



**GEODETIKÝ  
a KARTOGRAFIKÝ**

**obzor**

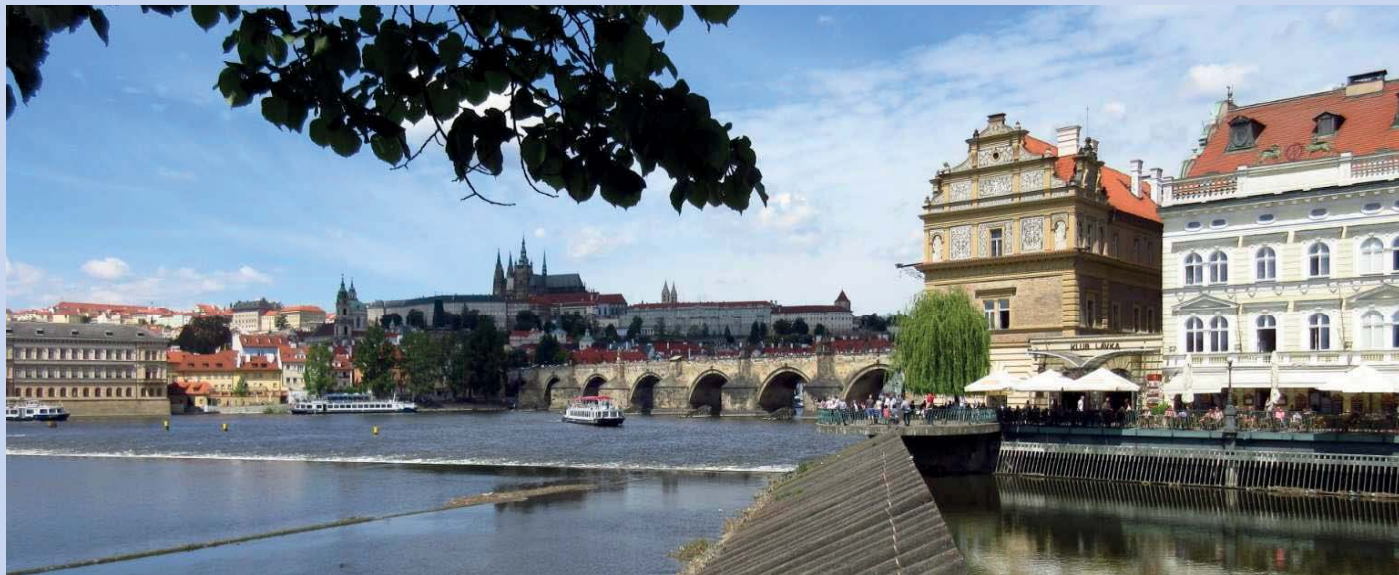
**obzor**

**Český úřad zeměměřický a katastrální  
Úrad geodézie, kartografie a katastra  
Slovenskej republiky**

**3/2018**

Praha, březen 2018  
Roč. 64 (106) ● Číslo 3 ● str. 57–80

**Český svaz geodetů a kartografů  
Slovenská spoločnosť geodetov a kartografov  
Stowarzyszenie Geodetów Polskich**



# XXIV. MEZINÁRODNÍ ČESKO-SLOVENSKO-POLSKÉ GEODETICKÉ DNY

**Praha 24. až 26. 5. 2018**

**Hotel Duo, Teplická 492, 190 00 Praha 9 (200 m od stanice Metra C – Strážkov)**

**Program zahrnuje následující okruhy:**

Blok 1. Informace vedoucích představitelů úřadů  
- Aktuality z činnosti úřadů v uplynulém roce  
Blok 2. Geodetické základy a Státní mapové dílo

Blok 3. Geodetická měření ve stavebnictví a průmyslu  
Blok 4. Katastr nemovitostí a pozemkové úpravy  
Blok 5. Geodézie a Smart City

**Přihlášky účastníků z České republiky pouze ELEKTRONICKY do 3. 5. 2018 na:**

**<http://csgk.fce.vutbr.cz/Oakce/A107>**

**Přihlášky ze Slovenské republiky a Polské republiky pouze prostřednictvím národních svazů**

**ORGANIZAČNÍ GARANT:**

**ČESKÝ SVAZ GEODETŮ A KARTOGRAFŮ, z. s.  
Novotného lávka 5, 110 00 Praha 1  
IČ: 00552739, DIČ: CZ00552739**

**Ing. Jana Chudobová, tajemník ČSGK  
tel: +420 728 750 494, +420 221 082 374 (fax i záznamník)  
e-mail: geodeti@csvts.cz, <http://www.csvts.cz/csgk/>**



**Obsah**

Ing. Jakub Kostecký, Ph.D.  
**Aplikace laserových družicových dálkoměrů  
v geodézii a dalších vědních oborech** ..... 57

RNDr. Eva Sovjáčková, Ing. Václav Šafář  
**Interoperabilita mezi zdroji geoprostorových  
dat a modely BIM** ..... 70

**Z MEZINÁRODNÍCH STYKŮ** ..... 75

**SPOLEČENSKO-ODBORNÁ ČINNOST** ..... 77

**OSOBNÍ ZPRÁVY** ..... 79

**NEKROLOGY** ..... 79

**Z GEODETICKÉHO A KARTOGRAFICKÉHO  
KALENDÁŘE** ..... 80

## Aplikace laserových družicových dálkoměrů v geodézii a dalších vědních oborech

Ing. Jakub Kostecký, Ph.D.,  
Výzkumný ústav geodetický, topografický  
a kartografický, v. v. i.,  
Geodetická observatoř Pecny

*Abstrakt*

Laserové družicové dálkoměry (SLR – Satellite Laser Ranging), jejich charakteristiky přesnosti a dosah stávajících a moderních systémů. Přehled o současných aplikacích SLR nejen v geodézii, ale i v metrologii a kosmických aplikacích. Závěrem je zmíněn návrh nového moderního SLR systému a jeho případná realizace.

### *Application of Satellite Laser Ranging in Geodesy and other Scientific Branches*

*Abstract*

Satellite laser ranging (SLR), their accuracy and range characteristics of existing and modern systems. An overview of current SLR applications not only in geodesy but also in metrology and space applications. Finally, mention of the proposal for a new modern SLR system and its possible implementation.

**Keywords:** SLR, satellite orbits determination, time transfer, satellite spin

**1. Úvod**

Měření laserovými družicovými dálkoměry, pro které se obvykle používá zkratka SLR (anglicky Satellite Laser Ranging), je jednou z technik kosmické geodézie pro přesné měření vzdáleností ke družicím. I když se jedná o techniku starou více než půlstoletí, spektrum aplikací, ve kterých je SLR použitelné, se rozšiřuje díky technologickému vývoji v posledních 20 letech.

**2. Základní princip**

Princip SLR měření (obr. 1) je velmi jednoduchý. Měří se čas  $\Delta t$  v sekundách, za který překoná kvantum světla (impuls) generované pulsním laserem vzdálenost mezi stanicí, kde je kvantum vygenerováno, družicí, kde je světlo odraženo, a stanicí, kde je detekován příchod odraženého světla. Vzdálenost mezi stanicí a družicí  $d$  v metrech je pak vypočtena bez uvážení různých korekcí z rovnice:

$$d = \frac{c \Delta t}{2}, \quad (1)$$

kde  $c$  je rychlost světla v prostředí, ve kterém měříme, v metrech za sekundu.

Přesnost jednoho měření je při zanedbání nejistoty v určení zpoždění paprsku v atmosféře (tj. nejistoty v rychlosti šíření pulsu atmosférou) možno určit z rozšířené rovnice (1)

$$d = \frac{c \Delta t}{2} + o_{kal}, \quad (2)$$

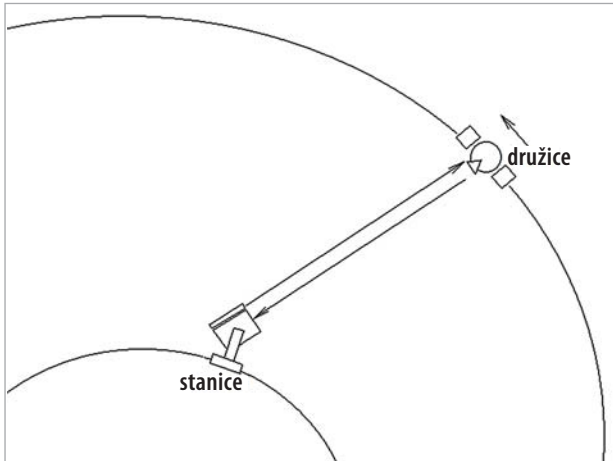
kde  $o_{kal}$  je oprava z kalibrace vypočtená z

$$o_{kal} = d_{kal} - \frac{c \Delta t_{kal}}{2}, \quad (3)$$

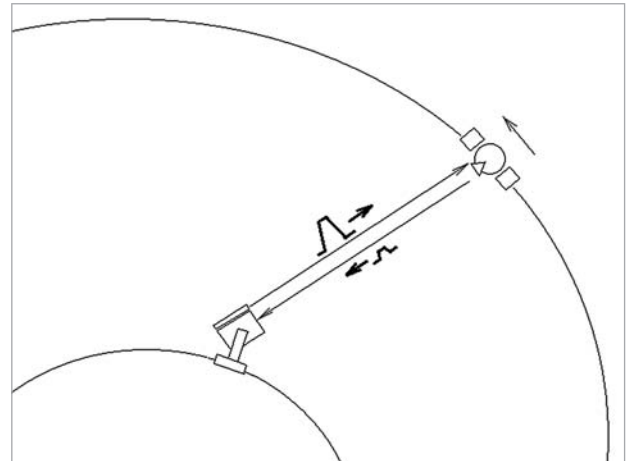
kde  $d_{kal}$  je známá vzdálenost kalibračního odražeče od stanice, dále též nazývaná kalibrační délka. Pro rozdíly časů  $\Delta t$  a  $\Delta t_{kal}$  platí

$$\Delta t = t_{stop} - t_{start} \quad \text{a obdobně} \quad \Delta t_{kal} = t_{kal,stop} - t_{kal,start} \quad (4)$$

Přesnost časů  $t_{start}$ ,  $t_{stop}$ ,  $t_{kal,start}$  a  $t_{kal,stop}$  v rovnicích (4) závisí na přesnosti detekce signálu a na přesnosti vlast-



Obr. 1 Princip SLR



Obr. 2 Útlum impulsu během měření

ního měření času. U detekce signálu ovlivňuje přesnost zejména rozptyl detektoru (šum v detekci náběžné hrany), který je odborně označován jako jitter. Při měření signálu při startu, který má velkou energii, lze detekovat náběžnou hranu impulsu. Při detekci navráťivšího signálu se jedná obvykle o detekci jednoho nebo několika málo fotonů (obr. 2). Protože ale nelze zjistit, zda se jedná o foton ze začátku, prostředka nebo konce vyslaného impulsu, musí se při odhadu přesnosti počítat i s nepřesností způsobenou délkou impulsu. U měření času je dominantním zdrojem nepřesnosti přesnost čítače, která je dána zejména vnitřní nelinearitou. Měřitko čítače je nutno udržovat pomocí externí frekvence obvykle z atomových hodin a lze ho zabezpečit s potřebnou přesností. Přesnost měření času tedy dominantně nezávisí na délce měřené vzdálenosti. Pro přesnost měření času startu  $t_{start}$  a času stopu  $t_{stop}$  můžeme tedy psát

$$m_{t_{start}}^2 = m_{det}^2 + m_{cit}^2 \quad \text{a} \quad m_{t_{stop}}^2 = t_{puls}^2 + m_{det}^2 + m_{cit}^2, \quad (5)$$

kde  $m_{det}$  je jitter detektoru,  $m_{cit}$  přesnost čítače a  $t_{puls}$  délka impulsu. Stejně vztahy platí i pro přesnost měření času startu a času stopu při kalibraci  $t_{kal.start}$  a  $t_{kal.stop}$ . Při předpokladu shodného rozptylu u detektoru startu i u detektoru stopu, lze pro přesnost opravy z kalibrace  $m_{okal}$  psát

$$m_{okal}^2 = m_{dkal}^2 + \frac{c^2}{4} (t_{puls}^2 + 2m_{det}^2 + 2m_{cit}^2), \quad (6)$$

kde  $m_{dkal}$  je přesnost určení, resp. realizace kalibrační délky. A obdobně pak pro přesnost jednoho měření  $m_d$  platí

$$m_d^2 = m_{dkal}^2 + \frac{c^2}{2} t_{puls}^2 + c^2 m_{det}^2 + c^2 m_{cit}^2. \quad (7)$$

Pro přesnost průměru měření z jedné sekundy  $m_{dprům}$  můžeme psát v závislosti na frekvenci opakování pulsů  $f$  v Hz

$$m_{dprům} = \frac{m_d}{\sqrt{f}}. \quad (8)$$

Tato přesnost je teoretická. Předpokládá, že se podaří realizovat měření z každého vyslaného impulsu. V praxi to není možné. Závisí to zejména na počtu navracených fotonů a také na vnitřním šumu detektoru. Hodnotu budeme používat pouze pro porovnání kvality jednotlivých SLR systémů. Určuje teoreticky nejvyšší možnou přesnost měření daného systému SLR za 1 sekundu.

Počet navracených fotonů udává modifikovaná radarová rovnice, která podle [1] s modifikací podle [2] zní

$$Fot = \frac{E_{las} \lambda}{c h 10^{12}} \cdot \frac{8}{\left(\frac{\theta_{tran}}{\rho}\right)^2} \cdot e^{\left(-2 \frac{\theta_{atm-point}^2}{\theta_{tran}^2}\right)} \cdot A_{satsig} 10^6 A_{rec} \eta_{tran} \eta_{rec} \frac{\eta_{det}}{100} \eta_{atm} \eta_{obl}, \quad (9)$$

kde

$Fot$  je počet odražených fotonů detekovaných přijímacím detektorem,

$E_{las}$  je energie laserového pulsu v miliJoulech,

$\lambda$  je vlnová délka laserového impulsu v nanometrech,

$c$  je rychlost světla v metrech za sekundu (299 792 458 m/s),

$h$  je Planckova konstanta v Joulechsekundách

(6,62606896 · 10<sup>-34</sup> Js),

$d$  je vzdálenost stanice a družice v metrech,

$\theta_{tran}$  je divergence vysílaného svazku v úhlových vteřinách,

$\rho$  je konstanta pro přepočtení úhlových vteřin na radiány (180,3600/π),

$\theta_{atm-point}$  je úhel v úhlových vteřinách vyjadřující buď atmosférické rozmazání (obvykle 2") nebo přesnost pointace družice – podle toho, co je větší,

$A_{satsig}$  je efektivní plocha odražeče na družici v 10<sup>6</sup> metru čtverečních,

$A_{rec}$  je vstupní apertura přijímacího teleskopu (efektivní plocha přijímače) v metrech čtverečních,

$\eta_{tran}$  je účinnost (útlum) vysílací optiky,

$\eta_{rec}$  je účinnost (útlum) přijímací optiky,

$\eta_{det}$  je kvantová účinnost detektoru v procentech,

$\eta_{atm}$  je atmosférická propustnost (pro vlnovou délku 532 nm je přibližně 0,2, pro vlnovou délku 1 064 nm je přibližně 0,24),

$\eta_{obl}$  je propustnost oblačnosti (nabývá podle množství oblačnosti hodnot z intervalu 0-1).

První zlomek v čitateli vyjadřuje počet fotonů vygenerovaný laserovým generátorem v jednom pulsu, který klesá se čtvrtou mocninou vzdálenosti mezi stanicí a družicí. Druhý a třetí člen vyjadřuje zisk (resp. ztrátu) fotonů vlivem divergence vysílaného svazku a přesnosti pointace družice. Zbývající členy zahrnují vliv účinnosti vysílací a přijímací optiky a detektoru, včetně efektivních ploch odražeče na družici a přijímacího teleskopu a vliv atmosféry a oblačnosti.

Základní předpoklady úspěšného a přesného měření tedy jsou:

- vygenerování dostatečně mohutného kvanta světla v dostatečně krátkém impulsu,
- dostatečně úzké „zaostření“ vygenerovaného kvanta světla a jeho přesné nasměrování na družici s odražeči,
- dostatečně efektivní odrazení světla na družici zpět ke stanici včetně zahrnutí vlivu relativního pohybu stanice a družice během měření,
- dostatečně velká plocha přijímacího teleskopu pro přijetí odraženého světla a jeho nasměrování do detektoru s minimálními ztrátami,
- dostatečně citlivý detektor pro detekci přijatého světla s vysokou přesností,
- dostatečně přesný čítač pro měření časového intervalu.

Body ad a), b), d), e) a f) jsou závislé na konstrukci a schopnostech SLR systému na stanici, bod ad c) je závislý na typu, tvaru a rozměru odražeče na družici, který je optimalizovaný pro konkrétní vlnové délky světla.

### 3. Několik historických faktů k SLR

První úspěšný experiment s laserovým družicovým dálkoměrem byl realizován 31. října 1964 v GORF (Goddard Optical Research Facility, nyní Goddard Geophysical and Astronomical Observatory), Maryland v USA, kdy byly systémem GODLAS (Goddard Laser) získány první odrazy od družice Explorer BE-B vybavené systémem koutových odražečů a vypuštěné 9. října 1964 [3]. Původní účel koutových odražečů na družici bylo získat kvalitnější světelný bod při fotografování družic tím, že bude během expozice ozářena světlem laseru.

V Československu proběhl první úspěšný experiment v červenci a srpnu 1970. Experimentální laserový generátor vyvinutý na katedře fyzikální elektroniky Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské Českého vysokého učení technického v Praze byl umístěn na družicovou komoru SBG na Národní družicové stanici Skalka (detašované pracoviště Geodetické observatoře Pecný Výzkumného ústavu geodetického, topografického a kartografického v Kostelních Střimelicích, 35 km jihovýchodně od Prahy). Podařilo se získat odrazy od družice GEOS-B [1]. Záznam odraženého signálu byl prováděn fotografováním stínítka osciloskopu stejně jako v případě prvního experimentu v USA. Současně byl také měřen čas mezi vysláním a přijetím impulsu pomocí tehdy dostupného čítače. Jak ukazuje **tab. 1**, právě přesnost čítače byla limitujícím faktorem pro celkovou přesnost měření. Experiment prokázal teoretické výpočty a vedl ke stavbě dalších laserových družicových dálko-

měrů na Českém vysokém učení technickém v Praze. Československo byla čtvrtá země na světě, ve které se podařil experiment s laserovým družicovým dálkoměrem – po již zmíněných USA, Francii [4] a Japonsku.

### 4. Současné systémy SLR

V současnosti je v celosvětové síti Mezinárodní služby laserové lokace ILRS [5] v provozu 49 systémů SLR, 31 je již mimo provoz, 4 jsou ve fázi vývoje a 8 systémů vznikne do cca 5 let.

Současné systémy SLR lze rozdělit do dvou kategorií:

- standardní s frekvencí opakování impulsu do 100 Hz,
- moderní s frekvencí opakování impulsu nad 300 Hz.

Jak bude ukázáno v následujícím, rozdělení podle frekvence opakování impulsu výrazně ovlivňuje použití systému SLR v různých aplikacích.

Pro ilustraci standardního systému SLR použijeme parametry systému MOBILAS-7 instalovaného v roce 1981 na stanici GODL v Goddard Geophysical and Astronomical Observatory v USA. Parametry moderního systému SLR odpovídají stanici GRZL instalované na Observatoři Lustbuehel/Graz v Rakousku po výměně laserového generátoru v roce 2003. V obou případech byly převzaty ze site-logů stanic publikovaných v [5] a jsou shrnuty v **tab. 2**.

V **tab. 1** je shrnuta přesnost měření standardním a moderním systémem SLR. Přesnost jednoho měření je u moderního systému 5x vyšší a při porovnání průměru měření z 1 sekundy, jedná se o přesnost vyšší o skoro dva řády. Pro dosažení přesnosti měření 1 mm v rámci tzv. normálního bodu (NP – normal point) potřebuje standardní systém SLR měření v délce cca 3-4 minuty (teoreticky), modernímu systému SLR dostačuje sběr 1 000 odrazů od družice – teoreticky několik sekund. Vše ale závisí na množství fotonů, které se během měření vrátí po odrazu od družice do systému SLR. V **tab. 3** a **tab. 4** jsou počty navrátilivších fotonů podle vztahu (9) pro standardní a moderní systém SLR.

I když se u moderního systému SLR vrací řádově méně fotonů v 1 impulsu než ve standardním systému SLR, počet fotonů přijatých za jednu sekundu je řádově srovnatelný. Je to dáno tím, že laserový generátor, který vytváří impulsy s frekvencí kolem 1 kHz, není technicky schopen vygenerovat dostatečně energeticky silný impuls oproti laserovému generátoru s frekvencí generování 10 Hz, který vygeneruje impuls o dva řády silnější. Výhodou je, že laserový generátor moderního systému SLR generuje impuls s délkou o řád kratší než generátor standardního systému SLR, což přispívá k vyšší přesnosti měření – jak potvrzuje **tab. 1**.

**Tab. 1** Přesnost měření pro standardní a moderní systém SLR a pro první československý systém SLR

systém SLR	standardní	moderní	1. československý
Délka impulsu	150 ps	10 ps	21 ns
Rozptyl detektoru	100 ps	30 ps	Neznámo (0)
Přesnost čítače	35 ps	2 ps	1 μs
Přesnost kalibrační délky	1 mm	1 mm	Nepodstatné (1 m)
<b>Přesnost jednoho měření</b>	<b>45 mm</b>	<b>9 mm</b>	<b>300 m</b>
Frekvence opakování	10 Hz	1000 Hz	0,0833 Hz
<b>Přesnost průměru z jedné sekundy</b>	<b>14 mm</b>	<b>0,21 mm</b>	-

Tab. 2 Parametry standardního a moderního systému SLR

systém SLR	standardní	moderní
vlnová délka laserového impulsu $\lambda$	532,0 nm	532,0 nm
účinnost (útlum) vysílací optiky $\eta_{tran}$	0,5	0,5
účinnost (útlum) přijímací optiky $\eta_{rec}$	0,5	0,5
atmosférická propustnost $\eta_{atm}$	0,15	0,15
propustnost oblačnosti $\eta_{obl}$	1,0	1,0
energie laserového impulsu $E_{las}$	100 mJ	0,5 mJ
frekvence opakování	10 Hz	2000 Hz
divergence vysílaného svazku $\theta_{tran}$	20"	5"
přesnost pointace družice $\theta_{atm-point}$	0,6"	5"
vnější a vnitřní průměr přijímacího teleskopu	76 cm a 15 cm	50 cm a 8 cm
efektivní plocha přijímacího teleskopu $A_{rec}$	0,4360 m <sup>2</sup>	0,1913 m <sup>2</sup>
kvantová účinnost detektoru $\eta_{det}$	15%	20%

Tab. 3 Přehled navrácených fotonů pro standardní systém SLR a nejtýpicťější družice

Název družice	d výška družice v km	$A_{satsig}$ v 10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup>	Standardní systém SLR	
			Počet navrácených fotonů v 1 impulsu	Počet navrácených fotonů za 1 sekundu
Měsíc	387 000	100	0,00002	0,0002
Geostacionární	36 000	100	0,21	2,07
Glonass	20 000	360	7,81	78,05
Etalon	19 000	60	1,60	15,97
LAGEOS	6 000	7	18,74	187,4
Ajisai	1 400	12	10 835	108 358
Starlette	950	0,65	2 768	27 683
GFO-1 *)	800	2	16 938	169 380
CHAMP *)	500	1,8	4 503	45 000

\*) Družice GFO-1 a CHAMP již neexistují, zařazeny jsou jako reprezentativní vzorky nízkoleticích nekulových družic.

Tab. 4 Přehled navrácených fotonů pro moderní systém SLR a nejtýpicťější družice

Název družice	d výška družice v km	$A_{satsig}$ v 10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup>	Moderní systém SLR	
			Počet navrácených fotonů v 1 impulsu	Počet navrácených fotonů za 1 sekundu
Měsíc	387 000	100	0,0000001	0,0002
Geostacionární	36 000	100	0,0013	2,67
Glonass	20 000	360	0,05	100
Etalon	19 000	60	0,01	20
LAGEOS	6 000	7	0,12	242
Ajisai	1 400	12	70	140 000
Starlette	950	0,65	18	35 780
GFO-1	800	2	109	218 940
CHAMP	500	1,8	645	1 291 400

Díky vyšší energii impulsu mají standardní SLR systémy větší dosah než moderní SLR systémy, které apriori přijímají pouze jeden foton a dosah musí řešit vyšší kvalitou jiných komponent (např. menší divergencí vysílaného paprsku a s tím související vyšší přesností pointace). Příjem založený na přijetí jednoho fotonu je předpokladem přesného měření. Např. detektory typu SPAD mají v případě příjmu dvou a více fotonů problémy s aliasingem, které vedou k systematické chybě v měření převyšující velikost jejich rozptylu. Při měření družic, při kterých je počet navracených fotonů v 1 impulsu vyšší, se musí proto počet fotonů snížit. Děje se tak buď zařazením neutrálních filtrů, které signál utlumí až o několik řádů nebo zvětšením divergence vysílaného paprsku (**tab. 3** a **tab. 4** obsahují hodnoty vypočtené pro konstantní divergenci danou v parametrech v **tab. 2**). Zejména druhá možnost je výhodná při měření nízkoletících družic, jejichž relativní pohyb po obloze je velký a mají málo přesně určené efermeridy, podle kterých je SLR stanice naváděna. V takovém případě větší divergence paprsku výrazně zvyšuje pravděpodobnost zásahu odražeče na družici a tím úspěšné měření.

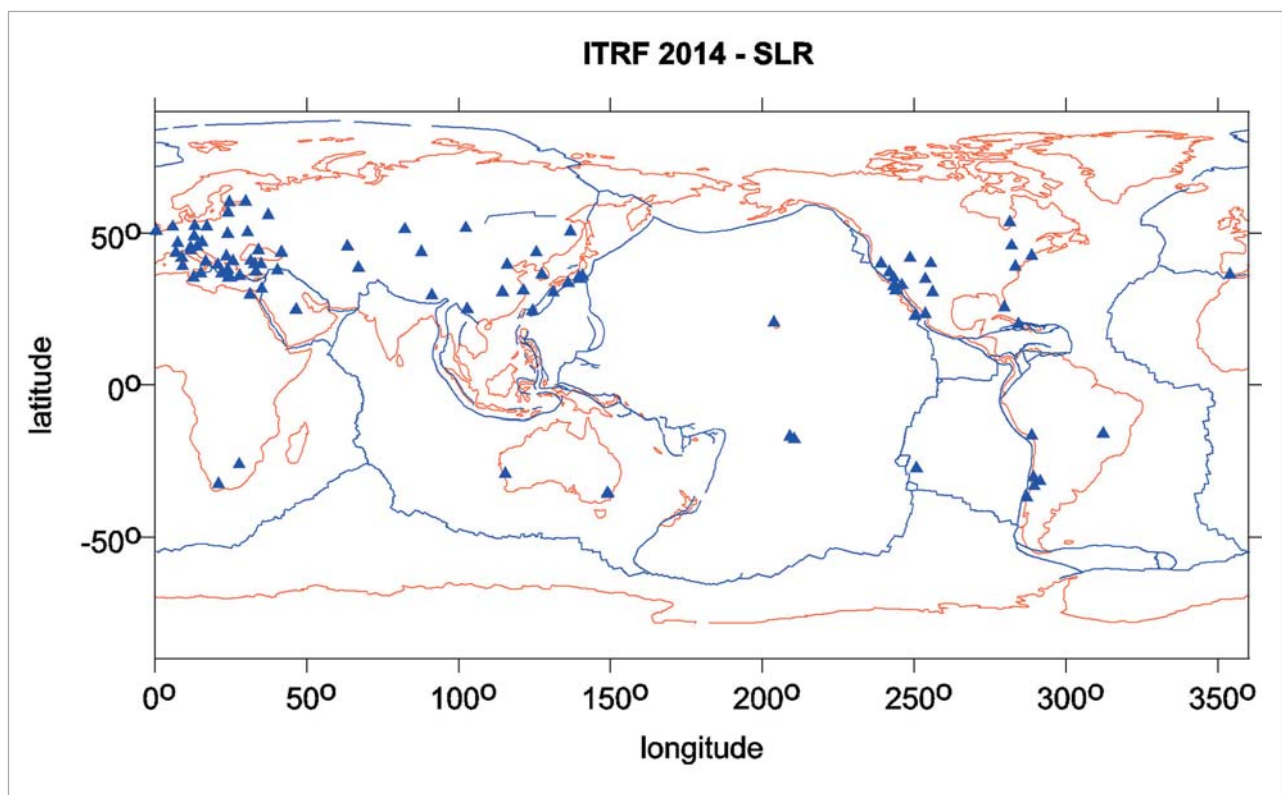
## 5. Aplikace SLR v současnosti

Základní schopnost SLR – tj. určování vzdálenosti mezi stanicí a družicí s vysokou přesností – je využívána v mnoha aplikacích. Některé z aplikací jsou spojené se SLR od samého začátku – jsou to zejména aplikace mající přímé využití v kosmické geodézii – jiné z aplikací jsou nové, vybudované až možnostmi moderních systémů SLR. V následujících odstavcích nastíníme jednotlivé aplikace.

### 5.1 Definice souřadnicového systému

SLR je jedna ze čtyř technik kosmické geodézie, které jsou používány pro definování a udržování celosvětového souřadnicového systému (např. [6]). Dalšími technikami je interferometrie z velmi dlouhých základen (VLBI), globální navigační družicové systémy (GNSS) a dopplerovské určování dráhy a polohy integrované do družice (DORIS). Kombinace všech čtyř technik umožňuje definovat počátek, orientaci a měřítko souřadnicového systému. SLR (stejně jako GNSS a DORIS) je technika využívající družice, které obíhají Zemi kolem těžiště [7], a tedy určuje počátek souřadnicového systému oproti technice VLBI, která je naopak schopná dobře určit rotační osu, ve které je definována osa Z souřadnicového systému. Oproti GNSS a DORIS technika SLR určuje absolutní hodnotu délky (a nikoli rozdíly délek, resp. rozdíly souřadnic), podílí se proto spolu s VLBI na určování měřítka souřadnicového systému. V definici počátku souřadnicového systému má SLR primární roli ze všech technik kosmické geodézie. Z **obr. 3** je patrné rozložení stanic SLR, jejichž měření byla použita pro definici souřadnicového systému ITRS2014. Vedle stálých stanic SLR jsou zahrnuty mobilní stanice vytvořené mobilním SLR systémem FTLRS z Francie a systémem z Číny. I přes doplnění mobilními systémy je patrná převaha stanic na severní polokouli.

Pro definici souřadnicového systému jsou používána měření SLR na speciální tzv. geodetické družice, které mají kulový tvar celý pokrytý odražeči a velký poměr mezi hmotností a průřezem. Vzhledem k těmto vlastnostem je jejich dráha dobře předpověditelná a efermeridy přesné i na delší období dopředu. Přehled geodetických družic pro SLR je v **tab. 5**. Interval normálního bodu je období měření, ze kterého je prováděn průměr, který slouží k dal-



Obr. 3 rozložení stanic SLR, které se podílely na definici Mezinárodního terestrického referenčního rámce ITRF 2014



Tab. 5 Přehled geodetických družic používaných v SLR (převzato z [5])

Jméno družice	Identifikátor	Délka intervalu normálního bodu [sek]	Výška [km]	Sklon [°]	První data
Ajisai	8606101	30	1 485	20	1986-08-13
Etalon-1	8900103	300	19 105	65	1989-01-26
Etalon-2	8903903	300	19 105	65	1989-07-13
LAGEOS-1	7603901	120	5 850	110	1976-05-10
LAGEOS-2	9207002	120	5 625	53	1992-08-24
LARES	1200601	30	1 450	69,5	2012-02-17
Starlette	7501001	30	815	50	1976-01-03
Stella	9306102	30	815	99	1993-08-30

šímu zpracování. Výška družice je výška nad zemským povrchem. Sklon představuje sklon dráhy vůči zemskému rovníku.

Družice LAGEOS-1 a LAGEOS-2 slouží současně pro určování tzv. bias (systematických odlehlostí) jednotlivých systémů SLR, a proto je nutné, aby je všechny SLR stanice sledovaly. Původní řešení využívala pouze družice na vyšších drahách (Etalon 1-2, LAGEOS 1-2), ale jiné výsledky [8] ukazují výhodnost i použití geodetických družic na nižších drahách.

## 5.2 Určování drah družic

Nainstalování odražeče na družici je nejlevnější způsob, jak zajistit určování dráhy družice. Po zařazení družice do sledovacího programu ILRS a zajištění efemerid pro danou družici ji stanice SLR rozmístěné po celém světě sledují. Z naměřených dat je možno určit dráhu družice s přesností vyhovující naprostě většině potřeb. Protože ale pokrytí SLR stanic na povrchu země není optimální (chybí stanice na jižní polokouli a zejména v rovníkové Africe), mnoho družic je vybaveno jinou technikou pro určování dráhy – zejména GNSS – a měření SLR jsou používána pro ověření a kalibraci (např. [9] a [10]).

Další oblastí sledování drah družic jsou aplikace podporované programem Mezinárodního geodetického observačního systému (IGOS – International Geodetic Observing System), která má za cíl sjednocení čtyř technik kosmické geodézie za účelem zvýšení přesnosti celosvětového souřadnicového systému, aby umožňoval využití ve všech oblastech sledování země – nejkritičtější situace je u sledování změn výšky oceánů, kde je potřebná velmi vysoká přesnost po mnoho let (pod 1 mm v řádu desetiletí). Sjednocení technik kosmické geodézie je možné jak na úrovni zpracování (použití shodných a nejlepších modelů, kombinace na úrovni normálních rovnic), tak na úrovni měření. V tomto ohledu je realizováno spojení mezi technikou SLR a technikami GNSS a DORIS. Družice systémů GNSS (GLONASS, Galileo, BeiDou, QZSS a IRNSS) jsou osazeny odražeči, stejně jako družice s DORIS přijímači Jason-2 a Jason-3 a jsou zařazeny do sledovacího programu ILRS. Družice s DORIS přijímači jsou na nízkých drahách a jsou sledovány při každém přeletu. Oproti tomu družice GNSS jsou na vysokých drahách a jejich přelet obvykle trvá více (až 12) hodin. V těchto případech systémy SLR měří pouze tři segmenty dráhy – v nejvyšším bodě dráhy a pak

po východu družice nad obzor a před západem družice pod obzor.

V současnosti je ve sledovacím programu ILRS 63 družic (a 5 odražečů na povrchu Měsíce pro LLR), z toho 35 družic GNSS a 8 geodetických. Pro 20 družic měření SLR určuje, resp. ověřuje dráhu. V přípravě je sledování dalších 15 družic.

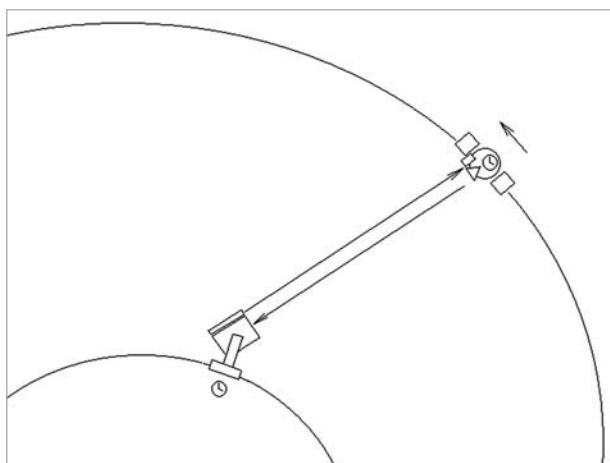
## 5.3 Aplikace přenosu času

Jednou z nových aplikací, které přišly s moderními SLR systémy, je přenos času – přesněji porovnání časových stupnic generovaných na různých místech – mezi dvěma stanicemi SLR nebo stanicí SLR a družicí (obr. 4). Předpokladem je, že na družici jsou provozovány atomové hodiny, vedle odražeče je přidán detektor přicházejících fotonů a dále je na družici čítač, který měří, v jaké časové epoše byly fotony přijaty. Další podmínkou je, že stanice SLR je vybavena přesnými atomovými hodinami.

Pro rozdíl časů  $\Delta t$  hodin na stanici  $t_s$  a na družici  $t_d$  přibližně platí

$$\Delta t = t_s^{start} + \frac{t_s^{stop} - t_s^{start}}{2} - t_d^{prijem}, \quad (10)$$

kde  $t_s^{start}$  je čas vyslání impulsu laseru v časové škále hodin na stanici,  $t_s^{stop}$  je čas přijetí odražených fotonů z impulsu



Obr. 4 Přenos času mezi stanicí a družicí



na stanici po návratu od družice též v časové škále hodin na stanici a  $t_{prijem}$  je čas přijetí fotonů z impulsu v detektoru na družici v časové škále hodin na družici. Rovnice je velmi přibližná, nezohledňuje např. korekce ze zpoždění šíření signálů na stanici a v družici. Porovnání časů hodin mezi dvěma stanicemi se děje zprostředkovaně přes porovnání hodin každé stanice s hodinami na družici.

První experimenty s tzv. T2L2 (Time Transfer by Laser Link) byly provedeny v roce 1998 [11], v pozdější realizaci se synchronizací pomocí družice Jason-2 bylo dosaženo přesnosti 140 ps [12]. Jedná se o rozšířenou nejistotu ( $s_k=2$ ), která je o řád nižší než v současnosti používané metody na přenos času, které jsou na úrovni 1 ns. Další aplikací přenosu času s družicemi na nízkých drahách je experiment ELT (European Laser Timing [13]), sloužící pro přenos času v projektu atomových hodin v kosmu (ACES Atomic Clock Ensemble in Space).

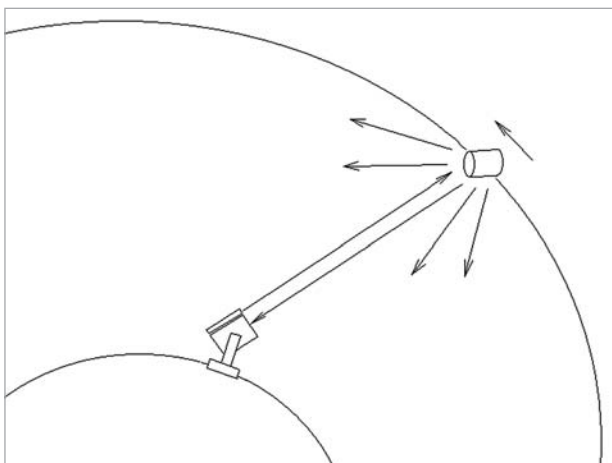
Přenos času pomocí SLR využívají, resp. hodlají využívat i GNSS navigační systémy pro určování korekcí palubních hodin. Je to evropský Galileo [14] a čínský systém BeiDou [15], experimenty jsou prováděny i v rámci ruského systému GLONASS.

#### 5.4 Sledování kosmického smetí

Další novou aplikací SLR je sledování objektů pohybujících se na drahách kolem Země, i když nemají speciální odražeče (obr. 5).

Protože se místo odrazu využívá Raileghovského rozptylu světla na hranici objektu, je třeba vysílat mohutnější kvantum světla v impulsu. Laserové generátory s energeticky silnějším impulsem a vysokou frekvencí opakování (kolem 1 kHz) obvykle mají délku impulsu delší o několik řádů (místo řádově 10 ps jsou to řádově 10 ns). To pochopitelně vede k nižší přesnosti měření, která je v řádu metrů.

Aplikace je zaměřena na sledování objektů kosmického smetí – mezi to se řadí zejména staré vysloužilé a nefunkční družice, druhé a další stupně raket sloužící původně k vynesení družic a též zbytky po srážkách objektů v kosmu. Dráhy objektů kosmického smetí nebývají obvykle známy s přesností umožňující jejich predikci do budoucna a tak neumožňují předvídaní a eliminaci případných srážek. Počet objektů kosmického smetí v kosmu neustále stoupá a tak stoupá i pravděpodobnost srážky.



Obr. 5 Sledování objektu bez odražeče

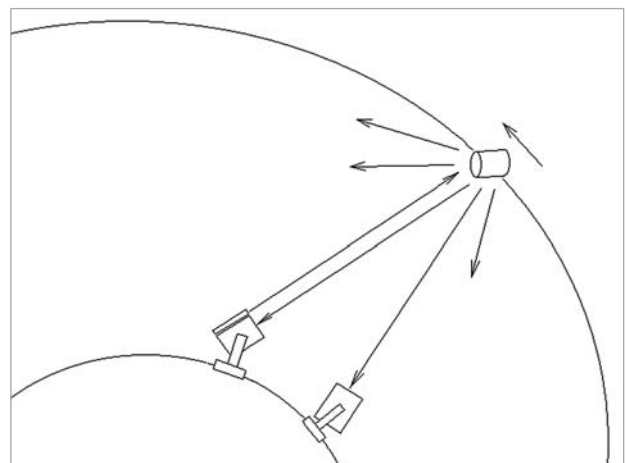
Sledování kosmického smetí se zabývají skupiny na stanici SLR v Grazu, Rakousko [16] a stanici SLR na Shanghai Astronomical Observatory, Čína [17]. Skupina na stanici SLR v Grazu je průkopníkem v oblasti a realizovala i první experiment s bistatickým sledováním kosmického smetí (obr. 6).

Bistatické sledování objektů kosmického smetí spočívá v doplnění další jedné či více stanic SLR, které provádějí příjem fotonů z impulsu vyslaného z jedné stanice SLR. Využívá se Raileghovského rozptylu, díky kterému je možno přijímat odražený impuls na větší části zemského povrchu než při použití klasického odražeče, který vrací světlo prakticky pouze zpět ke stanici, která ho vysílala. Předpokladem úspěchu je jednak přesná synchronizace vyslání impulsu s časem definovaným atomovými hodinami a jednak přesná synchronizace pro stanovení času přijetí odraženého impulsu na všech přijímacích stanicích – vše s přesností alespoň 100 ns. Použití přesně synchronizovaných atomových hodin je podstatné. První experiment byl proveden s již nefunkční družicí ENVISAT, kdy vysílací stanicí byla stanice SLR v Grazu, Rakousko a další přijímací stanicí byla stanice SLR Zimmerwald ve Švýcarsku [18]. Výsledkem je nejen určení vzdálenosti  $d_{vys}$  mezi vysílací stanicí a objektem kosmického smetí, ale i určení vzdálenosti  $d_{prij}$  mezi objektem a přijímací stanicí podle přibližného vztahu

$$d_{prij} = \frac{t_{prij}^{stop} - \frac{t_{vys}^{start} + t_{vys}^{stop}}{2}}{c}, \quad (11)$$

kde  $t_{vys}^{start}$  je čas vyslání impulsu z vysílací stanice,  $t_{vys}^{stop}$  je čas přijetí impulsu na vysílací stanici a  $t_{prij}^{stop}$  je čas přijetí impulsu na přijímací stanici. Vztah je přibližný, není uvažován rozdíl časových škál generovaný na jednotlivých stanicích. V každém měření jsou určeny dvě vzdálenosti, a to umožňuje určit dráhu objektu kosmického smetí podstatně lépe – buď z kratšího úseku dat, nebo s vyšší přesností. Pro objekty na nízkých drahách je potřebná poměrně hustá síť stanic a dle [19] by stanice SLR v České republice byla v tomto případě velmi přínosná.

V poslední době je navrhováno sledovat kosmické smetí na jiné než běžné vlnové délce 532 nm (druhá harmonická základní frekvence Nd:YAG, resp. Nd:Vanadate laserů). Jako výhodnější se ukazuje základní vlnová délka 1 064 nm, která je generována s dvojnásobnou energií, než vlnová délka 532 nm a sledování má tak vyšší účinnost.



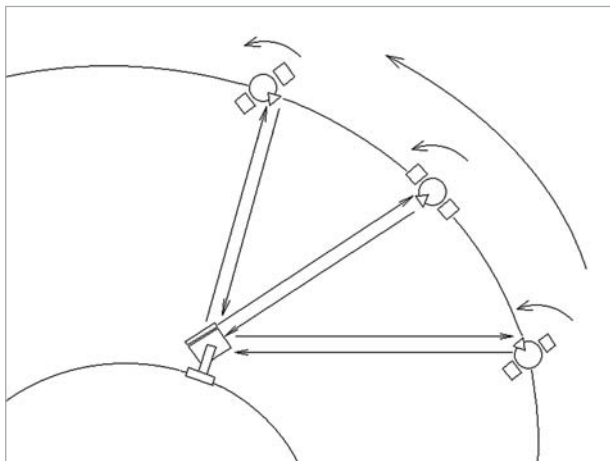
Obr. 6 Bistatické sledování kosmického smetí

### 5.5 Sledování rotace družic

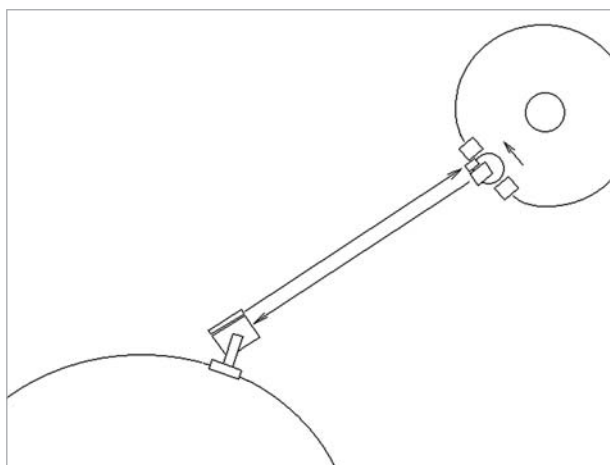
Vyšší frekvence opakování měření (kolem 1 kHz) je důležitým předpokladem pro vznik další aplikace SLR, kterou je sledování rotace družic (obr. 7).

Geodetické družice SLR jsou kulového tvaru s povrchem pokrytým odražeči. Nemají nijak zajištěnou orientaci vůči Zemi a tak během letu na dráze rotují podle obecné osy. Systém odražečů u modernějších družic je navržen tak, aby impuls odrazil vždy jen jeden odražeč. Je to kvůli zpřesnění měření. Přesto vlivem rotace družice dochází k tomu, že ne v každém případě je odražeč v ideální pozici vůči stanici (tj. v přímce stanice – těžiště družice), ve které je definována oprava k těžišti družice (COM – Center of Mass) tj. vzdálenost mezi ideálním bodem odrazu impulsu a těžištěm družice.

V okamžiku, kdy začaly stanice SLR pořizovat data s frekvencí kolem 1 kHz (oproti předchozím obvyklým 10 Hz), začal být v měření patrný vliv natočení odražeče na družici. Z tohoto vlivu je možno odvodit frekvenci otáčení družice a z dlouhodobého hlediska i její změny. První výsledky byly získány pro geodetické družice SLR – ETALON [20] a Ajisai [21], u kterých systém odražečů způsobuje větší kolísání v opravě COM a musí být ve zpracování dat z této družice zohledněno. Specifickým případem byla družice BLITS, která byla sférická, přičemž odraz byl zajištěn pouze u poloviny jejího povrchu. Protože družice rotovala, bylo měření na ni pravidelně přerušované. Rotace družice byla určena vícekrát (např. [22]). Bohužel družice BLITS – pravděpodobně po srážce s kosmickým smetím – není od roku 2013 k dispozici. Vzhledem k tomu, že družice LAGEOS-1 a LAGEOS-2 jsou používány jako kalibrační družice, je na ně měřeno velmi mnoho měření, a to umožnilo určit jejich rotaci i ze starších dat s frekvencí 10 Hz [23]. Příkladem určování rotace i pro objekty kosmického smetí je určení rotačních parametrů a sklonu roviny dráhy družice ENVISAT [24]. SLR stanice Graz určuje rotační parametry i starých nefunkčních družic navigačního systému GLONASS, které má zařazené do sledování v rámci programu sledování objektů kosmického smetí.



Obr. 7 Sledování rotace družice



Obr. 8 Měření k transpondéru na oběžné dráze jiného kosmického tělesa

### 5.6 Meziplanetární transpondéry

Od začátku 21. století v Národním úřadu pro letectví a kosmický prostor (NASA – National Aeronautics and Space Administration) je rozvíjena myšlenka měření vzdálenosti pomocí SLR v meziplanetárním prostoru ([25]). Vzhledem k možnostem laserových generátorů je základním předpokladem, že na konci měření vzdálenosti v kosmu není odražeč, ale transpondér, který obsahuje detektor vyslaného impulsu, přesné palubní hodiny s čítačem a laserový generátor. Transpondér ke každému přijatému impulsu zaznamená čas palubních hodin a vyšle zpětný impuls z laserového generátoru (obr. 8).

Popsaný systém umožňuje určit okamžitou vzdálenost mezi stanicí SLR a družicí nesoucí transpondér a též provést přenos času, který možná porovnání palubních hodin družice. Systém byl otestován na družici LRO (Lunar Reconnaissance Orbiter), která byla na oběžné dráze kolem Měsíce. Protože detektor na družici LRO byl učen i pro příjem dalších signálů, bylo nutné, aby impulsy ze stanice SLR byly přijaty v definovaných časových oknech. To předpokládalo vysílání laserových impulsů ze stanice SLR v přesných okamžicích definovaných s využitím atomových hodin. NASA předpokládá budoucí realizaci i u dalších planet sluneční soustavy.

## 6. Nové systémy SLR

Systém SLR, který je použitelný pro současné aplikace, musí splňovat následující parametry:

- co nejkratší vysílaný impuls s velkou energií a frekvencí opakování alespoň 1 kHz,
- měření na dvou vlnových délkách – 532 nm a 1064 nm, systém by měl umožnit instalaci a souběžné použití dalšího laserového generátoru s vyšší energií a delším impulsem pro sledování kosmického smetí, případně jiný generátor pro meziplanetární transpondér,
- velký rozsah nastavení divergence paprsku vysílaného z montáže včetně co nejmenší divergence, montáž musí mít vysokou přesnost pointace zajištěnou pomocí kalibrace na hvězdy,
- co největší účinná plocha přijímacího teleskopu, co nejnižší útlum světla v optické trase při vysílání a příjmu,
- co nejcitlivější detektory pro detekci impulsu pracující na principu detekce jednotlivého fotonu a s individuální možností nastavení útlumu přijímaného signálu, detektory optimalizované pro jednotlivé přijímané vlnové délky včetně detektoru s vyšší citlivostí pro sledování kosmického smetí,

- f) co nejpřesnější čítač epoch napojený na staniční atomové hodiny navázané na standard frekvence a času,  
g) řízení okamžiku vyslání impulsu v okamžicích definovaných podle staničních atomových hodin pro přenos času, bistatické sledování kosmického smetí a meziplanetární transpondéry,  
h) maximálně automatizovaný provoz včetně detekce k zabránění kolize s letadly a včetně sledování aktuálních atmosférických podmínek,  
i) optimalizace pointace, divergence vysílaného svazku a útlumu přijímaného signálu podle aktuální konfigurace a počtu fotonů v navráceném impulsu.

Požadavky a), b), e) a f) jsou podstatné pro dosažení potřebné přesnosti. Pro zajištění potřebného dosahu je třeba splnit požadavky a), c), d) a e). Pro aplikaci přenosu času je dále podstatný požadavek g). Sledování kosmického smetí umožní požadavky b), d), e) a pro bistatické sledování i požadavek g). Sledování rotace satelitů splní vedle požadavků na přesnost zejména požadavek a). Pro meziplanetární transpondér jsou to též požadavky b) a g). Pro snížení provozních nákladů systému SLR je důležitá jeho maximální automatizace, pro kterou je nutné splnit požadavky h) a i).

Od roku 2012 byly ve Výzkumném ústavu geodetickém, topografickém a kartografickém, v. v. i., zkoumány podmínky, možnosti a cesty k vybudování a provozování stanice SLR na Geodetické observatoři Pecný. Vedle úvodních studií byly zkoumány možnosti pořízení celého systému. Obvykle jsou SLR stanice originály postavené za účasti odborníků z mnoha oblastí. Výjimkou je společnost OAO Výzkumně-výrobní korporace pro přesné systémy a přístroje z Ruské federace, která je schopná dodat moderní systém SLR na zakázku [26]. Parametry jí nabízeného komerčního systému jsou v **tab. 6**.

Poměrně malý průměr přijímacího teleskopu je kompenzován neobvykle velkou kvantovou účinností detektoru, která je dvojnásobná oproti obvyklým detektorům. **Tab. 7** shrnuje počet navrácených fotonů pro komerční systém SLR. Z **tab. 7** je patrné, že dosah komerčního systému je srovnatelný s moderními systémy SLR, které mají větší průměr přijímacího teleskopu (50 cm).

Pro měření na družice systémů GNSS, z nichž některé jsou na geostacionární dráze (část družic systému BeiDou) a pro aplikace sledování kosmického smetí je velikost aktivní plochy přijímacího teleskopu limitující. Podle sdělení [19] je vhodný průměr přijímacího teleskopu 80 cm. Z hlediska

**Tab. 6** Parametry komerčního systému SLR (podle [26] a [27])

systém SLR	komerčního
vlnová délka laserového impulsu $\lambda$	532,0 nm
účinnost (útlum) vysílací optiky $\eta_{tran}$	cca 0,5
účinnost (útlum) přijímací optiky $\eta_{rec}$	cca 0,5
atmosférická propustnost $\eta_{atm}$	0,15
propustnost oblačnosti $\eta_{obl}$	1,0
energie laserového impulsu $E_{las}$	2,5 mJ
frekvence opakování	1000 Hz
divergence vysílaného svazku $\theta_{tran}$	12"
přesnost pointace družice $\theta_{atm-point}$	cca 3"
vnější a vnitřní průměr přijímacího teleskopu	36 cm a cca 5 cm
efektivní plocha přijímacího teleskopu $A_{rec}$	0,0998 m <sup>2</sup>
kvantová účinnost detektoru $\eta_{det}$	cca 40%

**Tab. 7** Přehled navrácených fotonů pro komerční systém SLR a nejtýpčtější družice

Název družice	d výška družice v km	$A_{satsig}$ v 10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup>	Komerční systém SLR	
			Počet navrácených fotonů v 1 impulsu	Počet navrácených fotonů za 1 sekundu
Měsíc	387 000	100	0,0000006	0,001
Geostacionární	36 000	100	0,0079	7,88
GLONASS	20 000	360	0,30	300
Etalon	19 000	60	0,06	60
LAGEOS	6 000	7	0,72	720
Ajsai	1 400	12	414	414 000
Starlette	950	0,65	106	106 000
GFO-1	800	2	647	647 000
CHAMP	500	1,8	3 814	3 814 000



přesnosti, která je v **tab. 8**, je komerční systém SLR srovnatelný s moderními systémy SLR (srov. **tab. 1**).

Komerční systém SLR též pracuje pouze na jedné vlnové délce. Nespĺňuje tedy všechny požadavky. Z výše nastiňných důvodů a z důvodu lepší realizace případných oprav byl navržen systém SLR s parametry v **tab. 9**. Systém je

složen z komponent dostupných v České republice nebo v jiných evropských státech (Německo, Itálie, Švýcarsko) a je navržen s ohledem na maximální automatizaci měření.

Přesnost systému SLR je v **tab. 8**. Jedná se o nejpřesnější systém. V **tab. 10** je přehled navrácených fotonů pro navrhovaný systém SLR.

**Tab. 8** Přesnost měření pro komerční a navrhovaný systém SLR

systém SLR	komerční	navrhovaný
Délka impulsu	50 ps	15 ps
Rozptyl detektoru	cca 20 ps	20 ps
Přesnost čítače	cca 2 ps	2 ps
Přesnost kalibrační délky	1 mm	1 mm
<b>Přesnost jednoho měření</b>	<b>12 mm</b>	<b>7 mm</b>
Frekvence opakování	1 000 Hz	2 000 Hz
<b>Přesnost průměru z jedné sekundy</b>	<b>0,39 mm</b>	<b>0,16 mm</b>

**Tab. 9** Parametry navrhovaného systému SLR

systém SLR	navrhovaného
vlnová délka laserového impulsu $\lambda$	532,0 nm
účinnost (útlum) vysílací optiky $\eta_{tran}$	0,5
účinnost (útlum) přijímací optiky $\eta_{rec}$	0,5
atmosférická propustnost $\eta_{atm}$	0,15
propustnost oblačnosti $\eta_{obl}$	1,0
energie laserového impulsu $E_{las}$	2,5 mJ
frekvence opakování	2000 Hz
divergence vysílaného svazku $\theta_{tran}$	10"
přesnost pointace družice $\theta_{atm-point}$	3"
vnější a vnitřní průměr přijímacího teleskopu	80 cm a 20 cm
efektivní plocha přijímacího teleskopu $A_{rec}$	0,4712 m <sup>2</sup>
kvantová účinnost detektoru $\eta_{det}$	20%

**Tab. 10** Přehled navrácených fotonů pro navrhovaný systém SLR a nejtípicťější družice

Název družice	d výška družice v km	$A_{satsig}$ v 10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup>	Navrhovaný systém SLR	
			Počet navrácených fotonů v 1 impulsu	Počet navrácených fotonů za 1 sekundu
Měsíc	387 000	100	0,000002	0,004
Geostacionární	36 000	100	0,025	50,7
GLONASS	20 000	360	0,95	1920
Etalon	19 000	60	0,20	392
LAGEOS	6 000	7	2,3	4 600
Ajisai	1 400	12	1 330	2 660 000
Starlette	950	0,65	340	680 000
GFO-1	800	2	2 080	4 160 000
CHAMP	500	1,8	12 269	24 500 000

Počet navrácených fotonů pro geostacionární družice GNSS je největší ze všech moderních systémů SLR. Systém je navržen tak, aby vyhověl všem současným aplikacím SLR:

- dosah umožňuje měřit všechny geodetické družice i družice systémů GNSS vybavené koutovými odražeči,
- rychlost montáže a její přesnost umožňuje i měření nízkoleťících družic,
- pro přenos času je systém vybaven atomovými hodiny (aktivním vodíkovým maserem) s navázáním na státní etalon času a frekvence a čítači, které jsou v současnosti nejpřesnější na trhu,
- sledování kosmického smetí je umožněno jak průměrem přijímacího teleskopu, tak detektorem optimalizovaným pro tuto aktivitu,
- četnost opakování měření umožňuje sledování rotace družic,
- pro meziplanetární transpondéry je vyhovující jak průměr přijímacího teleskopu, tak přesné řízení startu impulsu pomocí atomových hodin,
- automatizace měření využije algoritmů vyvinutých pro automatické řízení na stanicích SLR v Postdami (Německo) a Metsahovi (Finsko).

## 7. Závěr

Současné moderní systémy SLR umožňují měření pro stále širší aplikace, které již nejsou pouze v oblasti kosmické geodézie, ale zasahují i do oblasti metrologie času, dynamiky planet a bezpečnosti ve vesmíru. Širší spektrum aplikací umožňuje i širší oblast pro získávání projektů a grantů na financování provozu systému SLR, který je odhadován dle míry automatizace mezi 3 až 6 mil. Kč ročně. Pořizovací cena systému SLR pro široké spektrum aplikací (podle [26]) je cena komerčního systému SLR 5 mil. USD tj. cca 152 mil. Kč, cena navrhovaného systému SLR je v cenové hladině roku 2016 kolem 113 mil. Kč) činí zřízení stanice SLR v České republice věcí nepravděpodobnou. Časový rámec zřízení – cca 8 let – přesahuje většinu možných projektů. Reálněji se jeví možná spolupráce se stanicí SLR v Grazu na programu bistatického sledování kosmického smetí, pro který je možné realizovat systém SLR v cenové hladině o řád nižší (podle [19]) cca 15 mil. Kč).

## Poděkování

Informace publikované v článku byly získány s podporou na rozvoj výzkumné organizace Výzkumného ústavu geodetického, topografického a kartografického, v. v. i. Autor děkuje za významnou podporu vedení ústavu a za umožnění zahraničních cest, které sloužily k navázání potřebných kontaktů. Autor děkuje též Ing. Marku Pecovi za prvotní impulsy. Článek je věnován památce Ing. Georgije Karského, CSc., který byl velkým iniciátorem přístrojového rozvoje na Geodetické observatoři Pecný v Ondřejově.

## LITERATURA:

- [1] NAVARA, P.-DŘÍČEK, T.-HAMAL, K.-NOVOTNÝ, A.: Laserový družicový radar. Geodetický a kartografický obzor, Praha, ročník 17/59, 1971, č. 9, s. 220-223.
- [2] DEGNAN, J.: vyzvaná přednáška k výročí 50. let od prvního SLR experimentu. Proslovená na 19<sup>th</sup> International Workshop on Laser Ranging, „Celebrating 50 Years of SLR: Looking Back and Planning Forward“, Annapolis, MD, USA, 29. říjen 2014.
- [3] PLOTKIN, H.: Genesis of Laser Satellite Tracking at NASA/Goddard. Prezentace na 19<sup>th</sup> International Workshop on Laser Ranging, „Celebrating 50 Years of SLR: Looking Back and Planning Forward“, Annapolis, MD, USA, 27. říjen 2014.
- [4] BIVAS, R.-MORAELCO, N.: Determination de l'orbite du satellite GEOS-A au moyen dun telemetre a laser a partir d'une station. Comptes Rendus Hebdomadaires des Seances de L'Academie des Sciences Serie A, vol. 262, No. 16, pp. 935, Paris, France, 1966.
- [5] Mezinárodní služba laserové lokace – International Laser Ranging Service (ILRS). [online]. Dostupné z: <http://ilrs.gsfc.nasa.gov>.
- [6] MIN LI, TIAN-HE XU, HANG YU: Research of Key Technology on the Combination of GPS, VLBI, SLR and DORIS Solution for Station Coordinates and ERPs. China Satellite Navigation Conference (CSNC) 2015 Proceedings, vol. II. In: Lecture Notes in Electrical Engineering, vol. 342, pp. 173-189, 2015. Doi: 10.1007/978-3-662-46632-2\_15.
- [7] SPATAR, C. B.-MOORE, P.-CLARKE, P. J.: Collinearity assessment of geocentre coordinates derived from multi-satellite SLR data. Journal of Geodesy, vol. 89, no. 12, pp. 1197-1216, prosinec 2015. Doi: 10.1007/s00190-015-0845-x.
- [8] SOSNICA, K.-JAGGI, A.-THALLER, D.-BEUTLER, G.-DACH, R.: Contribution of Starlette, Stella and AJSAL to the SLR-derived global reference frame. Journal of Geodesy, vol. 88, no. 8, pp. 789-804, srpen 2014. Doi: 10.1007/s00190-014-0722-z.
- [9] ZELENSKY, N. P.-LEMOINE, F. G.-ZIEBERT, M.-SIBTHORPE, A.-WILLIS, P.-BECKLEY, B. D.-KLOSKO, S. M.-CHINN, D. S.-ROWLANDS, D. D.-LUTHCKE, S. B.-PAVLIS, D. E.-LUCERI V.: DORIS/SLR POD modeling improvements for Jason-1 and Jason-2. Advances in Space Research. Vol. 46, no. 12, pp. 1541-1558, 15. prosinec 2010. Doi: 10.1016/j.asr.2010.05.008.
- [10] HACKEL, S.-STEIGENBERGER, P.-HUGENBLOER, U.-UHELMANN, M.-MONTENBRUCK, O.: Galileo orbit determination using combined GNSS and SLR observations. GPS Solutions, vol. 19, no. 1, pp. 15-25, leden 2015. Doi: 10.1007/s10291-013-0361-5.
- [11] SAMAIN, E.-FRIDELANCE, P.: Time Transfer by Laser Link (T2L2) experiment on Mir. Metrologia, vol. 35, no. 3, pp. 151-159, 1998. Doi: 10.1088/0026-1394/35/3/3.
- [12] SAMAIN, E.-EXERTIER, P.-COURDE, C.-FRIDELANCE, P.-GUILLEMOT, P.-LAAS-BOURES, M.-TORRE, J.-M.: Time transfer by laser link: a complete analysis of the uncertainty budget. Metrologia, vol. 52, no. 2, pp. 423-432, duben 2015. Doi: 10.1088/0026-1394/52/2/423.
- [13] PROCHÁZKA, I.-KODET, J.-BLAŽEJ, J.-SCHREIBER, U.-CACCIAPUOTI, L.: Development of the European Laser Timing instrumentation for the ACES time transfer using laser pulses. Presented at 24<sup>th</sup> European Frequency and Time Forum (EFTF), European Space Agency, Space Research and Technology Center, Noordwijk, Netherlands, 13.-16. duben 2010. In: IEEE, 2010.
- [14] PROCHÁZKA, I.-SCHREIBER, U.-SCHAFFER, W.: Laser time transfer and its application in the Galileo programme. Advances in Space Research, vol. 47, no. 2, pp. 239-246, 15. leden 2011. Doi: 10.1016/j.asr.2010.02.008.
- [15] MENG, W.-ZHANG, H.-ZHANG, Z.-PROCHÁZKA, I.: The application of single photon detector technique in laser Time Transfer for Chinese Navigation System. Presented at Conference of Photon counting application IV; and quantum optics and quantum information transfer and processing, Prague, Czech Republic, 16-17 April 2013. In: PROCHÁZKA, I.-FIURASEK, J.-SOBOLEWSKI, R. (eds.): Proceeding of SPIE, vol. 8773. Doi: 10.1117/12.2020766.
- [16] KIRCHNER, G.-KOIDL, F.-FRIEDERICH, F.-BUSKE, I.-VOLKER, U.-RIEDE, W.: Laser measurements to space debris from Graz SLR station. Advances in Space Research, vol. 51, no. 1, pp. 21-24, 1. leden 2013. Doi: 10.1016/j.asr.2012.08.009.
- [17] HAO SUN, HAI-FENG ZHANG, ZHONG-PING ZHANG, BIN WU: Experiment on diffuse reflection laser ranging to space debris and data analysis. Research in Astronomy and Astrophysics, vol. 15, no. 6, pp. 909-917, červen 2015. Doi: 10.1088/1674-4527/15/6/013.
- [18] WIRNSBERGER, H.-BAUR, O.-KIRCHNER, G.: Space debris orbit prediction errors using bi-static laser observations. Case study: ENVISAT. Advances in Space Research, vol. 55, no. 11, pp. 2607-2615, 1. červen 2015. Doi: 10.1016/j.asr.2015.02.018.

- [19] KIRCHNER, G.: soukromá komunikace na 20<sup>th</sup> International Workshop on Laser Ranging 2016, 9.-14.10.2016, Potsdam, Německo.
- [20] KUCHARSKI, D.-KIRCHNER, G.-CRISTEA, E.: ETALON spin period determination from kHz SLR data. *Advanced in Space Research*, vol. 42, no. 8, pp. 1424-1428, 15. říjen 2008. Doi: 10.1016/j.asr.2007.08.030.
- [21] KUCHARSKI, D.-OTSUBO, T.-KIRCHNER, G.-LIM, H.-C.: Spectral filter for signal identification in the kHz SLR measurements of the fast spinning satellite Aijisai. *Advances in Space Research*, vol. 52, no. 5, pp. 930-935, 1. září 2013. Doi: 10.1016/j.asr.2013.05.006.
- [22] KUCHARSKI, D.-KIRCHNER, G.-LIM, H.-C.-KOIDL, F.: New results on spin determination of nanosatellite BLITS from High Repetition Rate SLR data. *Advances in Space Research*, vol. 51, no. 5, pp. 912-916, 1. březen 2013. Doi: 10.1016/j.asr.2012.10.008.
- [23] KUCHARSKI, D.-KIRCHNER, G.-KOIDL, F.-CRISTEA, E.: 10 Years of LAGEOS-1 and 15 years of LAGEOS-2 spin period determination from SLR data. *Advances in Space Research*, vol. 43, no. 12, pp. 1926-1930, 15. červen 2009. Doi: 10.1016/j.asr.2009.01.019.
- [24] KUCHARSKI, D.-KIRCHNER, G.-KOIDL, F.-FAN, C.-CARMAN, R.-MOORE, C.-DMYTROTSIA, A.-PLONER, M.-BIANCO, G.-MEDVEDSKIJ, M.-MAKEYEV, A.-APPLEBY, G.-SUZUKI, M.-TORRE, J.-M.-ZHANG, Z.-GRUNWALDT, L.-FENG, Q.: Attitude and Spin Period of Space Debris Envisat Measured by Satellite Laser Ranging. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 52, no. 12, pp. 7651-7657, prosinec 2014. Doi: 10.1109/TGRS.2014.2316138.
- [25] DEGNAN, J. J.: Laser transponders for high-accuracy interplanetary laser ranging and time transfer. Presented at 359<sup>th</sup> WE-Heraeus Seminar on Lasers, Clocks and Drag-Free – New Technologies for Testing Relativistic Gravity in Space, University of Bremen, Bremen, Germany, 30. května – 1. června 2005. In: H. Dittus, C. Lammerzah, S.G. Turyshev (eds.): *Lasers, clocks and drag-free control: exploration of relativistic gravity in space*. Astrophysics and Space Science Library, vol. 349, pp. 231-242, 2008.
- [26] OAO Výzkumně-výrobní korporace pro přesné systémy a přístroje: Nabídka na SLR systém Tochka. Dopis č.j. 60/628 ze 6.7.2015, Moskva, Ruská federace.
- [27] SADOVNIKOV, M. A.-SHARGORODSKIY, V. D.: The New Generation SLR Station for Time Transfer with the Subnanosecond Accuracy and Laser Ranging with the Submillimeter Accuracy in the Datime and at Night. Presented at 19<sup>th</sup> International Workshop on Laser Ranging „Celebrating 50 Years of SLR: Looking Back and Planning Forward“, Annapolis, MD, USA, 27. říjen 2014.

Do redakce došlo: 27. 6. 2017

**Lektoroval:**  
**prof. Ing. Ján Hefty, PhD.,**  
**Slovenská technická univerzita**  
**v Bratislave**



## VÝSTAVA JAN FELKL & SYN, TOVÁRNA NA GLÓBY

26. 2. – 13. 4. 2018

Ústřední knihovna Vysoké školy báňské

Technické univerzity Ostrava

17. listopadu 15, Ostrava-Poruba

<http://knihovna.vsb.cz>

## VÝSTAVA JAN FELKL & SYN, TOVÁRNA NA GLÓBY

15. 3. – 15. 11. 2018

Moravské kartografické centrum

Velké Opatovice

Zámek 14, Velké Opatovice

<http://kc.velkeopatovice.cz/mkc/>







## FÓRUM MLADÝCH GEOINFORMATIKOV 2018

11. ROČNÍK VEDECKEJ KONFERENCIE ŠTUDENTOV  
DOKTORANDSKÉHO ŠTÚDIA A MLADÝCH  
VEDECKO-VÝSKUMNÝCH PRACOVNÍKOV



TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE

ktoré sa uskutočnia v priestoroch Technickej univerzity vo Zvolene  
**25. 5. 2018.**



### Dôležité termíny:

- 1. 4. 2018 - zaslanie prihlášok vrátane abstraktov
- 6. 5. 2018 - uzávierka pre odoslanie recenzovaných príspevkov

### Kontakty:

Ing. Michal Antal  
Ing. Alžbeta Grznárová  
Ing. Milan Hunčaga  
Ing. Zuzana Slatkovská  
Ing. Martin Zápotocký

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta  
Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie  
T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen  
B-blok, 1. poschodie, č. dverí B-119  
č. tel.: +421-(0)45-5206 309  
e-mail: [fmg@tuzvo.sk](mailto:fmg@tuzvo.sk)  
<http://gis.tuzvo.sk/fmg2018>



## Interoperabilita mezi zdroji geoprostorových dat a modely BIM

RNDr. Eva Sovjáčková,  
předsedkyně TNK 122 Geografická informace/Geomatika  
Ing. Václav Šafář,  
Výzkumný ústav geodetický, topografický  
a kartografický, v. v. i

### Abstrakt

Technologie informačního modelování staveb a řízení informací o stavbách podpořené právními a technickými normami se může střetnout s řadou problémů se záměry řízení realizace vládní Strategie rozvoje infrastruktury prostorových dat na území České republiky do roku 2020. Článek předkládá některé otázky a dosud otevřené problémy interoperability, které by mohly ohrozit reciproční výměnu určitého typu informací mezi zdroji prostorových dat a třídou modelů BIM (Building Information Modelling). Diskuse k těmto otázkám by měla být urychlena, aby bylo zabráněno vývoji schématu informačních sil z důvodu nedostatečné centrální správy informací.

### Geospatial Data Resources and BIM Models Interoperability

### Abstract

The technology of building information modelling and control supported by legal and technical regulations can meet a queue of issues on the base of management of the governmental Strategy of Spatial Data Infrastructure on the territory of the Czech Republic by 2020. The paper put forward some questions of interest and still open interoperability issues that should jeopardize the reciprocal information exchange in between geographic information resources and Building Information Modelling models class. The discussion should be speeded up to protect national information resources from information silos schema development because of the lack of top information management.

**Keywords:** Conceptual modelling, Data Types Organization, Geographic Information, Geomatics, Industry Foundation Classes, Information Silo, Use Case, Semantic Web

1.

#### Úvod – záměry článku ve vztahu k standardizačním jednáním na úrovni ISO

Interoperabilita mezi infrastrukturou geografických dat a modely BIM (Building Information Modelling) je aktuálním tématem. Intenzivně je pak pojednávána na workshopech hledajících vhodné standardizační postupy k jejímu dosažení. Workshop k této problematice proběhl rovněž v rámci 44. zasedání ISO/TC 211 Geographic information/Geomatics, dne 30. 5. 2017 ve Stockholmu, účast byla otevřena zájemcům o postup standardizace. Organizace workshopu byla oznámena prostřednictvím komunikačních spojů normalizačních organizací, členů ISO/TC 211 a ISO/TC 59 SG 13 Building information management. Workshop byl veden Švédským normalizačním úřadem (SIS) za účasti řady akademických pracovníků, zástupců konsorcia Open Geospatial Consortium (OGC) a building-Smart a zájemců ze strany normalizačních institucí. Kolekce prezentací možných názorů a návrhů jsou dostupné na webových stránkách ISO/TC 211 [1].

Workshop se zaměřil na několik témat, základním tématem byla výměna informace mezi zdroji dat s prostorovými aspekty pořízenými v rámci modelování BIM a obecnými nebo aplikačními schémata geografické informace. Byl přednesen námět na využití technologií Sémantického Webu a propojených dat (Linked Data). Specifická diskuse se věnovala otázkám zkrácení transformace dat geometrických plánů, jako součástí modelu BIM, do souřadnicového referenčního systému (CRS/Coordinate Reference System) národní infrastruktury geografických dat. Diskutované problémy vycházely z platných norem ISO a standardů konsorcií OGC a buildingSmart.

2.

#### Technologie BIM a příležitosti jejího nasazení

Digitalizovaná data dokumentace staveb a data modelů BIM jsou organizována v technologii BIM. Zkratka BIM je homonymum zastupující jednak „na modelech založené, počítačově podporované“ projektové plánování, návrhy, výstavbu a provoz staveb a jednak technologii organizace datových typů digitalizované stavební dokumentace. Pro účely tohoto článku je navíc použití zkratky BIM zúženo na „budovu“. Stavby obecně (silnice, železniční tratě, plavební dráhy) mohou vnášet do diskuze další pohledy a přístupy.

Zpracování stavební dokumentace plně v digitálním prostředí není novinkou, naopak je již dlouho předmětem konceptů počítačem podporovaného projektování (CAD, computer-aided design), které byly rozvíjeny jako průmyslové standardy, a již více než dvacet let jsou součástí mezinárodních norem ISO v klasifikační třídě (ICS) 25.040.40 „Měření a zvládnutí průmyslových procesů“. Americký normalizační ústav (NIST) odhadl již někdy kolem roku 2001 vyšší úspory při používání těchto norem na stovky až tisíce milionů dolarů ročně. Úspory jsou dosahovány využitím již standardizovaných prvků návrhů a dokumentace staveb, možností využít digitální dokumentaci při rekonstrukcích nebo ji předávat při dožití stavby k dalšímu zpracování jinými profesemi. V průběhu dlouhého období implementace byly úspěšně řešeny otázky ochrany autorských designů, licence k digitálním verzím a řada dalších, které by snad mohly být překážkou implementace BIM. Tyto dílčí otázky však nejsou předmětem článku.

Finanční efektivita nasazení technologie BIM je publikována také v dokumentech evropských organizací zabývajících se zaváděním BIM do široké praxe a tyto poznatky

se prosadily do záměrů Evropské unie, kromě jiného do textu evropské směrnice 2014/24/EU, o zadávání veřejných zakázek [2]. Tato směrnice umožňuje požadovat zpracování stavebních plánů s využitím technologie BIM.

Také vláda České republiky (ČR) ve svém usnesení ze dne 2. 11. 2016 č. 958 o významu metody BIM pro stavební praxi v České republice vyjádřila podporu zavádění metody BIM s předpokladem, že tato metoda ovlivní růst ekonomiky založený na růstu konkurenceschopnosti českého stavebnictví. Cílem je převést výstavbu a správu nemovitostí plně do digitální formy.

Účelem „digitálního stavebnictví“ je mít nástroje pro naplnění principů udržitelné výstavby v celém životním cyklu stavby, tj. ve fázi koncepčního návrhu, při výstavbě, provozování a dále při správě nemovitosti, včetně dožití stavby. Sledované cíle „digitálního stavebnictví“ se ovšem v celé své šíři dotýkají mnoha témat s výraznými geoinformačními aspekty, mezi nejvýznamnější patří správa pozemků, ochrana půdního fondu, ochrana životního prostředí, správa a ochrana povrchových a podzemních vod, zabezpečení dopravních podmínek a v neposlední řadě služby závislé na místě stavby, atd. Zdá se samozřejmé, aby modely staveb široce využívaly údaje ze zdrojů prostorových dat pořizovaných státní správou, a stejně běžný je požadavek, aby se implementací technologie BIM dosáhlo sdílení prostorových dat, které byly získány v procesu projektového záměru, plánu, výstavby a správy nemovitosti, a které by jinak bylo nutné získávat jinými postupy.

V etapě prosazování nejnvhodnějšího postupu implementace technologie BIM do stavební praxe a správy nemovitostí běží úvahy o variantách záznamu informací o stavbách tak, aby byly co nejlépe uzpůsobeny požadavkům interoperability. Propojení digitálních geometrických plánů dokumentace staveb s geoprostorovými informacemi popisujícími jevy reálného světa v blízké relaci ke stavbám je jako téma standardizace velmi nové. Aby byla dosažena interoperabilita, musí být diskutovány sémantická, organizační a technická hlediska takového procesu,

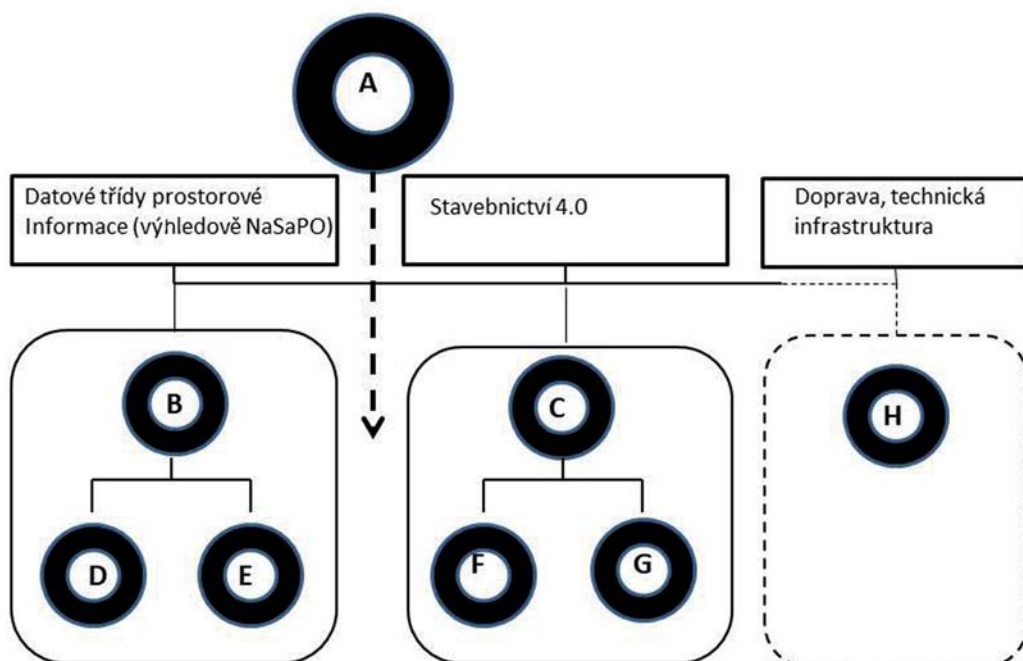
a to zcela obecně a otevřeně, aby v budoucnosti mohlo toto řešení být vzorem pro vládní program reinženýringu průmyslových procesů v ČR, nazývaný čtvrtou průmyslovou revolucí, označovaný také jako Průmysl 4.0.

Bylo by však chybou a brzdou zamýšlené progresivní cesty, pokud by byl nastartován a podporován proces „zavádění technologie BIM“, přičemž by řešení problémů interoperability s geografickou informací bylo odloženo. Nevyhnutelně to vyvolává představu nežádoucího stylu řízení centrální správy dat zakládáním tzv. vertikálních informačních sil, sice s dostupnými daty díky otevřenosti procesu BIM, avšak recipročně nespolupracujícími s dalšími národními projekty a strategiemi, konkrétně pak v oblasti koncepce rozvoje zdrojů prostorových informací a služeb. Obr. 1 naznačuje představu hierarchických informačních sil, v nichž jako v pasti zůstávají sady dat nebo dokonce dobře organizované informační systémy, které však nejsou schopny dotazovat se a přijímat informace ze strany tematicky příbuzných tříd prostorových dat sousedícího informačního síla.

### 3. Koncept interoperability

Definice interoperability je v rámci norem klasifikační třídy 25.040.40 obecně definována jako schopnost systému nebo komponenty systému poskytnout sdílení informace a řídit proces spolupráce mezi aplikacemi. Definice interoperability v normách třídy 35.240.70 „Aplikace IT ve vědě (včetně digitální geografické informace)“ je „širší“ v tom smyslu, že se jedná o schopnost komunikovat, realizovat programy nebo přenášet data mezi různými funkčními jednotkami způsobem, který vyžaduje od uživatele malé nebo žádné znalosti o jednotlivých charakteristikách těchto jednotek.

Další záznamy ke specifikovaným výrokům týkajících se interoperability geoprostorových dat jsou uvedeny v Terminologickém slovníku zeměměřičství a katastru nemovi-



Obr. 2 Část prvního dvoulistu Katalogu [7]



vitostí [3]. Stává se bezmála pravidlem, že strategické materiály předkládané pro jednání vlády ČR obsahují vlastní definici interoperability, například ve Strategii rozvoje infrastruktury pro prostorové informace v ČR do roku 2020, jež byla schválena usnesením vlády č. 815 ze dne 8. 10. 2014 [4] a v jejím Akčním plánu. Podstata problému interoperability však zůstává beze změny.

#### 4. Popis dat v technologii BIM a v obecném schématu geografické informace

Porozumět problematice sdílení a přenosu informací mezi modely BIM a aplikacemi geografické informace znamená porozumět popisu dat, který specifikuje dvě rozdílné struktury dat.

##### 4.1 Jazyk EXPRESS a význam mezinárodní normy STEP

Pro popis dat modelů BIM, se zřetelem k dokumentaci geometrických plánů, je využíván objektově orientovaný jazyk *EXPRESS*, který byl vyvinut a vydán jako 11. část mezinárodní normy pro výměnu elektronických dat (STEP) [5]. Jazyk *EXPRESS* není programovacím jazykem, tj. není nástrojem pro vývoj aplikací.

*EXPRESS* slouží pro objektově orientovaný popis průmyslových výrobků a jejich dílčích částí. Datový model výrobku může být definován textově i graficky. Grafická reprezentace je pak definována rozšířením jazyka *EXPRESS-G*, které je dostupné v Příloze B normy ČSN ISO 10303-11 [6]. Pro rozšíření oboru úvah je nutné dále uvažovat, že stavba (objekt) může mít několik grafických reprezentací, k rozlišení se pak používá úroveň *detailu grafické reprezentace stavby (LoD)*. Grafická reprezentace výrobku bývá někdy nepřesně označována za „geometrická“ data, ale toto zjednodušení může být problematické, právě ve vztahu ke komunikaci s geoprostorovými daty.

Jazyk *EXPRESS* definuje vizuální schémata, která lze podle normovaných mapovacích pravidel ČSN ISO 10303-28 [7] převádět do *Schémat XML*; to odpovídá doporučení skupiny W3C [8]. Transfer dat zabezpečuje platforma jazyka XML.

Úloha jazyka *EXPRESS* odpovídá cílům normy STEP, která byla vytvořena pro slučování dat o geometrických aspektech, tvaru a dalších vlastnostech jednotlivých součástí průmyslového výrobku tak, aby vznikla jednotná a celistvá datová reprezentace komplexního výrobku nebo jeho komplexní součásti. V úhlu pohledu tohoto článku hraje roli výrobku stavba, to znamená, že příkladem může být informační model budovy, nebo model dostavby další komponenty této budovy. Pro modelování a uspořádání informací o stavbách se však využívá jiný postup.

##### 4.2 Uspořádání dat o stavbě v technologii BIM

Aby mohla být data zaznamenána jazykem *EXPRESS* dále sdílena v rámci celého prostředí normy STEP, jsou jednotlivé komponenty, charakteristiky, míry a vlastnosti modelu stavby, včetně průvodní dokumentace uspořádány ve formátu souboru *IFC (Industry Foundation Classes)*. Obecně je *IFC* *neutrální formát* pro sestavení souboru dat a textové či tabelární dokumentace, který umožňuje komunikaci mezi jednotlivými účastníky stavebního procesu a jejich speci-

fickými softwarovými (BIM) nástroji. Specifikace *IFC* je zavedena do soustavy ČSN jako evropská a mezinárodní norma ČSN EN ISO 16739 [9]. Konsorcium *buildingSmart* však ve spolupráci s ISO připravuje její rozšíření dokumentem, který je ve fázi dokumentu *ISO/DIS* a je označován jako standard *IFC4* [10]. Některé otevřené problémy interoperability budou dále vysvětlovány ve vztahu k tomuto standardu.

Výchozí formát *IFC* definuje datovou strukturu a strukturu výměnného formátu souborů pro transfer „ucelených“ submodelů mezi aplikacemi, uživateli a fázemi životního cyklu stavby. Významná je otevřenost formátu *IFC*, který je klasifikován jako typ *ODF (Open Document Format)*, tj. na XML založený otevřený zdrojový formát pro ukládání a výměnu textů, interaktivních počítačových aplikací pro analýzy a ukládání dat v tabulkové formě, ve formě diagramů a prezentací.

Datová schémata a referenční data v pokročilejším standardu *IFC4* mohou navíc vytvářet reference podle potřeby definice konkrétního modelového pohledu (*MVD/ Model View Definition*), jež si lze představit jako stavební bloky modelu stavby. Tyto stavební bloky *IFC4* podporují jeden nebo i řadu dalších spřažených pracovních úkolů v sektoru výstavby a správy nemovitostí. Pro jednotlivé úkoly jsou analyzovány požadavky na softwarové aplikace. Shoda se softwarovými aplikacemi vyžaduje identifikovat konkrétní modelový pohled.

Pro úplnost je třeba poznamenat, že mohou být použity i jiné výměnné formáty, pokud vyhovují datovým schématům, a na tomto úseku probíhá intenzivní standardizační vývoj.

##### 4.3 Geometrické aspekty polohového určení v modelech BIM

Ve schématu *IfcGeometryResource* normy [7] jsou umístění a geometrie projektované budovy definovány v pravouhlejším *kartézském souřadnicovém systému*. Schéma *IfcGeometricModelResource* je definováno mezinárodní normou ISO 10303-42 [11].

Do aktualizovaného formátu *IFC4* byly přidány nové prvky (*entity*), které by měly přispět k definování *vztahu budovy* vůči pozemkům, jako jsou údaje o pokryvu pozemku, informace o sousedících pozemcích, o investicích do pozemku stavby, například o komponentách technické vybavenosti, o poloze vodních zdrojů a dalších. Vždy se jedná o relativní vztah modelu BIM vůči těmto entitám. Otázky normativního prostorového určení modelu stavby jsou však stále otevřeny a diskutují se možná řešení na národní i globální úrovni.

#### 5. Schémata záznamu geografické informace

##### 5.1 Historické souvislosti

V devadesátých letech bylo do soustavy ČSN zavedeno překladem 11 evropských předběžných evropských norem geografické informace, zpracovaných v rámci klasifikace 25.040.40. Jako nevhodnější jazyk konceptuálního schématu geografické informace byl rovněž vybrán *EXPRESS* [6] a v definicích prostorových schémat byly zachovány a používány všechny zavedené značky tohoto jazyka. Tyto předběžné evropské normy byly na základě dalších mezi-

národních jednání označeny za zastaralé a byly zrušeny a posléze nahrazeny mezinárodními normami ISO třídy 19100. Nově vyvíjená třída norem byla zařazena do klasifikace 35.240.70 „Aplikace IT ve vědě (včetně digitální geografické informace)”.

## 5.2 Modelování na bázi UML

Mezinárodní normy třídy 19100 Geografická informace/ Geomatika jsou nyní určovány svým příbuzným posláním s normami informačních technologií. Cílem standardizace je umožnit modelování složitých systémů se specifickými časoprostorovými aspekty. Standardizační proces využívá schémata jazyka UML (*Unified Modeling Language*) [12].

Zatímco jazyk EXPRESS a formátový standard IFC slouží u metody BIM k popisu, organizaci a uspořádání informací o jednotlivých stavbách, které jsou bezprostředně objektem modelování, je UML jazykem konceptuálního modelování. Cílem modelování je záznam nebo zprostředkování co možná nejpřesnější a nejsrozumitelnější představy o geoprostorovém jevu, včetně jeho historie. Nemodelují se jednotlivé objekty, jak bude ještě připomenuto dále.

Jazyk UML je v podstatě také notací schémat, tj. grafických prvků, které lze vzájemně kombinovat a které jsou příslušným záznamem analýzy problému. Grafické prvky tohoto jazyka jsou uspořádávány, organizovány a kombinovány podle normovaných pravidel. Tím se zdánlivě přibližuje formátu IFC4. Významné je, že u souborového formátu IFC lze diskutovat o doplnění potřebných entit. Toto doplňování entit již bylo uplatněno při vývoji IFC4.

Jinak probíhá modelování nad UML, který je základem pro *zpracování aplikačních schémat*. Každá konkrétní řešená doména geografické informace využívá normovaný postup vývoje svého *aplikačního schématu* podle specifické normy ČSN EN ISO 19109 [13]. Pro přenos množin geografických dat jsou používána opět XML Schémata a jazyk GML (*Geography Markup Language*) [14], který je nadstavbou jazyka XML.

Základním rozdílem mezi oběma přístupy je chápání objektů a tříd. Při modelování geografické informace se věci a reálné jevy přirozeně dělí do různých kategorií. Tyto kategorie nebo jen skupiny věcí s podobnými vlastnostmi se v UML považují za třídy. Notace UML se týká vlastností a chování tříd. UML se v zásadě nezabývá objekty, ale třídami objektů. V UML *pojem objektu* je chápán jako *instance třídy*, která má nějaké specifické vlastnosti. Formálním modelem je obecný model vzhledů jevů (*GFM/General Features Model*) zavedený normou [13].

Práce s třídami geografických jevů a zejména práce při modelování systémů je odlišujícím znakem UML ve vztahu k jazyku EXPRESS a formátu IFC. Pro konkrétní stavbu je model pořízený technologií BIM jedinou konkrétní instancí tříd prostorových dat. Aby bylo možné hovořit obecně o reciproční komunikaci mezi BIM a geografickou informací, bylo by třeba uvažovat celou třídu modelů BIM staveb (normovaně označeno jako *modelyBIM*) a najít k ní charakteristické vlastnosti a požadované operace.

## 6. Aktuální cíle provázání modelů BIM se zdroji geografické informace

Zůstává otevřená otázka, jak bude třída modelů BIM chápána a jak bude vypadat její aplikační schéma v oboru

geografické informace. Pokud je model BIM stavby uvažován jako konkrétní objekt, je pro integraci této nové třídy prostorových objektů zapotřebí popsat její meta-metamodel, což by měla být *produkční metadata třídy modelyBIM*. K tomu může být využita norma ČSN EN ISO 19135 [15]. Takto specifikovaná meta-meta informace by měla kromě jiného zahrnovat rezortní zodpovědnost za celou třídu modelů BIM staveb (budov), za základní požadavky na kvalitu a za postupy zkoušení shody s definovanou kvalitou a za validaci datových přírůstků.

Struktura produkčních metadat takto chápané třídy modelů BIM v oboru geografické informace je podrobně popsána v identifikované normě, která může být pro účely legislativní úpravy stanovena stavebním zákonem jako určená normativní specifikace. Na rozdíl od jiných zdrojů geografické informace bude tato třída jen postupně zaplňována instancemi modelů BIM, počáteční produkční metadata (obsahující záměry na digitalizaci stavebnictví) budou pravděpodobně vystavena opakovaným úpravám.

## 6.1 Porovnání a doplnění schémat uspořádání IFC4

Připravený standard IFC4 [10], projednávaný nyní jako dokument ISO/DIS 16739, ukázal možnost doplnění specifických entit u konkrétních modelů staveb. Tyto entity mohou být datově naplněny a kontrolovány ze zdrojů prostorových dat pořízených na národní úrovni. Problémem prosazení standardu konsorcium buildingSmart IFC4 jako normy ISO je skutečnost, že s doplněním těchto entit musí souhlasit všechny členské organizace ISO. Na takto vznesené požadavky nemusí být aktuálně členské státy s P-členstvím v příslušné technické komisi ISO, to znamená státy, které musí hlasovat pro přijetí normy, plně připraveny.

Specifický výčet prostorových informací, které by měly být doplňovány z národních zdrojů prostorových dat, byl již částečně uveden výše v odstavci 2 v souvislosti s geoprostorovými tématy asociovanými s BIM. Upřesnění vyžaduje expertní diskuzi, protože není zřejmé, zda již jsou všechny vstupní prostorové informace nezbytné a povinné pro technologie BIM v ČR k dispozici, což by, po dohodě s garantem metodologie BIM, naopak mohlo být podnětem pro urychlené a vstřícné zahájení projektů v rámci Akčního plánu Strategie rozvoje infrastruktury pro prostorové informace v ČR do roku 2020.

V dalším kroku je třeba naopak hovořit a systémově řešit potřebu a možnost čerpání geoprostorových informací právě z výstupu dokumentace BIM. Lze očekávat, že v budoucnu bude možné získávat informace o průchodech ve stavbách (obchodních centrech), o poloze nemocnic, nádraží, autobusových zastávek, únikových cestách v krizovém řízení, technické vybavenosti a další. Požadavky na „*data mining*“ z modelů BIM budou spíše narůstat. Pro předběžné posouzení těchto potřeb je nezbytné sestavit *příklady užití* digitálních modelů BIM, a získat argumenty pro urychlenou digitalizaci dokumentace významných staveb v prvních krocích.

Příklady užití jsou navíc základním prvkem konceptuálního modelování geografické informace a podpůrných prvků interoperability podle normy ISO/IEC 19501 [12]. Měly by být zaměřeny na formulaci potřeb prostorových informací, které můžeme získat přenosem z modelů BIM, na odhad finanční efektivity, za předpokladu, že ušetříme za souběžné nové pořizování dat, na odhad nákladů na správu takto pořízených dat a na další náležitosti.

## 6.2 Postup vyrovnání deformací při transformaci souřadnicového systému BIM do CRS

Geografická informace je informace týkající se jevů implicitně nebo explicitně přidružených k místu vztaženému k Zemi. Třída mezinárodních norem ISO 19100 se proto detailně zabývá standardizací popisu referenčních souřadnicových systémů (CRS) [16].

Nezbytnou podmínkou interoperability ze zdrojovými prostorovými informacemi je požadavek, že data musí být buď přímo vyjádřena v závazném CRS anebo musí být nalezen postup transformace BIM modelů do geoinformačních systémů provozovaných v závazném geodetickém referenčním souřadnicovém systému.

### 6.2.1 Aktuální praxe

V běžné projekční praxi se projekční dokumentace zpracovává jako komplexní datový model objektu v softwaru vhodném pro projektování v BIM (BIM technologie). Mezi BIM technologie můžeme zařadit rozsáhlé softwarové balíky firem AutoCAD (např. Revit Structure, Revit Architecture, Robot Structural Analysis 2018), Bentley (Architecture, Structural Modeler, ConstructSim, Facilities), Rhino-BIM, COVADIS a další, které umožňují vést dokumentaci modelu objektu v nejméně třídimenzionálním prostoru od fáze výběru prostoru výstavby objektu (budovy, pozemní komunikace, technické infrastruktury), přes následující fáze architektonické studie a výběru nevhodnější varianty, zpracování dokumentace k územnímu rozhodnutí, následného stavebního povolení, vlastní průběh výstavby až po dokumentování skutečného provedení stavby, její provoz a údržbu. V každé z těchto fází do dokumentace modelu objektu přibývají další informace a postupně se zvyšuje detailnost zpracování.

Projekční práce jsou prováděny obvykle v prostředí CAD v trojrozměrném euklidovském prostoru a kartézském souřadnicovém systému s délkovými údaji uváděnými v mm, plošnými jednotkami uváděnými v m<sup>2</sup> a objemovými jednotkami počítanými v m<sup>3</sup>, kdy všechny modely objektů jsou rozměrově a tvarově věrné. Přes platnost nařízení vlády č. 430/2006 Sb. [17] a související ustanovení zákona č. 350/2012 Sb. [18] nejsou Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální a Výškový systém baltský-po vyrovnání (BpV) závazně používány při projektování všech staveb. Naprostá většina staveb se projektuje v místním souřadnicovém systému v prostředí CAD, kde je obvykle určena pouze nadmořská výška připojené kanalizace a stavba je připojena do referenčního souřadnicového systému až při měření skutečného provedení stavby pro zápis do katastru a kolaudaci. To je jedním z důvodů, proč významní státní investoři jako jsou Ředitelství silnic a dálnic, Správa železniční dopravní cesty, Státní plavební správa, Řízení letového provozu, ale i podnikatelé ve stavebnictví řeší problematiku spojenou se souřadnicovými systémy, parametry přesnosti a atributy všech měření objektů svými vnitřními předpisy, které jsou následně závazné pro firemní geodety, projektanty, dodavatele stavby a jejího provozovatele.

Pro potřeby všech fází tvorby dokumentace, průběhu stavby samotné a jejího provozování jsou tak vytvořeny předpisy, které určují, jak mají být budovány primární účelové měřické sítě, které jsou vztaženy k ověřeným blízkým bodům státního geodetického základu, ale jsou vyrovnávány samostatně s vysokou vnitřní přesností. Situace

polohopisných a výškopisných prvků v prostoru výstavby určených jako podklad pro projekční práce a měření potřebná pro provedení a dokumentaci stavby jsou pak navázána, odvozena a vztažena k těmto zmíněným účelovým sítím, například k železničnímu bodovému poli nebo k primární účelové měřické síti pro výstavbu dálnic.

Již jmenovanými organizacemi jsou vytvářeny předpisy popisující přesnosti a návaznosti měření a informací v průběhu všech fází výstavby a správy nemovitosti. Jako příklady těchto resortních předpisů je možné uvést Předpis pro tvorbu mapových podkladů v rámci ŘSD ČR a tvorbu digitálních map komunikací provozovaných ŘSD ČR [19] nebo Předpis pro zeměměřičství M20 SŽDC [20] a jeho Metodické pokyny MP004 pro měření prostorové osy koleje, MP005 pro tvorbu prostorových dat pro mapy velkého měřítko a Opatření MP006 k zaměřování objektů železniční dopravní cesty.

### 6.2.2 Problém interoperability z pohledu BIM

Problém interoperability vyplývá z rozdílnosti pořízení třídy modelů BIM a datových sad geografických dat. Jak již také bylo uvedeno, každá jednotlivá instance modelu BIM je geodeticky zaměřena, budovy jsou spojeny s pozemkem pevným základem, jsou propojeny na vedení energií. Specifické údaje můžeme u objektů BIM zjistit z dokumentace.

To však je jen dílčí cíl, pro který je organizace digitálních informací o stavbách zaváděna. Sledovaným cílem do budoucna je celoplošné využití a možnost vytvářet pokrytí například výškovými údaji o stavbách anebo jinými charakteristikami staveb a modely propojení zaznamenaných sítí technické infrastruktury. Další cíle jak využít data z modelů BIM by bylo možné získat z pečlivě zpracovaných příkladů užití.

Pro přípravu geografických služeb nad třídou modelů BIM je potřebné brát v úvahu míru polohových a výškových zkresení při transformaci. Stejně důležité pro jejich další použití však je určit, které souřadnice podstatných entit digitálních plánů BIM modelu, případně jeho MVD nebo každé dílčí součásti stavby, je třeba převést do geodetického referenčního systému závazného na území ČR. Workshop uspořádaný ISO/TC 211 ve Stockholmu na toto téma konečné řešení neposkytl.

### 6.3 Propojení dat a využití metod Sémantického Webu

Je možné se vydat i jinou cestou, která dokáže do určité míry obejít nedokonalosti spolupráce schémat BIM a schémat obecného modelu vzhledu jevů prostřednictvím technologií Sémantického Webu. Obecně může Sémantický Web díky své decentralizované povaze využívat data z nejrozličnějších zdrojů, s různou ontologií a syntakticky oddělenými identifikátory.

Tyto možnosti však vyžadují podrobnější rozvahu, neboť přímo souvisí s otázkami technologické platformy budoucí Národní infrastruktury prostorových dat a omezeními, která budou kladena na služby poskytované centrální správou prostorových dat a služeb. Tyto otázky interoperability prostorových dat nebyly v ČR dosud diskutovány, a to ani ve vztahu k politicky deklarovanému cíli vládního programu Průmysl 4.0 (Internet věcí), ani ve vztahu k zavádění technologie BIM.

Sémantický Web je přitom způsobilý využít své technologie (*LinkedData*) pro propojení datových sad na úrovni



instancí, tj. objektů BIM. Tato propojení například typu trojic <BIM model (kód) -> sousedí -> s pozemkem (číslo parcely KN)> se dokonce nepromítají do původních datových sad, ale mohou být zveřejněny nezávisle. Širší výhodou, kterou je nutné pečlivě diskutovat, je pak zjevný fakt, že odborné týmy spolupracující na stavbě by nebyly zbavovány svobody publikovat jednotlivé modely BIM *na jednom místě*, chápáno jako místo v síti sémantického webu, ale kdekoliv v prostoru Web. To, co musí pak být vyřešeno ústředním orgánem pověřeným správou a rozvojem infrastruktury prostorových informací společně s pověřeným gestorem za zavádění BIM, je připravit závazný systém určování míst (URL) a identifikátorů URI jak modely BIM zveřejňovat na webu, aby bylo možné, pokud to bude zapotřebí, pracovat s třídou modelů BIM v národním pohledu. Půjde však také o to, aby model BIM stavby byl operativně dohledatelný v reálném prostoru území ČR.

## 7. Závěry

Digitalizace stavební výroby zavedením technologie BIM přinese řadu příležitostí pro aktualizaci zdrojů prostorových dat, a naopak třída BIM modelů recipročním využitím již plně funkčních tříd geoprostorových dat získá významnou pozici v infrastruktuře prostorových dat. Na počátku je však třeba se zaměřit na důkladné projednání kroků vedoucích k tomuto žádoucímu stavu. Všechny moderní trendy, ať již se opírají o přesnou geodézii, nebo o promyšlené využití sémantického webu, by měly být prioritně ověřeny a připraveny k národní diskuzi.

### LITERATURA:

- [1] Webové stránky Mezinárodní komise pro standardizaci. [online]. Dostupné na <http://committee.iso.org>.
- [2] Směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2014/24/EU ze dne 26. 2. 2014 o zadávání veřejných zakázek a o zrušení směrnice č. 2004/18/ES. Úřední věstník Evropské unie. [online]. Dostupné na <http://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2014/24/oj>.
- [3] Terminologický slovník ČÚZK. [online]. Dostupné na <http://www.vugtk.cz/slovník>.
- [4] Strategie rozvoje pro prostorové informace v České republice do roku 2020 schválená usnesením vlády č. 815 ze dne 8. října 2014.
- [5] ISO 10303, všechny části, Wikipedie, obecné vysvětlení dostupné na <https://www.steptools.com/stds/step/>.
- [6] ČSN ISO 10303-11, ed. 2:2006 Automatizované průmyslové systémy a integrace. Prezentace dat o výrobku a jejich výměna-Část 11: Metody popisu: Referenční manuál jazyka EXPRESS.
- [7] ČSN ISO 10303-28 Automatizované průmyslové systémy a integrace-Prezentace dat o výrobku a jejich výměna-Část 28: Metody implementace: XML zobrazení schémat a dat jazyka EXPRES, ve schématech XML.
- [8] World Wide Web Consortium (W3C), XML Schema. [online]. Dostupné na <https://www.w3.org/XML/Schema>.
- [9] ČSN EN ISO 16739:2017 Datový formát Industry Foundation Classes (IFC) pro sdílení dat ve stavebnictví a ve facility managementu.
- [10] Dostupné na <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2.html>.
- [11] ISO 10303-42:2014 Industrial automation systems and integration-Product data representation and exchange-Part 42: Integrated generic resource: Geometric and topological representation.
- [12] ISO/IEC 19501 Information technology-Open Distributed Processing-Unified Modeling Language (UML), Version 1.4.2.
- [13] ČSN EN ISO 19109 Geografická informace-Pravidla pro aplikační schéma.
- [14] ČSN EN ISO 19136 Geografická informace-Značkovací jazyk geografie (GML).
- [15] ČSN EN ISO 19135 Geografická informace-Postupy registrace položek-Část 1: Základy.
- [16] ČSN EN ISO 19111 Geografická informace-Vyjádření prostorových referencí souřadnicemi.
- [17] Nařízení vlády č. 430/2006 Sb., o stanovení geodetických referenčních systémů a státních mapových děl závazných na území státu a zásadách jejich používání.
- [18] Zákon č. 350 ze dne 19. září 2012, kterým se mění zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů, a některé související zákony.
- [19] Datový předpis pro tvorbu mapových podkladů v rámci ŘSD ČR a pro tvorbu digitálních map komunikací provozovaných ŘSD ČR, dostupné na <https://www.rsd.cz/wps/portal/web/technicke-predpisy/datove-predpisy>.
- [20] Předpis pro zeměměřičtví M20 SŽDC a jeho metodické pokyny MP004, MP005, MP006, dostupné na <http://www.szdc.cz/dalsi-informace/dokumenty-a-predpisy>.

Do redakce došlo: 28. 7. 2017

Lektoroval:  
Ing. Ivo Vykydal,  
Státní fond dopravní infrastruktury



## Z MEZINÁRODNÍCH STYKŮ

### Jednání pracovní skupiny State Boundaries of Europe

Jednání pracovní skupiny State Boundaries of Europe Knowledge Exchange Network (SBE KEN) organizované sdružením EuroGeographics se koná obvykle jednou za rok. Hlavním úkolem SBE KEN je vzájemná informovanost a sjednocení postupů pro vedení, resp. aktualizaci stejnojmenné databáze SBE a jejího využití coby zdrojové databáze pro projekty EuroGeographics, především pak projekt European Location Services (ELS) navazující na projekt European Location Framework (ELF), v rámci kterého má SBE zefektivnit proces vyrovnání styků (harmonizace) geografických dat na státních hranicích.

Obsahem databáze SBE jsou mezinárodně a právně závazné informace o státních hranicích na území Evropské unie (EU). Databáze SBE vede údaje o poloze státních hranic v Evropském terestrickém referenčním systému (ETRS89) a jejich průběhu s vazbou na příslušné mezinárodní smlouvy a hraniční dokumenty. S ohledem na využití databáze SBE v rámci projektu ELS je žádoucí, aby se do projektu zapojilo co možná nejvíce států EU a současně aby byla data těchto států naplněna v databázi poměrně rychle. Tomu však brání samotný požadavek na právní závaznost dat státních hranic uložených v ETRS89, který zatím nelze ve většině států EU jednoznačně splnit. Vedle úplné verze databáze je tak nyní definována také její zjednodušená, resp. technická varianta vytvořená za účelem efektivního sběru údajů v případech, kdy zatím není možné mezi příslušnými státy úplnou verzi vytvořit.

Tématem jednání SBE KEN, které se konalo 23. a 24. 11. 2017 v italském Vojenském geografickém institutu (MGI) ve Florencii, byla rekapitulace stavu naplnění databáze SBE, připravované změny datového modelu včetně nové technické varianty a její další využití pro projekt ELS. Jednání řídil předseda SBE KEN Gert *Steinkeller* z rakouského Spolkového úřadu pro cejchování a zeměměřičtví Vídeň (BEV).

V úvodu jednání přivítal předseda SBE KEN účastníky pracovní skupiny (**obr. 1**) a představil nové složení koordinačního výboru CC-SBE KEN.

Alain *Wicht* představil stav úprav datového modelu SBE, který bude upgradován ze stávající verze 4.13 na verzi 5. Vedle úplné verze databáze bude již k verzi 5 doplněna také zjednodušená, resp. technická verze databáze. Ta bude obsahovat pouze základní údaje, tj. lomové body státních hranic a jejich linie. Nebude obsahovat metadata, tj. zejména údaje o hraničních dokumentech a mezinárodních smlouvách. Předpokládá se, že verze 5 bude vydána v prů-



Obr. 1 Skupinové foto účastníků jednání SBE KEN

běhu roku 2018. K tomu bude zpracován popis nového datového modelu, vytvořena vzorová databáze a provedena konverze stávajících dat do nové verze.

Informaci o úpravách datového modelu doplnil Marcus Brühl. S ohledem na implementaci pravidel INSPIRE budou v datovém modelu ELF přejmenovány některé parametry tabulky AdministrativeBoundary, která je součástí objektu AdministrativeUnit. Protože je obsah této tabulky přebírán z databáze SBE, budou provedena příslušná přejmenování atributů také v datovém modelu SBE.

Přítomní zástupci evropských států podali informaci o stavu naplnění databáze SBE i souvisejících aktivitách týkajících se státních hranic. Andreas Schramm z rakouského BEV tento blok zahájil prezentací o stavu zeměměřičských činností na státních hranicích. Rakousko má společné státní hranice s 9 státy a spolupráce se všemi těmito státy je na dobré úrovni. Postupně probíhají práce na určení státních hranic v ETRS89.

Za Německo podal zprávu Marcus Brühl z německého Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG). Německo neposkytuje do SBE přímo měření souřadnice státních hranic, ale souřadnice vedené v katastru nemovitostí. Ty však neobsahují např. údaje o hraničních znacích.

Z dalších národních prezentací byl zajímavý např. příspěvek Nestorase Papadopoulose z Řecka, který informoval o problematice řeckých státních hranic. Ty jsou na pevnině vyznačeny hraničními znaky, které však nejsou přesně geodeticky zaměřeny a jejich souřadnice lze většinou získat pouze z mapových podkladů, které jsou často historické.

Sarma Antonova podala zprávu za Lotyšsko. Po osmi letech bylo dokončeno rozhranění s Ruskem. Příslušné informace o státních hranicích byly vloženy do SBE, Rusko nicméně na projektu neparticipuje.

Za Českou republiku podal zprávu Jan Řezníček. Prezentován byl současný stav zeměměřičských činností na státních hranicích prováděných za účelem určení souřadnic státních hranic v ETRS89 a současně stav naplnění databáze SBE. V roce 2017 byla do SBE uložena nová data česko-německých státních hranic, a to uložená do dvou samostatných datových sad: česko-saské a česko-bavorské. Data byla získána přímým měřením v ETRS89 a na základě 21. zasedání Stálé česko-německé hraniční komise byla poskytnuta do SBE jako společná a závazná data za oba státy.

Saulius Urbanas představil aktuální stav projektu ELS se zaměřením na problematiku nejednotnosti státních hranic i geografických dat na státních hranicích. K řešení této problematiky se předpokládá spolupráce v rámci pracovní skupiny SBE KEN. Z hlediska reprezentace samotných státních hranic je potřeba vyřešit problém, kdy státy nemají legislativně dohodnuté společné hranice. Jedná se o problematiku tzv. sporných hranic, ať už celých hranic, nebo jejich částí. V jejich případě je potřeba v rámci datových modelů ELF i SBE definovat dvě různé čáry státních hranic. K řešení nejednotnosti geografických dat na státních hranicích připravuje EuroGeographics v rámci projektu ELS online službu, která usnadní příslušným správcům dat provádět harmonizaci geogra-

fických dat na státních hranicích. Předpokládá se, že tato služba, kterou vyvíjí Finský geodetický výzkumný ústav, bude zprovozněna do konce 3. čtvrtletí 2018. Dále EuroGeographics připravuje obecná doporučení pro provádění takové harmonizace. Podstatné je, aby příslušné státy vytvořili dvojstranné týmy, které se budou harmonizací zabývat. Jako referenční rámec pro tyto účely přitom není nutné použít právně závazná data státních hranic, ale k tomu účelu vytvořená data tzv. technických hranic – přesně či přibližně určených, na jejichž průběhu se nicméně oba státy shodnou. Pro vedení těchto technických hranic bude sloužit již zmíněná připravovaná technická varianta databáze SBE.

V závěru pracovní skupiny představili Saulius Urbanas a Gert Steinkellner výhled na další období. Předpokládá se zejména dokončení aktualizace datového modelu SBE na verzi 5 a vytvoření nového datového modelu technické varianty databáze. Do projektu SBE se předpokládá zapojení dalších států EU, a tím i začlenění nových dat státních hranic. V souvislosti s projektem ELS se bude pracovní skupina SBE KEN také podílet na zpracování připravovaných doporučení pro provádění harmonizace geografických dat na státních hranicích.

Ing. Jan Řezníček, Ph.D.,  
Zeměměřičský úřad,  
foto: MGI

## Medzinárodná konferencia Historické mapy 2017

Konferencia Historické mapy sa koná pravidelne v štvorročných cykloch. Prvýkrát sa uskutočnila v roku 1983. Tohtoročné medzinárodné stretnutie kartografov, archivárov ako aj ďalších odborníkov a „fanúšikov“ starých máp sa uskutočnilo 23. 11. 2017 v reprezentačných priestoroch Historického múzea - v Hudobnej sieni na Bratislavskom hrade.

Organizátormi konferencie boli Kartografická spoločnosť Slovenskej republiky, Slovenské národné múzeum - Historické múzeum a Stavebná fakulta Slovenskej technickej univerzity v Bratislave.

Konferenciu otvoril Ing. Róbert Fencík, PhD., ktorý privítal účastníkov. Následne sa začala prezentácia referátov, pričom samotný program bol rozložený do štyroch časovo a tematicky vybalansovaných blokov. V rámci prezentovaných príspevkov zazneli mnohé zaujímavé informácie prednesené fundovanými odborníkmi z akademického prostredia ako aj z pracovísk špecializovaných ústavov, archívov a knižníc v rámci Slovenskej republiky a Českej republiky.

Z množstva príspevkov patrili k najzaujímavejším napríklad referát Ľ. Jankoviča (Slovenská národná knižnica) Slovensko, Európa a svet na starých mapách a vyobrazeniach tlačí 15. až 18. storočia z fondov a zbierok Slovenskej národnej knižnice, príspevok Š. Káčera (Štátny geologický ústav Dionýza Štúra) Stredo-





Obr. 1 Václav Čada při prezentaci

európske geologické a banské mapové dedičstvo, T. Burdu (Univerzita Hradec Králové) Příklady využití starých map při vymezení a rekonstrukci správních a turistických regionů, J. Patáka (Univerzita Karlova) Digitální mapová sbírka Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy alebo prednášku V. Čadu (Západočeská univerzita v Plzni) Některé dosud nepřekonané vlastnosti mapování stabilního katastru v českých zemích (obr. 1, hore).

Aj keď sa nezainteresovanému pozorovateľovi môže zdať, že problematika historických máp je „uzavretá“, konferencia Historické mapy 2017 ukázala, že stále existujú a aj naďalej budú existovať nové (a objavné) pohľady na jedinečné diela našich predchodcov – dávnych kartografov, ktorí svoje mapy, atlasy, plány, veduty, apod., vytvárali v rámci možností svojej doby s veľkou vynaliezavosťou a estetickým a umeleckým cítením.

Ing. Miroslav Malíš,  
foto: Ing. Darina Keblůšková,  
ÚGKK SR



## SPOLEČENSKO-ODBORNÁ ČINNOST

### Konference k 200. výročí stabilního katastru

Dne 14. 11. 2017 se konala konference Stabilní katastr 1817–2017 pořádaná Ústředním archívem zeměměřičství a katastru (ÚAZK). Bohatý program plný zajímavých informací ke 200-letému výročí katastrálních map nalákal do budovy zeměměřičských a katastrálních úřadů v Praze-Kobylisích více jak 100 posluchačů.

Konferenci zahájil předseda Českého úřadu zeměměřického a katastrálního Karel Večeře (obr. 1, vpravo), který přivítal všechny přítomné a připomenul významné milníky v historii katastrálních map či důležitost přeshraniční spolupráce s Rakouskem. Prvním přednášejícím byl Karel Štencel, který se zamyslel nad tím, jak ovlivňuje stabilní katastr současnost a jak zajistit jeho udržitelnost. Posluchači se také dozvěděli o vzniku stabilního katastru a o jeho vývoji v průběhu let. Následovala přednáška Václava Čady, jejímž obsahem byly vybrané unikátní vlastnosti mapování pro založení stabilního katastru země Koruny české. Jak autor zmínil, bylo toto téma velmi obsáhlé a nebylo jednoduché vybrat pouze některé jedinečné vlastnosti, které tvorbu katastru provázely.

Zmíněna byla např. unikátní metoda triangulace či neuvěřitelná rychlost měřičů, která mnohdy dosahovala až jednoho katastrálního území za jediný den. Tématu využití a digitalizace fondů stabilního katastru se věnoval v prezentaci Daniel Štaud, který postupně představil bohaté fondy Moravského zemského archivu a jejich aktuální zpracování. Zajímavým příspěvkem přispěl Martin Markel, jehož přednáška na téma Franciskána a klasifikace vinic na Moravě uvedla posluchače do vceňovacích operátů a organizace vinic ve Francii i na Moravě.

Po krátké pauze následovala prezentace Lucie Neužilové, která přiblížila účastníkům možnosti využívání indikačních skic jako pramene pro vědecké bádání. Autorka popsala jak vybrané prvky, jako např. využití palety barev či rozdílné číslování a popis budov a pozemků, mohou přispět v různých oborech zejména pak v genealogii. Se svou přednáškou navázal na téma Stanislav Meissner, který představil probíhající práce na nové aplikaci ÚAZK. Přednášející zmínil zejména snahu o srozumitelnost a jednoduché ovládání připravované aplikace, kde bude možné najít vše co ÚAZK nabízí. O vývoji využití katastru v historické práci poutavě hovořila Eva Semotanová (obr. 2), od níž se posluchači mimo jiné dozvěděli o spojení historického výzkumu s digitální technologií tzv. digital humanities.

Odpolední část konference zahájil Milan Talich, který představil virtuální mapovou sbírku Chartae-antique.cz. Sbírkou nabízí mapy stabilního katastru včetně jejich předchůdců, pracovních otisků a odvozenin v přehledné mapové aplikaci. Následovala přednáška o využití map Stabilního katastru pro plánovací a urbanistické úlohy v Praze. Jiří Čtyřoký informoval účastníky o užití a tvorbě bežešvé mapy Prahy a o jejím širokém využití v urbanismu i v dalších oborech. Prezentace Jana Řezníčka (obr. 3) na téma správy historicky významných bodů geodetických základů, se věnovala historii geodetických základů a ochraně geodetických bodů. Předposlední přednáška se týkala projektů katedry geoma-



Obr. 1 Předseda ČÚZK Karel Večeře zahájil konferenci



Obr. 2 O spojení historického výzkumu s digitální technologií hovořila v prezentaci Eva Semotanová



Obr. 3 Jan Řezníček a prezentace na téma správy historicky významných bodů geodetických základů

tyky Českého vysokého učení technického v Praze, kde hrají významnou roli právě povinné otisky stabilního katastru. Jiří Cajthaml přiblížil posluchačům vybrané projekty a studentské práce týkající se např. vektorizace císařských otisků a jejich georeferencování. Odpolední blok prezentací uzavřel Karel Kuča, který představil projekt CZ\_RETRO.

Celou konferenci ukončil po krátké diskuzi a odpovědích na dotazy posluchačů závěrečným slovem ředitel Zeměměřického úřadu Karel Brázdil, který poděkoval přednášejícím za prezentaci velmi zajímavých příspěvků z různých oborů činnosti, které se přímo či nepřímo dotýkaly tématu stabilního katastru. Poděkoval též všem posluchačům za hojnou účast a organizátorům za zdařilou konferenci, která byla důstojným připomenutím výročí vývoje katastru a práce několika generací na něm.

Mgr. Barbora Jeřábková,  
foto: Petr Mach,  
Zeměměřický úřad

## Výstava Jan Felkl & syn, továrna na glóby se konala v Praze

Geografická sekce Přírodovědecké fakulty (PřF) Univerzity Karlovy (UK) a Středočeské muzeum v Roztokách uspořádaly od 5. 5. do 31. 12. 2017 výstavu Jan Felkl & syn, továrna na glóby.

Výstava byla uspořádána u příležitosti 200. výročí narození a 130. výročí úmrtí Jana Felkla, zakladatele a majitele továrny. Rozdělena byla na dvě části, v první byla panelová prezentace v prostoru předsálí Mapové sbírky PřF UK a ve druhé pak ukázky glóbů přímo v Mapové sbírce PřF UK.

Část výstavy v předsálí Mapové sbírky PřF UK ukázala na jednotlivých panelech rodinnou firmu Jana Felkla. Byla představena firma jako taková, zakladatel (Jan Felkl), jeho nástupci ve vedení firmy (synové Zikmund a Ferdinand) a další Felklovi pokračovatelé. Na plánech, mapách a fotografiích byla ukázána lokalita a budova dnes již neexistující továrny. Další panely návštěvníky seznámily např. se životem zaměstnanců firmy, s autorským kolektivem, s nabídkou glóbů a přístrojů a také popis s ukázkami jejich výroby. Na závěr panelové prezentace byl výčet úspěchů a ocenění firmy na výstavách a ukázky návodů k učením pomůckám. Ve vitrínách pak byly glóby a předměty spojené s jejich výrobou a na stěnách bannery s fotografiemi glóbů a ukázkami dobové reklamy.

Část výstavy v hlavním sále Mapové sbírky PřF UK nabídla návštěvníkům jedinečnou možnost si zblízka prohlédnout jednotlivé glóby a další přístroje (obr. 1).

Firma J. Felkl & syn působila nejdříve v Praze a po rozšíření výroby ji zakladatel J. Felkl přestěhoval do Roztok. Zabývala se výrobou glóbů a dalších učením pomůček v letech 1854 až 1952, tzn. téměř 100 let a ve své největší



Obr. 1 Ukládka glóbů a dalších přístrojů v Mapové sbírce PřF UK

slávě měla 20 zaměstnanců a dokázala vyrábět až 1 500 glóbů ročně, a to v 7 různých velikostech a 10 jazycích (rok 1873), později (1891) již v 17 jazycích a 10 různých provedeních. Felklovy glóby (průměr 22 cm a 32 cm) byly schváleny, spolu s dalšími pomůckami, k výuce na školách. Firma měla kromě výroby v Roztokách prodejny v Praze a ve Vídni a využívala i vlastní obchodní cestující prodejce a byla budována jako firma rodinná.

V nabídce měla firma klasické zeměpisné glóby v mnoha velikostech a za pomoci odborných a fundovaných překladatelů i v mnoha cizojazyčných provedeních. Dále vyráběla nebeské glóby a také indukční glóby (glóby pokryté černou břidlicí umožňující snadné kreslení křídou sloužící k výuce). Pro školy pak firma vyráběla teluria (znázorňovala mechanický oběh Země kolem Slunce a měsíční fáze, tzn. oběh Měsíce kolem Země), planetária (obdoba teluria, které bylo doplněno o 3 planety, jejichž oběh byl ve správném časovém poměru k zeměkouli), armilární sféru (kruhový glóbus, pomůcka pro astronomický zeměpis). Z dalších přístrojů pak nabízela lunárium (jednoduchý přístroj skládající se z glóbu a Měsíce obíhajícího ručně kolem glóbu), sololunárium (obdoba lunária doplněné o Slunce posouvající se kolem zeměkoule) a hemarion (speciální aparát pro matematickou geografii a populární astronomii).

Nabídka firmy J. Felkl & syn byla nejen pestrá, ale i natolik inovativní, že si firma mohla dovolit oběsít svými výrobky i velké mezinárodní výstavy. První úspěch zaznamenala v roce 1867 na Světové výstavě v Paříži, kde byl na výborně zpracovaných geografických školních pomůckách oceňován nejen vzhled a praktické využití, ale i dostupná cena. Další ocenění získaly Felklovy výrobky např. na Světové výstavě ve Vídni v roce 1873, v Praze v roce 1878 na první české výstavě knihkupecké, v roce 1881 na výstavě učením pomůček pro školy, v roce 1895 na Národopisné výstavě a roku 1908 na Jubilejní výstavě obvodu obchodní a živnostenské komory. Výrobky dále uspěly např. i na výstavách v Melbourne, Plovdivu, Amsterdamu aj.

Firma získala dva patenty na rozkladné glóby, kdy u prvního bylo možné jedním knoflíkem glóbus rozdělit nejen na polokoule (západní a východní nebo severní a jižní), ale ještě se mohla dělit i každá polokoule. U druhého pak šlo o kombinovaný glóbus, kde ten zemský po otevření v sobě skrýval ještě glóbus nebeský.

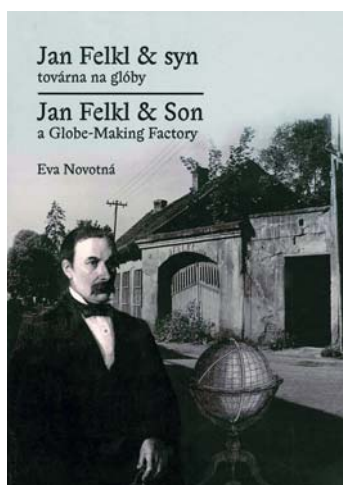
Rozkvět firmy zastavila I. světová válka, kdy zaměstnanci museli narukovat do armády, ale především rozpad Rakousko-Uherska, v rámci něhož měla výsadní postavení a ztráty zahraničních trhů. Činnost firmy byla obnovena roku 1921, ale obrát již nedosahoval předchozích částek. Dalším z důvodů zániku firmy byly vleklé soudní vlastnické spory a také II. světová válka, po níž firma ještě několik let přežívala, pak byla uvedena do klidu a nakonec roku 1955 zanikla.

Výstava byla v prostoru předsálí doplněna o videoprezentace o výrobě glóbů. V rámci Pražské muzejní noci (10. 6.) probíhaly komentované prohlídky a účastníci si mohli vyzkoušet vylepení mapy na glóbus. Další tři komentované prohlídky se uskutečnily v průběhu výstavy s autorkou PhDr. Evou Novotnou (obr. 2), která byla též autorkou vydaného katalogu (obr. 3, str. 79).





Obr. 2 Komentovaná prohlídka výstavy s PhDr. E. Novotnou



Obr. 3 Katalog k výstavě

Výstava Jan Felkl & syn, továrna na glóby, byla precizně zpracována nejen obsahově, ale i graficky a slušel by jí frekventovanější prostor, jelikož by zasloužila ještě větší návštěvnost.

*Petr Mach,  
Zeměměřický úřad*



## OSOBNÍ ZPRÁVY

### K životnímu jubileu Petra Macha



Jubilant se narodil 7. 3. 1968 v Praze. Je absolventem Střední průmyslové školy zeměměřické v Praze. Po maturitě v roce 1986 nastoupil do Geodetického a kartografického podniku Praha, s. p., kde pracoval v letech 1986 až 1994 jako kartograf a zpracovával nejrůznější mapové podklady. V roce 1994 přešel do Kartografie Praha, a. s., kde pracoval v letech 1994 až 1997 jako kartolitograf a zpracovával náročné úkoly analogové kartografie (rytina, kresba aj.), v letech 1997 až 1999 byl vedoucím litografického oddělení a v letech 1999 až 2004 digi-

tálně zpracovával mapy a působil též jako odpovědný redaktor. Od 1. 12. 2004 přešel do obchodního oddělení Zeměměřického úřadu (ZÚ), kde působí dodnes a podílí se zde na propagaci a grafickém zpracování reklamních materiálů a publikací.

Po nástupu do ZÚ se od 1. 3. 2005 stal také technickým redaktorem časopisu Geodetický a kartografický obzor (GaKO). Má velkou zásluhu na úspěšném převězení časopisu do digitální formy od roku 2013 a jeho pravidelném vydávání. Od téhož roku provádí i sazbu časopisu. K jeho zálibám patří sport a fotografování.

Přejeme jubilantovi mnoho sil v další práci při propagaci ZÚ, úspěšnou tvorbu nových čísel GaKO a pohodu v osobním životě, k čemuž přidáváme srdečnou gratulaci.



## NEKROLOGY

### Za Ing. Oldřichem Paškem



Dne 25. 1. 2018 nás opustil ve věku 63 let pplk. v. v. Ing. Oldřich Pašek, ředitel Katastrálního úřadu pro Moravskoslezský kraj.

Narodil se 15. 7. 1954 v Praze a své mládí prožil v pražské Bubenči. Základní školu absolvoval v Praze, Dejvicích. Po ukončení povinné školní docházky byl přijat na Vojenské gymnázium Jana Žižky v Opavě, kde maturoval v roce 1973. Po absolvování roční Topografické důstojnické školy v Holešově nastoupil do armády jako geodet, a to k 5. geodetickému odřadu v Opavě. Vysokoškolské vzdělání v oboru Geodézie a kartografie získal studiem na Vojenské akademii v Brně, kde byl v roce 1979 promován zeměměřickým inženýrem.

V dalších letech působil na pozici náčelníka geodetického oddělení a věnoval se geodetickým pracím v bodových polích, při obnově vojenských topografických map i při vyměřování státních hranic. Na začátku devadesátých let působil v Opavě na pozici zástupce velitele pro věci technické. V roce 1992 odešel do Prahy k Výzkumnému středisku 090 Geografické služby, kde se zabýval ekonomickou problematikou. V roce 1994/95 absolvoval v USA pětiměsíční studijní pobyt pro důstojníky vojenské Geografické služby. Po jeho absolvování nastoupil na Topografický odbor Generálního štábu Armády České republiky. Odtud, v roce 1997 odešel do zálohy v hodnosti podplukovníka. V civilní zeměměřické a katastrální službě Oldřich Pašek působil od roku 1998, nejdříve v Opavě, kde se na katastrálním úřadu věnoval zavádění informačních technologií.

V roce 2001 byl pozván na půlroční stáž do Prahy na Český úřad zeměměřický a katastrální (ČÚZK) a v jejím průběhu mu byla nabídnuta funkce místopředsedy ČÚZK zodpovědného za řízení katastrálních úřadů a Zeměměřického úřadu a za projekty v oblasti informačních a komunikačních technologií. Funkci místopředsedy Ing. Pašek zastával do roku 2006. Výrazně se podílel na řešení mnoha složitých úkolů, počínaje rozvojem informačního systému katastru nemovitostí tak, aby co nejlépe sloužili praxi, přes reorganizaci resortu na krajské uspořádání či zlepšování kvality správy katastru nemovitostí, až po zapojení do evropských projektů v rámci EuroGeographics, kde resort 5 let zastupoval.

Významné rozhodnutí učinil v roce 2003, kdy podpořil vznik a financování Sítě permanentních stanic GNSS České republiky (CZEPOS), a Česká republika se tak mohla zařadit mezi první evropské země, na jejichž území byla zřízena celorepubliková státní síť permanentních stanic.

Ze zdravotních důvodů funkci místopředsedy úřadu opustil a později se stal ředitelem Katastrálního úřadu pro Moravskoslezský kraj. Funkci opět vykonával velmi svědomitě a odpovědně, vysoce kvalifikovaně, s nemalými nároky na druhé, ale s ještě vyššími na sebe samotného a samozřejmě s humorem jemu vlastním, který mu v životě hodně pomáhal a přinášel radost jemu i nám všem v jeho okolí. Katastrální úřad pod jeho vedením patřil vždy ke špičce v rámci České republiky. V souvislosti se zavedením státní služby se však rozhodl, že se nebude znovu ucházet o funkci ředitele a odejde do penze.

Ing. Oldřich Pašek nám řadu let ukazoval, jak důležité je nepoddávat se a bojovat. Tak i z tohoto světa odešel a takový zůstane v naší paměti. Bude chybět nejen své milované manželce, rodině a blízkým, ale bude chybět nám všem jako moudrý a uvážlivý kolega, na kterého se mohl každý s důvěrou obrátit, a také příjemný společník a kamarád.



## Z GEODETICKÉHO A KARTOGRAFICKÉHO KALENDÁŘE (leden, únor, březen)

### Výročí 50 let:

Petr Mach (osobní zpráva v GaKO, 2018, č. 3, s. 79)

### Výročí 55 let:

Ing. Svatava Dokoupilová  
Ing. Eva Ďurková  
Ing. Zdeněk Jelínek  
Mgr. Jana Kaletová  
Ing. Vladimír Lang  
JUDr. Dana Skleničková

### Výročí 60 roků:

Ing. Ján Ježko, PhD.

### Výročí 65 roků:

Ing. Karol Ďungel  
Marie Karešová  
Ing. Margita Kotková  
Ing. Jaromír Vicari

### Výročí 70 roků:

Ing. Ružena Babicová  
Mgr. Emanuel Bednář  
Ing. František Chotěnovský  
Ing. Květa Olivová

### Výročí 75 roků:

Ing. Juraj Kadlic, PhD.  
Ing. Ludmila Matějčíková  
Ing. Andrej Tóth

### Výročí 80 roků:

Ing. Viliam Kemény

### Výročí 85 let:

Ing. Jindřich Rozporka  
Ing. Zdena Slatinková  
Doc. Ing. Mojmír Švec, CSc.  
Ing. Zbyněk Žizka

### Výročí 90 let:

Ing. Jaroslav Hanák  
Ing. Jiří Sedlák

Blahopřejeme!

### Z dalších výročí připomínáme:

Ing. Josef Borecký (90 let od narození)  
Ing. dr. Václav Burda (105 let od narození)  
Ing. Jaroslav Čipera (85 let od narození)  
Miloš Diviš (105 let od narození)  
Ing. Štefan Fekiač (95 rokov od narodenia)  
Jan Ludvík Frič (155 let od narození)  
prof. Ing. Vladislav Hojovec, DrSc. (90 let od narození)  
JUDr. et PhDr. Ivan Honl (120 let od narození)  
Ing. Karel Hynie (115 rokov od narodenia)  
Ing. Slavoj Kádner, CSc. (90 let od narození)  
Ing. Vlastimil Karlík (90 let od narození)  
Ing. František Klimecký (90 let od narození)  
Daniel Kmeth (235 rokov od narodenia)  
doc. Ing. František Krpata, CSc. (80 let od narození)  
Ing. Radim Kudělásek, CSc. (95 let od narození)  
prof. Dr. techn., Ing. František Kuska (110 rokov od narodenia)  
Ing. Marie Matzkeová (85 let od narození)  
Ing. Ing. Ondrej Michalko (95 rokov od narodenia)  
Ing. Jan Otisk (105 let od narození)  
Ing. Jakub Pach (100 rokov od narodenia)  
Ing. Arnošt Poláček (95 let od narození)  
Ing. Vladislav Pospíšil (95 let od narození)  
Ing. František Procházka (105 let od narození)  
Ing. Jan Rambousek (90 let od narození)  
Ing. Antonín Reigl (105 let od narození)  
Ing. Vladimír Simonov (85 let od narození)  
Ing. Jan Stránský (95 let od narození)  
Ing. František Šilar, CSc. (90 let od narození)  
Ing. Ing. Ján Škoda (95 rokov od narodenia)  
Ing. František Štorkán (105 let od narození)  
Martin Turzák (115 rokov od narodenia)  
Ing. Vladimír Vahala, DrSc. (95 let od narození)  
doc. Ing. Dr. Oldřich Válka, CSc. (105 let od narození)  
Ing. Zdeněk Vrběcký (90 let od narození)  
1528 – prvá mapa Uhorska (490. výročí vydania)  
1763 – Banská akadémia v Banskej Štiavnici (255. výročí zriadenia)

Poznámka: Podrobné informace o výročí naleznete na internetové stránce  
<http://egako.eu/kalendar/>.

**GEODETIKÝ A KARTOGRAFICKÝ OBZOR**  
**recenzovaný odborný a vědecký časopis**  
**Českého úřadu zeměměřického a katastrálního**  
**a Úřadu geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky**

**Redakce:**

**Ing. Jan Řezníček, Ph.D.** – vedoucí redaktor  
*Zeměměřický úřad, Pod sídlištěm 1800/9, 182 11 Praha 8*  
tel.: 00420 284 041 530

**Ing. Darina Keblůšková** – zástupce vedoucího redaktora  
*Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky,*  
*Chlumeckého 2, P.O. Box 57, 820 12 Bratislava 212*  
tel.: 00421 220 816 053

**Petr Mach** – technický redaktor  
*Zeměměřický úřad, Pod sídlištěm 1800/9, 182 11 Praha 8*  
tel.: 00420 284 041 656

e-mail redakce: [gako@egako.eu](mailto:gako@egako.eu)

**Redakční rada:**

**Ing. Katarína Leitmannová** (předsedkyně)  
*Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky*

**Ing. Karel Raděj, CSc.** (místopředseda)  
*Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v. v. i.*

**Ing. Svatava Dokoupilová**  
*Český úřad zeměměřický a katastrální*

**Ing. Robert Geisse, PhD.**  
*Stavebná fakulta Slovenskej technickej univerzity v Bratislave*

**doc. Ing. Pavel Hánek, CSc.**  
*Fakulta stavební Českého vysokého učení technického v Praze*

**Ing. Michal Leitman**  
*Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky*

**Vydavatelé:**

Český úřad zeměměřický a katastrální, Pod sídlištěm 1800/9, 182 11 Praha 8  
Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky, Chlumeckého 2, P. O. Box 57, 820 12 Bratislava 212

**Inzerce:**

e-mail: [gako@egako.eu](mailto:gako@egako.eu), tel.: 00420 284 041 656 (P. Mach)

**Sazba:**

Petr Mach



Vychází dvanáctkrát ročně, zdarma.

Toto číslo vyšlo v březnu 2018, do sazby v únoru 2018.  
Otisk povolen jen s udáním pramene a zachováním autorských práv.

**ISSN 1805-7446**

<http://www.egako.eu>  
<http://archivnimapy.cuzk.cz>  
<http://www.geobibline.cz/cs>



Český úřad zeměměřický a katastrální



Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky