



Tartu Observatooriumi aastaraamat

Annual report
Tartu Observatory

2015

Koostanud / Compiled by: [Andres Kuusk](#), [Laurits Leedjärv](#), [Tiia Lillemaa](#), [Heli Lätt](#), [Anu Reinart](#),
[Mare Ruusalepp](#), [Andris Slavinskis](#), [Antti Tamm](#), [Riho Vendt](#), [Tõnu Viik](#)

Fotod / Photos by: [Viljo Allik](#), [Jaan Pelt](#), [Riho Vendt](#), and photo archive of [Tartu Observatory](#)

Küljendus /Layout by: [Tiia Lillemaa](#)

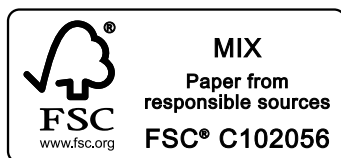
Esikaane foto / First cover photo: [Juulikuu keskmine vee läbipaistvuse hinnang Läänemeres 2010. aastal arvatatuna MERIS andmetest \(autor Krista Alikas, 2015\)](#). July monthly means Secchi depth in the Baltic Sea in 2010 calculated from MERIS images by [Krista Alikas \(2015\)](#).

Tagakaane foto / Cover photo: [Tartu Observatooriumi peahoone Valguse festivali tuledesäras. Foto külastuskeskuse arhiivist](#). The illuminated main building of Tartu Observatory in lights at the Festival of Lights. Photo from TO Visitor Centre Photo repository.

© [Tartu Observatoorium \(Haridus- ja teadusministeerium\)](#), 2015
Tartu Observatory (Estonian Ministry of Education and Research), 2015

ISSN 1736-3403

Trükitud / Printed by: [Paar OÜ](#)



Contents. Sisukord

Eessõna	5
Foreword	6
Tähtsündmused	7
Eesti sai Euroopa Kosmoseagentuuri (ESA) täisliikmeks	7
Tallinnas toimus ESA Maa seire koostööseminar	8
Suveakadeemia 2015	8
Esilinastus film „Kuidas ehitada kosmoselaeva?“	9
IUFROLE 2015 konverents Tartus	10
Traditsiooniline Tartu-Tuorla seminar	11
Valguse festival Tõraveres	11
Möödus 150 aastat ilmamõõtmiste algusest Eestis	12
ESA MVT töögrupi seminar	13
Näitus “Elus Universum” Tallinna Teletornis	13
Tunnustused	14
Teadusnõukogu töö	15
Eelarve	17
Projektid	18
Teaduse populariseerimine	20
Key events	25
Estonia became Member State of ESA in 2015	25
ESA Earth Observation Info Day in Tallinn	26
Summer Academy 2015	26
IUFRO Landscape Ecology Conference in Tartu	27
Tartu-Tuorla Seminar	28
Movie “How to Build a Spacecraft?”	28
Festival of Lights in Tõravere	28
Exhibition “Living Universe” in Tallinn TV Tower	29
Meteorological Observatory in Estonia 150	30
ESA Meris Validation Team meeting	30
Awards	31
Research Council	32
Budget	34
Projects	35
Public Outreach	37

Scientific Highlights. Teadussaavutused	41
Cosmology. Kosmoloogia	41
Stellar Physics. Tähefüüsika	52
Remote Sensing. Kaugseire	63
Space Technology. Kosmosetehnoloogia	71
Research Seminars. Teadusseminarid	79
Astronomy seminars. Astronoomia seminarid	79
Remote Sensing seminars. Kaugseire seminarid	80
Publications. Publikatsioonid	83
Articles in peer reviewed scientific journals	83
Books, monographies	86
Articles in proceedings	87
Published meeting abstracts	88
Other publications	89
Teaching. Õppetöö	90
Courses in the University of Tartu	90
Courses in the Estonian University of Life Sciences	91
Courses in the Ventspils University College	91
Theses. Kaitstud, juhendatud ja oponeeritud väitekirjad	92
PhD theses. Doktoritööd	92
MSc theses. Magistritööd	92
BSc theses. Bakalaureusetööd	92
Staff. Koosseis 31.12.2015	93

Eessõna

Eesti on ametlikult tegija Euroopa kosmoseasjades! Kaheksa aastat kestnud protsess, mille eesmärgiks oli Eesti liitumine Euroopa Kosmoseagentuuriga (ESA), jõudis lepingu jõustumiseni Tarkusepäeval, 1. septembril 2015. Eesti jaoks tähendab liitumine seda, et ESA tunnustab Eesti tehnoloogilist, teaduslikku ja administratiivset võimekust kosmose valdkonnas. Tartu Observatooriumi teadlased on liitumisprotsessis ESA-ga olnud aktiivsed ja tugevad partnerid nii Eesti kosmosebüroole kui ka vahetult osaledes ESA teadusmissioonides, Maa seire programmides, käivitades koostööd uute ettevõtetega ja õpetades noori kosmospetsialiste.



Kuigi ESTCube-1 missioon lõppes, oli see alles algus meie satelliit tehnoloogia arengule. Sel aastal kaitses doktorikraadi esimene satelliidiprogrammi tudeng. Üle paljude aastate tehti meie loost jälle film - „Kuidas ehitada kosmoselaeva?“, mis jälgis Eesti esimese kosmoselaeva valmimise pingelist teekonda ja noorte elu enne edu.

Saavutused teaduse populariseerimises ongi sel aastal eriliselt rõõmustavad – Mare Ruusalepp pälvis Eesti kõrgeima tunnustuse selles vallas – Tiiu Silla nimelise elutöö preemia. Tema juhatusel külastas meid üle 6000 astronoomia-huvilise. Külustuskeskuse aktiivõppeprogrammides sai osaleda veel 2600 koolilast, rahvusvahelise valgusaasta tähistamiseks korraldatud Valguse festival tõi Tõraverre üheks öhtuks 1700 külastajat, ning kümme korda rohkem on neid, kes on käinud Tallinna Teletornis uudistamas meie teadlaste koostatud näitust „Elus Universum“.

Aastat 2015 võib pidada ka väga aktiivseks koostöö edendamise aastaks – viisime läbi 27 erinevat üritust. Nende seas nii traditsioonilised Eesti-Soome kohtumised, tudengite Suveakadeemia, suure rahvusvahelise maastiku-ökoloogia konverentsi, kaks ESA seminari ja tähistasime koos kolleegidega ülikoolidest Metobsi 150. aastapäeva.

Samal ajal pole meie teadustulemused alla jäänud eelmisele aastale ja oleme kirjutanud palju uusi projektitaotlusi, väga palju ... Kas sellest kõigest piisab, et tagada järjepidevus ja kestvus? Hindamiskomisjonid juba töötavad, otsused selguvad varsti.



Tõraveres
veebruar 2016

Anu Reinart
Direktor

Foreword

On September 1st, 2015, Estonia became the 21st full member of the European Space Agency (ESA). More than eight years of preparations, discussions, audits and political will have finally lead to the signing of the contract. European countries have now recognized the high level of Estonian space research, technological capacity, and administrative skills. The staff of the Tartu Observatory has been closely involved in this process, working together with the Estonian Space Office, collaborating on ESA missions, and training the next generation of space scientists and engineers. Estonia's legacy of outstanding achievement in constructing instruments for space studies found its continuation after more than twenty years: as the Estonian ESTCube-1 student satellite mission is now complete, Estonia has joined the list of countries that have sent their own satellite into space. Perhaps no less importantly, the first doctoral thesis in space technology by a student who participated in this program has now been defended! Space is an inspiration to everybody – this was also proven by the premiere of the documentary „How to Build a Spacecraft“, an exciting story about our satellite and the life of the team in the run-up to the successful launch.

The long and devoted career of Mare Ruusalepp brought her the Tiiu Sild Memorial Lifetime Achievement Award for popularizing science. She has been talking about astronomy since 1992, presenting to over one hundred thousand people in total, both at the Tartu Observatory and at the non-profit organisation Stellaarium. More than 2600 pupils have participated in our active-learning programmes. During the Festival of Lights that was organized as part of the international Year of Light and Light Technology, around 1700 guests visited our institute in one night. Ten times as many visitors got the chance to experience the public exhibition “Living Universe”, prepared by our researchers for the Tallinn Television Tower.

The year 2015 was extremely active in terms of scientific networking – we hosted 27 different events. Among them were traditional bilateral Estonian-Finnish research meetings, a Summer Academy for students, the big international IUFRO Landscape Ecology Conference, two ESA seminars, and the celebrations of the 150th anniversary of the start of regular metrological measurements in Estonia.

At the same time, our research results have continued the strong showing of last year, and we have written many new project proposals. Was it enough for sustainability and continuity? The evaluation committees are already working, and decisions will be made known soon.



Anu Reinart
Director

Tõravere
February 2016

TÄHTSÜNDMUSED

Eesti sai Euroopa Kosmoseagentuuri (ESA) täisliikmeks

Eesti liitumine ESA-ga sai alguse koostööleppest, mis sõlmiti 20. juunil 2007 Tallinnas. Kaks aastat hiljem, 10. novembril 2009 sai Eestist ESA koostööriik ning avanesid võimalused ESA tellimuste täitmiseks koostööprogrammi riikide programmi kaudu ning 2014. aastal toimus põhjalik audit.



Lepingu allkirjastamise tseremoonial osalesid ESA peadirektor Jean-Jacques Dordain, ettevõtlus- ja väliskaubandusminister Anne Sulling, Riigikogu liige Ene Ergma ja Eesti saadik Prantsusmaal Sven Jürgenson. Samuti võtsid tseremooniast osa Eesti kosmosebüroo ja Tartu Observatooriumi esindajad.

4. veebruaril 2015 allkirjastas väliskaubandus- ja ettevõtlusminister Anne Sulling ESA peakorteris Pariisis Eesti liitumislepingu Euroopa Kosmoseagentuuriga.

ESA täisliikmeks sai Eesti 1. septembril 2015 pärast leppe ratifitseerimist riigikogu poolt. Eesti on seni kõige pisem Euroopa riik, mis ESA täisliikmeks on saanud. Euroopa Kosmoseagentuur on Euroopa riikide jaoks värav kosmosesse. Tegemist on iseseisva organisatsiooniga, mille missiooniks on kindlustada Euroopa kosmosealast arengut. ESA saadab oma astronaute rahvusvahelisse kosmosejaama (ISS), lisaks on agentuuril oma Kourou kosmodroom Prantsuse Guajaanas. Samuti viib ESA ellu kahte suurt koostööprojekti Euroopa Liiduga – arendab Euroopa oma sõltumatut positsioneerimissüsteemi Galileo ja Maa kaugseire programmi Copernicus.

Tartu Observatooriumi teadlased on liitumisprotsessis ESA-ga on olnud aktiivsed ja tugevad partnerid Eesti tehnoloogia ettevõtetele, osaledes ESA Gaia, Euclidi ja Plancki missioonides, Maa seire programmides ning eesti oma satelliidiga ESTCube-1 seotud satelliittehnoloogia arenduses.

Eesti jaoks tähendab liitumine seda, et ESA tunnustab Eesti tehnoloogilist, teaduslikku ja administratiivset võimekust kosmose valdkonnas. Teiselt poolt mõjub see soodsalt Eesti targale ettevõttele, kuna liikmemaks, mida Eesti riik maksab, tuleb suuremalt jaolt tellimustena tagasi Eesti ettevõtetele. ESA teadusprogrammis osalemine on liikmesriigile kohustuslik. Ühtlasi avab ESA liikmelisus Eesti ettevõtetele ja teadlastele uusi võimalusi koostööks Euroopa kosmosetööstuse suurfirmadega partnerina ESA tellimuste täitmisel. Lisaks saab nüüd iga Eesti kodanik kandideerida tööle Euroopa Kosmoseagentuuri vabadele töökohtadele.

Tallinnas toimus ESA Maa seire koostööseminar



ESA Maa seire infopäev Tallinnas

27. mail 2015 toimus Tallinnas Euroopa Kosmoseagentuuri Maa seire infopäev. Eesti peatse Euroopa Kosmoseagentuuriga liitumise valguses ühtlustati omavahel infot, et Eesti saaks parimal võimalikul moel Euroopa Kosmoseagentuuri Maa seire tegevustes kaasa töötada.

Päevakavas olid ettekanded mõlemalt poolt. Eesti teadlased tutvustasid meie Maa seire alaseid tegevusi ja võimekusi.

Euroopa Kosmoseagentuuri esindajad tutvustasid Maa seire programme ja tulevikuplaane. Pärastlõunal toimusid kahepoolsed kohtumised Eesti ettevõtete ja teadlaste ning Euroopa Kosmoseagentuuri esindajate vahel, et arutada konkreetseid lähiaastate koostööprojekte.

Suveakadeemia 2015

Tartu Observatoorium korraldas juba neljandat suve koostöös Tartu Ülikooliga Tõravere Suveakadeemia, mis 2015. aastal hõlmas praktikavõimalusi tudengitele, teadusmalevat gümnaasiumiõpilastele ja teaduslaagrit põhikooli noortele.

2015. aasta maist kuni septembrini oli Tartu Observatooriumi kosmosetehnoloogia osakonnas praktilik ligi 20 üliõpilast Saksamaalt, Kanadast, Indiast, Soomest, Vietnamist, Lätist, Türgist ning Eestist.

Juulikuust alates liitusid tudengitega Teadusmaleva noored. Teadusmalevas osalejate stipendiume rahastasid sel aastal Tartu Hansa Rotary (THR) klubi noorte arengu fond ning Tartu Observatoorium. Lisaks kümnele eesti gümnaasiumiõpilasele osalesid sel aastal teadusmalevas esmakordselt ka kolm läti noort.



Teadusmalevased koos Teadusmaleva toetaja THR klubi presidendi Katrin Kaarna ning Teadusmaleva käivitajate Mart Noorma ja Anu Reinartiga

Teadusmaleva eesmärgiks on anda teadushuvilistele koolinoortele võimalus oma teadmisi ja oskusi proovile panna, töötades suvisel koolivaheajal observatooriumis kuni kaks kuud ning tutvuda isikliku kogemuse kaudu teadlase elukutsega. Malevas osalejad töötasid iseseisva uurimiserühmana, otsides uurimisküsimusele ühiselt lahendusi. 2015. aasta suvel oli noorte ülesandeks uue katseseadme ehitamine ESTCube-2 arendamiseks. Uurimistöö edasiste etappide planeerimine, võrdse tööjaotuse korraldamine, vaheküsimuste tõstatamine ja lahenduste otsimine toimus malevlaste initsiatiivil ning juhendajad sekkusid sellesse protsessi võimalikult vähe.

Eesti põhikoolide lapsed said oma panuse kosmosetehnoloogia arendamisse anda sel suvel ühenädalases teaduslaagris.

Esilinastus film „Kuidas ehitada kosmoselaeva?“

28. septembril 2015 esilinastus Madis Ligema ja Jaak Kilmi dokumentaalfilm „Kuidas ehitada kosmoselaeva?“, mis jälgib Eesti esimese kosmoselaeva värvikat ja pingelist teekonda.

See on film tudengisatelliidi ESTCube-1 ehitamisest, taevasse läkitamisest ja elust enne edu.



ESTCube-1 tiimi liikmed Silver Lätt, Riho Vendt, Jaan Viru, Erik Kulu, Tõnis Eenmäe, Kaupo Voormansik, Indrek Sünter, Erik Ilbis, Mart Noorma, Henri Kuuste

IUFROLE 2015 konverents Tartus

24.–27. augustini 2015 toimus Tartus IUFRO (*International Union of Forest Research Organizations*) maastikuökoloogia töörühma konverents.

IUFRO, Rahvusvahelise Metsi Uurivate Organisatsioonide Liidu maastikuökoloogia töörühma (<https://iufrole.wordpress.com>) konverents toimub kahekuni kolmeaastase intervalliga maailma erinevais riikides. Viimased kolm neist konverentsidest olid 2008 Hiinas Chengdus, 2010 Portugalis Braganças ning 2012 Concepcionis Tšiilis. Selleaastane konverents toimus Tartus.

IUFROLE 2015 korraldajateks olid Tartu Observatoorium, Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituut ning põllumajandus- ja keskkonnainstituut, samuti Tartu Ülikooli loodus- ja tehnoloogia teaduskonna ökoloogia- ja maateaduste instituudi geograafia osakond. Konverentsist võttis osa 191 teadlast 33 eri riigist. Konverentsi toimumist kajastas veebileht <http://iufrole2015.to.ee>.



IUFROLE 2015 konverentsist osavõtjad Eesti Maaülikooli linnakus Tartus

Konverents toimus neljal päeval, millest kolm olid sümposiumide ja avatud sessioonide päevad ning üks konverentsi ekskursioonide päev. Konverentsi avamine ja esimesed plenaaristungid toimusid Vanemuise teatri väikeses majas, konverentsi põhiosa peeti Eesti Maaülikooli linnakus Tähtveres.

Konverentsi ekskursioonid viisid külalisi Eestimaa erinevatesse paikadesse. Kokku toimus kuus ühepäevast õppereisi. Konverentsi sümposiumide osale Tartus järgnes kolmepäevane ekskursioon Eesti ida- ja põhjapoolses osas ning Hiiumaal. Tellitud kaheksast plenaarettekandest kaks olid Eesti spetsialistidelt, üks prof. Ülo Niinemetsalt Eesti Maaülikoolist: *“How plant “talk” contributes to global change”* ja teine Aigar Kallaselt Riigimetsade Majandamise Keskusest (RMK): *“Estonian forestry development - revolutionary or evolutionary?”*.

Traditsiooniline Tartu-Tuorla seminar

Tartu Observatooriumi ja Tuorla Observatooriumi (Soome) kosmoloogide vahelise koostöö kõrghetk on traditsiooniline iga-aastane ühisseminar, mida peetakse vaheldumisi Eestis ja Soomes.



Traditsioonilisel kosmoloogide Tartu-Tuorla seminari osalejad Kubija hotelli ees

Seekordne seminar toimus 22.-25. septembril 2015 Võru lähedal Kubijal. Kaasa löi ligi 50 teadlast Eestist ja Soomest, lisaks ka kolleegid Prantsusmaalt, Saksamaalt ja USA-st. Arutelude peamiseks märksõnadeks kujunesid galaktilised filamentid, keskkond, tume plasma ja ESA tulevane teadussatelliit Euclid. Nüüdseks juba samuti traditsioonilise jalgpallilahingu võitis Eesti meeskond.

Valguse festival Tõraveres

31. oktoobril 2015 toimus Tõraveres Tartu Observatooriumi ruumides ja teleskoopide vaatluspargis esmakordselt valgust ning valguspõhiseid tehnoloogiaid tutvustav kogupere üritus „Valguse festival“. Festivali eesmärgiks oli teadvustada külalistele valguse ja valguspõhiste tehnoloogiate olulisust meie kodus ning ühiskonna arengus.

Põnevalt valgustatud oli nii observatooriumi peahoone kui selle ümbrus. Üritusest sai osa ligi 1700 huvilist, keda oli mitmeid kordi enam kui oskasime oodata. Huvilistele oli avatud kogu observatooriumi peahoone. Külalised said näha interaktiivseid väljapanekuid ning osaleda töötubades, mis aitavad mõista valguse olemust ja selle erinevaid kasutamisi.

Lisaks observatooriumi teadlastele – astronoomidele, kaugseire ja kosmose-tehnoloogia spetsialistidele – tutvustasid valguse kasutusalasid Tartu Ülikooli Kliinikumi, Politsei- ja Piirivalveameti, Psühhobussi, AHHA Teaduskeskuse ja Tallinna Teletorni esindajad. Esinesid muusikud. Öhtu kulminatsiooniks sai Tõravere tähistaeva all toimunud Jaan Ulsti lavastatud rännak „Valguse mets“.



Festivali plakat

Möödus 150 aastat ilmamõõtmiste algusest Eestis*

2. ja 3. detsembril 2015 tähistasid Eesti meteoroloogid, klimatoloogid, hüdroloogid, merefüüsikud ning geofüüsikud konverentsiga 150 aasta möödumist regulaarsete ilmamõõtmiste algusest Eestis ning võtsid kokku 150 Metobs-i sündmuste aastat. Ürituste toimumist kajastas veebileht <http://metobs150.to.ee>.

Tartus Tiigi Seltsimajas toimus 2. detsembril 2015 ajalookonverents METOBS 150, uue postmargi esitlus, jalutuskäik METOBS-iga seotud paikades Tartus ning pidulik õhtusöök Tartu Ülikooli kohvikus.

3. detsembril 2015 töi Tõraveres Tartu Observatooriumi saalis toimunud Eesti geofüüsika konverents kokku 100 Eesti ilmateadlast, kes on jätkanud ilma-vaatlusi tänaseni. Konverentsil esitati terve rida uurimusliku iseloomuga ettekan-
deid meteoroloogiast, klimatoloogiast, hüdroloogiast, atmosfääri- ja merefüüsikast ning sai kuulda värsked teadusuudiseid Maa sfääre täppisteaduslikult uurivatelt teadlastelt.



Eesti geofüüsika 2015 konverentsist osavõtjat Tartu Observatooriumi aatriumis Tõraveres

** 2. detsembril 1865 alustas Tartu ülikooli füüsikakateedri juhataja Arthur Joachim von Oettingen oma majas meteoroloogilisi vaatlusi. Sellega pani ta aluse pidevale vaatluste reale Tartus, mis kestab tänapäevani. Peale standardsete põhivaatluste tehti algusest peale spetsiaalseid mõõtmisi ja uurimisi. Seepärast peetakse mainitud kuupäeva Tartu Ülikooli Meteoroloogia Observatooriumi loomise kuupäevaks.*

ESA MVT töögrupi seminar Tõraveres ja Käärikul

9. - 11. detsembrini 2015 toimus Tõraveres ja Käärikul Euroopa Kosmoseagentuuri Meris Validation Team (MVT) töögrupi seminar, kus osales 30 kaugseire valdkonna spetsialisti.

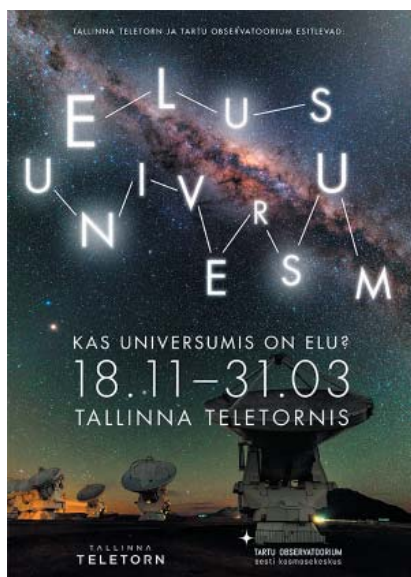
Kolmepäevase kohtumise jooksul tutvusid teadlased Tartu Observatooriumi laborite võimekusega, kuulasid ettekandeid ning arutasid valdkonna tulevikuküsimusi. Lisaks toimusid meeskonnatöö harjutused ja mäng, mis tutvustas Eestit.

Kohtumise tulemusena tõusis Tartu Observatooriumi kui teadusasutuse nähtavus rahvusvahelisel teadusmaastikul ning meie usaldusväärsus koostööpartnerina juhtivas rahvusvahelises teadusvõrgustikus.



Meeskonnatöö harjutus

Näitus "Elus Universum" Tallinna Teletornis



Näituse "Elus Universum" plakat

Tallinna Teletorn vahetas 2015/2016 hooaja talveperioodiks välja oma põhiekspositsiooni. Koostöös Tartu Observatooriumi tipp-teadlastega loodi Teletorni unikaalne universumi teemaline ekspositsioon „Elus Universum“, mis on huvilistele avatud 18. novembrist 2015 kuni 31. märtsini 2016.

Kosmoseteadlaste poolt koostatud rahvusvaheline näitus on esmakordne omataoline Eestis. Siin tuuakse välja teaduse uusimad avastused kosmose vallas alates tehnoloogiast kuni universumi mõistatusteni välja. Lisaks avaneb igal külastajal kohapeal võimalus testida güroskoopi, esitada küsimusi ja saada vastuseid näitust täiendavatel kohtumisõhtutel teadlastega.

Meie teadlastele oli teletorni näituse koostamine huvitav väljakutse, kuidas panna lihtsas keeles kirja astronoomia põhitõed ja uusimad saavutused.

Näituse produtsentideks olid Hälys Laanemäe ja Ivar Kaldam Tallinna Teletornist ning Heli Lätt Tartu Observatooriumist. Näituse kujundus ja teostus on Produktsioonigrupp OÜ-lt.

TUNNUSTUSED

Mare Ruusalepp pälvis Tiiu Silla elutöö preemia teaduse populariseerimise eest



*2015. aasta Tiiu Silla elutööpreemia laureaat
Mare Ruusalepp oma töölaua taga*

Tartu Observatooriumi kauaaegne teadussekretär, info töörühma ja külaliskeskuse juhataja, MTÜ Stellaarium juht Mare Ruusalepp pälvis 2015. aastal teaduse populariseerimise konkursil kauaaegse astronoomia populariseerimise eest Tartu Observatooriumis Tiiu Silla nimelise elutöö preemia, mida antakse välja pikaajalise ja süstemaatilise teaduse ja tehnoloogia populariseerimise eest. Preemiad anti üle 19. novembril 2015 Tallinnas Eesti Teadusagentuuri korraldatud konverentsil "Mida üks ei või, seda üheksa võivad", mille pea-

teemaks oli koostöö teaduse, tehnoloogiaja inseneeriavaldkonna populariseerimisel, hariduse edendamisel ja valdkonnas töötamise väärtustamisel.

2008. aastal pälvis MTÜ Stellaarium teaduse populariseerimise auhinna konkursil I koha. Nüüd tunnustati Stellaariumi vaimset ema ja juhti Mare Ruusaleppa personaalselt astronoomia ning Tõravere kui teadus- ja kultuurikeskuse tutvustamise eest Eesti rahvale. Viimase 18 aasta jooksul on Tartu Observatooriumi Tõraveres külastanud 3809 ekskursioonigruppi ehk 95 276 külastajat. Hinnanguliselt vähemalt kolmandikule gruppidest on Mare Ruusalepp ise giidiks olnud, kõigi ülejäänud gruppide juhtidega või kooliõpetajatega on ta aga suhelnud.

Eesti keel võimaldab torelda sõnademänguna väita, et Mare Ruusalepp on õpetanud tähti tundma kümneid tuhandeid kooliõpilasi. Kui vaid mõni protsentki neist on sellest saanud innustust asuda õppima loodus-, täppis- või tehnikateadusi, on see märkimisväärne panus Eesti majandust ning sedakaudu kogu ühiskonda arendavasse tegevusse, mida viimasel ajal on riigi poolt väga oluliseks peetud.

Tartu Observatooriumi nimelised stipendiumid

26. oktoobril 2015 toimunud teadusnõukogu koosolekul kinnitati Tartu Observatooriumi poolt välja antavate nimeliste stipendiumite saajad.

Astronoomia valdkonnas pälvis Ernst Julius Öpiku nimelise stipendiumi Tartu Ülikooli doktorant Boris Deshev, kes oma uurimistöös on keskendunud ühinevate galaktikaparvede mõju uurimisele nende koosseisu kuuluvatele galaktikatele.



Keskonnafüüsika valdkonnas pälvis Juhan Rossi nimelise stipendiumi Tartu Ülikooli geograafia magistrant Villem Voormansik, kes tegeleb oma magistriõpingute raames radarkaugseire meetodite arendamisega ning tutvustas selle valdkonna eestikeelse terminoloogia väljatöötamisega seotud tegevusi.

Kosmosetehnoloogia valdkonnas pälvis Charles Villmanni nimelise stipendiumi Tartu Ülikooli robotika ja arvutitehnika eriala magistrant Hendrik Ehrpais, kes tutvustas oma teadustöö tulemusi ESTCube-1 asendi määramise ja kontrolli süsteemi tööst orbiidil.

Hendrik Ehrpais (vasakul) ja Villem Voormansik stipendiumite kättesaamisel Tartu Observatooriumis

Kristiina Verro bakalaureusetöö võitis üliõpilaste teadustööde riiklikul konkursil I preemia

Tartu Observatooriumi tudengi Kristiina Verro bakalaureusetööd „Noovajäänuki Nova Persei 1901 füüsikalised omadused“ tunnustati Haridus- ja Teadusministeeriumi 2015. aasta üliõpilaste teadustööde riikliku konkursil loodusteaduste ja tehnika valdkonnas esimese preemiaga.

Töö kaitsi juunis 2015 Tartu Ülikoolis. Juhendajateks olid Tartu Observatooriumi teadur Tiina Liimets ja Kanaaride Astrofüüsika Instituudi teadur Romano L. M. Corradi Hispaaniast.



Kristiina Verro

TEADUSNÕUKOGU TÖÖ

Tartu Observatooriumi teadusnõukogu töötas 2015. aastal kahes koosseisus. Toimus 10 nõukogu koosolekut ning kahel korral kasutati elektroonilise hääletuse võimalust.

Aasta algul esitas teadusnõukogu ETAG-i hindamisnõukogu liikme kandidaatideks Tiina Nõgese ja Elmo Tempeli ning toetas Ergo Nõmmiste kandidatuuri samas nõukogus, vaagis observatooriumi finantsolukorda ning algatas arutelu Tartu Ülikooliga liitumise teemal seoses Haridus- ja teadusministeeriumi poolt kavandatud ASTRA meetmega.

Jaanuaris 2015 viis teadusnõukogu läbi konkursi direktori valimiseks ning esitas Haridus- ja teadusministeeriumile motiveeritud otsuse soovitusena valida Anu Reinart Tartu Observatooriumi direktoriks ka järgmiseks ametiajaks 2015 – 2020.

Veebruaris 2015 kinnitas direktor teadusnõukogu poolt välja töötatud teadustöötajate ametinõuded ning teadustöötajate valimise ja ametisse nimetamise korra. Märtsis kuulutati välja ning aprillis viidi läbi esimesed konkursid teadustöötajate valimiseks uue korra järgi.

9. märtsil 2015 kohtus teadlastega Jaak Aaviksoo.

1. aprillil 2015 algas Anu Reinarti teine ametiaeg observatooriumi direktorina.

16. aprillil 2015 toimus observatooriumi strateegiapäev, kus valiti teadusnõukogusse uued liikmed. Teadusnõukogusse kuulub kokku 13 liiget, kellest kaheksa valitakse observatooriumi teadustöötajate poolt. Teadusnõukogu uus koosseis kinnitati haridus- ja teadusministri 27. mai 2015 käskkirjaga nr 222.

Tartu Observatooriumi teadusnõukogusse kuuluvad alates 27. maist 2015:

Anu Reinart, Tartu Observatooriumi (TO) direktor, teadusnõukogu esimees

Laurits Leedjärv, TO vanemteadur, teadustöötajate valitud liige

Gert Hütsi, TO vanemteadur, teadustöötajate valitud liige

Rein Kaarli, Haridus- ja Teadusministeeriumi teadusosakonna nõunik

Marco Kirm, Tartu Ülikooli teadusprorektor

Mart Noorma, Tartu Ülikooli õppeprorektor

Tiina Nõges, Eesti Maaülikooli uurija-professor

Jan Pisek, TO vanemteadur, teadustöötajate valitud liige

Raivo Stern, Keemilise ja Bioloogilise Füüsika Instituudi direktor

Antti Tamm, TO teadur, teadustöötajate valitud liige

Elmo Tempel, TO teadur, teadustöötajate valitud liige

Peeter Tenjes, TO vanemteadur, teadustöötajate valitud liige

Riho Vendt, TO teadur, teadustöötajate valitud liige

Mais toimunud teadusnõukogu koosolekul lepitati kokku nõukogu töökorraldus, otsustati kuulutada välja teadustöötajate konkursid, koostada taotlus ASTRA meetmesse ning käsitleti teadussuundade strateegiadokumendi ja teadustöötajate atesteerimise korra koostamise ajakava.

Augustis kinnitas teadusnõukogu Tartu Observatooriumi ASTRA meetme taotluse, otsustas alustada läbirääkimisi Tartu Ülikooliga ning viis läbi teadustöötajate valimised väljakuulutatud ametikohtadele.

Septembris arutati „Eesti ülikoolide, teadusasutuste ja rakenduskõrgkoolide võrgu ja tegevussuundade raportit“, moodustati töögrupp läbirääkimisteks Tartu Ülikooliga, uuendati Tartu Observatooriumi nimeliste stipendiumite statuute ning viidi läbi 2015. aasta stipendiumikonkurss.

Oktoobris kinnitas teadusnõukogu 2015. aasta nimeliste stipendiumite võitjad.

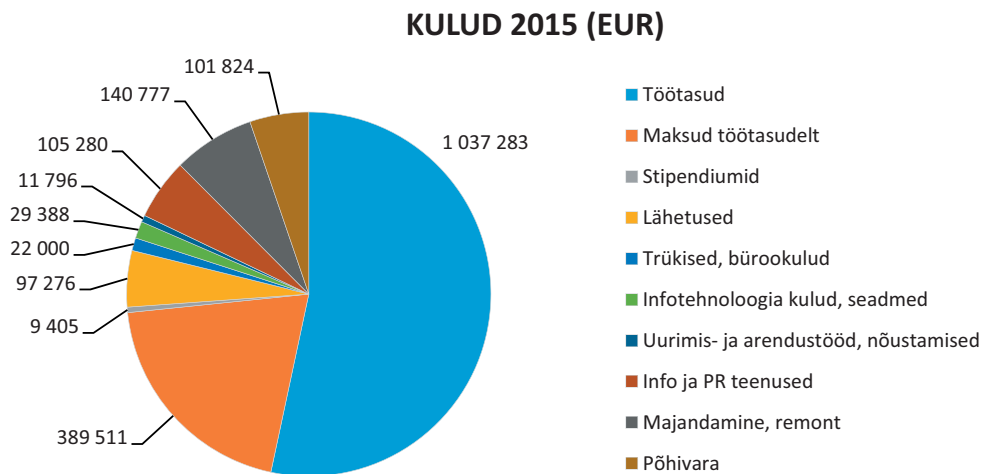
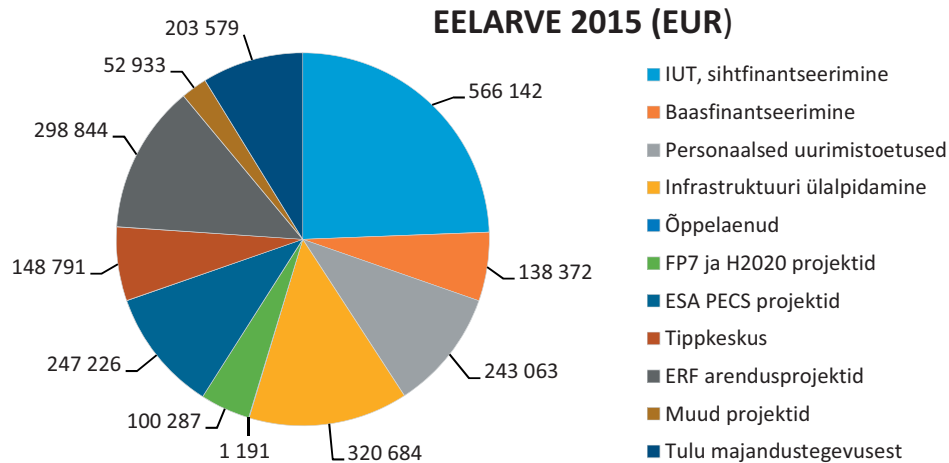
Novembris arutati päevakajalisi küsimusi – läbirääkimiste seisu ülikooliga, ülalmainitud raporti järelkajasisid, teaduspreemiate kandidaatide esitamist, teadustöötajate koosseisu ja struktuurimuudatusi.

Detsembris otsustas teadusnõukogu esitada 2016. aasta vabariigi teaduspreemia kandidaatideks Elmo Tempeli täppisteaduste valdkonnas ja Jan Piseki geo-bio-teaduste valdkonnas.

EELARVE

Tartu Observatooriumi kogueelarve 2015. aastal oli 2 321 112,62 EUR, millest 1 269 452,47 EUR laekus riigieelarvest sihtotstarbeliselt teadus- ja arendustegevuseks ja sellega seotud projektide läbiviimiseks (sisaldab ka jääki 2014. aastast 93 607,47 EUR). Lisaks laekus 1 051 660,15 EUR ulatuses ERF toetuste, FP7 ja H2020 projektide, ESA tellimuste ja muude lepingute kaudu.

Eelarve ja kulud jagunesid järgnevalt:



2015. aasta lõpul oli Tartu Observatooriumi teadustöötajate keskmine töötasu 1505 EUR kuus.

PROJEKTID

Institutsionaalsed uurimistoetused

2015. aastal jätkati Tartu Observatooriumis ühe sihtfinantseeritava teadusteema ja institutsionaalse uurimistoetuse (IUT) täitmist ning alustati kahe uue institutsionaalse uurimistoetusega.

Taimkatte kvantitatiivne kaugseire (SF0180009Bs11, teema juht A. Kuusk) (01.01.2011 – 31.12.2016) – 80 150 EUR. IUT26-2:

Galaktikate areng hierarhilises Universumis (vastutav täitja E. Saar, alates 01.06.2015 G. Hütsi) (01.01.2014 – 31.12.2019) – 288 000 EUR. I

UT40-1: Massiivsete tähtede muutlikkus ja evolutsioon Gaia ajastul (vastutav täitja I. Kolka) (01.01.2015 – 31.12.2020) – 50 000 EUR.

IUT40-2: Tumeaine filamentide tähtsus suuremastaabilises struktuuris ja galaktikate tekkimises (vastutav täitja E. Tempel) (01.01.2015 – 31.12.2020) – 100 000 EUR.

Personaalsed uurimistoetused

Eesti Teadusagentuuri kaudu rahastati ühte Eesti Teadusfondi granti, kolme personaalset uurimistoetust (PUT) ja ühte järeldoktori toetust (PUTJD):

Grant 9428: A. Tamm – Galaktiliste ketaste ja sferoidide osakaal Universumis (01.01.2012 – 31.12.2015) – 8 496 EUR.

PUT232: J. Pisek – Metsa aluspinna struktuur ja hooajaline dünaamika mitme vaatesuuna kaugseirest (01.01.2013 – 31.12.2016) – 46 480 EUR.

PUT246: J. Nevalainen – Kuhu küll pool barüonidest jäi? (01.01.2013 – 31.12.2016) – 66 720 EUR.

PUTJD5: T. Tuvikene – Automaatne tähespektrite eraldamine digitaliseeritud fotoplaatidelt: meetodid ja rakendus (01.05.2014 – 30.04.2016) – 69 920 EUR (toetuse kogumaht).

PUT645: E. Jakobson - Aerosoolide ja kasvuhoonegaaside panus kliima muutusesse Läänemere regioonis ning Arktikas (01.01.2015 – 31.12.2018) – 60 000 EUR.

Euroopa Liidu teaduskoostöö projektid

EL 7. raamprogrammi projekt GA 311970 FORMIT – Metsade majandamisvõimalused Euroopas kliimamuutuste mõju leevendusvõimekuse tõstmiseks (01.10.2012 – 30.09.2016): TO on partner, vastutav täitja M. Lang – 67 680 EUR (TO kogumaksumus).

EL 7. raamprogrammi projekt GA 313256 GLaSS – Sentinel satelliitide teenused järvede uuringuteks (01.03.2012 – 28.02.2016): TO on partner, vastutav täitja A. Reinart – 190 400 EUR (TO kogumaksumus).

EL teaduskoostöö programmi HORIZONT 2020 projekt GA 654215 AHEAD – Tegevused kõrge energia astrofüüsika valdkonnas (01.09.2015 – 28.02.2019), TO on partner, vastutav täitja J. Nevalainen – 42 475 EUR (TO kogumaksumus).

COST Action ES1309: Uudsed optilised meetodid ökofüsioloogiliste protsesside seireks (25.04.2014 – 24.04.2018) MC liikmed: L. Hallik, J. Kuusk.

COST Action FA1306: Vastupidavate sortide otsingud – fenotüüpiseerimine kogu taime ja raku tasandil (22.05.2014 – 21.05.2018), MC liige: L. Hallik.

Euroopa metroloogia teadusprogrammi (EMPIR) koostööprojekt MetEOC2 – Metroloogia tugi Maa ja kliima kaugseire uuringutele. Koostööpartner. (01.06.2014–31.07.2017), TO koordinaator: R. Vendt.

Euroopa Kosmoseagentuuri Euroopa koostööriikide programmi projektid ja Euroopa Kosmoseagentuuri tellimused

Projekt S3VT - Spektraalsete mõõtmiste kvaliteedi parandamine hägusate vete ja järvede kohal (S3VT) (01.07.2013 – 31.12.2016): A. Reinart

Projekt AGE – Algoritmid galaktiliste struktuuride kaardistamiseks Gaia ja Euclidi abil (20.01.2014 – 31.03.2016): A. Tamm – 181 148 EUR (TO kogumaksumus).

Projekt QUALITY – Vee ruumhajumise mõõtja (20.01.2014 – 30.04.2016): A. Reinart – 110 000 EUR (TO kogumaksumus).

Projekt MVT – MERIS valideerimine ja algoritmide 4. taastöötlus – MERIS valideerimise tööühik (MVT) (01.07.2014 – 30.11.2016): R. Vendt – 45 000 EUR (TO kogumaksumus).

Euroopa Liidu struktuuritoetused

Teaduse tippkeskuste arendamise projekt (3.2.0101.11–0031) "Dark Matter in (Astro)particle Physics and Cosmology" (01.01.2011–31.12.2015): juhtpartner KBFI, TO koordinaator E. Saar, projektijuht A. Tamm – 730 262 EUR.

Riikliku tähtsusega teaduse infrastruktuuri kaasajastamise projekt (3.2.0304.11-0395) "Eesti Keskkonnaobservatoorium" (01.01.2012–31.12.2015): juhtpartner Tartu Ülikool, TO projektijuht A. Kuusk – 130 321 EUR.

Keskkonnakaitse ja -tehnoloogia teadus- ja arendustegevus (KESTA) projekt (3.2.0801.12-0044) "Polaaralade kliima- ja keskkonnamuutused seotuna globaalsete muutustega ning nende mõju Põhja-Euroopa kliima kõikumistele" (01.04.2012–31.08.2015): juhtpartner Tartu Ülikool, TO projektijuht E. Jakobson – 36 105 EUR.

Keskkonnatehnoloogia teadus- ja arendustegevuse toetuse (KESTA) projekt (3.2.0801.11-0041) "Eesti kiirguskliima" (23.03.2012–31.08.2015): juhtpartner Tartu Ülikool, TO koordinaator K. Eerme – 170 550 EUR.

Teadusasutuste teadusaparatuuri kaasajastamise projekt (3.2.0302.13-0548) TAP53-1 "Kaugseire testimiskompleks 2" (01.04.2013–25.08.2015): M. Noorma – 87 200 EUR.

Teadusasutuste teadusaparatuuri kaasajastamise projekt (3.2.0302.13-0549) TAP53-2 "Elektromagnetkiirguse mõõtesüsteem" (01.04.2013–25.08.2015): R. Vendt – 87 300 EUR.

Programmi "Teaduse rahvusvahelistumine" algatus (3.2.0601.11-0001) "Eesti osalus Euroopa Kosmoseagentuuris – Kosmoseteaduse ja -tehnoloogiakoostöövõrgustik GEOKOSMOS" (01.08.2010–31.08.2015): A. Reinart – 143 380 EUR.

Programmi "Teaduse rahvusvahelistumine" algatus (3.2.0601.11-0001) "Eesti kosmosetehnoloogia ja -rakenduste programmi integreerimine Euroopa teadusruumiga COSMOTECH" (01.09.2013–31.08.2015): A. Reinart – 46 500 EUR.

Muud projektid ja lepingud

Eesti maastike muutuste uuringud ja kaugseire. Riikliku keskkonnaseire programmi allprogramm, Keskkonnaministeerium: U. Peterson – 10 000 EUR.

Deklareeritud põllupindade kontroll kaugseirevahenditega. Teadus- ja arendusleping Põllumajanduse Registrite ja Informatsiooni Ametiga (PRIA): U. Peterson – 5 850 EUR.

Loodusõppe päev Tartu Observatooriumis Tõraveres III ja IV kooliastmele. 2015-2016, KIK, Heli Lätt - 45 681,84 EUR.

Keskkonnahariduslikke aktiivõppepäevade läbiviimine Tartu Observatooriumis Tõraveres III ja IV kooliastmele. 2015-2016, KIK, Heli Lätt - 9 933,22 EUR.

Koostööleping rohumaade niitmise tuvastamiseks (Regio): K. Voormansik

Algoritmi koostamine niitmise kontrolli läbiviimiseks Sentinel 1 andmete baasil (Põllumajandusministeerium, PRIA): K. Voormansik – 23 240, 50 EUR

TEADUSE POPULARISEERIMINE

Aastat 2015 võib pidada observatooriumis ka populariseerimise aastaks, sest tegevusi ja tunnustust tehtule jagus sellel aastal küllaga. Pikaajalisest järjepidevusest annab tunnistust jätkuv huvi Stellaariumis tehtavate ekskursioonide vastu. Koolide poolehoidu oleme võitnud oma väga hea meetoodilise lähenemise ja teoreetilisi materjale hõlmavate aktiivõppeprogrammidega. Rahvusvahelise valguse ja valguspõhiste tehnoloogiate aasta lõpuürituseks kujunenud Valguse festivali Tõraveres korraldas Tartu Observatoorium ning ühtlasi avas observatoorium aasta lõpus Tallinna teletornis kosmoseteemalise näituse „Elus universum“.

Aktiivõppeprogrammid

Observatooriumi peahoones toimuvaid ühe päevaseid aktiivõppeprogramme viidi 2015. aastal läbi 88 korral, mille jooksul külastas observatooriumit ligi 2600 õpilast. Õppeprogrammide raames külastas observatooriumi 30 erineva kooli õpilased, 11 maakonnast. Kõiki õpilasgruppe võtsid vastu kaks juhendajat: Triin Sumberg ja Anu Tuvikene. Programmide kohta täpsem info <http://kylastuskeskus.to.ee/est/programmid>.

Valguse festival

31. oktoobril 2015 korraldas observatoorium rahvusvahelise valguse ja valguspõhiste tehnoloogiate aasta raames kogupereürituse "Valguse festival". Üritus koosnes kahest osast, millest esimeseks oli teadusala, kus tutvustati valguspõhiseid tehnoloogiaid meie igapäevaelus ja teiseks oli teleskoopide vaatluspargis toimunud rännaklavastus „Valguse mets“.

Valguse festivali külastas ligikaudu 1700 inimest. Festivali produtsendid olid Heli Lätt (Tartu Observatoorium) ja Jaan Ulst.

Teadusalaks oli observatooriumi peahoone, kus paljud teadlased avasid külastajatele oma kabineti ukсед ning rääkisid oma igapäeva tööst. Koostööpartneritena tulid oma erialaseid seoseid valguse ja valguspõhiste tehnoloogiatega rääkima Tartu Ülikooli Kliinikumi radioloogia ja hematoloogia-onkoloogia kliiniku töötajad, Eesti Politsei- ja Piirivalveameti Lõuna Prefektuuri kriminalistid, Psühhobuss, Tallinna Teletorn ja Teaduskeskus AHHA. Kokku oli avatud majas 21 teadustuba.



PPA kriminalistid tutvustavad festivali töötoas valguspõhiste tehnoloogiate kasutamist oma igapäevatoos

Rännaklavastus „Valguse mets“ koosnes viiest pildist. Jalutuskäigul viidi publik valgustatud metsa, kus esinesid tantsijad, lauljad, muusikud ja tulemeistrid. Valgusetenduse lavastaja oli Jaan Ulst. Lavastuse originaalmuusika autoriks oli Ardo Ran Varres ning valgusmaastiku kujundas Ringo Muhhin (Eventech). Kõik lavastuse pildid oli eesti mütoloogia lugudest inspireeritud iseseisvad kunstilised tervikud. Festival oli osavõtjatele tasuta. Üritust toetasid Tartu Observatoorium, MTÜ Stellaarium, Kultuurkapital, Nõo vald, Tartumaa Omavalitsuste Liit, Elva linn, AudioSky ja Enics. Pilte 2015 aasta festivalist ja 2016. aastal toimuva kohta leiate aadressil: <http://valgusefestival.to.ee/>.

Näitus „Elus Universum“ Tallinna Teletornis



*Heli Lätt annab intervjuid näituse
„Elus Universum“ avamisel
Tallinna teletornis*

18. novembril 2015 avati Tallinna Teletornis Tartu Observatooriumi koostatud kosmose-teemaline näitus „Elus universum“.

Näitus jääb avatuks 2016. aasta märtsi lõpuni. Näituse idee on vastata erinevatest aspektidest küsimusele „Kas inimkond on ainulaadne või leidub Universumis veel teisigi mõistuslikke olendeid?“

Näitus otsib vastuseid küsimustele: Mis on elu? Mida me teame Universumist? Kuidas inimkond otsib elu Universumis? Kas oleme leidnud mõistuslikku elu väljaspool Maad? Mida toob tulevik?

Kosmoseeadus ei ole ammu enam niisiteema, sest seal tehtud avastused mõjutavad meie igapäevast elu palju enam kui me arvatagi oskasime. Näitusel kajastuvad nii Eesti tippteadlaste rahvusvahelise koostöö tulemused kui maailma uusimad avastused elu võimalikkusest kosmoses.

Näituse valmimisele aitasid kaasa Anu Reinart, Heli Lätt, Antti Tamm, Elmo Tempel, Ilmar Ansko, Joel Kuusk Mihkel Kama, Mihkel Pajusalu Tartu Observatooriumist ja Alvo Aabloo Tartu Ülikoolist. Näituse produtsentideks olid Hälyls Laanemäe ja Ivar Kaldam Tallinna Teletornist ning Heli Lätt Tartu Observatooriumist. Näituse kujundus ja teostus on Produktsioonigrupp OÜ-lt.

Näituse koostamisel on lisaks Tartu Observatooriumi ja Tartu Ülikooli teadustöödele kasutatud pilte ja videomaterjali Euroopa Kosmoseagentuuri (ESA), Euroopa Lõunaobservatooriumi (ESO), Ameerika rahvusliku kosmoseagentuuri (NASA) arhiividest. Ekspositsiooni on integreeritud ka Eesti kosmosehuvilise ja hobifotograafi Raivo Heina digitaalfotode näitus.

Ekskursioonid Stellaariumis

Astronoomia tutvustamiseks mõeldud ruumides Stellaariumis jätkus tavapärase populariseerimistegevus. 2015. aastal võeti vastu 208 gruppi 5200 huvilisega ja organiseeriti 14 avalikku vaatlusõhtut. 25. septembril 2015 osaleti Teadlaste Öö üritustel (~150 osavõtjat). Uudse üritusena tähistati 21. juunil 2015 Rahvusvahelist Päikese Päeva (International SunDay), mille raames näidati spetsiaalse päikese teleskoobiga Päikese pinna aktiivsust - plekke ja aine väljavoolu. Avatud oli ka Stellaarium, kus käis kohal ~70 huvilist.

1. augustil 2015 toimus Elvas looduskaitstjate kokkutulek, millest võttis osa ~400 inimest ja kõik nad käisid selle päeva jooksul väiksemate gruppides Tõraveres, kus neile tutvustati populaarses vormis siinset teaduslikku tegevust, näidati teleskoopi ja sai vaadata Stellaariumi väljapanekut.

Kõige rohkem, 65 gruppi on 2015. aastal vastu võtnud Kalju Annuk. Alar Puss on juhendanud 58 gruppi ja Mare Ruusalepp 35 gruppi. Teiste giidide panus on väiksem.

Juunis ja detsembris toimusid astrofotograafia kursused, kus Taavi Tuvikene õpetas huvilistele, kuidas pildistada taevaseid objekte.

Valguse festivali ajal 31. oktoobril 2015 olid huvilistele avatud nii Stellaarium kui teleskoobi torn, kus näidati Kuud.



Eesti teadusasutustes töötavad välisteadlased Stellaariumis 1,5 m teleskoopi uudistamas

IX Rahvusvaheline Astronoomia ja Astrofüüsikaolümpiaad Semrangis, Indoneesias

2015. aasta olümpiaaditsükli korraldasid TÜ Teaduskooli egiidi all toimuvat astronoomia lahtist võistlust Tiit Sepp, Rain Kipper ja Tõnis Eenmäe. Viimane neist osales koos Jaan Lauriga Eesti koondise juhina ülemaailmsel astronoomia ja astrofüüsika olümpiaadil.



Rahvusvahelisest astronoomia ja astrofüüsika olümpiaadi maskott iirituse toimumispaigas Semrangis Indoneesias

Kokku osales lahtisel võistlusel 38 õpilast, kelle seast valiti 9 koondisekandidaati: Taavet Kalda, Paul Kerner, Carel Kuusk, Hartvig Tooming güümnaasiumiastmes ning Kaarel Kivisalu, Richard Luhtaru, Gamithra Marga, Airon Johannes Oravas, Grete-Triin Sulengo ja Loona Volke põhikooliastmes. Neile korraldati viiepäevane treeninglaager, kus valiti viis Eesti koondislast ülemaailmsele olümpiaadile.

Viiele koondise liikmele korraldati Tartu Observatooriumis ka teine 4-päevane treeninglaager. Lisaks eespoolmainitutele õpetasid treeninglaagrites lapsi ning aitasid ülesandeid parandada ka Eero Vaher, Mihkel Moorits Muru, Lauri Juhan Liivamägi ja Andres Põldaru.

26. juulist kuni 4. augustini 2015 toimus IX Rahvusvaheline Astronoomia ja Astrofüüsikaolümpiaad Semarangis, Indoneesias. Sellel astronoomiaolümpiaadil osales Eesti võistkond esmakordselt. Meie jaoks oli tegemist uudse olümpiaadi-formaadiga. Ülesannete raskusaste vastas pigem ülikooli bakalaureuse tasemele. Keerulised ülesanded peegeldusid ka selle aasta tulemustes.

Eesti võistkonnast said Taavet Kalda (Gustav Adofi Gümnaasium, 10. kl.), Paul Kerner (Tallinna Tõnismäe Reaalkool, 10. kl.), Richard Luhtaru (Miina Härma Gümnaasium, 8. kl.) ja Airon Johannes Oravas (Tallinna Prantsuse Lütseum, 9. kl.) unnustusdiplomi. Lisaks osales ülemaailmsel jõukatsumisel veel Hartvig Tooming (Tallinna Prantsuse Lütseum, 10. kl.), kes teenis osalemisdiplomi. Hoolimata keerulistest ülesannetest ja Eesti koondise noorusest saavutasime üldarvestuses siiski väga hea koha. 39 osalenud riigi arvestuses jagas Eesti 21. kohta Brasiiliaga.

Järgmisel aastal toimub olümpiaad Indias, mis kindlasti ei tähenda lihtsaimaid ülesandeid, kuid nüüd oskame me sellise raskustasemega arvestada. Eesti võistkondade osalemist rahvusvahelistel võistlustel rahastab HTM ja nende lähendamist koordineerib TÜ Teaduskool.

Huvitavad ilmastikunähtused



Urmas Haud pildistas virmalisi 2015 märtsis Tõraveres

17.-18. märtsil 2015 oli Tõraveres näha virmalisi. Tartu Observatooriumi vanemteadur Urmas Haud tegi sellest lühifilmi "Virmalised Eestis, 17.-18. märts 2015", kus kevadel Eesti taevas näha olnud intensiivsete virmaliste näitel selgitatakse virmaliste tekkimist ja nende vaatlusvõimalusi Eestis.

Viidefilmileonäratoodud Eesti virmalistehuvilisikoondavasportaalis Virmalised.ee ning huvilised said seda näha Valguse festival ajal Tõraveres. Film on avalikkusele kättesaadav aadressil <https://www.youtube.com/watch?v=XMdkpHvR58I>.

20. märtsil 2015 toimus Tartu Observatooriumi peahoone ees avalik Päikesevarjutuse vaatlus.

KEY EVENTS

Estonia became Member State of ESA in 2015

The Estonian flag is now flying at ESA sites alongside those of ESA's other Member States, after Estonia officially became ESA's 21st Member State on 1st of September 2015.



Estonian Minister of Economic Affairs and Communications responsible for Foreign Trade and Entrepreneurship Anne Sulling and ESA Director General Jean-Jacques Dordain on the signing ceremony of the Agreement on Estonia's accession to the ESA Convention

The Agreement on Estonia's accession to the ESA Convention was signed on 4th of February 2015 by Jean-Jacques Dordain, then ESA Director General, Anne Sulling, Estonian Minister of Economic Affairs and Communications responsible for Foreign Trade and Entrepreneurship, Ene Ergma, Member of Parliament and Head of Estonian Space Committee, and Sven Jürgenson, Estonian Ambassador in France.

Following this signing, the process of ratification by the Estonian government began. This process was concluded on 1st of September 2015. Estonia deposited its instrument of ratification of the ESA Convention in Paris, becoming an official ESA Member State. Estonia's cooperation with ESA started with the signature of a Cooperation Agreement on 20th of June 2007 in Tallinn. Estonia strengthened its cooperation with ESA through the European Cooperating State Agreement signed on 10th of November 2009.

ESA Earth Observation Info Day in Tallinn



Participants listening the presentations on the ESA EO Info Day in Tallinn

On 27th of May 2015, an information day of the European Space Agency was held in Tallinn. Almost the entire management of the Earth Observation department of the European Space Agency took part in the event. As Estonia has become a new member of the European Space Agency in 2015, an information was shared mutually to ensure Estonia's capability to take part in the work of the European Space Agency Earth Observation work in the most efficient way.

There were presentations from both sides. The Estonian scientists introduced their work and capabilities in the field of Earth Observation and the representatives of the European Space Agency introduced the Earth Observation programmes and future plans. In the afternoon, two-sided meetings were held between the Estonian entrepreneurs and scientists and the representatives of the European Space Agency in order to discuss specific cooperation projects for the coming years.

Summer Academy 2015

The Summer Academy 2015 included internships for students, Science Task Force for gymnasium and Science camp for elementary school pupils. There were about 20 students from Germany, Canada, India, Finland, Vietnam, Latvia, Turkey and Estonia working in Tartu Observatory as summer interns from May until September 2015.

In July and August 2015, Tartu Observatory in cooperation with the University of Tartu held the Science Task Force event in Tõravere. This year, the participants' scholarships were funded by the Tartu Hansa Rotary (THR) Club Youth Development Fund. The Science Task Force gave a chance to young talented people to challenge their knowledge and skills through up to two months of work in the department of Space Technology of Tartu Observatory.

Tartu Hansa Rotary club decided to grant the stipends to the following applicants: Eva-Maria Tõnson, Markus Rene Pae, Kelli Randmäe, Gregor Eesmaa and Carel Kuusk. The coordinator of the Science Task Force was chosen to be the winner of this season of Rakett 69 Karl Reinkubjas, who was also awarded the THR stipend. Taking into account the high level of applicants, in addition to the THR stipends, Tartu Observatory decided grant funding for four additional participants. The choice was made to include Karina Sein, Daniil Lepkin, Anni Kasikov and Eigo Varemäe. The Science Task Force became international by inviting three pupils from Latvia: Laima Anna Dalbiņa, Reinis Irmejs and Viktorija Leimane.

Sustaining Ecosystem Services in Forest Landscapes Conference IUFRO Landscape Ecology Conference 23-30 August 2015, Tartu, Estonia



Ajith Perera, Head of the Scientific Organising Committee and Tiia Lillemaa, Member of LOC in Tartu

Supported by the IALE-IUFRO Group the forest landscape community met in Tartu from 23rd to 27th of August 2015. The biannual conference of the 8.01.02 IUFRO Working Party, gathering 191 participants, with seven keynote addresses, 12 symposia, eight open sessions, and a poster session. The conference was organized by Tartu Observatory, University of Tartu and Estonian University of Life Sciences.

Presentations and exchanges focused on many aspects of sustaining ecosystems services from forest landscapes, e.g. mapping technologies, spatial patterns, planning approaches, management strategies, challenges and opportunities, conserving biodiversity, and cultural and aesthetic values. A key theme that emerged from the proceedings was the necessity to broaden the scope of planning horizon towards a landscape-scale perspective. Even though this approach is complex and involves socio-economic issues having important policy implications, landscape-scale appears to offer the best opportunity for sustained provision of ecosystem services.

The integrative and pluralistic framework of landscape ecology may substantially facilitate the management and conservation of the forests. A landscape perspective is needed whenever landscape spatial patterns can be expected to have a significant effect on forest use efficiency and sustainability.

The studies presented in this conference have demonstrated that management and conservation of forest ecosystems should not exclusively occur at a single scale, and that studies must be conducted at different scales to encompass whole landscapes to fully understand critical patterns within landscapes and their reciprocal interrelationships through the different natural and anthropic processes.



Urmás Peterson, Head of LOC on the nomination of IUFROLE one of the best conferences in Tartu in 2015

Tartu-Tuorla Seminar

The highlight of the collaboration between cosmologists from Tartu Observatory (Estonia) and Tuorla Observatory (Finland) is a traditional annual seminar held in either Estonia or Finland. In 2015, the seminar was held on 22nd to 25th of September in Estonia at Kubija near Võru. Participants included nearly fifty researchers from Estonia and Finland, but also colleagues from France, Germany and USA. Galactic filaments, environment, dark plasma and the forthcoming ESA scientific mission Euclid became the main keywords of the discussions. The accompanying football match, also traditional by now, was won by the Estonian team.

Movie “How to Build a Spacecraft?”

On 28th of September 2015 there was a premiere of the documentary film by Madis Ligema and Jaak Kilm „How to Build a Spacecraft?” dedicated to building and launch of the student satellite „ESTCube-1”. The story is about the intense and colourful journey of the Estonian first spacecraft, and life of the team before the success.



ESTCube team on the premiere of movie “How to Build a Spacecraft?”

Festival of Lights in Tõravere

On 31st of October 2015 Tartu Observatory organized a family event „Festival of Lights” to introduce the usage of light and light-based technologies at home and in the development of society.

There were about 1700 guests taking part of the event, much more than we expected. The whole building of observatory was opened to the public for one night. The visitors enjoyed interactive expositions and participated in the workshops that helped to understand the nature of lights and different methods of use of lights.

In addition to researchers of observatory – astronomers, remote sensing and space technology specialists, the fields of application of

lights were presented by specialists from Tartu University Hospital, Police and Border GuardBoard, Psyhhobus, Science centre AHHAA and Tallinn TV Tower.

The journey-performance „Forest of Lights“ was the culmination of the evening under the starry sky in Tõravere. The trees, bushes and telescope domes were illuminated in different colours. The producer of the Festival of Lights were Heli Lätt and Jaan Ulst, the original music for performance was written by Ardo Ran Varres and the author of landscape illumination was Ringo Muhhin (Eventech). The event was supported by Tartu Observatory, MTÜ Stellaarium, Kultuurkapital, Nõo county, Tartumaa Omavalitsuste Liit, Elva city, AudioSky and Enics.



The whole building of Tartu Observatory was illuminated and opened to the public for one night on 31st of October 2015 during the Festival of Lights

Exhibition “Living Universe” in Tallinn TV Tower

Tallinn TV Tower replaced its main exposition for the winter period 2015/2016.

The unique exhibition about Universe was created by the top scientists of Tartu Observatory especially for Tallinn TV Tower, including an exciting experience-based part in addition to usual visual exposition.

The new exhibition “The Living Universe” is open from 18th of December 2015 until 31st of March 2016.

This international exhibition, created by space scientists of Tartu Observatory is the first of its kind in Estonia. The newest research results in the space field are exposed there - beginning from technology up to mysteries of the universe. The visitors may test a gyroscope, ask questions and get answers at the meetings with scientists.

Riina Roosipuu, the Head of Tallinn TV Tower said that TV tower has already proven itself as an interesting exhibition place, and she is very happy that top scientists agreed to “translate” this exciting field of science into the language of popular science and open up the secrets of the universe to the wider public.

Meteorological Observatory in Estonia 150

In 2015 the Estonian meteorologists, climatologists, hydrologists, sea- and geophysicists celebrated 150 years from the beginning of the regular weather measurements in Estonia.

On 2nd of December 2015 there was a history conference METOBS 150 in Tartu, presentation of the new post stamp, tour in METOBS sites and gala dinner in the Tartu University Café.

On 3rd of December 2015 the event continued with the conference "Estonian Geophysics 2015" in Tartu Observatory, Tõravere where about 100 Estonian geophysicists participated. The newest scientific highlights in the field were presented there.

Presentations are available in the website <http://metobs150.to.ee>.



Stamp issued to commemorate the METOBS 150 anniversary

ESA Meris Validation Team meeting

ESA MERIS Validation Team meeting was held in Tõravere and Kääriku from 9th to 11th of December 2015 with 30 remote sensing specialists from 13 countries all over the world. They presented the latest results of the field and discussed the future developments. The capabilities of Tartu Observatory laboratories were introduced to the partners as well. The visibility of our institute and reliability of our services increased among our partners in the leading international scientific network due to this meeting.



Participants of ESA MVT meeting in Tõravere

AWARDS

The Tiiu Sild Prize for lifetime work in popularizing science was awarded to Mare Ruusalepp



Mare Ruusalepp

Mare Ruusalepp, a long term Scientific Secretary, Head of the Information Group, Head and Advisor of the Visitor's Centre of the Tartu Observatory, and leader of the Stellaarium, was awarded the Tiiu Sild Prize of 2015 for communicating astronomy to more than one hundred thousand people.

In 2008, the non-profit organization Stellaarium deserved the first prize in the state competition on popularization of science. Now the intellectual mother and leader of the Stellaarium Mare Ruusalepp was recognized personally for dissemination of knowledge on astronomy and on Tartu Observatory as a scientific and cultural centre of the Estonian nation.

During the last 18 years 3875 excursion groups with 97 421 visitors have visited Tartu Observatory at Tõravere. Mare Ruusalepp has personally guided about one third of these groups, and has communicated with group leaders and teachers of all the remaining groups. In Estonian the word "täht" means both star in the sky and alphabet letter. So we can say that Mare Ruusalepp has taught tens of thousands of schoolchildren to read the book of heaven. If even only a few per cent of them were inspired by this teaching to continue their studies in exact and natural sciences or technology, this would be a great contribution to the economy of Estonia as well as to our community as a whole.

The Research Council nominated scholars of Tartu Observatory 2015

On 26 October 2015 scholars of 2015 in the fields of astronomy, environmental physics and space technology were nominated.

In astronomy the winner of Ernst Julius Öpik scholarship is PhD student of University of Tartu Boris Deshev, whose research deals with the effects of environment on the evolution of galaxies. In particular it concentrates on the effect the merging clusters of galaxies have on the evolution of their constituent galaxies.



Boris Deshev

The Juhan Ross scholarship in the field of environmental physics was nominated to Villem Voormansik, the Master student in Geography in the University of Tartu. He is working on the radar remote sensing methods and on the respective terminology in the Estonian language.

In space technology the winner of Charles Villmann scholarship is Hendrik Ehrpais, Master student in Robotics and Computer Engineering in the University of Tartu. He has been member of the EstCube team since 2011 and introduced the research work based on the student satellite ESTCube-1 attitude determination and control system flight results.

The bachelor thesis of Kristiina Verro won a first prize on the national student research competition

The bachelor thesis of Kristiina Verro "Physical Properties of the Nova Remnant Nova Persei 1901", supervised by Tiina Liimets (Tartu Observatory) and Romano Corradi (Instituto de Astrofísica de Canarias, Spain), won a first prize on the national student research competition in the natural science and technology category. Her measurements were a part of a larger investigation which was published in The Astrophysical Journal (Liimets et al. 2012, ApJ, 761, 34).

RESEARCH COUNCIL

The Research Council of Tartu Observatory (TO) is formed to resolve issues related to research and development activities of the institute, and plan the research work. In 2015 the RC met in two compositions, there were held ten meetings and twice the option of electronic voting was used.

At the beginning of 2015 the Research Council submitted Tiina Nõges and Elmo Tempel for the nomination of members of the ETAG Evaluation Council, supported Ergo Nõmmiste nomination to the same body, discussed the financial situation of the observatory and initiated a debate about joining with the Tartu University in the frames of structural changes indicated in ASTRA programme by the Ministry of Education and Research of Estonia.

In January council conducted a contest for the position of Director and made a motivated decision to the Ministry of Education and Research to re-elect Anu Reinart back to the position of Director of TO for the next tenure 2015-2020.

In February 2015 Director authorized job requirements, selection and appointment procedures for the research staff worked out by the council. In March new positions of researchers were pronounced and in April the first fellows were selected according to the new rules. On 9th of March Jaak Aaviksoo met scientists.

On 1st of April 2015 Anu Reinart started her second tenure in the position of Director of TO.

On 16th of April 2015 the Strategy Day of TO was organised and the new Research Council members were elected for the period of five years. Membership of the new council was approved by the Estonian Ministry of Education and Research directive nr 222 from 27th of May 2015.

Members of the Research Council:

Anu Reinart, Director of TO, Chairman of the Research Council

Laurits Leedjärv, TO, Senior Research Fellow

Gert Hütsi, TO, Senior Research Fellow

Rein Kaarli, Ministry of Education and Research, Councillor

Marco Kirm, University of Tartu, Vice-Rector for Research

Mart Noorma, University of Tartu, Vice-Rector for Academic Affairs

Tiina Nõges, Estonian University of Life Sciences, Research Professor

Jan Pisek, TO, Senior Research Fellow

Raivo Stern, National Institute of Chemical Physics and Biophysics, Director

Antti Tamm, TO, Research Fellow

Elmo Tempel, TO, Research Fellow

Peeter Tenjes, TO, Senior Research Fellow

Riho Vendt, TO, Research Fellow.

In May the Research Council agreed upon its job management, decided to announce the next researcher positions, drew up an application to the ASTRA programme, and discussed the schedule of working out new research strategy document and regulations for attestation of research staff.

In August the council approved an application to the ASTRA programme, decided to begin negotiations with University of Tartu, and selected researchers to the announced positions.

In September council discussed the „Report about the Estonian universities, research institutes and institutions of higher education network and implementing policies“ presented by the Ministry of Education and Research, formed a team for negotiations with the university, renewed the statutes of the Tartu Observatory scholarships and organised a contest for scholarships.

In October the Research Council selected the scholarship winners: E. J. Öpik scholarship in astronomy was awarded to Boris Deshev, J. Ross scholarship in remote sensing to Villem Voormansik and Ch. Villmann scholarship in space technology to Hendrik Ehrpais.

In November the council discussed the negotiations with university, follow-up of the discussions around the above mentioned report, composition of the research staff and structural changes.

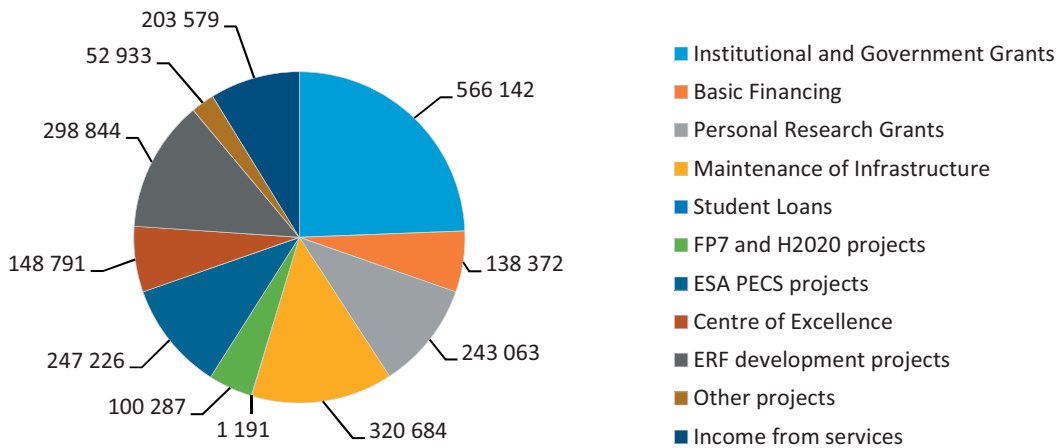
In December the Research Council submitted two nominations for the national research prize contest 2016 – Elmo Tempel in the field of exact sciences and Jan Pisek in the field of geo-bio sciences.

BUDGET

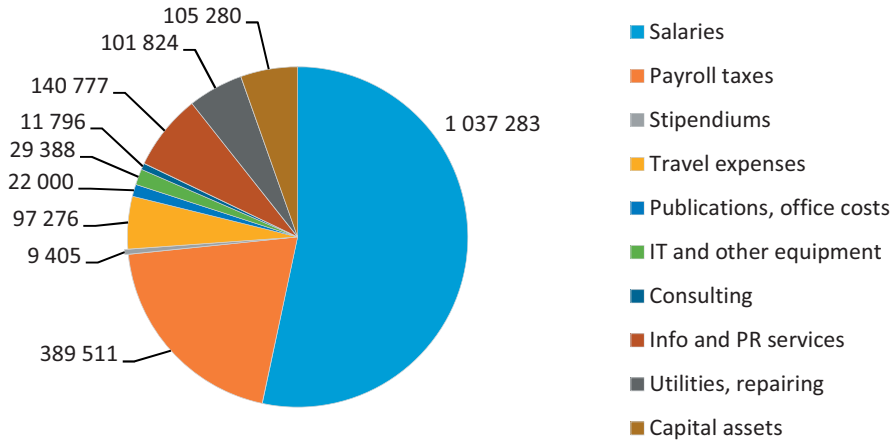
Total budget of Tartu Observatory in 2015 was 2 321 112,62 EUR.

1 269 452,47 EUR came from governmental funding for the research projects and related activities (includes also 93 607,47 EUR from year 2014). Additionally 1 051 660,15 EUR came from European Regional Funds, ESA and other projects. The budget and expenditure in 2015 were following:

BUDGET 2015 (EUR)



EXPENDITURE 2015 (EUR)



The mean salary of the researches was approximately 1505 EUR per month by the end of 2015.

PROJECTS

Institutional Research Grants

In 2015, the research in the framework of one target financed project was continued and it was commenced in the frame of two institutional research grants.

Quantitative remote sensing of vegetation covers (principal investigator A. Kuusk) – 80 150 EUR.

IUT 26-2: Galaxy evolution in the hierarchical Universe (principal investigator E. Saar, from 01.06.2015 G. Hütsi; 01.01.2014 – 31.12.2019) – 288 000 EUR.

IUT 40-1: Variability and evolution of massive stars in the Gaia era (principal investigator I. Kolka; 01.01.2015 – 31.12.2020) – 50 000 EUR.

IUT 40-2: The role of dark matter filaments in large-scale structure and assembly of galaxies (principal investigator E. Tempel; 01.01.2015 – 31.12.2020) – 100 000 EUR.

Personal Research Grants

The Estonian Research Council financed one research grant, three personal research grants and one postdoctoral research grant:

Grant 9428: A. Tamm – Share of galactic discs and spheroids in the Universe (01.01.2012–31.12.2015) – 8 496 EUR.

Personal research grant PUT232: J. Pisek – ForEST underSTory StructurE and sEasonal Dynamics by multi-angle remote Sensing (EST SEEDS) (01.01.2013–31.12.2016) – 46 480 EUR.

Personal research grant PUT246: J. Nevalainen – Where have half the baryons gone? (01.01.2013–31.12.2016) – 66 720 EUR.

Personal postdoctoral research grant PUTJD 5: T. Tuvikene – Automated extraction of stellar spectra from digitised photographic plates: methods and application (01.05.2014–30.04.2016) – 69 920 EUR (full amount).

Personal research grant PUT645 E. Jakobson – Aerosols and greenhouse gases contribution to the climate change in the Baltic Sea region and in the Arctic (01.01.2015 – 31.12.2018) – 60 000 EUR.

The European Union Research Projects

FP 7 project GA 311970 FORMIT – FOReSt management strategies to enhance the MITigation potentials of European forests (01.10.2012– 30.09.2016), TO is partner, PI: M. Lang – Full cost for TO 67 680 EUR.

FP 7 project GA 313256 GLaSS – Global Lakes Sentinel Services (01.03.2012–28.02.2016), TO is partner, PI: A. Reinart – Full cost for TO 190 400 EUR.

EU Horizon 2020 project GA 654215 AHEAD - Integrated Activities for the High Energy Astrophysics Domain (01.09.2015 – 28.02.2019), TO is partner, PI: J. Nevalainen – Full cost for TO 42 475 EUR.

COST Action ES1309: Innovative optical tools for proximal sensing of eco-physiological processes (OPTIMISE) (25.04.2014–24.04.2018), MC members: L. Hallik, J. Kuusk.

COST Action FA1306: The quest for tolerant varieties: Phenotyping at plant and cellular level (22.05.2014–21.05.2018), MC member: L. Hallik.

EMRP JRP: MetEOC2 Metrology for Earth observation and climate (01.06.2014–31.07.2017), TO coordinator: R. Vendt.

European Space Agency projects

Project AGE – Algorithms for mapping galactic structures with Gaia and Euclid (20.01.2014–31.03.2016), A. Tamm – Full cost for TO 181 148 EUR.

Project QUALITY – Instrument for the volume scattering function of water (20.01.2014–30.04.2016), A. Reinart – Full cost for TO 110 000 EUR.

MERIS Validation and Algorithm 4th reprocessing – MERIS Validation Team (MVT) (01.07.2014–30.11.2016), R. Vendt – Full cost for TO 45 000 EUR.

S3VT – Increasing quality of above water spectral measurements in lakes/turbid waters (1.07.2013–31.12.2016), A. Reinart

Optical payload for European Student Earth Orbiter (ESEO, in cooperation with ALMA Space and ESA) – M. Noorma.

EU Structural Funds Projects

Programme for Centres of Excellence in Research project (3.2.0101.11-0031) Dark Matter in (Astro)particle Physics and Cosmology (01.01.2011–31.12.2015): leading partner KBFI, TO coordinator E. Saar, PI A. Tamm – 730 626 EUR.

Estonian Research Infrastructures Roadmap project (3.2.0304.11-0395) Estonian Environmental Observatory (01.01.2012–31.12.2015): Leading partner University of Tartu, TO PI A. Kuusk – 103 321 EUR.

Environmental Conservation and Environmental Technology R&D (KESTA) project (3.2.0802.11-0044) "Climate and environment changes in polar regions and their relations to global changes and climate variability in Northern Europe" (01.04.2012–31.08.2015): Leading partner University of Tartu, TO PI E. Jakobson – 36 105 EUR.

Environmental Conservation and Environmental Technology R&D (KESTA) project (3.2.0801.11-0041) Estonian radiation climate (23.03.2012–31.08.2015): Leading partner University of Tartu, TO PI K. Eerme – 170 550 EUR.

Research equipment and facilities project (3.2.0302.13-0548) "Test facilities for remote sensing equipment 2" (01.04.2013–25.08.2015): M. Noorma – 87 200 EUR.

Research equipment and facilities project (3.2.0302.13-0549) "Measurement system for electromagnetic emission" (01.04.2013–25.08.2015): R. Vendt – 87 300 EUR.

Internationalization of research initiative (3.2.0601.11-0001) "Participation of Estonia in the European Space Agency – network for space science and technology GEOKOSMOS" (01.08.2011–31.08.2015): A. Reinart – 143 380 EUR.

Internationalization of research initiative (3.2.0601.11-0001) "Integration of the Estonian Space Science and Technology Applications into the European Research Area COSMOTECH" (01.09.2013–31.08.2015): A. Reinart – 46 500 EUR.

Other projects and contracts

Review of declared agricultural parcels with remote sensing methods: U. Peterson – 5 850 EUR.

National programme of environmental monitoring, subprogramme "Studies on change of Estonian landscapes and remote sensing", Ministry of the Environment: U. Peterson – 10 000 EUR.

Nature Study Day at Tartu Observatory in Tõravere to students of secondary School. Environmental Investment Centre, 2015-2016: H. Lätt – 45 681,84 EUR.

Active Learning Programs of Environmental education at Tartu Observatory to students of secondary School. Environmental Investment Centre, 2015-2016: H. Lätt – 9 933,22 EUR.

The cooperation agreement for detection of mowing (Regio): K. Voormansik

Control algorithm for conducting of cutting on Sentinel 1-based data (Ministry of Agriculture, PRIA): K. Voormansik – 23 240,75 EUR.

PUBLIC OUTREACH

Year 2015 was for the Tartu Observatory Visitor Center full of events. The long excursion tradition is continuing and active learning programmes have become loved by teachers. The year was also proclaimed as International Year of Light and Light-based Technologies and therefore Tartu Observatory together with partners organized whole-family science event - Light Festival in Tõravere which attracted an astonishing 1700 visitors. Almost at the end of year, on 18th of November 2015, Tartu Observatory opened the space exhibition „A living universe” in Tallinn TV Tower.

Active learning programmes

The active learning programmes, that took place in observatory main building, have been visited 88 times by more than 2600 students in year 2015. 30 schools from 11 different counties were engaged.

Excursions in Stellaarium

The centre for popularisation of astronomy Stellaarium continued its regular activities in 2015. Stellaarium received 5200 visitors in 208 groups in its visitors' centre. Fourteen public observation nights were organised and during the Science Night event on 25th of September 2015 we welcomed 150 visitors.

A new series of events started this year – the International Sun Day on 21st of June 2015 when sun spots and solar prominences were demonstrated to 70 hobbyists using a specialised solar telescope.

Around 400 participants of the Estonian Society for Nature Conservation seminar were received on 1st of August 2015 who toured the Stellaarium and the telescope tower, and were introduced to the academic activities at the Tartu Observatory.



Children looking at the 1,5 m telescope in Stellaarium during the Festival of Lights

During the Festival of Light on October 31st 2015 the Stellaarium was open and the Moon was shown through the telescope to visitors. The most active group guides this year were Kalju Annuk – 65 groups, Alar Puss – 58 groups and Mare Ruusalepp – 35 groups. Other guides were less active.

Festival of Lights

The whole family event “Festival of Light” was held on 31st of October 2015. It was the final event to the International Year of Light and consisted of two parts: outreach activities inside the building, explaining the research and use of light and light based technologies (e.g either looking at distant stars or vegetation on Earth or the use of light in medical applications e.g X-ray imaging etc or at the police forces for crime scene investigation) and a light-performance as a custom production in the open air all around the territory of the observatory.



Performers with light sticks

The festival was free of charge and more than 1700 people all over Estonia took part of it.

Festival producers were Heli Lätt from Tartu Observatory and Jaan Ulst. Performance was directed by Jaan Ulst. More information about the festival is available at <http://valgusefestival.to.ee/>.

Exhibition „A living Universe“ in Tallinn TV Tower

In 18th of November Tartu Observatory opened space exhibition „A living universe“ in Tallinn TV Tower. Exhibition will be opened till the end of March 2016.

The exhibition draws together knowledge about the conditions necessary for life to emerge and what we consider life at all. We will explore the mysteries hiding deep inside the Universe and the methods used by humankind to search for signs of life in it. Will we be successful? Time will tell!

The exhibition seeks answers to the following questions: "What is life?", "What do we know about the Universe?", "How are we looking for life in the Universe?", "Have we found intelligent life beyond Earth?", "What does the future hold?".

The exhibition was put together by Antti Tamm, Elmo Tempel, Heli Lätt and Anu Reinart from the Tartu Observatory, Estonia; Mihkel Pajusalu from MIT, the University of Cambridge, USA; Mihkel Kama from Leiden University, the Netherlands; Alvo Aabloo from the University of Tartu, Estonia. Event managers were Hälyls Laanemäe, Ivar Kaldam from Tallinn TV Tower and Heli Lätt from Tartu Observatory.



Mascot of Tallinn TV tower ETI sending a message to friends in Space with the help of space technology specialists

The 9th International Olympiad of Astronomy and Astrophysics in Semarang, Indonesia

This year the open competition in astronomy was organised under the aegis of "TÜ Teaduskool" by Tiit Sepp, Rain Kipper and Tõnis Eenmäe, who also participated together with Jaan Laur as national team leaders in the International Olympiad of Astronomy and Astrophysics (IOAA).

Of the 38 participants in the open competition, nine were selected to become the main team candidates. They all had five days of training during which five main team members were selected to participate in IOAA 2015. The main team had an extra 4-day long practice camp. In addition to the aforementioned organisers, extra help was given by Eero Vaher, Mihkel Moorits Muru, Lauri Juhan Liivamägi and Andres Põldaru in grading the exercises and in coaching the team.

The 9th International Olympiad of Astronomy and Astrophysics was held from 26th of July to 4th of August (2015) in Semarang, Indonesia. This was the first time for Estonia to participate in IOAA and to us it was a whole new experience.

The problems were on the first year undergraduate level and our team was not properly prepared for that level of difficulty. This was also reflected in the results. No medals were given to the Estonia's main team. Still Taavet Kalda (Gustav Adof Gümnaasium, 10th grade), Paul Kerner (Tallinna Tõnismäe Reaalkool, 10th grade), Richard Luhtaru (Miina Härma Gümnaasium, 8th grade) and AironJohannes Oravas (Tallinna Prantsuse Lütseum, 9th grade) got a diploma of honorable mentions. It is also worth mentioning that Taavet was only couple of points away from receiving the bronze medal. The final member of the team, Hartvig Tooming (Tallinna Prantsuse Lütseum, 10th grade) got a diplom as of participation.

Despite the difficult problems and the comparative youth of Estonia's team we didn't do all that bad in the country rankings. Out of the 39 participated countries, Estonia shares the 21st place with Brazil. The participation of Estonia in international olympiads is funded by Estonian Ministry of Education and Research and the traveling is coordinated by TÜ Teaduskool.

Interesting solar weather phenomena - Aurora Borealis and the Eclipse in March 2015 in Tõravere



Aurora Borealis in Tõravere in 2015

In spring 2015 the Aurora Borealis were seen in Tõravere. Besides the main research, Senior Research Fellow Urmas Haud prepared a short (25:47 min) movie „Aurora Borealis in Estonia, March 17-18, 2015“, in which the example of the aurora in the spring sky in Estonia was used for explaining the causes and possibilities to observe the aurora in Estonia. The movie is published at <https://www.youtube.com/watch?v=XMdkpHvR58I>

and the corresponding link is also in the WEB portal of Estonian aurora enthusiasts Virmalised.ee. The movie was demonstrated during the Festival of Light in Tõravere.

On 20th of March 2015 the Solar Eclipse was seen, showed and explained to public in front of the main building of observatory in Tõravere by Research Fellow Taavi Tuvikene. He also held two courses on astrophotography in June and December 2015.

Equipment for public observation of Solar Eclipse in Tõravere on 20th of March 2015



SCIENTIFIC HIGHLIGHTS. TEADUSSAAVUTUSED

COSMOLOGY. KOSMOLOOGIA

The traditional research areas of the Cosmology Department are galaxy physics and observational cosmology. In 2015, the primary keywords were dust and gas in nearby galaxies; structure and dynamics of galaxies; large-scale filamentary network of galaxies and its impact on the constituent galaxies; properties of galaxy groups, clusters and superclusters. As a major leap towards making more use out of our competences, steps were taken to become members of the science teams of two major international initiatives in observational cosmology: the Javalambre Physics of the Accelerating Universe Astrophysical Survey and the Euclid mission of the European Space Agency.

Kosmoloogia osakonna traditsioonilised uurimisvaldkonnad on galaktikate füüsika ja vaatluslik kosmoloogia. 2015. aastal kujunesid peamisteks märksõnadeks gaas ja tolm lähedastes galaktikates; galaktikate struktuur ja dünaamika; suuremastaabiline filamenteerne galaktikate võrgustik ja selle mõju galaktikatele; galaktikagruppide, -parvede ja -superparvede omadused. Meie oskuste ja teadmiste tõhusamaks rakendamiseks alustasime liitumisläbirääkimisi kahe peamise rahvusvahelise vaatlusliku kosmoloogia projekti, J-PAS teleskoobi ja Euroopa Kosmoseagentuuri Euclid satelliidi teadusmeeskondadega.

Missing matter found (at least some)!

Cosmological models and observations of the cosmic microwave background and distant Universe predict a certain amount of 'normal', baryonic matter in the Universe. However, the census of stars, gas particles and other forms of matter in the local Universe recovers only about a half of this matter. Under the lead of Jukka Nevalainen, a methodology for finding and characterising the missing baryons in the form of Warm Hot Intergalactic Medium (WHIM) within the filamentary large scale structure network has been developed and published, along the lines of the PUT246 project "Where have half the baryons gone". In this work, WHIM is traced by 3-dimensional mapping of the galaxy luminosity density within filamentary environments. The method has been applied to data from galaxy surveys SDSS and 2dF in fields of several bright blazars to detect filaments which are crossing with the sightlines towards background blazars; the WHIM gas in the filaments is expected to cause absorption lines in the X-ray and UV spectra of the blazars. Indeed, filaments were found at distances referred by previously claimed WHIM absorption lines in the spectrum of the blazar H2356-309. Using high resolution X-ray and far-ultraviolet spectroscopy, a few other such systems were found and the physical properties of the absorbers were constrained.

Kadunud aine leitud (vähemalt osaliselt)!

Kosmoloogiliste mudelite ja mikrolainelise taustkiirguse ning kaugel Universumi vaatluste alusel on teada, kui palju peaks Universumis leiduma “tavalist”, aatomitest koosnevat ainet. Kuid kõigi tähtede, gaasi jt. ainekogumite masse kokku liites on leitud, et meile lähedases Universumi piirkonnas on ligikaudu pool “tavali- sest” ainest puudu. Jukka Nevalaise juhtimisel on projekti PUT246 raames välja töötatud meetod selle puuduva aine otsimiseks suuremastaabiliste galaktika- ahelate (filamentide) seest, kus ta võib esineda mõõdukalt kuumana gaasi (WHIM) vormis. Meetodi põhiideeks on WHIM gaasi jahtimine galaktikate heledusjaotuse kolmemõõtmelise kaardistamise kaudu. Meetodit rakendati SDSS ja 2dF taeva- ülevaadete galaktikavalimitele heledate taustaobjektide (blasarite) läheduses, kus galaktilised filamentid lõikuvad blasarite vaatesuunaga ning filamentides sisalduv WHIM gaas peaks tekitama taustaobjektide röntgen- ning ultraviolettspektrites neeldumisjooni. Blasari H2356-309 vaatesihist leiti galaktilised filamentid spektrijoonte poolt ennustatud kaugustelt. Kõrglahutusega röntgen- ja ultraviolettspektrite abil tuvastati ka uusi sarnaseid süsteeme ning analüüsiti neeldumist põhjustava gaasi füüsikalisi omadusi.

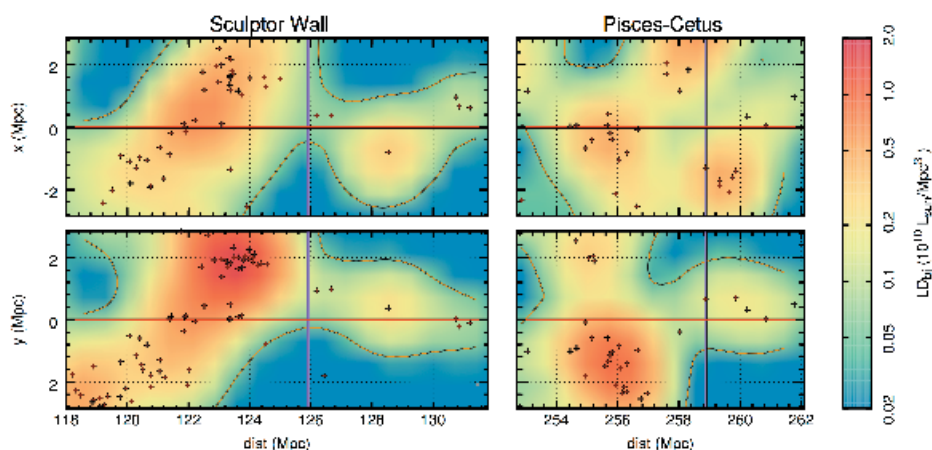


Figure 1. The distribution of galaxies (small crosses) and the smoothed luminosity density field (with colour coding) along the sight-line of the blazar H2356-309, in the spectrum of which WHIM absorption lines have been suspected to be present. Purple vertical lines indicate the distance of the absorbing gas deduced from the redshifts of the X-ray absorption lines; red lines indicate the sightline towards the blazar.

Joonis 1. Galaktikate ruumjaotus (väikesed ristikesed) ja silutud heledusjaotus (värviskaala) heleda taustaobjekti (blasari) sihis, mille spektris on tuvastatud arvatavad WHIM gaasi neeldumisjooned. Punased horisontaaljooned näitavad blasari vaatesuunda, violetsed vertikaaljooned märgivad neeldumisjoone punanihkest järelduvat neelava gaasi asukohta kauguste skaalal.

Nevalainen, J.; Tempel, E.; Liivamägi, L. J.; Branchini, E.; Roncarelli, M.; Giocoli, C.; Heinämäki, P.; Saar, E.; Tamm, A.; Finoguenov, A.; Nurmi, P.; Bonamente, M., 2015. Missing baryons traced by the galaxy luminosity density in large-scale WHIM filaments. *Astronomy & Astrophysics*, 583, A142 (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2015A%26A...583A.142N>)

Tracing the cosmic web with quasar systems

Quasars are among the brightest objects in the Universe, thus being excellent probes for cosmology, for example enabling to measure matter distribution over very large volumes. Together with colleagues from Korea Institute of Advanced Studies and Tuorla Observatory (Finland), Maret Einasto used a sample of quasars in the SDSS quasar catalogue to identify large quasar groups and to analyse their statistical significance in the redshift interval $0.1 \leq z \leq 1.8$. This object sample has a uniform selection function over the sky and represents the maximal possible contiguous volume that can be drawn from any dataset currently available. Quasar groups were identified applying the friends-of-friends algorithm with a set of fixed comoving linking lengths. The study showed that the richness and size distributions of the richest quasar groups are comparable with those of randomly-distributed points, thus the quasar groups detected at such large scales are not real systems and do not challenge the current cosmological models, unlike the claims made by some other research groups.

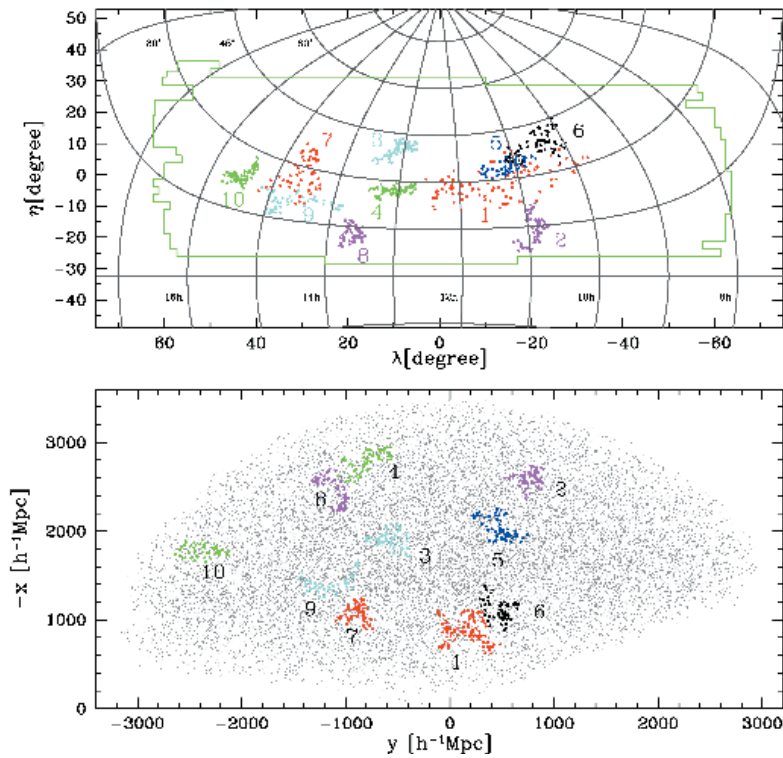


Figure 2. Upper panel: ten richest quasar groups detected. Lower panel: the same in Cartesian coordinates defined in the Equatorial coordinate system. Grey points are all the quasars in our sample.

Joonis 2. Ülemine joonis: kümme suurima liikmete arvuga kvasarigruppi. Alumine joonis: samad andmed esitatuna ekvatoriaalses ristkoordinaadistikus. Hallid punktid esindavad kõiki kasutatud valimi kvasareid.

Kosmilise võrgustiku uurimine kvasarisüsteemide abil

Kvasarid on kõige heledamad objektid Universumis ning pakuvad seega suurepäraseid võimalusi kosmoloogilisteks uuringuteks, näiteks aine jaotuse leidmiseks eriti suures mastaabis. Maret Einasto koos Korea ja Soome kolleegidega kasutasid SDSS taevaülelaate kvasarikataloogi, et otsida eriti ulatuslikke kvasarigruppe kosmoloogiliste punanihete vahemikus $0,1 \leq z \leq 1,8$ ja analüüsida leitud gruppide statistilist olulisust. Selline objektivalim võimaldab uurida kõige suuremat katkematut piirkonda Universumist, mida praeguseks olemasolevate andmetega võimalik.

Kvasarigrupid tuvastati levinud "sõprade-sõbrad" ("Friends-of-Friends") algoritmi abil. Analüüs näitas, et statistiliselt ei erine leitud grupid juhuslikult jaotatud andmepunktidest leitavate gruppidega, seega ei ole tegemist füüsikaliste süsteemidega ning erinevalt mõne teise tööühma poolt avaldatud väidetest ei ole sellised kvasarigrupid vastuolus kosmoloogiliste mudelitega.

Park, C.; Song, H.; Einasto, M.; Lietzen, H.; Heinämäki, P.; 2015. Large SDSS Quasar Groups and their Statistical Significance. Journal of the Korean Astronomical Society, 48, 75 (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2015JKAS...48...75P>)

Dynamical state and fate of galaxy superclusters: A2142

Led by Maret Einasto, the unusual rich galaxy supercluster A2142 was studied in detail. The supercluster is characterised by a very high density core and the general structure forming a 35 Mpc (about 100 million light years) long straight filament. Using the dynamical masses of galaxy groups in it, the mass and mass distribution of the supercluster were estimated.

To analyse the dynamical state and possible future evolution of the supercluster, the spherical collapse model in an expanding Universe was applied. The analysis showed that the high-density core of the supercluster (shown with red in the figure) is already collapsing; the outer parts of the core region (green) will eventually collapse during the future evolution of the supercluster; the regions surrounding the high-density core (blue and gray) will keep expanding together with the Universe, and are not bound to the collapsing core of the supercluster. Since the dark energy is one component of the expansion of the Universe, an analysis of such systems can shed light to the actual balance and evolution of dark matter density and dark energy.

Galaktikate superparvede dünaamiline olek ja tulevik: A2142

Maret Einasto eestvedamisel uuriti ebatavalist galaktikate superparve A2142. Seda süsteemi iseloomustab väga suur keskosa tihedus ja 35 Mpc (ligi 100 milj. valgusaasta) pikkune teljetaoline üldstruktuur. Galaktikagruppide dünaamika alusel hinnati superparve massi ja massijaotust.

Superparve dünaamilise oleku ja tuleviku analüüsimiseks rakendati paisuvas universumis asetleidva sfäärilise kollapsi mudelit. Selgus, et parve südamiku suure tihedusega siseosa (joonisel märgitud punasega) on juba kokku kukkumas, südamiku välisosa (märgitud rohelisega) hakkab tõenäoliselt tulevikus kokku kukkuma ja veelgi kaugemad alad (märgitud sinise ja halliga) jätkavad laiendamist koos Universumi paisumisega ega ole kokkukukkiva südamikuga seotud. Kuivõrd tumeenergial on Universumi paisumises oluline roll, võimaldab selliste süsteemide analüüs mõista tumeaine tiheduse ja tumeenergia vahelist tasakaalu ja selle tasakaalu muutust ajas.

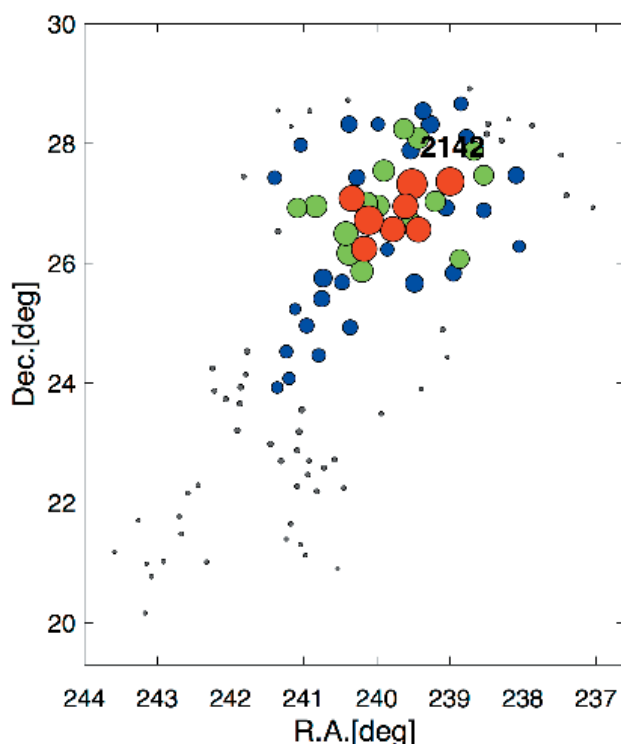


Figure 3. Distribution of galaxy groups in the A2142 supercluster. Colours indicate the environment density level of the groups, which determines the dynamical fate of the groups. An interactive 3D version of this image can be accessed here: <http://www.aai.ee/~maret/SCI1structure.html>.

Joonis 3. Galaktikagruppide jaotus superparves A2142. Värvidega on näidatud ümbritseva keskkonna tihedus, mis määrab gruppide dünaamilise saatuse. Selle joonise interaktiivne kolmemõõtmeline versioon asub siin: <http://www.aai.ee/~maret/SCI1structure.html>.

Einasto, M.; Gramann, M.; Saar, E.; Liivamägi, L.J.; Tempel, E.; Nevalainen, J., Heinämäki, P.; Park, C.; Einasto, J., 2015. Unusual A2142 supercluster with a collapsing core: distribution of light and mass. *Astronomy & Astrophysics*, 580, A69 (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2015A%26A...580A..69E>)

Gramann, M.; Einasto, M.; Heinämäki, P.; Teerikorpi, P.; Saar, E.; Nurmi, P.; Einasto, J., 2015. Characteristic density contrasts in the evolution of superclusters. The case of A2142 supercluster, *Astronomy & Astrophysics*, 581, A135 (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2015A%26A...581A.135G>)

Galaxy filaments are real structures

Galaxies are not distributed evenly across the Universe. The most notable structures in galaxy distribution maps are filaments -- giant chains of galaxies, interlinking galaxy groups and clusters. At Tartu Observatory, a mathematical algorithm called the Bisous model has been developed together with Radu Stoica (Université de Lille, France) in order to describe the filamentary network of galaxies. The model has been applied in the below given series of publications for studying the general properties of such filaments and the distribution of galaxies within the filaments. The filamentary network consists of dark matter haloes, inhabited by massive galaxies (primary galaxies) at the centres and several smaller galaxies (satellite galaxies) around them. The distribution of satellite galaxies around their primary galaxies was studied in collaboration with Quan Guo and Noam Libeskind (Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam). It was found that the number of satellite galaxies within a halo depends on whether the halo is within a filament or not: the primary galaxy has statistically about twice as many satellites if it is located in a filament. The result clearly shows that the number of satellites does not depend only on the mass of the halo but also on the general environment the halo belongs to. It was also shown that satellite galaxies are not distributed randomly around the primary galaxy; instead, the satellite systems are slightly aligned with the filament. Similarly, galaxy pairs within filaments are strongly aligned with their host filaments. It can be concluded that the formation and evolution of galaxies is more complex than thought so far. In addition to the local dark matter halo, galaxies are influenced by the large-scale environment of the halo. Since about half of all galaxies are located in filaments, further studies of galactic filaments may reveal other important clues for understanding galaxy formation and evolution and the development of structures in the Universe in general.

Galaktikaahelad on reaalsed struktuurid

Galaktikate paiknemine Universumis ei ole ühtlane. Kõige silmapaistvamad struktuurid galaktikatejaotuse kaartidel on filamendid - hiiglaslikud galaktikatest koosnevad ahelad, mis ühendavad omavahel galaktikagruppe ja -parvi. Tartu Observatooriumis on koostöös Radu Stoica'ga (Lille'i Ülikool, Prantsusmaa) välja töötatud matemaatiline mudel (nn. Bisous' mudel) filamentaarse galaktikatevõrgustiku kirjeldamiseks. Alltoodud artikliseerias on seda mudelit kasutades uuritud filamentide üldisi omadusi ning galaktikate paiknemist filamentides.

Universumi filamentaarne võrgustik koosneb tumeaine halodest, mille keskmes paikneb massiivne galaktika (nn. peagalaktika) ning keskmest eemal mitmeid väiksemaid galaktikaid (satelliitgalaktikad).

Koostöös Quan Guo ja Noam Libeskindiga (Leibnizi Astrofüüsika Instituut, Potsdam) uuriti detailselt satelliitgalaktikate jaotust peagalaktikate ümber. Leiti, et filamendis paiknevate peagalaktikate ümber paikneb keskmiselt ligi kaks korda

enam satelliitgalaktikaid. Lisaks näidati, et satelliitgalaktikad ei asetse peagalaktika ümber juhuslikult, vaid satelliitide süsteemid on filamenti sihis kergelt pikergused. Ka galaktikapaarid on filamentidega selgelt joondunud.

Kokkuvõttes saadi teada, et galaktikate tekkimine ja kujunemine Universumis on keerulisem kui seni arvatud. Lisaks kohalikule tumeaine halole mõjutab galaktikaid ka suuremastaabiline keskkond, milles halo paikneb. Kuna ligikaudu pool galaktikatest paikneb filamentides, võib galaktiliste filamentide edasine uurimine paljastada veel teisigi olulisi aspekte, mis aitavad mõista galaktikate teket ja arengut ning üldist struktuuride kujunemist Universumis.

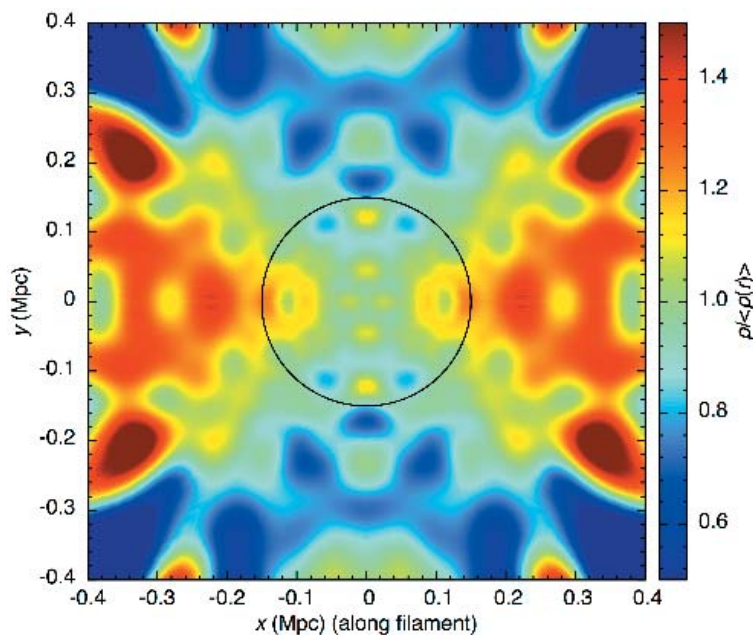


Figure 4. Distribution of stacked galaxy pairs in the plane of the sky. Here, each pair is rotated so that the host filament is oriented parallel to the x -axis; the centre point of each pair is at the origin of the coordinate axes. The colour scale represents the spherically averaged mean number densities of the galaxies. Galaxy pairs clearly prefer to be aligned along the host filaments.

Joonis 4. Galaktikapaaride paiknemine taeva tasandil. Joonise tegemisel on galaktikapaare pööratud nii, et filament, milles nad paiknevad, on paralleelne x -teljega. Iga paari keskpunkt asub koordinaadistiku nullpunktis. Värvuste skaalaga on näidatud galaktikate sfääriliselt keskmistatud arutihedus. Nagu näha, eelistavad galaktikapaarid paikneda piki filamenti.

Tempel, E.; Guo, Q.; Kipper, R.; Libeskind, N. I., 2015. The alignment of satellite galaxies and cosmic filaments: observations and simulations, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 450, 2727 (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2015MNRAS.450.2727T>)

Tempel, E.; Tamm, A., 2015. Galaxy pairs align with Galactic filaments, *Astronomy & Astrophysics*, 576, 5 (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2015A%26A...576L...5T>)

Guo, Quan; Tempel, E.; Libeskind, N. I., 2015. Galaxies in Filaments have More Satellites: The Influence of the Cosmic Web on the Satellite Luminosity Function in the SDSS, *The Astrophysical Journal*, 800, 112 (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2015ApJ...800..112G>)

Gaseous Milky Way

Atomic (neutral) hydrogen is the most abundant form of gas in galaxies, fuelling the formation of new stars. In collaboration with P. M. W. Kalberla (Argelander-Institut für Astronomie, Universität Bonn), U. Haud finished the third data release of the Parkes Galactic all-sky survey (GASS) - a dataset about atomic hydrogen distribution in the Milky Way. For validating the data, U. Haud used Gaussian decomposition of the signal and conducted a careful statistical analysis of the distributions of the obtained Gaussian parameters, allowing to remove weak, but systematic baseline offsets, time-dependent oscillations in the data caused by unravelled correlator failures, and radio frequency interferences. Using the derived data, gas distribution in our Galaxy was analysed. It was found that the cold neutral medium is mostly contained in sheets that are, because of projection effects, observed as filaments. These filaments are associated with dust ridges, which are aligned with the galactic magnetic field according to the Planck satellite measurements at 353 GHz. The warm neutral medium can be best described as a turbulent plane-parallel medium.

Gaasiline Linnutee

Neutraalne ehk atomaarne vesinik on levinuim gaasiliik galaktikates ning hoiab käigus uute tähtede tekkimist. Koostöös P. M. W. Kalberlaga (Argelanderi Astronoomia Instituut, Bonni Ülikool) viis U. Haud lõpule Parkes'i Galaktika lõunataeva ülevaate (GASS) atomaarse vesiniku andmete kolmanda redaktsooni ettevalmistamise. Andmestikust esinevate probleemide otsimiseks kasutas U. Haud signaali profiilide lahutamist Gaussi komponentideks ja saadud komponentide parameetrite jaotuste statistilist analüüsi. Töö tulemusena on andmestikust eemaldatud nõrgad kuid süstemaatilised baasijoone häiritused, andmekorrelaatori tõrgetest tingitud ajaline muutlikkus ja raadiointerferentsidest tingitud häired. Saadud andmete põhjal analüüsiti vesiniku ruumilist jaotust meie Linnutee galaktikas. Leiti, et külm neutraalne gaas on põhiliselt koondunud kihtidesse, mis projektsiooniefektide tõttu on vaadeldavad näivalt niitjate struktuuridena. Leiti, et külma vesiniku paiknemine on seotud tähtedevahelise tolmu kogumitega, mis Plancki satelliidi andmete alusel on orienteeritud piki galaktilise magnetvälja jõujooni. Soe neutraalne vesinik on kõige paremini kirjeldatav kui galaktika tasandiga paralleelne turbulentne gaasikiht.

Kalberla, P. M. W., Haud, U., 2015, „GASS: The Parkes Galactic All-Sky Survey. III. Improved Correction for Instrumental Effects and Third Data Release“, Astronomy & Astrophysics, 578, A78, 11

Kalberla, P. M. W.; Kerp, J.; Haud, U.; Winkel, B.; Ben Bekhti, N.; Flöer, L.; Lenz, D., 2015, “Cold Milky Way HI gas in filaments”, Astrophysical Journal, [in press]

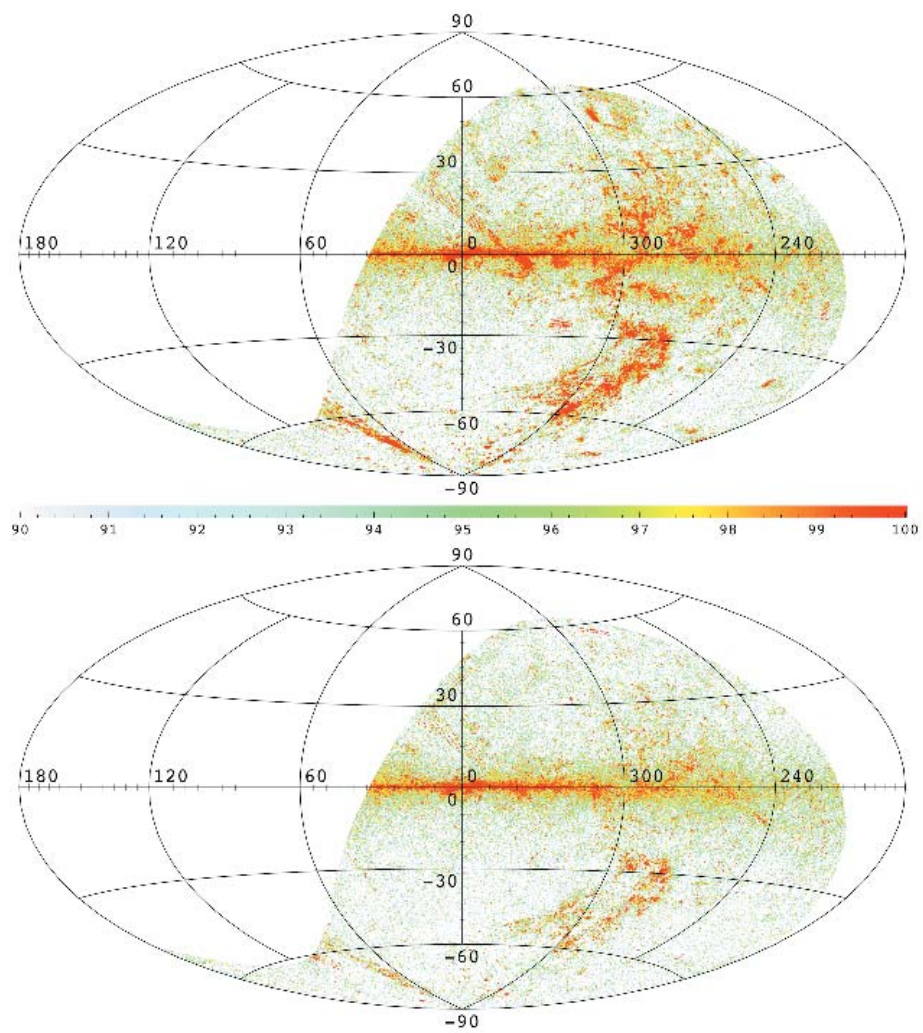


Figure 5. Distribution of atomic hydrogen in the southern sky as detected by the Parkes Galactic All-Sky Survey, before (upper panel) and after (lower panel) the removal of instrumental effects. The latest, cleaned data release is available online at <https://www.astro.uni-bonn.de/hisurvey/gass/>.

Joonis 5. Atomaarse vesiniku jaotus lõunataevas Parkes'i Galaktika lõunataeva ülevaate andmete põhjal enne (ülal) ja pärast (all) instrumentaalsete häirituste kõrvaldamist. Andmestiku viimane, puhastatud väljalase on kättesaadav siin: <https://www.astro.uni-bonn.de/hisurvey/gass/>.

CosmoDB

Several studies of the spatial distribution of galaxies have resulted in catalogues. In recent years we have published catalogues of galaxy groups, filaments and superclusters. Now these catalogues are publicly accessible from our dedicated website, CosmoDB (cosmodb.to.ee). The website is a user-friendly interface to the underlying database system, providing a query form, a result-table browser, a plot tool, and an option to download tables in various formats, including CSV and the Virtual Observatory compliant VOTable. One does not need to download full catalogues: CosmoDB lets users carry out part of the analysis on the server side. Such a workflow is essential for dealing with large datasets, which are becoming more and more commonplace.

The screenshot displays the CosmoDB query interface. At the top, a navigation bar includes links for 'CosmoDB', 'Publications', 'Documentation', 'Query', 'Contact', 'My Account', and 'Logout'. The main content area is titled 'Query interface' and features a sidebar on the left with categories like 'DATABASE STATUS', 'NEW QUERY', 'JOB LIST', 'SUPERCLUSTERS', 'FILAMENTS', 'TESTS', and 'UNASSIGNED'. The central part of the interface is for writing and executing SQL queries. It includes a 'New Query' button, a text area for the SQL query, and a 'Submit new SQL Query' button. Below the query area is a 'Name of the new table (optional)' field with the text 'Galaxy coordinates'. To the right, there is a 'Database browser' section with tabs for 'Database browser', 'Function browser', and 'Examples'. The 'Database browser' tab shows a table with three columns: 'DATABASES', 'TABLES', and 'COLUMNS'. The 'TABLES' column is expanded to show a list of tables, with 'Galaxy' selected. Below the table browser, there is a text box containing a complex SQL query:

```
1 SELECT gal.raj2000,gal.dej2000
2 FROM `SDSS_DR9`.`Galaxy` AS gal
3 JOIN `SDSS_DR9`.`SciGalaxy` AS sclgal USING (galid)
4 JOIN `SDSS_DR9`.`FilGalaxy` AS filgal ON filgal.galid=gal.galid
5 WHERE sclgal.sclid=36 AND sclgal.adapt=1 AND filgal.dist_fil<1
```

Figure 6. The CosmoDB query interface guides the user in building complex SQL queries.

Joonis 6. CosmoDB päringuaken juhatab kasutajat keerukate SQL-päringute koostamisel.

CosmoDB

Uurides galaktikate ruumilist jaotust, oleme koostanud mitmeid katalooge: galaktikagruppide, -filamentide ja -superparvede kataloogid. Nüüd on need kataloogid kättesaadavad spetsiaalselt andmete avaldamiseks loodud veebilehelt CosmoDB (cosmodb.to.ee).

CosmoDB võimaldab mugavalt suhelda andmebaasisüsteemiga: kasutajaliides sisaldab päringuvormi, andmetabeli lehitsejat, andmete graafilise kujutamise tööriista ja võimalust andmeid CSV- või Virtuaalobservatooriumi VOTable-formaadis alla laadida. Seejuures ei ole tarvis alla laadida terveid katalooge, sest osa analüüsist saab teha juba serveris. Üha igapäevasemaks muutuvate suurte andmemahitudega tegelemisel on selline töövoog asendamatu.

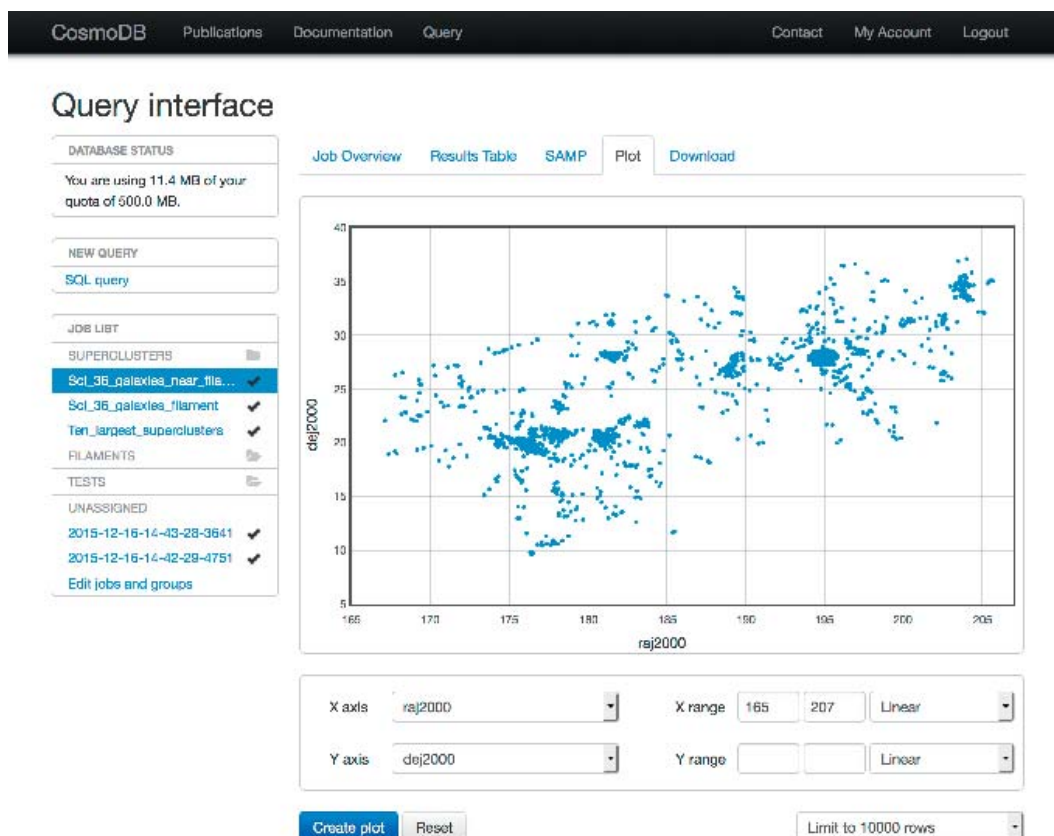


Figure 7. The CosmoDB plot tool is handy for quick visualizing of the query results.

Joonis 7. CosmoDB graafikuaken on mugav vahend päringutulemuste kiireks visualiseerimiseks.

STELLAR PHYSICS. TÄHEFÜSIKA

Main focus of research in stellar physics has been on massive stars. Some lower mass interacting binary stars were also studied as well as statistical methods and analysis of astronomical time series. Traditionally, astronomers from the group of stellar physics use telescopes at the site of the observatory in Tõravere for observations. The 1.5 m telescope together with the Cassegrain focus spectrograph was used in 61 nights mostly for monitoring spectroscopic variability of massive stars. Photometric observations were performed on the 0.6 m telescope Zeiss-600 (10 nights) and on the 0.3 m robotic telescope (23 nights).

Tähefüüsiikas oli pearõhk suure massiga tähtedel, kuid uuriti ka väiksema massiga kaksiktähti ning tegeldi statistiliste meetoditega astronoomiliste aegridade töötlemiseks. Traditsiooniliselt kasutavad tähefüüsika töörühma astronoomid Tõraveres asuvaid teleskoobe vaatlusteks. 1,5 m teleskoobi ja selle Cassegraini fookuses asuva spektrograafi abil jälgiti eelkõige massiivsete tähtede spektraalset muutlikkust, kokku 61 ööl. Tähtede fotomeetristeks vaatlusteks kasutati 0,6 m teleskoopi Zeiss-600 (10 ööl) ja 0,3 m robotteleskoopi (23 ööl).

Pulsating massive stars

Usually stars with mass above 8 solar masses are regarded as massive stars. Evolution of such stars is fast, most of them end their life in supernova explosions. They efficiently enrich interstellar medium with chemical elements synthesized in their interiors by thermonuclear reactions or during supernova explosions, and thus play an important role in chemical evolution of the galaxies.

Most of the massive stars are variable. For example, blue supergiant stars are known to display photometric and spectroscopic variability that is suggested to be linked to stellar pulsations. Pulsational activity in massive stars strongly depends on the star's evolutionary stage and is assumed to be connected with mass-loss episodes, the appearance of macroturbulent line broadening, and the formation of clumps in the wind.

Michaela Kraus and Anna Aret participated in a big international collaboration group and published a paper (Kraus et al. 2015a) on the results of over five years observational campaign of the supergiant 55 Cygni. They modelled the H, He I, Si II, and Si III lines using the non-local thermal equilibrium atmosphere code FASTWIND and derived the photospheric and wind parameters. The H α line varies with time in both intensity and shape, displaying various types of profiles: P Cygni, pure emission, almost complete absence, and double or multiple peaked. The star undergoes episodes of variable mass-loss rates that change by a factor of 1.7–2 on different timescales. Multiperiodic oscillations in the He I absorption lines, with periods ranging from a few hours to 22.5 days were detected. The photospheric line variations were interpreted in terms of oscillations in p-, g-, and strange modes.

The authors suggest that these pulsations can lead to phases of enhanced mass loss. Furthermore, they can mislead the determination of the stellar rotation. The star was classified as a post-red supergiant, belonging to the group of α Cyg variables.

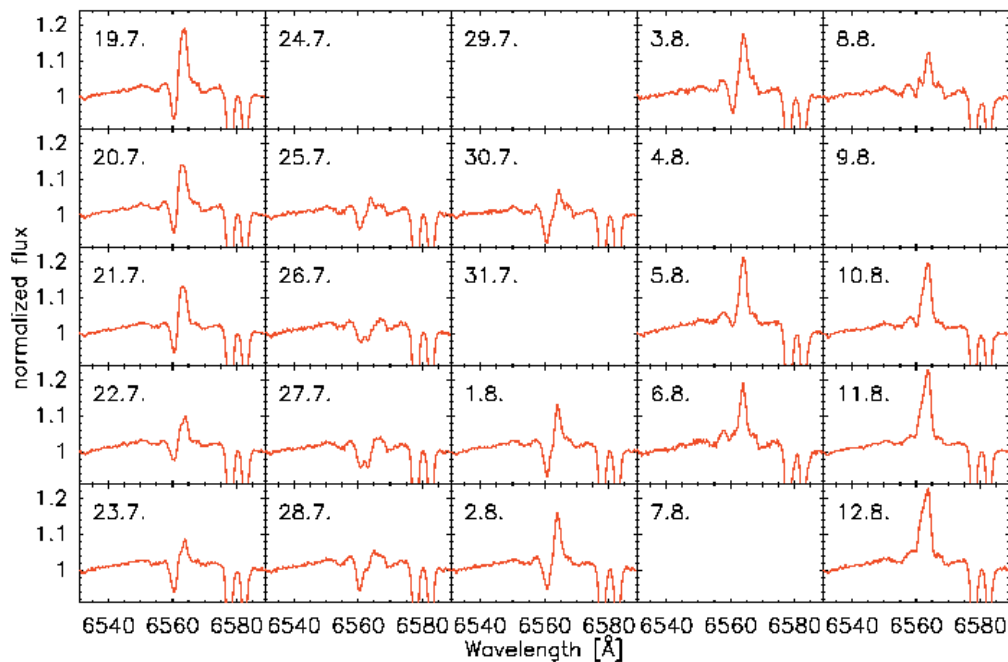


Figure 8. Night-to-night variation in the H α line of the pulsating Galactic blue supergiant star 55 Cygni. Shown are the line profiles collected with the Perek 2-m telescope at Ondrejov Observatory, Czech Republic, in the observing period 2013 July 19 to August 12. This period shows all of the typical profile shapes observed in this object: P Cygni, pure emission, almost complete absence, and double and multiple peaked.

Joonis 8. Spektrijoone H α muutlikkus sinise ülihiuu 55 Cygni spektris. Vaatlused Ondrejovi Observatooriumi (Tšehhi Vabariik) 2 m Pereki teleskoobiga 19. juulist 12. augustini 2013 sisaldavad kõiki joone tüüpilisi profile: P Gygni tüüpi, puhas emissioon, kahe- või mitmetipuline ja joone peaaegu täielik puudumine.

Pulseerivad massiivsed tähed

Suure massiga ehk massiivseteks tähtedeks loetakse tavaliselt tähed, mille mass on vähemalt 8 korda suurem kui Päikese mass. Selliste tähtede evolutsioon on kiire ja lõpeb enamasti supernoova plahvatusega. Selle käigus tekivad raskemad keemilised elemendid, mis paisatakse tähtedevahelisse keskkonda, nagu ka varem tähe sisemuses termotuumareaktsioonides sünteesitud elemendid. Seega rikastavad massiivsed tähed oluliselt tähtedevahelist keskkonda ja mängivad tähtsat osa galaktikate keemilises evolutsioonis.

Enamik massiivseid tähti on muutlikud. Muutlikkuse iseloom sõltub tähe evolutsiooni faasist ja paljudest muudest teguritest. Näiteks siniste (kuumade) üli-

hiidude puhul on tegemist eelkõige pulsatsioonilise muutlikkusega, mille puhul erinevate pulsatsiooni moodide (p-, g- ja veidrad moodid) kombineerumine võib põhjustada suuri muutusi massikao määras.

Michaela Kraus ja Anna Aret osalesid üle viie aasta kestnud kampaanias sinise ülihiuu 55 Cygni vaatlusteks ja avaldasid tulemused (Kraus et al. 2015a), millest muuhulgas selgub, et 55 Cygni on juba läbi teinud punase ülihiuu faasi ja kuulub nn. α Cygni tüüpi muutlike hulka.

*Kraus, M., Haucke, M., Cidale, L. S., Venero, R. O. J., Nickeler, D. H., Németh, P., Niemczura, E., Tomić, S., Aret, A., Kubát, J., Kubátová, B., Oksala, M. E., Curé, M., Kamiński, K., Dimitrov, W., Fagas, M., Políńska, M. 2015a. Interplay between pulsations and mass loss in the blue supergiant 55 Cygnus = HD 198478. *Astronomy & Astrophysics*, 581, A75*

B[e] supergiants

Emission-line stars are typically surrounded by large amount of dense circumstellar material (CSM), often in form of rings or disc-like structures. Forbidden emission lines are particularly valuable disc tracers, because they are optically thin, and therefore their profiles reflect the kinematics within their formation region. Forbidden lines of [O I] $\lambda\lambda$ 6300, 6364 and [Ca II] $\lambda\lambda$ 7291, 7324 arise in complementary, high-density environments, such as the inner-disc regions around B[e] supergiants. To study physical conditions traced by these lines and to investigate how common they are, we initiated a survey of emission-line stars. Results on sample of nine B[e] stars were presented in 2015 (Aret et al. 2015). We find that for B[e] supergiants the kinematics obtained from the [O I] and [Ca II] line profiles agrees with an origin of the lines in the Keplerian rotating disc. Kinematic model fits to the observed profiles of the forbidden lines are shown in Figure 9. As none of the low-mass B[e] stars displays [Ca II] line emission, we conclude that their appearance requires massive high-density environments.

The material expelled from the B[e] supergiants is typically dense and cool, providing the cradle for molecule and dust condensation and for a rich, ongoing chemistry. Very little is known about the chemical composition of these discs, beyond the emission from dust and CO revolving around the star on Keplerian orbits. As massive stars preserve an oxygen-rich surface composition throughout their life, other oxygen-based molecules can be expected to form. As SiO is the second most stable oxygen compound, Kraus et al. (2015b) initiated an observing campaign to search for first-overtone SiO emission bands. They obtained high-resolution near-infrared L-band spectra for a sample of Galactic B[e] supergiants with reported CO band emission. They clearly detected emission from the SiO first-overtone bands in CPD-52 9243 and indications for faint emission in HD 62623, HD 327083, and CPD-57 2874. From model fits, they found that in all these stars the SiO bands are rotationally broadened with a velocity lower than observed in the CO band forming regions, suggesting that SiO forms at larger distances from the star.

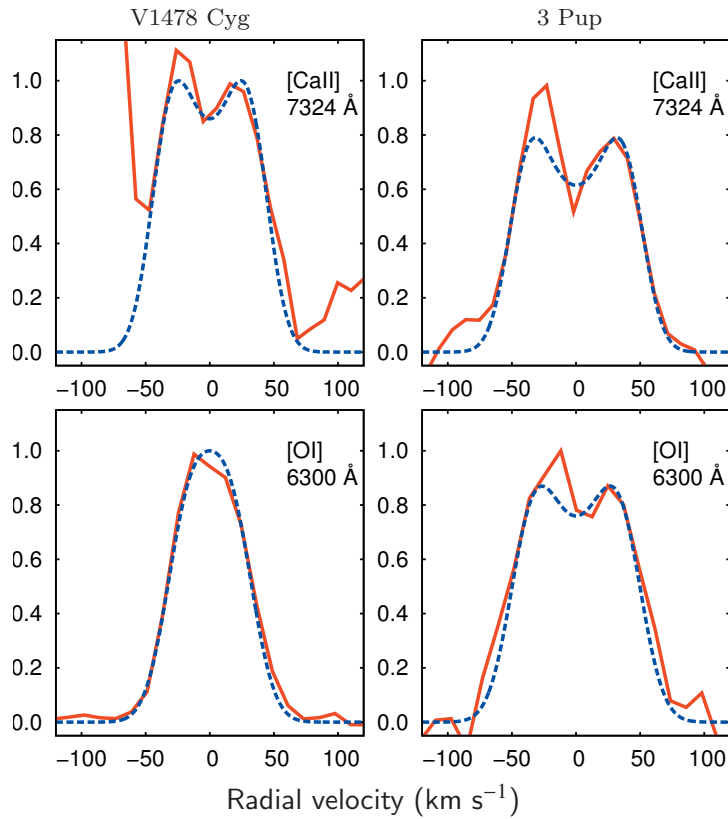


Figure 9. Kinematic model fits (blue) to the observed profiles (red) of the forbidden lines in spectra of B[e] supergiants V1478 Cyg and 3 Pup.

Joonis 9. Kinemaatilise mudeliga arvutatud (sinised) ja vaadeldud (punased) keelatud spektrijoonte profiilid B[e] ülihiidude V1478 Cyg ja 3 Pup spektrites.

B[e] ülihiid

B[e] tüüpi ülihiid on kaugelt arenenud tähed lühikeses üleminekufaasis, mille jooksul heidetakse tähest välja rohkesti ainet, mis moodustab tähe ümber kettataolise struktuuri. Aret et al. (2015) uurisid üheksast B[e] ülihiidust koosneva valimi nn. keelatud spektrijooni punases spektripiirkonnas. Hapniku [O I] ja ioniseeritud kaltsiumi [Ca II] joonte esinemine ja suhtelised intensiivsused annavad informatsiooni väljaheidatud aine füüsikaliste parameetrite ja tähe evolutsiooni faasi kohta.

Üldiselt on B[e] ülihiidude kettataolistes ümbristes tegemist suurte tiheduste ja suhteliselt madalate temperatuuridega, mille juures tekivad ka molekulid ja toimub tolmu kondenseerumine. Kraus et al. (2015b) leidsid infrapunase spektripiirkonna vaatlustest, et lisaks hästi teada CO molekulidele leidub B[e] ülihiidude ümbristes ka SiO molekule – need tekivad ketta välistes osades.

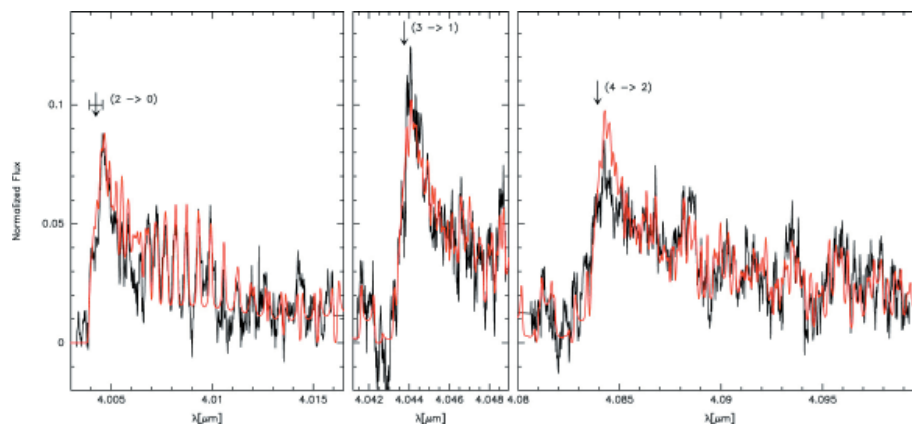


Figure 10. Discovery of emission from the first-overtone bands of silicon oxide (SiO) in the Galactic B[e] supergiant star CPD-52 9243. The arrows mark the wavelength of the unbroadened band heads, and the bar in the panel of the first band head marks the separation between the blueshifted shoulder and the redshifted maximum caused by Keplerian rotation of the gas. Shown are the model fits (red) to the observations (black) obtained with the CRIRES high-resolution near-infrared spectrograph at the European Southern Observatory (ESO).

Joonis 10. Rännioksiidi (SiO) molekuli emissiooniribade avastamine B[e] ülihiuu CPD-52 9243 spektris. Musta joonega on näidatud Euroopa Lõunaobservatooriumi (ESO) kõrglahutusega infrapuna-spektrograafi CRIRES abil vaadeldud spekter ja punasega mudelarvutused.

Aret, A., Kraus, M., Šlechta, M. 2015. Spectroscopic survey of emission-line stars. I. B[e] stars. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, in press (accepted on November 20, 2015), <http://arxiv.org/abs/1511.07270>

Kraus, M., Oksala, M., Cidale, L. S., Arias, M. L., Torres, A. F., Borges Fernandes, M. 2015b, Discovery of SiO band emission from Galactic B[e] supergiants. *Astrophysical Journal*, 800, L20

Observations of magnetic B2V stars HR 5907 and HR 7355

Low-resolution near-infrared (IR) spectra give valuable information on magnetic properties of hot stars. Michaela Kraus participated in the study by Oksala et al. (2015) of the spectra of the two known magnetic B2V stars HR 5907 and HR 7355, taken with the Ohio State Infrared Imager/Spectrometer (OSIRIS) attached to the 4.1 m Southern Astrophysical Research (SOAR) Telescope. Both stars show definite variable emission features in IR hydrogen lines of the Brackett series, with similar properties as those found in optical spectra, including the derived location of the detected magnetospheric plasma. These features also have the added advantage of a lowered contribution of stellar flux at these wavelengths, making circumstellar material more easily detectable. IR diagnostics will be useful for the future study of magnetic hot stars, to detect and analyse lower-density environments, and to detect magnetic candidates in areas obscured from UV and optical observations, increasing the number of known magnetic stars to determine basic formation properties and investigate the origin of their magnetic fields.

Magnetiliste tähtede HR 5907 ja HR 7355 infrapunavaatlused

Michaela Kraus osales ka kahe lõunapoolkera B2V klassi tähe HR 5907 ja HR 7355 infrapunavaatlustes (Oksala et al. 2015), mida saab kasutada kuumade tähtede magnetiliste omaduste diagnoosimiseks.

Oksala, M. E., Grunhut, J., Kraus, M., Borges Fernandes, M., Neiner, C., Condori, C. A. H., Campagnolo, J. C. N., Souza, T. B. 2015. An infrared diagnostic for magnetism in hot stars. *Astronomy & Astrophysics*, 578, A112

Massive binary stars

A great fraction of both massive and low-mass stars actually belong to the binary or multiple systems. Jaan Laur together with colleagues (Laur et al. 2015) selected a sample of massive eclipsing binary systems in the Cygnus OB2 association, and estimated their mass loss rates and stellar parameters by studying the changes of their orbital periods due to mass exchange or mass loss from the binary system. Variations in the orbital periods were searched for using their own photometric observations as well as archival data. A Bayesian parameter estimation method was used to simultaneously fit the period and period change to all available data and a stellar modelling tool to model the binary parameters from photometric and radial-velocity data. Four out of the seven selected binaries show non-zero period change values at two-sigma confidence level. The authors also report the eclipsing nature of the star MT059 for the first time.

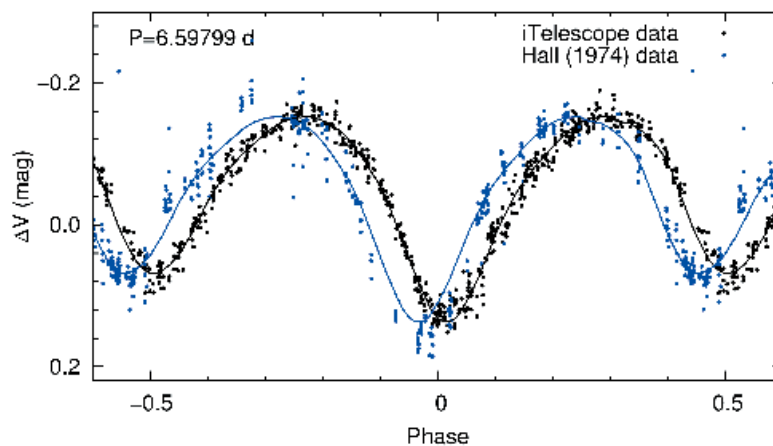


Figure 11. The V-filter phase diagram of a binary star Schulte 5, folded with a constant period. The iTelescope data (2011-2014, black points) and Hall data (1974, blue points) have been obtained 45 years apart. The visible phase shift is due to the cumulative effect of period change.

Joonis 11. Konstantse perioodiga volditud V-filtri faasidiagramm kaksiktähest Schulte 5. Mustade punktidega kujutatud iTelescope'i (2011-2014) ja siniste punktidega Halli (1974) andmed on mõõdetud 45 aastase vahega. Volditud heleduskõverate silmaga nähtav nihe on tingitud selle aja jooksul toimunud perioodi muutusest.

Massiivsed kaksiktähed

Väga suur osa nii massiivsetest kui väiksema massiga tähtedest kuuluvad tegelikult kaksik- või mitmiktähtede koosseisu. Intensiivne aine väljavool massiivsetest tähtedest võib muuta kaksiktähe orbitaalset perioodi – nii juhul, kui aine lahkub kaksiksüsteemist kui ka aine haaramisel süsteemi teise komponendi poolt. Jaan Laur koos kolleegidega (Laur et al. 2015) uuris võimalikke perioodi muutusi täheassotsiatsiooni Cygnus OB2 massiivsetes kaksiktähtedes, kasutades nii andmebaasidest saadud fotomeetrilisi andmeid kui enda kaugvaatlusi USA New Mexico osariigis asuvatel robotteleskoopidel. Bayesi parameetrilist meetodit kasutades õnnestus valitud seitsmest kaksiktähest neljas tuvastada perioodi muutus statistiliselt usaldusväärsel tasemel. Ka leiti, et täht MT059 on varjutusmuutlik.

Laur, J., Tempel, E., Tuovikene, T., Eenmäe, T., Kolka, I. 2015. Period change of massive binaries from combined photometric and spectroscopic data in Cygnus OB2. Astronomy & Astrophysics, 581, A37

Symbiotic binary stars

Symbiotic binary stars are low-mass interacting binary stars that undergo frequent irregular outbursts. A few symbiotic stars have been monitored at Tartu Observatory for a quite long time. Laurits Leedjärv together with collaboration partners from the Slovak Republic published results on the 14 years spectroscopic monitoring of the yellow symbiotic star AG Dra (Leedjärv et al. 2015), using more than 500 spectra obtained with the 1.5 m telescope.

The time interval covered includes the major (cool) outburst of AG Dra that started in 2006. Main findings can be summarized as follows: (i) cool and hot outbursts of AG Dra can be distinguished from the variations of optical emission lines; (ii) the Raman scattered emission line of O VI at λ 6825 almost disappeared during the cool outburst; (iii) lower excitation emission lines did not change significantly during the cool outburst, but they vary in hot outbursts and also follow orbital motion; (iv) similarity of variations in AG Dra to those in the prototypical symbiotic star Z And allows to suggest that a “combination nova” model proposed for the latter object might also be responsible for the outburst behaviour of AG Dra.

Sümbiootilised kaksiktähed

Väiksema massiga kaksiktähtedest on Tartu Observatooriumis pikka aega jälgitud mõnesid sümbiootilisi kaksiktähti. Koos partneritega Slovakiast avaldas Laurits Leedjärv nn. kollase sümbiootilise tähe AG Dra spektrivaatluste tulemused (Leedjärv et al. 2015). AG Dra, nii nagu paljude teistegi sümbiootiliste tähtede puhul on seni seletamata suhteliselt lühikeste ajavahemike (ühest kuni umbes kümne aastani) tagant toimuvate pursete sagedus ja täpne füüsikaline mehhanism.

Selgus, et nn. kombineeritud noova mudel võib AG Dra puhul sobida – väiksemad pursked toimuvad akretsiooniketta ebastabiilsuse tõttu, keskmiselt 12–15 aastaga koguneb aga valge kääbuse pinnale nii palju ainet, et seal toimub väike termo-tuumaplahvatus.

Leedjärv, L., Gális, R., Hric, L., Merc, J., Burmeister, M. 2015. Spectroscopic view on the outburst activity of the symbiotic binary AG Draconis. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, in press (accepted on November 27, 2015), <http://arxiv.org/abs/1512.03209>

Carrier fit method analysis of the variable star LQ Hya

Data in astronomical time-series are often irregularly spaced and contain long gaps. This implies that conventional statistical methods might not be suitable for the analysis of the time-series. Jaan Pelt has for a long time elaborated various methods for the analysis that can be applied to very different classes of objects: rotating stars with spots, the Sun and solar-like stars, microlensed quasars etc. One of his ideas is the so-called carrier fit (CF) method. In the paper by Olsper et al. (2015), this method was applied to the variable star LQ Hya, using its photometric observations from 1982 to 2014. As the rotation period of the object is not known a priori, they utilized different types of statistical methods first (least-squares fit of harmonics, phase dispersion statistics) to estimate various candidates for the carrier period for the CF method. Secondly, a global fit to the whole data set and local fits to shorter segments were computed with the period that was found to be optimal.

The harmonic least-squares analysis of all the available data revealed a short period, of close to 1.6 days, as a limiting value for a set of significant frequencies. This was interpreted as the rotation period of the spots near the equatorial region. In addition, the distribution of the significant periods was found to be bimodal, hinting of a longer-term modulating period, which was set out to study with a two-harmonic CF model. A weak modulation signal was, indeed retrieved, with a period of roughly 6.9 yr. The phase dispersion analysis gives a clear symmetric minimum for coherence times lower than and around 100 days. This was interpreted as the mean rotation pattern of the spots. Of these periods, the most significant and physically most plausible period statistically is the mean spot rotation period 1.60514 days, which was chosen to be used as the carrier period for the CF analysis.

Muutliku tähe LQ Hya analüüs kandevasageduse meetodil

Jaan Pelt on aastaid arendanud astronoomiliste aegridade töötlemise statistilisi meetodeid, mida saab kasutada väga erinevate astronoomiliste objektide vaatluste tõlgendamiseks, aga ka näiteks geofüüsikaliste jm. nähtuste puhul. Üheks viljakaks rakenduseks on osutunud nn. kandevasageduse (carrier fit) meetod.

Koos Helsingi Ülikooli doktorandi Nigul Olspertiga ja koostöös kolleegidega Soome teaduse tippkeskusest ReSoLVE kasutati seda meetodit muutliku tähe LQ Hya fotomeetriliste vaatluste (1982–2014) analüüsiks (Olspert et al. 2015). Leiti, et päikeseplekidega sarnanevate tumedate plekkide pöörlemise periood tähe ekvaatoril on 1,6 päeva. Leidub ka pikem periood, umbes 100 päeva, mis kirjeldab plekkide pöörlemise üldise mustri muutusi. Perioodide bimodaalne jaotus on ilmselt tingitud asjaolust, et plekid tekivad kahes eri piirkonnas, tähe suurtel ja väikestel laiuskraadidel.

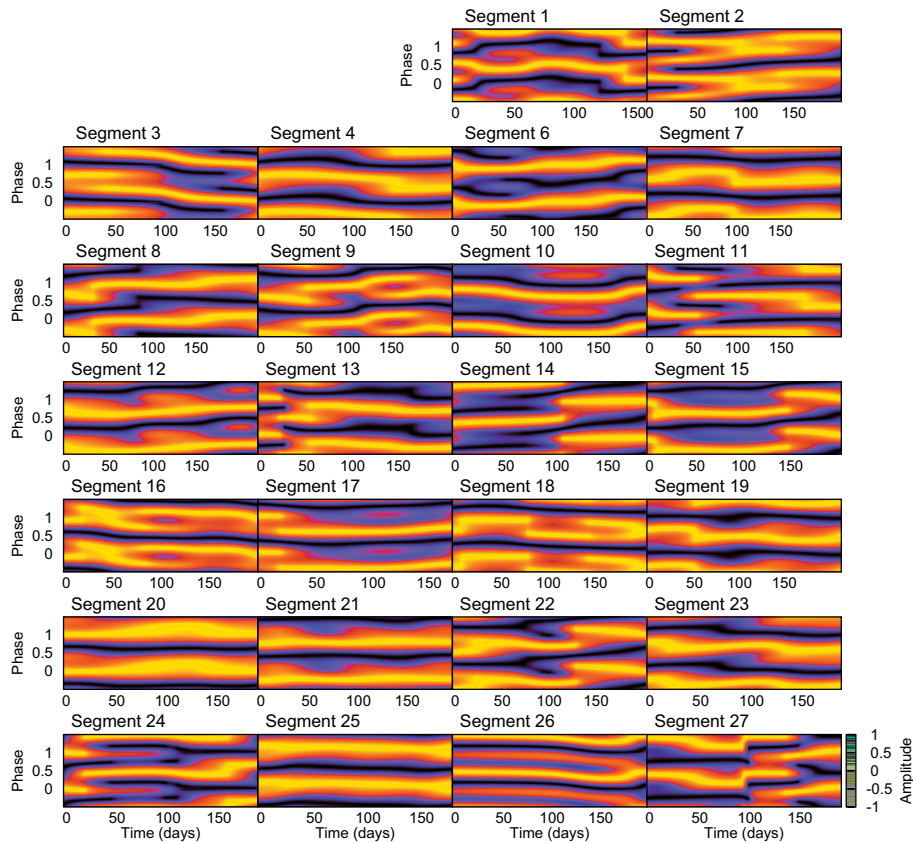


Figure 12. Lightcurve for the nearly thirty years of the BY Draconis type variable star LQ Hya. Phase stacking visualization method allows to reveal characteristic local trends and jumps.

Joonis 12. BY Draconis tüüpi muutliku tähe LQ Hya heleduskõvera muutumine rohkem kui kolmekümne aasta jooksul. Muutuste visualiseerimine faaside pinu abil võimaldab välja tuua olulised karakterseid muutused - lokaalsed trendid ja hüpped.

Olspert, N., Käpylä, M. J., Pelt, J., Cole, E. M., Hackman, T., Lehtinen, J., Henry, G. W. 2015. Multiperiodicity, modulations, and flip-flops in variable star light curves. III. Carrier fit analysis of LQ Hydrae photometry for 1982-2014. *Astronomy & Astrophysics*, 577, A120

Solar-like and anti-solar rotation of stars

Late-type stars rotate differentially owing to anisotropic turbulence in their outer convection zones. The rotation is called solar-like (SL) when the equator rotates fastest and anti-solar (AS) otherwise. Hydrodynamic simulations show a transition from SL to AS rotation as the influence of rotation on convection is reduced, but the opposite transition occurs at a different point in the parameter space. The system is bistable, i.e., SL and AS rotation profiles can both be stable. In cooperation with the colleagues from Stockholm and Helsinki, Jaan Pelt studied the effect of a dynamo-generated magnetic field on the large-scale flows, particularly on the possibility of bistable behaviour of differential rotation (Karak et al. 2015).

They solved the hydromagnetic equations numerically in a rotating spherical shell that typically covers $\pm 75^\circ$ latitude (wedge geometry) for a set of different radiative conductivities controlling the relative importance of convection. The authors conclude that purely hydrodynamic simulations of differential rotation and meridional circulation are shown to be of limited relevance as magnetic fields, self-consistently generated by dynamo action, significantly affect the flows.

Tähtede päikesetaoline ja mittepäikeseline pöörlemine

Tähed võivad diferentsiaalselt pöörelda nii päikesetaoliselt (ekvaatoril kiiremini kui pooluste lähedal) kui ka vastupidi. Konkreetse tähe puhul võivad toimuda üleminekud ühest pöörlemise viisist teise.

Jaan Peldi osalusel valminud artiklis (Karak et al. 2015) näidati, et puhtalt hüdrodünaamilised arvutused ei kirjelda diferentsiaalset pöörlemist ja meridio-naalset tsirkulatsiooni adekvaatselt, arvestada tuleb ka dünamoefektiga genereeritud magnetvälja.

Karak, B. B., Käpylä, P. J., Käpylä, M. J., Brandenburg, A., Olsper, N., Pelt, J. 2015. Magnetically controlled stellar differential rotation near the transition from solar to anti-solar profiles. Astronomy & Astrophysics, 576, A26

Solar activity and Earth's climate

Solar activity is supposed to have significant effect on the Earth's climate, hence understanding mechanisms and variations of the activity is of great importance for climatic studies as well as for studies of solar-like stars. In the paper submitted to Astronomy & Astrophysics (Käpylä et al. 2015) Jaan Pelt and Nigul Olsper contributed to specifying the role of multiple dynamo modes in long-term solar activity variations. Solar magnetic activity shows both smooth secular changes, such as the Grand Modern Maximum, and quite abrupt drops that are denoted as Grand Minima. Direct numerical simulations (DNS) of convection driven dynamos offer one way of examining the mechanisms behind these events. In this work, the authors analysed a solution of a solar-like DNS that has been evolved for roughly

80 magnetic cycles of 5.4 years, during which epochs of irregular behaviour are detected. A special property of the DNS is the existence of multiple dynamo modes at different depths and latitudes. The dominant mode is solar-like. This mode is accompanied by a higher frequency mode near the surface and a low-frequency mode in the bottom of the convection zone. The overall behaviour of the dynamo solution is very complex exhibiting variable cycle lengths, epochs of disturbed and even ceased surface activity, and strong short-term hemispherical asymmetries.

Relation between strong and extreme geomagnetic storms and solar cycle characteristics were studied in the paper by Kilpua et al. (2015). The analysis uses an extensive geomagnetic index AA data set spanning over 150 yr complemented by the Kakioka magnetometer recordings. Pearson correlation statistics was applied to estimate the significance of the correlation with a bootstrapping technique. The correlation between the storm occurrence and the strength of the solar cycle decreases from a clear positive correlation with increasing storm magnitude toward a negligible relationship. Hence, the quieter Sun can also launch superstorms that may lead to significant societal and economic impact. The results show that while weaker storms occur most frequently in the declining phase, the stronger storms have the tendency to occur near solar maximum. The analysis suggests that the most extreme solar eruptions do not have a direct connection the solar large-scale dynamo-generated magnetic field, but are rather associated with smaller-scale dynamo and resulting turbulent magnetic fields. The phase distributions of sunspots and storms becoming increasingly in phase with increasing storm strength, on the other hand, may indicate that the extreme storms are related to the toroidal component of the solar large-scale field.

Päikese aktiivsus ja Maa kliima

Multimoodiline dünamo on väga oluline ka Päikese enda aktiivsuse pikaajalises muutlikkuses. Käpylä et al. (2015) töös selgus, et dünamo lahendi üldine käitumine on väga keerukas, sisaldades erineva pikkusega tsükleid, häiritud ja mahasurutud aktiivsust pinnakihtides ning lühiajalist tugevat asümmeetriat poolkerade vahel. Huvitaval kombel ilmneb pinnakihi minimaalne aktiivsus globaalse magnetilise energia maksimumides.

Rohkem kui 150 aasta pikkuse geomagnetilise indeksi AA muutuste analüüs näitas, et nende seos Päikese aktiivsuse karakteristikutega ei ole lihtne ja ühene (Kilpua et al. 2015), ka suhteliselt vaikne Päike võib tekitada tugevaid geomagnetilisi torme, millel võib olla oluline mõju maapealsele ühiskonnale ja majandusele.

Käpylä, M. J., Käpylä, P. J., Olsper, N., Brandenburg, A., Warnecke, J., Karak, B. B., Pelt, J. 2015. Multiple dynamo modes as a mechanism for long-term solar activity variations. Astronomy & Astrophysics, in press, <http://arxiv.org/abs/1507.05417>

Kilpua, E. K. J., Olsper, N., Grigorievskiy, A., Käpylä, M. J., Tanskanen, E. I., Miyahara, H., Kataoka, R., Pelt, J., Liu, Y. D. 2015. Statistical study of strong and extreme geomagnetic disturbances and solar cycle characteristics. Astrophysical Journal, 806, 272

Remote sensing of vegetation

The amount of foliage in forests described by leaf area index (LAI) is a key factor in estimating vegetation net primary production and carbon cycle. The prerequisite for the estimation of LAI from optical reflectance measurements is the knowledge of the structure of vegetation canopy and adequacy of radiative transfer models which describe reflectance of vegetation canopies. These were the main fields of studies in 2015.

The comparison of vegetation radiative transfer models for heterogeneous canopies (forests) using forest structure and optical properties data collected in real forests, including three Järvselja forest stands, was started a few years ago, and was completed this year (Widlowski et al., 2015). Twelve RT modeling groups provided simulations of canopy scale (directional and hemispherically integrated) radiative quantities. The simulation results showed much greater variance than those recently analyzed for the abstract canopy scenarios of RAMI-IV. Canopy complexity is among the most likely drivers behind operator induced errors that gave rise to the discrepancies. This result accents the need to study forest structure in more details.

Clumping and angle distribution of foliage in forests was studied by Jan Pisek and Kairi Raabe in collaboration with research groups in Israel, USA, Italy, Australia (Raabe et al., 2015; He et al., 2015; Chianucci et al., 2015). Three satellite products – POLDER reflectance maps of 8 km resolution, the MODIS BRDF product of 500 m resolution and MISR data of 275 m resolution were used to estimate clumping index over a set of sites representing diverse biomes and different canopy structures. The products were also directly validated with both in-situ vertical profiles and available seasonal trajectories of clumping index over several sites. It was shown that the vertical distribution of foliage and especially the effect of understory need to be taken into account while validating foliage clumping products from remote sensing products with values measured in the field.

The structure and optical properties of ground vegetation influences spectral signatures of forest stands. The contribution of ground vegetation in spectral signatures of forests both the optical properties of ground vegetation and probability to see ground vegetation under forests is analyzed (Pisek et al., 2015; Nikopensius et al., 2015). The seasonal courses of understory Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) from MODIS BRDF data using the semi-empirical and physically-based approach were retrieved. The seasonal variation (April-September) and spectral changes occurring in understory layers of a typical European hemi-boreal forest were documented. The collected dataset presented within the study would be of much use to improve and validate algorithms or models for extracting spectral properties of understory from remote sensing data. It can be

also further used as a valuable input in radiative transfer simulations that are used to quantify the roles of forest tree layer and understory components in forming a seasonal reflectance course of a hemi-boreal forest.

Attempts to estimate forest leaf area index both from remote sensing data and in *in situ* measurements were done at Järvelja forests (Kuusk et al, 2015; Chianucci et al., 2015; Lukasova et al., 2014). The two-layer homogeneous canopy reflectance model ACRM was applied for the estimation of leaf area index (LAI) of forests using Proba/CHRIS spectral signatures and model inversion. Results of LAI estimation at the Järvelja forested test site are compared with ground truth readings available at the test site, and with LAI estimates by MODIS and MERIS/CYCLOPES LAI products for the test site. MODIS LAI estimates are systematically higher than MERIS estimates. The estimated LAI values from ACRM inversion using CHRIS data have wider range than MODIS and MERIS estimates for the test site because of smaller pixel size. In general, LAI values from CHRIS data are between MODIS and MERIS LAI values, however, systematically lower than allometric LAI of forest stands using forest inventory data and regressions suggested for the boreal zone in literature.

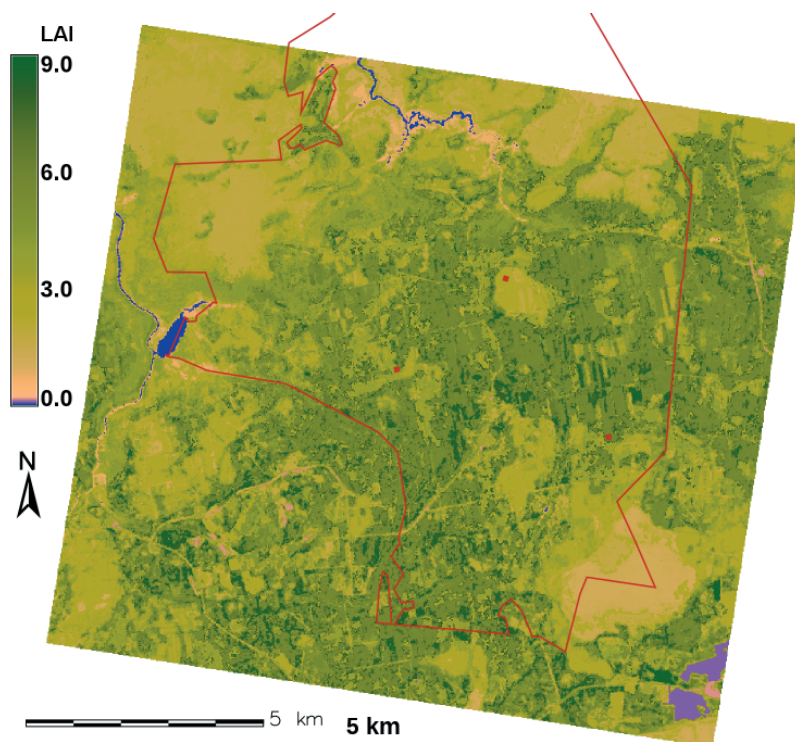


Figure 13. LAI map of the Järvelja test site.

Joonis 13. Järvelja katseala lehepindala indeksi kaart.

The changes in the leaf area index (LAI) and in the plant area index (PAI), estimated from LAI-2000 measurements and from hemispherical photos were used for the estimation of the timing of the onset of phenological phases in forests which is considered as a good indicator of climate change impacts.

Using multiple remote sensing data - satellite spectral images of medium spatial resolution, airborne laser scanning data and the field data from routine monitoring surveys - the assessment of habitat diversity and extent in forests was performed (Lang et al., 2015). Landscape monitoring was carried out on 1 square kilometer field sample sites and the field observations were used to construct maps for the test sites. By using maximum likelihood classifier, it is possible to extrapolate the habitat information from the field survey sites based on correlation between habitat type and its spectral signature. The analysis showed that for efficient use of remote sensing data in landscape monitoring the current fieldwork protocol has to be adjusted to better distinguish spectrally variable patches in the field survey sites.

Taimkatte kaugseire

Taimkatte kaugseires olid kesksel kohal taimkatte struktuuri uuringud. Rahvusvahelise taimkatte kiirguslevi mudelite võrdluse tulemused näitasid, et kui mudelites kasutada simuleeritud metsa struktuuri parameetrite asemel reaalseis metsades mõõdetuid, ilmnevad mudelite suured erinevused. See kinnitab vajadust põhjalikumalt uurida ja täpsemini kirjeldada metsa struktuuri.

Fütoelementide grupeerumise ja kaldenurkade uuringuid viidi läbi Eestis ja koostöös teiste tööriühmadega ka mitmel pool mujal – Iisraelis, Itaalias, Kanadas, Austraalias. Fütoelementide grupeerumise regionaalseteks hinnanguteks on kasu-tatud taimkatte peegeldumise suundolenevuste mõõtmisi satelliidid-sensoritega MODIS, MERIS ja POLDER.

Metsade peegeldumise spektraalseid signatuure mõjutavad alustaimestiku hulk ja optilised omadused ning tõenäosus näha läbi puuderinde aluspinda. Seda analüüsiti Tartu Observatooriumis loodud Järvselja kolme puistut kirjeldava andmebaasi toel. Metsade lehepindala ja okkapindala määravad metsade bioproduktiooni. Lehepindala Järvselja metsades hinnati nende metsade kesk-mise lahutusega (17 m) spektraalkujutistel taimkatte peegeldumise pöördülesan-net lahendades. Sel viisil on loodud Eesti Keskkonnaobservatooriumi SMEAR-jaama ümbruse maa-ala kesksuvine lehepindala kaart.

Kaugseireandmeid on kasutatud ka metsade elukohatüüpide ja nende ulatuse hindamiseks.

Widłowski, J.-L., Mio, C., Disney, M., Adams, J., Andredakis, I., Atzberger, C., Brennan, J., Busetto, L., Chelle, M., Ceccherini, G., Colombo, R., Côté, J.-F., Eenmäe, A., Essery, R., Gastellu-Etchegorry, J.-P., Gobron, N., Grau, E., Haverd, V., Homolová, L., Huang, H., Hunt, L., Kobayashi, H., Koetz, B., Kuusk, A., Kuusk, J., Lang, M., Lewis, P.E., Lovell, J.L., Malenovsky, Z., Meroni, M., Morsdorf, F., Möttus, M., Ni-Meister, W., Pinty, B., Rautiainen, M., Schlerf, M., Somers, B., Stuckens, J., Verstraete, M.M., Yang, W., Zhao, F. (2015). *The fourth phase of the radiative transfer model intercomparison (RAMI) exercise: Actual canopy scenarios and conformity testing. Remote Sensing of Environment*, 169, 418-437.

- Raabe, K., Pisek, J., Sonnentag, O., Annuk, K. (2015). Variations of leaf inclination angle distribution with height over the growing season and light exposure for eight broadleaf tree species. *Agricultural and Forest Meteorology*, 214-215, 2-11.
- He, L., Liu, J., Chen, J.M., Croft, H., Wang, R., Sprintsin, M., Zheng, T., Ryu, Y., Pisek, J., Gonsamo, A., Deng, F., Zhang, Y. (2015). Inter- and intra-annual variations of clumping index derived from the MODIS BRDF product. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 44, 53-60.
- Chianucci, F., Macfarlane, C., Pisek, J., Cutini, A., Casa, R. (2015). Estimation of foliage clumping from the LAI-2000 plant canopy analyzer: effect of view caps. *Trees - Structure and Function*, 29, 355-366.
- Pisek, J., Rautiainen, M., Nikopensius, M., Raabe, K. (2015). Estimation of seasonal dynamics of understory NDVI in northern forests using MODIS BRDF data: Semi-empirical versus physically-based approach. *Remote Sensing of Environment*, 163, 42-47.
- Nikopensius, M., Pisek, J., Raabe, K. (2015). Spectral reflectance patterns and seasonal dynamics of common understory types in three mature hemi-boreal forests. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 43, 84-91.
- Kuusik, A., Lang, M., Kodar, A., Sims, A. (2015) Estimation of leaf area index of hemiboreal forests. *The Open Remote Sensing Journal*, 6, 1-10.
- Lukasova, V., Lang, M., and Škvařenina, J. (2014). Seasonal changes on NDVI in relation to phenological phases, LAI and PAI of beech forests. *Baltic Forestry*, 20(2), 248-262.
- Lang, M., Vain, A., Bunce, R.G.H., Jongman, R., Raet, J., Sepp, K., Kuusemets, V., Kikas, T., Liba, N. (2015) Extrapolation of in situ data from 1-km squares to adjacent squares using remote sensed imagery and airborne lidar data for the assessment of habitat diversity and extent. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187 (3), 1-16.

Remote sensing of atmosphere

The major task in the study of radiation climate in 2015 was to finish the work within the project „Estonian radiation climate“. General features of the exposure levels and variations of ground-level ultraviolet radiation in Estonia are described in the book „Solar Radiation Applications“ (Eerme et al., 2015). Significant part of the work was concentrated on the preparation of ultraviolet (UV) spectral datasets for potential users. Variations and trends in the availability and spectral composition have influence on atmospheric chemistry, plant health as well as on human health and whole carbon cycle. The effects are mostly cumulative.

The prepared dataset allows an easy integration of spectral energy by wavelength ranges and time intervals to get desirable spectral doses in different time-scales. The largest daily doses are recorded around summer solstice in the presence of medium cloud amounts. At small amounts, clouds are less frequently located close to the Sun and both attenuation as well as enhancement of incoming irradiance are moderate. At large cloud amounts the attenuation dominates.

Further investigation is directed to variations of spectral composition of the incoming UV irradiance and to the contribution of noon hours into the daily spectral doses. In both the UV and broadband solar radiation the daily energetic doses may differ up to 8 times. However, the differences in UVA/UVB ratio

often remain very small. PhD student M. Aun has compiled a suitable software package for the reconstruction of UV doses for days not covered by the observations. Reliable filling in the gaps is important for estimation the received spectral doses.

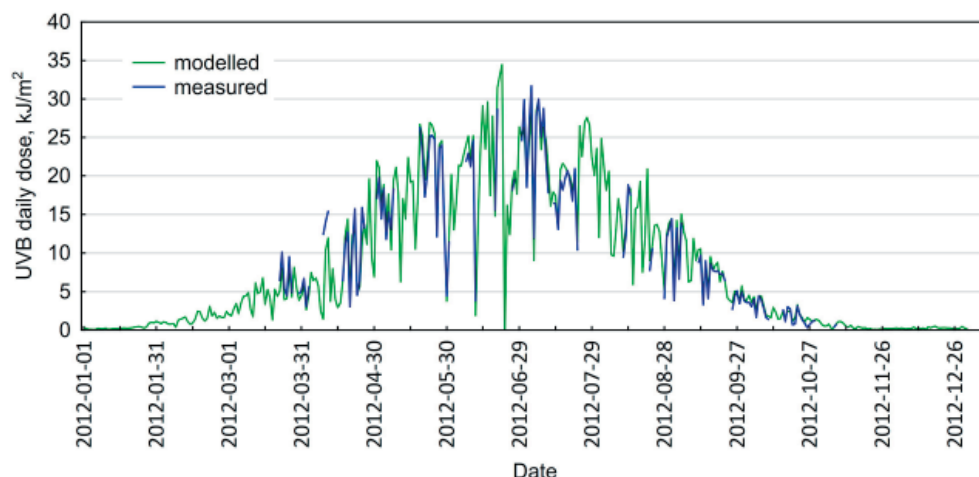


Figure 14. Measured and modelled UVB daily doses in 2012.

Joonis 14. Mõõdetud ja mudeliga arvatud UVB päevadoosid 2012. aastal.

For the support of the study of ecosystem-atmosphere relations in the SMEAR-Estonia research station at Järvelja the spectra of incident total and diffuse solar radiation in the spectral range 295-2200 nm, spectral resolution 3-16 nm were recorded during the whole vegetation period (Kuusk and Kuusk, 2015).

Eesti kiirguskliima monitoring

Eesti kiirguskliima monitoring on kestnud koostöös Eesti ilmateenistusega ligi kuuskümmend aastat. TO on aidanud tagada kiirgusmõõtmiste metrooloogilist kvaliteeti ning analüüsinud andmekogusid. Valminud on UV-spektrite andmebaas kiirgusdooside integreerimiseks lainepikkuste ja aja järgi. Loodud on tarkvarapakett UV-kiirguse rekonstrueerimiseks päevadel, mil mõõtmisandmed jäävad lünklikuks. Järvelja SMEAR-jaama toeks on juba kolmel suvel mõõdetud maapinnale/metsale saabuva päikesekiirguse summaarseid ja difuusseid kiiritustihedusi spektrivahemikus 295-2200 nm spektraalse lahutusega 3-16 nm kogu vegetatsiooniperioodi kestel. Ajaline lahutus on 30 s.

Eerme, K., Aun, M., Veismann, U. (2015) Instrumentation and measurement of ground-Level ultraviolet irradiance and spectral composition in Estonia. In: *Solar Radiation Applications*. InTech - Open Access Publisher, 119-139.

Kuusk, J., Kuusk, A. (2015) Automatiseeritud päikesekiirguse mõõtmised Järveljal. Geofüüsika konverents "Tartu Ülikooli Ilmade Observatoorium 150", Tõravere 3. detsember 2015. Poster.

Remote sensing of water bodies

The work on developing water transparency algorithm for optically-complex waters was continued. A set of empirical and semianalytical algorithms was developed and compared to retrieve the diffuse attenuation coefficient of downwelling irradiance ($K_d(\lambda)$) from satellite data. In the first approach, a band ratio algorithm was used. Various sets of MERIS/ENVISAT band ratios were tested to achieve the best estimates for $K_d(490)$ based on the *in situ* dataset which was measured in Nordic lakes (oligotrophic to eutrophic conditions). In the second approach, $K_d(490)$ was expressed as a function of inherent optical properties which were retrieved from MERIS standard products. The algorithms from both approaches were tested against an independent data set and validated in optically-complex coastal waters in the Baltic Sea and in Nordic lakes with high concentrations of coloured dissolved organic matter ($0.3 < a_{\text{cdom}}(442) \text{ m}^{-1} < 4.5$), chlorophyll a (Chl a) ($0.7 < C_{\text{Chla}}(\text{mg}/\text{m}^3) < 67.5$) and total suspended matter (TSM) ($0.5 < C_{\text{TSM}}(\text{g}/\text{m}^3) < 26.4$). MERIS-derived $K_d(490)$ values showed reliable estimates in case of both methods. The results indicate that for the band ratio algorithms, the root mean square error (RMSE) decreases and the coefficient of determination (R^2) increases when using longer wavelengths in the visible spectrum as a reference band. It was found that the best estimates were retrieved from MERIS data when using the ratio of $R_{\text{rs}}(490)/R_{\text{rs}}(709)$ for coastal waters ($K_d(490) < 2.5 \text{ m}^{-1}$) and the ratio $R_{\text{rs}}(560)/R_{\text{rs}}(709)$ for more turbid inland waters ($K_d(490) > 2.5 \text{ m}^{-1}$).

As a result, a combined band ratio algorithm was developed, which provides a promising approach ($R^2=0.98$, $\text{RMSE}=17\%$, $N=34$, $p<0.05$) for estimating $K_d(490)$ over a wide range of values ($0.3\text{--}6.1 \text{ m}^{-1}$) (Figure 15 c, f). The work is published by Alikas et al (2015a).

Water transparency is included in the European Water Framework Directive (WFD), as one of the important physicochemical parameters, which is used for ecological status classification of a water body. Similarly to transparency, several other ecological parameters, used for status classification, can be monitored by space-based instruments e.g. phytoplankton biomass; chlorophyll a concentration; frequency and intensity of cyanobacterial blooms. We used MERIS archive from 2002-2011 to map these parameters over five large European lakes (Peipsi, Vörtsjärv, Vänern, Vättern, Mälaren) in order to investigate the possibility to use remote sensing products to monitor inland waters in the context of EU WFD.

It was found that satellite data can be effectively used to complement traditional water monitoring programs by adding information with significantly improved spatial coverage and temporal detail to support the WFD status assessment process. Time series based on satellite data and data collected within national and regional monitoring programs were compiled and compared, to demonstrate good agreement between the two techniques, but also to discuss natural differences and limitations. Furthermore, the ecological status class based on satellite and *in situ* data for each water body was calculated and analyzed (Alikas et al., 2015b).

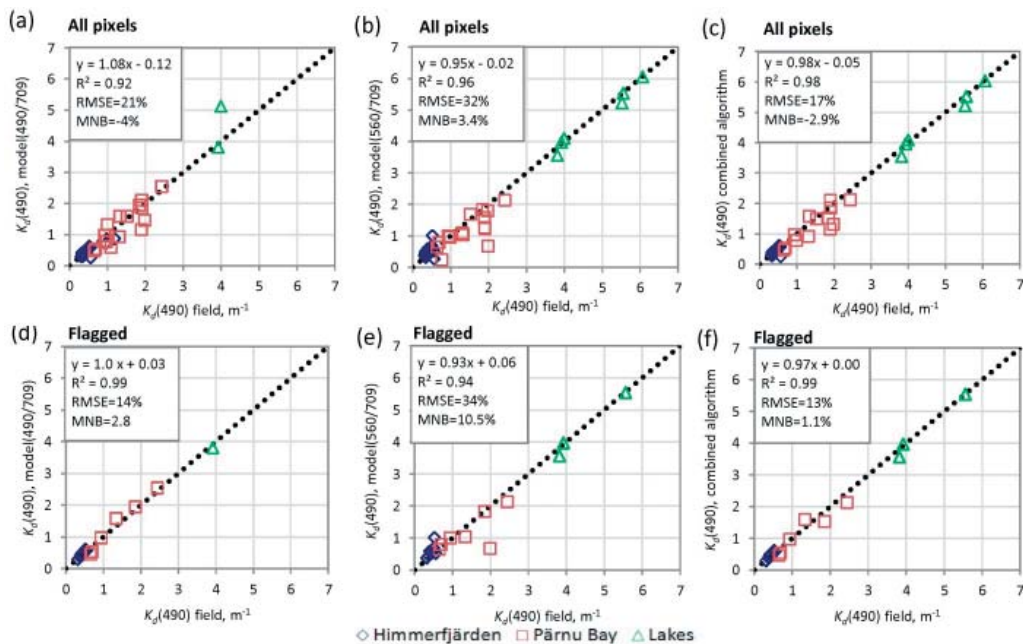


Figure 15. Validation of the empirical $K_d(490)$ algorithm based on $R_{rs}(490)/R_{rs}(709)$: using all pixels (a), and after flagging (d), algorithm based on $R_{rs}(560)/R_{rs}(709)$: all pixels (b), and after flagging (e), and the combined algorithm: all pixels (c), and after flagging (f).

Joonis 15. $K_d(490)$ algoritmi valideerimistulemused kasutades kanalisuhet $R_{rs}(490)/R_{rs}(709)$: kõik pikslid (a), pärast kvaliteedimärgendite rakendamist (d); kanalisuhe $R_{rs}(560)/R_{rs}(709)$ (b, e) ning kombineeritud algoritmi puhul (c, f).

This year the focus of FP7 GLaSS project was set to various case studies in order to investigate remote sensing applications for studying various lake types, e.g. deep clear lakes, shallow eutrophic lakes, lakes with high dissolved organic matter. The methods used and the results gained in the case studies were used for creating training materials for different levels of students and scientists which will be made available through dedicated website. This year GLaSS joint field campaign was on Lake Vänern, where during Landsat 8 overpass field measurements were conducted over the lake which allows to test various atmospheric correction schemes and the suitability of bio-optical models on Landsat 8 data.

Vee kaugseire

Vee läbipaistvuse (valguse difuusse nõrgenemiskoeffitsiendi $K_d(490)$) hindamiseks kaugseire andmetest loodi kombineeritud kanali suhte algoritm, mis kasutab mõõtmisandmeid lainepikkustel 490, 560 ja 709 nm. Algoritmi rakendati ENVISAT/MERIS produktidele, mis andis häid tulemusi ($R^2 = 0.98$, RMSE = 17%, N = 34) suures vee läbipaistvuste vahemikus.

MERIS arhiivi (2002-2011) toel analüüsiti läbipaistvuse, taimse põhipigmenti klorofüll a sisalduse ja fütoplanktoni biomassi sesoonseid ja aastatevahelisi muutusi mitmetes Euroopa suurtes järvedes (Võrtsjärv, Peipsi, Vättern, Vänern, Mälaren) ning võrreldi neid tavaseires mõõdetud andmetega. Satelliidilt saadud andmed täiendasid oluliselt *in situ* kogutud andmeridunii ajalises kui ka ruumilises skaalas ning pakkusid täiendavat informatsiooni veekogu ökoloogilise seisundi hindamisel, mis on nõutav EL Veepoliitika Raamdirektiivi poolt.

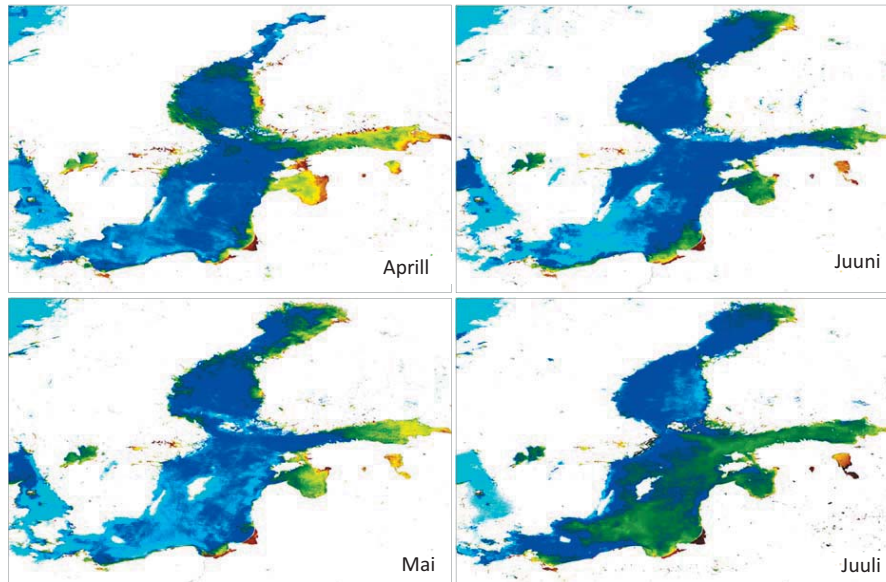


Figure 16. Monthly means of Secchi depth calculated from MERIS images in the Baltic Sea in 2010.

Joonis 16. Kuu keskmised vee läbipaistvuse hinnangud Läänemeres 2010. aastal arvatuna MERIS andmetest.

FP7 GLaSS projekti raames keskenduti sel aastal eelkõige juhtumianalüüsidele, milles hinnati kaugseire andmete rakendusi optiliselt erinevate järvetüüpide – selgeveeliste, kõrge lahustunud orgaanilise või mineraalse aine sisaldusega ja rohketoiteliste järvede – jaoks. Sellest valmistati omakorda erineva tasemega õppematerjalid üliõpilastele ja kaugseire spetsialistidele. Lisaks toimus ühisekspeeditsoon Vänerni järvele, kus paralleelselt Landsat 8 ülelennuga koguti välitööde käigus võrdlusandmeid, mille alusel analüüsiti erinevate atmosfäärikorrektsiooni ja bio-optiliste mudelite sobivust Landsat 8 andmetele.

Alikas, K., Kratzer, S., Reinart, A., Kauer, T., Paavel, B. (2015a) Robust remote sensing algorithms to derive the diffuse attenuation coefficient for lakes and coastal waters. *Limnology and Oceanography: Methods*, 13, 402-415.

Alikas, K., Kangro, K., Randoja, R., Philipson, P., Asuküll, E., Pisek, J., Reinart, A. (2015b) Satellite based products for monitoring optically complex inland waters in support of EU Water Framework Directive. *International Journal of Remote Sensing*, 36(17), 4446-4468.

The mission of ESTCube-1 ended this year

On 17th of February 2015 the final press conference took place where the mission was concluded - the satellite subsystems were characterised, improved and prepared for the electric solar wind sail experiment. Most importantly the satellite was able to provide spin rate of hundreds of degrees per second and estimate the attitude with accuracy better than two degrees. Unfortunately, the tether deployment was not successful. While troubleshooting the problem, the team spun up the satellite to more than 2.3 rotations per second which showed the satellite's capability to support very high spin rates. On May 19th 2015 the satellite passed away by entering energy-negative mode.

ESTCube-1 missioon lõppes sel aastal

17. veebruaril 2015 kuulutati ESTCube-1 missioon Tõraveres toimunud pressikonverentsil ametlikult lõppenuks. Seal kirjeldati ka kõikides alamsüsteemides tehtud muudatusi ning ettevalmistusi päikesepurje eksperimendi läbiviimiseks. Kõige olulisemaks saavutuseks saab pidada seda, et satelliidi pöörlemiskiirus ulatus sadadesse kraadidesse sekundis asendi määramise täpsusega enam kui kaks kraadi. Päikesepurje väljakerimine kahjuks ei õnnestunud. Probleemi tuvastamiseks pani meeskond satelliidi pöörlema kiirusel enam kui 2,3 pöört sekundis, mis näitas selle võimekust vastu pidada väga suurele pöörlemiskiirusele. 19. mail 2015 lõpetas satelliit energiavarustuse lakkamise tõttu oma tegevuse.



*The online press conference was mixed together by the professional UTTV team.
ESTCube-1 viimane online pressikonverents UTTV mikseripuldis*

Lessons learned from ESTCube-1 in-orbit experience

To take the best from ESTCube-1 experience and to learn from mistakes, the team published an article on ESTCube-1 in-orbit experience and lessons learned which made to the front cover of IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine. ESTCube-1 also reached cinemas with the movie “How to build a spacecraft?”.



IEEE Aerospace and Electronic Systems magazine August 2015 cover story was about lessons learned from ESTCube-1 mission. [IEEE ajakirja 2015 augusti kaanelugu oli ESTCube-1 missiooni õppetundidest](#)

ESTCube was launched on 7th of May, 2013 on board the Vega rocket by Arianespace. After successful early operations, several in-orbit software updates took place - the satellite was launched with minimal software functionality to avoid activation of critical mission procedures too early. For example, prematurely enabling the high voltage supply, unlocking the tether reel or the tether end-mass.

Electrical power system (EPS) on-board software has been gradually improved by adding functionality: power saving methods, including satellite-wide timed sleep modes and battery level thresholds for automatically turning off other subsystems; variety of data logging functions; operator controlled beacon with time scheduling for public outreach purposes; stability updates; and experiment-related functions.

Similarly to the EPS, the command and data handling system (CDHS) has been improved by adding functionality: powersaving mode,

variety of data logging functions, raw sensor measurements with high-resolution timestamps, experiment-related functions, additional pre-processing of attitude measurements, as well as attitude determination and control algorithms. While attitude determination and control system (ADCS) sensors are placed on a dedicated board, all calculations take place on the CDHS microcontroller (MCU).

A secondary objective of the ESTCube mission was to take images of Estonia. Firstly, to validate the camera for this purpose, images of the Earth were taken. The first fully downlinked image was taken already on 15th of May, 2013. During its lifetime, ESTCube has downlinked 300 images for scientific and public outreach purposes. These images have been used to characterize the camera and to validate on-board attitude determination. Due to challenges with the ADCS, taking an image of Estonia proved to be difficult and only at the one-year anniversary the team was able to present an image of Estonia, Latvia and a part of Finland. The most important camera software updates were histogram analysis that allowed automatic detection of the Earth and clouds, and optimization of power consumption.

Attitude determination sensors were pre-launch calibrated in the laboratory, but had to be recalibrated using in-orbit measurements. For calibration, statistical methods were used, and attitude determined from on-board images as well the Kalman Filter output were used to fine-tune correction functions and to validate the system. The accuracy of the system is better than 1.5° .

Due to ferromagnetic steel structural components and battery casings, as well as ferromagnetic nickel anode and cathode of electron guns, the satellite body aligns with the geomagnetic field. Tests with the engineering model and Helmholtz coils in an anechoic chamber revealed that the residual magnetic moment is larger than the on-board coils can produce and the direction is roughly diagonal from one edge to another. Under stable unactuated conditions the spin axis of the satellite is roughly aligned with its internal magnetic moment vector which in turn follows the geomagnetic field. The latter causes precession of the spin axis. In-orbit attitude control experiments showed ability to spin up around the z-axis of the satellite and align the spin axis with the polar axis of the Earth (as required by the E-sail experiment) but the rotation is not stable and over time the satellite returns to its natural motion of following the geomagnetic field. By controlling the spin rate around the axis that follows the geomagnetic field, the team was able to reach the spin rate of 360 deg/s.

Since the natural spin axis still provides the required centrifugal force to deploy the tether and to perform the experiment with relaxed requirements, multiple attempts to deploy the tether took place. However, deployment of the tether was neither confirmed by camera nor angular velocity measurements. The most probable reason is that the tether reel is not rotating because either the rotator is jammed or reel lock deployment has failed. To enhance the centrifugal pull force of the end-mass in an attempt to release the possible mechanical jam, the spin rate was increased to as high as possible which resulted in 840 deg/s.

Another part of the E-sail experiment was testing of the field-emission based electron guns, intended to charge up the satellite. While E-sail tether deployment failed, the electron guns were still tested by powering up the high-voltage source and applying a potential difference of around 510 V between the electron gun anode and cathode. Currents going to electron guns measured during these experiments showed that applying the anode voltage increases the cathode current, indicating that electron guns function. A voltage of 510 V produced a cathode current of 300 μA . The reliability of the technology still seems to be of concern. One of the electron guns appears to have disconnected from the power supply and the functioning one short circuited during tests (after the successful measurement of the cathode current).

After two year and two weeks of being operational, due to insufficient amount of energy produced, the satellite entered energy-negative mode and consumed the available energy stored in batteries to keep operating. Once the batteries were drained, the satellite did not have enough energy available to be operational.

Õppetunnid ESTCube-1 kogemustest orbiidil

ESTCube-1 missiooni tulemuste ja kogemuste põhjal avaldas ESTCube meeskond ühisartikli, mis valiti IEEE ajakirja *Aerospace and Electronic Systems Magazine* 2015. aasta augusti numbriga esikaanelooks. Septembris esilinastus dokumentaalfilm „Kuidas ehitada kosmoselaeva?“.

Eesti esimene satelliit ESTCube-1 lennutati orbiidile 7. mail 2013 Arianespace'i kanderaketi Vega pardal minimaalse tarkvarasüsteemiga, et vältida missiooni jaoks kriitilise tähtsusega osade nagu kõrgepingeallika, päikesepurje traadi pooli või selle otsaraskuse enneaegset aktiveerimist.

Edukatele algoperatsioonidele järgnesid mitmed tarkvarauuendused. Järkjärgult täiustati elektritoite alamsüsteemi pardatarkvara, lisades energiasäästu meetodeid, sealhulgas kõigi satelliidi alamsüsteemide ajastatud puhkerežiimid ja aku energiataseme piirangud erinevate süsteemide automaatseks välja lülitamiseks, mitmesugused andmete logimise funktsioonid, satelliidi poolt maale edastatava info kontrollimine ning ajastamine, stabiilsust parandavad uuendused ning eksperimendiga seotud funktsioonid.

Sarnaselt elektritoite alamsüsteemiga täiendati ka käsu- ja andmehalduse alamsüsteemi funktsionaalsust. Lisati energiasäästurežiim, andmete salvestamise funktsioonid, täpsema ajalise lahutusega toored näidud anduritelt, eksperimendiga seotud funktsioonid, täiendav asendi mõõtmiste eeltöötlus, samuti asendi määramise ja kontrolli algoritmid. Asendi määramise ja kontrolli alamsüsteemi sensorid asusid vastaval elektroonilisel plaadil, arvutused viidi aga läbi käsu- ja andmehaldussüsteemi mikrokontrolleris.

ESTCube missiooni teiseks eesmärgiks oli teha pilte Eestist. Kaamera valideerimiseks tehti esmalt pilte Maast, esimene neist juba 15. mail 2013. Kokku tegi ESTCube 300 pilti. Neid on kasutatud kaamera omaduste iseloomustamiseks, satelliidi pardal läbi viidud asendi määramise valideerimiseks ning avalikkuse teavitamiseks. Asendi määramise ja kontrollisüsteemiga seotud takistuste tõttu oli aga pildi saamine Eestist keeruline ning alles esimese tööaasta lõpus suutis ESTCube'i meeskond teha foto Eestist, Lätist ning osast Soomest. Kõige olulisemad uuendused kaamera jaoks olid histogrammil põhinev analüüsimeetod Maa ja pilvede automaatseks tuvastamiseks ning kaamera energiatarbe optimeerimine.

Asendi määramise sensoreid kalibreeriti enne satelliidi üles lennutamist laboris, kuid missiooni käigus tuli need ümber kalibreerida, kasutades orbiidil läbi viidud mõõtmisi. Kalibreerimiseks kasutati statistilisi meetodeid. Satelliidi asend määrati pardakaamera piltidelt. Parandusfunktsioonide täpsustamiseks ning süsteemi valideerimiseks kasutati Kalmani filtri väljundit. Süsteemi täpsus oli parem kui $1,5^\circ$.

Satelliidi ferromagneetiliste komponentide tõttu – terasest osad ja patareide ümbrised, elektronkahuri nikkelanood ja -katoode – joondus satelliidi korpus geomagneetilise väljaga. Katsed satelliidi testmudeli ning Helmholtzi mähisega kaja-vabas ruumis näitasid, et jääkmagnetmoment on suurem kui parda poolid saavad tekitada ning selle suund ühest otsast teise on ligikaudu diagonaalne. Stabiilsetel

tingimustel ühe koha peal oli satelliidi pöörlemistelg orienteeritud ligikaudselt oma magnetmomendi vektoriga, mis omakorda järgis Maa magnetvälja. Viimane põhjustas pöörlemistelje pretsessiooni. Orbiidil läbi viidud asendi kontrolli eksperimendid näitasid võimalust panna satelliit pöörlema ümber oma z-telje ning pöörlemistelje joendamist maa polaarteljega, mis oli vajalik elektrilise päikesepurje eksperimendi jaoks. Katsed näitasid aga sedagi, et pöörlemine ei olnud stabiilne ning aja jooksul naases satelliit oma loomulikule liikumisteele, järgides Maa magnetvälja. Kontrollides pöörlemiskiirust ümber telje, mis järgis Maa magnetvälja, suutis meeskond saavutada pöörlemiskiiruse 360 kraadi sekundis.

Kuna satelliidi loomulik pöörlemistelg võimaldas ikkagi saavutada nõutud tsentrifugaaljõu päikesepurje traadi välja kerimiseks ning ekseperimendi läbi viimiseks vähendatud nõutele vastavates tingimustes, tehti mitmed katsed traadi välja kerimiseks. Paraku ei suudetud traadi lahtikerimist kinnitada ei kaamera ega nurkkiiruste mõõtmiste kaudu. Kõige tõenäolisem põhjus, miks traadipool ei keerelnud, oli kas ummistus pöörleva osa juures või ebaõnnestus pooli luku eemaldamine. Tsentrifugaaljõu suurendamiseks ja otsaraskusele mõjuva tõmbejõu suurendamiseks lootusega võimalikku mehaanilist ummistust vabastada, tõsteti satelliidi pöörlemiskiirus maksimaalseks võimalikuks, mis andis tulemuseks 840 kraadi sekundis.

Teine osa elektrilise päikesepurje eksperimendist oli elektronkahurite testimine eesmärgiga laadida satelliiti energiaga. Kui päikesepurje traadi väljakerimine ebaõnnestus, siis elektronkahureid siiski testiti kõrgepingeallika käivitamise ning elektronkahuri anoodi ja katodi vahele umbes 510 V pinge erinevuse rakendamiseks. Elektronkahuritesse liikuva voolutugevuse mõõtmine näitas, et anoodpinge lisamine suurendab katoodvoolu, mis näitas elektronkahuri töötamist. 510 V pinge tekitas katoodis voolutugevuse 300 μ A. Tehnoloogia töökindlus oli siiski probleemne. Üks elektronkahuritest tundus olevat energiaallikast lahti ühendunud ning teine läks pärast edukat katoodvoolu mõõtmist testide ajal lühisesse.

Kahe aasta ning kahe nädala pikkuse tööaja järel jõudis satelliit energiatootmise languse tõttu energiavaeguse režiimi ning kasutas edasiseks töötamiseks ära patareides talletatud energia. Kui patareid tühjaks said, ei jätkunud satelliidil enam energiat töökorraks püsimiseks.

Optical payload for ESEO mission

Nothing ends with ESTCube-1 though. Tartu Observatory together with the University of Tartu develops an optical payload for the ESA's European Student Earth Orbiter (ESEO) mission. Payload development takes advantage of the ESTCube-1 camera which, with some modifications, is the primary camera. The secondary camera has larger optics and the sensor to increase the ground resolution to 23 m per pixel. Cameras are extensively tested and flight hardware will be delivered to the company SITAEL (former ALMASpace) in the middle of 2016. Our camera developments open new opportunities in the private sector and in ESA.

ESEO missioon ja kaamera arendus



ESTCube next generation camera on test equipment station. Järgmise põlvkonna kaamera katsestendil

ESTCube-1 lõpp on uue algus. Täna arendavad Tartu Observatooriumi spetsialistid koostöös Tartu Ülikooli teadlastega optilist seadet Euroopa Kosmoseagentuuri European Student Earth Orbiter (ESEO) missiooni jaoks. Baasmudelina kasutatakse ESTCube-1 kaamerat mõnede täiendustega.

Kaamera uuel versioonil on suurem optika ja sensor, et suurendada kaamera eraldusvõimet maapinnal 23 m pikseli kohta. Kaamerat on põhjalikult testitud ning see antakse üle ettevõttele SITAEL (endine ALMASpace) 2016. aasta keskel.

Kaamera arendused on avanud uued võimalused erasektorile ning ESA-le.

Andris Slavinskis defended PhD thesis “ESTCube-1 attitude determination”

On November 26th 2015 Andris Slavinskis defended his PhD thesis “ESTCube-1 attitude determination” in physics. Thesis supervisor was Associate Professor Mart Noorma, Institute of Physics of University of Tartu, Estonia. Oponent was Dr Linas Bukauskas from University of Vilnius, Lithuania.

The thesis presents the ESTCube-1 attitude determination system. ESTCube-1 is a satellite built according to the one-unit CubeSat standard, operated in orbit from 2013 until 2015. The main scientific mission of ESTCube-1 was to perform the first in-orbit electric solar wind sail demonstration.

The main requirement of the ESTCube-1 attitude determination system is to determine the attitude with an accuracy better than 2° for the following purposes: high rate spin control (hundreds of degrees per second) for centrifugal tether deployment; monitoring of tether deployment; to trigger the charging of the tether in synchronisation with the satellite spin; to measure angular velocity changes caused by the Coulomb drag interaction between the charged tether and the surrounding ionospheric plasma. By characterising and validating the system, it was shown that attitude determination accuracy is better than 1.75° , hence fulfils the requirement set by the electric solar wind sail experiment.

Andris Slavinskis kaitses doktoritöö “ESTCube-1 asendi määramine”

26. novembril 2015 kaitses Andris Slavinskis oma doktoritööd “ESTCube-1 attitude determination” (ESTCube-1 asendi määramine). Töö juhendajaks oli Tartu Ülikooli füüsika instituudi optilise metroloogia dotsent Mart Noorma, oponentiks Dr Linas Bukauskas Vilniuse Ülikoolist.

Doktoritöös tutvustati satelliidi ESTCube-1 asendi määramise süsteemi, mille otstarve oli satelliidi orientatsiooni kindlakstegemine erinevate taustsüsteemide suhtes. ESTCube-1 ehitati vastavalt CubeSat standardi nõuetele ($\approx 10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$) ning töötas orbiidil aastatel 2013-2015. Selle põhimissiooniks oli katsetada Maa orbiidil elektrilise päikesepurje tehnoloogiaid.

ESTCube-1 asendi määramise süsteemi eesmärgiks oli leida satelliidi orientatsioon parema täpsusega kui 2° järgmiste tegevuste jaoks: satelliidi suure kiirusega pöörlema panemisel (sajad kraadid sekundis), tsentrifugaaljõu abil purje väljakerimiseks ja selle protsessi jälgimiseks, päikesepurje elektrilisel laadimisel sünkroonis satelliidi pöörlemisega ning nurkkiiruse muutumist mõõtmiseks laetud päikesepurje ja ionosfääri plasma vahelise elektrostaatilise jõu tulemusel. Süsteemi karakteriseerimise ja valideerimisega näidati, et asendi määramise täpsus on parem kui $1,75^\circ$, mis täidab eksperimendi poolt seatud nõudeid.

URL: <http://dSPACE.ut.ee/handle/10062/49230>.

Active team of students around ESTCube team

Our students have also been very active by developing ESTCube-2 prototypes. Now we have prototypes of the electrical power system, the communication system and the attitude determination and control system. Two workshops have been held in Tõravere and Voore to plan the mission and the team is working on attracting private funding. At the beginning of the semester Open Doors event was organised to attract new students.



*ESTCube team in annual Autumn school of Estonian Physics Society
ESTCube'i meeskond Eesti Füüsikaüliõpilaste Seltsi sügiskoolis*

ESTCube meeskond kaasab tudengeid

Meie tudengid on väga aktiivselt tegelenud ESTCube-2 prototüübi arendusega. Välja on arendatud elektrisüsteemi, kommunikatsioonisüsteemi, asendi määramise ja kontrollisüsteemi prototüübid. Suvel peeti Tõraveres ja Voorel seminarid missiooni planeerimiseks ning tegutseb erarahastuse kaasamise töögrupp. Septembris korraldati avatud uste päev uute tudengite kaasamiseks ESTCube meeskonda.

Space Technology Testing Laboratories

Additional facilities for space qualification tests were received: a High Impact Shock Bench capable to provide the Shock Response Spectrum (SRS) in frequency range 1 Hz...10 kHz and acceleration up to 98 km/s² (i.e. 10 000 g), and a Solar Simulator for testing materials under one and six Sun radiation equivalent.

Several testing campaigns of space equipment have been done for the ESTCube, AALTO-1, and ESEO programmes. Tests for electromagnetic compatibility, durability in thermal vacuum, thermal cycling, and mechanical vibration are performed routinely.

Spectral stray-light characteristics and nonlinearity of the hyperspectral remote sensing radiometers were studied in cooperation with NPL, UK. Correction methods are being developed. Several spectroradiometers were calibrated for remote sensing applications at Tartu Observatory as well as for Estonian and international partners.

All together more than 15 students from different universities – Baltic Defence College, Tartu; Estonian Aviation Academy, Tartu; University of Petroleum and Energy studies, Dehradun, India; University of Glasgow, UK; University of Tartu, Ventspils University College, Latvia – **have got** practical training or prepared their thesis.

Kosmosetehnoloogia laborid

Võeti kasutusele uued seadmed: mehaanilise põrutuskindluse katseseade, mis suudab tekitada etteantud energijaotusega impulsi sagadusvahemikus 1 Hz...10 kHz kiirendusega 98 km/s² (ehk 10 000 g); päikesesimulaator mitmesuguste materjalide vastupidavuse katsetamises ühe- ja kuuekordse päikese-kiirguse ekvivalendi tingimustes.

Katsetati mitmeid ESTCube, AALTO-1, ja ESEO programmi kuuluvaid kosmosetehnoloogilisi seadmeid. Seadmete elektromagnetilise ühilduvuse, termovaakumi, tsükliliste temperatuurimuutuste ja vibratsiooni katseid sooritatakse tavateenusena pidevalt.

Koostöös Ühendkuningriigi metroloogiainstituudiga NPL uuriti kaugseires kasutatavate hüperspektraalsete radiomeetrite hajuskiirguse ja ebalineearsuse parameetreid. Arendamisel on vastavad korrektsioonimeetodid.

Kalibreeriti mitmeid spektoradiomeetreid nii Tartu Observatooriumi kaugseire rakenduste kui ka Eesti ja välismaiste koostööpartnerite tarbeks.

Rohkem kui 15 üliõpilast erinevatest ülikoolidest - Balti Kaitsekolledžist, Eesti lennuakadeemiast, Nafta ja Energia uuringute ülikoolist Indiast, Glasgow Ülikoolist, Tartu Ülikoolist ja Venstpils Ülikooli Kolledžist – said omandada laborites praktilisi kogemusi ja vajadusel sooritada ka oma lõputöö.

RESEARCH SEMINARS. TEADUSSEMINARID

Astronomy seminars. Astronoomia seminarid

- 07.01.2015 [Maret Einasto. Kollapseeruv superparv SCI001 – väljakutse kosmoloogilistele mudelitele.](#) Collapsing supercluster SCL001 as a challenge for cosmological models
- 28.01.2015 [Olavi Kärner. Maani jõudnud päikesekiirguse ajalise muutlikkuse mudel Holotseenis.](#) Model of temporal variability of incoming solar radiation during the Holocene
- 04.02.2015 Sebastien Viaene (University of Ghent, Belgium). Andromeda in all colours
- 11.02.2015 [Jaak Jaaniste](#) (Tartu Old Observatory, AHHA Centre; Estonia). [Kohtumine Loojaga - Eesti kosmoloogia lugu.](#) Meeting the Creator - about the History of the Cosmology in Estonia
- 11.03.2015 Elmo Tempel. Galactic filaments: are they real?
- 01.04.2015 Dieter Nickeler (Astronomical Institute of the Academy of Sciences of the Czech Republic). Fragmented currents as heating and dissipation mechanisms in flares and the quiet solar atmosphere
- 08.04.2015 Nadia Kudryavtseva (Curtin University, Perth, Australia). Periodic variability of active galactic nuclei
- 30.04.2015 [Astrofüüsika ja kosmoloogia osakondade tudengite bakalaureuse-tööde eelkaitsmised.](#) Pre-defences of bachelor's theses by students from Astrophysics and Cosmology Departments
- 06.05.2015 [Maret Einasto. Ebatavaline kollapseeruva tuumaga superparv A2142.](#) Unusual A2142 supercluster with a collapsing core
- 20.05.2015 [Laurits Leedjärv. Purskelise aktiivsuse avaldumine sümbiootilise kaksiktähe AG Draconis spektrites.](#) Spectroscopic view on the outburst activity of the symbiotic binary star AG Draconis
- 27.05.2015 [Jaan Laur. Perioodi muutuse otsingud massiivsetes kaksiktähtedes.](#) Looking for period change in massive binaries
- 03.06.2015 Roberto de Propris (Tuorla Observatory, Finland). Morphological evolution of cluster galaxies from $z=0.2$ to 1.4
- 09.09.2015 [Laurits Leedjärv. Muljeid IAU 29. Peaassambleelt Honolulu.](#) On the IAU 29th General Assembly in Honolulu
- 16.09.2015 [Eero Vaher. Gaasiliste hüdplaneetide migratsioon.](#) Gas giant migration

- 05.10.2015 Dietrich Baade (European Southern Observatory). The E-ELT and the VLT Instrumentation - Two Brief Introductions to ESO
- 14.10.2015 Tõnu Viik. Konverents Peterburis V.V. Sobolevi 100. sünniaastapäeva puhul. Conference in St. Petersburg dedicated to the 100th birthday anniversary of V.V. Sobolev
- 21.10.2015 Rain Kipper. Andromeeda galaktika dünaamika. Dynamics of Andromeda galaxy
- 04.11.2015 Rudolf Gális (P. J. Šafárik University in Košice, the Slovak Republic). X-ray and Optical Activity of Intermediate Polars observed by INTEGRAL
- 11.11.2015 Ladislav Hric (Astronomical Institute of the Slovak Academy of Sciences, Tatranska Lomnica) AG Dra - long-term evolution of our discoveries and results
- 25.11.2015 Andris Slavinskis. ESTCube-1 attitude determination
- 09.12.2015 Elmo Tempel. The lopsided Universe and a brief history-future of the Bisous model
- 15.12.2015 Alexander Kholtygin (St.Petersburg State University, Russia). An evolution of the magnetic fields of massive stars. Olga Tsiopa (St.Petersburg State University, Russia). The Pulkovo observatory
- 16.12.2015 Boris Deshev. Galaxy populations in the merging cluster Abell 520

Remote Sensing seminars. Kaugseire seminarid

- 15.01.2015 Andres Kuusk. Maapealse laserskanneriga mõõdetud puutüve kuju. Tree stems from terrestrial laser scanner measurements
- 22.01.2015 Lea Hallik. COST ACTION ES1309 "Innovatiivsed optilised meetodid ökofüsioloogiliste protsesside kaugseireks" (OPTIMISE) ja COST Action FA1306 "Vastupidavate sortide otsingud: fenotüpi-seerimine kogutaimejarakutasandil". A short overview about COST Action ES1309: Innovative optical Tools for proximal sensing of eco-physiological processes (OPTIMISE) and COST Action FA1306 "The quest for tolerant varieties: Phenotyping at plant and cellular level"
- 02.02.2015 Agu Laisk. Spektrimõõtmistest taimefüsioloogia ning kaugseire vaatenurgast. Spectral measurements of plants from the point of view of plant physiology and remote sensing
- 13.02.2015 Mait Lang. Praktiline seminar satelliidipiltidest ja arhiividest. Practical seminar about satellite images and archives
- 19.02.2015 Maris Nikopensius. Eesti kasvuhoonegaaside inventuurist. Estonia's national inventory report and the common reporting tables

- 26.02.2015 [Hannes Keernik. Atmosfääri niiskussalduse määramismeetodid ning muutlikkus Läänemere piirkonnas ja Arktikas.](#) Methods for analysis of column water vapor in the Baltic Sea region and in the Arctic
- 05.03.2015 [Vivian Kuusk. Mis on taime lehe sees?](#) What is inside a leaf?
- 12.03.2015 Jan Pisek. Can field measurements in desert forests of Israel help us with anything we deal with in our (sub-)boreal forests?
- 09.04.2015 Jan Pisek. Characterization, validation and intercomparison of clumping index maps from POLDER, MODIS, and MISR satellite data over reference sites
- 17.04.2015 [Elar Asuküll. Värvunud lahustunud orgaanilisest ainest ja selle muutlikkusest Peipsi järves aastatel 2008-2011.](#) Colored dissolved organic matter and its variability in Lake Peipsi through 2008-2011
- 23.04.2015 [Anu Sõber. Taimlehtede temperatuur ja seda mõjutavad tegurid.](#) Leaf temperature measurements and factors influencing leaf temperature
- 30.04.2015 [Pille Mänd \(University of Tartu\). Taimede veekasutusefektiivsus globaalses vaates.](#) Plant water use efficiency (WUE) from global perspective
- 07.05.2015 Tauri Arumäe. Validation of space-borne lidar based vegetation height maps.
- 14.05.2015 [Kalju Eerme. Fooniaerosool ja põlengute suits aerosooli optilise paksuse kujundajatena Eesti \(Tõravere\) kohal.](#) Background and smoke aerosols as the contributors to aerosol optical depth over Estonia (Tõravere)
- 21.05.2015 Evelin Kangro. Validation of airborne hyperspectral data on lake Peipsi. Kairi Raabe. Foliage clumping - what can the SWIR part of the spectrum tell us about it?
- 25.05.2015 Dr. Tang-Huang Lin (Center for Space and Remote Sensing Research, National Central University, Jhongli, Taiwan). Impacts of urbanization on urban heat island intensity (UHI) and local precipitation over Taipei city from ground-based and space-borne perspectives
- 28.05.2015 [Margit Aun. Ülevaade Põhjamaade Osooni Grupi \(NOG2015\) konverentsist.](#) Overview of Nordic Ozone Group (NOG2015) conference
- 04.06.2015 [Martin Ligi. Kanalisuhte algoritmide testimine Eesti vete jaoks.](#) Testing simple band-ratio algorithms over Estonian waters
- 03.09.2015 [Andres Kuusk. Peegeldunud kiirguse roll taimkatte analüsaatoris LAI-2000.](#) The role that reflected radiation plays in measurements conducted with the LAI-2000 plant canopy analyzer

- 10.09.2015 Jan Pisek. Leaf angles from Unmanned Aerial Vehicles
- 17.09.2015 Joel Kuusk, Ilmar Ansko. Kuidas me Inglismaale NPL-i sattusime. How we ended up in National Physical Laboratory (NPL) in UK
- 24.09.2015 Kalju Eerme, Margit Aun, Uno Veismann. Keskpäevaste tundide suhteline panus integraalsesse ja UVB ning UVA kiirgusesse ja UVA/UVB suhtesse. Contribution of noon hours to daily broadband and ultraviolet solar radiation, including ratio UVA/UVB
- 01.10.2015 Kaupo Voormansik. Seosed TerraSAR-X ja Sentinel-1 polarimeetriste tehisava-radarite parameetrite ja rohumaade seisundi vahel, mida võib potentsiaalselt rakendada niitmise tuvastamiseks PRIA pindalatoetuste kontrollis. Relationships between TerraSAR-X and Sentinel-1 polarimetric parameters and grassland structure with potential applicability for cutting/mowing detection
- 08.10.2015 Lea Hallik. Horisont 2020 projekti MULTIPLY tutvustus. Intro-duction to Horizon 2020 project MULTIPLY
- 15.10.2015 Martin Jüssi. Poolautomaatne üleujutuste tuvastamine metsastunud aladel polarimeetrilise Sentinel-1 ja ALOS-2 radariandmestiku abil. Semi-automated mapping of flooded vegetation by means of polarimetric Sentinel-1 and ALOS-2 imagery
- 22.10.2015 Arvo Tullus (University of Tartu, Estonia). Arukase- ja hübriidhaavakultuurid endistel põllumajandusmaadel ja metsaökosüsteemi õhuniiskusega manipuleerimise (FAHM) katses. Silver birch and hybrid aspen plantations on abandoned agricultural lands and in the Free Air Humidity Manipulation (FAHM) experiment
- 29.10.2015 Kairi Raabe. Lehestiku agregeerituse ehk klasterdumisindeksi hindamine mitme vaatesuuna SWIR (lühilaineinfrapuna) satelliidipiltidelt. Estimating the clumping index from multi-angular SWIR satellite imagery
- 12.11.2015 Aveliina Helm (University of Tartu, Estonia). Taimede liigirikkus rohumaadel - maastiku struktuuri ja kasutusajaloo mõju. Plant diversity in grasslands, role of landscape structure and habitat history
- 19.11.2015 Marina Haldna (Estonian University of Life Sciences, Centre for Limnology, Estonia). Statistiliste seoste hindamine Eesti suurjärvede keskkonnamonitooringu andmete alusel. Estimation of the statistical relationships - based on the environmental monitoring data of the Estonian large lakes
- 26.11.2015 Margit Aun. UV kiirguse mõõtmised 2008-2013. aastal Tõraveres ja aegridade täitmine mudelarvutustega. UV radiation measurements at Tõravere from 2008 to 2013 and using model calculations for filling data gaps

PUBLICATIONS. PUBLIKATSIOONID

Articles in peer reviewed scientific journals Artiklid eelretsenseeritavates teadusajakirjades

Cosmology. Kosmoloogia

Einasto, M.; Gramann, M.; Saar, E.; Liivamägi, L. J.; Tempel, E.; Nevalainen, J.; Heinämäki, P.; Park, C.; Einasto, J. (2015). Unusual A2142 supercluster with a collapsing core: distribution of light and mass. *Astronomy Astrophysics*, 580, A69, 10.1051/0004-6361/201526399.

Gramann, M.; Einasto, M.; Heinämäki, P.; Teerikorpi, P.; Saar, E.; Nurmi, P.; Einasto, J. (2015). Characteristic density contrasts in the evolution of superclusters. The case of A2142 supercluster. *Astronomy and Astrophysics*, 581, A135.

Guainazzi, M., David, L., Grant, C., Miller, E., Natalucci, L., Nevalainen, J., Peter, R. and Audard, M. (2015). On the in-flight calibration plans of modern x-ray observatories. *Journal of Astronomical Telescopes, Instruments and Systems*, 1(4) (47001), 1–1, 1.JATIS.1.4.047001.

Guo, Q.; Tempel, E.; Libeskind, N. I. (2015). Galaxies in filaments have more satellites: the influence of the cosmic web on the satellite luminosity function in the SDSS. *The Astrophysical Journal*, 800, 112–119, 10.1088/0004-637X/800/2/112.

Israel, H.; Schellenberger, G.; Nevalainen, J.; Massey, R.; Reiprich, T. (2015). Reconciling Planck cluster counts and cosmology? *Chandra/XMM instrumental calibration and hydrostatic mass bias. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 448 (1), 814–821, mnras/stv038.

Kalberla, Peter; Haud, Urmis (2015). GASS: The Parkes Galactic All-Sky Survey. Update: improved correction for instrumental effects and new data release. *Astronomy and Astrophysics*, 578, 1–11, 10.1051/0004-6361/201525859.

Kanamaru, Tatsuro; Hikage, Chiaki; Hütsi, Gert; Terukina, Ayumu; Yamamoto, Kazuhiro (2015). What can we learn from higher multipole power spectra of galaxy distribution in redshift space? *Physical Review D*, 92 (2), 023523.

Laur, J.; Tempel, E.; Tuvikene, T.; Eenmäe, T.; Kolka, I. (2015). Period change of massive binaries from combined photometric and spectroscopic data in Cygnus OB2. *Astronomy Astrophysics*, 581, A37, 10.1051/0004-6361/201526520.

Libeskind, N. I.; Tempel, E.; Hoffman, Y.; Tully, R. B.; Courtois, H. (2015). Filaments from the galaxy distribution and from the velocity field in the local universe. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 453, L108–L112, mnrasl/stv099.

Nevalainen, J.; Tempel, E.; Liivamägi, L. J.; Branchini, E.; Roncarelli, M.; Giocoli, C.; Heinämäki, P.; Saar, E.; Tamm, A.; Finoguenov, A.; Nurmi, P.; Bonamente, M. (2015). Missing baryons traced by the galaxy luminosity density in the large-scale WHIM filaments. *Astronomy Astrophysics*, 583, 1, 10.1051/0004-6361/201526443.

Old, L.; Wojtak, R.; Mamon, G. A.; Skibba, R. A.; Pearce, F. R.; Croton, D.; Bamford, S.; Behroozi, P.; de Carvalho, R.; Munoz-Cuartas, J. C.; Gifford, D.; Gray, M. E.; von der Linden, A.; Merrifield, M. R.; Muldrew, S. I.; Müller, V.; Pearson, R. J.; Ponman, T. J.; Rozo, E.; Rykoff, E. ... Tempel, E. (2015). *Galaxy Cluster Mass Reconstruction Project – II. Quantifying scatter and bias using contrasting mock catalogues*. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 449, 1897-1920, [mnras/stv421](#).

Park, Changbom; Song, Hyunmi; Einasto, Maret; Lietzen, Heidi; Heinämäki, Pekka (2015). *Large SDSS Quasar Groups and their Statistical Significance*. *Journal of The Korean Astronomical Society*, 48 (1), 75-82, [JKAS.2015.48.1.75](#).

Schellenberger, G.; Reiprich, T.; Lovisari, L.; Nevalainen, J.; David, L. (2015). *XMM-Newton and Chandra Cross Calibration Using HIFLUGCS Galaxy Clusters: Systematic Temperature Differences and Cosmological Impact*. *Astronomy Astrophysics*, 575, 1-10.

Tempel, E.; Guo, Q.; Kipper, R.; Libeskind, N. I. (2015). *The alignment of satellite galaxies and cosmic filaments: observations and simulations*. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 450, 3, 2727-2738, [mnras/stv919](#).

Tempel, E.; Tamm, A. (2015). *Galaxy pairs align with Galactic filaments*. *Astronomy and Astrophysics*, 576, L5, [10.1051/0004-6361/201525827](#).

Tempel, E.; Tamm, A.; Kipper, R.; Tenjes, P. (2015). *Recovering 3D structural properties of galaxies from SDSS-like photometry*. *Research in Astronomy and Astrophysics*, 15 (10), 1613-1628, [1674-4527/15/10/001](#).

Stellar Physics. Tähefüüsika

Gehrz, R. D.; Evans, A.; Helton, L. A.; Shenoy, D. P.; Banerjee, D. P. K.; Woodward, C. E.; Vacca, W. D.; Dykhoff, D. A.; Ashok, N. M.; Cass, A. C.; Carlon, R. L.; Corgan, D. T.; Eyres, S. P. S.; Joshi, V.; Keller, Luke D.; Krautter, J.; Liimets, T.; Rushton, M.; Starrfield, S. (2015). *The Early Infrared Temporal Development of Nova Delphini 2013 (V339 DEL) Observed with the Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy (SOFIA) and from the Ground*. *The Astrophysical Journal*, 812, 132.

Karak, B.B.; Kapyła, P.J.; Kapyła, M.J.; Brandenburg, A.; Olsper, N.; Pelt, J. (2015). *Magnetically controlled stellar differential rotation near the transition from solar to anti-solar profiles*. *Astronomy and Astrophysics*, 576, 1-17, [10.1051/0004-6361/201424521](#).

Kilpua, E.K.J.; Olsper, N.; Grigorievskiy, A.; Käpylä, M.J.; Tanskanen, E.I.; Miyahara, H.; Kataoka, R.; Pelt, J.; Liu, Y.D. (2015). *Statistical study of strong and extreme geomagnetic disturbances and solar cycle characteristics*. *The Astrophysical Journal*, 806 (2, 272), 1-7.

Kraus, M.; Haucke, M.; Cidale, L. S.; Venero, R. O. J.; Nickeler, D. H.; Németh, P.; Niemczura, E.; Tomić, S.; Aret, A.; Kubát, J.; Kubátová, B.; Oksala, M. E.; Curé, M.; Kamiński, K.; Dimitrov, W.; Fagas, M.; Polišnska, M. (2015). *Interplay between pulsations and mass loss in the blue supergiant 55 Cygnus = HD 198 478*. *Astronomy Astrophysics*, 581, A75.

Oksala, M. E.; Grunhut, J.; Kraus, M.; Borges Fernandes, M.; Neiner, C.; Condori, C. A. H.; Campagnolo, J. C. N.; Souza, T. B. (2015). *An infrared diagnostic for magnetism in hot stars*. *Astronomy Astrophysics*, 578, A112.

Olsper, N.; Käpylä, M.J.; Pelt, J.; Cole, E.M; Hackman, T.; Lehtinen, J.; Henry, G.W. (2015). Multiperiodicity, modulations and flip-flops in variable star light curves III. Carrier fit analysis of LQ Hya photometry for 1982-2014. *Astronomy Astrophysics*, 577, 1-13.

Remote Sensing. Kaugseire

Alikas, Krista; Kangro, Kersti; Randoja, Reiko; Philipson, Petra; Asukiüll, Elar; Pisek, Jan; Reinart, Anu. (2015). Satellite based products for monitoring optically complex inland waters in support of EU Water Framework Directive. *International Journal of Remote Sensing*, 36 (17), 4446-4468.

Alikas, Krista; Kratzer, Susanne; Reinart, Anu; Kauer, Tuuli; Paavel, Birgot (2015). Robust remote sensing algorithms to derive the diffuse attenuation coefficient for lakes and coastal waters. *Limnology and Oceanography:Methods*, 13, 402-415, lom3.10033.

Chianucci, F.; Macfarlane, C.; Pisek, J.; Cutini, A.; Casa, R. (2015). Estimation of foliage clumping from the LAI-2000 plant canopy analyzer: effect of view caps. *Trees-Structure and Function*, 29, 355-366, s00468-014-1115-x.

Kutser, Tiit; Alikas, Krista; Kothawala, Dolly; Köhler, Stephan. (2015). Impact of iron associated to organic matter on remote sensing estimates of lake carbon content. *Remote Sensing of Environment*, 156, 109-116, j.rse.2014.10.002.

Kuusk, Andres; Lang, Mait; Kodar, Ave; Sims, Allan (2015). Estimation of leaf area index of hemiboreal forests. *The Open Remote Sensing Journal*, 6, 1-10, 1875413901506010001.

Lang, Mait; Vain, Ants; Bunce, Robert Gerlad Henry; Jongman, Rob; Raet, Janar; Sepp, Kalev; Kuusemets, Valdo; Kikas, Tambet; Liba, Natalia (2015). Extrapolation of in situ data from 1-km squares to adjacent squares using remote sensed imagery and airborne lidar data for the assessment of habitat diversity and extent. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187 (3), 1-16, s10661-015-4270-7.

Möttus, Matti; Takala, Tuure; Stenberg, Pauline; Knyazikhin, Yuri; Yang, Bin; Nilson, Tiit (2015). Diffuse sky radiation influences the relationship between canopy PRI and shadow fraction. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 105, 54-60, 10.1016/j.isprsjprs.2015.03.012.

Nikopensius, M.; Pisek, J.; Raabe, K. (2015). Spectral reflectance patterns and seasonal dynamics of common understory types in three mature hemi-boreal forests. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 43, 84-91, j.jag.2014.11.012.

Olesk, Aire; Voormansik, Kaupo; Vain, Ants; Noorma, Mart; Praks, Jaan (2015). Seasonal Differences in Forest Height Estimation From Interferometric TanDEM-X Coherence Data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observation and Remote Sensing*, 99, 1-8, JSTARS.2015.2501648.

Pisek, J.; Govind, A.; Arndt, S.; Hocking, D.; Wardlaw, T.; Fang, H.; Matteucci, G.; Longdoz, B. (2015). Intercomparison of clumping index estimates from POLDER, MODIS, and MISR satellite data over reference sites. *ISPRS Journal of Photogrammetry Remote Sensing*, 101, 47-56.

Pisek, J.; Lang, M.; Kuusk, J. (2015). A note on suitable viewing configuration for retrieval of forest understory reflectance from multi-angle remote sensing data. *Remote Sensing of Environment*, 156, 242-246, 10.1016/j.rse.2014.09.033.

Pisek, J.; Rautiainen, M.; Nikopentius, M.; Raabe, K. (2015). Estimation of seasonal dynamics of understory NDVI in northern forests using MODIS BRDF data: Semi-empirical versus physically-based approach. *Remote Sensing of Environment*, 163, 42-47, 10.1016/j.rse.2015.03.003.

Raabe, K.; Pisek, J.; Sonnentag, O.; Annuk, K. (2015). Variations of leaf inclination angle distribution with height over the growing season and light exposure for eight broadleaf tree species. *Agricultural and Forest Meteorology*, 214-215, 2-11.

Zalite, Karlis; Antropov, Oleg; Praks, Jaan; Voormansik, Kaupo; Noorma, Mart (2015). Monitoring of Agricultural Grasslands With Time Series of X-Band Repeat-Pass Interferometric SAR. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, PP (99), 1-11, JSTARS.2015.2478120.

Widlowski, J.-L.; Mio, C.; Disney, M.; Adams, J.; Andredakis, I.; Atzberger, C.; Brennan, J.; Busetto, L.; Chelle, M.; Ceccherini, G.; Colombo, R.; Coté, J.-F.; Eenmäe, A.; Essery, R.; Gastellu-Etchegorry, J.-P.; Gobron, N.; Grau, E.; Haverd, V.; Homolova, L.; Huang, H. ... Zhao, F. (2015). The fourth phase of the radiative transfer model intercomparison (RAMI) exercise: Actual canopy scenarios and conformity testing. *Remote Sensing of Environment*, 169, 418-437, j.rse.2015.08.016.

Space Technology. Kosmosetehnoloogia

Rosta, Roland; Krömer, Olaf; van Zoest, Tim; Janhunen, Pekka; Noorma, Mart (2015). Wrecker: and unreeling mechanism for a thin electrically conductive space tether. *CEAS Space Journal*, 7 (1), 53-68, s12567-015-0080-6.

Slavinskis, Andris; Ehrpais, Hendrik; Kuuste, Henri; Sünter, Indrek; Viru, Jaan; Kütt, Johan; Kulu, Erik; Noorma, Mart (2015). Flight results of ESTCube-1 attitude determination system. *Journal of Aerospace Engineering*, 04015014-1?04015014-7, (ASCE)AS.1943-5525.0000504.

Slavinskis, Andris; Pajusalu, Mihkel; Kuuste, Henri; Ilbis, Erik; Eenmäe, Tõnis; Sünter, Indrek; Laizans, Kaspars; Ehrpais, Hendrik; Liias, Paul; Kulu, Erik; Viru, Jaan; Kalde, Jaanus; Kvell, Urmas; Kütt, Johan; Zalite, Karlis; Kahn, Karoli; Lätt, Silver; Envall, Jouni; Toivanen, Petri; Polkko, Jouni ... Noorma, Mart (2015). ESTCube-1 In-Orbit Experience and Lessons Learned. *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, 30 (8), 12-22, 10.1109/MAES.2015.150034.

Books, monographies. Raamatud, monograafiad

Harris, Errol (2015). *Cosmos and Anthropos. Philosophical Interpretation of the Anthropic Cosmological Principle*. Tõlkija Laurits Leedjärv. Tartu: Ilmamaa.

Kärner, Olavi (2015). *Towards a New Climate Representation: Analysis of Forcing and Response Time Series*. University of Tartu Press.

Articles in proceedings. Artiklid kogumikes

Aret, A.; Kraus, M. (2015). *Forbidden Calcium Lines as Disc Tracers*. In: *The Physics of Evolved Stars: The Physics of Evolved Stars: A Conference Dedicated to the Memory of Olivier Chesneau, Nice, France, June 8-12, 2015*. Ed. E. Lagadec, F. Millour and T. Lanz. EDP Sciences, 231-233. (EAS Publications Series; 71-72).

Burrows, D.; Gastaldello, F.; Grant, C.; Guainazzi, M.; Madsen, K.; Miller, E.; Nevalainen, J.; Plucinsky, P.; Sembay, S. (2015). *Summary of the 2014 IACHEC Meeting*. 2.

Eerme, Kalju, Aun, Margit, Veismann, Uno (2015). *Instrumentation and measurement of ground-level ultraviolet irradiance and spectral composition in estonia*. In: *Solar Radiation Applications (119?139)*. InTech - Open Access Publisher .

Galis, Rudolf; Hric, Ladislav; Leedjärv, Laurits; Kundra, Emil (2015). *Outburst activity of the symbiotic system AG Dra*. In: *Living Together: Planets, Host Stars and Binaries: Litomyšl, Czech Republic. September 8-12, 2014*. Ed. Slavek M. Rucinski, Guillermo Torres, Miloslav Zejda. San Francisco: *Astronomical Society of the Pacific*, 240-241. (Astronomical Society of the Pacific Conference Series; 496).

Galis, Rudolf; Hric, Ladislav; Leedjärv, Laurits (2015). *Outburst activity driven by evolved pulsating star in the symbiotic binary AG Dra*. In: *Physics of Evolved Stars: A Conference Dedicated to the Memory of Olivier Chesneau: Physics of Evolved Stars, Nice, France, 8-12 June 21015* . Ed. E. Lagadec, F. Millour and T. Lanz. EDP Sciences, 103-105. (EAS Publication Series; 71-72).

Galis, Rudolf; Hric, Ladislav; Leedjärv, Laurits; Kundra, Emil (2015). *Outburst activity of the symbiotic system AG Dra*. In: *Living Together: Planets, Host Stars and Binaries: Litomyšl, Czech Republic. September 8-12, 2014*. Ed. Slavek M. Rucinski, Guillermo Torres, Miloslav Zejda. San Francisco: *Astronomical Society of the Pacific*, 240-241. (Astronomical Society of the Pacific Conference Series; 496).

Gehrz, Robert D.; Evans, Aneurin; Woodward, Charles E.; Keller, Luke; Helton, L. Andrew; Shenoy, Dinesh; Banerjee, D. P. K.; Physical, N. M. Ashok; Starrfield, Sumner G.; Schwarz, Gregory; Wagner, R. Mark; Krautter, Joachim; Eyres, Stewart; Rushton, Mark; Liimets, Tiina; Mohamed, Shazrene S. (2015). *SOFIA Observations of Dust Formation in Nova V5668 Sgr (2015 #2)*. *The Astronomer's Telegram*, 7862.

Koppel, Kalev; Zalite, Karlis; Sisas, Anni; Voormansik, Kaupo; Praks, Jaan; Noorma, Mart (2015). *Sentinel-1 for urban area monitoring — Analysing local-area statistics and interferometric coherence methods for buildings' detection*. *Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2015 IEEE International*, 1175-1178, 10.1109/IGARSS.2015.7325981.

Kärner, O.; Post, P. (2015). *Local air temperature tolerance: a sensible basis for estimating climate variability*. *Theoretical and Applied Climatology*, 1, s00704-015-1594-8.

Leedjärv, Laurits (2015). *Vaatlejana Universumis. Saatesõna Errol Harrise raamatule "Universum ja inimene"*. Kristina Lepist (Toim.). *Universum ja inimene. Kosmoloogilise antroopsusprintsibi filosoofiline tõlgendus (262-280)*. Tartu: Ilmamaa.

Maravelias, G.; Kraus, M.; Aret, A. (2015). Disk Tracing for B[e] Supergiants in the Magellanic Clouds. In: *The Physics of Evolved Stars: The Physics of Evolved Stars: A Conference Dedicated to the Memory of Olivier Chesneau, Nice, France, June 8-12, 2015*. Ed. E. Lagadec, F. Millour and T. Lanz. E D P Sciences, 229-230. (EAS Publications Series; 71-72).

Olesk, Aire; Voormansik, Kaupo; Põhjala, Mirjam; Noorma, Mart (2015). Forest change detection from Sentinel-1 and ALOS-2 satellite images. In: *IEEE Xplore Digital Library: The Asia-Pacific Conference on Synthetic Aperture Radar (AP SAR), Singapore, 1-4 September 2015*. IEEE Xplore: IEEE, 522-527.

Olesk, Aire; Voormansik, Kaupo; Tamm, Tanel; Noorma, Mart; Praks, Jaan. (2015). Seasonal effects on the estimation of height of boreal and deciduous forests from interferometric TanDEM-X coherence data. In: *SPIE : SPIE Remote Sensing, Toulouse, France, 21-24 September 2015*. SPIE Digital Library: Spie - International Society For Optical Engineering, 1–8.

Slavinskis, Andris; Pajusalu, Mihkel; Kuuste, Henri; Ilbis, Erik; Eenmäe, Tõnis; Sünter, Indrek; Laizans, Kaspars; Ehrpais, Hendrik; Liias, Paul; Kulu, Erik; Viru, Jaan; Kalde, Jaanus; Kvell, Urmas; Kütt, Johan; Zalite, Karlis; Kahn, Karoli; Lätt, Silver; Envall, Jouni; Toivanen, Petri; Polkko, Jouni; Janhunen, Pekka ... Noorma, Mart (2015). ESTCube-1 student satellite in-orbit experience and lessons learned. *10th IAA Symposium on Small Satellites for Earth Observation*, 419-422.

Tempel, E.; Saar, E.; Stoica, R.S. (2015). Evidence for alignment of galaxies in filaments. In: *Proceedings of the MG13 Meeting on General Relativity (2124-2126)*. World Scientific.

Tempel, Elmo (2015). Detecting multi-scale filaments in galaxy distribution. In: A. F. Heavens, J.-L. Starck A. Krone-Martins (Ed.). *Statistical Challenges in 21st Century Cosmology, Proceedings of the International Astronomical Union (45-47)*. Cambridge University Press. (Symposium S306).

Voormansik, Kaupo; Sisas, Anni; Praks, Jaan (2015). The performance of Sentinel-1 for mapping built-up areas. *POLinSAR 2015, Frascati, Italy, 26-30 January 2015*.

Voormansik, Kaupo; Zalite, Karlis; Sisas, Anni; Jagdhuber, Thomas; Hajnsek, Irena (2015). Sensitivity of Dual Polarimetric X-band SAR Parameters to Grass Cutting Practices. *POLinSAR 2015, Frascati, Italy, 26-30 January 2015*. ESA ESRIN, 1–1.

Published meeting abstracts. [Publitseeritud konverentsiteesid](#)

Lillemaa, Tiia, Peterson, Urmas, Perera, Ajith (2015). *IUFRO Landscape Ecology Working Group Conference, 2015: Abstracts*.

Noorma, Mart (2015). Invited keynote: Testing in Space. In: *Abstracts of the Nordic Testing Days 2020: Agents of Change: Nordic Testing Days 2020: Agents of Change, June 4th, 2015, Tallinn*.

Noorma, Mart (2015). Invited talk: Who will be on Mars by 2020 and where will we be? In: *SORAINEN 2020: Vision 2020: SORAINREN 2020 Conference: Vision 2020: They will be on Mars by 2020. Where will be you?, June 4th, 2015, Tallinn*.

Ohvriil, H.; Neiman, L.; Kannel, M.; Kattai, K.; Keernik, H.; Tee, M.; Russak, V.; Okulov, O.; Jõeveer, A.; Kallis, A.; Ohvriil, T.; Terez, E.; Terez, G.; Gushchin, G.; Abakumova, G.; Gorbarenko, E.; Laulainen, N. (2015). European column transparency, 1906-2014. In: *Program: Atmospheric radiation and dynamics (ISARD-2015), Saint-Petersburg-Petrodvorets, June 23-26, 2015*. Saint-Petersburg, 49–50.

Old, L.; Skibba, R.A.; Pearce, F.; Croton, D.; Muldrew, S.; Munoz-Cuartas, J.C.; Gifford, D.; Gray, M.; Old, L.; Skibba, R.A.; Pearce, F.; Croton, D.; Muldrew, S.; Munoz-Cuartas, J.C.; Gifford, D.; Gray, M.; Von Der Linden, A.; Mamon, G.; Merrifield, M.; Mueller, V.; Pearson, R. ... Wojtak, R. (2015). *How well can we measure galaxy cluster masses using galaxies as tracers?* In: *American Astronomical Society Meeting Abstracts: American Astronomical Society, AAS Meeting #225, #401.02.*

Other publications. Muud publikatsioonid

Aret, Anna; Einasto, Jaan (2015). Рийвес Владимир Густавович. Karetnikov, V. G et al.. *Odessa Astronomical Calendar 2016* (215–217). Odessa: Astroprint.

Eerme, Kalju (2015). Kirgede torm kliima ümber. Igas vaidluses ei selgu tõde. (21–26). Tallinn: MTÜ Loodusajakiri.

Haud, Urmas (2015). *Virmalised Eestis 17.-18. märts 2015. a. Film*–25:47 min.

Leedjärv, Laurits (2015). *Astronoomid keset Vaikset ookeani*. T. Viik, L. Leedjärv, A. Puss, K. Annuk (Toim.). *Tähetorni Kalender 2016* (65?76). Tõravere: Tartu Observatoorium.

Leedjärv, Laurits; Viik, Tõnu (2015). *In memoriam. Väino Unt*. T. Viik, L. Leedjärv, A. Puss, K. Annuk (Toim.). *Tähetorni Kalender 2016* (122-124). Tõravere: Tartu Observatoorium.

Noorma, Mart (2015). *ESTCube-1 läheb pensionile*. *Horisont*, 2, 34-39.

Noorma, Mart (2015). *Kollegiaalne tagasiside: nuhtlus või lahendus?* *Õpetajate Leht*, 4, 8.

Pelt, Jaan (2015). *Maakera saab nägijaks*. *Tartu Tähetorni Kalender*, 92, 49-62.

Slavinskis, Andris (2015). *About cooperation of Latvia with the European Space Agency (in Latvian)*. *Zvaigžnota Debess*, 227, 65-67.

Slavinskis, Andris (2015). *Estonian satellite has finished the mission (in Latvian)*. *Ilustreta Zinatne*, 114, 24-25.

Slavinskis, Andris (2015). *Is the government sabotaging the country by not cooperating with the European Space Agency? (in Latvian)*. *Ir*, online.

Tamsalu, Piia; Haud, Urmas (2015). *Virmalised kaovad peagi aastateks*. *Andres Sepp (Toim.) Saarte Häääl* (4). Kuressaare.

Tempel, E. (2015). *Lugemiselamus ja e-maailm*. *Horisont*, 3, 61.

Tempel, E.; Käärt, U. (2015). *Tumeaine kannul*. *Horisont*, 3, 28-34.

Viik, Tõnu (2015). *Un astronome partagé entre Finlande et Prusse*. *L'Astronomie*, 81, 30-35.

TEACHING. ÕPPETÖÖ

Astronomy, Physics and Remote Sensing Courses in the University of Tartu **Astronoomia, füüsika ja kaugseire kursused Tartu Ülikoolis**

LOFY.01.009	6 ECP	Atomic, Nuclear and Particle Physics. <i>Mikromaaailma füüsika</i>	B.S. Students	Peeter Tenjes
LOFY.01.010	3 ECP	Global Physics. <i>Globaalfüüsika</i>	B.S. Students	Mirt Gramann
LOFY.01.037	3 ECP	Modern Metrology. <i>Kaasaegse metroloogia alused</i>	BSc, MSc, PhD Students	Riho Vendt, Mart Noorma, Martin Vilbaste
LOFY.04.023	3 ECP	Astronomy. <i>Astronoomia</i>	B.S. Students, algebra based	Peeter Tenjes
LOFY.04.027	12 ECP	Seminar in Astrophysics. <i>Astrofüüsika seminar</i>	BSc, MSc Students	Peeter Tenjes
LOFY.04.028	6 ECP	Physics of Galaxies and Stellar Systems. <i>Tähesüsteemide ja galaktikate füüsika</i>	MSc, PhD Students	Peeter Tenjes
LOFY.04.035	6 ECP	The Equations of Mathematical Physics. <i>Matemaatilise füüsika võrrandid</i>	B.S. Students	Tõnu Viik
LOFY.04.058	6 ECP	General Astronomy: observations. <i>Praktiline astronoomia</i>	MSc, PhD Students	Tõnis Eenmäe, Jaan Laur, Uno Veismann, Boris Deshev, Jukka Nevalainen
LOFY.04.071	6 ECP	Theoretical Astrophysics. <i>Teoreetiline astrofüüsika</i>	MSc, PhD Students	Tõnu Viik
LOFY.00.009		Doctoral Course in Physics. <i>Doktorikursus füüsikas</i>	PhD Students	Erko Jakobson
LOFY.01.004	3 ECP	Measurements and Measurement Uncertainties. <i>Mõõtmised ja mõõtemääramatused</i>	BSc Students	Erko Jakobson
LOFY.01.039	3 ECP	Measurement Data Processing. <i>Mõõtmistulemuste töötlemine</i>	MSc Students	Erko Jakobson
LOFY.01.142	6 ECP	Physical measurements. <i>Füüsikalised mõõtmised</i>	BSc Students	Erko Jakobson
LOFY.03.056	3 ECP	Introduction to Probability and Statistics. <i>Tõenäosusteooria ja statistika</i>	BSc Students	Erko Jakobson
LOFY.05.031	3 ECP	Remote sensing of environment. <i>Keskkonnakaugseire I</i>	BSc, MSc Students	Krista Alikas, Kaupo Voormansik, Jan Pisek, Kairi Raabe, Martin Ligi, Elar Asukiüll, Evelin Kangro
LOFY.05.024	3 ECP	Fundamentals of the Environmental Physics I. <i>Keskkonnafüüsika alused I</i>		Hannes Keernik, Hanno Ohvril
LOFY.05.025	3 ECP	Fundamentals of the Environmental Physics II. <i>Keskkonnafüüsika alused II</i>		Margit Aun, Hanno Ohvril

- LOOM.00.031 4 ECP *Geoloogia ja keskkonnatehnoloogia rakendused*
BSc Students Margit Kõiv-Vainik, Martin Ligi, Kaupo Voormansik
- LOOM.02.012 3 ECP *Remote Sensing I. Kaugseire I* Urmas Peterson
- LOOM.01.094 3 ECP *Technology of ecosystems: a lecture about lake restoration.*
Ökosüsteemide tehnoloogia: loeng "Järvede taastamine" BSc, MSc Students
Kersti Kangro, M. Öpik, P. Mänd, E. Karofeld, H. Karu, K. Kohv, A. Tiitsaar
- LOOM.01.058 *Bioindication: a lecture about algoindication. Bioindikatsioon: loeng*
"Algoindikatsioon" MSc Students, Kersti Kangro, A. Suija, P. Lõhmus
- LOFY.01.018 3 ECP *Signaalitöötuse alused I* Kaupo Voormansik, Karlis Zalite
- LOFY.01.044 3 ECP *Introduction to Space Technology. Kosmosetehnoloogia alused*
BSc, MSc Students Mart Noorma, Andris Slavinskis, Tõnis Eenmäe
- LOFY.01.047 6 ECP *Seminar on Space and Military Technology.* BSc, MSc Students
Mart Noorma, Andris Slavinskis
- LOFY.01.078 12 ECP *Space Technology Project. Kosmosetehnoloogia projekt*
BSc, MSc Students Mart Noorma, Andris Slavinskis
- LOFY.01.079 2 ECP *Amateur Radio. Amatööriadioside*
BSc, MSc, PhD Students Tõnis Eenmäe, Viljo Allik

Remote Sensing Courses in the Estonian University of Life Sciences Kaugseire kursused Eesti Maaülikoolis

- MI.02815 ECP *Geographic Information Systems. Geograafilised infosüsteemid*
Urmas Peterson
- MI.08204 ECP *Keskkonnaseire* Urmas Peterson
- MI.09118 ECP *Modelling of Environmental Processes and Spatial Analysis. Looduslike*
protsesside modelleerimine ja ruumianaliüs Urmas Peterson, Andres Kiviste
- MI.09364 ECP *Remote sensing of nature. Looduse kaugseire*
BSc, MSc Students Mait Lang
- MI.16923 ECP *Programming in C# and Pascal. Programmeerimine C# ja Pascal keeles*
BSc, MSc, PhD Students Mait Lang, Allan Sims
- PK.10554 ECP *Methods of investigations of water bodies: a lecture "Phytoplankton".*
Veekogude uurimise meetodid: loeng teemal "Fütoplankton"
BSc Students Kersti Kangro, A. Laas, L. Tuvikene, A. Kisand, T. Kauer,
H. Tammert, K. Käiro, H. Agasild, T. Feldman, I. Tõnno, A. Tuvikene

Courses in the Ventspils University College Kursused Ventspilsi Kõrgkoolis

- Digital image compression.* Kaupo Voormansik, Karlis Zalite
- Radar remote sensing.* Kaupo Voormansik, Karlis Zalite

THESES DEFENDED, SUPERVISED AND REFEREED KAITSTUD, JUHENDATUD JA OPONEERITUD VÄITEKIRJAD

PhD theses. Doktoritööd

Andris Slavinskis. ESTCube-1 attitude determination. *ESTCube-1 asendi määramine*. Supervisor Mart Noorma, University of Tartu; Oponent Linas Bukauskas, University of Vilnius, Lithuania.

Hannes Keernik. Estimating methods and variability of atmospheric humidity over the Baltic Region and the Arctic" *Atmosfääri niiskussisaldus – määramismeetodid ning muutlikkus Läänemere piirkonnas ja Arktikas*. Supervisors Hanno Ohvriil, University of Tartu, Erko Jakobson, University of Tartu/Tartu Observatory; Oponents Sirje Keevallik, Tallinn University of Technology; Irina Melnikova, University of St Petersburg, Russia.

MSc theses. Magistritööd

Alexis Finoguenov. The Quick-Look Analysis - a study of INTEGRAL's Automated Source Identification Algorithm. Supervisor Jukka Nevalainen. MS in Physics, University of Helsinki

Jaanus Kalde. UHF Communication System for Cubesatellite. *UHF-sagedusala sidesüsteemi kuupsatelliidile*. Supervisors Viljo Allik, Mart Noorma. MS in Technology, University of Tartu

Kerli Prants. Anechoic chamber calibration in Tartu Observatory. *Tartu Observatooriumi kajavaba kambri kalibratsioonimõõtmised*. Supervisors Viljo Allik, Mart Noorma. MS in Technology, University of Tartu

BSc theses. Bakalaureusetööd

Ann Alice Ehala. RAITS Telescope's Deep Photometry of Galaxy NGC 3448. *Teleskoobi RAITS süvafotomeetria galaktika NGC 3448 näitel*. Supervisors Antti Tamm, Tõnis Eenmäe, BS, University of Tartu

Hendrik Ehrpais. ESTCube-1 in-orbit attitude determination validation. *ESTCube-1 asendi määramise süsteemi valideerimine orbiidil*. Supervisors Andris Slavinskis, Henri Kuuste, BS in Physics, University of Tartu

Eero Vaher. Validation of SMART stellar atmosphere models. *Täheatmosfäärimudelite SMART valideerimine*. Supervisors Anna Aret, Boris Deshev, BS in Physics, University of Tartu

Jorma Veiderpass. Calculation of micrometeorological parameters from sonic anemometer data. *Helianemomeetri mõõtmisandmetest mikrometeoroloogiliste parameetrite arvutamine*. Supervisor Erko Jakobson, BS in Physics, University of Tartu

Kristiina Verro. Physical properties of the nova remnant Nova Persei 1901. *Noovajäänuki Nova Persei 1901 füüsikalised omadused*. Supervisors Tiina Liimets, Romano Corradi, Oponent Anna Aret, BS in Physics, University of Tartu

Ingmar Viires. Characterization of Yagi-Uda Antenna Performance in Mobile Satellite Communication System. *Yagi-Uda tüüpi antenni võimekuse kaardistamine mobiilse satelliitside konfiguratsioonis*. Supervisors Viljo Allik, Soetlana Ganina, BS in Technology, Estonian National Defence College

STAFF. KOOSSEIS

31.12.2015

Director, PhD	direktor, PhD	1	Anu Reinart
Vice Director of Management	haldusdirektor	1	Enno Ruusalepp

Department of Astrophysics. **Astrofüüsika osakond**

Head of Department, **osakonna juhataja Laurits Leedjärv**

Group of Stellar Physics. **Tähefüüsika töörühm**

Senior Research Fellow, PhD	vanemteadur, PhD	1	Laurits Leedjärv
Senior Research Fellow, PhD	vanemteadur, PhD	1	Indrek Kolka
Senior Research Fellow, PhD	vanemteadur, PhD	0,5	Kalju Annuk
Research Fellow, PhD	teadur, PhD	1	Taavi Tuvikene
Research Fellow, MSc (on parental leave)	teadur, MSc (lapse- hoolduspuhkusel)		Tiina Liimets
Research Fellow, MSc	teadur, MSc	1	Tõnis Eenmäe
Junior Research Fellow, MSc	nooremteadur, MSc	0,3	Jaan Laur
Technician	tehnik	0,25	Kristiina Verro

Group of Theoretical Astrophysics. **Teoreetilise astrofüüsika töörühm**

Leading Research Fellow, PhD	juhtivteadur, PhD	1	Jaan Pelt
Senior Research Fellow, DSc	vanemteadur, DSc	0,5	Tõnu Viik
Senior Research Fellow, PhD	vanemteadur, PhD	0,5	Michaela Kraus
Research Fellow, PhD	teadur, PhD	1	Anna Aret

Department of Cosmology. **Kosmoloogia osakond**

Head of Department, **osakonna juhataja Enn Saar**

Group of Physics of Galaxies. **Galaktikate füüsika töörühm**

Senior Research Fellow, DSc	vanemteadur, DSc	1	Urmas Haud
Senior Research Fellow, PhD	vanemteadur, PhD	1	Jaan Vennik
Senior Research Fellow, DSc, Prof	vanemteadur, DSc, Prof	0,25	Peeter Tenjes
Senior Research Fellow, PhD	vanemteadur, PhD	1	Elmo Tempel
Senior Research Fellow, PhD	vanemteadur, PhD	1	Antti Tamm
Research Fellow, MSc	teadur, MSc	1	Tiit Sepp
Junior Research Fellow, MSc	nooremteadur, MSc	0,1	Teet Kuutma
Technician	tehnik	0,1	Olga Tihhonova
Technician	tehnik	0,25	Moorits Mihkel Muru
Technician	tehnik	0,25	Kaspar Kliimask

Group of Cosmology. **Kosmoloogia töörühm**

Leading Research Fellow, DSc	juhtivteadur, DSc	1	Enn Saar
Senior Research Fellow, PhD	vanemteadur, PhD	1	Gert Hütsi
Senior Research Fellow, DSc, Prof	vanemteadur, DSc, Prof	0,75	Jaan Einasto
Senior Research Fellow, DSc	vanemteadur, DSc	1	Maret Einasto
Senior Research Fellow, PhD	vanemteadur, PhD	1	Mirt Gramann
Senior Research Fellow, PhD	vanemteadur, PhD	0,5	Erik Tago
Senior Research Fellow, PhD	vanemteadur, PhD	1	Jukka Nevalainen
Research Fellow, PhD	teadur, PhD	1	Ivan Suhhonenko
Research Fellow, MSc	teadur, MSc	1	Lauri Juhan Liivamägi
Research Fellow, MSc	teadur, MSc	0,5	Boris Deshev
Junior Research Fellow, Msc	nooremteadur, Msc	0,5	Rain Kipper
Technician	tehnik	0,5	Peeter Einasto
Technician	tehnik	0,2	Triin Einasto
Data Communication Engineer	andmeside juhtinsener	0,5	Margus Sisask

Department of Remote Sensing. **Kaugseire osakond**

Head of Department, **osakonna juhataja Andres Kuusk**

Group of Remote Sensing of Vegetation. **Taimkatte kaugseire töörühm**

Leading Research Fellow, DSc	juhtivteadur, DSc	1	Andres Kuusk
Senior Research Fellow, DSc, Prof	vanemteadur, DSc, Prof	0,5	Tiit Nilson
Senior Research Fellow, PhD	vanemteadur, PhD	1	Joel Kuusk
Senior Research Fellow, PhD	vanemteadur, PhD	0,2	Jan Pisek
Senior Research Fellow, PhD	vanemteadur, PhD	1	Lea Hallik
Senior Research Fellow, PhD	vanemteadur, PhD	0,5	Urmas Peterson
Senior Research Fellow, PhD	vanemteadur, PhD	0,5	Mait Lang
Research Fellow, PhD	teadur, PhD	1	Kaupo Voormansik
Junior Research Fellow	nooremteadur	0,2	Karlis Zalite
Junior Research Fellow, MSc	nooremteadur, MSc	0,4	Kairi Raabe
Engineer, MSc	insener, MSc	1	Marta Mõistus
Technician	tehnik	1	Tõnu Prans

Group of Remote Sensing of Atmosphere. **Atmosfääri seire töörühm**

Senior Research Fellow, PhD	vanemteadur, PhD	0,9	Kalju Eerme
Senior Research Fellow, PhD	vanemteadur, PhD	1	Erko Jakobson
Research Fellow, PhD	teadur, PhD	0,5	Hannes Keernik
Research Fellow, MSc	teadur, MSc	0,4	Aivo Reinart

Junior Research Fellow, MSc	nooremteadur, MSc	0,2	Margit Aun
Junior Research Fellow, MSc	nooremteadur, MSc	0,5	Ketlin Reis
Senior Engineer, MSc	vaneminsener, MSc	1	Ilmar Ansko

Group of Remote sensing of Waterbodies. **Veekogude kaugseire töörühm**

Research Fellow, MSc	teadur, MSc	1	Krista Alikas
Research Fellow, PhD	teadur, PhD	0,5	Kersti Kangro
Junior Research Fellow, MSc	nooremteadur, MSc	0,5	Elar Asuküll
Junior Research Fellow, MSc	nooremteadur, MSc	1	Martin Ligi
Engineer, MSc	insener, MSc	0,2	Kristi Uudeberg
Software Engineer	tarkvara insener	0,4	Reiko Randoja
Junior Research Fellow, MSc	nooremteadur, MSc	0,5	Evelin Kangro

Department of Space Technology. **Kosmosetehnoloogia osakond**

Research Fellow, PhD	teadur, PhD	1	Riho Vendt
Research Fellow, MSc	teadur, MSc	0,8	Silver Lätt
Leading Engineer, MSc	juhtivinsener, MSc	1	Viljo Allik
Junior Research Fellow, MSc	nooremteadur, MSc	0,2	Andris Slavinskis
Junior Research Fellow, MSc	nooremteadur, MSc	0,5	Urmas Kvell
Engineer, MSc	insener, MSc	0,3	Indrek Sünter
Engineer	insener	1	Henri Kuuste
Programmer, MSc	programmeerija, MSc	0,25	Martin Valgur

Department of Support Services. **Tugiteenuste osakond**

Head of Department, **osakonna juhataja kt Enno Ruusalepp**

Projects Manager	projektijuht	1	Tiia Lillemaa
Project coordinator, MSc	projektide koordinaator, MSc	1	Marge Kliimask
Records Manager	dokumendihaldur- personaliarvestaja	1	Ulvi Nigol
Chief Accountant	pearaamatupidaja	1	Küllli Kärner
Senior Accountant	vanemraamatupidaja	1	Evelin Kelner
Library Catalogist	raamatukogu katalogiseerija	0,5	Maret Veldre
On maternity leave	lapsehoolduspuhkusel		Diana Aarna

Department of Management. **Haldusosakond**

Head of Department, **osakonna juhataja Enno Ruusalepp**

Senior IT-specialist	IT peaspetsialist	1	Tõnu Veeranna
Engineer	insener	0,25	Toivo Kuusk
Housekeeper	majahoidja	1	Leida Kivirand
Electrician	elektrik	0,6	Ülo Kivirand
Cleaner	koristaja	1	Helvi Vennik

Visitor Centre. **Külastuskeskus**

Head of Department, **osakonna juhataja Heli Lätt**

Head of Department, MA	külastuskeskuse juhataja, MA	0,8	Heli Lätt
Visitor Centre Advisor, PhD	külastuskeskuse nõunik, PhD	0,6	Mare Ruusalepp
Assistant of Project Manager	projektijuhhi assistent	0,75	Triin Sumberg
Guide	giid	0,4	Anu Tuvikene
Guide, MSc	giid, MSc	0,375	Alar Puss

31.12.2015 oli töötajaid kokku 90 (täistööaja arvestuses 62,8), neist teadustöötajaid 64 (täistööaja arvestuses 45,4).