



**Metodika pro tíhová měření na bodech ZGS a stanicích ECGN**

**Vypracoval:**      Ing. Vojtech Pálinkáš, Ph.D.  
                         Ing. Jakub Kostecký, Ph.D.  
                         Ing. Miloš Vaľko, Ph.D.

**Datum:**            29. 11. 2016

	Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v.v.i.	Metodika TZ č. 1265/2016	strana 2/6
--	--	-----------------------------	---------------

Tato metodika byla vytvořena s finanční podporou TA ČR v rámci projektu BETA TB02CUZK003. Je to výstup TB02CUZK003V009.

T A  
Č R

Program **Beta**

Tato verze byla upravena podle připomínek nezávislých oponentů dne 7.12.2016.

## 1. Úvod

Pozemní měření tíhového zrychlení ( $g$ ) s přesností lepší než  $3 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}^2$  ( $3 \text{ } \mu\text{Gal}$ ) lze v dostatečné míře použít pro sledování geodynamických jevů globálního, regionálního nebo lokálního původu. Nejlepších výsledků lze dosáhnout na referenčních stanicích při kombinaci kontinuálního měření supravodivého gravimetru a opakovaných absolutních tíhových měření [1] a to zejména z důvodu podchycení dvou závažných zdrojů nejistot při analýze geodynamických jevů: 1) variace systematických chyb absolutního gravimetru [2], 2) změny tíhového zrychlení vlivem lokálních hydrologických jevů [1]. Na tyto aspekty je potřebné brát zřetel i při absolutních měřeních prováděných na stanicích ECGN (European Combined Geodetic Network) a ZGS (Základní geodynamická síť) [3].

Nejvhodnější metodou měření je u bodů ECGN a ZGS absolutní tíhové měření, které se v obou případech liší pouze v periodicitě opakování měření (viz kapitola 2.3). U bodů ECGN se navíc jedná o jedinou povolenou metodu určení absolutní hodnoty  $g$ .

Absolutní měření na bodech ZGS vyžaduje práci v polních podmínkách, ke kterým gravimetry FG5 [4] a FG5X [5] (které jsou aktuálně v roce 2016 k dispozici v rámci České republiky) nejsou přímo určeny, nicméně polní měření lze provést při splnění specifických podmínek (bezprostřední přístupnost bodu autem, generátor elektrického proudu, stan). Z tohoto důvodu je další možností určení tíhového zrychlení na bodech ZGS také kombinace absolutních a relativních měření. V budoucnu lze předpokládat existenci jiného typu absolutního gravimetru než FG5/FG5X, který bude primárně určen pro měření v polních podmínkách a zároveň dosahovat vysoké přesnosti potřebné pro analýzu geodynamických jevů. V takovém případě by níže popsaná metoda kombinace absolutních a relativních měření (kapitola 3) byla nevhodná a neefektivní.

Je nutné poznamenat, že tato metodika je primárně určena k dosažení nejistoty absolutní hodnoty  $g$  lepší než  $6 \text{ } \mu\text{Gal}$  (z důvodu uplatnitelnosti metody pro sledování geodynamických jevů). Nicméně lze předpokládat, že na některých bodech ZGS bude možné takovou přesnost jen obtížně dosáhnout a to např. z důvodu vysokého technického šumu na bodech (např. u bodů při rušných komunikacích). Z tohoto důvodu musí být volba metody měření (samostatná absolutní měření, nebo v kombinaci s relativními měřeními) případně samotná proveditelnost přesného měření pečlivě zvážena při plánování měření.

Součástí této metodiky je i technický postup v současnosti používaných absolutních měření pomocí gravimetrů FG5/FG5X, který je uveden v příloze 1.

Na všech absolutních tíhových bodech, které jsou v této metodice diskutovány, je potřebné zajistit určení vertikálních gradientů tíhového zrychlení se standardní nejistotou lepší než  $2 \text{ } \mu\text{Gal/m}$ .

## 2. Absolutní tíhová měření

### 2.1. Zajištění metrologické návaznosti

Absolutní gravimetr provádějící měření na bodech ECGN/ZGS nebo v rámci kombinovaného určení tíhového zrychlení (kombinace absolutního a relativního měření) na bodech ZGS musí jednoznačně prokázat metrologickou návaznost tíhových měření podle postupů uvedených v [6]. Tu lze zajistit účastí gravimetru na porovnávacím měření a/nebo měřením na referenční stanici. Při měření absolutních bodů ECGN nebo ZGS je vyžadováno provést do půl roku od těchto měření také absolutní měření na referenční stanici Pecný. Smyslem tohoto požadavku je získání informace o systematické chybě absolutního gravimetru vůči referenčním hodnotám  $g$ , které jsou dlouhodobě udržovány na stanici Pecný a tím podchytit variabilitu systematických chyb gravimetrů použitých v rámci studií opakovaných měření ECGN/ZGS.

## 2.2. Presentace výsledků

Finální výsledky měření musí obsahovat alespoň tyto informace:

- Průměrnou hodnotu tíhového zrychlení v referenční výšce gravimetru se standardní nejistotou lepší než 3  $\mu\text{Gal}$ .
- Referenční výšku gravimetru uvedenou s nejistotou lepší než 2 mm.
- Časový interval absolutního měření a čas odpovídající průměrné hodnotě tíhového zrychlení.
- Informaci o výpočtu a hodnotách korekcí, které byly do finální hodnoty zahrnuty (korekce slapů, atmosféry, pohybu pólu, ale i instrumentálních efektů).
- Statistické vyhodnocení série volných pádů provedených za účelem výpočtu finálního výsledku tíhového zrychlení.
- Porovnání kontrolního měření na stanici Pecný vůči referenční hodnotě zrychlení.

## 2.3. Periodicita měření

Ke zjištění variability tíhového zrychlení vlivem hydrologických jevů je vhodné provádět měření dvakrát v roce v době předpokládaného maxima (březen) a minima tíhového zrychlení (září). Takovýto postup umožňuje dostatečně přesně odhadnout nejistotu z vlivu nezapočtení variací  $g$  do výsledků měření a tím zvýšit robustnost odhadu přesnosti změn tíhového zrychlení vlivem geodynamických jevů. Jednou epochou absolutních měření je tak míněno měření dvakrát v příslušném roce. V případě, kdy je vliv variability hydrologických vlivů znám již z předchozích měření, tak je epochou měření míněno pouze jedno měření v roce.

Opakování epoch absolutních měření je vzhledem k předpokládané geodynamice v České republice vhodné provádět v intervalu 5 let u bodů ECGN a 10 let u bodů ZGS.

## 3. Relativní tíhová měření na bodech ZGS


Relativní tíhová měření jsou provedena v případě, pokud není zajištěno přímé absolutní měření na bodě ZGS. V takovémto případě je pokaždé potřebné určit rozdíl tíhového zrychlení mezi bodem ZGS a absolutním bodem, přičemž je nutné dodržet zejména tyto zásady:

- Vzdálenost absolutního bodu a bodu ZGS nesmí překročit 100 km.
- Tíhový rozdíl mezi body musí být menší než 100 mGal.
- Periodicita relativních měření je identická s absolutními měřeními.
- Absolutní a relativní měření musí být provedena v časovém rozpětí do 30 dnů.

Měření relativními gravimetry vychází z platného Metodického návodu pro práce v základním tíhovém bodovém poli vydaném Zeměměřickým úřadem [7]. Níže jsou v návaznosti na tento dokument specifikované obecné podmínky, které musí splňovat relativní měření prováděné za účelem určení tíhového zrychlení na bodech ZGS.

### 3.1. Kalibrace gravimetru

K měření tíhového zrychlení na bodech ZGS mohou být použity pouze gravimetry, které byly kalibrovány na gravimetrické základně, nebo tíhových bodech s prokázanou metrologickou návazností (např. na státní etalon tíhového zrychlení) do jednoho roku od provedených relativních měření na ZGS. Kalibrací je míněno určení koeficientu kalibrace všech komponent čtení gravimetru v závislosti na typu gravimetru (měřicí šroub, zpětná vazba, kapacitní snímač). V případě měření gravimetrem opatřeném měřícím šroubem je nutné zajistit určení jeho periodických chyb. Celková nejistota

	<b>Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v.v.i.</b>	<b>Metodika TZ č. 1265/2016</b>	<b>strana 5/6</b>
---	--	-------------------------------------	-----------------------

kalibrace musí být taková, aby příspěvek nejistoty k určovanému tíhovému rozdílu nepřekročil hodnotu 2  $\mu\text{Gal}$ .

### 3.2. Zkoušky gravimetru

U relativního gravimetru, který je použit pro měření ZGS je potřebné provést alespoň teplotní a magnetické zkoušky. Tyto zkoušky jsou časově náročné, vyžadují specifické vybavení a prostředí. Výsledky těchto zkoušek mají dlouhodobou platnost. Jejich opakování přichází v úvahu buď po opravě přístroje, nebo když vznikne podezření, že u gravimetru došlo ke změnám jeho charakteristických vlastností.

### 3.3. Kontrola gravimetru

Méně než jeden měsíc před měřením na bodě ZGS se provede kontrola gravimetru sestávající z následujících kroků:

- kontrola seřízení libel,
- kontrola správného nastavení "reading line" (v případě gravimetrů LCR a ZLS).

### 3.4. Měření na tíhovém bodě

Při měření na tíhovém bodě se postupně provádějí tyto dílčí úkony:

- na podložku (příp. stativ) se postaví gravimetr a zorientuje se na předem zvolenou světovou stranu s pomocí buzoly, zkontroluje se správná činnost termostatu a provede se horizontace přístroje,
- přístroj se odaretuje a vyčká se na ustálení měřicího systému,
- podle typu gravimetru a zvyklostem pro nejpřesnější práce s gravimetrem se provede samotné měření, které se zaznamená do zápisníku společně s časem měření,
- provede se aretace přístroje,
- zaznamenají se meteorologické údaje (síla větru, teplota a tlak vzduchu),
- určí se výška vrchní desky gravimetru nad vrchní plochou stabilizace tíhového bodu s přesností na 1 mm,
- uvedené údaje se zapisují do zápisníku.

Při observaci se přístroj chrání proti nežádoucím přírodním účinkům (vítr, déšť, sluneční svit aj.). Přesnost nasměrování ke zvolené světové straně by neměla být horší než 10°. Čas měření se určuje s přesností na 1 minutu a jednoznačně se uvede časové pásmo, ve kterém je zaznamenán (UTC, SEČ, SELČ). Teplota vzduchu se určuje s přesností 2° C, tlak vzduchu s přesností 1 hPa. Síla větru se stanoví podle Beaufortovy anemometrické stupnice.

### 3.5. Měření tíhového rozdílu

Gravimetry se přepravují vždy ve svislé poloze na sedadle nebo přepravní bedně vždy pevně připoutané tak, aby se minimalizoval a zároveň tlumil pohyb přístroje během přepravy. Při ručním přenášení přístrojů je nutno se vyvarovat nárazu gravimetru na jakékoliv předměty. V autě nikdy nesmí dojít k překročení teploty, na kterou jsou gravimetry termostatovány. Z tohoto důvodu je nutno dbát na teplotní režim uvnitř automobilu. Je vhodné elektronicky zaznamenávat teplotu u gravimetru během celého měření (i během přepravy). Tento záznam lze následně použít pro výpočet nebo upřesnění teplotních korekcí.

Měření tíhového rozdílu mezi body A a B se provádí v rámci jednoho denního úseku podle schématu A-B-A-B-A-B, t.j. alespoň tři měření na každém bodě. Po měření se provede předběžná kontrola konzistence výsledků měření na bodech a v případě podezření na nesoulad výsledků překračující směrodatnou odchylku měření 7  $\mu\text{Gal}$  se provedou další doplňující měření.

### 3.6. Výpočet tíhového zrychlení


Zpracování tíhových měření se provádí souborem výpočetních postupů, které slouží jak k výpočtu tíhového zrychlení, tak i ke kontrole denních úseků. Relativní tíže jednotlivých měření na bodech reprezentují kalibrovanou hodnotu čtení gravimetru (po zavedení měřítka zpětné vazby, měřícího šroubu a periodických chyb) se započtenou korekcí ze zemských slapů [8], atmosférických jevů [8], přístrojových efektů (např. teplotní a barometrický efekt) [8] a opravy z proměnlivé výšky systému nad bodem (pomocí vertikálního gradientu tíhového zrychlení) [8]. Výsledná hodnota  $g$  na bodě ZGS se určí vyrovnáním metodou nejmenších čtverců, kde jsou vstupními parametry relativní tíže na měřených bodech a absolutní hodnota  $g$  výchozího bodu. Hledanými neznámými jsou kromě absolutní hodnoty  $g$  na bodech ZGS také parametry chodu gravimetru v rámci jednotlivých denních úseků. Volba stupně polynomu, který reprezentuje chod gravimetru, se volí s ohledem na dostatečný počet nadbytečných měření a dosažené hodnoty směrodatné odchylky z vyrovnání, která by neměla přesahovat 7  $\mu\text{Gal}$ .

## 4. Literatura

- [1] Pálinkáš V., Vaľko M. Metodika analytických postupů kombinace dat z absolutních a supravodivých gravimetrů, Technická zpráva VÚGTK č. 1225/2014.
- [2] Pálinkáš V., Lederer M., Kostecký J. (ml.), Šimek J., Mojzeš M., Ferienc D., Csapó G. Analysis of the repeated absolute gravity measurements in the Czech Republic, Slovakia and Hungary from the period 1991–2010 considering instrumental and hydrological effects. Journal of Geodesy, 2013, Vol. 87, 29-42.
- [3] Pálinkáš V., Kostecký J. (jr.), Vaľko M. Absolutní měření tíhového zrychlení na bodech ECGN v letech 2014-2016, Technická zpráva VÚGTK č. 1264/2016.
- [4] Niebauer T M, Sasagawa G S, Faller J E, Hilt R and Klotting F. A new generation of absolute gravimeters, Metrologia, 1995, Vol. 32, 159–180.
- [5] Niebauer T M, Billson R, Ellis B, Mason B van Westrum D and Klotting F. Simultaneous gravity and gradient measurements from a recoil-compensated absolute gravimeter. Metrologia, 2011, Vol. 48, 154-163.
- [6] Metrologická návaznost měření v Základní geodynamické síti, certifikace ČÚZK č.j. ČÚZK-17293/2016-22, Technická zpráva VÚGTK č. 1261 /2016.
- [7] Metodický návod pro práce v základním tíhovém bodovém poli, Zeměměřický úřad.
- [8] Lederer M. Accuracy of the relative gravity measurement, Acta Geodyn. Geomater., Vol. 6, No. 3 (155), 383-390, 2009.


## 5. Přílohy

Příloha č. 1: Absolutní měření tíhového zrychlení s gravimetru typu FG5/FG5X

	Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v.v.i.	Technická zpráva č. 1243/2016	Příloha č. 1	strana 1 / 5
---	--	----------------------------------	-----------------	-----------------

## **Příloha č. 1**

# **Absolutní měření tíhového zrychlení s gravimetry typu FG5/FG5X**

	Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v.v.i.	Technická zpráva č. 1243/2016	Příloha č. 1	strana 2 / 5
---	--	----------------------------------	-----------------	-----------------

## 1. Technická prohlídka místa měření

Podmínkou pro zahájení měření s absolutním gravimetrem je zajištění následujících technických podmínek měření, které jsou dány následujícím souborem požadavků:


- Stabilizace tíhového bodu samostatným betonovým pilířem o plošných rozměrech nejméně 0,6 m × 0,6 m. Hloubka pilíře by měla být alespoň 1 m, nejlépe ovšem se zakotvením v rostlé skále, pokud to geologické poměry lokality umožňují. Tíhový bod může být také umístěn na betonové nebo dlážděné podlaze nejnižšího podlaží budovy, ve které bude měření probíhat. V takovémto případě je potřebné k výběru místa prohlédnout technickou dokumentaci stavby. Na pilíři nebo na podlaze by měla být vyznačena poloha místa buď trvalou stabilizační značkou, nebo alespoň barvou.
- Instalace gravimetru vyžaduje v okolí tíhového bodu volný prostor do vzdálenosti alespoň 1 m na všechny strany od absolutního bodu a minimální výšku 1,6 m nad podlahou resp. pilířem.
- Dostupná elektrická síť střídavého napětí o frekvenci 50 Hz a efektivním napětí 230 V s příkonem alespoň 10 A.
- Zeměpisné souřadnice místa měření určené s nejistotou menší než 0,04 deg.
- Nadmořská výška měření určená s nejistotou menší než 2 m.
- Teplota vzduchu v místě měření v rozmezí od 15°C do 30 °C s variacemi menšími než 3 °C během měření.
- Relativní vlhkost vzduchu v místě měření do 80%.
- Zamezení proudění vzduchu v místě měření.
- Možnost neomezeného přístupu ke gravimetru v průběhu celého měření.
- Místo měření by se mělo nacházet v klidném místě. Blízkost rušných komunikací, průmyslových oblastí způsobuje mikroseismický šum, který může výrazně zhoršit výsledky absolutního měření.

## 2. Příprava k měření

Postup měření s gravimetrem FG5(X) se řídí manuálem výrobcem gravimetru. Gravimetr je instalován k měření v následujících krocích:

- zapojení turbomolekulární pumpy cca 12 hodin před zahájením měření pro dosažení vakua (tento krok lze vynechat, pokud je během transportu gravimetru udržováno vakuum pomocí iontové pumpy),
- zapojení iontové pumpy pro dosažení požadovaného stupně vakua  $10^{-4}$  Pa,
- zapojení laseru na zdroj pro dosažení teplotní stabilizace minimálně 2 hodiny před zahájením měření,
- centrace a přibližné urovnání interferometru gravimetru,
- ustavení stativu a pádové komory na těleso interferometru,
- urovnání pádové komory pomocí stavěcích noh interferometru,
- instalace noh stativu a zdvih pádové komory o 1-2 mm,
- nastavení vertikality laserového paprsku,
- měření výšky přístroje,



	<b>Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v.v.i.</b>	<b>Technická zpráva č. 1243/2016</b>	<b>Příloha č. 1</b>	<b>strana 3 / 5</b>
---	--	--	-------------------------	-------------------------

- zapojení všech propojovacích kabelů,
- vložení kompenzátoru vibrací (superspringu) a jeho horizontace a inicializace,
- úprava urovnání a vertikality přístroje,
- nastavení a kontrola interferenčních proužků,
- synchronizace času počítače s časem UTC s přesností lepší než 10 sec,
- spuštění softwaru „g“, nastavení parametrů měření a jeho zahájení.

### 3. Měření tíhového zrychlení

Měření se skládá alespoň z 1000 volných pádů, které jsou organizovány do tzv. setů. V každém setu musí být provedeno alespoň 50 pádů s intervalem od 5 sec. Nejčastěji používaným nastavením je 24 setů po 1 hodině, přičemž v každém setu je 100 pádů po 10 sekundách. Samotné měření je v rámci setu provedeno za 17 minut a během zbývajících 43 minut se provádí kontrola gravimetru. Interval mezi jednotlivými kontrolami nesmí překročit 8 hodin. Během těchto kontrol je potřebné provést a dokumentovat (do provozního deníku) zjištění z následujících úkonů:

- kontrola libel pádové nádoby,
- odchylka laserového paprsku od vertikality,
- úprava vertikality,
- kontrola polohy referenčního paprsku,
- nastavení překrytu referenčního a testovacího paprsku,
- určení velikosti interferenčních proužků,
- kontrola libel superspringu,
- nastavení napětí na zpětnovazební cívce superspringu,
- kontrola času registračního počítače.


#### 3.1 Nastavení vertikality laserového paprsku

Během měření je vertikality svazku ustavována pomocí hladiny čistého alkoholu. V dalekohledu gravimetru (který slouží jako kolimátor) jsou sledovány dvě stopy svazku po průchodu děličem paprsků: 1) referenční paprsek, jehož směr se po průchodu děličem paprsků nemění, 2) testovací paprsek, který sledujeme v dalekohledu po jeho odrazu od testovacího tělesa a hladiny alkoholu. Pokud je směr testovacího paprsku vertikální, pak se překrývají obě stopy v dalekohledu.

Vertikality svazku je při každém měření opakovaně kontrolována a upravována z důvodu omezení hrubých chyb při měření. Samotné výsledky kontrol jsou zaznamenány odchylkou od vertikality, vyjádřenou zlomkem velikosti svazku ( $111.4 \pm 5.0 \mu\text{rad}$ ). Při odklonu větším než  $1/5$  svazku je potřebné provést nové nastavení pomocí noh interferometru. Blíže je tato tematika popsána v [5].

#### 3.2 Nastavení a určení velikosti interferenčních proužků

Interferenční proužky vznikají složením referenčního a testovacího paprsku a jedná se o signál, který je primárním z hlediska určení dvojic čas-vzdálenost pro výpočet zrychlení volného pádu. K dosažení co nejlepšího překrytu obou paprsků na fotodiodě je potřebné provést justáž interferometru po každé změně směru paprsku před děličem paprsků (např. při rotaci, posunu optických členů v interferometru nebo laseru). Při běžném měření je překryt referenčního a testovacího paprsku proveden pomocí soustavy zrcadlo-planparalelní deska dle návodu [4]. Při každé kontrole během

	<b>Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v.v.i.</b>	<b>Technická zpráva č. 1243/2016</b>	<b>Příloha č. 1</b>	<b>strana 4 /5</b>
---	--	--	-------------------------	------------------------

měření je dále potřebné zaznamenat velikost interferenčních proužků, které by měly být v rozsahu 250 V – 350 mV. Pokud tento rozsah není splněn, je potřebné provést justáž interferometru nebo laseru.

### 3.3 Nastavení superspringu

Koutový odrazeč v superspringu musí být v takové poloze během měření, aby byla zajištěna potřebná úroveň kompenzace vibrací. Napětí na zpětnovazební cívce superspringu tak nesmí překročit hodnotu 150 mV v absolutní hodnotě. Kontrola napětí na zpětnovazební cívce je předmětem pravidelných kontrol a nastavení je popsáno v návodu gravimetru [4].

### 3.4 Další měření

Do dalších měření patří:

- Měření výšky přístroje po ukončení měření.
- Měření napětí odpovídajícího hyperjemným přechodům v molekulárním jodu (součást kontinuálního HeNe laseru), které se provádí alespoň na začátku a konci měření pomocí multimetru.
- Měření atmosférického tlaku pomocí kalibrovaného tlakoměru alespoň jednou v průběhu měření.

## 4. Výpočet a analýza výsledků měření

Měřená hodnota zrychlení volného pádu musí být korigována tak, aby výsledné tíhové zrychlení, jakožto fyzikální veličina popisující tíhové pole Země, byla v souladu s konvencemi IERS (International Earth Rotation and Reference Systems Service) [1] a standardy IAGBN (International Absolute Gravity. Basestation Network) [2]. Konkrétně se jedná o jednoznačně definovatelné proměnlivé složky variací, jakými jsou slapové variace zrychlení, variace odstředivého zrychlení vlivem pohybu pólu a účinek (gravitační a deformační) atmosférických hmot vzhledem ke standardní atmosféře.

### 4.1 Výpočet tíhového zrychlení

Výpočet výsledků měření se provádí firemním softwarem "g" (Micro-g Solutions, Inc. z USA) a pomocí softwaru „AGDAS“ [3], vyvinutém ve VÚGTK. Z měřených dvojic vzdálenost-čas (časové vzorky obsahují korekci z konečné rychlosti světla) jsou nejdříve vypočteny zrychlení volného pádu. Ke zjištění tíhového zrychlení v daném čase a místě jsou dále automaticky na základě vstupních parametrů připočteny korekce:

- z variací slapového zrychlení [5],
- ze změn odstředivého zrychlení v důsledku pohybu pólu vzhledem k pólu IERS [5],
- o účinek anomálních vzdušných hmot [5],
- na referenční výšku měřeného bodu pomocí vertikálního gradientu tíže.

Konečné výsledky měření tíhového zrychlení dále obsahují dodatečně zahrnuté korekce:

- z velikosti interferenčních proužků [5],
- z gravitačního efektu vlivem vlastní hmoty přístroje [5],
- z difrakce laserového paprsku [5],
- z odchylky od vertikality [5],

které nejsou součástí výstupů ze softwaru „g“ a vždy musí být ve zprávě o měření uvedeny.

## 4.2 Vyhodnocení výsledků měření

Software „g“ umožňuje pouze základní analýzu kvality měření na základě výpočtu frekvenčního spektra residuí a citlivosti výpočtu tíhového zrychlení na volbu interferenčních proužků. Tyto výstupy jsou komplexně zpracovány pomocí softwaru „AGDAS“ [3]. V případě, že citlivost výpočtu zrychlení na začátku nebo konci pádu překročí hodnotu  $1,0 \mu\text{Gal}$ , je potřebné provést dodatečná opatření (justáž interferometru, kontrola postavení gravimetru, vyloučení měření) na základě rozhodnutí vedoucího kalibrační laboratoře. Ke stejnému kroku je potřebné přistoupit i v případě nestandardního průběhu frekvenčního spektra residuí.

## 4.3 Vystavení zprávy o měření

Ve zprávě o měření musí být tíhové zrychlení vždy vypočteno v referenční výšce požadované zákazníkem a také ve výšce odpovídající efektivní pozici volného pádu [6]. Jednoznačně musí být také uvedeny všechny korekce, které byly do měření zavedeny. Součástí zprávy je i hodnocení výsledků měření pomocí softwaru „AGDAS“.

## 5. Literatura

- [1] Petit G, Luzum B 2010 IERS Conventions 2010 IERS Technical Note 36
- [2] Boedecker G 1988 International Absolute Gravity Base-station Network (IAGBN). Absolute gravity observations data processing standards & station documentation. *BGI Bull. Inf.* 63 51–57
- [3] Pálinkáš, V., Vaľko, M. AGDAS - nástroj k analýze dat absolutních gravimetrů. Technická zpráva VÚGTK č. 1224/2014.
- [4] FG5 Operator's Manual. Colorado, Erie, Micro-g Solutions Inc. 1999.
- [5] Pálinkáš, V., Vaľko, M., . Kostecký, J. (ml.). Metodika určování absolutní hodnoty tíhového zrychlení pomocí balistických gravimetrů. Technická zpráva VÚGTK č. 1208/2013.
- [6] Pálinkáš V, Jiang Z, Liard J. On the effective position of the free-fall solution and the self-attraction effect of the FG5 gravimeters. *Metrologia* 49 (2012) 552-559.