

**Mehaanika ja tööstustehnika instituut**  
**Department of Mechanical and Industrial Engineering**

**Teadus- ja arendustegevuse aruanne**

**2018**

**Kristo Karjust**  
[kristo.karjust@ttu.ee](mailto:kristo.karjust@ttu.ee), +372 620 3260

Tallinn,  
2019

## 1. Struktuuriüksuse struktuur 2018. a

Mehaanika ja tööstustehnika instituut  
Department of Mechanical and Industrial Engineering

Instituudi töötajate arv on 91, kellest vanemlektoreid 2, lektoreid 7, assistente 1, dotsente 9, tenuuri-professoreid 4, professoreid 4, kaasatud professoreid 1, doktorant-nooremteadureid 4, järel doktor-teadureid 2, nooremteadureid 4, teadureid 6, vanemteadureid 11, juhtivateid 1, juhiabi 1, insenere 17, insener-tarkvaraarendaja 2, tarkvarainsenere 1, metroloogiainsenere 1, spetsialiste 2, õppeinfosüsteemi spetsialiste 1, projekti ja õppeinfosüsteemi spetsialiste 1, peaspetsialiste 2, projekti spetsialiste 1, ettevõtlusspetsialiste 1 ja tehnikuid 5.

Instituudi struktuuri kuuluvad: tarkade tootmistehnoloogiate ja robotika teaduskeskus; materjalitehnika teaduskeskus; logistika ja transpordi teaduskeskus; mehaanika ja metroloogia katselabor; Eesti inseneripedagoogika keskus.

Instituudis tegutsevad järgmised uurimisrühmad/ The Department conducts research within next research groups:

- Ennetava hoolduse ja reaajas tootmise monitooringu mudelite arendus/ Real-time production monitoring and prediction models development;
- Innovatiivsete süsteemide tööstuslikud rakendused/ Innovative Systems for Industrial Applications;
- Isejuhtivad sõidukid ja autonoomsed süsteemid/Self-driving vehicles and autonomous systems;
- Keraamika-baasil komposiitmaterjalid/ Ceramic-based composites;
- Kõrgtehnoloogiliste materjalide, konstruktsioonide ja toodete väljatöötamine/ Design optimization of advanced materials, structures and products;
- Logistika ja transpordi uurimisrühm/ Research Group of Logistics and Transport;
- Nutikad ja multifunktsionaalsed komposiitstruktuurid: projekteerimine ja valmistamine/ Smart and Multifunctional Composites: Design and Manufacturing;
- Nutika tootmise uurimisrühm/ Smart industry research group;
- Tehniline akustika arendused/ Technical Acoustics Research;
- Toote ja teenuse süsteemide disaini grupp/ Product and Service Systems Design Group
- Triboloogia ja ümbertöötlemine/ Tribology and Recycling;
- Täiustatud pulbertehnoloogiad/Advanced powder technology;
- Tööstusrobotitele põhinev kiiresti ümberseadistatav tootmine/ Reconfigurable Manufacturing Based on Industrial Robots;

## 2. Uurimisrühmade tutvustus TalTech T&A 2018. aasta kogumiku koostamiseks

### 2.1. Ennetava hoolduse ja reaajas tootmise monitooringu mudelite arendus / Real-time production monitoring and prediction models development

**Uurimisrühma juht**

Kristo Karjust, dotsent, [kristo.karjust@taltech.ee](mailto:kristo.karjust@taltech.ee), tel 620 3260

**Uurimisrühm**

Raivo Sell (vanemteadur), Allan Aari (insener), Riho Uusjärv (insener), Aigar Hermaste (lektor), Tõnis Raamets (insener).

Doktorandid: Pavel Tsukrejev, Kaarel Kruuser, Heiko Pikner, Rivo Lemmik, Marko Paavel, Sergei Kaganski

**Võtmesõnad**

Tootmise korraldussüsteem (MES), Tootmise monitooring, tootmise optimeerimine, reaajas informatsioon, juhtmevaba andurvõrk, ennetav hooldus

Manufacturing Execution System (MES), Production Monitoring, Production Optimisation, Real Time information, Wireless Sensor Network, Predictive Maintenance

**Uurimisrühma kompetents**

Tootmise monitooringu ja prognoosimise süsteemi eesmärgiks on tööpinkide ja seadmete hõivatus 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.

*The main objective of the research is to study and develop a Production Monitoring System (PMS) with Predictive functionality that operates in near real time, focusing on SMEs. The main activities of the research are: development of PMS concept; system prototyping; model predictive control development. 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 equipment, production orders, flow of materials, quality of products, process data and other necessary data which are used for making the proper and optimised decisions, regarding manufacturing planning, improved use of available resources, planning of equipment maintenance etc.*

**Projektid:**

- F15027 "Tarkade tootmis- ja materjalitehnoloogiate arenduskeskus (1.09.2015–31.12.2022)", Kristo Karjust, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut.
- AR16077 "Nutika tootmise tuumiktaristu (1.01.2017–31.12.2018)", Tauno Otto, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut
- VIR16048 "Nutika transpordilogistika arendus (1.09.2016–31.08.2019)", Kati Kõrbe Kaare, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut.
- LEP18014 "Tootmisprotsessi analüüs ja optimeerimine Enefit Solutions AS'is (7.02.2018–31.03.2018)", Kristo Karjust, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut .

**Projects:**

- F15027 "Smart manufacturing and materials technologies competence centre (1.09.2015–31.12.2022)", Kristo Karjust, Tallinn University of Technology, School of Engineering, Department of Mechanical and Industrial Engineering
- AR16077 "Smart Industry Centre (1.01.2017–31.12.2018)", Tauno Otto, Tallinn University of Technology, School of Engineering, Department of Mechanical and Industrial Engineering
- VIR16048 "Smart Logistics and Freight Villages Initiative (1.09.2016–31.08.2019)", Kati Kõrbe Kaare, Tallinn University of Technology, School of Engineering, Department of Mechanical and Industrial Engineering.
- LEP18014 "Production processes analysis and optimization in Enefit Solutions AS (7.02.2018–31.03.2018)", Kristo Karjust, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut.

**Teadustegevuste tulemused**

Valitud publikatsioone/ Selected publications

- Eiskop, T.; Snatkin, A.; Karjust, K.; Tungel, E. (2018). Production monitoring system design and implementation. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, 67 (1), 10–16.10.3176/proc.2017.4.02/.
- Kirs, M.; Karjust, K.; Aziz, I.; Öunapuu, E.; Tungel, E. (2018). Free vibration analysis of a functionally graded material beam: evaluation of the Haar wavelet method. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, 67 (1), 1–9.10.3176/proc.2017.4.01.
- Kaganski, S.; Majak, J.; Karjust, K. (2018). Fuzzy AHP as a tool for prioritization of key performance indicators. In: Procedia CIRP (1227–1232).1st CIRP Conference on Manufacturing Systems (CIRP CMS 2018). Stockholm, Sweden, 16.05-18.05. 10.1016/j.procir.2018.03.097.

**Tegevusvaldkond**

2.3 Mehaanika / masinaehitus/ Mechanical engineering

2.2 Elektrotehnika, elektroonika, infotehnika/ Electrical engineering, electronic engineering, information engineering

---

## 2.2. Innovatiivsete süsteemide tööstuslikud rakendused / Innovative Systems for Industrial Applications

**Uurimisrühma juht**

Irina Hussainova, professor, irina.hussainova@taltech.ee

**Uurimisrühm**

Roman Ivanov, Maksim Antonov

Järeldoktorid: Sofiya Aydinyan, Rocío Rojas Hernandez

Doktorandid: Tatevik Minasyan, Le Liu, Nikhil Kumar Kamboj, Ali Saffar Shamshirgar, Dmitri

Gomon, Navid Alinejadian

**Võtmesõnad**

Keraamika, Komposiitmaterjalid, Multifunktsionaalsed struktuurid, Grafeen, Plasmasädepaagutuse ja kihtlisandustehnoloogia, Mesoporsed komposiidid, Märg-põlemise meetod, Pulbrid, Mikrostruktuur, Kõrgtemperatuursed materjalid, Bio-inspireeritud materjalid

Ceramics; Composites; Multifunctionality; Graphene; Additive manufacturing (AM); Selective laser sintering (SLS); Powder metallurgy (PM); Self-propagating high temperature synthesis (SHS); Powders; Microstructure; Mechanical properties; High temperature materials; Nanofibers; Bio-inspired materials

### **Uurimisrühma kompetents**

Uurimisgrupp keskendub kolmele omavahel seotud uurimissuunale : (a) hierarhiliselt struktureeritud multifunktsionaalsed komposiidid, sealhulgas elektri juhtivusega keraamilised materjalid; anisotroopsed keraamika- põhised funktsionaalgradientmaterjalid; hierarhiliselt struktureeritud komposiidid; bioloogiliselt inspireeritud konstruktsioonmaterjalid; mesopoorused 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 legerimine; funktsionaliseerimine; termotöötlus.

*The research is broadly subdivided into 3 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) high-temperature damage-tolerant composites for tribo-applications, and (c) core-shell powders for SLS of ceramic – metal composites and AM of complex-shaped ceramic-matrix composites.*

*The team has several invents keeping research at a high international level. The most influential are (i) self-aligned fibrous scaffold for highly anisotropic cell cultures; (ii) 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.*

### **Teadustegevuste tulemused**

#### **Viimaste aastate väljapaistvad teadustulemused**

- töötatud üheastmeline katalüsaatoriteta protseduur, millega iseorganiseeruvate nanokiudude võrgustiku pinnale keemiliselt aurufaasist sadestatakse ( CVD method ) nanostruktuurne süsinik.
- pakutud kõrge ja stabiilse elektrolüütilise võimekusega, muudetava grafeenstruktuuri tihedusega materjal.
- arendatud elektri juhtivusega hübriidsete, grafeenpindega kiudarmeeritud keraamilised komposiitmaterjalid.
- arendatud anisotroopne funktsionaalne keraamika spetsiifiliseks kasutuseks õhuruumis, nutikates seadmetes ja robotikas
- võeti kasutusele uudne lähenemine märg-iselevikõrgtemperatuursünteesile rakendamaks seda mesopoorsete, kiulise struktuuriga substraatide funktsionaliseerimiseks metalsete nanoosakestega.
- Arendatud keraamika baasil komposiitmaterjalide kihtlisandustehnoloogia

#### **Valitud projektid:**

- Development of novel core-shell structured luminescent materials. (Archimedes, 2018–2020)
- Combustion synthesized new materials for additive manufacturing (Archimedes, 2017–2019)

- Nanonet of ceramic fibers with targeted functionalities (Estonian Science Foundation, Personal grant to I. Hussainova, PUT 1063, 2016 – 2019)
- Multi-scale structured ceramic-based composites for extreme applications (Targeted financing of Estonian Ministry of Education and Research, IUT19-29, 2014-2019)
- Combustion synthesized new materials for the additive manufacturing (Estonian Science Foundation, Personal grant to S. Aydinyan PSG220, 2019-2022)

**The 2 years' outcomes:**

- *Method for producing nanofibers composites by combustion techniques*
- *Composite shielding material and process*
- *Method for producing rhombohedral FeAlO<sub>3</sub> nanofibers*
- *Catalyst, method of producing thereof for oxidative conversion of hydrocarbons and hydrogenation of carbon oxides*
- *Self-aligned graphene-augmented fibrous scaffolds for bio-applications*
- *Functionally graded mechanical properties, electro- and thermo-conductivity in ceramics*
- *Combustion synthesis of Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, MoSi<sub>2</sub> and TiB<sub>2</sub> based complex structures and SLS thereof*
- *Deposition of nanoparticles on mesoporous substrate by wet-combustion technology*
- *Highly selective sensors for simultaneous determination of epinephrine, acetaminophen and tryptophan; and dopamine, uric and ascorbic acids*
- *Novel approach to fabricate nitrides by SLM*
- *Spark plasma sintering of ultra-high temperature materials*
- *Hierarchically structured ceramics reinforced by hybrid nanofibers*

**Projects:**

- *Development of novel core-shell structured luminescent materials (Archimedes, 2018–2020)*
- *Combustion synthesized new materials for additive manufacturing (Archimedes, 2017–2019)*
- *Nanonet of ceramic fibers with targeted functionalities (ETAG, PUT 1063, 2016 – 2019)*
- *Multi-scale structured ceramic-based composites for extreme applications (IUT19-29, 2014-2019)*
- *Combustion synthesized new materials for the additive manufacturing (ETAG, PSG220, 2019-2022)*

**Tegevusvaldkond**

2.5 Materjalitehnika / Materials engineering;

---

## 2.3. Isejuhtivad sõidukid ja autonoomsed süsteemid/Self-driving vehicles and autonomous systems

**Uurimisrühma juht**

Raivo Sell, vanemteadur, raivo.sell@taltech.ee 6203268

**Uurimisrühm**

Eero Väljaots, Andres Petritšenko

Doktorandid: Ehsan Malayjerdi, Heiko Pikner

Mitteakadeemilised panustajad: Henri Sink, Oleg Sosnovski

Kuna on teaduskondade ülese projektiga tegemist, siis teistest instituutidest Juhan-Peep Ernits, Mairo Leier, Anton Rassõlkin

### **Võtmesõnad**

Iseliikuvad sõidukid, robotika, tehisintellekt, autonoomsed süsteemid, troonid  
*Self-driving vehicles, robotics, artificial intelligence, autonomous systems, drones*

### **Uurimisrühma kompetents**

Autonoomsete süsteemide komplekse täislahenduse arendus ja uurimistöö, sh lokalisatsioon ja navigatsioon, missiooni planeerimine, sensorika, tehisintellekt, elektromehaanika, juhtimine, simulatsioonid ja masinnägemine.

Nimetatud temaatika rakendatakse täismöödus isejuhtivate sõidukite, mobiilsete robotite ja droonide arenduses ja väljatöötluses.

*Development and research on complex autonomous systems, including localization, navigation, mission planning, sensorics, artificial intelligence, electro-mechanics, control, simulation and machine vision.*

*Topics are applied to the full range of autonomous system, in particular to self-driving vehicles, mobile robots and drones.*

### **Projektid:**

- NSP LEP19009 Automaatkäigukastide mõõtemetoodika
- NSP LEP18082EM Applied research on system of sensors and software algorithms for safety and driver assistance on remotely operated ground vehicles for off-road applications
- SS419 Isejuhtiv auto
- VERT16050 Innovative Open Education on IoT: improving higher education for European digital global competitiveness

### **Artiklid:**

- 1.1 Development case study of the first estonian self-driving car, ISEAUTO Rassõlkin, A.; Sell, R.; Leier, M. 2018 Electrical, Control and Communication Engineering
- 1.1 Energy Efficiency Profiles for Unmanned Ground Vehicle Eero Väljaots, Raivo Sell, 2019 Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, 68, 1, (ilmumas)
- 3.1 Propulsion Motor Drive Topology Selection for Further Development of ISEAUTO Self-Driving Car Rassõlkin, A.; Vaimann, T.; Kallaste, A.; Sell, R. 2018 Proceeding of 2018 IEEE 59th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTU CON)
- 3.1 Calculation of the Traction Effort of ISEAUTO Self-Driving Vehicle Rassõlkin, A.; Gevorkov, L.; Vaimann, T.; Kallaste, A.; Sell, R. 2018 25th International Workshop on Electric Drives: Optimization in Control of Electric Drives IWED2018

### **Teadustegevuste tulemused**

Eesti esimene isejuhtiv sõiduk

### **Tegevusvaldkond**

2.2 Elektrotehnika, elektroonika, infotehnika / Electrical engineering, electronic engineering, information engineering

2.3 Mehaanika / masinaehitus / Mechanical Engineering

**Täiendav info**

Uurimisrühma liikmete riiklikul ja rahvusvahelisel tasemel olulised tunnustused 2018. aastal: Uurimisgrupi juht Postimehe 2018 100 nägu Trendiloojad kategoorias

Uurimisrühma liikmete osalus välisriikide akadeemiate ja/või muude oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös 2018. aastal: Uurimisgrupi juht oli eksperdik: SEDEC-VI/046 Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions Artificial Intelligence for Europe

**2.4. Keraamika-baasil komposiitmaterjalid/ Ceramic-based composites****Uurimisrühma juht**

Jakob Kübarsepp, professor, [jakob.kubarsepp@taltech.ee](mailto:jakob.kubarsepp@taltech.ee)

**Uurimisrühm**

Kristjan Juhani, Mart Viljus, Fjodor Sergejev, Rainer Traksmäa, Andres Laansoo, Marek Tarraste, Märt Kolnes, Lembit Kommel

Doktorandid: Mart Kolnes, Jaana-Kateriina Auzin, Yaroslav Holovenko

**Võtmesõnad**

kermis, kõvasulam, keraamika, kulumiskindlus, korrosioonikindlus, keraamika-baasil komposiitmaterjal

*cermet, cemented carbide, ceramics, wear resistance, corrosion resistance, ceramic-based composite*

**Uurimisrühma kompetents**

Uurimisrühma teadus- ja arendustegevus on suunatud peamiselt laias temperatuurivahemikus suure mehaanilise tugevuse ning kulumis- ja korrosioonikindlusega Fe-sulamitest metalse faasiga WC-baasil kõvasulamite ja W-vabade kermiste, samuti keraamikamaatrikskomposiitide arendamisele ja karakteriseerimisele. Rakenduslikust seisukohast on tähelepanu suunatud tööstuslike valmistustehnoloogiate (sh pulbermetallurgia ja kihtlisandustehnoloogia) arendamisele valmistamiseks keraamilis-metalletest komposiitidest (kermised, kõvasulamid) ning keraamilistest komposiitidest toodete prototüüpe ja tooteid.

*The main goal of R&D of research group is engineering and characterization of Fe-alloys bonded WC-based cemented carbides and W-free cermets as well as ceramic matrix composites characterized by high mechanical, wear and corrosion performance in wide range of temperatures. From practical point of view the focus is development of industrially applicable fabrication technologies (including powder metallurgy and additive manufacturing) for production of prototypes and products from developed ceramic-metal composites (cermets, cemented carbides) and ceramic-ceramic composites.*

**Teadustegevuste tulemused**

- Paranenud arusaam WC-, TiC-, TiN- ja Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>-baasil, Fe-sulamitest metalse faasiga keraamilis-metalletest komposiitide ning TiC<sub>x</sub>O<sub>y</sub> keraamika- maatrikskomposiitide struktuuri moodustumise protsessidest kuumkonsolideerimisel;
- Ni- ja Co-vabade, kulumis- ja korrosioonikindlate keraamika-baasil komposiitide ( kermiste, WC- baasil kõvasulamite, keraamika ) tehnoloogia arendus;



- Keraamiliste komposiitide karakteriseerimismetoodika ( sh väsimus, kontaktväsimus, kulumine , purunemismehaanika ) arendus.
- *Better understanding of the structure formation processes during hot consolidation of Fe-alloys bonded WC-, TiC-, TiN-, Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>-based ceramic-metal composites and TiC<sub>x</sub>O<sub>y</sub>-based ceramic matrix composites*
- *Advanced technology of wear- and corrosion resistant Ni- and Co-free ceramic-based composites (cermets, WC-based cemented carbides and ceramics )*
- *Elaboration of characterization methods (including fatigue, contact fatigue, wear, fracture mechanics) of ceramic-based composites.*

### **Tegevusvaldkond**

2.5 Materjalitehnika/ *Materials engineering*

### **Täiendav info**

Uurimisrühma juht Jakob Kübarsepp on European Powder Metallurgy Association (EPMA) liige

---

## **2.5. Kõrgtehnoloogiliste materjalide, konstruktsioonide ja toodete väljatöötamine/ Design optimization of advanced materials, structures and products**

### **Uurimisrühma juht**

Martin Eerme, professor, [martin.eerme@taltech.ee](mailto:martin.eerme@taltech.ee), Tel. +372 620 3270;

### **Uurimisrühm**

Tarmo Velsker (insener), Maarjus Kirs (nooremteadur), Jüri Majak (juhtiv teadur), Kaimo Sonk (lektor), Toivo Tähemaa (dotsent)

Doktorandid: Erko Õunapuu

### **Võtmesõnad**

Tootearendus, mehaanika, tootmistehnika

*Product Development, Mechanics, Mechanical Engineering,*

### **Uurimisrühma kompetents**

Uurimusgrupi peamine eesmärk on välja töötada uuenduslikke tootearenduse meetodid ja vahendid, mis võimaldaks kiiremini luua uusi tooteid ning kiiremini ja odavamalt toota eritellimusena kohandatud lahendusi.

*The main objective of the research is to develop innovative product design methods and tools to deliver a new product rapidly, to produce customer-driven customized designs, which can be quickly and cheaply produced.*

### **Projektid:**

- Teadmistepõhise ehituse tippkeskus. (2015-2023, projekt TAR16012);
- Tarkade tootmis- ja materjalitehnoloogiate arenduskeskus (2015 – 2022);
- Numbrilised meetodid ja algoritmid kaasaegsete komposiit- ja nanostruktuuride projekteerimiseks (2016-2019, projekt PUT1300).

**Projects:**

- *Zero energy and resource efficient smart buildings and districts. (2015-2023, Top Centre project TAR16012);*
- *Smart manufacturing and materials technologies competence centre (2015 – 2022);*
- *Numerical methods and algorithms for design of advanced composite and nanostructures 2016-2019, PUT1300).*

**Teadustegevuste tulemused**

Valitud publikatsioone/ Selected publications:

- Väer, K.; Anton, J.; Klauson, A.; Eerme, M.; Õunapuu, E.; Tšukrejev, P. (2017). Material Characterization for Laminated Glass Composite Panel. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 81 (1), 11–17.10.5604/01.3001.0010.2032.
- Majak, J.; Pohlak, M.; Karjust, K.; Eerme, M.; Kurnitski, J.; Shvartsman, B. S. (2018). New higher order Haar wavelet method: Application to FGM structures. *Composite Structures*, 201, 72–78.10.1016/j.compstruct.2018.06.013 .
- Majak, J.; Pohlak, M.; Eerme, M.; Velsker, T. (2012). Design of car frontal protection system using neural networks and genetic algorithm. *Mechanika*, 18 (4), 453–460.

**Tegevusvaldkond**

2.3 Mehaanika / masinaehitus/ Mechanical engineering

1.2 Arvutiteadus ja informaatika / Computer and information sciences

## 2.6. Logistika ja transpordi uurimisgrupp/ Research Group of Logistics and Transport

**Uurimisrühma juht**

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

**Uurimisrühm**

Kati Kõrbe Kaare (dotsent), Hans Rämmal (dotsent), Ott Koppel (külalislektor), Eduard Shevtshenko (dotsent), Jelizaveta Janno (lektor), Anton Pashkevich (insener), Sirje Lilleorg

Doktorandid: Kristjan Kuhi, Imre Antso, Juri Ess, Allan Nõmmik, Eva Branten, Kaur Sarv, Raul Markus, Erko Vallbaum

**Võtmesõnad**

Logistika, transpordiplaneerimine, transpordi tehnika, tarneahela juhtimine  
*Logistics, transport planning, transportation technology, supply chain management*

**Uurimisrühma kompetents**

Uurimisgrupi uurimistöö on keskendunud järgmistele suundadele:

A. Keskkonnasäästlikud sõidukid. Kontakt: Jüri Lavrentjev

Uurimistöö selles alamvaldkonnas on suunatud sõidukite keskkonnakahjulikkuse vähendamisele. Peamine uurimisobjekt on sõidukite poolt genereeritud müra nii üksiksõiduki kui liiklusvoo poolt tekitatuna. Üksiksõiduki konstruktsioonis uuritakse uute ja efektiivsemate mürasummutusmaterjalide loomise ja kasutuselevõtu võimalusi. Rakendusuuringutasemel on fookuses ka uued vedelkütusetüübid, nende tehnilised ja majanduslikud probleemid.

- B. Transpordiplaneerimine ja liikuvuskorraldus. Kontakt: Dago Antov  
 Transpordi, liikuvuse ja liikluse alased uuringud on suunatud turvalise, sujuva ning säästliku liiklemise võimaluste leidmisele ning linnalogistika ning transpordi ja ruumikasutuse omavaheliste seoste uurimisele. Eelnimetatute kõrval on märksõnadeks säästlik liikuvus ja jätkusuutlik transport, sealhulgas ühistranspordi korraldamine linnas, regioonis, riigis ja rahvusvaheliselt, liikluse prognoosimine, transpordiuuringud, liikuvuskavad, transpordivõrgu analüüs ja transpordisüsteemi planeerimine, liiklusohutus ja -järelvalve.
- C. Logistika. Kontakt: Kati Kõrbe Kaare  
 Logistikaalased uuringud on seotud nutika transpordilogistika, veoseohutuse, transpordi hinnakujunduse ja võrguettevõtetes tulemuslikkuse mõõtmisega.
- D. Tarneahela juhtimine. Kontakt: Eduard Ševtšenko  
 Tarneahela juhtimise alased uuringud on seotud väärtusahela analüüsi, tarneahela koostöö, jätkusuutliku tarneahela ja nõudluse prognoosimise valdkondadega.

Description:

*Research group focuses on the following four research directions:*

- A. Eco-friendly vehicles. Contact: Jüri Lavrentjev  
*Research in this sub-area aims at reducing the environmental impact of vehicles. The main research object is vehicle-generated noise generated by both an individual vehicle and a traffic flow. The design of an individual vehicle explores the possibilities for creating and deploying new and more effective noise absorbing materials. In the applied research, new types of liquid fuel, their technical and economic problems are also in focus.*
- B. Mobility Engineering and traffic planning. Contact: Dago Antov  
*Transport, mobility and traffic related studies are aimed to find the possibilities of safe, seamless and sustainable mobility, the study of the interlinkages between urban logistics and transport and space use. Beside the aforementioned, keywords include sustainable mobility and sustainable transport, including public transport in the city, region, country and internationally, traffic forecasting, transport studies, mobility schemes, transport network analysis and transport system planning, road safety and surveillance.*
- C. Logistics. Contact: Kati Kõrbe Kaare  
*Logistics research relates to smart logistics, freight security, transport pricing and network performance measurement.*
- D. Supply chain engineering. Contact: Eduard Shevchenko  
*Supply chain management studies are related to value chain analysis, supply chain collaboration, sustainable supply chain and demand forecasting.*

Projektid:

1. Eesti teadustaristu teekaardi objekt: Infotehnoloogiline mobiilsusobservatoorium (IMO) <http://www.etag.ee/rahastamine/infrastruktuuritoetused/teadustaristu-teekaart/>
2. Lokaalselt resonantsed mikro-perforeeritud akustilised metamaterjalid: uudne kombineeritud lahendus müra summutuseks
3. Smart Logistics and Freight Villages Initiative (2016–2019). Projektis töötatakse välja IoT lahendus logistikaettevõtetele ja testitakse seda kahes koridoris - ScanMed ja North Sea-Baltic.
4. Interregi projekt "RTF - intermodaalne reaajas liikluse jälgimise süsteem (2017–2020)", Tallinna Tehnikaülikooli Eesti Mereakadeemia ja Mehaanika ja tööstustehnika instituut. VIR17131
5. Roheline kuluefektivne pakend Ericsson tootele

**Projects:**

1. *The object of the Estonian Scientific Research roadmap: Information Technology Mobility Observatory (IMO)*<http://www.etag.ee/finantee/infrastruktuuritoetused/teadustaristu-teekaart>
2. *Locally Resonant Micro Perforated Acoustic Metamaterials: An Innovative Combined Solution for Noise Reduction*
3. *Smart Logistics and Freight Villages Initiative (2016–2019). The project develops an IoT-solution to logistics sector and tests it on the logistics companies across the two corridors (ScanMed and North Sea-Baltic).*
4. *Interreg Project: RTF - Using ferry real time information to optimise intermodal transport chains in the Baltic Sea Region (2017–2020), Estonian Maritime Academy of Tallinn University of Technology, Department of Mechanical and Industrial Engineering. VIR17131*
5. *Green cost-effective packaging for the Ericsson product*

**Teadustegevuste tulemused****Valitud publikatsioone/ Selected publications:**

1. Mahmood, K.; Shevtshenko, E.; Karaulova, T.; Otto, T. (2018). Risk assessment approach for a virtual enterprise of small and medium-sized enterprises. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, 67 (1), 17–27.10.3176/proc.2017.4.27 .
2. Makarova, I.; Antov, D.; Pashkevich, A. Et al. (2018). ITS Safety Ensuring Through Situational Management Methods. In: T. Kováčiková, L. Buzna, G. Pourhashem, G. Lugano, Y. Cornet, N. Lugano (\_EditorsAbbr). Intelligent Transport Systems – From Research and Development to the Market Uptake INTSYS 2017 (133–143). Hyvinkää, Finland: Springer Verlag. (Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering ; 222).10.1007/978-3-319-93710-6\_15.
3. Koppel, O., Janno, J. (2018) Managing Human Factors Related Risks. The Advanced Training Model in Dangerous Goods Transport on Roads. International Journal of Engineering Pedagogy, 2018, 8, No4, pp. 70-88
4. Kuhl, K.; Kaare, K.; Koppel, O. (2018). Ensuring Performance Measurement Integrity in Logistics Using Blockchain. Proceedings of the 2018 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics (SOLI 2018): 31 July - 2 August 2018, Singapore. IEEE, 260–265.
5. Usage of Process Models for Quality Management System: A Case Study of Energy Company. Mahmood, K.; Kangilaski, T.; Shevtshenko, E. Evolutions in Mechanical Engineering, 2018.

**Tegevusvaldkond**

2.1 Ehitusteadused/ Civil Engineering

**Täiendav info**

Auhinnad/Awards.

2018, Eduard Ševtšenko, Juhendaja/Supervisor. The best master thesis and doctoral thesis in the accounting field of study. <https://www.rmp.ee/uudised/raamatupidamine-uudised/parimad-arvestusala-uurimustood-said-auhinnad>



## 2.7. Nutikad ja multifunktsionaalsed komposiitstruktuurid: projekteerimine ja valmistamine/ Smart and Multifunctional Composites: Design and Manufacturing

### Uurimisrühma juht

Jüri Majak, juhtivteadur/ lead researcher, jüri.majak@taltech.ee, Tel. +372 6203265;

### Uurimisrühm

Martin Eerme (professor), Meelis Pohlak (vanemteadur), Ernst Tungal (dotsent), Toomas Lepikult (dotsent).

Doktorandid: Madis Mikola, Anti Haavajõe, Pavel Tsukrejev, Erko Õunapuu.

### Võtmesõnad

Numbrilised meetodid, optimeerimine, tehisintellekt, komposiitstruktuurid, nanostruktuurid  
*Numerical methods, optimal design, artificial intelligence, composite- and nanostructures*

### Uurimisrühma kompetents

Peamised uurimisteedad on järgmised:

- multifunktsionaalsete etteantud mehaanikaliste omaduste, heli ja vibratsioonide summutuse võimekusega klaaslaminaatpaneelide projekteerimine,
- nutikate komposiitmaterjalide projekteerimine, mis omavad võimekust koguda ja töödelda informatsiooni struktuuri seisundi ja keskkonna tingimuste kohta,
- numbriliste meetodite arendamine komposiit- ja nanostruktuuride analüüsiks
- optimeerimismeetodite arendamine ja kohandamine komposiit- ja nanostruktuuride projekteerimiseks.

Projektid

Teadmistepõhise ehituse tippkeskus. (2015-2023, projekt TAR16012).

- Numbrilised meetodid ja algoritmid kaasaegsete komposiit- ja nanostruktuuride projekteerimiseks (2016-2019, projekt PUT1300).
- Tarkade tootmis- ja materjalitehnoloogiate arenduskeskus (2015-2022, projekt F15027).

### Description of main research topics:

- *analysis and design of multi-functional laminated glass composite panels with advanced sound and vibration attenuation properties and predefined stiffness/strength characteristics.*
- *development of design of smart composites with the ability to sense and process information about the structural health and environmental conditions,*
- *development of numerical methods for analysis of composite and nanostructures*
- *development and adaption of optimization methods and techniques for design of composite and nanostructures.*

### Projects:

- *Zero energy and resource efficient smart buildings and districts. (2015-2023, Top Centre project TAR16012).*
- *Numerical methods and algorithms for design of advanced composite and nanostructures 2016-2019, PUT1300).*
- *Smart manufacturing and materials technologies competence centre (2015-2022, project F15027).*

### Teadustegevuste tulemused

1. Majak, J.; Pohlak, M.; Karjust, K.; Eerme, M.; Kurnitski, J.; Shvartsman, B. S. (2018). New higher order Haar wavelet method: Application to FGM structures. *Composite Structures*, 201, 72–78. [10.1016/j.compstruct.2018.06.013](#).
2. Majak, J.; Shvartsman, B.; Karjust, K.; Mikola, M.; Haavajõe, A.; Pohlak, M. (2015). On the accuracy of the Haar wavelet discretization method. *Composites Part B: Engineering*, 80, 321–327.
3. Majak, J.; Shvartsman, B.; Kirs, M.; Pohlak, M.; Herranen, H. (2015). Convergence theorem for the Haar wavelet based discretization method. *Composite Structures*, 126, 227–232. [10.1016/j.compstruct.2015.02.050](#).

### Tegevusvaldkond

- 1.2 Arvutiteadus ja informaatika / Computer and information sciences  
2.3 Mehaanika / masinaehitus / Mechanical engineering

---

## 2.8. Nutika tootmise uurimisrühm/ Smart industry research group

**Uurimisrühma juht:** Tauno Otto, professor, [tauno.otto@taltech.ee](mailto:tauno.otto@taltech.ee) 53090118

### Uurimisrühm:

Vladimir Kuts (doktorant-nooremteadur), Tatjana Karaulova (teadur), Kristo Karjust (dotsent), Martin Šarkans (dotsent), Yevhen Bondarenko (insener), Ruxin Wang (intern).  
Doktorandid: Kashif Mahmood, Tavo Kangru, Rivo Lemmik.

### Võtmesõnad:

nutikas tootmine, tööstus 4.0, digitaalsed kaksikud, digitaalne tootmine  
*smart manufacturing, industry 4.0, digital twins, digital manufacturing*

Olulisemad projektid:

- H2020 projekt "Strateegilised investeeringud Euroopa tootmises globaalsete väljakutsete võitmiseks" (Manufuture 2017) (2016-2018),
- AR16077 "Nutika tootmise tuumiktaristu (1.01.2017–31.12.2018)", teaduse teekaardi projekt
- VERT18066 Tööstus 4.0 arengutele vastavate tulevikuprogrammide arendus - TEFFIC (1.9.2018- 31.08.2021)
- VERT18042 Virtuaalse õppiva tehase tööriistade arendus (VLFT) (1.9.2018-31.08.2021)

*Recent projects:*

- *H2020 project "Strategic investments in European manufacturing to win global challenges - Manufuture" (Manufuture 2017) (2016-2018).*
- *VA16047 "DIH SmartIC Robotics (1.09.2016–31.05.2017)",*
- *AR16077 "Smart Industry Centre (SmartIC) (1.01.2017–31.12.2018)", national research roadmap project*
- *VERT18066 Transforming Educational Programmes For Future Industry 4.0 Capabilities (TEFFIC)(1.9.2018- 31.08.2021)*
- *VERT18042 Virtual Learning Factory Toolkit (VLFT) (1.9.2018-31.08.2021)*

### Uurimisrühma viimaste aastate rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused:

Uurimisrühmas koostöös Itaalia Teaduste Akadeemia STIIMA-CNR uurimisgrupiga valminud lahendus võimaldas detsembris 2018 läbiviidud eksperimendis Yaskawa tööstusrobotit TalTechis juhtida virtuaalreaalsuse kaudu Milaanost. Tulemus on teedrajav - tulevikus ei pea insenerid ja

robotioperaatorid "tööle minema", vaid tehisreaalsus võimaldab tuua sõna otseses mõttes "töö koju kätte" - seda ka riigipiire ületavalt. Tulemus on publitseerimisel.

Digitaalsete kaksikute kontseptsiooni põhiselt loodi reaalse tootmise digitaalne mudel koos juhtimiseks vajaliku infoga, mida on võimalik optimeerimis- ja simulatsioonivahendeid kasutades operatiivselt rakendada reaalse tootmise juhtimiseks. Läbi on viidud eri tasemetel eksperimente, analüüsitud ja modelleeritud nende põhjal ettevõtetele olulisi koostöö- ja ohutusmudeleid. Need meetodid ja protsessid on eksperimentaalselt rakendatud vabavaralise robotite tarkvaraplatformi ROS (Robot Operating System) abil. Reaalse keskkonna digitaalne mudel on vastavas mõõtkavas digiteeritud ning jälgitav liit- ja virtuaalreaalsuse (VR/AR) vahenditega. Tootmisrakkude digimudelite loomiseks ning küber-füüsikaliste süsteemide arhitektuuri ja juhtimismeetodite hindamiseks on uurimisrühmas arendatud VR/AR vahendeid, sh Unity3D tarkvara.

2017 korraldati TTÜ-s H2020 projekti "Strateegilised investeeringud Euroopa tootmises globaalsete väljakutsete võitmiseks" raames konverents "Manufuture 2017", kus tutvustati ka SmartIC projekti ja uusi laboreid. I4MS projekti VA16047 "Digitaalse tootmise regionaalne innovatsioonikeskus" raames viidi läbi digitaalse tootmise uuring, milles analüüsiti Eesti masinaehitusettevõtete valmisolekut digitaalseks tootmiseks. 2018 lisandus koostöös Aalborgi Ülikooliga projekt Transforming Educational Programmes For Future Industry 4.0 Capabilities - TEFFIC (1.9.2018- 31.08.2021), ning TalTech juhitud projekt Virtual Learning Factory Toolkit - (VLFT) (1.9.2018- 31.08.2021).

*A solution developed by the research group in collaboration with the STIIMA-CNR research group of the Italian Academy of Sciences enabled the Yaskawa industrial robot in TalTech to run through virtual reality from Milan. The result is pioneering - in the future engineers and robot operators will not have to "go to work", but artificial reality will literally bring "work home" - also across national borders. The concept of Digital Twin (DT) is creating and maintaining a digital representation of the real world of a factory and supporting its management and reconfiguration by the means of optimization and simulation tools, which are fed with real and updated factory data. The main aim of this research is to design experiments, analyse, and model the collaborative work and safety systems, thus making distributed infrastructures viable, to increase the productivity and profit for SME's. The safety multi-level system, as a part of the control and monitoring online system, consists of different types of sensors and a microcontroller that can be attached to the Cyber Physical Production System (CPPS). Those control and monitoring methods and processes are implemented in experimental setup in the Robot Operating System (ROS). The experiment was done using the ROS and ABB robot IRB1600. The main components of the real environment were reproduced in the digital model while considering a proper scale of the room and of the related equipment. The digital model of the robotic cell was developed using the Unity3D software tool. Input for the movement of the camera is gathered from the keyboard, joy-sticks or from the virtual/augmented reality (VR/AR) headsets with the usage of the generic avatar, which have the solid mesh for simulation of the person presence in the digital world.*

*A virtual manufacturing model and its simulation results provide useful information about the operations. In ongoing research also distributed manufacturing systems: metal-based 3D printing system SLM280 2.0 at TalTech (Tallinn) and metal-based 3D computer tomography system Yxlon FF35 CT at partnering EMÜ (Tartu) were installed and developed as digital twins. In 2016-2018 a H2020 project "Strategic Investments in European Production for Global Challenges" was conducted and a conference "Manufuture 2017" was organized to introduce the framework. In the framework of the I4MS project VA16047 "Regional Innovation Center for Digital Production", a digital production survey was conducted, analyzing the readiness of Estonian engineering companies for digital production. TalTech-led Virtual Learning Factory Toolkit (VLFT) (1.9.2018-31.08.2021). In 2018, Transforming Educational Programs For Future Industry 4.0 Capabilities - TEFFIC (1.9.2018-31.08.2021) in cooperation with Aalborg University, and Virtual Learning Factory Toolkit (VLFT) led by TalTech (1.9.2018-31.08.2021) were added.*

**Olulisemad lähiaastatel ilmunud artiklid:**

- Mahmood, K.; Shevtshenko, E.; Karaulova, T.; Otto, T. (2018). Risk assessment approach for a virtual enterprise of small and medium-sized enterprises. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, 67 (1), 17–27.10.3176/proc.2017.4.27 .
- Mahmood, K.; Lanz, M.; Toivonen, V.; Otto, T. (2018). A Performance Evaluation Concept for Production Systems in an SME Network. Procedia CIRP, 72 (The 51st CIRP Conference on Manufacturing Systems (CIRP CMS 2018) Stockholm, Sweden, from May 16 to 18, 2018), 603–608.10.1016/j.procir.2018.03.182.
- Kuts, V.; Otto, T.; Tähemaa, T.; Bukhari, K.; Pataraija, T. (2018). Adaptive industrial robots using machine vision. ASME 2018 International Mechanical Engineering Congress and Exposition, 2: IMECE2018, November 9-15, 2018, Pittsburgh, PA, USA. ASME,.10.1115/IMECE2018-86720.
- Kangru, T.; Riives, J.; Otto, T.; Pohlak, M.; Mahmood, K. (2018). Intelligent Decision Making Approach for Performance Evaluation of a robot-based Manufacturing Cell. Proceedings of the ASME 2018 International Mechanical Engineering Congress and Exposition: IMECE2018, November 9-15, 2018. Pittsburgh, PA, USA: ASME, Paper No. IMECE2018-86666. (Volume 2: Advanced Manufacturing).10.1115/IMECE2018-86666.
- Mahmood, K.; Karaulova, T.; Otto, T.; Shevtshenko, E. (2017). Performance Analysis of a Flexible Manufacturing System (FMS). Procedia CIRP, 63 (The 50th CIRP Conference on Manufacturing Systems, May 3rd – 5th, 2017, Taichung City, Taiwan), 424–429.10.1016/j.procir.2017.03.123.
- Kuts, V.; Modoni, G. E.; Terkaj, W.; Tähemaa, T.; Sacco, M.; Otto, T. (2017). Exploiting factory telemetry to support Virtual Reality simulation in robotics cell. Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics, 1: 4th International Conference, AVR 2017, Ugento, Italy, June 12-15, 2017. \_EditorsAbbr L. Tommaso De Paolis, P. Bourdot , A. Mongelli. Springer, 212–221. (Lecture Notes in Computer Science; 10324).10.1007/978-3-319-60922-5\_16.
- Kuts, V.; Tähemaa, T.; Otto, T.; Sarkans, M.; Lend, H. (2016). Robot manipulator usage for measurement in production areas. Journal of the Machine Engineering, 16 (1), 57–67.

**Tegevusvaldkond**

2.3 Mehaanika / masinaehitus/ Mechanical engineering

2.2 Elektrotehnika, elektroonika, infotehnika/ Electrical engineering, electronic engineering, information engineering

**Täiendav info**

Uurimisrühma liikmete osalus välisriikide akadeemiate ja/või muude oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös 2018. aastal:

Tauno Otto - Rahvusvahelise Inseneriakadeemia Kesk-Euroopa filiaali korrespondentliige (alates 2014)

2018–... Tauno Otto - Üleeuroopalist huvi pakkuvate tähtsate projektide (IPCEI) strateegilise foorumi liige

2018–... Tauno Otto - Üleeuroopalist huvi pakkuvate tähtsate projektide (IPCEI) strateegilise foorumi liige

2018–... Tauno Otto - Euroopa Virtuaal- ja Liitreaalsuse Assotsiatsiooni EuroVR juhatuse liige

Uurimisrühma liikmete riiklikul ja rahvusvahelisel tasemel olulised tunnustused 2018. aastal:

2018, Tauno Otto, Valgetähe teenetemärk; IV klass. Omistatud EV Presidendi poolt

2018, Tauno Otto, The Order of the White Star; IV Class. Bestowed by the President of the Republic of Estonia



## 2.9. Tehniline akustika arendused/ Technical Acoustics Research

### Uurimisrühma juht

prof. Jüri Lavrentjev (juri.lavrentjev@taltech.ee, +3726203262)

### Uurimisrühm

Hans Rämmal (dotsent), Fabio Auriemma, (teadur), Heiki Tiikoja (teadur).

Doktorandid: Reza Moezzi, Erko Vallbaum.

### Võtmesõnad

akustika, mõõtmismeetod, materjalid, energia  
*acoustics, measurement method, materials, energy*

### Uurimisrühma kompetents

Uuringute põhieesmärk on arendada välja kõrgtehnoloogilised, tõhusad, laialdaseks rakendusteks sobivad akustilised materjalid. Kõvapindsed mittekiulised mikrostruktuursed materjalid, näiteks mikroperforeeritud paneelid (MPP), mikro-poorsed paneelid (MGE), metalsed vahud ja akustilised metamaterjalid (AMM) on asendamas traditsioonilisi poorseid materjale, kuid nende helineelduvuse füüsikalist mehhanismi tuleb veel täpsemalt uurida ja optimeerida. Teine uurimissuund käsitleb energia saamist jääkenergiast, muu hulgas ka vibratsiooni- ja akustikaenergiast. Kasutades akustilise ja vibrosüsteemi mittelineaarsust, saab süsteemist koguda energiat ja muuta seent elektrienergiaks. Sellised süsteemid vajavad täpset optimeerimist, et energiaväljund oleks piisavalt efektiivne.

*The main objective of the investigations is to develop and improve high-effective and high-tech acoustic materials for a wide field of applications: micro-perforated panels (MPP), microgrooved elements (MGE), metal foams and acoustic meta-materials (AMM). The second task is vibration-based energy harvesting, the scavenging of power from existing vibro-acoustic source and its conversion to useful electrical power. The design of energy harvesting devices shall be optimized to produce the maximum output for given ambient conditions.*

### Projektid:

- F15027 "Tarkade tootmis- ja materjalitehnoloogiate arenduskeskus (1.09.2015–31.12.2022)", Kristo Karjust, Tallinna Tehnikaülikool, Mehaanikateaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut.
- PUT1300 "Numbrilised meetodid ja algoritmid kaasaegsete komposiit- ja nanostruktuuride projekteerimiseks (1.01.2016–31.12.2019)", Jüri Majak, Tallinna Tehnikaülikool, Mehaanikateaduskond, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut.
- Erinevad väikeprojektid - materjalide ja toodete akustiliste omaduste määramine tööstusele.

### Projects:

- *F15027 "Smart manufacturing and materials technologies competence centre (1.09.2015–31.12.2022)", Kristo Karjust, Tallinn University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical and Industrial Engineering.*

- *PUT1300 " Numerical methods and algorithms for design of advanced composite and nanostructures" (1.01.2016–31.12.2019)", Jüri Majak, Tallinna Tehnikaülikool, Mehaanikateaduskond, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut .*
- *Different applied projects – determination of acoustical properties of materials and products to industry.*

### **Teadustegevuste tulemused**

- Aiello, R.; Auriemma, F. (2018). Optimized vibro-acoustic design of suspended glass panels. Structural and Multidisciplinary Optimization, 1–16.10.1007/s00158-018-2014-3.
- Auriemma, F. (2017). Acoustic performance of micro-grooved elements. Applied Acoustics, 122 (July), 128–137.
- Lavrentjev, J.; Rämmal, H. (2017). Design and Performance of Acoustic Metamaterial Structure for Inlet Duct Noise Attenuation. SAE Technical Papers, 1–6

### **Tegevusvaldkond**

2.5. Materjalitehnika/Materials engineering

---

## **2.10. Toote ja teenuse süsteemide disaini grupp/ Product and Service Systems Design Group**

### **Uurimisrühma juht**

Martin Pärn, toote- ja teenusesüsteemide disaini professor, õppekava Design & Technology Futures programmijuht

### **Uurimisrühm**

Ruth-Helene Melioranski (insener), Janno Nõu (insener)

### **Võtmesõnad**

disaini uuringud, disainist juhitud innovatsioon, toote ja teenuse süsteemide disain, töökeskkond, töökeskkonna kujundus, tervishoiu disain, teenusedisain, universaalne disain, strateegiline disain

*design research, design driven innovation, product and service system design, workspace design, healthcare design, universal design, inclusive design*

### **Uurimisrühma kompetents**

Grupi teadustegevuse eesmärk on disainist juhitud arendustegevuse praktikate väljatöötamine ja rakendamine.

Uurimisrühma tegevuse keskmes on disaini praktikatel põhinev uurimis- ja arendusprotsess, mille käigus luuakse arusaam komplekssete situatsioonide ja probleemide mõistmiseks ja töötatakse välja loov lahenduse kontseptsioon. Uuringutes püütakse luua selge arusaam otseste kasutajate ja teiste võrgustikku seotud osapoolte huvidest, vajadustest, soovidest ja eesmärkidest võimalike uute keskkonna-, toote- või teenusesüsteemide disainimiseks. Uuringute kesksel kohal on disainiantropoloogiline lähenemine. Tervikpildist arusaama loomiseks kasutatakse GIGAmapping meetodi, mis visualiseerib käsitletava probleemivälja kogu oma kompleksuses ja detailides. Järgnevas loomeprotsessis on kesksel kohal on nn. disaini mängud. Need on tööriistad, mida arendatakse inimeste tulemuslikumaks kaasamiseks loovasse arendustöösse nii sisendi saamise kui ideede testimise ja arendamise eesmärgil.

Loovust toetavate disainitööriistade arendamine on üks uurimistegevuse keskseid eesmäärke.

Sama protsessi elementidele toetudes saab ka teises suunas tegutseda, töötades välja uutel tehnoloogiatel põhinevaid kasutajatele tähenduslikke toote- ja teenusekontseptsioone, andes nii suuna ja eesmärgid võimalikele rakendusuuringutele.

Uurimisgrupi põhi teemadeks on muutuv töö- ja õpikeskkond, tervishoid ja vananemisega kaasnev probleemistik.

*The research of the group is focused on developing the methodology of design-driven innovation through practice-based research.*

*In the research process, complex problem situations are explored to sketch out various solutions, scenarios and visions for new environment or product-service system design. In research phase the goal is to create a clear understanding of users' and other stakeholders' interests, wishes, goals and latent needs in order to define the possibilities for new product or service proposals. We use design anthropology for gaining qualitative insights. GIGAmapping method is used in order to create full understanding of the complexity of the situation giving overview of the vast system network and its details. In following creative phase the central role is given to Design Games, tools which are developed to involve people more fruitfully into creative development of concepts, in order to generate understanding and test ideas.*

*The same process can be turned around with the aim to develop creative strategies and guidelines for technology development for reaching tech-intensive new product-service system concepts. Such approach is central to guide and create meaning in applied research.*

*Central themes of the group are workspace and educational environment, healthcare and aging population.*

### **Teadustegevuste tulemused**

Interregi BaltSe@nior projekti raames on arendatud praktikaid ja meetode eakatele suunatud toodete arenduseks. Projekti tulemusi esitleti Stockholmi Furniture and Light messil 2019 veebruaris. Silmapaistvaim arendustöö on eakatele suunatud ja universaalsidaini printsiipe jälgiv arukas külmik.

*During Interregi BaltSe@nior project the group developed practices and methods tuned to design for elderly. The results were presented in Stockholmi Furniture and Light Fair in February 2019. Most outstanding work is a vision of a smart fridge Smart Cold.*

### **Tegevusvaldkond**

2.3 Mehaanika / masinaehitus/ Mechanical engineering

2.11 Teised tehnika- ja tehnoloogiateadused/ Other engineering and technologies

arhitektuur ja tööstusdisain

---

## **2.11. Triboloogia ja ümbertöötlemine/ Tribology and Recycling**

### **Uurimisrühma juht**

Maksim Antonov, vanemteadur/ Senior Research Scientist, Inseneriteaduskond, Mehaanika ja tööstustehnika instituut, Adress: Ehitajate tee 5, Ruum: U06-204, Telefon: 620 3355, E-post: [maksim.antonov@taltech.ee](mailto:maksim.antonov@taltech.ee), [www.ttu.ee/tribo](http://www.ttu.ee/tribo).

### **Uurimisrühm**

D. Goljandin, P. Kulu, V. Podgurski, A. Bogatov.

Doktorandid: J. Baroninš; R. Rahmaniahranjani; D. Gomon; Y. Holovenko; M. Yashin; F. J. Casesnoves Granada; Rahul Kumar

### Võtmesõnad

Triboloogia, kulumise vähendamine, abrasiivkulumine, erosioon, hõõrdetegur, 2D ja 3D pinna topograafia, karedus, kulumise mehhanismid, ümbertöötlemine, jahvatamine purustamine, sõelumine, mehaaniline aktiveerimine, segamine, separeerimine, osakeste suuruse analüüs.

*Tribology, wear rate reduction, abrasive wear, erosion, coefficient of friction, 2D and 3D surface topography, roughness, wear mechanism, recycling, milling, crushing, sieving, mechanical activation, mixing, separation, particle size analysis.*

### Uurimisrühma kompetents

Rühma tegevus keskendub a) tribomaterjalide ja tribosüsteemide testimisele ja arendamisele, (b) kaasaegsete materjalide korduvkasutuse (sealhulgas purustamise ja eraldamise) tehnoloogiate arendamisele erinevates tööstusharudes (elektronika, kulumiskindlad materjalid, pehmed ja väga kõvad materjalid). Uurimistöö hõlmab kõiki materjalide rühmi, sealhulgas metallid, sulamid, metallkeraamika, metallmetallid, komposiidid, plastid, kummid, pinded. Hiljuti laiendati uuringut 3D-printimistehnoloogia abil toodetud erinevate materjalidega. Saadaval on mitukümmend standardset ja eri- katsemeetodit kulumise, hõõrdumise, määrimise ja korduvkasutuse uurimiseks.

*The research of the group is focused on (a) testing and improvement of tribomaterials and tribosystems, (b) providing of reliable recycling (including crushing and separation) technology for various industry segments (electronics, wear resistant materials, soft and extremely hard materials). The scope of research covers all material groups including metals, alloys, cermets, hardmetals, composites, plastics, rubbers, coatings. Recently, the research was extended by various materials produced by 3D printing technology. Standard and customized test methods to study wear, friction and lubrication (more than 20 methods) and recycling (more than 10 methods) are available.*

### Projektid/Projects:

- *Innovative polycrystalline diamond (PDC) drag bit for soft ground tunnel boring machines, 2016-2019;*
- *Multi-scale structured ceramic-based composites for extreme applications, 2014-2019.*
- *Durable ceramic composites with superhard particles for wear-resistant cutting tools, 2018-2021.*
- *Several research projects on recycling of hardmetals, electronics, biobased building materials, commercial wastes, etc.*

### Teadustegevuste tulemused

Valitud publikatsioone/ Selected publications:

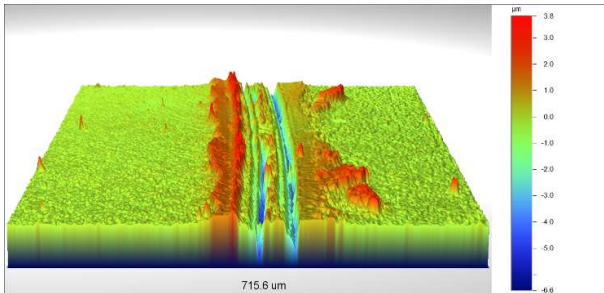
- Holovenko, Y.; **Antonov**, M.; Kollo, L.; Hussainova, I. (2018). Friction studies of metal surfaces with various 3D printed patterns tested in dry sliding conditions. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology, 232 (1), 43–53.
- Jankauskas, V.; Choteborsky, R.; **Antonov**, M.; Katinas, E. (2018). Modeling of Microstructures and Analysis of Abrasive Wear of Arc-Welded Hadfield Steel. Journal of friction and Wear, 39 (1), 78–84.
- Lapkovskis, V.; Mironovs, V.; **Goljandin**, D. (2018). Suitability of devulcanized crumb rubber for oil spills remediation. In: S. Valtere (Ed.). Energy Procedia (351–357).

### Tegevusvaldkond

2.5 Materjalitehnika / Materials engineering,

**Täiendav info**

- Visiting student from Ecole Central de Lyon-ist (France) and Izmir Institute of Technology (Turkey).
- EST/ENG: M.Antonov on liige/ is member: IRG-WOEM OECD (International Research Group on Wear of Engineering Materials); COST Action CA15102 – Solutions for Critical Raw Materials Under Extreme Conditions (CRM-EXTREME), WG2 – Design and Material Production.; Estonian Centre for Standardisation comission EVS/TK 37 (Quality of fuels and lubricants).




---

## 2.12. Täiustatud pulbertehnoloogiad/Advanced powder technology

**Uurimisrühma juht**

Prashanth Konda Gokuldoss, Kihtlisandustootmise professor/ Professor in Additive Manufacturing  
E-post: [prashanth.konda@taltech.ee](mailto:prashanth.konda@taltech.ee), Telefon: + 372-620-3378 / + 372-5452-5540

**Uurimisrühm**

Lauri Kollo (vanemteadur)

Järel doktorandid: Dr Raghu Nandan Ummethala, Dr Neera Singh

Doktorandid: Javad Karimi, Rafia Aftab

Külalis doktorandid: Zhao Chao, Sockalingam Rathinavel, Akash Aggarwal, Pearlina

Magistrandid: Deepak Sundar Mohan

**Võtmesõnad**

pulbermetallurgia, kihtlisandustehnoloogiad, selektiivne lasersulatus, mittetasakaalulised protsessid

*Powder Metallurgy, Additive Manufacturing, Selective Laser Melting, Powder Bed Fusion Process, Non-equilibrium processing*

**Uurimisrühma kompetents**

Teadusteemad:

- (1) metallmaterjalide pulbermetallurgia (sh pulbrite tootmine mehaanilise jahvatamise / legerimise teel, pulbrite konsolideerimine plasmaaktiveeritud paagutamise, kuumkonsolideerimismeetodite, kuumisostaatilise pressimise jms. abil);
- (2) Metallide mittetasakaaluline töötlemine (sh amorfsete metallide ja metallklaaside, kvaasikristallide, kõrgentroopiliste sulamite jne tootmine);
- (3) Metallmaterjalide selektiivne lasersulatus (sh sulamite väljatöötamine, parameetrite

optimeerimine, topoloogiline optimeerimine, mikrostruktuuri ja omaduste korrelatsioon, omaduste optimeerimine, märgumise uuringud komposiitides ja eksootiliste materjalide valmistamine, sealhulgas segunematud sulamid, amorfseid materjale, kvaasikristallilised materjalid kõrgentroopilised sulamid, monokristallid, funktsionaalselt gradieeritud materjalid jne).

*Research Topics:*

(1) *Powder metallurgy of metallic materials* (including powder production via mechanical milling/alloying, powder consolidation via spark plasma sintering, hot consolidation methods, hot isostatic pressing, etc.)

(2) *Non-equilibrium processing of metallic materials* (including the production of metallic glasses/amorphous materials, quasi-crystalline materials, high entropy alloys, etc.) and

(3) *Selective laser melting of metallic materials* (including alloy design, parameter optimization, topological optimization, microstructure-property correlation, property optimization, interfacial/wetting studies in composites and fabrication of exotic materials including immiscible alloys, amorphous materials, quasi-crystalline materials, high entropy alloys, single crystals, functionally graded materials, etc.)

**Teadustegevuste tulemused**

- Olulised artiklid: (1) K.G. Prashanth et al. Acta Mater. 126 (2016) 25-35.  
 (2) J. Suryawanshi et al. Acta Mater. 115 (2016) 285-294.  
 (3) Z. Wang et al. NPG Asia Mater. 7 (2015) e229.  
 (4) S-Y. Kim et al. Teadusaruanded 8 (2018) 1090.  
 (5) T. Maity et al. Int. J. Plasticity 109 (2018) 121-136.

Olulisem projekt: (1) MOBERC15 - Eesti Teadusnõukogu lisaaine tootmise alal

- Important articles:* (1) K.G. Prashanth et al. Acta Mater. 126 (2016) 25-35.  
 (2) J. Suryawanshi et al. Acta Mater. 115 (2016) 285-294.  
 (3) Z. Wang et al. NPG Asia Mater. 7 (2015) e229.  
 (4) S-Y. Kim et al. Scientific Reports 8 (2018) 1090.  
 (5) T. Maity et al. Int. J. Plasticity 109 (2018) 121-136.

*Important Project:* (1) MOBERC15 – Estonian Research Council on Additive Manufacturing

**Tegevusvaldkond**

2.5. Materjalitehnika/Materials engineering

**Täiendav info**

Rahvusvaheline tunnustus:

- (1) Rahvusvaheline noorte teadlase preemia metastabiilse, amorfse ja nanostruktureeritud materjalide valdkonnas, mis anti Prashanth Konda Gokuldossile 4. juulil 2018 Roomas, Itaalias  
 (2) Kutsutud / peaesineja / plenaaristungid erinevatel seminaridel, konverentsidel ja sümposioonidel. Märkimisväärsed on loengud peaesinejana Stanfordi ülikoolis kihtlisandustootmise metallurgia kohta, kutsutud loengud ISMANAMis ja THERMEC 2018-I, mis toimusid vastavalt Roomas ja Pariisis.  
 (3) Prashanth Konda Gokuldoss on 55 rahvusvahelise ajakirja eksperdihindaja, sealhulgas Acta Mater., Prog. Mater. Sci., Nature Comm., Scripta Mater.

*International Recognition:*

(1) *International Symposium on Metastable, Amorphous and Nanostructured Materials Young Scientist Award presented to Prashanth Konda Gokuldoss on 4<sup>th</sup> July 2018 at Rome, Italy*

(2) Invited/Keynote/Plenary talks at different workshops, conferences and symposiums. Notable ones are Keynote Lecture at Stanford University on Metallurgy of Additive Manufacturing, Invited lectures at ISMANAM and THERMEC 2018 held at Rome and Paris, respectively.

(3) Prashanth Konda Gokuldoss is the reviewer of 55 International peer reviewed journals including Acta Mater., Prog. Mater. Sci., Nature Comm., Scripta Mater., etc.

## 2.13. Tööstusrobotitele põhinev kiiresti ümberseadistatav tootmine/ Reconfigurable Manufacturing Based on Industrial Robots

### Uurimisrühma juht

Jüri Riives, professor, [jyri.riives@taltech.ee](mailto:jyri.riives@taltech.ee)

### Uurimisrühm

Margus Müür (insener), Martins Šarkans (dotsent), IMECC: Kaia Lõun (PhD), Juhan Anvelt (MSc), Priit Saaremets (MSc);

Doktorandid: Tavo Kangro, Kaarel Kruuser

### Võtmesõnad

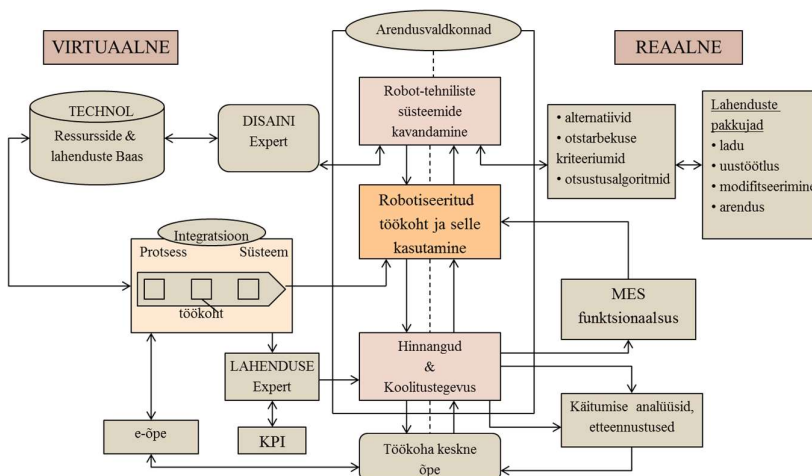
Robotika, tark tehas, tööstus 4.0, tootmise korraldussüsteem (MES)

Robotics, Smart Factory, Industry 4.0, Manufacturing Execution Systems (MES)

### Uurimisrühma kompetents

**Kirjeldus.** Tänapäevasele globaalsele maailmale on iseloomulik üha kiirenevad muutused nii tootmises kui ka ühiskonnas. Suure konkurentsi tingimustes töötavale ettevõttele on tüüpilised neli märksõna: partii suurus 1, lühike tarneaeg, väike toote maksumus ja kõrge kvaliteet. See nõuab tootjatelt suurt paindlikkust, kõrget tootlikkust ning protsesside integreeritust ja digitaalsust. Siit tulenevalt tööstusrobotika valdkonna peamiseks märksõnadeks on küber-füüsikalised süsteimid (CPS), asjade internet (IoT), suurandmed ja pilvelahendused ning kindlasti ka tööstusrobotika arendused erinevates valdkondades (tööstuslogistika, koostamine, seadmete teenindamine, keevitamine, mõõtmine ja kontroll). Tervikuna arendustegevus on vahetut seotud nn „tarkade tehaste“ (*smart factories*) kontseptsiooniga.

Käsitleva ainevaldkonna küsimustega tegelemine toimub väga tihedas koostöös TTÜ Mehhaanika ja tööstustehnika instituudi ning Teadus-arenduskeskusega IMECC. Selles koostöös on tugev integratsioon ja sünergia.



Joonis 1. Tööstusrobotika arenduse kontseptuaalne mudel

Figure 1. Conceptual model of reconfigurable manufacturing based on industrial robots

**Description:** *The importance of manufacturing systems development, robotization and role of intelligent manufacturing systems is rapidly increasing due to the developments of Industry 4.0 with its basic technologies: cyber physical systems (CPS), robotics, industrial internet (IoT), machine to machine connections (M2M), warehouse management systems (WMS), cloud computing, big data and data analytics, etc.*

*The basic R&D areas are: design of robot-cell development processes for different applications (inbound logistics, robot-welding, robot-assembly, loading-unloading, etc), the principles of selection the components for robot-cell; modelling the features of the system and determining the most suitable operating rules inside a workplace and in integrated production system (see Fig1).*

*The research and development activities, development of use-cases and practical implementation in companies are executed in tight cooperation between IMECC and Institute of Mechanics and Production Engineering.*

**Projektid/Projects:**

- Logistics for Manufacturing SME-s – L4MS (Horizon 2020, 2017-2021)
- Integrated Smart Education in Robotics – INSMER (ERASMUS+, 2016-2018)
- SmartIC Robotics i4MS (Horizon 2020, 2016-2017)
- Smart Reconfigurable Manufacturing Model (EU48685 subproject PR2.1, 01.09.15. – 31.12.17.)
- Modular Multi-functional Robot-Cell Design and Implementation (EU48685 subproject PR2.2.1, 01.07.16. – 31.12.19.)
- Automated Stock Solutions for Robot-Cell Services (EU48685 subproject PR2.3, 01.09.15. – 31.12.18.)

**Tegevusvaldkond**

2.3 Mehaanika / masinaehitus/ Mechanical engineering

2.2 Elektrotehnika, elektroonika, infotehnika/ Electrical engineering, electronic engineering, information engineering