



Zpráva AV21-VP 16

za rok 2021



I. Souhrn - stručný popis výzkumného programu

a) vědecká hodnota

Kosmické mise umožňují unikátní průzkum Země, okolního kosmického prostoru i dalekého vesmíru prostřednictvím špičkových vědeckých přístrojů s využitím nejmodernějších technologií. Členství ČR v Evropské kosmické agentuře nám umožňuje podílet se na těch nejvýznamnějších vědeckých misích v mezinárodní spolupráci. Naše zapojení do těchto kosmických projektů poskytuje české vědecké komunitě jedinečné možnosti v přístupu k novým vědeckým datům za plného porozumění vlastností vědecké instrumentace na palubách kosmických sond. Dává také příležitost inženýrským týmům na ústavech Akademie věd ČR, univerzitách a v českém průmyslu podílet se na vývoji těchto prvotřídních vědeckých přístrojů s potenciálem dalšího využití získaných nových technologií v aplikovaném průmyslu.

Hlavním cílem výzkumného programu Vesmír pro lidstvo je posílit zapojení Akademie věd České republiky do kosmického výzkumu, včetně vazeb na průmysl, a jeho propagace ve společnosti. Celkem je program rozdělen do 12 výzkumných témat, zahrnujících:

- výzkum horkého a energetického vesmíru prostřednictvím rentgenové astronomie, zapojení do velké mise ESA ATHENA a čínsko-evropské mise eXTP
- výzkum Slunce a jeho energetických projevů a vlivu na kosmické počasí, zapojení do mise Solar Orbiter
- kosmické mise k Marsu a Jupiteru ExoMars2022 a JUICE
- studium ionosférických jevů nad bouřkovými oblastmi
- zkoumání radiace kosmického záření
- vývoj nových přístrojů pro kosmický výzkum, například Comet Interceptor
- vývoj špičkových optomechanických systémů pro výzkum vesmíru
- výzkum exoplanet a jejich atmosfér, zapojení do misí PLATO a ARIEL
- výzkum Venuše satelitem EnVision
- dálkové pozorování Země
- studium gravitačních vln z vesmíru pomocí plánované mise LISA
- pozemní pozorování vesmíru
- studium využití laserů pro kosmický výzkum

Program Vesmír pro lidstvo zajišťuje zejména možnosti spolupráce mezi ústavami a využití synergií mezioborové spolupráce. Zaměřuje se také na zvýšení informovanosti vědecké komunity, českého průmyslu a také široké veřejnosti o výsledcích a plánech kosmického výzkumu. Nákladné financování vědeckých přístrojů pro kosmické mise je mimo rámec možností programu Strategie AV 21 a zajišťuje ji speciální program Evropské kosmické agentury PRODEX spravovaný dvěma ministerstvy - Ministerstvem školství, tělovýchovy a mládeže a Ministerstvem dopravy.

b) společenská relevance

Společenskou relevanci výstupů vidíme v několika rovinách:

1. (i) Podíl technologické a výrobní sféry (hardware i software) na kosmických misích, zejména misích ESA, což vede k postupnému zvyšování kvalifikace firem a dalších subjektů požadované pro rozvoj kosmického průmyslu a výzkumu v ČR.
2. Mise ESA patří mezi světově nejvýznamnější vědecké projekty, které přinášejí jednak nové objevy v našem vědeckém poznání, ale také v praktické oblasti. Například v oblasti výzkumu Slunce a heliosféry mají kosmické mise přímou vazbu na problematiku kosmického počasí, tj. vlivy sluneční aktivity (erupce, CME) na Zemi a další planety Sluneční soustavy.
3. Zvyšování povědomí české veřejnosti o významu programu AV ČR v oblasti výzkumu a využití kosmu.

Vzájemná spolupráce mezi akademickými pracovišti a průmyslovou sférou umožňuje českému průmyslu účastnit se na vývoji špičkových kosmických technologií, seznámit se se způsobem práce zahraničních partnerů, zdokonalit se ve schopnosti mezinárodní spolupráce a konkurenceschopnosti a umožňuje transfer technologií do aplikovaného průmyslu. Účast ČR v instrumentálních konsorciích strategických vědeckých misí ESA umožňuje ČR podílet se na vývoji a přípravě špičkových kosmických technologií. Tato skutečnost má význam pro rozšíření povědomí o kosmických projektech ESA i v české společnosti. To umožní větší angažovanost a otevře příležitosti pro další mezinárodní spolupráce ve velmi inovativním odvětví průmyslu, který kosmické technologie představují.

Kosmické záření, společně s mikrogravitací a psychologickými problémy, představuje jedno z hlavních zdravotních rizik pro posádky vesmírných lodí (ať už během jejich pobytu na ISS nebo při plánovaných letech na Měsíc či Mars). V následujících letech se dá očekávat také rozvoj vesmírné turistiky. Úroveň ozáření ve vesmíru / na palubách vesmírných plavidel může být až několikrát vyšší než na zemském povrchu; v případě silných slunečních erupcí mohou být obdrženy dávky letální. Kromě toho je záření nebezpečné i pro techniku, kterou může nenávratně poškodit nebo změnit její funkci. Úroveň ozáření je tedy potřeba co nejpřesněji stanovit a pokusit se radiační zátěž (posádek i zařízení) snížit. Kosmické záření představuje i zvýšené riziko pro posádky letadel.

Jsme zapojeni do projektu Lagrange, který je určen k pozorování a detekci slunečních erupcí s potenciálem zasáhnout Zemi a vyvolat silné geomagnetické bouře. Tento projekt je primárně operačního charakteru, má tedy kromě vědeckého výzkumu sloužit jako součást systému včasného varování před riziky spojenými s extrémními projevy sluneční aktivity. Ta se v rámci 11letého cyklu bude v následujících letech zvyšovat.

c) soulad s národními, evropskými a světovými prioritami výzkumu

Zapojováním do kosmických projektů je náš program Vesmír pro lidstvo v souladu s národními prioritami, zejména s cíli

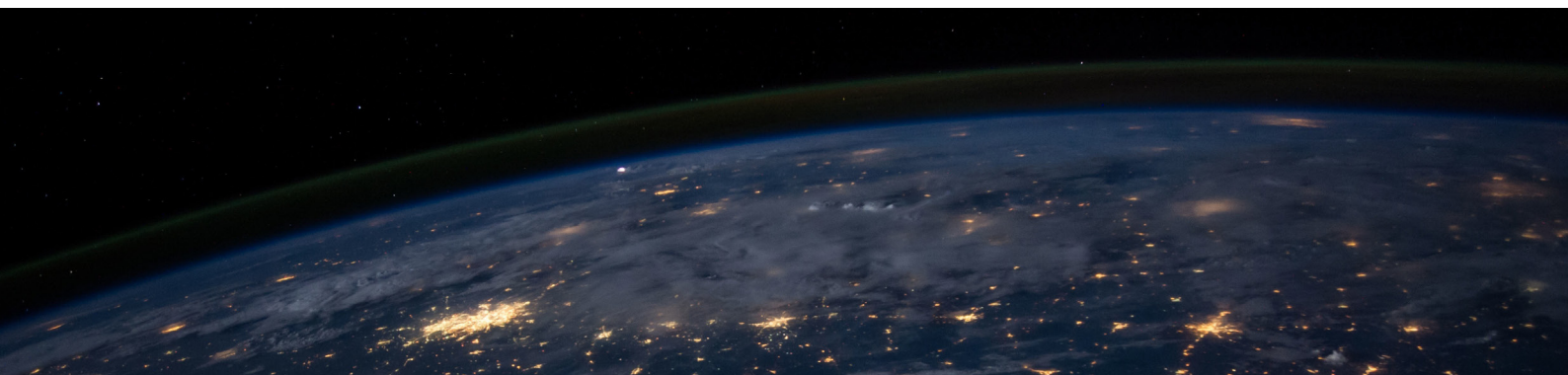
3.1.2 Pokročilé materiály pro konkurenceschopnost,

3.1.3 Inovace a udržitelnost klasických materiálů,

3.1.4 Využití nanomateriálů a nanotechnologií.

Kosmické projekty řešené v tomto VP 16 jsou zejména orientované na spolupráci v rámci Evropské kosmické agentury ESA. Téma kosmických projektů je také identifikováno jako jedna z důležitých oblastí výzkumu, podporovaného Evropskou unií a je podporováno také v rámci programu Horizon2020.

VP 16 je rovněž plně v souladu s cíli Národního kosmického plánu (NKP), který schválila vláda ČR. Zapojení do evropských a mezinárodních programů je prakticky ve všech případech nutnou podmínkou účasti AV ČR v kosmických misích, neboť jen takové - a zejména program ESA - lze financovat v rámci programu PRODEX, kde se jedná o prostředky v řádu milionů EUR. Navíc jsou tyto mise připravovány v rámci širokých mezinárodních konsorcií, do nichž je AV ČR přizvána na základě vysoké expertní úrovně a již dříve získaných výsledků.



d) uplatnění výsledků výzkumného programu v praxi

Účast na kosmických projektech má význam pro inovace v českém průmyslu a transferu technologií. Má obrovský význam pro mladé vědce a inženýry, kterým umožňuje podílet se na mezinárodních výzkumných a technologických projektech. Výsledky se však zpravidla uplatňují s určitým časovým zpožděním.

Pro zapojení do instrumentálních konsorcií vědeckých přístrojů je často nutná spolupráce mezi ústavu AV ČR a jejich partnery. VP 16 hraje klíčovou roli v provázání aktivit napříč ústavu AV ČR, vede k větší vzájemné informovanosti o expertíze a zájmu v oblasti kosmických projektů na různých pracovištích a také finančně podporuje počáteční účast při vyjednávání s mezinárodními partnery, kterou v současné době není možné dotovat z jiných zdrojů. Úspěchem VP 16 je zajištění zapojení pracovišť AV ČR do několika nových významných misí v posledních třech letech, konkrétně ATHENA, eXTP, PLATO, ARIEL, Lagrange či LISA. Další financování samotného vývoje a výroby vědeckých přístrojů pro tyto kosmické mise je pak zajištěno z programu MŠMT PRODEX.

e) medializace a popularizace

Popularizaci věnujeme značnou pozornost. Provozujeme a udržujeme aktuální webové stránky VP 16 Vesmír pro lidstvo - www.vesmirprolidstvo.cz, kde zprostředkováváme všechny informace o VP 16 veřejnosti srozumitelnou formou. Zájemci, ale i novináři nebo úředníci příslušných ministerstev se zde dostanou k informacím o jednotlivých kosmických misích a uveřejňujeme zde také aktuality a pozvánky na akce pro veřejnost. Částečně také průběžně využíváme další média – např. facebook Astronomického ústavu AV ČR a velmi čtený web České astronomické společnosti www.astro.cz.

V letech 2020-21 byly zásadním způsobem omezeny významné akce pro veřejnost - například v obou letech byl zcela zrušen Veletrh vědy. Přesto proběhlo několik akcí formou online. Namísto tradičních dnů otevřených dveří jsme uspořádali na ASU Den zavřených dveří. Významně jsme se zúčastnili Czech Space Week v listopadu 2020, v rámci něhož jsme měli několik přednášek i vystoupení v diskuzních panelech se zástupci průmyslu a státní správy. Koordinátor programu, Jiří Svoboda, byl při té příležitosti hlavním hostem pořadu ČT Hyde Park civilizace. V době pandemie se řešitelé VP 16 zaměřili ve svých popularizačních aktivitách zejména na oslovení žáků a studentů, například prostřednictvím projektu Věda na doma. Uspořádali jsme Vánoční astro soutěž pro žáky mateřských a základních škol, jejíž vyhlášení proběhlo spolu s exkurzí a přednáškami 4. 9.2021 v planetáriu Hvězdárny a planetária hlavního města Prahy. Zúčastnili jsme se Festivalu vědy 8.9.2021 a opakovaně jsme se zapojili do Noci vědců online přednáškami a živými diskuzemi. V rámci projektu Nezkreslená věda jsme připravili scénář pro díl o černých dírách, kde rovněž propagujeme program Vesmír pro lidstvo a zapojení do misí ATHENA a LISA. 28.8.2021 byl v obci Jenichov na Kokořínsku uspořádán dětský den s tématem Vesmír a exoplanety, kde byly vystaveny modely družic a glóby planet a exoplanet doplněné o modely povrchů reprezentujících jejich domnělou horninou a mineralogickou skladbu. Výstava bude pokračovat na podzim v budově ÚFCH-JH.

f) synergické efekty spolupráce

Využití expertízy různých ústavů ve společném projektu otevírá širší možnosti zapojení ČR do významných kosmických misí. Na řešení projektu VP 16 se v roce 2021 podílely následující ústavy AV ČR: Astronomický ústav (ASU), Ústav fyziky atmosféry (ÚFA), Ústav fyziky plazmatu - TOPTEC (TOPTEC), Ústav jaderné fyziky (ÚJF), Ústav přístrojové techniky (ÚPT), Ústav fyzikální chemie Jaroslava Heyrovského (ÚFCH-JH), Fyzikální ústav (FZÚ), Ústav termomechaniky (ÚT), Geofyzikální ústav (GFÚ), Mikrobiologický ústav (MBÚ), Botanický ústav (BÚ) a Psychologický ústav (PSU).

Mezi úspěšné existující spolupráce patří spolupráce na misích Solar Orbiter či PROBA 3 mezi ASU, TOPTEC a ÚFA, na přístroji RPWI mise JUICE (spolupráce ASU a ÚFA), přístroji WAM na ExoMars 2022 (spolupráce ÚFA a ÚPT). ÚJF a ÚFA úzce spolupracují na řešení otázek týkajících se detekce a dozimetrie záření kosmického či atmosférického původu při pozemních měření na Milešovce a Lomnickém štítu pomocí speciálně vyvinutých širokopásmových antén (ÚFA) a detektorů kosmického záření (ÚJF). Mezi nedávno vzniklé spolupráce patří spolupráce mezi ASU a ÚFA v projektu ATHENA X-IFU, ÚFCH-JH s centrem TOPTEC a ASU na přípravě mise ARIEL a konsorcium 4 ústavů AV ČR (ASU, FZÚ, ÚFA a ÚT) na projektu hardwarového příspěvku do mise LISA. Synergie mezi ústavu AV ČR v rámci VP 16 může zajistit účast ČR na této vysoce prestižní velké misi ESA na měření gravitačních vln z vesmíru (za to pozemské byla nedávno udělena Nobelova cena).

Ústavy ÚFCH-JH a ÚFA se také společně účastní projektu SLAVIA, vybraného k dalšímu studiu v rámci českého ambiciózního kosmického projektu Ministerstva dopravy ve spolupráci s ESA. GFÚ s ÚFCH-JH a Českou geologickou službou zahájili jednání s konsorciem mise EnVision o případné české účasti a výrobě součástek ve firmě SAB Aerospace či centru TOPTec.

g) spolupráce se vzdělávací sférou a státní správou

V programu VP 16 máme velmi úzkou spolupráci se vzdělávací sférou a veřejnou správou. Spolupracujeme s předními univerzitami (Univerzita Karlova, ČVUT, Masarykova univerzita v Brně, Slezská univerzita v Opavě), ale i se středními školami a středoškolskými učiteli prostřednictvím spolupráce s kanceláří ESERO (European Space Education Resources Office). V oblasti vládní strategie pro kosmické aktivity spolupracujeme s Ministerstvem dopravy (dále MD), Ministerstvem školství, tělovýchovy a mládeže (dále MŠMT) a dalšími ministerstvy a státními úřady na jednotlivých projektech.

AV ČR má svého stálého zástupce (prof. Ondřej Santolík) v Koordinační radě ministerstva dopravy pro kosmické aktivity ČR, což je centrální koordinační orgán zřízený vládou ČR. V této Radě se projednávají veškeré strategické otázky v oblasti kosmických aktivit ČR a zejména pak otázky působení ČR v ESA. Někteří další pracovníci zapojení do VP 16 jsou členy Výboru pro vědecké aktivity při MD, kde se projednává zapojení ČR zejména do vědeckých misí. Tento ministerský výbor využívá expertní potenciál pracovníků AV ČR a univerzit při formulování strategie v oblasti výzkumu a využití kosmu a přispívá k formulaci Národního kosmického plánu ČR (dále NKP). Svými texty a připomínkami jsme přispěli do nového NKP, který byl nedávno schválen vládou ČR. Dr. Jan Souček z ÚFA je odborným poradcem české delegace v ESA Science Program Committee (SPC), která je složena z národních delegací na ministerské úrovni a má pravomoc rozhodovat o realizaci a rozpočtu vědeckých projektů. Dr. Souček je poradcem jmenovaným MŠMT a toto zapojení umožňuje lépe prosazovat zájmy AV ČR a české vědecké komunity v této oblasti.

Zapojení AV ČR do kosmických misí, zejména pak misí ESA, vyžaduje systematickou přípravu mladých expertů, jak vědeckých pracovníků, tak techniků podílejících se na vývoji a konstrukci přístrojů pro kosmické mise. Přednášíme na vysokých školách (pravidelné přednášky, semináře) a snažíme se o zapojení studentů do kosmických projektů. Ke spolupráci při české účasti na mezinárodních misích jsou zváni i akademičtí pracovníci předních českých univerzit a jejich studenti. Příkladem může být letošní společný návrh PRODEX k zapojení do mise eXTP, kde je Slezská univerzita jedním z partnerů.

II. Vybrané nejvýznamnější výsledky

Vybrané výsledky zahrnují:

- Vesmír pro lidstvo – výzkumný program AV ČR, přehledová publikace v Československém časopise pro fyziku
- České zapojení do mise LISA
- Projekt budoucí české kosmické mise SLAVIA
- Vesmír pro lidstvo - zapojení do výuky

Vesmír pro lidstvo – výzkumný program AV ČR

Jana Žďárská

Fyzikální ústav AV ČR, Na Slovance 2, 182 21 Praha 8

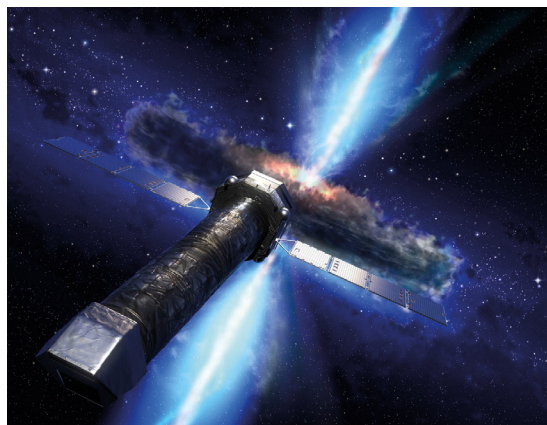
V rámci působení Strategie AV21 funguje od roku 2017 nový výzkumný program Vesmír pro lidstvo, který je zaměřen především na posílení spolupráce mezi vědeckou komunitou a technickými týmy při vývoji a testování nových technologií kosmického výzkumu, zejména družicových přístrojů pro astronomická pozorování, která jsou klíčovým prvkem na cestě k hlubšímu porozumění fyzikální podstaty hmoty.

» Můj cíl je prostý. Je to úplné chápání vesmíru. Proč je takový, jaký je, a proč vůbec existuje. «
Stephen Hawking

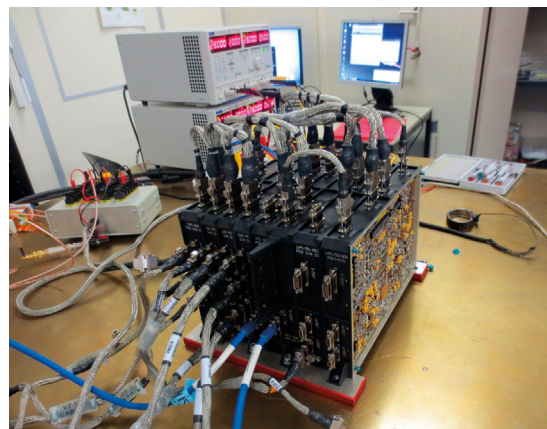
Česká astronomie má již historicky ve světě velmi dobré jméno, o což se zasloužily generace našich významných astronomů včetně řady těch současných. Vždyť v Čechách působili tak význační vědci, jako Johannes Kepler, Tycho Brahe nebo Albert Einstein. Česká republika a čeští vědci se nejen proto těší ve světě uznání a solidnímu postavení. V oblasti základního výzkumu v astronomii a astrofyzice spolupracují se špičkovými světovými institucemi a univerzitami a tento obor má své významné místo i na předních českých vysokých školách a univerzitách, jako je Univerzita Karlova v Praze, Masarykova univerzita v Brně nebo Slezská univerzita v Opavě.

Programu Vesmír pro lidstvo se proto účastní mnoho ústavů nejen Akademie věd. Účast je otevřena i pro zájemce dalších pracovišť a výzkumných institucí.

Vývoj kosmických misí je natolik komplexní, že vyžaduje mezinárodní spolupráci. Proto vědci v programu Vesmír pro lidstvo spolupracují s mezinárodními kosmickými agenturami, jako je evropská ESA, americká NASA či francouzská CNES. Podporu hardwarového vývoje vědecké instrumentace pro kosmické mise administrují Ministerstvo dopravy a Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy a Český výbor v rámci programu PRODEX.



ATHENA představuje velkou misi Evropské kosmické agentury (ESA), určenou ke zkoumání horkého a energetického vesmíru. Zdroj: Archiv Strategie 21



Cílem kosmické sondy Solar Orbiter je komplexní studium Slunce a vnitřní heliosféry z bezprostřední vzdálenosti, a tedy s vysokým rozlišením. Zdroj: CNES a LESIA

Z ústavů Akademie věd na výzkumu spolupracuje Ústav fyziky atmosféry, Ústav fyziky plazmatu, Ústav jaderné fyziky, Ústav přístrojové techniky, Fyzikální ústav, Ústav termomechaniky, Ústav fyzikální chemie Jaroslava Heyrovského, Geofyzikální ústav, Botanický ústav, Psychologický ústav a Mikrobiologický ústav AV ČR. Hlavním koordinátorem programu je Astronomický ústav AV ČR. Jeho jménem program koordinuje RNDr. Jiří Svoboda, Ph.D., z Astronomického ústavu AV ČR, popularizací a propagací výsledků obstarává tiskový mluvčí ústavu Pavel Suchan.

V rámci projektu se pracovníci ústavu spolupodílejí především na realizaci několika významných kosmických sond Evropské kosmické agentury ESA (European Space Agency), jíž je Česká republika členem od roku 2008. Účast v projektech ESA i v projektech spolupráce mimo ni má pro Českou republiku primárně především vědecký význam, ale do jednotlivých projektů je aktivně zapojen i český průmysl a české firmy. Tato spolupráce je velmi důležitá zejména pro postupné budování českého národního potenciálu v oblasti „space industry“. Členství České republiky v agentuře ESA je kryto ročním příspěvkem ve výši zhruba 15 milionů eur a zapojení České republiky do tohoto programu tak umožňuje využívat výsledky



VESMÍR PRO LIDSTVO

Vědecké přístroje pro kosmické mise

Akademie věd České republiky | **Strategie AV21**
Společnost opírající se o vědecký výzkum

Solar Orbiter - mise Evropské kosmické agentury, která bude zkoumat Slunce z bezprostřední vzdálenosti a tedy s vysokým rozlišením.

Mise úspěšně odstartovala 10. 2. 2020. ČR přispěla k vývoji a výrobě 4 z 10 vědeckých přístrojů na palubě sondy.



Český podíl na mezinárodních misích Solar Orbiter, Taranis, ExoMars 2020 a JUICE

zahrnuje elektroniku, přesnou mechaniku a optiku nebo palubní software. Ústavy AV ČR spolupracovaly na jejich návrhu, vývoji a výrobě spolu s českými průmyslovými subjekty.

JUICE - velká mise ESA k Jupiteru a jeho ledovým měsícům.

Jsou pod ledovou krustou měsíčních povrchů podmínky vhodné k životu?

PLATO - mise určená k objevování exoplanet s podobné příhodnými podmínkami pro život jako na Zemi.

ATHENA - velká rentgenová observatoř s předpokládaným startem v roce 2031

příklad úspěšné synergie mezi ústav AV ČR

Astronomický ústav
- výzkum černých děr v jádrech aktivních galaxií
- zkušenost s pozorováním v rentgenovém oboru

Ústav fyziky atmosféry
- výzkum magnetosféry planet
- zkušenost s kosmickou elektronikou - bude vyvíjet elektronickou součástku hlavního vědeckého přístroje



Taranis - mise bude zkoumat nadoblačné atmosférické výboje a pozemní vysokomenergetické gama záblesky.



ExoMars 2020 - mise bude studovat podmínky existence života na Marsu. Český přístroj bude mimo jiné zkoumat, jestli jsou na Marsu blesky.



Popularizační a vzdělávací aktivity

10 Years of the Czech Republic in ESA workshop (nejen) pro studenty vysokých škol v rámci Czech Space Year (v úzké spolupráci s Ministerstvem dopravy a ESA)

Veletrh vědy

Verejné výstavy
Ad Infinitum!, 40 let družice Magion

Telefonát z Marsu - z České antény dorazí první hlasová nahrávka z Marsu na Zemi

Spolupráce se Vzdělávací kanceláří ESA, ESERO Česká republika



www.vesmirprolidstvo.cz

Účast v projektech ESA i v projektech spolupráce mimo ni má pro Českou republiku primárně především vědecký význam a do jednotlivých projektů je aktivně zapojen také český průmysl a české firmy. Zdroj: Archiv Strategie 21

vývoje a výroby špičkových technologií pro běžné použití v celé společnosti.

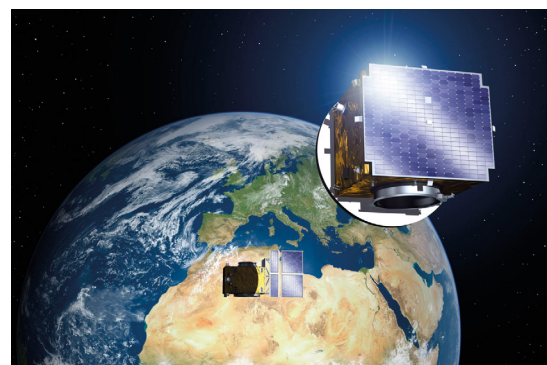
Výsledky takto orientovaného výzkumu nabízejí různé praktické aplikace, které může využívat každý. A hlavní koordinátor Dr. Jiří Svoboda k tomu dodává: „Nezbytný vývoj nových technologií a zařízení pro Zemi i pro vesmír zákonitě produkuje i řadu nových materiálů a velmi mnoho „drobností“, které pak nacházíme i v běžném životě – od elektroniky a telekomunikace přes satelity až třeba po suché zipy. K úspěšnému zkoumání vzdáleného vesmíru je třeba vývoj a výroba špičkových technologií. Aplikace těchto kosmických technologií má obrovský praktický význam pro společnost, a proto je těmto tématům věnována celosvětová pozornost.“

V programu Vesmír pro lidstvo je zapojeno na dvě desítky vědeckých výzkumných skupin. Příkladem může být třeba evropská vesmírná mise ke Slunci projektu Solar Orbiter, jež má za cíl sledovat komplexní projevy sluneční aktivity v oblasti heliosféry s potenciálními vlivy na Zemi. Dále příprava mise ExoMars k planetě Mars, účast na velké misi JUICE k měsícům planety Jupiter a v neposlední řadě i snaha podílet se aktivně na stavbě velkého kosmického rentgenového teleskopu s názvem Athena. Dalším zástupcem bude výzkumná skupina pro výzkum exoplanet a jejich atmosféry a života ve vesmíru s jejími misemi TESS, PLATO a ARIEL.

Co říci závěrem? Astronomie ve své podstatě uchvacuje nejen vědce, ale nejspíše každého. Kdo z nás alespoň občas rád nepohlédne na oblohu plnou hvězd,

na Měsíc v úplňku nebo pouhým okem viditelné planety Sluneční soustavy. Porozumět vesmíru, jeho vzniku a fungování je velmi důležité pro pochopení základních vědeckých otázek – například jak vznikla naše planeta a život na ní, proč Sluneční soustava vypadá právě tak, jak ji známe, a jak může vypadat vesmír mimo naši Galaxii. Hlubší poznání vesmírných procesů a jeho zákonitostí je proto velmi důležité i z hlediska budoucnosti celého lidstva.

Veškeré další informace naleznete na webových stránkách www.vesmirprolidstvo.cz, kde lze vyhledat zásadní výzkumné cíle tohoto programu, zhlédnout různá videa a průběžně sledovat aktuální úspěchy připravovaných i probíhajících vesmírných misí a programů.

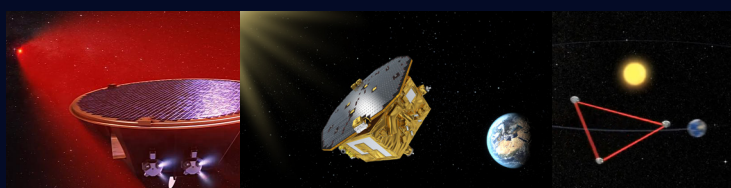


Proba-3 je plánována jako sestava dvou satelitů ve formaci pro pozorování sluneční koróny s vysokým rozlišením.

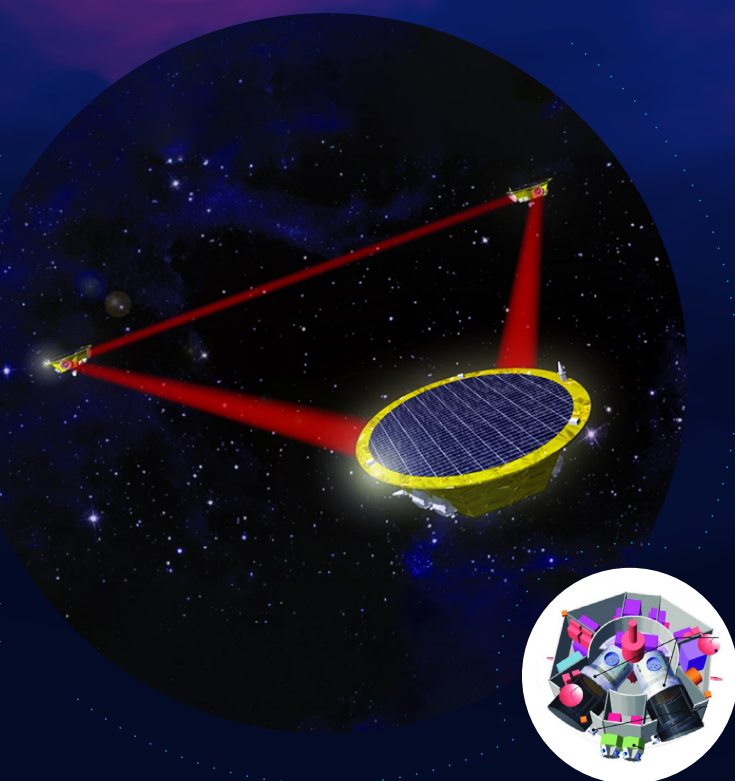
Zdroj: Archiv Strategie 21

Češi se budou podílet na vývoji kosmické laboratoře k měření gravitačních vln ve vesmíru

Období "gravitační astronomie" začalo historicky první detekcí binárního systému černých děr 14. září 2015 pomocí pozorování observatoře LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory). Událost získala název GW150914 a jednalo se o splynutí dvou černých děr o hmotnosti přibližně 30 hmot Sluncí za vzniku větší černé díry. Další velkou událostí této éry bylo pozorování GW170817 ze 17. srpna 2017, během kterého byl díky spolupráci observatoří LIGO a VIRGO určen směr gravitačních vln. Díky tomu bylo možné na zdroj namířit většinu pozemských i kosmických teleskopů a detekovat sloučení dvou neutronových hvězd dvěma nezávislými způsoby měření - pomocí gravitačních vln i elektromagnetického záření. Pozemní observatoře gravitačních vln však mají určitá omezení, která nám neumožňují pozorovat mohutnější systémy v nižších frekvencích. To je důvod, proč jsou nutné observatoře gravitačních vln umístěné ve vesmíru, jako je Laser Interferometer Space Antenna (LISA), třetí velká mise ESA v programu Cosmic Vision pokrývající téma „Gravitační vesmír“.



LISA je dalším velkým krokem v době gravitační astronomie, která má pracovat ve 30. letech 21. století. Bude schopna pozorovat zejména gravitační vlny plynoucí ze sloučení supermasivních černých děr, která se odehrávají ve středech spojujících se galaxií. Zachytíme také hvězdné kompaktní objekty (černé díry nebo neutronové hvězdy), jak obíhají okolo superhmotných černých děr (tzv. Extreme mass ratio inspirals) a další fáze splynutí černých děr hvězdných hmotností. Vědci z českých výzkumných ústavů již vytvořili „Prague Relativity Group“ (czechLISA.cz), aby se připojili ke konsorciu LISA, které řeší vědecké výzvy této mise. Zároveň výzkumné ústavy Akademie věd ČR připravují půdu pro český hardwarový příspěvek k této misi.



MŠMT a MD schválilo v říjnu 2020 projekt na vývoj tzv. Fibre Switch Unit Actuators, kritických mechanismů pro optickou lavici, které umožní přepínání mezi dvěma zdroji laserového svazku na misi LISA. Na projektu spolupracují Astronomický ústav, Fyzikální ústav, Ústav fyziky atmosféry a Ústav termomechaniky Akademie věd ČR v rámci projektu podpořeného z programu PRODEX Evropské kosmické agentury ESA.

LISA se bude skládat ze tří kosmických sond, které budou obíhat asi 60 milionů km za Zemí v sestavě téměř rovnostranného trojúhelníku o základně asi 2,5 milionu km. Laserové paprsky emitované a detekované jednotlivými kosmickými sondami budou měřit časové zpoždění způsobené průchody gravitačních vln mezi kosmickými sondami. Očekává se, že mise bude trvat 4 až 10 let podle úspěšnosti mise.

Projekt budoucí české kosmické mise SLAVIA

(Space Laboratory for Advanced Variable Instruments and Applications)

Spolupráce mezi pracovišti AVČR v rámci programu Vesmír pro lidstvo do značné míry položila základy vědecké části konsorcia mikrosatelitu SLAVIA (akronym Space Laboratory for Advanced Variable Instruments and Applications), který byl v první soutěži Ambiciózních kosmických projektů Ministerstva dopravy ČR a Evropské kosmické agentury jako jediný ze tří předložených návrhů vybrán k realizaci studie proveditelnosti. Ta příští rok přinese konkrétní obrysy mise. SLAVIA si klade za cíl ověření konceptu levného průzkumného prostředku vybaveného pokročilými technologiemi umožňujícími ve třetí dekádě 21. století prospekci nerostného bohatství na Měsíci, blízkozemních objektech a průzkumu asteroidu Apophis, který se má v roce 2029 přiblížit k Zemi. Průmyslová část projektu je vedena brněnskou firmou SAB Aerospace, garantem vědecké části jsou Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR a Ústav fyziky atmosféry AV ČR zodpovídající za vývoj tří přístrojů, které na palubě mikrosatelitu poletí. Širokospektrální kamera Vesna bude určena analýze světla vyzařovaného plazmatem meteorů, které vznikají při vstupu meziplanetární hmoty do atmosféry Země. Lidově se těmto úkazům říká padající hvězdy. Atomární linie prvků, které meteor vyzařuje, v sobě ukrývají informace o složení těchto objektů. Z vesmíru lze spektra pozorovat bez omezení atmosférou, počasím, mraky, aerosoly a v bezprecedentním spektrálním rozsahu, který je z pozemních stanic nedostupný.

Fyzikální parametry meteorů navíc upřesní antény Říp-2, které budou zaznamenávat odrazy a emise radiových signálů jejich plazmatu. Spektrální analýza meteorů má ambici položit základy dálkového průzkumu objektů metodou laserové ablace. Podobný princip využívají i současné marsochody, které provádí spektrální analýzu laserovou ablací kamenů ve svém okolí. Stejná měření z paluby satelitů prolétajících nad povrchem Měsíce či asteroidů jsou ale zatím výzvou budoucnosti.

SLAVIA ponese také pokročilý vysoce rozlišující hmotnostní spektrometr HANKA, jehož úkolem bude rozklíčovat prvkové složení meziplanetárního prachu a maličkých meteoritů, které do něj vlétnou a jejich materiál se vypaří a ionizuje při dopadu na terč. Lonty budou zachyceny a rozříděny dle hmotnosti pomocí orbitrapové pasti. Přesné stanovení hmotností přinese jasnou informaci o prvcích i sloučeninách, které původní materiál obsahoval. Takto přesný hmotnostní analyzátor ještě do vesmíru nikdy neletěl.

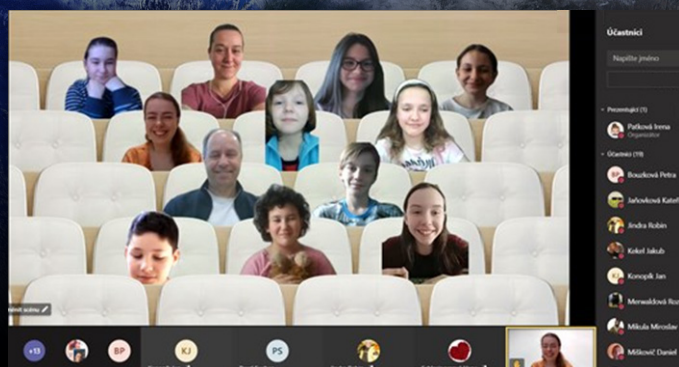
SLAVIA bude v blízkozemních objektech pátrat např. po železe, chromu, niklu, titanu či vodě. Tyto komodity mají na Zemi malou hodnotu, ale jejich přeprava do vesmíru je značně nákladná a materiálně omezuje velké kosmické projekty. Cílem je také detekovat komodity, jejichž cena na Zemi postupně narůstá, ale v kosmu je jejich dostatek, např. prvky vzácných zemin a drahé kovy mající velký význam pro elektrotechniku či izotop helia 3, se kterým se počítá jako s palivem druhé generace pro fúzní reaktory. Malé státy mají pouze dvě volby, jak uspět v nadcházející éře kosmického výzkumu: zapojit se široce do spolupráce s velkými hráči a nebo vyvinout unikátní, ostatním nedostupné technologie a koncepce. Český průmysl má velkou tradici jak z hlediska mezinárodní spolupráce, tak v oblasti unikátních technologií, např. výroby monokrystalových materiálů či elektronických součástek obsahujících tantal.

Projekt SLAVIA svým zaměřením na prospekci surovin ve vesmíru otevírá České republice nové dveře do blízké i velmi vzdálené budoucnosti. Její technologie zaměstnají současné inženýry i vědce, kteří vydláždí cestu budoucím generacím svých následovníků. Někteří z nich budou při startu satelitu možná ještě v kolébkách. Přesně taková by ambiciózní mise měla být.

Vesmír pro lidstvo a naše účast na výuce ve školním roce 2020/2021

Posláním Strategie AV21 Akademie věd ČR je nejenom špičkový výzkum, ale také **popularizace získaných vědomostí** mezi zájemci z řad veřejnosti. Za zásadní pak považujeme vzdělávání žáků a studentů. Z toho důvodu se vědkyně a vědci sdružené v projektu Vesmír pro lidstvo v roce 2020 zapojili do široké plejády popularizačních aktivit cílících na **žáky základních, středních i vysokých škol**. A dobu pandemie, která uzavřela školy, jsme naopak využili.

Pozvěte si vědce či vědkyně do výuky - vědci a vědkyně z celé řady ústavů zapojených do Vesmíru pro lidstvo se stali součástí projektu zapojení do online výuky na základních a středních školách v době online vyučování. Akce spustila doslova lavinu zájmu. Zájem pedagogů po zpestření distančního vyučování se projevil v extrémně vysoké poptávce po vstupech vědců do hodin. Celkem jsme navštívili přes 180 tříd napříč republikou.



Spoluprací Geofyzikálního ústavu AV ČR a Ústavu fyziky atmosféry AV ČR vznikl i unikátní **geovědní komiks "Když se Země rozzáří aneb příběh magnetického pole"**, jehož cílem je představit problematiku vzniku magnetického pole Země náctiletým čtenářům. Vznikl tak volně šiřitelný edukativní materiál, který je možné si volně stáhnout a používat v hodinách fyziky a zeměpisu k vysvětlení důležitého jevu, který umožňuje existenci života na Zemi. Komiks je dostupný ke stažení na adrese www.ig.cas.cz/komiks.



Ústavy sdružené v rámci projektu Vesmír pro lidstvo se pravidelně zapojují i do aktivit okolo **Otevřené vědy**. Jedná se o projekt, který se snaží zapojovat studenty a studentky základních a středních škol do výzkumných, ale i popularizačních aktivit jednotlivých ústavů. Zapojení studenti a studentky se tak věnovali například popularizaci geovědních oborů na sociálních sítích.

Vyjma těchto projektů jsme se věnovali i spolupráci na **výrobě audiovizuálních materiálů** (Nezkreslená věda a Wifina) i pokračování ve **výuce na vysokých školách**.



Připravili jsme také **výtvarnou soutěž s vesmírnou tematikou** cílící na děti nejrozličnějšího věku (od mateřské školy až po středoškoláky). Cílem bylo přiblížit dětem krásy vesmíru i v době, kdy byly možnosti osobního setkávání kvůli opakovaným uzávěrám omezené, a dát jim také možnost výtvarného vyžití. Do soutěže se přihlásilo 55 účastníků, ze kterých vybrala vítěze odborná porota.



Program Vesmír pro lidstvo byl také partnerem projektu **dotknisevesmiru.cz**, který měl také velkou řadu mediálních ohlasů.

III. Návrh řešení pro následující rok

Celkově je do programu VP 16 zapojeno 12 ústavů AV ČR. Ve vzájemné spolupráci řešíme 12 různých témat. Tento rok je pátým rokem fungování programu Vesmír pro lidstvo, a proto současně s průběžnou zprávou za minulý rok podáváme návrh na prodloužení programu o 2 roky. Přehled plánů na příští rok za jednotlivá témata uvádíme níže:

T1: Horký a energetický vesmír

V rámci projektu ATHENA X-IFU je hardwarový příspěvek již plně financovaný z projektu ESA PRODEX. Financování z programu ESA PRODEX jsme v letošním roce získali i pro projekt ATHENA WFI. Zaměříme se na rozvoj spolupráce a také na popularizaci naší účasti na této prestižní misi.

Vypuštění rentgenové polarimetrické mise NASA IXPE je plánované na prosinec 2021. Sonda pořídí vůbec první polarimetrická měření v rentgenovém oboru 1-10 keV. V mezinárodní spolupráci budeme usilovat o koordinaci pozorování s dalšími rentgenovými misemi pro pořízení kvalitních spekter za účelem provázání a ověření výsledků pomocí polarizace. Při příležitosti startu mise plánujeme tiskové zprávy a mediální vystoupení o vědeckých cílech mise i o českém zapojení v této misi.

Pro projekt eXTP budeme prohlubovat vědeckou spolupráci se Slezskou univerzitou v Opavě a s průmyslem, který se podílí na řešení zakázky ESA.

T2: Evropská vesmírná mise ke Slunci

Budeme pokračovat v popularizačních aktivitách (jedná se o mimořádnou sluneční misi) a budeme se nadále věnovat kalibraci a analýze dat z mise Solar Orbiter. Přípravujeme také komiks o sondě Solar Orbiter pro děti ve věku prvního stupně základních škol.

T3: Ionosférické jevy nad bouřkovými oblastmi

Start družice TARANIS se v listopadu 2020 bohužel nezdařil kvůli selhání posledního stupně nosné rakety VEGA. Prvotní nadšení postavit měřicí přístroje znovu a opakovat misi bylo bohužel zastaveno francouzskou kosmickou agenturou CNES v polovině roku 2021 z finančních důvodů. V programu budeme pokračovat i přes nemožnost využít unikátní měření přístrojů na palubě družice TARANIS. Navázali jsme spolupráci s kolegy z Dánské Technické Univerzity v Kodani, kteří provozují sadu fotometrů a kamer MMIA (Modular Multispectral Imaging Array) jako součást přístroje ASIM (Atmosphere-Space Interactions Monitor) na mezinárodní vesmírné stanici ISS, což je momentálně jediný způsob, jak pozorovat ionosférické jevy nad bouřkovými oblastmi z oběžné dráhy okolo Země. Momentálně analyzujeme data z pozemních měření v době přeletů ISS. Pokračujeme také v monitorování a analýze elektromagnetických projevů bleskové aktivity získaných pozemními měřicími stanicemi a souvisejících optických měření a detekce kosmického záření. V rámci popularizace tématu Dr. Ivana Kolmašová virtuálně navštívila 15 škol s přednáškou Putování za blesky napříč Sluneční soustavou a počítáme s podobným pokračováním.

T4: Mars a Jupiter - Evropské vesmírné cíle pro 21. století

Připravili jsme záložní model sensoru přístroje WAM pro sondu ExoMars, dezinfekci a deratizaci pro planetární ochranu jsme provedli metodou aplikace suchého tepla, biologickou čistotu jsme pak zkontrolovali v laboratořích MBÚ. Odevzdaný záložní model nahradí letový kus, který byl poškozen během testů. Pro sondu JUICE jsme odevzdali záložní model subsystému LFR a pokračujeme v přípravách jeho palubních algoritmů. Letový model přístroje RPWI, jehož je analyzátor LFR součástí, byl integrován do sondy JUICE, jejíž intenzivní předletové testy pokračují. Start obou misí je plánován na rok 2022. Pokračovali jsme v popularizačních aktivitách především formou online přednášek pro děti i dospělé a budeme v tom pokračovat. S přispěním programu Vesmír pro lidstvo Strategie AV21 jsme připravili modely sondy JUICE a vozítka mise ExoMars, které využijeme k popularizačním účelům.

T5: Dozimetrie kosmického záření

Na konci tohoto roku se plánuje start mise NASA Artemis I, jejíž součástí je i experiment MARE, který má za cíl stanovit radiační riziko při cestě na Měsíc. Dále se v následujících letech plánuje start satelitu BION-M1 a experiment MTR-III na ISS. Ve všech těchto misích budou i naše detektory kosmického záření. Příprava těchto misí bude doprovázena popularizačními aktivitami. Budeme se snažit zapojit i do dalších projektů týkajících se výzkumu a měření kosmického záření. Předpokládáme zapojení do přípravy návrhů projektů pro tzv. ambiciózní mise, druhé kolo výzvy by mělo být vyhlášeno v nejbližší době. Plánujeme také pokračovat ve spolupráci se studenty základních, středních i vysokých škol, ať už formou různých přednášek, tak i jejich zapojením do přípravy a vypouštění stratosférických balónů, jejichž payload tvoří také různé přístroje pro detekci kosmického záření.

T6: Nové přístroje pro kosmický výzkum

V příštím roce budeme pokračovat ve vývoji modulu DAPU pro sondu Comet Interceptor, který pokročí do fáze vývoje a výroby prototypu. Na tento projekt jsme ale v roce 2021 získali financování z prostředků ESA PRODEX. Stejně tak byl schválen projekt na zapojení českého konsorcia (FÚ, ASU, ÚFA a ÚT) do budoucí velké mise ESA LISA, práce na projektu byly zahájeny již na jaře i přes zdržení podpisu smluv některých ústavů z důvodu průtahů na straně ESA.

Pracoviště AV ČR se zúčastnila řady podaných návrhů takzvaného ambiciózního kosmického projektu připravovaného Ministerstvem dopravy s cílem realizovat českou družici s vědeckým nebo technologickým zaměřením. V soutěži byl vybrán pouze jeden projekt (SLAVIA), další kolo výzvy bylo vyhlášeno 9.9.2021 a předpokládá se zapojení i do dalších návrhů.

V příštím roce dále plánujeme pokračovat ve vývoji cívkového senzoru magnetického pole pro kosmické aplikace, kde předpokládáme první použití na ruských projektech Luna 26, případně Stranik, s budoucím potenciálem pro další aplikace. V roce 2021 proběhnou mechanické a termální testy prototypu ve spolupráci ÚFA a ÚT.



T7: Špičkové optomechanické systémy pro výzkum vesmíru

V příštím roce budeme pokračovat v pracích na projektu ARIEL (spolupráce s UFCH-JH a IPP-TOP-TEC), jehož nedílnou součástí je i vývoj cryo teplotní komory, která umožní testování optických komponent a stability jejich držáků. V následujícím roce by také měl být finálně odevzdán letový model teleskopu FLEX FLORIS a dokončena první fáze projektu TRUTHS. IPP-TOPTEC také aktivně pracuje na zapojení se do vesmírného programu SSA v rámci mise SBOC. Také spolu s firmou Eltvor a GFÚ zvažujeme zapojení do mise m-Argo. Dále pracujeme na přípravě mise v rámci Incubed, Ambiciózní mise a TREND - Aplikace. Ve všech případech se jedná o rozšiřování portfolia průmyslových partnerů.

T8: Výzkum exoplanet a jejich atmosfér

Spolupráce v oboru exoplanet mezi ASU a ÚFCHJH probíhá v rámci misí PLATO a ARIEL. Obecně jde o pochopení vývoje života na exoplanetách a jeho hledání. ASU je koordinátorem za ČR pro misi PLATO a v rámci konsorcia PLATO jsme zodpovědní za dodání přepravních kontejnerů na kamery PLATO. V posledním čtvrtletí roku 2020 byl dodán prototyp a v prvním čtvrtletí 2021 byl dodán druhý kontejner.

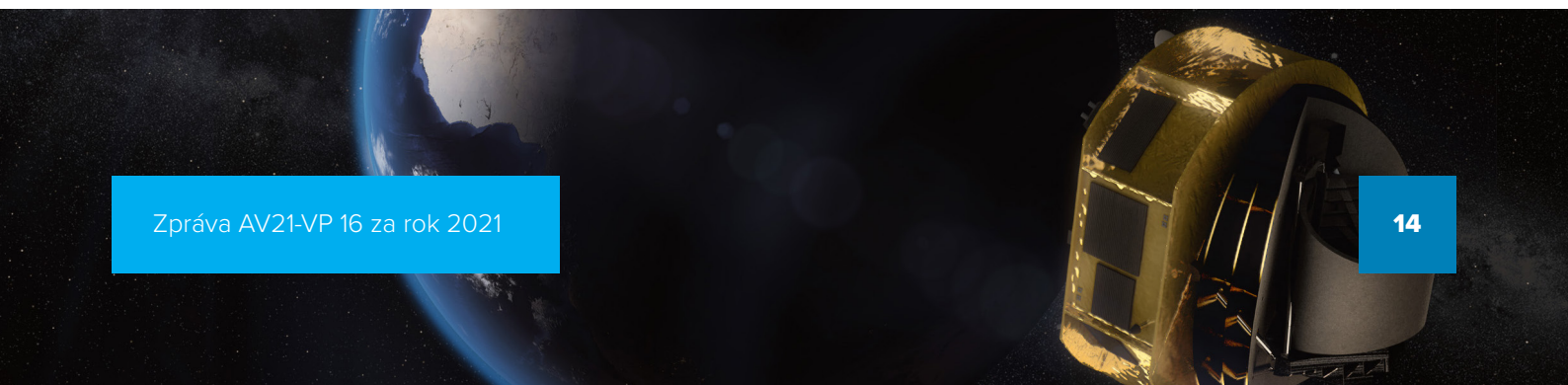
ASU je hlavním řešitelem projektu PLATOSpec, který má za cíl koncem roku 2022 začít pozorování s novým spektrografem z observatoře La Silla v Chile. ASU je zodpovědný za vedení konsorcia a za modernizaci dalekohledu E152 na La Silla. Z prostředků AV21 byl financován hardware pro PLATOSpec, který nelze financovat z jiných zdrojů, dále plánujeme také financovat cestu do Chile, která bude nezbytná pro modernizaci dalekohledu E152. Harmonogram bude znám během září 2021, dle platných COVID restrikcí. Na rok 2022 plánujeme comissioning spektrografu a dalekohledu v Chile, prostředky AV21 budou použity na cestovné.

Projekty PLATOSpec a PLATO byly popsány v několika populárně vědeckých článcích například v časopisech Vesmír a Astropis. Po uvedení do provozu E152 plánujeme vydat technický článek o systému PLATOSpec.

Pracoviště TOPTEC, oddělení ÚFP, bude nadále v roce 2022 participovat na projektu Exoclock pod misí ARIEL. Tentokrát se však bude zaměřovat na potřebné transity označené prioritou Medium nebo High, jejichž pozorování jsou nejvíce žádána.

Dále chceme rozšířit naše astronomická pozorování o misi TESS, zejména o pozorování kandidátů nových exoplanet. Jedná se o exoplanety, kde byl naměřen pouze jeden transit a jsou tyto hvězdy vedeny jako podezřelé. Jejich výzkum a měření je proto velmi žádáno.

V roce 2022 bude potřeba fotometrický dalekohled dovybavit o řídicí software pro automatizaci pozorování a pak vylepšit systém ostření. Dojde tak k zjednodušení obsluhy celého dalekohledu a k automatizaci pozorování.



T9: Pozorování Země

Ve spolupráci Astronomického a Botanického ústavu se bude numericky testovat možná korelace meziroční změny kontinentální fenologie a globálního přesunu (převážně) vodních hmot ve vytypovaných oblastech (Asie, střední a jižní Afrika), kde jsou sezónní změny v rozložení vody největší. Toto téma chceme rozvinout do populárního nebo vědeckého článku. Očekáváme účast na online mítincích a workshopech související s tématem dálkového průzkumu Země. Nadále budeme sledovat situaci na nízkých oběžných drahách (s ohledem na rozmísťování obřích konstelací) a problematiku kosmického smetí obecně, např. prostřednictvím online konferencí a diskuzí “Live public discussion” (jako v roce 2021) se zahraničními odborníky na kosmické právo a kosmické smetí.

T10: Gravitační vesmír

Cestovní výdaje na zasedání mise LISA a další činnosti související s LISA je již možno čerpat z odpovídajícího rozpočtu PRODEX. Příští cíl tématu Gravitační vesmír, na kterém se začalo pracovat, je připojení České republiky do projektu “Einstein Telescope”. Tento projekt patří k plánovaným pozemním observatořím gravitačních vln třetí generace.

T11: Pozemní pozorování

Množství a způsob popularizačních aktivit v ČR závisí na zdravotnicko-hygienické situaci. Plánujeme podporu velkých budovaných infrastruktur, a to primárně dalekohledu ELT (Extremely Large Telescope) Evropské jižní observatoře a CTA (Cherenkov Telescope Array) - jak jižní větve na Paranal v Chile, tak severní větve na Kanárských ostrovech. Podpořena bude i další vědecká spolupráce v rámci Observatoře Pierra Augera v Argentině a účast vědců z ČR na Vera C. Rubin Observatory, důraz bude kladen též na popularizační hledisko a vhodné výstupy pro širší veřejnost. Budeme se zabývat i vlivem tzv. satelitních konstelací na pozemní pozorování, a to jak v optické, tak radiové oblasti, a metodami, kterými by bylo možné dojít k rozumné dohodě mezi uživateli kosmického prostoru.

T12: Lasery pro kosmický výzkum

Plánujeme rozšířit loni připravenou expozici exoplanet a kosmických sond a výstavu, která proběhla v roce 2021 v rámci dne pro děti v kokořínské obci Jenichov a v budově Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského. Výstava bude pokračovat v budově Hvězdárny ve Valašském Meziříčí a na Hvězdárně a planetáriu v Brně. Expozice bude rozšířena o modely mikrosatelitu SLAVIA, družice EnVision a zbylé planety Sluneční soustavy. Plánujeme také letní astronomickou expedici na Kokořínsku s tématem Slunce a hvězdy. V rámci vědecké části se zaměříme na budování spolupráce konsorcia mikrosatelitu SLAVIA a možné rozšíření českého konsorcia účastnícího se přípravy mise EnVision.

