

Novoszáth Péter

75 éve végezte Bay Zoltán holdradarkísérletét – a magyar űrtevékenység kezdetei és jelene

2021. február 6-án ünnepeltük a 75. évfordulóját annak, hogy Bay Zoltán fizikaprofesszor és csapata a Tungsram kutatólaboratóriumában észlelte a Holdra bocsátott radarhullámok visszhangját forradalmian új mérési technikájával. A háború után mostoha körülmények között elvégzett, világhírű kísérlet a magyar űrtevékenység és a nemzetközi radarcillagászat kezdetét is jelentette. A holdradarkísérletek jelentősége abban állt, hogy ezek voltak az első természettudományos vizsgálatok, amelyeket Földön kívüli tárgyon végeztek. Az égitestekről szerzett ismeretek évezredekken keresztül kizárólag passzív megfigyeléseken alapultak, de a mikrohullámú technika lehetővé tette a távoli objektumok fizikai vizsgálatát is. Tulajdonképpen ekkor bizonyosodott be, hogy a Hold egy anyagi jellemzőkkel rendelkező tárgy, jól meghatározható távolságra a Földtől. Magyarországon jelenleg számos nemzetközi űripari együttműködési és kutatási projekt folyik, amelyek évről évre egyre több jelentős magyar szellemi és technológiai hozzáadott értéket hoznak létre. Az immáron több mint 75 éves múlttal büszkélkedő magyar űrkutatás és űrtevékenység komoly potenciállal rendelkezik. E tanulmány a magyar űrtevékenység főbb résztvevőit, projektjeit, sikereit és eredményeit kívánja bemutatni a kezdetektől napjainkig.

Kulcsszavak: *asztrofizika, csillagászat, Nap és Naprendszer kutatása, radarcillagászat, űralkalmazások, űripar, űrkutatás, űrtávközlés és navigáció, űrtechnológia, űrtevékenység, űrtudomány*

1. Bevezetés

Magyarország űrtevékenysége közvetlenül a II. világháború után kezdődött, amikor magyar fizikusok és mérnökök egy csoportja Bay Zoltán (1. ábra) vezetésével 1946-ban radarvisszhangot kapott a Holdról. Bay Zoltán magyar fizikus a debreceni Református Kollégiumban tanult, a budapesti Pázmány Péter Tudományegyetemen doktorált 1926-ban. Négyéves berlini tanulmányút után a szegedi egyetem elméleti fizika professzora lett 1930-ban, ahol Szent-Györgyi Alberttel került kutatási kapcsolatba. 1936-ban az Egyesült Izzó Tungsram Kutatólaboratóriumának igazgatója lett. Itt dolgozta ki a magyar rádiólokátort. 1938 és 1948 között a Műegyetemen létrehozott atomfizika tanszék tanára volt. Ebből az időből valók az elektrokardiográf és a színét változtató neonreklámcső találmányai. A II. világháború után az Egyesült Izzó egyik vezetőjeként radarral végzett Holdvisszhang kísérletet, amely 1946. február 7-én hozott eredményt. A személyét is érintő fenyegetések elől az USA-ba emigrált, ahol 1948 és 1955 között a Washingtoni Egyetem kutatóprofesszora, 1955 és 1972 között a National

Bureau of Standards osztályvezetője lett. 1972-től – nyugdíjasként – volt az American University professzora. Kutatásainak főbb eredményei még: az elektronsokszorosító tökéletesítése és a méterdefiníció reformja a nagy pontossággal meghatározott fénysebesség¹ alapján [1]. 1990-ben jelent meg dokumentumkötete *Az élet erősebb* címmel [2].



1. ábra

Bay Zoltán-bélyeg, tervező Dudás László [3]

2. A magyar űrkutatás kezdetei

Nem szabad ugyanakkor elfelejtenünk azokról a magyar, illetve magyar származású tudósokról sem, akik már 1946 előtt is nemzetközi hírnévre tettek szert a világgal kapcsolatos kutatásokban. Közülük Hermann Oberth (1894–1989) a mai rakéatechnika elméletét dolgozta ki. Kármán Tódor (1881–1963) aerodinamikai és rakéatechnikai kutatásokat végzett. Ő volt az alapítója és első elnöke a Nemzetközi Asztronautikai Akadémiának, nevét a Holdon és a Marson kráter őrzi. Fonó Albert (1881–1972) a sugárhajtóművek és a sugárhajtás terén végzett jelentős munkát [4]. De kellő tisztelettel meg kell emlékeznünk azokról a tudósokról is, akik 1946 előtt a magyar csillagászati kutatások hírnevét öregbítették munkájukkal. Többek között Konkoly-Thege Miklós (1842–1916) csillagászról, aki ógyallai birtokán 1869-ben csillagvizsgálót épített, és akinek a közreműködésével létesült a Haynald-obszervatórium Kalocsán 1878-ban, Gothard Jenő és Sándor obszervatóriuma Herényben 1881-ben és a Podmaniczkyéké Kiskartalon 1886-ban. Leginkább a meteorok és üstökösök kutatása során ért el jelentősebb eredményeket, de foglalkozott bolygók észlelésével és spektroszkópiás (színképelemzéses) vizsgálatokkal is. De a csillagászat műszaki oldala sem hagyta hidegen, több távcsövet, spektroszkópot is tervezett, illetve készített [5]. És szintén illik megemlékeznünk Hell Miksáról és Sajnovics Jánosról is, akik a norvég király felkérésére együtt megmérték az 1769. június 3-i Vénusz-átvonulás kontaktusainak időpontját az észak-norvégiai Vardø szigetről (2. ábra).

¹ A cikk a 2021. évi Repüléstudományi Konferencián elhangzott előadás írott változata.



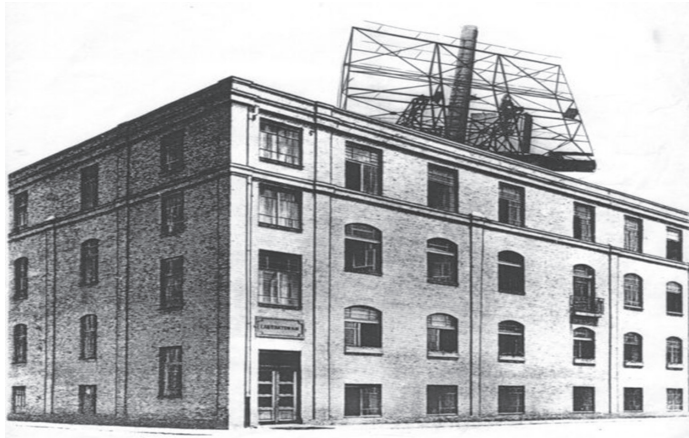
2. ábra
 Waardöhuus (Vardø) egyik korai látképe [6]

A Vénusz Nap előtti átvonulásának óriási jelentősége volt, hiszen egyértelműen igazolta az ókori tudós, a Szamosz szigetén élő Arisztarkhosz, majd több mint 1500 év múlva Kopernikusz, Kepler és végső soron Newton állításait, az egyetemes tömegvonzás törvényét. A két csillagász megfigyelése egyértelművé tette, hogy a bolygók nem a Föld, hanem a Nap körül keringenek [7]. Hell Miksának jelentős szerepe volt három magyarországi csillagvizsgáló megalapításában (Eger, Egri csillagda 1776; Buda, Budai Csillagvizsgáló 1780; Gyulafehérvár, Batthyáneum 1794). Csillagászati munkásságának elismeréseként nevét ma egy kráter is őrzi a Holdon, továbbá róla nevezték el a 3727 Maxhell kisbolygót [8].

Kétségtelen ugyanakkor, hogy a legnagyobb feltűnést Bay Zoltán és kutatócsoportja 1946-os holdradarkísérlete keltette, amikor a Holdról visszaverődő rádióhullámokat először fogták fel. A magyar kutatócsoportban vezető szerepet játszott a kiváló fizikus, Simonyi Károly, *A fizika kultúrtörténete* című könyv későbbi szerzője, a „második magyar származású” űrhajós, Charles Simonyi édesapja [9]. Az ő általa megírt könyv ma minden mérnök könyvtárában ott kell hogy legyen, annyi érték van benne. S mivel e mű valóban a fizika kultúrtörténete, olyan sarkalatos tényeket tartalmaz, amelyek ma is helytállóak, s a jövőben is azok maradnak [7, p. 296].

Az évforduló kapcsán illendő, hogy megemlékezzünk Bay Zoltán a kísérletben részt vett munkatársairól is, a már említett Simonyi Károly mellett Papp Györgyről, Dallos Györgyről, Winter Ernőről, Sólyi Antalról, Barta Istvánról, Istvánffy Edvinről, Budincsevics Andorról, Szepesi Zoltánról, Takács Lajosról, Magó Kálmánról és Horváth Tiborról. A kommunista hatalomátvétel után ezek a kutatások félbeszakadtak, Bay Zoltán elhagyta Magyarországot, s az Egyesült Államokba emigrált, csoportja felbomlott, s kísérletei itthon már nem is folytatódtak [10].

A Holdról sikeresen detektált radarvisszhang egyúttal a radarcillagászat kezdetét is jelentette az 1946. január 10-i sikeres amerikai holdradarkísérlettel együtt.



3. ábra
Holdradar a Tungsram gyárépületén [11]

„Míg a 30-as években, az Egyesült Államokban megalapított rádiócsillagászat a közeli és távoli égitestekről hozzánk érkező rádióhullámok révén kutatja a Világegyetem titkait, addig a radarcshellagászat a Naprendszer egyes égitesteire bocsátott, majd azokról visszaverődő rádióhullámok segítségével igyekszik felfedni azok tulajdonságait” [11].

A radarcshellagászat történetírói Bay Zoltánt e tudományág szülőatyjának tartják és nevezik [12].

Kevesen tudják azt, hogy Bay csoportja már a II. világháború alatt megkezdte a Hold távolságára vonatkozó méréseket (3. ábra). Akkoriban jól ismert volt, hogy Bay doktor megvizsgálta a mikrohullám terjedését a légkörben és visszaverődéseit az ionoszférából. Gyermekkorától az volt az álma, hogy megmérje a Föld–Hold-távolságot [13]. Bay Zoltán néhány további kiemelkedő tudományos eredménye [11]:

- 1938-ban Bay volt a világon az első, aki elektronsokszorozójával egyes elektronokat tudott észlelni. A fotoelektron-sokszorozót többek között a gamma-spektruskópiában használták;
- 1938-ban megszervezte a Budapesti Műszaki Egyetemen az Atomfizika Tanszékét a Tungsram támogatásával;
- kimutatta a fénysebesség állandóságát, frekvenciafüggetlenségét;
- 1965-ben beterveztett javaslata alapján a Súlyok és Mértékegységek Nemzetközi Konferenciája 1983-ban az űrtechnikai igényeknek megfelelő, új méterdefiniációt fogadott el: „A méter a fény által a vákuumban a másodperc $1/299\,792\,458$ része alatt megtett távolság.” A hossz mérés egységét tehát időmérésre vezeti vissza, a fény sebességének állandó voltát feltételezve.

A nanoszekundum pontosságú időmérési eljárások kidolgozásával és az új méter definíálásával hozzájárult a mesterséges holdakon alapuló helymeghatározás és navigáció kialakulásához, így a GPS és hasonló rendszerek megalapozásához. Nem véletlen, hogy Bay már 1946-ban felvetette a mesterséges holdakon alapuló távközlés lehetőségét.

1946 és 1948 között tudományos munkásságának elismeréséül megválasztották a Magyar Tudományos Akadémia Matematika és Természettudományi Osztálya elnökének.

Úrkatásunk Bay Zoltán sikeres holdradarkísérletét követően egy évtizeddel később a hőskor műholdjainak optikai, majd fotografikus megfigyelésével folytatódott, amihez a Föld felső légkörének kutatása kapcsolódott. Időközben fiatal mérnökök és mérnökhallgatók rakétaépítéssel és műholdak rádióadásának vételével próbálkoztak, de munkájukat politikai okokból ellehetetlenítették.

Jelentős kihagyás után az űrkatással foglalkozó első magyar szervezetek az ötvenes évek közepétől alakultak meg, többségében természettudományos és műszaki tudományos ismeretterjesztő társaságokon belül.

A BME-n egyetemi hallgatók Ferencz Csaba irányításával 1961-ben megalapították az első űrkatási csoportot, Rakétatechnikai TDK néven, amely részt vett műholdak rádiókövetésében, űreszközök elektronikájának és mechanikájának tervezésében, rakétakísérletekben és a telemetriai adatok regisztrálásában. A csoport egy saját tervezésű rádiós megfigyelőállomást hozott létre a Hármashatár-hegyen. 1965. március 20-án itt hajtották végre az első hazai tudományos célú, rádiós műholdkövetést. Ugyancsak saját fejlesztésű berendezéssel Ferencz Csaba és csoportja 1966-ban Közép-Európában elsőként vette meteorológiai holdak APT-képeit. A meteorológiai műholdak felhőképeinek vétele és feldolgozása a hazai műholdas meteorológia kialakulásának kezdete [10].

Az ötvenes évek végétől a világűr jellemzőit és a felső légkör tulajdonságait mérték a magyar szakemberek. Az eszközöket is itthon fejlesztették ki. 1958-ban a Szovjet Tudományos Akadémia felkérésére az MTA Csillagvizsgáló Intézete megkezdte a mesterséges holdak átvonulásának vizuális megfigyelését Baján, Budapesten, Miskolcon és Szombathelyen. 1962-től a felső légkör változásainak megfigyelésére szerveződött nemzetközi program (INTEROBS) koordinátora Magyarország volt. 1966-tól a Budapesti Műszaki Egyetem Űrkatató Csoportja rádiós műholdmegfigyeléssel, űreszközök elektronikájának és mechanikai szerkezeteinek tervezésével foglalkozott. Magyarországot 1959-ben felvették a Nemzetközi Aeronautikai Szövetségbe (IAF), 1962-ben pedig a COSPAR-ba (Tudományos Szövetségek Nemzetközi Tanácsa [ICSU] Űrkatási Bizottsága). A többi szocialista országgal együtt 1967-ben Magyarország is aláírta a Szovjetunió által kezdeményezett Interkozmosz együttműködést [4].

3. Magyar űrkatatók nemzetközi űrkatási projekteken

Mesterséges holdakat és űrszondákat, illetve azokon elhelyezett mérőműszereket az első évtizedekben csak a két nagyhatalom, az Amerikai Egyesült Államok és a Szovjetunió fejlesztett ki és bocsátott fel. Más országok – így Magyarország is – csupán a mesterséges égitestek optikai és rádiós megfigyelésébe, az űreszközök mérési eredményeinek tudományos feldolgozásába kapcsolódhattak be [10].

Ezt követően az első jelentősebb fellendülést Magyarország az Interkozmosz programhoz csatlakozása hozta. Föld körüli pályára kerülhettek az első magyar passzív mérőműszerek, majd az egyre bonyolultabb elektronikus eszközök. Két okból is fordulópontot jelentett 1980-ban – ugyancsak az Interkozmosz keretében – az első magyar űrhajós egyhetes küldetése a Szaljut-6 szovjet űrállomás fedélzetén.

A magyar szakemberek ekkor olyan tartalmas tudományos programot állítottak össze Farkas Bertalan számára, amely évtizedekre meghatározta a hazai űrkutató fő tevékenységi területeit. Nemzetközileg is elismert munka kezdődött többek közt az űrdozimétria, az űrrellettan, a távérzékelés és az anyagtudományok területén. Az Interkozmosz programban a hazai közreműködés másik csúcspontját az jelentette, amikor a Vega űrszondák fedélzetén jelentős magyar tudományos műszerek jutottak el a Föld körüli pályán túli térségbe is.

A KFKI szakemberei a Budapesti Műszaki Egyetemen (BME) együttműködve elkészítették a Vénusz bolygót és a Halley üstököszt 1985–1986-ban vizsgáló űreszköz tv-elektronikáját és vezérlő számítógépét. A MIR űrállomáson ma is használják a Mikroszvit számítógépes rendszert, amelyet magyar és szovjet szakemberek közösen fejlesztettek ki [4].

Az Interkozmosz program lezárulása után az 1990-es évektől kezdve megtettük az első lépéseket az Európai Űrügynökség (ESA) felé, miközben más irányokban is szélesítettük nemzetközi kapcsolatainkat. Ennek köszönhetően több tucat újabb berendezés jutott különböző országok űreszközein a világűrbe, európai együttműködő államként pedig az ESA számos programjába kapcsolódhattunk be.

Az Egyesült Államokban élő Pavlics Ferenc² vezetésével fejlesztették ki az 1971. évi Apollo űrhajóval felbocsátott NASA-holdjárművet, a Lunar Roving Vehicle-t (LRV). A szintén Amerikában élő Bejczy Antal komoly részt vállalt a Sojourner, az 1997. évi Nyomkereső (*Pathfinder*) Mars-űrszonda távirányításos kis járművének fejlesztésében.

Az Amerikai Űrkutató Hivatal (NASA) tesztelte az úgynevezett űrkegencét, amelyet a Miskolci Egyetemen fejlesztettek ki a NASA-val kötött együttműködés keretében. Az űrkegencé valószínűleg a jövő évezred elején kerül a világűrbe. A műszer segítségével a súlytalanság állapotában (pontosabban mikrogravitációs körülmények között) megolvasztják, majd újrakristályosítják az anyagokat, és ennek következtében új ötvözeteket hozhatnak létre.

1992 óta működik az MTA Csillagászati Kutatóintézetében a NASA planetáris adatbázisának európai alközpontja, amely a Naprendszer apróbb égitestjeinek adatait tartalmazza [4].

4. A magyar űr kutatás napjainkban

Magyar kísérleti eszközök és berendezések kerülhettek a Nemzetközi Űrállomásra, 2012-ben pedig európai hordozórakéta állította pályára Magyarország első műholdját. Míg korábban a világűrbe kerülő berendezések kutatóintézetekben és egyetemeken készültek, e negyedszázad fontos eredménye volt, hogy megjelentek az első önálló űripari cégek is nálunk.

A második jelentősebb fellendülés 2015-ben kezdődött, amikor Magyarország az ESA teljes jogú tagállama lett. Ennek köszönhetően jelentősen bővültek a hazai űrtevékenység anyagi forrásai, az ESA felzárkóztatást segítő programja keretében pedig magasabb szintre emelkedett a hazai közreműködők részvétele az európai programokban. Eközben stratégiai cél nemzetközi kapcsolataink szélesítése. Folyik a hazai űrtevékenység tartalmi szélesítése és megerősítése, ennek érdekében stratégiai célunk, hogy anyagi lehetőségeinket figyelembe

² Pavlics Ferenc, gépészmérnök, aki évtizedeken át a General Motors mérnökeként az autóiparban dolgozott. Az 1960-as években a NASA alvállalkozójaként ő volt annak a holdjárónak a főkonstruktor, amellyel az Apollo-15, -16 és -17 küldetések űrhajóit a Holdon közlekedtek. A jármű kerekének különleges technikai megoldása az ő szabadalma [14].

véve az ESA egyre több önkéntes programjába kapcsolódjunk be, elsősorban a társadalom számára a legtöbb közvetlen hasznot hozó területeken [15].

Bagil László több díjnyertes asztrofotójával szerzett hírnevet Magyarországnak a világban (4. ábra). Aki további távoli csodákban szeretne gyönyörködni, érdemes Bagil László honlapját, a www.bagil.hu-t is felkeresnie.



4. ábra

A nap csillagászati képe a NASA-nál (Bagi László magyar asztrofotós alkotása) [16]

A kutatók a magyar kutatóintézetekben is egyre nagyobb számban fordultak a világűr felé. Napjainkban a magyar szervek és intézmények három szakterületen folytatnak az űrkutatással kapcsolatos tevékenységet. Ezek a szakterületek az űrtudomány, az űralkalmazások és az űrtechnológia területei. E meghatározások szerinti szakterületeken a 2020-as helyzetet figyelembe véve, Magyarországon az alábbi szervezetek tartanak kapcsolatot a KKM űrkutatásért és űrtevékenységért Felelős Főosztályával [15].

Az Admatis Kft. szerkezeti/termikus tervezést végez űripari projektekben. Minden ESA-követelménynek megfelel. A cég CAD-, VEM-modellezéssel, 3D méréssel, többrétegű hőszigeteléssel, TVC-működtetéssel, szereléssel, tisztaszobai tevékenységgel is foglalkozik. 2009 óta szállít TRL9 szinten kvalifikált űrberendezéseket műholdakhoz. Vevői közt az ESA, az Airbus, a Thales Alenia Space és a RUAG szerepelnek [17]. Az Aedus Space Kft. 2014-ben alakult. Nagy tapasztalattal rendelkezik lézertechnológia tervezésében, folyamatfejlesztésben és anyagtudományban. Jelen van az energetikában, űriparban, védelmi és orvosi iparban, különös tekintettel a sugárvédelmi anyagok és alkalmazások fejlesztésére és gyártására [18].

Az Airbus DS GEO Hungary Kft. távérzékelési adatok előállítására (űrfelvételek), széles körű feldolgozására, hasznosítására, valamint a képi információkra épülő értéknovelt termékek

létrehozására vállalkozik. Ennek érdekében nagy kapacitású szerverparkot és hatékony képfeldolgozó rendszereket üzemeltetnek [19].

1. táblázat
Hazai szervezetek az űrkutatás területén. [15, p. 63]

Admatis Kft.	Aedus Space Kft.
Airbus DS Geo Hungary Kft.	Atommagkutató Intézet
Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft.	BHE BONN Hungary Elektronikai Kft.
BL-Electronics Kft.	Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
BME Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék	BME Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék
C3S Elektronikai Fejlesztő Kft.	Cosima Kft.
CSFK Földtani és Geokémiai Intézet	CSFK Geodéziai és Geofizikai Intézet
CSFK Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet	DE-SPACE Debreceni Egyetem Űrkutatási Program
ELKH-Miskolci Egyetem Anyagtudományi Kutatócsoport	ELTE Geofizikai és Űrtudományi Tanszék, Űrkutató Csoport
Energiatudományi Kutatóközpont	Envirosense Hungary Kft.
EKE Planetológiai és Műholdas Földmegfigyelő Kutatócsoport	GEOADAT Kft.
Geo-Sentinel Kutató, Szolgáltató és Tanácsadó Kft.	Goodwill-Trade Kft.
H-ION Kutató Fejlesztő és Innovációs Kft.	Innobay Hungary Kft.
Innostudio Zrt.	Isotoptech Zrt.
Julius-Globe Kft.	Lechner Tudásközpont Területi, Építészeti és Informatikai Nonprofit Kft.
Magyar Asztronautikai Társaság	MBFSZ, Geofizikai Observatóriumi és Alapkutatási Osztály
Magyar Csillagászat Nonprofit Kft.	Matmod Kft.
Országos Meteorológiai Szolgálat	Óbudai Egyetem Geoinformatikai Intézet
PCB Design Kft.	REMRED Technológia Fejlesztő Kft.
SGF Technológiai Fejlesztő Kft.	Space Apps Kft.
Szegedi Tudományegyetem Nemlineáris Dinamika és Kinetika Csoport	Szegedi Tudományegyetem Repülő- és Űrorvosi Tanszék
TTK Kognitív Idegtudományi és Pszichológiai Intézet	Wigner Fizikai Kutatóközpont Részecske- és Magfizikai Intézet
Wigner Fizikai Kutatóközpont Szilárdtestfizikai és Optikai Intézet	Hiventures Kockázati Tőkealap-kezelő Zrt.
HATP Magyar Repülő és Űrtechnológiai Platform	HUNSPACE Magyar Űripari Klaszter

Az Atommagkutató Intézet alaptevékenysége a természet törvényeire irányuló kutatás: atom-, molekula-, mag- és részecskefizika, valamint ezek alkalmazásai, a korszerű laboratóriumokban folyó környezet-, ionnyaláb-analitikai és felületfizikai kutatások. Részecskegyorsító Központjában van a hazai kutatási célú iongyorsítók túlnyomó része. Az ionválaszték átfogja az 500 eV–20 MeV energiatarományt [20].

A Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft. elsősorban a hazai vállalatok versenyképességének és hatékonyságának segítésére törekszik sikeres innováció, illetve technológiatranszfer révén, együttműködésben hazai és külföldi partnerintézményekkel [21].

A BHE BONN Hungary Elektronikai Kft. fő tevékenysége RF és mikrohullámú részegységek, berendezések és rendszerek fejlesztése és gyártása a távközlési, védelmi, repülő- és űripar

részére, főként nemzetközi vevői és partneri kört célozva. A BHE mérnökei által tervezett és gyártott berendezések megtalálhatók a Nemzetközi Űrállomáson, repülőgépek fedélzetén, műholdkövető földi állomásokon és modern távközlési rendszerekben. Ma a BHE világszerte közel 30 országban van jelen, és exportja gyorsan növekszik. A fő referenciák között vannak a mobilszolgáltatók, az indiai és a nyugat-európai repülőgépipar és a védelmi ipar. Technológiája révén a BHE komplex polgári biztonsági megoldásokat is kínál, amelyek a pilóta nélküli járműrendszertől a modern távközlés számos területéig terjednek [22].

A BL-Electronics Kft. 1991-ben alakult, és technológiai és fejlesztési háttértámogatást nyújt tudományos intézeteknek és laboratóriumoknak a kutatásaikhoz kapcsolódó műszerek és berendezések kifejlesztésével és kivitelezésével [23].

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen már évtizedek óta kutatóműhelyek egész sora végez űrkutatással kapcsolatos tevékenységet, az elméleti kutatástól a különféle eszközök és szolgáltatások gyakorlati megvalósításán át az űrtechnológiai és űrfizikai ismeretek oktatásáig [24].

C3S Elektronikai Fejlesztő Kft. a nemzetközi nanoműholdipar jelentős szereplője, amely űripari igényeket és tudományos kísérleteket egyaránt kiszolgál. Tevékenysége lefedi a 3-16U méretű, skálázható, nagy megbízhatóságú nanoműholdas platform- és alrendszer-tervezést, felbocsátás előtti szimulációk, szoftver és hardver, valamint küldetésoperációs környezet biztosítását [25].

A Cosima Kft. műholdak felvételsorozatainak kvantitatív kiértékelésén alapuló, innovatív megoldásaival többletnyereséget nyújt alkalmazóinak a mezőgazdaságban [26].

CSFK Földtani és Geokémiai Intézet eredetileg a geokémiai vizsgálatok fejlesztése céljából jött létre. Azóta jelentős bővüléssel egyedi hazai laboratóriumi kapacitást képvisel. A műszeres fejlesztések és kutatómunka űrszondás detektorok tesztelésében, földi referenciamérések kivitelezésében zajlanak, jelenleg az ExoMars rover, a Hera, a Comet Interceptor és az MMX űrszondák támogatása céljából [27].

CSFK Geodéziai és Geofizikai Intézet fő tevékenysége a geofizikai és geodéziai alap kutatás, amelynek számos földtani és űrkutatási vonatkozása is van [28].

CSFK Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet alap kutatásokat végez csillagászati és asztrofizikai témákban, erős űrcsillagászati dominanciával [29].

A Debreceni Egyetemnek hat kutatócsoportja vesz részt a DE SPACE programban, amelynek keretében az űrutazás emberi szervezetre kifejtett hatásait, valamint technikai feltételeit vizsgálják [30].

Az ELKH – Miskolci Egyetem Anyagtudományi Kutatócsoport 1996-ban alakult, és fő tevékenysége az ötvözetekben lezajló fázisátalakulások, kiemelten a kristályosodási folyamatok vizsgálata és szimulációja [31].

Az ELTE Geofizikai és Űrtudományi Tanszék, Űrkutató Csoport az 1960-as évek közepén alakult, és megalakulása óta egyik fő kutatási iránya az űrfizika, ezen belül az elektromágneses hullámterjedés mágnesezett plazmákban [32].

Az Energiatudományi Kutatóközpontnak 1970 óta már közel 80 eszköze jutott fel a világűrbe [33].

Az EnviroSense Hungary Kft. fő tevékenysége a különböző távérzékelési eljárások (légi, UAV, műhold) alkalmazási lehetőségeinek feltárása különböző szakterületek számára [34].

Az EKE Planetológiai és Műholdas Földmegfigyelő Kutatócsoport 2019 elején alakult, csillagászat, asztrofizika és meteorológia kompetenciákkal [35].

A Geodat Kft. minőségi szolgáltatásokat nyújt térinformatikai adatbázisaikhoz közművek, mezőgazdaság, területi igazgatás, minőségbiztosítás, földmegfigyelés szakterületén [36].

A Geo-Sentinel Kutató, Szolgáltató és Tanácsadó Kft. meghatározó szerepet tölt be a pontos deformációmunkorozási szolgáltatások területén [37].

A Goodwill-Trade Kft. 1993 óta vákuumtechnikával összefüggő, speciális, egyedi célbe-rendezések tervezésével és kivitelezésével foglalkozik [38].

A H-ION Kutató Fejlesztő és Innovációs Kft. 2017-ben kezdett foglalkozni az anyagtudományok űripari vonatkozásaival [39].

Az Innobay Hungary Kft. egy 2011 óta működő, független, integrált innovációs szolgáltató vállalkozás [40].

Az Innostudio Zrt. a ThalesNano/Darholding Csoport tagja, amely egyike a legnagyobb közép-európai innovatív technológiai hálózatoknak [41].

Az Isotoptech Zrt. fő profilja a természettudományi, műszaki kutatás-fejlesztés [42].

A Julius-Globe Kft. 2800 m² alapterületű, modern gépparkkal rendelkező üzemében 1998 óta precíziós CNC-megmunkálással (marás, esztergálás, köszörülés, szikraforgácsolás), mérőeszközök, gyártósorok, szerelő- és mérőkészülékek tervezésével, gyártásával foglalkozik, az űr-, energia-, elektronikai, autó-, csomagoló-, műanyag-, orvosi műszertechnikai, high-tech-, dohány- és nyomdaipar számára [43].

A Lechner Tudásközpont Területi, Építészeti és Informatikai Nonprofit Kft. rendkívül széles körű szakértelemmel rendelkezik a távérzékelés, űrgeodézia (GNSS, InSAR), kataszter, földmérés és térségi tervezés területén [44].

A Magyar Asztronautikai Társaság közhasznú egyesület, amelynek célja a világűrrel kapcsolatos szakmai ismeretek terjesztése [45].

Az MBFSZ, Geofizikai Observatóriumi és Alapkutatási Osztály 2017-ben alakult, az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, a Magyar Állami Földtani Intézet és a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal fokozatos egyesülésével. Az MBFSZ az űrkutatás téma keretében mindenekelőtt a Nap–Föld fizikai kölcsönhatásokat, a Föld mágneses terének időbeni változásai és a Föld körüli térség állapotváltozásai közötti kapcsolatokat vizsgálják [46].

A Magyar Csillagászat Nonprofit Kft. a világűrrel kapcsolatos műszaki, tudományos, valamint ismeretterjesztési tevékenységet végző nonprofit cég, amely megalapítása után létrehozta a Svábhegyi Csillagvizsgáló Interaktív Csillagászati Élményközpont műszaki eszközparkját, részben saját fejlesztések keretében [47].

A Matmod Kft. fő tevékenységi területe űrmissziók alumínium alkatrészeinek környezet-kímélő felületkezelése, a technológiafejlesztés infrastruktúrájának biztosítása [48].

Az Országos Meteorológiai Szolgálat központi költségvetési intézmény, meteorológiai, levegőkörnyezeti és éghajlati információkat szolgáltat, valamint a szélsőséges időjárási riasztások hiteles forrása [49].

Az Óbudai Egyetem székesfehérvári Geoinformatikai Intézetében a földmegfigyelés, távérzékelés területén folynak különféle kutatások [50].

A PCB Design Kft. egy elektronikai tervezéssel foglalkozó mérnökiroda [51].

A Remred Technológia Fejlesztő Kft. célja űralkalmazási, elsősorban az űridőjárás és a kozmikus sugárzás kutatására alkalmas technológiák, módszerek, szoftverek kifejlesztése, tesztelése és alkalmazása hazai, valamint nemzetközi ipari felhasználók részére [52].

Az SGF Technológiai Fejlesztő Kft. elsősorban űrkutatási tudományos kísérletek fedélzeti műszereinek támogatására fejleszt nagy megbízhatóságú fedélzeti vezérlő és adatgyűjtő rendszereket, valamint azok földi ellenőrző berendezéseit 1996 óta [53].

A Space Apps Kft. a távérzékelés, IoT, gépi tanulás és webalapú technológiák térnyerése által létrejött új szolgáltatási, piaci lehetőségeket tesz elérhetővé [54].

A Szegedi Tudományegyetem Nemlineáris Dinamika és Kinetika Csoport 2012-ben sikerrel vett részt az ESA által koordinált 56. parabolarepülési kampányban. A tapasztalatokat felhasználva, optimalizált kísérleti körülményekkel a CDIC-3 modul a CHYPI-MARCHE kísérlet keretében részt vett a 2015. december 1-jén sikeresen indított MASER-13 szuborbitális rakétarepülésen [55].

A Szegedi Tudományegyetem Repülő- és Űrorvosi Tanszéke 2000 óta oktatja és kutatja a repülő- és űrorvoslással kapcsolatos élettani és pszichológiai problémákat, a hazai szakorvosképzés bázisa, tudományos ismeretterjesztést végez. Jelenleg a Honvédelmi Minisztérium és a Szegedi Tudományegyetem közötti szakmai együttműködés keretében az EU, az ESA és az MTA felé benyújtott pályázatokban működnek közre [56].

A TTK Kognitív Idegtudományi és Pszichológiai Intézet fő funkciója a pszichológiai és a hozzá kapcsolódó idegtudományi alapkutatás [57].

A Wigner Fizikai Kutatóközpont Részecske- és Magfizikai Intézet az űrkutatás területén űrfizikával, nagy megbízhatóságú fedélzeti műszerekhez, rendszerekhez, illetve azok földi ellenőrző berendezéseikhez kapcsolódó hardver és szoftver fejlesztésével foglalkozik [58].

A Wigner Fizikai Kutatóközpont Szilárdtestfizikai és Optikai Intézet feladata számítógépes anyagtudományi háttér biztosítása mikrogravitációs anyagtudományi kísérletekhez [59].

A Hiventures Kockázati Tőkealap-kezelő Zrt. Kelet-Közép-Európa egyik legnagyobb kockázati tőkealap-kezelőjeként európai uniós és saját forrásból több mint 271,4 milliárd forintnyi tőkével segíti a hazai kis- és középvállalkozói szektort, valamint a startupokat inkubációs, magvető és növekedési befektetési életszakaszokban [60].

A HUNSPACE Magyar Űripari Klaszter 2007-ben alakult, hogy a magyar űrorientált szervezeteket összefogja és képviselje érdekeit belföldön és külföldön egyaránt [61].

Miniszteri biztosi szintre emelkedett az űrtevékenység képviselője a kormányzaton belül, a külgazdasági és külügyminiszter ugyanis 2018. november 1-jei hatállyal Ferencz Orsolyát űrkutatásért felelős miniszteri biztossá nevezte ki. Feladatkörébe tartozik, hogy gondoskodik az űrkutatási tárgyú szerződések, a szükséges szabályozás kidolgozásával, a szerződések előkészítésével, egyeztetésével kapcsolatos feladatok ellátása. Felügyeli továbbá az űrkutatás fejlesztésére vonatkozó stratégiák, szakpolitikák összehangolását és megvalósítását, képviseli a Kormányt a hazai és nemzetközi űrkutatási szervezetekben és fórumokon, és tudományos-szakmai irányítást gyakorol az űrkutatásért Felelős Főosztály tevékenysége felett [62].³

4.1. Magyar műholdak az űrben

Az első űrbe küldött hazai műhold a Masat-1 volt [63]. A mintegy öt éves fejlesztés eredményeként elkészült eszközt 2012. február 13-án indították útnak, és csaknem három éven át

³ A 20/2019. (XI. 14.) KKM utasítás értelmében 2019. november 1-jétől meghosszabbították újabb egy évre a miniszteri biztos megbízatását.

kiválóan működött. Számos csúcspont megdöntött az 1061 napig a Föld körül keringő Masat-1, de egyszer minden csoda véget ér. 2015 januárjában a légkör sűrűbb rétegeit elérve megsemmisült az első magyar műhold.

Az akkori sikeren felbuzdulva több magyar eszköz fejlesztése kezdődött egymással párhuzamosan. A SMOG-P miniműhold fejlesztése 2014-ben indult a Műegyetemen, végül két éves késéssel 2019. december 6-án startolt el Új-Zélandról. Küldetését 2020. szeptember 28-án sikeresen befejezve elégett a légkörben. A SMOG-P-re több szempontból is világszenzációként tekintenek. Ez volt a világ első működő 1-PocketQube méretű, vagyis $5 \times 5 \times 5$ cm-es műholdja. Élettartamát három hónapra tervezték, de még nyolc hónappal az indítás után is teljes kapacitással üzemelt. A rendszerek és a tartalékegységek jól funkcionáltak, áramköri meghibásodást nem tapasztaltak a fejlesztők. Végül csaknem 10 hónapig tartott a misszió [64].

A SMOG-P-vel egyszerre indult a nála kétszer nagyobb ($5 \times 5 \times 10$ cm-es) ATL-1, a teljes egészében magánvállalkozásban, a SMOG-csapat bevonásával kifejlesztett hazai műhold. Ez az eszköz is bőven meghosszabbítva a tervezett időszakát teljesítette küldetését, majd pályáját lerövidítve tavaly októberben a légkörbe ért és elégett.

A Bajkonuri Űrközpontból induló Fregat végfokozattal szerelt orosz Szozjuz-2.1a hordozórakéta elsődleges hasznos terhe a dél-koreai CAS-500-1 műhold, amelyen kívül még 37 űreszközt állított Föld körüli pályára. A SMOG-1-et a 32 kg-os olasz Unisat-7 műhold indította útjára március 24-én a kora délutáni órákban egy automatizált kidobószerkezet segítségével, öt másik kisműhold társaságában, 550 km magasságban [65].

A SMOG-1 is a Budapesti Műszaki és Gazdasági Egyetem oktatóinak irányításával, egyetemi hallgatók aktív részvételével, szponzorok támogatásával készült. Újdonsága, hogy egy fékező hatású szerkezetet tettek a napelemek alá, ami várhatóan lecsökkenti a 18–25 éves pályaelettartamot, így minimalizálva azt az időt, amelyet űrszemétként tölt a Föld körül a műhold, miután befejezi aktív küldetését [66].



5. ábra

Szozjuz-2.1a típusú teherűrhajó indulása Bajkonurból, 2021. március 22-én [67]

A Szozjuzsal jutott a világűrbe a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) hallgatóinak és oktatóinak új űreszköze, a SMOG-1 zsebműhold, amely az UNISAT-7 olasz műhold fedélzetéről áll pályára. A magyar űreszköz a világ első működő 5 × 5 × 5 cm-es (1 PocketQube) méretű kisműholdjának, a SMOG-P-nek az ikertestvére. Elsődleges küldetése a Föld körüli térségben mérhető, ember által keltett elektromágneses szennyezettség, az elektroszmog vizsgálata. Másodlagos küldetesként egy totálionizáló dózismérő került a fedélzetre, amellyel a Napból érkező részecskék elektronikára gyakorolt hatását vizsgálja az űreszköz.

Az orosz űrhajón indult az űrbe a magyar–szlovák–japán projekt keretében készült GRBAlpha nevű kisműhold is, amelynek tervezője és projektvezetője az Eötvös Loránd Kutatási Hálózat Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpontja. A 10 × 10 × 10 cm-es, gammásugárzás-detektorral felszerelt kockaműhold az első, kísérleti példánya egy nagyszabású csillagászati műhold hálózatnak, amelynek segítségével igen pontosan azonosítani lehet majd a gammakitérések forrását (5. ábra).

5. Összefoglaló megállapítások

Büszkeséggel kell hogy eltöltsenek a múlt sikerei, de a jövőre is figyelniük kell. Napjainkban már az egyetemi fiatalok is komoly lehetőséget kaptak az űrkutatási fejlesztésekbe való bekapcsolódásra. A hallgatók és a fiatal oktatók az első magyar műholdak kifejlesztésében vállaltak és vállalnak szerepet. Külön öröm, hogy immáron a Nemzeti Közszolgálati Egyetem is igyekszik bekapcsolódni ebbe a folyamatba a Világűr Társadalomtudományi Kutatóműhely 2020. szeptemberi létrehozásával.⁴

Kétségtelen az, hogy több évszázad hazai űrtevékenységét nem lehet néhány szóval összefoglalni. És ugyanígy hosszú lista kellene az űrkutatásban itthon és külföldön dolgozó magyarok összes eredményének ismertetésére. Remélem ugyanakkor, hogy ezzel a rövid megemlékezéssel és ismertetéssel is sikerült sok olvasó érdeklődését felkelteni a magyar űrkutatás iránt.

Felhasznált irodalom

- [1] Digitális Képtárház, „Bay Zoltán,” Online: <https://dka.oszk.hu/html/kepoldal/index.phtml?id=60802>
- [2] Bay Z., *Az élet erősebb*. Debrecen–Budapest, Csokonai–Püski, 1990.
- [3] Digitális Képtárház, „Hevesi Erzsébet és Vermes Anna bélyeggyűjteménye,” Online: <https://dka.oszk.hu/html/kepoldal/index.phtml?id=60802>
- [4] MTI, Magyarok az űrkutatásban, *Origo*, 2000. május 26. Online: www.origo.hu/tudomany/20000526magyarok.html
- [5] Wikipedia, a szabad enciklopédia, *Konkoly-Thege Miklós*. Online: https://hu.wikipedia.org/wiki/Konkoly-Thege_Miklós
- [6] „A Hell és Sajnovics tudományos pályafutásában meghatározó jelentőségű hely: Waardöhuus (Vardø) egyik korai látképe. Hans Hansen Lilienskiöld (1650–1703) Speculum

⁴ Lásd erről bővebben például a *Jogok, szabályok és lehetőségek a világűrben* című cikket [68].

- Boreale (1694) c. művéből," in Hadobás S., *Hell Miksa és Sajnovics János bibliográfiája*. Rudabánya, Érc- és Ásványbányászati Múzeum Alapítvány, 2008. Online: <http://real-eod.mtak.hu/1264/1/06237.pdf>
- [7] Szabó J., „Magyarország és az űrkutatás," *Hadmérnök*, 13. évf. 3. sz. pp. 295–305. 2017. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2017.3.26>
- [8] Wikipédia, a szabad enciklopédia, *Hell Miksa*. Online: https://hu.wikipedia.org/wiki/Hell_Miksa
- [9] Simonyi K., *A fizika kultúrtörténete*. Budapest, Gondolat, 1978. p. 223.
- [10] A magyar űrkutatás kezdetei. In Fábry Gy. (szerk.), *Magyarország a XX. században*. Online: <http://mek.oszk.hu/02100/02185/html/630.html>
- [11] Balogh Gábor 75 éve érintette meg Bay Zoltán a Holdat. *Újpest Média*, 2021. február 6. Online: <https://ujpestmedia.hu/75-eve-erintette-meg-bay-zoltan-a-holdat/>
- [12] Bay Zoltán Kutatóintézet, *Névadónk*. Online: www.bayzoltan.hu/hu/tortenetunk-2/nevadonk/
- [13] I. Balajti, F. Hajdú, „Surprising Findings from the Hungarian Radar Developments in the Era of the Second World War," *The Radio Science Bulletin*, No. 358 September, pp. 82–108. 2016. Online: www.ursi.org/content/RSB/RSB_358_2016_09.pdf
- [14] Both E., A nemzetközi űrkutatásban való magyar részvétel, *Magyar Örökség*, é. n. Online: www.magyarorokseg.hu/fajlok/urkutasas_roid.pdf
- [15] *Hazai űrkörkép 2020*. Budapest, Magyar Asztronautikai Társaság, 2020. p. 63. Online: www.mant.hu/kiadvanyok/Urkorkep2020.pdf
- [16] NASA, *Astronomy Picture of the Day*. <https://apod.nasa.gov/apod/ap171102.html>
- [17] Admatis – Advanced Materials in Space, *History*. Online: <https://admatis.com/history/>
- [18] Aedus Space Kft. Online: www.aedusspace.com/aedusspace.html
- [19] Airbus, *Next-Level Cloud Processing in OneAtlas Provides Fast Access to Satellite Imagery*. Online: www.intelligence-airbusds.com/
- [20] Atommagkutató Intézet. Online: <https://atomki.hu/>
- [21] Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., *Vezetői köszöntő*. Online: www.bayzoltan.hu/hu/vezetoi-koszonto/
- [22] BHE BONN Hungary Elektronikai Kft., *About us*. Online: www.bhe-mw.eu/about-us
- [23] BL-Electronics Kft. Online: www.bl-electronics.hu/
- [24] BME, *Ismét magyar műhold az űrben: pályára állt és működik a SMOG-1*. 2021. március 25. Online: www.bme.hu/hirek/20210325/ismet_magyar_muhold_az_urben_palyara_allt_es_mukodik_a_SMOG_1
- [25] C3S Elektronikai Fejlesztő Kft., *About us*. Online: <https://c3s.hu/about-us/>
- [26] Pecze Zs., Hozammérés az űrből, szemléletes hozamterkép, azonnal használható adatok a precíziós gazdálkodásban! *Agro Napló*, 2020. augusztus 5. Online: www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2020/08/pr/hozammeres-az-urbol-szemleletes-hozamterkep-azonnal-hasznalható-adatok-a-precizios-gazdalkodásban
- [27] Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, *Földtani és Geokémiai Intézet*. Online: www.geochem.hu/
- [28] Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet. Online: <http://epss.hu/>
- [29] Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet. Online: <https://konkoly.hu/index.shtml>
- [30] DE-SPACE Debreceni Egyetem Űrkutatási Program. *New Technology*, 2020. július 31. Online: <https://newtechnology.hu/urkutasas-a-debreceni-egyetemen/>

- [31] Miskolci Egyetem, Fémteni, Képlékenyalakítási és Nanotechnológiai Intézet. Online: www.matsci.uni-miskolc.hu/new/
- [32] ELTE Geofizikai és Űrtudományi Tanszék, Űrkutató Csoport. Online: <http://sas2.elte.hu/>
- [33] Energiatudományi Kutatóközpont, *Rólunk*. Online: <http://spacedosimetry.com/rolunk>
- [34] Envirosense Hungary Kft., *Rólunk*. <https://envirosense.hu/rolunk/>
- [35] Az Eszterházy Károly Egyetem Planetológiai és műholdas földmegfigyelő kutatócsoportja. Online: <https://uni-eszterhazy.hu/egyetem/m/tudomany/kutato csoportok/kari-kutato csoportok/ttk-kutato csoportok>
- [36] Geodat Kft., *Cégünk*. Online: <https://geodat.hu/cegunk/>
- [37] Geo-Sentinel Kutató, Szolgáltató és Tanácsadó Kft. Online: <https://geo-sentinel.hu/rolunk/>
- [38] Goodwill-Trade Kft., *Rólunk*. Online: www.goodwilltrade.hu/hu/rolunk
- [39] H-ION Kutató Fejlesztő és Innovációs Kft., *Bemutkozás*. Online: <https://hion.hu/bemutkozas>
- [40] Innobay Hungary Kft. Online: <https://norbertbabcsan.wixsite.com/website>
- [41] Innostudio Zrt. Online: <https://innostudio.org/about-us/>
- [42] Isotoptech Zrt. Online: www.isotoptech.com/hu/rolunk.html
- [43] Julius-Globe Kft. Online: www.jglobe.hu/Cegbemutato.html
- [44] Lechner Tudásközpont, *Bemutkozás*. Online: <http://lechnerkozpont.hu/oldal/bemutkozas>
- [45] Magyar Asztronautikai Társaság, *Rólunk*. Online: www.mant.hu/rolunk
- [46] MBFSZ, Geofizikai Observatóriumi és Alapkutatási Osztály. Online: www.mbfisz.gov.hu/index.php/kutatasi-projektek/urfizikai-kutatas
- [47] Svábhegyi Csillagvizsgáló. Online: www.svabhegyicsillagvizsgalo.hu/
- [48] MATMOD Kft. Online: www.matmod.eu/index.html
- [49] Országos Meteorológiai Szolgálat. Online: www.met.hu/omsz/tevekenysegek/
- [50] Óbudai Egyetem Geoinformatikai Intézet. Online: www.amk.uni-obuda.hu/index.php/hu/kutatas/740
- [51] PCB Design Kft., *Rólunk*. Online: <https://pcbdesign.hu/hu/rolunk/>
- [52] Remred Technológia Fejlesztő Kft. Online: <http://remred.space/home>
- [53] SGF Technológiai Fejlesztő Kft. Online: www.sgf.hu/index-H.html
- [54] Space Apps Kft. Online: www.space-apps.net/
- [55] Szegedi Tudományegyetem, *Nemlineáris Dinamika és Kinetika Csoport*. Online: www2.sci.u-szeged.hu/physchem/nld/index.html
- [56] Szegedi Tudományegyetem, *Repülő- és Űrorvosi Tanszék*. Online: www.klinikaiko zopont.u-szeged.hu/repulo/index_hu.htm
- [57] TTK Kognitív Idegtudományi és Pszichológiai Intézet. Online: www.ttk.hu/kpi
- [58] Wigner Fizikai Kutatóközpont Részecske- és Magfizikai Intézet. Online: <https://wigner.hu/hu/urfizikai-es-urtechnikai-osztaly>
- [59] Wigner Fizikai Kutatóközpont Szilárdtestfizikai és Optikai Intézet. Online: <https://wigner.hu/szilardtestfizikai-es-optikai-intezet>
- [60] Hiventures Kockázati Tőkealap-kezelő Zrt. Online: www.hiventures.hu/hu
- [61] HUNSPACE Magyar Űripari Klaszter. Online: <http://hunspace.org/>
- [62] 27/2018. (X. 30.) KKM utasítás miniszteri biztos kinevezéséről
- [63] Masat-1. Online: www.masat.space/2012/03/14/a-masat-1-elkeszitette-az-elsu-urfel-veteleket/

- [64] Ötvös Z., Újabb magyar mini műhold az űrben. *Magyar Nemzet*, 2021. március 22. Online: <https://magyarnemzet.hu/gazdasag/ujabb-magyar-minimuhold-az-urben-9549542/>
- [65] BME, Ismét magyar műhold az űrben: pályára állt és működik a SMOG-1. Online: www.bme.hu/hirek/20210325/ismet_magyar_muhold_az_urben_palyara_allt_es_mukodik_a_SMOG_1
- [66] Ötvös Z., Újabb magyar mini műhold az űrben. *Magyar Nemzet*, 2021. március 22. Online: <https://magyarnemzet.hu/gazdasag/ujabb-magyar-minimuhold-az-urben-9549542/>
- [67] MTI, Magyar műholdakkal startolt el egy Szójuz teherűrhajó. *Origo*, 2021. március 22. Online: www.origo.hu/tudomany/20210322-magyar-muholdakkal-a-fedelzetten-startolt-el-egy-szojuz-teherurhajo-bajkonurbol.html
- [68] Falyuna N., Jogok, szabályok és lehetőségek a világűrben. *Ludovika*, 2021. március 17. Online: www.ludovika.hu/podcast/2021/03/17/jogok-szabalyok-es-lehetosegek-a-vilagurben/

Jogforrások

27/2018. (X. 30.) KKM utasítás miniszteri biztos kinevezéséről
20/2019. (XI. 14.) KKM utasítás

Zoltán Bay Conducted the Moon Radar Experiment 75 Years Ago – The Beginnings and Present of Hungarian Space Activities

On 6 February 2021, we celebrated the 75th anniversary of Professor Zoltán Bay, professor of physics, and his team at the Tungstam research laboratory detecting the echoes of radar waves sent to the moon using a revolutionary new measurement technique. The world-famous experiment, carried out under harsh conditions after the war, also marked the beginning of Hungarian space activities and international radar astronomy. The significance of the lunar radar experiments was that they were the first scientific studies to be conducted on an extraterrestrial object. Knowledge of celestial bodies has been based solely on passive observations for millennia, but microwave technology has also made it possible to physically examine distant objects. In fact, it was at that time established that the Moon was an object with material characteristics, at a well-defined distance from Earth. There are currently a number of international space industry cooperation and research projects underway in Hungary, which create more and more significant Hungarian intellectual and technological added value every year. The Hungarian space research and space activity, which now boasts a history of more than 75 years, has serious potential. This study aims to present the main participants, projects, successes and results of Hungarian space activities from the beginning to the present day.

Keywords: astronomy, astrophysics, radar astronomy, solar and solar system research, space activities, space applications, space industry, space research, space science, space technology, space telecommunications and navigation

Novoszáth Péter (PhD) egyetemi docens Nemzeti Közszerológálati Egyetem Államtudományi és Nemzetközi Tanulmányok Kar Közpénzügyi Tanszék novoszath.peter@uni-nke.hu orcid.org/0000-0002-8755-6858	Péter Novoszáth (PhD) Associate Professor University of Public Service Faculty of Public Governance and International Studies Department of Public Finance novoszath.peter@uni-nke.hu orcid.org/0000-0002-8755-6858
---	--

