

# Kompaktná metóda testovania totálnych staníc

Článok opisuje kompaktnú laboratórnu metódu, ktorá overuje uhlovú a dĺžkovú presnosť merania geodetických prístrojov. Autormi sú Alojzy Dzierzaga a René Scherrer z firmy Leica Geosystems AG. Článok je uverejnený v časopise *GIM International*, jún 2002. Obrázky uverejnené v tejto upravenej verzii sú z autorizovaného servisného strediska Leica Geosystems AG v Slovenskej republike.

Uhlové merania sú vykonávané pomocou kolimátorov a dĺžkové merania sú vykonávané s použitím odrazových hranolov, resp. odrazových fólií ako aj bez použitia odrazových hranolov. Metóda bola optimalizovaná na využitie v malých priestoroch s cieľom minimalizovať časové požiadavky. Je vhodná pre servisné pracoviská alebo inštitúcie s obmedzeným priestorom.

## 1. 1. ÚVOD

Pravidelné overovanie parametrov geodetických prístrojov sa stáva čoraz dôležitejšie, či už z pohľadu užívateľa alebo zadávateľa prác, ktorí potrebujú dokumentovať stanovené požiadavky na presnosť prístroja pre daný kontrakt. Normy DIN a ISO (vydané po novembri 2001) obsahujú metódy na testovanie geodetických prístrojov v teréne, ktoré sú si navzájom podobné. Okrem úplnej testovacej metódy ponúka norma ISO aj zjednodušenú metódu. O správnosti tejto metódy sa nedá pochybovať, avšak pri praktickom aplikovaní môžu nastať nasledujúce problémy:

- - najst' vhodné testovacie miesto (nedostatok miesta, vzdialenosť od testovacieho miesta. atď.),
- - legítimný prístup k takýmto miestam,
- - čas strávený prípravou testovacieho vybavenia len pre jeden príležitostný test,
- - náklady na permanentnú inštaláciu,
- - čas potrebný na vykonanie meraní.

Tieto problémy sú zvlášť bežné v servisných strediskách pre geodetické prístroje, ktoré sa nachádzajú vo väčších mestách, kde sú problémy s priestorom. Iné inštitúcie sa môžu stretnúť s podobnými problémami.

V nasledujúcom texte je opísaná tzv. kompaktná laboratórna testovacia metóda odporučená všetkým servisným strediskám firmy Leica Geosystems AG a je optimalizovaná na eliminovanie uvedených problémov.

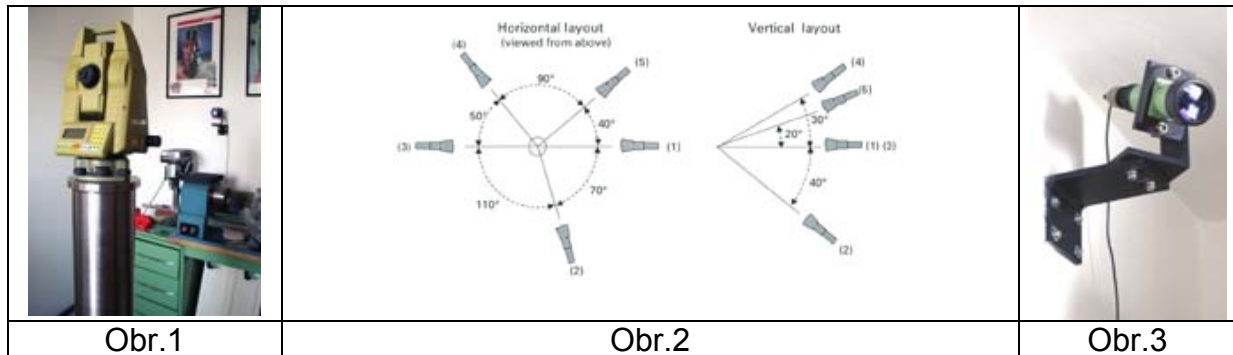
## 2. 2. PRÍPRAVA MERANIA

Pri plánovaní prípravy merania sa kladie zvláštny dôraz na obmedzený priestor a časové limity pre vykonanie meraní.

### 2.1 2.1 PRÍPRAVA PRE MERANIE HORIZONTÁLNYCH A VERTIKÁLNYCH UHLOV

Prístroj je pripravený v podložke jemne upevnenej na oceľovom alebo betónovom pilieri (obr.1). Uhlové meranie sa vykonáva pomocou piatich kolimátorov (obr.3), ktoré sú rozmiestnené v priestore (obr.2). Dva kolimátory sú umiestnené

v horizontálnej rovine a ďalšie tri pod výškovými uhlami od  $+30^\circ$  do  $-40^\circ$ . Dôvodom takéhoto rozmiestnenie je optimalizovať čas potrebný na vykonanie merania. Horizontálne a vertikálne merania, ináč vykonávané v samostatných krokoch, sú vykonané v jednom kroku. Zámerné kríže kolimátorov sú smerované tak, aby centricky umožnili súčasné meranie horizontálnych aj vertikálnych uhlov. Tento postup možno porovnať s laboratórnymi metódami, keďže atmosferické vplyvy ako refrakcia, vibrácia a teplotné rozdiely na meranie nevplyvajú.

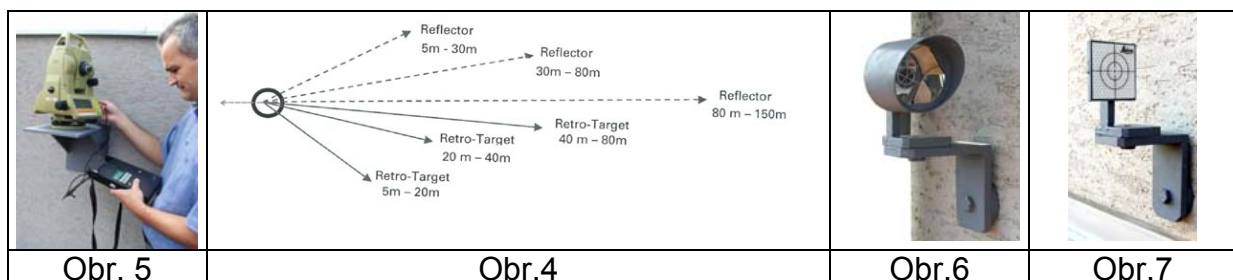


Špeciálny držiak (obr.3) pre upevnenie kolimátora na stenu alebo na pilier umožňuje jeho otáčanie tak, aby nevznikla chyba z cielenia spôsobená nesúosovým cielením.

### 3.2 PRÍPRAVA NA MERANIE DĹŽOK

Táto príprava na meranie umožňuje testovanie merania dĺžok a určenie hodnoty adičnej konštanty v malom priestore. Metóda krátkych vzdialeností nie je vhodná na určenie mierkového faktora, namiesto toho by malo byť použité zvyčajné meranie frekvencie prístroja. Umiestnenie prístroja je zvolené tak, aby boli pokryté dĺžky od 5m do 100m (obr.4). Preto je potrebné upevniť niektoré odrazové hranoly (obr.6), odrazové fólie (obr.7) mimo laboratória, napr. na protiľahlú budovu. Na testovanie prístrojov s bezodrazovým meraním dĺžok musia byť označené vopred definované ciele. Poloha prístroja (obr.5) musí byť zabezpečená a zachytená kontrolným bodom alebo aspoň jedným laboratórnym cieľom v opačnom smere, ako sú merané cieľové body.

Vzdialenosti sú merané a kontrolované pomocou kalibrovaného referenčného prístroja (servis v SR má k dispozícii totálne stanice Leica TC2003, Leica TDM5000 a švajčiarsky diaľkomer KERN Mekometer ME 5000). Tieto dĺžky sa považujú za referenčné.



## 4. POSTUPY MERANIA A VYHODNOTENIE

### 4.1 MERANIE UHLOV

Pred začatím merania musí prístroj získať okolitú teplotu. Čas potrebný na získanie teploty okolia je približne 2 minúty na každý 1°C rozdielu teplôt. Zámerná os, vertikálna os, vertikálny index a kompenzátor môžu byť pred meraním rektifikované, ale nemajú vplyv na presnosť, keďže sa meria dvakrát v dvoch polohách a počas merania zostávajú konštatné.

Meranie uhlov vykonávame metódou merania uhlov v radoch a skupinách. Na kolimátory sa cieľ centricky, súčasne sa vykoná meranie horizontálnych a vertikálnych uhlov. Na meranie použijeme tri skupiny, pričom medzi každou skupinou merania sa prístroj odmontuje z podložky, otočí o 120°, vloží späť, zaistí a urovná. Pomocou tohto postupu môžu byť zistené aj chyby v systéme uhlového merania.

Určenie aposteriórnej hodnoty štandardnej odchýľky sa vykoná oddelene pre horizontálne smery a vertikálne uhly pomocou známych vzorcov pre meranie uhlov v skupinách.

### 4.2 MERANIE DĹŽOK

Pred začatím merania musí prístroj získať okolitú teplotu a musia byť nastavené špecifické vstupné parametre ako je adičná konštanta, atď. Predpokladá sa, že prístroj nemá žiadnu mierkovú chybu.

Počas merania dĺžok musí byť meraná teplota a tlak vzduchu (obr.5), aby bolo možné opraviť merané vzdialenosti o vplyv existujúcich atmosferických podmienok tak, aby ich bolo možné porovnať s referenčnými hodnotami.

Určenie presnosti a adičnej konštanty sa musí vykonať samostatne pre každý typ cieľových značiek (hranoly, fólie, bezodrazové meranie). Merací program pre každý typ cieľovej značky pozostáva z troch skupín v oboch polohách na tri ciele umiestnené v rôznych vzdialenostiach.

Pre každú dĺžku sa vykoná šesť meraní. Pre každú dĺžku sa najskôr určí adičná konštanta.

Ak by bola adičná konštanta určená testom väčšia ako 0.5 násobok konštantnej časti špecifikovanej presnosti dĺžkového merania (pri prístrojoch so špecifikáciou 2mm + 2ppm to zodpovedá 1mm), mal by byť prístroj zrektifikovaný v servisnom stredisku. Užívateľ nemá možnosť to urobiť. Avšak môže zadať do prístroja zistenú adičnú konštantu, aby boli dĺžky príslušne opravované.

Štandardná odchýlka vyjadrujúca presnosť merania dĺžok v jednej polohe je vypočítaná obvyklým spôsobom zo súčtu štvorcov rozdielov dĺžok meraných a referenčných.

#### 4.3 ŠTATISTICKÉ TESTY

Pre uhly ako aj pre vzdialenosti je teraz zaujímavá otázka, či experimentálne určená odchýlka zodpovedá špecifikáciám výrobcu. Pomocou štatistických testovacích postupov hypotéz je možné na hladine významnosti  $\alpha = 0,05$  stanoviť spoločne platný (zaokrúhlený) kvantil 1.3.

To znamená, že ak je aposteriórna hodnota štandardnej odchýlky 1.3 - krát väčšia ako špecifikácia výrobcu, prístroj sa posudzuje ako nespôsobilý, pričom toto rozhodnutie sa prijíma so zostatkovým rizikom 5%, že by mohol byť prijateľný.

### 5 VYHODNOCOVACÍ SOFTWARE

S cieľom objektivizovať vyhodnotenie meraní bol vyvinutý program Main Accuracy (Windows OS), ktorý okrem možného manuálneho vstupu pre optomechanické prístroje, umožňuje tiež automatický zber údajov pre elektronické totálne stanice. Užívateľ je nielen vedený hore opísaným postupom merania, ale je tiež upozornený, ak sa pri meraní vyskytnú hrubé chyby, ako je zacielenie na nesprávny cieľ. Merané hodnoty a výsledky môžu byť vytlačené ako správa.

### 6 VÝSLEDKY A POROVNANIA

Porovnanie výsledkov získaných s rovnakým prístrojom pomocou rôznych testovacích metód umožňuje hodnotiť účinnosť, spoľahlivosť a obmedzenia opísanej kompaktnej laboratórnej metódy.

Štandardné odchýlky pre uhlové merania získané kompaktnou metódou, metódou testovania prístrojov v teréne, alebo metódou testovania prístrojov v laboratóriu pomocou kolimátorov podľa noriem ISO navzájom dobre súhlasia. Rozdiely medzi týmito odchýlkami neboli väčšie ako je presnosť udávaná výrobcom. To isté platí aj pre štandardné odchýlky pre meranie dĺžok.

Porovnanie času potrebného pri „kompaktnej metóde“ a „ISO metóde v teréne“ ukazuje 5 násobnú úsporu času v prospech „kompaktnej metódy“.

### 7 ZÁVEREČNÉ POZNÁMKY

V článku je opísaná laboratórna metóda testovania prístrojov, ktorá bola optimalizovaná vzhľadom na časové a priestorové požiadavky. V porovnaní s rigoróznymi poľnými metódami bolo možné kombinovaním merania horizontálnych a vertikálnych uhlov, použitím referenčných vzdialeností pre určenie adičnej konštanty a redukovaním počtu nutných meraní ušetriť čas (5-násobne).

Táto metóda je príliš nákladná pre príležitostné kontroly individuálnych prístrojov. Je vhodná pre testovanie veľkého počtu prístrojov, ako to je napr. v prípade servisných stredísk. Servisné stredisko Leica Geosystems AG v Bratislave zakúpilo hardware a software začiatkom r.2002. V máji t.r. bola ukončená inštalácia a boli vykonané základné merania. Od 15. mája vydáva Geotech Bratislava certifikáty, ktoré pozostávajú z dvoch častí: Certifikát uhlov a certifikát dĺžok. Certifikát dĺžok obsahuje aj testom určenú hodnotu adičnej konštanty.

<p style="text-align: center;"><b>Certificate</b></p> <p><b>Producer inspection certificate M (Service Centre)</b> in accordance with DIN 55350-18-4.2.2</p> <p>Product : TC307 Article no : 687283 Serial no : Inspection date : 4.6.2002 Ordered by : Julius Pakozdy</p> <p>Your order number : 2006/2002 Customer :</p> <p>1. Specifications : Standard deviation of a mean direction measured in both faces : 2 mGon</p> <p>2. Test results : Standard deviation Hz : 0.38 mGon Standard deviation V : 0.27 mGon</p> <p>3. Certificate : We hereby certify that the product described has been tested and complies with the specifications and test results as stated above. The test equipment used is traceable to our working standards or to our working procedures. The working standards and the working procedures are traceable to national standards or to recognized procedures. This is established by our Quality Management System, audited to ISO 9001 by an independent national accredited body.</p> <p>Geotech Bratislava Cernysevskeho 26 851 01 Bratislava</p> <p>4.6.2002</p> <p> Julius Pakozdy Manager Instr. Service &amp; Documentation</p> <p> Ivan Lovisek Instr. Service &amp; Documentation</p> <p> </p> <p>Page 1 (4)</p>	<p style="text-align: center;"><b>Certificate</b></p> <p><b>Producer inspection certificate M (Service Centre)</b> in accordance with DIN 55350-18-4.2.2</p> <p>Product : TC307 Article no : 687283 Serial no : Inspection date : 5.6.2002 Ordered by : Julius Pakozdy</p> <p>Your order number : 2006/2002 Customer : TSS Bratislava, a.s., Za stanicou 3, Bratislava</p> <p>1. Specifications : EDM - Distance standard deviation of a single measurement: Infa-Red (IR) : 2mm + 2ppm</p> <p>2. Test results : Additive constant IR : 0.70 mm Standard deviation IR : 0.49 mm Additive constant Tape : 0.33 mm Standard deviation Tape : 0.63 mm</p> <p>3. Certificate : We hereby certify that the product described has been tested and complies with the specifications and test results as stated above. The test equipment used is traceable to our working standards or to our working procedures. The working standards and the working procedures are traceable to national standards or to recognized procedures. This is established by our Quality Management System, audited to ISO 9001 by an independent national accredited body.</p> <p>Geotech Bratislava Cernysevskeho 26 851 01 Bratislava</p> <p>5.6.2002</p> <p> Julius Pakozdy Manager Instr. Service &amp; Documentation</p> <p> Ivan Lovisek Instr. Service &amp; Documentation</p> <p> </p> <p>Page 1 (3)</p>
Certifikát uhlov	Certifikát dĺžok a adičnej konštanty

**Tab.: Kalibrácie vykonané od 10. mája do 1.júna 2002 Geotechom Bratislava**

Typ prístroja	Výr.č.	Štandardná odchýlka uhlová		Štandardná odchýlka dĺžková	
		Udávaná výrobcom	Výsledok kalibrácie Hz V	Udávaná výrobcom	Výsledok kalibrácie
TC605	405780	1.5 mGon	0.79 mGon 0.29 mGon	3mm + 3ppm	0.24mm
TC605	403965	1.5 mGon	0.57 mGon 0.40 mGon	3mm + 3ppm	0.53mm
TCR703	644000	1.0 mGon	0.34 mGon 0.27 mGon	2mm + 2ppm	0.62mm
TC805L	502126	1.0 mGon	0.64 mGon 0.28 mGon	2mm + 2ppm	0.24mm
TC1100	417424	1.0 mGon	0.47 mGon 0.31 mGon	2mm + 2ppm	0.53mm
TC805	411763	1.0 mGon	0.59 mGon 0.91 mGon	2mm + 2ppm	0.34mm
TC307	687283	2.0 mGon	0.38 mGon 0.27 mGon	2mm + 2ppm	0.49mm
TC600	406444	1.5 mGon	0.19 mGon 0.31 mGon	3mm + 3ppm	0.49mm
TC600	123456	1.5 mGon	0.38 mGon 0.27 mGon	2mm + 2ppm	0.26mm

			mGon		
TCR305	649320	1.5 mGon	0.58 mGon 0.26 mGon	2mm + 2ppm	0.38mm

Preklad, úprava a foto: Ing. Ivan Lovíšek, Geotech Bratislava

Lektoroval: doc. Ing. Alojz Kopáčik, PhD., Katedra geodézie SvF STU v Bratislave - pozri obr. dole:

Poznámky lektora:

Autor prezentuje technologický postup na testovanie totálnych staníc v laboratórnych podmienkach. Postup umožňuje určenie základných charakteristík presnosti prístrojov, stredné chyby meraných vodorovných a zvislých uhlov a hodnotu súčtovej (adičnej) konštanty vo vzťahu na výpočet strednej chyby meranej dĺžky. Násobnú konštantu, ako uvádza autor, je treba určiť meraním frekvencií prístroja, čím sa okruh možných používateľov prezentovaného postupu obmedzí na servisné strediská s adekvátnym vybavením.

Rozhodnutie o spôsobilosti testovaného prístroja, resp. jeho funkčných celkov sa realizuje aplikáciou testovacej štatistiky používanej normou DIN 18 723-3 na hladine významnosti  $\alpha=0,05$  ( $P=95\%$ ). Pre stupne voľnosti 8 (vodorovné uhly), 10 (zvislé uhly) a 15 (dĺžky) nadobúda koeficient konfidencie t testovacej štatistiky postupne hodnoty 1,39, 1,35 a 1,29. Autori pôvodného článku uvádzajú pre všetky tri prípady spoločný koeficient  $t=1,3$ , čo je z hľadiska praktických aplikácií prijateľný kompromis.

Významným prínosom pre geodetickú prax je skutočnosť, že postupne budované servisné strediská v SR sú porovnateľné so servisnými pracoviskami renomovaných výrobcov vo všetkých oblastiach, ako v oblasti personálnej, tak v oblastiach prístrojového a programového vybavenia.

Bratislava, 12.06.2002



doc. Ing. Alojz Kopáčik, PhD.  
Katedra geodézie SvF STU v Bratislave