

Pravidla „silničního“ provozu v kosmu

Luboš Perek

perek@ig.cas.cz

Kosmický prostor v okolí Země byl do r. 1957 doménou astronomie.

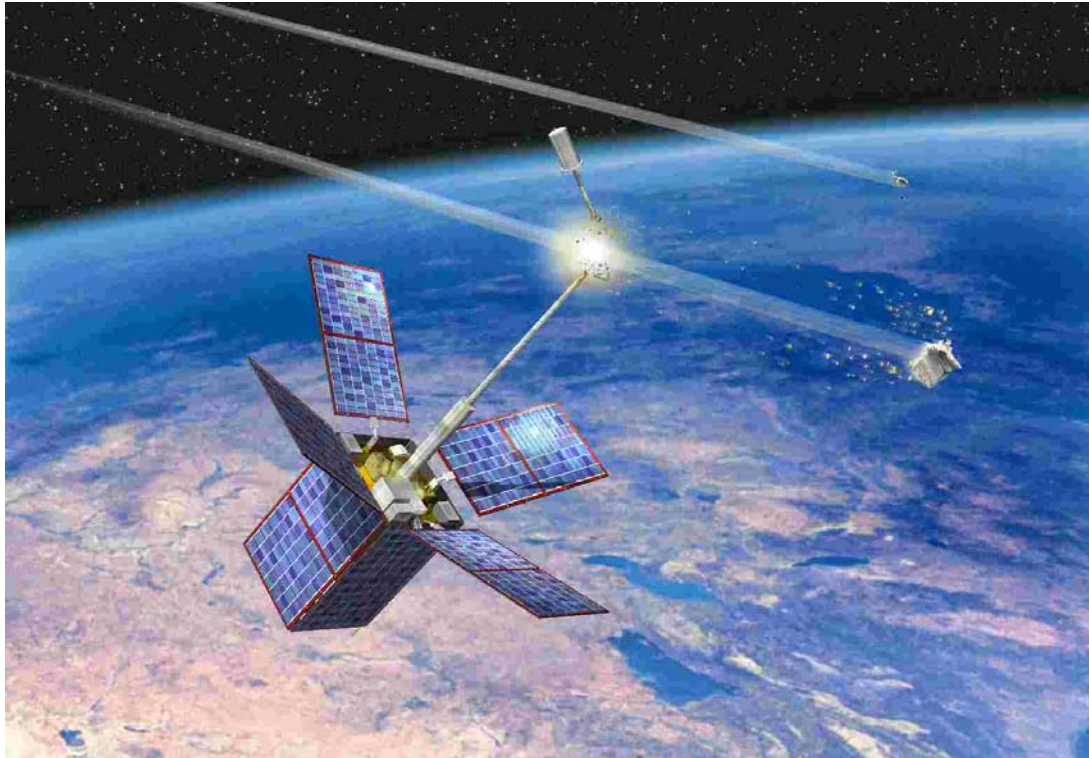
I v kosmické éře musí být astronomický přístup respektován, protože veškeré podmínky nad hustými vrstvami ovzduší jsou podstatně jiné, než podmínky, jak je známe z běžného života.

Vybírat vhodná a relevantní fakta pro regulaci provozu a vůbec činnosti v kosmu je novou a důležitou aplikací astronomie na každodenní činnost.

Dosavadních 10 srážek

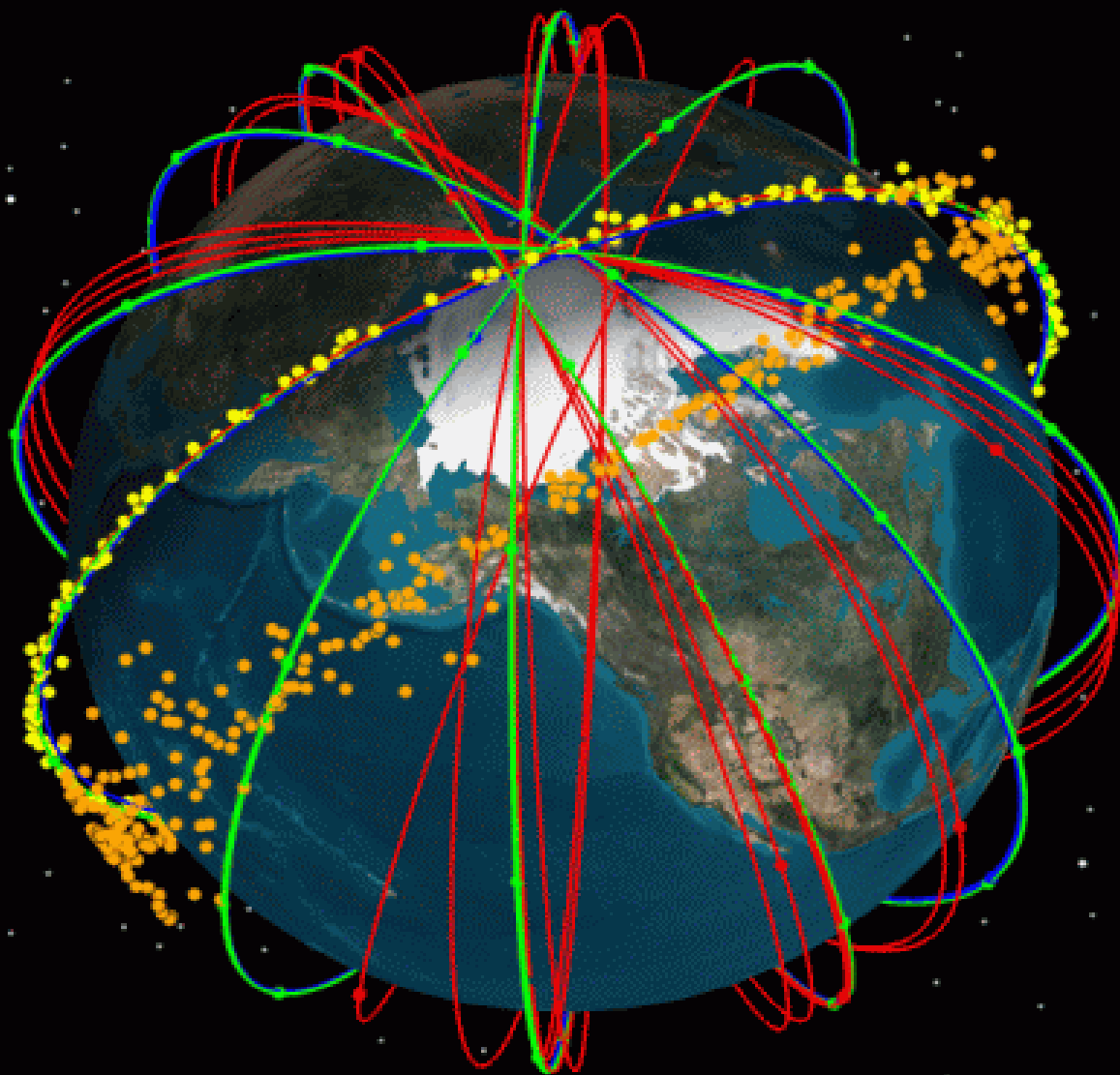
- 23.12.1991 **Kosmos 1934**, 1988-023A, se srazil s úlomkem z Kosmosu 926, 1977-062A, ve výšce 980km.
- 24.07.1996 **Cerise**, 1995-033B, s úlomkem rakety Ariane, 1986-019RF. Urazil se kus tyče, 1995-033E. Výška 685 km.
- 1997 **NOAA 7**, 1981-059A, zasažen neznámým úlomkem.
- 2002, **Kosmos 539**, 1972-102A, zasažen neznámým úlomkem.
- 17.01. 2005 raketa US **Thor Burner 2A**, 1974-015B se srazila s částí čínské rakety. Výška 885 km.
- xx.07. 2007 **Meteosat 8**, 2002-040B zasažen neznámým úlomkem, který změnil sklon dráhy na 32°. Vrácen do rovníkové roviny.
- 11.10. 2007 NASA **UARS**, 1991-063B, zasažen úlomkem.
- 1.11.2007 **Feng Yun 1C**, 2006-057A úmyslně zničen ve výšce 865 km.
- 21.02.2009 **USA 193**, 2006-057A úmyslně zasažena raketou v 249 km.
- 10.02.2009 **Iridium 33**, 1997-051C, se srazilo s **Kosmosem 2251**, 1993-036A, ve výšce 790 km.

Cerise (24 July 1996) first confirmed collision between 2 catalogued objects



Iridium 33 x Kosmos 2251

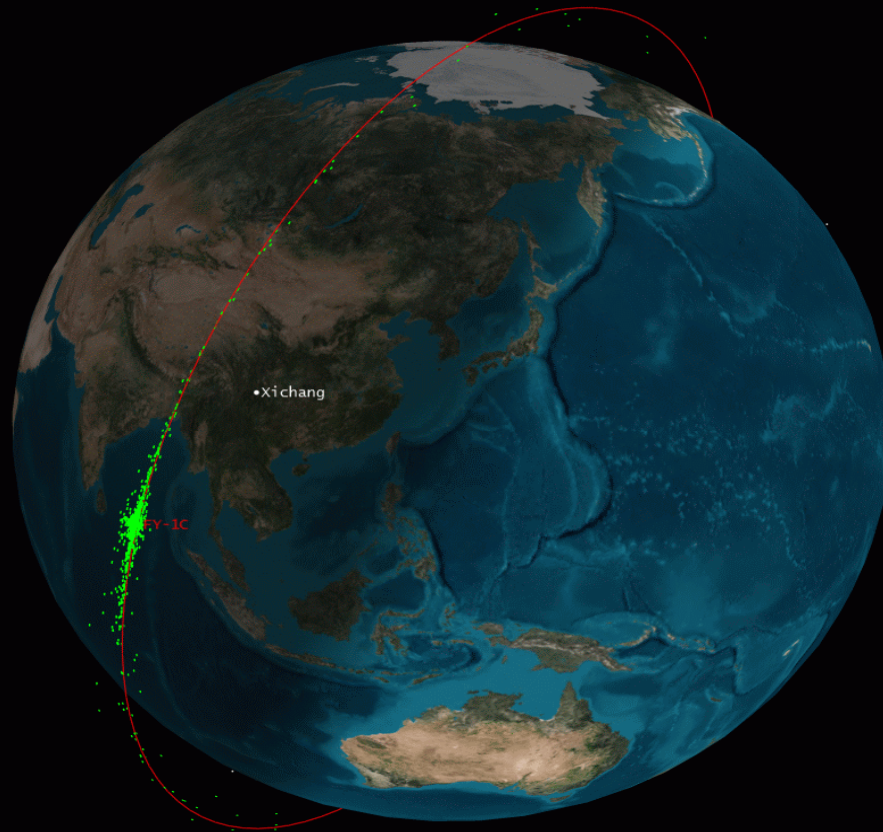
- Srážka byla překvapením pro malou pravděpodobnost.
- Systém **Iridium** 66 komunikačních satelitů ve výšce 790 km nebyl na listině priorit pro sledování blízkých setkání.
- US Strategic Command tuto listinu podstatně rozšíří.
- Koncem roku bude vypuštěn satelit **SBSS** (space-based space surveillance). Bude přinášet data pro sledování blízkých setkání.
- Srážka způsobila oblak asi 700 úlomků, pohybujících se po drahách obou satelitů.



Earth Inertial Axes
26 Mar 2009 20:00:00.000

Feng Yun 1C

2600 objektů na drahách s dlouhou životní dobou



Sledují se satelity?

- US Strategic Command používá pozorování prováděná sítí 20 observatoří **US Space Surveillance Network**
 - objekty od 10cm na nízké dráze a od 1 m v GEO.
- **International Scientific Optical Network**, Ruská akademie věd, Keldyšův ústav aplikované matematiky, KIAM, od r. 2005
 - 18 observatoří, 25 dalekohledů, 60 pozorovatelů
 - 30cm v GEO.
- **Classification of Geosynchronous Objects**, ESA-ESOC, v roce 2009 vyšel 11. ročník.
- **Space 40**,
Velký katalog družic a kosmických sond, 1957-2009
knihovna AV ČR, Dr. Antonín Vítek, český text.

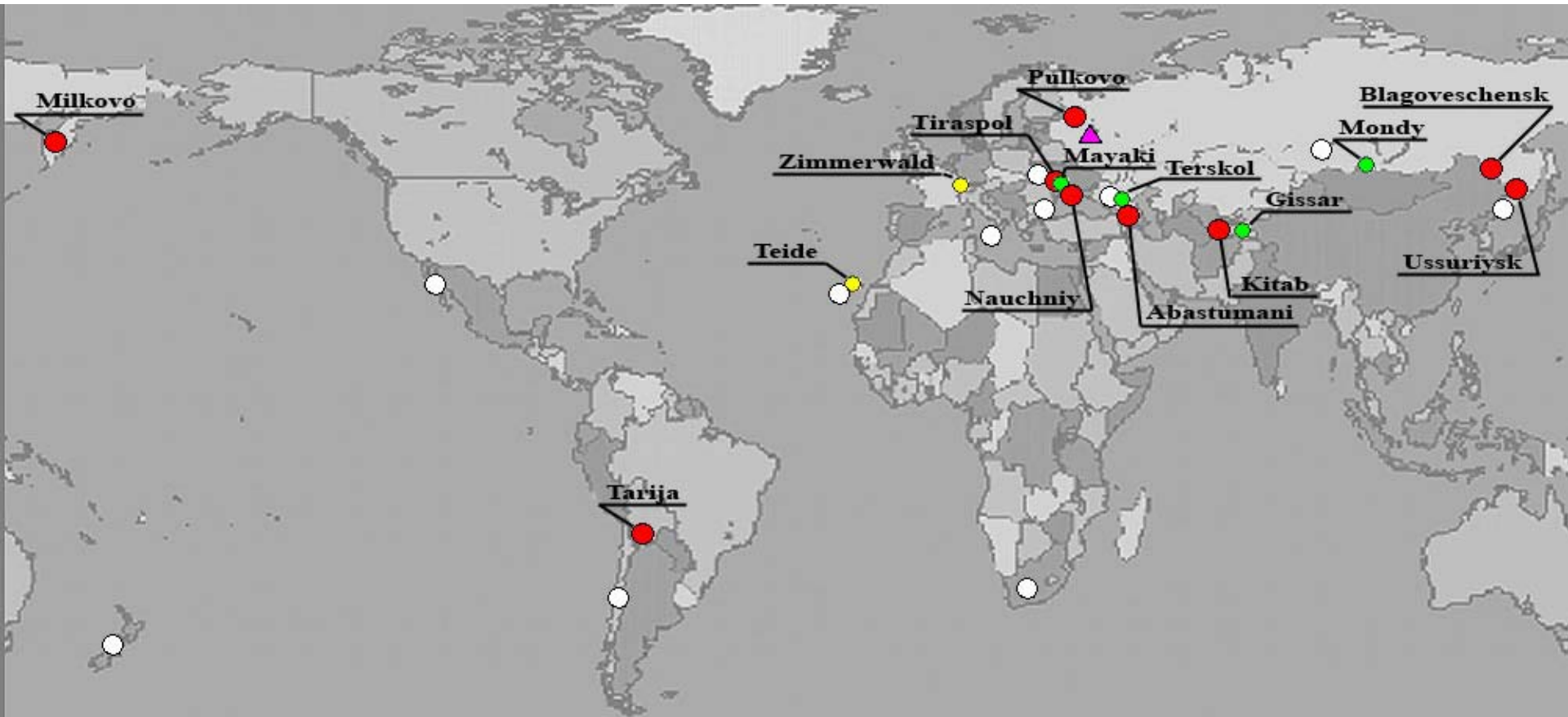
Space Surveillance Network

Worldwide Network of 20 Optical and Radar (Mechanical & Phased Array) Sensor Sites



ISON

International Scientific Optical Network



Dnes platná pravidla a zásady

- Pět **závazných** mezinárodních smluv o kosmu:
 - Principy spolupráce, pomoci astronautům, zákaz přivlastňování, náhrada škod, využití Měsíce jen pro mírové účely, zákaz jaderných zbraní a jiných zbraní hromadného ničení, registrace kosmických objektů.
- Vše dohodnuto ve výboru OSN COPUOS 1967-1979. Kosmické smetí nebylo v té době považováno za problém.
- Od té doby jen **nezá vazná** doporučení.
- Radiové spoje mezi satelity a pozemními stanicemi koordinovány ITU.
 - Úspěšné zamezování **vzájemnému rušení** spojů.

Registered Deed and Title For Lunar Property

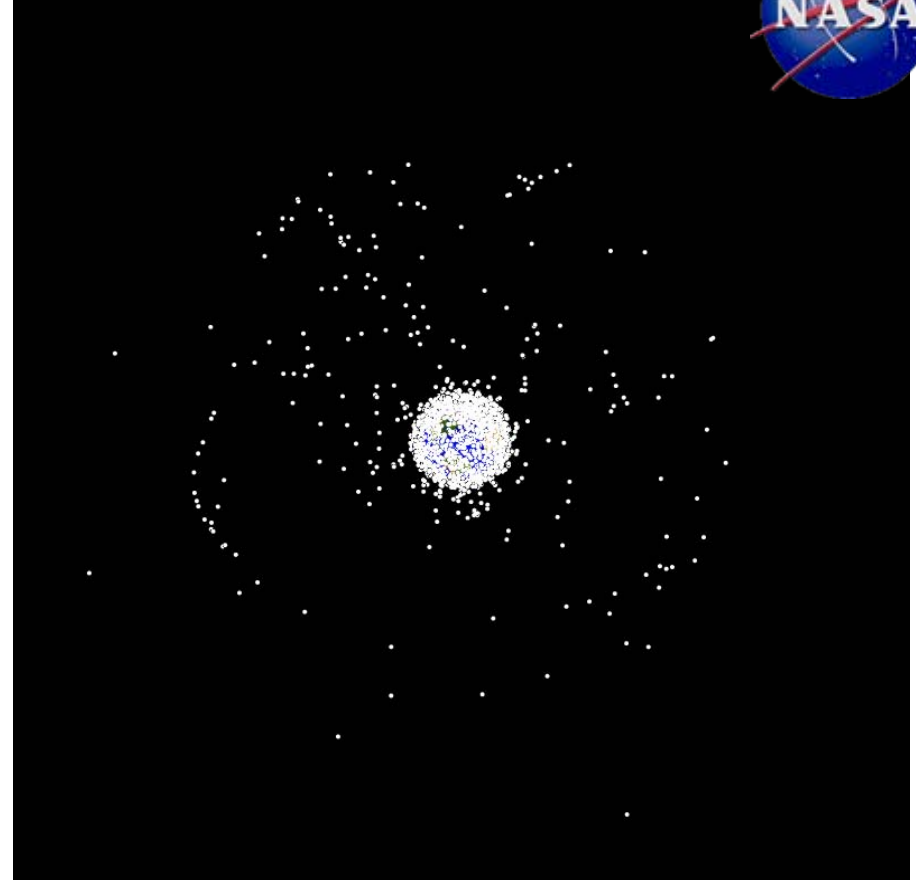
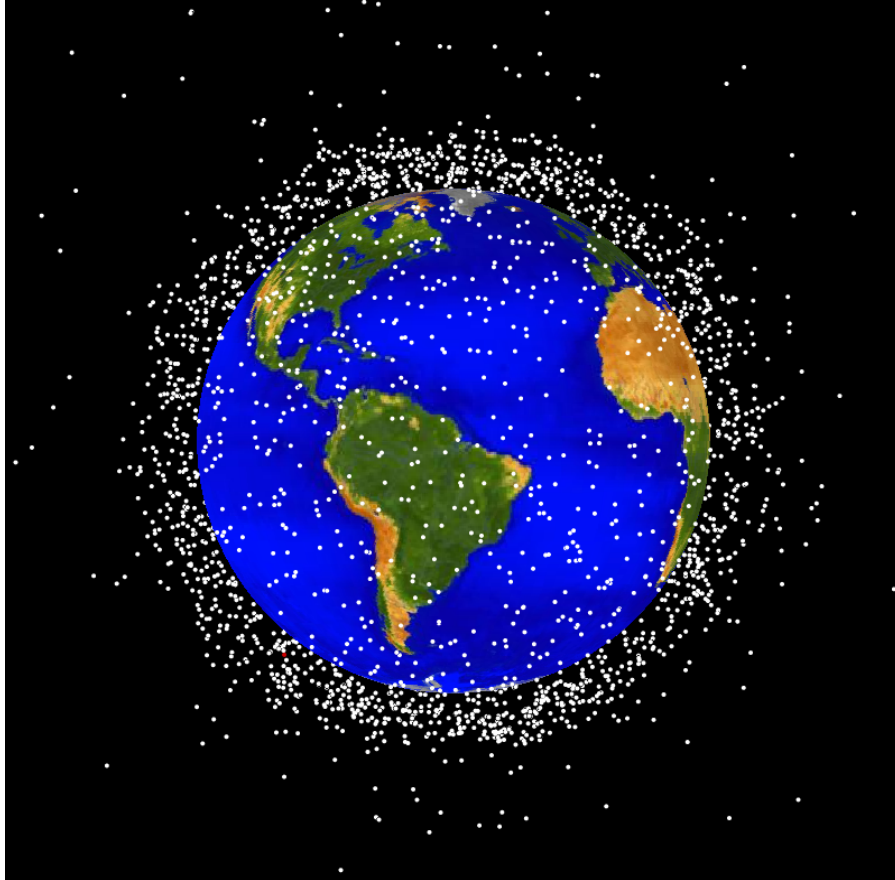
*Be it known and proclaimed to all that
Doc. R.N.Dr. Dr. h.c. Luboš Perek, Dr.Sc.
is recorded as the true and legal owner of the property located at
Mare Serenitatis ("Sea Of Serenity")
28.0° North Latitude, 17.5° East Longitude
Tract 22 - Parcel 3684
as designated on Luna, Earth's Moon,
and duly recorded by the International Lunar Lands Registry*

VOLUME XXVI ♦ BOOK 56 ♦ RECORD 1793

*Recorded simultaneously in
the Registry at Paris and New York
and legally certified on August 2, 2002*

Jean-Sebastian Bélanger
Legal Public Registrar on behalf of the Lunar Republic

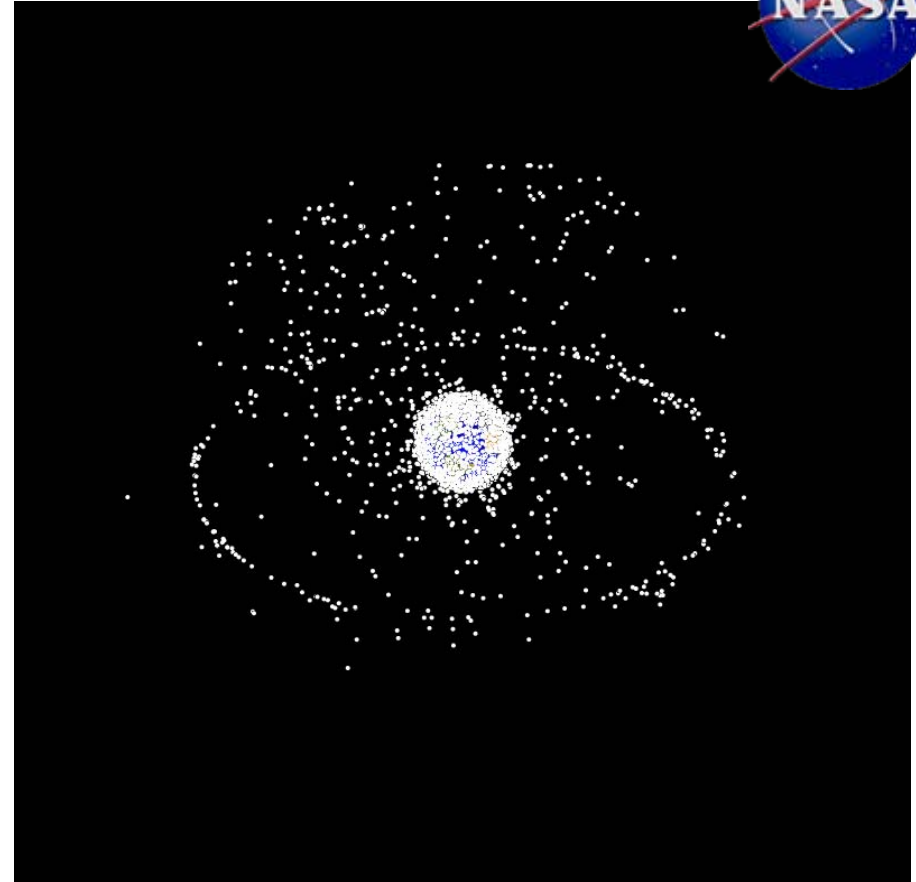
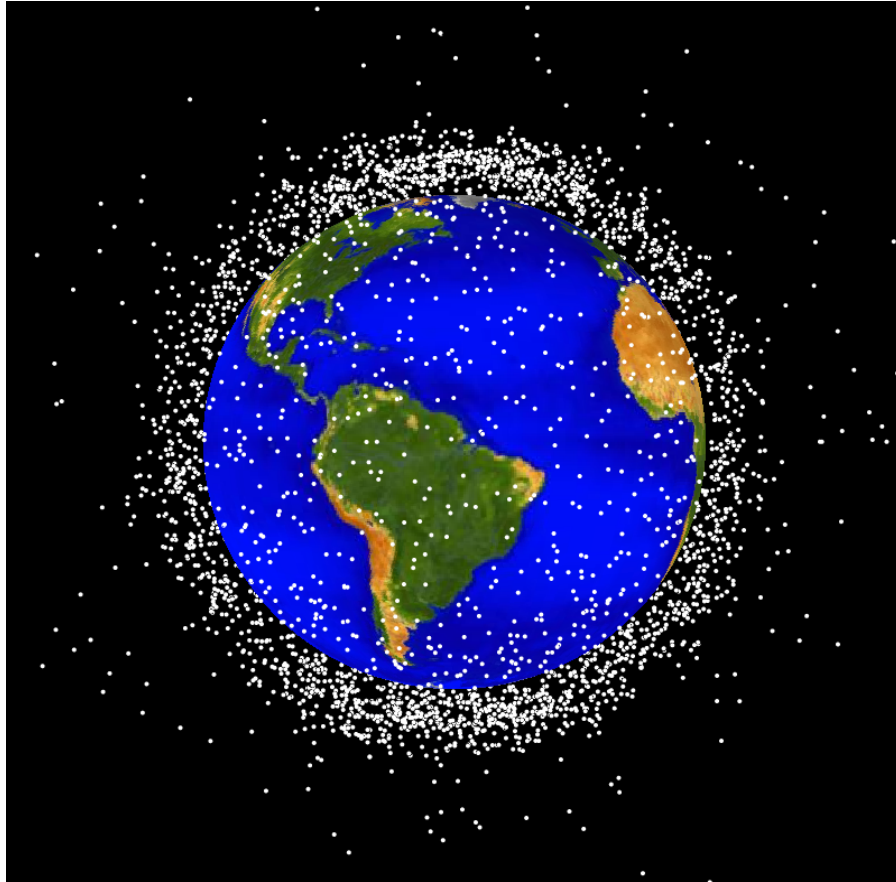
1975



Cataloged objects >10 cm diameter

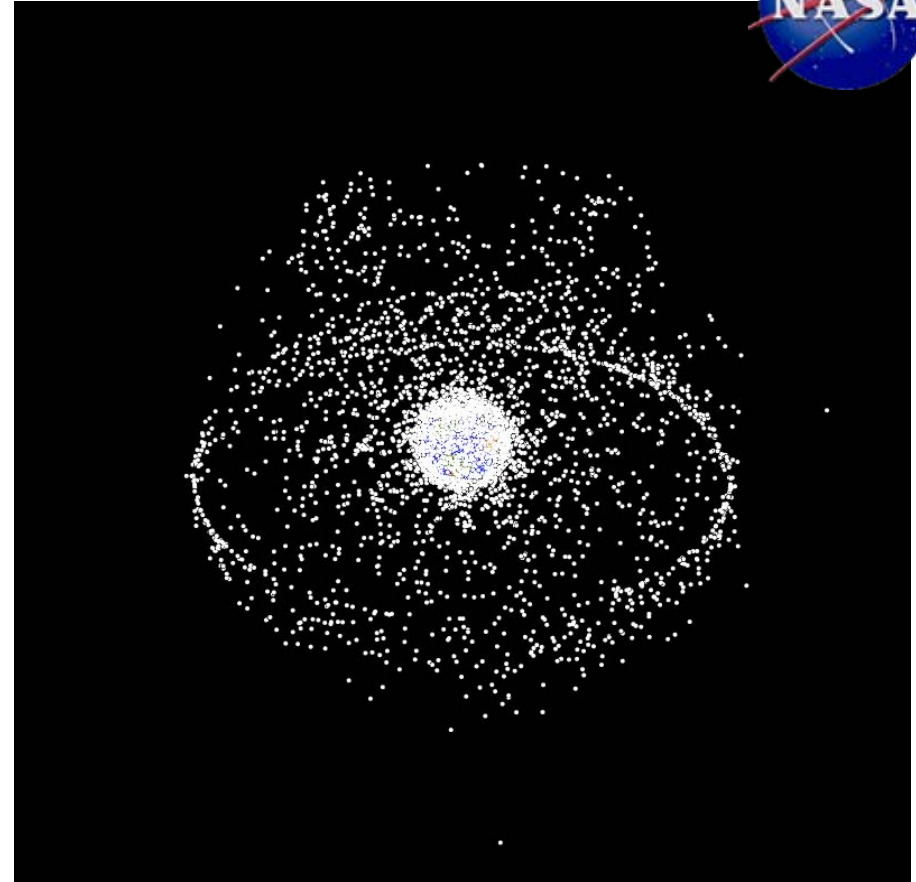
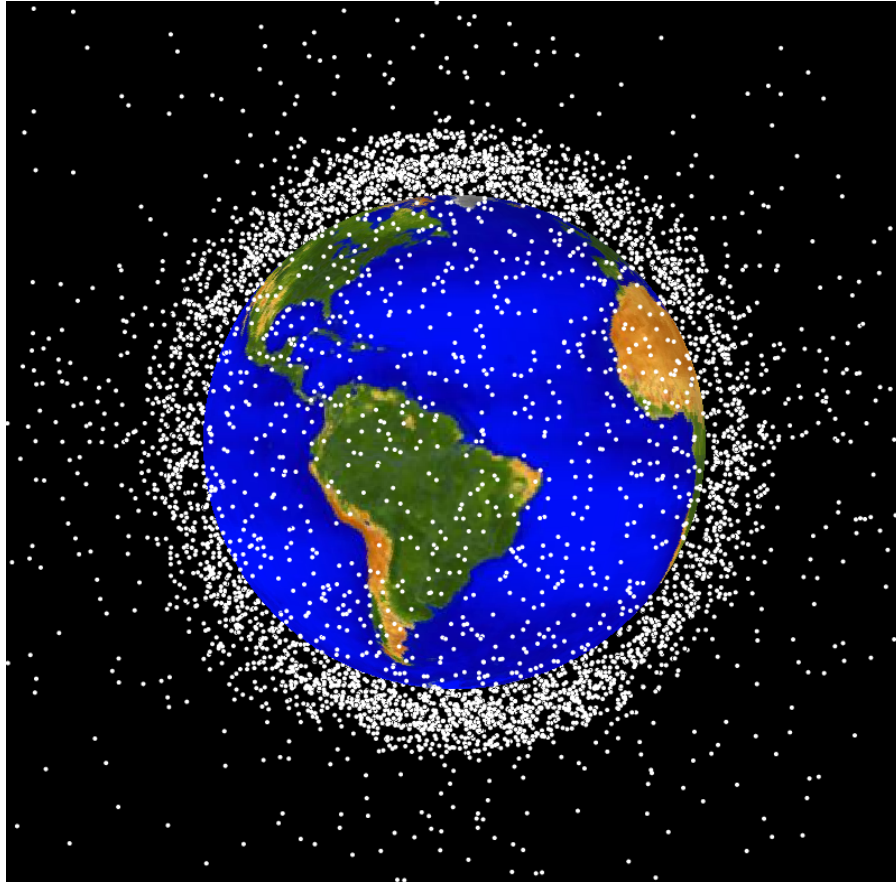
VS USp 18.5.2009

1985



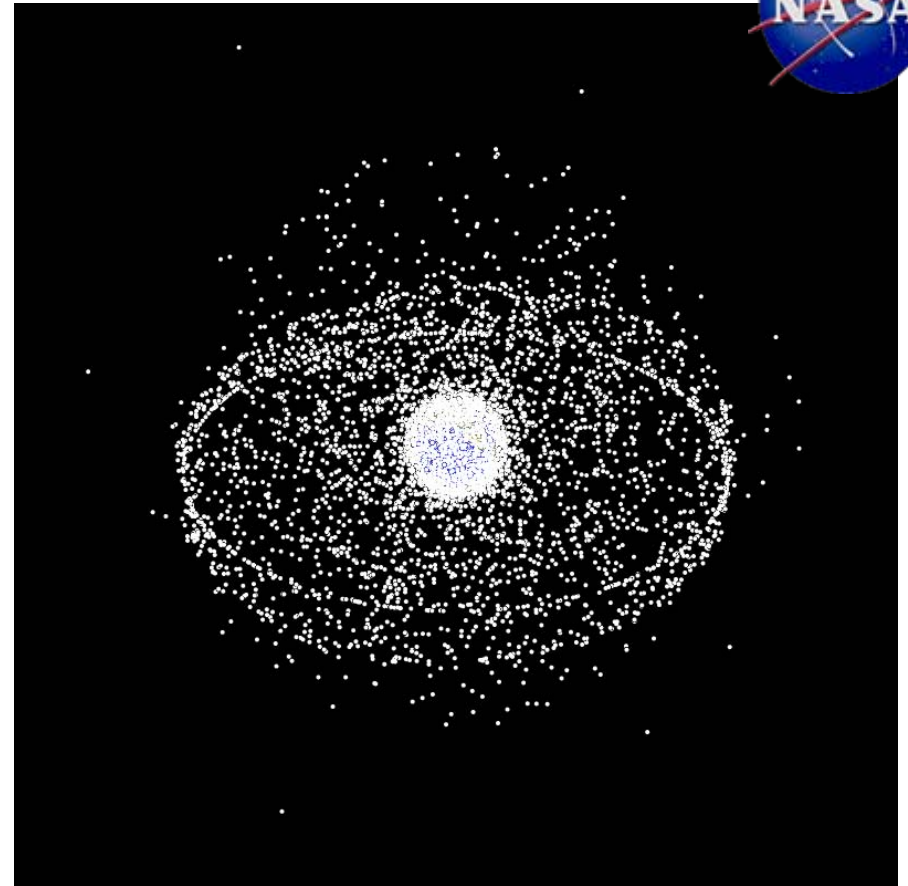
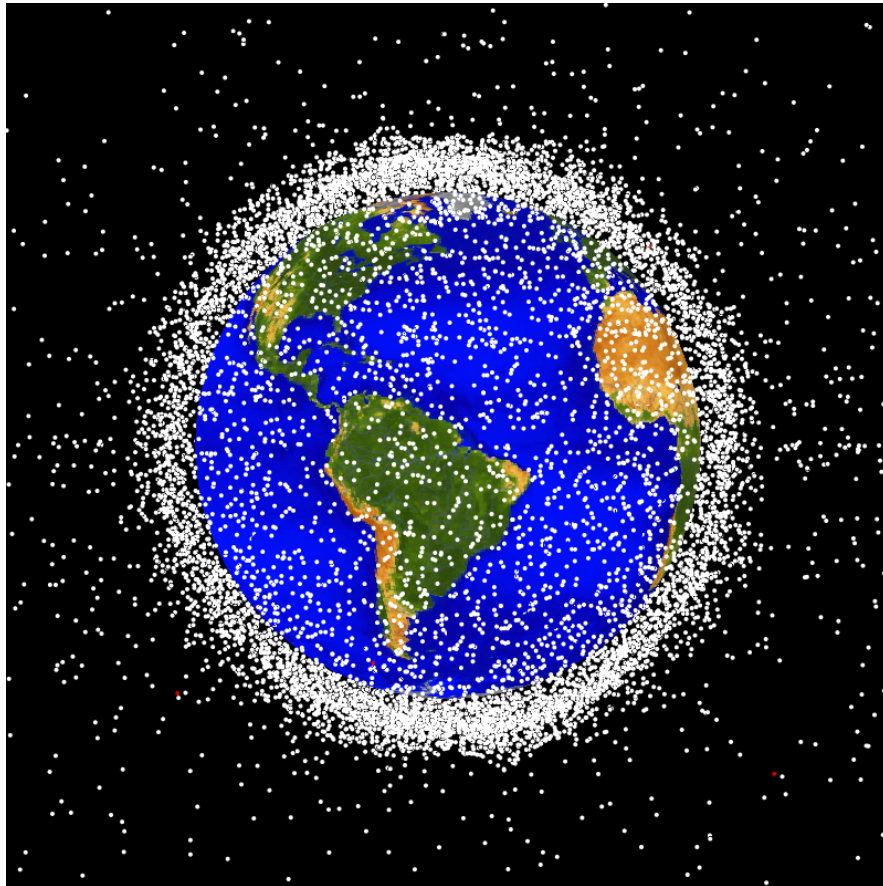
Cataloged objects >10 cm diameter

1995



Cataloged objects >10 cm diameter

April 2008

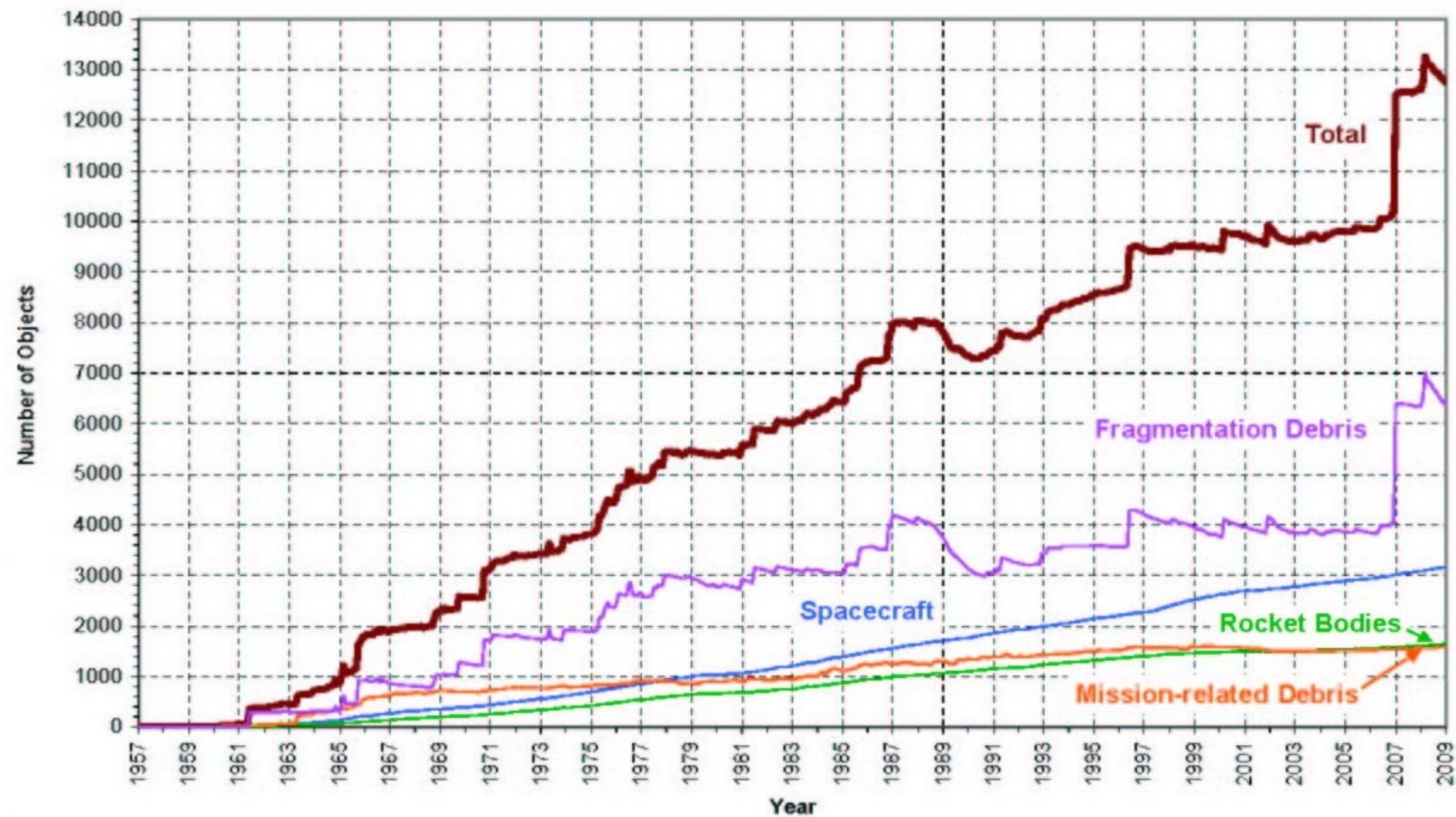


Cataloged objects >10 cm diameter

Kosmická tříšť – nejzávažnější problém provozu

- Projednávání na konferencích:
 - Vědecko-technický podvýbor OSN COPUOS, Vídeň, **únor 2009**,
 - Pátá evropská konference o kosmické tříšti, Darmstadt, **duben 2009**,
 - Kongres o kosmické tříšti, Montreal, **květen 2009, 2010**,
 - Výbor OSN pro mírové využití kosmu, Vídeň, **červen 2009**,
 - Mezinárodní astronautický kongres, Daejeon, Korea, **říjen 2009**,
 - Valné shromáždění OSN, New York, **listopad 2009**,
 - 38. vědecké shromáždění COSPAR, Brémy, **červenec 2010**,
 - Mezinárodní astronautický kongres, Praha, **září 2010**

Počet sledovaných objektů v kosmu



Kosmické objekty

- Sledované objekty:
 - 10 cm na nízkých drahách, 1 m v GEO 13 897
 - počet zaniklých objektů 26 000
- Odhad počtu objektů mezi 1 a 10 cm: 200 000
- ... mezi 1mm a 1 cm 35 000 000
- Nejhmotnější objekty 20 tun
- Nejhmotnější vyhořelá raketa 9 tun
- Objektů nad 1 tunu 600
- Celková hmotnost kosmických objektů 6 000 tun
- Počet aktivních satelitů 700 až 800
- Z toho v GEO 380
- Počet neaktivních objektů v GEO 800

Pravidla provozu

- První práce: L.Perek, Traffic Rules for Outer Space (Proc. 25th Colloquium on the Law of Outer Space held in Paris 1982, AIAA 1983).
- V kosmu je **vše jinak** než v letecké, námořní či pozemní dopravě.
 - Let v kosmu ovládán přírodními silami,
 - 98% letů **bez lidské posádky**,
 - Životní doba kosmických objektů závisí na výšce a na tvaru dráhy, ve výšce 200km **3 dny**, 300km **měsíc**, 400km **rok**, 700km **století**, 900km **1000 let**,
 - Aktivních objektů jen 5 až 7%, ostatní jsou neaktivní a většinou neovladatelné.
- Principy kosmického provozu:
 - Koordinace spojů, snížení počtu úlomků,
 - Vyvarování se srážek ,
 - Odstranění neaktivních objektů z GEO do odkládacích drah,
 - Zavedení mezinárodních certifikátů výcviku posádek a kvality strojů.

Odstranění úlomků z oběžné dráhy

- Laser s vysokou energií, projekt Orion,
- Davidův prak,
- Zvýšení odporu prostředí - nafouknutý balon,
- Sluneční plachta,
- Magnetická plachta odklánějící sluneční vítr,
- **Dnes neexistuje osvědčená a finančně dostupná metoda**

Směrnice OSN pro snížení rizika srážek

- Omezit **uvolnění** součástí během normálního provozu,
- Omezit možnost **rozpadu** satelitů,
- Omezit pravděpodobnost **náhodných srážek**,
- Vyloučit **úmyslné** ničení satelitů,
- Omezit možnost **výbuchu** skladovaného paliva či energie,
- V **nízkých drahách** omezit **životní dobu** doslouživších objektů,
- Na **geostacionární dráze** odsunout doslouživší objekty do **odkládacích drah**.
- Axiomata:
 - Směrnice jsou **dobrovolné**, mají se zařadit do národních legislativ,
 - Směrnice **nejsou právně závazné**, výjimky mohou být oprávněné,
 - Mezinárodní smlouvy o kosmu budou respektovány.

Kosmické spoje

- Až na výjimky má každý satelit aspoň jeden **radiový přijímač** a **vysílač**.
- **Kosmická síť** má stanice na satelitu a na zemi.
- Aby se zabránilo vzájemnému rušení (interferenci) sítí, smí vysílat jen **880 radiových stanic** na seznamu Mezinárodní telekomunikační unie.
- Srovnání s **aktuálními posicemi** satelitů však ukazuje, že 165 radiových stanic nemá na příslušných 80 posicích **žádný satelit**, tedy nemůže vysílat.
- Na druhé straně, je 23 satelitů, na jejichž posici není **žádná** oprávněná radiová stanice.

Pořádek v kosmickém provozu?

- Pořádek v kosmických spojích se v některých případech spíše řídí heslem „**snad to projde**“, než heslem „**řídíme se pravidly**“.
- Podobně i v otázce povinné registrace vypuštěných satelitů u OSN je v některých případech spíše patrné heslo „**na to je vždycky dost času**“, než heslo „**v duchu smlouvy přihlasme satelit co nejdříve**“.
- Podobně i ve směrnících o omezení rizika kosmické tříště, je výslovně stanoveno, že „**směrnice nejsou právně závazné a že výjimky mohou být oprávněné**“ místo aby např. směrnice „**neničit satelity úmyslně**“ byla zavedena jako **mezinárodně závazná**.

Závěr

- Situace je výborná díky smlouvám ze 70. let, ale mohla by být lepší, kdyby některá další opatření byla závazná.
- **Právní opatření**, ať dobrovolná nebo závazná, budou efektivní jen tehdy, pokud budou **v souladu se skutečnou situací v kosmu. V tom je kritický vědecký pohled astronomie nezastupitelný.**
- Aplikace astronomie na mezinárodní politiku v kosmu je příspěvek k mezinárodnímu roku astronomie.
- Děkuji vám, že jste mne vyslechli.