

Sborník přednášek ze semináře

KOSMICKÉ TECHNOLOGIE A KOSMICKÝ VÝZKUM 2019

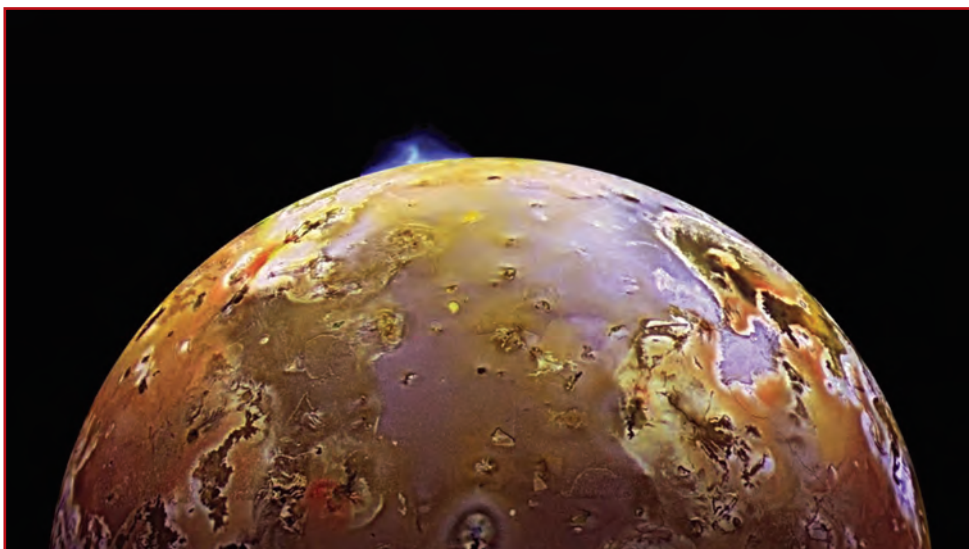
ČÁST 2.

22. – 24. listopadu 2019, Hvězdárna Valašské Meziříčí





Testovací prototyp Starship Mk 1 po cvičném sestavení. K příspěvku *SPACE X ROKU 2019*.



Měsíc Io patří mezi vulkanicky zajímavá tělesa s aktuální vulkanickou aktivitu. Zdroj: NASA. K článku *Projekt Galileo – 30 let od startu významné sondy*.

Přehled událostí v pilotované kosmonautice, 2018–2019

*Michal Václavík, Česká kosmická kancelář, o. p. s., Ústav letadlové techniky,
Fakulta strojní ČVUT, Kosmo Klub, z. s.*

Sestava Mezinárodní kosmické stanice ISS k 24. 11. 2018

Moduly - žádná změna od 19. 8. 2016.

Posádka Expedice 56: Alexander Gerst (CMD, ESA, 2), Serena M. Auñón-Chancellor (FE1, NASA, 1) a Sergej V. Prokopjev (FE2, Roskosmos, 1)

Připojené kosmické lodě: Sojuz MS-09 (od 8. 6. 2018), Progress MS-09 (od 10. 8. 2018), Progress MS-10 (od 18. 11. 2018) a Cygnus NG-10 (od 19. 11. 2018)

Průběh letu Mezinárodní kosmické stanice v reportovaném období

92. pilotovaná loď: Sojuz MS-09

COSPAR: 2018-050A

SSC: 43493

Start: 6. 6. 2018, 11:12:39.519 UT, Bajkonur, Sojuz-FG

Přilet: 8. 6. 2018, 13:01:08 UT, Rassvet

Odlet: 20. 12. 2018, 01:42 UT

Čas u ISS: 194 dní, 12 hodin a 41 minut

Přistání: 20. 12. 2018, 05:02 UT, 147 km od Džezkazganu

Posádka (nahoru/dolů): Sergej V. Prokopjev (CMD, Roskosmos, 1), Alexander Gerst (FE1, ESA, 2) a Serena M. Auñón-Chancellor (FE2, NASA, 1)

111. nákladní loď: Progress MS-09

COSPAR: 2018-058A

SSC: 43537

Start: 9. 7. 2018, 21:51:34.452 UT, Bajkonur, Sojuz-2.1a

Přilet: 10. 7. 2018, 01:21:33 UT, Pirs

Odlet: 25. 1. 2019, 12:55 UT

Čas u ISS: 199 dní, 11 hodin a 24 minut

Zánik: 25. 1. 2019, 16:50 UT

Náklad: 2 567 kg

113. nákladní loď: Progress MS-10

COSPAR: 2018-091A

SSC: 43702

Start: 16. 11. 2018, 18:14:08.754 UT, Bajkonur, Sojuz-FG
Přilet: 18. 11. 2018, 19:28:03 UT, Zvezda
Odlet: 4. 6. 2019, 08:40 UT
Čas u ISS: 197 dní, 13 hodin a 12 minut
Zánik: 4. 6. 2019, 12:22 UT
Náklad: 2 564 kg

114. nákladní loď: Cygnus NG-10 (SS John Young)

COSPAR: 2018-092A
SSC: 43704
Start: 17. 11. 2018, 09:01:31.9 UT, MARS, Antares 230
Přilet: 19. 11. 2018, 12:31 UT, Unity
Odlet: 8. 2. 2019, 14:37 UT
Čas u ISS: 81 dní, 3 hodiny a 45 minut
Zánik: 8. 2. 2019, 16:16 UT
Náklad: 3 416 kg

94. pilotovaná loď: Sojuz MS-11

COSPAR: 2018-098A
SSC: 43756
Start: 3. 12. 2018, 11:31:52.519 UT, Bajkonur, Sojuz-FG
Přilet: 3. 12. 2018, 17:33:20 UT, Poisk
Odlet: 24. 6. 2019, 23:25:30 UT
Čas u ISS: 203 dní, 5 hodin a 52 minut
Přistání: 25. 6. 2019, 02:47:50 UT, 148 km od Džezkazganu
Posádka (nahoru/dolů): Oleg D. Kononěnko (CMD, Roskosmos, 4), David Saint-Jacques (FE1, CSA, 1) a Anne C. McClain (FE2, NASA, 1)

115. nákladní loď: SpaceX CRS-16

COSPAR: 2018-101A
SSC: 43827
Start: 5. 12. 2018, 18:16:16 UT, KSC, Falcon 9 Block 5
Přilet: 8. 12. 2018, 15:36 UT, Harmony
Odlet: 13. 1. 2019, 20:05 UT
Čas u ISS: 36 dní, 4 hodiny a 29 minut
Přistání: 14. 1. 2019, 05:13 UT, Tichý oceán, blízko Baja California
Náklad: 2 573 kg (nahoru), 1 800 kg (dolů)

213. výstup do volného kosmického prostoru: VKD-46a

Zahájení: 11. 12. 2018, 15:59 UT, Pirs
Ukončení: 11. 12. 2018, 23:44 UT
Délka: 7 hodin a 35 minut

Hlavní úkol: kontrola obytné sekce Sojuzu MS-09

Účastníci: Oleg D. Kononěnko (Roskosmos, 4) a Sergej V. Prokopjev (Roskosmos, 2)

116. nákladní loď: Crew Dragon Demo-1

COSPAR: 2019-011A

SSC: 44063

Start: 2. 3. 2019, 07:49:03 UT, KSC, Falcon 9 Block 5

Přilet: 3. 3. 2019, 10:51 UT, Harmony

Odlet: 8. 3. 2019, 07:32 UT

Čas u ISS: 4 dny, 20 hodin a 41 minut

Přistání: 8. 3. 2019, 13:45:08 UT, Atlantský oceán, blízko Floridy

Náklad: 204 kg (nahoru), 149 kg (dolů)

95. pilotovaná loď: Sojuz MS-12

COSPAR: 2019-013A

SSC: 44069

Start: 14. 3. 2019, 19:14:08.175 UT, Bajkonur, Sojuz-FG

Přilet: 15. 3. 2019, 01:01:40 UT, Rassvet

Odlet: 3. 10. 2019, 07:37:33 UT

Čas u ISS: 202 dní, 6 hodin a 36 minut

Přistání: 3. 10. 2019, 10:59:45 UT, 147 km od Džezkazganu

Posádka (nahoru): Alexej N. Ovčinin (CMD, Roskosmos, 2), Tyler N. Hague (FE1, NASA, 1) a Christina H. Koch (FE2, NASA, 1)

Posádka (dolů): Alexej N. Ovčinin (CMD, Roskosmos, 2), Tyler N. Hague (FE1, NASA, 1) a Hazza Al Mansouri (SP, MBRSC, 1)

214. výstup do volného kosmického prostoru: EVA-52

Zahájení: 22. 3. 2019, 12:01 UT, Quest

Ukončení: 22. 3. 2019, 18:40 UT

Délka: 6 hodin a 39 minut

Hlavní úkol: Výměna sady akumulátorů na ITS-P4

Účastníci: Anne C. McClain (NASA, 1) a Tyler N. Hague (NASA, 1)

215. výstup do volného kosmického prostoru: EVA-53

Zahájení: 29. 3. 2019, 11:42 UT, Quest

Ukončení: 29. 3. 2019, 18:27 UT

Délka: 6 hodin a 45 minut

Hlavní úkol: Výměna sady akumulátorů na ITS-P4

Účastníci: Tyler N. Hague (NASA, 2) a Christina H. Koch (NASA, 1)

117. nákladní loď: Progress MS-11

COSPAR: 2019-019A

SSC: 44110

Start: 4. 4. 2019, 11:01:34.264 UT, Bajkonur, Sojuz-2.1a

Přilet: 4. 4. 2019, 14:22:26 UT, Pirs

Odlet: 29. 7. 2019, 10:44 UT

Čas u ISS: 115 dní, 20 hodin a 22 minut

Zánik: 29. 7. 2019, 14:32 UT

Náklad: 2 531 kg

216. výstup do volného kosmického prostoru: EVA-54

Zahájení: 8. 4. 2019, 11:31 UT, Quest

Ukončení: 8. 4. 2019, 18:00 UT

Délka: 6 hodin a 29 minut

Hlavní úkol: Údržba ISS

Účastníci: Anne C. McClain (NASA, 2) a David Saint-Jacques (CSA, 1)

118. nákladní loď: Cygnus NG-11 (SS Roger Chaffee)

COSPAR: 2019-022A

SSC: 44188

Start: 17. 4. 2019, 20:46:11 UT, MARS, Antares 230

Přilet: 19. 4. 2019, 11:31 UT, Unity

Odlet: 6. 8. 2019, 15:00 UT

Čas u ISS: 109 dní, 3 hodiny a 29 minut

Zánik: 11. 12. 2019

Náklad: 3 436 kg

119. nákladní loď: SpaceX CRS-17

COSPAR: 2019-025A

SSC: 44222

Start: 4. 5. 2019, 06:48:58 UT, KSC, Falcon 9 Block 5

Přilet: 6. 5. 2019, 13:32 UT, Harmony

Odlet: 3. 6. 2019, 12:25 UT

Čas u ISS: 27 dní, 22 hodin a 53 minut

Přistání: 3. 6. 2019, 21:48:38 UT, Tichý oceán, blízko Baja California

Náklad: 2 482 kg (nahoru), 1 900 kg (dolů)

217. výstup do volného kosmického prostoru: VKD-46

Zahájení: 29. 5. 2019, 15:42 UT, Pirs

Ukončení: 29. 5. 2019, 21:43 UT

Délka: 6 hodin a 1 minuta

Hlavní úkol: Údržba ruských modulů, sejmutí vědeckých experimentů

Účastníci: Oleg D. Kononěnko (Roskosmos, 5) a Alexej N. Ovčinin (Roskosmos, 1)

96. pilotovaná loď: Sojuz MS-13

COSPAR: 2019-041A

SSC: 44437

Start: 20. 7. 2019, 16:28:20.238 UT, Bajkonur, Sojuz-FG

Přilet: 20. 7. 2019, 22:47:52 UT, Zvezda

Odlet: 6. 2. 2020, Poisk

Čas u ISS: 201 dní

Přistání: 6. 2. 2020

Posádka (nahoru): Alexandr A. Skvorcov (CMD, Roskosmos, 3), Luca Parmitano (FE1, ESA, 2) a Andrew R. Morgan (FE2, NASA, 1)

Posádka (dolů): Alexandr A. Skvorcov (CMD, Roskosmos, 3), Luca Parmitano (FE1, ESA, 2) a Christina H. Koch (FE2, NASA, 1)

120. nákladní loď: SpaceX CRS-18

COSPAR: 2019-044A

SSC: 44446

Start: 25. 7. 2019, 22:01:56.492 UT, KSC, Falcon 9 Block 5

Přilet: 27. 7. 2019, 16:01 UT, Harmony

Odlet: 27. 8. 2019, 12:25 UT

Čas u ISS: 30 dní, 20 hodin a 24 minut

Přistání: 27. 8. 2019, 20:21 UT, Tichý oceán, blízko Baja California

Náklad: 2 312 kg (nahoru), 1 550 kg (dolů)

121. nákladní loď: Progress MS-12

COSPAR: 2019-047A

SSC: 44455

Start: 31. 7. 2019, 12:10:46.153 UT, Bajkonur, Sojuz-2.1a

Přilet: 31. 7. 2019, 15:29:17 UT, Pirs

Odlet: 29. 11. 2019, 10:23 UT

Čas u ISS: 120 dní, 18 hodin a 54 minut

Zánik: 29. 11. 2019, 14:00 UT

Náklad: 2 485 kg

218. výstup do volného kosmického prostoru: EVA-55

Zahájení: 21. 8. 2019, 12:27 UT, Quest

Ukončení: 21. 8. 2019, 18:59 UT

Délka: 6 hodin a 32 minut

Hlavní úkol: Instalace stykovacího adaptéru IDA-3

Účastníci: Tyler N. Hague (NASA, 3) a Andrew R. Morgan (NASA, 1)

122. nákladní loď: Sojuz MS-14

COSPAR: 2019-055A

SSC: 44504

Start: 22. 8. 2019, 03:38:31.987 UT, Bajkonur, Sojuz-2.1a

Přilet: 27. 8. 2019, 03:18:43 UT, Zvezda

Odlet: 6. 9. 2019, 18:13:54

Čas u ISS: 10 dní, 14 hodin a 55 minut

Přistání: 6. 9. 2019, 21:34:04 UT, 150 km od Džezkazganu

Náklad: 670 kg (nahoru), 222 kg (dolů)

123. nákladní loď: HTV-8

COSPAR: 2019-062A

SSC: 44546

Start: 24. 9. 2019, 16:05:05 UT, Tanegašima, H-IIB

Přilet: 28. 9. 2019, 14:09 UT, Harmony

Odlet: 1. 11. 2019, 13:45 UT

Čas u ISS: 33 dní, 23 hodin a 36 minut

Zánik: 3. 11. 2019, 02:20 UT

Náklad: 5 300 kg

97. pilotovaná loď: Sojuz MS-15

COSPAR: 2019-064A

SSC: 44550

Start: 25. 9. 2019, 13:57:42.701 UT, Bajkonur, Sojuz-FG

Přilet: 25. 9. 2019, 19:42:41 UT, Zvezda

Odlet: 17. 4. 2020

Čas u ISS: 205 dní

Přistání: 17. 4. 2020

Posádka (nahoru): Oleg I. Skripočka (CMD, Roskosmos, 3), Jessica U. Meir (FE1, NASA, 1) a Hazza Al Mansouri (SP, MBRSC, 1)

Posádka (dolů): Oleg I. Skripočka (CMD, Roskosmos, 3), Jessica U. Meir (FE1, NASA, 1) a Andrew R. Morgan (FE2, NASA, 1)

219. výstup do volného kosmického prostoru: EVA-56

Zahájení: 6. 10. 2019, 11:39 UT, Quest

Ukončení: 6. 10. 2019, 18:40 UT

Délka: 7 hodin a 1 minuta

Hlavní úkol: Výměna sady akumulátorů na ITS-P6

Účastníci: Christina H. Koch (NASA, 2) a Andrew R. Morgan (NASA, 2)

220. výstup do volného kosmického prostoru: EVA-57

Zahájení: 11. 10. 2019, 11:38 UT, Quest

Ukončení: 11. 10. 2019, 18:23 UT

Délka: 6 hodin a 45 minut

Hlavní úkol: Výměna sady akumulátorů na ITS-P6

Účastníci: Andrew R. Morgan (NASA, 3) a Christina H. Koch (NASA, 3)

221. výstup do volného kosmického prostoru: EVA-58

Zahájení: 18. 10. 2019, 11:38 UT, Quest

Ukončení: 18. 10. 2019, 18:55 UT

Délka: 7 hodin a 17 minut

Hlavní úkol: Výměna sady akumulátorů na ITS-P6

Účastníci: Christina H. Koch (NASA, 4) a Jessica U. Meir (NASA, 1)

124. nákladní loď: Cygnus NG-12 (SS Alan Bean)

COSPAR: 2019-071A

SSC: 44701

Start: 2. 11. 2019, 13:59:51.25 UT, MARS, Antares 230+

Přilet: 4. 11. 2019, 11:21 UT, Unity

Odlet: 13. 1. 2020

Čas u ISS: 70 dní

Zánik: 31. 1. 2020

Náklad: 3 729 kg

222. výstup do volného kosmického prostoru: EVA-59

Zahájení: 15. 11. 2019, Quest

Ukončení: 15. 11. 2019

Délka: 7 hodin

Hlavní úkol: Oprava spektrometru AMS-02

Účastníci: Andrew R. Morgan (NASA, 4) a Luca Parmitano (ESA, 3)

223. výstup do volného kosmického prostoru: EVA-60

Zahájení: 22. 11. 2019, Quest

Ukončení: 22. 11. 2019

Délka: 7 hodin

Hlavní úkol: Oprava spektrometru AMS-02

Účastníci: Andrew R. Morgan (NASA, 5) a Luca Parmitano (ESA, 4)

Sestava Mezinárodní kosmické stanice ISS k 23. 11. 2019

Moduly - instalace stykovacího adaptéru IDA-3 [International Docking Adapter] na PMA-3 [Pressurized Mating Adapter] 21. 8. 2019 během EVA-58

Posádka Expedice 61: Luca Parmitano (CMD, ESA, 2), Alexandr A. Skvortcov (FE1, Roskosmos, 3), Andrew R. Morgan (FE2, NASA, 1), Christina

H. Koch (FE3, NASA, 1), Oleg I. Skripočka (FE4, Roskosmos, 3) a Jessica U. Meir (FE5, NASA, 1)

Připojené kosmické lodě: Cygnus NG-11 (od 19. 4. 2019), Sojuz MS-13 (od 20. 7. 2019), Progress MS-12 (od 31. 7. 2019), Sojuz MS-15 (od 25. 9. 2019) a Cygnus NG-12 (od 4. 11. 2019)

Nejbližší plány do konce roku 2019

125. nákladní loď: Progress MS-13

Start: 1. 12. 2019, 10:29 UT, Bajkonur, Sojuz-2.1a

Přilet: 3. 12. 2019, 13:41 UT, Pirs

Odlet: červen 2020

Zánik: červen 2020

224. výstup do volného kosmického prostoru: EVA-61

Zahájení: 2. 12. 2019, Quest

Ukončení: 2. 12. 2019

Délka: 7 hodin

Hlavní úkol: Oprava spektrometru AMS-02

Účastníci: Andrew R. Morgan (NASA, 6) a Luca Parmitano (ESA, 5)

126. nákladní loď: SpaceX CRS-19

Start: 4. 12. 2019, 17:48 UT, KSC, Falcon 9 Block 5

Přilet: 6. 12. 2019, Harmony

Odlet: leden 2020

Přistání: leden 2020

225. výstup do volného kosmického prostoru: EVA-62

Zahájení: 7. 12. 2019, Quest

Ukončení: 7. 12. 2019

Délka: 7 hodin

Hlavní úkol: Oprava spektrometru AMS-02

Účastníci: Andrew R. Morgan (NASA, 7) a Luca Parmitano (ESA, 6)

226. výstup do volného kosmického prostoru: EVA-63

Zahájení: 11. 12. 2019, Quest

Ukončení: 11. 12. 2019

Délka: 7 hodin

Hlavní úkol: Oprava spektrometru AMS-02

Účastníci: Andrew R. Morgan (NASA, 8) a Luca Parmitano (ESA, 7)

127. nákladní loď: CST-100 Starliner demo

Start: 17. 12. 2019, 12:45 UT, KSC, Atlas V N22

Přilet: 19. 12. 2019, Harmony

Odlet: 24. 12. 2019

Přistání: 24. 12. 2019

10 let SOSA (SkCube | Ardea | stratosférické balóny | úsilí o ESA a pohledy do budoucnosti...)

Jakub Kapuš, Slovenská organizácia pre vesmírne aktivity

Slovenská organizácia pre vesmírne aktivity (SOSA) v roku 2019 oslávila svoje 10. narodeniny. Počas predošlých rokov sa jej podarilo naplniť všetky ciele, ktoré si predsavzala a začína novú etapu svojej existencie.



V roku 2008 Česká republika vstúpila do Európskej vesmírnej agentúry ako jej riadny člen. Všetky okolité krajiny venovali úsilie rozvoju kozmického biznisu. Slovenská republika v tej dobe síce ťažila zo svojej minulosti, avšak jednalo sa

len o niekoľko malých ostrovov pozitívnej deviácie. Spomeňme napríklad Ústav experimentálnej fyziky SAV v Košiciach, konkrétne oddelenie kozmickej fyziky, ktoré sa aj po rozdelení venovalo špičkovému vývoju v oblasti kozmických technológií a ich prístroje leteli napríklad aj na historickej misii Rosetta ku kométe Čurjumov-Gerasimenko. Bohužiaľ neexistovalo žiadne spoločné úsilie, žiadna vízia a koncept rozvoja kozmických aktivít na Slovensku. V tejto situácii sa skupina mladých nadšencov rozhodla zasiahnuť a založila občianske združenie. Medzi hlavné ciele do svojich stanov zakomponovala práve rozvoj spolupráce SR a ESA, popularizačné a vzdelávacie aktivity a rovnako aj vývoj vlastných technológií.

Prvé úspechy SOSA dosiahla vypustením stratosférických platforiem vlastnej výroby s názvom **JULO**. Práve tento projekt otvoril dvere ďalším spoluprácam a pomohol získať cenné skúsenosti s vývojom, výrobou a operovaním sondy v extrémnom prostredí Zemskej stratosféry.

Tento projekt umožnil aj vznik **1. slovenskej družice skCUBE**. Po niekoľkých rokoch vývoja 1. slovenská družica vyštartovala do kozmu 23. 6. 2017. Na projekte sa podieľalo mnoho partnerov. Štát, tri slovenské univerzity, slovenské technologické firmy a veľké množstvo nadšencov, odborníkov, ale najmä študentov. Tento projekt dosiahol medzinárodný úspech, družica v kozme pracovala 569 dní a priniesla množstvo skúseností a cenných údajov.

Práve vďaka skCUBE slovenská vláda podporila aj podpis zmluvy ECS medzi SR a ESA v roku 2015, čím sa začalo prípravné obdobie pred plným členstvom. Zásluhou SOSA a jej aktivít na slovenské kozmické aktivity začalo prichádzať približne 1,2 M EUR ročne prostredníctvom výziev **PECS** Európskej vesmírnej agentúry.

Projekty a aktivity SOSA umožnili vznik niekoľkým technologickým startupom a firmám a pomohli študentom a inžinierom získať potrebné skúsenosti. Organizácia vytvára prostredie a motivuje aj tých najmladších - žiakov základných škôl a študentov stredných škôl. Pomáha im rozvíjať sa a vytvára pre nich rôzne workshopy, kurzy, či súťaže. SOSA v spolupráci so svojimi partnermi vytvorila naprieč slovenskom tzv. Space Labs - miesta, kde sa môžu nadšenci aj odborníci stretávať a sú vybavené potrebnými prístrojmi a zariadeniami. Ďalej dbá aj na rozvoj medzinárodnej spolupráce. Dôkazom je niekoľko cezhraničných projektov, nadväzovanie vzťahov a spolupráce aj na iných kontinentoch.

Príbeh SOSA je mimoriadne úspešný. Z malého občianskeho združenia sa stala odborná organizácia a priniesla Slovensku mnoho príležitostí. To všetko sa mohlo podariť len vďaka oddaným členom a ľuďom, ktorí po celé roky dokázali pomáhať a rozvíjať našu organizáciu nezištne.

Slovenskú organizáciu pre vesmírne aktivity čaká nová etapa existencie. V roku 2020 sa bude rozhodovať o smerovaní ďalšej spolupráce s Európskou vesmírnou agentúrou. Budeme ako krajina musieť určiť, ktorými smermi sa

chceme uberať. Ťažko môžeme konkurovať veľkým krajinám s dlhou históriou, dokonca bude ťažké konkurovať aj krajinám ako ČR, Maďarsko, alebo Poľsko, s ktorými sme mali pred rokmi rovnakú štartovaciu čiaru a momentálne zaoštváme o 10 až 15 rokov. Našťastie, kozmonautika sa vyvíja a vznikajú nové oblasti, v ktorých môžeme vyniknúť. Sme presvedčení, že oblasť nanosatelitov, akým bola aj družica skCUBE, je jeden z pilierov budúcej kozmonautiky a SOSA a jej spin-off firmy sú stredoeurópskymi lídrami a túto pozíciu je potrebné využiť. Pre úspešný budúci rozvoj aktivít v SR bude potrebné aj zriadenie profesionálneho orgánu, legislatívy a podporných centier, ako napríklad podnikateľské inkubátory, alebo ďalšie formy podpory. Toto sú výzvy, ktoré ležia pred nami a pri ktorých, verím, bude SOSA zohrávať rozhodujúcu úlohu.

1969: Dobyť Měsíce

Tomáš Příbyl, kurátor letectví a kosmonautiky Technického muzea v Brně
Kontakt: tomas.pribyl@seznam.cz

Let Apolla 11 byl popsáný nespočetněkrát: dramaticky, encyklopedicky, s nadsázkou... Tu přesněji, tu velmi volně. Pojdme si jej nyní připomenout slovy přímých účastníků: tak, jak jej ve svých autobiografiích či rozhovorech popsali Neil Armstrong, Michael Collins a Edwin „Buzz“ Aldrin (od roku 1977 jen Buzz Aldrin).

Ke slovům této trojice jsme přidali ještě několik málo citací dalších osobností, které mají k letu Apollo 11 co říci a které historickou misi hezky dokreslují.

„Budete to vy.“ - Donald Slayton oznamuje 6. ledna 1969 Armstrongovi, Collinsovi a Aldrinovi, že vytvoří posádku Apolla 11 (Armstrong to věděl dříve, Collins podle všeho též)

„Buzz ráno odešel z domu s tím, že nemá práci. Večer přišel, že je pilotem lunárního modulu Apolla 11, prvního přistání. Takže se to opravdu děje a já se bojím.“ - Zápis v deníku Joan Aldrinové 6. ledna 1969

„Za nic na světě si nemůžu vzpomenout, jak jsem se tu zprávu dozvěděl. Nejdůležitější zpráva v mém životě a já prostě nevím, kdo mi ji řekl.“ - Michael Collins o tom, kdy a jak se dozvěděl o nominaci do posádky Apolla 11

„Nepochyboval jsem, že budu první, kdo vystoupí z lunárního modulu a vkročím na Měsíc před Neilem.“ - Edwin Aldrin

„Neil byl Neil. Chladný, tichý a absolutně jistý. Věděli jsme, že je z podobného

těsta jako Lindbergh. Neměl ego. Nedělal vědu z toho, že hej, budu první člověk na Měsíci.“ - Chris Kraft

„Byla to první posádka, která nebyla posádkou.“ - Günter Wendt o posádce Apollo 11

„Kdybych si mohl vybrat, preferoval bych některé pozdější přistání. Nejen méně pozornosti, ale složitější, více práce a větší pilotní možnosti, než při prvním přistání.“ - Edwin Aldrin

„Pokud by NASA chtěla astronauty s emocemi, poslala by filozofa, kněze a básníka. A ne tři testovací piloty. Taková posádka by ale stejně o emocích nikdy nemohla vyprávět. Ta by tady nikdy neseděla.“ - Michael Collins na předletové tiskové konferenci na otázku, jaké má z chystané cesty na Měsíc emoce

„Více paliva.“ - Neil Armstrong na otázku novinářů, cože by si s sebou nejradši vzal na Měsíc

„Šest měsíců před 16. červencem jsem byl nejzaměstnanější ve svém životě.“ - Edwin Aldrin

„Nejnebezpečnější část letu? Ta, kterou jsme v přípravě přehlédli.“ - Michael Collins

„Jeden zřejmě choromyslný člověk nám poslal dopis, v němž nás varoval před velkými mravenci žijícími na Měsíci. Upozornil, že bude katastrofa, pokud přistaneme v blízkosti některého z jejich mravenišť. A nabídl nám jejich mapu. Pochopitelně za úplatu.“ - Neil Armstrong

„Hej, Houstone! Mohli byste o kousek pootočit Zemi, abychom viděli i něco jiného, než vodu?“ - Edwin Aldrin během televizního vysílání při cestě k Měsíci

„Tak, světe, teď si drž klobouky. Obrátím tě vzhůru nohama.“ - Michael Collins před tím, než v průběhu televizního přenosu otočil vzhůru nohama kameru, kterou snímal Zemi

„Je to pohled, kvůli kterému stálo za to trmácet se tuto cestu.“ - Neil Armstrong, když se kosmická loď Apollo 11 blížila k Měsíci

„Byli jsme jako kuře na grilu. Kdybychom se zastavili dlouho v jedné pozici, mohlo se stát hodně ošklivých věcí.“ - Michael Collins o „grilovacím módu“ lodi Apollo během přeletu k Měsíci

„Co si myslíš o tom, že tvůj otec vstupuje do historie.“ „Že je to prima. A co je to historie?“ - otázka novináře a odpověď syna Michaela Collinse během letu Apollo 11

„Orel má křídla.“ - Neil Armstrong hlásí, že se lunární modul odpojit od mateřské lodi

„Důležité bylo, že jsme byli blízko nad povrchem. Kdyby nám došlo palivo, ztratili bychom schopnost řídit výšku. Motor by vysadil, ale z výšky, ve které jsme byli, bychom dosedli na povrch dostatečně bezpečně.“ - Neil Armstrong k „nedostatku“ pohonných látek v poslední fázi letu před přistáním

„Zde Základna klidu. Orel přistál.“ - Neil Armstrong

„Jo, všechno jsem to slyšel... Fantastické!“ - Michael Collins do rádia po přistání lunárního modulu

„Kde jsem byl, když přistálo Apollo 11 na Měsíci? V posteli s Janet Armstrongovou!“ - William Anders takto odpovídal na otázku, jak vzpomíná na historický okamžik: byl v obývacím pokoji u Armstrongů s mnoha dalšími lidmi; s Janet seděl na gauči

„Pane prezidente, Orel přistál.“ „Úkol splněný, pane prezidente.“ - dvě verze toho, jaký nápis se objevil na stuze kytice, kterou někdo položil na hrob Johna Fitzgeralda Kennedyho den po přistání

„Je to malý krok pro člověka... A velký skok pro lidstvo.“ Neil Armstrong

„Velkolepá pustina.“ Edwin Aldrin poté, co se stal druhým člověkem na Měsíci

„Pokud sestup a přibližování na přistání budeme hodnotit jako devět z desítibodové stupnice, tak bych práci na povrchu označil dvojkou.“ - Neil Armstrong

„Neil měl foťák po většinu doby u sebe a většina obrázků pořízených na Měsíci a obsahujících astronauty zachycovala mě. Zřejmě to byla moje chyba, ale při výcviku jsme to nikdy neodhalili.“ - Edwin Aldrin

„Pokud byl Neil Armstrong první člověk, který vkročil na Měsíc, tak já jsem první vetřelec z jiného světa, který vstoupil na palubu kosmické lodi směřující k Zemi.“ - Edwin Aldrin

„Žádný člověk od Adama nezažil takovou osamělost.“ - Michael Collins

„Měsíc je zajímavé místo pro pobyt. Rozhodně doporučuji.“ - Neil Armstrong

„Moje největší obava v posledních šesti měsících byla, že je budu muset nechat na Měsíci a vrátit se domů sám. Pokud se jim nepodaří odstartovat nebo se zříti na povrch Měsíce, nespáchám sebevraždu. Vrátím se domů sám, ovšem do konce života to v sobě ponesu.“ - Michael Collins

„Najednou mi došlo, že ta malá kulička, krásná a modrá, je Země. Zvedl jsem palec, zavřel jedno oko a můj palec dokázal zakrýt planetu Zemi. Nepřipadal jsem si ale jako obr. Připadal jsem si velmi, velmi malý.“ - Neil Armstrong

„V jednu chvíli cestou k Zemi byla situace tak zlá, že jsme mohli vypnout naše orientační motory a dělat jejich práci osobně.“ - Edwin Aldrin o problémech s větry, které způsobovala pitná voda na palubě lodí Apollo

„Myslím, že Buzz neměl žádný důvod udělat můj snímek a nikdy mě nenašlo, že by měl. Vždycky jsem říkal, že Buzz je nejfotogeničtější z naší posádky.“ - Neil Armstrong k tomu, že existuje jen jediný snímek jeho osoby na Měsíci

„Pilot vrtulníku byl šílenec, který nás začal tahat vzhůru, jen jsme natáhli ke koši ruku nebo nohu.“ - Michael Collins vzpomíná na vytahování ze člunu po přistání

„Byla to nejlepší sbírka lunárních hornin, kterou kdo kdy přivezl na Zemi.“ - Harrison Schmitt po návratu Apollo 11

„Lidé milují konspirační teorie.“ - Neil Armstrong

Citáty byly použity především (nikoliv výhradně) z těchto zdrojů:

- Buzz Aldrin: Mission to Mars
- Buzz Aldrin: No Dream Is Too High
- Buzz Aldrin: Return To Earth
- Collins Michael: Carrying the Fire
- Hansen James: First Man

SPACEX ROKU 2019

Dušan Majer, šéfredaktor portálu kosmonautix.cz

Firma SpaceX se od založení v roce 2002 probíjela celou řadou potíží a problémů a dnes je již etablovaným poskytovatelem služeb vynášení nákladů na oběžnou dráhu Země. Každý rok provede mnoho startů, které z ní dělají jednoho z nejaktivnějších provozovatelů kosmických nosných raket. Firma ale neustále na vavřínech a neustále se snaží o posouvání hranic. V této přednášce bude řeč o pěti nejvýznamnějších momentech, které nám SpaceX přinesla v pomalu končícím roce 2019.

5) Dva starty Falconu Heavy

V loňském roce si odbyla premiéru nejsilnější nosná raketa současnosti – **Falcon Heavy**. Po demonstrační misi jsme museli na první ostrý start s nákladem platícího zákazníka počkat více než jeden rok. Teprve až 12. dubna přišel start s telekomunikační družicí **Arabsat 6A**. Tato pokročilá telekomunikační družice váží 6,5 tuny ale samozřejmě není tím, co většinu lidí lákalo ke sledování startu. Ačkoliv šlo již o druhý start Falconu Heavy, bylo to poprvé, kdy tato raketa startovala ve finální konfiguraci zvané Block 5. Tato verze disponuje řadou vylepšení, která mají zvýšit nosnost a spolehlivost, ale také usnadnit opakovanou znovupoužitelnost. Ostatně boční stupně z této mise měly letět už za několik týdnů na další misi. Jejich přistání na pevnině se podařilo, ale to se bohužel nedá říct o stupni centrálním. Technicky vzato sice na mořské plošině přistál, ale než k němu doplula obsluha, aby jej zajistila, překlopil se a spadl.



Obrázek 1 - Start s družicí Arabsat 6A byl první komerční zakázkou pro Falcon Heavy. Vůbec poprvé navíc tato nejsilnější raketa současnosti startovala v konfiguraci Block 5.

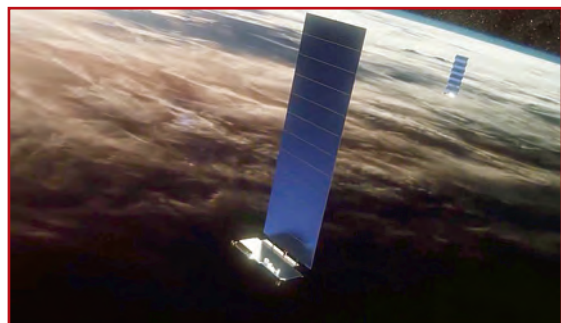
Oba boční stupně z výše popsané mise SpaceX použila pro misi STP-2, která odstartovala 25. června. Šlo o misi pod taktovkou amerického letectva, které si nechalo vynést 24 malých družic na několik různých oběžných drah. Mezi družicemi převažovaly technologické demonstrátory, které ověřovaly třeba ekologicky šetrné palivo družic, atomové hodiny pro hluboký vesmír nebo sluneční plachtění. Postranní stupně dokázaly úspěšně přistát na pevnině, ale centrální stupeň se ani při třetím startu Falconu Heavy zachránit nepodařilo. Vinou silného namáhání při průchodu atmosférou ztratila tryska centrálního motoru schopnost

naklánění, takže se stupeň o přistání na mořské plošině ani nepokusil.

Úspěšný však byl pokus o zachycení aerodynamického krytu. Po mnoha neúspěších se SpaceX konečně dočkala. Opět použila loď s rameny, mezi kterými byla napnutá síť – loď zůstala stejná, změnilo se pouze její jméno. Mr. Steven se přejmenoval na GO Ms. Tree. Hned první mise s novým jménem byla úspěšná a zachycení poloviny krytu se podařilo i při následující misi.

4) Starlink

Po několika letech příprav a testování zkušebních družic Tintin A a Tintin B se SpaceX 24. května pustila do budování **obří družicové sítě Starlink**, jejíž rozsah nemá v historii kosmonautiky obdoby. Při tomto startu SpaceX vynesl celkem 60 družic, které byly v aerodynamickém krytu uloženy těsně nad sebou. Při tomto startu ještě družice neměly všechny systémy, se kterými se počítá v ostré produkci, jejich úkolem bylo ověřit důležité technologie a seznámit se s jejich správou. Každá družice vážila v suchém stavu 227 kilogramů, což společně s pohonným médiem a adaptérem činilo dohromady 16 800 kg. Šlo tedy o nej-



Obrázek 2 - Vizualizace družice Starlink na oběžné dráze s vyklápným fotovoltaickým panelem.



Obrázek 2 - 60 družic Starlink v kompaktní složené formě před startem.

těžší náklad, jaký kdy SpaceX vynesla. Zajímavé je, že SpaceX pro iontové motory nepoužila tradiční xenon, ale levnější krypton, který se zde dočkal prvního ostrého použití.

Do roku 2028 by mělo síť Starlink tvořit zhruba 12 000 družic, přičemž v minulých měsících zahájila SpaceX jednání s Federálním komunikačním úřadem o přidělení licencí pro dalších 30 000 kusů. Jde však prý jen o předběžná jednání, protože firma zatím neví, kolik družic bude potřebovat. Velký počet družic je dán několika důvody. Z nízké oběžné dráhy půjdou vysloužilé kusy snáze stahovat do atmosféry, ale také je tu výhoda kratších komunikačních vzdáleností, tedy kratší zpoždění pro koncového zákazníka.

Už několik hodin po startu

lidé pozorovali na obloze šňůrku či vláček družic. Ze Starlinku se stala atrakce, ale zároveň se ozvali astronomové, kteří vyjádřili obavy z ohrožení jejich pozorování. SpaceX se rozhodla na jejich hlasy reagovat. Další generace prý mají odrážet méně světla. Postupem času se většina družic přesunula na vyšší oběžnou dráhu a stabilizovala se v prostoru. Jelikož se „vláček“ rozložil po celé oběžné dráze, vzdálenosti mezi družicemi se zvětšily a dnes je problém pouhým okem vidět jejich přelety.

Častým argumentem proti podobně velkým sítím jsou obavy z hrozícího počtu kolizí. 2. září se družice Starlink 44 dostala na kolizní dráhu s evropskou vědeckou družicí Aeolus, která nakonec musela uhnout. V médiích se kolem celé situace vyvojila řada nepřesností, ale ve skutečnosti šlo o shodu nešťastných náhod a nedorozumění. Celá situace však odhalila nedostatky aktuálně používaného systému pro vyhodnocování rizika srážek a případných úhybných manévřů. Ukázalo se, že postupem času bude vhodnější přenechat tuto činnost samostatně se učícím počítačovým sítím, které reagují pružněji, rychleji a přesněji než lidé. Práce na takovém projektu již avizovala evropská kosmická agentura a něco podobného chystá pro Starlinky i sama SpaceX.

3) DM-1

2. března odstartovala z rampy 39A raketa Falcon 9 s mimořádným nákladem. Vstříc Mezinárodní kosmické stanici mířil první exemplář soukromé kosmické lodě schopné vozit posádku. V lodi **Crew Dragon** sice ještě nikdo nebyl, ale nepilotovaná testovací mise DM-1 byla pro další vývoj nezbytná. Ačkoliv by loď byla schopna dorazit k ISS ještě v den startu, SpaceX se rozhodla, že se loď připojí až druhý den. Hlavním argumentem byla opatrnost při prvním letu a zájem o tepelnou stabilizaci spojovacího mechanismu.

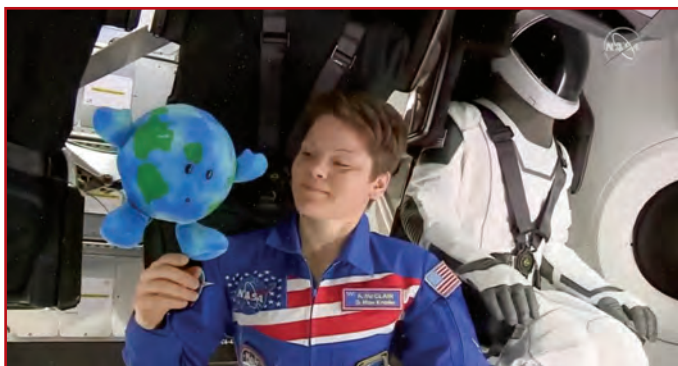
3. března se Crew Dragon přiblížil k ISS a v plně automatickém režimu zahájil přibližovací manévř. Úspěšně zareagoval i na testovací pokyn k zastavení přibližování, který by se použil pro případ nečekaných problémů. Když se ukázalo, že loď reaguje správně, mohla dokončit přibližovací manévř a spojit se s ISS.

Po nezbytné kontrole posádka stanice vstoupila do kosmické lodě a zkontrolovala



Obrázek 2 - Falcon 9 odstartoval 2. března z floridské rampy 39A s prvním exemplářem soukromé kosmické lodě určené pro lidskou posádku.

její stav. Kromě toho, že cítili desinfekci, nedošlo k ničemu mimořádnému. Crew Dragon při své první misi nenesl žádnou lidskou posádku, přesto měl dva neživé pasažéry. Prvním byla figurína přezdívaná Ripley oblečená do skafandru, který budou nosit astronauti SpaceX. Jednalo se o figurínu, jejíž konstrukce odpovídala stavbě lidského těla a která byla prošípována nejrůznějšími senzory. Jejím úkolem bylo samozřejmě sledovat podmínky v kabině lodi od startu až po přistání. Na základě těchto dat pak mohou odborníci přesně sledovat, co by zažíval člověk, pokud by byl v Crew Dragonu. Druhým cestujícím pak byla malá plyšová Zeměkoule, která sloužila jako indikátor dosažení mikrogravitace. Tohoto plyšáka si oblíbila americká astronautka Anne McClain a jeho výrobce během několika hodin hlásil vyprodání všech zásob.



Obrázek 3 - Americká astronautka Anne Mc Clain s plyšovou Zemí a figurínou Ripley v lodi Crew Dragon během jejího pobytu na ISS.

Crew Dragon zůstal u stanice do 8. března, kdy se opět plně automaticky oddělil, odletěl od ISS, rozdělil se na dvě části, provedl brzdící zážeh a zamířil do atmosféry. Na padácích se pak snesl do vln Atlantiku, kde jej vylovila loď GO Searcher. Celá mise DM-1 se obešla bez problémů a očekávalo se, že SpaceX má nakročeno k dalším úspěšným misím, vždyť její konkurent, firma Boeing, měl oproti Muskově společnosti několikaměsíční skluz.

2) Nehoda Crew Dragonu

Vše se ale změnilo 20. dubna, kdy SpaceX prováděla zkoušky pohonného systému. Na rampu, kam běžně přistávají první stupně raket Falcon, přivezla kabinu Crew Dragonu z mise DM-1. Právě tato loď měla mít po své hlavní misi ještě jedno využití – za několik týdnů měla vyrazit na zkoušku záchranného systému za letu. SpaceX se rozhodla, že ještě před samotnou zkouškou záchranného systému otestuje fungování jednotlivých motorů.

Zatímco zkoušky menších motorů Draco dopadly dobře, těsně před zážehem

hlavních únikových motorů **SuperDraco** došlo k masivní explozi, která prakticky kompletně zničila kabinu Crew Dragonu. Bylo jasné, že program potká zpoždění o několik měsíců. Nejprve bylo potřeba dekontaminovat přistávací oblast raket Falcon a zajistit všechny trosky. SpaceX a NASA pak zahájily vyšetřování příčin této anomálie. K dispozici měli kromě úlomků i kompletní telemetrická data nebo telemetrii z rychloběžných kamer.

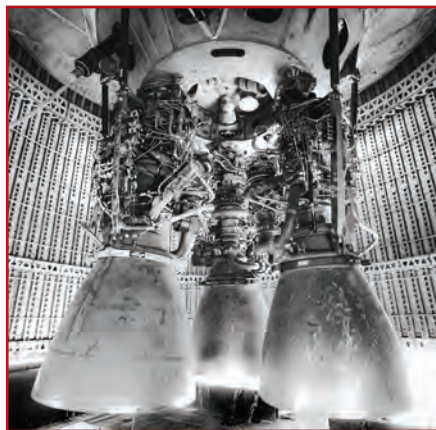
Jako **příčina selhání byla oznámena netěsnost palivového systému**. Okysličovadlo (oxid dusičitý) proniklo do heliového okruhu. Při tlakování systému před zážehem pak tato usazenina velkou rychlostí narazila do titanového ventilu a mechanicky jej poškodila. Odkrytý titan pak začal reagovat s okysličovadlem, což vedlo k explozi. Na základě těchto zjištění SpaceX upravila palivový systém a ventily nahradila spolehlivější technologií.

V současné době má Crew Dragon za sebou testovací zážehy pohonného systému a chystá se na zkoušku záchranného systému za letu, ke které by mělo dojít v průběhu prosince. Pokud obě soukromé firmy splní své plány, budou na začátku roku 2020 na stejné startovní čáře – oběma už bude chybět jen pilotovaná testovací mise.

1) Pokroky programu Super Heavy - Starship

Na konci loňského roku začali technici na texaské základně McGregor svařovat konstrukci, o které si lidé mysleli, že jde o vodojem. Nakonec se mylili – jednalo se o testovací zařízení **Starship Hopper** (zkráceně Starhopper), na kterém si SpaceX chtěla vyzkoušet stavbu a let konstrukce o průměru 9 metrů. Starhopper měl mít původně aerodynamickou špičku, která již byla cvičně umístěna na jeho spodní část. Ačkoliv byla pevně přikurtována, přišel nečekaně silný poryv větru a shodil ji dolů. SpaceX se nakonec rozhodla, že Starhopper nebude létat do takové výšky a takovou rychlostí, aby špičku potřeboval, takže nakonec získal velmi neobvyklý tvar.

Zkušební zařízení dostalo jeden motor **Raptor**, se kterým absolvoval statický zážeh a 5. dubna se vznesl zhruba do výšky jednoho metru. Letěl by i výš, ale lana jej pevně držela na místě. 25. července přišel již s jiným motorem Raptor noční skok do zhruba 20 metrů. Jako poslední zkouška měl přijít skok do výšky 200 metrů, což však bylo nakonec kvůli větší bezpečnosti upraveno na 150 metrů. K tomuto testu došlo 28. srpna a let



Obrázek 3– Tři motory Raptor při zkoušce v prototypu Starship Mk 1.



Obrázek 4 – Testovací zařízení Starhopper při skoku do výšky 150 metrů.

trval zhruba minutu. Starhopper relativně měkce dosedl několik desítek metrů od místa, odkud odstartoval. I když z něj odpadlo několik kusů, mohla být zkouška považována za úspěšnou. V dalších měsících by se měl používat jako testovací stanoviště pro motory Raptor.

Na základně Boca Chica v průběhu letošního roku začal vznikat prototyp lodi Starship, který později dostal označení Mk 1. Na Floridě o něco později začala vznikat podobná konstrukce, která dostala označení Mk 2. Zatímco Mk 1 má využít lehce upravenou rampu, ze které startoval Starhopper, pro Mk 2 musí vzniknout nové zázemí v těsné blízkosti startovní rampy 39A. Na začátku listopadu zde probíhaly zemní práce a instaloval se startovní stůl. Podle informací ze SpaceX spolu obě konstrukční party soupeří, kdo bude mít hotovo dříve, ale kromě toho si vyměňují zkušenosti a poznatky.



Obrázek 5 – SuperHeavy má měřit na výšku přes 60 metrů, Starship více než 50.

Když se Elon Musk rozhodl, že tiskovou konferenci o dalších plánech uspořádá na texaské základně Boca Chica, se práce na Starship Mk 1 výrazně zrychlily. Ačkoliv bylo jasné, že jde jen o zkušební sestavení a po prezentaci bude loď opět rozdělena, aby mohly být všechny systémy v klidu nainstalovány, vzbudilo skládání prvního prototypu velkou pozornost. Když rozměrný autojeřáb usadil horní polovinu na spodní část, vznikl objekt s výškou okolo 50 m a průměrem 9 m.

Na tiskové konferenci 29. září Musk oznámil, že Starship Mk 1 a Mk 2 budou disponovat třemi motory Raptor a během dvou měsíců má přijít skok do výšky 20 kilometrů následovaný motorickým přistáním.

Během roku by pak měl následovat i let na oběžnou dráhu, ke kterému se má použít Starship Mk 3, jejíž stavba možná již začala. Pro let na oběžnou dráhu ale již bude potřebná raketa SuperHeavy. Limitujícím faktorem je v současné době výrobní tempo motorů Raptor. Dnes SpaceX vyrábí jeden motor za 8 – 10 dní, ale už začátkem roku 2020 by to měl být jeden dokončený motor denně.

Zatímco suborbitální skoky prototypů lodí Starship mají mít jen tři motory Raptor, lodě mířící na oběžnou dráhu již potřebují těchto motorů 6. Raketa SuperHeavy má mít zatím neupřesněný počet Raptorů – SpaceX pracuje s rozpětím 24 – 37 motorů. Podle Muskových slov by měla výroba SuperHeavy začít, až budou v Texasu i na Floridě dva exempláře lodí Starship.

Po tiskovce došlo k očekávanému rozložení Starship Mk 1 na jednotlivé části a k odstrojení křídel. V průběhu října se spodní část vydala na startovní rampu, kde ji autojeřáb umístil na startovní stůl. Je tedy pravděpodobné, že právě na rampě proběhne závěrečné složení tohoto prototypu.

Jak uklidit oběžnou dráhu

Ivo Míček, Společnost pro meziplanetární hmotu, z. s.

Každý pokrok je doprovázen vznikem odpadu a jinak je tomu i v případě kosmonautiky. Od vypuštění první umělé družice Sputnik 1 v r. 1957 se v kosmickém prostoru kolem Země dá najít pozoruhodná lidská stopa.

Za uplynulých 62 let se na oběžnou dráhu dostalo v průběhu přibližně 5 000 letů a asi 6 000 satelitů, z nichž je necelá tisícovka stále funkční. Sledovací radarové sítě evidují běžně více než 21 tisíc objektů s velikostí více než 10 cm na nízké oběžné dráze (LEO) a větších než 30 cm na geostacionární dráze (GEO). Počet kusů s velikostí 1 cm až 10 cm se odhaduje na 500 tisíc.

Z celkové hmotnosti je jen asi 6 % aktivních, 38 % představují velké kusy satelitů, kosmických lodí a nosných raket a zbývajících 56 % je dílem přibližně 200 srážek, které takto „rozdrobily“ právě zmíněné větší kusy.

První zaznamenaná fragmentace nastala v r. 1961, kdy se poslední stupeň nosné rakety THOR-ABLESTAR (USA) ve výšce 800 až 1000 km rozpadl na 300 velkých úlomků a ještě v r. 2011 (po 50 letech) jich zde bylo sledováno 176.

Při dnešním tempu 70 až 90 startů raket ročně, je pochopitelně i rostoucí počet satelitů (nemluvě o vypouštění většího počtu najednou při jednom startu) a lze tedy dále předpokládat, že ročně dojde průměrně ke 4 až 5 rozpadům družic, počet (nejen aktivních) objektů ve vesmíru se tak bude dále zvyšovat.

Nejúčinnějším krátkodobým prostředkem ke snížení rychlosti růstu počtu kusů vesmírných úlomků je prevence explozí na oběžné dráze kolem Země (prostřednictvím pasivace vesmírných objektů na konci jejich provozní životnosti) a dále prevence srážek prostřednictvím manévřů zabráňujících kolizi, zatímco objekty jsou stále aktivní. Vedle toho je nezbytné přísné dodržování pokynů pro uvolnění místa na oběžné dráze po aktivní fázi mise. Toto striktní dodržování pokynů pro likvidaci po misi je nejučinnějším dlouhodobým prostředkem stabilizace kosmického prostředí v bezprostřední blízkosti Země a udržení počtu a objemu kosmického smetí na relativně bezpečné úrovni.



Obrázek 1 – Umělecká představa exploze horního stupně nosné rakety produkující velké množství trosek. Zdroj: ESA.

Jedním z preventivních kroků může být i odstranění ročně 5 až 10 velkých objektů z oběžných drah s vysokou hustotou dalších objektů a s dlouhou životností tak, aby se stabilizovala populace kosmického smetí a nedocházelo dále k jejich masivnímu nárůstu.

Čím později začneme, tím horší situace bude a účinnost se bude výrazně snižovat. Interní studie ESA ukazují, že akce nepřetržitého odstraňování kosmického smetí počínaje rokem 2060 by byly o 25 % méně účinné ve srovnání s okamžitým začátkem. Zvláštní pozornost musíme zaměřit na nejcennější oblasti oběžných drah (LEO, GEO představují dnes „chráněné regiony“) a dále na dráhy s výškou 800 - 1 400 km, kde by mohly kaskádově pokračovat kolizní procesy a během několika málo let či desetiletí by se z této oblasti stalo nebezpečné místo pro kosmické aktivity vůbec.

Likvidace družic po skončení životnosti

Pokud je oběžná dráha družic pod 2 000 km (v oblasti LEO), pak se doporučuje, aby byly družice nasměrovány zpět do zemské atmosféry do 25 let od dokončení mise. Pro satelity na geostacionární dráze nebo v její blízkosti je jedinou schůdnou možností reorbitování po dokončení mise na „hřbitovní orbitu“. Doporučená reorbitová výška je asi 300 km nad kruhem GEO. To zaručuje, že reorbitovaný objekt nikdy nebude rušit funkční satelity na GEO.

Ostatní oblasti vesmíru ještě nedosáhly „chráněného“ stavu. Satelity v navigačních seskupeních (včetně Galileo, GPS a Glonass) také provádějí reorbitové manévry, aby uvolnily své cenné operační dráhy. Z těchto drah vedoucích přechodové dráhy zajišťují návrat do zemské atmosféry ve vymezeném období.

Rovněž satelity směřující k Lagrangeovým bodům by měly provádět manévry na konci své životnosti tak, aby uvolnily oblast pro další družice a také aby zajistily, že se satelit nekontrolovaně nevrátí na Zemi.

Pasivace

Během pasivace jsou všechny zdroje a zásobníky energie satelitu vyčerpány, aby se zabránilo náhodnému výbuchu po skončení mise. Taková pasivační opatření mohou zahrnovat vyčerpání/vypouštění paliva a tlakovacích plynů, vybíjení baterií a deaktivaci pyrotechnických zařízení. Zde zaujímá vedoucí roli ESA. Od roku 1997 kdy se provádějí na raketách Ariane řízená vypouštění paliva / tlaku a vybíjení baterie nedošlo k žádným explozím s následnými rozpady.

Design satelitu pro snadnější zánik

Při navrhování kosmických systémů musí být zohledněno splnění bezpečnostních požadavků vůči Zemi v případě nekontrolovaného vstupu do zemské atmosféry prostřednictvím koncepce nazvané „design for demise“.

Prostřednictvím iniciativy ESA Clean Space je agentura odhodlána vyvíjet a testovat nové technologické koncepty zaměřené na zmírňování tvorby kosmického odpadu. Tyto činnosti jsou seskupeny v rámci projektu CleanSat.

Od poloviny 90. let vyvinuly kosmické agentury v Evropě technicky zaměřené pokyny jako Evropský kodex chování, který v roce 2006 podepsaly ASI, UKSA, CNES, DLR a ESA.

Hlavní prvky tohoto kodexu chování jsou v souladu s pokyny IADC a OSN; za účelem přizpůsobení kodexu chování potřebám projektů ESA vyvinula ESA své vlastní požadavky na zmírnění kosmického odpadu pro projekty agentury. Tyto pokyny vstoupily v platnost dne 1. dubna 2008. Od té doby byly nahrazeny normou ISO 24113 z roku 2011 o požadavcích na zmírnění podílu kosmického smetí.

Mezinárodní standardy pro snížení objemu kosmického smetí

Společné normy zaručují stejnou úroveň pro průmyslovou soutěž a pro bezpečný přístup do vesmíru i v budoucnosti. Mezinárodní normy pro snížení objemu kosmického smetí byly vyvinuty v rámci standardizace ISO, například v ISO 24113. Evropská spolupráce v oblasti vesmírné normalizace (ECSS) přijala normu ISO 24113 jako základ pro další využití vesmíru. Výsledné normy ISO však zůstanou nezávazné (jak je tomu u všech norem ISO). Dalším krokem po technické definici a mezinárodní normalizaci je převod pokynů do skutečných předpisů. I když některé země již učinily tento krok a ve svých vnitrostátních předpisech zohlednily snižování objemu kosmického smetí, na celosvětové předpisy se stále čeká – významnou úlohu zde představuje komise OSN pro mírové využití kosmického prostoru - COPUOS.

Projekt Galileo – 30 let od startu významné sondy

*Michal Václavík, Česká kosmická kancelář, o. p. s., Ústav letadlové techniky,
Fakulta strojní ČVUT, Kosmo Klub, z. s.*

Historie

Průzkum vnějších planet Sluneční soustavy je energeticky i časově náročný, proto do těchto míst prozatím zamířilo pouze nemnoho kosmických sond. Z této kategorie Slunci nejbližší, ale i největší je Jupiter. Okolo něj jako první proletěla v prosinci 1973 sonda **Pioneer 10**, následována o rok později sesterskou sondou **Pioneer 11**. Druhou dvojicí sond, které prolétly okolo Jupiteru, byly **Voyager 1** a **2**, jež se nejvíce přiblížily planetě v březnu, resp. červenci 1979. Všechny čtyři průletové mise sice přinesly nové informace, ale také velké množství otázek, na které by nejlépe odpověděla sonda dlouhodobě zkoumající Jupiter a systém jeho měsíců z oběžné dráhy okolo planety. Takovou misí se stala sonda **Galileo**. Pro úplnost ještě dodejme, že v únoru 1992 prolétla okolo Jupiteru sonda **Ulysses**, která ale měla jako hlavní vědecký cíl průzkum Slunce a heliosféry. V březnu 2003 se okolo Jupiteru prosmýkla sonda Cassini při cestě k Saturnu a v únoru 2007 sonda **New Horizons** při své cestě k Plutu. Na úspěch sondy Galileo navázala sonda **Juno** obíhající okolo Jupiteru od července 2016.

Zpátky ale k sondě Galileo. Projekt mise se zrodil v hlavách vědců v polovině 70. let 20. století pod názvem „Jupiter Orbiter Probe“, který odkazoval na hlavní cíl, tj. dopravit vědeckou aparaturu na oběžnou dráhu okolo Jupiteru k dlouhodobému průzkumu. Pro podrobnosti si dovolím odkázat na přednášku Ing. Tomáše Příbyla z roku 2018 pod názvem „Cesty ke vzdáleným světům aneb realizované, neuskutečněné i plánované mise (nejen) k vnějším planetám Sluneční soustavy“, viz sborník přednášek. Dále tedy jenom stručně a směrem k realizované podobě sondy. V roce 1977 bylo schváleno financování mise a o rok později došlo také k jejímu přejmenování na Galileo na počest významného italského astronoma. S vypuštěním se od počátku počítalo na palubě amerického raketoplánu v roce 1982. Zpoždění programu raketoplánu paradoxně napomohlo kvalitnějšímu vývoji sondy Galileo a start byl posunut na květen 1986 na palubě raketoplánu Atlantis. Lednová katastrofa raketoplánu Challenger a následné vyšetřování tyto plány zhatilo a sonda byla vypuštěna až v říjnu 1989.

Popis sondy

Samotná sonda měla velmi nepravidelný tvar s vnějšími rozměry tvaru kužele o průměru 4,6 metrů a výšce 9,0 metrů, které dominovala vysokozisková anténa. Velmi netradičně byl přístrojový a vědecký úsek sondy spojen rotačním mechanismem. Toto řešení přineslo jisté zjednodušení v řízení orientace sondy a také úsporu pohonných hmot, na druhou stranu bylo nutné využít do té doby nevyzkoušená technická řešení, z nichž ne všechna byla šťastně zvolena. S ohledem na místo působení nebyla sonda vybavena fotovoltaickými panely, ale životně důležitou elektrickou energii dodávala **dvojice radioizotopových termoelektrických generátorů** GPHS-RTG (*General Purpose Heat Source – Radioisotope Thermoelectric Generator*) o celkovém výkonu 570 We (v době přiletu k Jupiteru to bylo 493 We). Hlavní komunikační linka pracovala v pásmu X na frekvenci 8,422 GHz a záložní všesměrový systém v pásmu S na frekvenci 2,115 GHz, resp. 2,297 GHz. Pro korekce dráhy sloužil hlavní motor o nominálním tahu 400 N a 12 pomocných orientačních motorků o tahu po 10 N.

Jádro sondy tvořily samozřejmě vědecké přístroje, které můžeme rozdělit následovně:

- **přístroje pro optická a spektroskopická pozorování**
 - přístroje umístěné na otočné stabilizované plošině
 - televizní kamera **SSI** (*Solid State Imaging System*) s CCD detektory pracující ve spektrálních oborech 300 až 650 a 700 až 1000 nm, expoziční časy od 4,167 ms do 51,2 s, připojená k dalekohledu Cassegrainova uspořádání (ohnisková délka 1 500 mm, průměr 250 mm, světelnost f/8.5, zorný úhel 0,46°, úhlové rozlišení 10,16 μ rad/px) a vy-

bavena osmipolohovým karuselem s barevnými filtry pro viditelnou a blízkou infračervenou oblast (střední pásma 404, 559, 671, 727, 756, 889 a 986 nm) a jeden bezbarvý filtr (610 ± 220 nm)

- mapující infračervený mřížkový spektrometr **NIMS** (*Near-Infrared Mapping Spectrometer*) se 17 detektory (15 InSb a 2 Si) chlazenými na teplotu 64 K pro studium chemického složení atmosféry planety a povrchu měsíců připojený k dalekohledu Ritchey-Chretienova uspořádání (ohnisková délka 800 mm, průměr 228 mm, světelnost $f/3.5$, rozlišení 5 až 30 km)

- ultrafialový mřížkový Ebert-Fastieův spektrometr **UVS** (*Ultra-Violet Spectrometer*) se 3 fotonásobiči (spektrální oblast 113 až 432 nm, spektrální rozlišení 0,7 nm pod 190 nm, 1,3 nm nad 490 nm) připojený k dalekohledu Cassegrain-Dall-Kirkhamova uspořádání (ohnisková délka 250 mm, světelnost $f/5$) pro studium chemického složení atmosféry planety

- integrovaný fotopolarimetr a radiometr **PPR** (*Photopolarimeter-Radiometer*) (spektrální obor 0,4 až 45,0 μm) připojený k dalekohledu uspořádání Cassegrain-Dall-Kirkham (průměr 100 mm, ohnisková délka 500 mm, zorný úhel $0,14^\circ$) určený pro zjišťování aerosolových částic v atmosféře Jupiteru, chemické složení atmosféry a oblaků planety a tepelné rovnováhy atmosféry planety, který tvoří

- ◊ fotopolarimetr (ve fotopolarimetrickém režimu 3 kanály v pásmech 410,0, 678,5, a 944,6 nm, ve fotometrickém režimu 7 kanálů v pásmech 618,7, 633,3, 648,0, 788,7, 829,3, 840,3 a 891,8 nm)

- ◊ radiometr (5 kanálů v pásmech 16,8, 21,0, 27,5, 35,5 a 45,0 μm)

- přístroj umístěný na rotujícím úseku

- spektrometr pro oblast extrémního ultrafialového záření **EUVS** (*Extreme UltraViolet Spectrometer*) (128 kanálů, spektrální rozsah 54 až 128 nm, šířka kanálu 0,59 nm, spektrální rozlišení 3,5 nm pro plošné, resp. 1,5 nm pro bodové zdroje, úhlové rozlišení $0,17 \times 0,87^\circ$) určený především pro studium plasmového toroidu na dráze měsíce Io

- přístroje pro studium magnetických polí a korpuskulárního záření umístěné na dlouhém výklopném rameni či na jeho základně

- magnetometr **MAG** (*Magnetometer*) pro studium meziplanetárního a planetárních magnetických polí tvořený 6 cívkovými detektory (3 ve středu ramene s citlivostí ± 512 nT resp. ± 16 384 nT, 3 na jeho konci s citlivostí ± 32 nT resp. ± 512 nT) a kalibračními cívkami

- spektrometr plasmových vln **PWS** (*Plasma Wave Spectrometer*) vybavený rozkládací dipólovou anténou o rozpětí 6,6 m umístěnou příčně na konci ramene a 2 cívkovými anténami na stěžni velké parabolické antény

(258 kanálů, frekvenční rozsah 5,62 Hz až 5,65 MHz u dipólové antény, 5 Hz až 3,5 kHz resp. 1 až 50 kHz u cívkových antén)

- analyzátor plazmatu **PLS** (*Plasma Instrument*), který tvoří
 - ◊ čtyři elektrostatické analyzátoři (64 kanálů v rozsahu od 0,9 eV do 52 keV, časové rozlišení 0,5 s)
 - ◊ čtyři hmotové spektrometry (schopné detekovat ionty H^+ , H_2^+/He^{++} , He^+ , O^{++} , O^+/S^{++} , Na^+ , S^+ , K^+ a SO_2^+)
- detektor mikrometeoroidů **DDS** (*Dust Detector System*) (efektivní účinná plocha 0,1 m², citlivost od 0,1 fg do 1 μg)
- detektor energetických nabitých částic **EPD** (*Energetic Particles Detector*), který tvoří
 - ◊ částicový teleskop s 8 křemíkovými polovodičovými detektory nízkoe energetických částic v magnetosféře **LEMMS** (*Low-Energy Magnetospheric Measurements System*) (32 kanálů, elektrony od 15 keV do >11 MeV, ionty od 22 keV do 55 MeV)
 - ◊ analyzátor izotopového složení **CMS** (*Composition Measurements System*) tvořený dvěma dalekohledy
 - teleskop **TOF** (*Time-of-Flight*) (13 kanálů, jádra vodíku 80 keV až 1,25 MeV, jádra He od 27 keV/u až 1,0 MeV/u, jádra O od 12 do 522 keV/u, jádra S od 16 do 310; keV, jádra Fe od 20 do 200 keV/u)
 - teleskop diferenciální energie (13 kanálů, jádra He od 0,19 do 1,4 MeV/u, jádra O od 0,16 do 10,7 MeV/u, jádra Na od 1,0 do 11,7 MeV/u a jádra Fe od 0,22 do 15,0 MeV/u)
- experimenty využívající rádiového vysílače sondy **RS** (*Radio Science*)
 - vlastnosti plazmatu a nehomogenit slunečního větru v meziplanetárním prostředí
 - studium vlastností atmosféry a ionosféry planety a měsíců v průběhu rádiového zákrytu sondy
 - stanovení hmotností měsíců Jupiteru
 - hledání gravitačních vln o velmi nízkých frekvencích
 - studium sluneční koróny v průběhu konjunkce sondy se Sluncem

Součástí sondy Galileo bylo **atmosférické pouzdro** ke zkoumání horních vrstev Jupiterovy atmosféry. Pouzdro bylo velmi odolné konstrukce ve tva-



Obr. 1.- Atmosférické pouzdro sondy Galileo. Zdroj: NASA

ru kužele o maximálním průměru 1,25 m a výšce 0,86 m. Z celkové hmotnosti připadalo 152 kg na ablativní tepelný štít z fenolové pryskyřice, který kryl větší část povrchu a mohl vydržet krátkodobě teploty až 14 000 °C. Komunikace s mateřskou sondou probíhala v pásmu L na frekvencích 1,3870 a 1,3871 GHz. Na palubě byly umístěny následující experimenty o hmotnosti 28 kg:

- neutrální hmotnostní spektrometr pro studium chemického složení atmosféry **NMS** (*Neutral Mass Spectrometer*)
 - soubor senzorů pro přímé měření teploty, tlaku a nepřímé stanovení hustoty a průměrné molekulové hmotnosti atmosféry
- v závislosti na výšce **ASI** (*Atmospheric Structure Instrument*), který tvoří
- akcelerometry pro měření atmosférického brzdění
 - teploměr
 - tlakoměr
- nefelometr **NEP** (*Nephelometer*) pro studium velikosti, distribuce a fyzikálních charakteristik částic v oblacích na základě rozptylu infračerveného záření (vlnová délka 900 nm, rozsah tlaku okolního prostředí 0,01 až 1 MPa)
 - infračervený interferometr pro stanovení koncentrace hélia v atmosféře **HAD** (*Helium Abundance Detector*) (rozsah měření od 0,3 do 0,8 MPa, relativní přesnost 0,1 %)
 - mnohakanálový radiometr pro měření tepelné energie v atmosféře **NFR** (*Net-flux Radiometer*) (0,3-3,0, 0,3-2000, 20-30, 30-40 a 40-60 μm , měření v rozsahu tlaků 0,01 až 1 MPa)
 - detektor bouřkových elektrických výbojů **LRD** (*Lightning and Radio Emission*)

Detector) se dvěma detekčními systémy

- elektromagnetický rádiový detektor (frekvenční pásma 3, 15 a 100 kHz) pro detekci rádiového šumu a změn magnetického pole
- optický detektor s fotodiodou pro registraci světelných záblesků
- osmikanálový detektor energetických částic **EPI** (*Energetic Particle Investigation*) (3 kanály pro elektrony, 3 kanály pro protony, 1 kanál pro částice alfa, 1 kanál pro těžší ionty)

Hmotnost kompletní družice při startu byla 3 543 kg, z čehož 335 kg připadalo na atmosférické pouzdro.

Průběh letu

Sonda Galileo byla vypuštěna 18. října 1989 na palubě raketoplánu Atlantis při misi STS-34. Na meziplanetární dráhu bylo Galileo uvedeno pomocí urychlovacího stupně **IUS** (*Inertial Upper Stage*) přibližně 6 hodin po startu raketoplánu. Z důvodu použití méně výkonného urychlovacího stupně byla sonda navedena na poměrně komplikovanou dráhu vyžadující postupné gravitační manévry u Venuše (10. února 1990) a dvakrát u Země (8. prosince 1990 a 1992). Odklad vypuštění sondy Galileo si vyžádal krutou daň v podobě nedokonalého rozevření vysokoziskové antény. Naměřená vědecká data byla přenášena, i pomocí nízkoziskové antény, rychlostí okolo 1 kb/s naproti původním 134 kb/s. I přes tyto obtíže se podařilo splnit vědecké cíle, které sonda Galileo měla.

V průběhu cesty k Jupiteru Galileo prolétla 29. října 1991 ve vzdálenosti 1 601 km od planety **Gaspra** a 28. srpna 1993 ve vzdálenosti 2 400 km od planety Ida, u které byl objeven měsíček **Dactyl**. Na oběžnou dráhu okolo Jupiteru byla sonda Galileo navedena 8. prosince 1995. Ještě předtím bylo 13. července 1995 odděleno atmosférické pouzdro, které vstoupilo do Jupiterovy atmosféry 7. prosince 1995 rychlostí přes 47 km/s. Atmosférické pouzdro pracovalo 78 minut a proniklo do hloubky okolo 130 až 160 km. Hustota a teplota atmosféry byly větší, než se očekávalo a taktéž složení neodpovídalo původním odhadům. Bylo detekováno méně vody a helia, taktéž elektrických výbojů bylo detekováno málo. Naproti tomu byla atmosféra velmi turbulentní a rychlost větru přesahovala 600 km/h.

Sonda Galileo obíhala okolo Jupiteru po výstřední oběžné dráze, která se upravovala podle probíhajícího výzkumu, případně vhodné konstelaci pro přiblížení k některému z měsíců Jupitera. **Primární mise** probíhající od roku 1995 do roku 1997 zahrnovala **11 obletů okolo Jupiteru**. Úkolem bylo jak zkoumat Jupiter a jeho magnetické pole, tak i velké měsíce Ganymedes (4 průlety), Europa (3 průlety) a Callisto (3 průlety). Měsíc Io byl krátce zkoumán v den příletu k Jupiteru, neboť prostředí v jeho okolí nebylo pro práci sondy přívětivé. Protože

sonda pracovala výborně, bylo rozhodnuto o prodloužení její činnosti do roku 1999. Protože byly splněny primární cíle, bylo možné pustit se do odvážnějších průzkumů. Šlo zejména o podrobné zkoumání měsíce Europa, dále měsíce Io a Callisto a pokračovalo se také ve sběru dat o Jupiterově magnetosféře.

Prodloužená mise zahrnovala 14 obletů okolo Jupiteru. I když odvážné průlety okolo měsíce Io vedly k poškození některých vědeckých přístrojů, byla sonda stále vědecky hodnotným nástrojem a došlo k třetímu prodloužení mise do roku 2003. To zahrnovalo 10 obletů okolo Jupiteru. Cílem bylo zpřesnit již provedená měření a pozorování. Sonda Galileo pozorovala poprvé na Jupiteru amoniakové mraky, podařilo se dlouhodobě mapovat dynamiku Jupiterova magnetického pole a také strukturu prstenců. U měsíce Io bylo zjištěno jeho komplexní spojení s atmosférou Jupiteru. Taktéž bylo pozorováním prokázáno, že vulkanická aktivita na Io je asi 100krát intenzivnější než na Zemi. U měsíců Europa, Ganymedes a Callisto byly prokázán výskyt podpovrchových oceánů (pravděpodobně slané) vody nebo vodního ledu. Stejně tak mají tyto měsíce exosféru svázanou s povrchem. Překvapivý byl objev, že měsíc Ganymedes je prvním měsícem s vlastním magnetickým polem, které je asi 3krát silnější než magnetické pole Merkuru. Sonda Galileo pracovala u Jupiteru až do 21. září 2003, kdy cíleně vstoupila rychlostí 48,26 km/s do atmosféry Jupiteru a v 19:43:14 UT byly přijaty poslední signály na Zemi. Byla tak ukončena jedna z velkolepých kosmických výprav.

Poznámky

Sborník sylabů ze semináře Kosmické technologie a kosmický výzkum 2019 – část 2

© listopad 2019 Hvězdárna Valašské Meziříčí, příspěvková organizace
Vsetínská 78, 757 01 Valašské Meziříčí IČ: 000 98 639

Telefon: + 420 571 611 928

Web: www.astrovm.cz

Připravil: Libor Lenža

Sazba: Naděžda Lenžová





Sonda Galileo těsně před vypuštěním z paluby raketoplánu Atlantis při misi STS-34. Zdroj: NASA
K článku *Projekt Galileo – 30 let od startu významné sondy*.

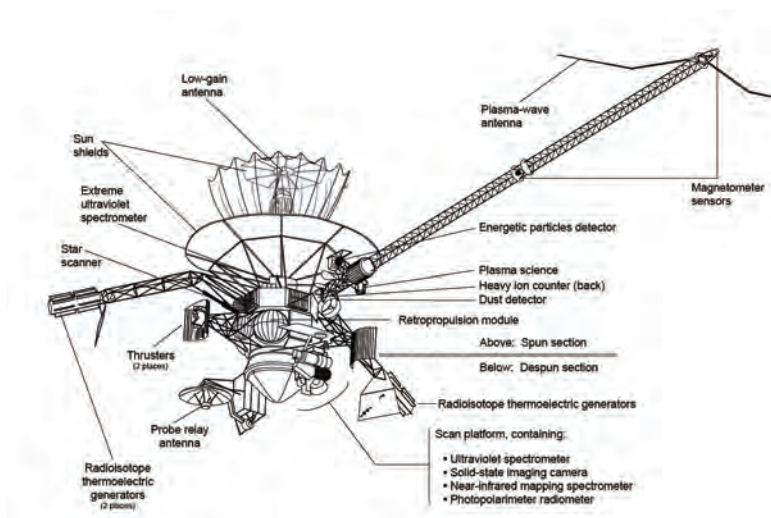
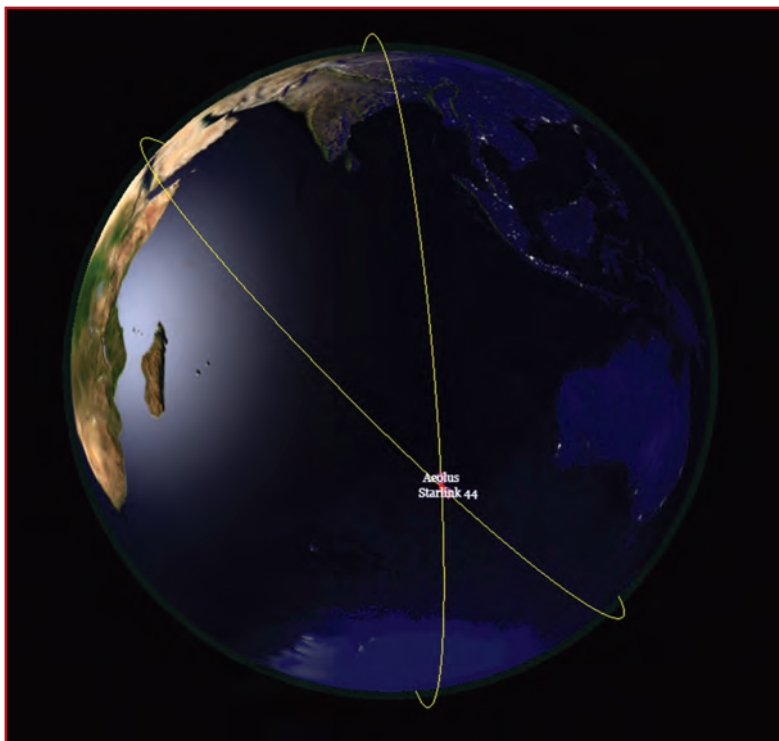


Schéma sondy Galileo. Zdroj: NASA.
K článku *Projekt Galileo – 30 let od startu významné sondy*.

Projekt je spolufinancován z programu Interreg V-A Slovenská republika - Česká republika Fond malých projektů



Aeolus-Starlink: 2. září hrozila srážka družic Starlink 44 a Aeolus. Úhybný manévr nakonec udělala evropská vědecká družice. K příspěvku *SPACE X ROKU 2019*.



Posádka první pilotované mise lodi Crew Dragon. Na misi DM-2 vyrazí Douglas Hurley (vlevo) a Robert „Bob“ Behnken. K příspěvku *SPACE X ROKU 2019*.