

GEODETIKÝ a KARTOGRAFIKÝ



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

10/05

Praha, říjen 2005
Roč. 51 (93) ● Číslo 10 ● str. 213–232
Cena Kč 14,-
Sk 21,60

GEODETICKÝ A KARTOGRAFICKÝ OBZOR

odborný a vědecký časopis Českého úřadu zeměměřického a katastrálního a Úřadu geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky

Redakce:

Ing. Stanislav Olejník – vedoucí redaktor

Ing. Ján Vanko – zástupce vedoucího redaktora

Petr Mach – technický redaktor

Redakční rada:

Ing. Jiří Černožský (předseda), **Ing. Juraj Kadlic, PhD.** (místopředseda), **Ing. Svatava Dokoupilová**, **Ing. Dušan Fičor**,
doc. Ing. Pavel Hánek, CSc., **prof. Ing. Ján Hefty, PhD.**, **Ing. Štefan Lukáč**, **Ing. Zdenka Roulová**

Vydává Český úřad zeměměřický a katastrální a Úřad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky v nakladatelství Vesmír, spol. s r. o., Na Florenci 3, 111 21 Praha 1, tel. 00420 234 612 395. Redakce a inzerce: Zeměměřický úřad, Pod sídlištěm 9, 182 11 Praha 8, tel. 00420 286 840 435, 00420 284 041 656, fax 00420 284 041 416, e-mail: stanislav.olejnik@atlas.cz a VÚGK, Chlumeckého 4, 826 62 Bratislava, telefon 004212 43 33 48 64, linka 317, fax 004212 43 29 20 28. Sází VIVAS, a. s., Sazečská 8, 108 25 Praha 10, tiskne Serifa, Jinonická 80, Praha 5.

Vychází dvanáctkrát ročně.

Distribuci předplatitelům (a jiným) distributorům v České republice, Slovenské republice i zahraničí zajišťuje nakladatelství Vesmír, spol. s r. o. Objednávky zasílejte na adresu Vesmír, spol. s r. o., Na Florenci 3, POB 423, 111 21 Praha 1, tel. 00420 234 612 394 (administrativa), další telefon 00420 234 612 395, fax 00420 234 612 396, e-mail vanek@msu.cas.cz, e-mail administrativa: vorackova@msu.cas.cz, nebo imlaufova@msu.cas.cz. Dále rozšiřují společnosti holdingu PNS, a. s., včetně předplatného, tel. zelená linka 800 17 11 81. Podávání novinových zásilek povoleno: Českou poštou, s. p., odštěpný závod Přeprava, čj. 467/97, ze dne 31. 1. 1997. Do Slovenskej republiky dováží MAGNET – PRESS SLOVAKIA, s. r. o., Šustekova 10, 851 04 Bratislava 5, tel. 004212 67 20 19 31 až 33, fax 004212 67 20 19 10, další čísla 67 20 19 20, 67 20 19 30, e-mail: magnet@press.sk. Předplatné rozšiřuje Slovenská pošta, a. s., Účelové stredisko predplatiteľských služieb tlače, Námestie slobody 27, 810 05 Bratislava 15, tel. 004212 54 41 99 12, fax 004212 54 41 99 06. Ročné predplatné 324,- Sk vrátane poštovného a balného.

Náklad 1200 výtisků. Toto číslo vyšlo v říjnu 2005, do sazby v září 2005, do tisku 21. října 2005. Otisk povolen jen s udáním pramene a zachováním autorských práv.

© Vesmír, spol. s r. o., 2005

ISSN 0016-7096
Ev. č. MK ČR E 3093

**Přehled obsahu
Geodetického a kartografického obzoru
včetně abstraktů hlavních článků
je uveřejněn na internetové adrese
www.cuzk.cz**

Obsah

Ing. Vratislav Filler
Zavedení absolutního modelu variací fázových center
antén v síti permanentních stanic GPS 213

Ing. Veronika Droppová
Aplikácia pseudocylindrických zobrazení pre mapy
sveta 226

Z GEODETICKÉHO A KARTOGRAFICKÉHO
KALENDÁRA 230

Zavedení absolutního modelu variací fázových center antén v síti permanentních stanic GPS

Ing. Vratislav Filler,
katedra vyšší geodézie FSv
ČVUT v Praze,
VÚGTK Zdičky

528.344:629:783

Abstrakt

V práci jsou srovnávány relativní a absolutní model variací fázových center (PCV) aplikovaný na regionální síť permanentních stanic GPS. Ve srovnání se objevily souřadnicové rozdíly závislé na typu antény. Jsou určeny předpokládané hodnoty posunů při přechodu na absolutní model PCV.

Implementation of the Absolute Phase Center Variation Model in the Permanent GPS Network

Summary

The accurate processing of GPS measurements requires exactly defined antenna phase center and their variations (PCV). The new PCV model (purposed for IGS stations and released for testing) was tested in permanent GPS network containing about 6 major antenna types processed in more variants. Coordinate and zenith total delay displacements between relative (old) and absolute model dependent on antenna type were revealed. The supposed values of that displacements in another networks are summarised in the table.

1. Úvod

Při měření v sítích GPS (Global Positioning System) s milimetrovou a vyšší přesností je třeba přesně definovat geometrické body ke kterým se vztahuje měření geometrické vzdálenosti. Přitom pozice těchto bodů, fázových center antén vysílačů (družic GPS) i přijímačů (antén na měřených bodech) fyzikálně závisí na frekvenci a směru příchozího/odchozího signálu. Tento jev se nazývá variace polohy fázových center antén (*Phase Centre Variation, PCV*).

V současné době se při řešení permanentních sítí GPS přispívajících do EUREF¹⁾ používá pro modelování PCV relativní model vztahovaný k referenční anténě. Vzhledem k nevýhodám tohoto modelu se připravuje přechod na absolutní model PCV.

Při přechodu na absolutní model PCV je třeba počítat se změnami vyrovnaných souřadnic. Pro zjištění rozdílů ve vyrovnaných souřadnicích a zenitových troposférických zpožděních (ZTD, *zenith troposphere/total delay*) byla z dostupných permanentních stanic sestavena testovací síť, řešená s oběma modely fázových center v několika variantách.

2. Variace fázových center

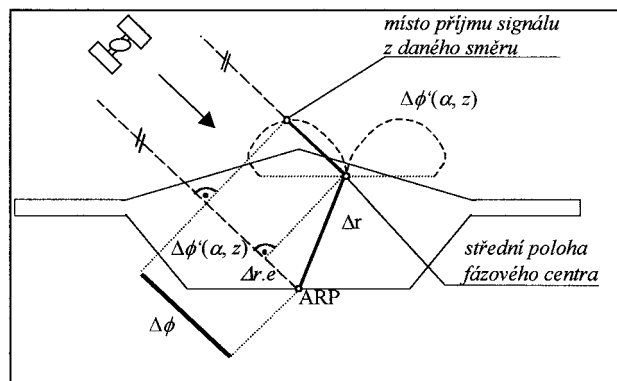
Pro družice jsou souřadnice fázových center definovány jako rozdíly fázového centra antény a těžiště družice.

U antén přijímačů GPS je pozice fázového centra definována ve vztahu k definičnímu bodu antény (*antenna reference point, ARP*), který je u většiny typů geometricky definovaný

jako průsečík vertikální osy antény a spodní plochy jejího těla [1]. Variace fázového centra je u přijímačů definována rovnicí

$$\Delta\phi(\alpha, z) = \Delta\phi'(\alpha, z) + \Delta\mathbf{r} \cdot \mathbf{e}, \quad (1)$$

kde α je azimut, z je zenitová vzdálenost, $\Delta\phi'(\alpha, z)$ vyjadřuje závislost polohy fázového centra na směru příchozího signálu (někdy se jako *variace fázového centra* označuje pouze tato část rovnice), $\Delta\mathbf{r}$ je pozice střední polohy fázového centra (*offset fázového centra*) a \mathbf{e} je jednotkový vektor ve směru anténa-satelit (obr. 1). Celková oprava se přičítá k měřeným pseudovzdálenostem.



Obr. 1 Schéma zavedení korekce z variace fázového centra antény přijímače

¹⁾ EUREF (European Reference Frame) je subkomisí IAG (International Association of Geodesy) navazující na RETrig s úkolem „založení, údržba a zdokonalování 3-dimenzionálního evropského referenčního rámce“.

Výška offsetu fázového centra se pohybuje kolem 0,1 m, horizontální složky se pohybují v řádu mm. Variace polohy fázového centra závisí zejména na zenitové vzdálenosti, kde změny dosahují několika centimetrů, velikost složky závislé na azimutu je u nejpřesnějších antén menší (nejvýše několik mm). Hodnoty variace fázového centra se liší podle frekvence, v lineárních kombinacích je hodnota korekce rovna patričné lineární kombinaci korekcí na obou frekvencích.

PCV je individuální pro každou anténu. Individuální kalibrace se často neprovádí, při zpracování permanentních sítí složených ze stanic různých provozovatelů se uživatelé spokojují s hodnotami variace fázového centra příslušných k typu antény.

Pro některé aplikace lze model fázových center velmi zjednodušit. Pokud má síť dostatečně krátké základny a shodný typ antény na všech bodech, lze dokonce nastavení fázových center nulovat. Naopak v permanentní síti složené z antén různých typů rozmístěných po území několika států je nezbytné znát variace fázových center co nejpřesněji.

2.1 Relativní model PCV

V IGS²⁾ užívané korekce PCV jsou určeny relativně – ve vztahu k referenční anténě. Jako referenční se nejčastěji volí období antény typu *AOAD/M_T choke ring*³⁾ v provedení různých výrobců (např. antény *AOAD/M_T*, *ASH701945C_M*, *TRM29659.00* a další) se stejnými rozměrovými parametry, které by měly zajišťovat obdobné hodnoty variací fázových center. Důvodem je struktura permanentních sítí, kde mají tyto antény největší podíl.

Variace fázových center na referenční anténě se nastaví na:

$$\Delta \mathbf{r} = [0, 0, d_z] \text{ a } \Delta \phi'(\alpha, z) = 0, \quad (2)$$

kde se výšková složka offsetu d_z vhodně zvolí. Nepřesně zvolený offset může způsobit chyby ve výškách a odhadovaném troposférickém zpoždění. Variace fázových center na ostatních anténách (případně i na individuálních anténách tohoto typu) se většinou určují ze srovnávacího měření na kalibrační základně. Hodnoty jsou relativní k referenční anténě a neobsahují data pod elevací 10°. Při korekci jsou hodnoty pro nižší elevace nahrazeny hodnotou pro 10°.

Nevýhody relativního modelu fázových center se projeví, vyžadujeme-li od měření nejvyšší (mm) přesnost a současně

- je síť natolik rozsáhlá, že sbíhavost tížnic mezi anténami na opačných stranách sítě činí řádově stupně, nebo
- využíváme měření s nízkou elevací (pod 10°) v síti s různými typy antén, nebo
- řešíme v síti troposférická zpoždění ZTD.

Při testování byl použit relativní model fázových center (PCV *RE*, v (4) označen *RE*) ze souboru PHASITRE, které jsou ekvivalentní hodnotám PCV používaných v IGS [2].

2.2 Absolutní model PCV

Absolutní hodnoty variací fázových center antén byly změřeny metodou absolutní polní kalibrace v Institut für Erdmessung v Hannoveru [3, 4]. Měření variací fázových

center je provedeno s pomocí robota, který anténou při příjmu signálu otáčí a naklání jí do celkem 5000–7000 nezávislých poloh. Měření pokrývá elevace až do 0°, rozložení observací je homogenní. Možný efekt multipath je potlačen měřením ve dvou hvězdných dnech (určuje se jako systematická hodnota opakující se s konfigurací družic).

Výsledky měření byly zveřejněny jako soubor absolutních korekcí PCV pro testovací účely [5]. Soubor obsahuje korekce PCV pro nejběžnější typy antén vyskytujících se v permanentních sítích. S malou výjimkou byla všechna data získána přímo měřením na robotu (některé typy antén jsou dosud považovány za totožné s referenční anténou *AOAD/M_T*).

Soubor obsahuje také korekce polohy fázových center na družicích. Souřadnice fázových center satelitů se potom posouvají přibližně o 1 metr (pouze osa *Z*), posuny se mírně liší pro jednotlivé bloky družic. Autoři modelu upozorňují, že zanedbání této korekce vede ke zvětšení měřítka vyrovnané sítě přibližně o 1,5 · 10⁻⁹, což bylo potvrzeno i při předběžném testování. Korekce polohy fázových center je proto při testování absolutního modelu PCV vždy zavedena.

V České republice se řešením absolutního modelu fázových center zabývá [6, 9].

Absolutní model fázových center (PCV *AA*, v (4) označen *AA*) je nadále vyvíjen. V květnu 2005 byl stejnou organizací zveřejněn pokročilejší model (k dispozici také na ftp [5]) obsahující zejména mnohé další kalibrace a korekce polohy fázových center pro jednotlivé satelity.

Srovnání relativních a absolutních hodnot polohy fázových center u antén použitých v testovací síti nabízí tab. 1.

3. Testovací síť

Pro testování byla navržena síť obsahující 19 permanentních stanic pokrývajících Rakousko a jeho blízké okolí (obr. 2, tab. 2). Vzdálenost sousedních bodů je kolem 60–100 km. Stanice jsou většinou součástí EPN (Permanentní síť EUREF), zhuštěné výběrem stanic z regionálních sítí v Rakousku. Síť lze označit za regionální, délka základny nepřesahuje 200 km. Rozměry sítě nedostačují k nezávislosti řešení troposféry. Měřená data byla k dispozici s elevací až 0° (3 stanice), většina stanic měla nastavenou elevační masku na 5°. Větší počty stanic se shodným typem antény umožňují vyjadřovat obecnější závěry o chování jednotlivých typů antén při přechodu z relativního na absolutní model PCV.

Délka zpracování sítě byla 9 týdnů v létě 2002 (63 dní). Zpracování v jedné variantě zabralo přibližně jeden den strojového času. Další pevné parametry zpracování byly nastaveny na základě snahy o maximální jednoduchost. Síť byla ukotvena fixováním jedné stanice (WELS). Souřadnice se odhadují jednou za den v nezávislých epochách. ZTD na stanicích se odhadují jednou za hodinu. Síť byla řešena v Bernese GPS software 4.2., z čehož vyplývá k výběr testovacích variant.

3.1 Varianty řešení sítě

Vlastní zpracování sítě bylo provedeno v osmi variantách, které se především liší v přístupu k řešení troposféry. Varianty používají různé apriorní modely troposféry a mapovací funkce tak, jak je nabízí Bernese software. Je zde také varianta s řešenými troposférickými gradienty. Varianty jsou řešeny s minimální elevací vstupních dat 5° a 10°. Varianty byly samozřejmě vypočteny jak s relativním, tak s absolutním

²⁾ International GPS Service.

³⁾ Konstrukce obsahující prstence bránící ve snímání odraženého signálu.

Tab. 1 Hodnoty offsetů a variací fázových center antén v obou modelech. Robot – kalibrace robotem. Copy AOAD – zkopírované hodnoty pro AOAD/M_T. Frekvence L3 je lineární kombinací frekvencí 1 a 2 podle [5]

konstrukce	Anténa	frekvence	PCV RE [mm]					PCV AA [m]					RE minus AA[mm]			
			N	E	H	Elevace [mm]	Osová asymetrie	N	E	H	Elevace [mm]	Osová asymetrie	Způsob získání [mm]	N	E	H
typ Dorne Margolin	AOAD /M_T	L1	0	0	110,0	0	0	0,6	-0,5	91,2	-8,6-16,2	2	Robot	-0,6	+0,5	+18,8
		L2	0	0	128,0	0	0	-0,1	-0,6	120,1	-5,4-9,9	0,5		+0,1	+0,6	+7,9
		L3												-1,68	+0,35	35,65
	ASH 701 945 C_M	L1	0	0	110,0	0	0	0,6	-0,5	91,2	-8,6-16,2	2	Copy AOAD	-0,6	+0,5	+18,8
		L2	0	0	128,0	0	0	-0,1	-0,6	120,1	-5,4-9,9	0,5		+0,1	+0,6	+7,9
		L3												-1,68	+0,35	35,65
	TRM 29659.00	L1	0	0	110,0	0	0	-0,1	-0,9	92,0	-8,7-14,9	1	Robot	+0,1	+0,9	+18,0
		L2	0	0	128,0	0	0	-0,2	0,2	120,5	-5,6-10,3	2		+0,2	-0,2	+7,5
		L3												-0,05	+2,60	34,23
	ASH 700 936 D_M	L1	0	0	110,0	0	0	0,8	-0,0	91,2	-8,6-15,1	1,3	Robot	-0,8	0,0	+18,5
		L2	0	0	128,0	0	0	0,8	-0,0	120,4	-5,6-10,6	1		-0,8	0,0	+7,6
		L3												-0,80	0	35,35
	ASH 701 946.3	L1	0,6	0,8	109,8	-0,2-0,2	0	0,6	-0,5	91,2	-8,6-16,2	2	Copy AOAD	0,0	+1,3	+18,6
		L2	7,0	1,4	128,4	-0,3-0	0	-0,1	-0,6	120,1	-5,4-9,9	0,5		+0,8	+2,0	+8,3
		L3												-1,24	+0,22	34,52
	LEIAT 504	L1	0,3	-0,3	109,3	max. 0,6	0	0,1	-0,3	91,2	-8,9-15,1	2	Robot	+0,2	0,0	+18,1
		L2	1,1	1,1	128,2	max.0,3	0	-0,1	0,1	117,3	-5,8-10,9	2		+1,2	+1,0	+10,9
		L3												-135	-1,54	29,23
Jpsregant _DD_E	L1	1,1	0,2	113,1	0-5,8	0	0,1	-0,3	100,8	-6,2-11,8	3	Robot	+1,0	+0,5	+12,3	
	L2	1,0	1,3	118,6	-0,2-2,8	0	0,2	0,2	116,5	-3,1-7,0	1,5		+0,8	+1,1	+2,1	
	L3												+3,76	-0,42	28,07	
TRM 14532.00	L1	0,0	-3,0	78,0	0-16,4	0	-0,2	-3,2	74,7	-5,5-10,3	až ~ 7	Robot	+0,2	+0,2	+3,3	
	L2	-3,1	-1,3	74,4	0-4,2	0	-3,1	-1,1	67,2	-5,8-12,3	až ~ 6		+0,0	-0,2	+7,2	
	L3												+0,51	+0,82	-2,73	

Tab. 2 Seznam stanic

č.	Stanice	nadmořská výška [m]	Anténa	kryt	Označení skupiny PCV	Elevační maska	Komentář*)
1	BZRG	330	LEIAT504	leis	leica, lei	5°	E, I
2	GOPE	594	ASH701946.3	snow	ash3	5°	E, I
3	GRAZ	539	ASH701945C_M	none	MTequiv	5°	E, I
4	GSR1	353	LEIAT504	leis	leica, lei	5°	E,
5	GUES	283	JPSREGANT_DD_E		jps		
6	HFLK	1920	TRM29659.00	graz	trm29, trm2	5°	I
7	HKBL	2385	LEIAT504		leica, lei		
8	KLAG	501	JPSREGANT_DD_E		jps		
9	KOET	757	JPSREGANT_DD_E		jps		
10	MATT	295	JPSREGANT_DD_E		jps		
11	MOPI	580	TRM14532.00	dome	trm14, trm1	5°	E
12	OBE2	642	AOAD/M_T		Mtequiv, MT	0°	E, I
13	PENC	293	TRM14532.00	none	trm14, trm1	0°	E, I
14	PFAN	1091	TRM29659.00	graz	trm29, trm2	7°	E
15	STPO	342	Dorne Margolin Trim		dorneT, DM		
16	TUBO	325	TRM29659.00	none	trm29, trm2	5°	E
17	WELS	386	LEIAT504	graz	trm29, trm2	5°	I
18	WTZR	667	AOAD/M_T	none	Mtequiv, MT	0°	E
19	ZIMM	957	TRM29659.00	none	trm29, trm2	5°	E, I

*) E: EUREF Permanent Network, I: IGS Tracking Network

modelem korekcí PCV. U některých variant je jako další model PCV testováno řešení s nesprávným PCV na jedné stanici. Popis variant uvádí tab. 3.

3.2 Postupy vyhodnocení výsledků

Pro porovnání kvality souřadnic z jednodenních společně vyrovnaných epoch byly vypočteny:

- a) Hodnoty opakovatelností ve všech souřadnicích. Opakovatelnost rpt_x je definována jako míra shody na sobě nezávislých měření prováděných za stejných podmínek (zde např. souřadnic z po sobě následujících denních řešení). Z časové série hodnot x_i , průměrem \bar{x} a n členy se vypočte jako

$$rpt_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}. \quad (3)$$

- b) Systematické rozdíly (offsety) mezi výsledky z variant s relativním a absolutním modelem PCV

$$O_{H,site} = \frac{\sum_{i=1}^n (H_{i,site}^{AA} - H_{i,site}^{RE})}{n}, \quad O_{N,site} = \frac{\sum_{i=1}^n (N_{i,site}^{AA} - N_{i,site}^{RE})}{n}, \quad (4)$$

$$O_{ZTD,site} = \frac{\sum_{i=1}^m (ZTD_{i,site}^{AA} - ZTD_{i,site}^{RE})}{m}, \quad O_{E,site} = \frac{\sum_{i=1}^n (E_{i,site}^{AA} - E_{i,site}^{RE})}{n},$$

kde O je offset v patřičné veličině na stanicích $site$, H , N , E jsou souřadnice z jednoho denního řešení (model PCV AA nebo RE), ZTD je zenitové zpoždění z jedné epochy, n je počet dní pro výpočet souřadnicového offsetu (zde 63), m počet hodnot pro výpočet offsetu ZTD (zde 24 n). Offset ve výšce a ZTD je obvykle silně negativně korelován. Zprůměrovaním offsetů pro více stanic lze získat offsety pro skupinu stanic $O_{H,group}$, $O_{ZTD,group}$, $O_{N,group}$.

- c) Offsety mohou vykazovat závislost na poloze stanice (vzdálenost od středu, nadmořská výška). Tento vliv byl také podrobně zkoumán.
d) Pro některá srovnání byly vypočteny další veličiny, jako jsou korelace offsetů a vlastností stanic, autokorelace ZTD, spektra, trendy apod.

3.3 Typy antén

Stanice v testovací síti jsou vybaveny několika typy antén, někdy v kombinaci s různými kryty, které mohou dále ovlivnit polohu fázového centra. Antény lze rozdělit do skupin více způsoby:

- a) Nejhrubší způsob dělení podle konstrukce antény člení antény v testovací síti podle konstrukce na tři skupiny: *i*. Antény obdobné AOAD M_T choke ring, označované dále jako antény typu Margolin. Zahrnuje více obdobných antén různých výrobců; *ii*. Trimble TRM14532.00; *iii*. JPS Regant DD_E.
b) Druhý způsob rozlišuje antény podle hodnot korekcí PCV. Do jedné skupiny jsou zařazeny antény se shodnými korekcemi, přičemž toto kritérium musí platit v obou modelech (např. korekce shodné s anténou AOAD/M_T mají v každém modelu jiné antény). Antény se liší v poloze (offsetu) fázových center a v hodnotách závislých na elevaci a azimutu (tab. 1). Při přesném zpracování měření GPS se obvykle používá lineární kombinace frekvencí L1 a L2, frekvence L3, která odstraňuje podstatnou část vlivu ionosféry (*ionosphere free combination*). Pro polohu fá-

zového centra frekvence L3 platí stejný vztah, jako pro kombinaci měření [1, 6], přibližně

$$L_3 = 2,54573 L_1 + 1,54573 L_2. \quad (5)$$

- c) V případě, že se za kritérium pro zařazení stanice do skupiny považuje i druh krytu, vznikne celkem deset skupin. Zde jsou některé kombinace anténa + kryt zastoupeny jen jednou stanicí, což vede k vyloučení těchto stanic z některých porovnání. Vzniklé skupiny jsou pak složeny z nedostačujícího počtu bodů (často jen ze dvou).

Jako základní rozdělení stanic do skupin bylo použito rozdělení ad b) (dle hodnot PCV), s případnými dílčími modifikacemi.

3.4 Obecné výsledky z řešení testovací sítě

Základní charakteristikou přesností zpracování sítě jsou denní opakovatelnosti vypočtené ze 63 zpracovávaných dnů. Hodnoty, kterých opakovatelnosti dosahují, odpovídají předpokladům o kvalitě vyrovnaní podobného typu sítě (tab. 4). Rozdíly v opakovatelnostech na jednotlivých stanicích jsou významně vyšší než rozdíly mezi jednotlivými variantami. Rozptýl je způsobený zčásti pozicí stanic v síti (stanice na okrajích sítě dosahují horších opakovatelností), zčásti místními podmínkami (typem antény, výškou elevační masky atd.). Mírnou závislost velikosti opakovatelností ve výšce na vzdálenosti od pevného bodu sítě ukazuje obr. 3.

Testovací síť určuje současně souřadnice i parametry troposféry. Hodnoty zenitového troposférického zpoždění jsou korelovány s nadmořskou výškou (stanice v 500 metrech mají přes 2,4 m,⁴) ve 2 kilometrech jen 1,9 m). Tato korelace je dána různou výškou sloupce atmosféry nad různě vysoko položenými stanicemi. Hodnoty ZTD jsou dále korelovány navzájem, korelace klesá s rostoucí vzdáleností mezi stanicemi.

Z hodnot ZTD lze ze znalostí meteorologických dat (tlak, teplota) vypočítat výšku sloupce vodních par nad stanicí, (*integrated water vapour*, IWV). Tato veličina se používá jako vstup do meteorologických modelů využívajících měření GPS. Vlivem nepoužití meteorologických dat jsou hodnoty IWV určeny pouze přibližně z předpokládaných hodnot vypočtených z parametrů stanice (zeměpisné šířky a nadmořské výšky). Za zmínku stojí zbytková závislost sloupce vodních par na nadmořské výšce (IWV ~ 35 mm v 500 m a ~ 20 mm ve 2 km).

4. Rozdíly ve výsledcích s použitím absolutního a relativního modelu PCV

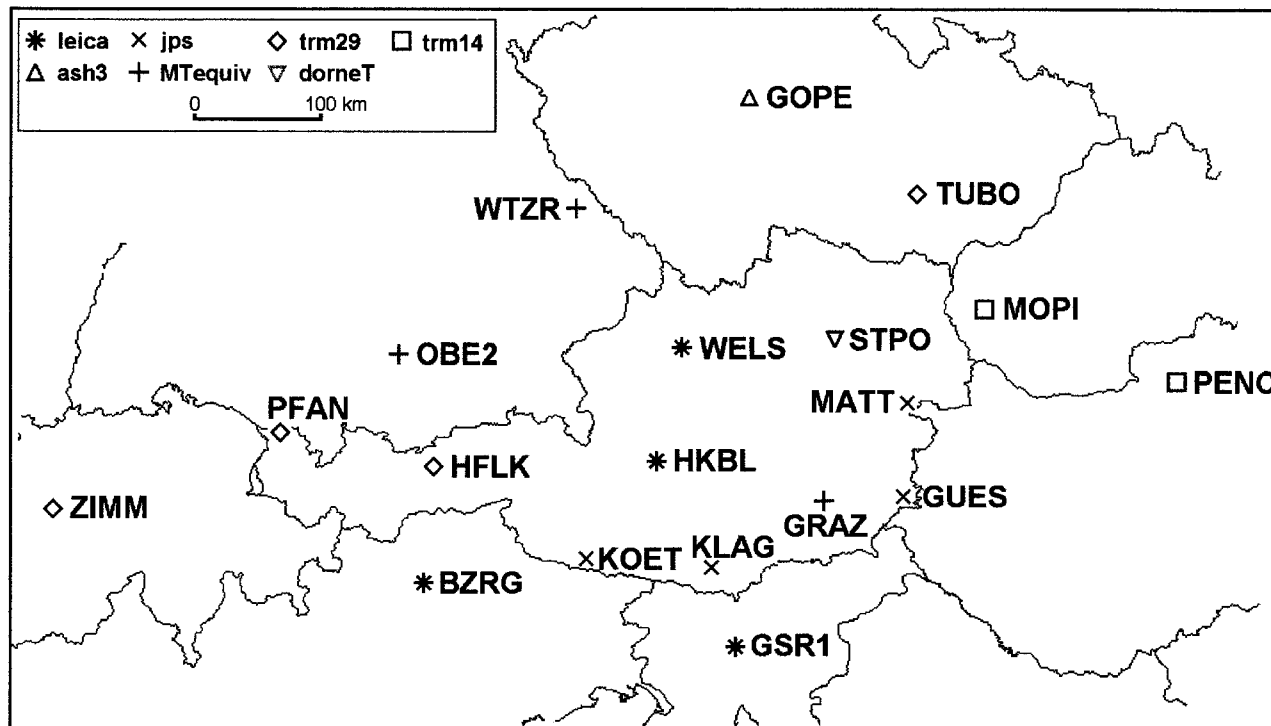
4.1 Opakovatelnosti

Porovnání opakovatelností poukazuje na minimální rozdíly mezi porovnávanými variantami zavedení PCV. Opakovatelnosti u absolutního modelu PCV jsou poněkud vyšší (asi o 2–3 %), menší rozdíl je u řešení s troposférickými gradienty (<1 %, tab. 5). Mírné zhoršení opakovatelností v absolutním modelu PCV (který by měl být bližší realitě) se podařilo uspokojivě vysvětlit.

4.2 Offsety v souřadnicích a ZTD

Základním pozorovaným jevem jsou offsety všech souřadnic

4) Tato hodnota překračuje průměrnou hodnotu ZTD uváděnou v literatuře (2,3 m), protože síť byla zpracovávána v období letního maxima ZTD.



Obr. 2 Mapa sítě. U stanic je vyznačen typ antény (dle tab. 2)

Tab. 3 Varianty zpracování testovací sítě

Označení varianty	Apriorní troposférický model	Mapovací funkce	Troposférické gradienty	Minimální elevace	Testované modely PCV	Test nesprávného PCV
N1	–	Dry Niell [7]	–	5°	RE, AA	ano
N2	–	Dry Niel	–	10°	RE, AA	ne
GR	–	Dry Niell	1x/den*	5°	RE, AA	ano
G2	–	Dry Niell	1x/den	10°	RE, AA	ne
SA	Saasstamoinen [8]	cos (z)	–	5°	RE, AA	ano
S2	Saasstamoinen	cos (z)	–	10°	RE, AA	ne
HO	Hopfield [7]	cos (z)	–	5°	RE, AA	ano
H2	Hopfield	cos (z)	–	10°	RE, AA	ne

*) Gradienty ve dvou horizontálních složkách, váhování na zenit s nastavenou střední chybou 1 mm

Tab. 4 Hodnoty denních opakovatelností ve všech souřadnicích

Varianta	Denní opakovatelnost [mm]		
	E	N	H
NI PCV RE	2,04	2,58	5,57
NI PCV RE, min	1,57 (MATT)	1,48 (HFLK)	3,89 (STPO)
NI PCV RE, max	2,56 (BZRG)	4,69 (GSR1)	9,01 (MOPI)
GR, NI PCV RE	1,78	2,36	5,77

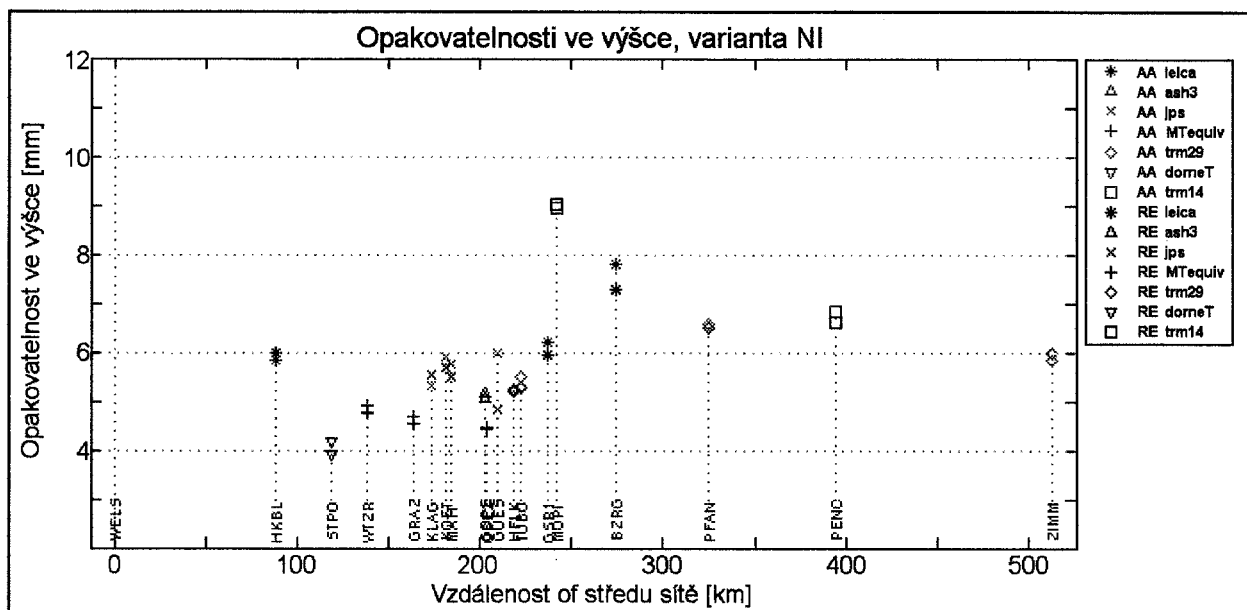
Tab. 5 Opakovatelnost v různých modelech PCV

Varianta	PCV	Opakovatelnost (ze 63 dní)					
		E [mm]		N [mm]		H [mm]	
N1		2,04	2,03	2,58	2,58	5,57	5,73
N2		2,04	2,03	2,58	2,58	5,58	5,71
SA		2,03	2,02	2,57	2,61	5,53	5,64
HO		2,04	2,02	2,57	2,61	5,55	5,67
GR		1,78	1,79	2,36	2,37	5,77	5,82

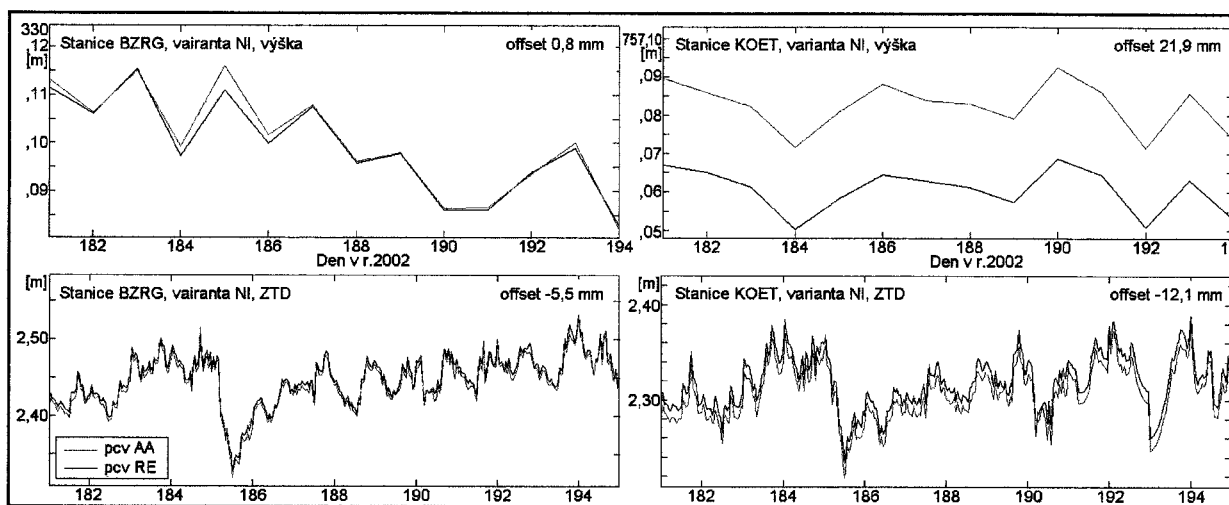
(ve složkách *N*, *E* a *H*) a ZTD mezi řešeními s relativním a absolutním modelem PCV (obr. 4).

Tyto offsety se vyskytují ve všech variantách řešení troposféry a nastaveních elevační masky. Přesné hodnoty offsetů pro jednotlivé skupiny stanic a varianty řešení uvádí tab. 6. Pozorovány jsou následující vlastnosti offsetů:

1. Velikost offsetů dosahuje hodnot až 4 mm v souřadnicích, 30 mm ve výšce a 14 mm v ZTD (obr. 4, 5, 6, 7). Offsety v ZTD a ve výšce jsou navzájem silně korelovány, přičemž 1 mm offsetu ve výšce znamená přibližně 0,3 mm offsetu v ZTD.



Obr. 3 Závislost opakovatelnosti ve výšce na vzdálenosti od pevného bodu



Obr. 4 Ukázka offsetu ve výšce a ZTD u dvou stanic v prvních 14 dnech řešení, a, c): BZRG (Leica), stejný typ antény jako fixovaný WELS, offset ve výšce ~0, v ZTD ~5 mm; b), d) KOET (JPS), offset ve výšce ~23 mm, v ZTD ~11 mm

2. Velikost offsetů na jednotlivých bodech se zásadně liší podle hodnot korekcí PCV u antény:

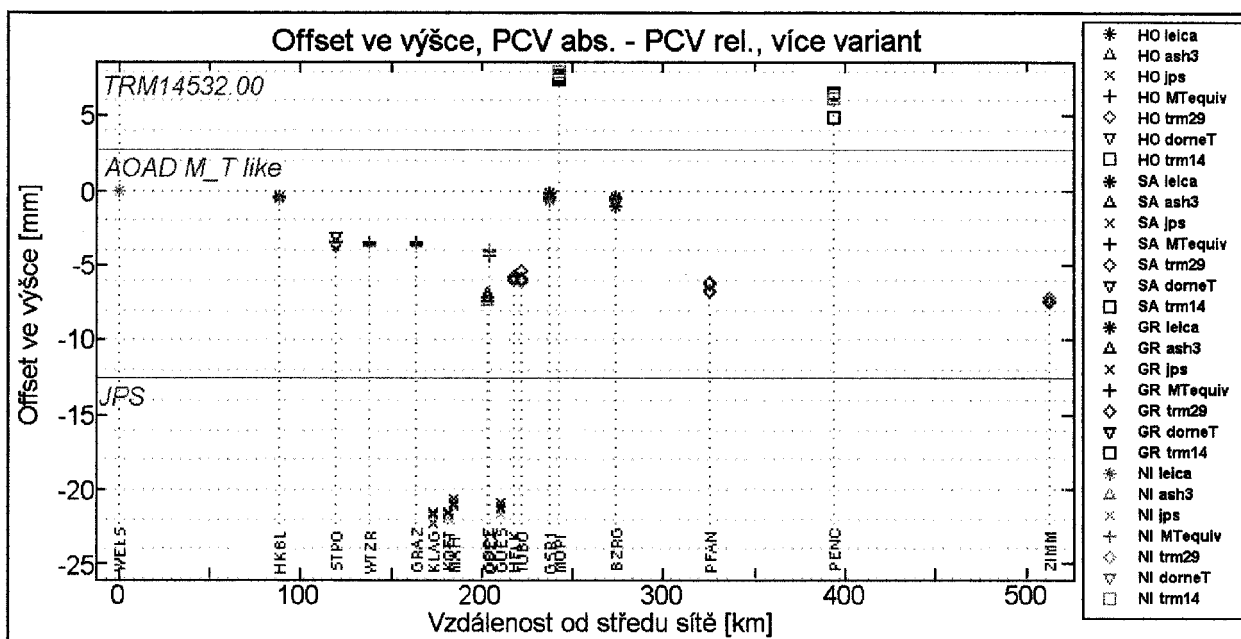
- a) Průměrné offsety pro skupiny antén se liší řádově více než rozdíly v offsetech uvnitř skupiny antén (<1 mm).
- b) Stanice se stejným typem antény jako fixovaná WELS (leica) mají souřadnicové a výškové offsety přibližně nulové (v řádu desetin mm). Offset v ZTD nulový není, dosahuje několika mm (hodnota závisí na variantě řešení troposféry).
- c) Různé stanice s anténami typu Margolin mají poněkud rozptýlené hodnoty vertikálních offsetů. U výšky činí rozptyl 8 mm, ve (s výškou silně korelovaném) ZTD jsou to 3 mm. Souřadnicové offsety se pro různé antény typu Margolin liší v desetínách až jednotkách mm.

d) Stanice s jinou konstrukcí (TRM14532.00, JPS Regant DD_E) mají hodnoty vertikálních offsetů velmi odlišné od ostatních (JPS posun ve výšce až 20 mm, tomu odpovídá ~ 6 mm posun v ZTD). Souřadnicové offsety řádově odpovídají offsetům stanic typu Margolin.

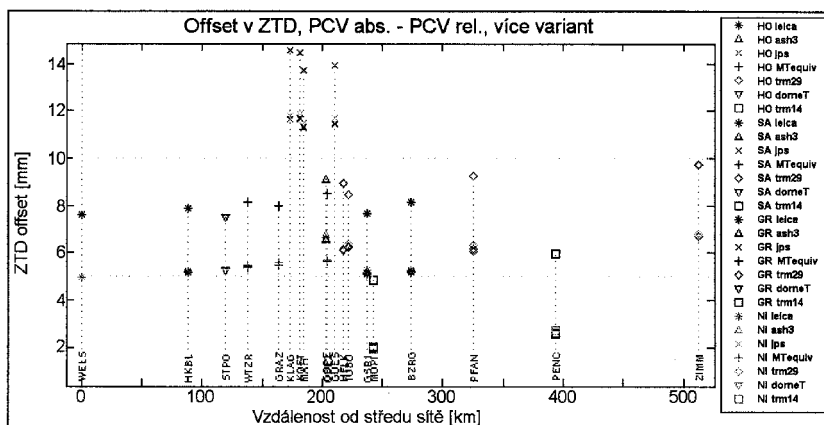
Porovnání velikosti souřadnicových offsetů a rozdílu v korekcích PCV mezi relativním a absolutním modelem je diskutováno dále.

3. Při sledování offsetů mezi oběma modely PCV lze sledovat následující vlastnosti jednotlivých variant:

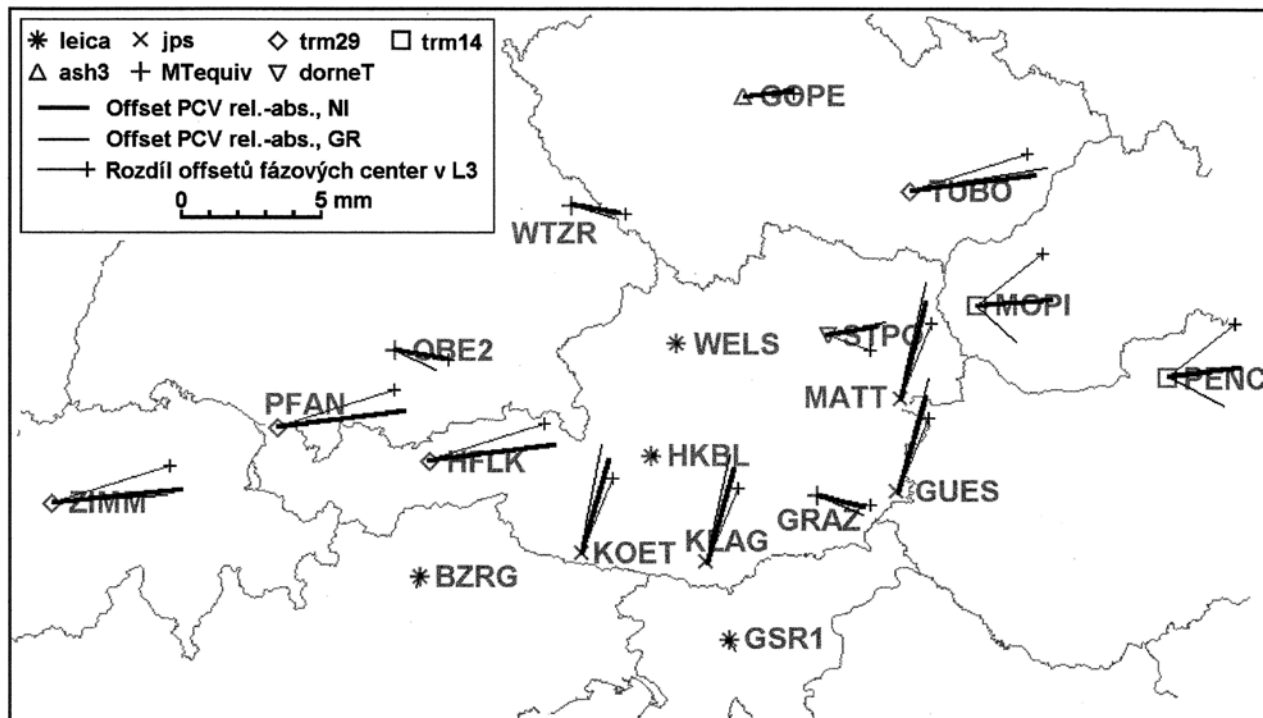
- a) Souřadnicové i offsety ZTD mezi PCV RE a PCV AA pro dvě varianty se stejným modelem troposféry a různou elevační maskou se od sebe liší méně než o 0,1 mm.



Obr. 5 Výškový offset mezi variantami s relativním a absolutním modelem PCV pro různé varianty řešení troposféry se společnou elevační maskou 10°



Obr. 6 Offset ZTD mezi variantami s relativním a absolutním modelem PCV pro různé varianty řešení troposféry se společnou elevační maskou 10°. Viditelně odlišný je výškový offset u varianty GR



Obr. 7 Rozdíly souřadnic v případě zavedení absolutního modelu PCV. Pro srovnání jsou uvedeny i rozdíly offsetů fázových center na frekvenci L3 (redukovány na anténu LEIAT 504)

- b) Offsety mezi PCV RE a PCV AA pro varianty s různými modely troposféry se od sebe liší poněkud více. Ve výšce činí rozptyl offsetů kolem 1 mm. V souřadnicích se varianta GR (tab. 3) chová odlišně od ostatních (v ZTD, kde má varianta GR významně odlišný základní offset (asi o 2,6 mm, tab. 6).
- c) Vzájemná odlišnost jednotlivých variant troposféry není předmětem tohoto článku, přesto lze zmínit například silnou závislost offsetu NI-SA na nadmořské výšce stanice (~ 2,4 mm/1 km).

Pro podrobnější zkoumání vztahu velikosti offsetů k jiným vlastnostem stanice než je typ antény, je třeba vliv typu antény z offsetu odfiltrovat. Výsledky jsou prezentovány dále.

4.3 Vztah získaných offsetů a hodnot v souborech redukcí PCV

Lze předpokládat, že část posunů v souřadnicích mezi relativním a absolutním modelem PCV bude odpovídat rozdílům v offsetech fázového centra antén. Pro porovnání velikosti offsetů a hodnot v souborech redukcí PCV byly vypočteny hodnoty offsetů PCV pro ve výpočtu použitou frekvenci L3, respektive rozdíly těchto offsetů mezi relativním a absolutním modelem PCV. Tyto rozdíly byly srovnány s hodnotami souřadnicových offsetů (tab. 6). Aby bylo srovnání možné, byly offsety v PCV redukovány o hodnoty příslušné ke skupině antén LEICA, která zahrnuje fixovanou stanici WELS.

Srovnání (tab. 6) poukazuje na relativní blízkost rozdílů v offsetech PCV na frekvenci L3 a rozdílů horizontálních souřadnic (velikost souřadnicových posunů poklesne odečtením rozdílů PCV o 65 %). Je zřejmé, že značná část horizontálních souřadnicových rozdílů je způsobena rozdíly v horizontálních offsetech fázových center. Zbývá část po-

sunů (zejména v severojižním směru) může být způsobena rozdílností přístupu ke zjištění samotných variací PCV, když jsou absolutní PCV zjištěny způsobem odstraňujícím vliv konfigurace satelitů (např. tzv. „severní díra“).

Zcela odlišná je situace ve výškové složce, kde se hodnoty rozdílů PCV na frekvenci L3 a výškových offsetů liší až o 24 mm. Zde hraje patrně klíčovou roli velmi odlišný průběh variace fázových center v závislosti na elevaci u relativního a absolutního modelu PCV.

4.4 Rozdíly mezi modely PCV po odstranění anténních offsetů

Podrobnější prozkoumání chování souřadnicových a ZTD offsetů bylo možné po redukcí offsetů o průměrné offsety na konkrétní anténě. Byly tím získány redukovány offsety ve všech souřadnicích a ZTD. Hodnoty redukováných offsetů nepřesahují ± 0,1 mm v horizontálních souřadnicích, ± 1 mm u výšky a ± 4 mm u ZTD. Oproti ostatním metodám dosahují redukovány offsety u metod s gradienty asi 1,5 násobně vyšších hodnot (obr. 8).

Redukované offsety ve výšce a ZTD vykazují viditelnou závislost na vzdálenosti od středu sítě. Proto byla pro všechny offsety (H, E, N, ZTD) vypočtena aproximace závislosti velikosti redukováného offsetu na vzdálenosti stanice od fixovaného středu sítě a její nadmořské výšce. Aproximace se počítala pro oba trendy současně podle následující rovnice oprav:

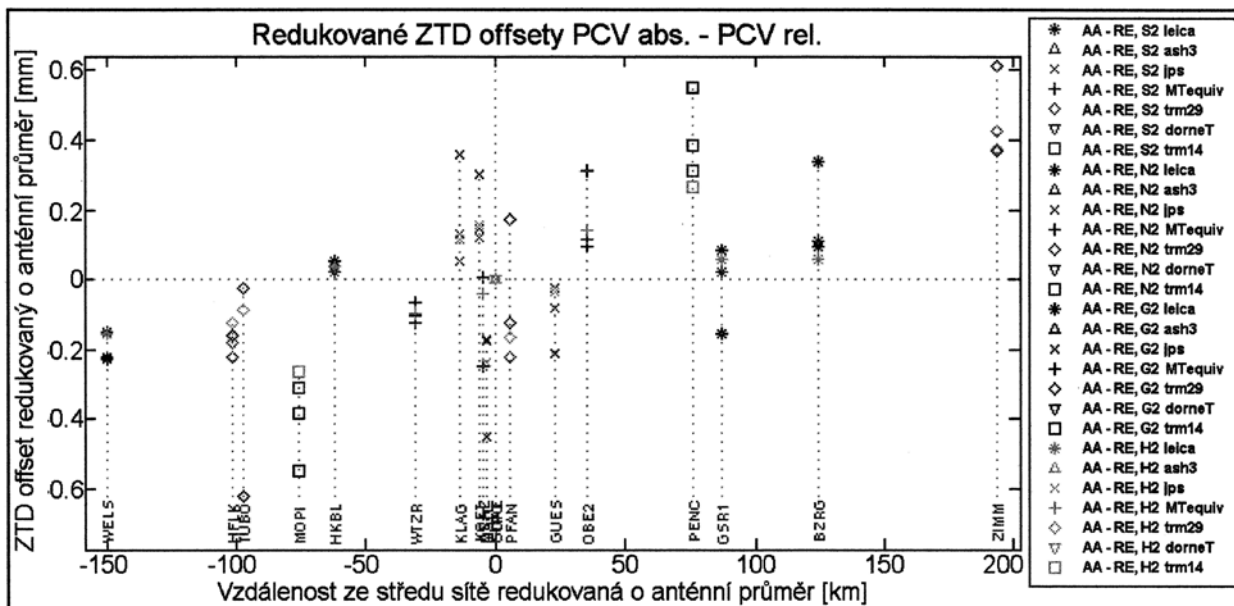
$$O_{x, site} + v_O = O_{x, group}^{bod00} + B d + C h, \quad (6)$$

kde $O_{x, site} + v_O$ je zjištěný offset a jeho oprava, d a h je vzdálenost stanice od středu sítě a její nadmořská výška, B a C jsou hledané trendy a $O_{x, group}^{bod00}$ je společný offset pro typ antény

Tab. 6 Průměrné offsety v souřadnicích a ZTD mezi relativním a absolutním modelem PCV pro jednotlivé typy antén. Poslední řádek srovnává souřadnicové rozdíly s rozdíly offsetů PCV v L3

Varianta	MT ekvivalent (3 stanice)		ash701946.3 (1 stanice)		Dorne Margolin TRIM		jps Regant DD_E		leica LEIAT 504		trm 14532.00 (2 stanice)		trm 29659.00 (4 stanice)		
	O_h	$O_{h,MT}$	m	$O_{h,ash3}$	m	$O_{h,DM}$	m	$O_{h,jps}$	m	$O_{h,lei}$	m	$O_{h,trm1}$	m	$O_{h,trm2}$	m
N1+N2	-3,84	0,14		-7,49	-	-3,66	-	-21,62	0,17	-0,46	0,16	7,06	0,86	-6,56	0,36
Sx+Hx	-3,72	0,15		-7,16	-	-3,74	-	-21,35	0,14	-0,34	0,12	7,06	0,65	-6,32	0,35
GR+G2	-3,82	0,27		-6,94	-	-3,06	-	-21,38	0,38	-0,42	0,23	6,16	1,21	-6,38	0,46
L3	-6,42			-6,12		-5,00		1,16		0,00		31,96		-5,00	
O_{ZTD}	$O_{ztd,MT}$	m	$O_{ztd,ash3}$	m	$O_{ztd,DM}$	m	$O_{ztd,jps}$	m	$O_{ztd,lei}$	m	$O_{ztd,trm1}$	m	$O_{ztd,trm2}$	m	
N1+N2	5,60	0,04		6,78	-	5,23	-	11,72	0,08	5,21	0,07	2,34	0,39	6,45	0,13
Sx+Hx	5,52	0,07		6,59	-	5,26	-	11,51	0,05	5,13	0,05	2,34	0,38	6,32	0,15
GR	8,22	0,17		9,10	-	7,50	-	14,16	0,20	7,82	0,12	5,42	0,55	9,10	0,26
O_N	$O_{N,MT}$	m	$O_{N,ash3}$	m	$O_{N,DM}$	m	$O_{N,jps}$	m	$O_{N,lei}$	m	$O_{N,trm1}$	m	$O_{N,trm2}$	m	
N1+N2	0,33	0,02		-0,20	-	-0,32	-	-3,36	0,02	0,03	0,01	-0,27	0,05	-0,52	0,02
Sx+Hx	0,33	0,04		-0,20	-	-0,30	-	-3,37	0,02	0,04	0,01	-0,25	0,07	-0,53	0,02
GR+G2	0,65	0,07		-0,22	-	-0,45	-	-3,96	0,07	0,25	0,11	1,17	0,10	-0,51	0,12
L3	0,34			-0,11		-0,55		-2,65		0,00		-1,85		-1,29	
O_E	$O_{E,MT}$	m	$O_{E,ash3}$	m	O_{EDM}	m	$O_{E,jps}$	m	$O_{E,lei}$	m	$O_{E,trm1}$	m	$O_{E,trm2}$	m	
N1+N2	-1,75	0,04		-1,64	-	-1,74	-	-0,96	0,02	0,03	0,02	-2,58	0,09	-4,50	0,03
Sx+Hx	-1,81	0,04		-1,63	-	-1,80	-	-1,01	0,04	-0,00	0,04	-2,64	0,06	-4,55	0,06
GR+G2	-1,57	0,06		-1,55	-	-2,17	-	-0,92	0,09	-0,02	0,08	-1,74	0,27	-4,40	0,18
L3	-1,89			-1,76		-1,55		-1,12		0,00		-2,36		-4,15	

Hodnoty offsetů jsou uvedeny v milimetrech. Symbolem m je označena výběrová střední chyba



Obr. 8 Zbytkový offset ZTD mezi variantami s relativními a absolutním modelem PCV pro různé varianty řešení troposféry se společnou elevační maskou 10° po odstranění průměrných hodnot pro antény. Je patrný zbytkový nárůst offsetů se vzdáleností od pevného bodu

odpovídající anténě na daném bodě, redukovány na nulovou nadmořskou výšku a vzdálenost od středu sítě (nulový bod sítě).

Vlastní výpočet proběhl postupně. Nejprve byly vypočteny trendy B a C z offsetů, nadmořských výšek a vzdáleností od pevného bodu redukováných na průměrné hodnoty ve skupině. Trendy dávaly mírně odlišné výsledky pro různé způsoby rozdělení antén do skupin (buď podle PCV nebo podle typů a krytů. Nakonec bylo zvoleno rozdělení podle PCV s vyloučením stanic, které tvoří skupiny (stanice GOPE a STPO – obr. 2) a dvojice stanic s anténami TRM14532 (důvodem je kryt na MOPI – obr. 2, který zřetelně ovlivňuje hodnoty PCV [10]). Trendy vypočtené z tohoto výběru měly relativně nejmenší střední chyby.

Z pevných hodnot trendů byly pro všechny stanice vypočteny offsety v nulovém bodě sítě (podle upravené rovnice (6) $O_{x,group}^{bod00} = O_{x,site} - B d - C h$), hodnoty pro skupiny stanic byly získány aritmetickým průměrem.

Vypočtené trendy vykazují závislost redukováného offsetu ve výšce a ZTD na vzdálenosti (tab. 7). Trendy se poněkud liší pro jednotlivé varianty řešení troposféry. S výjimkou opět odlišnější varianty s odhadovanými troposférickými gradienty se rozdíly pohybují hluboko pod hodnotou střední chyby trendu, které se dají považovat za přibližně stejné. Trend u výšky (ve variantách bez gradientů) činí asi $-0,2$ mm/100 km vzdálenosti, u ZTD asi $0,08$ mm / 100 km. Hodnoty u variant s gradienty jsou vyšší.

U horizontálních offsetů trendy nepřekročily přesnost svého určení. Vliv nadmořské výšky se zde nepředpokládá a kompenzace měřítkového efektu změnou fázových center na satelitech je přesná.

5. Modelování souřadnicových posunů při změně modelu PCV

Posuny v souřadnicích, výškách a ZTD mezi variantami s absolutním a relativním modelem PCV se podařilo vyjádřit více způsoby. Tyto metody vyjádření rozdílů lze zpětně aplikovat na testovací síť a porovnat tak jejich přesnost. Možné apriorní způsoby výpočtu rozdílů souřadnic RE – AA jsou:

- apriorně pomocí offsetů PCV v L3, (model L3 – viz tab. 8),
- z průměrných offsetů získaných v testovací síti, (model offset – viz tab. 8).
- z offsetů pro střed sítě s nulovou nadmořskou výškou (nulový bod sítě) a trendů získaných v testovací síti, (model offset a trend – viz tab. 8).

Souřadnicové a ZTD offsety AA-RE byly vypočteny zmíněnými způsoby pro všechny stanice. Veličinou vypovídající nejlépe o přesnosti je hodnota střední opravy modelovaného offsetu vůči skutečnému vypočtená podle vztahu

$$d_{x,m} = \sqrt{\frac{\sum_i^n (O_{x,site}^{skut} - O_{x,site}^m)^2}{n-1}}, \quad (7)$$

kde O^{skut} je skutečný offset veličiny x (H, N, E, ZTD) na stanici site, O^m je tentýž offset získaný z různých modelů m .

Modelové offsety pro jednotlivé varianty byly získány následujícím způsobem:

- *Apriorní metoda*; Hodnoty offsetů v L3 byly redukovány o hodnoty pro anténu LEICA LEIAT504, a to z důvodu fixování bodu s touto anténou,
- *Průměrné offsety*; Offsety byly získány přímo jako průměr z patřičné skupiny stanic,

Tab. 7 Model offsetů ve výšce a ZTD v závislosti na typu antény, nadmořské výšce stanice a vzdálenosti od pevného bodu v síti

Veličina	počet stanic	Offset ve výšce					Offset ZTD				
		NI (bez trendu)	NI	SA	HO	GR	NI (bez trendu)	NI	SA	HO	GR
$O_{MI ekv}^{bod00}$ [mm]	3	-3,84	-3,49	-3,42	-3,44	-3,82	5,60	5,48	5,41	5,42	7,93
m [mm]		0,14	0,09	0,11	0,14	0,23	0,06	0,04	0,05	0,06	0,14
$O_{fm29659.00}^{bod00}$ [mm]	4	-6,54	-5,91	-5,81	-5,72	-5,44	6,44	6,22	6,11	6,10	8,55
m [mm]		0,36	0,19	0,19	0,16	0,30	0,13	0,07	0,10	0,08	0,17
O_{leica}^{bod00} [mm]	4	-0,45	-0,16	-0,10	-0,09	0,05	5,20	5,11	5,04	5,03	7,54
m [mm]		0,16	0,10	0,10	0,07	0,17	0,07	0,05	0,04	0,03	0,09
O_{jps}^{bod00} [mm]	4	-21,62	-21,21	-21,02	-21,02	-20,84	11,71	11,57	11,39	11,39	13,86
m [mm]		0,17	0,18	0,16	0,19	0,39	0,08	0,09	0,08	0,09	0,20
$O_{fm14532.00}^{bod00}$ [mm]	2	7,02	7,79	7,70	7,66	7,04	2,35	2,07	2,08	2,11	4,92
m [mm]		0,86	0,66	0,47	0,38	1,03	0,39	0,31	0,24	0,21	0,45
$O_{ash70946.3}^{bod00}$ [mm]	1	-7,48	-7,04	-6,78	-6,83	-6,34	6,76	6,60	6,45	6,59	8,76
m [mm]		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O_{DM}^{bod00} [mm]	1	-3,65	-3,39	-3,51	-3,57	-2,72	5,22	5,13	5,14	5,29	7,31
m [mm]		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$trend B$ [mm/100 km]		-	-0,238	-0,214	-0,180	-0,254	-	0,084	0,076	0,073	0,144
m_B [mm/100 km]		-	0,085	0,083	0,081	0,154	-	0,036	0,041	0,039	0,084
$trend C$ [mm/km]		-	0,091	0,110	0,033	-0,112	-	-0,042	-0,039	-0,010	0,078
m_C [mm/km]		-	0,155	0,151	0,184	0,280	-	0,066	0,074	0,070	0,153
d_m [mm/km]		0,41	0,32	0,25	0,26	0,56	0,16	0,15	0,14	0,13	0,28

– Z vypočtených trendů a offsetů pro nulový bod sítě. Trendy a offsety byly získány způsobem popsáným v kap. 4.4.

Pro srovnání byla stejným způsobem vypočtena střední oprava pro samotné offsety bez jakékoliv korekce, označená jako *raw*. Výsledky srovnání ukazuje tab. 8.

Ze srovnání vyplývá:

1. Korekce z rozdílů v offsetech PCV jsou zcela nepoužitelná ve výškové složce souřadnic (pro ZTD nejsou použity z principu). Použitelné jsou v horizontálních složkách souřadnic, kde jejich zavedení snížilo střední odchylku přibližně na 35 %. (Slabší výsledky v severojižním směru mohou být způsobeny různým vlivem nesymetrie konfigurace družic na odlišné modely PCV.)
2. Korekce ze středních offsetů zákonitě dobře vyhovují ve všech složkách souřadnic i ZTD. Aplikace na jiné sítě nebyla testována a může být neúspěšná.
3. Dalšího mírného zlepšení přimknutí modelovaných offsetů ke skutečným lze dosáhnout zavedením trendů (závislostí na nadmořské výšce a vzdálenosti od středu sítě), zejména ve vertikálních složkách souřadnic. Rozdíl střední odchylky v horizontálních složkách je nevýrazný (pokles do 10 %).

5.1 Předpokládané posuny při přechodu na absolutní model PCV

Tab. 9 představuje předpokládané hodnoty posunů souřadnic po zavedení absolutního modelu fázových center.

Protože absolutní velikost posunů bude vždy závislá na způsobu připojení sítě k referenčnímu systému (souřadnice fixovaných bodů se nezmění), vyjadřují hodnoty v tab. 9 pouze relativní posuny závislé na typu antény. Hodnoty lze případně použít pro korekci apriorních souřadnic bodů sítě při přechodu na absolutní model PCV. Hodnoty souřadnicových posunů jsou redukovány na referenční anténu relativního modelu PCV *AOAD M_T*. Pokud je v síti fixována stanice s jinou anténou, je třeba korekce zredukovat na tuto anténu.

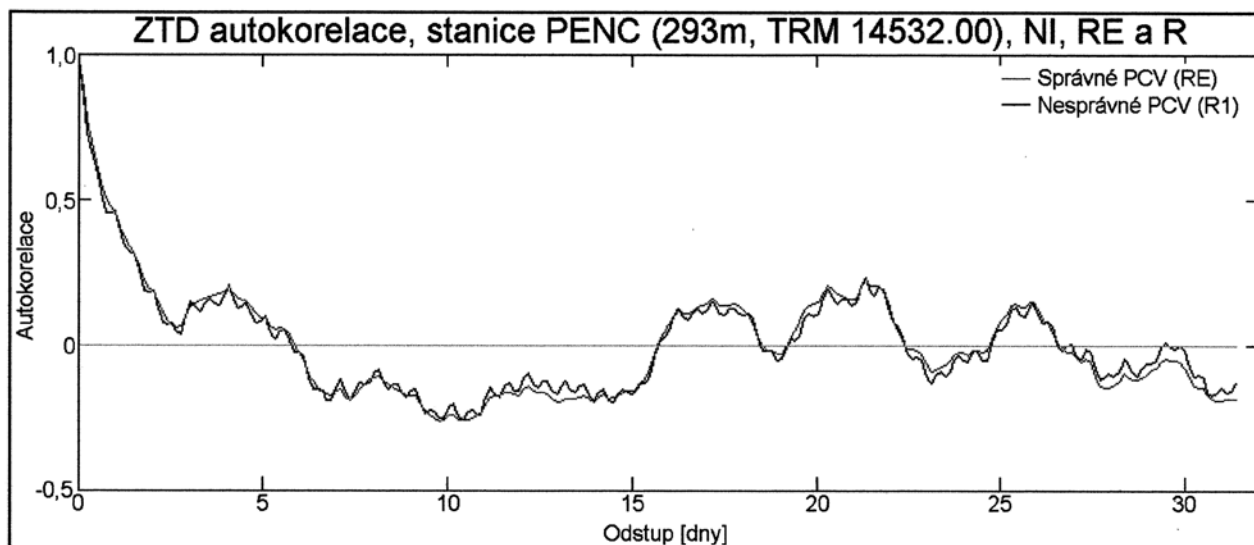
Doporučené hodnoty pro horizontální složky polohy *N* a *E* jsou určeny jako rozdíly polohy fázových center pro frekvenci L3, hodnoty získané z průměrných offsetů mezi řešeními jsou uvedeny jako alternativní. Hodnoty pro výšku (a informativně i ZTD, bez redukce na *AOAD/M_T*) jsou získané z průměrných offsetů mezi řešeními. Jako alternativa, použitelná pro síť s centrálním pevným bodem, je pro výšku

Tab. 8 Střední odchylky modelovaných offsetů získaných různými metodami. *Raw* je střední odchylka vypočtená přímo z hodnot offsetů, tj. s plným vlivem rozdílů mezi typy antén

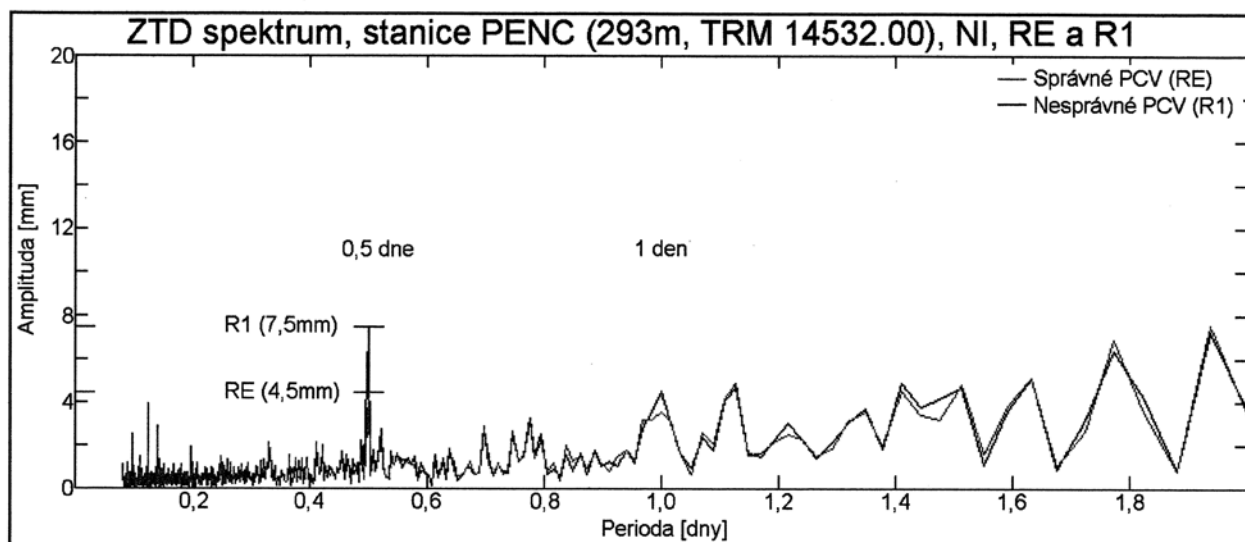
Varianta	souřadnice	d_h				d_{ZTD}			
	model	<i>raw</i>	L3	offset	offset a trend	<i>raw</i>	z PCV	offset	offset a trend
NI		9,01	13,7	0,41	0,32	7,46	–	0,16	0,15
SA		8,94	13,6	0,38	0,25	7,33	–	0,17	0,14
HO		8,93	13,5	0,35	0,26	7,35	–	0,16	0,13
GR		10,88	13,8	0,62	0,56	9,95	–	0,34	0,28
Varianta	souřadnice	d_E				d_N			
	model	<i>raw</i>	L3	offset	offset a trend	<i>raw</i>	z PCV	offset	offset a trend
NI		1,61	0,22	0,05	0,05	1,38	0,75	0,03	0,03
SA		1,60	0,23	0,07	0,06	1,38	0,75	0,04	0,04
HO		1,62	0,24	0,06	0,05	1,39	0,76	0,04	0,04
GR		2,38	0,38	0,20	0,18	1,96	1,28	0,17	0,11

Tab. 9 Předpokládané hodnoty posunů souřadnic a ZTD po zavedení absolutního modelu fázových center

Složka	<i>N</i>	<i>E</i>	<i>H</i>				ZTD (bez redukce)
	PCV (NI/SA/HO)	PCV (NI/SA/HO)	NI/SA/HO (GR)	NI ⁰⁰ /SA ⁰⁰ /HO ⁰⁰ (GR ⁰⁰)	$B_{NI/SA/HO}$ (B_{GR})	$C_{NI/SA/HO}$ (C_{GR})	NI/SA/HO (GR)
Anténa / jednotka	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm/km] /100 km]	[mm]
ASH 701 945 C_M +AOAD/M-T	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	-0,21 (-0,25)	0,08 (0,14)	5,6 (8,2)
TRM 29659.00	1,6 (0,8)	2,2 (2,8)	2,7 (2,6)	2,4 (2,1)			6,4 (9,1)
ASH 700 936D_M	0,9 (0,6)	-0,3 (0,0)	-0,2 (-0,8)	-0,1 (-0,6)			5,2 (7,5)
ASH 701946.3	0,4 (0,5)	-0,1 (-0,1)	3,6 (3,1)	3,6 (3,0)			6,6 (9,1)
LEIAT 504	0,3 (0,3)	-1,9 (-1,8)	-3,4 (-3,4)	-3,3 (-3,4)			5,2 (7,8)
Jpsregant_DD_E	3,0 (3,7)	-0,8 (-0,8)	17,8 (17,6)	17,7 (17,5)			11,6 (14,2)
TRM 14532.00	2,2 (0,6)	0,5 (0,8)	-10,9 (-10,0)	-11,2 (-10,4)	2,3 (5,442)		



Obr. 9a Autokorelace na stanici PENC včetně varianty s nesprávným modelem PCV. V grafu je viditelná silná půldenní periodičita



Obr. 9b Spektra na stanici PENC včetně varianty s nesprávným modelem PCV. V grafu je viditelná silná půldenní periodičita

Tab. 10 Srovnání výsledků v případě zavedení nesprávného modelu PCV na stanici PENC

Hodnota / varianta		PENC		Zbytek sítě	
		NI	GR	NI	GR
Opakovatelnost ve	PCV RE	6,60	7,07	5,57	5,77
výšce [mm]	špatný PENC	9,86	10,69	5,89	6,12
Offset ve výšce [mm]		133,0	132	0,29	0,26
Velikost souřadnicového offsetu [mm]		0,90	3,16	0,05	0,07
ZTD offset [mm]		-49,0	-60,3	1,48	-7,20

uvedeno i řešení se závislostí na nadmořské výšce stanice a vzdálenosti od středu sítě. Uvedeny jsou i hodnoty pro variantu s troposférickými gradienty.

6. Test nesprávně zavedeného PCV na jedné stanici

Test spočíval v zanedbání variace fázového centra (závislosti na zenitové vzdálenosti) na stanici PENC. Offset fázového centra zůstal zachován. Testy byly prováděny pouze s relativním modelem PCV, ve variantách NI, SA, HO a GR. Srovnání vybraných charakteristik vyrovnání poskytuje tab. 10.

U testovací varianty byl pozorován nárůst opakovatelnosti ve výšce na problematické stanici přibližně o jednu polovinu. Dále bylo odhaleno významné zvětšení půldenní periody ve spektru ZTD (obr. 9a). Půldenní perioda naznačuje, že půjde o efekt závislý na konfiguraci satelitů – tuto vlastnost mají právě posuny způsobené nesprávnou variací fázového centra.

Významně vyšší opakovatelnost a půldenní periodicitu v ZTD mohou být obecně znaky stanice, u níž není PCV správně modelováno a mohou vést k jejímu odhalení v síti. Problémy ale nemusí být způsobeny pouze PCV, může se jednat o multipath (příjem signálu odraženého od země) či jiné jevy.

Na stanici byl pozorován výškový offset přesahující 130 mm. ZTD offset dosahuje několika centimetrů. Naproti tomu souřadnicové offsety jsou významné pouze ve variantě s troposférickými gradienty (> 30 mm).

Výsledek testu tak nepřímou potvrzuje vlastnosti offsetů při přechodu z relativního modelu PCV na absolutní, kde posuny v souřadnicích zhruba odpovídaly rozdílům offsetů fázového centra (v testu se offset fázového centra nezměnil a souřadnice také ne), zatímco posuny ve výšce se s rozdílem offsetů dít do souvislosti nepodařilo (zde změna variací fázového centra vedla ke značnému výškovému posunu). Souřadnicový posun u varianty s troposférickými gradienty koresponduje s větší volností u souřadnicových rozdílů mezi absolutním a relativním modelem PCV u stejné varianty.

7. Shrnutí výsledků

Testovací síť byla řešena s předpokládanou přesností, jak vyplývá z hodnot denních opakovatelností. Při zavedení absolutního modelu PCV se opakovatelnosti téměř neznamenatelně zvýšily (ve výšce o 1–2 %).

Hlavním efektem zavedení absolutního modelu fázových center antén byly značné posuny vyrovnaných souřadnic ve všech směrech (v souřadnicích i ve výšce), jakož i posunům ve výšce částečně odpovídající posuny v ZTD, vše plně závislé a lišící se podle typu antény na konkrétní stanici. Maximální hodnoty rozdílů nepřekračují u vodorovných souřadnic 5 mm, u výšek 30 mm, u ZTD 9 mm.

Zavedení absolutního modelu PCV ve variantě s odhadovanými troposférickými gradienty vedlo k mírně odlišným výsledkům v souřadnicích (do 1 mm) a k většímu (3 mm) systematickému posunu v ZTD.

Bylo zjištěno, že souřadnicové posuny do značné míry odpovídají rozdílům v offsetech fázových center na *ionosphere free* kombinaci měřených frekvencí L3. Ve výškovém posunu se více projevuje vlastní variace fázového centra. Toto zjištění bylo podpořeno výsledky testu zanedbání části variace fázového centra závislé na zenitové vzdálenosti u jedné stanice v síti.

Po redukci souřadnicových rozdílů a ZTD o průměry odpovídající jednotlivým anténám byla odhalena slabá závis-

lost zbytkových rozdílů ve výšce a ZTD na vzdálenosti od souřadnicově fixovaného středu sítě (ve výšce ~ -0,2 mm/100 km).

Byly navrženy tři způsoby modelování předpokládaných souřadnicových posunů při zavedení absolutního modelu fázových center (apriorní z L3, z průměrných posunů a z průměrných posunů s trendem). Z nevhodnějších výsledků byla sestavena tab. 9. předpokládaných posunů s hodnotami vztahenými k anténě AOAD/M_T.

8. Závěr

Při nahrazování relativního modelu PCV absolutním v permanentní síti můžeme očekávat systematické posuny vyrovnaných souřadnic a zenitových zpoždění. Absolutní velikost posunů bude záviset na způsobu připojení sítě k referenčnímu rámci. Relativní velikost posunů pak bude odviset od typu antény. V horizontální složce dosáhne posun několika desetin mm až několika mm a bude blízký rozdílům v horizontálních složkách offsetů fázových center mezi modely PCV převedeného na frekvenci L3. Ve výšce dojde k posunu v řádu mm, který neodpovídá rozdílům středních offsetů mezi modely fázových center, ale který je konstantní pro daný typ antény.

Nedílnou složkou zavedení absolutního modelu fázových center je také korekce polohy fázových center na družicích. Její zanedbání vede ke zkreslení rozměru vyrovnané sítě v řádu 10^{-9} .

Pro předběžné určení změny souřadnic při zavedení absolutního modelu PCV lze použít hodnoty uvedené v tab. 9.

LITERATURA:

- [1] HUGENTOBLE, U.–SCHAER, S.–FRIDEZ, P.: Bernese GPS Software. [Version 4.2 Berne.] Astronomical Institute of University of Berne 2001.
- [2] Relativní model variací fázových center antén: ftp://igsceb.jpl.nasa.gov/pub/station/general/igs_01.pcv.
- [3] MENGE, F.–SEEBER, CH.–VÖLKSEN, CH.–WÜBBENA, G.–SCHMITZ, M.: Results of Absolute Field Calibration of GPS Antenna PCV. 2000.
- [4] WÜBBENA, G.–SCHMITZ, M.–MENGE, F.–BÖDER, V.–SEEBER, CH.: Automated Absolute Field Calibration of GPS Antennas in Real-Time (prezentováno na ION GPS 2000, 19–22. September). Utah, Salt Lake City 2000.
- [5] Absolutní model variací fázových center antén: ftp://igsceb.jpl.nasa.gov/igsceb/station/general/pcv_proposed. 2004–2005.
- [6] KOSTELECKÝ, J.: Některé výsledky z určování fázových center antén GPS na Geodetické Observatoři Pecný. GaKÖ, 48/90, 2002, č. 7.
- [7] NIELL, A. E.: Global mapping functions for the atmosphere delay at radio wavelengths. Journal of Geophysical Research, 1996, č. 2, s. 3227–3246.
- [8] SAASTAMOINEN, J.: Atmospheric correction for the troposphere and stratosphere in radio ranging of satellites. [The Use of Artificial Satellites in Geophysics, Monogr. Ser., str. 247–251.] Washington, D. C. AGU 1972.
- [9] FILLER, V.: Zavedení modelu absolutních variací fázových center v regionální síti GPS. [Konference Juniorstav 2/2005.] Brno, Ústav geodézie FAST VUT 2005.
- [10] HEFTY, J.: The Permanent Modra-Piesok GPS Station and its Long-term and Short-term stability. Slovak Journal of Civil Engineering, Vol. IX, 2001, No. 1–2.

Do redakce došlo: 29. 4. 2005

Lektoroval:
Prof. Ing. Ján Hefty, PhD.,
KGZ SvF STU v Bratislave

Aplikácia pseudocylindrických zobrazení pre mapy sveta

Ing. Veronika Droppová,
Katedra mapovania a pozemkových úprav
SvF STU, Bratislava

528.235:912.43(084.3)

Abstrakt

Problematika kartografických zobrazení pre mapy sveta so zameraním na použitie pseudocylindrických zobrazení. Cieľom je poukázať na výhody počítačového spracovania máp. Na základe podkladovej mapy sa vyhotovili nové digitálne mapy v 4 vybraných zobrazeniach. Posúdenie vhodnosti použitia vybraných zobrazení pre mapy sveta.

Application of Pseudocylindrical Projections for the World Map Series

Summary

Problem of cartographic projections for the world map series using the pseudocylindrical projections. The advantages of the computer-processing of the maps. On the basis of source map the new digital maps were created using 4 selected projections. Analysis of the mentioned selected projections for the world map series.

1. Úvod

Historický vývoj obsahu máp sa odrážal od vývoja ľudskej spoločnosti, hlavne jej ideologickej, kultúrnej a technickej úrovne. Úsilie človeka o zaznamenanie poznatkov o svojom okolí má prastarú históriu, od prehistorických kresieb v tvare primitívnych náčrtkov datovaných do obdobia približne 20 000 rokov pred našim letopočtom až po súčasnosť. Človek využíval na tieto účely rôzne materiály, od nákrasov v jaskyniach, rytie do kostí, na hlinené dosičky, papyrasy až po dnes už klasické zakresľovanie na papier.

Rýchlym rozvojom vedy, techniky a počítačových systémov sa kladie čoraz väčšia váha dôležitosti údajov a informácií. Geografické údaje sú potrebné na poznávaciu a rozhodovaciu činnosť takmer vo všetkých oblastiach našej spoločnosti, pretože umožňujú jej rozvoj a napredovanie. Aby digitálne priestorové údaje plnili svoju funkciu, musia byť organizované do priestorových informačných systémov, nazývaných geografické informačné systémy. Ich dôležitou súčasťou je digitálna kartografia a vizualizácia, ako spôsob prezentácie výsledkov spracovania informačného systému.

Mapa sa vyhotovuje za určitým účelom, preto tomuto účelu musí byť prispôsobený aj jej obsah, podrobnosť, zobrazenie a skreslenie. Vhodnými zobrazeniami na zobrazenie celej Zeme, zemskej pologule ale i samostatných kontinentov sú nepravé zobrazenia. Cieľom príspevku je priblížiť problematiku kartografických zobrazení pre mapy sveta, so zameraním sa na pseudocylindrické. V 4 vybraných zobrazeniach som pomocou výpočtovej techniky vyhotovila digitálne mapy sveta.

2. Základy teórie skreslení

Zakrivenú plochu Zeme, nahrádzanú referenčným rotačným elipsoidom alebo referenčnou guľou nie je možné rozvinúť do roviny. Aby sme získali rovinný obraz, hľadali sa spôsoby, postupy a metódy zobrazovacieho procesu.

Referenčné plochy zobrazujeme do roviny tak, že hľadáme rovinný obraz ich geografickej siete – priebeh, tvar ale aj veľkosť poludníkov a rovnobežiek.

Pretože uvedené referenčné plochy nemožno rozvinúť do roviny, použijú sa také plochy, ktoré sú vhodne umiestnené na referenčných plochách. Po zobrazovacom procese ich môžeme priamo rozvinúť do roviny, tieto plochy nazývame *zobrazovacími* (rovina, valec, kužel). Zobrazovanú plochu nazývame plochou *originálnou*.

Pri zobrazovaní alebo premietaní do roviny súčasne dochádza k deformáciám – skresľujú sa dĺžky čiar, uhly, plochy ale aj krivosť čiar. Deformácie sú tým väčšie, čím je väčšia zobrazovaná plocha. Zobrazením zmenený, skreslený obrazec originálnej plochy nazývame *obrazom*. Proces, ktorým získame obraz originálu vyhovujúci daným matematickým podmienkam je *zobrazenie*. Zákonitosť skreslení (zobrazenia) hľadáme s ohľadom na zobrazovaciu plochu, jej polohu a zemepisnú polohu bodu a vyjadrujeme ju funkčnými vzťahmi medzi bodmi obrazu a originálu tzv. *zobrazovacími rovnícami* [3].

3. Voľba kartografického zobrazenia

Pri tvorbe mapy sa musí dôkladne posúdiť kartografické zobrazenie a je potrebné uvážiť na aké účely má slúžiť a aké základné vlastnosti sa od mapy požadujú (konformnosť, ekvivalentnosť, ekvivalentnosť). Je potrebné posúdiť, kto bude mapu používať.

Zostavovateľ musí posúdiť aj tvar, veľkosť a polohu zobrazovania územia s čím súvisí mierka ale i samotné rozmery mapy.

Zobrazením Zeme na jednom mapovom liste (ML) vznikajú na okrajoch mapy veľké skreslenia, preto sa voľba zobrazenia stáva zložitou. Rozhoduje predovšetkým účel, ktorému má mapa slúžiť.

Pre mapy sveta na jednom ML sa nehodia kužeľové zobrazenia, ktoré veľmi skresľujú južnú pologuľu. Nie sú vhodné

ani valcové zobrazenia, pretože majú až nekonečne veľké skreslenia v polárnych oblastiach a na póle. Využívajú sa len v prípadoch, keď sa rovnobežky majú zobrazovať ako priamky (pre mapy klimatických pásiem, rozloženie fauny a flóry) a pri navigačných mapách či mapách prúdov v Mercatorovom zobrazení. Pre mapy sveta nie sú vhodné ani azimutálne zobrazenia, lebo veľmi skresľujú druhú pologuľu.

Najvhodnejšími zobrazeniami pre mapy sveta na jednom ML sú teda *nepravé, mnohokuželové, mnohostenné a neklasifikované zobrazenia* [1,4].

4. Pseudocylindrické zobrazenia

V pseudocylindrických zobrazeniach sa zvolený základný poludník a rovník zobrazia priamkami na seba kolmými, ktoré sa zvolia za súradnicové osi x , y so začiatkom v ich priesečníku.

Rovnoběžky sa zobrazia ekvidištančnými priamkami, ktorých vzdialenosť od rovníka je závislá od zemepisnej šírky, t. j.:

$$x = f(U). \quad (1)$$

Obrazmi poludníkov sú krivky, niekedy aj priamky (symetrické vzhľadom na obraz základného poludníka, ktorý sa zobrazuje ako priamka) a sú funkciou zemepisnej šírky aj zemepisnej dĺžky, t. j.:

$$y = g(U, V). \quad (2)$$

Pseudocylindrické zobrazenia sú ekvivalentné, prípadne sú všeobecne skreslené. Keďže sa poludníky zobrazia ako krivé čiary, pseudocylindrické zobrazenia nemôžu byť konformné. Zobrazenia sú vhodné pre zobrazenie celej Zeme, zemskej pologule ale aj jednotlivých kontinentov [5, 7].

Existuje veľký počet pseudocylindrických zobrazení, bližšie sú uvedené 4 pseudocylindrické zobrazenia – Mercatorovo-Sansonovo, Kavrajského ekvivalentné zobrazenie, Kavrajského vyrovnávacie a Urmajevovo sinusoidálne zobrazenie. Pre tieto zobrazenia som vykonala výpočet a vykreslenie geografickej siete a obrysov kontinentov, taktiež aj izočiary skreslení.

4.1 Mercatorovo-Sansonovo pseudocylindrické zobrazenie

Obrazy poludníkov v tomto zobrazení sú sinusoidy, základný poludník sa zobrazuje ekvidištančne ako priamka, rovnobežky sa neskresľujú. Toto zobrazenie je ekvidištančné a ekvivalentné. Bolo známe už v 16. a 17. storočí a boli v ňom zostrojené mapy Afriky, Južnej Ameriky ale i sveta. V 18. storočí v ňom Flemsteed spracoval aj hviezdnu mapu [3, 5].

4.2 Kavrajského ekvivalentné pseudocylindrické zobrazenie

Ruský kartograf Kavrajский navrhol ekvivalentné pseudocylindrické zobrazenia, ktoré obsahujú dva parametre (a , b). Tie je možné voliť, a tak regulovať rozloženie skreslení na okrajoch zobrazovaného územia. V tomto zobrazení bola vyhotovená mapa Tichého oceánu v Zemepisnom atlase Glavnogo upravlenija geodezii i kartografii v roku 1940 [3, 5].

4.3 Kavrajského vyrovnávacie zobrazenie

Kavrajский navrhol vyrovnávacie zobrazenie, ktoré zmenšuje uhlové skreslenie no na úkor vzniku plošného skreslenia. Eliptické vyrovnávacie zobrazenie bolo použité pre mapy oceánov. V zobrazení sa zemepisné póly zobrazia ako pólové priamky prechádzajúce $U = \pm 60^\circ$, základný poludník sa zobrazením neskresľuje, poludníky $V = \pm 120^\circ$ sa zobrazia do časti kružnice a poludníky sa zobrazia do časti elips a delia obrazy rovnobežiek na rovnaké diely [3].

4.4 Urmajevovo sinusoidálne zobrazenie s malými plošnými skresleniami

Urmajev použil toto zobrazenie na konštrukciu máp Tichého a Indického oceánu, pričom zvolil $m_{pl} = 1,3$ na rovnoběžkách $U = \pm 70^\circ$ a $m_{pl} = 1$ na rovníku. Neskresľujú sa rovnobežky $U = \pm 42,3^\circ$ [5].

5. Aplikácia vybraných zobrazení pre mapy sveta

Pri zostavovaní máp sveta sa pozornosť zameriava hlavne na znázornenie pevnín. Osobitné požiadavky sa kladú na usporiadanie a sieť svetových máp, ktoré sú špecifické svojím obsahom alebo charakterom.

Pri tvorbe nových máp z podkladovej mapy (ktorá je v inom zobrazení), je nutné nájsť vzájomný matematický vzťah medzi obsahom pôvodnej a novej mapy. Na základe tohto vzťahu sa vykoná transformácia pôvodnej mapy do súradnicového systému novej.

Preto je treba poznať zobrazenie podkladovej mapy. Pri transformácii obsahu mapy sa veľmi často používa tzv. *nepravá metóda* (ktorá bola použitá aj v tomto prípade). Je založená na získaní zemepisných súradníc z podkladovej mapy a ich prevode na pravouhlé rovinné súradnice v novom zobrazení.

Tvorba digitálnych máp v nových zobrazeniach som realizovala pomocou viacerých softvérových produktov:

- podkladové údaje – Versamap verzia (v.) 2.07,
- výpočty – MathCad Enterprise, Microsoft Excel,
- grafika – Surfer v. 7, AutoCad 2002,
- import a export údajov – Notepad.

5.1 Výpočet a vykreslenie geografickej siete a obrysov kontinentov

Pre uvedené pseudocylindrické zobrazenia som zvolila nasledujúci postup:

- získala som zemepisné sférické súradnice priesečníkov geografickej siete a pravouhlé rovinné súradnice podrobných bodov obrysov kontinentov (v zobrazení podkladovej mapy – Mariniho zobrazenie),
- pravouhlé rovinné súradnice bodov kontinentov som transformovala na zemepisné sférické súradnice U , V ,
- zemepisné sférické súradnice priesečníkov geografickej siete a bodov kontinentov som transformovala na pravouhlé rovinné súradnice x , y v Mercatorovom-Sansonovom, v Kavrajského ekvivalentnom, v Kavrajského vyrovnávacom a v Urmajevovom sinusoidálnom zobrazení.

Výpočet som vykonala pre referenčnú guľu polomeru $R = 6\,371\,116$ m. Na základe zoznamov transformovaných súradníc som vykreslila geografickú sieť (delená po 10°) a obrysy kontinentov.

5.1.1 Určenie zemepisných sférických súradníc bodov geografickej siete a pravouhlých rovinných súradníc bodov kontinentov

Zemepisné sférické súradnice priesečníkov geografickej siete som určila priamo z podkladovej mapy.

Pravouhlé rovinné súradnice podrobných bodov obrysov kontinentov (v zobrazení podkladovej mapy) som získala ako výstup z kartografického softvéru Versamap v 2.07.

Versamap (Versamap digital mapping and cartography software) je digitálny mapovací a kartografický softvér. Obsahuje 14 kartografických zobrazení.

Ako podklad bola použitá mapa v *Mariniho zobrazení*. Je to ekvidištančné zobrazenie na dotykový valec v normálnej polohe, pri ktorom obraz geografickej siete vzniká geometrickou konštrukciou podľa matematických podmienok. Mapa vyhotovená v Mariniho zobrazení sa nazýva aj kvadratickou mapou (geografická sieť je štvorcová) [7].

5.1.2 Určenie zemepisných sférických súradníc z pravouhlých rovinných súradníc v Mariniho zobrazení

Aby bolo možné určiť zemepisné sférické súradnice U , V podrobných bodov z pravouhlých rovinných súradníc x , y je potrebné vykonať inverziu zobrazovacích rovníc Mariniho zobrazenia. Výpočet som vykonala pomocou programu MathCad Enterprise.

5.1.3 Určenie pravouhlých rovinných súradníc v nových zobrazeniach

Pravouhlé rovinné súradnice nových zobrazení som získala dosadením vypočítaných zemepisných sférických súradníc do zobrazovacích rovníc zvolených zobrazení.

Výsledné zoznamy súradníc (vo formáte *.txt) som v Microsoft Excel upravila – formát bunky – číslo, 2 desatinné miesta a bodky som nahradila čiarkami (*.xls). Takto upravené súbory som mohla použiť ako vstup na vykreslenie v programovom prostredí Surfer v. 7.

5.1.4 Vykreslenie geografickej siete a obrysov kontinentov

Na základe zoznamov pravouhlých rovinných súradníc v nových zobrazeniach som pomocou programu Surfer v. 7 vykreslila priesečníky geografickej siete a jednotlivé body obrysov kontinentov. Vytvorenú grafiku som exportovala do programového prostredia AutoCad 2002. Obrysy kontinentov som uložila do samostatnej vrstvy a farebne ich odlíšila.

5.2 Výpočet a vykreslenie izočiar skreslení

Pre jednotlivé zobrazenia som vykonala výpočet skreslení:

- Mercatorovo-Sansonovo zobrazenie – modul dĺžkového skreslenia v poludníku a maximálne uhlové skreslenie,
- Kavrajského ekvivalentné zobrazenie – modul dĺžkového skreslenia v poludníku, modul dĺžkového skreslenia v rovnobežke a maximálne uhlové skreslenie,
- Kavrajského vyrovnávacie zobrazenie – modul dĺžkového skreslenia v poludníku, modul dĺžkového skreslenia v rovnobežke, modul plošného skreslenia a maximálne uhlové skreslenie,
- Urmajeovo sinusoidálne zobrazenie – modul dĺžkového skreslenia v poludníku, modul dĺžkového skreslenia v rovnobežke, modul plošného skreslenia a maximálne uhlové skreslenie.

Hodnoty skreslení pre jednotlivé priesečníky geografickej siete som vypočítala pomocou programu MathCad Enterprise. Zoznamy skreslení (vo formáte *.txt) som prepracovala v Microsoft Excel. Následne som ich vykreslila v podobe izočiar skreslení pomocou programu Surfer v. 7. Vytvorenú grafiku bolo potrebné upraviť, pretože program interpoloval aj mimo bodov geografickej siete. Preto som obrázky exportovala do programového prostredia AutoCad 2002. Tu som ich pre jednotlivé zobrazenia spracovala do výslednej podoby (pozri obr. 1 až 4 – obr. 3 a 4 sú na 4. str. obálky).

6. Hodnotenie zobrazení

Pri podrobnejšom hodnotení kartografických zobrazení je potrebné posúdiť hodnoty a priebeh skreslení. Deformačné pomery sa môžu posudzovať podľa:

- *tabuľky hodnôt skreslení*,
- *zákresu ekvideformát dĺžkového, plošného alebo maximálneho uhlového skreslenia*,
- *zákresu elips skreslení* vyhotovených v uzlových bodoch geografickej siete,
- *kritérií rôznych typov* [2].

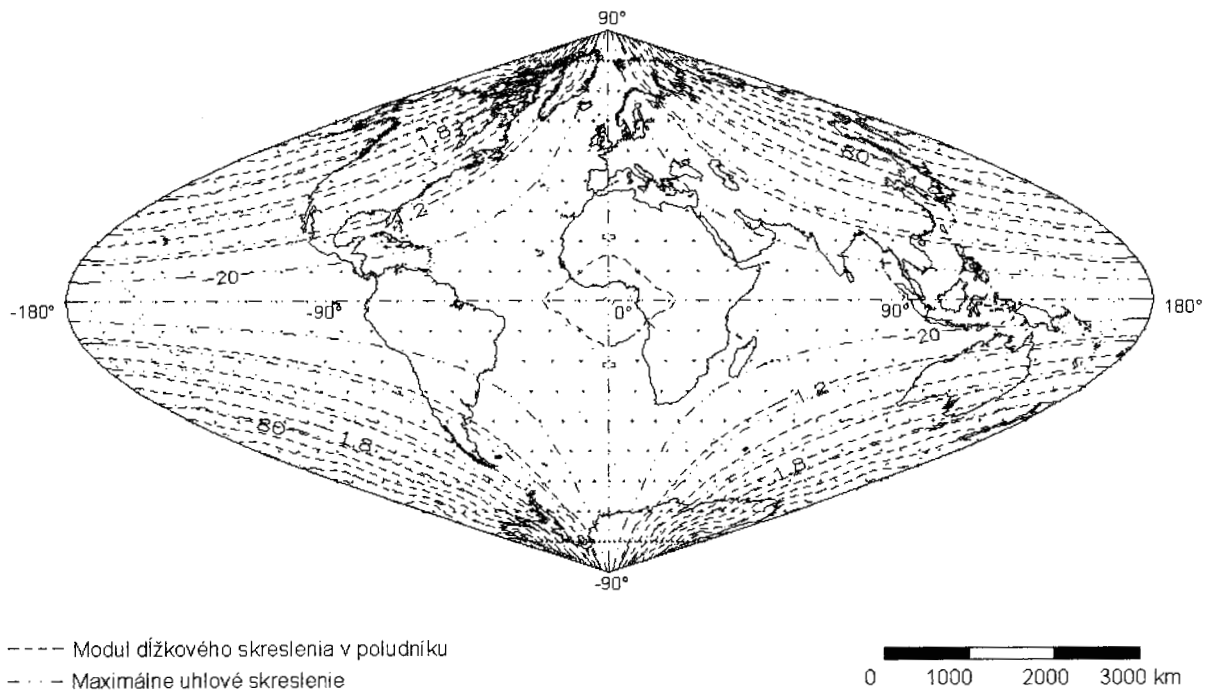
Vybrané pseudocylindrické zobrazenia boli posúdené podľa kritérií – *extrémne a minimaximálne*. V týchto kritériách sa uvažuje ako charakteristická zobrazenia len extrémne skreslenie, prípadne interval, v ktorom sa hodnoty skreslenia pohybujú (minimálna a maximálna hodnota).

Tab. 1 Porovnanie zobrazení podľa extrémneho kritéria

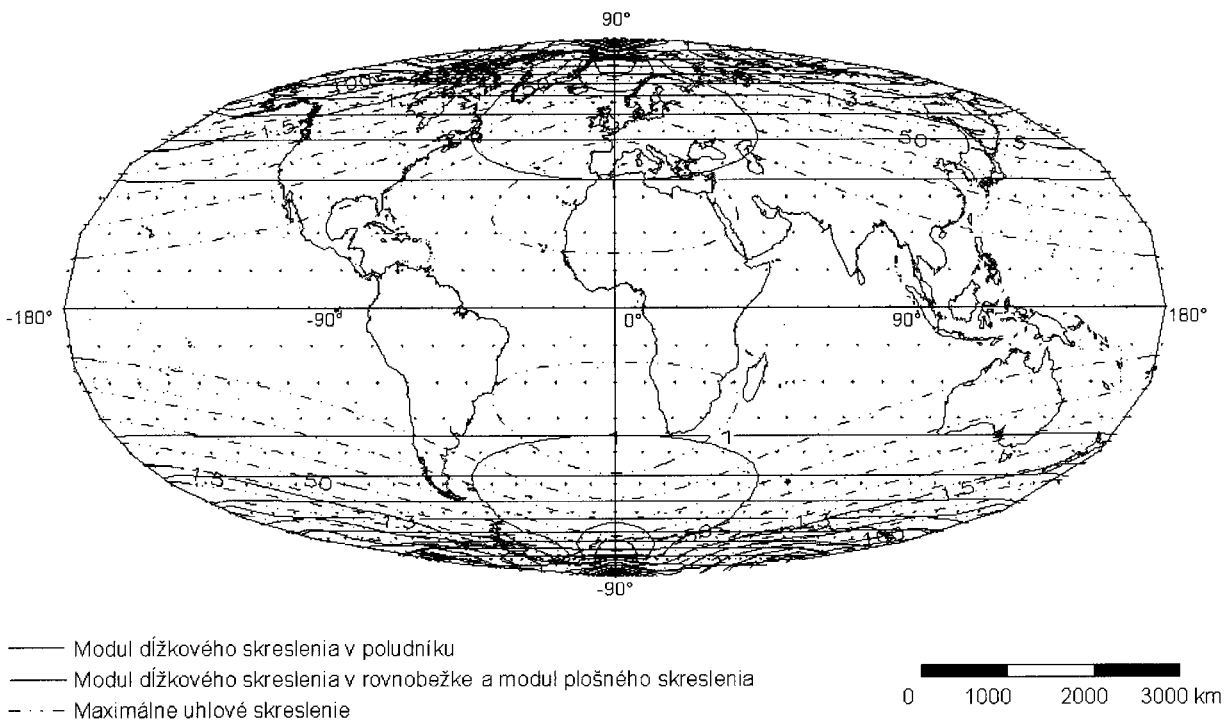
Zobrazenie	Extrémne kritérium			
	$ m_r - 1 _{\max}$ [m / km]	$ m_p - 1 _{\max}$ [m / km]	$ m_{pl} - 1 _{\max}$ [m / km ²]	$ \Delta\sigma _{\max}$
Mercatorovo-Sansonovo	2,25	-	-	115°00
Kavrajského ekvivalentné	6,09	1,25	-	149°24
Kavrajského vyrovnávacie	1,78	2,18	2,18	180°00
Urmajeovo sinusoidálne	1,00	4,34	0,36	180°00

Tab. 2 Porovnanie zobrazení podľa minimaximálneho kritéria

Zobrazenie	Minimaximálne kritérium			
	$m_{p\max} / m_{p\min}$	$m_{r\max} / m_{r\min}$	$\ln m_{p\max} - \ln m_{p\min}$	$\ln m_{r\max} - \ln m_{r\min}$
Mercatorovo-Sansonovo	3,25	-	1,18	-
Kavrajského ekvivalentné	12,44	2,50	2,52	0,92
Kavrajského vyrovnávacie	2,78	3,64	1,02	1,29
Urmajeovo sinusoidálne	0,00	3,55	0,50	1,27



Obr. 1 Mapa sveta a izočiarly skreslení v Mercatorovom-Sansonovom zobrazení



Obr. 2 Mapa sveta a izočiarly skreslení v Kavrajského ekvivalentnom zobrazení

Podľa *extrémnych* kritérií je možné posudzovať zobrazenia podľa maximálnej hodnoty $|m - 1|_{\max}$ pri dĺžkových skresleniach, $|\Delta\sigma|_{\max}$ pri uhlovom skreslení a pri plošnom skreslení $|m_{pl} - 1|_{\max}$.

Podľa *minimaximálnych* kritérií je ako charakteristika uvažovaný podiel extrémnych hodnôt dĺžkového skreslenia m_{\max} / m_{\min} alebo rozdiel ich logaritmickej hodôt $\ln m_{\max} - \ln m_{\min}$ [2]. Porovnanie zobrazení podľa daných kritérií sa nachádza v tabuľke 1 a 2.

Hoci Kavrajského vyrovnávacie aj Urmajevo sinusoidálne zobrazenie dostatočne verne vystihujú tvar obrysov kontinentov (aj v okolí pólů) dosahujú vyššie hodnoty skreslení. Najvhodnejším zobrazením pre mapy sveta zo skúmaných pseudocylindrických zobrazení je Mercatorovo-Sansonovo. Je to ekvivalentné zobrazenie a v porovnaní s ostatnými zobrazeniami má optimálne hodnoty skreslení. Oproti ďalším dvom zobrazeniam, dobré výsledky dosahuje aj Kavrajského ekvivalentné zobrazenie.

7. Záver

Pri bežnom použití slova mapa si každý z nás predstaví obraz určitého územia, v podstate vec jednoduchá a zrozumiteľná takmer každému. Málokto však vie aká zložitá a komplikovaná cesta viedla k jej spracovaniu. Kolko generácií ľudstva prikladalo svoje poznatky a skúsenosti k tejto problematike, kým sme mohli povedať, tu je mapa, ktorá je zmenšeným zakresleným obrazom skutočnosti.

Cieľom práce bolo priblížiť problematiku kartografických zobrazení pre mapy sveta, so zameraním na použitie pseudocylindrických zobrazení, pričom som chcela poukázať na výhody počítačového spracovávanía máp malých mierok.

Využitie výpočtovej techniky v matematickej kartografii má mnohé prednosti, napríklad neopotrebovatelnosť, vylúčenie deformácie ML či možnosť vyhotovenia viacerých máp s jedným matematickým základom, čo samozrejme šetrí hlavne čas a finančné prostriedky.

Vo vybraných pseudocylindrických zobrazeniach – Mercatorovo-Sansonovom, Kavrajského ekvivalentnom, Kavrajského vyrovnávacom a Urmajevo sinusoidálnom zobrazení som na základe podkladovej mapy v Mariniho zobrazení vyhotovila digitálne mapy.

Pri praktickej realizácii som pracovala s viacerými softvérmi: na grafické vykreslenie siete a obrysov kontinentov Surfer v. 7, AutoCad 2002, program Microsoft Excel a MathCad Enterprise na výpočty, Notepad na import a export údajov do predošlých programov.

Súčasťou práce je posúdenie vhodnosti použitia vybraných zobrazení pre mapy sveta. Na základe získaných výsledkov vyplýva, že Mercatorovo-Sansonovo zobrazenie je najvhodnejším, je ekvivalentné a dosahuje najnižšie hodnoty dĺžkového a uhlového skreslenia. Oproti ďalším skúmaným zobrazeniam dobré výsledky dosahuje aj Kavrajského ekvivalentné zobrazenie.

Tento postup tvorby digitálnych máp možno použiť pre ľubovoľné kartografické zobrazenie, problémom nie sú ani zložité zobrazovacie rovnice. Nevýhodou je len nutnosť práce s viacerými softvérovými produktmi.

LITERATÚRA:

- [1] BÖHM, J.: Matematická kartografie. Brno, Vědecko-technické nakladatelství 1950.
[2] BUCHAR, P.: Matematická kartografie 10. Praha, ČVUT 2002.

[3] DANIŠ, M.: Matematická kartografia. Bratislava, ES SVŠT 1976.

[4] FERANČÍKOVÁ, J.: Pseudoazimutálne zobrazenia pre mapy sveta. [Diplomová práca.] Bratislava 2003 – STU, SvF.

[5] HOJVOEC, V. a kol.: Kartografie. Praha, Geodetický a kartografický podnik 1987.

[6] KUSKA, F.: Matematická kartografia. Bratislava 1969.

[7] TICHÝ, O.-ŠVEC, R.: Matematický zeměpis a kartografie. Praha, SPN 1965.

Do redakcie došlo: 2. 12. 2004

Lektoroval:
Ing. Aleš Hašek,
Praha

Poznámka redakcie:

Článok s malými zmenami obsahu je uverejnený aj v In: Pedagogické listy – Kartografické modelovanie geoobjektov v prostredí GIS. Zošit 11. Bratislava, Katedra mapovania a pozemkových úprav SvF STU 2004, s. 49–57.

Z GEODETICKÉHO A KARTOGRAFICKÉHO KALENDÁRA

Výročie 50 rokov:

18. 9. 2004 – **Ing. Ondrej Zahn**, výskumný a vývojový pracovník Výskumného ústavu geodézie a kartografie (VÚGK) v Bratislave. Narodil sa v Banskej Bystrici. Po skončení odboru geodézia a kartografia na Stavebnej fakulte Slovenskej vysokej školy technickej v Bratislave v roku 1979 nastúpil do Slovenskej kartografie, n. p., Bratislava do odborového informačného strediska. 1. 3. 1981 prešiel do VÚGK, kde sa venuje najmä problematike digitálnej kartografie, fotogrametrickým technológiám, automatizovanému informačnému systému geodézie, kartografie a katastra (AIS GKK), a to osobitne časti základná báza údajov geografického informačného systému (ZB GIS). Najskôr pracoval ako člen riešiteľských tímov výskumných úloh vedecko-technického rozvoja a od roku 1995 dodnes ako zodpovedný riešiteľ čiastkových úloh a vedecko-technických projektov v rámci štátneho informačného systému (časť AIS GKK), vedecko-technického projektu „Rozvoj informačných technológií v oblasti geodézie, kartografie a katastra“, ďalej od roku 2003 ako zodpovedný riešiteľ štátnej objednávky výskumu a vývoja v oblasti vývoja nástrojov na poskytovanie jednotných lokalizačných informácií s rešpektovaním európskych štandardov. Viac rokov sa venoval návrhu, spracovaniu a overeniu štruktúry a využitia katalógu objektov ZB GIS. Spolu s kolektívom riešiteľov vypracoval viaceré technologické postupy a metodické návody týkajúce sa napr. praktických postupov a využívania leteckej fotogrametrie pri zbere údajov a tvorbe báz údajov, prepojeniu viacerých typov báz údajov, poskytovaniu informácií z týchto báz údajov a pod. Výsledky výskumnej činnosti zhrnul do 11 výskumných správ, 5 odborných prác ako autor a spoluautor a viacerých referátov na odborných podujatiach.

Výročie 65 rokov:

20. 12. 2004 – **Ing. Emil Tóth**, riaditeľ Správy katastra (SK) Trebišov Katastrálneho úradu (KÚ) v Košiciach. Rodák z Kuzmíc (okres Trebišov). Odbor zememeračského inžinierstva skončil na Stavebnej fakulte (SvF) Slovenskej vysokej škole technickej (SVŠT) v Bratislave v roku 1963. 1. 10. 1964 nastúpil do Ústavu geodézie a kartografie v Prešove, kde ako vedúci meračskej čaty vykonával práce polohopisné, výškopisné, evidencie nehnuteľností (EN) a vyhotovovanie geometrických plánov (GP). V prácach EN a vyhotovovaniach GP pokračoval aj od 1. 1. 1968 do 31. 12. 1972 ako vedúci rajónu Strediska geodézie (SG) Sečovce (pre okres Trebišov) Oblastného ústavu geodézie v Bratislave. Od 1. 1. 1973 do 31. 12. 1976, ako pracovník Geodézie, n. p., Prešov, vykonával vedúceho meračskej čaty na tvorbe základnej mapy veľkej mierky (ZMVM). 1. 1. 1977 prešiel do Krajskej správy geodézie a kartografie v Košiciach ako samostatný referent na tvorbu ZMVM a od roku 1982 ako vedúci SG Trebišov. V rokoch 1983 až 1986 absolvoval postgraduálne štúdium odboru geodézia a kartografia na SvF SVŠT. Od 1. 1. 1993 do 23. 7. 1996 bol riaditeľom SK Trebišov KÚ v Košiciach a od

24. 7. 1996 do 31. 3. 1998 bol vedúcim katastrálneho odboru Okresného úradu v Trebišove. 1. 5. 1998 prešiel do Úradu geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky ako inšpektor na spravovanie a aktualizáciu katastrálneho operátu odboru katastrálnej inšpekcie. Tu pôsobil do 31. 12. 2000, t. j. do odchodu do dôchodku. Ako dôchodca vykonával súdneho znalca z odboru geodézie a kartografie. 16. 2. 2004 sa vrátil do SK Trebišov KÚ v Košiciach do funkcie riaditeľa, ktorú vykonával do 31. 12. 2004.

(júl, august, september)

Výročie 55 rokov:

27. 8. 2005 – **Ing. Štefan Kondáš**, PhD., inšpektor na automatizovaný informačný systém geodézie, kartografie a katastra (AIS GKK), dokumentáciu a archivovanie odboru katastrálnej inšpekcie Úradu geodézie, kartografie a katastra (ÚGKK) Slovenskej republiky (SR). Rodák z Pribenika (okres Trebišov). Po skončení odboru geodézia a kartografia na Stavebnej fakulte (SvF) Slovenskej vysokej školy technickej (SVŠT) v Bratislave v roku 1974 nastúpil na Katedru mapovania a pozemkových úprav (KMPÚ) SvF SVŠT ako výskumný pracovník, neskôr odborný asistent. V rokoch 1976 až 1979 bol riadnym aspirantom na KMPÚ SvF SVŠT a vedeckú hodnosť kandidáta vied získal v roku 1980. V rokoch 1979 a 1980 absolvoval postgraduálne štúdium na SVŠT so zameraním na programovacie prostriedky. V rokoch 1980 až 1988 pracoval v Slovenskej kartografii, n. p., Bratislava ako výskumný pracovník, neskôr vedúci výskumný pracovník a vedúci útvaru technického rozvoja. V rokoch 1988 až 1991 pracoval v Ústave turizmu, š. p., Bratislava. 1. 1. 1992 prešiel do Slovenského úradu geodézie a kartografie (od 1. 1. 1993 ÚGKK SR) ako inšpektor na kartografu, polygrafu a AIS GKK. V terajšej funkcii je od 1. 12. 1992. Záslužná je jeho činnosť vo vedecko-technickej spoločnosti, kde od roku 1981 aktívne pracoval ako funkcionár, aj ako člen Národného kartografického komitétu a komisie ad hoc Medzinárodnej kartografickej asociácie pre tyflokartografiu. Patrí k zakladajúcim členom Kartografickej spoločnosti SR.

Výročie 60 rokov:

22. 8. 2005 – **Ing. Milan Paulík**, samostatná fyzická osoba (SFO) s názvom „Geodetické práce“. Rodák z Vrútok (okres Martin). Odbor geodézia a kartografia absolvoval na Stavebnej fakulte Slovenskej vysokej školy technickej v Bratislave v roku 1968. V tomto roku nastúpil do Inžinierskej geodézie, n. p., Bratislava – závod Prešov, od roku 1973 Geodézia, n. p., Prešov, kde ako vedúci meračskej čaty vykonával práce technicko-hospodárskeho mapovania. 1. 1. 1973 prešiel do oddielu inžinierskej geodézie v Košiciach, kde vykonával funkciu zodpovedného geodeta investora pri výstavbe sídlisk. Neskôr vykonával špeciálne práce inžinierskej geodézie (veľmi presnú niveláciu, meranie posunov a pretvorenie stavebných objektov a iné). V roku 1976 získal oprávnenie na výkon zodpovedného geodeta a v roku 1977 oprávnenie na overovanie geometrických plánov a iných výsledkov geodetických prác. Od roku 1985 vykonával funkciu vedúceho oddielu inžinierskej geodézie v Košiciach, kde viedol práce na Technickej mape mesta Košíc. Odborné skúsenosti, pracovitost a zodpovedný prístup k pracovným povinnostiam prispeli k tomu, že bol 1. 2. 1987 vymenovaný za riaditeľa Krajskej správy geodézie a kartografie v Košiciach a od 1. 1. 1993 za prednostu Katastrálneho úradu v Košiciach. V tejto funkcii pôsobil do 23. 7. 1996. Od 24. 7. 1996 pracoval v katastrálnom odbore (KO) Krajského úradu (KÚ) v Košiciach. Najskôr bol poverený vedením KO a od 1. 9. 1996 do 31. 12. 1997 vykonával funkciu vedúceho oddelenia riadenia a metodiky KOKÚ. Od 1. 1. 1998 je SFO a vykonáva najmä geodetické práce pre telekomunikácie a geometrické plány. Bol členom predstavenstva Komory geodetov a kartografov. Záslužná je jeho činnosť aj vo vedecko-technickej spoločnosti.

28. 8. 2005 – **Mgr. Eva Kobylková**, pražská rodačka, absolventka Matematicko-fyzikálnej University Karlovy v Praze. Roku 1966 nastúpila na Střední průmyslovou školu zeměměřickou v Praze, kde od roku 1990 zastávala funkciu zástupkyňe ředitele.

26. 9. 2005 – **Ing. Václav Fifka**, ředitel Katastrálního úřadu v Písku. Narodil se v Mnichovicích, okr. Praha-východ. Studium ČVUT, Fakulty stavební, obor geodézie ukončil v roce 1968. Na Středisko geodézie ve Strakoněcích nastoupil 1. 8. 1969 a od 1. 4. 1970 na Středisko geodézie v Písku.

Výročie 65 let:

12. 7. 2005 – **Václav Štenc**, dřívější ředitel Katastrálního úřadu v Sokolově. Narodil se v Kupišově na Ukrajině. Po maturitě na Střední všeobecně vzdělávací škole nastoupil v roce 1957 na Okresní měřické středisko v severočeské Kadani. Odborně vzdělání si doplnil dálkovým studiem na Střední průmyslové škole zeměměřické v Praze. Pracuje trvale v katastru nemovitostí, od roku 1961 stále na pracovišti v Sokolově. Prošel funkcemi vedoucího rajónu, oddílu a vedoucího střediska geodézie. V roce 1993 byl jmenován ředitelem sokolovského katastrálního řadu.

15. 7. 2005 – **Ing. Ján Janek**, učiteľ Strednej geodetickej školy (SGŠ) v Bratislave. Narodil sa v Sebechleboch (okres Krupina). Po absolvovaní zememeračského inžinierstva na Fakulte stavební Českého vysokého učení technického v Praze v roku 1962 nastúpil do Geologického prieskumu (neskôr Inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum, n. p.) Žilina, závod v Bratislave, kde sa podieľal na riešení zosuvných území (Handlová), na prieskumných a výskumných prácach pre vodné dielo (VD) na Dunaji, na vyhotovení podkladov pre projekt atómových elektrární Jaslovské Bohunice, ako i pre diaľnice. V rokoch 1972 až 1975 absolvoval prvý beh postgraduálneho štúdia odboru geodézia a kartografia (GaK) na Stavebnej fakulte (SvF) Slovenskej vysokej školy technickej (SVŠT) v Bratislave. V roku 1978 bol vymenovaný za zodpovedného geodeta Sústavy VD Gabčíkovo-Nagymaros. Mal úspešnú spoluprácu s Katedrou geodetických základov SvF SVŠT najmä v oblasti budovania vytyčovacích sietí a budovania testovacej základnice (pre diaľkomery) v Hlohovci. V rokoch 1985 až 1990 bol členom komisie pre štátne záverečné skúšky na odbore GaK SvF SVŠT. Bol organizátorom viacerých celoštátnych seminárov z problematiky geodetických prác vo výstavbe a známy je ako autor odborných referátov. Je jedným zo zakladateľov Slovenského zväzu geodetov a stál pri zrode Komory geodetov a kartografov, kde od marca 2000 do marca 2002 bol predsedom dozornej rady. Záslužná je jeho činnosť aj vo vedecko-technickej spoločnosti. Na SGŠ pôsobí od 1. 9. 1999.

21. 7. 2005 – **Ing. Vlastimil Matuška**, ředitel Katastrálního pracoviště v Tachově. Narodil se v Sušici, zeměměřické studium absolvoval v roce 1965 na Fakultě stavební ČVUT v Praze. Jako inženýr nastoupil na Středisko geodézie v Tachově, kde postupně vykonával všechny druhy prací, které se na středisku zajišťovaly. Zastával různé funkce počínaje vedoucím čtyř až po funkci ředitele katastrálního úřadu, do níž byl jmenován v roce 1995. V praxi vždy prosazoval zavádění technických novinek, např. zavedení nového ISKN (Informační systém katastru nemovitostí).

25. 8. 2005 – **Ing. Luboš Radikovský**, dřívější ředitel Katastrálního úřadu v Havlíčkově Brodě. Rodák z Ledče nad Sázavou, absolvoval v roce 1962 studium zeměměřického oboru na Fakultě stavební ČVUT v Praze. Po studiu nastoupil na Středisko geodézie v Havlíčkově Brodě. Na tomto pracovišti zastával postupně funkce vedoucího čtyř, rajónu, od roku 1971 vedoucího oddílu a zástupce vedoucího střediska. Vedoucím střediska byl od roku 1990 a v roce 1993 byl jmenován ředitelem katastrálního úřadu.

12. 9. 2005 – **Ing. Jan Vondrák, DrSc.**, vedoucí oddělení dynamické astronomie Astronomického ústavu Akademie věd (AV) ČR. Narodil se v Písku a mládí prožil v Prachaticích. Po studiu geodézie na Fakultě stavební ČVUT, kterou dokončil v roce 1962 diplomovou prací z geodetické astronomie nastoupil na Geodetickou observatoř (GO) Pecný, kde pracoval do roku 1977. V tom roce přešel do Astronomického ústavu tehdejší ČSAV, kde pracuje v oddělení dynamické astronomie, od roku 1991 jako jeho vedoucí. Záhy po nástupu na GO Pecný se významně podílel na nové konstrukci cirkumzenitátu, modelu 1967, a především v té době vypracoval vysoce efektivní metodu vyhlazování empirických časových řad s neekvidistantním rozdělením dat. Bezprostředně po publikování se stala v Mezinárodní časové službě základním nástrojem při odvozování nepravidelnosti rotace Země a postupně našla jako „Vondrák method“ široké uplatnění v různých oblastech astronomie. Vědeckou přípravu u prof. E. Buchara ukončil v roce 1973 obhajobou kandidátské práce „Určení efemeridového času a elementů dráhy Měsíce metodou stejných výšek.“ Doktorskou práci „Zpřesnění teorie pohybu Měsíce a řešení soudobých problémů rotační dynamiky zemského tělesa“ obhájil v roce 1985. Nejrůznější observační i teoretické aspekty rotační dynamiky Země jsou hlavním tématem jeho vědecké práce. Tato tematice bylo věnováno i několik dlouhodobých vědeckých stáží na významných pracovištích v zahraničí – tříměsíční stáž v Bureau International de l'Heure v Paříži (1983) a v US Naval Observatory ve Washingtonu (1989), či půlroční stáž na Observatoire de Paris (1991/1992). Dosud publikoval více než 150

vědeckých prací, převážně v zahraničních časopisech. Je členem Mezinárodní astronomické unie (IAU), v letech 1994–1997 byl prezidentem její 19. komise a v období 1992–1997 předsedou pracovní skupiny „Rotace Země v systému Hipparcos“. Dále je zakládajícím členem Evropské astronomické společnosti, členem Americké geofyzikální unie, členem řídícího výboru Mezinárodní služby rotace Země (IERS), předsedou Zákrytové a astronomické sekce České astronomické společnosti, předsedou Českého národního komitétu astronomického, členem komise přírodních věd Grantové Agentury ČR a členem vědeckých rad Astronomického ústavu AV, Výzkumného ústavu geodetického, topografického a kartografického a Fakulty stavební ČVUT. V letech 1992–1997 byl hlavním řešitelem a vedoucím týmu pro novou redukci astrometrických pozorování z období 1899–1992 v systému katalogu Hipparcos. Je hlavně jeho zásluhou, že za tuto práci kolektiv řešitelů získal v roce 2000 Cenu Akademie věd ČR.

13. 9. 2005 – **Ing. Katarína Zavacká**. Narodila sa v Malcove (okres Bardejov). Po skončení odboru zememeračského inžinierstva na Stavebnej fakulte Slovenskej vysokej školy technickej v Bratislave v roku 1964 nastúpila do Ústavu geodézie a kartografie (od roku 1968 Oblasť ústav geodézie) v Bratislave – Stredisko geodézie (SG) v Komárne, kde pracovala v oblasti evidencie nehnuteľností (EN) a 1. 4. 1966 sa stala vedúcou rájónu. 1. 7. 1973 prešla do Správy geodézie a kartografie v Bratislave – SG v Komárne, kde pokračovala v prácach EN. Ako skúsená odborníčka v tejto oblasti vykonávala od 1. 1. 1979 do 31. 12. 1992 funkciu vedúcej tohto SG. Od 1. 1. 1993 do 23. 7. 1996 vykonávala funkciu riaditeľky Správy katastra Komárno Katastrálneho úradu v Bratislave. Od 24. 7. 1996 do 31. 3. 1998, t. j. do odchodu do dôchodku, bola vedúcou katastrálneho odboru Okresného úradu v Komárne.

18. 9. 2005 – **doc. Ing. Imrich Horňanský, PhD.**, vedeckovýskumný pracovník s pedagogickým úväzkom Katedry mapovania a pozemkových úprav Stavebnej fakulty (SvF) Slovenskej technickej univerzity (STU) v Bratislave. Narodil sa v Bratislave. Zememeračské inžinierstvo skončil na SvF Slovenskej vysokej školy technickej (SVŠT) v Bratislave v roku 1962 s vyznamenaním. Po absolvovaní SVŠT ostal verný Bratislave. Pracoval v Ústave geodézie a kartografie (1962 až 1967), v Inžinierskej geodézii, n. p. (1968 až 1972) a v Geodézii, n. p. (1973 až 1982). V priebehu pôsobnosti v týchto pracoviskách prešiel viacerými druhmi prác aj rozličnými stupňami riadenia, a to od vedúceho meračskej čaty bez samostatného plánovača, technológa, výrobného a prevádzkového inžiniera po vedúceho prevádzky inžinierskej geodézie, neskôr prevádzky evidencie nehnuteľností, pričom získal široký odborný rozhľad. Bohaté praktické skúsenosti a dobrý organizačný talent prispeli k tomu, že v roku 1982 bol pozvaný do Slovenského úradu geodézie a kartografie (SÚGK) do funkcie vedúceho sekretariátu predsedu SÚGK. Tu vníka hlbšie do problematiky plánovania a financovania. Možnosť poznania širších súvislostí postavenia geodézie a kartografie v národnom hospodárstve a ich riešenia sa pred ním otvára dňom 1. 2. 1987, kedy bol vymenovaný za námestníka predsedu SÚGK. Viacročná činnosť na rôznych úsekoch a úspešne zastávané doterajšie funkcie boli dobrým predpokladom, aby bol uznesením vlády SSR vymenovaný za predsedu SÚGK dňom 1. 7. 1989. Funkciu predsedu SÚGK od 1. 1. 1993 predsedu Úradu geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky (ÚGKK SR) vykonával do 21. 8. 2002. V terajšek funkcií pôsobí od 1. 9. 2003. Jeho prirodzenou vlastnosťou je starať sa o svoj odborný rast. V rokoch 1972 až 1975 absolvoval prvý beh postgraduálneho štúdia odboru geodézie a kartografie (GaK) na SvF SVŠT, v roku 1986 získal vedeckú hodnosť kandidáta technických vied a v roku 1993 bol vymenovaný za docenta pre odbor geodézie na základe habilitačnej práce. Jeho pracovná činnosť je veľmi široká. V rokoch 1970 až 1989 aktívne pôsobil v terminologickej komisii SÚGK, ktorej bol aj predsedom (15. 1. 1987 až 1. 7. 1989). Od 1. 1. 1978 do 30. 6. 1988 pôsobil v redakčnej rade (RR) GaKO, z toho od 1. 1. 1987 ako podpredseda RR. V rokoch 1990 až 1997 bol členom vedeckej rady (VR) SvF SVŠT (od 1. 4. 1991 STU) a v rokoch 1997 až 2003 členom VR STU. V rokoch 1990 až 1998 bol externé pedagogicky činný na odbore GaK SvF SVŠT (STU). Ďalej v rokoch 1996 až 1998 bol členom Riadiaceho výboru CERCO (Európsky výbor predstaviteľov geodeticko-kartografických inštitúcií) pri Európskej sieti vedecko-technickej spolupráce. V rokoch 2001 a 2002 bol členom Riadiaceho výboru v rámci medzinárodného spoločenstva EuroGeographics. Osobitne treba oceniť jeho publikačnú činnosť. Je autorom 3 monografií a spoluautorom ďalšej. Publikoval vyše 90 prác (niektoré v spoluautorstve) v domácich časopisoch (najmä v GaKO) a v zborníkoch a 17 prác v zahraničných časopisoch. Mal 42 prednášok v zahraničí. Aktívne sa zúčastňoval na tvorbe zákonov z oblasti geodézie, kartografie a katastra. Má zásluhu na dobrej spolupráci rezortu ÚGKK SR s podnikateľskou sférou.

Výročie 70 rokov:

20. 7. 2005 – **doc. Ing. Irena Mitašová, PhD.** Narodila sa v Slavnici (okres Ilava). Štúdium geodézie a kartografie skončila v roku 1959 na Zememeračskej fakulte Poľnohospodárskeho inštitútu v Charkove (Ukrajina). Najskôr pracovala v Krajskom projektovom poľnohospodárskom ústave v Bratislave (1959 a 1960) ako geodet-projektant. V roku 1960 prichádza ako asistentka na Katedru mapovania a pozemkových úprav Stavebnej fakulty (SvF) Slovenskej vysokej školy technickej (SVŠT) v Bratislave a v roku 1964 prešla na Katedru geodetických základov (KGZ). V rokoch 1963 a 1964 absolvovala postgraduálne štúdium odboru „Matematické stroje a programovanie“ na Elektrotechnickej fakulte SVŠT. Vedeckú hodnosť kandidátky technických vied získala v roku 1973. Za docentku pre odbor geodézie bola vymenovaná 1. 3. 1977, na základe habilitačnej práce v roku 1975. Od roku 1978 do polovice januára 1990 bola vedúcou KGZ SvF SVŠT (od 1. 4. 1991 Slovenská technická univerzita). Má rozsiahlu prednáškovú, posudkovú a publikačnú činnosť. Je autorkou a spoluautorkou 116 vedeckých a odborných prác, 9 dočasných vysokoškolských učebníc a bola vedúcou autorského kolektívu vysokoškolskej učebnice „Základy teórie systémov a kybernetiky s aplikáciami v geodézii a kartografii“ (Bratislava, Alfa 1990). Výsledky svojej vedeckovýskumnej činnosti zhrnula do 15 výskumných správ. Bola školiťkou doktorandov a odbornou garantkou viacerých celoštátnych seminárov z problematiky automatizácie v geodézii a kartografii. Je nositeľkou vyznamenaní: „Zlatej medaily SVŠT“ (1985), „Vzorná pracovníčka rezortu SÚGK“ (1985) a iných. Do dôchodku odišla 31. 8. 2000.

Výročie 75 rokov:

2. 7. 2005 – **Ing. Václav Fučík**, rodák z Lomnice nad Popelkou. Již během studia oboru dopravních konstrukcí na tehdejší Fakultě inženýrského stavitelství ČVUT v Praze, které absolvoval roku 1953, se stal asistentem prof. Trnky na ústavu geodézie, který se při reformách stal součástí katedry speciální geodézie Stavební fakulty ČVUT. Pedagogicky se věnoval výuce geodézie pro stavební obory, je spoluautorem několika učebních textů. Je významným odborníkem v oblasti zaměřování památkových objektů.

12. 7. 2005 – **Ing. Martin Ištváněk**, rodák z Uherského Hradiště, vedoucí odd. technické dokumentace u Geodézie, s. p., Brno (1982–1990), v předcházejících organizacích vedoucí oddílu v provozu speciálních geodetických prací. Společensky se angažoval zejména při akcích výstavních, přednáškových aj. Jeho činnost služební i společenská byla vedením podniku několikrát oceněna. Na odpočinku tráví většinu času v Mutěnicích.

20. 7. 2005 – **Ing. Lubomír Rosík**, odpovědný geodet a specialista dřívější Geodézie, s. p., Opava. V průběhu své dřívější činnosti prošel řadou vedoucích funkcí: provozního inženýra THM, vedoucího VHS-mapování, VHS karto-repro a vedoucího útvaru řízení výroby. V r. 1977–1983 byl pověřen řízením tvorby zemědělských hospodářských map v Severomoravském kraji. Od r. 1983 byl odpovědným geodetem investora na vodním díle Slezská Harta. V letech 1963–66 byl expertem pro mapovací práce na Kubě, kde vyškolil 13 topografů. Některé zkušenosti z mapování univerzální metodou publikoval v Geodetickém a kartografickém obzoru (1962). Od září 1991 byl zaměstnancem společnosti GEOMETRA OPAVA, spol. s r. o., a zastával funkci zástupce vedoucího skupiny geodetických prací a zpracování dat.

28. 8. 2005 – **Ing. Miroslav Pazderský**, bývalý vedoucí Střediska geodézie v Havlíčkově Brodě, nositel resortního vyznamenaní (1974).

30. 8. 2005 – **Ing. Miroslav Palata**, rodák z Prahy, absolvent zeměměřického studia na ČVUT v Praze. Od roku 1965 odborný asistent katedry speciální geodézie Stavební fakulty ČVUT v Praze. Byl pověřen přednáškami z oblasti ekonomiky a managementu z geodetických a kartografických prací. Bohatou praxi získal zejména v nivelačním oddělení dřívějšího Geodetického ústavu, Praha. Je autorem a spoluautorem několika skript i dalších publikací. Opominout nelze ani jeho zásluhou činnost ve vysokoškolské tělovýchovné jednotě.

16. 9. 2005 – **Ing. Jaroslav Špinka**, rodák z Křešice (okr. Benešov), dřívější vedoucí pracovník provozu triangulace a mapování Zeměměřického úřadu, Praha. Je erudovaným odborníkem; podílel se na několika významných měřických akcích v zahraničí. Od r. 1992 v důchodu.

Výročí 85 rokov:

1. 7. 2005 – **Ing. František Novotný**, rodák z Veselí n. Lužnicí. V resortu pracoval od roku 1954, naposledy ve funkci technického náměstka bývalé Geodézie Liberec. Byl znám svou dobrou technickou úrovní a organizačními schopnostmi. Aktivně působil i v tehdejší Československé vědeckotechnické společnosti.

30. 7. 2005 – **Doc. Ing. Antonín Malý, CSc.**, dřívější vedoucí katedry důlního měřictví Hornicko-geologické fakulty Technické univerzity – Vysoké školy báňské v Ostravě. Narodil se v Dolní Suché (okres Karviná). Do praxe nastoupil jako pomocník havíře, vypracoval se vlastní pílí na důlního měřiče. Studia na Vysoké škole báňské ukončil roku 1959 a přešel na katedru důlního měřictví, kde působil až do odchodu do důchodu v roce 1985. Kandidátskou práci z oblasti důlní kartografie obhájil roku 1967, habilitační práci na téma „Nové technologické postupy zpracování informací a uplatnění kartometrie v důlním mapování“ v roce 1970. Docentem pro obor důlní měřictví byl jmenován v r. 1972. Publikoval 45 původních prací a aktivně se angažoval v 1. komisi Mezinárodní společnosti důlních měřičů (ISM).

12. 9. 2005 – **Ing. František Prokůpek**. Narodil se v Praze v rodině civilního geometra. Studia na zeměměřickém oboru ČVUT v Praze dokončil roku 1945. Prošel bohatou praxí ve státní službě a od roku 1953 působil jako profesor geodézie na středních průmyslových školách – geologické, stavební a zeměměřické. Do důchodu odešel v roce 1980. Vyučoval především geodézii a geodetické počtářství; vychoval několik generací našich techniků. Je autorem nebo spoluautorem (s Doc. Ing. B. Polákem) řady středoškolských učebních textů.

27. 9. 2005 – **Ing. Anton Meluš, PhD.** Narodil sa v Bošanoch (okres Partizánske). Po skončení zememeračského inžinierstva na odbore špeciálnych náuk Slovenskej vysokej školy technickej v Bratislave v roku 1946 nastúpil do štátnej zememeračskej služby, v ktorej okrem rokov 1952 až 1955, kedy pracoval v odborných útvaroch Československej armády ako vojenská osoba z povolania, pracoval do 30. 9. 1980. Pôsobil v Katastrálnych meračských úradoch v Bratislave a v Zlatých Moravciach a v zememeračskom oddelení technického referátu Okresného národného výboru v Partizánskom. V roku 1955 prišiel natrvalo do Bratislavy. Tu pracoval v Geodetickom, topografickom a kartografickom ústave, v Geodetickom ústave a v Inžinierskej geodézii, n. p., kde vykonával a viedol práce topografického mapovania v mierkach 1:25 000 a 1:10 000 a práce technicko-hospodárskeho mapovania. V roku 1970, na základe konkurzu, bol vybraný do Výskumného ústavu geodézie a kartografie v Bratislave, kde ako vedúci oddelenia riešil výskumné úlohy z oblasti mapovania a racionalizácie mapovacích prác. V roku 1977 získal vedeckú hodnosť kandidáta technických vied. 1. 10. 1980 odišiel do dôchodku. Je nositeľom rezortných vyznamenaní.

30. 9. 2005 – **Ing. Jiří Karlas**, rodák ze Starého Harcova (okr. Liberec), bývalý vedoucí Střediska geodézie v Jičíně. Jeho odborná činnost byla oceněna několika resortními i čestnými veřejnými vyznamenaními.

Blahopřejeme!

Z dalších výročí připomínáme:

10. 5. 1935 – před 70 lety se narodil **Ing. Kamil Hauptmann**, bývalý ředitel Katastrálního úřadu Praha-západ, rodák z Prahy. Vystudoval Střední průmyslovou školu zeměměřickou v Praze a ve studiu pokračoval na Stavební fakultě ČVUT v Praze, kterou absolvoval v roce 1959. Jako zeměměřický inženýr nastoupil do zaměstnání v tehdejší Oblastní ústavu geodézie a kartografie v Praze. Byl dlouholetým vedoucím oddílu, nejprve v provozu technické mapy města Prahy, později na Středisku geodézie pro okres Praha-západ, jehož vedoucím byl jmenován dnem 1. 7. 1990. Jako vedoucí střediska a posléze ředitel katastrálního úřadu se s velkým elánem věnoval řešení aktuálních problémů tohoto územního orgánu, které vyplývaly zejména z rozsáhlé a majetkoprávně nevyporádané chatové zástavby v okrese, který je velkým rekreačním zázemím hlavního města Prahy. Zemřel na sklonku roku 1996 v Praze.

17. 7. 1915 – před 90 lety se narodil ve Veverských Knínících (okres Brno-venkov) **Ing. Alois Klecker**, dřívější vedoucí geodet Geodézie Opava. Svou iniciativní odbornou práci se zasloužil o rozvoj podniku. Držitel několika resortních vyznamenaní. Zemřel 19. 4. v Přerově.

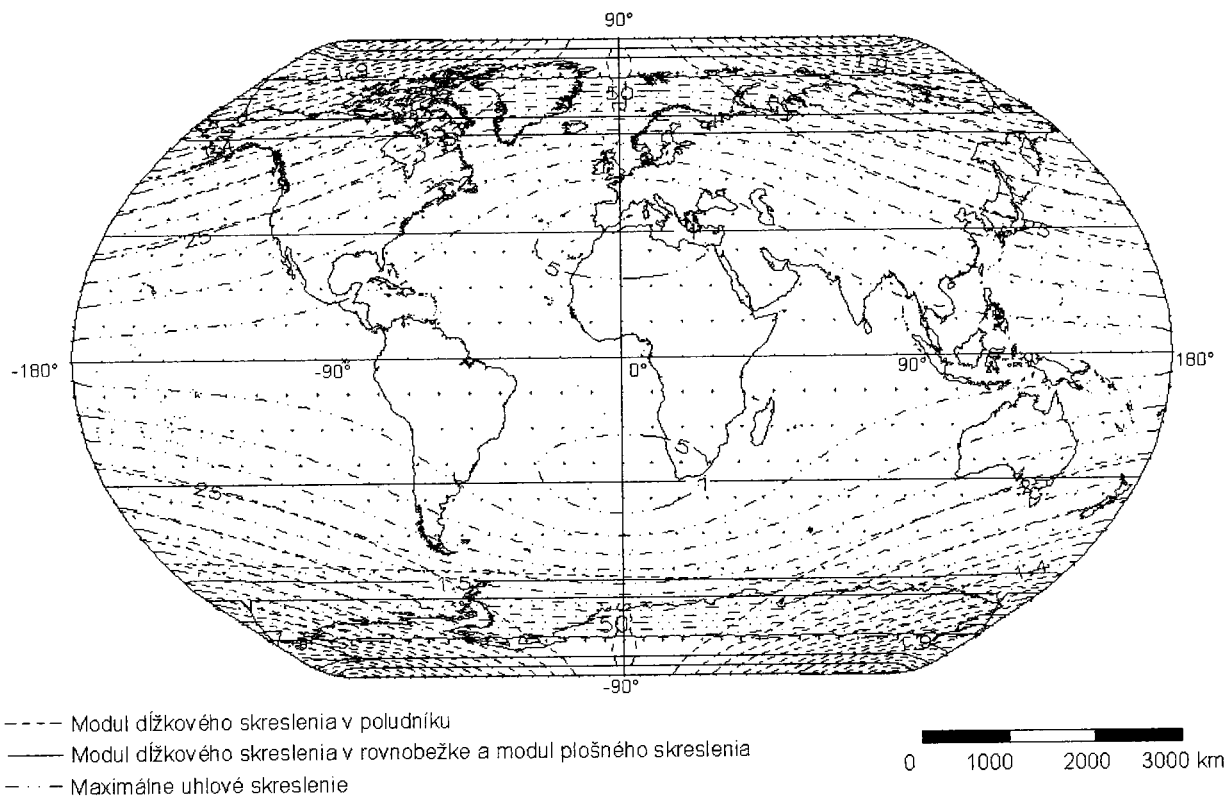
20. 7. 1915. – před 90 lety se narodil v Brně-Líšni **Ing. Stanislav Jaroš**, významný příslušník zeměměřického stavu a dlouholetý vedoucí pracovník v hospodářských resortních organizacích geodézie a kartografie. Za okupace pracoval v civilních kancelářích, po válce zastával vedoucí funkce v družstvu Geoplan a v n. p. Geometra působil jako hlavní inženýr. Tuto funkci měl také po soustředění geodetické služby v r. 1954 u tehdejšího Oblastního ústavu geodézie a kartografie, Brno. V organizačním vývoji byl od r. 1960 náměstkem ředitele u ÚGK v Brně a od r. 1968 ředitelem Inženýrské geodézie, n. p. Brno (s působností pro 3 závody – v Pardubicích, Brně a Opavě). Ve stejné funkci zůstal i po r. 1971 u zřízeného n. p. Geodézie Brno, v níž setrval až do odchodu do důchodu v r. 1979. Společensky byl činný hlavně v tehdejší Krajském výboru Československé vědeckotechnické společnosti (ČSVTS) v Brně a v Ústředním výboru ČSVTS v Praze, kde po 3 roky byl předsedou odborné skupiny pro evidenci nemovitostí. Byl nositelem dvou státních vyznamenaní. Zemřel 4. 1. 1987 v Brně.

22. 7. 1925 – před 80 rokmi sa narodil vo Vrútkach (okres Martin) **Ing. Rudolf Šandrik**. Po absolvovaní zememeračského inžinierstva na odbore špeciálnych náuk Slovenskej vysokej školy technickej v Bratislave (SVŠT) v roku 1948 nastúpil do Inšpektorátu katastrálneho vymeriavania v Martine a v roku 1949 pokračoval v zememeračskom oddelení technického referátu Krajského národného výboru v Žiline. Po vzniku rezortu geodézie a kartografie 1. 1. 1954 pracoval v Oblastnom ústave geodézie a kartografie (od roku 1960 Ústav geodézie a kartografie) v Žiline, kde najskôr viedol prevádzku topografického mapovania a 1. 12. 1954 bol poverený funkciou hlavného inžiniera. 1. 1. 1968 bol vymenovaný za riaditeľa závodu v Žiline v novozriadenej Inžinierskej geodézii, n. p., Bratislava a od 1. 1. 1973 Geodézie, n. p., Žilina. Od 1. 1. 1988 do 28. 3. 1990, t. j. do odchodu do dôchodku, vykonával funkciu vedúceho útvaru ekonomiky práce Geodézie, n. p., (od 1. 7. 1989 š. p.) Žilina. Bol aktívnym zlepšovateľom a spolupracoval s geodetickými katedrami Stavebnej fakulty (SvF) SVŠT. V školských rokoch 1976/1977 až 1986/1987 bol členom komisie pre štátne záverečné skúšky na odbore geodézia a kartografia SvF SVŠT. Bol oponentom viacerých výskumných správ a členom oponentských rád. Prednášal na rôznych odborných podujatiach vedecko-technickej spoločnosti. Ako dôchodca pracoval v Geodetickom a kartografickom ústave Bratislava, a to v roku 1994 ako vedúci zmiešanej meračskej skupiny na vytýčenie, vyznačenie a zmeranie slovensko-českej štátnej hranice a v roku 1995 ako vedúci čaty na rekognoskácii slovensko-maďarskej štátnej hranice. Bol nositeľom viacerých vyznamenaní. Zomrel 31. 8. 1998 v Bratislave.

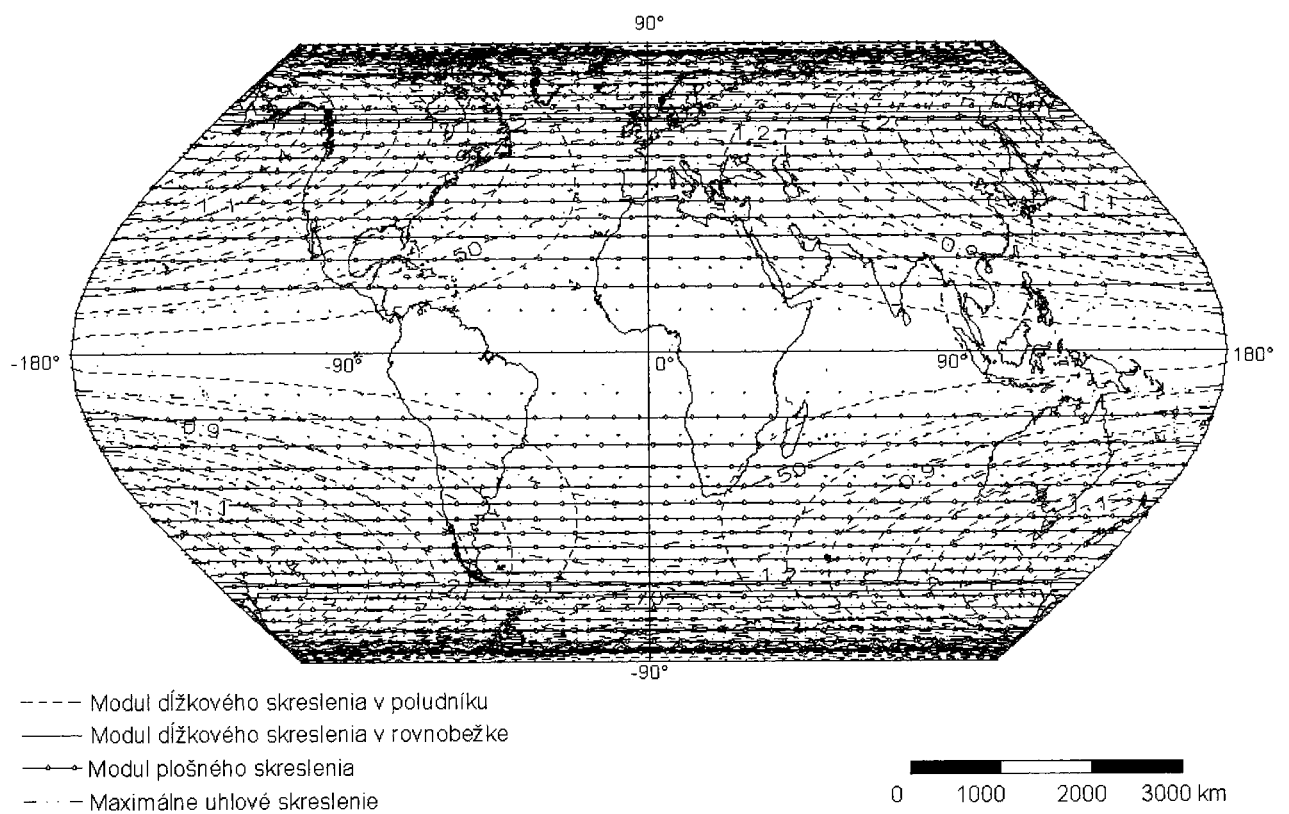
24. 7. 1915 – před 95 roky se v Ivanovicích u Brna narodil **prof. Ing. Matěj Pokora**, od roku 1960 – po předchozí praxi a tříletém působení ve funkci docenta na katedře mapování a hospodářskotechnických úprav Stavební fakulty ČVUT – vedoucí katedry geodézie Stavební fakulty Vysokého učení technického v Brně. Spoluautor učebnice Geodézie, člen redakční rady GaKO. Zasloužil se o znovuoctvení brněnského zeměměřického studia a zastával významné akademické funkce. Zemřel 13. 5. 1984 v Brně.

7. 8. 1910 – před 95 lety se narodil v Nemičevsi (okres Jičín) **Ing. Bohuslav Adamec**, bývalý technický náměstek ředitele Ústavu geodézie a kartografie v Pardubicích (1962–1967) a hlavní geodet pro Východočeský kraj při Oblastní ústavu geodézie a kartografie v Brně (1968–1971). Jeho práce byla ohodnocena udělením několika resortních vyznamenaní. Zemřel 24. 5. 1989 v Pardubicích.

28. 9. 1905 – před 100 rokmi sa narodil v Leviciach **Ing. Vojtech Molnár**. Štúdium zememeračského inžinierstva začal na Českom vysokom učení technicom v Prahe a skončil na Slovenskej vysokej škole technickej v Bratislave. Pracoval v Prahe (Triangulačná kancelária – TK) a od roku 1940 v Bratislave (TK, Slovenský zememeračský a kartografický ústav; Geodetický, topografický a kartografický ústav – GÚ; Kartografický a geodetický fond a GÚ). S jeho menom sa spája budovanie polohových geodetických základov na Slovensku. Prácam v triangulácii a geodetickým výpočtom zostal verný do posledného dňa svojho života. Zomrel 1. 1. 1972 v Bratislave.



Obr. 3 Mapa sveta a izočiarly skreslení v Kavrajského vyrovnávacom zobrazení



Obr. 4 Mapa sveta a izočiarly skreslení v Urmajevom sinusoidálnom zobrazení