

APLIKÁCIA STN ISO 171 23-2 PRI TESTOVANÍ NIVELAČNÝCH PRÍSTROJOV V STAVEBNÍCTVE

Ján Ježko

1 ÚVOD

Práca s nivelačnými prístrojmi (NP) predpokladá splnenie osových podmienok, definovaných pre tento typ geodetických prístrojov. NP však ako každé meracie prístroje podliehajú rôznym vplyvom, ktoré môžu spôsobiť ich neschopnosť dostatočne presne určiť hodnotu prevýšenia. Preto je nevyhnutné pred začatím každého merania dostatočne overiť funkciu prístrojov, vrátane kontroly osových podmienok, a v prípade nesplnenia osových podmienok tieto chyby odstrániť, určiť či prístroj spĺňa podmienky definované výrobcom pre požadovaný typ práce.

2 TESTOVANIE NIVELAČNÝCH PRÍSTROJOV PODĽA STN ISO 17123-2

Jednou z možností overenia kvality geodetických prístrojov používaných v stavebnej praxi je testovanie podľa rady STN ISO 17123. Do tejto rady 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), ktoré boli do sústavy Slovenských technických noriem (STN) prevzaté v roku 2010. Zoznam noriem je uvedený v [1]. Normy boli prevzaté originálom – úvodná časť v slovenskom jazyku, text normy v anglickom jazyku. STN ISO 17123-2 špecifikuje skúšobné postupy, zamerané na určovanie a odhad presnosti nivelačných prístrojov a pomocného vybavenia pri meraniach v stavebníctve a geodézii. Cieľom týchto skúšok je najmä overenie vhodnosti jednotlivých prístrojov na príslušnú úlohu a splnenie požiadaviek iných noriem. 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 [1, 2, 5]. Skladá sa z dvoch častí – postupov [1, 2, 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).

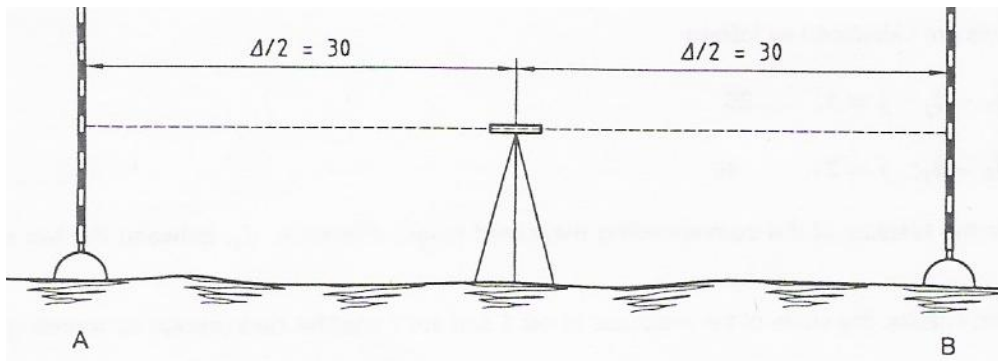
2.1 Zjednodušená metodika testovania

Metodika je určená na zisťovanie presnosti optických nivelačných prístrojov používaných na plošnú niveláciu a na úlohy v bežnej stavebnej praxi s možnosťou používania nerovnakých dĺžok zámer.

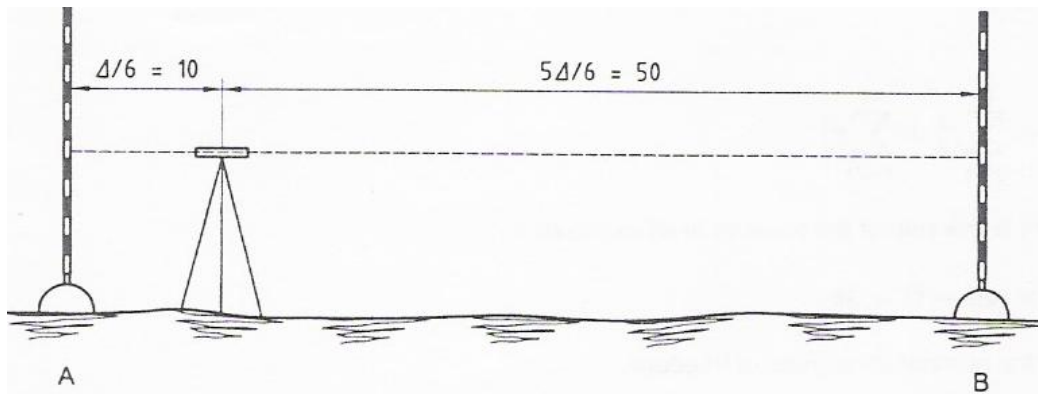
Postup je založený na určení prevýšenia medzi dvoma bodmi (približne 60m vzdialenými), ktorý je považovaný za skutočnú (správnu) hodnotu. Rozdiel medzi meraným prevýšením s nerovnakými dĺžkami zámer a hodnotou prevýšenia považovanou za skutočnú (získanú z merania s rovnako dlhými zámerami), určuje či testovaný prístroj vyhovuje stanovenej dovolenej odchýlke pre plánovanú meračskú úlohu [5].

Konfigurácia testovacej priamky

Pre zníženie vplyvu refrakcie na minimum, je vhodné na realizáciu skúšky vybrať vodorovné územie (obr. 2.1, 2.2)



Obr. 2.1



Obr. 2.2

Postup merania

Pred meraním je potrebné nechať 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. 2.1). 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. 2.2). Takto sa realizuje ďalších desať meraní rovnakým postupom ako pri prvej sérii [5].

2.2 Úplná testovacia metodika

Táto metodika sa používa na zisťovanie najlepšej dosiahnuteľnej presnosti vybraného – testovaného nivelačného prístroja v terénnych podmienkach a vyžaduje rovnaké dĺžky zámer (max. odchýlka 10%) Doporučené dĺžky zámer sú 30m. Sklon zámernej osi sa touto testovacou metodikou nedá určiť, ale táto chyba nemá vplyv na empirickú strednú chybu, ani na rozdiel začiatku delenia nivelačných lát pri používaní rovnakých dĺžok zámer. Pred určením chyby zámernej osi musí byť prístroj skontrolovaný podľa užívateľskej príručky (kontrola hlavnej podmienky NP) [5].

Konfigurácia testovacej priamky

Pre zníženie vplyvu refrakcie na minimum, je vhodné na realizáciu skúšky vybrať vodorovné územie, terén by mal byť kompaktný, povrch rovnorodý, pričom je potrebné sa vyhnúť cestám pokrytých asfaltom alebo betónom. V prípade, že na prístroj svieti priame slnečné svetlo, je ho potrebné chrániť, napr. dáždnikom. Dva body (A a B) sú stabilizované približne vo vzdialenosti $\Delta = 60\text{m}$, nivelačný prístroj je potrebné postaviť približne do stredu medzi tieto dva body ($\Delta/2 = 30\text{m} \pm 3\text{m}$), pre zníženie vplyvu refrakcie a vplyvu nevodorovnosti zámernej osi (obr. 2.1). Na získanie spoľahlivých výsledkov je potrebné zaistiť pri meraní zvislú polohu lát počas celého testovania, napr. pomocou oporných paličiek.

Postup merania

Pred meraním je potrebné nechať prístroj aklimatizovať s vonkajším prostredím (2 min. na 1°C teplotného rozdielu). Pre testovanie je potrebné realizovať dve série meraní. Prvá séria pozostáva z 20 párov odčítaní, pričom každé meranie pozostáva z jedného 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 prístroj zdvihnúť, položiť na mierne odlišné miesto, znovu urovnať. Po desiatich meraniach ($x_{A1}, x_{B1}, \dots, x_{A10}, x_{B10}$) sa merania vzad a vpred vymenia pre ďalších desať meraní ($x_{A11}, x_{B11}, \dots, x_{A20}, x_{B20}$). Potom sa vymenia lavy na bodoch A a B a celý postup sa opäť dvadsať krát zopakuje ($x_{A21}, x_{B21}, \dots, x_{A30}, x_{B30}, x_{A31}, x_{B31}, \dots, x_{A40}, x_{B40}$) rovnakým postupom ako pri prvej sérii testovania [5].

3 MATEMATICKO - ŠTATISTICKÁ ANALÝZA MERANÝCH ÚDAJOV

Matematicko-štatistická analýza meraných údajov sa delí podľa použitej metodiky testovania (zjednodušená, alebo úplná, kap. 2.1 a 2.2).

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 prevýšenia 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 nadmernú 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.

3.2 Spracovanie výsledkov testovania pri úplnej testovacej metodike

Podľa úplnej testovacej metodiky je vhodné testovať prístroje určené pre presnú niveláciu a aplikácie v inžinierskej geodézii (prístroje vyššej triedy presnosti). Metodika spracovania je obdobná ako pri prístrojoch určených pre technickú niveláciu (TN) [3].

Platí:

$$h_j = x_{A,j} - x_{B,j}; \quad j=1, \dots, 40, \quad (3.7)$$

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

$$\bar{h}_1 = \frac{\sum_{j=1}^{20} h_j}{20}, \quad (3.8)$$

kde \bar{h}_1 je priemerná hodnota výškových rozdielov h_j prvej série meraní.

$$\bar{h}_2 = \frac{\sum_{j=21}^{40} h_j}{20}, \quad (3.9)$$

kde \bar{h}_2 je priemerná hodnota výškových rozdielov h_j druhej série meraní.

Rozdiel:

$$\delta = \bar{h}_1 - \bar{h}_2 \quad (3.10)$$

nemá vplyv na empirickú strednú chybu, ale je indikátorom rozdielu v začiatkoch delenia stupnic nivelačných lát. Opravy sa vypočítajú nasledovne:

$$v_j = \bar{h}_1 - h_j; \quad j=1,\dots,20, \quad (3.11)$$

$$v_j = \bar{h}_2 - h_j; \quad j=21,\dots,40, \quad (3.12)$$

kde v_j je oprava príslušného meraného prevýšenia h_j medzi bodmi A a B .

Ako počtárska kontrola slúži suma opráv oboch sérií. Mala by sa v každej sérii rovnať nule (s výnimkou chýb zo zaokrúhľovania).

$$\sum_{j=1}^{40} v_j^2 = \sum_{j=1}^{20} v_j^2 + \sum_{j=21}^{40} v_j^2, \quad (3.13)$$

kde $\sum_{j=1}^{40} v_j^2$ je suma štvorcov všetkých opráv.

kde n je počet stupňov voľnosti a j je počet prevýšení z oboch sérií merania. Empirická stredná chyba s je platná pre prevýšenie vo vzdialenosti 60 m:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{40} v_j^2}{n}}. \quad (3.14)$$

Štatistické testy

Štatistické testy sú odporúčané len pre úplnú testovaciu metodiku. Poskytujú odpovede na tri otázky (tab. 1):

- Je vypočítaná empirická stredná chyba s menšia ako príslušná hodnota σ udávaná výrobcom alebo menšia ako iná definovaná hodnota σ ?
- Patria dve empirické stredné chyby s a \tilde{s} získané z dvoch nezávislých meraní do rovnakého rozdelenia pravdepodobnosti za predpokladu, že obe merania majú rovnaký počet stupňov voľnosti?

Empirické stredné chyby s a \tilde{s} môžu byť získané z:

- dvoch sérií meraní vykonaných tým istým prístrojom, ale rôznymi meračmi,
- dvoch sérií meraní vykonaných tým istým prístrojom v odlišných časoch,
- dvoch sérií meraní vykonaných s rôznymi prístrojmi.

- Je rozdiel δ v začiatkoch delenia stupníc nivelačných lát rovný nule?

Tab. 1 Štatistické testy

Otázka	Nulová hypotéza	Alternatívna hypotéza
a)	$s \leq \sigma$	$s > \sigma$
b)	$s = \tilde{s}$	$s \neq \tilde{s}$
c)	$\delta = 0$	$\delta \neq 0$

Ďalšie podrobnosti a výsledky uvádza napr. [3].

4 VÝSLEDKY Z TESTOVANIA VYBRANÝCH NP 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. 4.1, 4.2, 4.3, 4.4).



Obr. 4.1 Nivelačný prístroj Sokkia C40 [4]



Obr. 4.2 Nivelačný prístroj Geo Fennell NO.10 [4]



Obr. 4.3 Nivelačný prístroj Spectra AL100/AL200 [4]



Obr. 4.4 Nivelačný prístroj Leica Sprinter 150 [4]

NP Sokkia C40

Údaje získané z merania prístrojom Sokkia C40, ako aj vypočítané prevýšenia, priemerné prevýšenia a opravy sa nachádzajú v tab. 4.1 [3,4].

Tab. 4.1 Merané hodnoty, prevýšenia a opravy

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
j	x_{aj} [m]	x_{bj} [m]	h_j [m]	v_j [mm]	v_j^2 [mm ²]	j	x_{aj} [m]	x_{bj} [m]	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
Σ	13,120	13,104	0,016	0,0	126,0	Σ	17,431	17,430	0,001

$$\bar{h}_1 = -1,405 \text{ m}$$

$$\bar{h}_2 = -1,401 \text{ 5 m}$$

$$s = 0,003 \text{ 7 m}$$

$$|\bar{h}_1 - \bar{h}_2| < 2,5 \cdot s \quad (3.15)$$

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

NP Geo Fennell

Údaje získané z merania prístrojom NP Geo Fennell, ako aj vypočítané prevýšenia, priemerné prevýšenia a opravy sa nachádzajú v tab. 4.2 [3,4].

Tab. 4.2 Merané hodnoty, prevýšenia a opravy

1 j	2 x_{aj} [m]	3 x_{bj} [m]	4 h_j [m]	5 v_j [mm]	6 v_j^2 [mm ²]	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
Σ	13,132	13,134	-0,002	0,0	128,4	Σ	16,816	16,815	0,001

$$\bar{h}_1 = -1,408 \text{ 6 m}$$

$$\bar{h}_2 = -1,401 \text{ 7 m}$$

$$s = 0,003 \text{ 8 m}$$

$$|\bar{h}_1 - \bar{h}_2| < 2,5 \cdot s$$

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

NP Spectra AL224

Údaje získané z merania prístrojom Spectra AL224, ako aj vypočítané prevýšenia, priemerné prevýšenia a opravy sa nachádzajú v tab. 4.3 [3,4].

Tab. 4.3 Merané hodnoty, prevýšenia a opravy

1 j	2 x_{aj} [m]	3 x_{bj} [m]	4 h_j [m]	5 v_j [mm]	6 v_j^2 [mm ²]	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
Σ	12,456	12,454	0,002	0,0	7,60	Σ	17,366	17,367	-0,001

$$\bar{h}_1 = -1,270 \text{ 8 m}$$

$$\bar{h}_2 = -1,273 \text{ 1 m}$$

$$s = 0,001 \text{ m}$$

$$|\bar{h}_1 - \bar{h}_2| < 2,5 \cdot s$$

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

NP Leica Sprinter 150

Údaje získané z merania prístrojom NP Leica Sprinter 150, ako aj vypočítané prevýšenia, priemerné prevýšenia a opravy sa nachádzajú v tab. 4.4 [3,4].

Tab. 4.4 Merané hodnoty, prevýšenia a opravy

1 j	2 x_{aj} [m]	3 x_{bj} [m]	4 h_j [m]	5 v_j [mm]	6 v_j^2 [mm ²]	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
Σ	12,856	12,860	-0,004	0,0	6,40	Σ	17,283	17,287	-0,004

$$\bar{h}_1 = -1,272 \text{ 4 m}$$

$$\bar{h}_2 = -1,273 \text{ 4 m}$$

$$s = 0,000 \text{ 8 m}$$

$$|\bar{h}_1 - \bar{h}_2| < 2,5 \cdot s$$

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

Tak ako na medzinárodnej i na národnej úrovni majú normy svoju nezastupiteľnú úlohu. 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. Preto používanie technických noriem i ich tvorba sa stávajú 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.

Použitá literatúra

1. JEŽKO, J. : *Nové technické normy na testovanie geodetických prístrojov v praxi*. In: Slovenský geodet a kartograf. - ISSN 1335-4019. - Roč. 15, č. 1 (2010), s. 20-22.
2. JEŽKO, J.: *Testovanie elektronických tachymetrov podľa STN ISO 17123-5*. In: Geodézia, kartografia a geografické informačné systémy 2010 : VI. vedecko-odborná konferencia s medzinárodnou účasťou. Demänovská dolina, SR, 7.-9.9.2010. -, 2010. - ISBN 978-80-553-0468-7, nestr.
3. 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.
4. MERVOVÁ, D.: *Testovanie nivelačných prístrojov podľa STN ISO 17123-2*. Bakalárska práca, 2010, Katedra geodézie, Bratislava, 38s. + 15 príloh.
5. STN ISO 17123-5: 2005 *Optika a optické prístroje – Postupy na testovanie geodetických prístrojov. 2. časť: Nivelačné prístroje*.