

# NOVÉ NORMY NA TESTOVANIE GEODETICKÝCH PRÍSTROJOV V TECHNICKEJ PRAXI

*Ježko J.*

## 1 ÚVOD

K normám z oblasti terminológie v geodézii a kartografii, ktoré boli vydané v roku 2009 [2], pribudli začiatkom roku 2010 (2/2010) normy z oblasti pôsobnosti medzinárodnej technickej komisie ISO/TC 172/SC 6 - Optics and optical instruments /Geodetic and surveying instruments (Optika a optické prístroje/Geodetické a meracie prístroje), ktoré boli do sústavy STN prevzaté originálom – úvodná časť v slovenskom jazyku, text normy v anglickom jazyku.

Jedná sa o nasledujúce normy:

- STN ISO 17123-2: 2002 Optika a optické prístroje – Postupy na testovanie geodetických prístrojov. 2. časť: Niveláčny prístroje.,
- STN ISO 17123-3: 2001 Optika a optické prístroje – Postupy na testovanie geodetických prístrojov. 3. časť: Teodolity.,
- STN ISO 17123-4: 2001 Optika a optické prístroje – Postupy na testovanie geodetických prístrojov. 4. časť: Elektrooptické diaľkomery.,
- STN ISO 17123-5: 2005 Optika a optické prístroje – Postupy na testovanie geodetických prístrojov. 5. časť: Elektronické tachymetre.,
- STN ISO 17123-6: 2005 Optika a optické prístroje – Postupy na testovanie geodetických prístrojov. 7. časť: Rotačné laserové prístroje.,
- STN ISO 17123-7: 2005 Optika a optické prístroje – Postupy na testovanie geodetických prístrojov. 7. časť: Optické prevažovacie prístroje.,
- STN ISO 17123-8: 2005 Optika a optické prístroje – Postupy na testovanie geodetických prístrojov. 8. časť: GNSS meracie systémy pracujúce kinematickou metódou v reálnom čase.

Príspevok nadväzuje na príspevok [2] publikovaný v Slovenskom geodetovi a kartografovi publikovanom v č. 3/2009 a predstavuje bližšie obsah STN ISO 17123-4: 2001 Optika a optické prístroje - Postupy na testovanie geodetických prístrojov. 4. časť: Elektrooptické diaľkomery.

## 2 POSTUPY NA TESTOVANIE GEODETICKÝCH PRÍSTROJOV - ELEKTROOPTICKÉ DIAĽKOMERY [1, 3]

Medzinárodnú normu ISO 17123-4 pripravila technická komisia ISO/TC 172, Optika a optické prístroje, subkomisia SC 6, Geodetické a meracie prístroje ako súčasť ISO 17123 pozostávajúcej z častí uvádzaných v predchádzajúcom texte (pod hlavným titulom Optika a optické prístroje - Postupy na testovanie geodetických prístrojov.

Táto časť ISO 17123 špecifikuje skúšobné postupy, zamerané na určovanie a odhad presnosti elektrooptických diaľkomerov a pomocného vybavenia pri meraniach v stavebníctve

---

<sup>1</sup> Ing. Ján Ježko, PhD., Katedra geodézie, Stavebná fakulta, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, tel.: 59274 338, e-mail: [jan.jezko@stuba.sk](mailto:jan.jezko@stuba.sk).

a geodézií. Cieľom týchto skúšok je najmä overenie vhodnosti jednotlivých prístrojov pre príslušnú úlohu a splnenie požiadaviek iných noriem. Tieto postupy sú určené na skúšanie prístrojov v teréne bez potreby ďalších zariadení a sú navrhnuté tak, aby bol minimalizovaný vplyv atmosférických podmienok na výsledok testu [3].

## 2.1 Metóda 1: Zjednodušená testovacia metóda

Zjednodušená testovacia metóda poskytuje odhad, či presnosť daného elektrooptického diaľkomera (EOD) je v rámci povolených odchýlok podľa ISO 4463-1. Zjednodušené testovacie metódy sú založené na limitovanom počte meraní, bez možnosti získania štatisticky významnej štandardnej odchýlky. Keď je požadované presnejšie hodnotenie EOD v terénnych podmienkach, odporúča sa použiť úplnú testovaciu metódu. Táto metóda sa vzťahuje na testovacie pole so vzdialenosťami, ktoré sú definované ako skutočné hodnoty. Ak testovacie pole nie je k dispozícii, je potrebné určiť neznáme vzdialenosti použitím EOD s vyššou presnosťou, než je požadované pre meračskú úlohu alebo s použitím EOD testovaného podľa úplnej testovacej metódy, podrobnosti uvedené v [3].

## 2.2 Metóda 2: Úplná testovacia metóda

Úplná testovacia metóda má byť prispôbená na určenie najvyššej dosiahnuteľnej presnosti merania jednotlivých EOD a ich prídavných zariadení (odrazových hranolov) v terénnych podmienkach. Úplná testovacia metóda je založená na meraniach dĺžok vo všetkých kombináciách na testovacej vzdialenosti bez nominálnej hodnoty. Empirická štandardná odchýlka jedného merania vzdialenosti je určená vyrovnaním metódou najmenších štvorcov vo všetkých kombináciách. Pomerné chyby nemôžu byť zistené touto metódou a nemajú žiadny vplyv na empirickú štandardnú odchýlku alebo na opravu nulového bodu  $\delta$ . Za účelom určenia stability frekvencie, frekvencia EOD má byť kontrolovaná frekvenčným normálom [3].

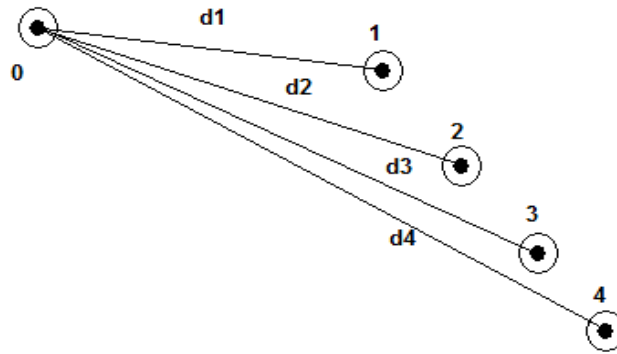
Ďalej táto metóda môže byť použitá na určenie:

- presnosti merania EOD a meračskej skupiny s jedným prístrojom a jeho prídavným zariadením v danom čase,
- presnosti merania jedného EOD,
- presnosti merania každého z niekoľkých EOD za účelom porovnania ich presnosti dosiahnutej pri rovnakých terénnych podmienkach.

Štatistické testy by mali byť aplikované na určenie, či získaná empirická štandardná odchýlka  $s$ , patrí do oblasti teoretickej štandardnej odchýlky  $\sigma$ , či dve testované vzorky patria do rovnakého súboru a či oprava nulového bodu  $\delta$ , je rovná nule alebo preddefinovanej hodnote,  $\delta_0$ .

## 2.3 Zjednodušená testovacia metóda – určenie dĺžok testovacieho poľa

Testovacie pole má pozostávať z jedného trvalo stabilizovaného a označeného stanoviska a štyroch dočasne postavených odrazových zrkadiel v typických vzdialenostiach obvyklých pre zvyčajný pracovný rozsah konkrétneho EOD (napr. od 20 m do 200 m). Referenčná dĺžka štyroch vzdialeností má byť určená ako je opísané v 2.2. Dĺžky testovacieho poľa sa určujú ako priemer z troch meraní opravených vplyvom teploty a tlaku vzduchu (obr. 1) [3].



Obr. 1 - Konfigurácia testovacieho poľa pre zjednodušené testovacie metódy

### 2.3.1 Testovacie merania

Každá vzdialenosť má byť meraná trikrát. Potrebné je taktiež meranie teploty a tlaku vzduchu na odvodenie atmosférických korekcií. Merané vzdialenosti  $x_1, x_2, x_3, x_4$  sú stredné hodnoty vypočítané z troch meraní a opravené o atmosférické korekcie.

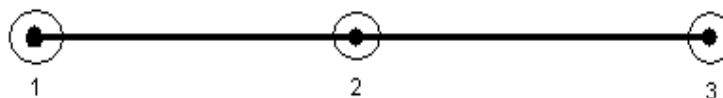
### 2.3.2 Výpočet

Všetky rozdiely  $\bar{x}_j - x_j$  majú byť v rámci danej dovolenej odchýlky  $\pm p$  (podľa ISO 4463-1) pre určenú meračskú úlohu. Ak nie je dané,  $p$ , všetky rozdiely majú byť  $|\bar{x}_j - x_j| \leq 2,5 \times s$ , kde  $s$ , je empirická štandardná odchýlka jedenkrát meranej vzdialenosti, ktorá je určená podľa úplnej testovacej metódy. Ak sú rozdiely  $|\bar{x}_j - x_j|$  sú príliš veľké pre zadanú úlohu, je potrebné identifikovať hlavné zdroje chýb.

### 2.3.3 Ďalší postup

Ak všetky rozdiely majú rovnaké znamienko, potom je podozrenie na existenciu systematickej chyby. Môže to byť chyba z opravy nulového bodu (adičnej konštanty) alebo chyba násobnej konštanty. Ak nezistíme žiadnu systematickú chybu, potom sa odporúča vykonať úplnú testovaciu metódu, ako je uvedené v časti 2.5. Ak je podozrenie na pomernú chybu, potom meracia frekvencia EOD prístroja by mala byť skontrolovaná pomocou frekvenčného normálu.

Na kontrolu opravy nulového bodu (adičnej konštanty),  $\delta$ , vytýčime prechodnú základnicu (okolo 50 m), ktorú tvoria najmenej tri body usporiadané v rovnakej horizontálnej rovine. (obr. 2). Základnicu budú tvoriť tri statívy s nútenou centráciou.



Obr. 2 – Prechodná základnica na kontrolu opravy nulového bodu.

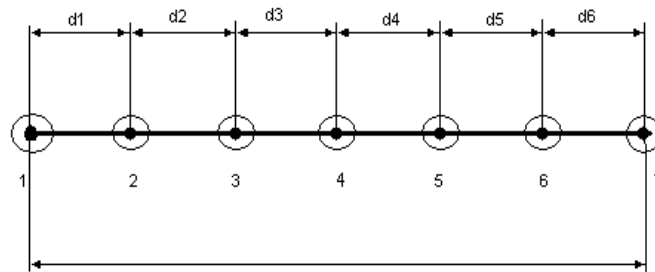
Z meraných vzdialeností medzi statívmi, opravu nulového bodu vypočítame :

$\delta = \overline{1,3} - \overline{1,2} - \overline{2,3}$ , kde  $\delta$  je oprava nulového bodu a  $\overline{1,3} - \overline{1,2} - \overline{2,3}$  sú merané vzdialenosti medzi troma statívmi [3].

## 2.4. Úplné testovacie metódy

### 2.4.1 Konfigurácia testovacej línie

Priamka je približne 600 m dlhá so siedmimi bodmi môže byť stabilizovaná v horizontálnej rovine alebo v oblasti s konštantným sklonom (obr. 3).



Obr. 3 – Konfigurácia testovacej línie pre úplnú testovaciu metódu

Body budú stabilizované počas testovacieho merania. Za účelom získania reprezentatívnych hodnôt pre empirickú štandardnú odchýlku  $s$ , a opravu nulového bodu  $\delta$ , vyberieme body takým spôsobom, aby časti meraných vzdialeností určených fázovým meradlom prístrojom s jemnou frekvenciou boli merané vzdialenosti fázovým meraním so správnou frekvenciou, ktoré sú rovnomerne rozmiestnené po celkovej dĺžke (komparačnej základnice) EOD prístroja [3].

Dobrá konfigurácia bude dosiahnutá, keď šesť vzdialeností  $d_1, \dots, d_6$  medzi siedmimi bodmi testovacej línie sú určené nasledovnými metódami:

- $d_0 = 600$  m je približná dĺžka projektovanej testovacej línie,
- $\lambda$  je vlnová dĺžka EOD prístroja,
- $\lambda/2$  je jednotková dĺžka základnice EOD prístroja,

kde  $\beta_0$  je zaokrúhľená na najbližšiu celočíselnú hodnotu:

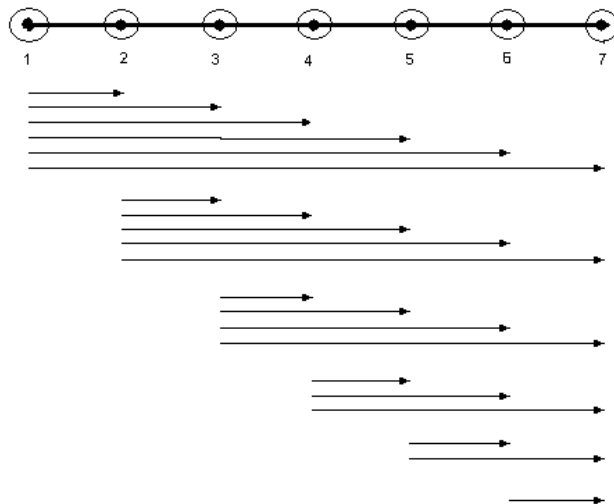
$$\beta = \mu \times \lambda / 2, \text{ kde } \mu \text{ je prirodzené číslo, } \gamma = \frac{\lambda}{72}.$$

Šesť vzdialeností testovacej línie a celkovej dĺžky  $d$  je vypočítaných:

$$\begin{aligned} d_1 &= \lambda + \beta + 3\gamma & d_5 &= \lambda + 2\beta + 5\gamma \\ d_2 &= \lambda + 3\beta + 7\gamma & d_6 &= \lambda + \gamma \\ d_3 &= \lambda + 5\beta + 11\gamma & d &= 6\lambda + 15\beta + 36\gamma \\ d_4 &= \lambda + 4\beta + 9\gamma \end{aligned}$$

### 2.4.2 Merania

Všetkých 21 vzdialeností medzi siedmimi bodmi (obr. 4) je potrebné merať v ten istý deň. Vplyv centračných chýb eliminovať nútenou centráciou. Dostatočný počet odrazových hranolov má zaisťovať, že všetky vzdialenosti sú namerané s požadovanou intenzitou odrazeného signálu. Meranie vzdialeností je potrebné realizovať pri dobrej viditeľnosti. Teplota a tlak vzduchu je potrebné merať tak často aby bola zaistená spoľahlivosť určenia opravy z vplyvu atmosféry [3].



Obr. 4 – Merané vzdialenosti

### 2.4.3 Výpočty

Merania  $x$  (odhad vzdialenosti = odčítané na EOD prístroji) je potrebné opraviť o vplyv atmosféry a redukcia sklonu. Tieto opravené hodnoty  $x_{p,q}$  sú vyhodnocované adjustáciou observačných rovníc. Neznámymi parametrami je šesť vzdialeností  $\bar{x}_{1,2}, \bar{x}_{2,3}, \dots, \bar{x}_{6,7}$  a oprava nulového bodu  $\delta$  [3].

Výsledky sú určené z :

$$a_p = \sum_{q=1}^{7-p} x_{p,q+p} - \sum_{q=1}^p x_{q,7-p+q} ; p = 4, 5, 6$$

$$b_p = \frac{1}{7} \left( \sum_{q=p+1}^7 x_{p,q} - \sum_{q=1}^{p-1} x_{q,p} \right) ; p = 1, \dots, 7$$

$$\delta = \frac{1}{35} \sum_{p=4}^6 (2p-7) \times a_p ,$$

kde  $\delta$  je oprava nulového bodu.

$$r_{p,q} = b_p - b_q - \frac{7 + 2(p-q)}{7} \times \delta - x_{p,q} ; \quad p = 1, \dots, 6; \quad q = p + 1, \dots, 7,$$

kde  $r_{p,q}$  sú opravy z 21 nameraných vzdialeností  $x_{p,q}$  opravené o systematické vplyvy (oprava z atmosféry, redukcia sklonu, ale nie redukcia nulového bodu).

$$\sum r^2 = \sum_{p=1}^6 \sum_{q=p+1}^7 r_{p,q} = r_{1,2}^2 + r_{1,3}^2 + \dots + r_{6,7}^2 ,$$

kde,  $\sum r^2$  je suma štvorcov všetkých opráv  $r_{p,q}$ .

$\nu = n - u = 14$ , kde

$\nu$  je stupeň voľnosti,

$n$  je číslo merania (=21);

$u$  je číslo odhadovaného parametra (=6+1=7);

$$s = \sqrt{\frac{\sum r^2}{\nu}} = \sqrt{\frac{\sum r^2}{14}}.$$

S je empirická štandardná odchýlka jedenkrát meranej vzdialenosti -  $s_{ISO-EOD} = s$ .

Empirická štandardná odchýlka opravy nulového bodu,  $\delta$ , je určená nasledovne [3]:

$$s_{\delta} = s \times \frac{1}{\sqrt{5}} = s \times 0,45.$$

## 2.5. Štatistické testy

### 2.5.1 Všeobecne

Štatistické testy sú odporúčané iba pre úplné testovacie metódy [3].

Na interpretáciu výsledkov budú zrealizované štatistické testy:

- empirickej štandardnej odchýlky  $s$ , meranej vzdialenosti na testovacej vzdialenosti a
- oprava nulového bodu  $\delta$ , EOD prístroja a jeho empirická štandardná odchýlka  $s_{\delta}$ ,

za účelom zodpovedať nasledujúce otázky (tab.1):

a) Je vypočítaná empirická štandardná odchýlka,  $s$ , menšia ako jej prislúchajúca hodnota  $\sigma$ , stanovená výrobcom alebo menšia než ďalšia preddefinovaná hodnota  $\sigma$ ?

b) Patria dve empirické štandardné odchýlky,  $s$  a  $\tilde{s}$ , určené z dvoch rôznych súborov meraní do rovnakej oblasti predpokladajúc, že obe vzorky majú rovnaký stupeň voľnosti  $\nu$ ?

Empirické štandardné odchýlky,  $s$  a  $\tilde{s}$ , môžeme získať z:

- dvoch súborov meraní rovnakým prístrojom v rôznom čase,
- dvoch súborov meraní rôznymi prístrojmi.

c) Platí, že oprava nulového bodu,  $\delta$ , je rovná nule daná výrobcom ( $\delta_0 = 0$ ) alebo ak sú použité odrazové hranoly s danou opravou nulového bodu  $\delta_0$ , je  $\delta = \delta_0$ ?

Pre nasledujúce testy je konfidenčný interval  $1 - \alpha = 0,95$  a podľa zrealizovaného merania je predpokladané číslo stupňa voľnosti  $\nu = 14$ .

Tab. 1 – Štatistické testy

Otázka	Nulová hypotéza	Alternatívna hypotéza
a)	$s \leq \sigma$	$s > \sigma$
b)	$\sigma = \tilde{\sigma}$	$\sigma \neq \tilde{\sigma}$
c)	$\delta = \delta_0$	$\delta \neq \delta_0$

Ďalšie podrobnosti, vrátane ukážok výstupného protokolu zo skúšok a testovania s uvedené v [3].

## LITERATÚRA

- [1] JEŽKO, J.: Testovanie a kalibrácia geodetických prístrojov z pohľadu technických noriem. In.: Interdisciplinárne aplikácie geodézie, inžinierskej geodézie a

fotogrametrie. Bratislava, Katedra geodézie SvF STU, 2008, 10 s., (CD ROM) ISBN 978-80-227-2938-3.

- [2] JEŽKO, J. - KOPÁČIK, A.: 10 rokov činnosti technickej komisie č. 89 pre oblasť geodézie a kartografie. In: Slovenský geodet a kartograf 3/2009. Komora geodetov a kartografov, Bratislava, 2009, ISSN 1335-4019, s. 5-9.
- [3] STN ISO 17123-4: 2001 Optika a optické prístroje – Postupy na testovanie geodetických prístrojov. 4. časť: Elektrooptické diaľkomery.