

Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut

Instituudi 2025. aasta teadus- ja arendustegevuse ülevaade

Instituudi 2025. aasta kuni 3 kõige olulisemat edulugu

1. Biopolümeeride tehnoloogia labor koostöös Biofunktsionaalsete materjalide teaduslabori ja Puidu Väärindamise Fookustippkeskusega korraldas 1.–3. oktoobril Tallinnas 23. rahvusvahelise konverentsi Baltic Polymer Symposium (BPS 2025). Antud konverents pööras olulist tähelepanu polümeeriteaduse rollile jätkusuutlikus materjalide arendamises, ennekõike läbi puidupõhiste materjalide aga ka tekstiilmaterjalide, funktsionaalsete materjalide ja komposiitmaterjalide. Jätkates traditsiooni alates selle käivitamisest 2001. aastal, on Baltic Polymer Symposium oluline kohtumispaik akadeemilistele teadlastele, doktorantidele ja magistriõppe üliõpilastele, tööstuse spetsialistidele, polümeeriteaduse ja -tehnoloogia arendajatele. Konverents pakub dünaamilist platvormi teadusvahetuseks, võrgustike loomiseks ning akadeemiliste ringkondade ja tööstuse vahelise koostöö edendamiseks.

2. Õhukesekileliste energiamaterjalide teaduslaboris disainiti täielikult kaadmiumivaba keskkonnasõbraliku päikeseelemendi struktuur ja töötati välja seadise nanomõõtmeliste koostekihtide valmistamise tehnoloogia kuluefektiivsel ultrahelipihustuse meetodil õhu keskkonnas. Uuendusena viidi päikesepatarei FTO/TiO₂-ETL/Sb₂S₃/P3HT-HTL/Au struktuuri sisse üliõhuke ZnO liideskiht TiO₂/Sb₂S₃ ülemineku modifitseerimiseks. Tulemusena suurenes absorberkihi terade suurus ja vähenesid rekombinatsioonilised kaod piirpinnal. ZnO liideskihiga seadiste efektiivsus valgustuse standardtingimustes (AM 1.5G, 100 W/cm²) tõusis 7.5% ning madalatel valguse intensiivsustel 18 % juurde, kusjuures kasutati üliõhukest 150 nm paksust absorberkihti. Mõõdetud efektiivsused on kõrgemad kui senini analoogsete Sb₂S₃ absorberiga seadiste kohta avaldatud. Tulemused on avaldatud artiklis: Hussien, Hadeer; Krunks, Malle; Spalatu, Nicolae; Katerski, Atanas; Jehl Li-Kao, Zacharie; Giraldo, Sergio; Abou-Ras, Daniel; Oli, Arivazhagan Valluvar; Siebentritt, Susanne; Major, Jonathan D.; Almushawwah, Aeshah A.; Shalvey, Thomas P.; Grzibovskis, Raitis; Vembris, Aivars; Acik Oja, Ilona. Interface engineering approach of in-air-processed Sb₂S₃ solar cells enabling 7.5% AM 1.5G device efficiency and an 18% indoor milestone performance. Journal of Materials Chemistry A, 2025, 13 (43) 37215–37231. DOI: <https://doi.org/10.1039/d5ta05790f>

3. Päikeseenergeetika materjalide teaduslabori FeS₂-ga tegeleva uurimisrühma, mida juhib Dr. Taavi Raadik, oluliseks läbimurdeks oli püriidi fosforiga legerimise mehhanismi mõistmine ja praktiline rakendamine. Kasvatustsüklis käigus on võimalik saavutada püriidi suureks väljakutseks olnud p-tüübilise juhtivus FeP₄ ühendi inkorporeerimise kaudu püriidi kristallvõresse. Antud avastuse tulemused publitseeriti teadusartiklina "Scalable Phosphorus Doping of p-Type FeS₂ Microcrystals for Photovoltaic Applications", ACS Omega 2025, 10, 48, 58869–58876, DOI: doi.org/10.1021/acsomega.5c07455) ning patenditaotlus on sisse antud ja saadud esialgne kaitse Eesti Patendiametist.

TA valdkonna väljakutsed 2026. aastaks

Edukas teadus-arendusprojektide taotlemine ja elluviimine.

Ruumikulude probleem - instituut ei suuda katta keskselt eraldatud eelarvest ruumikulusid.

Puidumajas ning U04B hoones instituudi ruumid vajavad häasti remonti, et töötingimused ei oleks töötajatele ohtlikud. Ruumide probleem seab ohtu instituudi teadustöö jätkusuutlikkuse.

TA valdkonna 2025. aasta väljakutsed ja nende tulemused

Väljakutse

Edukas teadus-arendusprojektide taotlemine ja elluviimine

Täitmine/tulemused

Instituudi uurimisrühmad on olnud edukad projektide taotlemisel ning elluviimisel.

Olulisemad soetatud seadmed

Seadmete nimekiri on olemas taristu registris ning instituudi kodulehel.

Koond hinnang instituudis kasutusel oleva taristu seisundi kohta

hea

Selgitus instituudis kasutusel oleva taristu seisundi kohta

Vanemad seadmed (>10 a) vajavad suuremas mahus hooldust või uue seadme soetamist. Selleks, et olla rahvusvaheliselt konkurentsivõimeline, on vajadus ka uute tehnoloogiliste ja karakteriseerimisvõime seadmete järele.

1 Päikeseenergeetika materjalide teaduslabor

Uurimisrühma juht

Marit Kauk-Kuusik, kaasprofessor tenuuris, marit.kauk-kuusik@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Marit Kauk-Kuusik, Doktor, kaasprofessor tenuuris

Kristi Timmo, Doktor, vanemteadur

Maris Pilvet, Doktor, teadur

Katri Muska, Doktor, teadur

Mare Altosaar, Teaduste kandidaat, juhtivspetsialist

Jaan Raudoja, Teaduste kandidaat, vaneminsener

Maarja Grossberg-Kuusik, Doktor, täisprofessor tenuuris

Jüri Krustok, Teaduste kandidaat, vanemteadur

Sergei Bereznev, Doktor, dotsent

Valdek Mikli, Doktor, vanemteadur

Taavi Raadik, Doktor, vanemteadur

Mati Danilson, Doktor, teadur

Reelika Kaupmees, Doktor, teadur

Elizaveta Shmagina, Doktor, teadur

Katriin Kristmann, Magister, doktorant-nooremteadur

Idil Mengü, Magister, doktorant-nooremteadur

Marc Dolcet Sadurni, Magister, doktorant-nooremteadur

Nafiseh Abbasi, Magister, doktorant-nooremteadur

Marc Vincent Heemskerk, Magister, doktorant-nooremteadur

Achmad Nasyori, Magister, doktorant-nooremteadur

Liisa Kumar, magister, doktorant-nooremteadur

Mia-Maria Meldorf, Magister, doktorant-nooremteadur

Võtmesõnad

Eesti keeles

Keskkonnasõbralikud energiamaterjalid, päikeseenergeetika ja fotovoltseadiste tehnoloogiad, Pooljuhtmaterjalid ja õhukesed kiled, materjalide ja seadiste optilised ning elektrilised uuringud

Inglise keeles

Environmentally friendly energy materials, solar energy and photovoltaic device technologies, semiconductor materials and thin films, optical and electrical characterization of materials and devices

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Päikeseenergeetika materjalide uurimisrühma teadustöö on suunatud keskkonnasõbralikel anorgaanilistel pooljuhtmaterjalidel põhinevate päikeseenergeetika ja fotovoltseadiste tehnoloogiate väljatöötamisele, sealhulgas erinevate integreeritavate (BIPV, PIPV) lahenduste arendamisele.

Uurimisrühm omab maailmatasemel tehnoloogilist kompetentsi mitmekomponentsete absorbermaterjalide sünteesis, keemilise koostise ja defektstruktuuri sihipärasel juhtimisel ning skaleeritavate, sh ümbritseva õhu tingimustes rakendatavate tehnoloogiliste protsesside väljatöötamises.

Uurimisrühmal on tugev ja pikaajaline kogemus nano- ja mikroskaalas metall-, metalloksiid- ja kalkogeniidsete õhukesekileliste pinnakatete valmistamisel nii füüsikaliste kui ka keemiliste sadestusmeetoditega. Kõrgetasemeline kompetents on ka optoelektroniliste materjalide ja seadiste (sh päikesepatareid, valgusdiodid, laserid ja sensorid) fundamentaalsete optiliste ja elektriliste omaduste uurimisel, sealhulgas defektide, siirete ja faasiüleminekute analüüsil.

Rühma ülevaade inglise keeles

The research activities of the Photovoltaic Materials research group are focused on the development of solar energy and photovoltaic device technologies based on environmentally friendly inorganic semiconductor materials, including the development of various integrated solutions (BIPV, PIPV). The group possesses world-class technological competence in the synthesis of multicomponent absorber materials, targeted control of chemical composition and defect structure, and the development of scalable technological processes, including those applicable under ambient air conditions.

The research group has strong and long-standing experience in the fabrication of nano- and microscale metal, metal oxide, and chalcogenide thin-film coatings using both physical and chemical deposition methods. In addition, the group has high-level expertise in the investigation of the fundamental optical and electrical properties of optoelectronic materials and devices (including solar cells, light-emitting diodes, lasers, and sensors), encompassing the analysis of defects, electronic transitions, and phase transitions.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

PRG1023 Mitmik-kalkogeniididel põhinevad jätkusuutlikud, kuluefektiivsed, kerged, painduvad ja poolläbipaistvad ehitisintegreeritavad päikesepatareid 2021 - 2025

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/4440609a-87f3-4134-9e0c-3535f2465d2a>

TF24020 Jätkusuutliku rohevesiniku ja energiatehnoloogia tippkeskus 2024 - 2030

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/af850459-822d-47bc-b29b-cfc20992a1f0>

PRG1815 Järgmise põlvkonna mikrokristalliline püriit päikesepatarei rakendamaks Maal kui kosmoses 2023 - 2027 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/4eca61e7-b533-4c04-ad72-6bbd46237019>

MNHA23040 2023 - 2026 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/0d51b77a-14b4-4440-9d54-ee8c779cfbda>

VHE24048 Mitmekülgsed jätkusuutlikud kalkogeniidid õhukesekilelistele päikeseelementidele 2024 - 2027 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/7294cf75-a514-44ab-98cc-3af86ee21fe9>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Nasyori, Achmad; Pilvet, Maris; Saar, Annabel; Krustok, Jüri; Danilson, Mati; Kaupmees, Reelika; Mikli, Valdek; Gong, Yuancai; Josepson, Raavo; Saucedo, Edgardo; Grossberg, Maarja; Kauk-Kuusik, Marit (2025). In Ambient Air Processed Cu₂ZnSnS₄ Absorber Layers from DMSO-Based Precursors: Enhanced Efficiency via Device Post-annealing. Journal of Materials Chemistry A, 13, 30167. DOI: 10.1039/d5ta04554a. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/da7ea4a0-63c1-4ad9-8d0b-18c573cdde19>

Reedo, Katriin; Raadik, Taavi; Altosaar, Mare; Pilvet, Maris; Gutjuma, Annaly; Krustok, Juri; Paaver, Peeter (2025). Scalable Phosphorus Doping of p-Type FeS₂ Microcrystals for Photovoltaic Applications. ACS Omega, 10 (48), 58869–58876. DOI: 10.1021/acsomega.5c07455. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/01959792-a418-444a-bcc0-1ffa550a7922>

Dolcet Sadurni, M.; Timmo, K.; Mikli, V.; Krustok, J.; Danilson, M.; Suchodolskis, A.; Radu, C.; Bocirnea, A.E.; Galca, A.C.; Grossberg-Kuusk, M.; Kauk-Kuusik, M. (2025). Effects of cationic substitution on the properties of Sb_{1-x}BixSe (x = 0–1) compounds. Journal of Alloys and Compounds, 1037, #182292. DOI: 10.1016/j.jallcom.2025.182292. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/aeba0f2e-eadc-4eb6-b0c4-17799681fd0f>

Krustok, Jüri; Kokla, Joel; Kaupmees, Reelika; Grossberg-Kuusk, Maarja; Kauk-Kuusik, Marit (2025). In-depth photoluminescence analysis of Cu₂GeS₃ microcrystals under pulsed and continuous-wave excitation. Journal of Physics Energy, 7, 035003. DOI: 10.1088/2515-7655/adc836. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/25a57b2c-c67d-4f69-be1c-5fa2d16a6e49>

Kassem, Mohammad; Benmore, Chris J.; Tverjanovich, Andrey; Bokova, Maria; Khomenko, Maxim; Usuki, Takeshi; Sokolov, Anton; Fontanari, Daniele; Bereznev, Sergei; Ohara, Koji; Fourmentin, Marc; Masselin, Pascal; Bychkov, Eugene (2025). Atomic Structure, Dynamics, Changes in Chemical Bonding and Semiconductor-Metal Transition in Sb₂Se₃: A Remarkable Material for Quantum Networks and Energy Applications. ACS Applied Materials & Interfaces, 17, 11, 17075–17095. DOI: 10.1021/acsmi.5c00008. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/6e1df5d4-bffa-439f-bba0-f79c8bfb8cd>

Shalvey, Thomas P.; Hobson, Theodore D. C.; Herklotz, Frank; Kaupmees, Reelika; Almushawwah, Aeshah A.; Lewis, Bradley G.; Don, Christopher H.; Kavanagh, Sean R.; Scanlon, David O.; Dhanak, Vin; Grossberg-Kuusk, Maarja; Lavrov, Eduard; Durose, Ken; Major, Jonathan D. (2025). Cadmium and Zinc-Doped p-type Sb₂Se₃ Single Crystals and Solar Cells. Advanced Energy and Sustainability Research, 1–11. DOI: 10.1002/aesr.202500386. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/a261187e-7542-4eb5-86f3-9e06b323969e>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

Uurimisrühma lõppenud aasta teadustöö andis mitmeid rahvusvahelisel tasemel väljapaistvaid tulemusi pooljuhtmaterjalide ja päikeseenergeetika valdkonnas.

* Luminestsentsuuringud näitasid, et Sb₂Se₃ õhukeste kilede ja monokristallide kaadmiumiga legerimine tekitab madala ionisatsioonienergiaga aktseptordefekti (22 meV), mis võimaldab oluliselt suurendada aukude kontsentratsiooni ja parandada materjali elektrilisi omadusi.

* Lisaks uuriti põhjalikult Sb₂Se₃ aatomstruktuuri, dünaamikat ja pooljuht–metall-üleminekut amorfses, nanokristallilises ja vedelas olekus, avades uusi võimalusi selle materjali kasuteguri suurendamiseks päikeseelementides.

- * Oluline läbimurre saavutati FeS₂ (püriidi) fosforiga legeerimise mehhanismi selgitamisel ja rakendamisel, mille tulemusel demonstreeriti skaleeritav p-tüüpi legeerimine läbi FeP₄ ühendi kristallkasvatuse käigus; tulemus publitseeriti rahvusvahelises ajakirjas ning sellele on esitatud patenditaotlus.
- * Samuti viidi läbi Cu₂GeS₃ mikrokristallide põhjalik fotoluminestsentsanalüüs impulss- ja pidevlainelise ergastuse all, et uurida selle paljulubava siseruumide fotovoltseadiste rakenduseks sobiva absorbermaterjali optilisi omadusi ja defektstruktuuri.
- * Tahkefaasilise sünteesi teel valmistati edukalt kogu koostisevahemikus Sb_{1-x}Bi_xSeI mikrokristalle. Esmakordselt määrati kogu seeria keelutsooni laius ja koostati eksperimentaalne tsoonidiagramm, mis näitas valentstsooni maksimumi olulist nihkumist ning koostisest juhivat juhtivustüübi üleminekut p-tüübilt n-tüübile. Saadud tulemused on olulised optoelektroniliste ja fotovolt-seadiste arendamisel ning osutavad konkreetsete koostiste potentsiaalile nii ühe- kui ka mitme üleminekuga päikesepatareides.
- * CZTS õhukesekileliste materjalide valdkonnas seisneb keskne uuendus CZTS-prekursorite keemia modifitseerimises juba sadestamise etapis, mis kõrvaldas tõhusalt nn „ussitaolise“ pinnamorfoloogia ning pärssis kahjulike Cu₂S võõrfaaside teket DMSO-põhise sadestamise puhul ümbritseva õhu tingimustes. Selle tulemusena paranes märkimisväärselt CZTS absorberkihi ühtlus ja kristalliline kvaliteet. Lisaks töötati välja lihtne ja skaleeritav seadmetasandiline kuumutamismeetod, mis viidi läbi ümbritseva õhu tingimustes ning võimaldas tõhusat defektide passivatsiooni ilma inertgaaside ja keeruka aparatuurita, vähendades oluliselt protsessi tehnoloogilist keerukust ja kulukust.
- * Täiendavalt arendati polüsilasaanil ja süsiniknanotorudel põhinevaid kaitsvaid optilisi nanokomposiitkatteid päikesepatareidele; töö raames kaitsi edukalt doktoritöö ning avaldati mitmeid artikleid rahvusvahelistes erialastes teadusajakirjades.

Inglise keeles

The research activities of the group during the reporting year resulted in several internationally outstanding achievements in the fields of semiconductor materials and photovoltaics.

- * Luminescence studies demonstrated that cadmium doping of Sb₂Se₃ thin films and single crystals creates a shallow acceptor defect with an ionization energy of 22 meV, enabling a significant increase in hole concentration and improved electrical properties of the material.
- * In addition, the atomic structure, dynamics, and semiconductor–metal transition of the Sb₂Se₃ were investigated in its amorphous, nanocrystalline, and liquid states, providing new insights for enhancing the energy conversion efficiency of Sb₂Se₃-based solar cells.
- * A major breakthrough was achieved in understanding and implementing the phosphorus doping mechanism in FeS₂ (pyrite). Scalable p-type doping was demonstrated via incorporation of the FeP₄ compound into the pyrite crystal

structure during growth. The results were published in an international peer-reviewed journal, and a patent application has been filed, receiving preliminary protection from the Estonian Patent Office.

* Furthermore, a comprehensive photoluminescence analysis of Cu_2GeS_3 microcrystals was carried out under pulsed and continuous-wave excitation to investigate the optical properties and defect structure of this promising material for indoor PV applications.

* High-quality $\text{Sb}_{1-x}\text{Bi}_x\text{SeI}$ microcrystals covering the full compositional range were successfully synthesized using a solid-state method. For the first time, the bandgap evolution across the entire series was determined and an experimental band diagram was constructed, revealing a significant shift of the valence band maximum and a composition-driven conductivity type transition from p-type to n-type. These results are highly relevant for the design of optoelectronic and photovoltaic interfaces and highlight the potential of specific compositions for both single-junction and multi-junction solar cell applications.

* In the field of CZTS thin films, the central innovation of the published work lies in modifying the chemistry of CZTS precursors already at the deposition stage. This strategy effectively eliminated the so-called “worm-like” surface morphology and suppressed the formation of detrimental Cu_2S secondary phases, which are among the main challenges of DMSO-based CZTS deposition under ambient air conditions. As a result, the uniformity and crystalline quality of the CZTS absorber layer were significantly improved. In addition, a simple and scalable device-level thermal treatment method was developed and implemented under ambient air conditions. While post-deposition thermal processing is widely recognized as an effective approach to enhance the performance of CZTS solar cells, most reported methods rely on inert gas environments, increasing technological complexity and cost. The method presented in this work utilizes a hot plate and a closed graphite box, enabling stable thermal conditions and effective defect passivation without the need for specialized atmospheres or complex equipment.

* In addition, protective optical nanocomposite coatings based on polysilazane and carbon nanotubes were developed for solar cell applications. Within this work, a doctoral thesis was successfully defended and several articles were published in international peer-reviewed scientific journals.

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Euroopa rohelepele ambitsioonikas eesmärk muuta Euroopa 2050. aastaks kliimaneutraalseks tähendab üleminekut taastuenergiatehnoloogiatele. Vastamaks kiiresti kasvavale nõudlusele päikeseenergia tootmise võimsuste järele, tuleb välja töötada tehnoloogiad, mis on ökoloogiliselt jätkusuutlikumad, tõhusamad ning võimaldavad mitmekülgsemaid rakendusi, et asendada esimese põlvkonna räni

päikesepaneelid, mis domineerivad päikesepaneelide maastikul.

Uurimisrühma TA on eeskätt seotud puhta ja taskukohase energia tootmise, materjalide kestlikkuse ning kriitiliste toormete tõhusa kasutamise valdkonnas. Rühma uurimistöö keskendub uutele ja täiustatud pooljuht- ning fotoabsorbermaterjalidele päikeseenergia muundamiseks, mis pakuvad alternatiive haruldasi, toksilisi või geopoliitiliselt riskantseid elemente sisaldavatele tehnoloogiatele.

Näidetena võib tuua Sb_2Se_3 , FeS_2 ja CZTS-põhiste absorbermaterjalide arendamise, mille eesmärk on suurendada päikeseelementide kasutegurit, vähendada tootmisprotsesside energiakulu ning võimaldada skaleeritavaid ja madala hinnaga valmistusmeetodeid ümbritseva õhu tingimustes.

Lisaks aitavad rühma tööd defektide kontrolli, legeerimise ja üleminekute inseneeria vallas lahendada päikeseelementide töökindluse ja pikaajalise stabiilsusega seotud probleeme. Arendatavad kaitsvad optilised nanokomposiitkatted aitavad omakorda pikendada päikeseenergiaseadmete eluiga ja vähendada hooldusvajadust, toetades seeläbi taastuvenergia laialdasemat kasutuselevõttu ja kliimaeesmärkide saavutamist.

Inglise keeles

The European Green Deal's ambitious objective of achieving climate neutrality by 2050 necessitates a shift to renewable energy technologies. Addressing the increasing demand for solar power capacity requires the development of more ecologically sustainable, efficient, and versatile technologies to replace the predominant first-generation silicon solar panels.

The R&D activities of the group are closely linked to pressing societal challenges and emerging future needs, particularly in the areas of clean and affordable energy production, sustainability of materials, and efficient use of critical raw materials. The group's research focuses on the development of novel and improved semiconductor and photoabsorber materials for solar energy conversion, offering alternatives to technologies that rely on scarce, toxic, or geopolitically sensitive elements.

Examples include the development of Sb_2Se_3 -, FeS_2 -, and CZTS-based absorber materials aimed at improving solar cell efficiency, reducing energy consumption during fabrication, and enabling scalable, low-cost processing under ambient air conditions. In addition, the group's work on defect control, doping strategies, and interface engineering addresses key challenges related to device performance, long-term stability, and reliability. The development of protective optical nanocomposite coatings further contributes to extending the operational lifetime of photovoltaic devices and reducing maintenance needs, thereby supporting the broader deployment of renewable energy technologies and the

achievement of climate and sustainability goals.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Uurimisrühma rakenduslik TA on toimunud tihedas koostöös Eesti kõrgtehnoloogiliste ettevõtete, toetades energia-, vesiniku- ja ringmajanduse tehnoloogiate arendust. Koostöös Elcogen AS-iga, mis arendab kõrge efektiivsusega tahkoksiid-kütuseelemente ja elektrolüüsirakke rohelise vesiniku tootmiseks, viidi läbi kütuseelementide ja tootmises kasutatavate materjalide Raman-spektroskoopilisi analüüse, aidates hinnata materjalide kvaliteeti ja töökindlust.

UP Catalyst OÜ-ga, mis tegeleb CO₂ muundamisega väärtuslikeks süsiniknanomaterjalideks, analüüsiti Li-ioon akudest ümbertöödeldud grafiitmaterjale Raman-spektroskoopia abil, et hinnata nende struktuurset kvaliteeti ja sobivust edasiseks kasutuseks akutehnoloogiates. Stargate Hydrogen Solutions OÜ-le, mis arendab PGM-vabu elektrolüüsisüsteeme rohelise vesiniku tootmiseks, tehti elektrolüüsimaterjalide mikroskoopilisi analüüse, toetades seadmete arendust ja materjalivalikut. Lisaks osutati Jälle Technologies'ile mikroskoopilisi analüüse, panustades akude ringlussevõtu ja kriitiliste materjalide taaskasutuse tehnoloogiate arendamisse.

Lisaks arendati koostöös OÜ SKS Estonia tehnoloogiliste seadmete metallpindade vaigustest ladestustest puhastamise meetodit ÖÜF5 projekti raames, pakkudes praktilist ja rakendatavat lahendust tööstuslike seadmete hoolduse ja töökindluse parandamiseks.

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöök

Uurimisrühm pakub ettevõtetele järgmisi tehnilisi võimekusi ja kompetentse, tuginedes kõrgtasemel teadustaristule ja pikaajalisele kogemusele funktsionaalsete materjalide analüüsis:

- * Materjalide morfoloogia, mikro- ja nanostruktuuri analüüs kõrglahutusega skaneeriva elektronmikroskoopia abil (HR-SEM)
- * Pindade keemilise koostise, oksüdatsiooniastmete ja elektronolekute analüüs röntgen-fotoelektron-spektroskoopia (XPS) meetodil
- * Struktuuri, faaside, defektide ja pingete analüüs Raman-spektroskoopia abil
- * Optiliste omaduste ja defektseisundite uurimine fotoluminestsentsi (PL) analüüsi abil
- * Pooljuhtmaterjalide defektide ja liideste iseloomustamine mahtuvusspektroskoopia meetoditega
- * Optilise omaduste (neeldumine, läbipaistvus, peegeldumine) määramine

UV-VIS-NIR spektroskoopia abil

* Päikesepatareide ja fotoseadmete elektriliste parameetrite mõõtmine standardtingimustes päikesesimulaatori abil

* Kvantefektiivsuse (EQE/IQE) mõõtmised ja spektraalse vastuse analüüs fotovoltseadmetele

* Õhukeste katete ja kihtide valmistamine füüsikaliste sadestusmeetoditega (nt magnetron sputtering, termiline aurustus)

* Funktsionaalsete õhukeste kilede valmistamine ja modifitseerimine keemiliste sadestusmeetodite abil

* Materjalide kõrgtemperatuursed kuumtöötlusted ja sünteesiprotsessid temperatuuridel kuni 1300 °C

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 CERCSi klassifikaatori alusel.

Frascati Manuaali teadusvaldkonnad:

2.5 Materjalitehnika

1.4 Keemiateadused

CERCSi teaduserialad:

P265 Pooljuhtide füüsika

T150 Materjalitehnoloogia

T140 Energeetika

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

Hinnang seisundile:

hea

Seisundi selgitus:

Uurimisrühm kasutab kõrgtasemel teadustaristut, sealhulgas

* skaneeriv elektronmikroskoop HR-SEM (Zeiss Merlin ja Zeiss Ultra 55),

* röntgen-fotoelektronspektromeeter- XPS (Kratos Analytical Ltd),

* Raman spektromeeter (Horiba),

* aatomjõu mikroskoop- AFM (Bruker),

- * PL analüüsi süsteem,
- * mahtuvusspektroskoopia süsteem,
- * UV-VIS-NIR spektromeeter (Agilent),
- * DTA (NETZSCH),
- * päikesesimulaator (Newport),
- * kvantefektiivsuse seade (Sciencetech Inc).
- * Kindakapp (mBraun)

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

- * Maarja Grossberg-Kuusk - TalTechi esindaja European Energy Research Alliance - Joint Programme in Photovoltaics (EERA PV-s), Academia.net liige.
- * Taavi Raadik - Taltech esindajana ESA Eesti teaduse konsortiumi juhtkomitees (Taltech, TÜ ja KBFI)
- * Katriin Reedo – TalTech esindaja Eesti Kosmosenõukogus

Kolm kõige olulisemat välis- ja kolm kõige olulisemat Eesti koostööpartnerit

Välispartnerid:

- Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), prof. Edgardo Saucedo Silva uurimisrühm
- Euroopa Kosmoseagentuur – Materjalide ja Protsesside sektsioon (TEC-MSP), Dr Advenit Makaya
- Technical University of Denmark (DTU), Department of Electrical and Photonics Engineering, Dr. Stela Canulescu uurimisrühm

Eesti partnerid:

- Tartu ülikool, Keemia instituut ja Füüsika instituut
- Keemilise ja Bioloogilise Füüsika (koostöö kosmose teematikal)
- Tartu Ülikooli Observatoorium (kosmose teematikal)

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

Avalikud ettekanded ja arutelud

- * 17.10.2025 – Peaettekanne ZONTA Internationali heategevuslikul konverentsil „Ma olen ju naine“ ning arutelupaneeli „Naised teaduses“ juhtimine. M. Grossberg-Kuusk
- * 07.11.2025 – Ettekanne Rapla Rotary Klubi keskkonnakonverentsil. J.Kokla ja A. Saar

Meediakajastused ja arvamused artiklid

- * 11.10.2025 – Postimees, Teadlase pilguga: „Kui palju päikeseenergeetikale Eestis veel ruumi on?“ M. Grossberg-Kuusk
- * 27.06.2025 – Postimees, Teadlase pilguga: „Eesti teadlased loovad tuleviku päikesepaneeli“. M. Grossberg-Kuusk
- * 28.04.2025 – Delfi Ärileht: „Maarja Grossberg-Kuusk: elu akadeemilisel rajal ja teekond tippteadusesse“.
- * 23.04.2025 – Delfi: „Kuidas saada rohelise energia eksperdiks? Õppides TalTechi uues magistriprogrammis!“ M. Grossberg-Kuusk ja K. Timmo – artikkel tutvustas roheliste energiatehnoloogiate rolli ühiskonnas ning päikeseenergeetika ja energiamaterjalide teaduspõhiseid arengusuundi.
- * 07.02.2025 – Sirp, intervjuu Margus Maidlaga: „Ei saa me ilma päikeseta“. M. Grossberg-Kuusk

Veebiartiklid ja videod (kosmos, päikeseenergia, naised teaduses)

08.01.2025 Eesti teadlaste osalusel arendatud päikesepaneeli saab teha odavatest ja maakoos laialt levinud materjalidest, M. Kauk-Kuusik
<https://www.toostusuudised.ee/uudised/2025/01/08/eesti-teadlaste-osalusel-arendatud-paikesepaneeli-saab-teha-odavatest-ja-maakoos-laialt-levinud-materjalidest>

- * K. Reedo
<https://inseneriakadeemia.harno.ee/story/materjalitehnoloog-katriin-ehitab-kuule-paikesepaneeli/>
- * K. Reedo
<https://trialoog.taltech.ee/taltech-i-doktorant-katriin-reedo-palvis-naised-teaduses-tunnustuse/>
- * K. Reedo
<https://trialoog.taltech.ee/taltech-panustab-kosmosevaldkonda-kiipide-paikesepaneelide-ja-satelliitidega/>
- * K. Reedo, video: Naised teaduses <https://www.youtube.com/watch?v=A8NWsLazBXY>
- * T. Raadik
<https://teadus.postimees.ee/8196384/eesti-teadlased-sillutavad-teed-kuul-paikeseenergia-tootmiseks>
- * T. Raadik
<https://trialoog.taltech.ee/tehnikaulikool-teel-kuule-paikest-votma/>

Haridus- ja noortetegevus

- * 09.10.2025 – Tartu Tamme Gümnaasium: töötuba „Karjääriredel viib kosmosesse“ (M.-M. Meldorf, K. Reedo).
- * Töötubade läbiviimine koolide valikkursustel (K. Reedo, J. Kokla, A. Saar):
- * 05.12.2025 – Keila Kool
- * 05.02.2025 – Mustamäe Riigigümnaasium

- * 24.04.2025 – Rocca al Mare Kool
- * 02.04.2025 – Rae Gümnaasium
- * 06.05.2025 ja 20.05.2025 – Tallinna Reaalkool

Teadust populariseerivad üritused

- * 26.09.2025 – Teadlaste Öö
- * 30.01.2025 ja 11.03.2025 – Rakett 21
- * 16.04.2025 – Inspiratsioonipäev õpetajatele
- * 25.03.2025 – Koostöö näituse avamiseks Energia avastuskeskuses

Rühma liikmete rahvusvahelisel ja riiklikul tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal

Riiklikud:

2025. aasta õpilaste teadustööde riiklikul konkursil II preemia ja lisaks ka Tallinna Tehnikaülikooli eriauhind: Karolin Ruumet uurimistöö „Päikeseplatade parameetrite mõõtmine tehisvalguses $\text{Cu}_2\text{Zn}(\text{Sn}_{1-x}\text{Gex})\text{S}_4$ näitel”, juhendajad Jörgen Metsik, Marit Kauk-Kuusik

Rahvusvahelised:

Katriin Reedo, UNESCO Naised teaduses preemia doktorantide kategoorias 2025

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes

Maarja Grossberg-Kuusik – Eesti teaduste Akadeemia liige

Kristi Timmo, TÜ Energiaühistu, nõukogu liige
Marit Kauk-Kuusik, TÜ Energiaühistu, nõukogu liige

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://taltech.ee/materjali-ja-keskkonnatehnoloogia-instituut/paikeseenergeetika-materjalide-labor>

Inglise keeles

<https://taltech.ee/en/laboratory-photovoltaic-materials>

2 Biofunktsionaalsete materjalide teaduslabor

Uurimisrühma juht

Vitali Sõritski, juhtivateadur, vitali.syritski@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Vitali Sõritski, Doktor, juhtivateadur

Jekaterina Reut, Doktor, vanemlektor

Roman Boroznjak, Doktor, teadur

Akinrinade George Ayankojo, Doktor, teadur

Anna Kidakova, Doktor, teadur

Vu Bao Chau Nguyen, Magister, doktorant-nooremteadur

Prachi Madan Garade, MSc, noorem-teadur

, ,

Võtmesõnad

Eesti keeles

molekulaarselt jäljendatud polümeerid; sünteetilised retseptorid; sensorid; meditsiiniline diagnostika; PoCT; keskkonnaseire; covid-19 kiirtest

Inglise keeles

Molecularly Imprinted Polymers; synthetic receptors; chemical sensors; medical diagnostics; PoCT; environmental monitoring; COVID-19 express test

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Uurimisrühm tegeleb nutikate funktsionaalsete sensormaterjalide väljatöötamisega tehnoloogiliste lahenduste tarbeks inimese elu olulistes valdkondades, nagu näiteks keskkonnakaitstes ja meditsiinilises diagnostikas. Teadustöö on suunatud molekulaarse jäljendamise tehnoloogia abil biotundlike funktsionaalsete sensormaterjalide nn molekulaarselt jäljendatud polümeeride (MIP) väljatöötamisele. MIP sensormaterjale, erinevalt looduslikest retseptoritest, iseloomustab nende hea keemiline ja termiline stabiilsus, omaduste reprodutseeritavus ja valmistamise tehnoloogia odavus. MIP-de integreerimine piesogravimeetrilise, optilise või elektrokeemilise sensoriga võimaldab uuritava analüüti kvantitatiivset määramist märgisevabalt ja piisava tundlikkusega. Uurimisrühmal on välja töötatud lahendused MIP-sensorite valmistamiseks, mis on võimelised määrama nii keskkonna saasteaineid nagu antibiootikumid ja herbitsiidid (sulfametisool, amoksitsilliin, erütromütsiin, azoksistrobiin) kui ka kliiniliselt olulisi valke nagu IgG, neurotroofsed faktorid (BDNF, CDNF), viirusvalgud (SARS-CoV-2 nukleokapsiid- ja ogavalgud, C-hepatiidi antigeen), hormoonid (kortisool).

Rühma ülevaade inglise keeles

The group develops smart biosensing functional materials aimed at providing solutions with significant potential impact in essential areas of human life, such as environmental protection and medical diagnostics. By employing molecular imprinting technology, the group designs and synthesizes polymeric materials known as molecularly imprinted polymers (MIPs). The main advantages of MIPs stem from their synthetic nature, including excellent chemical and thermal stability, as well as reproducible and cost-effective fabrication. Moreover, MIPs can be readily integrated with a variety of sensor platforms, including piezogravimetric, optical, and electrochemical transducers, enabling label-free detection of target analytes with high sensitivity and selectivity.

The group has successfully developed sensors targeting clinically relevant analytes, including immunoglobulin G; neurotrophic factors (BDNF, CDFN); viral and disease-related proteins (SARS-CoV-2 nucleocapsid and spike proteins, hepatitis C antigen); hormones (cortisol); as well as environmental water pollutants such as antibiotics and fungicides (sulfamethizole, amoxicillin, erythromycin, azoxystrobin).

Viimaste aastate olulisemad projektid:

PRG2113 Biomimeetilised polümeersed retseptorid integreeritud sensormassiiviga keeruliste keskkondade odavaks ja kiireks analüüsiks 2024 - 2028

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/a6ea9196-8788-4e48-ab7d-b93372bf1eb4>

TK218 Healoluteaduste tippkeskus 2024 - 2030

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/822947c8-6e66-494a-8f2d-9e728d2a6b87>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Ayankojo, Akinrinade George; Reut, Jekaterina; Boroznjak, Roman; Syritski, Vitali (2025). Ruthenium oxide electrode integrated with molecularly imprinted polymer for direct electrochemical sensing of a neurotrophic factor protein. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 429, 137301. DOI: 10.1016/j.snb.2025.137301. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/b94623ba-7f6e-4e99-8c4c-ae164a03346c>

Chau Nguyen, Vu Bao; Reut, Jekaterina; Ayankojo, Akinrinade George; Syritski, Vitali (2025). Direct electrochemical sensing of ampicillin in aqueous media by a ruthenium oxide electrode decorated with a molecularly imprinted polymer. *Talanta*, 287, #127580. DOI: 10.1016/j.talanta.2025.127580. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/e08af12f-8985-4ab7-ab2c-05c2d80fb634>

Ayankojo, Akinrinade George; Boroznjak, Roman; Reut, Jekaterina; Tuvikene, Jürgen; Timmusk, Tõnis; Syritski, Vitali (2023). Electrochemical sensor based on molecularly imprinted polymer for rapid quantitative detection of brain-derived neurotrophic factor. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 397, #134656. DOI: 10.1016/j.snb.2023.134656. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/5c2b8e56-351f-4caf-a2fc-ed84d1e6e8e>

Nguyen, V. B. C.; Ayankojo, A. G.; Reut, J.; Rappich, J.; Furchner, A.; Hinrichs, K.; Syritski, V. (2023). Molecularly imprinted co-polymer for class-selective electrochemical detection of macrolide antibiotics in aqueous media. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 374, #132768. DOI: 10.1016/j.snb.2022.132768. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/fafc215b-327b-49f5-bb01-36cc6ff54828>

Nguyen, Vu Bao Chau; Reut, Jekaterina; Rappich, Jörg; Hinrichs, Karsten; Syritski, Vitali (2024). Molecularly Imprinted Polymer-Based Electrochemical Sensor for the Detection of Azoxystrobin in Aqueous Media. *Polymers*, 16 (10), #1394. DOI: 10.3390/polym16101394. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/8e862d2c-1096-4703-a2b0-c36cb331614b>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

Töötati välja elektrokeemilised sensorid, mis kasutavad molekulaarselt jäljendatud polümeere (MIP-id) selektiivsete äratundmiselemendina ja ruteniumoksiidi (RuO₂) elektroode signaaluunduritena:

* Kortisool-MIP sensor võimaldas usaldusväärselt tuvastada kortisooli reaalses inimese süljeproovides füsioloogiliselt asjakohastes kontsentratsioonivahemikes, kinnitades arendatud sensori sobivust mitteinvasiivseks biomarkerite analüüsiks. Tulemusi valmistatakse ette patenditaotluse esitamiseks.

* Kasutades epitopi-jäljendamise strateegiat töötati välja peptiidiga jäljendatud polümeer (peptiid-MIP) kliiniliselt olulise prognostilise biomarkeri, kasvufaktori (GDF-15), selektiivseks äratundmiseks. Peptiid-MIP integreeriti edukalt RuO₂ elektroodile, moodustades elektrokeemilise sensori, mida valideeriti reaalses bioloogilistes keskkondades, sealhulgas hiire ja inimese vere seerumis. Uurimistöö viidi läbi tihedas koostöös Helsingi Ülikooli Biotehnoloogia Instituudiga.

Arendatud sensorid võimaldavad valgu- ja hormoonbiomarkerite kiiret, lihtsat ja kulutõhusat tuvastamist keerukates bioloogilistes proovides, pakkudes stabiilset ja reprodutseeritavat analüüsimeetodit, millel on märkimisväärne potentsiaal patsiendipõhiste testide kasutuses.

Inglise keeles

Electrochemical sensors employing molecularly imprinted polymers (MIPs) as selective recognition layers and ruthenium oxide (RuO₂) electrodes as transducers were successfully developed for the detection of protein and hormone biomarkers in biological samples:

* A cortisol-selective sensor was demonstrated to reliably detect cortisol in real human saliva within physiologically relevant concentration ranges, confirming the applicability of the sensing platform for non-invasive biomarker analysis. The obtained results are currently being prepared for submission as a patent application.

* Using an epitope imprinting strategy, a peptide-imprinted polymer (peptide-MIP) was developed for the selective recognition of growth differentiation factor-15 (GDF-15), a clinically relevant prognostic biomarker. The peptide-MIP was successfully integrated onto a RuO₂ electrode

to form an electrochemical sensor and was validated in real biological matrices, including mouse and human serum. This study was conducted in close cooperation with the Institute of Biotechnology, University of Helsinki.

Overall, the developed sensing systems enable fast, simple, and cost-effective biomarker detection in complex biological samples, while demonstrating robust and reproducible performance with strong potential for point-of-care applications.

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Odavad ja töökindlad analüütilised sedmed meditsiiniliseks diagnostikaks ja keskkonnaseireks, mis võimaldavad uusaldusväärset kiiranalüüsi vahetult sündmus kohal ja leivad kasutust kui:

- * patsiendimanuste testid või kantavad sensorid luues eeldused kaugdiagnostikaks ja personaliseeriud lähenemise;
- * kaasaskantavad analüsaatorid keskkonna ohtlike saasteainete madalate kontsentratsioonide reaajas mõõtmiseks olles alternatiiviks kallitele ja töömahukatele kromatograafilistele meetoditele.

Inglise keeles

Inexpensive and reliable analytical instruments for medical diagnostics and environmental monitoring, enabling dependable rapid analysis on-site and finding utility as:

- * patient point-of-care tests or wearable sensors, creating possibilities for remote diagnostics and personalized approaches;
- * portable analyzers for real-time measurement of low concentrations of hazardous environmental pollutants, serving as an alternative to costly and labor-intensive chromatographic methods.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Uurimisrühma pikaajaline kompetents elektrokeemiliste sensorite valdkonnas leiab rakendust naissuguhormoonide sensorisüsteemide arendamisel koostöös ettevõttega Muun Health OÜ. Kaks teadus- ja arendusprojekti „Sortertehnoloogia arenduse katsed“: SS363 (16.06.2025–30.09.2025) ja LEKEE25100 (01.10.2025–31.12.2025).

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöök

- * Sünteetiliste retseptorite valmistamine erinevate sihtmolekulide selektiivseks ära tundmiseks molekulaarse jäljendamise tehnoloogia abil. Nende baasil portatiivsete elektrokeemiliste sensorite arendus.
- * Osakeste ja molekulide suuruste analüüs dünaamilise valguse hajumise meetodil vedelas proovis
- * Molekulidevaheliste interaktsioonide märgisevaba detekteerimine reaal-ajas pinna plasmon resonantsile (SPR) põhineva tehnikaga.
- * Metallide korrosiooni uurimine erinevate elektrokeemiliste tehnikatega.

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Arendatavate sensorite prototüüpimine, valideerimine ja kommertsialiseerimine.

Täiendav info:

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

- 1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad
- 5. Tervisetehnoloogiad

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

Frascati Manuaali teadusvaldkonnad:

- 1.4 Keemiateadused
- 2.11 Teised tehnika- ja tehnoloogiateadused

CERCSi teaduserialad:

- T150 Materjalitehnoloogia
- P300 Analüütiline keemia
- P401 Elektrokeemia

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:**

- Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH, Group of Nanoscale Solid-Liquid Interfaces, Berlin, Germany
- Institute of Physical Chemistry of the Polish Academy of Sciences
- University of Helsinki, Institute of Biotechnology

Eesti partnerid:

- Synlab Eesti OÜ, Tallinn
- Icosagen AS, Tartu
- LDI Innovation OÜ, Tallinn

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

Populaarteaduslikud loengud gümnaasiumi õpilastele teemal "Molekulaarne jäljendamise võimalused ja väljakutsed".

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/materjali-ja-keskkonnatehnoloogia-instituut/biofunktsionaalsete-materjalide-labor>

Inglise keeles

3 Õhukesekileliste energiamaterjalide teaduslabor

Uurimisrühma juht

Ilona Oja Acik, täisprofessor tenuuris, ilona.oja@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Ilona Oja Acik, Doktor, täisprofessor tenuuris
Malle Krunks, Teaduste kandidaat, vanemteadur
Arvo Mere, Doktor, peaspetsialist
Tatjana Dedova, Doktor, vanemteadur
Merike Kriisa, Doktor, teadur
Nicolae Spalatu, Doktor, nooremprofessor
Atanas Katerski, Doktor, vanemteadur
Robert Krautmann, Doktor, teadur
Jekaterina Sydorenko, Doktor, teadur
Sajeesh Vadakkedath Gopi, Magister, doktorant-nooremteadur
Mykhailo Koltsov, Magister, doktorant-nooremteadur
Maciej Sibiński, Doktor, sihtrahastusega professor
Ernest Adiyiah Asare, Magister, doktorant-nooremteadur
Daria Miliaieva, Doktor, järeldoktor-teadur
Hadeer Hussien Ahmed Hussien Saleh, Magister, doktorant-nooremteadur
Athulya Babu Suseela, Magister, doktorant-nooremteadur
Omoboyede Femi Igbari, Doktor, järeldoktor-teadur
Dumitru Untila, Doktor, järeldoktor-teadur
Thanh Tai Nguyen, Doktor, järeldoktor-teadur
Paula Eda Stoicescu, Magister, doktorant-nooremteadur
Christopher Don, doktorikraad, järeldoktor-teadur
Christopher Howard Don, ,

Võtmesõnad

Eesti keeles

päikesepatareid; õhukesed kiled; fotokatalüütilised pinnakatted

Inglise keeles

solar cells; thin films; photocatalytic coatings

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Teaduslabori põhikompetentsid on: • metalloksiid ja -kalkogeniid õhukeste kilede ja nanostruktuursete kihtide väljatöötamine tööstuses rakendatavate keemilistening vaakummeetoditega; • päikesepatareid; • fotokatalüütilised pinnakatted. Rakenduslik arendustöö on suunatud päikeseelementidel põhinevate nutikate elektrit tootvate teekatendite väljatöötamisele, mille tootmisega on alustanud ülikooli spin-off ettevõtte E-Pavement.

Rühma ülevaade inglise keeles

The key competences of the Laboratory of Thin Film Chemical Technologies are: • Development of metal oxide and chalcogenide thin films and nanostructures by cost-effective chemical and vacuum based technologies. • Development of solar cells. • Development of photocatalytic coatings.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

VFP20035 ERA CHAIR OF EMERGING NEXT-GENERATION PHOTOVOLTAICS 2020 - 2026
<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/deb9be51-cc55-4d3b-8bf2-55d03c2305d0>

TF24020EK Jätkusuutliku rohevesiniku ja energiatehnoloogia tippkeskus 2024 - 2030
<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/e63bf598-2dc0-4f6e-9dfe-ccdb4b15342b>

PRG2676 Poolläbipaistvad anorgaanilistel õhukestel kiledel põhinevad päikeseelemendid akendele ja siseruumides kasutamiseks 2025 - 2029 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/cf8ae9d3-29ef-4df5-bfd5-ec8a72a8a81c>

PSG689 Õhukeselelise vismutkalkogeniidid murrangulisele tulevase põlvkonna päikeseenergiatehnoloogiale 2021 - 2025 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/2a043522-540a-4625-98b6-96a712f0f7ec>

VEU22058 Uudsetel anorgaanilistel kalkogeniididel põhinevad päikeseptareid – rahvusvaheline koostöövõrgustik teadus- ja arendustöö läbiviimiseks 2022 - 2026
<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/164807a9-1ab4-4dd3-9fd4-c3ee142d3eb4>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Gopi, Sajeesh Vadakkedath; Krautmann, Robert; Katerski, Atanas; Josepson, Raavo; Untila, Dumitru; Hiie, Jaan; Krunks, Malle; Acik, Ilona Oja; Spalatu, Nicolae (2025). Optimization of VTD Sb₂Se₃ absorber growth rate in CdS/Sb₂Se₃ thin film solar cells: A defect perspective on chloride vs non-chloride based devices. Solar Energy Materials and Solar Cells, 293, #113856. DOI: 10.1016/j.solmat.2025.113856.
<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/8bcb1edc-9891-49f8-83e0-95474e46a5cd>

Asare, Ernest A.; Katerski, Atanas; Kriisa, Merike; Josepson, Raavo; Rotaru, Victoria; Guc, Maxim; Payno Zarceño, David; Navarro-Güell, Alejandro; Grzibovskis, Raitis; Vembris, Aivars; Pérez-Rodríguez, Alejandro; Saucedo, Edgardo; Spalatu, Nicolae; Krunks, Malle; Oja Acik, Ilona (2025). Influence of Sulfur Source on Growth of In-Air Sprayed Ultrathin Film Sb₂S₃ for Enhanced Solar Cell Performance. ACS Applied Materials & Interfaces, 17, 47, 64753–64770. DOI: 10.1021/acsmi.5c17869. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/3f082d52-53fe-4ef4-a963-4653bb29cbeb>

Dedova, T.; Krautmann, R.; Rusu, M.; Katerski, A.; Krunks, M.; Unold, T.; Spalatu, N.; Mere, A.; Sydorenko, J.; Sibiński, M.; Acik, I. Oja (2025). Sb₂S₃ solar cells with TiO₂ electron transporting layers synthesized by ALD and USP methods. Solar Energy Materials and Solar Cells, 280, #113279. DOI: 10.1016/j.solmat.2024.113279. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/979f9c7c-8f3c-435c-800d-c81ca832ff6a>

Hussien, Hadeer; Krunks, Malle; Spalatu, Nicolae; Katerski, Atanas; Jehl Li-Kao, Zacharie; Giraldo, Sergio; Abou-Ras, Daniel; Oli, Arivazhagan Valluvar; Siebentritt, Susanne; Major, Jonathan D.; Almushawwah, Aeshah A.; Shalvey, Thomas P.; Grzibovskis, Raitis; Vembris, Aivars; Acik, Ilona Oja (2025). Interface engineering approach of in-air-processed Sb₂S₃ solar cells enabling 7.5% AM 1.5G device efficiency and an 18% indoor milestone performance. Journal of

Materials Chemistry A, 13 (43), 37215–37231. DOI: 10.1039/d5ta05790f.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/34c047bb-8d1d-44e1-833b-72803de6a290>

Miliaieva, Daria; Nádaždy, Vojtech; Koltsov, Mykhailo A; López, Cibrán; Saeeyekta, Hanieh; Kuliček, Jaroslav; Cazorla, Claudio; Saucedo, Edgardo; Grzibovskis, Raitis; Vembris, Aivars; Krunks, Malle; Rezek, Bohuslav; Spalatu, Nicolae (2025). Electronic structure and defect states in bismuth and antimony sulphides identified by energy-resolved electrochemical impedance spectroscopy. *Journal of Physics Energy*, 7, 3, #035012. DOI: 10.1088/2515-7655/add59f.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/a3523972-9066-4aec-aa44-c71c47bb9df6>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

Uuendusena viidi päikeseplatari FTO/TiO₂-ETL/Sb₂S₃/P3HT-HTL/Au struktuuri sisse üliõhuke ZnO liideskiht TiO₂/Sb₂S₃ ülemineku modifitseerimiseks. Tulemusena suurenes absorberkihi terade suurus ja vähenesid rekombinatsioonilised kaod piirpinnal. ZnO liideskihiga seadiste efektiivsus valgustuse standardtingimustes (AM 1.5G, 100 W/cm²) tõusis 7.5% ning madalatel valguse intensiivsustel 18 % juurde, kusjuures kasutati üliõhukest 150 nm paksust absorberkihti. Mõõdetud efektiivsused on kõrgemad kui senini analoogsete Sb₂S₃ absorberiga seadiste kohta avaldatud.

Töötati välja vaakum transport sadestusprotsessi (VTD) metodoloogia tiheda ja ühtlase Sb₂Se₃ absorberkihi ja kõrge kvaliteediga CdS/Sb₂Se₃ heteroülemineku saamiseks. Kontrollitud kilede kasvu kineetika ja piirpinna omadused võimaldasid vähendada rekombinatsioonilisi kadusid ja saada päikeseelemendi efektiivsuseks 5 %. Defektide spektroskoopiline uuring näitas, kuidas omadefektid reguleerivad Sb- ja Bi kalkogeniidide elektroonseid omadusi. Tulemused osundavad, et suunatud sulandamine võib anda võimaluse sügavate defektide muutmiseks madalateks nivoodeks. Saadud tulemused on olulised uue põlvkonna õhukesekileliste PV seadiste skaleeritava tehnoloogia arendamisel.

Inglise keeles

As an innovation, an ultrathin ZnO interfacial layer was introduced into the FTO/TiO₂-ETL/Sb₂S₃/P3HT-HTL/Au solar cell structure to modify the TiO₂/Sb₂S₃ interface. As a result, the grain size of the absorber layer increased and recombination losses at the interface were reduced. The efficiency of devices incorporating the ZnO interfacial layer under standard illumination conditions (AM 1.5G, 100 W/cm²) increased to 7.5%, and under low light intensities to 18%, while using an ultrathin 150 nm thick absorber layer. The measured efficiencies are higher than those previously reported for comparable devices based on Sb₂S₃ absorbers.

Within the physical vapour deposition (PVD) platform, we developed a processing methodology for vapor transport deposition (VTD) that enables compact and uniform Sb₂Se₃ absorber layers and high-quality CdS/Sb₂Se₃ heterojunctions. By controlling growth kinetics and interface chemistry, solar cell efficiencies of up to 5% were achieved, accompanied by reduced recombination losses. Advanced defect spectroscopy further revealed how intrinsic defects govern the electronic properties of Sb- and Bi-based chalcogenides, demonstrating that targeted alloying can convert deep defects into shallow states. These results provide scalable process and materials design guidelines for next-generation chalcogenide thin-film photovoltaics.

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Labor on osalenud Unicorn Squad Pro haridusprogrammis, panustades taastuvenergia ja materjaliteaduse teemalise tehnoloogi mooduli väljatöötamise ja läbiviimisse. Unicorn Squad Pro on välja kasvanud Unicorn Squad programmist ning on suunatud keskkooliealistele tüdrukutele üle Eesti. Moodul keskendub päikesepaneeli praktilisele koostamisele, elektriliste ühenduste ja mõõtmiste teostamisele ning valminud seadme testimisele reaalsetes tingimustes (nt mobiilseadmete laadimine).

Labori liikmed töötasid välja juhendmaterjalid, tööprotsessid ja kvaliteedikontrolli etapid, mis võimaldavad osalejatel omandada praktilisi oskusi joostmistehnikas, vooluringide koostamises ja elektriliste parameetrite hindamises. Tegevus toetab Unicorn Squadi eesmärki suurendada tüdrukute huvi tehnoloogia, inseneeria ja loodusteaduste vastu ning arendada nende probleemilahendus- ja projektipõhise õppimise oskusi. Väljatöötatud moodul jõuab eeldatavalt üle Eesti ligikaudu 500 noore neiu.

Unicorn Squad: <https://unicornsquad.ee/?lang=en>

Inglise keeles

The laboratory has participated in the Unicorn Squad Pro educational programme, contributing to the development and delivery of a technology module focused on renewable energy and materials science. Unicorn Squad Pro has evolved from the Unicorn Squad programme and is targeted at upper secondary school girls across

Estonia. The module focuses on the practical assembly of a solar panel, implementation of electrical connections and measurements, and testing of the completed device under real-life conditions (e.g. charging mobile devices).

Members of the laboratory developed instructional materials, workflows, and quality control stages that enable participants to acquire practical skills in soldering techniques, circuit assembly, and evaluation of electrical parameters. The activity supports the objective of Unicorn Squad to increase girls' interest in technology, engineering, and natural sciences, and to develop their problem-solving and project-based learning skills. The developed module is expected to reach approximately 500 girls across Estonia.

Unicorn Squad: <https://unicornsquad.ee/?lang=en>

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Arvo Mere Spin-off ettevõtte e-pavement OÜ kaasasutaja

LEP19036 Päikeseelektrit tootvate teekatendite arendamine ja kasutuselevõtt

SS19007 Tark teekatend

LEP17023B Nordic e-pavement

GFKEKIOA23 Aerodünaamilise piirpinna kasutamine fotokatalüütiliste reaktsioonide skaleerimiseks

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöök

Õhukesekilelised poolläbipaistvad päikeseelemendid.

Siseruumides töötavad seadisintegreeritud päikeseelemendid.

Isepuhastuvad, antimikroobsed ja siseruumi õhku lenduvatest orgaanilistest ühenditest puhastavad pinnakatted.

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Uurimisrühma leiutiste kommertisaliseerimine.

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 Manuali klassifikaatori alusel ja kuni 3 teaduseriala CERCSi klassifikaatori alusel.

Frascati Manuali teadusvaldkonnad:

- 2.5 Materjalitehnika
- 2.10 Nanotehnoloogia

CERCSi teaduserialad:

- T150 Materjalitehnoloogia
- T155 Pind ja pinnatehnoloogia
- T140 Energeetika

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

Hinnang seisundile:

vajab uuendamist

Seisundi selgitus:

Uurimisrühmal on olemas baas TA taristu - nii tehnoloogiline materjalide ja seadiste valmistamiseks kui ka nende füüsiko-keemiliste omaduste karakteriseerimiseks.

Olmeasolev tehnoloogiline taristu on vananenud ja vajab uuendamist, et püsida maailma mastaabis konkurentsivõimeline ja pakkuda uusi tehnoloogilisi lahendusi ettevõtetele.

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal
VEU22058, H2020, COST projekt CA21148, Uudsetel anorgaanilistel kalkogeniididel
põhivad päikesepatareid – rahvusvaheline koostööorgustik teadus- ja
arendustöö läbiviimiseks
[<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/164807a9-1ab4-4dd3-9fd4-c3ee142d3eb4>],

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

- University of Liverpool, Füüsika instituut
- Helmholtz Zentrum Berlin, PVComB
- CTF Solar GmbH

Eesti partnerid:

- Tartu Ülikool Keemia Instituut, Füüsika Instituut
- Tartu Ülikool, Füüsika Instituut
- Keemilise ja bioloogilise füüsika instituut

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused
<https://www.facebook.com/LabTFEnergyMat>

<https://twitter.com/5GSolar>

<https://taltech.ee/materjali-ja-keskkonnatehnoloogia-instituut/laborid-ja-teenused/ohukesekileliste-energiamaterjalide-teaduslabor>

Building integrated photovoltaics in practical use: The 5GSOLAR thin film device perspective (openaccessgovernment.org)

[<https://www.openaccessgovernment.org/article/building-integrated-photovoltaics-in-practical-use-the-5gsolar-thin-film-device-perspective/186505/>]

Eesti Vabariigi teaduspreemiad 2025 - Eesti teaduste akadeemia

[<https://www.akadeemia.ee/publication/eesti-vabariigi-teaduspreemiad-2025/>]

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

Malle Krunks, Atanas Katerski, Nicolae Spalatu, Ilona Oja Acik, 2025.a. Riigi teaduspreemia tehnika ja tehnoloogia valdkonnas

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes

Arvo Mere, Solaride, mentor
Roofit Solar Energy OÜ, nõunik
Malle Krunks, e-pavement OÜ, teadusnõunik

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://taltech.ee/materjali-ja-keskkonnatehnoloogia-instituut-keemiliste-kiletehnoloogiate-teaduslabor>

Inglise keeles

4 Puidutehnoloogia labor

Uurimisrühma juht

Jaan Kers, kaasprofessor tenuuris, jaan.kers@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Jaan Kers, Doktor, kaasprofessor tenuuris
Triinu Poltimäe, Doktor, vanemlektor
Karmo Kiiman, Magister, lektor
Anti Rohumaa, Doktor, teadur
Heikko Kallakas, Doktor, nooremprofessor
Percy Festus Alao, Doktor, teadur
Silvi Treial, Magister, doktorant-nooremteadur
Margus Kangur, kutseharidus pärast keskharidust, tehnik
Tanuth Kattamanchi, Magister, doktorant-nooremteadur
Catherine Kilumets, Magister, doktorant-nooremteadur
Akkurt Tolgay, Doktor, Insener
Paula Eda Stoicescu, Magister, doktorant-nooremteadur
Laura Kaljula, Magistrikraad,
Loretta Kalju, Kõrgharidus, insener
Joonas Lauri Hakonen, Kõrgharidus, insener
Eldwin Maidiono, Magister, Mr
Jie Li, Magister,
Ignatius Kristia Adikurnia, Magister,
, ,
Maarja Mirjam Rajasaar, Magister,

Võtmesõnad

Eesti keeles

spoon; vineer; tselluloos; puitpolümeerkomposiidid; puitplastkomposiidid; looduslikud komposiidid; tulekindlus; ehitusmaterjalid; inseneripuit; mööbel; pehme mööbel

Inglise keeles

veneer; plywood; wood-polymer composites; agro-crop and natural fibre composites; fire resistance, bio-based adhesives testing, furniture and upholstery furniture products development and testing

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Puidutehnoloogia labor tegeleb madalakvaliteediliste lehtpuuliikide väärimisega uurides spooni ja spoonipõhiste toodete pinnaomadusi ja nende mõju liimliite tugevusele. Puidupinnaomadused sõltuvad puiduehitusest, veesisaldusest ja töötlemisprotsessi parameetritest ning on õhuniiskuse tõttu ajas muutuvad. Puidutehnoloogia laboris on olemas spetsiaalne spooni ja vineeri tootmise liin, millega saab kontrollida tehnoloogilise protsessi parameetreid ja valmistada nõutud pinnakvaliteedi ja omadustega spooni ja vineeri. Koostöös lignullenergiahoonete uurimisrühmaga töötati Villu Kuke doktoritöös välja hügrotermilised kriteeriumid ristkihtpuitpaneelide kasutamiseks elamute projekteerimisel ja ehitamisel. Puidutehnoloogia laboris ja TalTech lignullenergiahoone testmajas uuritakse WoodLCC, projekti raames, kuidas

mõjutavad niiskuse ja temperatuuri muutused pragude tekkimist ristkihtpuitpaneelides. Puidutehnoloogia laboris on üheks peamiseks uurimisteenaks biokomposiitide arendamine looduslikest kiududest (kanep, pilliroog). Percy Festus Alao doktoritöö tulemusena karakteriseeriti külmligu kanepikiudusid nende kasutamiseks biokomposiitide sarrusena looduslikes ehitus- ja transpordisektori materjalides. Kasutusalaadest tulenevalt on oluline suurendada biokomposiitmaterjalide tuletõkkeomadusi, mida uuritakse koostöös ehituskonstruksioonide uurimisrühmaga. Koostöös polümeeride ja tekstiilitehnoloogia laboriga arendatakse välja termoplastsete omadustega tselluloosi derivaatidest uudseid biopolümeere ja biokomposiite kasutamiseks pakendites.

Rühma ülevaade inglise keeles

The Laboratory of Wood Technology investigates the possibilities for using the low-quality hardwood species in veneer and veneer based products by evaluating the impact of surface properties, quality to the bond strength development. In collaboration with nearly zero energy buildings research group, hygrothermal criteria were developed for using cross-laminated timber (CLT) panels in the design and construction of wooden buildings (PhD thesis of Villu Kukk). Within the framework of the WoodLCC project, the impact of moisture content and temperature to crack formation in CLT panels is investigated. Development of biocomposites and green composites from natural fiber and agro-crop (hemp fibres and reed) was also an important part of the research work conducted during the past year. As a result of the PhD thesis of Percy Festus Alao the frost-retted hemp fibres were characterised for use as reinforcement in biocomposites that can be used for construction or transportation applications. These applications require higher fire safety properties, which are developed together with structural engineering research group. In collaboration with the Laboratory of Polymer and Textile Technology, novel thermoplastic cellulose materials for further packaging applications are developed.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

MNKE22024 WoodLCC - puitehituse täiustatud elutsükli kuluarvestuse meetodite uuringud 2022 - 2025 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/3f88c972-0a89-4a00-9a60-d1977ce575ed>

MNKE22048 Eesti vähekasutatud puiduliikide kasutusvõimalused uutes spoonipõhistes toodetes 2022 - 2024 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/c8074777-bf44-41a3-93fa-e877186ba376>

TFA25094 Basaltarmeeringuga vineerikomposiidi väljatöötamine 2025 - 2026 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/c0f42b13-94d1-4bff-89e1-8c6256e7b4d4>

VHE22018 Turvaline 5G-toega kaksikülemine Euroopa PUIDU tööstusele 2022 - 2025 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/c8115b3d-1ccf-4d1e-beb1-3bb6e8562e28>

VERT20014 Erasmus Mundus ühismagistrikraad bio- ja keemiatehnoloogias jätkusuutliku biomajanduse jaoks 2019 - 2025 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/dfdf54dc-6d98-42e5-ba4f-3874906e0a57>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Alao, P.; Rohumaa, A.; Dembovski, K.H.; Ruponen, J.; Kallakas, H.; Kers, J. (2025). Effect of Aspen Face Veneer Thickness on the Fire Performance of Post-Manufacture Fire-Retardant Treated Birch Plywood. *Proceedings of the 11th European Conference on Wood Modification: (ECWM 2024)*. Firenze, Italy, April 15-16, 2024. Cham: Springer, 165–172. (Springer Proceedings in Materials; 86). DOI: 10.1007/978-3-031-99418-0_21.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/93e123f3-174c-4d01-b201-a99f1c4a8804>

Kilumets, C.; Kallakas, H.; Ralph, S.; Zhu, J.Y.; Hunt, C.G.; Rohumaa, A.; Kers, J. (2024). Effect of lignin on veneer densification and set-recovery. *Construction and Building Materials*, 451, #138795. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2024.138795. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/fa969e16-844d-4a78-9f48-0e31d219a03d>

Akkurt, T.; Rohumaa, A.; Kers, J. (2025). Effective Wood Veneer Densification by Optimizing Key Parameters: Temperature, Equilibrium Moisture Content, and Pressure. *Forests*, 16 (6), #969. DOI: 10.3390/f16060969. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/d88c0f3b-c00d-4eee-8ad5-8b7db95de5bb>

Akkurt, T.; Rohumaa, A.; Kallakas, H.; Scharf, A.; Kers, J. (2024). Enhancing the bending strength, load-carrying capacity and material efficiency of aspen and black alder plywood through thermo-mechanical densification of face veneers. *Construction and Building Materials*, 450, #138555. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2024.138555. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/0ccf5251-355f-4520-a43b-b7e354f71af8>

Kallakas, Heikko; Akkurt, Tolgay; Scharf, Alexander; Mühls, Fred; Rohumaa, Anti; Kers, Jaan (2024). The Effect of Hardwood Veneer Densification on Plywood Density, Surface Hardness, and Screw Withdrawal Capacity. *Forests*, 15 (7), #1275. DOI: 10.3390/f15071275. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/51328168-7066-467c-bed8-bff16447a2ec>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

TalTechi Puidutehnoloogia labori uuringud näitasid, et haab ja sanglepp on võimalikud alternatiivid kasele mitmekihilistes puidukomposiitides. Madalama kvaliteediga lehtpuudest on võimalik toota kvaliteetsset vineeri, optimeerides spooni tihendamise parameetreid. Parimad tulemused saavutati 90 °C ja 210 °C juures, kasutades kõrget rõhku ja suurt tasakaaluniiskust. Tihetatud spooni selektiivne kasutamine ainult vineeri välimistes kihtides parandas oluliselt vineeri paindetugevust, pinnakõvadust ja kruvide väljatõmbetugevust, ületades tervenisti tihetatud spoonidest valmistatud vineeri tugevusomadusi.

Paralleelselt käsitleti kahte vineeritööstuse põhiväljakutset: tulekindlust ja formaldehüüdi emissioone. Leegiaeglustite (B, P, U) ja nende erinevate pealekandmismeetodite mõju hinnati haava- ja kasetoonspoonile, mis olid liimitud nii tavapärase PF- fenoolfomaldehüüdlüüdi kui ka ligniiniga osaliselt asendatud

fenoolformaldehüüdiimiga LPF. Parim tuletokeaine teatud spooni töötlus saavutati haavaspoonide töötlemisega immutusmeetodil. P-tüüpi tuletokeaine näitas kõige ühtlasemat tulemust rullkattega pealekandmisel P-FR ja haavaspoonide andis parimad tulemused tulepüsivuse testides. Tuletokeainetega töötlemine vähendas siiski spoonide ühendamiseks kasutatud liimliidete nihketugevust—kõige enam haava ning kase puhul, kui P-FR töödeldud spoon oli kokku liimitud LPF-vaiguga.

Kokkuvõttes toovad uurimistöö tulemused esile tõhusad lahendused, mis võimaldavad madalama kvaliteediga lehtpuuspoone vääridada kõrge suutlikkusega ja jätkusuutlikuteks puitmaterjalideks, pakkudes samal ajal uusi teadmisi vineeri tulepüsivuse parandamiseks ja puiduliimidest tulenevate vaba formaldehüüdi emissioonide vähendamiseks.

Inglise keeles

Research at the TalTech Laboratory of Wood Technology demonstrated that aspen and black alder are viable alternatives to birch in multilayer wood composites. High-quality plywood can be produced from lower-grade hardwoods by optimizing veneer densification parameters, with the best results achieved at 90 °C or 210 °C under high pressure and high EMC. Selective use of densified veneers—only in the outer layers—significantly improved bending strength, surface hardness, and screw withdrawal resistance, outperforming plywood made with fully densified layups.

In parallel, studies addressed two key challenges in plywood production: flammability and formaldehyde emissions. Fire retardants (B, P, U) and different application methods were evaluated on aspen and birch veneers bonded with both conventional PF and lignin-substituted LPF resins. FR retention was highest with impregnation, especially in aspen. The P-type retardant demonstrated the most consistent performance, with roller-coated P-FR aspen showing the strongest overall reaction-to-fire results. Fire retardant treatments, however, reduced lap shear strength—most notably in aspen and in birch treated with P-FR when bonded with LPF resin.

Overall, these findings highlight effective strategies for upgrading low-quality hardwood veneers into high-performance, more sustainable engineered wood products, while providing new insights for improving fire performance and reducing emissions in plywood manufacturing.

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

20. VEEBRUARIL 2025 TOIMUS TTÜ RAAMATUKOGUS RAAMATUESITLUS EESTI KEELSE KÕRNGKOOLIÕPIKU "PUIDU TÖÖTLEMINE". TRÜKITUD ÕPIKU AVALDAMIST TOETASID 19 PUIDU-

JA MÖÖLITOOTMIS ETTEVÕTET.

6. JUUNI 2025 AVALDATI GEENIUS PORTAALIS POPULAARTEADUSLIK ARTIKKEL "PROFESSOR JAAN KERS SELGITAB, KUIDAS TALTECHI LABORIS MUUTUB PUIT RÕIVAKS", MILLES TUTVUSTATI TALTECHI PUIDULABORIS VÄLJA ARENDATUD ÕHUKESTE PUIDULEHTEDE TOOTMISTEHNOLÓGIA RAKENDUSVÕIMALUSI KAASAEKSES MOEDISAINIS.

16. JUUNI 2025 AVALDATI GEENIUS PORTAALIS POPULAARTEADUSLIK ARTIKKEL KAUR TOOTSI MAGISTRITÖÖ TULEMUSTE RAKENDUSVÕIMALUSTE KOHTA: EESTI INSENERID ARENDAVAD HAAVASPOONI, MIS VÕIB MUUTA VINEERITÖÖSTUST - DIGIGEENIUS
[<https://digi.geenius.ee/blogi/teadus-ja-tulevik/eesti-insenerid-arendavad-haavaspooni-mis-voib-muuta-vineeritoostust/>]

17. JUUNI 2025 AVALDATI GEENIUS PORTAALIS POPULAARTEADUSLIK ARTIKKEL TALTECHIS ARENDATAKSE PUIDUST KESTLIKKE ALTERNATIIVE PLASTILE - DIGIGEENIUS
[<https://digi.geenius.ee/blogi/teadus-ja-tulevik/taltech-teadlased-arendavad-kestlikke-lahendusi-puidu-vaarindamiseks/>].

SIIN TUTVUSTASIME BIOPOLÜMEERIDE TEHNOLÓGIA LABORIGA KOOSTÖÖS ARENDATUD TSELLULOOSIPÕHISTE ÕHUKESTE KILEDE KATSETUSTULEMUSI.

5.11.2025 AVALDASIME TALTECHI TEADUST JA TEADLASI ÜHISKONNALE TUTVUSTAVAS PORTAALIS TRIALOOG POPULAARTEADUSLIKU ARTIKLI "PUIDUTEADUS AITAB HAAVAL JA LEPAL JÕUDA KASE TASEMELE - TRIALOOG

[<https://trialoog.taltech.ee/puiduteadus-aitab-haaval-ja-lepal-jouda-kase-tasemele/>]"
ARTIKLIS KAJASTASIME TOLGAY AKKURTI DOKTORITÖÖ RAAMES 4 AASTA JOOKSUL LÄBI VIIDUD UURIMISTÖÖ PÕHITULEMUSI EESTI KEELES.

4. DETSEMBRIL 2025 AVALDATI DOKTORITÖÖD TUTVUSTAV ARTIKKEL KA MAALEHE VEEBI VÄLJAASNDES. PUIDUTEADUS AITAB VIIA HAAVA JA LEPA KVALITEEDI KASE TASEMELE - MAALEHT

[<https://maaleht.delfi.ee/artikkel/120418453/puiduteadus-aitab-viia-haava-ja-lepa-kvaliteedi-kase-tasemele>]

OSALEMINE EUROOPA TEADLASTE VÕRGUSTIKU ÜHISPROJEKTI JUHTKOMMITEE TEGEVUSTES UUE COST ACTION PROJEKTI CA22155 - NETWORK FOR FOREST BY-PRODUCTS CHARCOAL, RESIN, TAR, POTASH (EU-POTARCH).

Inglise keeles

On 20 February 2025, a book presentation for the Estonian-language university textbook "Puidu töötlemine" ("Wood Processing") took place at the Tallinn University of Technology Library. The publication of the printed textbook was supported by 19 wood and furniture manufacturing companies.

On 6 June 2025, the Geenius portal published a popular-science article titled "Professor Jaan Kers explains how wood becomes clothing in the TalTech

laboratory”, presenting the potential applications of the thin-wood-sheet production technology developed in the TalTech Wood Laboratory for contemporary fashion design.

On 16 June 2025, Geenius published another popular-science article highlighting the application potential of Kaur Toots’s master’s thesis results: “Estonian engineers are developing aspen veneer that may transform the plywood industry – Digigeenius.”

On 17 June 2025, Geenius published a popular-science article “TalTech is developing sustainable wood-based alternatives to plastics – Digigeenius.” The article presented the test results of cellulose-based thin films developed in collaboration with the Biopolymer Technology Laboratory.

On 5 November 2025, we published a popular-science article in TalTech’s public science communication portal Trialoog titled “Wood science helps aspen and alder reach the level of birch – Trialoog.” The article summarised the main results of four years of research conducted as part of Tolgay Akkurt’s doctoral thesis, presented in Estonian.

On 4 December 2025, an article introducing the doctoral thesis was also published in the online edition of Maaleht, titled “Wood science helps raise the quality of aspen and alder to the level of birch – Maaleht.”

Participation continued in the management committee of the European researchers’ network joint project, the new COST Action CA22155 – Network for Forest By-Products: Charcoal, Resin, Tar, Potash (EU-PoTaRCh).

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Jõudsime ettevõtetega tehtud teaduskoostööga puidutehnoloogia laborist välja piloteerimiseni pool-tööstuslikus skaalas. Uurimistöö originaalsus seisneb uudse ioonse vedeliku põhise tuletõkkeaine immutus- ja pealekandmismeetodite tehnoloogilises uuringus. Uudne tuletõkkeaine on loodud spetsiaalselt puidupõhistele plaatmaterjalidele nagu vineer. Vineeritööstus vajab uusi keskkonna nõuetele vastavaid tuletõkkeaineid, millega töötlemine oleks hästi integreeritav tootmisprotsessi. Uurimistöö andis väärtuslikku teavet selle uudse tuletõkkeaine toimimise kohta erinevate vineeri pinnaspooni ja kanepikomposiitplaadi paksuste korral. Professor Alar Justi tuelgrupiga koostöös teostatud laboratoorsed tulekatsed koonuspõletiga võimaldasid väikeste kuludega välja valida parima tehnoloogia ja materjalipaksuse kombinatsiooni kasutamiseks pool-tööstuslikus skaalas läbiviidavates immutus ja tulekatsetes, mis suurendab nii vineeri kui kanepikomposiidi kasutamist ehitus- ja transpordisektoris.

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöök

TA kompetents on erinevate puiduliikide füüsikaliste ja pinnaomaduste mõju pinna märguvusele ja liimliite tugevusele. Erinevate puiduliikide tugevusomaduste mõju kihiliste puittoodete tugevusomadustele. Looduslikest kiudududest valmistatavate komposiitmaterjalde disain mikroehitusest kuni makroehituseni. Õhukeste puitmaterjalide immutatavus tuletõkkeainega ja selle mõju tulekaitse omadustele.

Rakenduslikud uuringud on seotud vähekasutatud lehtpuiduliikidest ja biopõhistest jääkidest (pilliroog, kanepikiud) komposiitmaterjalide arendamisega. Puittoodete pinnakatete vastupidavusega väliskeskkonna tingimustes.

Ettevõtluskoostöö eesmärk

TalTechi Puidutehnoloogia labori eesmärk on jõuda haava ja sanglepa puidust treitid õhukeste 0,3...0,5mm ja paksude kuni 10,0 mm puidulehtede tehnoloogiatega laborist välja ja piloteerida neid tootmises. See õnnestus 2025 aastal edukalt arendusprojekti Metsä Woodiga, kus kindlate parameetritega valmistatud spooni omadusi uuriti laboris ja katsetati ka ettevõttes. Grazi Ülikooliga Austriast on käivitatud koostöö autotööstuses väljatöötatud löögienergiat absorbeerivate metalsete materjalide asendamiseks puit-metall hübriidmaterjalidega. Selleks väljatöötatavad tehnoloogiad võimaldavad puit-metall komposiitidele laiemat kasutust ka näiteks kosmose rakendustes.

Estonian Plywoodiga seob TalTech Spooni ja Vineeri T&A keskust juba pika-ajaline koostöö ning meie laboris välja töötatud tuletõkkeainetega töötlemise tehnoloogia tulekindla kasevineeri valmistamiseks on leidnud juba ka tööstuses rakendust sertifitseeritud tootena.

Seoses ettevõtete vajadustega oleme keskendunud puitmaterjalide ja biopõhiste komposiitide tuletõkkeainega töötlemiseks sobilike meetodite uurimisele, et tooted vastaksid ehitus- ja transpordisektoris kehtivatele tulekindluse

nõuetele. Uurime ka pinnakatte tehnoloogiate mõju puidu pinnakatete vastupidavusele välistingimustes. Samuti uurime ja katsetame erinevaid biopõhiseid liime puidu liimimisel, kuna nendes nähakse suurt tuleviku potentsiaali fossiilse toorme järk-järgulisel asendamisel biopõhiseiga.

Biopõhiste liimide katsetusmetoodikate arendamisel teeme tihedat koostööd Dr. Chris Huntiga USDA FPL (USA), Dr. Anand Ramesh Sanadiga Kopenhaageni Ülikoolist ja TalTechis Dr. Maria Kulbi uurimisrühmaga. Osaliselt biopõhistes puiduliimide katsetamisel tuleb arendada uusi metoodikaid, sest bioliimid ei ole välikeskkonnas vastupidavusomadustelt võrdväärset fossiilsest toormest toodetega. Selleks on vajalik toota TalTechi Puidulaboris just laboratoorses skaalas kindlaks määratud töötlemisparameetritega õhukest 1,0mm paksust spooni, mille oleksid võimalikult sarnased pinnaomadused bioliimide katsetamiseks. Välja töötatud tehnoloogilise protsessi parameetrid on rakendatavad tööstuses katsepartiide tootmisel.

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

T460 Puidu-, tselluloosi- ja paberitehnoloogia

T152 Komposiitmaterjalid

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

Hinnang seisundile:

hea

Seisundi selgitus:

Puit on raskesti uuritav materjal oma rakulise ehituse ja keskkonnatingimuste mõjul ajas muutuvate füüsikaliste eomaduste tõttu. Puidutehnoloogia labori TA

taristu on Põhjamaades ja Kesk-Euroopas unikaalne, sest võimaldab kontrollida puidu niiskust ja teisi füüsikalisi omadusi spoonipakust spooni lõiketöötlemisel, kuivatamisel, liimimisel ja vineeriks pressimisel reaalse tootmisega sarnastes tingimustes. Samuti saame kontrollida protsessi parameetreid puidu immutamisel tuletokeainetega ning katsetada meetodi toimivuse uurimiseks tulekindlust. Protsessiparameetrite kontroll on väga oluline vältimaks puidu niiskuse muutumisest tingitud materjali muutusi pinnaomaduste ja mehaanilise tugevuse katsetamisel, millel on suur mõju teadustöö tulemustele ja nende usaldusväärsusele. Teadustöök ja ettevõtluskoostöök oleks vaja Puidumajja ehitada ja paigaldada täiendavaid seadmeid nagu puidu konvektiivkuivatii ja 1m³ mahutavusega autoklaav puidu immutuseks. Praegu ei ole Puidumajas ühtegi m² vaba ruumi nende seadmete paigaldamiseks.

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal
OSALEMINE INNOVAWOODI ÜLDKOGU KORRALDAMISEL EESTIS JA OSALEMINE ORGANISATSIOONI LIIKMENA KOSOTÖÖPROJEKTIS 5 -G TIMBER. INNOVAWOOD ON 20 AASTA VANUNE ORGANISATSIOON, MIS ÜHENDAB NELJA EUROOPA METSA-, PUIDU- JA MÖÖBLITÖÖSTUSE VÕRGUSTIKKU, MILLES ON KOKKU ÜLE 60 LIIKMESORGANISATSIOONI 28 EUROOPA RIIGIST. OSALEMINE EUROOPA TEADLASTE VÕRGUSTIKU ÜHISPROJEKTI JUHTKOMITEE TEGEVUSTES UUE COST ACTION PROJEKTI CA22155 - NETWORK FOR FOREST BY-PRODUCTS CHARCOAL, RESIN, TAR, POTASH (EU-POTARCH) KÄIVITAMISEL.

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

- USDA Forest Products Laboratory, Madison Wisconsin, USA
- AgroParisTech;
- Aalto University; Mid Sweden University; University of Copenhagen; Salzburg University of applied Sciences, University de LorraineENSTIB

Eesti partnerid:

- Rait AS; Estonian Plywood As; Palonot OY; Onewood OÜ; Metsä Wood OY
- Eesti Maaülikool, Metsanduse ja nseneeria instituut.
- Eesti Kunstikadeemia, Tartu Ülikool, Füüsikanstituut; Tsenter, Kagu-Eesti Puiduklaster

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

Puidutehnoloogia labor viib kuue Tallinna gümnaasiumi õpilastele "Ringse materjalitehnoloogia" ja Inseneeria valikkursuse raames igaastaselt läbi "Spooni- ja vineeri valmistamise praktikume".

Viisime 2025 aastal läbi täiendkoolitust ettevõtjatele teemal "Puidupõhised biokomposiidid ja kaskaadkasutus".

Teadustöö tulemusi tutvustame Eestis toimuvatel konverentsidel ja seminaridel Eesti Mööblitootjate Liidu, Tsentri ja Kagu-Eesti Puduklastri ühine aastakonverents Konverentsi "Mööblitootmise väljakutsed 2025" Ettekanne teemal "Kuidas teadus aitab mööblitööstusel kasvada?" [https://tsenter.ee/wp-content/uploads/2025/09/Jaan_Kers_Kuidas-teadus-aitab-mooblitoostusel-kasvada_2025_v3.pdf] Jaan Kers, TalTechi puidutehnoloogia labor [<https://taltech.ee/materjali-ja-keskkonnatehnoloogia-instituut/laborid-ja-teenused/puidutehnoloogia-labor/>].

Teadustöö tulemuste tutvustamine rahvusvahelistel konverentsidel nii posterettekannete kui ka suuliste ettekannetega väljaspool Eestit.

Osalemine "Vähese CO₂ heitmega kütuste" ja Puidu keemilise ja mikrobioloogilise väärindamise teekaartide koostamisel 2025 aastal.

Osalemine ettekandega Tallinna Tehnika Kõrgkoolis 19. veebruaril toimunud karjääripäeval ettekandega "Puit süsinikku siduva tulevikumaterjalina".

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

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes
Puidutehnoloogia labori professor Jaan Kers osaleb Eesti Metsa ja Puidutööstuse juhatuse liikmena juhatuse töös ja TAIE tööühma töös. Samuti osaleb Jaan Kers Eesti Mööblitootjate Liidu juhatusel liikmena juhatuse töös ning tegeleb eelkõige erialaste ja haridusküsimustega.

Puidutehnoloogia labor pakub ettevõtetele puit- ja komposiitmaterjalide ja mööbli toodete katsetusteenust. Samuti viime läbi vastupidavuse ja Ilmastikukindluse katseid.

Iga tellimustöö on erinev ja sellele eelneb nõustamistöö, katsetusmetoodika alal ja peale töö läbiviimist tulemuste analüüsi tutvustamine ja arutelu.

Kliimaministeeriumi ja MKM-i ja EISA teadusnõustamine uute meetmete ja programide väljatöötamisel ettevõtetele.

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://taltech.ee/materjali-ja-keskkonnatehnoloogia-instituut/puidutehnoloogia-labor>

Inglise keeles

5 Keskkonnatehnoloogia teaduslabori uurimisrühm

Uurimisrühma juht

Sergei Preis, täisprofessor teneuris, sergei.preis@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Sergei Preis, Doktor, täisprofessor teneuris

Marina Kritševskaja, Doktor, kaasprofessor

Niina Dulova, Doktor, vanemteadur

Eneliis Kattel, Doktor, teadur

Juri Bolobajev, Doktor, vanemlektor

Priit Tikker, Doktor, teadur

Kristen Altof, Magister, doktorant-nooremteadur

Irina Petrotšenko, Magister, doktorant-nooremteadur

Daniel Anselm Teittinen, Magister, doktorant-nooremteadur

Võtmesõnad

Eesti keeles

keskkonnatehnoloogia; veetöötlemine; õhupuhastus; pinnasepuhastus; süvaoksüdatsiooni protsessid; koroon impulsslektrilahenduse plasma; katalüüs; fotokatalüüs

Inglise keeles

environmental technology; water treatment; air cleaning; soil cleaning; advanced oxidation processes; pulsed corona discharge plasma; catalytic and photocatalytic processes

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Uurimisrühm on kompetentne keskkonnatehnoloogia probleemide lahenduses, mis sisaldab veetöötlemist, õhu- ja pinnasepuhastust, kus kasutatakse süvaoksüdatsiooni protsesse, koroon impulsslektrilahenduse plasmat, katalüütilisi ja fotokatalüütilisi protsesse. Uuritavad protsessid omavad suurt potentsiaali püsivate saasteainete ja mikrosasteainete eemaldamiseks veest, saastatud pinnastest ning heitgaasidest. Õhu töötlemist koroon impulss-elektrilahenduse plasmaga kui kõrge energiaefektiivsusega puhastusprotsessiga rakendatakse mikroorganismide, k.a viiruste hävitamiseks ning lenduvate orgaaniliste ühendite lagundamiseks.

Rühma ülevaade inglise keeles

The research group is competent in solving environmental technology problems, including water treatment, air and soil cleaning by using advanced oxidation processes, pulsed corona discharge plasma, catalytic and photocatalytic processes.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Altof, Kristen; Krichevskaja, Marina; Preis, Sergei; Bolobajev, Juri (2025). Advanced oxidation of airborne m-xylene in combination of pulsed corona discharge and post-plasma photocatalysis. *Journal of Electrostatics*, 138, #104104. DOI: 10.1016/j.elstat.2025.104184.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/5ab97909-e629-4a55-b911-05527543c04d>

Teittinen, Daniel A.; Preis, Sergei; Bolobajev, Juri (2025). Upscaling of Toluene Oxidation Using Water-Sprinkled Pulsed Corona Discharge and Photocatalysis. *Processes*, 13 (9), #2982. DOI: 10.3390/pr13092982. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/41eb2024-ae6f-42ba-9f19-387c8249b759>

Tan, Zhijie; Chen, Wenli; Wei, Xinyi; Qiu, Zhaoji; Zhuang, Weixiong; Zhang, Baoshan; Xie, Junting; Lin, Yuexia; Ren, Yuan; Preis, Sergei; Wei, Chaohai; Zhu, Shuang (2025). Virus-bacterium interaction involved in element cycles in biological treatment of coking wastewater. *Bioresource Technology*, 416, #131839. DOI: 10.1016/j.biortech.2024.131839.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/b3dad88d-9bfa-4b91-ba9a-0028b57245f3>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

2025. aastal rühm täitis kolm projekti:

1) TF24021EK2 (TK228U4) "Strateegilise mineraalse ja süsiniku-põhise ressursi ringmajanduse tippkeskus" (01.01.2024–31.12.2030); Vastutav täitja: Sergei Preis; Tallinna Tehnikaülikool (partner); Finantseerija: Haridus- ja Teadusministeerium; Eraldatud summa: 945 000 EUR.

2) VIR23025 "Sademevee puhastamine ehitus- ja lammutusjäätmetega" (1.04.2023–31.03.2026); Vastutav täitja: Sergei Preis; Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut (partner), Tallinna Tehnikaülikool, Loodusteaduskond, Geoloogia instituut (partner); Finantseerija: Regional Council of Southwest Finland; Eraldatud summa: 391 693 EUR.

3) ETAG22018 "Alumiiniumi sisaldavate toormaterjalide kasutamine alumiiniummetalli, muude metallide ja ühendite tootmiseks" (1.02.2022–31.07.2025); Vastutav täitja: Sergei Preis; Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut (partner); Finantseerija: Sihtasutus Eesti Teadusagentuur; Eraldatud summa: 100 000 EUR.

Inglise keeles

In 2025 the Laboratory participated in three projects:

1) TF24021EK2 (TK228U4) "Centre of Excellence in Circular Economy for Strategic Mineral and Carbon Resources" (01.01.2024–31.12.2030); Principal Investigator: Sergei Preis; Tallinn University of Technology (partner); Financier: Ministry of Education and Research; Financing: 945 000 EUR.

The group considers one of its major achievements to be the development of a method for applying pulsed electrical corona discharge to the selective

oxidation of pharmaceutical substances in human urine, with the aim of using it in the production of fertilizer for agricultural applications. To date, no similar technologies exist anywhere in the world. The results of the work have been published.

2) VIR23025 "Stormwater purification with construction and demolition waste" (1.04.2023–31.03.2026); Principal Investigator: Sergei Preis; Tallinn University of Technology, School of Engineering, Department of Materials and Environmental Technology (partner), Tallinn University of Technology, School of Science, Department of Geology (partner); Financier: Regional Council of Southwest Finland; Financing: 391 693 EUR.

3) ETAG22018 "Utilization of Aluminium-Bearing Raw Materials for the Production of Aluminium Metal, Other Metals and Compounds " (1.02.2022–31.07.2025); Principal Investigator: Sergei Preis; Tallinn University of Technology, School of Engineering, Department of Materials and Environmental Technology (partner); Financier: Estonian Research Council; Financing: 100 000 EUR.

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Töörühm peab üheks oma suurimaks saavutuseks 2025. aastal impulss-elektrilise koroonalahenduse rakendamise meetodi väljatöötamist ravimainete selektiivseks oksüdeerimiseks inimese uriinis eesmärgiga kasutada seda põllumajanduses rakendatava väetise tootmisel. Täna ei ole maailmas analoogseid tehnoloogiaid olemas. Töö tulemused on avaldatud: Petrochenko, I.; Dulova, N.; Simha, P.; Preis, S. (2026). Pulsed corona discharge for targeted oxidation of carbamazepine in water and source-separated human urine. *Plasma Processes and Polymers*, 23 (1), art. e70121. DOI: 10.1002/ppap.70121 [<https://doi.org/10.1002/ppap.70121>].

2025. aastal viidi läbi uuring fotokatalüütilise reaktori skaleerimise e suurendamise kohta õhu puhastamiseks lenduvatest orgaanilistest ühenditest. Uue reaktori arendamine võimaldas tõsta töödeldava õhu mahtu 10 m³/h-le. Reaktori konstruktsioon võimaldab kasutada nii kunstlikku kui ka päikesekiirgust katalüsaatori aktiveerimiseks.

Inglise keeles

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöök

Uurimisrühm on kompetentne joogi-, ringlus- ja heitvete puhastustehnoloogiates ning õhupuhastustehnoloogiates ja on võimeline pakkuda lahendusi vee ja õhu probleemidele. Rühmas on kõrge kompetents ja taristu õhu ja vee analüüsid. Kogemused on kogutud ka pinnase ja teiste tahkefaaside analüüsis ja tehnoloogiates.

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Täiendav info:

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

- 3. Keskkonnaressursside vääristamine
-

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

Frascati Manuaali teadusvaldkonnad:

2.7 Keskkonnatehnika

2.4 Keemiatehnika

CERCSi teaduserialad:

P305 Keskkonnakeemia

T270 Keskkonnatehnoloogia, reostuskontroll

T350 Keemiatehnoloogia ja -masinaehitus

Hinnang rühma kasutuses olevale TA taristule (sh kollektioonid 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:

- South China University of Technology, School of Environment and Energy, PR China
- South China University of Technology, PRChina, The Key Lab of Pollution Control and Ecosystem Restoration in Industry Clusters
- School of Biosciences and Biopharmaceutics, Guangdong Pharmaceutical University, PR China

Eesti partnerid:

-
-
-

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

<https://forte.delfi.ee/artikkel/120421282/keemik-hindab-kas-kodus-valmis-segatud-klasipesuvedelikku-kolbab-autosse-valada/kommentaariid>

<https://digi.geenius.ee/blogi/teadus-ja-tulevik/johker-kogus-ravimijaake-jouab-meie-kanalisatsiooni-tehnikaulikooli-teadlane-sergei-preis-selgitab-selle-tagajargi/>

<https://jupiter.err.ee/1609106102/veepuhastus-uv-valgusega>

<https://rus.err.ee/1609680707/jeko-logichno-kosmetika-lekarstva>

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/en/laboratory-environmental-technology>

Inglise keeles

6 Anorgaaniliste materjalide teaduslaboratoorium

Uurimisrühma juht

Andres Triikkel, täisprofessor tenuuris, andres.trikkel@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Andres Triikkel, Doktor, täisprofessor tenuuris

Mai Uibu, Doktor, vanemteadur

Kaia Tõnsuaadu, Doktor, vanemteadur

Tiit Kaljuvee, Teaduste kandidaat, peaspetsialist

Can Rüstü Yörük, Doktor, vanemteadur

Mustafa Cem Usta, Doktor, teadur

Marve Einard, Kõrgharidus, keemiainsener

Ruhany Sheherazad Azeez, Magister, doktorant-nooremteadur

Eliise-Koidula Kivimäe, Magister, doktorant-nooremteadur

Adheena Thomas, Magister, doktorant-nooremteadur

Ademola Michael Adegbile, Magister, doktorant-nooremteadur

Krevon Alet-Märtson, Magister, doktorant-nooremteadur

Võtmesõnad

Eesti keeles

fosforiit; graptoliitargilliit; põlevkivituhk; sadestatud kaltsiumkarbonaat; kasvuhoonegaasid; termiline analüüs

Inglise keeles

phosphorite; graptolite-argillite; oil shale ash; precipitated calcium carbonate; GHG; thermal analysis

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Labor tegutseb kolmel prioriteetsel suunal nii globaalselt kui Eesti riigi

võtmes: • Kriitiliste toormete ressursibaasi laiendamine alus- ja

rakendusuringutega Eesti fosforiidi ja kaasnevate mineraalide

(graptoliitargilliit) väärandamise uute jätkusuutlike meetodite väljatöötamiseks

- väärtuslike komponentide nagu fosfori, vanaadiumi ja haruldaste muldmetallide

eraldamiseks; • Kasvuhoonegaaside emissiooni vähendamine kui rohepöörde üks

oluline eesmärk, mis hõlmab aluseliste tööstusjäätmete (põlevkivituhk,

klinkritolm) kiirendatud karboniseerimise protsesside ning kütuste hapnikus

põletamise kui sobiva CO₂ püüdmistehnoloogia keemilis-tehnoloogiliste aluste

väljatöötamise. Võimalikud rakendused on ehitusmaterjalide saamine koos

samaaegse CO₂ sidumisega; • Põlevkivituha taaskasutamise rakendusuringud

sadestatud kaltsiumkarbonaadi tootmiseks koos tekkivate jäätmete kompleksse

ärakasutamisega.

Rühma ülevaade inglise keeles

The activities of the laboratory are focused on three priority directions both

globally and in the key of Estonian future: • Expanding the resource base of

critical raw materials with basic and applied research for the development of new sustainable methods for the valorisation of Estonian phosphorite and associated minerals (graptoliteargillite) - for the selective separation of valuable components such as phosphorus, vanadium and rare earths; • Reducing greenhouse gas emissions which is one of the key objectives of the green turn, including development of chemical-technological bases of accelerated carbonation processes for alkaline industrial wastes (oil shale ash, clinker dust) as well as oxy-fuel combustion of fuels as a promising method for CO₂ capture. The possible applications are aimed to make construction materials together with simultaneous binding of CO₂; • Applied research to reuse oil shale ash for the production of a valuable product - precipitated calcium carbonate - on an industrial scale with the possibly complete utilization of the generated residues.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

PRG1779 Fosforvætised ja haruldased metallid jäätmevabalt Eesti fosforiidist 2023 - 2027

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/f20d13cc-b55f-4275-83d0-0d40d301b552>

TEM-TA87 Mineraalsete kaevandus- ja tööstusjäätmete kompleksne väärimine teisese toormena ehitusmaterjalide ja hüdro metallurgia kontekstis 2024 - 2028

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/96b4d794-2653-4aa7-89d6-00ae27244bd9>

TEM-TA100 Fosforiidi kaastoormete omaduste varieeruvus ja väärimise võimalused 2024 -

2028 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/93da0d5a-b74e-4ef4-8b34-0b2c11b58987>

TK228 Strateegilise mineraalse ja süsiniku-põhise ressursi ringmajanduse tippkeskus 2024 - 2030

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/fe0f04f9-9734-4715-8761-2daf92c553e2>

LEKEE25090 Projekt CaFe - Etapp 2 2025 - 2026

<https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/852ab0e1-3abe-4495-a2c4-ac3599931291>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Thomas, Adheena; Yörük, Can Rüstü; Usta, Mustafa Cem; Pantšenko, Nata-Ly; Hain, Tiina; Uibu, Mai; Trikkel, Andres (2025). Developing Mineral Foam Blocks from Oil Shale Byproducts through Accelerated Carbonation. ACS Omega, 10 (40), 47051–47064. DOI: 10.1021/acsomega.5c05438.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/40279870-4707-4426-af66-57551b803550>

Azeez, Ruhany S.; Tõnsuaadu, Kaia; Einard, Marve; Kaljuvee, Tiit; Trikkel, Andres (2025). Dissolution kinetics of rare earth elements from Estonian phosphate rock using hydrochloric acid treatment. Minerals Engineering, 233, #109641. DOI: 10.1016/j.mineng.2025.109641.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/781c1692-f675-4c25-a2b9-ea2709ec79d8>

Kivimäe, Eliise-Koidula; Tõnsuaadu, Kaia; Kaljuvee, Tiit; Kallaste, Toivo; Trikkel, Andres (2025). Effect of calcination of Estonian black shale on the solubility of metallic elements in sulfuric acid environment. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. DOI: 10.1007/s10973-025-15121-8.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/6624d85e-8c0b-4136-b6ab-10adc2a22861>

Azeez, Ruhany Sheherazad; Tõnsuaadu, Kaia; Kaljuvee, Tiit; Trikkel, Andres (2024). Kinetics of Estonian Phosphate Rock Dissolution in Hydrochloric Acid. Minerals, 14 (3), 322. DOI:

10.3390/min14030322. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/519061a8-72dd-48c5-a83b-5a157bdd3a0e>

Usta, Mustafa Cem; Yörük, Can Rüstü; Uibu, Mai; Traksmaa, Rainer; Hain, Tiina; Gregor, Andre; Trikkel, Andres (2023). Carbonation and Leaching Behaviors of Cement-Free Monoliths Based on High-Sulfur Fly Ashes with the Incorporation of Amorphous Calcium Aluminate. ACS Omega, 8 (32), 29543–29557. DOI: 10.1021/acsomega.3c03286.

<https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/cb05b1f5-138d-4602-9d57-8675b5eb09b1>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

Jätkus tegevus aastal 2024 Tallinna Tehnikaülikoolis käivitunud tippkeskuse SOURCES (TK228, R. Aav) raames, mille SMR (strateegilise mineraalse toorme) tööühma juhiks ülikoolis on anorgaaniliste materjalide teaduslabor (TK228U3, A.Trikkel).

Jätkus eelmisel perioodil käivitunud projektitegevus koostöös geoloogiainstituudiga (Tem-TA100, R.Hints) ning anorgaaniliste materjalide teaduslabori juhtimisel (Tem-TA87, M.Uibu).

Jätkus rühmagrandi PRG1779 täitmine, mille vahearuanne 2025.a. alguses kiideti heaks.

Ettevõtluskoostöö osas RagnSellsiga sõlmiti rahvusvahelise lepingu LEKEE24105 "CaFe Stage I" teise osa täitmiseks uus leping LEKEE25090 "CaFe Stage II. TalTech ja Neo vahel 2025.a. sõlmitud koostööleping näeb ette muude teemade seas ka haruldaste muldmetallide eraldamise võimaluste uurimist fosfokipsist, mille vastutajaks on A.Trikkel.

Inglise keeles

Our research group belongs to the Centre of Excellence in Circular Economy for Strategic Mineral and Carbon Resources (SOURCES, TK228, 2024-2030) leading the Strategic Mineral Resources (SMR) subtopic. The aim of the research within SMR is to consolidate the research potential of Estonia for the development and implementation of new innovative solutions for the valorization of secondary and primary mineral resources and the education of highly qualified next-generation researchers in the field. The main objectives are to increase resource efficiency, maximize utilization of local resources, promote safe material circulation, and reuse while reducing negative environmental impacts, and minimize the demand for new natural resources.

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Labor tegutseb kolmel prioriteetsel suunal nii globaalselt kui Eesti riigi võtmes:

- * Kriitiliste toormete ressursibaasi laiendamine alus- ja rakendusuringutega Eesti fosforiidi ja kaasnevate mineraalide (graptoliitargilliit) väärindamise uute jätkusuutlike meetodite väljatöötamiseks - väärtuslike strateegiliste komponentide nagu fosfori, vanaadiumi ja haruldaste muldmetallide eraldamiseks;
- * Kasvuhoonegaaside emissiooni vähendamine kui rohepöörde üks oluline eesmärk, mis hõlmab aluseliste tööstusjäätmete (tuhad, klinkritolm) kiirendatud karboniseerimise protsesside keemilis-tehnoloogiliste aluste väljatöötamise. Rakendusteks on ehitusmaterjalide saamine koos samaaegse CO₂ sidumisega;
- * Põlevkivituha taaskasutamise rakendusuringud sadestatud kaltsiumkarbonaadi tootmiseks koos tekkivates jäätmetes sisalduvate elementide kompleksse väärindamisega.

Töötatakse välja tehnoloogia Eesti fosforiidi jäätmevabaks töötlemiseks eesmärgiga saada fosforväetisi ning eraldada haruldased muldmetallid (PRG1779 -- "Fosforväetised ja haruldased metallid jäätmevabalt Eesti fosforiidist", 2023-2027). Samuti uuritakse fosfaattoormega kaasnevate mineraalide (graptoliitargilliit) hüdro metallurgilise töötlemise võimalusi eesmärgiga eraldada kasulikke elemente, näiteks vanaadiumit (Tem-TA100 "Fosforiidi kaastoormete omaduste varieeruvus ja väärindamise võimalused", 2024-2028).

Uuritakse võimalusi kasutada erinevaid tuhkasid (ladestatud põlevkivi-, olme- ja puidutuhad) ja muid aluselisi tööstusjäätmeid spetsiifiliste ehitusmaterjalide saamiseks sidudes samaaegselt nn kiirendatud karboniseerimise protsessis ka teatud hulk CO₂ tahkesse materjali. (Tem-TA87 "Mineraalsete kaevandus- ja tööstusjäätmete kompleksne väärindamine teisese toormena ehitusmaterjalide ja hüdro metallurgia kontekstis", 2024-2028).

On välja töötatud ja arendatakse jätkuvalt edasi tehnoloogiat põlevkivituha baasil sadestatud kaltsiumkarbonaadi (PCC) saamiseks, mis seisneb põlevkivituha võimalikult komplekses ja keskkonnaohutus ära kasutamises, st lisaks kaltsiumile ka teiste elementide (Mg, Si) väärindamises (LEKEV24105 ja LEKEE25090 "Projekt CaFe, etapid I ja II", 2024-2026).

Inglise keeles

The laboratory operates in three priority areas both globally and in the context of Estonia:

- * Expanding the resource base of critical raw materials through fundamental and applied research to develop new sustainable methods for valorizing Estonian phosphorite and associated minerals (graptolite-argillite). This involves extracting valuable strategic components such as phosphorus, vanadium, and rare earth elements.
- * Reducing greenhouse gas emissions, a key goal of the green transition. This includes developing the chemical and technological foundations for accelerated carbonation processes using alkaline industrial wastes (ashes, clinker dust etc). Applications include producing construction materials while simultaneously sequestering CO₂.
- * Applied research into reusing landfilled oil shale ash to produce precipitated calcium carbonate (PCC) while also valorizing other chemical elements contained in the waste.

Efforts include developing technology for waste-free processing of Estonian phosphorite to produce phosphorus fertilizers and extract rare earth elements (PRG1779 – "Phosphorus Fertilisers and Rare Metals from Estonian Phosphorite in a Waste-Free Way", 2023–2027). Research is also being conducted into processing associated minerals (graptolite-argillite) to extract useful elements, such as vanadium, using hydrometallurgic methods (Tem-TA100 "Variability of Properties of Associated Resources of Shelly Phosphorite and Opportunities for Beneficiation", 2024–2028).

Studies are underway to explore the use of various ashes (deposited oil shale, MSWI, and wood ashes) as well as other alkaline industrial wastes for producing specific construction materials, while simultaneously capturing certain amounts of CO₂ into these solid value-added materials through an accelerated carbonation process (Tem-TA87 "Complex recovery of mineral mining and industrial waste as secondary raw material in the context of eco-conscious building materials and hydrometallurgy", 2024–2028).

Technology for producing PCC from oil shale ash has been developed and is being further refined. This technology aims for the most comprehensive and environmentally safe use of oil shale ash, valorizing not only calcium but also other elements such as magnesium and silicon (LEKEV24105 and LEKEE25090 "Project CaFe, Phase I and II", 2024–2026).

[Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta](#)

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

On välja töötatud ja arendatakse jätkuvalt edasi tehnoloogiat põlevkivituha baasil sadestatud kaltsiumkarbonaadi (PCC) saamiseks koos tekkivate jäätmete võimalikult täieliku ja keskkonnaohutu väärindamisega. Selles osas jätkub pidev koostöö ettevõttega RagnSells, mis peaks lähitulevikus realiseeruma pooltööstuslikus mastaabis PCC tootmisega.

2023-2025.a. jätkulepingud LEKEE24020 "Tuha jääkmaterjali laborikatsetel põhinev uuring" (2023-2024, A.Trikkel), LEKEV24105 "Projekt CaFe, Etapp I" (2024-2025, A.Trikkel) ja LEKEE25090 "Projekt CaFe, Etapp II" (2025-2026, C.R.Yörük) tegelevad lisaks PCC saamisele ka teiste keemiliste elementide (Mg, Al, Si) eraldamisega ladestatud põlevkivituhaast ning muudest aluselistest heitmetest.

On näidatud, et kasutades aluselisi tööstusheitmeid (klinkritolm, ladestatud põlevkivi-, puidu jm tuhad) erinevate karbonaatsidestatud ehitusmaterjalide valmistamiseks vähenevad CO₂ heitmeid, sest osa emiteeritud CO₂ kogusest seotakse protsessis tahkesse püsivasse materjali (Projekt Tem-TA87, M.Uibu, 2025-2028).

Rakendusliku väljundiga TA tegevuseks saab lugeda ka Eesti fosforiidimaagi ja kaasnevate mineraalide (graptoliitargilliit) töötlemistehnoloogiate arendamisega seotud projekte (PRG1779, Tem-TA100), millel otsene tööstuslik väljund veel puudub.

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöök

- * Termiline analüüs (TG, DTA). Tahkete materjalide termilise püsivuse (sulamine, lagunemine) ning gaas-tahke reaktsioonide uurimine temperatuurini 1000...1200°C õhus ja mõnede mittekorrodeerivate gaaside (näit. CO₂) ja inertgaaside (Ar, N₂) keskkonnas (isotermilised katsed ja dünaamiline temperatuuri tõus 2...25 °C/min)
- * Keemiline analüüs. CaO (üldine, vaba), MgO, SO₄(2-), SO₃(2-), S₂-, P, CO₂, R₂O₃, LOI, TC, TIC jt.
- * Tahkete pulbriliste materjalide FTIR analüüs
- * Elementide analüüs (AAS, ICP-AES)
- * Pinna- ning struktuuriuuringud. BET eripind, poorsusjaotus, osakeste suurusjaotus

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Ettevõtluskoostöö viimasel aastal on toimunud peamiselt ettevõttega Ragn-Sells Group (R-S OSA Service, Estonia ja Ragn-Sells Recycling AB, Sweden). TA asutustest on tehtud koostööd Eesti Geoloogiateenistusega.

Koostöös Ragn Sellsiiga arendatakse põlevkivituha baasil sadestatud kaltsiumkarbonaadi (PCC) tootmistehnoloogiat eesmärgiga jõuda kestliku tööstusliku rakenduseeni. Lisaks põhiprotsessile, uuritakse ka selles tekkivate teiseste jäätmete võimalikult täieliku kasutamise võimalusi, püüdes kätte saada ka mitmed teised keemilised elemendid (Mg, Al, Si, S). Põlevkivituhast ehitusmaterjalide saamise võimaluste vastu on huvi tundnud Enefit.

Fosforiidi töötlemistehnoloogiatega tegelevaid ettevõtteid Eestis ei ole, see uurimistöö on suunatud tulevikku kui selgub kaevandamise võimalikkus ja valitakse tehnoloogia. Koostöö on olnud Soome Geoloogiateenistustega fosforiidi rikastamise osas ning Eesti Geoloogiateenistusega eesmärgiga saada nii fosforiidi kui graptoliit-argilliidi esinduslikke, potentsiaalselt huvi pakkuvaid tööstuslikke proove.

Konsulteeritud on NPM Silmet OÜ (Neo) tehnoloogidega haruldaste muldmetallide kontsentraadi vajalike omaduste osas. Hiljuti Tallinna Tehnikaülikooli ja Neo vahel sõlmitud koostöölepingus nähakse ette haruldaste muldmetallide saamise võimaluste uurimine fosfokipsist.

Täiendav info:

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

- 3. Keskkonnaressursside vääristamine
-

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

Frascati Manuali teadusvaldkonnad:

- 2.4 Keemiatehnika
- 2.7 Keskkonnatehnika

CERCSi teaduserialad:

T350 Keemiatehnoloogia ja -masinaehitus

T150 Materjalitehnoloogia

T440 Mittemetalliliste mineraalide tehnoloogia

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

Hinnang seisundile:

Seisundi selgitus:

Ekspérimentaalse uurimistöö jaoks on laboril erineva suurusega arvutipõhised reaktorisüsteemid heterogeensete tahke-vedel-gaas ja tahke-gaas süsteemide jaoks (nt multifunktsionaalne reaktorisüsteem Lara/Radleys, automaatne tiitrimissüsteem PerkinElmer) ja termoanalüüsi kompleks koos gaasifaasi analüüsi võimalustega: termoanalüsaatorid TA Setsys Evo; TA Labsys Evo; LINSEIS STA PT 1600, ühendatud MS (Pfeiffer) analüsaatoriga. Lisaks kasutatakse erinevaid elementanalüsaatoreid, spektroskoopilisi (FTIR, UV-Vis, AAS, ICP-AES) ja tahkete osakeste iseloomustamise meetodeid – BET eripind, poorsuse jaotus (Qantachrome), osakeste suurusjaotus PSD (Horiba).

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

Andres Trikkel, täisprofessor tenuuris

IGIP (Rahvusvaheline Inseneripedagoogika Ühing) liige; ING-PAED IGIP kvalifikatsioon;

Ajakirja Oil Shale toimetuskolleegiumi liige;

Mitmete rahvusvaheliste ajakirjade retsensent. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry; Thermochimica Acta; Fuel; Fuel Processing; Oil Shale jt.

Mai Uibu, vanemteadur

Rumeenia Rahvusliku Teadusfondi (UEFISCDI - The Executive Agency for Higher Education, Research, Development and Innovation Funding) grandiprojekti hindamiseksperit;

Retsensent rahvusvahelises teadusajakirjas Waste Management

Retsensent rahvusvahelises teadusajakirjas Journal of Residuals Science & Technology

Kaia Tõnsuaadu, vanemteadur

Ajakirjade J. of Thermal analysis and calorimetry; J. of Colloids and surfaces; J. of Minerals processing; J. of hazardous materials; J. of surface and coatings technology; Bioactive materials; J. of materials science; Polyhedron; Materials research bulletin; International journal of mineral processing retsensent

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

- Constantine the Philosopher University, Department of Physics, A. Nitra, Slovak Republic
- Institut de Recherche de Chimie Paris, France
- GTK Mintec, Outokumpu, Finland; Institute of Mineralogy and Crystallography of Bulgarian Academy of Sciences

Eesti partnerid:

- Tartu Ülikool, Geoloogia osakond
- Eesti Geoloogiateenistus
- Maaelu Teadmuskeskus, Põllumajandusuuringute osakond

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

* SOURCES tippkeskus (SMR tööruhmad) veebis <https://taltech.ee/sources/tooruhmad>

* EGT videod, 2022. "Seriaal Eesti maapõue uuringud" (Juhan Aare)

[<https://www.youtube.com/watch?v=B2AsvxPxPvo&list=PLLGOiBzo1hmU3XNWbLg9oTk09DUe4B39I&index=4>]

* Novaator, ERR. "Osoon": Tuhamäed võivad kujuneda kliimanutraalse tööstuse tooraineks, 2022, Mai Uibu

[<https://novaator.err.ee/1608802570/osoon-tuhamaed-voivad-kujuneda-kliimanutraalse-toostuse-tooraineks>]

* 30.03.2023. Infopäev Sõmerul "Eesti maapõueressurssidega seotud teadusuuringud". „Eesti karbifosforiidi kvaliteet ja omadused potentsiaalse fosfori ning haruldaste muldmetallide toormena ja selle kompleksed

ümbertöötlemise tehnoloogiad“. Kaia
Tõnsuaadu. [<https://www.egt.ee/infopaev-eesti-maapoueressurssidega-seotud-teadusuuringud>]

* ERR sari „Tähelepanu tegemist on teadusega“. 2023. Andres Triikkel ja Kaia
Tõnsuaadu
[<https://jupiter.err.ee/1608954311/tahelepanutegemist-on-teadusega>]

* Novaator, ERR. „Kaval keemia aitab fosforiidist välja pigistada haruldasi
muldmetalle“. Ain Alvela intervjuu Andres Triikkeliga.
2023. [<https://novaator.err.ee/1608936935/kaval-keemia-aitab-fosforiidist-valja-pigistada-haruldasi-muldmetalle>]

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

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes
Mai Uibu. Osalemine Riigi jäätmekava 2022-2028 koostamise fookusgrupis.

Osalemine Riigi jäätmekava 2022-2028 koostamise ehitus-ja lammutusjäätmete ning
põlevkivitööstuse jäätmete II fookusgrupis.

Andres Triikkel. Osalemine Energiamaajanduse arengukava (ENMAK) koostamise
fookusgrupis.

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://taltech.ee/anorgaaniliste-materjalide-teaduslabor>

Inglise keeles

7 Biopolümeeride tehnoloogia labor

Uurimisrühma juht

Andres Krumme, uurija-professor, andres.krumme@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Andres Krumme, Doktor, uurija-professor
Elvira Tarasova, Teaduste kandidaat, vanemlektor
Illia Krasnou, Doktor, vanemteadur
Natalja Savest, Doktor, vanemlektor
Omar Parve, Teaduste kandidaat, vanemteadur
Jaan Parve, Kesk, keemik
Anna Ilnitskaja, Magister, doktorant-nooremteadur
Gretel Brus, Magister, doktorant-nooremteadur
Aysha Siddika, Magister, doktorant-nooremteadur

Võtmesõnad

Eesti keeles

polümeerid; biopolümeerid; tselluloosi derivaadid; polümeeride tehnoloogia; polümeerkomposiidid; reaktiivne ekstrusioon; tekstiil; elektroketrus; nanokiud; superkondensaatorid; filtermaterjalid

Inglise keeles

polymers; biopolymers; derivatives of cellulose; polymer technology; polymeric composites; reactive extrusion; textile; electrospinning; nanofibres; conductive polymers; supercapacitors; filtering materials

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Teadustöö peamine fookus on keskkonnaressursside väärimisel ja uute nanokiuliste elektron- ja filtermaterjalide arendamine. Eesmärgiks on jätkusuutlike alternatiivide leidmine fossiilsete maavarade põhistele polümeerimaterjalidele ning selleks biopõhiste keskkonnaressursside ja taaskasutatavate materjalide rakendamine nii laiatarbetoodeteskui ka spetsiifilistes valdkondades. Otsitakse uudseid võimalusi tselluloosi jätkusuutlikuks väärimiseks, rakendades uusi, taaskasutatavaid lahustikeskkondi, biopõhiseid keemilise modifitseerimise reagente ja energiasäästlike tehnoloogiaid. Lahustitena kasutatakse uusi, destilleeritavaid ioonseid vedelikke. Uuritakse looduslike õlide kasutamist tselluloosi esterdamiseks ja sünteesikeskkonnana arendatakse reaktiivse ekstrusiooni tehnoloogiat. Laboril on ainsana Eestis elektroketruse piloottootmise võimekus. Elektroketrusmeetodil arendatakse tselluloosi derivaatidel põhinevaid ja viirusevastaseid toimeaineid sisaldavaid filtermaterjale, mis pikendavad nende eluiga ja muudavad need süsinikuneutraalseks. Laboril on Eestis unikaalne piloottootmise võimekus sellistes olulistes polümeeride/plastide tehnoloogia valdkondades nagu kuumsegamine, ekstrusioon ja survevalu. Arendatakse termoplastsete ja termoreaktiivsete polümeeride komposiite anorgaaniliste või biopõhiste lisanditega sekundaarse toorme efektiivseks kasutuseks

ringmajanduses. Paljudel juhtudel vajab plast mineraalsete lisandite kasutamist, et mõjutada komposiitmaterjali omadusi (jäikus, soojusjuhtivus, tulekindlus jne.) ning vähendada plasti osakaalu ja seega ka maksumust. Selgitatakse, kas ja kuidas suudavad erinevad mineraalsed jäätmed, nagu elektri- ja õlitootmises tekkivad tuhaliigid komposiitides asendada kaevandatavaid maavarasid nagu lubjakivi. Samuti otsitakse lahendusi tekstiilijäätmete ja lignotselluloosete kiudude suuremamahuliseks ringlussevõtuks plastkomposiitide tugevdava täiteainena. Laboris uuritakse erinevate meetoditega ümber töödeldud tekstiilijäätmetest saadud kiudude omadusi ning nende sobivust eritüübiliste uute (tekstiil)materjalide valmistamiseks. Põhiliste meetoditena on seni kasutatud ümbertöödeldud tekstiilkiudude ja termoplastsete lisakiududega lausmaterjalide valmistamist. Samuti tegeletakse laboris vastupidavate tekstiili- ja rõivamaterjalide välja töötamisega

Rühma ülevaade inglise keeles

The main focus of the research of the laboratory is valorization of environmental resources and development of new energy storage methods for energy efficient environments. The goal is to find sustainable alternatives for fossil resources based polymeric materials by more efficient utilisation of biopolymers and recycled materials in commodity products and in specific fields. Innovative options for the sustainable recovery of cellulose are being sought through the use of new, reusable solvent media, bio-based chemical modification reagents and energy-saving technologies. New, distillable ionic liquids are used as solvents. The use of plant oils for cellulose esterification is being studied and reactive extrusion technology is being developed. The laboratory is the only one in Estonia capable of pilot production by electrospinning technology. The electrospinning technology is also applied for developing filter materials based on cellulose derivatives and containing antiviral agents, which prolong their life and make them carbon neutral. The laboratory has a unique pilot production capability in Estonia in such important areas of polymer / plastics technology as compounding, extrusion and injection molding. Composites of thermoplastic and thermosetting polymers with inorganic or bio-based additives are being developed for the efficient use of secondary raw materials in the circular economy. Properties of textile fibres obtained by different recycling methods are being explored and their suitability for manufacturing different types of (textile) materials is being studied. Producing nonwoven materials with recycled textile fibres and thermoplastic virgin fibres is the main method explored. The laboratory also develops durable and sustainable textile and clothing materials.

Viimaste aastate olulisemad projektid:

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

Reaktiivse ekstrusiooni protsessi arendus: Viidi läbi protsessi esmane modelleerimine spetsiaaltarkvara "Ludovic" abil. Mudelite eksperimentaalseks tõestuseks ja eksperimentaalsel teel määratavate parameetrite saamiseks viidi läbi katsed sünteetiliste vinüülestritega ja määrati mudelmaterjalide keemilised ja füüsikalised omadused. Selgitati optimaalsed tselluloosi kontsentratsioonid reaktsioonisegudes ja reaktsioonisegude reoloogilised omadused.

Lahustikeskkondade arendus: Uuriti 4. erineva eutektilise lahusti (DES) efektiivsust tselluloosi lahustamisel. Uuriti tselluloosi esterdamise võimalikkust antud keskkondades kasutades sünteetilisi karboksüülhappeid, happekloriide ja vinüülestreid. Uuriti ka teisi, ioonsetel vedelikel, liitiumkloriidil, alustel ja soolade hüdraatidel põhinevaid lahustisüsteeme.

Eraldusprotsesside arendus: Jätkus rektifikatsiooni ja õhukese kile destillatsiooni meetodite arendamine keemilise modifitseerimise järgse materjalide, kõrvalproduktide ja lahustikeskkonna eraldamiseks. Oluline osa tööst keskendus spetsiaalselt tselluloosi lahustamiseks disainitud ioonsete vedelike ringlussevõtu uurimisele.

Rasvhapete põhise reagenti arendus tselluloosi keemiliseks modifitseerimiseks: arendati meetodeid rasvhapete sidumiseks tselluloosile erinevate linkerite abil. Süntees ioonse vedeliku keskkonnas kasutades kaaslahustina dimetüülsulfoksiidi andis produktina tselluloosi estri, milles atsüülrühmad olid rapsiõlist saadud karboksüülhapete segu komponendid. Saadud tselluloosi estrite asendusaste oli kuni 2. Viidi läbi esmased katsed esterdata tselluloos rapsiõlist pärineva reagentiga nn. „ühe-kolvisünteesis“. Kuna tselluloosi esterdamise muudab kulukas reagentide kuivatamine siis uuriti vee mõju tselluloosi transesterfikatsiooni reaktsioonile, kasutades atsüleeriva reagentina rapsiõli baasil sünteesitud reagenti. Tulemustest järeldus, et arvestatava asendusastmega (~1) tselluloosi derivaatide sünteesil on võimalik kasutada märkimisväärses koguses vett sisaldavaid reagente.

Tselluloosi derivaatide rakenduslike väljundite selgitamine: Alustati uute tselluloosipõhiste bioplastide rakenduslike uuringutega, katsetades nende materjalide sobivust paberi lamineerimiseks ja elektroketruses. Selgitati materjalide füüsikalisi ja keemilisi eriomadusi, hüdrofoobsust ja reoloogilist käitumist.

Inglise keeles

Development of the reactive extrusion process: Initial modeling of the process was carried out using the special software "Ludovic". To experimentally verify the models and obtain experimentally determinable parameters, experiments were carried out with synthetic vinyl esters and the chemical and physical properties of the model materials were determined. The optimal cellulose concentrations in the reaction mixtures and the rheological properties of the reaction mixtures

were clarified.

Development of solvent environments: The efficiency of 4 different eutectic solvents (DES) in dissolving cellulose was studied. The possibility of cellulose esterification in these environments was studied using synthetic carboxylic acids, acid chlorides and vinyl esters. Other solvent systems based on ionic liquids, lithium chloride, bases and salt hydrates were also studied.

Development of separation processes: The development of rectification and thin film distillation methods for the separation of materials, by-products and solvent environments after chemical modification continued. A significant part of the work focused on investigating the recycling of ionic liquids specifically designed for dissolving cellulose.

Development of a fatty acid-based reagent for the chemical modification of cellulose: methods were developed for the attachment of fatty acids to cellulose using different linkers. Synthesis in an ionic liquid environment using dimethyl sulfoxide as a co-solvent gave a cellulose ester as the product, in which the acyl groups were components of a mixture of carboxylic acids derived from rapeseed oil. The degree of substitution of the resulting cellulose esters was up to 2. Initial attempts were made to esterify cellulose with a reagent derived from rapeseed oil in the so-called "one-flask synthesis". Since cellulose esterification is complicated by the expensive drying of reagents, the effect of water on the cellulose transesterification reaction was studied using a reagent synthesized on the basis of rapeseed oil as an acylating reagent. The results concluded that it is possible to use reagents containing a significant amount of water in the synthesis of cellulose derivatives with a significant degree of substitution (~1).

Clarifying the applied outputs of cellulose derivatives: Applied research on new cellulose-based bioplastics was initiated, testing the suitability of these materials for paper lamination and electrospinning. The special physical and chemical properties, hydrophobicity and rheological behavior of the materials were clarified.

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Töörühm tegeleb kriitilise probleemiga, mis on seotud plastitööstuse üleviimisega fossiilsetelt ressursidelt biopõhistele, kasutades selleks lignotsellulooset biomassi, eriti tselluloosi. Vastavad plaste kasutavad tööstusharud on pakenditööstus, autotööstus, ehitustööstus ja ka

kõrgtehnoloogiline tekstiilitööstus (elektroketrus), filtreerimiseks või elektrienergia tootmiseks ja salvestamiseks vajalike materjalide valmistamine.

Eesti metsanduse biomassi, peamiselt ümarpuidu toodang on ligikaudu 6,0 Mt (kuivmass, aastal 2022) aastas. Täispuittoodetena vääringdatakse 2,5 Mt, energia tootmiseks kasutatakse 3,9 Mt ja enamasti mehaanilisel töötlemisel saadud puidutselluloosina vaid 237 Kt (ligikaudu 4% biomassist). Puidutselluloosi toodang on Soomes ja Rootsis vastavalt 40 ja 36% biomassist. Samas võib tselluloosi valmistamine üksi tõsta biomassi väärtust 4-5 korda ja keerukamaid tselluloositooteid, nagu bioplast veelgi enam. Võib seada hüpoteesi, et ligikaud 3% iga-aastaselt varutava biomassi nutikas ümbertöötlemine võib asendada kogu Eestis kasutatava, valdavalt fossiilsel toormel põhineva plasti.

Lignotselluloosse biomassi tööstuslik vääringdamine on Eestis aktiivses kasvus. Vriu Keemia Grupp plaanib Krafti ja lahustava tselluloosi tehase käivitamist aastal 2028. Samuti peavad nad oma toodete edasiseks vääringdamiseks oluliseks tööühma tselluloosi keemia uuringuid. OÜ Fibenol on käivitatud tööstusliku piloottehase puidu biomassi fraktsioneerimiseks ligniiniks, puidusuhkruteks ja mikrokristalliliseks tselluloosiks (MCC). Nad otsivad nendele lignotselluloosse toorme komponentidele edasist rakendust ning kasutavad juba tööühma kompetentsi ja ressursse nendele toodetele lisandväärtuse loomiseks. Tselluloosi ja õlipõhise bioplasti sünteesiks vajalike taimeõlijääkide tarnimise partner on Scanola Baltic teeb tööühmaga koostööd taimsete õlide tootmise jääkide kasutamiseks tselluloosi ja õlipõhiste bioplastide tootmiseks. Välismaiste T&A tegevuste osas teeb tööühm koostööd Soome ettevõttega UPM-Kymmene ja Rootsi ettevõtetega Domsjo Fabriken AB ja Södra.

Inglise keeles

Activity of the workgroup is addressing a critical problem related to transferring plastic industry from fossil based resources to bio-based by exploiting lignocellulosic biomass, especially cellulose. Relevant areas are packaging industry, car industry, construction industry and also high-tech textile industry (electrospinning), producing materials for filtration or electrical energy production and storage.

Estonian forestry biomass, mainly roundwood production is approximately 6.0 Mt (dry matter, in year 2022) annually. 2.5 Mt-s are valorised as solid wood products, 3.9 Mt-s are used for energy and only 237 Kt-s (approximately 4 % of the biomass) are valorised as wood pulp, mostly by mechanical processing. Corresponding valorisation values of wood pulp in Finland and Sweden are 40 and 36% correspondingly. Still, pulping alone can increase value of biomass 4 - 5 times and more sophisticated cellulosic products, as bioplastics even more. One can hypostasise that smart conversion of ~3% of the annually harvested forestry biomass of can replace all, mostly fossil based plastics used in Estonia.

Industrial valorisation of lignocellulosic biomass is in active growth in Estonia. Vrii Keemia Grupp is planning to start Kraft and dissolving pulp factory in year 2028. They also found cellulose chemistry research of the workgroup important for further valorisation of their products. OÜ Fibenol is started industrial pilot plant for fractionation of wooden biomass to lignin, sugars and microcrystalline cellulose (MCC). They are looking for further application of the lignocellulosic components and are already using competence and resources of the workgroup for providing added value for these products. Partner for providing the plant oil residues for synthesis of cellulose and oil based bioplastics is Scanola Baltic. Regarding R&D developments abroad, the workgroup is cooperating with Finnish company UPM-Kymmene, Swedish companies Domsjo Fabriken AB and Södra.

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

LEKEE22028 "Tellijale laboriteenuse osutamine puidu biomassi komponentide väärimiseks" (17.03.2022–31.12.2023); Vastutav täitja: Andres Krumme; Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut; Finantseerija: OÜ Fibenol. Projekti käigus kasutatakse Tallinna Tehnikaülikooli biopolümeeride tehnoloogia labori kompetentsi ja tehnoloogilist ning analüütilist seadmeparki, et väärimada projekti finantseeriva ettevõtte poolt valmistatavaid puidu biomassi komponente erinevates bioplastide komposiitidel põhinevates toodetes.

VA23023 "Tselluloosipõhine energia kogumine" (1.01.2023–31.12.2023); Vastutav täitja: Andres Krumme; Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut (partner); Finantseerija: Södra Skogsägarnas Stiftelse för Forskning, Utveckling och Utbildning. Projekti käigus uuritakse erinevate tselluloosi keemilisel väärimisel valmistatud materjalide kasutusvõimalusi elektrienergia kogumiseks triboelektrilisel meetodil. Tallinna Tehnikaülikooli biopolümeeride tehnoloogia laboris valmistatakse tselluloosi derivaadid ning toodetakse neist elektrketruse teel nanokiulised lausmaterjalid. Määratakse lausmaterjalide peamised füüsikalised omadused. Projekti partner RISE konstrueerib lausmaterjalidest triboelektrilised seadmed ja hindab nende elektrienergia tootmise võimet.

LEP19061 "Geosünteesitika kvaliteedikontrolli meetoodika arendamine"
(9.07.2019–31.12.2023); Vastutav täitja: Andres Krumme; Tallinna Tehnikaülikool,
Inseneriteaduskond, Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut; Finantseerija:
Transpordiamet. Projekti käigus arendatakse Transpordiameti tellimisel välja
meetoodika polümeeridel põhineva geosünteesitika pikaajalise vastupidavuse
hindamiseks, arvestades Eesti teekonstruktsioonides esinevaid spetsiifilisi
tingimusi ja riske.

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostööks

Tselluloosi keemia, plastitehnoloogia, nanokiulised materjalid, polümeersete
materjalide ringmajandus

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Uurimisrühma TA tulemuste juurutamine ettevõtluses, siseriiklikud TA projektid
mahuga alates 30000€, rahvusvaheliste TA projektide käivitamine või osalemine
partnerina.

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 CERCS klasifikaatori alusel.

Frascati Manuaali teadusvaldkonnad:

2.5 Materjalitehnika

1.4 Keemiateadused

CERCSi teaduserialad:

T460 Puidu-, tselluloosi- ja paberitehnoloogia
T150 Materjalitehnoloogia
T470 Tekstiilitehnoloogia

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

Hinnang seisundile:

piisav

Seisundi selgitus:

Rühma kasutuses olev TA taristu on piisav kuid mitmed olulised seadmed on ületamas mõistliku kasutusea piiri, kuna lähiaastatel on puudunud sobiv projektipõhine rahastus mahukamate taristuobjektide uuendamiseks.

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal
COST tegevus CA19124 „Rethinking packaging for circular and sustainable food supply chains of the future“

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

- The research institute of Sweden, RISE, Rootsi
- VTT Technical Research Centre of Finland Ltd, Soome
- German Institutes for Textile and Fiber Research, Denkendorf, Saksamaa

Eesti partnerid:

- Tartu Ülikool, Tehnoloogiainstituut
- Keemilise ja Bioloogilise Füüsika Instituut
- AS Metrosert

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

Andres Krumme, Illia Krasnou, ERR, Novaator

<https://novaator.err.ee/1608955168/teadlased-loodavad-muuta-eesi-puidujaatmedpikaealiseks-plastiks>

Andres Krumme, ERR, Mis värvi on

majandus <https://jupiter.err.ee/1609180991/mis-varvi-on-majandus>

Andres Krumme, Postimees,
Majandus, <https://majandus.postimees.ee/7700453/kas-killerkottidest-loobumine-on-ka-tegelikult-keskkonnale-kasu-toonud>
Andres Krumme, Oma
Maitse, <https://omamaitse.delfi.ee/artikkel/120236658/suur-test-milline-pann-osta-kas-odav-pann-teeb-too-ara-sama-hasti-kui-kallis>

Andres Krumme, Äripäev, konverents Puidutööstuse Äriplaan 2024, Millised on
puidukeemia
perspektiivid? <https://pood.aripaev.ee/konverentsid-puidutoostuse-ariplaan-2024#Esinejad>

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

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes
Andres Krumme, AS Metrosert RUK biomassi rafineerimise töörühma liige

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://biopolymer.taltech.ee/et/>

Inglise keeles

<https://biopolymer.taltech.ee/en/>

8 Tekstiilitehnoloogia labor

Uurimisrühma juht

Tiia Plamus, kaasprofessor, tiia.plamus@taltech.ee

Uurimisrühma liikmed

Tiia Plamus, Doktor, kaasprofessor
Md Toufiqur Rahman, Magister, doktorant-nooremteadur
Katre Worth, Magister, doktorant-nooremteadur
Laura Kuningas, Kõrgharidus, spetsialist
Diana Tuulik, Magistrikraad,
Md Arifur Rahman, ,

Võtmesõnad

Eesti keeles

tekstiilmaterjalid; tekstiilmaterjalide ümbertöötlemine; ringmajandus; taaskasutus; rõivaste ja tekstiiltoodete tehniline disain

Inglise keeles

textile materials; recycling of textile materials; circular economy; reuse; technical design of apparel and textile products

Uurimisrühma kompetentside tutvustus

Rühma ülevaade eesti keeles

Uurimisrühma teadus- ja arendustöö põhisuunad on ringmajanduse temaatika tekstiili- ja rõivavaldkonnas, mehaaniliselt ümbertöödeldud tekstiilkiudude väärimine erinevateks komposiit- ja tekstiilmaterjalideks; tekstiili- ja rõivamaterjalide füüsikalise-mehaaniliste omaduste uurimine ja katsetamine;

tekstiiltoodete ja rõivaste tootearendus ning uudsete tekstiilmaterjalide töötlemismeetodite uurimine (laserlõikus, digitrükk jm).

Rühma ülevaade inglise keeles

The research group's scientific activities are related with the following fields:

circular economy in textile and clothing field; developing composite and textile materials from mechanically recycled textile fibres;
exploring physico-mechanical properties of textile and clothing materials;
developing textile products, apparel and protective clothing; exploring novel processing methods of textile materials (laser cutting, digital printing etc.).

Viimaste aastate olulisemad projektid:

TF24021EK2 Strateegilise mineraalse ja süsiniku-põhise ressursi ringmajanduse tippkeskus 2024 - 2030 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/58da913f-95cc-484a-82ba-09036de54be7>

LITEE24096 LWIR diapasooni varjestusefektiivsuse mõõtemetoodika ja varjestusmaterjali prototüübi arendamine 2024 - 2025 <https://www.etis.ee/Portal/Projects/Display/bc57795a-9ec1-4d8d-b509-f338d51b8275>

Viimaste aastate olulisemad artiklid:

Mäe, T.; Plamus, T.; Majak, J.; Karunanidhi, R.; Rahman, M. T. (2023). Application of HOHWM Based Function Approximation Algorithms in Engineering Design. International Conference on Numerical Analysis and Applied Mathematics 2021: ICNAAM-2021, Rhodes, Greece, 20–26 September 2021. AIP Publishing, 250003 . (AIP Conference Proceedings; 2849/1). DOI: 10.1063/5.0162255. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/3d9034d5-e1b5-4ac7-a2e6-eb01e5fce2c8>

Mandre, Nele; Plamus, Tiia; Linder, Angelika; Varjas, Toivo; Majak, Jüri; Krumme, Andres (2023). Design of Performance Characteristics on Laser Treated Denim Fabric. Materials Science, 29 (4), 515–524. DOI: 10.5755/j02.ms.33259. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/875f7856-2c98-44d7-adb0-6602002da54d>

Mandre, N.; Plamus, T.; Linder, A.; Krumme A.; Rohumaa, A. (2023). Impact of laser fading on physico-mechanical properties and fibre morphology of multicomponent denim fabrics. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, 72 (2), 145–153. DOI: 10.3176/proc.2023.2.05. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/b9189e7e-7307-4901-920f-b445762a8bef>

Mandre, N.; Plamus, T.; Krumme, A. (2021). Impact of Weft Yarn Density and Core-yarn Fibre Composition on Tensile Properties, Abrasion Resistance and Air Permeability of Denim Fabrics. Materials Science, 27 (4), 483–491. DOI: 10.5755/j02.ms.27532. <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/be98a213-c0a8-4778-9c4c-9c3517d82000>

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Eesti keeles

Uurimisrühma kuulub 4 doktoranti. 2025. aastal osaleti nii suuliste kui ka posterettekannetega mitmel rahvusvahelisel konverentsil: Baltic Polymer Symposium ja Textile Institute World Conference. Aastal 2025 osaleti mitmes rahvusvahelise konsortsiumiga projekti taotluses. Positiivse otsuse sai taotlus: "ReFlax: Revitalizing Flax as a Sustainable Alternative to Fossil-Based Fibers in the Baltic Region" (taotlusvoor: SI Baltic Sea Neighbourhood Programme). Hetkel oodatakse vastust HORIZONi projektitaotlusele "ECO-SPHERE – EDUCATION AND COOPERATION FOR SUSTAINABLE PRACTICES IN HOLISTIC ECOSYSTEMS FOR RESILIENCE AND EMPLOYMENT".

Inglise keeles

The research group includes 4 doctoral students. In 2025, the team participated in several international conferences with both oral and poster presentations: Baltic Polymer Symposium and Textile Institute World Conference. In 2025, the team participated in several project applications with international consortia. The application: "ReFlax: Revitalizing Flax as a Sustainable Alternative to Fossil-Based Fibers in the Baltic Region" received a positive decision

(application round: SI Baltic Sea Neighbourhood Programme). The response to the HORIZON project application "ECO-SPHERE – EDUCATION AND COOPERATION FOR SUSTAINABLE PRACTICES IN HOLISTIC ECOSYSTEMS FOR RESILIENCE AND EMPLOYMENT" is currently awaited.

Rühma TA seotus ühiskonnas aktuaalsete probleemidega ning neile lahenduste pakkumisega

Eesti keeles

Rõiva- ja tekstiilitööstus on üks suurima keskkonnamõjuga sektoreid. Et viia ellu muutusi selles sektoris, on oluline liikuda lineaarselt majandusmudelilt ringsele majandusmudelile. Selleks tuleb rakendada erinevaid meetmeid kogu toote elutsükli jooksul. Oluline on muu hulgas toote läbimõeldud tehniline disain ning hilisemas toote elutsükli tekkinud tekstiilijäätmete ümbertöötlemine ning väärimine uueks tooraineks ning materjalideks. Tekstiilitehnoloogia labori põhiline teadustöö teema käsitlebki tekstiilijäätmete ümbertöötlemist ning väärimist ning erinevates arendusprojektides käsitletakse ka toodete jätkusuutlikku tehnilist disaini. Antud temaatika on ELis prioriteetse tähtsusega, mida näitavad ka muu hulgas järgmised alusdokumendid: „ELi kestliku ja ringse tekstiili strateegia“ (2022); EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU DIREKTIIV (EL) 2018/851, 30. mai 2018, millega muudetakse direktiivi 2008/98/EÜ, mis käsitleb jäätmeid; Euroopa komisjoni „Uus ringmajanduse tegevuskava. Puhtama ja konkurentsivõimelisema Euroopa nimel.“ (2020).

Inglise keeles

The clothing and textile industry is one of the sectors with the greatest environmental impact. To implement changes in this sector, it is important to move from a linear economy model to a circular economy model. For this, various measures must be implemented throughout the product's life cycle. Among other things, the well-thought-out technical design of the product and the reprocessing and valorization of textile waste into new raw materials is important. The main research topic of the Laboratory of Textile Technology deals with the recycling and valorization of textile waste, and the sustainable technical design of products is also discussed in various development projects. This topic is of priority importance in the EU, as shown by, among others, the following documents: "EU strategy for sustainable and circular textiles" (2022); Directive (EU) 2018/851 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2008/98/EC on waste; A new Circular Economy Action Plan. For a cleaner and more competitive Europe (2020).

Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga TA kohta

Senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas

Ettevõtte DefForce OÜ poolt tellitud projekt "LWIR diapasooni varjestusefektiivsuse mõõtemetoodika ja varjestusmaterjali prototüübi arendamine". Technologies OÜ toodete materjaliarendus on alguse saanud Tekstiilitehnoloogia laborist. Tekstiilmaterjalide alase terminoloogia korrastamine Eesti Keele Instituudi toel (<https://xn--snaveeb-10a.ee/ds/teks>). 15.11.2020-15.10.2021 EAS innovatsiooniosak "„Menstruatsiooni aluspesu välja arendamine vastavalt Tellija soovile“. 25.10.2017-30.03.2018 EAS Innovatsiooniosak "Erikujulise ilupadja tootmise tehnoloogia väljatöötamine ja materjalide valimine". Keskkonnaministeeriumi poolt tellitud uuringu „Eesti ringmajanduse tulevikupotentsiaali ja vajalike meetmete uuring. Lisa 3 – tekstiilitööstus“ koostamine.

Uurimisrühma TA rakenduskompetentsid ettevõtluskoostöös

Tekstiiltoodete ja rõivaste tootearendus; uudsete tekstiilmaterjalide väljatöötamine; mehaaniliselt ümbertöödeldud tekstiilkiudude väärindamine erinevateks tekstiil- ja komposiitmaterjalideks; tekstiilmaterjalide omaduste uurimine ja katsetamine ning katseteenused tekstiil- ja rõivatööstuse valdkonna ettevõtetele ning teistele huvigruppidele; kiulise koostise kvalitatiivne ja kvantitatiivne analüüs; mehaaniliselt ümbertöödeldud tekstiilkiudude kvaliteedinäitajate määramine; lõnga struktuuri ning füüsikalise-mehaaniliste omaduste määramine; kangasmaterjalide struktuuri, pindtiheduse ja erinevate füüsikalise-mehaaniliste omaduste (näiteks hõõrdekindlus, pilling, õhuläbilaskvus jm) määramine.

Ettevõtluskoostöö eesmärk

Ettevõtluskoostöö eesmärgiks on pakkuda Eesti ja välismaistele ettevõtetele kvaliteetseid teadus- ja arendusvaldkonna teenuseid tekstiili- ja rõivatootmise ning materjalitehnoloogia valdkonnas; uurimisrühma leiutiste komertsialiseerimine, välispartnerite leidmine.

Täiendav info:

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

- 3. Keskkonnaressursside väärastamine
-

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:

T470 Tekstiilitehnoloogia

T150 Materjalitehnoloogia

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

Hinnang seisundile:

vajab uuendamist

Seisundi selgitus:

Labori koosseisus asub mitmekesiste võimalustega tekstiiltoodete tootearenduslabor, kontrollitud standardijärgse kliimaga tekstiilikatselabor, laserlõikustehnoloogia labor, targa tekstiili ja mikroskoopia labor, tekstiilijäätmete väärindamise labor. Katselabori sisseseade võimaldab läbi viia erinevaid füüsikalisi-mehaanilisi ning keemilisi katseid. Katseid teostatakse vastavalt erinevatele standarditele nõuetekohaste kliimatingimuste juures. Katsetatakse nii tekstiilkiudude, lõnga/niidi kui ka erinevate kangasmaterjalide (riide, trikootaži, lausmaterjalide jm) omadusi. Muu hulgas asub laboris vibroskoop, õhuläbilaskvuse määramise katseseade, Martindale katseseade. Laserlõikustehnoloogia labori sisseseade võimaldab lõigata ja graveerida muu hulgas järgmisi materjale: puit, plast, tekstiil, nahk. Tekstiilkiudude väärindamise labori sisseseade võimaldab välja arendada (ümbertöödeldud kiududest) lõngast trikootažmaterjale ning (ümbertöödeldud kiududest) termotöödeldud lausmaterjale. Labori taristu vajaks uuendamist.

Uurimisrühma liikmete osalus oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal
Tiia Plamus, The Textile Institute (<https://www.textileinstitute.org/>),
osalemine organisatsiooni üritustel.

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

- RWTH Aachen University, Chair of Textile Technology in Mechanical Engineering and Institut für Textiltechnik Researcher
- University of Borås, The Swedish School of Textiles
- Kraków University of Economics, Faculty of Commodity Science

Eesti partnerid:

- Riigi Kaitseinvesteeringute Keskus
- Eesti Kunstiakadeemia, Jätkusuutliku Disaini ja Materjalide Labor
- DefForce OÜ

Rühma liikmete TA populariseerimisega seotud tegevused

Tekstiilitehnoloogia labori töötajad viivad läbi hulgaliselt erinevaid valdkonda populariseerivaid tegevusi: loengud ja õpitoad koolinoortele, Noore Inseneri Programmi ning Tulevikku Insener-Disaineri programmi tegevused, valikkursused gümnaasiumidele (Keila Kool, Mustamäe Riigigümnaasium, Tallinna Reaalkool, Ra Gümnaasium), loengud ja töötoad õpetajatele, ekskursioonid laboritesse, loengud ja õpitoad teiste kõrgkoolide üliõpilastele (Eesti Kunstiakadeemia, Tartu Ülikooli Viljandi Kultuuriakadeemia, Kõrgem Kunstikool Pallas, Tallinna Tehnikakõrgkool).

Labori tegevusi kajastatakse aktiivselt meedias.

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

Rahvusvahelised:

Rühma liikmete osalemine TA tegevusega seonduvalt ettevõtete nõustamistes
Tiia Plamus, Riigi Kaitseinvesteeringute Keskus, nõustamine vastavalt riigihanke „Ekspertiisid ja konsultatsioonid“ (viitenumber 249865) tulemusel sõlmitud hankelepingule nr 2-2/22/897-1 raames.

Uurimisrühma veebilehe aadress

Eesti keeles

<https://taltech.ee/tekstiilitehnoloogia-labor>

Inglise keeles