

**Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut, 2019. aasta teadus- ja arendustegevuse aruanne**

Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut  
Department of Materials and Environmental Technology

**Direktor/Director:** professor **Malle Krunks**, malle.krunks@taltech.ee, +372 620 3363

Instituudis tegutsevad järgmised uurimisrühmad:

- Anorgaaniliste materjalide teaduslabor
- Biofunktsionaalsete materjalide teaduslabor
- Keemiliste kiletehnoloogiate teaduslaboratoorium
- Keskkonnatehnoloogia teaduslabori uurimisrühm
- Optoelektronsete materjalide füüsika labor
- Polümeeride ja tekstiilitehnoloogia labor
- Puidutehnoloogia labor
- Päikeseenergeetika materjalide teaduslabor

The Department conducts research within 8 research groups:

- Laboratory of Inorganic Materials
- Laboratory of Biofunctional Materials
- Laboratory of Thin Film Chemical Technologies
- Laboratory of Environmental Technology
- Laboratory of Optoelectronic materials physics
- Laboratory of Polymers and Textile Technology
- Laboratory of Wood Technology
- Laboratory of Photovoltaic Materials

**ANORGAANILISTE MATERJALIDE TEADUSLABORATOORIUM**

**Laboratory of Inorganic Materials**

**Juht/ Head:** professor **Andres Trikkel**

Tel.: +372 620 2872, e-mail: [andres.trikkel@taltech.ee](mailto:andres.trikkel@taltech.ee)

Akadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/ academic staff

- Andres Trikkel – professor
- Tiit Kaljuvee – vanemteadur
- Rein Kuusik – vanemteadur
- Kaia Tõnsuaadu – vanemteadur
- Mai Uibu – vanemteadur
- Siim Link – teadur

Järeldoktorid/ Postdoctoral students

- Kadriann Tamm

Doktorandid/ Doctoral students

- Hakan Berber
- Ana Jurkevičiute
- Mustafa Cem Usta

Mitteakadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/ Non-academic staff

- Can Rüstü Yörük – insener, PhD
- Marve Einard – keemiainsener

Võtmesõnad/ keywords

Põlevkivituhk, sadestatud kaltsiumkarbonaat, kasvuhoonegaaside emissioon, fosforiit, termiline analüüs

Oil shale ash, precipitated calcium carbonate, GHG emissions, phosphorite, thermal analysis

Uurimisrühma kompetentsid/ Competences

Laboratooriumi teadustöö on käesoleval perioodil suunatud põlevkiviga seotud jäätmete käitlusele – põlevkivituha kasutamisele ja kasvuhoonegaaside emissiooni piiramisele eesmärgiga selgitada keemilis-tehnoloogilised alusteadmised sellega seotud protsessidest lahustepõhistes ja gaas - tahke mineraal-orgaanilistes süsteemides. Uurimissuunad on seotud mineraalse karboniseerimisega, sadestatud kaltsiumkarbonaadi ja tardummaterjalide saamisega, apatiitide keemiaga, Eesti fosforiidi rikastamise ja töötlemise tehnoloogiatega, põlevkivi hapnikus-põletamisega jt. termiliste protsessidega, võimaldades jõuda teostatavate, keskkonnasõbralike, optimeeritud rakendusteni nii eksperimentaalsel teel kui matemaatilise modelleerimise abil.

Research of the laboratory at current period is focused on waste management in oil shale industry – to reuse oil shale ash and diminish GHG emissions in order to clarify chemical-technological fundamentals of the related processes in mineral-organic aqueous or gas – solid systems. Research directions are related to mineral carbonation, PCC and curing materials, chemistry of apatites, enrichment and treatment technologies of Estonian phosphorite, oil shale oxy-combustion and other thermal processes, enabling to reach to feasible, environmentally sound, optimized applications using experimental research together with mathematical modelling.

Olulised projektid

- IUT3319 – Multikomponentsete mineraal-orgaaniliste süsteemide käitlemise alused: keemia, modelleerimine ja kestlik kasutus; Fundamentals of multicomponent mineral-organic systems: Chemistry, modeling and sustainable processing (1.01.2015-31.12.2020). Andres Trikkel
- VA17086 – Lendtuhk väärtuslikuks toormeks; FLY Ash to valuable MinErals – FLAME (1.04.2017-31.03.2020). Andres Trikkel
- LEP17096 (RITA 1/01-01-07; RITA 1/01-01-11) – Maapõueressursside efektiivsemate, keskkonnasõbralikumate ja säästvamate kasutusvõimaluste väljatöötamine (1.07.2017-30.06.2020). Andres Trikkel, Mai Uibu, Kaia Tõnsuaadu
- VFP17114EK – Kaltsiumi ringtsükli kasutamine CO<sub>2</sub>-vaba tsemendiklinkri tootmiseks; CLEAN clinker production by Calcium looping process – CLEANKER (1.10.2017-30.09.2021). Andres Trikkel, Mai Uibu.

Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Anorgaaniliste materjalide teaduslabor osales mitmes rahvusvahelises projektis, k.a. Horizon2020, ning sai finantseerimise uuest RITA programmist (ClimMIT).

Laboratory of Inorganic Materials participated in several international projects incl. Horizon2020, and obtained financing for a new RITA program (ClimMIT).

Täiendav info

- Seotus AAK prioriteetse suunaga Keskkonnaressursside vääristamine (valorisation of natural resources) – uued lahendused Eesti maapõue-, loodus- ja tehisressursside säästvaks ja jätkusuutlikuks kasutamiseks.
- Teadusvaldkond
 

2. Tehnika ja tehnoloogia	2.4 Keemiatehnika
2. Tehnika ja tehnoloogia	2.7 Keskkonnatehnika

Välisriikide akadeemiate ja/või muude oluliste T&A -ga seotud välisorganisatsioonide töös osalemine

Andres Trikkel, professor

IGIP (International Society for Engineering Education and Modern Engineering Pedagogy) liige;

Rahvusvahelise konverentsi ACEME2020 eesistuja;

Mitmete rahvusvaheliste termilise analüüsi konverentside teaduskomitee liige;

Projekti RITA1 (Maapõu) juhtkomisjoni liige

Tiit Kaljuvee, vanemteadur

Ajakirja JTAC piirkondlik toimetaja;

Central and Eastern European Conference on Thermal Analysis and Calorimetry organiseerimiskomitee liige

Shota Rustaveli (Georgia) Rahvusliku Teadusfondi grandiprojektide hindamiseksperit;

ICTAC (International Confederation for Thermal Analysis and Calorimetry) liige;

Mai Uibu, vanemteadur

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

Siim Link, teadur

United States Department of Agriculture. National Institute of Food and Agriculture, SBIR program retsensent

#### Uurimisrühma rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevus

#### Senised rakendused ettevõtluses, majanduses (viited projektidele, lepingutele vms)

- V346 "Muldade parendamiseks vajalike orgaanilis-mineraalsete komposiitide saamine (1.02.2007–31.12.2012)", Tiit Kaljuvee.
- SLOOM12093T "Fosforiärrastustehnoloogiad märgalapuhastites: põlevkivituhasette filtersüsteemide omadused ja pikaajaline toimiminetoimimine (1.01.2012–31.08.2015)", Kalle Kirsimäe, Kaia Tõnsuaadu.
- MJD285 (MJD285) "Põlevkivituha taaskasutus: pidevprotsesside arendus happeliste gaaside emissiooni vähendamiseks ja sadestatud kaltsiumkarbonaadi saamiseks (1.03.2012–31.10.2015)", Merit Kindsigo,
- Lep12116 "Granuleeritud põlevkivituha lubiväetisena - saamine ja iseloomustamine 1 ja 2 (1.08.2012–31.12.2016)", Tiit Kaljuvee.
- VA15012 "Mullaviljakuse orgaanilis-mineraalsed parendajad (1.01.2015–31.12.2017)", Tiit Kaljuvee
- KIK 17083 – Uuring tööstusjäätmetest ehituslike täitematerjalide saamiseks koos CO2 sidumisega (21.12.2016-1.06.2018). Mai Uibu

#### Käimasolevate projektide rakendamine

- Mitmed projektid on suunatud jäätmete käitlusele põlevkiviga seotud tööstuses – põlevkivituha kasutamisele ja kasvuhoonegaaside emissiooni piiramisele, samuti kliimamuutuste leevendamisele läbi CCS ja CCU tehnoloogiate. Nende projektide tulemused on rakendatavad nii Eesti Energia kui VKG süsteemis, põlevkivituha kasutamist savitellistes on katsetatud Aseri Tellisetehases.
- Valitud lokaalsete ja regionaalsete CCUS stsenaariumite tehnoloogia- ja majanduslik modelleerimine Vernasca, Kunda ja Slantsõ tsemenditehaste baasil võimaldab demonstreerida betooni tootmist tsemenditehase heitmaterjalidest ja võib olla huvipakkuv Kunda Nordic Tsemedile.
- Samuti uuritakse uute rikastamismeetodite rakendamise võimalusi Eesti fosforiidimaagile, saadava kontsentradi töötlemist lõpp-produktideks ning kaasnevate kahjulike ja/või kasulike komponentide (sh HMM) jaotust ning eraldamist. See on tulevikku suunatud uuring, mis selgitab tehnoloogilisi võimalusi fosfaattoorme töötlemiseks.

#### Lõppenud projektide tulemused

- Selgitatud on põllumajanduse ja teiste tööstusharude heitmete ning madala-kvaliteetsete toormaterjalide kasutusvõimalusi mullaviljakuse parendajatena, on töötatud välja tingimused ja soovitusel tolmukujulise põlevkivituha granuleerimiseks.
- Samuti on selgitatud põlevkivitööstuse jäätmaterjali – hüdratiseeritud põlevkivituha kasutusvõimalusi lahustunud fosfaatide aktiiv-filtrina märgalapuhastites.
- Näidatud on, et kasutades klinkritolmu ning põlevkivituha granuleeritud täitematerjalide valmistamiseks väheneb jäätmeladestusaladele tuha ja tolmu ladestamine ja sellest tulenevalt keskkonna saastumine. Lisaks vähenevad CO2 heitmed, sest osa emiteeritud CO2 kogusest seotakse graanulite valmistamise käigus põlevkivituha.

**BIOFUNKTSIONAALSETE MATERJALIDE TEADUSLABOR****Laboratory of Biofunctional Materials****Juht/ Head:** vanemteadur **Vitali Sõritski**Tel.: +372 620 2820, e-mail: [vitali.soritski@taltech.ee](mailto:vitali.soritski@taltech.ee)

Akadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/ academic staff

- Andres Öpik, PhD, professor
- Jekaterina Reut, PhD, vanemlektor
- Akinrinade George Ayankojo, PhD, teadur
- Roman Boroznjak, PhD, teadur
- Mariia Antipchik, PhD, teadur

Doktorandid/ Doctoral students

- Anna Kidakova
- Abdul Raziq

Võtmesõnad/ keywords

Molekulaarselt jäljendatud polümeerid, sünteetilised retseptorid, sensorid, meditsiiniline diagnostika, PoCT, keskkonnaseire.

Molecularly Imprinted Polymers, synthetic receptors, sensors, medical diagnostics, PoCT, environmental monitoring.

Uurimisrühma kompetentsid/ Competences

Uurimisrühm tegeleb nutikate funktsionaalsete materjalide väljatöötamisega tehnoloogiliste lahenduste tarbeks inimese elu olulistes valdkondades, nagu näiteks keskkonnakaitses, meditsiinilises diagnostikas ja ravis. Teadustöö on suunatud molekulaarse jäljendamise tehnoloogia abil biotundlike funktsionaalsete materjalide väljatöötamisele, mis on võimelised selektiivselt kinni püüdma ja määrama nii väikesed (erinevad ravimijäägid jt.) kui ka biomakromolekule (eeskätt valgumolekule kui antikehi ja neurotroofseid tegureid). Antud tehnoloogia aluseks on molekulaarse jäljendamise meetod, mille kohaselt sünteesitakse etteantud omadustega polümeerimaterjale erinevate haiguste suhtes relevantsete proteiinide või keskkonna saasteainete määramiseks, mis võimaldavad integreerituna mitmekanaliliste sensoritega kvantitatiivselt hinnata uuritavate sihtmolekulide sidumise efektiivsust märgisevabalt, usaldusväärselt, odavalt, reaajas ja piisava tundlikkusega. Tehnoloogia koos kaasaegse nutilahendusega avab täiesti uued võimalused odavamate, töökindlamate portatiivsete sensorite valmistamiseks meditsiiniliste või keskkonna ekspress analüüside teostamiseks vahetult sündmuskohal (point-of-care testing, PoCT). Tehnoloogia üheks eeldatavaks väljundiks on kõrgselektiivsed ja töökindlad MJP-mikrokiibid, mis võimaldavad tulevikus muuta tunduvalt efektiivsemaks praeguse meditsiinilise diagnostika, paljud laborianalüüsid saab selle abil muuta mugavamaks ja kiiremaks ka kodustes tingimustes. Väljund personaalmeditsiini diagnostikasse on lähitulevikus nii Eestis kui maailma mastaabis väga oluline. MJP-d osutuvad perspektiivseks materjalideks ka keskkonnaanalüütikas keemiliste sensoritena, mis võimaldavad madalatel kontsentratsioonidel ohtlike saasteainete reaajas tuvastamist olles alternatiiviks kallitele ja töömahukatele kromatograafilistele meetoditele.

The group develops smart biosensing functional materials to propose solutions with considerable potential impact on essential areas of human life such environmental protection, medical diagnostics and cure. Employing the molecular imprinting technology, the group designs and synthesizes polymeric materials capable of selective capturing of small- (traces of different antibiotics) and biomacromolecules (proteins e.g. antibodies and neurotrophic factors). The main benefits of these materials, so called Molecularly Imprinted Polymer (MIP), are related to their synthetic nature, i.e., excellent chemical and thermal stability associated with reproducible, cost-effective fabrication. MIPs can be easily integrated with a variety of sensor platforms allowing label-free detection of a target analyte with high sensitivity and selectivity offering thus solutions for design of multianalyte chemosensors at low cost. The promising practical applications of such sensors could be found in clinical diagnostics, where MIP-based sensors could be implemented in devices for point-of-care testing (PoCT). It is expected that PoCT market segment will continue to grow at a rapid rate and thus will have immense importance in the healthcare systems in both Estonia and the world over. MIPs could

be also attractive materials for cost effective fabrication of chemosensors for real-time monitoring of hazardous pollutants in aquatic environment as an alternative for traditional costly and lengthy chromatography-based methods.

#### Olulised projektid

- TalTechi arendusprojekt SS425 (1.01.2018–31.12.2018). Vastutav täitja: V. Sõritski. (TalTech development project SS425 (1.01.2018–31.12.2018). PI: V. Sõritski)
- ETAGi grant PGR307 (1.01.2019–31.12.2023), vastutav täitja: V. Sõritski (Estonian Research Council personal grant PGR307, PI: V. Sõritski)

#### Olulised publikatsioonid

- Ayankojo, A.G., et al., Biosensors and Bioelectronics, 2018. 118: p. 102-107.
- Ayankojo, A.G., et al., Sensors and Actuators B: Chemical, 2018. 258: p. 766-774.

#### Uurimisrühma viimaste aastate rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Kutsutud ettekanne rahvusvahelisel teaduskonverentsil "The 9th International Workshop on Surface Modification for Chemical and Biochemical Sensing", Żelechów, Poland, 8-12 Nov. 2019.

Keynote presentation at the international conference "The 9th International Workshop on Surface Modification for Chemical and Biochemical Sensing", Żelechów, Poland, 8-12 Nov. 2019.

#### Täiendav info

- Tegevusvaldkond  
1.4 Loodusteadused. Keemiateadused ja 2.11 Tehnika ja tehnoloogia. Teised tehnika- ja tehnoloogiategadused
- AAK prioriteetsed suunad  
1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad  
3. Keskkonnaressursside vääristamine
- Tunnustused  
TTÜ 2018 aasta parim teadusartikkel tehnika ja tehnoloogia valdkonnas: Ayankojo, A.G., et al., Biosensors and Bioelectronics, 2018. 118: p. 102-107.
- Rakenduslik väljund  
Portatiivsed, töökindlad ja odavad sensorid meditsiiniliseks diagnostikaks ja keskkonnaseireks.

### **KEEMILISTE KILETEHNOLOOGIATE TEADUSLABORATOORIUM**

#### **Laboratory of Thin Film Chemical Technologies**

**Juht/ Head:** vanemteadur **Ilona Oja Acik**

Tel.: +372 620 3369, e-mail: [ilona.oja@taltech.ee](mailto:ilona.oja@taltech.ee)

Akadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/ academic staff

- Malle Krunks, PhD, professor
- Ilona Oja Acik, PhD, vanemteadur
- Tatjana Dedova, PhD, vanemteadur
- Atanas Katerski, PhD, teadur
- Merike Kriisa, PhD, teadur
- Erki Kärber, PhD, teadur
- Nicolae Spalatu, PhD, teadur
- Arvo Mere, PhD, dotsent

Doktorandid-nooremteadurid/ PhD students- Early Stage Researchers:

- Jako Siim Eensalu
- Ibrahim Dündar
- Abayomi Titilope Oluwabi
- Jekaterina Spiridonova
- Zengjun Chen
- Robert Krautmann

Mitteakadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/ Non-academic staff

- Jaan Hiie – insener

### Võtmesõnad/ keywords

päikeseelemendid, fotokatalüütilised pinnakatted, õhukesekilelised transistorid  
solar cells, photocatalytic coatings, thin film transistors

### Uurimisrühma kompetentsid/ Competences

Teaduslabori peamine kompetents on multifunktsionaalsete metalloksiid ja -kalkogeniid õhukeste tahkiskilede ja nanostruktuursete kihtide väljatöötamine keemiliste vedeliksadestuse- ning vaakummeetoditega. Laboris arendatavad tehnoloogiad on lihtsad ja odavad ning tööstuses kergesti rakendatavad. Uurimisrühma põhikompetentsid on:

- poolläbipaistvad päikesepatareid energiatõhusates majades,
- õhukesekilelised materjalid elektroonikaseadistele, gaasi sensoritele ja isepuhastuvatele pinnakatetele,
- õhukesekilelised ja nanostruktuursete pinnakatted õhu ja vee fotokatalüütiliseks puhastamiseks saasteainetest ning kasutamiseks antibakteriaalsete pinnakatenditena.

The key competences of the research group are:

The main research topic of the Laboratory of Thin film Chemical Technologies is the development of multifunctional metal oxide and chalcogenide thin films and nanostructures by chemical technologies and vacuum based technologies. The setup for the technologies is simple, inexpensive and easily transferrable to industrial scale.

- Semi-transparent solar cells for smart renewable energy solutions in future buildings.
- Thin films for electronic devices, gas sensor and self-cleaning coatings.
- Thin films and nanostructured materials for clean and healthy environment, including antibacterial coatings and materials for air- and water purification.

### Olulised projektid

- IUT19-4 „Õhukesed kiled ja nanomaterjalid keemilistel vedeliksadestus meetoditel uue põlvkonna fotovoltseadistele“ (1.01.2014-31.12.2019)
- TAR16016EK (TK141) „Uudsed materjalid ja kõrgtehnoloogilised seadmed energia salvestamise ja muundamise süsteemidele“ (1.01.2015–1.03.2023)
- SS19007 "Tark teekatend "(1.01.2019–31.12.2019)

### Olulised publikatsioonid

- J. S. Eensalu, et al, Beilstein J. Nanotechnol. 2019, 10, 2396,doi:10.3762/bjnano.10.230
- N. Spalatu, et al, ACS Applied Materials & Interfaces, 2019, 11, 17539,doi:10.1021/acsami.9b03213
- I. Dündar, et al, Catalysts 2019, 9, 915, doi.org/10.3390/catal9110915

### Uurimisrühma lõppenud aasta rahvusvahelisel tasemel väljapaistvad teadustulemused

Poolläbipaistvad päikeseelemendid efektiivsusega 5%, rakendatavus elektrit tootvate akendena.

TiO<sub>2</sub> pinnakatted on efektiivsed puhastamiseks õhku lenduvatest orgaanilistest ühenditest nagu heptaan, atsetaldehüüd, atsetoon.

Madalatemperatuurine sadestusprotsess ZrO<sub>x</sub> õhukeste kilede saamiseks, mis võimaldab nende kasutamist painduvates ja kantavates elektroonikaseadistes.

Semi-transparent solar cells containing green materials show efficiencies of 5%, confirming applicability in electricity producing windows.

TiO<sub>2</sub> thin films are effective to degrade volatile organic carbons such as acetone, acetaldehyde and heptane in air.

Low temperature deposition route for ZrO<sub>x</sub> thin films enabling application in flexible and wearable electronics.

Täiendav info

- Tegevusvaldkond

## 2.5 Materjalitehnika; 2.10 Nanotehnoloogia

- uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga  
Targad ja energiatõhusad keskkonnad/Smart and energy efficient environments  
Keskkonnaressursside vääristamine/Valorization of natural resources
- uurimisrühma rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevus  
Labori rakenduslik arendustöö on suunatud päikeseelementidel põhinevate nutikate elektrit tootvate teekatendite väljatöötamisele, mille tootmisega on alustanud ülikooli spin-off ettevõtte E-Pavement.

Applied research in the laboratory is devoted to the development of solar cell integrated smart pavement for electricity production. Company E- Pavement implement the technology developed in the research group on fabrication of electricity producing pavements.

SS19007 "Tark teekatend" / „Smart road covering“ (1.01.2019–31.12.2019)"  
TKA66, LEP19036KK „Päikeseelektrit tootvate teekatete arendamine ja kasutuselevõtt“/ „Research, development and demonstration of photovoltaic road surface“(2019-2020)

**KESKKONNATEHNOLOOGIA TEADUSLABORI UURIMISRÜHM****Laboratory of Environmental Technology****Juht/ Head:** professor **Marina Trapido**Tel.: +372 620 2855, e-mail: [marina.trapido@taltech.ee](mailto:marina.trapido@taltech.ee)

Akadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/ academic staff

- Sergei Preis - professor
- Niina Dulova - vanemteadur
- Marina Kritševskaja - vanemlektor
- Juri Bolobajev - teadur, PhD
- Eneliis Kattel – teadur, PhD

Järeldoktorid/ Postdoctoral students

- Vladimir Derevshchikov

Doktorandid/ Doctoral students

- nooremteadur-doktorandid Maarja Kask, Balpreet Kaur, Liina Onga ja Priit Tikker

Võtmesõnad/ keywords

keskkonnatehnoloogia, vee- ja reovee puhastus, saasteained, osoonimine, süvaoksüdatsiooniprotsessid, koroona impulss-elektrilahenduse protsessid

environmental technology, water and wastewater treatment, pollutants, advanced oxidation processes, pulsed corona discharge plasma technology

Uurimisrühma kompetentsid/ Competences

Teaduslaboril on pikaajaline kogemus vee, õhu ja pinnase puhastehnoloogiate valdkonnas, põhivõimega süvaoksüdatsiooniprotsessidel. Viimane mõiste hõlmab mitut erinevat oksüdatiivset tehnoloogiat, mille ühiseks jooneks on nende käigus võimsa oksüdeerija tekkimine. Siia kuuluvad sellised protsessid nagu osoonimine ja selle katalüütiline modifikatsioon, Fentoni reaktiiv ja selle modifikatsioonid, fotolüütilised ning fotokatalüütilised protsessid, oksüdeerimine peroksü-ühenditega, töötlemine ultraheliga ning impulss-elektrilahenduse plasmaga töötlemine. Uuritavad saasteained kuuluvad kas nn prioriteetsete saasteainete (õlid, kütuste komponendid ja lisandid) või esilekerkivate mikroaasteainete (ravimid, pestitsiidid, endokriinsüsteemi kahjustavad ühendid, kloori sisaldavad orgaanilised ühendid ning sünteetilised magusained) hulka; gaasifaasis tegeletakse nn lenduvate orgaaniliste ühenditega. Uuritakse protsesside kombineerimist, nii omavahel kui ka

bioloogilise oksüdatsiooniga, eesmärgiga tagada mitte ainult maksimaalne puhastusefekt, vaid ka selle saavutamine minimaalsete kuludega. Vee ja õhu töötlemine korona impulss-elektrilahenduse plasmaga seisab lähedal viimase eesmärgi täitmisele tänu oma kõrgele energiaefektiivsusele, mis on teaduslabori uus uuringusuund.

Labori töötajad osalevad rahvusvahelises rakendusprojektis, mis on suunatud lahenduse leidmisele käesoleva aja ühele väljakutsuvaimale veega seonduvale probleemile – loodusliku radioaktiivsuse eemaldamisele joogiveest.

The Laboratory has a long-term experience in water, air and soil treatment technologies, with the main emphasis on the implementation of the Advanced Oxidation Processes (AOPs). The latter encompasses several oxidative technologies commonly recruiting highly powerful oxidants. Such technologies include ozonation and its catalytic modification, Fenton and Fenton-like reagents, photolytic and photocatalytic processes, oxidation with peroxo compounds, ultrasonication, and pulsed electric discharge plasma treatment. Applicability of AOPs is studied for degradation of so-called priority pollutants (oils, fuel components and additives) and emerging micropollutants (pharmaceuticals, pesticides, endocrine disruptors, chlorine-containing organic compounds, synthetic sweeteners, etc.). In the gas phase, volatile organic compounds receive attention. The Laboratory studies the combination of these processes with each other and with the biological oxidation, in order to ensure the maximum purification degree at minimum treatment cost. Water and air treatment with pulsed corona discharge plasma is a new direction for the Laboratory studies that stands close to the fulfilment of the last task due to its high energy efficiency.

The laboratory personnel participates international project that is addresses to one of the current challenges of water for human consumption such as the abatement of natural radioactivity in potable water.

#### Olulised publikatsioonid

- Kask, M. et al (2019). Sonolytic degradation of pesticide metazachlor in water: The role of dissolved oxygen and ferric sludge in the process intensification. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7 (3), 103095.10.1016/j.jece.2019.103095.
- Balpreet Kaur et al (2019). Photo-induced oxidation of ceftriaxone by persulfate in the presence of iron oxides. *Science of The Total Environment*, 676, 165–175. 10.1016/j.scitotenv.2019.04.277.
- Ajo, P.; Preis, S. et al (2018). Hospital wastewater treatment with pilot-scale pulsed corona discharge for removal of pharmaceutical residues. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6 (2), 1569–1577. 10.1016/j.jece.2018.02.007.

#### Täiendav info

- Tegevusvaldkond  
2. tehnika ja tehnoloogia: 2.7 Keskkonnatehnika ja 2.4 Keemiatehnika
- uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga  
3. Keskkonnaressursside vääristamine
- uurimisrühma rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevus  
„EU LIFE “Environmental and Resource Efficiency” programmi raames teostatav projekt ALCHEMIA “Toward a Smart & Integral Treatment of Natural Radioactivity in Water Provision Services” on suunatud lahenduse leidmisele käesoleva aja ühele väljakutsuvaimale veega seonduvale probleemile – loodusliku radioaktiivsuse eemaldamisele joogiveest. Projekti raames arendatud tehnoloogiat rakendatakse Viimsi veepuhastusjaamas.

### **OPTOELEKTROONSETE MATERJALIDE FÜÜSIKA LABOR**

#### **Laboratory of Optoelectronic Materials Physics**

**Juht/ Head:** professor **Maarja Grossberg**

Tel.: +372 620 3210, +372 528 1730, e-mail [maarja.grossberg@taltech.ee](mailto:maarja.grossberg@taltech.ee)

Akadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/ academic staff

- Maarja Grossberg – professor
- Jüri Krustok - professor
- Sergei Bereznev - dotsent



- Valdek Mikli - vanemteadur
- Olga Volobujeva - vanemteadur
- Dieter Meissner – vanemteadur
- Mati Danilson - teadur
- Taavi Raadik - teadur
- Svetlana Polivtseva – teadur

#### Järeldoktorid/ Postdoctoral students

- Souhaib Oueslati

#### Doktorandid/ Doctoral students

- Reelika Kaupmees, doktorant –nooremteadur
- Aleksei Penezko, doktorant- nooremteadur
- Akram Abdalla Mohammed Ibrahim, doktorant- nooremteadur
- Mehmet Ender Uslu - doktorant- nooremteadur

#### Võtmesõnad/ keywords

2D materjalid, materjalide optoelektronised omadused, päikesepatareid, juhtivad oksiidid, defektide füüsika

2D materials, optoelectronic properties of materials, solar cells, conductive oxides, defect physics.

#### Uurimisrühma kompetentsid/ Competences

Optoelektronsete materjalide füüsika labor tegeleb pooljuhtmaterjalide sünteesi, nende materjalide ning neil baseeruvate optoelektronsete seadiste (päikesepatareid, laserid, valgusdiodid, sensorid jne.) fundamentaalsete füüsikaliste omaduste uurimisega. Materjalide sünteesiks kasutatakse füüsikalisi sadestusmeetodeid. Taristu võimaldab uurida nii materjalide elektronstruktuuri, defektstruktuuri, faasi- ja elementkoostist, kristallstruktuuri, morfoloogiat, elektrilisi ning optilisi omadusi.

Teadustöö põhisuundadeks on erinevate uudsete päikesepatarei absorbermaterjalide, näiteks  $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S},\text{Se})_4$ ,  $\text{CuSb}(\text{S},\text{Se})_2$ ,  $\text{Cu}(\text{In},\text{Ga})\text{Se}_2$ ,  $\text{Sb}_2\text{Se}_3$  jt. ning kahedimensionaalsete materjalide alus- ja rakendusuuringud, näiteks  $\text{WS}_2$ ,  $\text{MoSe}_2$  jt. Viimased leiavad rakendamist lisaks päikeseenergeetikale ka fotoonikas, sensorites jne. Lisaks anorgaanilistel pooljuhtmaterjalidel põhinevatele pooljuhtstruktuuridele, uuritakse ka hübriidseid struktuure, milles on kombineeritud orgaaniliste ning anorgaaniliste pooljuhtmaterjalide parimad omadused.

2019 aastal olid peamised uurimisteemad:

- Esmakordselt tehti kindlaks kiirguslikud rekombinatsiooni mehhanismid uudsetes päikesepatarei absorbermaterjalides  $\text{Sb}_2\text{Se}_3$  ja  $\text{CuSbSe}_2$ .  $\text{Sb}_2\text{Se}_3$ -s domineerib erinevate doonor-aktseptor paaridega seotud rekombinatsioon ning olulist rolli mängivad ka kristallide piirpinnad.  $\text{CuSbSe}_2$  –s domineerivad aga sügava aktseptoriga seotud rekombinatsioon ning äärekiirgus. Töö tulemused võimaldavad modifitseerida antud materjalide kasvatust päikesepatarei rakendusteks sobivas suunas.[1] [2]
- Koostöös teadlastega Duisburgi ülikoolist uuriti keemilise aursadestuse meetodil kasvatatud  $\text{WS}_2$  monokihtide luminescentskiirgust, täpsemalt sügavate defektidega seotud eksitonidega kaasneva kiirguse omadusi. Antud töö tulemused aitavad paremini mõista  $\text{WS}_2$  monokihtide omadusi ning rakendusvõimalusi.[3]
- Kombineerides üheseinalised süsinik nanotorud (SWCNT), PEDOT:PSS ning  $\text{MoO}_3$  töötati välja uudne p-tüüpi juhtivusega, painduv ja läbipaistev juhtiv õhuke kile eesmärgiga rakendada seda päikesepatarei aknakihi ja esielektroodina. Kasutades väljatöötatud uut elektroodi amorfse räni päikesepatarei struktuuris, saavutati SWCNTs/a-Si:H hübriidsete päikesepatareide rekordefektiivsus 8.8% [4].

The laboratory of optoelectronic materials physics focuses on the synthesis and studies of fundamental physical properties of semiconductors for optoelectronic applications such as solar cells, lasers, diodes, sensors etc. Physical deposition techniques are used for the materials synthesis. Research infrastructure enables to explore the band structure, crystal and defect structure, phase and elemental composition, morphology, electrical and optical properties of the materials and devices.

Current research is focused on the fundamental and applied studies of different novel absorber materials for solar cells, for example  $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S},\text{Se})_4$ ,  $\text{CuSb}(\text{S},\text{Se})_2$ ,  $\text{Cu}(\text{In},\text{Ga})\text{Se}_2$ ,  $\text{Sb}_2\text{Se}_3$ , etc, and 2D materials such as  $\text{WS}_2$ ,  $\text{MoSe}_2$  etc. The last mentioned have versatile applications in addition to photovoltaics, namely photonics, sensors etc. In addition to the inorganic semiconductor based structures, hybrid structures combining the advantages of inorganic and organic semiconductors are being developed and studied.

In 2019 the research was focused on the following:

- For the first time, radiative recombination mechanisms in novel absorber materials for photovoltaics  $\text{Sb}_2\text{Se}_3$  ja  $\text{CuSbSe}_2$  were determined. Donor-acceptor pair related and grain boundary assisted recombination were found to dominate in  $\text{Sb}_2\text{Se}_3$ . In  $\text{CuSbSe}_2$ , the deep acceptor related and band-to-band emission were found to dominate. Results of the study enable to modify the synthesis of these absorbers to achieve optoelectronic properties suitable for PV applications. [1] [2]
- In collaboration with a research group from University of Duisburg, the luminescence properties of deep defect bound excitons in  $\text{WS}_2$  monolayers synthesized by chemical vapor deposition were studied improving the knowledge of this promising material for future optoelectronics.[3]
- Novel p-type, flexible and transparent conductive thin films for front contacts in solar cells were developed by combining single-walled carbon nanotubes (SWCNT), PEDOT:PSS and  $\text{MoO}_3$ . The implementation of the developed films in amorphous silicon solar cell structure enabled to obtain record power conversion efficiency of SWCNTs/a-Si:H hybrid solar cells of 8.8% [4].

#### Olulised projektid

- TAR16016 (TK141) "Uudsed materjalid ja kõrgtehnoloogilised seadmed energia salvestamise ja muundamise süsteemidele (1.01.2015–1.03.2023)", M. Grossberg
- IUT19-28 "Uued materjalid ja tehnoloogiad päikeseenergeetikale (1.01.2014–31.12.2019)", M. Grossberg
- PUT1495 "SnS ja SnSe õhuked kiled päikeseenergeetikale (1.01.2017–31.12.2020)", O. Volobujeva
- MOBJD308 " $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S},\text{Se})_4$  monoterakiht päikeseapariteid optoelektronsed uuringud (1.10.2017-30.09.2019)", S. Oueslati
- Research group is a member of European Energy Research Alliance network in the field of photovoltaics (EERA-PV).

#### Olulised publikatsioonid

- M. Grossberg, O. Volobujeva, A. Penezko, R. Kaupmees, T. Raadik, J. Krustok. Origin of photoluminescence from antimony selenide. *Journal of Alloys and Compounds*. 152716 (2019).
- A. Penezko, M. Kauk-Kuusik, O. Volobujeva, R. Traksmäa, M. Grossberg. Observation of photoluminescence edge emission in  $\text{CuSbSe}_2$  absorber material for photovoltaic applications. *Applied Physics Letters*, 115 (2019) 092101.
- R. Kaupmees, M. Grossberg, M. Ney, A. Asaithambi, A. Lorke, J. Krustok. Tailoring of bound exciton photoluminescence emission in  $\text{WS}_2$  monolayers. *Phys. Status Solidi RRL* (2019) 1900355.
- P.M. Rajanna, H. Meddeb, O. Sergeev, A.P. Tsapenko, S. Bereznev, M. Vehse, O. Volobujeva, M. Danilson, P.D. Lund, A.G. Nasibulin. Rational design of highly efficient flexible and transparent p-type composite electrode based on single-walled carbon nanotubes. *Nano Energy*, 67 (2019) 104183.

#### Täiendav info

- Tegevusvaldkond  
2. Tehnika ja tehnoloogia, 2.5 Materjalitehnika/ 2. Engineering and technology, 2.5 Materials engineering  
1. Loodusteadused 1.3 Füüsikateadused/1. Natural sciences 1.3 Physical sciences  
2. Tehnika ja tehnoloogia, 2.10 Nanotehnoloogia/ 2. Engineering and technology, 2.10 Nanotechnology
- Uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga  
Targad ja energiatõhusad keskkonnad

- Muud olulised teadusuuringud - uute tehnoloogiate arendamine tuleviku optoelektronika jaoks

## **POLÜMEERIDE JA TEKSTIILITEHNOLOGIA LABOR**

### **Laboratory of Polymers and Textile Technology**

**Juht/ Head:** professor **Andres Krumme**

Tel.: +372 620 2907, +372 527 5143, e-mail: [andres.krumme@taltech.ee](mailto:andres.krumme@taltech.ee)

Akadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/ academic staff

- Andres Krumme - professor
- Elvira Tarasova – vanemlektor
- Viktoria Vassiljeva - vanemlektor
- Illia Krasnou - teadur
- Natalja Savest - teadur
- Tiia Plamus – vanemlektor
- Kersti Merimaa - lektor

Doktorandid/ Doctoral students

- Mihkel Viirsalu
- Kashif Javed
- Siret Malmberg
- Nele Mandre

### Võtmesõnad/ keywords

Polümeerid, biopolümeerid, polümeeride tehnoloogia, polümeerkomposiidid, tekstiil, elektroketrus, nanokiud, juhtivad polümeerid, superkondendensaatorid

Polymers, biopolymers, polymer technology, polymeric composites, textile, electrospinning, nanofibres, conductive polymers, supercapacitors

### Uurimisrühma kompetentsid/ Competences

Labori teadustöö peamine fookus on keskkonnaressursside väärimine ja uute energiasalvestusvõimaluste arendamine energiatõhusate keskkondade jaoks. Eesmärgiks on jätkusuutlike alternatiivide leidmine fossiilsete maavarade põhiste polümeerimaterjalidele ning selleks biopõhiste keskkonnaressursside ning taaskasutatavate materjalide rakendamine nii laiatarbetoodetes aga ka spetsiifilistes valdkondades nagu energia salvestus.

Labor arendab elektroketruse teel vastupidavaid ja painduvaid superkondensaatoreid nõudlikeks rakendusteks, ennekõike kosmosetööstuses. Selleks kasutatakse nanokiulisi komposiite, mis sisaldavad modifitseeritud biopolümeere, juhtivaid polümeere, erinevaid süsiniku vorme ja ioonvedelikke. Uurimistöös arendatakse uudeid kopolümeere, mis lisaks heale juhtivusele ja mahtvuslikele omadustele omavad ka häid mehaanilisi omadusi. Samuti on leitud parimad süsiniku liigid kiudude mahtvuslike omaduste saavutamiseks.

Lisaks elektroketruse kõrgtehnoloogilisele valdkonnale on laboril ainsana Eestis piloottootmise võimekus sellistes olulistes polümeeride tehnoloogia valdkondades nagu kuumsegamine, ekstrusioon ja survevalu. Arendatakse termoplastsete ja termoreaktiivsete polümeeride komposiite anorgaaniliste või biopõhiste lisanditega sekundaarse toorme efektiivseks kasutuseks ringmajanduses.

Labor pakub katseteenuseid Eesti tööstusele ja avalikule sektorile.

Main focus of 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, as energy storage.

The laboratory is developing durable and flexible supercapacitors by electrospinning technology for for demanding areas as space industry. Nanofibrous composites, containing modified biopolymers, conductive polymers, several allotropes of carbon and ionic liquids are used for this. Novel copolymers are developed, which have both good mechanical properties, conductivity and capacitance. In addition, the carbon allotropes of highest capacitance are utilised for the research.

Hi tech field of electrospinning is not the only technology available in the laboratory. Pilot production capacity in the most of important fields of polymer technology, including compounding, extrusion and injection moulding exists. Composites of thermoplastic or thermosetting polymers with inorganic or bio-based fillers are developed for efficient utilisation of secondary resources in circular economy. Laboratory is providing continuously testing services for Estonian industry and public sector.

#### Olulised projektid

- VA17066 Fully electrospun durable electrode and electrochemical double-layer capacitor for high frequency applications (ESA contract number 4000119258)

#### Olulised publikatsioonid

- Krasnou, I.; Tarasova, E.; Malmberg, S.; Vassiljeva, V.; Krumme, A. (2019). Preparation of fibrous electrospun membranes with activated carbon filler. Iop Conference Series: Materials Science and Engineering, 500, 012022.10.1088/1757-899X/500/1/012022.

#### Täiendav info

- Tegevusvaldkond  
2.5 Materjalitehnika/ 2.5 Materials engineering  
2.10 Nanotehnoloogia/2.10 Nanotechnology
- uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga  
1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad  
3. Keskkonnaressursside väärastamine
- uurimisrühma liikmete osalus välisriikide akadeemiate ja/või muude oluliste TA&I-ga seotud välisorganisatsioonide töös lõppenud aastal  
Saksamaa Haridus- ja Teadusministeeriumi toetatud võrgustumistegevus EU-TEXNet  
German Ministry of Education and Research supported networking activity EU-TEXNet
- uurimisrühma senised rakendused ettevõtluses, majanduses, ühiskonnas  
KIK18021 "Romusõidukitest ja nende osadest tekkinud klaas- ning plastikdetailide uute toodetena taaskasutamise rakendusuuring (1.08.2018–30.09.2019)"  
SS19007 "Tark teekatend (1.01.2019–31.12.2019)"  
KIK19019 "Tekstiilijäätmete purustamistehnoloogia ja uudsete materjalide arendamine tekstiilijäätmete väärindamiseks ning ringmajanduse toetamiseks (1.07.2019–21.06.2021)"  
LEP19061 „Maanteeameti töövõtuleping nr 1-12/19/1733-1 Geosüntetika kvaliteedikontrolli arendamine etapp 2 (09.07.2019 – 31.12.2021)“  
LEP19036 „Tallinna Keskkonna- ja Kommunaalameti innovatsioonipartnerlus. Päikeseelektrit tootva teekatendi arendus (2019 – 2020)“  
KIK18021 "Applied study of reuse of glass and plastic waste originating from jalopy vehicles (1.08.2018–30.09.2019)"  
SS19007 "Smart road covering (1.01.2019–31.12.2019)"  
KIK19019 "Developing of textile waste shredding technology and innovative materials to adding value to textile waste and support the circular economy (1.07.2019–21.06.2021)"  
LEP19061 „Road Administration contract nr 1-12/19/1733-1 Development of quality control of geosynthetics, stage 2 (09.07.2019 – 31.12.2021)“  
LEP19036 „Innovation Partnership of Urban Environment and Public Works Department of Tallinn. Development of pavement for solar energy generation (2019 – 2020)“
- Käimasolevate projektide rakendamine  
Nanokiulistest materjalidest täielikult elektrokedratud, painduv ja vastupidav superkondensaator. Uuringu rahastaja: Euroopa Kosmoseagentuur; tulemuste võimalik rakendaja: Skeleton Technologies OÜ.

Termoreaktiivsetest vaikudest ja klaasi jäätmetest komposiitmaterjal töötasapindade valmistamiseks. Uuringu rahastaja: Keskkonnainvesteeringute Keskus; tulemuste võimalik rakendaja: KBAuto OÜ.

Termoreaktiivsetest vaikudest ja klaasi jäätmetest katend päikeseelementidele nende kasutamiseks kergliiklusteetes päikeseenergia kogumiseks. Uuringu rahastaja: Maanteeamet, Tallinna Tehnikaülikool, Tallinna keskkonna- ja kommunaalamet; tulemuste võimalik rakendaja: e-Pavement OÜ.

Tekstiilijäätmete kasutamine termoplastsete komposiitide armeeringuna survevalu ja kuumpressimistehnoloogias. Uuringu rahastaja: Keskkonnainvesteeringute Keskus; tulemuste võimalik rakendaja: plastijäätmeid ümbertöötlev ettevõte.

Metoodika geosünteeside pikaajalise vastupidavuse kiirendatud hindamiseks Eesti oludes. Uuringu rahastaja: Maanteeamet; tulemuste võimalik rakendaja: Maanteeamet, Tallinna Tehnikaülikooli baasil asutatav katselabor.

Fully electrospun nanofibrous, flexible and durable supercapacitor. Funding organization: European Space Agency; potential implementation by Skeleton Technologies OÜ.

A composite material form thermosetting resins and glass waste for tabletop-surfaces. Funding organization: Environmental Investment Centre; potential implementation by KBAuto OÜ.

A composite material form thermosetting resins and glass waste for coating photovoltaic cells for collecting solar energy from light traffic roads. Funding organization: Road Administration, Tallinn University of Technology, Urban Environment and Public Works Department of Tallinn; potential implementation by e-Pavement OÜ.

Utilisation of textile waste as reinforcement of thermoplastic composites in injection moulding and hot pressing. Funding organization: Environmental Investment Centre; potential implementation by a plastics recycling company.

Methodology for accelerated evaluation of long-term durability of geosynthetics in specific conditions of Estonia. Funding organization: Road Administration; potential implementation by Road Administration, testing laboratory of Tallinn University of Technology.

## **PUIDUTEHNOLOOGIA LABOR**

### **Laboratory of Wood Technology**

**Juht/ Head:** professor **Jaan Kers**

Tel.: +372 620 2910, e-mail [jaan.kers@taltech.ee](mailto:jaan.kers@taltech.ee)

Akadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/ academic staff

- Jaan Kers – professor
- Triinu Poltimäe – vanemlektor
- Heikko Kallakas, teadur
- Anti Rohumaa, teadur
- Karmo Kiiman, lektor

Doktorandid/ Doctoral students

- Percy Festus Alao, doktorant-nooremteadur
- Villu Kukkk, doktorant

Mitteakadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/ Non-academic staff

- Silvi Treial – insener

### Võtmesõnad/ keywords

Spoon, vineer, puitpolümeerkomposiidid, puitplastkomposiidid, looduslikud komposiidid, mööbel

Veneer, plywood, wood-polymer composites, wood and natural fibre composites, furnituure

### Uurimisrühma kompetentsid/ Competences

TalTech Puidutehnoloogia labor tegeleb kasespooi pinnaomaduste, kvaliteedi ja liimliite kvaliteedi uurimisega. Selleks on puidutehnoloogia laboris olemas spetsiaalne spooi ja veeri tootmise liin, millel saab teha täpse kvaliteediga spooi ja vineeri. Laboris tegeletakse ja puidust ja teistest looduslikest kiududest polümeerkomposiitide arendamisega. Puitplastkomposiitides uuritakse, kuidas saab ära kasutada spooi ja vineeritööstuse jääke puitplastkomposiitide valmistamiseks ja kuidas kasepuidu kvaliteet mõjutab puitplastkomposiitide omadusi. Uuritakse veel kiukanepi kasutamist looduslike ehitusmaterjalide ja isolatsiooni materjalide valmistamiseks. Üheks uurimisteenaks on ka ristkihtpuitpaneelide kasutamine elamute ehitamiseks. Puidutehnoloogia laboris ja TalTech ligi-0 energiahoone katsemajas uuritakse kuidas mõjutab niiskuse ja temperatuuri muutused pragude tekkimist ristkihtpuitpaneelides.

The Laboratory of Wood Technology is investigating the birch veneer surface properties, quality, and bonding quality. Another main research area is wood and natural fiber polymer composites, where we investigate how it is possible use birch veneer residues in the wood-plastic composites. We also investigate how industrial hemp can be used to make building materials and insulation materials. One of our research topics is also cross-laminated timber (CLT) panels which are used for building the houses. Impact of moisture content and temperature to crack formation in cross-laminated timber (CLT) panels are investigated in TalTech 0-energy building.

#### Olulised projektid

- RITA1/01-18-15 "Biomajanduse väärtusahelad (1.03.2018–28.02.2021)", Jaan Kers, Tallinna Tehnikaülikool, Inseneriteaduskond, Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut.
- Estonian Plywood AS – töötajate koolitus ja Nutika spetsialiseerumise rakendusuring „Madalakvaliteediliste puiduliikide väärindamine uudesteks puitpolümeerkomposiitmaterjalideks“ (01.09.2019-30.03.2022).
- Sutu OÜ – Nutika spetsialiseerumise rakendusuring (01.04.2019-31.12.2020)
- VKG OIL AS – Nutika spetsialiseerumise rakendusuring „Põlevkivi alküülresortsiniidest liimvaikude omaduste optimeerimise rakendusuring“ (01.09.2019-31.12.2020)

#### Olulised publikatsioonid

- Kallakas, H.; Ayansola, S. G.; Tumanov, T.; Goljandin, D.; Poltimäe, T.; Krumme, A., Kers, J. (2019). Influence of Birch False Heartwood on the Physical and Mechanical Properties of Wood-plastic Composites. *BioResources*, 14 (2), 3554–3566.10.15376/biores.14.2.3554-3566.
- Alao, P. F.; Kallakas, H.; Poltimäe, T.; Kers, J. (2019). Effect of hemp fibre length on the properties of polypropylene composites. *Agronomy Research*, 17 (4), 1517–1531.10.15159/ar.19.146.
- Kallakas, H.; Liblik, J.; Alao, P. F.; Poltimäe, T.; Just, A.; Kers, J. (2019). Fire and Mechanical Properties of Hemp and Clay Boards for Timber Structures. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing Ltd..10.1088/1755-1315/290/1/012019.

#### Täiendav info

- uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga
  1. Targad ja energiatõhusad keskkonnad
  3. Keskkonnaressursside väärindamine
- Tegevusvaldkond
  - 2.5 Materjalitehnika
- Uurimisrühma liikmete koostöö teiste T&A asutuste ja ettevõtetega
  - Jaan Kers on rahvuslik koordinaator koostöövõrgustikus Northern European Network for Wood Science and Engineering (WSE).
  - Jaan Kers on Eesti Metsa- ja Puidutööstuse Liidu juhatuse liige
  - Jaan Kers on Eesti Mööblitootjate Liidu juhatuse liige
  - Puidutöötlemise ja mööblitootmise kompetentsikeskus TSENTER – koostööprojektid

- Pohjanmaan Kaluste OY – pehmemööblitehnoloogia õppeaines tootearendusprojekti juhendamise

## **PÄIKESEENERGEETIKA MATERJALIDE TEADUSLABOR**

### **Laboratory of Photovoltaic Materials Research**

**Juht/ Head:** vanemteadur **Marit Kauk-Kuusik**

Tel.: +372 620 3360, +372 55 688 092, e-mail: [marit.kauk-kuusik@taltech.ee](mailto:marit.kauk-kuusik@taltech.ee)

Akadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/ academic staff

- Marit Kauk Kuusik – vanemteadur
- Mare Altosaar – vanemteadur
- Kristi Timmo – vanemteadur
- Maris Pilvet - teadur
- Jelena Maricheva – teadur

Doktorandid/ Doctoral students

- Xiofeng Li – doktorant-nooremteadur
- Fairouz Ghisani - doktorant-nooremteadur
- Xenia Filippova - doktorant

Mitteakadeemilisel ametikohal töötavad uurimisrühma liikmed/ Non-academic staff

- Tiit Varema – insener
- Jaan Raudoja – insener

### Võtmesõnad/ keywords

Monoterakiht-päikeseptareid, monoterapulber, absorbermaterjal, pooljuhtmaterjalide süntees

Monograin layer solar cell, monograin powder, absorber material, synthesis of semiconductor materials.

### Uurimisrühma kompetentsid/ Competences

Päikeseenergeetika materjalide teaduslabori peamiseks uurimisvaldkonnaks on pulbriliste pooljuhtmaterjalide süntees ja omaduste kujundamine eesmärgiga kasutada neid absorbermaterjalidena monoterakiht-päikeseptareides. Tegemist on ainulaadse kontseptsiooniga, mis on kaitstud mitmete patentidega. Materjalid, mida struktuuris kasutatakse on keerulised ühendpooljuhtmaterjalid, neid ühendavaks omaduseks on keskkonnasõbralikkus ja odavus, et viia päikeseenergia hind konkurentsivõimelisemaks teiste energiaallikate suhtes.

2019 aastal olid peamiseks uurimisteemadeks:

- Uuriti vase aatomite osalist asendamist hõbedaga kesteriitsetes materjalides, et vähendada kahjulike sügavaid defekte ja defektiklastereid, mis on päikeseptareid efektiivsuse seisukohalt kahjulikud. Uurimistöö peamise tulemusena leidsime, et optimaalne on 1%-line vasesisalduse asendamine hõbedaga, mille tulemusena päikeseptareid efektiivsus tõusis ligikaudu kolmandiku võrra.[1]
- Töötati välja efektiivne meetod  $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$  mikrokristallide pinnakihi sulfuriseerimiseks, mille tulemusel saadi laiema keelutsooniga pinnakiht. Muutuva keelutsooni laiusega pinnakiht võimaldab parandada päikeseptareid väljundparameetreid.[2]
- Töötati välja sünteesiparameetrid uute mitmik-pooljuhtühendite nagu  $\text{Cu}_2\text{CdGe}(\text{S}_x\text{Se}_{1-x})_4$  ja tetraeedriliste materjalide valmistamiseks monoterapulber tehnoloogiaga.

Activities and Competences: The main field of research for Laboratory of Photovoltaic Materials Research is the synthesis and the design of the properties of semiconductor powders as absorber materials for next-generation solar cells. This is a unique concept that is protected by several patents. Developed materials are complex semiconductor compounds, but they contain mainly earth abundant and low cost chemical elements, providing environmental friendly solutions with versatile applications.

In 2019 the research was focused on the following:

- The effect of partial substitution of copper with silver in  $\text{Cu}_{1.85}(\text{Zn}_{0.8}\text{Cd}_{0.2})_{1.1}\text{SnS}_4$  monograin powders was investigated. By this method, the concentration of harmful defects was reduced in absorber material and we found that a 1% replacement of the copper with silver resulted in about one third increase in solar cell efficiency.
- An effective method for nano-scale sulfurization of the surface layer of  $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$  microcrystals was developed. Sulfurization of the surface of the kesterite absorber layer lead to enhanced device efficiency via band gap widening at the surface.
- Systematic study to develop process parameters for new multinary compounds such as  $\text{Cu}_2\text{CdGe}(\text{S}_x\text{Se}_{1-x})_4$  and tetrahedral materials synthesis by monograin powder technology was performed.

#### Olulised projektid

- TAR16016 (TK141) "Uudsed materjalid ja kõrgtehnoloogilised seadmed energia salvestamise ja muundamise süsteemidele (1.01.2015–1.03.2023)", Maarja Grossberg
- AR17092 "Nanomaterjalide tehnoloogiate ja uuringute keskus (NAMUR+) (1.01.2017–31.12.2021)", Marit Kauk-Kuusik
- IUT19-28 "Uued materjalid ja tehnoloogiad päikeseenergeetikale (1.01.2014–31.12.2019)", Maarja Grossberg

#### Olulised publikatsioonid

- Timmo, K.; Altosaar, M.; Pilvet, M.; Mikli, V.; Grossberg, M.; Danilson, M.; Raadik, T.; Kauk-Kuusik, M.; Josepson, R.; Krustok, J. (2019). The effect of Ag alloying of  $\text{Cu}_2(\text{Zn,Cd})\text{SnS}_4$  on the monograin powder properties and solar cell performance. *Journal of Materials Chemistry A*, 7, 24281-24291. DOI:10.1039/C9TA07768E.
- Kauk-Kuusik, M.; Li, X.; Pilvet, M.; Timmo, K.; Mikli, V.; Kaupmees, R.; Danilson, M.; Grossberg, M. (2019). Nano-scale sulfurization of  $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$  crystal surface for photovoltaic applications. *Journal of Materials Chemistry A*, 7, 24884–24890. DOI:10.1039/C9TA08020A.

#### Täiendav info

- Tegevusvaldkond  
2. Tehnika ja tehnoloogia, 2.5 Materjalitehnika/ 2. Engineering and technology, 2.5 Materials engineering  
1. Loodusteadused, 1.4 Keemiateadused/ 1. Natural Sciences, Chemical sciences
- uurimisrühma seotus AAK prioriteetse suunaga  
Targad ja energiatõhusad keskkonnad ja Keskkonnaressursside väärastamine  
Uute tehnoloogiate arendamine ja eelduste loomine nende kasutuselevõtuks
- uurimisrühma liikmete riiklikul ja rahvusvahelisel tasemel olulised tunnustused lõppenud aastal
- Stendiettekande preemia rahvusvaheliselt konverentsilt " Spring Meeting of the European Materials Research Society" (EMRS 2019), Prantsusmaa  
Ettekande pealkiri: "Synthesis and characterization of tetrahedrite  $\text{Cu}_{10}\text{Cd}_2\text{Sb}_4\text{S}_{13}$  monograin material for photovoltaic application"  
Autorid: F. Ghisani, K. Timmo, M. Altosaar, J. Raudoja, V. Mikli, T. Varema, M. Kauk-Kuusik
- Stendiettekande preemia rahvusvaheliselt konverentsilt "10th International Conference on Materials for Advanced Technologies" (ICMAT 2019)  
Ettekande pealkiri: "The effect of Ag alloying of  $\text{Cu}_2(\text{Zn,Cd})\text{SnS}_4$  on the monograin powder properties and solar cell performance"  
Autorid: K. Timmo, M. Pilvet, J. Raudoja, M. Altosaar, V. Mikli, M. Grossberg, M. Danilson, T. Raadik, J. Krustok, R. Josepson, M. Kauk-Kuusik



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

Research group is a member of European Energy Research Alliance (EERA) network in the field of photovoltaics (EERA Joint Programme in PV). EERA-PV is a network connecting a large number of research institutions from different European countries with the aim of contributing to the progress of PV in a coordinated manner, and a partner of the European cooperation network in kesterite materials (EUKENE).

- Info uurimisrühma rakendusliku väljundiga teadus- ja arendustegevuse kohta:  
Monoterapulber-tehnoloogiat arendab ja rakendab ka päikesepaneelide väljatöötamiseks TalTech-i spinn-off firma crystalsol GmbH.