

# KONTROLA A TESTOVANIE NIVELAČNÝCH PRÍSTROJOV PRE PRÁCE V STAVEBNÍCTVE

## VERIFICATION AND TESTING OF LEVELING INSTRUMENTS FOR WORK IN BUILDING INDUSTRY

Ing. Ježko Ján. Ph.D.

### ABSTRAKT

Príspevok predstavuje postup testovania nivelačných prístrojov využívaných pri prácach v stavebníctve. Všeobecne popísaný postup testovania a overovania nivelačných prístrojov (optických i digitálnych) je doplnený výsledkami a hodnotením štyroch vybraných nivelačných prístrojov (Sokkia C40, Geo Fennell NO.10, Spectra AL100 a Leica Sprinter 150) využívaných pre práce v stavebníctve v oblasti technickej nivelácie.

**Kľúčová slova:** *technická norma, nivelačný prístroj, technická nivelácia, zjednodušený a úplný postup.*

### ABSTRACT

The article introduces the testing procedure of levelling instruments in construction. Generally described testing and validation procedure of levelling instruments (optical and digital as well) is supplemented by results and evaluation of four selected levelling instruments (Sokkia C40, Geo Fennell NO.10, Spectra AL100 a Leica Sprinter 150) used to work in technical levelling.

**Key words:** *technical standard, levelling instrument, technical levelling, simplified and complete procedure.*

## 1 ÚVOD

Pri práci s nivelačnými prístrojmi (NP) sa predpokladá splnenie základných osových podmienok, definovaných pre tento typ geodetických prístrojov. NP však ako každé meracie prístroje podliehajú rôznym vplyvom, ktoré môžu spôsobiť nedostatočné presné určenie prevýšení. Cieľom príspevku je výklad a aplikácia testovacieho postupu pre určenie odchýlky sklonu zámernej priamky a určenie presnosti prevýšenia meraného v nivelačnej zostave podľa technickej normy STN ISO 17123-2 s aplikáciou pre štyri nivelačné prístroje.

## 2 KONTROLA A TESTOVANIE NIVELAČNÝCH PRÍSTROJOV

Kontrola a testovanie geodetických prístrojov používaných v stavebnej praxi je možné realizovať podľa niektorých medzinárodných noriem. Do týchto noriem patrí aj STN ISO 17123-2 (Nivelačné prístroje). Norma je 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). Špecifikuje skúšobné postupy, zamerané na určovanie a odhad presnosti nivelačných prístrojov a pomôcok pri meraniach v stavebníctve a geodézii. Cieľom týchto skúšok je najmä overenie vhodnosti jednotlivých prístrojov na príslušnú úlohu a splnenie požiadaviek iných noriem. Skladá sa z dvoch častí – postupov [1, 4, 5]:

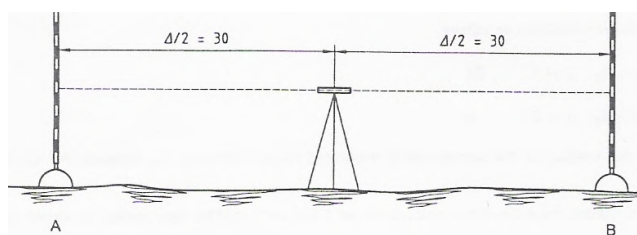
- zjednodušená metodika testovania (vhodná pre prístroje používané v stavebnej praxi – prístroje nižšej triedy presnosti),
- úplná metodika testovania (vhodná pre prístroje určené pre presnú niveláciu, aplikácie v inžinierskej geodézii – prístroje vyššej triedy presnosti).

## 2.1 Zjednodušená metodika testovania

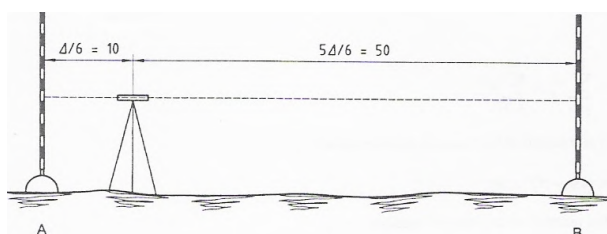
Metodika je určená na určovanie presnosti optických nivelačných prístrojov používaných na niveláciu a na úlohy v stavebnej praxi s možnosťou používania nerovnakých dĺžok záměr. Postup je založený na určení prevýšenia medzi dvoma bodmi (60m vzdialenými), určuje či testovaný prístroj vyhovuje dovolenej odchýlke pre plánovanú meračskú úlohu [1, 2, 3].

## 2.2 Konfigurácia testovacej priamky

Pre zníženie vplyvu refrakcie na minimum, je vhodné na realizáciu skúšky vybrať vodorovné územie (obr. 1.1, 1.2, [3]).



Obr. 1 (prevzaté z [3])



Obr. 2 (prevzaté z [3])

## 2.3 Postup merania

Pred meraním je potrebné prístroj aklimatizovať s vonkajším prostredím (2 min. na 1°C teplotného rozdielu). Potom sa vykonajú dve série meraní. V prvej sérii sa prístroj postaví približne do stredu medzi dva body A,B ( $\Delta/2 = 30\text{m}$ ). Táto konfigurácia minimalizuje vplyv refrakcie a chyby optickej sústavy (obr. 1). Sériu merania pozostáva z 10 meraní, každé meranie pozostáva z odčítania zámery vzad  $x_{A,j}$ , na bode A a jedného odčítania vpred  $x_{B,j}$ , na bode B. Medzi každým párom odčítaní je treba zmeniť mierne polohu prístroja a znovu urovnať a odčítať nové hodnoty. Po piatich meraniach ( $x_{A1}, x_{B1}, \dots, x_{A5}, x_{B5}$ ) sa merania vzad a vpred vymenia pre ďalších päť meraní ( $x_{A6}, x_{B6}, \dots, x_{A10}, x_{B10}$ ). V druhej sérii je potrebné prístroj postaviť približne v polohe  $\Delta/6 = 10\text{m}$  od bodu A a  $5\Delta/6 = 50\text{m}$  od bodu B (obr. 2). Takto sa realizuje ďalších desať meraní rovnakým postupom ako pri prvej sérii [3].

## 3 ANALÝZA NAMERANÝCH ÚDAJOV

Matematicko-štatistická analýza meraných údajov sa delí podľa použitej metodiky testovania (zjednodušená, alebo úplná).

### 3.1 Spracovanie výsledkov testovania pri zjednodušenej metodike

Prevýšenie pri testovaní je určené vzťahom:

$$h_j = x_{A,j} - x_{B,j}; \quad j = 1, \dots, 10 \quad (3.1)$$

kde  $h_j$  je rozdiel medzi odčítaním vzad  $x_{A,j}$  a odčítaním vpred  $x_{B,j}$ .

$$\bar{h}_1 = \frac{\sum_{j=1}^{10} h_j}{10}, \quad (3.2)$$

kde  $\bar{h}_1$  je priemerná hodnota prevýšení  $h_j$  prvej série meraní. Hodnota  $\bar{h}_1$  je považovaná za skutočnú hodnotu prevýšenia medzi bodmi A a B.

$$v_j = \bar{h}_1 - h_j \quad j=1, \dots, 10, \quad (3.3)$$

kde  $v_j$  je oprava príslušného meraného výškového rozdielu  $h_j$  prvej série meraní.

Ako počtárska kontrola slúži suma opráv jednej série.

$$\sum_{j=1}^{10} v_j = 0. \quad (3.4)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{10} v_j^2}{n}}, \quad (3.5)$$

kde:  $\sum_{j=1}^{10} v_j^2$  je suma štvorcov opráv  $v_j$  prvej série a  $n = 10 - 1 = 9$  je príslušný počet stupňov voľnosti (počet nadbytočných meraní),  $s$  je empirická chyba výškového rozdielu, získaná z prvej série meraní.

$$\bar{h}_2 = \frac{\sum_{j=11}^{20} h_j}{10}, \quad (3.6)$$

kde  $\bar{h}_2$  je priemerná hodnota výškových rozdielov  $h_j$  druhej série meraní. Rozdiel  $\bar{h}_1 - \bar{h}_2$  musí byť v rámci povolenej odchýlky  $p$  (napr. podľa ISO 4463-1) pre plánovanú meračskú úlohu. Ak  $p$  nie je dané, vtom prípade rozdiel musí spĺňať podmienku  $|\bar{h}_1 - \bar{h}_2| < 2,5 \cdot s$ , kde  $s$  je empirická stredná chyba vypočítaná podľa rovnice (3.5).

Ak je rozdiel  $|\bar{h}_1 - \bar{h}_2|$  príliš veľký, indikuje to nespoľahlivosť merania pri veľkých dĺžkach zámer (50m), a z toho vyplývajúce z chyby z odčítania, refrakcie a chybu zámernej osi.

V takomto prípade je treba:

- skontrolovať chyby zámernej osi podľa užívateľského manuálu,
- zredukovať maximálnu dĺžku zámer.

#### 4 TESTOVANIE NIVELAČNÝCH PRÍSTROJOV PRE TECHNICKÚ NIVELÁCIU PODĽA STN ISO 17123-2

Predchádzajúci postup testovania a overovania nivelačných prístrojov (optických i digitálnych) bol aplikovaný pri testovaní štyroch nivelačných prístrojov (Sokkia C40, Geo Fennell NO.10, Spectra AL100 a Leica Sprinter 150) využívaných pre práce v TN v stavebnej praxi (obr. 3, 4, 5, 6).

##### 4.1 Nivelačný prístroj Sokkia C40

Údaje získané z merania prístrojom Sokkia C40, ako aj vypočítané prevýšenia, priemerné prevýšenia a opravy sa nachádzajú v tab. 1 [1, 2].



Obr. 3 Nivelačný prístroj Sokkia C40 [2]



Obr. 4 Nivelačný prístroj Geo Fennell NO.10 [2]

1 $j$	2 $x_{Aj}$ [m]	3 $x_{Bj}$ [m]	4 $h_j$ [m]	5 $v_j$ [mm]	6 $v_j^2$ [mm <sup>2</sup> ]	7 $j$	8 $x_{Aj}$ [m]	9 $x_{Bj}$ [m]	10 $h_j$ [m]
1	0,588	1,995	-1,407	-2,0	4,0	11	1,064	2,463	-1,399
2	0,612	2,009	-1,397	8,0	64,0	12	1,034	2,442	-1,408
3	0,613	2,012	-1,399	6,0	36,0	13	1,046	2,445	-1,399
4	0,576	1,983	-1,407	-2,0	4,0	14	1,042	2,441	-1,399
5	0,636	2,043	-1,407	-2,0	4,0	15	1,040	2,442	-1,402
6	2,022	0,615	1,407	-2,0	4,0	16	2,443	1,043	1,400
7	2,020	0,613	1,407	-2,0	4,0	17	2,425	1,025	1,400
8	2,000	0,593	1,407	-2,0	4,0	18	2,449	1,039	1,410
9	2,026	0,620	1,406	-1,0	1,0	19	2,442	1,043	1,399
10	2,027	0,621	1,406	-1,0	1,0	20	2,446	1,047	1,399
$\Sigma$	13,120	13,104	0,016	0,0	126,0	$\Sigma$	17,431	17,430	0,001

Tab. 1 Merané hodnoty, prevýšenia a opravy

$$\begin{aligned} \bar{h}_1 &= -1,405 \text{ m} & \bar{h}_2 &= -1,4015 \text{ m} & s &= 0,0037 \text{ m} \\ | \bar{h}_1 - \bar{h}_2 | &< 2,5 \cdot s & & & & \end{aligned} \quad (4.1)$$

V riešenej úlohe  $| \bar{h}_1 - \bar{h}_2 | = 0,004 \text{ m}$  a to je menej ako  $2,5 \cdot s = 0,009 \text{ m}$ .

#### 4.2 Nivelačný prístroj Geo Fennell

Údaje získané z merania NP Geo Fennell, vypočítané prevýšenia, priemerné prevýšenia a opravy sa nachádzajú v tab. 2 [1,2].

1 $j$	2 $x_{Aj}$ [m]	3 $x_{Bj}$ [m]	4 $h_j$ [m]	5 $v_j$ [mm]	6 $v_j^2$ [mm <sup>2</sup> ]	7 $j$	8 $x_{Aj}$ [m]	9 $x_{Bj}$ [m]	10 $h_j$ [m]
1	0,500	1,904	-1,404	4,6	21,16	11	0,962	2,365	-1,403
2	0,607	2,013	-1,406	2,6	6,76	12	0,968	2,370	-1,402
3	0,606	2,020	-1,414	-5,4	29,16	13	0,978	2,381	-1,403
4	0,613	2,028	-1,415	-6,4	40,96	14	0,988	2,387	-1,399
5	0,596	2,001	-1,405	3,6	12,96	15	0,993	2,394	-1,401
6	2,035	0,629	1,406	2,6	6,76	16	2,390	0,988	1,402
7	2,041	0,630	1,411	-2,4	5,76	17	2,387	0,986	1,401
8	2,038	0,628	1,410	-1,4	1,96	18	2,381	0,979	1,402
9	2,048	0,641	1,407	1,6	2,56	19	2,384	0,982	1,402
10	2,048	0,640	1,408	0,6	0,36	20	2,385	0,983	1,402
$\Sigma$	13,132	13,134	-0,002	0,0	128,4	$\Sigma$	16,816	16,815	0,001

Tab. 2 Merané hodnoty, prevýšenia a opravy

$$\begin{aligned} \bar{h}_1 &= -1,4086 \text{ m} & \bar{h}_2 &= -1,4017 \text{ m} & s &= 0,0038 \text{ m} \\ | \bar{h}_1 - \bar{h}_2 | &< 2,5 \cdot s & & & & \end{aligned} \quad (4.2)$$

V riešenej úlohe  $| \bar{h}_1 - \bar{h}_2 | = 0,007 \text{ m}$  a to je menej ako  $2,5 \cdot s = 0,009 \text{ m}$ .



Obr. 5 Nivelačný prístroj Spectra AL100/AL200 [2]



Obr. 5 Nivelačný prístroj Leica Sprinter 150 [2]

### 4.3 Nivelačný prístroj Spectra AL224

Údaje získané z merania prístrojom Spectra AL224, a nachádzajú v tab. 3 [1, 2].

1 $j$	2 $x_{Aj}$ [m]	3 $x_{Bj}$ [m]	4 $h_j$ [m]	5 $v_j$ [mm]	6 $v_j^2$ [mm <sup>2</sup> ]	7 $j$	8 $x_{Aj}$ [m]	9 $x_{Bj}$ [m]	10 $h_j$ [m]
1	0,536	1,807	-1,271	0,2	0,04	11	1,081	2,354	-1,273
2	0,588	1,859	-1,271	0,2	0,04	12	1,093	2,367	-1,274
3	0,597	1,867	-1,270	-0,8	0,64	13	1,108	2,381	-1,273
4	0,590	1,860	-1,270	-0,8	0,64	14	1,114	2,388	-1,274
5	0,593	1,864	-1,271	0,2	0,04	15	1,111	2,383	-1,272
6	1,912	0,643	1,269	1,8	3,24	16	2,384	1,111	1,273
7	1,912	0,640	1,272	-1,2	1,44	17	2,361	1,088	1,273
8	1,893	0,622	1,271	0,2	0,04	18	2,375	1,101	1,274
9	1,921	0,650	1,271	0,2	0,04	19	2,368	1,096	1,272
10	1,914	0,642	1,272	-1,2	1,44	20	2,371	1,098	1,273
$\Sigma$	12,456	12,454	0,002	0,0	7,60	$\Sigma$	17,366	17,367	-0,001

Tab. 3 Merané hodnoty, prevýšenia a opravy

$$\begin{aligned} \bar{h}_1 &= -1,270 \text{ 8 m} & \bar{h}_2 &= -1,273 \text{ 1 m} & s &= 0,001 \text{ m} \\ & & | \bar{h}_1 - \bar{h}_2 | & < 2,5 \cdot s & & (4.3) \end{aligned}$$

V riešenej úlohe  $| \bar{h}_1 - \bar{h}_2 | = 0,002 \text{ m}$  a to je menej ako  $2,5 \cdot s = 0,0025 \text{ m}$ .

### 4.4 Nivelačný prístroj Leica Sprinter 150

Údaje získané z merania prístrojom NP Leica Sprinter 150, ako aj vypočítané prevýšenia, priemerné prevýšenia a opravy sa nachádzajú v tab. 4 [1, 2].

1 $j$	2 $x_{Aj}$ [m]	3 $x_{Bj}$ [m]	4 $h_j$ [m]	5 $v_j$ [mm]	6 $v_j^2$ [mm <sup>2</sup> ]	7 $j$	8 $x_{Aj}$ [m]	9 $x_{Bj}$ [m]	10 $h_j$ [m]
1	0,588	1,861	-1,273	0,6	0,36	11	1,091	2,364	-1,273
2	0,664	1,937	-1,273	0,6	0,36	12	1,077	2,351	-1,274
3	0,687	1,960	-1,273	0,6	0,36	13	1,085	2,360	-1,275
4	0,670	1,943	-1,273	0,6	0,36	14	1,099	2,372	-1,273
5	0,676	1,948	-1,272	-0,4	0,16	15	1,110	2,384	-1,274
6	1,931	0,659	1,272	-0,4	0,16	16	2,369	1,096	1,273
7	1,913	0,642	1,271	-1,4	1,96	17	2,368	1,095	1,273
8	1,908	0,635	1,273	0,6	0,36	18	2,361	1,088	1,273
9	1,905	0,632	1,273	0,6	0,36	19	2,364	1,091	1,273
10	1,914	0,643	1,271	-1,4	1,96	20	2,359	1,086	1,273
$\Sigma$	12,856	12,860	-0,004	0,0	6,40	$\Sigma$	17,283	17,287	-0,004

Tab. 4 Merané hodnoty, prevýšenia a opravy

$$\begin{aligned} \bar{h}_1 &= -1,272 \text{ 4 m} & \bar{h}_2 &= -1,273 \text{ 4 m} & s &= 0,000 \text{ 8 m} \\ & & | \bar{h}_1 - \bar{h}_2 | & < 2,5 \cdot s & & (4.4) \end{aligned}$$

V riešenej úlohe  $| \bar{h}_1 - \bar{h}_2 | = 0,001 \text{ m}$  a to je menej ako  $2,5 \cdot s = 0,002 \text{ m}$ .

## 5 ZÁVER

Technické normy a predpisy majú svoju nezastupiteľnú úlohu na medzinárodnej i na národnej úrovni. Ich používanie, ale i preberanie a tvorba sú neodmysliteľnou a nevyhnutnou zložkou v procese technickej realizácie akéhokoľvek výrobku, tovaru i služby. Takouto službou i tovarom je stavebná činnosť i geodetické práce na stavbe. Používanie technických noriem i ich tvorba sa stáva nevyhnutnou súčasťou stavebnej i geodetickej praxe a umožňujú skvalitniť výsledný produkt – stavbu.

Výsledkom kontroly a testovania podľa STN ISO 17123 -2 je konštatovanie, že kontrolované prístroje (Sokkia C40, Geo Fennell NO.10, Spectra AL100 a Leica Sprinter 150) testované na základe postupu podľa predmetnej normy a príslušnej testovacej štatistiky (zjednodušená metodika testovania) vyhoveli daným požiadavkám na meranie pre potreby v stavebníctve a môžu byť plne využívané pre požadované úlohy.

**Článok bol spracovaný ako súčasť projektu VEGA, reg. číslo projektu 1/0133/14 Vedeckej grantovej agentúry MŠ SR „Detekcia plošných a diskretných posunov nestabilných území na báze nízko nákladovej fotogrametrie a satelitných technológií“.**

### Použitá literatúra

- [1] JEŽKO, J.: *Testovanie nivelačných prístrojov podľa medzinárodnej normy STN ISO 17123-2*. In: Aktuálne problémy geodézie, inžinierskej geodézie a fotogrametrie. Vedecko-odborný seminár s medzinárodnou účasťou. Katedra geodézie, Bratislava, SR, 2011, ISBN 978-80-227-3501-8, nestr.
- [2] MERVOVÁ, D.: *Testovanie nivelačných prístrojov podľa STN ISO 17123-2*. Bakalárska práca, 2010, Katedra geodézie, Bratislava, 38s. + 15 príloh.
- [3] STN ISO 17123-2: 2005 *Optika a optické prístroje – Postupy na testovanie geodetických prístrojov. 2. časť: Nivelačné prístroje*.
- [4] STN ISO 17123-5: 2005 *Optika a optické prístroje – Postupy na testovanie geodetických prístrojov. 5. časť: Elektronické tachymetre*.
- [5] STN ISO 17123-3: 2001 *Optika a optické prístroje – Postupy na testovanie geodetických prístrojov. 3. časť: Teodolity*.