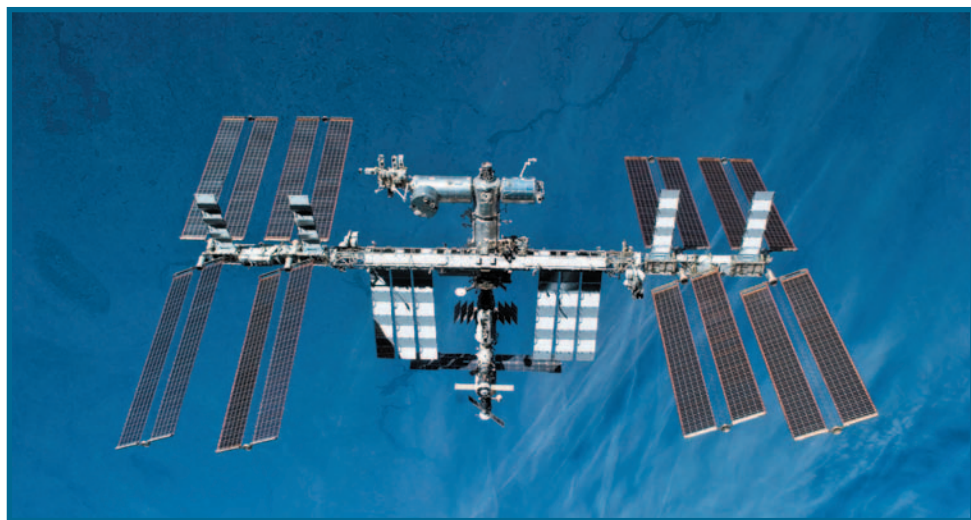




Ke vzdělávacímu programu
Příběhy kosmických technologií
v rámci projektu Obloha na dlani

PŘÍBĚHY KOSMICKÝCH TECHNOLOGIÍ

Připravil Ing. Tomáš Příbyl



Projekt je spolufinancován z Operačního programu Přeshraniční
spolupráce Slovenská republika - Česká republika 2007 - 2013



EURÓPSKA ÚNIA
EURÓPSKY FOND
REGIONÁLNEHO ROZVOJA
SPOLOČNE BEZ HRANÍČ



PROGRAM
CEZHRANIČNEJ
SPOLUPRÁCE
SLOVENSKÁ REPUBLIKA
ČESKÁ REPUBLIKA



Tato akce je realizovaná s finanční
vypomocí Zlínského kraje

Příběhy kosmických technologií

Připravil Tomáš Příbyl (www.kosmonaut.cz)

„Jediným způsobem, jak zjistit meze možného, je odvážit se alespoň malý kousek za hranice nemožného.“

Arthur C. Clarke

Úvodní slovo k elektronické publikaci

Milí přátelé,

svět a věci kolem nás většinou přijímáme s každodenní samozřejmostí. Už se neptáme, komu vděčíme za to, že máme právě tuto „vymoženost“, technologii, pomůcku či věc. Různé obory a oblasti lidské činnosti se podílejí na tomto více či méně zřetelném technickém pokroku různou měrou. Kosmonautika a raketová technika je jistě jedním z oborů, který má velmi vysoký inovační přínos promítající se nejen do rozvoje techniky a technologií, ale také do našich každodenních životů.

Jeden z předních českých odborníků na kosmonautiku a zkušený publicista Ing. Tomáš Příbyl s námi spolupracuje na realizaci projektu Obloha na dlani a je autorem tohoto stručného, ale přehledného a výstižného textu. Jeho cílem je podat základní přehled o těch technologiích a technických „vymoženostech“, za které vděčíme ve větší či menší míře právě kosmonautice, výzkumu vesmíru a raketové technice.

Domníváme se, že je potřeba ukázat, že věda a výzkum, špičkové technologie a technika nejsou pro naši společnost a každodenní život izolované a nepřístupné oblasti. Ba právě naopak. Významně nás inspirují, přispívají k technickému pokroku a zlepšování kvality života.

Mnohdy využíváme celou řadu technických zlepšení, materiálů, technologií a systémů tak samozřejmě, že si ani neuvědomujeme jejich původ, a tedy i další oblast přínosů kosmonautiky pro život člověka.

Tento text je připraven společně s prezentací a přednáškou s cílem ukázat, které věci a technologie našeho každodenního života mají svůj původ v kosmickém průmyslu.

Libor Lenža, ředitel
Hvězdárna Valašské Meziříčí, p. o.

Kosmonautika: příležitost i velké peníze

Abychom si udělali jasnější představu o tom, co kosmonautika obnáší, pak vězte, že v roce 2010 na ni bylo celosvětově vynaloženo závratných 280 miliard dolarů (dle agentury Euroconsult). Což je mimochodem skoro trojnásobek částky, na kterou Spojené státy odhadují náklady spojené s návratem svých astronautů na Měsíc (kteréžto jsou rozložené do nějakých patnácti let).

Nejzajímavější je ovšem podívat se na strukturu oněch 280 miliard. Tak tedy: jen 62 miliard (což není ani čtvrtina celkového objemu) vynaložily na kosmonautiku (civilní i vojenskou) státy a státní organizace. (Pro úplnost: 11,6 miliardy z toho bylo investováno do pilotovaných kosmických letů.) Zbývajících 220 miliard šlo z kapes soukromých firem a investorů!

Tyto budeme těžko podezřívát z toho, že jejich hlavní zájem představuje pátrání po reliktním záření ve vesmíru nebo studium magnetosféry Jupiteru či jeho měsíců. Jejich hybným motorem je ekonomická návratnost, tvorba zisku či tržní podíl (kvůli budoucí ekonomické návratnosti a tvorbě zisku). Poselství se také dá číst jiným způsobem: kosmonautika je atraktivní a vysoce zisková investiční činnost. Dle Evropské kosmické agentury (ESA) se každá měnová jednotka vložená do kosmonautiky vrací ve střednědobém horizontu sedmnáctinásobně!

Investice do kosmonautiky ze soukromých kapes, fondů, od investorů apod. přitom každým rokem rostou. Není tak třeba zaštitovat se frázemi typu „kosmonautika je o poznávání nepoznaného“ nebo „nelze věčně žít v kolébce lidstva“; stačí se jen podívat na suchou řeč čísel.

Kosmonautika potřebuje nové materiály zcela unikátních vlastností. Vyžadují to extrémní podmínky, ve kterých kosmická zařízení pracují - rychlé střídání teplot, jejich extrémní výkyvy, agresivní prostředí, dlouhodobé působení radiace či vysokých teplot apod. Nesmíme zapomínat ani na vysokou míru samostatnosti kosmických zařízení, která přinesla ohromný rozvoj automatizace a prvků umělé inteligence. O nutnosti extrémní spolehlivosti ani nemluvě - jakmile nosná raketa jednou opustí startovací rampu, není cesta zpátky a vše musí za každou cenu fungovat na sto procent. Toto všechno dohromady pak podněcuje hledání nových cest a řešení starých problémů. Nesmíme zapomenout také na testování a zkoušky, které potřebujeme provádět již zde na Zemi - a které často odhalují nové netušené skutečnosti.

Každopádně kosmonautika je něčím, co nás tlačí stále kupředu. Staví nás před nové výzvy, na které odpovídáme novými materiály, technologiemi či postupy. Kosmonautika nás zkrátka nutí dělat věci, které bychom jinak nebyli nuceni realizovat - ale ze kterých máme následně ohromný přínos.

Nikoliv na druhé straně Galaxie, ale tady na Zemi...

Z Marsu na dálnice

Pro výsadek sond Viking (start 1975, přistání o rok později) na planetě Mars nechal Národní úřad pro letectví a vesmír (NASA) vyvinout **speciální vlákno**, které je pětikrát (!) pevnější než ocel. Vlákno bylo použito při výrobě šňůr u padáků, které snižovaly rychlost sond během přistávacího manévru z nadzvukové na podzvukovou. Vývoj vlákna byl zadán firmě *Goodyear Rubber and Tire Company*, která rychle pochopila možnosti jeho využití v pozemských technologiích a začala jej využívat při výrobě pneumatik. Oproti konvenčním pneumatikám se tyto při srovnatelných výrobních nákladech „ojedou“ až po zhruba dvojnásobném počtu kilometrů.

Bezdrátové by nebylo bez kosmonautiky



1. Americký astronaut Alan Bean při odběru vzorku pod povrchové měsíční horniny.

Jedním z požadavků na vývoj nových zařízení pro práci astronautů na Měsíci v rámci programu Apollo byl vrták pro odběr vzorků lunárního regolitu z hloubky až tří metrů. Na něj byl jeden - z dnešního hlediska samozřejmý, ale podívejme se na celou věc optikou šedesátých let - speciální požadavek. Vrták **musel využívat pouze akumulátorovou energii**, nebylo možné táhnout přívodní kabel z lunárního modulu. Přitom se předpokládalo, že hornina může mít až tvrdost betonu. Na první pohled to vypadalo jako neřešitelný oříšek: vytvořit vrtačku, která by odvrátila beton (vlastně betonovou trubičku dlouhou až tři metry) jen s pomocí energie z baterií. Úkolu se zhostila firma

Black & Decker, která s pomocí počítačových modelací začala pracovat na vylepšené konstrukci elektromotoru s vyšším výkonem a nižší spotřebou. Podotýkáme, že něco podobného do té doby na Zemi nikdo neřešil, protože vždycky se „odněkud“ natáhl kabel s přívodem elektrické energie. Firma tak slavila úspěch a astronauti mohli přivést cenné vzorky hornin zpod povrchu Měsíce.

Technologie neskončila v šuplíku: nový motor se stal srdcem vysavače Dustbuster (Vymítač prachu), který byl prvním masově vyráběným domácím **přístrojem na baterie**. V jeho patách pak šly přenosné vrtačky, šroubováky a další elektrické spotřebiče, které už nevyžadovaly pro provoz napájení ze sítě.



2. Kabina kosmické lodi Apollo 1 po požáru, při němž 28. 1. 1968 uhořela posádka ve složení Virgil I. Grissom, Edward H. White a Roger B. Chaffee.

Kalendář ukazoval 27. ledna 1967 a na floridském mysu Canaveral probíhal víceméně tuctový test nové kosmické lodi Apollo, která se měla o měsíc později vydat na premiérovou výpravu do vesmíru. Vše běželo jako při reálném startu - jen nosná raketa nebyla nantankovaná. V kabině byla ve skafandrech trojice astronautů Gus Grissom, Edward White a Roger Chaffee. Náhle se po rádiových vlnách ozvalo osudové hlášení: „*Oheň, cítím oheň!*“ O dvě sekundy poz-

ději: „*Oheň v kabině!*“ A následovala poslední zpráva: „*Máme tady strašný oheň, dostaňte nás odtud!*“ Pak už nic...

V čisté kyslíkové atmosféře se drobný požár rozšířil rychlostí blesku a trojice astronautů se udusila toxickými výpary vznikajícími při hoření. Protože nebylo možné změnit koncepci celé kosmické lodi (čistou kyslíkovou atmosféru využívala proto, že tato umožňovala udržovat menší tlak, než při použití běžné kyslíko-dusíkové atmosféry, kterou dýcháme na Zemi - což umožňovalo výrazně odlehčit konstrukci kabiny), změnila tato událost přístup NASA k riziku požáru při kosmických letech.

Především se naplno rozjel **vývoj nehořlavých materiálů**. V kabině Apollo totiž byly stovky kilogramů materiálů, které v kyslíkové atmosféře vzplály jako věchet slámy. NASA ve spolupráci s *Air Force Materials Laboratory* (Materiálová laboratoř letectva) vyvinula speciální nehořlavé nitě a tkaniny. Ty začaly být nejprve používány v kosmických lodích, později si našly cestu do vojenských letadel. Dnes se z nich vyrábí všechny textilie v dopravních letadlech - počínaje potahy sedadel přes koberce a konče třeba odkládacími sítkami nebo bezpečnostními pásy.

Z těchto speciálních tkanin se také začaly vyrábět oděvy pro hasiče: na rozdíl od dříve používaných azbestových „nehořlavých“ overalů totiž mají celou řadu výhod: jsou ohebné (nelámou se), dají se prát, jsou prodyšné, rychle a snadno se oblékají apod. De facto je to standardní oblečení, jen z nestandardních materiálů.

A pak tu byl ještě jeden důsledek požáru v lodi Apollo: NASA se ve spolupráci s firmou *Honeywell* pustila do **vývoje varovného systému** v případě ohně. Tedy do vývoje známých a všeobecně rozšířených „požárních hlásičů“: ty se poprvé objevily v roce 1973 na palubě orbitální stanice Skylab, dnes jsou jimi vybaveny prakticky všechny (nejen) veřejné budovy na světě.

(Ne)obyčejná lepicí páska

Lepicí pásky - často obecně označované jako izolepy - byly známé a běžně prodávány ještě před nástupem kosmické éry lidstva. Na Zemi slouží ke spojování různých materiálů, k drobným opravám apod. Podobný požadavek se objevil i se zahájením kosmického věku lidstva, kdy se kosmonauti často přeměňovali do rolí opravářů a museli na oběžné dráze improvizovat. Na běžné opravy běžná páska stačila - ale v kosmickém prostředí mnoho běžných oprav není. A tak vznikl požadavek vytvořit lepicí pásku schopnou odolat teplotě až 260 stupňů Celsia. NASA ve spolupráci s výzkumníky ze společnosti *4M Company* úkol zvládla: vznikla pohlíníkováná lepicí páska. Ta se dala použít k opravám jak elektroinstalace, tak potrubí apod. Díky pohlíníkování odráží až 85 procent tepla - a navíc (což je u izolovaných kosmických lodí velmi důležité) se ji podařilo zkonstruovat tak, že nevytváří náboj statické elektřiny.

Až budete zase někdy v obchodě s kutilskými potřebami, rozhlédněte se mezi lepicími páskami. Prvními uživateli těch pohlíníkových byli astronauti...

Golfový míček „Made in raketoplán“

Není to technologie, kvůli jejíž aplikaci by „byl rohlík levnější“, ale jistou zajímavost rozhodně nepostrádá. Řeč je o obyčejném golfovém míčku, na jehož tvaru se podepsaly - kosmické raketoplány! Původní golfové míčky měly na svém povrchu dvacet jamek - firma *Wilson* ale přišla se zlepšením, které znamenalo zvýšení počtu jamek na šedesát společně s úpravou jejich tvaru. Jádro golfového míčku je totiž kapalně: pro studium chování kapaliny po odpalu firma *Wilson* použila **modely chování kapalného kyslíku**, které byly vytvořeny pro vnější nádrž kosmického raketoplánu. Pro optimalizaci tvaru míčku zase byly použité modely a výpočty aerodynamických charakteristik právě této rozměrné (délka 46 metrů, průměr 8,4 m) nádrže.



3. Sergej Krikaljov při nácviu odpalu golfového míčku při výstupu mimo palubu kosmické stanice ISS.

Cyklistická helma

Pokud by se vám dnes dostala do rukou čtvrt století stará cyklistická helma, zděsili byste se okamžitě poté, co byste si ji nasadili na hlavu. Byla totiž několikanásobně těžší, než ty dnešní. A vaše zděšení by pokračovalo poté, co byste ji chvíli měli na hlavě: helma nevětrala, hlava se potila, v létě v ní bylo nesnesitelné vedro...

Výrobce cyklistických doplňků *Giro* si byl v osmdesátých letech těchto zásadních nedostatků vědom, a tak firma oslovila NASA se žádostí o spolupráci. Ta se nakonec promítla do **dvou zásadních zlepšení cyklistických helem**. Jednak do jejich tvarů, které byly aerodynamičtější (tudíž kladly při jízdě menší odpor) a které navíc umožnily instalaci různých větracích děr. Jednak šlo o zlepšení v oblasti použitých pěnových materiálů, které byly lehčí a mnohem lépe plnily ochrannou funkci.

Vítěz Tour de France v roce 1989 Greg Lemond měl tuto helmu z kosmických technologií na hlavě z celého pelotonu jako jediný. O rok později v ní jeli všichni jezdci...



4. Vítěz Tour de France v roce 1989 Greg Lemond s cyklistickou helmou vyrobenou na základě kosmických technologií.

Rovnátko kosmická

V oblasti zdravotnictví je plodem spolupráce NASA a společnosti *Unitek Corporation/3M* materiál nazvaný „**průsvitný polykrystalický hliník**“. Dobrá, ale k čemu je to dobré? K výrobě jedné z nejrozšířenějších zdravotních pomůcek na světě - zubních rovnátek. Model rovnátek představený v roce 1987 v sobě spojil výhody dvou typů do té doby používaných: kovových (pevnost, trvanlivost) a plastových (estetika).

Polštáře, matrace, boty...

Amesovo kosmické středisko NASA vyvinulo na přelomu sedmdesátých a osmdesátých let minulého století speciální termoelastickou pěnu. Oproti klasickým pěnovým materiálům má termoelastická pěna velkou přednost: **přizpůsobuje se tvaru těla**, protože její elasticita roste společně s teplotou. Tedy například tam, kde se lidské tělo pěny dotýká: pěna se tak člověku de facto přizpůsobuje. Původně byla termoelastická pěna vyvinuta pro sedačky letadel, kde kromě role zvýšení komfortu cestujících při dlouhých letech plnila také úkoly bezpečnostní (při případném nárazu absorbovala energii; navíc se dala

použit jako plovací deska) nebo protipožární (je nehořlavá).

Postupně si ale termoelastická pěna našla cestu i do předmětů každodenní spotřeby: dnes ji nalezneme v polštářích, matracích nebo v obuvi. Pěna přizpůsobující se tvaru těla optimalizuje rozložení tlaku - zvyšuje tak komfort spánku, chůze apod.

Silnice jako dráhy pro raketoplány

Kosmický raketoplán je úžasný stroj, přesto má některá výrazná omezení. Při přistávacím manévru jej dokonce někteří astronauti označují za „létající cihlu“: oproti běžným dopravním letadlům klesá desetkrát rychleji a pohybuje se dvojnásobnou rychlostí. Navíc jde o kluzák, který nemůže svůj pohyb jakkoliv korigovat pomocí motorů. Proto musí mít při přistání téměř ideální podmínky a kvalitní dráhu.



5. Raketoplán Discovery (STS-133) na přistávací dráze střediska Kennedy Space Center na Floridě

Výzkumníci NASA studovali, jak zvýšit bezpečnost celého manévru - a po odzkoušení desítek různých metod zjistili, že **vytvoření odvodňovacích drážek** v přistávací dráze zvyšuje účinnost brzd (kromě brzdného padáku, který ovšem byl zavedený až v roce 1992) trojnásobně! Odvodňovací drážky jsou dnes běžnou součástí letištních vzletových a přistávacích drah - a často se tato jednoduchá úprava objevuje také na silnicích. Statistiky NASA konstatují, že na silnicích s odvodňovacími drážkami poklesla za mokra nehodovost o plných 85 procent!

Srdce z raketového motoru

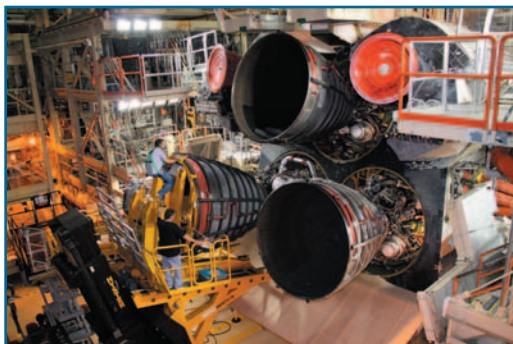


6. Umělé srdce zachraňuje lidské životy.

Umělé srdce je fantastická technologie - ovšem jeho vytvoření provázely ohromné porodní bolesti. Na první pohled sice vypadá docela jednoduše, vlastně jde jen o miniaturní pumpičku, ale realita je jiná. Pumpička totiž nečerpá nějakou homogenní kapalinu, ale krev, která se skládá z kapalné i pevné složky, z látek o různé hustotě, hmotnosti, vlastnostech... Když vznikly první prototypy umělého srdce, zjistilo se, že je to podobné, jako když dáte krev do mixéru - fakticky ji znehodnotíte, protože pevnou složku (např. červené krvinky) prostě a jednoduše „rozmašujete“.

Konstruktéři umělého srdce proto hledali způsob, jak svůj produkt vylepšit - a pomocníky našli u konstruktérů raketových motorů. Ti řešili podobný problém: sice s homogenními palivy, ale zato při extrémních podmínkách. Např. při vysokých otáčkách turbočerpadel (pro ilustraci: uvádí se, že kdyby bylo turbočerpadlo z hlavních motorů raketoplánů použito pro vytvoření vodního gejzíru, dosáhl by téměř do výšky 60 kilometrů!) se v palivu a okysličovadle tvořily bublinky - a ty mají následně na motory úplně stejně zničující vliv, jako kdyby jste do paliva nasypali písek... Proto bylo nutné vypracovat a experimentálně ověřit optimální dynamické modely chování kapalin, aby ony nebezpečné bublinky nevznikaly.

A právě u těchto modelů našli pomoc konstruktéři umělého srdce. Díky raketovým motorům bylo možné upravit tvar pumpičky stejně jako regulovat průtok krve a další parametry - a umělé srdce se tak stalo nástrojem, kterému dnes vděčí desítky tisíc lidí za život.



7. Konstruktéři umělého srdce se poučili u výrobců turbočerpadel raketových motorů; na snímku pohled na trojici raketových motorů amerického raketoplánu.

Copak se skrývá uvnitř hrází?



8. Evropská družice SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity) provádí mj. měření vlhkosti půdy a slanosti vody v oceánech.

Mise Evropské kosmické agentury SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity), která odstartovala v listopadu 2009, provádí kromě jiného měření půdní vlhkosti na pevninách. Jinými slovy: měří přítomnost vody pod povrchem, aniž by s ním přišla do kontaktu. Tento nápad se velmi zalíbil dánské společnosti *Miramap*, která bezkontaktní radar upravila pro použití v ryze pozemských podmínkách. A to pro „nahlížení“ do hrází a přehrad:

tedy do míst, kam se jinak neinvazivními metodami nedá vůbec dostat. Zvýšená vlhkost uvnitř hráze (nebo její změna při dlouhodobém pozorování) totiž může signalizovat vážný problém, který je zapotřebí řešit.

Není průvan jako průvan

Z Česka známé nejsou - ve světě ale bývají poměrně běžnou součástí dálničního koloritu. Řeč je o budkách určených na výběr mýtného. Jejich obsluha si často stěžovala, že se v nich hromadí výfukové zplodiny a že se budky jen velmi špatně větrají. Do hry se následně vložila NASA (žádná jiná organizace na světě nemá tak rozsáhlou databázi modelů a zkušeností s prouděním vzdušných mas při nejružnějších podmínkách), která problém pomohla řešit a **navrhla aerodynamickou konstrukci budek**, do kterých zplodiny proudí jen minimálně a ve kterých se neudrží.

Ostatně, sama NASA předala tyto znalosti už dříve třeba výrobcům družic nebo kosmické techniky, kde je v **místnostech vyžadována maximální až sterilní čistota** - a kde je tedy zapotřebí řídit kromě jiného i proudění vzduchu, aby nedocházelo k usazování prachu. Od těchto výrobců následně putovaly „kosmické“ znalosti o proudění vzduchu a jeho řízení do dalších provozů, kde je zapotřebí udržovat vysokou čistotu - do nemocnic, továren na citlivé elektronické nebo optické přístroje, ale třeba i do potravinářských provozů. Inu, není průvan jako průvan.

Práce se sklem, to je věda

Jedním z obecných trendů poslední doby je stavba nízkoenergetických nebo dokonce tzv. nulových domů. Ta se ale často neobejde bez speciálních materiálů - ostatně, třeba takový mrakodrap osazený běžnými skleněnými panely by v létě

připomínal skleník a v zimě tepelný zářič. Což asi není tak docela žádoucí. Proto je zapotřebí rozměrné skleněné desky pokrývat různými doplňkovými materiály - ale ani to není jednoduché. Tyto potahovací vrstvičky totiž musí být supertenké a nanesené co nejpravidelněji. Jinak se bude stejně nepravidelně (tedy nevypočitatelně) chovat celá stavba s tisíci či desítkami tisíc metrů čtverečních skleněných ploch.

Opět přišla na pomoc kosmická technologie: konkrétně přístroj Evropské kosmické agentury, který měří v bezprostřední blízkosti Mezinárodní kosmické stanice množství atomárního kyslíku. Ten má totiž silně erozivní efekt zvláště na optické povrchy (průzory stanice, různé kryty přístrojů apod.). Proto je zapotřebí jej sledovat a celý fenomén co nejlépe pochopit. A právě tento přístroj našel svůj nový domov ve sklárnách, kde panují (podobně jako na oběžné dráze) velmi drsné podmínky. S jeho pomocí nyní vznikají **běžné skleněné tabule potahované dosud nevídanými materiály - a s dosud netušenými vlastnostmi.**

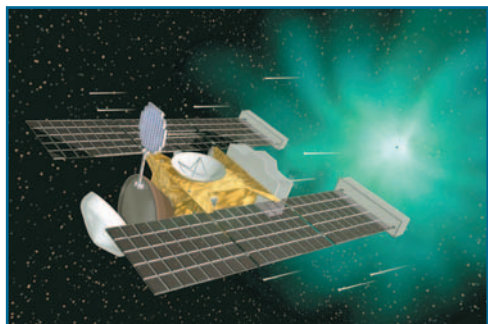
Pivo pod (satelitním) drobnohledem

Holandská pivovarnická skupina *Heineken* spustila ve spolupráci s *IBM* pilotní projekt Beer Living Lab, jehož cílem je **sledovat pohyb** piva pomocí družicových technologií. V praxi to funguje tak, že prozatím dvacet kontejnerů bylo vybaveno technologiemi GPS (globální družicový navigační systém), GPRS a GSM, takže je možné v každém okamžiku sledovat jejich pohyb. *Heineken* si od tohoto pilotního projektu slibuje snížení nákladů, redukci administrativy (uvádí, že ročně potřebuje pět miliard papírových dokumentů jen v rámci mezinárodní přepravy!) a zlepšení přehledu o stavu zásob.

Počítání zrnek obilí

Co mají společného kombajn plazící se po poli a sofistikovaná kosmická sonda řítící se rychlostí desítek kilometrů za sekundu ke kometě? Možná více, než si myslíte. Pro meziplanetární sondu **Stardust**, jejímž úkolem bylo do speciálního lapače zachytávat jak částice přilétající do naší Sluneční soustavy z mezihvězdného prostoru, tak odebrat prach z ohonu komety Wild-2, vyvinuli vědci zajímavý přístroj: počítač prachových částic (vycházel přitom z konstrukcí už dříve použitých na evropské sondě Giotto a sovětských automatech Vega). Ten umožňoval sledovat zásahy i úplně drobnými částicemi, takže podrobně mapoval jak jejich hustotu, tak velikost - a přispěl tak k vytvoření přesného trojrozměrného obrazu podoby kometárního ohonu.

A kde je onen slibovaný kombajn? Kohosi napadlo dát tento supercitlivý počítač částic právě do kombajnu, kde - světe, zboř se - počítá vymláčená zrníčka obilí! Dobrá, k čemu je ale dobré znát úrodu s přesností na zrníčko?



9. Americká kosmická sonda Stardust určená ke sběru kometárního prachu.

Vlastně k ničemu - ale **průběžné sledování množství vymlácených zrníček** umožňuje upravovat rychlost kombajnu. Nejede zbytečně rychle (a nezůstávají za ním napůl plné klasy)? Nebo nejede příliš pomalu (a neplýtvá tudíž palivem a časem)? Praktické pokusy s touto technologií ukázaly, že dokáže zvýšit výnosnost z polí v řádu procent. Procento sem, procento tam? Pak vězte, že jedno jediné procento u celosvětové sklizně pšenice představuje zhruba sedm

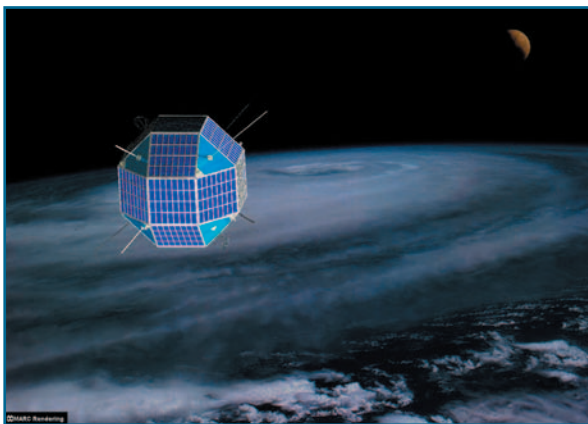
milionů tun. Což zasytí Českou republiku osmkrát...

Aby dobré dobrým zůstalo

V případě kosmických letů je kladený maximální důraz na bezpečnost potravin. Je jen těžko představitelná situace, kdy by se třeba planetolet vydal k Marsu - a posádka po několika měsících letu zjistila, že se z takového nebo makového důvodu zkazily všechny potraviny. A že je tedy u tříleté mise nejprve odsouzena ke kanibalismu a vzápětí k neodvratné smrti hladem. Proto NASA ve spolupráci se společností *Pillsbury Company* vyvinula systém HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point), který naprosto jasně danými pravidly, metodikami a měřeními **dokáže předcházet problémům s kvalitou potravin** (než je následně a marně řešit dodatečně). Metodika HACCP je dnes na celém světě standardem v potravinářském průmyslu.

Airbag: vždy připraven!

Airbagy jsou dnes nepostradatelnou součástí každého automobilu - nejsou jimi vybavena jen místa řidiče, ale také spolujezdce nebo zadní sedadla, známe i airbagy boční apod. Jistě, mají i své mouchy - třeba v USA bylo mezi lety 1990 až 2008 přičteno airbagům 174 zabití (hlavně dětí, neb často seděly na místech, kde neměly), ale zároveň je

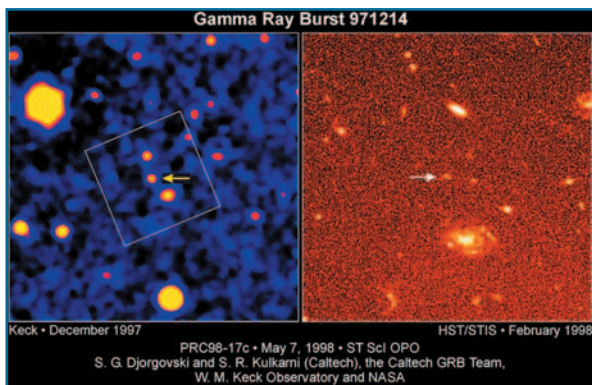


10. Český mikroakcelometr Macek byl mj. umístěn na samostatné české družici MIMOSA.

jim přičítána záchrana 6377 životů. Každopádně airbag musí fungovat maximálně spolehlivě - a ve zlomku sekundy jednak poznat mimořádnou situaci a jednak se uvést do „operačního“ stavu. Právě pro rozpoznání nebezpečné situace se používají akcelerometry: drobné detektory, které v tisícině sekundy zaregistrují zrychlení v netypickém vektoru nebo nestandardní velikosti (způsobené nárazem), která nemohou být zapříčiněna divokou jízdou apod. **Akcelerometry si automobilový průmysl vypůjčil právě z kosmonautiky**, kde mají široké uplatnění při měření Země (každá drobná odchylka je podstatná) nebo okolního prostředí (např. atmosféry). Pro představu: akcelerometry na evropské družici GOCE jsou tak citlivé, že dokážou zaregistrovat i náraz jednotlivých atomů do satelitu! Je to podobné, jako kdyby na Zemi byl v automobilu přístroj, který zaregistruje změnu rychlosti poté, co se o přední sklo rozplácne moucha...

Kosmický teleskop míří na rakovinu prsů

Rakovina je jednou z metel lidstva - třeba na rakovinu prsu umírá ročně skoro půl miliónu žen (v roce 2008 to bylo přesně 458 503 zaznamenaných úmrtí, což představovalo přesně 13,7 procenta úmrtí žen na rakovinu). Včasná diagnóza je přitom základem, neb s rakovinou prsu úspěšně bojuje 85 procent pacientek.



11. Přístroj *Space Telescope Imaging Spectrograph (STIS)* umístěný na palubě *Hubbleova kosmického teleskopu* slouží k pozorování těch nejvzdálenějších vesmírných objektů; silikonové čipy vyvinuté pro tento přístroj jsou využívány v lékařských přístrojích.

Donedávna platilo, že když mamografické a/nebo rentgenové vyšetření objeví v prsu podezřelý tvar, musí vzít lékař skalpel a odebrat vzorek tkáně k dalšímu vyšetření (Jde o nádor zhoubný či nezhojný? V jakém je stádiu? Jakou zvolit další léčbu?). Bylo to jednak zdlouhavé, nepříjemné a kapku nebezpečné (úkon se prováděl v celkové narkóze).

S pomocí silikonových čipů vyvinutých pro přístroj

STIS na Hubbleově kosmickém teleskopu (vybaven jím byl v roce 1997) se nyní celá procedura zjednodušuje. Firma *LORAD Corporation* čip zapracovala do sofistikovaného přístroje, který získává mnohem přesnější a kvalitnější snímky, než dosavadní technologie. Lékař tak nemusí brát do ruky skalpel, ale stačí mu k odběru podezřelé tkáně jen speciální jehla. Protože se zákrok provádí při lokálním umrtvení, není nutná hospitalizace - šetří se tak čas, bolest, zvyšuje rych-

lost. Podstatná je i ekonomická stránka věci: jedno vyšetření pomocí kosmické technologie vyjde na 850 dolarů, zatímco tradiční metoda „řezání skalpelm“ stála kolem 3500 dolarů.

Nehledě na estetickou stránku věci: vpich po jehle je přece jen něco jiného, než jizva po práci skalpelu.

Navigace podle družic

Ač americká armáda začala globální systém družicové navigace GPS (Global Positioning System) budovat již v sedmdesátých letech, dlouhé roky si jej chránila jako cennou komoditu. Až o dvacet let později uvolnila jeho navigační signál k volnému použití a tehdy se zrodil zcela nový obor - **zařízení s družicovou navigací**.

Satelitní navigace vede po nejkratších cestách letouny na dálkových trasách, automobily mezi městy i v nich, mají ji běžní smrtelníci v mobilních telefonech, zrodil se dokonce i nový sport - geocaching (vyhledávání skrýší na „tajných“ místech právě s pomocí zeměpisných souřadnic). S dalším zpřesňováním (evropský systém Galileo slibuje navigační signál s přesností plus minus deset centimetrů) systémů se objeví nové aplikace - třeba automatické přistávání letadel (již dnes experimentálně zkouší jak NASA, tak ESA) nebo vedení slepců pomocí hlasových přístrojů. Aplikací tohoto fenoménu, který by bez kosmonautiky nemohl vzniknout, jsou zkrátka tisíce.

Krom toho jde i o ekonomicky zajímavou oblast. Zatímco dnes se celosvětové tržby subjektů pohybujících se v oblasti satelitních navigací pohybují v řádu miliard eur ročně, už za deset let bude všechno jinak. I nejpatričtější prognózy hovoří o tom, že trh s hardwarem navázaným na družicovou navigaci bude v roce 2020 celosvětově činit 25 miliard euro. A trh se softwarem (mapy, aplikace...) a související služby dokonce bude mít ve stejném roce celosvětový obrát ve výši 50 miliard euro.



12. Soustava družic evropského navigačního systému Galileo.

Záchrana přicházející shůry



13. Schéma záchranného kosmického systému SARSAT-KOSPAS.

KOSPAS-SARSAT je název globálního záchranného systému, který začali v roce 1979 utvářet Francie, Kanada, SSSR a USA. Jeho princip je jednoduchý: pasivní přijímače na několika družicích (zpravidla meteorologických) čekají, až někdo v nouzi kdekoliv na světě vyšle nouzový signál. Ten pak s určitou přesností zaměří a zprávu bleskurychle předají do některého z řídicích středisek, které následně zorganizuje záchrannou operaci. Samozřejmě, že nouzový signál nevysílá někdo uprostřed města - systém je navržený na pomoc v nouzi v odlehlých oblastech bez mobilního sig-

nálu a daleko od civilizace. Tedy v pouštích, na širých oceánech, v polárních oblastech apod. Během třiceti let fungování systému byla jeho prostřednictvím poskytnuta pomoc 28 tisícům lidí při 7 700 mimořádných událostech. Velmi špatně se vyčísluje, kolik z nich by bez pomoci skutečně zahynulo a u kolika došlo „jen“ k rychlejší aktivaci záchranných složek - vzhledem k tomu, že k průšvihům dochází v odlehlých oblastech, dají se zachráněné životy s klidným svědomím počítat na tisíce.

Z kosmické stanice na montážní pás

Další korpus vozidla Volkswagen sjíždí z dopravníku a brzy do něj bude namontována přístrojová deska. Jeho rychlost a přesná pozice jsou přitom kontrolovány stejnou technologií, která slouží k automatickému připojování lodí k Mezinárodní kosmické stanici. A to proto, že instalace přístrojové desky je delikátní operací, při které docházelo velmi často k jejímu poškození: puštěnou montážní linku není možné zastavit a samotná přístrojová deska je přitom tak rozměrná... Systém využívá software i detekční hardware vyvinutý Evropskou kosmickou agenturou pro nákladní loď ATV, která dopravuje najednou až sedm tun zásob na kosmickou stanici. Systém je schopen předvídat budoucí trajektorii pohybu dvou různých těles a provádět „manévry“ tak, aby došlo ke koordinaci pohybu s přesností na milimetry. Je přitom lhostejné, zdali vede nákladní loď - nebo právě přístrojovou desku.

Nášlapné miny: najít i zneškodnit!

Problém nášlapných protipěchotních min straší svět již desítky let - podle odhadů dnes v zemi číhá kolem 110 miliónů aktivních min v sedmdesáti zemích

světa! A zhruba stejný počet se nachází ve vojenských arzenálech, kde čeká na své nasazení. Kosmické technologie přitom **pomáhají jak při nalézání, tak při likvidování nášlapných min**. Například technologie vyvinuté pro bezkontaktní vyhledávání skrytých vad a trhlin v různých materiálech nacházejí uplatnění v přístrojích na hledání min nové generace. Protože tyto materiály nejsou pouze kovového charakteru, jsou přístroje schopné odhalit pod zemí miny vyrobené prakticky z jakéhokoliv materiálu.

A když už je mina nalezena, je možné použít vynález společnosti *Thiokol*, která je výrobcem gigantických pomocných motorů ARGB na tuhé pohonné látky pro kosmické raketoplány. Tyto motory jsou plněné speciální směsí, která má při hoření teplotu až 3300 stupňů Celsia! Miny se pak likvidují tak, že je k nim přiložena malá kapsle s tímto palivem, které je následně zapáleno. Vzniklá teplota spolehlivě propálí jakýkoliv plášť miny - a její obsah následně neškodně vyhoří. (Tím, že je porušena celistvost pláště miny, nedochází k natlakování jejího obsahu a jeho následnému explozivnímu roztržení.)

Skafoandry pro stadióny



14. K zastřešení stadionu Georgia Dome v Atlantě byla použita tkanina vyrobená pro konstrukci kosmických skafoandů.

Sportovní stadióny jsou obrovské konstrukce, které je velmi obtížné a nákladné zastřešit. Ovšem trend poslední doby spočívá právě v zastřešení, protože pořadatelé různých sportovních či jiných akcí na stadiónech již nechtějí (vzhledem k nákladnosti těchto akcí) být odkázáni na milost a nemilost rozmarům počasí.

Přitom řešení existuje - a běžně se používá (příkladem budiž stadióny Georgia Dome v Atlantě, olympijský stadion v Římě nebo rozměrné letištní terminály v Denveru, stát Colorado). Spočívá ve **využití tkaniny**, která byla původně vyvinuta pro lunární skafoandry: střecha vyrobená z této tkaniny má ve srovnání s klasickou pevnou konstrukcí jen třicetinovou (!) hmotnost. Klasické střechy se ale vyrovná svou trvanlivostí, navíc nerezaví - a dokonce je pevnější, než železo. Tkanina navíc velmi dobře izoluje (a odráží teplo), což v konečném důsledku snižuje náklady na klimatizaci.

Virtuální realita řeší reálné problémy

Virtuální realita je úžasná technologie: umožňuje přenést pohyb člověka na místo, kde by jinak byl jeho výskyt spojený s nebezpečím (např. může ovládat robota v chemicky či radioaktivně zamořené oblasti), nebo kam se prostě fyzicky nemůže dostat (např. ovládání operačního robota na lunární základně chirurgem přímo ze Země). Tím výčet možností virtuální reality samozřejmě nekončí: kosmonauti si mohou před návštěvou orbitální stanice prohlédnout svůj budoucí domov opravdu důkladně a z absolutně všech stran i vzdáleností, vojáci se mohou rychle připravit na střet s nepřítelem v určité budově - a architekt (stejně jako investor či budoucí uživatel) si svoji stavbu může projít ještě dříve, než je položený základní kámen.

Vězte přitom, že první prakticky použitelný systém virtuální reality vznikl v první polovině osmdesátých let na půdě Amesova kosmického střediska v Kalifornii.

Tyto technologie NEJSOU kosmické

Byť se to v případech následujících technologií často uvádí, nevznikly v jakékoliv spojitosti s kosmonautikou - i když ta je následně zpopularizovala a využívala. A ve všech případech si je také neprávem „přivlastnila“.

Instantní nápoj TANG

Tento populární nápoj má naprosto jasně vysledovatelnou minulost. Poprvé jej vytvořil chemik William Mitchell zaměstnaný společností *General Food Corporation* v roce 1957. O dva roky později se nápoj v neznámější - práškové (tedy instantní) - podobě dostal na trh, ale neměl velkého úspěchu. Spíše živořil a firma uvažovala o jeho stažení. Pak však přišel dramatický zlom: NASA tento instantní nápoj vybrala pro své astronauty ke konzumaci ve vesmíru. Ocenila především to, že si každý astronaut může namíchat koncentraci dle své chuti nebo že jsou k dispozici různé příchutě. Jakmile se americká veřejnost dozvěděla, že národní hrdina - John Glenn, první Američan na oběžné dráze (únor 1962) - konzumoval během své kosmické cesty právě tento nápoj, strhlo se celonárodní „TANGové“ šílenství. Nápoj rychle vstoupil do podvědomí veřejnosti a stal se vysoce ceněnou značkou. Ale pro kosmický průmysl skutečně nevznikl - ten mu jen propůjčil punc originality.

Teflon



15. Teflonová pánev.

Polytetrafluoretylen (PTFE) je známý pod obchodním názvem teflon. Víceméně nedopatřením jej jako první sloučil chemik Roy Plunkett z firmy *Kinetic Chemicals* už v roce 1938 (o nějaké kosmonautice tedy nemůže být ani řeči). Zkoušel najít vhodnou náhradu pro chladicí zařízení, kde se používaly freony. **Teflon**

je chemicky velmi netečný a navíc velmi kluzký (uvádí se, že je to jediný známý povrch, na kterém se neudrží ještěrka), našel uplatnění ve fyzice, chemii (první použití při přípravách vysoce reaktivních chemických látek pro projekt Manhattan), sportu (lyže aj.), v kuchyni (slavné teflonové pánve) - a samozřejmě také v kosmonautice (např. palivové potrubí vysoce reaktivních pohonných látek nebo některé vrstvy skafandru). Ovšem opět: kosmonautika není rodičem tohoto materiálu, toliko jeho vděčným uživatelem.

Suchý zip

Suchý zip alias velcro vytvořil v roce 1948 švýcarský elektroinženýr George de Mestral (na nápad ale přišel o sedm let dříve. Patentoval si jej až v roce 1955 - stále jej totiž zdokonaloval (což platilo i na období po patentování, než jej uvolnil pro komerční produkci). Suchý zip našel své uplatnění v mnoha oblastech lidské činnosti: od oděvnictví po automobilový průmysl. Nejčastěji uváděným příkladem je použití v kosmonautice (kde je zastoupen opravdu hodně) - ovšem zde našel pouze uplatnění, nezrodil se.



16. Suchý zip má v běžném životě opravdu široké uplatnění.

Pohádka o kosmické propisce a obyčejné tužce

„Když NASA poslala první kosmonauty do vesmíru, zjistila, že psací pera nefungují při absenci gravitace. Vyřešením tohoto problému pověřila konzultantskou společnost. Po deseti letech a 12 milionech dolarů Američané mají pera schopná psát v jakékoliv pozici a v rozmezí teplot mínus 140 až plus 120 stupňů Celsia.

Rusové používají tužky.“

Tolik často omílaný, vtipný, ale nepravdivý příběh o „kosmických technologiích“. Ve skutečnosti jak NASA, tak Rusové již od počátku používali na oběžné dráze právě tužky. Problémem byla občasná ulomená tuha, která pak poletovala po kabině, ale to bylo vše. Stejně tak používali i propisky: absence gravitace jim skutečně moc nesvědčila, ale protřepání vždy celou věc spolehlivě vyřešilo.

Kosmické pero (Space Pen) ovšem skutečně existuje. Vyvinul jej magnát v oblasti psacích potřeb Paul C. Fisher - a to bez jakékoliv objednávky či na vnější popud, zcela „na své triko“. V roce 1965 poslal výsledek svého výzkumu (který údajně skutečně stál kolem milionu dolarů, nicméně znovu opakujeme: platil jej z prostředků vlastní firmy) do vesmírné agentury NASA, a ta po pečlivých testech zařadila pero AG7 (Anti Gravity) do inventáře všech letů s posádkou. Cena jednoho takového „unikátního pera“? V šedesátých letech kolem tří dolarů za kus, dnes pět až deset. Fisherovi se jeho investice ovšem bohatě vrátila v podobě reklamy: svých „kosmických per“ prodala firma dosud desítky miliónů.

A propo, v roce 1969 si jich stovku pro své kosmické mise zakoupili (a následně se stali stálými zákazníky) také Rusové...

Otázky a odpovědi

Otázka:

V čem je právě kosmonautika tak výjimečná oproti jiným oborům?

Odpověď: Žádný jiný obor jako kosmonautika nemá tak široký záběr - proto řeší nejkomplexnější problémy, a proto pokrývá tolik oborů a oblastí lidské činnosti. Prakticky nenajdete oblast lidské činnosti, která by se v kosmonautice nějak nezrcadlila (včetně sociologie nebo třeba archeologie). Díky této pozici oboru zastřešujícího jiné obory hledá kosmonautika odpovědi na velmi složité otázky - a naopak, její výstupy mají extrémně široké uplatnění.

Otázka:

Opravdu by „kosmické technologie“ nebyly bez kosmonautiky?

Odpověď: Některé přínosy kosmických technologií mohou skutečně působit (a vlastně jsou) velmi jednoduše - proč tedy potřebujeme něco tak nákladného, jako je kosmonautika, k jejich dosažení? Příkladem budiž třeba výše popisované drážky na letištních plochách a silnicích, které odvádějí vodu. Pravdou ale je, že takovéto jednoduché opatření před příchodem kosmických raketoplánů neexistovalo. Prostě jej nikdo komplexně neřešil - a nepřišel na ně.

Jistě, na spoustu věcí, technologií i služeb by se bezpochyby postupně přišlo i bez kosmonautiky. Ale právě ona nám je v určitém okamžiku přinesla, žádné „kdyby“ tu není. Kosmonautiku lze s klidným svědomím považovat za katalyzátor vývoje a rozvoje. Zítřejší technologie nám přináší již dnes...

Otázka:

Je nějaký projekt, kde by byla hodnota přesně vyčíslena?

Odpověď: Krásným příkladem může být třeba program Apollo - pilotovaná výprava na Měsíc. Jednak proto, že se stavěl prakticky „na zelené louce“ (tudíž nevyužíval minulých zkušeností či jiných programů), jednak probíhal velmi krátce (tudíž nevzniká problém se změnou hodnoty peněz v čase) a jednak měl přesně dané výstupy (takže není sporu, co z něj vzešlo - a co nikoliv). Uvádí se, že Spojené státy vložily do projektu Apollo do okamžiku prvního přistání na Měsíci v červenci 1969 částku 24 mld. dolarů (reálně projekt ještě několik let dobíhal, ale už se nic nevyvíjelo a navíc byla většina zařízení včetně raket, lodí nebo lunárních modulů v roce 1969 už vyrobena).

Za to získala americká ekonomika během následujících dvaceti let přínos odpovídající hodnotě 300 až 400 mld. dolarů (záleží na použité metodice). Šlo o vytvoření kvalifikované pracovní síly, nové materiály, technologie, služby či

postupy, rozvoj podnikání v určitých oblastech, vyšší konkurenceschopnost amerických firem apod.

Otázka:

Má po více než půlstoletí kosmických letů smysl v tomto dobrodružství dále pokračovat? Dá se ještě přijít s něčím převratným?

Odpověď:

Kosmonautika není uzavřenou kapitolou a stále nás staví před nové výzvy. NASA každým rokem zveřejňuje seznam technologií a služeb, které z kosmického prostředí „prorazily“ do běžného života - typicky jich je kolem padesáti.

Je ale pravdou, že posledním skutečně velkým impulsem pro kosmonautiku byl vývoj raketoplánů: na další desítky let se americká kosmonautika (coby největší zdroj transferu technologií) zastavila a přešlapovala na místě. Což ale není chyba samotné kosmonautiky, ale zvolené koncepce: namísto vývoje něčeho nového se zhruba 200 mld. dolarů „utopilo“ v opakovaných letech raketoplánů do vesmíru. Nyní tedy kosmonautika čeká na nový impuls, na nový velký program - stylu Apollo nebo přinejmenším raketoplánu.

Náklady na kosmonautiku ve světle reálných čísel

Na kosmonautiku se nemůžeme dívat mikroekonomickými čísly (např. cenou housky v krámě nebo řízku v restauraci), ale skrze makroekonomickou optiku (tedy pohledem celé ekonomiky). A tak je dobré zasadit do kontextu rozpočet amerického Národního úřadu pro letectví a vesmíru (NASA), který je v roce 2011 celkem 18,5 mld. dolarů. Ve stejném období ale utratí Američané:

- 20 mld. USD za nákup hraček.
- 31 mld. USD za nákup domácích mazlíčků a produkty pro ně.
- 31 mld. USD za nákup tabákových výrobků.
- 58 mld. USD za nákup alkoholu (250 mld. USD pak stojí americkou ekonomiku následky kouření a nadměrné konzumace alkoholu).
- 586 mld. USD za hazardní hry a sázky.

Zasad'te si výdaje na kosmonautiku do tohoto kontextu... Ještě pořád Vám přijde tak drahá?

Zdroje obrázků:

1. <http://history.nasa.gov/alsj/a12/AS12-49-7286.jpg>
2. http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9b/Apollo_1_fire.jpg
3. http://www.astro.cz/_data/images/news/2006/03/03/1_medium.jpg
4. <http://grannygearblog.com/wp-content/uploads/2011/06/1989.jpg>
5. <http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/shuttle/sts-133/hires/sts133-s-107.jpg>
6. <http://www.heartpioneers.com/images/abiocor/large/abiocor-hand.jpg>
7. http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/42/STS-131_Discovery_SSME_Installation.jpg
8. http://spie.org/Images/Graphics/Newsroom/Imported-2010/002925/002925_10_fig1.jpg
9. <http://www.solarviews.com/raw/craft/stardust1.jpg>
10. http://www.asu.cas.cz/~macek/imageNSN_big.jpg
11. <http://www.spacetelescope.org/static/archives/images/screen/opo9817c.jpg>
12. <http://www.insidegnss.com/auto/popupimage/galileo%20constellation.jpg>
13. http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0e/New_C-S_System_Overview.jpg
14. <http://paulmunsey.com/atlanta/dscn0714.jpg>
15. <http://www.vesko.cz/public/Image2/sekce-data-46965/46965.jpg>
16. http://www.equiton.cz/fotky9928/fotos/_vyrn_160k007.jpg

Hvězdárna Valašské Meziříčí, příspěvková organizace Zlínského kraje

Vsetínská 78, 757 01 Valašské Meziříčí

Telefon: 00 420 571 611 928 Fax: 00 420 571 611 528

E-mail: info@astrovm.cz

Internet: <http://www.astrovm.cz>

www.oblohanadlani.eu

Připravil: Ing. Tomáš Příbyl

Sazba a grafická úprava: Ing. Libor Lenža

© 2011 Hvězdárna Valašské Meziříčí, p. o.

Vydáno v rámci projektu Obloha na dlani podpořeného OP Přeshraniční spolupráce SR-ČR 2007-2013. Tato akce je realizována s finanční výpomocí Zlínského kraje.