

Mehaanika ja tööstustehnika instituut

Instituudi 2025. aasta teadus- ja arendustegevuse ülevaade

Instituudi 2025. aasta kuni 3 kõige olulisemat edulugu

* 2025 aasta mais toimus Modern Materials and Manufacturing (MMM2025) on rahvusvaheline teaduskonverents, mille eesmärk on edendada koostööd ülikoolide, teadusasutuste, kompetentsikeskuste ja rahastajate vahel. Konverentsil osales kahel teaduspäeval 134 osalejat 10 riigist, sealhulgas Eestist, Lätist, Leedust, Soomest, Poolast, Austriast, Prantsusmaalt, Norrast, Türgist ja Armeenias. Fookuses olid teemad nagu Tööstus 5.0, robotika ja tööstustehnika, IoT ja tulevikutehased, digitaalsed kaksikud, lisandustootmine, materjalitehnika, pulbermetallurgia, keraamika, nanomaterjalid, komposiidid, pinnatehnoloogiad ja triboloogia. Konverentsiga paralleelselt toimus MERIThON (interdistsiplinaarne üritus, kus tudengid ja teadlased töötasid koos innovaatiliste ideede kallal, erinevates valdkondades nagu: AI rakendused inseneridistsipliinides; digitaaliseerimine ja tööstuse nõuded; koostöö strateegiad ülikoolide ja ettevõtete vahel) ja Baltic Mechatronic Symposium (mis koondas mehatroonika, robotika ja automatiseerimise valdkonna teadlasi ning praktikuid Baltimaadest ja mujalt Euroopast. Sümpoosioni raames käsitleti kaasaegseid mehatroonikasüsteeme, nutikaid tootmislahendusi ning teadus- ja tööstuskoostöö võimalusi, toetades interdistsiplinaarset teadmistevahetust ja innovatsiooni.).

* 2025 aastal arendati tehisintellektil põhinev 3D olukorrateadlikkuse ja otsustustoe platvorm C2GRID, mis loob dronide ja sensorite videost kiiresti mitmekihilisi ning geomeetriliselt täpseid 3D-mudeleid. Platvorm jõudis tehnoloogia küpsusastmele TRL 5 ning on valideeritud pilootkasutustes kaitse- ja julgeolekuvaldkonnas, luues aluse edasiseks arenduseks ja kommertsialiseerimiseks hargettevõtte C2GRID kaudu.

* 2025 aastal arendati tehase digitaalse kaksiku ja tehisintellekti põhine tootmisoptimeerimise lahendus (AS SAMI Tootmine), mis võimaldab tuvastada ja vähendada tootmise kitsaskohti simulatsiooni ja tootmisandmete abil. AS SAMI Tootmine Valga tehases vähendas lahendus tootmisaega 71 toote puhul 25 päevalt 7 päevani, näidates suurt rakenduspotentsiaali tööstusettevõtete efektiivsuse tõstmisel.

* 2025 aastal arendati toodete 2D skaneerimise automatiseerimine – varjujoone tuvastamine ja seadme testimine (Ages Partner OÜ), mis võimaldab kiiresti ja täpselt tuvastada toodete varjukontuuri ning genereerida sellest CNC-töötluks sobiva DXF-faili. Ühe kaameraga lahendus saavutas kuni 95% kontuurituvastuse täpsuse, lühendades mõõtmisaega kordades ning pakkudes kulutõhusat alternatiivi töötleva tööstuse pakendamise ja CNC-tootmise vajadusteks.

TA valdkonna väljakutsed 2026. aastaks

* teaduspublikatsioonide arvu suurendamine 10%

* ettevõtuluslepingute mahu suurendamine 15%

- * TA lepingute mahu suurendamine 10%
- * Logistika ja liikuvuse bakalaureuse õppekava edukas käivitamine
- * Strateegilise disaini ja tehnoloogia magistri õppekava edukas käivitamine

TA valdkonna 2025. aasta väljakutsed ja nende tulemused

Väljakutse

- * suurendada 1.1 publiaktsioonide arvu 10%
- * suurendada etteõtluslepingute arvu ning mahtu 15%

Täitmine/tulemused

2025. aastal käivitus meie instituudis märkimisväärne hulk uusi projekte, mille kogumaht on 2,2 miljonit eurot. Rahastajateks: Riigi Tugiteenuste Keskus, Euroopa Komisjon, Sihtasutus Eesti Teadusagentuur. Publikatsioonide arv klassifikaatori 1.1 kategoorias tõusis 61-lt 92-ni

Olulisemad soetatud seadmed

2025 aastal soetati järgmised seadmed: CNC treikeskus HAAS ST 15Y; Mobiilne robot MIR100 ja 24V laadimisjaam; INSA raames soetatud laserlöike seade Aeon Nova 10 Elite 100W; Humanoid roboti;

Koondhinnang instituudis kasutusel oleva taristu seisundi kohta

vajab uuendamist

Selgitus instituudis kasutusel oleva taristu seisundi kohta

seadmeid oleme igaaastaselt oma vahenditest uuendanud ning seadmete seisukord on hea, teatud seadmed vajavad uuendamist, kuid üldine tase on hea. mis on ebapiisav on ruumide seisukord eelkõige ventilatsioon.

1 Kulumiskindlate komposiitide ja pinnete uurimisrühm

Uurimisrühma juht

Jakob Kübarsepp, vanemteadur, jakob.kubarsepp@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Jakob Kübarsepp, Doktor, vanemteadur
Fjodor Sergejev, Doktor, kaasprofessor tenuuris
Mart Saarna, Doktor, vanemlektor
Mart Viljus, Doktor, vanemteadur
Vitali Podgurski, Doktor, vanemteadur
Kristjan Juhani, Doktor, vanemteadur
Maksim Antonov, Doktor, vanemteadur
Dmitri Goljandin, Doktor, vanemteadur
Märt Kolnes, Doktor, teadur
Marek Tarraste, Doktor, teadur
Andrei Surženkov, Doktor, teadur
Mart Kolnes, Doktor, teadur
Rainer Traksmaa, Teadusmagister, materjaliuuringute peaspetsialist
Andrei Bogatov, Doktor, insener
Hans Vallner, Keskeri, insener
Heinar Vagiström, Kõrgharidus, tehnik
Priit Kulu, Doktor, projektijuht
Sibel Yöyler, Magister, doktorant-nooremteadur
Abrar Hussain, Doktor, teadur
Tabeen Halawat Pampori, Magister, doktorant-nooremteadur
Artur Klauson, Magister, projektijuht
Babak Omranpour Shahreza, doktor, järeldoktor-teadur
Furqan Anwar, Magister, Doktorant-nooremteadur
Liudmyla Melakh, Doktor, spetsialist
Oleksandr Tarasov, Doktor, analüütik
Anete Pukk, , bakalaureuse üliõpilane
Markus Valkna, , bakalaureuse üliõpilane
Siim Lukas Lokotar, , magistrant

Võtmesõnad

Eesti keeles

keraamika-baasil komposiitmaterjal; kõvasulam; kermis; keraamikamaatrikskomposiit; pinne; kõvapinne; vesinikusalvestusmaterjal; kulumiskindlus; materjalide taaskasutus; ressursikasutuse tõhusus; kestlikkus; vastupidavus

Inglise keeles

ceramic-based composite; hardmetal; cermet; ceramic-matrix composite; coating; hardfacing; hydrogen storage material; wear resistance; materials recycling; resource-efficiency; sustainability; durability

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

TA- , samuti katsetustegevus toimub eelkõige alljärgnevates suundades: (a)

kulumiskindlad keraamilis-metalsed komposiidid (kõvasulamid ja kermised) peamise

fookusega kriitiliste toorainete (critical raw materials) vähendamisele; (b) rasksulavate ühenditete baasil keraamikamaatrikskomposiidid/tehnokeraamika; (c) kulumiskindlad komposiitkõvapinded fookusega kriitiliste toorainete vähendamisele pinnetes; (d) õhukesed kõvapinded sh teemantpinded; (e) materjalide taaskasutustehnoloogiad; (f) vesinikusalvestusmaterjalid; (g) materjalide ja toodete karakteriseerimine: koostis, mikrostruktuur, mehaanilised ja triboloogilised (hõõrdumine ja kulumine) omadused jne

Rühma ülevaade inglise keeles

The R&D and testing activities of the research group are focused primarily on the following topics: (a) wear resistant ceramic-metal composites (hardmetals/cemented carbides and cermets) with focus on reduction of critical raw materials (CRM) in composites; (b) ceramic-matrix composites based on refractory compounds; (c) wear resistant composite hardfacings with focus on reduction of CRM in coatings; (d) thin hard coatings, incl diamond coatings; (e) materials recycling; (f) materials for hydrogen storage; (g) characterization of materials and products: composition, microstructure, mechanical and tribological (friction and wear) properties etc

Viimaste aastate olulisemad projektid:

PRG1145 Komposiitmaterjalid "keraamika-Fe sulam" kasutamiseks tingimuste laias diapsoonis 2021 - 2025 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/0e5bacd5-d6e0-4338-af43-e8d9033ae92d>

VHE22005 RENEW Mitteraudmetalletest E-jäätmetest epoksiidi ja metalli ringlus 2022 - 2024 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/e1e96376-8ebd-475a-8958-ce7adb6629b1>

LEMEE20006 Auto ohutusvarustuse komponentide efektiivsem silelõikestantsimine ja funktsionaalne disain 2019 - 2023 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/0645db13-0735-4aee-9877-bc3e652743d2>

GFEMMT22 Kulumiskindlad Kõrg-Entroopia Baasil Kermised Kasutamiseks Laias Temperatuuri Diapsoonis 2023 - 2024 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/4944acb1-f900-4327-84fe-5b858d97f926>

GFEMMT23 Grandifondi teadusgrant - Marek Tarraste 2024 - 2025 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/092c9432-6d2e-45ac-bbe1-1f10030cdd09>

GFAEMMT24 Termotöötuskambri arendus: tuntud terasemarkide ja kihtlisandustehnoloogia teel valmistatud toodete termotöötus 2025 - 2025 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/44662f5a-2d93-4638-9a7e-8b10aee6dbfd>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Maurya, H. S.; Marczyk, J.; Juhani, K.; Sergejev, F.; Kumar, R.; Hussain, A.; Akhtar, F.; Hebda, M.; Prashanth, K. G. (2025). Binder jetting 3D printing of green TiC-FeCr based cermets- Effect of sintering temperature and systematic comparison study with Laser powder bed fusion fabricated parts. Materials Today Advances, 25, #100562. DOI: 10.1016/j.mtadv.2025.100562. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/c57b6ec4-700b-44b5-b7fc-b24e2c641157>

Maurya, H.S.; Juhani, K.; Tarraste, M.; Viljus, M.; Sergejev, F.; Pampori, T.H.; Hussain, A.; Kübarsepp, J. (2024). Synergistic effect of Nb and Mo on the microstructural formation of the Ti(C,N)-high chromium ferrous-based cermets. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 122, #106723. DOI: 10.1016/j.ijrmhm.2024.106723.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/0bd96b9e-5ff7-44ad-a06c-aaecbdf5afd5>

Hussain, Abrar; Goljandin, Dmitri; Podgursky, Vitali; Rüstü Yörük, Can; Sergejev, Fjodor; Kübarsepp, Jakob; Maurya, Himanshu S.; Rahmani, Ramin (2024). Industrial sustainable Fabrication, SEM Characterization, mechanical Testing, ANOVA analysis of PP-PETF recycled Composites: Artificial intelligence and deep learning studies for nuclear shielding applications. *European Polymer Journal*, 213, #113082. DOI: 10.1016/j.eurpolymj.2024.113082.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/741aa3d8-7abc-456a-9cdc-ec07ed71deda>

Maurya, H.S.; Tarraste, M.; Viljus, M.; Juhani, K.; Sergejev, F.; Kübarsepp, J. (2024). Impact of Nb content on the morphology and properties of Ti (C0.5N0.5)-FeCrMo-based green cermets. *Ceramics International*, 1–10. DOI: 10.1016/j.ceramint.2024.11.188.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/ac9df438-e398-44e5-a953-5bbff5bbf7c7>

Yöyler, Sibel; Surzhenkov, Andrei; Viljus, Mart; Traksmaa, Rainer; Juhani, Kristjan (2024). Application of Taguchi Method for In-situ Synthesis of TiC from TiO₂–Graphite Powders in PTAW Hardfacings and Characterization thereof. *AIP Conference Proceedings*, 2989: Modern Materials and Manufacturing 2023, Tallinn, Estonia, 2-4 May 2023. Ed. Kristo Karjust, Jakob Kübarsepp. AIP Publishing, #040007. (AIP conference proceedings ; 2989, 1). DOI: 10.1063/5.0189317.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/07a31c4e-d83b-4e86-a888-de7d58b67874>

Narayanan, C. Uva; Daniel, Ashish; Praveenkumar, K.; Manivasagam, Geetha; Suwas, Satyam; Prashanth, K. G.; Anand, P. Suya Prem (2024). Effect of scanning speed on mechanical, corrosion, and fretting-tribocorrosion behavior of austenitic 316L stainless steel produced by laser powder bed fusion process. *Journal of Manufacturing Processes*, 131, 1582–1593. DOI:

10.1016/j.jmapro.2024.09.108. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/4e0b900d-d330-4f8f-b5c6-0d9d3284f79d>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

Oluliseimad tulemused aastal 2025:

- * Kriitiliste toormaterjalide (eelkõige Co) vabade komposiitmaterjalide tehnoloogia arendus sh nende materjalide kihtlisandustehnoloogia valdkonnas;
- * Uuringud kõrgentroopiakarbiidkeraamika ja selle baasil kulumiskindlate komposiitmaterjalide valdkonnas;
- * Edusammud W-vaba keraamikaarmatuuriga Fe-põhiste komposiitpinnete arendamises;
- * Edusammud uuringutes polümeer- ja tekstiilmaterjalide taaskasutustehnoloogiate valdkonnas.

Inglise keeles

The most important R&D results in 2025 are as follows:

- * Advancement of CRM (critical raw materials) , primarily Co, free wear resistant composite materials, in particular additive manufacturing technology of such materials;
- * Research results in the field of high-entropy carbide ceramics and wear resistant composites on its bases;
- * Progress in development of advanced Fe-based composite hardfacings with W-free ceramic reinforcement
- * Advancements in the field of recycling technology of polymeric and textile materials.

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Teadus- ja arendustegevus on suunatud eelkõige tõhusale ressursikasutusele ja keskkonnanohiule. Tähelepanu all on eelkõige alljärgnevad uurimissuunad: 1) materjalid ja valmistustehnoloogiad suurendamiseks tööstuses kasutatavate toodete (töövahendid, kulumiskindlad konstruktsioonelemendid) kestlikkust/tööiga; 2) kulumiskindlate toodete korduvkasutuse (taastamise) ja erinevate materjalide (nt tekstiilmaterjalid jms) taaskasutuse tehnoloogiad; 3) materjalid ohutuks vesinikusalvestuseks (alates 2025)

Inglise keeles

Research and development is aimed to primarily to resource efficiency and reduction of environmental impact. The main research directions are 1) materials and production technologies for the enhancement of products (tools, wear resistant structural elements) sustainability, primarily in industrial environment; 2) technologies for products reuse (giving second life to tools and wear parts) and reprocessing/recycling of waste materials (e.g. textile materials); 3) materials for hydrogen safe storage

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Rakendusliku väljundiga projektide näideteks viimastel aastatel, mis on suunatud toodete kestlikkuse suurendamisele või materjalide taaskasutusele, on:

1) RENEW: Recycling of epoxys from nonferrous E-waste (EIT Raw Materials projekt, 2022-2024):

2) LEMEE20006: Auto ohutusvarustuse komponentide efektiivsem silelõikestantsimine ja funktsionaalne disain (AS Norma rakendusuringu projekt, 2019 - 2023).

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöök

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöök on alljärgnevad:

- 1) Materjaliarendus ja/või materjalivalik tööriistade ja kulumiskindlate konstruktsioonelementide tootmiseks. Tooteprototüüpide valmistus.
- 2) Paksud ja õhukesed kõvapinded toodete (sh tööriistade, kulumiskindlate konstruktsioonelementide) tööea pikendamiseks.
- 3) Materjalide mehaanilised taaskasutustehnoloogiad.
- 4) Materjalide koostise ja struktuuri uuringud.
- 5) Triboloogilised (kulumine ja hõõrdumine) uuringud laias temperatuurivahemikus.
- 6) Mehaanilised katsetused (sh materjalide väsimus) ja toodete tööea/kestlikkuse ning töökindluse hindamine.

Ettevõtluskoostöö eesmärk

- 1) Laboriteenuste (sh katsetusteenuste) mahu kasvatamine.
- 2) Liitumine TA tööle orienteeritud projektide ja konsortsiumitega millistes osalevad ettevõtted.
- 3) teadustöö tulemuste kommertsialiseerimine.

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 3. Keskkonnaressursside väärastamine
- 1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuaali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCSi klassifikaatori alusel.

Frascati Manuaali teadusvaldkonnad:

2.5 Materjalitehnika

2.11 Teised tehnika- ja tehnoloogiateadused

CERCSi teaduserialad:

T150 Materjalitehnoloogia

T153 Keraamilised materjalid ja -pulbrid

T155 Pind ja pinnatehnoloogia

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

vajab uuendamist

Seisundi selgitus:

Uurimisrühma käsutuses olevad laborid:

- 1) Pulbermetallurgia labor
- 2) Paksude ja õhukeste kõvapinnete labor
- 3) Materjalide taaskasutuse teadus- ja katselabor
- 4) Protolabor/Kihtlisandustehnoloogiate labor
- 5) Triboloogialabor
- 6) Materjaliuuringute labor
- 7) Mehaanika ja metroloogia katselabor

Taristu on suures osas veel rahuldaval tasemel, kuid vajab lähiaastatel kaasajastamist, eelkõige silmas pidades TA-alast partnerlust ettevõtetega, sh

* Protolaboris laboratoorne metalliprinter täielikult amortiseerunud ja vajab asendamist uuega;

* Pinnete laboris vajab kaasajastamist (juhtarviti) või uuema vastu välja vahetamist PLATIT pindamiseseade, mis on üle 15 aasta vana ja leidnud ettevõtete poolt aktiivset kasutamist;

* Vajalik seade eketrokeemiliseks poleerimiseks jne

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal
CERN Baltic Group (F. Sergejev)

International Research Group on Wear of Engineering Materials (IRG-WOEM OECD (M. Antonov)

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit
Välispartnerid:

- Fraunhofer Institute for Ceramic Technologies and Systems IKTS (Germany)
- UAB Dangu Inžinerijos Centras (Kaunas, Lithuania)
- Fraunhofer Institute of Materials Recycling and Resource Strategies (Germany)

Eesti partnerid:

- AS Norma
- Tartu Ülikool, Füüsikainstituut
- NPM Silmet OÜ

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused
Uurimisrühma teaduse populariseerimisega seotud tegevused:

1) Artiklid ajalehtedes ja ajakirjades:

* Jakob Kübarsepp: Materjalikriis kui innovatsiooni mootor (Postimees, 6.09.2025)

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal
Riiklikud:

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes
Nõustamistegevuse peamised valdkonnad on:

1) Konstruktsiooni- ja tööriistamaterjalid: metallid, tehniline keraamika ning

komposiitmaterjalid nende baasil (J. Kübarsepp, M. Tarraste, K. Juhani, M. Saarna jt).

2) Toodete valmistustehnoloogiad, tehnoloogia valik (F. Sergejev, J. Kübarsepp, M. Saarna, R. Tarbe, K. Juhani, Märt Kolnes jt).

3) Piinatehnoloogiad (A. Surženkov, A. Bogatov).

4) Materjalide peenestus- ja taaskasutustehnoloogiad (D. Goljandin).

5) Ressursitõhusus ja kliimaneutraalsus materjalide ja toodete tootmises (J. Kübarsepp).

Materjalide ja toodete karakteriseerimine:

- Kulumis- ja korrosioonikindlus (M. Antonov, M. Tarraste, K. Juhani jt) -

- mehaanilised omadused (M. Saarna, R. Tarbe, F. Sergejev, Mart Kolnes jt)

- triboloogilise (kulumine ja hõõrdumine) omadused ja katsetused (M. Antonov, M. Tarraste)

- materjalide koostise, struktuuri- ja faasiuuringud (M. Viljus, R. Traksmäa).

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://taltech.ee/mehaanika-ja-toostustehnika-instituut/uurimisruhmad>

Inglise keeles

[https://taltech.ee/en/department-mechanical-and-industrial-engineering/research-groups#p29849\(Wear Resistant Composites and Coatings\)](https://taltech.ee/en/department-mechanical-and-industrial-engineering/research-groups#p29849(Wear%20Resistant%20Composites%20and%20Coatings))

2 Logistika ja transpordi uurimisgrupp

Uurimisrühma juht

Dago Antov, vanemteadur, dago.antov@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Dago Antov, Doktor, vanemteadur
Jüri Lavrentjev, Doktor, praktik-professor
Hans Rämmal, Doktor, dotsent
Jelizaveta Janno, Doktor, vanemlektor
Ott Koppel, Doktor, vanemteadur
Kati Kõrbe Kaare, Doktor, kaasprofessor
Kaur Sarv, , doktorant
Raul Markus, , doktorant
Anton Pashkevich, , insener

Võtmesõnad

Eesti keeles

säästvad lahendused transpordis ja logistikas; logistikalahenduste digitaliseerimine; transpordinõudluse analüüs

Inglise keeles

sustainable solutions in transport and logistics; digitization of logistics solutions; transport demand analysis

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Uurimisrühma tegevus on suurel määral seotud ja fokuseeritud võtmesõnade all loetletud põhiteemadele – need on säästvad lahendused transpordis ja logistikas (sh süsinikuneutraalsuse saavutamine, rohepöörde elemendid transpordisüsteemis, ohutud lahendused jne). Teiseks oluliseks tegevussuunaks on logistikasüsteemi optimeerimine, näiteks digilahenduste rakendamise võimalused logistikalahendustes, ja kolmandaks – transpordinõudluse analüüs, mis seisneb eelkõige hinnangutes sellele, milline on transpordinõudlus täna ja tulevikus, millised faktorid seda mõjutavad ja millised lahendused selle realiseerimiseks on otstarbekad. Uuurimisrühma tegevus ongi fokuseeritud just neile teemadele kasutades nende uurimiseks kõige kaasaegsemaid meetodeid, alustades andmekorjest ja -analüüsist ning lõpetades süsteemide simulatsiooniga.

Rühma ülevaade inglise keeles

The activities of the research group are largely related and focused on the following main topics: • sustainable solutions in transport and logistics (including achieving carbon neutrality, elements of the green turn in the transport system, safe solutions, etc.); • optimization of the logistics system, for example the possibilities of implementing digital solutions in logistics solutions • transport demand analysis, which primarily consists of assessments

of what the transport demand is today and in the future, which factors affect it and which solutions are practical for its realization. The activities of the research group are focused namely on these topics using the most modern methods for their research, starting with data collection and analysis and ending with system simulation.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

VHE25032 Koosloome ja katsetamine liiklejate kooseksisteerimiseks, empaatiaks ja käitumiseks, liiklusohutuskultuuri tervikliku mudeli ehitamine 2025 - 2028

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/60398978-a995-414b-9728-0f8e3627cd1d>

TF24022EM2 Kõrg- ja kutsekoolide tasemeõppe IKT-moodulite loomine ning pakkumine - Transporditeenuste/logistika valdkonna aine „Andmed tarneahelates ja liikuvuses“ 2023 - 2024

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/5a60b519-7441-44f4-a215-a291dd5f2e02>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Jairus, Tanel; Sadam, Arvi; Kõrbe Kaare, Kati; Pilvik, Riivo (2025). Economic Feasibility of Drone-Based Traffic Measurement Concept for Urban Environments. *Future Transportation*, 5 (4), #163. DOI:

10.3390/futuretransp5040163. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/86c36cec-51e4-4592-81e0-d43e42d09cfa>

Pilvik, Riivo; Jairus, Tanel; Sadam, Arvi; Nõmmela, Kaidi; Kaare, Kati; Scholliers, Johan (2025).

Exploitability of Maritime Fleet-Based 5G Network Extension. *Electronics*, 14 (11), #2210. DOI:

10.3390/electronics14112210. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/270c7b26-177a-45f5-8726-4f313ac1ec71>

Pilvik, Riivo; Jairus, Tanel; Kõrbe Kaare, Kati; Sadam, Arvi; Gentili, Andrea; Nõmmela, Kaidi (2025). Maritime Fleet-Based 5G Network Extension: A Model for Cross-border Coastal Applications.

<i>2024 IEEE Future Networks World Forum (FNWF): Dubai, UAE, 15–17 October 2024.</i> IEEE, 855–860. DOI: 10.1109/FNWF63303.2024.11028827.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/4165ce67-af57-4843-bb88-f68a8b2efa3d>

Jairus, T.; Metlitski, S.; Kask, M.; Kõrbe, K. (2025). Methodology for the measurement and estimation of pedestrian and cycle traffic at level crossings. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 74 (2), 126–131. DOI: 10.3176/proc.2025.2.07.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/b9b07b6c-52f1-4cd0-9fe2-322103e0e097>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

2025a uuesti koostati bakalaureuse taseme õppekava uurimisgrupi liikmete poolt, mis kinnitati aasta lõpus ülikooli senatis. Lõppes edukalt Horizon projekt:5G ROUTES. Töötasime välja digiprojekti ja rohekompetentside projekti raames uued õppeained õppekavasse. Uurimisrühmaga liitus uus doktorant. Viisime läbi edukalt RKT koolituse.

Inglise keeles

In 2025, the undergraduate curriculum was re-drafted by members of the research group, which was approved by the university senate at the end of the year. Successfully completed the Horizon project: 5G ROUTES. We developed new subjects for the curriculum within the framework of the digital project and the green competences project. A new doctoral student joined the research group. We successfully conducted RKT course teaching Digital Supply Chains and Digitalization in mobility.

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Logistika ja transpordi uurimisrühm on kujunemas logistika ja liikuvusvaldkonna inseneeria-aalase tegevuse juhtivaks teadusrühmaaks Eestis, mis on tunnustatud ka välismaal. Magistritöödest oluline osa adresseerib ühiskondlikke probleeme ja leiab neile soovituslikke lahendusi.

Inglise keeles

Research group of Logistics and Transport is a leading research body in this field in Estonia, and also recognized internationally.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Läbi aasta toimusid ettevõtete külastused ja praktikumid ettevõtetes. Lisaks olid ka külalislektorid meie ainetes ettevõtetest. Kogu õppekava üleselt toimus külustus Kaitseväe Tapa linnakusse. Magistritööde teemadest on oluline osa ettevõtete põhised või ühiskondlike probleemide lahendamised.

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöök

Liikuvusuuringud

Logistika ja tarneahela lahenduste analüüs

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Uurimisrühma edasise tegevuse eesmärgid on seotud alljärgenavaga:

- * uurimisrühma koosseisu tugevdamine
- * osalemine rahvusvahelistes koostööprojektides (näiteks Horizon)
- * koostöö täiustamine teiste Eesti uurimisasutuste ja ülikoolidega (eelkõige Tartu ülikool)
- * uute ettevõtlusprojektide leidmine ja realiseerimine

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad
- 3. Keskkonnaressursside vääristamine

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuaali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCSi klassifikaatori alusel.

Frascati Manuaali teadusvaldkonnad:

2.1 Ehitusteadused

CERCSi teaduserialad:

T280 Maanteetransporditehnoloogia

T290 Raudteetransporditehnoloogia

T300 Veetransporditehnoloogia

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

Seisundi selgitus:

Liikuvusandmete andmestike kogumine, säilitamine ja analüüs

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal

**Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit
Välispartnerid:**

- Sisekaitseakadeemia
- Omniva
- Päästeamet

Eesti partnerid:

- DSV
- Telia AS
- Ericsson Eesti

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

Dago Antov oli Tallinna Tehnikaülikooli TOP-10 kõneisiku hulgas transpordi ja liiklusteemadel (Allikas: meediakajastused, 2023)

**Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal
Riiklikud:**

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes

Dago Antov- Tallinna liikluskomisjoni liige, Harjumaa liikluskomisjoni liige,
Eesti raudtee ohutuskomitee liige

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://taltech.ee/mehaanika-ja-toostustehnika-instituut/uurimisruhmad>

Inglise keeles

3 Kõrgtehnoloogiliste konstruktsioonide ja toodete uurimisrühm

Uurimisrühma juht

Jüri Majak, täisprofessor tenuuris, juri.majak@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Jüri Majak, Doktor, täisprofessor tenuuris
Martin Pärn, Magister, vanemteadur
Jüri Lavrentjev, Doktor, praktik-professor
Martin Eerme, Doktor, täisprofessor tenuuris
Hans Rämmal, Doktor, dotsent
Fabio Auriemma, Doktor, vanemteadur
Meelis Pohlak, Doktor, vanemteadur
Maarjus Kirs, Doktor, teadur
Tiina Mäe, Magister, doktorant-nooremteadur
Margus Villau, , doktorant
Marmar Mehrparvar, Magister, doktorant-nooremteadur
Janno Nõu, Magister, insener
Lenart Kivistik, Magister, doktorant-nooremteadur
Katre Worth, Magister, doktorant-nooremteadur
Tõnis Raamets, Magister, doktorant-nooremteadur

Võtmesõnad

Eesti keeles

optimeerimismeetodid; tehisintellekt; akustika; numbrilised meetodid; komposiitmaterjalid

Inglise keeles

structural analysis and design optimization; artificial intelligence; acoustics; numerical methods; composite materials

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Uurimisrühma kompetentsid katavad tehisintellektil põhinevate algoritmide ja tööriistade arendamist ning rakendamist toodete ja tootmisprotsesside optimeerimiseks. Üks põhisuundi on evolutsiooniliste optimeerimise algoritmide (GA, HGA PSO, ACO) kasutamine insenerirakendustes. Aktuaalseteks probleemideks on hübriidmeetodite arendus ja tehisintellekti tööriistade kombineeritud kasutamine algoritmides (ANN+EA). Üheks alamteemaks on uute numbriliste meetodite arendus fookusega Haari lainikutel põhinevatel diskretiseerimismeetoditel. Uurimistemaatika hõlmab ka konstruktsioonide ja komposiitmaterjalide struktuuranalüüsi, kõrgemat järku Haari lainikute meetodi arendust vastavate diferentsiaalvõrrandite lahendamiseks ning kiireid deformatsioone. Uurimisrühmal on pikaajaline kogemus lainelevi uuringutes kanalites ning üldisemalt piiratud ruumis. On välja arendatud erinevaid katsemeetodeid helivälja dekompositsiooniks. Väljatöötatud meetodid on kasutatavad erinevate materjalide ning toodete akustiliste omaduste eksperimentaalseks määramiseks, samuti akustilise välja energia kogumiseks selle muundatakse kasulikuks energialiigiks.

Rühma ülevaade inglise keeles

The competencies of the workgroup cover development and application of the AI based optimization algorithms, procedures and tools for design of products and production processes. One of the main directions of recent years is the implementation of Evolutionary (EA) methods and tools in engineering design. Current issues include the development of hybrid methods and the combined use of artificial intelligence tools in algorithms (ANN + EA). One subtopic is the development and adaption of new numerical methods with focus on Haar wavelet based discretization methods. Competencies also include structural analysis of the structures and composite materials, development of higher order Haar wavelet method for solving corresponding differential equations; high speed deformations. The research team has a long experience in wave propagation research in channels and more generally in a limited space. Various test methods for sound field decomposition have been developed. The developed applications has been used for experimental determination of acoustic properties of different materials and products, as well as for the collection of energy harvesting from acoustic noise.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

AR20013 Targa linna tippkeskus 2020 - 2023

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/dfbba7ba-fee5-41ea-a0fd-fd1971b455ec>

ÕÜF9 RIKT- Robot-inimene koosloome arendamine tööstuses 2023 - 2029

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/cf8e1e93-e102-4536-9d7e-b31288afb88f>

VEU25028 Taaskasutatavad kergesti hingavad ja kasutatavad maskid – elastomeerne poolmask (Easy2reUse) 2025 - 2029 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/abe77af5-85f9-4fae-b602-928db2ae8ec1>

AR20013EM Tuleviku transpordi ökosüsteemi lahendus 2021 - 2023

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/ca68a8dd-ded9-43d0-815f-e044e7b1bec4>

LEMEE24040 Rakenduslikud uuringud uste ja materjalide akustiliste omaduste mõõtmiseks ning hindamiseks, metalluste helipidavuse suurendamiseks ja uste disaini optimeerimiseks 2024 - 2026

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/161aefae-2010-4c2e-9e01-c1eba6411a73>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Paat, A.; Majak, J.; Karu, V.; Hitch, M. (2024). Fuzzy analytical hierarchy process based environmental, social and governance risks assessment for the future phosphorite mining in Estonia. The Extractive Industries and Society, 17 (101438), 1–8. DOI: 10.1016/j.exis.2024.101438.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/27fbc4f2-9eb8-4129-ac67-f67839c8703f>

Arda, M.; Majak, J.; Mehrparvar, M. (2024). Longitudinal Wave Propagation in Axially Graded Rayleigh-Bishop Nanorods. Mechanics of Composite Materials, 59 (6), 1109–1128. DOI: 10.1007/s11029-023-10160-4. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/ac9a7c15-50f1-4ea1-847c-59b1c210719f>

Karjust, Kristo; Mehrparvar, Marmar; Kaganski, Sergei; Raamets, Tõnis (2025). Development of a Sustainability-Oriented KPI Selection Model for Manufacturing Processes. *Sustainability*, 17 (14), #6374. DOI: 10.3390/su17146374. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/df8eae37-56eb-4259-ade2-8e1f53716ad9>

Raamets, Tõnis; Karjust, Kristo; Majak, Jüri; Hermaste, Aigar (2025). Implementing an AI-Based Digital Twin Analysis System for Real-Time Decision Support in a Custom-Made Sportswear SME. *Applied Sciences*, 15, 14, #7952. DOI: 10.3390/app15147952 . <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/659d6901-38e4-4148-9b4a-07513e64de21>

Bassir, D.; Lodge, H.; Chang, H.; Majak, J.; Chen, G. (2023). Application of artificial intelligence and machine learning for BIM: review. *International Journal for Simulation and Multidisciplinary Design Optimization*, 14, #5. DOI: 10.1051/smdo/2023005. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/61133467-95ac-4d18-aa3c-ceae15156418>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

2025 aastal on jätkatud uurimistööd tehisintellekti valdkonnas. Jätkatud on toote kvaliteedi hindamise algoritmide arendamist kasutades konvolutsioonilisi närvivõrke (süvanärvivõrkude alamtüüp). Täpsemalt arendati delaminatsiooni ja pragude tuvastamise algoritme. Artikliteks on vormistatud mitu eelmisel aastal AIRE projektide kaudu ettevõtetele teostatud lahendust („pudelikaelte“ tekkekohtade määramine tootmisprotsessis ja lahenduste leidmine). Sama teema all jääb ka autonoomse roboti optimaalse teekonna leidmise ülesanne, milleks kasutati nii kombinatoorika kui AI põhiste globaalse optimeerimise algoritme. AI valdkonna alla jäävad ka multikriteeriaalsete otsustusmeetodite arendamine ja rakendamine. Artikliks sai vormistatud võtmenäitajate prioritseerimise algoritmid.

AI teemade domineerimisel on sel aastal veidi tahaplaanile jäänud Haari lainikutel põhinevate numbriliste meetodite arendamine ja rakendamine. Artikliks sai vormistatud osakeste (kildude) trajektori määramise ülesanne.

Inglise keeles

In 2025, research activities in the field of artificial intelligence were continued. Development of product quality assessment algorithms based on convolutional neural networks (a subtype of deep neural networks) was further pursued. More specifically, algorithms for the detection of delamination and cracks were developed. Several solutions implemented for companies through AIRE projects in the previous year were prepared as scientific articles, including the identification of “bottleneck” locations in production processes and the development of corresponding solutions.

The task of finding an optimal path for an autonomous robot also falls under this topic; for this purpose, both combinatorial methods and AI-based global

optimization algorithms were employed. The AI domain additionally includes the development and application of multicriteria decision-making methods. Algorithms for prioritizing key performance indicators were prepared as an article.

Due to the dominance of AI-related topics, the development and application of numerical methods based on Haar wavelets received slightly less attention this year. An article was prepared on the problem of determining particle (fragment) trajectories.

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Tehisintellekti kasutamine kasvab kiiremini prognoositust pakkudes lugematult palju uusi võimalusi kuid sellega kaasnevad ka väärkasutused ja riskid.

Tehisintellekti kasutamine laieneb kõige erinevate ühiskonna vajaduste katmiseks. Uurimisgrupi töö on fokuseeritud ÕÜF projekti raames inimese ja roboti koostöö uurimisele sisaldades nii võtmenäitajate prioritseerimist kui ka riskide hindamist, mis on aluseks turvalisuse tõstmiseks. Tegemist on inimese lähenedamisega, kuid arvestatakse majanduslikke, keskkonna kui ka sotsiaalseid aspekte.

Inglise keeles

The use of artificial intelligence is growing faster than forecast, offering countless new opportunities, but it is also accompanied by risks. The application of artificial intelligence is expanding to address a wide range of societal needs. Within the framework of the ÕÜF project, the research group's work is focused on studying human–robot collaboration, including the prioritization of key performance indicators and risk assessment, which serve as a basis for improving safety. This is a human-centered approach that also takes into account economic, environmental, and social aspects.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Jätkunud on koostöö eelnevalt AIRE projektide baasil koostööd alustatud ettevõtetega.

Tootmisprotsesside tehisintellektil baseeruva optimeerimismudeli rakendatavuse uuringu teemal on avaldatud artikkel, samuti on täiendatud algoritme "pudelikaelte" leidmiseks ja kõrvaldamiseks tootmisprotsessis.

Samuti on jätkatud ettevõtlusega koostööd akustika valdkonnas. Üks suund on siin akustiliste materjalide on välja töötamine mitmetele Eesti ettevõtetele (TO2 OÜ, Mikromasch OÜ, Plastrex Europe OÜ, jt).

Ühiskonna jaoks on oluline (eriti viimase aja olukorda arvestades) ka kaitsevägega koostöö, mis 2025 aastal kattis killumudeli arendamist ja valideerimist.

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostööks

Uurimisrühma kompetentsid TA ja rakendusuringuteks:

AI põhiste algoritmide ja tööriistade arendamine toodete ja tootmisprotsesside optimeerimiseks.

AI põhiste matemaatiliste mudelite arendamine ja rakendamine

Globaalsete optimeerimise algoritmide (GA, HGA PSO, ACO) kasutamine insenerirakendustes, tootmisprotsesside optimeerimisel.

Lainelevi uuringutes kanalites ning üldisemalt piiratud ruumis.

Erinevate materjalide ning toodete akustiliste omaduste eksperimentaalne

määramine.

Ekspereimetaalsed meetodid helivälja dekompositsiooniks.

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Ettevõtluskoostöö eesmärkideks on

Kõrgtehnoloogiliste toodete ja protsesside arendamine, vajalike AI tööriistade arendamine, eeskätt AI rakendamiseks tööstuses;

Teadustöö tulemuste rakendamine praktikas, ettevõtetepoolsetest vajadustest tulenevate uute lähenemiste väljatöötamine;

Võib välja tuua et just ettevõtluskoostöö on motiveerinud antud uurimisgruppi tegelema AI põhiste algoritmide ja tööriistade arendamisega laiendades seda järk-järgult erinevatesse AI alamvaldkondadesse.

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 3. Keskkonnaressursside väärastamine
- 1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuaali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCSi klassifikaatori alusel.

Frascati Manuaali teadusvaldkonnad:

1.2 Arvutiteadus ja informaatika

2.3 Mehaanika / masinaehitus

CERCSi teaduserialad:

T210 Masinaehitus, hüdraulika, vaakumtehnoloogia, vibratsioonakustiline tehnoloogia

P170 Arvutiteadus, arvutusmeetodid, süsteemid, juhtimine (automaatjuhtimisteooria)

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

Seisundi selgitus:

1. Akustika laboratoorium ekstra disainiga ruumimodega ja heli summutavate/neelavate materjalidest seinte, laega. Ruum on varustatud kaasaegse riistvara ja tarkvaraga (Brüel & Kjaer Building Acoustics), vibratsiooni masin(TIRA). Edukas tööks on oluline ka vastav oskusteave.

2. Fundamentaaluuringuteks (numbriliste meetodite ja optimeerimisalgoritmide arendus)

on vaja peamiselt tööjaama tüüpi arvuteid ja tarkvara (Siemens NX, LS-Dyna, ANSYS, Math. Software).

3. Materjalide ja konstruktsioonide mehaanikaliste omaduste määramiseks vajalikud

seadmed: 3D Scannerid Nikon RoboArm 3D MMD100 koos robotiga IRB1600; Atos II 400

(GOM); mõõtesüsteem TRITOP; kiirenduste deformatsioonide mõõtesüsteem Pontos 4M(GOM), Aramis (GOM)

4. Kihtlaotustehnoloogia seadmed metallide jaoks Realizer SLM-50 (Realizer GmbH) SLM 280 2.0 (SLM Solutions); plastide jaoks: Formiga P100 (EOS GmbH)

Taristu vajab pidevat kaasajastamist et "samal tasemel" püsida.

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal
J.Majak on järgmiste teadusajakirjade toimetuse liige

Elsevier „Composites Part C“

Springer „Mechanics of Composite Materials“

MPDI „Mathematics“ (üks toimetajatest)

EDP Sciences. "International Journal for Simulation and Multidisciplinary Design Optimization".

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit

Välispartnerid:

- Politecnico di Torino, Torino, Dept of Mechanical and Aerospace Engineering, Prof.Marco Di Sciuva töögrupp (Structural analysis)
- Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, UTBM · Département Génie Mécanique et Conception, Prof. David Bassir töögrupp (Optimization Methods)
- Royal Institute of Technology, Stockholm, Rootsi, Hans Bodeni töögrupp (Acoustics. Õppejõudede ja üliõpilaste vahetus, doktorantide juhendamine)

Eesti partnerid:

- TalTech, Küberneetika Instituut, Prof. Andrus Salupere töögrupp
- Kaitsevägi
- TalTech Tekstiilitehnoloogia labor, Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut; Geoloogia instituut

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

Viimaste ettevõtlusega seotud uurimisprojektide (AIRE alamprojektid) tulemusi on tutvustatud filmilõikudena laiale publikule ja see on leidnud positiivse vastukaja.

Iga projekti lõpus toimub filmimine, kus antakse lühiülevaade tehtust ja tulemustest.

Võrdluseks on korrektne märkida et viimaseid kaitsevägega seotud projektid on "kinnised" ja laiale avalikusele neid ei tutvustata.

Muid teadustulemusi tutvustatakse erialastes ajakirjades, konverentsidel nii Eestis kui väljaspool.

AI valdkonnaga seotud uurimistööd on presenteeritud AI seminaril Laulasmaal (Taltech, Tartu Ülikool).

AI valdkonnaga seotud loengud insenerivaldkonna ettevõtete töötajatele (J.Majak, M.Pohlak).

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal
Riiklikud:

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes
Oleme teinud ja teeme konsultatsioone ettevõtetele, kolleegidele teemadel:

tehisintellekti rakendamine,

struktuuranalüüs (LEM),

optimeerimine,

akustika,

3D printimine

Aastal 2025 võib välja tuua

AI valdkonnaga seotud uurimistööd on presenteeritud AI seminaril Laulasmaal (Taltech, Tartu Ülikool).

AI valdkonnaga seotud loengud insenerivaldkonna ettevõtete töötajatele (J.Majak, M.Pohlak).

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

https://taltech.ee/mehaanika-ja-toostustehnika-instituut/uurimisruhmad?_ga=2.37509664.1612683323.1674735140-1332349535.1661171432#p29804

Inglise keeles

4 Automatiseeritud tootmissüsteemide, reaajas monitooringu ja tehisintellektil põhinevate mudelite uurimisrühm

Uurimisrühma juht

Kristo Karjust, täisprofessor tenuuris, kristo.karjust@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Kristo Karjust, Doktor, täisprofessor tenuuris
Jüri Riives, Teaduste kandidaat, vanemteadur
Martinš Sarkans, Doktor, kaasprofessor
Aigar Hermaste, Teadusmagister, lektor
Riho Uusjärv, Rakenduskõrgharidus, tarkvaraarendaja
Margus Müür, Kõrgharidus, lektor
Tõnis Raamets, Magister, doktorant-nooremteadur
Heiko Pikner, Doktor, teadur
Kashif Mahmood, Doktor, teadur

Võtmesõnad

Eesti keeles

tootmise korraldussüsteem (MES); tootmise monitooring; tootmise optimeerimine; reaajas informatsioon; juhtmevaba andurvõrk; ennetav hooldus; tehisintellekt tootmises

Inglise keeles

manufacturing execution system (MES); production monitoring; production optimisation; real time information; wireless sensor network; predictive maintenance; artificial intelligence in production

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Tootmise monitooringu ja prognoosimise süsteemi eesmärgiks on tööpinkide ja seadmete hõivatuse ja koormatavuse jälgimine reaajas. Süsteem toob välja tööpingi tööajad, seisakud ja tootlikkuse valitud ajaperioodil ning aitab leida tootmisliini kitsaskohti ja pudelikaelu. Süsteem võimaldab ka prognoosida seadmete, komponentide ja kasutatavate tööriistade tööiga läbi ennetava hoolduse soovitusi. Lisaks tootmise reaajas jälgimisele arendatakse ka ennetava hoolduse süsteemi, mis kergendab hooldustöötajate tööd läbi detailse seadmete ja komponentide ülevaate ja analüüsi erinevate tööpinkide varuosadest ja komponentidest ning nende reaalsest ja prognoositavast elueast, mis võimaldab ettevõtetel hoida kokku hoolduskuludelt ja suurendada tootmiseseadmete tootlikkust.

Rühma ülevaade inglise keeles

The main objective of the research is to study and develop Automated Production Monitoring System using AI models. The research group developed Production Monitoring System DIMUSA with predictive functionality that operates in near real time, focusing on SMEs. The advanced Production Monitoring and Prediction

System detects, measures and monitors the variables, events and situations which affect the performance and reliability of manufacturing systems and processes. Efficient, real-time feed of information for production control and monitoring includes data acquisition about the state of equipment, production orders, flow of materials, quality of products, process data and other necessary data which are used for making proper and optimised decisions regarding manufacturing planning, improved use of available resources, planning of equipment maintenance, etc.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

VEU22048 Magistrikraad nutikate, turvaliste ja ühendatud süsteemide alal 2022 - 2026
<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/0967d8b3-d565-4388-ac05-97aaf9171bf1>

VEU25028 Taaskasutatavad kergesti hingavad ja kasutatavad maskid – elastomeerne poolmask (Easy2reUse) 2025 - 2029 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/abe77af5-85f9-4fae-b602-928db2ae8ec1>

VEU22026 AI & ROBOTICS ESTONIA (EDIH) 2022 - 2025
<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/196065ff-51bc-48c8-9790-62115a68dec3>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Karjust, Kristo; Mehrparvar, Marmar; Kaganski, Sergei; Raamets, Tõnis (2025). Development of a Sustainability-Oriented KPI Selection Model for Manufacturing Processes. Sustainability, 17 (14), #6374. DOI: 10.3390/su17146374. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/df8eae37-56eb-4259-ade2-8e1f53716ad9>

Raamets, T.; Karjust, K.; Hermaste, A.; Kelpman, K. (2025). Virtual factory model development for AI-driven optimization in manufacturing. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, 74 (2), 228–233. DOI: 10.3176/proc.2025.2.26. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/1a82c617-6118-485e-9ba6-172ea98bcd5a>

Kelpman, K.; Karjust, K.; Majak, J. (2025). An overview of smart workplace solutions and potential improvement areas. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, 74, 2, 155–159. DOI: 10.3176/proc.2025.2.13. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/d14ca072-e987-46ca-a2be-660b5246caad>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

2025 aastal olid põhilisteks tulemusteks teadustööde tugev fookus tehisintellektil põhinevale tootmise optimeerimisele, digikaksikutele ja autonoomsetele süsteemidele, kuna avaldati mitmeid artikleid Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Sustainability ja Applied Sciences, käsitledes AI-põhist otsustustuge, tootmisprotsesside KPI-mudeleid ja nutikaid töökohti. Olulisel kohal oli autonoomsete mobiilsete robotite ja tootmislogistika uurimine nii teoreetiliste mudelite kui rakendusuringute kaudu. Samuti panustati jätkusuutliku tootmise ja keskkonnamõjude hindamise meetodikate arendamisse. Projektitegevuses jätkus osalemine mitmes Euroopa Liidu rahastatud algatuses, sh

AI ja robotika EDIH'is, MERIT ning Easy2reUSE projektis. Kokkuvõttes iseloomustas 2025. aastat tugev seos teadustulemuste ja praktiliste tööstuslike rakenduste vahel.

Inglise keeles

The main results of 2025 were a strong focus of research on artificial intelligence-based production optimization, digital twins and autonomous systems, as several articles were published in Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Sustainability and Applied Sciences, dealing with AI-based decision support, KPI models of production processes and smart workplaces. Research on autonomous mobile robots and production logistics was important, both through theoretical models and applied research. Contributions were also made to the development of methodologies for sustainable production and environmental impact assessment. Project activities continued to involve participation in several European Union-funded initiatives, including the AI and Robotics EDIH, MERIT and Easy2reUSE projects. Overall, 2025 was characterized by a strong connection between research results and practical industrial applications.

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Tootmise monitooringu ja prognoosimise süsteemi eesmärgiks on tööpinkide ja seadmete hõivatuse ja koormatavuse jälgimine reaalses ajas. Süsteem toob välja tööpingi tööajad, seisakud ja tootlikkuse valitud ajaperioodil ning aitab leida tootmisliini kitsaskohti ja pudelikaelu. Süsteem võimaldab ka prognoosida seadmete, komponentide ja kasutatavate tööriistade tööga läbi ennetava hoolduse soovitusi. Lisaks tootmise reaalses ajas jälgimisele arendatakse ka ennetava hoolduse süsteemi, mis kergendab hooldustöötajate tööd läbi detailse seadmete ja komponentide ülevaate ja analüüsi erinevate tööpinkide varuosadest ja komponentidest ning nende reaalses ja prognoositavas elueas, mis võimaldab ettevõtetel hoida kokku hoolduskuludelt ja suurendada tootmiseseadmete tootlikkust.

Inglise keeles

The main objective of the research is to study and develop Automated Production Systems using AI models. The research group developed Production Monitoring System DIMUSA with Predictive functionality which operates in near real time, focusing on the SMEs. The advanced Production Monitoring and Prediction System is detecting, measuring and monitoring the variables, events and situations, which affect the performance and reliability of manufacturing systems and processes.

Efficient, real-time feed of information for production control and monitoring includes data acquisition about state of the equipment and workplaces, production orders, flow of materials, quality of products, process data and other necessary data analyse. This is used for making the proper and optimised decisions, regarding the manufacturing planning, improved use of available resources, equipment maintenance planning etc.

[Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta](#)

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

VEU22026E10 „Robotkoostamise töökoha katsetamine akustiliste paneelide tootmiseks ettevõttes Silen OÜ“

[<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/024c846b-dbcd-422a-81e6-e6a0ef79ed4b>]

VHE22019 VKE-de toetamine jätkusuutlikul ja vastupidaval üleminekul tööstus 5.0 kontseptsioonile liikuvuse, transpordi, autotööstuse, lennunduse ja elektroonika valdkonnas

[<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/0dcd0d79-7e72-4531-b7c1-f8b431bbaab8>]

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöök

Tootmise korraldussüsteem (MES), tootmise monitooring, tootmise optimeerimine, reaalaajas informatsioon, juhtmevaba andurvõrk, ennetav hooldus, tehisintellekt tootmises

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad
- 2. Usaldusväärsed IT lahendused

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuaali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCS klasifikaatori alusel.

Frascati Manuaali teadusvaldkonnad:

- 2.3 Mehaanika / masinaehitus
- 2.2 Elektrotehnika, elektroonika, infotehnika

CERCSi teaduserialad:

- T125 Automatiseerimine, robotika, control engineering
- T130 Tootmistehnoloogia

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

Seisundi selgitus:

Uurimisrühma teadustaristu paikned Painttootmissüsteemide ja robotika demokeskuses ning Tootmise automatiseerimise laboris, kus uurimisrühma käsutuses on erinevad seadmed nagu HAAS UMC-500 – 5-teljeline CNC töötlemiskeskus; AVEMAX EH-610 – 3-teljeline CNC töötlemiskeskus; BEMATO BMT1550EN – 2-teljeline treipink; HAAS ST-15Y – mitmetelje CNC treimiskeskus; ABB tööstusrobot IRB1600 koos Nikon mõõte- ja skaneerimissüsteemiga; Yaskawa GP8 tööstusroboti õppestend, Omron TM5-900 koostöörobot (cobot); MiR100 – mobiilne robot; Robotnik RB 2 BASE – mobiilne robot; Festo painttootmisliin; Proven konveierliin koos DIMUSA monitooringusüsteemiga.

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit
Välispartnerid:

-
-
-

Eesti partnerid:

- Trimtex Baltic OÜ
- Silen OÜ
- Scandinator OÜ

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal
Riiklikud:

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://taltech.ee/mehaanika-ja-toostustehnika-instituut/uurimisruhmad>

Inglise keeles

5 Nutika tootmise uurimisrühm

Uurimisrühma juht

Tauno Otto, täisprofessor tenuuris, tauno.otto@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Tauno Otto, Doktor, täisprofessor tenuuris
Jüri Riives, Teaduste kandidaat, vanemteadur
Aigar Hermaste, Teadusmagister, lektor
Margus Müür, Kõrgharidus, lektor
Martinš Sarkans, Doktor, kaasprofessor
Lauri Kollo, Doktor, vanemteadur
Meelis Pohlak, Doktor, vanemteadur
Fjodor Sergejev, Doktor, kaasprofessor tenuuris
Toivo Tähemaa, Doktor, kaasprofessor
Tatjana Karaulova, Doktor, teadur
Simone Luca Pizzagalli, Doktor, teadur
Kristo Vaher, , doktorant
Madis Moor, Teadusmagister, projektijuht
Yevhen Bondarenko, Magister, doktorant-nooremteadur

Võtmesõnad

Eesti keeles

nutikas tootmine; tööstus 4.0/5.0; digitaalsed kaksikud; digitaalne tootmine

Inglise keeles

smart manufacturing; industry 4.0/5.0; digital twins; digital manufacturing

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Rühma kompetentsid on: tootmisprotsesside digitaliseerimine, virtualiseerimine ja simulatsioon, digikaksikute arendus, tootmise ümberkonfigureerimine traditsioonilistelt tööstustehnoloogiatelt 3D tehnoloogiatele. On välja arendatud simulatsioonikeskkond tehisreaalsuses Tööstus 4.0 põhimõtetest lähtuvalt. Tulemuseks arendasid uurimisgrupi teadlased välja täiesti uue mudeli, kus tekitatakse digikaksik vahekihina virtuaalreaalsusesse loodud keskkonna ja reaalse roboti juhtimissüsteemi vahele. Kasutades digitaalsete kaksikute kontseptsiooni mitte ainult simulatsioonivahendite, vaid ka kahe-suunaliselt sünkroniseeritavate digitaalsete kaksikute loomise meetodika arendamiseks, võimaldab see tööstusrobotite tootmisraku näitel hallata ja juhtida tehas simulatsioonikeskkonnast reaalsuses. Vastav rakendus on toimiv eri nutiplatvormidelt ning uued robotsüsteemid sh isejuhtivad robotsõidukid on digikaksiku kaudu hallatavad. Välja on töötatud tehisintellekti võimalusi kasutav ning mitmekriteeriumilisele otsustusvõimalustele tuginev robotiseeritud töökoja kavandamise lahendus (meetodika), mis arvestab ettevõtte tootmise vajadusi ning tagab tulemusliku töö planeeritud tootmissüsteemis. Väljatöötatud meetodika on üles ehitatud erinevatele otsustus algoritmidele ning on rekurseeriv erinevate sammude vahel. Otsustumeetoditena on kasutatud peamiselt

kaalitud keskmise meetodit, erinevates variatsioonides analüütilist hierarhilist otsustusprotsessi ning on kaasatud tehisnärvivõrkudel põhinevad otsustusmudeleid

Rühma ülevaade inglise keeles

The competencies of the research group are: production digitalisation, virtualisation, simulation, development of digital twins, reconfiguring manufacturing from conventional machining technologies to 3D related. Main results: An approach was proposed to develop a Digital Twin of production systems in order to optimize the planning and commissioning process. The proposed virtual cell interacts with the physical system with the help of different Digital Manufacturing Tools (DMT), which allows for the testing of various programs in a different scenario to check for any shortcomings before it is implemented on the physical system. Case studies from the different production systems were demonstrated to realize the feasibility of the proposed approach. Based on the concept of Industry 5.0, it is important to integrate the human operator, especially using virtual and augmented reality tools. Corresponding tests have been carried out both in terms of the user interface and medical indications. Development of an integrated and recursive artificial intelligence-based decision-making process for robotic workplace design and performance evaluation has been performed. A User-Centred Design approach was implemented, which is crucial in addressing the open challenges of Human-Robot Collaboration systems. Our work allocates Digital Twins and Augmented and Virtual Reality technologies (AR/VR) as central in this process by considering them as the key tools for the design, control, and assessment of modern collaborative industrial scenarios. It aims at assessing three types of input paradigms with virtual user Interfaces controlling a Digital Twin robot arm in a simple pick and place task and which can be based on different VR controller devices

Viimaste aastate olulisemad projektid:

ÕÜF10 KTA- Keerulise tootestamise arendamine 2023 - 2029

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/cec57c94-5503-4661-867a-670d533bc183>

(TARISTU24-TK10) Euroopa Tuumauuringute Keskus 2025 - 2029

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/fcbcab2-d7af-41bf-917b-6584ecb620b0>

TT2 Nutika tootmise tuumiktaristu (SmartIC) 2021 - 2024

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/f7666640-8be7-41b1-ac4b-97db530f3ff5>

TK202U9 Fundamentaalne Universum 2024 - 2030

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/7100ab0c-96e6-42c4-ad8e-d446de0a3f6a>

VFP21025 Innovatsiooni edendamine kiirenditeaduses ja -tehnoloogias 2021 - 2025

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/18834781-dbbf-48c1-b515-d61389be33f2>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Pizzagalli, S. L.; Mahmood, K.; Boychuk, R.; Otto, T.; Kuts, V. (2025). A workflow for extended reality-based learning in engineering education. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, 74, 2, 103–108. DOI: 10.3176/proc.2025.2.03. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/00d53c87-5ece-4a0e-a283-3287731a4ce4>

Mondellini, Marta; Arlati, Sara; Urgo, Marcello; Pizzagalli, Simone Luca; Kashif, Mahmood; Terkaj, Walter (2025). Comparing Traditional and eXtended Reality-based Learning: Effects on Performance, Emotions, and Cognitive Aspects. In: Extended Reality: International Conference, XR Salento 2025, Otranto, Italy, June 17–20, 2025, Proceedings, Part VI. (324–336). Springer. (Lecture Notes in Computer Science; 15742). DOI: 10.1007/978-3-031-97778-7_24. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/de9c20a0-7c8f-4c9b-81a0-b4e3a791131f>

Remenyi A, L. Kuts V. Tepļjakov A. Pizzagalli S, L. (2025). From Virtual to Reality: A Structured Framework to Training Humanoid Robots for Elderly Care Using Learning from Demonstration. In: Lecture Notes in Computer Science. (193–209). Springer. DOI: 10.1007/978-3-031-97772-5_13 [ilmumas]. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/766b5490-8629-4096-869a-35b293c3e152>

Kuts, V.; Marvel, J. A.; Aksu, M.; Pizzagalli, S. L.; Sarkams, M.; Bondarenko, Y.; Otto, T. (2022). Digital Twin as industrial robots manipulation validation tool. Robotics, 11 (5). DOI: 10.3390/robotics11050113. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/f7d7e914-80de-42da-9233-895e0535f3ee>

Moor, Madis; Sarkans, Martinš; Kangru, Tavo; Otto, Tauno; Riives, Jüri (2024). AI Functionalities in Cobot-Based Manufacturing for Performance Improvement in Quality Control Application. Journal of Machine Engineering, 24, 5–16. DOI: 10.36897/jme/189169. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/a534a4d6-e9bc-4008-9a96-28474732e787>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

2025 aastal saavutas nutika tootmise uurimisrühm rahvusvahelisel tasemel väljapaistvaid teadustulemusi digitaliseeritud tootmissüsteemide, digitaalsete kaksikute, laiendatud reaalsuse (XR) tehnoloogiate ning paindlike robotiseeritud tootmissüsteemide arendamisel ja rakendamisel. Teadus- ja arendustegevus toimus tihedas seoses Tööstus 4.0 ja Tööstus 5.0 kontseptsioonidega, keskendudes inimese–roboti koostööle, tootmissüsteemide paindlikkusele ning reaajas toimivale otsustustoele.

Olulise teadustulemusena arendati edasi reaajas sünkroniseeritavate digitaalsete kaksikute meetodikat, kus digitaalsed kaksikud ei toimi üksnes simulatsioonivahendina, vaid võimaldavad tootmis- ja robotsüsteemide kahesuunalist juhtimist ja valideerimist. Digitaalsete kaksikute integreerimine XR-põhiste kasutajaliidestega võimaldas tootmissüsteemide planeerimise, simulatsiooni ja juhtimise olulist täiustamist ning pakkus uusi võimalusi inimese-kesksete tööstuslike töövoogude kavandamiseks ja hindamiseks.

Rakendusuuringute valdkonnas demonstreeris uurimisrühm rahvusvaheliselt konkurentsivõimelisi lahendusi paindlike koostöörobotite ja autonoomselt

teisaldatavate robotiseeritud tootmissüsteemide kavandamisel. Väljatöötatud kontseptsioonid ja prototüübid näitasid, et tootmissüsteemide kiire ümberkonfigureerimine on teostatav nii tehnoloogiliselt kui ka majanduslikult, pakkudes olulist lisandväärtust eelkõige väikese ja keskmise suurusega tootmisettevõtetele.

Lisaks fundamentaalsetele ja rakenduslikele teadustulemustele avaldati 2025. aastal rühma teadlaste poolt mitmeid rahvusvahelisi teaduspublikatsioone ning esitleti tulemusi kõrgetasemelistel rahvusvahelistel konverentsidel, mis suurendas rühma teaduslikku nähtavust ja mõju rahvusvahelises teadusruumis. Uurimisrühma teadustulemused on loonud tugeva aluse uute rahvusvaheliste projektide ettevalmistamiseks ning toetavad rühma edasist arengut digitaalse ja inimese-keskse tootmise valdkonnas.

Inglise keeles

In 2025, the Smart Manufacturing Research Group achieved internationally outstanding research results in the development and application of digitalised manufacturing systems, Digital Twin technologies, Extended Reality (XR), and flexible robotic manufacturing systems. The research and development activities were closely aligned with the Industry 4.0 and Industry 5.0 paradigms, with a strong emphasis on human–robot collaboration, system flexibility, and real-time decision support.

A key scientific outcome of the year was the further development of real-time, bidirectionally synchronised Digital Twin methodologies. In contrast to conventional simulation-based approaches, the developed solutions enable Digital Twins to function as active components for the validation, control, and optimisation of manufacturing and robotic systems. The integration of Digital Twins with XR-based user interfaces significantly advanced the planning, simulation, and management of production systems, supporting the design and evaluation of human-centred industrial workflows.

In applied research, the group demonstrated internationally competitive solutions for the design of flexible collaborative robotic systems and autonomously movable robotic manufacturing concepts. The developed frameworks and prototype implementations confirmed the technical and economic feasibility of rapid reconfiguration of manufacturing systems, addressing critical challenges related to flexibility, resilience, and cost-efficient automation, particularly for small and medium-sized manufacturing enterprises.

In addition to these fundamental and applied research results, the group published several high-quality international scientific contributions and

presented its findings at leading international conferences, thereby strengthening its visibility and scientific impact. The research results achieved in 2025 provide a strong foundation for new international research initiatives and large-scale collaborative projects, reinforcing the group's strategic position in the field of digital and human-centred manufacturing.

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Nutika tootmise uurimisrühma tegevusel on märkimisväärne ühiskondlik mõju, kuna rühma teadus- ja arendustöö toetab Eesti tööstuse konkurentsivõime kasvu, kestlikku arengut ning töökohtade kvaliteedi paranemist. Digitaalsete kaksikute, tehisintellekti, robotika ja laiendatud reaalsuse (XR) rakendamine võimaldab ettevõtetel tootmisprotsesse tõhusamalt planeerida, optimeerida ja ümber seadistada, vähendades samal ajal ressursikulu ja keskkonnamõju.

Rühma uurimistulemused aitavad lahendada ühiskonnas aktuaalseid probleeme, nagu tööjõupuudus tootmissektoris, tööohutus ning vajadus rohepöördeks. Paindlikud ja koostöörobotitel põhinevad tootmissüsteemid ning inimese-keskne tootmise käsitlus (Industry 5.0) toetavad töötajate rolli muutumist füüsiliselt koormavast tööst kõrgema lisandväärtusega tegevusteks, parandades töötingimusi ja vähendades tööõnnetuste riski.

Olulise ühiskondliku mõjuna osales uurimisrühm aktiivselt Tööstus 5.0 konverentsi (Industry 5.0) korraldamises, aidates kujundada arutelu inimkeskse, kestliku ja vastupidava tööstuse tulevikust. Konverents tõi kokku teadlased, tööstusettevõtted, poliitikakujundajad ja avaliku sektori esindajad ning võimaldas rühmal vahendada teaduspõhiseid teadmisi otse ühiskondlikku ja majanduslikku otsustusruumi. Selline roll tugevdab rühma positsiooni teaduse ja ühiskonna vahelise sillana ning toetab teaduspõhise innovatsiooni laiemat mõistmist ja rakendamist.

Koostöös ettevõtete ja avaliku sektoriga (nt AIRE E-DIH, piloot- ja demoprojektid) viib uurimisrühm teadustulemused praktilisse kasutusse, toetades eelkõige väikese ja keskmise suurusega ettevõtteid uute tehnoloogiate kasutuselevõtul. See aitab kaasa regionaalsele arengule, tehnoloogiate laiemale levikule ning teaduspõhise otsustamise juurdumisele majanduses.

Lisaks panustab uurimisrühm ühiskondlikku arengusse kõrghariduse ja järelkasvu kaudu, arendades kaasaegseid õppe- ja laborikeskkondi ning koolitades insenere ja spetsialiste, kes on võimelised kujundama tulevikukindlaid, digitaalseid ja kestlikke tootmissüsteeme Eestis ja rahvusvaheliselt.

Inglise keeles

The Smart Manufacturing Research Group has a significant societal impact by supporting the competitiveness, sustainability, and resilience of the manufacturing sector in Estonia and beyond. Through research and development in Digital Twin technologies, artificial intelligence, robotics, and Extended Reality (XR), the group enables companies to plan, optimise, and reconfigure production processes more efficiently, while reducing resource consumption and environmental impact.

The research outcomes address key societal challenges such as labour shortages in manufacturing, occupational safety, and the transition towards greener and more sustainable industrial practices. Flexible and collaborative robotic systems, combined with a human-centred Industry 5.0 approach, support the transformation of work from physically demanding tasks to higher value-added activities, improving working conditions and reducing the risk of workplace accidents.

An important aspect of the group's societal engagement was its active involvement in the organisation of the Industry 5.0 Conference, which served as a high-level platform for discussing the future of human-centric, sustainable, and resilient industry. The conference brought together researchers, industrial stakeholders, policymakers, and public-sector representatives, enabling the group to transfer scientific knowledge directly into societal and economic decision-making processes. This role strengthened the group's position as a bridge between science, industry, and society.

In cooperation with industry and public-sector partners (e.g. AIRE E-DIH, pilot and demonstration projects), the research group translates scientific results into practical applications, particularly supporting small and medium-sized enterprises in adopting advanced manufacturing technologies. This contributes to regional development, wider technology uptake, and evidence-based innovation in the economy.

Furthermore, the group contributes to long-term societal development through higher education and talent development, by creating modern learning and laboratory environments and educating engineers and specialists capable of designing future-proof, digital, and sustainable manufacturing systems at both national and international levels.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Nutika tootmise uurimisrühma rakenduslik teadus- ja arendustegevus on suunatud teadustulemuste praktilisele kasutuselevõtule ettevõtluses ning tootmisprotsesside tõhustamisele koostöös Eesti ja Euroopa tööstusettevõtetega. Olulised rakenduslikud väljundid on saavutatud eelkõige AIRE E-DIH raames ellu viidud piloot- ja demoprojektide kaudu, mille eesmärk on olnud uute digitaalse tootmise, robotika ja tehisintellekti lahenduste valideerimine reaalses tootmiskeskkonnas.

AIRE demoprojekt „Coboti testimine kvaliteedikontrolliks“ keskendus koostöörobotite rakendamisele ettevõtte Comodule toodete kvaliteedikontrollis. Projekti raames analüüsiti ja katsetati cobotipõhist automaatset visuaalset inspekteerimist (AVI), mis on suunatud dünaamiliselt paiknevate asjade interneti moodulite juhtmete kontrollimisele. Projekti tulemused võimaldasid hinnata lahenduse tehnilist teostatavust ning majanduslikku tasuvust ning löid eeldused ettevõtte investeerimisotsuseks esimese robotiseeritud kvaliteedikontrollijaama rajamisel.

AIRE demoprojekt „Koostöörobotite testimine ja kasutamine uute tootesarjade loomise võimaldamiseks“ viidi läbi koostöös Raiku Packaging OÜga ning selle eesmärk oli hinnata uudse, puidujõul põhineva matt-tüüpi pakendimaterjali tootmistehnoloogia valmisolekut masstootmiseks. Uurimisrühma teadlased testisid koostöörobotite kasutusvõimalusi tootmisprotsessis ning kogusid andmeid tootmise skaleeritavuse ja automatiseerimise potentsiaali hindamiseks. Projekti tulemusi kasutatakse tootmisseadmete ja tootmisliinide arendamise järgmistes etappides, toetades ettevõtte rahvusvahelist laienemist.

AIRE demoprojekt „Tehisintellekti ja masinõppe testimine tootmise ja äritegevuse tõhustamisel“, samuti koostöös Raiku Packaging OÜga, keskendus olemasoleva tootmisliini kaardistamisele, mõõtmisele ja andmete kogumisele. Uurimisrühm kasutas tootmise jälgimissüsteemi Dimusa ning teisi digitaalseid tööriistu tootmisandmete analüüsimiseks. Kogutud andmeid rakendati tehisintellekti ja masinõppe meetoditega, et tuvastada kitsaskohti ja pakkuda andmepõhiseid ettepanekuid tootmisprotsesside ja ärimudeli täiustamiseks.

Lisaks AIRE projektidele osales uurimisrühm rahvusvahelises projektis „Turvaline 5G-toega kaksikülemine Euroopa puidutööstusele“, mille raames arendi Harmet OÜ moodulmajade tootmise ja Hekotek AS saekaatrite tootmise jaoks 5G-toega digitaalseid kaksikuid. Projekti eesmärk oli suurendada tootmisprotsesside läbipaistvust, paindlikkust ja töökindlust ning toetada Eesti puidutööstuse rahvusvahelist konkurentsivõimet kõrgtehnoloogiliste digilahenduste abil.

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöök

tootmisprotsesside digitaliseerimine, virtualiseerimine ja simulatsioon;
digitaalsete kaksikute (Digital Twins) arendus tootmis- ja robotsüsteemidele;
XR-põhised (AR/VR/MR) tootmis- ja koolituslahendused ning kasutajaliidesed;
robotiseeritud ja koostöörobotitel põhinevate tootmissüsteemide kavandamine ja valideerimine;
paindlike ja ümberkonfigureeritavate tootmissüsteemide arendus;
tootmissüsteemide ümberseadistamine traditsioonilistelt tööstustehnoloogiatelt additiivsetele ja hübriidsetele (3D) tehnoloogiatele;
tehisintellekti ja masinõppe rakendamine tootmisandmete analüüsiks ja otsustustoeks;
mitmekriteeriumilised otsustusmudelid tootmissüsteemide ja robotlahenduste valikuks;
piloot- ja demoprojektide läbiviimine reaalses tootmiskeskkonnas (TRL tõstmine).

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Nutika tootmise uurimisrühma ettevõtluskoostöö peamine eesmärk on teadustulemuste ja arendatud tehnoloogiate praktiline rakendamine ning kommersialiseerimine koostöös tööstusettevõtetega. Rühm keskendub digitaalse tootmise, digitaalsete kaksikute, robotiseeritud tootmissüsteemide ja

inimese-keskse Industry 5.0 lahenduste viimisele piloot- ja tootmiskeskondadesse, toetades ettevõtete tehnoloogilist arengut ja konkurentsivõimet.

Ettevõtluskoostöö hõlmab uute tehnoloogiliste lahenduste valideerimist ja arendamist piloot- ja demoprojektide kaudu, tootmisprotsesside digitaliseerimist ning ettevõtete vajadustest lähtuvate rakenduslike uurimis- ja arendusprojektide läbiviimist. Oluliseks koostöövormiks on ka ühiste rahvusvaheliste teadus- ja innovatsiooniprojektide ettevalmistamine ja elluviimine, sealhulgas osalemine Euroopa Liidu raamprogrammide (nt Horizon Europe) konsortsiumides.

Ettevõtluskoostööd toetab nutika tootmise tuumiktaristu Smart Industry Centre (SmartIC) arendus, eelkõige 3D-printimise, digitaalsete kaksikute ja robotiseeritud tootmissüsteemide suunal, mis võimaldab pakkuda ettevõtetele ligipääsu kaasaegsele teadus- ja katselabori infrastruktuurile. Eestis toimub ettevõtetega koostöö peamiselt AIRE E-DIH raames ellu viidavate demoprojektide kaudu, samuti rahvusvaheliste projektide, sealhulgas 5G-Timber (Horizon 2020), vahendusel.

Rühma ettevõtluskoostöö sihtrühmaks on eelkõige väikesed ja keskmise suurusega tootmisettevõtted, samuti kõrgtehnoloogilised tööstusettevõtted puidu-, masina- ja elektroonikatööstuse valdkonnas. Tüüpilise rakendusliku TA lepingu indikatiivne maht jääb vahemikku 20 000–150 000 eurot, sõltuvalt projekti mahust ja tehnoloogilisest keerukusest.

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad
- 2. Usaldusväärsed IT lahendused

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuaali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCS klasifikaatori alusel.

Frascati Manuaali teadusvaldkonnad:

2.3 Mehaanika / masinaehitus

2.2 Elektrotehnika, elektroonika, infotehnika

CERCSi teaduserialad:

T125 Automatiseerimine, robotika, control engineering

T130 Tootmistehnoloogia

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsoonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

väga hea

Seisundi selgitus:

Uurimisrühma peamiseks teadustaristuks on IVAR – Industrial Virtual & Augmented Reality Lab ning Smart Industry Centre (SmartIC), mis täiendavad teineteist nii funktsionaalselt kui ka strateegiliselt.

IVAR – Industrial Virtual & Augmented Reality Lab (<http://ivar.taltech.ee>) pakub kaasaegset teadus- ja arenduskeskkonda digitaalsete kaksikute, laiendatud reaalsuse (AR/VR/MR), inimese–roboti koostöö ning kasutajakesksete tööstuslike liideste uurimiseks. Taristu võimaldab XR-põhiste simulatsioonide, digitaalsete tootmismudelite ja interaktiivsete juhtimislahenduste arendamist ning valideerimist, toetades nii teaduspublikatsioonide valmimist kui ka rakenduslikke pilootprojekte.

Smart Industry Centre (SmartIC) (<http://smartic.ee>) toimib rühma rakendusliku TA ja ettevõtluskoostöö keskse taristuna. SmartIC koondab tootmissüsteemide digitaliseerimise, 3D-printimise, robotiseerimise ja digitaalsete kaksikute arendamise jaoks vajaliku aparatuuri, tarkvara ja katselaborid. Taristu toetab piloot- ja demoprojektide läbiviimist reaalses tootmiskontekstis, võimaldades tõsta tehnoloogiate valmidusastet (TRL) ning viia teadustulemused tööstuslikku kasutusse koostöös ettevõtetega.

Kasutuses olevad andmekogud ja digitaalsed mudelid (sh tootmisprotsesside andmed, digitaalsed kaksikud ja simulatsioonimudelid) on otseselt seotud käimasolevate projektide ja koostöötegevustega ning on piisavad uurimisrühma teaduslike eesmärkide saavutamiseks. Samas eeldab taristu pikaajaline jätkusuutlikkus ja rahvusvahelise konkurentsivõime hoidmine järjepidevaid investeeringuid nii seadmete kui ka tarkvaraplatvormide ajakohastamisse, eriti kiiresti arenevate XR- ja AI-tehnoloogiate valdkonnas.

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal

- * Tauno Otto, Rahvusvaheline Tootmistehnika Akadeemia (CIRP) – kutsutud liige
- * Tauno Otto - Euroopa Laiendatud Reaalsuse Assotsiatsiooni (EuroXR) juhatuse liige
- * Tauno Otto – tehnoloogiaplatformi ManuFuture High Level Group (ManuFuture HLG) nõukoja liige
- * Tauno Otto - Horizon Europe avaliku ja erasektori partnerluse "Made in Europe" partnerlusnõukogu liige
- * Tauno Otto - Euroopa Liidu tervisealasteks hädaolukordadeks valmisoleku ja neile reageerimise asutuse (HERA) tööstuskoostöönõukogu liige
- * Tauno Otto - Flanders Make (Belgia) teadusnõukogu liige
- * Vladimir Kuts – IEEE Eesti sektsiooni juhatuse aseesimees
- * Vladimir Kuts – Eesti Noorte Teaduste Akadeemia – valitud liige
- * Vladimir Kuts - Rahvusvahelise Immersiivtehnoloogia Innovatsiooni Assotsiatsiooni (IAITI) liige
- * Vladimir Kuts - IEEE Robotics and Automation Society sektsiooni esimees
- * Vladimir Kuts - Eesti Virtuaal ja Liitreaalsuse assotsiatsioon – juhatuse liige

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit Välispartnerid:

- CERN
- Politecnico di Milano
- EFFRA – European Factories of the Future Research Association

Eesti partnerid:

- AIRE E-DIH
- IMECC OÜ
- OÜ Harmet

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

Vladimir Kuts – IEEE Eesti sektsioon – juhatuse aseesimees
Vladimir Kuts – Eesti Noorte Teaduste Akadeemia – valitud liige
Vladimir Kuts – International Association for Immersive Technology Innovation (IAITI) – liige
Vladimir Kuts – IEEE Robotics and Automation Society – sektsiooni esimees
Vladimir Kuts – Eesti Virtuaal- ja Liitreaalsuse Assotsiatsioon – juhatuse liige
Tauno Otto – Euroopa Laiendatud Reaalsuse Assotsiatsioon (EuroXR) – juhatuse liige
Tauno Otto – Rahvusvaheline Tootmistehnika Akadeemia (CIRP) – kutsutud liige
Tauno Otto – ManuFuture High Level Group – nõukoja liige
Tauno Otto – Horizon Europe avaliku ja erasektori partnerlus „Made in Europe“ –

partnerlusnõukogu liige

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal
Riiklikud:

Rahvusvahelised:

Vladimir Kuts, Tauno Otto – Best Academic Paper Award, 10th International XR-Metaverse Conference (2025), artikli „Human-Centric Remote XR Workspace for Online Robot Programming“ eest (autorid: Peter Kovac, Vladimir Kuts, Tauno Otto)

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes

Tauno Otto – ManuFuture High Level Group (HLG) – Euroopa tööstuse ja tootmistehnika arengusuundade ning innovatsioonipoliitika nõustamine

Tauno Otto – Horizon Europe avaliku ja erasektori partnerlus „Made in Europe“ – osalemine partnerlusnõukogus, tööstus- ja teaduskoostöö strateegiline nõustamine

Tauno Otto – European Health Emergency Preparedness and Response Authority (HERA) – tööstuskoostöönõukogu liige, kõrgtehnoloogiliste tootmisvõimekuste nõustamine

Tauno Otto – Flanders Make (Belgia) – teadusnõukogu liige, tootmistehnoloogia ja digitaliseerimise alane nõustamine tööstuspartneritele

Tauno Otto – International Academy for Production Engineering (CIRP) – rahvusvaheline ekspertnõustamine tootmistehnika ja digitaalse tootmise valdkonnas

Vladimir Kuts – IEEE Robotics and Automation Society – robotika ja automatiseerimise alane ekspertnõustamine ning kogukonna suunamine

Vladimir Kuts – International Association for Immersive Technology Innovation (IAITI) – immersiiivtehnoloogiate (XR) rakendamise nõustamine tööstus- ja innovatsioonikontekstis

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://taltech.ee/mehaanika-ja-toostustehnika-instituut/uurimisruhmad>

Inglise keeles

6 Innovatiivsete materjalide tööstuslike rakenduste uurimisrühm

Uurimisrühma juht

Irina Hussainova, täisprofessor tenuuris, irina.hussainova@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Irina Hussainova, Doktor, täisprofessor tenuuris
Fjodor Sergejev, Doktor, kaasprofessor tenuuris
Maksim Antonov, Doktor, vanemteadur
Mart Viljus, Doktor, vanemteadur
Sofiya Aydynyan, Doktor, teadur
Dmitri Goljandin, Doktor, vanemteadur
Rocio Estefania Rojas Hernandez, Doktor, vanemteadur
Roman Ivanov, Doktor, teadur
Rahul Kumar, Doktor, insener
Mansure Rezapourian, Doktor, insener
Rainer Traksmäa, Teadusmagister, materjaliuuringute peaspetsialist
Heinar Vagiström, Kõrgharidus, tehnik
Hans Vallner, Keskeri, insener
Arash Kariminejad, Magister, doktorant-nooremteadur

Võtmesõnad

Eesti keeles

keraamika; komposiitmaterjalid; multifunktsionaalsed struktuurid; grafeen; plasmäsädepaagutuse ja kihtlisandustehnoloogia; mesoporsed komposiidid; märg-põlemise meetod; pulbrid; mikrostruktuur; kõrgtemperatuursed materjalid; bio-inspireeritud materjalid; pulbermetallurgia; kulumiskindlus; korrosioonikindlus

Inglise keeles

ceramics; composites; multifunctional structures; bio-inspired materials; tribology; recycling; high temperature materials; chemical vapour deposition; self-propagating high temperature synthesis; microstructural analysis; mechanical testing; additive manufacturing; spark plasma sintering

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Uurimisgrupp keskendub kolmele omavahel seotud uurimissuunale: (a) hierarhiliselt struktureeritud multifunktsionaalsed komposiidid, sealhulgas elektrijuhtivusega keraamilised materjalid; anisotroopsed keraamika- põhised funktsionaalgradientmaterjalid; hierarhiliselt struktureeritud komposiidid; bioloogiliselt inspireeritud konstruktsioonmaterjalid; mesoporsed materjalid; keraamilised nanokiud; grafeenitud nanokiududega komposiitmaterjalid; keraamilised membraanid; (b) kõrgtemperatuursed tribo-komposiidid, (c) keraamika- baasil pulbrid selektiivseks laserpaagutamiseks (SLS) kihtlisandustehnoloogias sealhulgas gradientstruktureeritud pulbrid ja komposiitpulbrid keraamika-põhiste komposiitide selektiivseks laserpaagutamiseks; iselevikõrgtemperatuursüntees (SHS); mehaaniline leegerimine; funktsionaliseerimine; termotöötlus.

Rühma ülevaade inglise keeles

The research is broadly subdivided into three main interconnected and highly interdisciplinary directions focused on (a) hierarchically structured bio-inspired multi-functional composites including but not limited to electroconductive ceramics, functionally graded and anisotropic ceramic-based composites, mesoporous ceramics, nanofibers, graphene added bulks, ceramic membranes; (b) tribology and high-temperature damage-tolerant composites for tribo-applications; (c) selective laser melting and powders for SLM/S of ceramic-metal composites and AM of complex-shaped ceramic-matrix composites. The team has several inventions keeping research at a high international level. The most influential are (i) a self-aligned fibrous scaffold for highly anisotropic cell cultures; (ii) a method for producing nanofibers composites by combustion techniques and products comprising thereof; (iii) fibrous ceramic networks and preparation thereof by selective laser melting; and (iv) ceramic complex structures by SLS.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

[Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused](#)

Eesti keeles

Inglise keeles

[Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega](#)

Eesti keeles

Rakendatavus väljendub uuenduslike struktuuride sihipärasel arendamises ja nende energiasäästu, kulumise vähendamise, komponentide eluea pikendamise ja keskkonnasõbraliku kasutamise ohutuse tagamises.

Tehnoloogiline areng nõuab innovatsiooni materjalide valdkonnas, mistõttu ülemaailmsed teadusuuringud keskenduvad peamiselt uute lähenemiste ja võimaluste leidmisele materjalide väljatöötamisel ja tootmises. Suurenenud on vajadus multifunktsionaalsete materjalide järele, mis on kohandatud spetsiifilisteks rakendusteks. Üks suurimaid väljakutseid multifunktsionaalsete materjalide arendamisel on tagada materjalide maksimaalne tõhusus ja jätkusuutlikkus konkreetsetes rakendustes, tagades seejuures materjalitöötlemise ohutuse ning

madalad tootmiskulud. Multifunktsionaalsete hübriidmaterjalide arendamine on esile kerkimas kui suhteliselt uus ja äärmiselt interdistsiplinaarne valdkond.

Inglise keeles

The applicability is reflected by targeted development of innovative structures and their potential for saving energy, reducing wear, increasing the lifetime of components and providing safety during use in an environmentally friendly manner.

The current progress in key areas from construction and transportation to energy generation/storage and bio-applications increasingly demands new structural materials with improved and multifunctional performance. To be adapted by industry, these materials will not only have to be lighter, stronger and tougher but also play additional functional roles, including sensing external stimuli, self-monitoring their structural health, conducting electricity and/or storing energy. Additionally, there is a pressing need for materials to be more energy-efficient and environmentally-friendly. To address this challenge, there is a continual quest to seek yet-to-be-developed materials with unprecedented combinations of properties and functionalities to be fashioned into bulk complex shapes and manufactured at high volume and low cost.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöök

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad
- 3. Keskkonnaressursside väärastamine

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuaali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCS klassifikaatori alusel.

Frascati Manuaali teadusvaldkonnad:

2.5 Materjalitehnika

2.10 Nanotehnoloogia

CERCSi teaduserialad:

T150 Materjalitehnoloogia

T152 Komposiitmaterjalid

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

Seisundi selgitus:

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal

**Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit
Välispartnerid:**

-
-
-

Eesti partnerid:

-
-
-

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

**Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal
Riiklikud:**

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://taltech.ee/mehaanika-ja-toostustehnika-instituut/uurimisruhmad>

Inglise keeles

Rühma ülevaade inglise keeles

The research group is working on the development and research on complex autonomous systems, including localization, navigation, mission planning, sensorics, artificial intelligence, electro-mechanics, control, simulation and machine vision. The topics are applied to a full range of autonomous systems, in particular to self-driving vehicles, mobile robots, industrial logistics robots and drones.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

VHE24058 Laiendatud null-usaldus ja intelligentne turvalisus vastupidavate ja kvantturvaliste 6G võrkude ja teenuste jaoks 2025 - 2027 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/fd1e9503-dba3-42c7-b01b-279c2ea6f796>

LEMEE23083 Rakendusuuring mehitamata maismaasõidukite passiiv-adaptiivse autonoomse navigatsioonisüsteemi arendamiseks 2023 - 2026 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/f7afb718-471d-49c0-967d-f74fbf4c7319>

TFA25109 Isejuhtivate sõidukite turvalisuse valideerimise ja verifitseerimise platvorm 2025 - 2026 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/997e2c3d-f7c3-402e-ac40-d001be0efcd2>

VERT23017 IoT hariduse tugevdamine Euroopa ülikoolides, ettevõtetes ja üldisel tööturul. 2022 - 2025 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/02702fb0-7a4b-428f-847a-21aee16a2be4>

VERT24059 Autonoomse sõidukiohutuse valideerimise ja kontrollimise ühtlustamine kõrghariduses 2024 - 2027 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/77d79051-c2a6-4d5a-b96d-5ecc4c1238b9>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Razdan, Rahul; Sell, Raivo; Akbas, M. İlhan; Menase, Mahesh (2025). Perspectives on Safety for Autonomous Vehicles. *Electronics*, 14 (22), art. 4500. DOI: 10.3390/electronics14224500. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/0665dab8-cee0-49d8-b485-1fdf68a3347c>

Sell, Raivo; Razdan, Rahul; Kase, Kart; Rützmänn, Tiia (2025). The Role of AI Chatbots in Engineering Education: Experimental Findings and Implementation Strategies. *International Journal of Engineering Pedagogy (IJEP)*, 15 (5), 4–19. DOI: 10.3991/ijep.v15i5.56681. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/5ba0d983-0b54-440f-80d5-9e97771ec71e>

Gu, Junyi; Bellone, Mauro; Pivoňka, Tomáš; Sell, Raivo (2024). CLFT: Camera-LiDAR Fusion Transformer for Semantic Segmentation in Autonomous Driving. *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*, 1–12. DOI: 10.1109/TIV.2024.3454971. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/9733d866-b3c7-4c99-a0c7-d16ef4fd4f8d>

Malayjerdi, Mohsen; Goss, Quentin A.; Akbaş, Mustafa İlhan; Sell, Raivo; Bellone, Mauro (2023). A Two-Layered Approach for the Validation of an Operational Autonomous Shuttle. *IEEE Access*, 11, 89124–89137. DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3306602. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/e7191bd8-2284-4d6a-93b6-24d356716a6f>

Razdan, Rahul; Akbaş, Mustafa İlhan; Sell, Raivo; Bellone, Mauro; Menase, Mahesh; Malayjerdi, Mohsen (2023). PolyVerif: An Open-Source Environment for Autonomous Vehicle Validation and Verification Research Acceleration. *IEEE Access*, 11, 28343–28354. DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3258681. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/b54ab3e6-eb9a-48c1-9243-128b1940634f>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

Uue Horizon Europe projekti käivitamine Xtrust, Mitmete Horizon projektide taotlustes osalemine, Uue rahvusvahelise partneri kaasamine - Florida Tech. Külalisprofessori kaasamine uurimisgrupi koosseisu.

Inglise keeles

The research group has achieved internationally visible R&D results in the fields of autonomous mobility, cybersecurity of connected transport systems, and smart city experimentation. The group has advanced validation and verification methodologies for autonomous vehicles, integrating digital twin environments with real-world pilot operations to improve safety assessment and corner-case analysis. Significant progress has also been made in zero-trust security architectures for next-generation (6G-ready) mobility ecosystems, strengthening the resilience and trustworthiness of cyber-physical transport infrastructures. In addition, the group has contributed to the development of scalable toolkits and implementation frameworks that support cities and industry partners in deploying autonomous and multimodal mobility solutions. These outcomes demonstrate a strong combination of experimental research, applied engineering, and international collaboration, reinforcing the group's position as a credible partner in European research and innovation networks.

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

uurimisgrupi teadus- ja arendustegevus on seotud ühiskonna võtmeprobleemidega nagu liiklusohutus, linnade jätkusuutlikkus, küberturvalisus ja tööstuse digitaliseerimine. Rühm arendab ja valideerib autonoomseid sõidukeid ning nende digitaalseid kaksikuid, et vähendada inimlikest vigadest tulenevaid õnnetusi ja toetada ohutut viimase miili transporti nutikates linnades. Samuti panustatakse V2X side, nullusalduse turvaraamistike ja kriitilise taristu kaitse lahendustesse, mis muutuvad 6G ja IoT ajastul üha olulisemaks. Tööstus 5.0 kontekstis arendatakse autonoomseid mobiilseid süsteeme ja küber-füüsilisi platvorme, mis suurendavad tootmise paindlikkust ja vastupidavust. Praktilised näited on seotud projektidega, mis on näidatud allpool, hõlmates nii Euroopa Liidu teadusprojekte, linnapilootide elluviimist kui ka koostööd tööstuspartneritega.

Inglise keeles

The research group's R&D activities are directly linked to key societal challenges such as traffic safety, urban sustainability, cybersecurity, and industrial digitalisation. The group develops and validates autonomous vehicles and their digital twins to reduce accidents caused by human error and to enable safe last-mile mobility solutions in smart cities. It also contributes to V2X communication, zero-trust security frameworks, and the protection of critical infrastructure—areas that are becoming increasingly important in the era of 6G and IoT ecosystems. In the context of Industry 5.0, the group advances autonomous mobile systems and cyber-physical platforms that enhance flexibility and resilience in manufacturing and mobility sectors. Practical examples are reflected in the projects listed below, including EU-funded research initiatives, city-scale pilot deployments, and close collaboration with industrial partners.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Tarkvaraalgoritmide ja simulatsioonide arendus ettevõttele Milrem Robotics

OÜ. <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/487119c0-f7c4-4ac8-a39c-786a271bc6ce>

Tuleviku isejuhtivate busside teenuse arendus ja halduse süsteem ettevõttele

Modern Mobility

OÜ. <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/ee6e69bf-bb32-4bbb-96f3-a5718124e201>

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöök

Autonoomsete sõidukite turvalisuse analüüsi tööriistakomplekt:

* Digitaalse kaksiku loomine valitud keskkonnast ja virtuaalsete sõidukite

ühendamine.

* Võimalike liiklusolukordade genereerimine ja võtmeparameetrite määratlemine digikaksiku jaoks.

* Võimalike liiklusolukordade katsetamine virtuaalses digikaksikus riskide hindamiseks.

* Olukordade tõlgendus ja analüüsid ning soovitused riskide maandamiseks.

Täpsem

info: <https://finestcentre.eu/et/targad-teenused-linnadele/konsultatsioonid-ja-teenused/autonoomsete-soidukite-ohutuse-tooriistakomplekt/>

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Horizon projektides osalemine

Partnerlus ja kokkupuude Eesti tööstusega

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad
- 2. Usaldusväärsed IT lahendused

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuaali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCSi klassifikaatori alusel.

Frascati Manuaali teadusvaldkonnad:

- 2.2 Elektrotehnika, elektroonika, infotehnika
- 2.3 Mehaanika / masinaehitus

CERCSi teaduserialad:

T125 Automatiseerimine, robotika, control engineering

T120 Süsteemitehnoloogia, arvutitehnoloogia

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

väga hea

Seisundi selgitus:

Iseauto v1.0 (2tk) - Eesti esimene isejuhtiv auto

TalTech iseAuto v2.0 - TalTech uus versioon eesti esimesest isejuhtivast autost

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal

* Autoware Foundation (<https://autoware.org/>)

* The International Alliance for Mobility Testing & Standardization (IAMTS)
(<https://www.iamts.org/>)

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit

Välispartnerid:

- Florida Tech
- Silesian University of Technology, Faculty of Automatic Control, Electronics and Computer Science
- Riga Technical University, Faculty of Computer Science and Information Technology

Eesti partnerid:

- Milrem AS
- MultiCharge OÜ
- Metrosert AS

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

Intervjuud ja esinemised teles ja raadio

Artiklid meedias

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal
Riiklikud:

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes
Tallinna Tööstushariduskeskuse Autonoomsete sõidukite õppekava nõustamise
ekspertühm

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://autolab.taltech.ee>

Inglise keeles

<https://autolab.taltech.ee>

8 Kihtlisandustehnoloogiate uurimisrühm

Uurimisrühma juht

Prashanth Konda Gokuldoss, juhtivteadur, prashanth.konda@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Prashanth Konda Gokuldoss, Doktor, juhtivteadur

Lauri Kollo, Doktor, vanemteadur

Ramin Rahmani Ahranjani, Magister, insener

Javad Karimi, , doktorant

Navid Alinejadian, , doktorant

Sokkalingam Rathinavelu, , teadur

Võtmesõnad

Eesti keeles

kihtlisandustootmine; pulbermetallurgia; tahkestumine; metastabiilsed materjalid; amorfseid sulamid; kõrgentroopsed sulamid; kõrgtemperatuurised materjalid; kergmetallid; biomaterjalid ja mehaanilised omadused

Inglise keeles

additive manufacturing; powder metallurgy; solidification; meta-stable materials; amorphous alloys; high entropy alloys; high temperature materials; light metals; biomaterials and mechanical properties

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Uurimisrühma olulisem uurimistemaatika hõlmab: (1) Sulamite arendus kihtlisandustootmisele (2) Kihtlisandustootmise teel valmistatud materjalide enneaegne purunemine (3) Kõrgentroopsed pulbermetallurgilised sulamid ekstreemsetele keskkondadele (4) Kihtlisandustehnoloogia teel valmistatud funktsionaalsed materjalid

Rühma ülevaade inglise keeles

The research topics of the group are: (1) Alloy design for additive manufacturing; (2) Pre-mature failure in additively manufactured materials; (3) Powder metallurgy of high entropy alloys for extreme environments; (4) Processing of functional materials by additive manufacturing.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

Inglise keeles

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Valitud teadustegevused:

- (1) Sulamite arendus kihtlisandustootmisele
- (2) Kihtlisandustootmise teel valmistatud materjalide enneaegne purunemine
- (3) Kõrgentroopsed pulbermetallurgilised sulamid ekstreemsetele keskkondadele
- (4) Kihtlisandustehnoloogia teel valmistatud funktsionaalsed materjalid

Inglise keeles

Selected research activities:

- (1) Alloy design for additive manufacturing
- (2) Pre-mature failure in additively manufactured materials
- (3) Powder metallurgy of high entropy alloys for extreme environments
- (4) Processing of functional materials by additive manufacturing

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöök

prinditavate detailide ja materjalide arendus nii plasti kui metalli 3D printimistehnoloogiate korral

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Täiendav info:

Uurimisrühma seotus TalTech TA prioriteetse suunaga (kuni kaks olulisemat suunda):

- 1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad
- 3. Keskkonnaressursside vääristamine

Uurimisrühma tegevusega seotud teadusvaldkond – kuni 2 alamvaldkonda Frascati Manuaali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCS klasifikaatori alusel.

Frascati Manuaali teadusvaldkonnad:

2.5 Materjalitehnika

CERCSi teaduserialad:

T150 Materjalitehnoloogia

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektsioonid ja andmekogud), piisavus ja seisund

Hinnang seisundile:

Seisundi selgitus:

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit

Välispartnerid:

-
-
-

Eesti partnerid:

-
-
-

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal
Riiklikud:

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://taltech.ee/mehaanika-ja-toostustehnika-instituut/uurimisruhmad>

Inglise keeles