



**Proceedings of  
1<sup>st</sup> International Conference on Research,  
Technology and Education of Space**

13 February 2015, Budapest, Hungary  
at Budapest University of Technology and Economics

Az előadások magyar nyelvű összefoglalójával

Organized by  
Federated Innovation and Knowledge Centre of  
Budapest University of Technology and Economics  
and  
Hungarian Astronautical Society

Editor  
Kálmán Kovács

MANT 2015

## **Conference proceedings**

### **H-SPACE 2015**

1st International Conference on Research, Technology and  
Education of Space  
13 February 2015, Budapest, Hungary  
BME building T, Hall IB 025 (Magyar tudósok krt. 2., Budapest,  
1117-Hungary)

### ***Organizing and Editorial Board***

Chief Editor: Dr. Kálmán Kovács

Members: Prof. József Ádám, Dr. László Bacsárdi, Prof. László Pap,  
Prof. Gábor Stépán, Dr. Fruzsina Tari, Dr. Gábor Tevesz

Honorable Patrons: Prof. Iván Almár, Dr. László Vajta

Operating Organizer : Dr. László Bacsárdi

Készült a BME VIK és a BME EIT támogatásával  
Szerkesztő: Kovács Kálmán

Kiadja:

a Magyar Asztronautikai Társaság

1044 Budapest, Ipari park u. 10.

[www.mant.hu](http://www.mant.hu)

Budapest, 2015

Felelős kiadó: Dr. Bacsárdi László főtitkár

© Minden jog fenntartva.

A kiadvány még részleteiben sem sokszorosítható, semmilyen módon nem tehető közzé elektronikus, mechanikai, fotómásolati terjesztéssel a kiadó előzetes írásos engedélye nélkül.

ISBN 978-963-7367-06-9

## **WELCOME**

### **Prof. Iván Almár**

Honorary President of Hungarian Astronautical Society,  
member of International Academy of Astronautics

*“The first generation of Hungarian experts involved in space research and astronautics is vanishing. At the same time the importance of space related activities is growing throughout the world. This fascinating topic has established its role in science, in technology and also in education. We in the Hungarian Astronautical Society do hope that such international conferences will arouse the interest of a new motivated generation of Hungarian experts contributing in the next decades to a successful career of Hungary as a member state of ESA.”*

### **Dr. László Vajta**

Dean, Faculty of Electrical Engineering and Informatics of BME

*“A number of assemblies and technological or scientific experiments flew to space from our University on various carriers - from satellites through space telescope to comet probes. Special mention should be the international research cooperation, experiments, developments at the departments of the Faculty of Electrical Engineering and Informatics that prove space offers place in scientific, technological, professional progress for countries like Hungary. As education institution, it is the mission of BME that knowledge and experience amassed in the research and developments are represented in education, utilized in economy, identifying and aligning to future trends.*

*I have confidence that the lectures at H-SPACE 2015 will provide their speakers a similar boost like the successful launch and more than 1000-day mission of the first Hungarian small satellite, Masat-1 signified for Hungary’s plan to join the ESA.”*



## **H-SPACE 2015**

### **1<sup>st</sup> International Conference on Research, Technology and Education of Space**

The Federated Innovation and Knowledge Centre (EIT) of Faculty of Budapest University of Technology and Economics (BME) - in cooperation with the Hungarian Astronautical Society - organizes an international conference on space research under the name 'H-SPACE 2015 - 1<sup>st</sup> International Conference on Research, Technology and Education of Space'.

The conference is open for international professionals and offers wide publicity for the Hungarian scientific, technological, educational and dissemination activity related to space.

The accepted lectures will be published electronically and in print, and the best lecture will receive the option of publishing in Hungarian/international journal, thus the conferences contributes to the scientific progress of the researchers as a publication opportunity.

The date of the conference: February 13, 2015, Friday  
Venue of the conference: BME building 'I', Hall IB 025  
(Address: Magyar tudósok krt. 2., Budapest, 1117-Hungary)

#### **Conference description**

The 'H-SPACE 2015 - 1<sup>st</sup> International Conference on Research, Technology and Education of Space' is an international space research conference organized with the intention of establishing a tradition. The agenda of the conference addresses scientific, technological and educational issues of space research and space activities.

The organization of the conference comes at a time of growing opportunities arising from ESA recently granting membership to Hungary and the need for a joint presentation of space activities pursued at BME. The selection of the date of the event pays tribute to the successful deployment to orbit and mission of the first Hungarian satellite.



# **1<sup>st</sup> International Conference on Research, Technology and Education of Space**

**Budapest, February 13, 2015, Friday  
BME building 'I', Hall IB 025**

Address: Magyar tudósok krt. 2., Budapest, H-1117, Hungary

## **Conference Program**

### **8:30-9:00 Registration**

### **9.00-9.20 Opening**

Chair: *Dr. Kálmán Kovács*, Director of EIT BME

*Dr. Károly Balázs Solymár*, Deputy State Secretary for  
Infocommunication

*János Solymosi*, President of Hungarian Astronautical Society

*Dr. László Vajta*, Dean of Faculty of Electrical Engineering and  
Informatics of BME

### **9.20-10.20 Keynote Speeches**

'Prospects of the Hungarian space activities after the ESA  
accession'

*Ferenc Horvai*, Ministry of National Development, Hungarian  
Space Office

'Wicked Problems for NASA's Space Technology Developments'

*Dr. Tibor S. Balint*, Royal College of Art, London

### **10.20-10.35: Coffee break**

### **10.35-11.50: Section Science**

Chair: *Prof. Gábor Stépán*, Dean of Faculty of Mechanical  
Engineering of BME, Member of Hungarian Academy of  
Science (HAS)

'Preliminary results of the experiments with Hungarian  
contribution on board Rosetta/Philae'

*Dr. Attila Hirn* and *István Apáthy*, MTA EK

'Optimal design of low-thrust transfer trajectories'

*Gábor István Varga* and *Jose Manuel Sánchez Pérez*, BME GPK

–  
ESA

'The role of global navigation satellite systems in atmospheric remote sensing'

*Dr. Szabolcs Rózsa*, BME ÉMK

'Perspectives in flight data processing of Masat-1'

*Zsolt Várhegyi et al.*, BME VIK

### **11.50-12.50: Section Technology (in Hungarian)**

Chair: *Dr. László Bacszárdi*, Secretary of Hungarian Astronautical Society

„Novel Solutions of the Radiocommunication Subsystem of Masat-1”

*Levente Dudás et al.*, BME VIK

„Space Weather investigations by in-situ and ground based measurements”

*Prof. Csaba Ferencz et al.*, ELTE

„Creation of a new multispectral instrument for EO-technical challenges of the SENTINEL-2 MSI-MMTH project”

*Dr. Pál Bárczy et al.*, Admatis Ltd.

### **12:50-13:50: Buffet Lunch**

### **14.00-16.00: Section Education and Dissemination (in Hungarian)**

Chair: *Prof. László Pap*, President of Scientific Council on Space Research, Member of HAS

„Masat-1: mission and outreach”

*Gyula Horváth, et al.*, BME VIK

„Space technologies and applications in the education of BME”

*Dr. András Gschwindt*, BME VIK

„Students in space projects”

*Márton Kemény, Asztrik Bakos, Tamás Pölöskei*, BME

„Space Science in Thermodynamics”

*Annamária Komáromi*, Szent István Király Zeneművészeti Szakközépiskola, Budapest

„LEGO robots on the Moon, Mars, comets – extracurricular space education in secondary schools”

*Ágota Lang*, Széchenyi István Gimnázium, Sopron

„From Space Camp to Space Academy

*Dr. András Sik and Dr. László Bacszárdi*, MANT

### **16.00: Closing**



## Table of Content

<b>Keynote Speeches .....</b>	<b>11</b>
Wicked Problems for NASA’s Space Technology Developments – Tibor S. Balint .....	13
<b>Section Science .....</b>	<b>15</b>
Preliminary results of the experiments with Hungarian contribution on board Rosetta/Philae – Attila Hirn.....	17
Optimal design of low-thrust transfer trajectories – Gábor István Varga.....	19
The role of global navigation satellite systems in atmospheric remote sensing – Szabolcs Rózsa.....	21
Perspectives in flight data processing of Masat-1 – Zsolt Várhegyi.....	23
<i>Section Science in Hungarian .....</i>	<i>25</i>
<b>Section Technology .....</b>	<b>29</b>
Novel Solutions of the Radiocommunication Subsystem of Masat-1 – Levente Dudás .....	31
Space Weather investigations by in-situ and ground based measurements – Csaba Ferencz.....	33
Creation of a new multispectral instrument for EO – technical challenges of the SENTINEL-2 MSI-MMTH project – Pál Bárczy.....	35
<i>Section Technology in Hungarian .....</i>	<i>37</i>

<b>Section Education and Dissemination .....</b>	<b>39</b>
Masat-1: mission and outreach – Gyula Horváth .....	41
Space Technologies and Applications in Education at the Budapest University of Technology (BME) – András Gschwindt .....	43
Students in space projects – Márton Kemény, Asztrik Bakos and Tamás Pölöskei .....	45
Space Science in Thermodynamics – Annamária Komáromi.....	47
LEGO robots on the Moon, Mars, comets – extracurricular space education in secondary schools – Ágota Lang.....	49
From Space Camp to Space Academy – András Sik .....	51
<i>Section Education and Dissemination in Hungarian .....</i>	<i>53</i>
<b>Author Index .....</b>	<b>57</b>

**KEYNOTE SPEECHES**



## **Wicked problems for NASA's space technology developments**

**Dr. Tibor S. Balint**

Royal College of Art, School of Design,  
Kensington Gore, London SW7 2EU, United Kingdom  
tibor.balint@network.rca.ac.uk

Future space exploration plans require the development of innovative new technologies. In the government framework this involves funding and managing a portfolio of technology projects, which are not purely driven by linear disciplines of technical feasibility and resource management, but also impacted by a broader range of directly or marginally interconnected factors at higher strategic levels. These include: strategy, policy and politics, tactics, programmatics, stakeholder interactions, resource requirements, performance goals from component to system levels, infusion targets, portfolio execution and tracking, technology push or mission pull. Furthermore, these influences occur on varying timescales and at diverse geographic locations.

Thus, if we wish to respond to potentially emerging barriers, it is important to understand these processes - such as the Planning, Programming, Budget and Execution cycle - and also the interconnections across the agency and with the broader government environment. Insights into these interactions could be gained through suitable models, for example by assessing key factors against the model of Wicked Problems. These problems, at the strategic level, do not have right or wrong solutions, only improved outcomes. This model can be augmented to account for the temporally and spatially coupled, and cyclical nature of the specific case of NASA. Such appropriate models are important to improve our understanding of the key influencing factors, subsequently they would help to mitigate innovation barriers, and stimulate technology innovation at NASA, and other government directed environments.

Keywords:

wicked problems, space technology, strategy

References:

- [1] Balint, T., Stevens, J., 2014. "Wicked Problems in Space Technology Development at NASA", Paper number: IAC-14-D1.3.6x22735, 65th International Astronautical Congress, Symposium D1. Space Systems Symposium, Session 3. System Engineering - Methods, Processes and Tools (1), Toronto, Ontario, Canada, September 29-October 3
- [2] Rittel, H.W.J. & Webber, M.M., 1973. "Dilemmas in a General Theory of Planning", Policy Sciences, 4(2), pp.155-69, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam
- [3] Conklin, J., 2006. "Dialogue mapping: building shared understanding of wicked problems", Chichester, England: Wiley Publishing. ISBN:0470017686
- [4] HoR, 2014. "FY15 budget charts", Committee on the Budget, House of Representatives, Viewed on Jan 12, 2015. Website: [http://budget.house.gov/uploadedfiles/fy15\\_budget\\_charts.pdf](http://budget.house.gov/uploadedfiles/fy15_budget_charts.pdf)

**SECTION SCIENCE**





## **Preliminary results of the experiments with Hungarian contribution on board Rosetta/Philae**

**Dr. Attila Hirn, István Apáthy**

Centre for Energy Research, Hungarian Academy of Sciences  
29-33 Konkoly Thege Miklos ut, H-1121, Budapest, Hungary  
hirn.attila@energia.mta.hu, apathy.istvan@energia.mta.hu

After a 10-year-long cruise towards comet 67P/Churyumov-Gerasimenko (67P/C-G), ESA's Rosetta spacecraft released its Lander Philae onto the comet's nucleus. The historical landing took place on the 12<sup>th</sup> of November 2014 and provided the engineers and the researchers with a lot of surprises and unexpected results. MTA Centre for Energy Research (the former MTA KFKI Atomic Energy Research Institute) has been participating in two experiments of the lander: the Dust Impact Monitor (DIM) of the Small Instrument Package SESAME (Surface Electrical Sounding and Acoustic Monitoring Experiment) and the Simple Plasma Monitor (SPM) of the Small Instrument Package ROMAP (Rosetta Magnetometer and Plasma Monitor).

The DIM sensor consisting of three piezoelectric detectors, each one mounted on the outer side of a cube and facing in orthogonal directions (the direction normal to the nucleus surface and two horizontal directions), is located on one of the corners of Philae's balcony. The instrument is dedicated to measure dust fluxes, impact directions as well as the speed and size of the impacting particles in the sub-millimeter and millimeter range hence providing information about the properties of the cometary near-surface material.

The SPM sensor, which is a type of electrostatic hemispherical analyser having 2 ion channels and 1 electron channel and containing a Faraday cap as well, is mounted on the end of a short boom on the lander. The energy range of the instrument is 0-12.6 keV for ions with a resolution of 3%, and 0-4.5 keV for electrons with a resolution of 10%. The field of view of the analyzer is 100° x 100° for ions and 10° x 60° for electrons. The task of SPM is to study the characteristic structures of the cometary plasma

environment including the plasma boundaries, plasma waves and the evolution of these features.

Our presentation focuses on the scientific program of the instruments DIM and SPM as well as the preliminary results obtained during the descent and on the surface of 67P/C-G.

Keywords:

comet, Rosetta, Philae, cometary dust, plasma measurements

References:

- [1] Glassmeier, K.-H., Boehnhardt, H., Koschny, D., Kührt, E., Richter, I., 2007. The Rosetta Mission: Flying Towards the Origin of the Solar System. *Space Science Reviews* 128, 1–21.
- [2] Seidensticker, K. J., Möhlmann, D., Apathy, I., Schmidt, W., Thiel, K., Arnold, W., Fischer, H.-H., Kretschmer, M., Madlener, D., Péter, A., Trautner, R., Schieke, S., 2007. SESAME - An Experiment of the Rosetta Lander Philae: Objectives and General Design *128*, 301–337.
- [3] Auster, H. U., Apathy, I., Berghofer, G., Remizov, A. et al, 2007. ROMAP: Rosetta Magnetometer and Plasma Monitor. *Space Science Reviews* 128, 221-240

## **Optimal design of low-thrust transfer trajectories**

**Gábor István Varga, Jose Manuel Sánchez Pérez**

European Space Operations Centre, Robert-Bosch-Str. 5,  
Darmstadt, 64293, Germany,  
gabor.varga@esa.int, jose.manuel.sanchez.perez@esa.int

The advance of low-thrust electric propulsion (EP) systems brought new challenges in the field of trajectory design in recent decades. Several methods have been investigated [1-5] to obtain time-, and fuel-optimal transfer trajectories between two arbitrary orbits around a celestial body. The complexity of calculations is higher than that of conventional chemical propulsion, as manoeuvres cannot be considered as instantaneous changes in the velocity, but rather a continuous acceleration. The goal is to find the optimal thrust direction at any instant of time as well as the thrust switching times that ensure an optimal convergence to the target orbit.

A direct, Lyapunov feedback control method [6-7] is investigated and modifications to the algorithm are proposed to accommodate for the singularities in the original equations, and to include various perturbations present in the two-body problem, such as the J<sub>2</sub> perturbation and the effect of coasting during eclipse periods. Furthermore, optimization of the control-law parameters via a multi-objective evolutionary algorithm (NSGA-II) [8] leads to significant improvement of the results and permits to obtain a well-spread Pareto front for any low-thrust orbit transfer problem.

**Keywords:**

Low-thrust, Electric-propulsion, Optimal control, Q-law, Orbit-transfer

**References:**

- [1] Ferrier, C. and Epenoy R., 2001. Optimal control for engines with electro-ionic propulsion under constraint of eclipse. *Acta Astronautica*, 48(4), pp.181-192.
- [2] Geffroy, S. and Epenoy, R., 1997. Optimal low-thrust transfers with constraints – generalization of averaging techniques. *Acta Astronautica*, 41(3), pp.133-149.
- [3] Tarzi, Z., Speyer, J. and Wirz, R., 2013. Fuel optimum low-thrust

elliptic transfer using numerical averaging. *Acta Astronautica*, 86, pp.95-118.

[4] Jose M. Sánchez Pérez and Andrea Campa. Automation of Multi-Revolution Low-Thrust Transfer Optimization Via Differential Evolution. *AAS* 14-311.

[5] Anastassios E. Petropoulos. Low-thrust orbit transfers using candidate lyapunov functions with a mechanism for coasting. *AIAA/AAS Astrodynamics Specialist Conference, AIAA Paper*, 2004.

[6] Anastassios E. Petropoulos. Refinements to the q-law for low-thrust orbit transfers. *AAS/AIAA Space Flight Mechanics Conference*, 2005.

[7] A. E. Petropoulos, Zahi B. Tarzi, G. Lantoine, T. Dargent, R. Epenoy. Techniques for designing many-revolution, electric-propulsion trajectories. *Proceedings of the 24th AAS/AIAA Space Flight Mechanics Meeting*.

[8] Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S. and Meyarivan, T. (2002). A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 6(2), pp.182-197.

## **The role of global navigation satellite systems in atmospheric remote sensing**

**Dr. Szabolcs Rózsa**

Budapest University of Technology and Economics,  
Department of Geodesy and Surveying,  
Műegyetem rkp. 3., H-1111, Budapest, Hungary  
E-mail: rozsa.szabolcs@epito.bme.hu

The observations of the Global Navigation Satellite Systems (GNSS) are affected by various systematic error sources. These effects are usually eliminated in positioning applications using a suitable processing technique.

Since nowadays large networks of fixed continuously operating reference stations operate around the world, the systematic error can be quantified and the embedded information on the underlying sources can be used for monitoring various parameters of the Earth's system.

This paper focuses mainly on the application of GNSS for atmospheric remote sensing. Atmospheric effects can be classified in two groups: the ionospheric effects and the tropospheric effects. Ionospheric effects are closely related to the intensity of the ionizing radiation of the Sun, thus it is correlated with the solar activity. Tropospheric effects correlate with the meteorological parameters, thus these effects can be used to monitor the weather and climate as well.

Hungarian and international case studies are presented to demonstrate the feasibility of atmospheric remote sensing based on GNSS observations. These case studies include the estimation of precipitable water vapour in the troposphere as well as the total electron content of the ionosphere using the Hungarian Active GNSS network.

Keywords:

global navigation satellite systems, Earth observation, climate, precipitable water vapor

References:

- [1] Rózsa Sz, Kenyeres A, Weidinger T, Gyöngyösi A. Z., 2013. *Near real-time estimation of integrated water vapour from GNSS observations in Hungary*, INTERNATIONAL ASSOCIATION OF GEODESY SYMPOSIA 139: pp. 31-41.
- [2] Rózsa Sz, Weidinger T, Gyöngyösi A Z, Kenyeres A., 2012. *The role of GNSS infrastructure in the monitoring of atmospheric water vapor*, IDŐJÁRÁS / QUARTERLY JOURNAL OF THE HUNGARIAN METEOROLOGICAL SERVICE 116:(1) pp. 1-20.
- [3] Rózsa Sz, 2014. *Modelling Tropospheric Delays Using the Global Surface Meteorological Parameter Model: GPT2*, PERIODICA POLYTECHNICA-CIVIL ENGINEERING 58:4 pp. 301-308

## **Perspectives in flight data processing of Masat-1**

**Zsolt Várhegyi, Dávid Czifra, Levente Dudás, Sándor Glisics, Gyula Horváth, Zoltán Kovács, Gábor Marosy, Tamás Temesvölgyi**

Budapest University of Technology and Economics  
Műgyetem rkp. 3., H-1111, Budapest, Hungary  
<varhegyi|czifra|dudas|glisics|horvath|kovacs|marosy|  
temesvolgyi>@cubesat.bme.hu

Masat-1, the first Hungarian satellite was launched on the 13th of February 2012 and, after 3 extremely successful years of operation, reentered on the 10th of January 2015. The mission goal of the 10x10x10 cm educational satellite was to verify and validate design methodology during in-orbit operations and to collect data about the system performance and space environment to develop advanced methodologies for future missions. Despite the fact that Masat-1 was the first complete satellite mission developed, manufactured and operated by Hungary, and the project being educational, the developer and operational team aimed to follow a professional satellite design philosophy in many aspects.

The result was a single failure tolerant design with cold redundancy in all critical subsystems, an approach unseen among small educational satellites. Because of this design philosophy, the satellite flew with several hundred telemetry sensors onboard, measuring voltages, currents, temperatures and data describing environment and attitude, such as illumination of all sides, angular velocity vector and magnetic field vector, including an RGB camera with 100-4000 m surface resolution. With the help of our ground station network, the operational team collected more than 0.5 GB of compressed raw data, including images, short timeframe high time resolution coherent samples and a sparse dataset of all channels encompassing the complete 3 years lifespan.

After the processing of flight data, our results can be used in several areas of engineering as well as natural sciences (e.g.. design for reliability of parts and systems, celestial mechanics, remote sensing).

Keywords:

Masat-1, telemetry, signal processing, flight data

References:

- [1] Gyula Horváth, Dávid Czifra, Gábor Marosy, Zsolt Várhegyi - Thermal design and characterization of solar cell arrays aimed to be used in CubeSat missions. In: Proceedings of the 18th International Workshop on THERMal INvestigation of ICs and Systems (THERMINIC'12). Budapest, Magyarország, 2012.09.25-2012.09.27. pp. 51-54.
- [2] Gyula Horváth, Gábor Marosy, Sándor Glisics, Dávid Czifra - Battery characterization for CubeSat missions with battery tester application. In: 13th Biennial Baltic Electronics Conference (BEC2012). Tallinn, Észtország, 2012.10.03-2012.10.05. Tallinn: Tallinn Technical University, pp. 97-100.(ISBN: 978-1-4673-2772-5)
- [3] Gy Horváth, Gy Bognár: „Optimization of an infrared sensor card for harsh environment purpose.”, In: Proceedings of the 17th International Workshop on THERMal INvestigation of ICs and Systems (THERMINIC'11). Paris, Franciaország, 2011.09.27-2011.09.29. pp. 91-95.(ISBN: 978-2-35500-018-8)



**Section Science in Hungarian**  
Tudományos szekció

**Rosetta/Philae jelentős részben magyar fejlesztésű  
kísérleteinek előzetes eredményei**

*Hirn Attila és Apáthy István*

A 67P/Csurjumov-Geraszimenkó üstököshöz tartó 10 éves utazást követően a Rosetta űrszonda az égitest magjára bocsátotta a Philae névre hallgató leszálló-egységet. A történelmi leszállásra – a mérnököknek és kutatóknak számos meglepetést és váratlan eredményt szolgáltatva – 2014. november 12-én került sor. Az MTA Energiatudományi Kutatóközpont (a korábbi MTA KFKI Atomenergia Kutatóintézet) a leszálló-egység két kísérletében, a SESAME (Surface Electrical Sounding and Acoustic Monitoring Experiment) műszercsomag DIM por-detektor, valamint a ROMAP (Rosetta Magnetometer and Plasma Monitor) műszercsomag SPM töltőttrészecske-detektor kísérletében is aktívan részt vesz.

A három oldalán piezoelektromos érzékelőket tartalmazó, kocka formájú DIM detektor a Philae teraszán foglal helyet; az érzékelők három egymásra merőleges – az üstökös felszínére merőleges, valamint két vízszintes – irányba néznek. A műszer a porrészecskék fluxusának, beérkezési irányának, sebesség és méret szerinti eloszlásának a mérésére szolgál a milliméteres – tizedmilliméteres mérettartományban; ezzel az üstökös felszínhez közeli anyag tulajdonságairól nyerhetünk információt.

Az SPM detektor egy rövid rúd végén helyezkedik el, és egy elektrosztatikus félgömb-analizátorból, valamint egy Faraday-csapdából áll. Utóbbi két irányérzékeny ion- és egy elektron-csatornát tartalmaz. A műszer ionok esetében a 0–12,6 keV, elektronok esetében pedig a 0–4,5 keV energiatarományban érzékeny; felbontása 3% illetve 10%. Az analizátor látószöge ionok esetében 100°x100°, elektronoknál 10°x 60°. Az SPM feladata az üstökös plazmakörnyezete jellemzőinek, azok időbeni változásának vizsgálata.

Előadásunkban a DIM és az SPM kísérletek leszállás közbeni és üstökös felszíni tudományos programjára, valamint előzetes mérési adataira helyezük a fő hangsúlyt.

## **Elektromos meghajtású űrszondák optimális röppályaszámítása**

*Varga Gábor István, Jose Manuel Sánchez Pérez*

Az elektro-ionizáción alapuló hajtóművek elterjedése az utóbbi évtizedekben többlet kihívást kínált a röppályatervezésben már jártas kutatóknak is. Számos módszer létezik ezen, alacsony tolóerejű űrszondák röppályák közötti átvitelére, a lehető legkevesebb idő alatt, illetve a legkevesebb üzemanyaggal adott idő alatt. A probléma nehézsége – a szokványos, nagy tolóerejű rakétákhoz képest – abban rejlik, hogy a megoldáshoz nem diszkrét manővereket kell meghatározni, hanem egy folyamatos vezérlő függvényt, ami biztosítja, hogy az űrszonda a legjobb útvonalon jusson el a célállomására. Egy Lyapunov-vezérlésen alapuló módszert fejlesztünk tovább, amivel kiküszöböljük a korábban kidolgozott eljárásban rejlő nehézségeket, és további, nagyobb pontosságú analízis elvégzésére is alkalmassá tesszük. Továbbá, a vezérlő egyenletekben jelen lévő szabad paraméterek optimalizációjával megkapjuk az adott problémára jellemző pareto-görbét, ami alapján ki lehet egyensúlyozni a felhasznált üzemanyagot illetve repülési időt, jelen lévő követelményeknek megfelelően.

## **A globális műholdas helymeghatározó rendszerek szerepe a légkörmegfigyelésben**

*Rózsa Szabolcs*

A globális műholdas helymeghatározó rendszerek (GNSS) észleléseit számos szabályos hiba befolyásolja. Ezeket a hibahatásokat a helymeghatározás során általában egy megfelelően kialakított feldolgozási technikával kiejtjük, így azok nem terhelik a meghatározott koordinátáinkat.

Az elmúlt évtizedben azonban egyre nagyobb, fixen telepített, folyamatosan üzemelő ún. permanens referenciaállomás hálózatok jöttek létre világszerte. Ezen állomások adataiból a helymeghatározás helyett a szabályos hibák mértékének meghatározását is elvégezhetjük, így e hatások alapján a mögöttes információk kinyerésével, a légkör több paraméterét is vizsgálhatjuk.

E hatások két fő részre oszthatók: az ionoszférikus és a troposzférikus hatásokra. Az ionoszférikus hatásokat a Nap iono-izáló sugárzásának intenzitása, míg a troposzférikus hatásokat a légkör alsó részének fizikai paraméterei befolyásolják. Így ez utóbbi felhasználható mind az időjárás, mind pedig az éghajlatváltozás tanulmányozására.

Az előadásban hazai és nemzetközi esettanulmányokat mutatunk be, amelyekben demonstráljuk a légkör egyes paramétereinek GNSS mérések alapján történő meghatározását. Kitérünk a hazai aktív GNSS hálózat, az ionoszféra szabad elektron tartalmának, illetve a troposzférában található integrált vízgőztartalom meghatározásában betöltött szerepére.

## **Lehetőségek a Masat-1 repülési adatainak feldolgozásában**

*Váradi Zsolt et al.*

A Masat-1, az első magyar műhold 2012. február 13-i felbocsátása és 2015. január 10-i visszatérése között különösen sikeres 3 éves működést tudhat maga mögött. A 10x10x10cm-es oktatási műhold küldetésének célja, hogy űrbeli működése során igazolja a tervezéséhez használt módszereket, és hogy adatokat gyűjtsön a rendszer teljesítőképességéről valamint az űrbeli környezetről a jövőbeni küldetések során felhasználható, fejlettebb tervezési módszerek kidolgozásához. Annak ellenére, hogy a Masat-1 volt az első, teljes egészében Magyarországon fejlesztett, gyártott és üzemeltetett műhold, valamint a projekt oktatási jellege ellenére a fejlesztő-üzemeltető csapat több szempontból egy professzionális műholdtervezési filozófia követését tűzte ki célul. Az eredmény egy egy pont-meghibásodást tűrő műhold lett, az összes kritikus alrendszer hidegtartalékolt kettőzésekkel – mely megközelítés az oktatási kisműholdaknál korábban nem fordult elő.

E fejlesztési filozófiának köszönhetően a műhold több száz telemetriaérzékelővel repült, melyek feszültség- és áramértékeket, hőmérséklet- és a környezetre vonatkozó adatokat (például a szögsebesség- és mágneses tér vektorát és az összes oldal megvilágítottságát) rögzítették, valamint elhelyeztünk a fedélzeten egy 100-4000 m terepi felbontású RGB fényképezőgépet is. A küldetés végére az operációs csapat a több mint 0,5 GB tömörített nyers adatot töltött le a műholdról a földiállomás-hálózatunk segítségével: köztük képeket, nagy időbeli felbontású rövid koherens adatsorokat és egy ritka, de a teljes 3 éves élettartamot átfogó, minden csatornát tartalmazó adatsort. A nyers mérési adatok feldolgozását követően mérési eredményeinket mérnöki és természettudományi területeken egyaránt lehet hasznosítani (például alkatrészek és rendszerek megbízhatósági méretezése, égimechanika, távérzékelés).



## **SECTION TECHNOLOGY**



## **Novel Solutions of the Radiocommunication Subsystem of Masat-1**

**Levente Dudás, Dávid Czifra, Sándor Glisics,  
Gyula Horváth, Zoltán Kovács, Gábor Marosy,  
Tamás Temesvölgyi, Zsolt Várhegyi**

Budapest University of Technology and Economics  
Műgyetem rkp. 3., H-1111, Budapest, Hungary  
<dudas | czifra | glisics | horvath | kovacs | marosy | temesvolgyi |  
varhegyi>@cubesat.bme.hu

The radio communication system of Masat-1 consists of two main parts: the first is the onboard radio transceiver; the second is the ground station. The onboard radio transceiver, as a main subsystem, is duplicated, cold-redundant, single-point-failure tolerant system, based on a single-chip transceiver designed by Hungarian engineers. In practice, this means two transmitters and receivers on 437 MHz and a single receiver on 145 MHz frequency band. This radio worked under extreme environmental conditions: vacuum, -40 - +80 C temperature range, and high acceleration level during lift-off. As regards ground stations, there are two control stations, which are able to not only receive, but control the satellite (in building “E” at BME and in Érd), and more than 200 radio amateur receiving stations around the world. The control stations have high-gain focused-beam antenna systems, and two-axis antenna rotators (both in azimuth and elevation). These stations are remote controlled and automated, the control station of building “E” has an own autonomous solar energy source, as well. The radio system of Masat-1 contains such modulation and coding, that makes the satellite detectable under the thermal noise level from the Earth (in case of onboard antenna-opening failure).

### Keywords:

satellite communication, single-chip radio transceiver, automated and remote controlled ground station.

### References:

- [1] Proakis, J. G., “Digital Communicaions” Fourth Edition, McGraw Hill Higher Education, 2004
- [2] Roddy, D., “Satellite Communications” Fourth Edition, McGraw Hill Higher Education, 2006

- [3] Balanis, C. A., “Antenna Theory: Analysis and Design”, Wiley-Interscience, 2005
- [4] Levente Dudás, Lajos Varga, Rudolf Seller, “The Communication Subsystem of Masat-1, the First Hungarian Satellite”, Signal Processing Symposium. Jachranka, Poland, 2009
- [5] Császár János, Dudás Levente, “Rádiós kapcsolat a Nemzetközi Űrállomással és a Masat-1 – az első magyar műhold – kommunikációs alrendszerének tesztje”, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem – Kommunikáció 2009, Budapest 2009. pp. 1-4, Paper KOM2009-4.
- [6] Levente Dudás, Lajos Varga, “Masat-1 COM”, Antenna Systems & Sensors for Information Society Technologies COST Action IC0603. Dubrovnik, 2010
- [7] Dudás Levente, Varga Lajos, “MaSat-1 – az első magyar műhold kommunikációs alrendszere – pályára állás, műhold vétel és vezérlés, üzemszerű működés”, Repüléstudományi Közlemények, pp. 652-673, 2012



## **Space Weather investigations by in-situ and ground based measurements**

**Prof. Csaba Ferencz<sup>1</sup>, Dr. János Lichtenberger<sup>1,2</sup>,  
Dr. Péter Szegedi<sup>3</sup>, Dr. Péter Steinbach<sup>4</sup>, Orsolya Ferencz<sup>1,2</sup>  
and Dávid Koroncay<sup>1,2</sup>**

*<sup>1</sup>Space Research Group, Department of Geophysics and Space Sciences, Eötvös University, Budapest, Hungary*

*<sup>2</sup>Geodetic and Geophysical Institute, RCAES, HAS, Sopron, Hungary*

*<sup>3</sup>BL Electronics Ltd., Solymár, Hungary*

*<sup>4</sup>MTA-ELTE Res. Group for Geol., Geophys. and Space Sci., HAS, Budapest, Hungary*

The Space Research Group, Eötvös University is active in space physics and space weather research since more than four decade. We have developed an advanced VLF wave instrument, the variants of SAS3 flown on COMPASS-2, CHIBIS-M satellites and is operating on RELEK satellites and in OBSTANOVKA experiment on board of International Space Station. We can continuously monitor the electromagnetic wave activity by the successful in-situ measurements, that is directly correlated with the wave-particle interaction processes, the acceleration and precipitation of high energy particles in the Radiation Belts [1].

Parallel to the satellite measurements, in recent EU FP7-Space projects (POP-DAT, PLASMON - the latter one is the first FP7 Space project where the consortium is led by a Hungarian institute) we have developed a coherent wave propagation and data processing method to process all available ionosphere satellite data [2]. We enhanced our unique, global automatic whistler detector and analyzer network (AWDANet, [3]) that operates in real-time mode since mid-2014, providing equatorial electron densities for modeling of the plasmasphere and radiation belts [4].

Based on the results above, a new MSc specialization course on space research and remote sensing has been introduced in Eötvös University, the first one in Hungary.

Keywords:

satellite and ground based measurement, VLF, whistler, space weather, plasmasphere

References:

- [1] Klimov S, Ferencz C, Bodnár L, Szegedi P, Steinbach P, Gotlib V, Novikov D, Belyayev S, Marusenkov A, Ferencz O, Korepanov V, Lichtenberger J, Hamar D, First results of MWC SAS3 electromagnetic wave experiment on board of the Chibis-M satellite, ADVANCES IN SPACE RESEARCH 54:(9) pp. 1717-1731., 2014.
- [2] Ferencz C, Lizunov G, Crespon F, Price I, Bankov L, Przepiórka D, Brieß K, Dudkin D, Girenko A, Korepanov V, Kuzmych A, Skorokhod T, Marinov P, Piankova O, Rothkaehl H, Shtus T, Steinbach P, Lichtenberger J, Sterenharz A, Vassileva A, Ionosphere waves service (IWS) - A problem-oriented tool in ionosphere and space weather research produced by POPDAT project, JOURNAL OF SPACE WEATHER AND SPACE CLIMATE 4: Paper A17. 2014.
- [3] János Lichtenberger, Mark A Clilverd, Balázs Heilig, Massimo Vellante, Jyrki Manninen, Craig J Rodger, Andrew B Collier, Anders M Jørgensen, Jan Reda, Robert H Holzworth, Reinhard Friedel, Mea Simon-Wedlund, The plasmasphere during a space weather event: first results from the PLASMON project JOURNAL OF SPACE WEATHER AND SPACE CLIMATE 3: Paper A23. 13 p. (2013)
- [4] Lichtenberger J, Ferencz C, Bodnar L, Hamar D, Steinbach P: Automatic Whistler Detector and Analyzer system: Automatic Whistler Detector, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH 113: (A12) Paper A12201. 15 p. 2008.

## **Creation of a new multispectral instrument for EO-technical challenges of the SENTINEL-2 MSI-MMTH project**

**Dr. Pál Bárczy, Tamás Bárczy, János Szőke**

ADMATIS Kft.

3535 Miskolc Partos utca 16.

pal.barczy@admatis.com, tamas.barczy@admatis.com,  
janos.szoke@admatis.com

Participating a European high-tech space project can be an interesting challenge and an easily identified business. If one can learn all space related knowledge in the face of lacking official Hungarian space engineering education; if one is brave enough to straightforward communication with customers; and there are employees who do not leave the office at 4 pm, then it may well be possible to achieve value adding 50 times by a Hungarian SME.

Naturally, it is not so easy, especially in the first period. One has to submit a tender with high quality covering the design, manufacturing and verification phases containing several types of flight hardware from thermal radiators, through optical baffles to mechanical support equipment. The size of these hardware sometimes exceeds 1 meter. In case of selection, the contractor has to inform the customer about all of the detailed achievements and future plans time by time. Several procedures have to be qualified at highest level. There is a need for cooperating partners who are able to manufacture equipment with thin walls producing 99% metal chips of bulk materials, who are able to treating surfaces with corrosion protective and optical layers, who are able to carry out vibration and thermal tests according to ECSS standards.

Our results after 4 years:

36 kg flight hardware from 2.3 tons base material

documentation in 60,000 pages

production of 2,600 pieces parts

from 5 EUR/kg base material 15,000 EUR/kg flight hardware

social network and reference

Keywords:

earth observation, satellite construction, space qualification

References:

- [1] <https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-future-missions/sentinel-2> (Last visit: January 25, 2015)
- [2] Bárczy Pál, Bárczy Tamás, Szóke János: Sentinel 2 – európai földmegfigyelő műhold magyar alkatrészekkel, MOBILGIS, Budapest, 2012. március 21-22
- [3] P. Bárczy: Hungarian space industry on threshold of ESA, Copernicus Market Pull, Budapest, 2013 december 12.

## **Technology Section in Hungarian** Technológia szekció

### **A Masat-1 rádiókommunikációs rendszerének újszerű megoldásai**

*Dudás Levente et al.*

A Masat-1 rádiókommunikációs rendszerének két fő része van: az egyik a fedélzeti rádió adó-vevő, a másik a földi állomásokon található rádió berendezés. A fedélzeti rádió, mint a Masat-1-ben található összes létfontosságú alrendszer, redundáns, hidegtartalékolt felépítésű, melynek alapját magyar mérnökök által fejlesztett egycsipes adóvevő adja. A gyakorlatban ez két 437 MHz-es adót, két 437 MHz-es vevőt és egy 145 MHz-es vevőt takar. Ennek a rendszernek ki kell bírnia a világűr zord körülményeit: a vákuumot, a  $-40..+80$  C üzemi hőmérséklettartományt, illetve a Föld körüli pályára állítás rázásterhelését. A földi állomások vonatkozásában világszerte mindösszesen két rádióállomás van, akik vezérelni is képesek a Masat-1-et (a BME E épületében és Érden), a többi rádióamatőr állomás csak vételezni tudja a műhold jeleit. A földi vezérlő állomások nagynyereségű irányított antennával és a hozzá tartozó kéttengelyes antennaforgatóval rendelkeznek, a vezérlésük távvezérelt és automatizált, az elsődleges vezérlő állomás (BME) autonóm napelemes energiaellátással is rendelkezik. A Masat-1 rádiórendszerének tervezése során egy olyan modulációs eljárást illetve kódolást is alkalmaztunk, amely segítségével, a műhold jelei detektálhatóak a termikus zajszint alól is (erre akkor lett volna szükség, ha a fedélzeti antenna nyitása nem történt volna meg).

### **Űridőjárási vizsgálatok műholdas és földi mérések segítségével**

*Ferencz Csaba et al.*

Az ELTE Űrkutató Csoportja mintegy 45 éve folytat űrfizikai, űridőjárási kutatásokat. Az utóbbi néhány évben az általunk kifejlesztett SAS VLF hullámérzékelő műszercsalád SAS2-K, valamint SAS3-CH, SAS3-O és SAS3-R tagjai több műholdon repültek illetve repülnek (COMPASS-2, CHIBIS-M, RELEK műholdak, illetve az OBSTANOVKA kísérlet a Nemzetközi Űrállomáson). A sikeres műholdas mérések segítségével képesek vagyunk folyamatosan monitorozni az elektromágneses hullámok aktivitását, amely szoros kapcsolatban van a sugárzási övekben zajló hullám-részecske kölcsönhatással, a nagy-energiájú részecskék keletkezésével és kicsapódásával.

A műholdas mérések mellett EU FP7-Spáce pályázatokban (POP-DAT, PLASMON - ez utóbbi az első FP7-es űrkutatási pályázat, amelyben magyar intézet a konzorciumvezető) kidolgoztuk az korai és az aktuális ionoszférabeli műholdas mérések elemzésének egységes hullámterjedési és adatfeldolgozási módszertanát, illetve továbbfejlesztettük az általunk alapított, unikális automatikus whistlerdetektor- és elemző hálózatot (AWDANet, [3]), amely 2014. közepétől valós időben szolgáltat egyenlítői elektronsűrűség adatokat a plazmaszféra és a sugárzási övek modellezéséhez

Éppen a fenti (és a műholdas távérzékelési) eredményeinkre támaszkodva az ELTE-n Magyarországon először űrkutató-távérzékelő szakirányú MSc képzés indult meg a geofizikus képzésen belül.

### **Új sokcsatornás földmegfigyelő műholdcsalád születik avagy a SENTINEL-2 MSI-MMTH projekt technikai kihívásai**

*Bárczy Pál et al.*

Részt venni egy Európában kiemelkedő high-tech űripari projektben nem csak érdekes kihívás, hanem szintiszta üzlet is lehet. Ha meg tudjuk oldani a Magyarországon nem oktatott ismeretek birtokba vételét, ha elég bátrak vagyunk őszintén kommunikálni a megrendelőinkkel és olyan munkavállalóink vannak, akik délután 4 órakor nem állnak fel az íróasztal mellől, akkor igenis lehet ötvenszeres hozzáadott értéket produkálni egy hazai kisvállalkozásnak is.

Az út persze rögös, különösen az első időkben. Értelmes tendert kell írni kétszer 31 féle műhold alkatrész tervezésére, kivitelezésére, majd verifikálására a hőegyensúlyt biztosító radiátoroktól, az optikai ernyőkön át különböző tartó eszközökig, amelyek mérete esetenként meghaladja az 1 métert is. Nyerés esetén szoros együttműködésben rendszeresen be kell számolni az elért eredményekről, további tervekről. A megvalósításhoz számos eljárást kell a legmagasabb szinten kvalifikálni. Szükség van együttműködő partnerekre, akik a vékonyfalú, 99% forgácsot termelő fémmegmunkálást meg tudják oldani, akik képesek űr színvonalú korrózióvédő és optikai bevonatokat felvinni, akik szabvány szerinti űrkörülmények közötti vibrációs és hőtesztet képesek elvégezni. Mindezt úgy, hogy meg kell felelni a több tízezer oldalon lefektetett ECSS szabványrendszernek.

Az eredmény 4 év alatt:

- 2,3 tonna alapanyagból 36 kg repülő hardver
- 60.000 oldal dokumentáció
- 2.600 darab alkatrész
- 5 EUR / kg alapanyagárból 15.000 EUR / kg kész áru
- kapcsolati tőke és referencia

## **SECTION EDUCATION AND DISSEMINATION**





## **Masat-1: mission and outreach**

**Gyula Horváth, Dávid Czifra, Levente Dudás, Sándor  
Glisics, Zoltán Kovács, Gábor Marosy, Tamás  
Temesvölgyi, Zsolt Várhegyi**

Budapest University of Technology and Economics  
Műegyetem rkp. 3., H-1111, Budapest, Hungary  
<horvath | czifra | dudas | glisics | kovacs | marosy | temesvolgyi |  
varhegyi>@cubesat.bme.hu

Based on the CubeSat standard, Masat-1 is a cubical object having edges of 10 cm and a mass of less than 1 kg. It was launched on 13 February 2012 by the Vega launcher of the European Space Agency (ESA) into an orbit with an apogee of 1450 km and a perigee of 300 km. As the 72nd operational radio amateur satellite in the world, Masat-1 was designated as MO-72. The satellite has broken almost all world records within its category. Since 8 March 2012 it has created hundreds of splendid 2D and 3D photographs and space mosaics featuring our Earth with the 640x480 pixels of its on-board camera.

Communicating in the radio amateur band of 437 MHz during its mission, Masat-1 can transmit data packets with data rates of 625, 1250 and 5000 bit/s. The primary control station, which also operates as a demonstrational station, is located at the top of Building E of BME, the secondary control station is located at Érd; they both provide fully automatic and remote controllable operation. The success of Masat-1 demonstrates the high level of engineering education at BME, which provides an appropriate, solid foundation for the continuation of the Masat programme and also for intensifying space-related scientific experiments, research and industrial applications in Hungary.

### Keywords:

CubeSat, Space technology, Education, Redundancy, OSCAR, Vega VV01

### References:

[1] Horváth Gyula, Kovács Zoltán, Marosy Gábor, Temesvölgyi Tamás – Oktatási célú kisműhold-építés a Műegyetemen. TECHNI-

- KA-ÁLTALÁNOS MŰSZAKI SZEMLE 52:(5) pp. 38-40. (2009)
- [2] Horváth Gyula, Kovács Zoltán, Marosy Gábor - Az első magyar műhold. MAGYAR GAZDASÁGI MAGAZIN 9:(1) p. 1. (2009)
- [3] Horváth Gyula, Kovács Zoltán György, Marosy Gábor Elemér - A Masat-1 fejlesztése. HADITECHNIKA XLIII:(4) pp. 69-72. (2009)

## **Space Technologies and Applications in Education at the Budapest University of Technology (BME)**

**András Gschwindt**

BME Department of Broadband Infocommunications and  
Electromagnetic Theory  
H-1111 Budapest, Egrý József utca 18.  
gschwindt@mht.bme.hu

Space Research activities have a history of several decades at the Budapest University of Technology. A group of university students constructed and operated Hungary's first satellite receive station in 1965. The Space Research Group was founded in 1970, with the objective of performing space technology related developments in the framework of the Intercosmos co-operation. As a result of this, devices have been produced for 13 satellites and the MIR space station.

Space technology is part of the daily professional work at several faculties of BME. The Faculty of Mechanical Engineering, Civil Engineering, Transportation Engineering and Vehicle Engineering, as well as Electrical Engineering and Informatics can be highlighted from this point of view. Several professional communities within BME have contributed subsystems to the Vega and Rosetta missions. Co-operating with NASA in the framework of the DAWN project, the University performed optical calibration and image processing activities.

The project featuring the highest degree of integration in terms of space technology was the successful production and operation of the first Hungarian satellite, Masat-1. The developments of recently launched space research related measurements extended to the units of altitude balloons and vertical sounding rockets.

BME has always offered and offers today various courses for students interested in space activities. The results of applied space research achieved in telecommunication, broadcasting, remote sensing, navigation and Earth observation constitute an integral part of education.

Keywords:

space technology, education, satellites

## **Students in space projects**

### **Márton Kemény**

BME Faculty of Civil Engineering  
kemenymarton@gmail.com

### **Asztrik Bakos**

BME Faculty of Electrical Engineering and Informatics  
asztrikb@gmail.com

### **Tamás Pölöskei**

BME Faculty of Mechanical Engineering  
poloskeitamas@gmail.com

The students of the Budapest University of Technology and Economics are active participants in the space activities of the university. In this paper, a brief overview is given of the activities at Faculty of Civil Engineering, Faculty of Mechanical Engineering and Faculty of Electrical Engineering and Informatics.

Civil engineering has various aspects: in addition to architectural, foundation, hydraulic, highway and railway engineering, it includes the geodesy and surveying, as well. Space-borne techniques indirectly affect construction engineering; in many cases this is the background of new, revolutionary construction materials. However, we use it directly in geodesy and surveying. In the case of large-scale field works, problems can be solved only with space-borne methods. The most important techniques are GPS satellite system, remote sensing satellites, altimetry satellites measuring topography of the ocean and of the ice or snow sheets, and gravity satellites determining the mass distribution, correspondingly, the shape of the horizontal surface.

It's been for several years that the Faculty of Mechanical Engineering started providing topics from space research for the Scientific Students' Associations Conference and for thesis works. Two departments, the Department of Energy Engineering and the Department of Applied Mechanics hold great importance in this subject. The former is known for developing heat transfer analysis for satellites and investigating the energy supply of the subsystems during various scenarios. The latter analyses the rigid body dynamics of satellites and examines the behavior of multi-body systems.

For example, the papers published in the department investigate the state of motion, position and orientation of six degrees of freedom bodies and control them by using onboard gyroscopes. Furthermore, an autonomous ground-based exploration rover with built-in landing capability was designed and built during an international competition by a group of students.

Masat-1 is not the only project in which the students of the Faculty of Electrical Engineering and Informatics were involved. Besides the professional space research programmes like the Rosetta program, the Space Research Group of Department of Broadband Infocommunications and Electromagnetic Theory supports several student programs as well.

Student teams participate in projects sponsored by the ESA, like the rocket and balloon programs of REXUS/BEXUS or currently the ESEO program. BME-HVT takes part in one of the actually most important propagation and telecommunications program of ESA, in the Alphasat programme, where students are also involved. Furthermore, the lectures about Space Technology serve to provide this knowledge widely for university students.

**Keywords:**

space projects, space application, education, student's projects

**References:**

- [1] EGNOS: <https://edcn2.pildo.com/home/>
- [2] ESA-TROPSY: <http://www.teleconsult-austria.at/tropsy-3-en>
- [3] Polgár Z. et al, Filter design for GOCE gravity gradients, Geocarto International, 28(1):28-36
- [4] BEXUS BioDos project  
[http://lab708.mht.bme.hu/biodos/index\\_en.html](http://lab708.mht.bme.hu/biodos/index_en.html)
- [5] REXUS Gekko project  
<http://lab708.mht.bme.hu/gekko/>
- [6] G. Kocsis, M. Trunk, L. Csurgai-Horváth: Centralized Overload Handling for Satellite Power Subsystem, International Conference on Space Technology - ICST2011. Athens, Greece, 2011.

## **Space Science in Thermodynamics**

**Annamária Komáromi**

Szent István Király Zeneművészeti Szakközépiskola

1145 Budapest, Columbus utca 11.

annamarcsi@freemail.hu

Throughout Europe, teaching of physics is being in crisis. Only few students like physics. We, teachers of physics, pursue to change this situation. I believe the significantly increasing involvement of the results of space research could be a possible solution to the problem. For years I have been making steps in the course of my teaching to steal space research into all major topics of secondary school physics curriculum; not only to make the classes more interesting, but also to achieve a better understanding of the concepts and laws of physics. In Hungary, the success story of Masat-1 offers an excellent opportunity for an increased exposure of space research, as those university students who designed and created this satellite are only slightly older than our secondary school pupils. By Masat-1, interest towards a technical vocation could be raised among the secondary school age group.

In my presentation I demonstrate that nearly all topics of thermodynamics support an outlook to space as well, without neglecting the experiments and examples used for decades. The space science particulars selected by me can be all demonstrated in any secondary school – I teach in a secondary school of music art.

In my experience, pupils in physics classes sometimes love to leave Earth and wander in space in their imagination. Compared to previous years, relatively more pupils of mine choose physics for final exams, even on advanced level, and take part in competitions.

Keywords:

teaching of physics, thermodynamics, space research, satellite, Masat-1.

References:

- [1] <https://cubesat.bme.hu> (Last access: January 25, 2015)
- [2] I. Jánosi, T. Tél (2012): Bevezetés a környezeti áramlások fizikájába, Typotex, Budapest, ISBN 978-963-279-550-8, [http://etananyag.ttk.elte.hu/FiLeS/downloads/EJ-Janosi-Tel\\_kornyaram.pdf](http://etananyag.ttk.elte.hu/FiLeS/downloads/EJ-Janosi-Tel_kornyaram.pdf)
- [3] J. Nagy, S. Szalai (2012): Magyar műszerek a Nemzetközi Űrállomáson - Az űridőjárás megfigyelése, Élet és Tudomány, 67.évf. 11. szám, 329-331, <http://wigner.mta.hu/hu/node/861>
- [4] A. Ludmány (2012): Naptevékenység és Űridőjárás, Fizikai Szemle 62.évf. 6. szám 181-184, <http://fizikaiszemle.hu/archivum/fsz1206/LudmanyAndras.pdf>
- [5] [http://www.fppti.hu/versenyek/2014\\_2015\\_tanev/bp\\_2014-15/fovarosi\\_versenyek\\_2014-15/fiz\\_tudmuv\\_14\\_15.html](http://www.fppti.hu/versenyek/2014_2015_tanev/bp_2014-15/fovarosi_versenyek_2014-15/fiz_tudmuv_14_15.html) (Last access: January 25, 2015)



## **LEGO robots on the Moon, Mars, comets – extracurricular space education in secondary schools**

**Ágota Lang**

Széchenyi István Gimnázium  
9400 Sopron, Templom utca 26.  
mmecurie95@gmail.com

Our school has been operating a robotics student group since 2008, and has been participating the HunVeyor-HUSAR project led by dr. Szaniszló Bérczi nearly from its beginning. Here we build and program rovers that are able to autonomously perform various examinations on a planet's surface. A remote control rover model serves as the basis for our robots, which are always equipped with accessories appropriate to the task (arms, lifting devices, sensors). A large part of these are built from LEGO Technic elements, while the 'brains' of the rover is the programmable NXT brick of LEGO Mindstorms. Our most significant missions to date: probing the surface of the planet with chemical tests (pH measurement) and optical methods (releasing gasses by heat focussed on the surface and analysis), and searching siderite. We disseminated our work on posters at various conferences, e.g., EPSC conferences.

We took part in the Rosetta's Comet Touchdown international project. One of the three areas it offered for the students was the preparation of the scaled down model of a comet lander from LEGO elements. ROZI became a genuine Hungarian comet surveyor probe that was created from the grey matter of the students and the available materials. It was able to measure temperature, identify gasses, and measure gravitation force. This positioned the builder team to be invited to the Moonbots Challenge where a moon rover had to be built and programmed on a scaled lunar landscape.

**Keywords:**

workshop, robotics, LEGO rover, HunVeyor-HUSAR

References:

- [1] Lang Á., Szalay K., Erdélyi S., Nickl I., Panyi T. G., Bérczi Sz. (2009): EPSC Abstracts, Vol. 4, EPSC2009-3512
- [2] Lang Á., Cherik D., Erdélyi S., Kiss D., Bérczi Sz. (2011): 42st LPSC, #1296
- [3] Lang Á., Erdélyi S., Erdősi F., Nickl I., Panyi T. G., Kiss D. (2010) EGU2010-14263
- [4] Lang Á., Szalay K., Prajczner P. (2013) 44st LPSC, #2353

## **From Space Camp to Space Academy**

**Dr. László Bacsárdi, Dr. András Sik**

Hungarian Astronautical Society  
Ipari park u. 10., H-1044, Budapest, Hungary  
bacsardi@mant.hu, sik@mant.hu

The Hungarian Astronautical Society (MANT in Hungarian) is a civil organization in Hungary that gathers Hungarian space researchers, users of space technology and everyone who is interested in the interdisciplinary and state-of-the-art uses and research of outer space. The society was established in 1956 in Budapest, Hungary, and is the only Hungarian member of the International Astronautical Federation (IAF) since 1959. The aim of MANT is to raise public awareness about space exploration and its applications. The society also provides opportunity for space enthusiasts to meet, exchange ideas and work together. MANT, through its members from various fields of science, organizes conferences, youth forums, summer space camps, issues periodicals, releases media material and holds lectures about space research and connected scientific fields.

In 1994 the society started the series of Hungarian Space Camps. The founder's intent was to introduce space research and astronautics to the youth during a one-week-long summer camp. The participants are students between 13 and 18 who are interested in space and science. In the camp known Hungarian space researchers and astronautical scientists give lectures. The topics cover a broad range from the basics of space physics through the designing and making of the space dosimetric hardware Pille to the zero-G effects on the human body.

Following three-hour-long workshops for university students and young professionals interested in space research, a four-day summer event named as Hungarian Space Academy is planned for the summer of 2015.

Keywords:

summer camp, talent program, public outreach

References:

- [1] History of MANT Space Camps, <http://www.mant.hu/urtabor> (Last visit: January 25, 2015)
- [2] Programs of MANT Space Academy, <http://www.mant.hu/urakademia> (Last visit: January 25, 2015)
- [3] L. Bacsardi, M. Horvath, J. Solymosi, „Unforgettable Memories in the Hungarian Space Camp – Lessons from 18 Years of Organization”, InProc. 62th International Astronautical Congress, Cape Town, South Africa, 2011.

**Section Education and Dissemination in Hungarian**  
Oktatási és ismeretterjesztő szekció

**Masat-1: küldetés és ismeretterjesztés**

*Horváth Gyula et al.*

A 10 cm élhosszúságú, kocka alakú, 1 kg alatti össztömegű Masat-1 a CubeSat szabvány szerint készült. 2012. február 13-án az Európai Űrügynökség (ESA) Vega hordozórakétája állította pályára, 300 km-es földközeli és 1450 km-es földtávolsággal. A Masat-1 MO-72 néven a 72. üzembe lépett műhold a rádióamatőr műholdak között a világon, kategóriájában szinte minden rekordot megdöntött. A műholdon helyet kapott egy 640x480 képpont felbontású kamera is, mellyel 2012. március 8-a óta több száz, páratlan szépségű, 2 és 3 dimenziós, valamint mozaik úrfelvételeket is készített Földünkről.

A 437 MHz-es rádióamatőr sávban kommunikáló Masat-1 a küldetése során 625, 1250 és 5000 bit/s-os adatsebességgel képes küldi az adatcsomagokat. A beérkezett adatok közel felét a Masat-1-et vezérelni is képes elsődleges és másodlagos földi állomások vették, a fennmaradó csomagokat a világ számos országából rádióamatőrök szolgáltatták. Az elsődleges vezérlő-állomás - mely bemutató állomásként is működik - BME E épületének tetején található, a másodlagos vezérlőállomás Érden működik, mindkettő teljesen automatizált és távvezérelt működésű.

A Masat-1 sikere igazolja a BME-n folyó mérnökképzés magas színvonalát, mely megfelelő alapot jelent a Masat-program folytatására, a hazai űrtechnológiai tudományos kísérletek, kutatások és ipari alkalmazások intenzívebbé tételére.

**Űrtechnológiák és -alkalmazások a műegyetemi oktatásban**

Gschwindt András

A Műegyetemen az űrkutatási tevékenység több évtizedes múltra nyúlik vissza. Egyetemi hallgatók csoportja 1965-ben, hozta létre és működtette hazánk első műholdvevő állomását. 1970-ben alakult meg az Űrkutató Csoport, melynek feladata az Interkozmosz együttműködésből fakadó űrtechnológiai fejlesztések végzése volt. A fejlesztések eredményeként 13 műholdra és a Mir űrállomásra került berendezés.

Az űrtechnológia a szakmai munka mindennapi részét képezi a Műegyetem több Karán is. A Karok közül a Gépészmérnöki Kart, az Építőmérnöki Kart, a Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kart illetve a Villamosmérnöki és Informatikai Kart érdemes kiemelni. A Vega és a Rosetta űrszondák fedélzetére több BME-s szakmai műhely is készített különböző alrendszereket. A NASA-val együttműködve a DAWN projekt keretében az Egyetem optikai kalibrációkban és képfeldolgozási munkákban vett részt.

Az űrtechnológia szempontjából a legösszetettebb feladat az első magyar

műhold, a sikeres Masat-1, megalkotása és működtetése volt. A legutóbbi időkben indult űrkutatás jellegű mérések fejlesztéséhez magas légköri ballonokra és vertikális szondázó rakétákra kerülő egységek tartoztak. Az űrtevékenység iránt érdeklődő hallgatók számára a Műegyetem számos kurzust kínált a múltban és kínál a jelenben is. A távközlésben, műsorszórásban, távérzékelésben és navigációban, földmegfigyelésben és távérzékelésben elért, alkalmazott űrkutatási eredmények az oktatás szerves részét képezik.

### **Hallgatóként űrkutatási projekteken**

*Kemény Márton, Bakos Asztrik, Pölöskei Tamás*

A Műegyetem hallgatói számos ponton tudnak csatlakozni az egyetemen zajló űrkutatási tevékenységhez. Jelen munkában az Építőmérnöki Kar, a Gépészmérnöki Kar és a Villamosmérnöki és Informatikai Kar kapcsolódó tevékenységébe nyújtunk betekintést.

Az építőmérnöki pálya sokszínű: a magas- és mélyépítés, vízépítés, valamint az út- és vasútépítés mellett idesorolható a valamennyi építőmérnöki munkával összefonódó geodézia is. Az űrtechnológia közvetve számos módon hat az építőiparra, sok esetben új, forradalmi építőanyag létrejöttének hátterében egy űrtechnológiai fejlesztés áll. Közvetlen módon azonban leginkább a geodéziában, a földmérésben használjuk. A geodézia feladatai közül nagy területekre, országokra, kontinensekre kiterjedő munkák esetén megoldást szinte kizárólag műholdas technikák jelenthetnek. A geodézia számára legfontosabbak ezek közül az elsősorban helymeghatározás céljára alkalmas GPS-műholdrendszer, a távérzékelési műholdak, az óceánfelszínek és a jég- és hótakaró topográfiajának mérésére használt altimetriai műholdak, valamint a földi tömegeloszlás leírását, más megközelítésben a vízszintes felület alakjának meghatározását célzó gravimetriai műholdak.

A Gépészmérnöki Kar évek óta szolgáltat TDK és diplomatervezési témákat a diákjai számára az űrkutatás területéről. A karon belül az Energetikai Gépek és Rendszerek illetve a Műszaki Mechanikai tanszék kiemelt jelentőséggel bírnak. Előbbi főbb témái közé tartoznak a hőtechnikai modellek kialakítása műholdak esetében és ezek alrendszeireinek energetikai ellátottságának vizsgálata különböző események hatására. Utóbbi az űrkutatás témakörét a merevtest dinamika és a több-test rendszerek vizsgálatán keresztül közelíti meg. A tanszéken készült dolgozatokban többek között műhold mozgásállapotát, helyzetét és orientációját vizsgálták, majd az ezeket meghatározó paramétereket szabályozták pörgettyűk segítségével. Ezen felül a hallgatók egy csoportja, nemzetközi verseny keretén belül, landolásra képes, autonóm földi robot tervezését és kivitelezését valósították meg.

A Villamosmérnöki és Informatikai Kar hallgatóihoz nem csak a Masat-1 fűződik. A Szélessávú Hírközlés és Villamosságtechnika Tanszék űrkutató csoportja a professzionális űrkutatási munkák mellett, mint amilyen például a Rosetta program volt, számos hallgatói programot is támogat. Ilyen az ESA keretében működő rakéta- és ballonprogramok (REXUS/BEXUS) valamint

jelenleg az ESEO program is. A BME-HVT részt vesz az ESA egyik legfontosabb hullámterjedési és telekommunikációs kísérletben, az Alphasat programban is, melyben szintén számít a hallgatók közreműködésére. Tanszékünk Űrtechnológia tantárgycsoportja pedig arra szolgál, hogy a szakmai ismeretek minél több hallgató számára hozzáférhetőek legyenek.

### **Űrtan a hőtanban** *Komáromi Annamária*

Napjainkban Európa szerte válságban van a fizika tanítása. A diákok közül kevesen szeretik a fizikát. Ennek a helyzetnek a megváltoztatására törekszünk mi, fizikatanárok. Meggyőződésem, hogy az űr kutatáshoz kapcsolódó eredményeknek a jelenlegi mértéknél sokkal nagyobb bevonása a középiskolai oktatásba, egy lehetséges megoldás a problémára. Tanításom során már több éve figyelmet fordítok arra, hogy a középiskolai fizika tananyag minden fő témakörébe becsempésszem az űr kutatást, nemcsak azért, hogy ezáltal érdekesebbé tegyem az órákat, hanem a fizikai fogalmak és törvényszerűségek jobb megértése érdekében. Magyarországon az első magyar műhold, a MASAT-1 sikertörténete különlegesen jó lehetőséget ad az űr kutatás fokozottabb megjelenítésére az oktatásban, hiszen ezt a műholdat nagyrészt a diákoknál nem sokkal idősebb egyetemi hallgatók tervezték és készítették, így a MASAT-1 révén a műszaki pálya iránti érdeklődést is fel lehet kelteni a középiskolás korosztályban.

Előadásomban a hőtan témakörében kívánom ismertetni, hogy a hőtanon belüli témák majd mindegyikénél ki lehet tekinteni az űrbe is, természetesen a már évtizedek óta bevált kísérleteket, példákat nem mellőzve. Az általam választott űrtani vonatkozások mindegyike olyan, hogy azt bármilyen középiskolai osztályban – én egy művészeti szakközépiskolában tanítok - be lehet mutatni.

Tapasztalataim szerint a diákok szeretik, ha fizika órán időnként elhagyjuk képzeletben a Földet és az űrben kalandozunk. Úgy érzem, ennek is köszönhető, hogy diákjaim közül a korábbi évekhez képest többen választják a fizika érettségét, még emelt szinten is, sőt versenyeken is indulnak.

### **LEGO-robotok Holdon, Marson, üstökösön - órarenden kívüli űr kutatási oktatás középiskolában** *Lang Ágota*

Iskolánkban 2008 óta működik robotika szakkör, és szinte a kezdetektől fogva részt veszünk a HunVeyor-HUSAR projektben, amelyet dr. Bérczi Szaniszló vezet. Ennek keretében mi olyan roverekeket építünk és programozunk, amelyek egy bolygó felszínén képesek önállóan különböző vizsgálatokat végezni. Robotjaink alapja egy távirányítós rover-modell, amelyet mindig a feladatnak megfelelő kiegészítővel (karok, emelő szerkezetek, szenzorok) látunk el. Ezek nagy része LEGO Technic elemekből készül, a rover

„agya” pedig a LEGO Mindstorms programozható NXT-téglája Eddigi nagyobb küldetéseink: a bolygó felszínének vizsgálata kémiai módszerrel (pH-mérés) illetve optikai módszerrel (gázok felszabadítása a felszínre fókuszált hővel és elemzésük) valamint sziderit keresése. Munkánkról poszttereken számoltunk be pl az EPSC konferenciákon. Itt adódott egy újabb lehetőség: részt venni a Rosetta’s Comet Touchdown nemzetközi projektben. Ez három tevékenységi területet kínált a diákoknak, ezek egyike volt egy üstökösre leszálló lander makettjének elkészítése pl. LEGO-ból. ROZI egy igazi magyar üstököskutató szonda lett, a diákok szürkeállománya és a rendelkezésre álló alapanyag alapján készült. Tudott hőmérsékletet mérni, gázokat azonosítani, g-t számolni. Az építő csapat ennek köszönhette a felkérést a Moonbots nevű versenyre, ahol egy holdjárót kellett építeni, programozni saját készítésű terepasztalon.

### **Az Űrtábortól az Űrakadémiáig**

*Bacsárdi László, Sik András*

A Magyar Asztronautikai Társaság (MANT) jogelődje 1956-ban alakult. Legfontosabb célkitűzései az alábbiak: terjeszteni az űrhajózási-űrkutatási ismereteket; egységes magyar szaknyelv kialakítása az asztronautikában; foglalkozni az ifjúsággal, és erősíteni azt az elvet, hogy az űrtan nem csak az űrhajózást jelenti, hanem jelen van mindennapi életünkben: a katasztrófa-előrejeléstől kezdve a termésbecslésen és a műholdas helymeghatározáson át az orvos- és jogtudományig egyaránt. A MANT az űrkutatás iránt érdeklődő és az űrtevékenységgel aktívan foglalkozó hazai szakembereket tömöríti. Az általános- és középiskolás fiatalok számára pályázatokat, programokat szervez; a felsőoktatásban tanulók számára külön szakmai fórumokat indított.

A MANT 1994 óta rendezi meg az űrtábort az űrkutatás kedvelői számára, akik szívesen eltöltene egy tartalmas, izgalmas nyári hetet hasonló érdeklődésű fiatalok társaságában. Az egy hét során a résztvevők találkozhatnak magyar űrkutatókkal, bővíthetik az űrtevékenységgel kapcsolatos ismereteiket, különleges programokon vehetnek részt. Az elmúlt években olyan érdekes, aktivitást és kreativitást igénylő programok is voltak, mint rádiózás, Mars-szimuláció, vízirakétázás, bűvárkodás, robotrepülő-indítás. Minden évben más heti feladat vár a táborozó csapatokra. A tábor programjában érintett tudományágak között lehet fizika, biológia, matematika, orvostudomány, jog, informatika, mérnöki tudományok és még nagyon sok minden más.

A MANT és a Space Generation Advisory Council (SGAC) 2014-ben egy rendezvénysorozatot indított el, MANT Űrakadémia Klub címmel, amely elsősorban a 18-35 év közötti korosztály számára szól. A klubon elhangzó előadások az űrtevékenység sokszínű világába engednek betekintést, mely érdekes lehet jogász, orvosi vagy mérnöki nézőpontból is. Az előadásokat kötetlen beszélgetés követi. 2015 nyarán pedig első alkalommal kerül megrendezésre egy négy nap hosszúságúra tervezett MANT Űrakadémia.



## Author Index

- Almár Iván 3  
Apáthy, István: 17  
Bacsárdi, László: 51  
Bakos, Asztrik: 45  
Bálint, S. Tibor: 13  
Bárczy, Pál: 35  
Bárczy, Tamás: 35  
Czifra, Dávid: 23, 31, 41  
Dudás, Levente: 23, 31, 41  
Ferencz, Csaba: 33  
Ferencz, Orsolya: 33  
Glisics, Sándor: 23, 31, 41  
Gschwindt, András: 43  
Hirn, Attila: 17  
Horváth, Gyula: 23, 31, 41  
Kemény, Márton: 45  
Komáromi, Annamária: 47  
Koronczay, Dávid: 33  
Kovács, Zoltán: 23, 31, 41  
Lang, Ágota: 49  
Lichtenberger, János: 33  
Marosy, Gábor: 23, 31, 41  
Pérez, Jose Manuel Sánchez: 19  
Pölöskei, Tamás: 45  
Rózsa, Szabolcs: 21  
Sik, András: 51  
Steinbach, Péter: 33  
Szegedi, Péter: 33  
Szőke, János: 35  
Temesvölgyi, Tamás: 23, 31, 41  
Vajta, László: 3  
Varga, Gábor István: 19  
Várhegyi, Zsolt: 23, 31, 41



## Promoted and organized by



*Federated Innovation and Knowledge Centre of  
Budapest University of Technology and Economics*



*Hungarian Astronautical Society*

## Sponsors



*BME Faculty of Electrical Engineering and Informatics*



*BME VIKING Villamosmérnöki és Informatikai Kutató-Fejlesztő  
Nonprofit Zrt.*



*Hungaro DigiTel Kft.*

## **H-SPACE 2016**

The 1<sup>st</sup> International Conference on Research, Technology and Education of Space is the opening event of the conference series.

H-SPACE 2016, the 2<sup>nd</sup> International Conference on Research, Technology and Education of Space' is planned to be organized in February, 2016 in Budapest, Hungary.

The Call for Papers will be available from 20 May 2016 on the <http://space.bme.hu> website.