

TTÜ KÜBERNEETIKA INSTITUUT
TEADUS- JA ARENDUSTEGEVUSE AASTAARUANNE 2015

1. Teaduskonna/asutuse (edaspidi struktuurüksus) struktuur (*seisuga 31. detsember*)

TTÜ KÜBERNEETIKA INSTITUUT
INSTITUTE OF CYBERNETICS AT TUT

Direktor: Professor Andrus Salupere
+372 620 4152
salupere@ioc.ee

Foneetika ja kõnetehnoloogia laboratoorium/Laboratory of Phonetics and Speech Technology
Vanemteadur Einar Meister, einar@ioc.ee, +372 620 4200

Fotoelastsuse laboratoorium/Laboratory of Photoelasticity
Vanemteadur Johan Anton, johan@ioc.ee, +372 620 4182

Juhtimissüsteemide laboratoorium/Laboratory of Control Systems
Juhtivteadur Ülle Kotta, kotta@ioc.ee, +372 620 4153

Lainetuse dünaamika laboratoorium/Laboratory of Wave Engineering
Juhtivteadur Tarmo Soomere, soomere@cs.ioc.ee, +372 620 4176

Mittelineaarse dünaamika laboratoorium/Laboratory of Nonlinear Dynamics
Vanemteadur Jaan Kalda, kalda@ioc.ee, +372 620 4174

Süsteemibioloogia laboratoorium/Laboratory of Systems Biology
Vanemteadur Marko Vendelin, markov@ioc.ee, +372 620 4169

Tarkvarateaduse laboratoorium/Laboratory of Software Science
Juhtivteadur Tarmo Uustalu, tarmo.uustalu@ttu.ee, +372 620 4250

2. Teadus- ja arendustegevuse (edaspidi T&A) iseloomustus

2.1 Struktuuriüksusesse kuuluvad uurimisrühmad

Uurimisrühm1

- nimetus eesti keeles: **Foneetika ja kõnetehnoloogia uurimisrühm**
- nimetus inglise keeles: **Phonetics and speech technology research group**
- juhi nimi, ametikoht ja allüksus: **Einar Meister, vanemteadur, foneetika ja kõnetehnoloogia laboratoorium**
- liikmed (nimi, ametikoht ja allüksus; täpsustatakse, kas on doktorant, magistrant):
 - o **Tanel Alumäe**, vanemteadur (alates 18.07.2015 tasustamata puhkusel)
 - o **Rena Nemoto**, vanemteadur (tööleping lõppes 31.08.2015)
 - o **Lya Meister**, teadur
 - o **Rainer Metsvahi**, programmeerija (0,5)
 - o **Ottokar Tilk**, insener (0,8), doktorant
 - o **Kairit Sirts**, insener (tööleping lõppes 21.06.2015), doktorant (kaitses 18.06.2015., hetkel *post-doc*)
- teadustöö lühikirjeldus (eesti ja inglise keeles)

Foneetika ja kõnetehnoloogia labori teadustöö on interdistsiplinaarne ja hõlmab eksperimentaal-foneetikat ning arvutiteadust eesmärgiga mõista ja modelleerida inimkõnel põhinevat suhtlust. Kõnetehnoloogias on fookuses kõnetuvastusmeetodite ja –süsteemide arendus ning kõnetöötlus-mudelite adapteerimine erinevate kontekstide ja kõnestiilide jaoks. Eksperimentaalfoneetika

uurimisprobleemid on seotud variatiivsusega lastekõnes ja võõrkeelse aktsendiga kõnes ning artikulatsioonis.

Research at the Laboratory of Phonetics and Speech Technology involves experimental phonetics and computer science with a common goal to better understand and model human speech communication. In speech technology the main focus is on the development of methods and technology for reliable speech recognition systems and adapting speech processing models to various contexts and speech styles. In experimental phonetic studies we concentrate on issues of speech variability in adolescent and non-native speech, and articulation.

- aruandeaastal saadud kõige olulisemad teadustulemused (eesti ja inglise keeles);
- (1) Töötati välja rekurrentsel närvivõrgul põhinev mudel kirjavahemärkide taastamiseks automaatselt transkribeeritud tekstis. Mudel kasutab nii tekstipõhiseid tunnuseid kui ka pauside pikkusi sõnade vahel. Väljapakutud mudel vähendab märgatavalt kirjavahemärgistamisel tehtud vigade arvu võrreldes varem väljapakutud mudelitega.
 - (2) Koostöös Põhja-Eesti Regionaalhaiglaga (PERH) lõime reaajalise kõnetuvastussüsteemi radioloogidele. Süsteemi valesiti tuvastatud sõnade osakaal on u 5%. Süsteem on PERHis realses kasutuses.
 - (3) Koostöös Balti Meediamonitooringu Grupiga töötasime välja tuvastussüsteemi leedu keelsete raadio- ja telesaadete transkribeerimiseks. Helifailid töödeldakse täisautomaatselt, kõnelõigud klasterdatakse kõneleja järgi ning transkribeeritakse kõnelejale adapteeritud akustiliste mudelitega. Süsteemi sõnavigade osakaal on u 15%.
 - (4) Uuriti eesti vokaalikategooriate ja vältevastanduste hääldust jaapani emakeelega keelejuhtide eestikeelses (L2) kõnes. Leiti, et eesti vokaalikategooriad /ü, ö, õ, u/ assimileeruvad ühe vokaalikategooriaga jaapani keeles (/u/-vokaaliga), mistõttu on uute L2 vokaalikategooriate omandamine ja eristamine eestikeelses häälduses raskendatud. Eesti vältevastanduste häälduses valmistab jaapani emakeelega keelejuhtidele raskusi teise- ja kolmandavärteliste sõnade eristamine, eelkõige vokaalikeskse vältevastanduse puhul.
- (1) We developed the recurrent neural network based model for punctuation restoration in speech transcripts. It utilizes textual features and pause durations between the words. The proposed model gives a noticeable reduction in punctuation errors, compared to previous common approaches.
 - (2) In cooperation with the North Estonia Medical Centre we developed an online speech recognition system for the radiology domain. The word error rate of the system is around 5%. The system is currently in production use.
 - (3) Together with Balti Meediamonitooringu Grupp we implemented an automatic speech transcription system for Lithuanian, to be used for media monitoring purposes. The system performs clustering of speech segments according to speakers, and speech recognition using speaker adaptive models. The word error rate of the system is around 15%.
 - (4) We studied the production of Estonian vowel categories and quantity contrasts by subjects with Japanese language background. The results showed that the most difficult L2 vowels are /ü, ö, õ, u/ which to a great extent overlap in L2 production due to single category assimilation to Japanese /u/. It causes unfavorable conditions for the creation of new categories and results in poor discrimination in L2 production. In the production of Estonian quantity contrasts the L2 subjects with Japanese language background failed to produce the Q2/Q3 contrast, especially in the case of vocalic quantity contrast.

- koostöö teiste TA asutuste ja ettevõtetega (sh välisriikidest):
 - Eestis:
 - Eesti Keeleressursside Keskus (TÜ, EKI)
 - TÜ Tehnoloogiainstituut
 - Põhja-Eesti Regionaalhaigla, TTÜ Biomeditsiinitehnika Instituut
 - Balti Meediamonitooringu Grupp OÜ
 - Välismaal:
 - Aalto ülikool, Signaalitöötuse ja akustika teaduskond
 - Ida-Soome ülikool, Filosoofia teaduskond
 - Helsingi ülikool, Kõneuringute osakond
 -
- kuni 3 olulisemat aruandeaastal ilmunud artiklit (ETIS klassifikaatori alusel 1.1, erandjuhul 3.1). Eraldi tuuakse välja monograafiad (ETIS klassifikaatori alusel 2.1). Publikatsioonid peavad olema kajastatud ETIS-es:

Meister, Einar; Nemoto, Rena; Meister, Lya (2015). Production of Estonian quantity contrasts by Japanese speakers. *ESUKA-JEFUL*, 6 (3), 79–96, 10.12697/jeful.2015.6.3.03.

Tilk, Ottokar; Alumäe, Tanel (2015). LSTM for punctuation restoration in speech transcripts. *INTERSPEECH 2015: 16th Annual Conference of the International Speech Communication Association: Dresden, Germany, September 6-10, 2015*. Ed. Möller, Sebastian; Ney, Hermann; Möbius, Bernd; et al. Dresden: International Speech Communication Association, 683–687.

Paats, A.; Alumäe, T.; Meister, E.; Fridolin, I. (2015). Evaluation of automatic speech recognition prototype for Estonian language in radiology domain: a pilot study. *16th Nordic-Baltic Conference on Biomedical Engineering: 16. NBC & 10. MTD 2014 Joint Conferences, October 14-16, 2014, Gothenburg, Sweden*. Ed. Mindedal, Henrik; Persson, Mikael. Cham: Springer Verlag, 96–99. (IFMBE Proceedings; 48).

Uurimisrühm 2

- nimetus eesti keeles: **Mittelineaarsed juhtimissüsteemid**
- nimetus inglise keeles: **Nonlinear control systems**
- juhi nimi, ametikoht ja allüksus:
Ülle Kotta, juhtivteadur, laboratooriumi juhataja (juhtimissüsteemide laboratoorium)
- liikmed (nimi, ametikoht ja allüksus; täpsustatakse, kas on doktorant, magistrant);
 1. Maris Tõnso, vanemteadur, juhtimissüsteemide laboratoorium
 2. Vadim Kaparin, teadur, juhtimissüsteemide laboratoorium
 3. Juri Belikov, teadur, juhtimissüsteemide laboratoorium. J. Belikov on praegu järel doktorantuuris Israeli Tehnoloogiainstituudis (Institute of Technology, Faculty of Mechanical Engineering & Faculty of Electrical Engineering)
 4. Arvo Kaldmäe, tehnik (doktorant), juhtimissüsteemide laboratoorium
- teadustöö ülevaade (*kokku kuni 1 lehekülg*):
 - teadustöö lühikirjeldus (eesti ja inglise keeles),
 - Mittelineaarsete juhtimissüsteemide töörühm omab kompetentsi ajaskaaladel määratud dünaamiliste juhtimissüsteemide valdkonnas. Uurimistöös keskendutakse algebralistele meetoditele ja sümbolarvutustarkvarale, lahendamaks mittelineaarsete fundamentaalprobleeme, eriti diskreetsete ja pidevate süsteemi ühildamisega seotud küsimusi.
 - Nonlinear Control Theory group has competence in dynamical control systems on time scales. Attention is focused on novel algebraic methods and symbolic software

tools for solving fundamental problems for nonlinear control systems towards unification of discrete- and continuous-time control.

- aruandeaastal saadud kõige olulisemad teadustulemused (eesti ja inglise keeles);
 - Tõestati, et suvaline autonoomne süsteem on põhimõtteliselt vaadeldav vaid üheainsa sensori ja juhitav vaid üheainsa täiturmehanismi abil. Tulemus on uus isegi lineaarsete süsteemide jaoks, kus nüüd on võimalik loobuda süsteemi tsüklilisuse eeldusest.
 - Et diskreetaja süsteeme pole erinevalt pidevatest alati võimalik dekomponeerida vaadeldavaks ja mittevaadeldavaks alamsüsteemiks, on olekute hindamiseks oluline leida süsteemide alamklassid, kus dekomponeerimine on võimalik. Tõestati, et analüütiliste süsteemide korral on dekompositsioon võimalik.
 - Uuriti staatilise olekutagasisidega süsteemi lineariseeritavust homogeensetel ajaskaaladel esitatud süsteemide jaoks. Arendati algebralist aparatuuri mittelineaarsete juhtimissüsteemide üldistamiseks ajaskaaladel: defineeriti nabla tuletise ja tagasihike operaatori mõisted vektorväljade jaoks.
 - Leiti Newtoni olekutaastaja võrrandid aktiivsete magnetlaagrite süsteemide jaoks.
 - Leiti tingimused diferentsiaalsete 1-vormide integreeruvuse kontrollimiseks ajalise viivitusega süsteemide korral, mis üldistavad kehtiva Frobeniuse teoreemi.
 - It was proven that any autonomous system is, in principle, observable through one single sensor and accessible through one single actuator. This result is innovative even for linear systems and relaxes the well-known cyclicity condition.
 - Discrete-time nonlinear system can not be always decomposed into observable and unobservable subsystems (unlike their continuous-time counterparts). Since the decomposition is necessary for state estimation, a subclass of decomposable systems was found. It was proven that in case of analytical systems the decomposition is always possible.
 - Static state feedback linearization for nonlinear control systems, defined on homogeneous time scales was studied. The algebraic tools were extended for systems on time scales: the notions of nabla derivative and backward shift operator were defined for the vector fields.
 - Newton observer was adapted for active magnetic bearing (AMB) system.
 - The conditions for integrability of a set of differential 1-forms were derived for the time-delay case, which generalize the classical Frobenius theorem.
- koostöö teiste TA asutuste ja ettevõtetega (sh välisriikidest) ;
 - Prantsusmaa, Institut de Recherche en Communications et Cybernétique (IRCCyN), Nantes. Doktorant A. Kaldmäe on Ü. Kotta ja Claude Moogi (IRCCyN) ühisdoktorant; kaitsmisel saab ta nii TTÜ kui Ecole Centrale de Nantes'i diplomi.
 - Poola, Bialystok University of Technology, (Z. Bartosiewicz, M. Wyrwas, E. Pawłuszewicz A. Mystkowski) - pikaaline koostöö, märkimisväärne hulk ühisartikleid. Koostööd on toetanud Eesti ja Poola teaduste akadeemiate vahelised ühisprojektid alates aastast 2003.
- Mitteformaalse koostöö raames on ilmunud ühispublikatsioonid järgmiste välisriikide teadlastega:
 - Itaalia, Sapienza University of Rome (C. Califano)
 - Jaapan, Kyoto University (Y. Kawano)
 - Venemaa Far Eastern Federal University, Vladivostok (A. Ye. Shumsky, A. N. Zhirabok)
 - Slovakkia, Slovak University of Technology in Bratislava (M. Halas)
- kuni 3 olulisemat aruandeaastal ilmunud artiklit (ETIS klassifikaatori alusel 1.1, erandjuhul 3.1). Eraldi tuuakse välja monograafiad (ETIS klassifikaatori alusel 2.1). Publikatsioonid peavad olema kajastatud ETIS-es.

- Kotta, Ülle; Schlacher, Kurt; Tönso, Maris (2015). Relaxing realizability conditions for discrete-time nonlinear systems. *Automatica*, 58, 67–71.
- Kawano, Yu; Kotta, Ülle (2015). On integrability of observable space for discrete-time polynomial control systems. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 60 (7), 1987–1991.
- Kaparin, Vadim; Kotta, Ülle (2015). Transformation of nonlinear state equations into the observer form: Necessary and sufficient conditions in terms of one-forms. *Kybernetika*, 51 (1), 36–58.

 Uurimisrühm 3

- nimetus eesti keeles: **Lainetuse dünaamika**

- nimetus inglise keeles: **Wave dynamics**

- juhi nimi, ametikoht ja allüksus;

Tarmo Soomere, juhtivteadur, Lainetuse dünaamika laboratoorium

- liikmed (nimi, ametikoht ja allüksus; täpsustatakse, kas on doktorant, magistrant);

Nadezhda Kudryavtseva, PhD, teadur

Irina Nikolkina, teaduste kandidaat & PhD, teadur (lapsepuhkusel)

Andrus Räämet, PhD, teadur (osakoormusega)

Maris Eelsalu, MSc, nooremteadur, doktorant

Katri Pindsoo, MSc, nooremteadur, doktorant

Maarika Org, BSc, tehnik, magistrant

Anda Zule-Lapimaa, BSc, tehnik

- teadustöö ülevaade (*kokku kuni 1 lehekülg*):

- teadustöö lühikirjeldus (eesti ja inglise keeles)

On näidatud, et keskmise suurusega laevad, mis liiguvad madalaveelisesse veekogusse kaevatud kanalis suhteliselt väikestele Froude'i arvudele (0.37–0.5) vastava kiirusega, võivad tekitada veepinna langust kuni 2.5 m võrra. Tekkinud lainelohud levivad kaugele ümbritsevasse veekogusse tugevalt mittelineaarsete pikaealiste üksiklainetena. Nad muutuvad aegamööda ebasümmeetriliseks, kusjuures esinõlva kalle väheneb, kuid taganõlv kujuneb ümber järsuks booritaoliseks struktuuriks.

Kolmekihilises keskkonnas levivate pikkade nõrgalt mittelineaarsete siselainete omaduste kirjeldamiseks tuletati Korteweg–de Vriesi võrrandi analoogid – võrrandipaarid, mis esitavad mõlema lainemoodi liikumise ja veekihtide eralduspindade kuju muutumise. Selgitati välja pikkade briiseritüüpi siselainete levimise peamised omadused ja nende transformeerumise iseärasused Läänemere lõunaosa tüüpilisele suvisele stratifikatsioonile vastavates idealiseeritud tingimustes.

Koostöös teiste Läänemere riikide teadlastega koostati põhjalik Läänemere lainecliima ja selle muutuste analüüs alates süstemaatiliste visuaalsete lainevaatluste algusest 1940ndatel aastatel. Visuaalsete vaatlustel alusel hinnatud laineõrgused kahanesis märgatavalt kuni 1970ndate aastate alguseni ning sellest ajast peale on muutunud ebaregulaarselt. Laineõrguse muutumise muster alates 1980ndate aastate teisest poolest seoti Läänemere lõunaosas aset leidnud geostroofilise õhuvoolu suuna hüppelise muutumisega.

Analüüsiti laineaju osakaalu Tallinna ümbruse randades esinevates ekstreemsete veetasemetes.

Üldiselt ei ole avamere ülikõrged veetasemed ja väga kõrge laineaju sünkroniseeritud.

Läänemere idaranniku lokaalsete veetasemete aegjadades eristati kaks põhimõtteliselt erinevate tõenäosusjaotustega komponenti, mis esindavad kogu Läänemere veetaset ja kohalikku tormiaju.

Laserskaneerimise tehnoloogia ja klassikalise tasakaalulise rannaprofiili teooria kombineeritud rakendamise kaudu määratleti liiva mahumuutused mitmetes aeglaselt arenevates peaaegu tasakaalulistest randades. Koostati indikaatorite kompleks, mis võimaldab adekvaatselt iseloomustada Leedu randada seisukorda ja tundlikkust mitmesuguste looduslike tegurite suhtes.

It is demonstrated that ships of moderate size, sailing at low depth Froude numbers (0.37–0.5) in a navigation channel surrounded by shallow banks, produce depressions with depths up to 2.5 m. These depressions (Bernoulli wakes) propagate as long-living strongly nonlinear solitary waves to substantial distances. They gradually become strongly asymmetric with the rear becoming extremely steep, similar to a bore, and the amplitude almost independent of the initial properties of the disturbance.

A pair of new alternatives of KdV-type equations is derived for the displacements of both modes of long weakly nonlinear finite-amplitude internal waves and for each interface in a three-layer fluid. The propagation and transformation of long internal breather-like wave is analysed in the conditions matching the average summer stratification in the southern Baltic Sea.

A comprehensive overview has been presented about variations in the wave climate of the Baltic Sea since the beginning of systematic visual wave observations in the 1940s. The visually observed wave height substantially decreased until about 1970, and considerable decadal variations have occurred since then. Several specific changes in wave properties are associated with an abrupt turn of the geostrophic air-flow over the southern Baltic Sea in the 1980s. The contribution of wave set-up into the formation of extreme water levels at the waterfront in the Tallinn area of the north-eastern Baltic Sea is evaluated. The water level variations at the eastern Baltic Sea coasts are separated into components reflecting the impact of storm surges and changes in the water volume of the entire sea. Terrestrial and airborne laser scanning techniques are combined with the classical concept of equilibrium beach profile to quantify the changes in the total sand volume of slowly evolving sandy beaches. An updated set of indicators of coastal vulnerability has been developed and implemented for the Lithuanian Baltic Sea coast.

- aruandeaastal saadud kõige olulisemad teadustulemused (eesti ja inglise keeles);
 - Laevade poolt tekitatud sügavad üksikud lainelohud võivad levida ohtlike tugevalt mittelineaarsete Riemanni lainetena rohkem kui 1 km kaugusele Veneetsia laguuni.
 - Näidati, et Läänemere lõunaosas 1987a. aset leidnud geostroofilise õhuvoolu suuna hüppeline muutumine $\sim 40^\circ$ võrra on alternatiivne selgitus kui soolase vee sissevoolude sageduse radikaalsele vähenemisele.
 - Läänemere idaranniku lokaalsete veetasemete aegjadades eristati kaks põhimõtteliselt erinevate tõenäosusjaotustega komponenti. Normaalsootusega komponent esindab kogu Läänemere veetaset ja Poissoni jaotusega komponent kohalikku tormiaju.
 - Näidati, et laserskaneerimise tehnoloogia ja klassikalise tasakaalulise rannaprofiili teooria kombineeritud rakendamise kaudu saab adekvaatselt määratleda liiva mahumuutused randades.
 - Ship-driven depressions of substantial height (> 0.3 m) often propagate for more than 1 km into the Venice Lagoon as strongly nonlinear Riemann waves.
 - An abrupt turn of the geostrophic air-flow over the southern Baltic Sea by $\sim 40^\circ$ around 1987 has been proposed as an alternative explanation for a radical decrease in the frequency of major inflows of saltier water into the Baltic Sea since the mid-1980s.
 - The water level variations at the eastern Baltic Sea coasts are separated into a Gaussian process (that reflects the water volume of the entire sea) and a Poisson-like process that reflects the impact of storm surges.
 - Terrestrial and airborne laser scanning techniques are combined with the concept of equilibrium beach profile to quantify the changes in the total volume of sandy beaches.

- koostöö teiste TA asutuste ja ettevõtetega (sh välisriikidest)

Pikaajaline koostöö Nižni Novgorodi Tehnikaülikooli ja Venemaa Teaduste Akadeemia Rakendusfüüsika Instituudiga solitonilaadsete lainete (sh. siselainete) omaduste analüüsi ja prognoosi vallas; selle raames ilmusid järgmised artiklid:

Kurkina O.E., Kurkin A.A., Rouvinskaya E.A., Soomere T. 2015. Propagation regimes of interfacial solitary waves in a three-layer fluid. *Nonlinear Processes in Geophysics*, 22, 2, 117–132.

Soomere T., Eelsalu M., Kurkin A., Rybin A. 2015. Separation of the Baltic Sea water level into daily and multi-weekly components. *Continental Shelf Research*, 103, 23–32.

Didenkulov O., Didenkulova I., Pelinovsky E. 2015. Parameterization of run-up characteristics for long bell-shaped solitary waves propagating in a bay of parabolic cross-section. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 64(3), 234–239.

Rouvinskaya E., Talipova, T., Kurkina, O., Soomere, T., Tyugin, D. 2015. Transformation of internal breathers in the idealised shelf sea conditions. *Continental Shelf Research*, 110, 60–71.

Didenkulova I., Didenkulov O., Pelinovsky E. 2015. A note on the uncertainty in tsunami shape for estimation of its run-up heights. *Journal of Ocean Engineering and Marine Energy*, 1(2), 199–205.

Koostöös James Cooki Ülikooliga (Austraalia, Townsville ja Cairns) ning Veneetsia

Mereinstituudiga laevalainete spetsiifiliste omaduste mõõtmise ja analüüsi valdkonnas. Ilmus kaks koostöös kirjutatud artiklit:

Parnell K.E., Soomere T., Zaggia L., Rodin A., Lorenzetti G., Rapaglia J., Scarpa G.M. 2015. Ship-induced solitary Riemann waves of depression in Venice Lagoon. *Physics Letters A*, 397, 6, 555–559.

Rodin A., Soomere T., Parnell K.E., Zaggia L. 2015. Numerical simulation of the propagation of ship-induced Riemann waves of depression into the Venice Lagoon. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 64, 1, 22–35.

Koostöö Klaipeda Ülikooliga rannikuteaduse alal; selle raames ilmus ühisartikkel

Bagdanavičiūtė I., Kelpšaitė L., Soomere T. 2015. Multi-criteria evaluation approach to coastal vulnerability index development in micro-tidal low-lying areas. *Ocean & Coastal Management*, 104, 124–135.

Koostöö Londoni University College'ga Läänemere regiooni klimatoloogia valdkonnas; ilmus üks selle raames kirjutatud ühisartikkel

Soomere T., Bishop S.R., Viška M., Räämet A. 2015. An abrupt change in winds that may radically affect the coasts and deep sections of the Baltic Sea. *Climate Research*, 62, 163–171.

Koostöö Geesthachti Ranniku-uuringute instituudiga lainetuse ja veetaseme klimatoloogia ning rannikuteaduse valdkonnas; selle tulemusena ilmus ühiselt kirjutatud peatükk kirjastuse Springer poolt välja antud temaatilises kogumikus:

Hünicke B., Zorita E., Soomere T., Madsen K.S., Johansson M., Suursaar Ü. 2015. Recent Change – Sea Level and Wind Waves. In: The BACC II Author Team. *Second Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin, Regional Climate Studies*, Springer, 155–185, doi: 10.1007/978-3-319-16006-1_9

Koostöö TTÜ teiste allüksustega:

Koostöös ehitusteaduskonna teedeinstituudiga algatati mitmed väliuuringud ning avaldati ühisartikkel

Eelsalu M., Soomere T., Julge K. 2015. Quantification of changes in the beach volume by the application of an inverse of the Bruun Rule and laser scanning technology. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 64(3), 240–248.

- kuni 3 olulisemat aruandeaastal ilmunud artiklit (ETIS klassifikaatori alusel 1.1, erandjuhul 3.1). Eraldi tuuakse välja monograafiad (ETIS klassifikaatori alusel 2.1). Publikatsioonid peavad olema kajastatud ETIS-es.

Soomere T., Eelsalu M., Kurkin A., Rybin A. 2015. Separation of the Baltic Sea water level into daily and multi-weekly components. *Continental Shelf Research*, 103, 23–32.

Soomere T., Bishop S.R., Viška M., Räämet A. 2015. An abrupt change in winds that may radically affect the coasts and deep sections of the Baltic Sea. *Climate Research*, 62, 163–171.

Parnell K.E., Soomere T., Zaggia L., Rodin A., Lorenzetti G., Rapaglia J., Scarpa G.M. 2015. Ship-induced solitary Riemann waves of depression in Venice Lagoon. *Physics Letters A*, 397, 6, 555–559.

Uurimisrühm 4

- nimetus eesti keeles: **Lagrange'i transport**
- nimetus inglise keeles: **Lagrangian Transport**

- juhi nimi, ametikoht ja allüksus;

Tomas Torsvik, PhD, vanemteadur, Lainetuse dünaamika laboratoorium

- liikmed (nimi, ametikoht ja allüksus; täpsustatakse, kas on doktorant, magistrant);
Nicole Delpeche, PhD, teadur
Andrea Giudici, PhD, teadur
Bert Viikmäe, PhD, teadur
Rain Männikus, MSc, tehnik, doktorant

- teadustöö ülevaade (*kokku kuni 1 lehekülg*):

- teadustöö lühikirjeldus (eesti ja inglise keeles)

Kiirlaevade käigulainete analüüs spektrogrammide metoodikaga võimaldas eristada ja senisest märksa täpsemalt kvantifitseerida lainesüsteemi üksikute komponentide omadused ja nende muutumise nii ruumis kui ka ajas ning määratleda igale laevale eriomase signatuuri. Nende lainete transformeerumist rannalähedases vööndis analüüsiti rannast 20 ja 100 m kaugusel tehtud mõõtmiste alusel. Põiklainete energia vähenes ranna poole levimisel oluliselt, kuid pikilainete energia praktiliselt ei muutunud.

On demonstreeritud, et erineva kujuga, kuid sama kõrguse ja iseloomuliku lainepikkusega kellakujuliste üksiklainete lainerünnaku maksimaalsed kõrgused, suurimad veevoolu kiirused ja lainete murdumise parameetrid erinevad vaid vähesel määral.

Keskkonnariske, mis seonduvad mere pinnakihti sattunud reostuse kandumisega tundlikele aladele (rannavöönd ja merekaitsealad) analüüsiti 23 aastail 2011–2014 Soome lahe keskossa paigutatud ning pinnakihi liikumist jälgiva triivpoi andmestiku alusel. Kompaktsel kujul esitati lainetuse dünaamika laboris alates 2009.a. välja töötatud preventiivse merekeskkonna kaitse tehnoloogia alused ja selle edasiarenduse kirjeldus.

The spectrogram representation of one-point measurements of the ship wake is applied to identify and quantify the main properties of the wake components, and to identify a specific signature of single types of ships. The variations of these constituents are quantified in the time–space domain. Ship wake transformation in the coastal zone is analysed based on measurements of wave conditions about 20 m and 100 m from the shore of Tallinn Bay, the Baltic Sea. While the energy of divergent wave system decreases, the energy of transverse waves is stable or increasing.

It is shown that maximum run-up heights, maximum water flow velocities, and parameters of wave breaking on the beach for different bell-like waves of the same height and characteristic wavelength coincide with an acceptable accuracy.

Statistical properties of the drift of floating items from the major fairway to the coast and the risk of current-driven pollution to marine protected areas are evaluate based on tracks of 23 surface drifters released in the central part of the Gulf of Finland in 2011–2014. An overview is

presented of a preventive method for minimizing environmental risks based on the optimization of the location of potentially dangerous activities and developed in the laboratory since 2009.

- aruandeaastal saadud kõige olulisemad teadustulemused (eesti ja inglise keeles);
 - Kiirraevade käigulainete analüüs spektrogrammide meetodikaga võimaldas eristada ja senisest märksa täpsemalt kvantifitseerida lainesüsteemi üksikute komponentide omadused.
 - Spectrogram representation of one-point measurements is applied to identify and quantify the main properties of ship wake components.
- koostöö teiste TA asutuste ja ettevõtetega (sh välisriikidest)

Koostöö Florida ülikooliga kiirraevalainete omaduste analüüsi alal; selle raames ilmus ühisartikkel

Torsvik T., Soomere T., Didenkulova I., Sheremet A. 2015. Identification of ship wake structures by a time-frequency method. *Journal of Fluid Mechanics*, 765, 229–251.

- kuni 3 olulisemat aruandeaastal ilmunud artiklit (ETIS klassifikaatori alusel 1.1, erandjuhul 3.1). Eraldi tuuakse välja monograafiad (ETIS klassifikaatori alusel 2.1). Publikatsioonid peavad olema kajastatud ETIS-es.

Torsvik T., Soomere T., Didenkulova I., Sheremet A. 2015. Identification of ship wake structures by a time-frequency method. *Journal of Fluid Mechanics*, 765, 229–251.

Delpeche-Ellmann, Nicole; Torsvik, Tomas; Soomere, Tarmo (2015). Tracks of surface drifters from a major fairway to marine protected areas in the Gulf of Finland. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 64 (3), 226–233, 10.3176/proc.2015.3.04.

Viikmäe, Bert; Torsvik, Tomas; Soomere, Tarmo (2015). Verification of modelled locations of coastal areas exposed to current-driven pollution in the Gulf of Finland by using surface drifters. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 64, 405–416, 10.3176/proc.2015.3S.11.

Uurimisrühm 5

Nimetus eesti keeles: **Mittelineaarne lainedünaamika**
 Nimetus inglise keeles: **Nolinear wave dynamics**
 Juhi nimi, ametikoht ja allüksus: **Arkadi Berezovski**, vanemteadur, Mittelineaarse dünaamika laboratoorium

liikmed (nimi, ametikoht ja allüksus; täpsustatakse, kas on doktorant, magistrant);

Nimi	Amet
Andrus Salupere	Küberneetika Instituudi direktor
Andres Braunbrück	insener
Jüri Engelbrecht	juhtivteadur
Dmitri Kartofelev	nooremteadur
Martin Lints	nooremteadur, doktorant
Tanel Peets	teadur
Anatoli Stulov	vanemteadur
Kert Tamm	teadur

v teadustöö ülevaade (kokku kuni 1 lehekülj):

- teadustöö lühikirjeldus (eesti ja inglise keeles),

Lainelevi analüüs mikrostruktuuriga tahkistes. On analüüsitud dispersiivsete ja mittelineaarsete efektide mõju lainete evolutsioonile hierarhilise mikrostruktuuriga tahkistes. On hinnatud mudelite täpsust üle laia materjali parameetrite, sageduste ja alghäirituste diapasooni.

On defineeritud uued dimensioonita parameetrid mis võtavad arvesse faasi ja grupikiirused. Lisaks on uuritud mehaaniliste lainete levi elastse difraktsioonivõrega tahkistes.

Solitonide ja üksiklainete analüüs. On uuritud solitonide formeerumise protsesse keerulise dispersioonilukorraga materjalides. On analüüsitud solitonide formeerumist Boussinesq-tüüpi (kahe laine) ja KdV-tüüpi (ühe laine) mudelites, mis kirjeldavad laineid mikrostruktuuriga tahkistes. Hierarhilises KdV-tüüpi süsteemis on analüüsitud peidetud solitonide formeerumist sõltuvalt materjali parameetritest. On tuletatud füüsiliselt korrektse dispersiooniga mudel mehaaniliste lainete kirjeldamiseks biomembraanides.

Pideva keskkonna mehaanika ja sisemuutujate teooria. On iseloomustatud materjalide sisemist struktuuri kasutades kirjeldust väljade abil. Vastavad matemaatilised mudelid võtavad arvesse mittelineaarseid, dispersiivseid ning temperatuuri efekte ja lisaks on võimalik kirjeldada ka mitme erineva skaalaga mikrostruktuuride koosmõju mehaaniliste lainete levile. Näitena võib esile tõsta uut mudelit, mis kirjeldab termoelastset mikrostruktuuriga materjali võttes korruga arvesse nii mikrodeformatsiooni kui ka mikrotemperatuuri mõju (temperatuuri fluktuatsioonid mikrostruktuuris).

Akustika. Akustika suuna uurimistöö on keskendunud keelega instrumentides helitekke mehhanismide täpsele kirjeldusele. Keelte võnkumisi on analüüsitud nii analüütiliste kui eksperimentaalsete vahenditega põhirõhuga rajatingimustel.

Analysis of waves in microstructured solids. The large-scale analysis of dispersive and nonlinear effects are studied to reveal mechanisms of wave profile distortions, including waves in hierarchical microstructured solids. The accuracy of models is analysed over a large range of material parameters and frequencies of excitations with establishing the novel dimensionless parameters which govern the phase and group velocities. Elastic wave propagation through elastic diffraction gratings is studied and the diffraction patterns are investigated.

Solitons and solitary waves. The mechanisms of emergence of soliton ensembles and solitonic structures are examined for cases with complicated dispersion. The emergence of solitons in Boussinesq-type (two-wave) models and hierarchical KdV-type (one-wave) models which describe waves in microstructured solids is analyzed. The existence of hidden solitons is inspected for a hierarchical KdV system in dependence on the material parameters. A nonlinear model with physically consistent dispersion properties is explored for waves in biomembranes.

Theory of continua and internal variables. The description of the internal structure of materials is considered using internal fields. The corresponding mathematical models of wave motion in microstructured solids take consistently into account nonlinear, dispersive and temperature effects and possible multiscale of a microstructure. For example, a novel mathematical model for waves in thermoelastic microstructured materials is able to account simultaneously for the effects of microdeformation and microtemperature (temperature fluctuations in the microstructure).

Sound generation. Studies are focused on sound generation in stringed instruments. String vibrations are analyzed analytically and experimentally with attention to boundary conditions.

- *Aruandeaastal saadud kõige olulisemad teadustulemused (eesti ja inglise keeles);*

On tuletatud mehaaniliste lainete levi biomembraanides kirjeldav võrrand, mida on rakendatud üksiklainete levi modelleerimisel.

On avastatud, et tahkises kus esinevad perioodiliselt korrastatud elasted piirkonnad, toimub lainete levimisel lokaalne energia kuhjumine kindlatesse piirkondadesse.

On tuletatud teoreetiline mudel, mis kirjeldab keele ja barjääri interaktsiooni ning on teostatud selle mudeli eksperimentaalne kontroll.

A novel governing equation for describing mechanical waves in biomembranes is derived and applied for modelling solitary pulses.

The energy localization is observed due to the interaction of the waves with periodically ordered elastic inclusions.

A theoretical model of string-barrier interaction was developed and experimentally verified.

vi koostöö teiste TA asutuste ja ettevõtetega (sh välisriikidest) ;

- Estonian-Hungarian Joint Research Project under the Agreement on Scientific Cooperation between the Estonian Academy of Sciences and the Hungarian Academy of Sciences 2013-2015 "Thermal and mechanical phenomena in media with multiscale microstructure"
- Estonian-Czech Joint Research Project under the collaboration agreement between Estonian Academy of Sciences and Academy of Sciences of the Czech Republic "Advanced numerical modelling of dynamic processes in solids" for 2015-2017
- Scientific cooperation on INFLUENCE OF MICROSTRUCTURE ON DYNAMIC MATERIAL RESPONSE for 2014-2016 between the International Research Center for Mathematics & Mechanics of Complex Systems (Italy) and Centre for Nonlinear Studies of Institute of Cybernetics at TUT

vii kuni 3 olulisemat aruandeaastal ilmunud artiklit (ETIS klassifikaatori alusel 1.1, erandjuhul 3.1). Eraldi tuuakse välja monograafiad (ETIS klassifikaatori alusel 2.1). Publikatsioonid peavad olema kajastatud ETIS-es

- J.Engelbrecht, K.Tamm, T.Peets. On mathematical modelling of solitary pulses in cylindrical biomembranes. Biomechanics and Modeling in Mechanobiology, 2015, 14, 1, 159-167.
- A.Berezovski, J.Engelbrecht, M.Berezovski. Pattern formation of elastic waves and energy localization due to elastic gratings. Int. J. Mech. Sci., 2015, 101-102, 137-144.
- D.Kartofelev, A.Stulov. Wave propagation and dispersion in microstructured wool felt. Wave Motion, 2015, Vol. 57, pp. 23-33.

Uurimisrühm 6

Nimetus eesti keeles: **Komposiitide reoloogia**

nimetus inglise keeles: **Rheology of composites**

Juhi nimi, ametikoht ja allüksus: **Heiko Herrmann**, vanemteadur 1.0, hh@ioc.ee, +372 620 4228

Uurimisrühma liikmed:

Nimi	Amet
Heiko Herrmann	vanemteadur
Marika Eik	teadur (0.5)
Emiliano Pastorelli	insener (0.5), doktorant

visitors:

Ioannis Kornarakis, ERASMUS+, 1.10.2015-31.3.2016, magistrant (University of Crete, Greece);

Veronika Voelkl, ERASMUS+ intern, 1.8.-30.9.2015, undergrad (OTH Regensburg, Germany);

Miriam Beddig, ERASMUS+ intern, 1.9.-27.10.2015, undergrad (Karlsruhe Institute of Technology, Germany);

Duc Do, DAAD intern, 1.7.-30.9.2015, undergrad (University of Ulm, Germany);

Francesco Ricciardi, DoRa T5, 1.3.-30.6.2015, doktorant (University of Salento, Italy);

Dongshuang Zhang, DoRa T5, 1.7.-31.8.2015, doktorant (University of Freiberg, Germany)

- teadustöö ülevaade (*kokku kuni 1 lehekülj*):

- teadustöö lühikirjeldus (eesti ja inglise keeles),
- Peamine rakendusvaldkond on teraskiud-betoon, mis ehitusmaterjalina on leidmas aina laialdasemat kasutust. Kiudbetooni mehaanikalised omadused sõltuvad suuresti kiudude orientatsioonist, mis omakorda on mõjutatud tootmisprotsessist. Täpsemalt määratleb

kiudude orientatsiooni betoonivalu, kuhu on teraskiud sisse segatud . Sellega seoses on arendatud stereoskoopilist osaliselt-ümbristatud 3D visualiseerimise uuringuid (virtuaalne reaalsus), mida tehakse omarajatud süsteemil „Kyb3“. Visualiseerimise uuringud on andnud tõuke rannikualade dokumenteerimisele viisil, kus fotode põhjal luuakse 3D mudelid ranniku pinnavormides t (kaljud, järsakud, jne)

- The research topic is concerned with the mechanical properties of composites containing short fibres. The main application is steel fiber reinforced concrete, a construction material, whose use is gaining momentum in the building industry. The mechanical properties largely depend on the orientation of the short fibers, which in turn is influenced by the production process of the parts. In particular the flow of the fresh concrete mass, which is mixed with the fibers, determines the fiber orientations. Connected to this is the research on stereoscopic semi-immersive 3D visualization (virtual reality), which is conducted on the self developed „Kyb3“ system. The visualization research has led to an offspin in the form of creation of 3D models from photographs, which is applied to documenting coastlines (cliffs).

Aruandeaastal saadud kõige olulisemad teadustulemused (eesti ja inglise keeles);

Olulisimad tulemused on seotud mehaanikalise ja termodünaamilise olekuvõrrandite formuleerimisega (pinge-deformatsiooni seos ja soojusjuhtivuse võrrand), mis on rakendatavad mis tahes kiudude orientatsioonijaotuse korral. Need olekuvõrrandid seovad elastsustensori ja soojusjuhtivuse kiudude orientatsioonijaotusega. Väljapakutud funktsioonidel on ortotroopne sümmeetria. Lisaks on arendatud meetodeid, mis võimaldavad tuvastada infot kiudude ja nende orientatsiooni kohta röntgen kompuuter-tomograafia piltidel. Visualiseerimise uuringute olulisimad tulemused on mitmed visualiseerimistarkvara arendused, eelkõige meditsiiniliste andmete visualiseerimine ruumiliselt kui andmestik pärineb kompuuter-tomograafiast või magnetresonants piltidelt.

The most important outcomes are the formulation of two constitutive models, a mechanical and a thermodynamical (stress-strain relation and heat conduction law), that can be applied to any fiber orientation distribution. These constitutive models relate the elasticity tensor, respectively the heat conductivity, to the fiber orientation distribution. The proposed functions have an orthotropic symmetry. Further, methods to extract fibers and fiber orientations from x-ray computed tomography scans have been developed.

An important outcome of the visualization research is the development of several visualization softwares, notably a viewer for medical volume data, which originates from computed tomography or magnet resonance imaging.

A reference 3D model for the study of the change of Paldiski Cliff has been created from aerial photographs (taken by a drone). From this and future models the volume of rockfalls can be calculated.

- koostöö teiste TA asutuste ja ettevõtetega (sh välisriikidest) ;

Aalto University (Helsinki, Finland), School of Engineering, Department of Civil and Structural Engineering

University of Salento (Lecce, Italy), Department of Engineering for Innovation

TU Chemnitz (Germany), Department of Physics, Theoretical Physics, esp. Computational Physics (Prof. Karl Heinz Hoffmann)

TU Chemnitz (Germany), Faculty for Electrical Engineering and Information Technology

TU Chemnitz (Germany), Department of Physics, Theoretical Physics—Simulation of new materials

BAM (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung = Federal Institute for Materials Research and Testing, Berlin, Germany) (departments 8.5 and 7.2)

Baltic Steel Fiber OÜ (Tallinn, Estonia)

- *kuni 3 olulisemat aruandeaastal ilmunud artiklit*

Marika Eik, Jari Puttonen, and Heiko Herrmann. An orthotropic material model for steel fibre reinforced concrete based on the orientation distribution of fibres. *Composite Structures*, 121(0):324-336, March 2015

Heiko Herrmann. A constitutive function for the heat flux in short fibre reinforced composites. *Journal of Non-Equilibrium Thermodynamics*, 40(4):257-263, December 2015

Francesco Ricciardi, Emiliano Pastorelli, Lucio Tommaso De Paolis, and Heiko Herrmann. Scalable medical viewer for virtual reality environments. In Lucio Tommaso De Paolis and Antoni Mongelli, editors, *Augmented and Virtual Reality*, volume 9254 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 233-243. Springer International Publishing, August 2015

Uurimisrühm 7

Nimetus eesti keeles: **Komplekssüsteemide füüsika**

nimetus inglise keeles: **Physics of complex systems**

Juhi nimi, ametikoht ja allüksus: **Jaan Kalda**, vanemteadur 1.0, kalda@ioc.ee, +372 620 4174

Uurimisrühma liikmed:

Nimi	Amet
Jaan Kalda	vanemteadur (0,55)
Mihkel Kree	insener (1.0)
Stephanie Rendon	insener (0.1), doktorant
Siim Ainsaar	insener (0.4), doktorant
Mihkel Heidelberg	insener (0.4), doktorant
Indrek Mandre	insener (0.1), doktorant

teadustöö ülevaade (*kokku kuni 1 lehekülj*):

- teadustöö lühikirjeldus (eesti ja inglise keeles),

Komplekssüsteeme võib leida mitmesugustest keskkondadest ja seetõttu katavad ka komplekssüsteemide füüsika grupi uurimisteemad mitmeid valdkondi. 2015. aastal oli peamiseks uurimisteemaks passiivsete väljade (nt värvaine, aerosoolitilgakased atmosfääris ja tööstuslikes vooludes, magnetväljad kinemaatilises dünamos), mis on oluline nii fundamentaaluuringuna kui ka praktiliste rakenduste seisukohast. Rakendused hõlmavad reostuse edasikandumist pinnavooludega merekeskkonnas, sh Läänemerel. Uurimisrühma teiseks olulisemaks uurimisteemaks oli majandusfüüsika valdkonna komplekssüsteemid, analüüsiti Eesti majandusvõrgustiku mastaabivabu omadusi tuginedes Swedbank'i pangaüleknannete andmetele.

Complex systems can be found in a wide variety of environments, and so the studies of the Complex systems physics group are cover a wide range of topics. Currently, the main topic is turbulent mixing of passive fields (such as tracer fields, aerosol droplets in atmospheric and industrial flows, magnetic fields for kinematic dynamos) which are important both fundamentally, and for practical applications. Applications involve pollution transport by surface flows in marine environment, particularly for the Baltic sea. The rearch group was also invloved in studies of econophysical complex systems and analyzed the scale-free properties of Estonian economical network based on the bank transaction data of Swedbank.

Aruandeaastal saadud kõige olulisemad teadustulemused (eesti ja inglise keeles);

Econophysics. Based on the wire transfer database of Swedbank, a model of economical network of Estonia has been created. This is world-wide a unique database as it covers dominating majority (ca 80%) of the economy of a single country. We have studied the scaling-free and structural properties of this network, and described its topology, components and behaviors. We have shown that this network shares typical structural characteristics known in other complex networks: degree distributions follow a power law, low clustering coefficient and

low average shortest path length. We have performed simulations of resiliency of the network against random and targeted attacks of the nodes with two different strategies. Thereby we have found the most vulnerable nodes of the Estonian economy with respect to economic shocks. This finding can be used to develop strategies for increasing economical stability of Estonia.

Turbulent mixing. Majority of theoretical results regarding turbulent mixing are based on the model of ideal flows with zero correlation time. We have analyzed the reasons why such results may fail for real flows and developed a scheme which makes it possible to match real flows to ideal flows. In particular we introduce the concept of mixing dimension of flows which can take fractional values. For real incompressible flows, the mixing dimension exceeds the topological dimension; this leads to a local inhomogeneity of mixing – a phenomenon which is not observed for ideal flows and has profound implications, for instance impacting the rate of bimolecular reactions in turbulent flows. We have shown that finite time-correlations lead to non-universality of mixing as the mixing dimension depends on the statistical properties of the underlying flow.

Majandusfüüsika. Tuginedes Swedbank'i pangaülekannete andmebaasile koostasime Eesti majanduse võrgustiku mudel. See on ülemaailmses mastaabis unikaalne andmebaas, sest see katab domineeriva osa (ca 80%) ühe riigi piires toimuvatest pangatehingutest. Uurisime selle võrgustiku mastaabivabu ja struktuurseid omadusi ning kirjeldasime selle topoloogiat ja osade ja käitumist. Näitasime, et see võrgustiku struktuursed omadused on samasugused, nagu tüüpilistel mastaabivabadel võrgustikel: sõlmede seostatusastme jaotusseadus on astmeseadus, seda iseloomustab madal klasteriseerumisaste ja väike keskmise lühima tee pikkus. Sooritasime simulatsioone, et määrata selle võrgustiku vastupanuvõime juhuslike ja suunatud rünnakute suhtes kasutades erinevaid rünnakustrateegiaid. Sel teel leidsime Eesti majanduse kõige haavatavamad sõlmed majanduskrahide suhtes. Tulemusi saab kasutada selleks, et töötada välja Eesti majanduse stabiilsuse tõstmise strateegiaid.

Turbulentne segunemine. Turbulentse segunemise valdkonna teoreetilistest tulemustest tugineb rõhuv enamuse nn Kraichnani mudelil, mille puhul kiirusvälja korrelatsiooniaeg loetakse võrdseks nulliga. Analüüsisime põhjusi, miks sellised tulemused ei pruugi vastata reaalsete ajas korreleeritud voolude omadustele ja töötasime välja meetodi, mille abil on võimalik viia vastavusse reaalsed ja Kraichnani voolud. Muuhulgas võtsime kasutusele segunemisdimensiooni mõiste, mis võib võtta murrulisi väärtusi ning mis kirjeldab voolu segunemisomadusi. Näitasime, et kuivõrd reaalsete voolude segumisdimensioon ületab alati vastava Kraichnani voolu segumisdimensiooni väärtuse (see on võrdne topoloogilise dimensiooniga), siis see kutsub esile lokaalselt mittehomegeense segunemise – nähtuse, mida ei saa esineda Kraichnani voolude puhul ja millel on sügav tähendus, näiteks mõjutab see bimolekulaarsete reaktsioonide kiirust turbulentsetes vooludes. Näitasime samuti, et lõplik korrelatsiooniaeg viib segunemise mitte-universaalsusele: segunemise olulised karakteristikud sõltuvad aluseks oleva voolu statistilistest omadustest ja ei ole määratud pelgalt ruumi dimensiooni ja voolu kokkusurutavusega.

- *koostöö teiste TA asutuste ja ettevõtete (sh välisriikidest) ;*

VÄLISMAA: IRPHE, University of Aix-Marseille.

Koostöö Swedbankiga: Swedbankist oleme saanud anonüümseks muudetud andmeid Eestiseste pangatehingute kohta, mis võimaldas uurida Eesti majandusvõrgustiku mastaabivabu omadusi.

- *kuni 3 olulisemat aruandeaastal ilmunud artiklit*

Kalda, Jaan; Kree, Mihkel (2015). Implications of the theory of turbulent mixing for wave propagation in media with fluctuating coefficient of refraction. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, 64 (3), 285-290.

Ainsaar, Siim; Kalda, Jaan (2015). On the effect of finite-time correlations on the turbulent mixing in smooth chaotic compressible velocity fields. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, 64 (1), 1-7.

 Uurimisrühm 8

- nimetus eesti keeles: **Süsteemibioloogia**
- nimetus inglise keeles: **Systems Biology**
- juhi nimi, ametikoht ja allüksus: **Marko Vendelin**, vanemteadur, Süsteemibioloogia laboratoorium;
- liikmed (nimi, ametikoht ja allüksus; täpsustatakse, kas on doktorant, magistrant);
 Rikke Birkedal, vanemteadur, Süsteemibioloogia laboratoorium
 Mari Kalda, insener, Süsteemibioloogia laboratoorium
 Niina Karro, insener, Süsteemibioloogia laboratoorium
 Jelena Branovets, doktorant, Süsteemibioloogia laboratoorium
 Martin Laasmaa, doktorant, Süsteemibioloogia laboratoorium
 Päivo Simson, doktorant, Süsteemibioloogia laboratoorium
 Svetlana Jugai, doktorant, Süsteemibioloogia laboratoorium

- teadustöö ülevaade (*kokku kuni 1 lehekülg*):

- teadustöö lühikirjeldus (eesti ja inglise keeles):

Süsteemibioloogia laboratoorium tegutseb biofüüsika ning bioenergeetika vallas, keskendudes südamerakus toimuvate protsesside uurimisele. Kasutades nii eksperimentaaltööd kui matemaatilist modelleerimist uuritakse rakusisest kompartmentatsiooni ning difusioonitakistusi ning nende mõju rakuenergeetikale; mitokondrite funktsionaalse struktuuri mõju raku hingamisele; energia ülekande mehhanisme rakkudes ning südameraku mehaanika ning energeetika omavaheline seost.

The main aim of the laboratory is to study regulation of intracellular processes and understand functional influences of intracellular interactions. For this, a mixture of experimental and theoretical approaches are used.

- aruandeaastal saadud kõige olulisemad teadustulemused (eesti ja inglise keeles);
 Aruandeaastal saadud kõige olulisemaks teadustulemuseks on deterministlik rist-sillakeste mudel. Katseliselt on näidatud, et raku kokkutõmbe protsess on kooperatiivne. Selle kooperatiivsuse kirjeldamine matemaatilise mudeliga on siiani olnud lahtiseks probleemiks. Aruandeaasta jooksul on leitud lahendus probleemile, kuidas kaasata raku kontraheerumist kirjeldavasse matemaatilisse mudelisse kooperatiivsus, mis tuleneb kaltsiumi ja müosiinipea kooperatiivsest kinnitumisest aktiinile.

A theory was developed to study the cooperativity of the muscle contraction in the thermodynamically consistent manner by using a Huxley-type model. This theory takes into account that each cross-bridge is influenced by its neighbors attached to the same actin filament and cooperativity is induced by tropomyosin movement. Muscle contraction is described by an ensemble of cross-bridge groups. Within a group, all cross-bridges are connected by tropomyosin. By the binding of calcium or myosin to actin, elastic deformation of tropomyosin is induced and the free energy of the cross-bridge group as well as reaction kinetics are influenced. And a cross-bridge model was built as an example to illustrate the developed theory and its ability to reproduce experimental data.

- koostöö teiste TA asutuste ja ettevõtetega (sh välisriikidest) ;

Craig Lygate, Division of Cardiovascular Medicine, Radcliffe Department of Medicine.
 Wellcome Trust Centre for Human Genetics, University of Oxford, Oxford, United Kingdom.

- kuni 3 olulisemat aruandeaastal ilmunud artiklit (ETIS klassifikaatori alusel 1.1, erandjuhul 3.1). Eraldi tuuakse välja monograafiad (ETIS klassifikaatori alusel 2.1). Publikatsioonid peavad olema kajastatud ETIS-es:

Kalda, Mari; Peterson, Pearu; Vendelin, Marko (2015). Cross-bridge group ensembles describing cooperativity in thermodynamically consistent way. PLoS ONE, 10 (9), e0137438, 1–26, 10.1371/journal.pone.0137438.

Kalda, Mari (2015). Mechanoenergetics of a single cardiomyocyte. (Doktoritöö, Tallinn University of Technology, Institute of Cybernetics, Laboratory of Systems Biology). Tallinn: TUT Press.

Niina Karro (2015). Analysis of ADP Compartmentation in Cardiomyocytes and Its Role in Protection Against Mitochondrial Permeability Transition Pore Opening (Doktoritöö, Tallinn University of Technology, Institute of Cybernetics, Laboratory of Systems Biology). Tallinn: TUT Press.

Uurimisrühm 9

- nimetus eesti keeles: **Loogika ja semantika**
- nimetus inglise keeles: **Logic and semantics**
- juhi nimi, ametikoht ja allüksus: **Tarmo Uustalu**, juhtivteadur, tarkvarateaduse laboratoorium

Liikmed:

Silvio Capobianco, vanemteadur

James Chapman, vanemteadur (kuni 31.8.2015)

Denis Firsov, insener (kuni 30.11.2015), nooremteadur (al 1.12.2015), doktorant

Wolfgang Jeltsch, vanemteadur

Hendrik Maarand, insener (al 21.9.2015), doktorant

Sandra Schumann, insener (al 1.6. kuni 30.11.2015), Harvardi Ülikooli kraadieelõppur

Hellis Tamm, vanemteadur

Niccolò Veltri, nooremteadur, doktorant

Teadustöö ja tulemuste kirjeldus:

Loogika ja semantika töörühma teadlased uurivad funktsionaalprogrammeerimise keelte matemaatilist semantikat, tüübiteooriat, tüübisüsteeme ja programmiloogikaid, sertifitseeritud tarkvara, automaaditeooriat, rakuautomaate.

Näidati, millal üldiste efektidega arvutused on realiseeritavad kasutades olekut (nn olekupõhised jooksutajad). Üldistati kahekordse pööramise algoritm kanoonilise residuaalse lõpliku automaadi leidmiseks. Anti uus interpretatsioon Kameda-Weineri meetodile minimaalse mittedeterministliku lõpliku automaadi leidmiseks. Anti uus karakterisatsiooni rakuautomaadi pööratavusele sürjektiivsuse tugevduse ja injektiivsuse nõrgenduse terminites.

The researchers of the logic and semantics group study mathematical semantics of functional programming languages, type theory, type systems and program logics, certified software, automata theory, cellular automata.

It was shown when general effectful computations can be run statefully A generalization was given for the double-reversal algorithm for finding the canonical residual finite automaton. A new interpretation was given for the Kameda-Weiner method of finding the minimal nondeterministic finite automaton. A new characterization of reversibility of a cellular automaton was given in terms of a strengthening of surjectivity and a weakening of injectivity.

Koostöö:

IKT T&A toetamise meetme projektis *Coinduction* töötas rühm koos K. Apinise, V. Vene ja V. Vojudaniga Tartu Ülikoolist.

Üksikute teadlaste koostöö tasemel töötas S. Capobianco koos J. Kari (Turu Ü.), T. Toffoli (Bostoni Ü.), A. Dennunzio (Milano Bicocca Ü.) ja T. Ceccherini-Silbersteiniga (Rooma La Sapienza Ü.). J. Chapman töötas koos C. McBride'iga (Strathclyde'i Ü.). H. Tamm töötas koos J. Brzozowski (Waterloo Ü.), A. Yli-Jyrä (Helsingi Ü.) ning L. van Zijl'i ja B. van der Merwe'ga (Stellenboschi Ü.). W. Jeltsch töötas koos M. Schölzelliga (IHP - Innovations for High-Performance Microelectronic, Frankfurt (Oder)). T. Uustalu töötas koos V. Capretta (Nottinghami Ü.), P. Mulry (Colgate'i Ü.), J. Espírito Santo, L. Pinto (Minho Ü.), G. Bellin'i (Verona Ü.), N. Wu (Bristoli Ü.), M. Gaboardi (Dundee Ü.) ja S. Katsumata'ga (Kyoto Ü.).

3 publikatsiooni:

T. Altenkirch, **J. Chapman**, **T. Uustalu**. Monads need not be endofunctors. *Log. Methods in Comput. Sci.*, v. 11, n. 1, article 3, 2015. [doi: 10.2168/lmcs-11\(1:3\)2015](https://doi.org/10.2168/lmcs-11(1:3)2015)

K. Nakata, **T. Uustalu**. A Hoare logic for the coinductive trace-based big-step semantics of While. *Log. Methods in Comput. Sci.*, v. 11, n. 1, article 1, 2015. [doi: 10.2168/lmcs-11\(1:1\)2015](https://doi.org/10.2168/lmcs-11(1:1)2015)

T. Uustalu. Stateful runners for effectful computations. *Electron. Notes in Theor. Comput. Sci.*, v. 319, pp. 403-421, 2015. [doi: 10.1016/j.entcs.2015.12.024](https://doi.org/10.1016/j.entcs.2015.12.024)

Uurimisrühm 10

- nimetus eesti keeles: **Tarkvaratehnika**
- nimetus inglise keeles: **Software engineering**

juhi nimi, ametikoht ja allüksus: Juht: **Ahto Kalja**, vanemteadur, tarkvarateaduse laboratoorium

Liikmed:

Irina Astrova, vanemteadur (kuni 31.8.2015), konsultant (al 1.9. kuni 30.11.2015), vanemteadur (al 1.12.2015)

Pavel Grigorenko, teadur (kuni 30.11.2015)

Hele-Mai Haav, vanemteadur

Mait Harf, vanemteadur (kuni 30.11.2015), teadur (al 1.12.2015)

Vahur Kotkas, arendusjuht

Andres Ojamaa, teadur

Jaan Penjam, vanemteadur (kuni 30.11.2015), projektijuht (al 1.12.2015)

Jelena Sanko, insener

Enn Tõugu, juhtivteadur (kuni 30.11.2015), konsultant (al 1.12.2015)

Margarita Spitsškova, insener

Teadustöö ja tulemuste kirjeldus:

Tarkvaratehnika rühma teadlased uurivad ja arendavad automaatsel tarkvaratehnikal põhinevat modelleerimist ja simuleerimist, mh küberkaitses, lingitud andmete tehnoloogiat, semantilist veebi, veebiteenuseid.

Töötati välja poolautomaatne meetod valdkonna-ontoloogiate integreerimiseks valdkonnaspetsiifilise keele metamudelitesse. Veebilogide analüüsi teel leiti, milliseid tarkvaraarenduse mõisteid peavad professionaalid kõige olulisemateks. Modelleeriti ja simuleeriti erinevaid hüdrojõusüsteeme.

The researchers of the software engineering group study and develop modelling and simulation based on automated software engineering, applied in particular to cyber defense, linked data engineering, the semantic web and web services.

A method was developed for semi-automated integration of domain ontologies into domain-specific language meta-models. The software development concepts considered most important by professionals were identified by text mining blogs. Various fluid power systems were modelled and simulated.

Koostöö:

IKT T&A toetamise meetme projektis MBSJDT töötab rühm koos arendajatega OÜdest Aktors ja Bole.

A. Kalja töötab koos H. Jaakkola'ga (Tampere Tehnikaülikool).

3 publikatsiooni:

H.-M. Haav, A. Ojamaa, P. Grigorenko, V. Kotkas. Ontology-based integration of software artefacts for DSL development. In I. Ciuciu, H. Panetto, C. Debruyne, A. Aubry, P. Bollen, R. Valencia-García, A. Mishra, A. Fensel, F. Ferri, eds., *Proc. of OTM 2015 Confederated Int. Wkshs. OTM Academy, OTM Industry Case Studies Program, EI2N, FBM, INBAST, ISDE, META4eS and MSC 2015 (Rhodes, Oct. 2015)*, v. 9416 of *Lect. Notes in Comput. Sci.*, pp. 309-318. Springer, 2015. [doi: 10.1007/978-3-319-26138-6_34](https://doi.org/10.1007/978-3-319-26138-6_34)

A. Ojamaa, H.-M. Haav, J. Penjam. Semi-automated generation of DSL meta models from formal domain ontologies. In L. Bellatreche, Y. Manolopoulos, eds., *Proc. of 5th Int. Conf. on Model and Data Engineering, MEDI 2015 (Rhodes, Sept. 2015)*, v. 9344 of *Lect. Notes in Comput. Sci.*, pp. 3-15. Springer, 2015. [doi: 10.1007/978-3-319-23781-7_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-23781-7_1)

D. Ojastu, T. Robal, **A. Kalja.** The most prominent software development concepts cited in IT professionals' blogs. In R. Matulevicius, M. Dumas, eds., *Proc. of 14th Int. Conf. on Perspectives in Business Informatics Research, BIR 2015 (Tartu, Aug. 2015)*, v. 229 of *Lect. Notes in Business Inform. Process.*, pp. 197-212. Springer, 2015. [doi: 10.1007/978-3-319-21915-8_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-21915-8_13)

Uurimisrühm 11

- nimetus eesti keeles: **Fotoelastsuse uurimisrühm**
- nimetus inglise keeles: **Photoelasticity**

Laboratory of Photoelasticity

Juht:

Johan Anton, vanemteadur, johan@ioc.ee, +372 620 4182, fotoelastsuse laboratoorium

Liikmed:

Hillar Aben, juhtivteadur

Pearu Peterson, vanemteadur (alates 01.11.2015)

Teadustöö ülevaade:

Lühikirjeldus eesti keeles:

Fotoelastsuse laboratooriumis on rohkem kui 50 aasta jooksul välja töötatud teooria, meetodika ja mõõtmistehnoloogia jääkpingete määramiseks keeruka kujuga klaastoodetes. See tehnoloogia, fotoelastsustomograafia, on realiseeritud automaatpolariskoobis AP, mis on varustatud intelligentsete algoritmidega jääkpingete mõõtmiseks joogiklaasides, pudelites, elektrilampides, optiliste kiudude toorikutes, meditsiinilistes ampullides jne. Jääkpingete mõõtmiseks arhitektuurilistes klaasides ja autoklaasides on välja töötatud hajunud valguse meetodil baseeruv

polariskoop SCALP. Laboratooriumi baasil loodud OÜ Glasstress (www.glasstress.com) vahendusel kasutavad loodud mõõtmistehnoloogiat kümned klaasitehased üle kogu maailma. Täna on klaasi pingete mõõtmise polariskoope müüdnud rohkem kui sada eksemplari.

Lühikirjeldus inglise keeles:

In more than 50 years the Laboratory of Photoelasticity has developed theory, methods and measurement technology for determining residual stresses in glass articles of complicated shapes. This technology, photoelastic tomography, is implemented in the automated polariscope AP, accompanied with intelligent algorithms for measuring residual stresses in drinking glasses, bottles, electric lamps, optical fibre preforms, cathode-ray tubes, etc. To measure residual stresses in architectural glass panels and automotive glazing a polariscope SCALP, based on the scattered light method, has been developed. This measurement methodology is used in many glass factories all over the world provided by the company created on the basis of the laboratory, GlasStress Ltd. By now over a hundred polariscopes measuring residual stresses in glass have been sold.

Olulisemad teadustulemused eesti keeles:

Klaaspaneelide oluliseks parameetrik on jääkpinged, eriti pinged klaasi pinnal. Pingete mõõtmiseks pinnal on välja arendatud erinevaid seadmeid, mis kasutavad valguslainet levi tunneleffekti pinna lähedal või siis valguse hajumisel põhinevaid meetodeid. Mõlemat tüüpi seadmed on suhteliselt kallid. Samal ajal klaasi tootjad kasutavad pingete mõõtmiseks klaasipaneeli servadel. Selliseid mõõtmiseid saab läbi viia kasutades traditsioonilist 2D fotoelastsuse teooriat. Kuni praeguseni ei ole servapingete mõõtmise potentsiaali täielikult ära kasutatud. Nimelt on klaasi karastuse määra mõõduks just servapinged. Lisaks saab määrata piirkondi, kus keskmine pinged läbi paksuse on tõmbepinged. Samas aga ei ole võimalik määrata tegelikku pinget jaotust. Antud töös näitame, et kuna serva ja pinna pingete vahel esineb korrelatsioon, siis servapingetest on võimalik hinnata pingeid pinnal. Eksperimentide ja matemaatilise modelleerimise tulemuste põhjal on näidatud, et serva pinged praktiliselt on võrdsed pinna pingega. Teades pinna pingeid, on võimalik määrata paraboolset karastuspinge jaotust läbi klaasipaneeli paksuse. Millest omakorda on võimalik määrata tegelikku pinget välja nn tõmbepingete piirkonnas. Seega on võimalik läbiviia jääkpingete täielikku analüüsi klaaspaneelide servade lähedal.

On välja arendatud uudne relaksatsiooni meetod pingete mõõtmiseks keemiliselt karastatud klaasides. Kuna keemiliselt karastatud klaaside jääkpingete gradient on väga suur, siis pinna pingete mõõtmised valguse hajumise meetodil kui ka tunnel efekti kasutamisel on oluliselt keerulisem. Relaksatsiooni meetodi kasutamisel tehakse teatud paneeli sihis paksuse suunas lõike. Lõike pinnal normaalpinged kaovad. Seda võib käsitleda nagu rakendatakse pinnale lõike jääkpingeid aga vastandmargiga. Lõike lähedal tekib singulaarne pinget jaotus. Sellisel pingel väljal on komponendid, mis on risti paneeli pinnaga kui ka pikki paneeli pinda. Sellised pinged ei ole paneeli paksuse sihis tasakaalus. Vaadeldes polariskoobiga paneeli pinnaga risti, on võimalik mõõta singulaarse pinget välja poolt tekitatud kaksikmurduvust. Selline pinget väli sõltub jääkpingete jaotusest läbi paneeli paksuse. Viimast on võimalik aga määrata pöördülesande lahendamise teel.

Olulisemad teadustulemused inglise keeles

An important characteristic of glass panels is residual stress, especially stress at the surface. To measure this stress different devices have been developed, which use either the tunneling effect in light propagation near the surface or the scattered light method. Both devices are rather expensive. At the same time, many glass manufacturers use measurement of the stress at the edge of the panel. This measurement can be carried out with traditional methods of 2D photoelasticity. However, until now the data of edge stress measurement has not been used to the full extent. The edge stress itself is an estimation of the degree of temper of the panel. Besides, the region, where average through thickness stress is tensile, can be found. However, real stress

distribution in the panel can not be determined. In this work we showed that since the edge stress and surface stress are in correlation, the edge stress permits to estimate also the value of the surface stress. Experimentally and with mathematical modelling of the tempering process it has been shown that practically edge stress equals the surface stress. Knowing the surface stress, it is possible to determine distribution of the parabolic tempering stresses through the panel thickness. That permits also to determine real stress field in the so-called tensile stress area. Thus complete analysis of residual stresses near the edge of the panel can be carried out.

A new method, method of relaxation, has been developed for the measurement of stress in chemically tempered glass panels. Since the gradient of residual stresses in case of chemical tempering is extremely high, surface stress measurement with the scattered light method as well as with using the tunneling effect is highly difficult. With the relaxation method, a cut is made in the panel through the thickness along a certain line. At the cut surface, stresses normal to the cut surface vanish. That can be interpreted as applying to the surface of the cut residual stresses, but of opposite sign. Near the cut a singular stress distribution is created. This stress field has components both perpendicular to the surface of the panel as well as in the surface of the panel. These stresses are not in equilibrium through the panel thickness. By observations in a polariscope perpendicular to the panel surface, birefringence, caused by this singular stress field can be measured. This stress field depends on the residual stress distribution through the panel thickness. The latter can be determined by solving the inverse problem.

Koostöö:

Institute of Physics of the Tartu University
GlasStress OÜ

Olulised ilmunud 1.1 artiklid:

Aben, H.; Lochegnies, D.; Chen, Y.; Anton, J.; Paemurru, M.; Õis, M. (2015). A new approach to edge stress measurement in tempered glass panels. *Experimental Mechanics*, 55 (2), 483–486, [10.1007/s11340-014-9950-7](https://doi.org/10.1007/s11340-014-9950-7).

2.2 Loetelu struktuuriüksuse töötajate olulisematest siseriiklikest ja välisriiklikest T&A-ga seotud tunnustustest (*näidates töötaja nime, allüksuse ja ametikoha ning tunnustuse*).

Tarmo Soomere, juhtivteadur, valiti Läti Teaduste Akadeemia välisliikmeks (26.11.2015)

Jüri Engelbrecht, Mittelineaarse dünaamika laboratooriumi juhtivteadur, Eesti Vabariigi teaduspreemia pikaajalise tulemusliku teadus- ja arendustöö eest

T: Uustalu pälvis riigi teaduspreemia täppisteadustes 2011-2014 avaldatud tööde eest.

H.Aben, J.Anton (läbi ettevõtte GlasStress OÜ): Saksa majanduse auhind Eestis 2015 / German Economy Award in Estonia 2015

2.3 Loetelu struktuuriüksuse töötajatest, kes on riiklike T&A-ga seotud otsustuskogude liikmed (*näidates töötaja nime, allüksuse ja ametikoha ning otsustuskogu nimetuse*).

Tarmo Soomere:

- riiklike teaduspreemiade komisjoni esimees.
- Teaduste Akadeemia esindaja „Eesti Vabariik 100“ ürituste programmi koostamisel
- Ühtekuuluvuspoliitika 2014–2020 rakenduskava seirekomisjon (Rahandusministri 24.04.2015 käskkiri nr. 63)
- Tõukefondide 2014–2020 prioriteetsete suundade „Teadus- ja arendustegevuse inimressursi arendamine“ ja „Eesti TA konkurentsivõime tugevdamine teadusprogrammide ja kõrgkoolide ning teadusasutuste kaasajastamise kaudu“ juhtkomisjon
- Majanduse valdkondlik komisjon „Ühtekuuluvuspoliitika fondide rakenduskava 2014-2020“ prioriteetsete suundade 4 ja 5 alla kuuluvate meetmete tulemuslikumaks juhtimiseks (Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, väliskaubandus- ja ettevõtlusministri käskkiri 13.02.2015, nr. 15–0050)
- Struktuurifondidest rahastatava meetme “Institutsionaalse arendusprogrammi teadus- ja arendusasutustele ja kõrgkoolidele“ (ASTRA) hindamiskomisjon.
- Teadus- ja Arendusnõukogu liige (Vabariigi Valitsuse korraldus „Teadus- ja Arendusnõukogu koosseisu kinnitamine“ 19.11.2015 nr. 494).

J. Chapman osales liikmena EURAXESSi nõukojas.

H.-M. Haav osales Eesti ava- ja lingitud andmete töörühmas eksperdina.

E. Tõugu oli Eesti teaduse populariseerimise auhinna komisjoni esimees.

E. Tõugu töötas riigi teaduspreemiade komisjonis, Eesti TA üliõpilaste teadusauhindade komisjonis ja Eesti TA küberkaitse komisjonis.

T. Uustalu töötas ETAGi hindamishõukogu loodusteaduste ja tehnika ekspertkomisjonis.

2.4 Loetelu struktuuriüksuse töötajatest, kes on välisriikide akadeemiate või muude oluliste T&A- ga seotud välisorganisatsioonide liikmed (*näidates töötaja nime, allüksuse ja ametikoha ning välisakadeemia või muu olulise T&A-ga seotud välisorganisatsiooni nimetuse*).

- **Einar Meister**, vanemteadur, alates 01.01.2014 Ida-Soome ülikool, dotsent
- **Tanel Alumäe**, vanemteadur, alates 1.08.2015 Raytheon BBN Technologies, Boston, USA, teadur
- IFAC'i mittelineaarsete juhtimissüsteemide töörühma liige
- IEEE TC-CACS Action Group on Polynomial Methods for Control System Design esimees

Tarmo Soomere:

- Academia Europaea, valitud liige ()

Läti Teaduste Akadeemia, välisliige (2015)

Jüri Engelbrecht, Mittelineaarse dünaamika laboratooriumi juhtivteadur: Maailma Kunstide ja Teaduste Akadeemia (WAAS) juhtkomitee liige, Rahvusvahelise Teadusnõukogu (ICSU) peassamblee liige, Euroopa Teaduste ja Kunstide Akadeemia liige.

Andrus Salupere, Mittelineaarse dünaamika laboratooriumi vanemteadur: IUTAMi peassamblee liige

Jaan Kalda, Mittelineaarse dünaamika laboratooriumi vanemteadur: Euroopa Teaduste ja Kunstide Akadeemia liige, Pärsia lahe füüsikaolümpiaadi žürii esimees.

E. Tõugu on *Academia Europaea* liige al. 2010 (liikmed valitakse).

T. Uustalu on *International Federation for Information Processing (IFIP)* tööruhma 2.1 „*Algorithmic languages and calculi*“ liige al. 2010 (liikmed valitakse).

2.5 Struktuuriüksuses järel doktorina T&A-s osalenud isikute loetelu (*nii ETIS-e kaudu esitatud taotluste alusel kui muude meetmete alusel TTÜ-sse saabunud näidates ära järel doktori nime, allüksuse ja ametikoha, perioodi, päritoluma ja asutuse ning meetme, mille alusel järel doktorit rahastatakse.*)

Kairit Sirts, TTÜ Küberneetika Instituut, foneetika ja kõnetehnoloogia labor
Sihtkoht: Macquarie ülikool, Austraalia
Rahastus: tööleping Macquarie ülikooliga

Juri Belikov, juhtimissüsteemide laboratooriumi teadur, on järel doktorantuuris Israeli Tehnoloogiainstituudis (Israel Institute of Technology, Faculty of Mechanical Engineering & Faculty of Electrical Engineering), periood 10.09.2015 - 01.10.2017. Postdoktorantuuri finantseeritakse Iisraeli Tehnoloogiainstituudi järel doktori toetuse ja sealse juhendaja projekti abil.

Irina Nikolkina, teadur, 01.02.2012–31.01.2015, Prantsusmaa

Marika Eik, Aalto University School of Engineering; järel doktor

J. Chapman siirdus al 1.9.2015 järel doktorantuuri Strathclyde'i Ülikooli Glasgows.

M. Lepmets juba pikemalt töötanud erinevates teaduskeskustes välismaal, al 21.1.2013 on ta Dundalki Tehnoloogiainstituudis.

Eraldi tuuakse loetelu TTÜ-st järel doktorantuuri suundunud struktuuriüksuse töötajatest (*nii ETIS-e kaudu esitatud taotluste alusel kui muude meetmete alusel TTÜ-st välja suundunud näidates ära järel doktori nime, allüksuse ja ametikoha, perioodi, sihtkoha riigi ja asutuse ning meetme, mille alusel järel doktorit rahastatakse.*)

2.6 Soovi korral esitatakse muu informatsioon aruandeaasta T&A tegevuse kohta, sh saadud T&A-ga seotud tunnustused (va punktis 2.2 toodud tunnustused), ülevaade teaduskorralduslikust tegevusest, teadlasmobiilsusest ning hinnang struktuuriüksuse teadustulemustele, arengukava täitmisele vm.

- Uurimisrühmas viibisid doktorandid Monika Ciulkin Poolast (2 kuud) ja Bernd Kolar Austriast (1 kuu), mõlemaid finantseeriti DoRa vahenditest. Lisaks viibis uurimisrühmas post-doktorant Yu Kawano Jaapanist, 1kuu, oma finantseeringuga.
- Ü. Kotta on järgmiste ajakirjade toimetuse liige: *Acta Mechanica et Automatica*, Eesti Teaduste Akadeemia Toimetised.
- Hillar Aben, Jüri Engelbrecht, Enn Tõugu, Tarmo Soomere ja Tarmo Uustalu on Eesti TA liikmed (vastavalt alates 1977, 1981, 1990, 2007 ja 2010).

- I. Astrova töötas konverentsi *30th ACM Symposium on Applied Computing, SAC 2015, Software Engineering Track* (Salamanca), programmitoimkonna liikmena.
- J. Chapman töötas konverentsi *13th International Conference on Typed Lambda Calculi and Applications, TLCA 2015* (Varssavi) programmitoimkonna liikmena.
- H.-M. Haav töötas konverentsisarja *East-European Conferences on Advances in Databases and Information Systems, ADBIS* juhttoimkonnas, konverentsi *SEMANTiCS 2015* raames peetud võistluse *European Linked Data Contest, ELDC 2015* žüriis ja konverentside *41st International Conference on Current Trends in Theory and Practice of Computer Science, SOFSEM 2015* (Pec pod Snežkou) ja *18th International Conference on Business Information Systems, BIS 2015* (Poznan) programmitoimkondades ning ajakirjade *Scientific J of Riga Technical University* ja *Baltic J of Modern Computing* toimetuskolleegiumide liikmena.
- A. Kalja töötas konverentsi *19th East-European Conference on Advances in Databases and Information Systems, ADBIS 2015* (Poitiers) programmitoimkonna ja ajakirja *Baltic J of Modern Computing* toimetuskolleegiumi liikmena.
- J. Penjam töötas konverentsi *14th Symposium on Programming Languages and Software Tools, SPLST 2015* (Tampere) programmitoimkonna liikmena ning eksperdina Eesti delegatsioonis H2020 ICT komisjoni.
- E. Tõugu töötas ajakirjade *Computing and Informatics* ja *Knowledge-Based Systems* toimetuskolleegiumides.
- T. Uustalu korraldas Tallinnas rahvusvahelise konverentsi *21st International Conference on Types for Proofs and Programs, TYPES 2015*, olles ühtlasi selle programmitoimkonna esimees.
- Samuti korraldas T. Uustalu Eesti-Soome loogikaseminari Rakveres, COSTi aktsiooni *Runtime Verification Beyond Monitoring, ARVI*, juhttoimkonna ja töörühmade koosoleku Tallinnas, rahvusvahelise talvekooli *20th Estonian Winter School in Computer Science, EWSCS 2015* Palmes ning Eesti arvutiteaduse teooriapäevad Rogosis ja Jõekülas.
- T. Uustalu töötas järgmiste konverentside ja töötubade juhttoimkondades liikmena: *European Joint Conferences on Software Science, ETAPS, ACM SIGPLAN International Conferences on Functional Programming, ICFP* (kuni ICFP 2015-ni), *Workshops on Mathematically Structured Functional Programming, MSFP, Workshops on Fixed Points in Computer Science, FICS, International Conferences on Types for Proofs and Programs, TYPES, Workshops on Generic Programming, WGP, Workshops on Dependently Typed Programming, DTP*.
- T. Uustalu töötas järgmiste konverentside ja töötubade programmitoimkondades liikmena: *12th International Conference on Mathematics of Program Construction, MPC 2015* (Königswinter), *40th International Symposium on Mathematical Foundations of Computer Science, MFCS 2015* (Milano), *27th Nordic Workshop on Programming Theory, NWPT 2015* (Reykjavík) ja *1st Symposium on Dependable Software Engineering: Theories, Tools and Applications, SETTA 2015* (Nanjing).
- D. Ahman on al sügisest 2012 doktorantuuris Edinburghi Ülikoolis.
- Suvel stažeeris laboris Harvardi Ülikooli kraadieelõppur S. Schumann.
- 2011-2014 Eesti IKT teaduse sihtvalveerimisel hinnati loogika ja semantika rühma teadustöö rahvusvaheline tase “kõrgeks” ning üldhinnang rühmale anti “väljapaistev” (kõrgeimad võimalikud hinded). Tarkvaratehnika rühma teadustöö rahvusvaheline tase hinnati “korralikuks” ning üldhinnang rühmale anti “rahuldav”.