

OVEROVANIE GEODETICKÝCH PRÍSTROJOV NA KONTROLU ZVISLOSTI

Ján Ježko

ÚVOD

K prístrojom a pomôckam ktoré sa používajú pri vytyčovaní zvislíc i pri kontrole zvislosti patria optické prevažovacie prístroje. Optický prevažovač ako je známe je prístroj zo zvislou zámernou priamkou, ktorej zvislú polohu zabezpečuje urovnaná libela alebo kompenzátor. Najčastejšie používaným prístrojom na túto činnosť je u nás prístroj Zeiss PZL. Kontrolu a testovanie optických prevažovacích prístrojov umožňuje aj jedna z noriem z oblasti pôsobnosti medzinárodnej technickej komisie ISO/TC 172/SC 6 - Optics and optical instruments /Geodetic and surveying instruments: STN ISO 17123-7: 2010 Optika a optické prístroje – Postupy na testovanie geodetických prístrojov. 7. časť: Optické prevažovacie prístroje. Príspevok predstavuje postup testovania a výsledky z porovnania dvoch optických prevažovacích prístrojov Zeiss PZL 100.

1 OPTICKÉ PREVAŽOVACIE PRÍSTROJE – ZEISS PZL 100

Optický prevažovač Zeiss PZL 100 (obr. 1.1) je prístroj, ktorého zámerná os je zvislá a zvislicu je možné vytyčiť len smerom do zenitu. Zámerný kríž optického prevažovača pozostáva z dvojice dvoch na seba kolmých rysiek – vodorovnej a zvislej (obr. 2.2). Vodorovná ryska je urovnávaná kompenzátorom a zvisla pomocou alidádovej libely. Nižšia presnosť urovnania zvislej rysky spôsobuje, že pri presných prácach sa na vytyčovanie, resp. meranie používa iba vodorovná ryska. Aby sa odstránila chyba z urovnania vodorovnej rysky vplyvom chyby kompenzátora, vytyčenie sa vykonáva v dvoch navzájom o 180° pootočených polohách. Polohu bodu na cieľovej značke (terči), ktorým prechádza zvislica realizovaná optickým prevažovačom, sa určuje v štyroch polohách, vzájomne pootočených o 90°.

Cieľová značka je tvorená milimetrovým rastrom s vyznačením orientácie jednotlivých osí (obr. 1.2). Horizontáciu prevažovača zaisťujeme pomocou urovnávacích skrutiek a alidádovej libely, upevnenej na prístroji (alidáde), v dvoch na seba kolmých smeroch [3].

Spriemerovaním hodnôt súradníc z prvej a druhej polohy získavame výslednú polohu bodu (y, x) na cieľovej značke:

$$\bar{y} = \frac{1}{2} \cdot (y' + y'') \text{ a } \bar{x} = \frac{1}{2} \cdot (x' + x''). \quad (1.1)$$

Optický prevažovač dosahuje relatívnu presnosť vytyčenia zvislice vyjadrenú pomernou presnosťou 1 až 2 : 100 000. Presnosť vytyčenia zvislice je priamoúmerne na hodnote prevýšenia medzi prevažovačom a cieľovou značkou (pri prevýšení $h = 100$ m je presnosť vytyčenia 1 až 2 mm).



Obr. 1.1 Optický prevažovač Zeiss PZL 100

Presnosť takto vytýčenej zvislice môžeme vyjadriť strednou chybou vytýčenia zvislice v smere osi „y“ alebo „x“, ktorú vypočítame podľa vzťahu [2]:

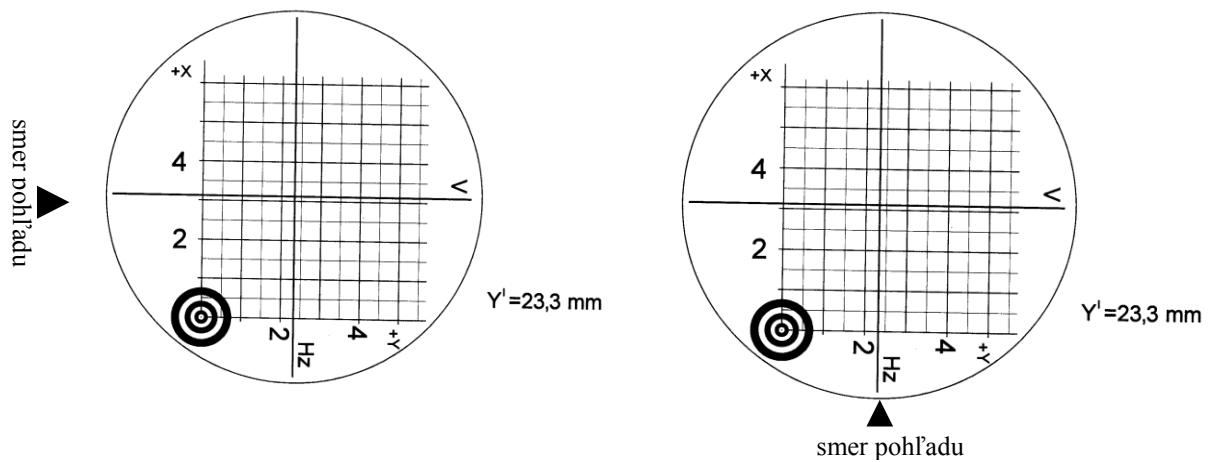
$$\sigma_y = \frac{2 \cdot h}{100000}, \text{ resp. } \sigma_x = \frac{2 \cdot h}{100000} \quad (2.2)$$

kde h je prevýšenie medzi optickým prevažovačom a cieľovou značkou, vyjadrené v milimetroch.

Stredná polohová chyba vytýčenia bodu, ktorým prechádza zvislica, je potom daná vzťahom

$$\sigma_p = \sqrt{(\sigma_y^2 + \sigma_x^2)}. \quad (2.3)$$

Ak uvažujeme aj presnosť centrácie prístroja nad bodom, v tom prípade bude potrebné k celkovej strednej polohovej chybe vytýčenia bodu zahrnúť aj túto hodnotu [2, 3].



Obr. 1.2 Zámerný kríž a spôsob určenia polohy bodu optickým prevažovačom

2 OVEROVANIE A KONTROLA GEODETICKÝCH PRÍSTROJOV - OPTICKÉ PREVAŽOVACIE PRÍSTROJE

Medzinárodnú normu ISO 17123-7 pripravila technická komisia ISO/TC 172, Optika a optické prístroje, subkomisia SC 6, Geodetické a meracie prístroje ako súčasť ISO 17123 (pod hlavným titulom Optika a optické prístroje - Postupy na testovanie geodetických prístrojov) pozostávajúcej z častí uvedených [2]. Táto skupina noriem bola prevzatá do sústavy Slovenských technických noriem (STN) v roku 2010 v pôvodnej anglickej verzii s národným predhovorom v slovenskom jazyku.

STN ISO 17123-7 špecifikuje skúšobné postupy, zamerané na určovanie a odhad presnosti optických prevažovacích prístrojov používaných pri meraniach v stavebníctve a geodézii. Cieľom týchto skúšok je najmä overenie vhodnosti jednotlivých prístrojov pre 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 [4].

Štruktúra normy je zhodná pre všetky normy z tejto rady a pozostáva z nasledujúcich bodov:

- pôsobnosť – uvádza oblasť využitia a pôsobnosti danej časti normy,
- normatívne odporúčania – citácie a odkazy,
- termíny a definície,

- požiadavky – udáva typy prístrojov a pomôcok, metódy a dĺžky merania a pod.,
- princíp testu a konfigurácia pri testovaní – uvádza stabilizáciu a rozmiestnenie bodov, počet opakovaní (sérii) a pod.
- meranie – postup merania, počet opakovaní (sérii),
- výpočet – vzťahy potrebné na výpočet odchýlok a stredných chýb,
- štatistické testy – testy na základe ktorých sa posudzuje spoľahlivosť a presnosť daného prístroja
- príloha – obsahuje vzorové príklady nameraných a spracovaných údajov.

2.2 Testovanie prístroja PZL podľa STN ISO 17123-7: 2010 Optika a optické prístroje – Postupy na testovanie geodetických prístrojov. 7. časť: Optické prevažovacie prístroje

Táto norma definuje skúšobné postupy, ktoré sa používajú pri určovaní a stanovení presnosti počas používania optických prevažovacích prístrojov pre meračské účely. Postupy uvedené v tejto norme sa týkajú používania prístrojov v stavebnej praxi pre kontrolné a overovacie merania a zároveň umožňujú určenie presnosti meraných údajov [4].

Požiadavky

Pred začatím merania je potrebné zabezpečiť si potrebné prístroje a pomôcky. Treba použiť pomôcky, ktoré sú doporučené výrobcom. Do úvahy treba brať aktuálne počasie a prostredie v ktorom budú merania realizované. Presnejšie výsledky budú získané pri laboratórnom podmienkach, ale dôveryhodnejšie výsledky budú dosiahnuté ak sa prostredie prispôbi podmienkam v akých bude realizovaná plánovaná úloha.

Pri optických prevažovačoch sa ako cieľová značka používa terč na, ktorom je pripevnená pravouhlá mriežka $x - y$, kde veľkosť intervalu mriežky t musí spĺňať:

$$t \geq 2.9 \times \frac{h}{\Gamma} \quad (2.4)$$

kde h je prevýšenie medzi optickým prevažovačom a cieľovou značkou, vyjadrené v metroch (prevažovaná výška), Γ je zväčšenie ďalekohľadu (u Zeiss PZL 100 je zväčšenie 31,5 násobné), 2.9 je konštantný faktor umožňujúci dobrý odhad veľkosti mriežky [4].

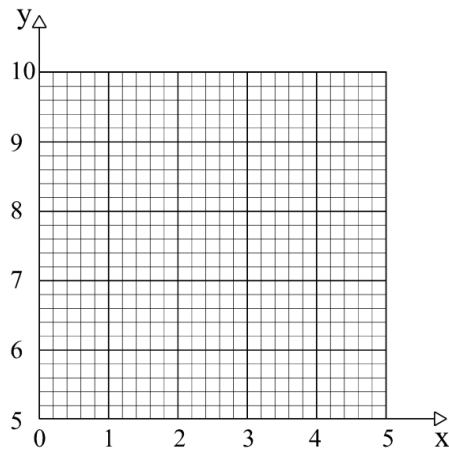
Princíp testu

Presnosť určenia polohy bodu pri všetkých typoch optických prevažovacích prístrojoch je priamoúmerne závislá na hodnote prevýšenia medzi prevažovačom a cieľovou značkou. Relatívna empirická stredná chyba $s_{ISO-plumb}$ vyjadruje presnosť, ktorá sa dosiahne pri určení jedného bodu s príslušným prevažovaným prevýšením. Nasledujúce skúšobné postupy sa použijú pre určenie presnosti počas používania určitou skupinou meračov s určitými prístrojmi, kde môžu nastať tri alternatívne kombinácie:

- jeden merač, jeden prístroj počas celého prebiehajúceho merania,
- jeden testovaný prístroj za rôznych atmosférických podmienok,
- dva prístroje testované za rovnakých atmosférických podmienok [4].

Konfigurácia pri testovaní

Konfigurácia pri testovaní pozostáva s optického prevažovača, cieľovej značky reprezentovanej mriežkou $x - y$ s intervalom delenia, ktorý má spĺňať podmienku uvedenú vo vzťahu (2.4). Cieľová značka je umiestnená vo výške približne rovnakej ako je výška pri plánovanej meračskej úlohe. Na obrázku 2.1 je znázornená mriežka $x - y$ s intervalom delenia 2 mm, s číslovaním a označením osí x a y , ktoré zabráni ich zámene [4].



Obr. 2.1 Príklad mriežky $x - y$ [2]

Meranie

Pred začatím merania je potrebné nechať prístroj aklimatizovať v prostredí, pričom požadovaná dĺžka aklimatizácie je závislá od teplotného rozdielu medzi skladovou teplotou prístroja a teplotou ovzdušia pri meraní. Teplotnému rozdielu 1°C sa odporúča dĺžka aklimatizácie cca 2 minúty. Pri testovaní sa vykonávajú sa tri série meraní ($m=3$) kde každá séria sa skladá s 10 opakovaní ($n=10$). Medzi jednotlivými sériami meraní sa poruší horizontácia a prístroj sa opakovane horizontuje. Výsledkom merania sú dva súbory meraných údajov jeden pre hodnoty na x-ovej osi ($x_{j,I}, x_{j,II}$) a druhý pre hodnoty na y-ovej osi ($y_{j,I}, y_{j,II}$) [34].

2.3 Testovanie vybraných prístrojov Zeiss PZL 100 - realizácia

Konfigurácia pri meraní

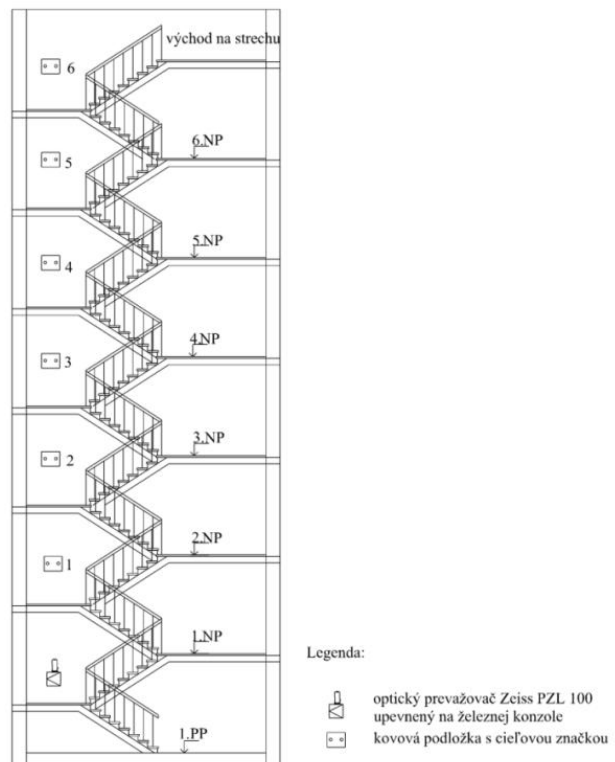
Optický prevažovač sa využíva v geodetickej praxi vo väčšine prípadov na vytýčenie zvislice a to buď v smere nahor prípadne nadol. Vytýčením zvislice sa kontrolujú zvislosti a náklony stavebných objektov z ktorých je možné odvodiť vodorovné posuny pozorovaných bodov a

objektov. Pri realizácii takýchto meraní sa nepoužíja jeden pozorovaný bod, ale množina vhodne rozmiestnených pozorovaných bodov na danom objekte.

Preto aj pri testovaní optického prevažovača Zeiss PZL 100 bola zvolená za pozorovaný objekt sedem podlažná budova, ktorej výška dosahuje 25 m. Rez stavebným objektom s vyznačením polohy pozorovaných bodov a prístroja je obr. 2.2.

Pozorované body boli umiestnené na medziposchodiach vo výške približne 1,80m od podesty a stabilizované pomocou kovovej podložky, ktorá bola pevne spojená so stenou. Podložka zabezpečovala trvalú stabilizáciu bodu (obr.2.3).

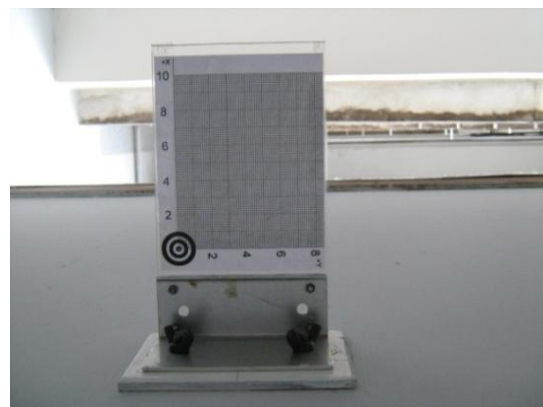
Pozorované body boli signalizované dočasne a to pomocou cieľovej značky, na ktorej je upevnená mriežka $x - y$ s intervalom delenia 1mm (obr. 2.3). V tabuľke 2.1 je uvedený zoznam pozorovaných bodov s prevažovanými výškami h [3].



Obr. 2.2 Rez stavebným objektom s vyznačením polohy pozorovaných bodov a polohy prístroja

Tab. 2.1 Zoznam pozorovaných bodov s prevažovanými výškami

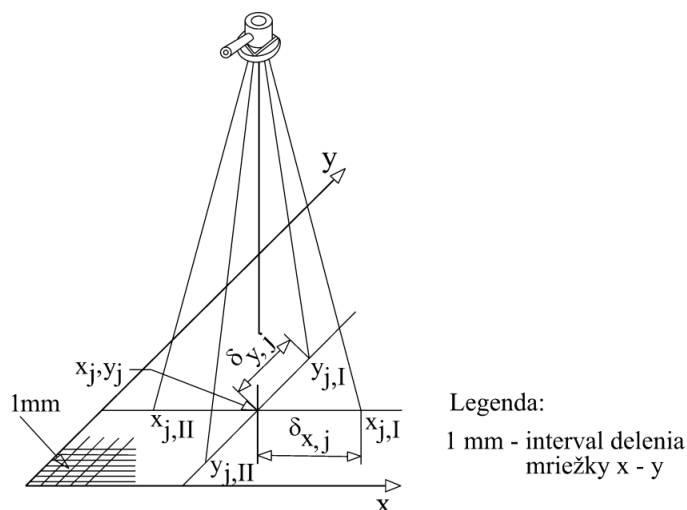
Pozorovaný bod	1	2	3	4	5	6
Prevažovaná výška h [m]	4.450	8.520	12.330	16.260	20.180	23.740



Obr. 2.3 Kovová podložka na upevnenie cieľovej značky (vľavo) a cieľová značka s mriežkou $x - y$ (pohľad zdola)

2.4 Spracovanie nameraných údajov

Na každom so šiestich bodov boli vykonané tri série meraní ($m=3$), kde každá séria sa skladá s 10 opakovaní ($n=10$), pomocou obidvoch prístrojov [4].



Obr. 2.4 Znáznorenie spôsobu odčítania jednotlivých polôh

Meranie každej série je hodnotené samostatne, kde rozdiely medzi $x_{j,I}$ a $x_{j,II}$ respektíve $y_{j,I}$ a $y_{j,II}$ sú hodnoty odchýlok δx_j , δy_j (obr. 2.4), [4]:

$$\delta x_j = \frac{1}{2} \cdot (x_{j,I} - x_{j,II}) \quad \text{a} \quad \delta y_j = \frac{1}{2} \cdot (y_{j,I} - y_{j,II}), \quad (2.5)$$

kde $j=1, \dots, 10$. Ďalším krokom je výpočet kvázi – odčítaní x_j a y_j podľa vzťahu (2.6) :

$$x_j = \frac{1}{2} \cdot (x_{j,I} + x_{j,II}) \quad \text{a} \quad y_j = \frac{1}{2} \cdot (y_{j,I} + y_{j,II}), \quad (2.6)$$

kde $j=1, \dots, 10$, x_j je stredná hodnota z meraní $x_{j,I}$ a $x_{j,II}$, y_j je stredná hodnota z meraní $y_{j,I}$ a $y_{j,II}$.

Priemerné hodnoty kvázi – odčítaní sú vypočítané podľa vzťahu (2.7) a stredné hodnoty odchýlok podľa (2.8)

$$\bar{x} = \frac{1}{10} \cdot \sum_{j=1}^{10} x_j \quad \text{a} \quad \bar{y} = \frac{1}{10} \cdot \sum_{j=1}^{10} y_j \quad (2.7)$$

$$\bar{\delta x} = \frac{1}{10} \cdot \sum_{j=1}^{10} \delta x_j \quad \text{a} \quad \bar{\delta y} = \frac{1}{10} \cdot \sum_{j=1}^{10} \delta y_j. \quad (2.8)$$

Z priemerných hodnôt kvázi – hodnôt sa vypočítajú opravy $r_{x,j}$ a $r_{y,j}$:

$$r_{x,j} = \bar{x} - x_j \quad \text{a} \quad r_{y,j} = \bar{y} - y_j. \quad (2.9)$$

Výsledné súčty opráv v jednotlivých osiach x a y budú mať tvar:

$$\sum r_{x,i}^2 = \sum_{j=1}^{10} r_{x,i,j}^2 \quad \text{a} \quad \sum r_{y,i}^2 = \sum_{j=1}^{10} r_{y,i,j}^2 \quad (2.10)$$

kde $\sum r_{x,i}^2$ je súčet štvorcov rezíduí v smere osi x ,

$\sum r_{y,i}^2$ je súčet štvorcov rezíduí v smere osi y .

Celkový súčet štvorcov rezíduí $\sum r_i^2$ bude mať tvar:

$$\sum r_i^2 = \sum r_{x,i}^2 + \sum r_{y,i}^2. \quad (2.11)$$

Výpočet empirických štandardných odchýlok prenášaného bodu pre jednotlivé zložky x a y pre danú prevažovanú výšku:

$$s_{x,i} = \sqrt{\frac{\sum r_{x,i}^2}{v_{x,i}}} \quad \text{a} \quad s_{y,i} = \sqrt{\frac{\sum r_{y,i}^2}{v_{y,i}}}, \quad (2.12)$$

kde $v_{x,i}=v_{y,i}=10-1=9$ je počet stupňov voľnosti v x -ovej a y -ovej zložke. Empirickú štandardnú odchýlku prenášaného bodu získame zo vzťahu

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{v_i}}, \quad (2.13)$$

kde $v_i=20-2=18$ je počet stupňov voľnosti (počet nadbytočných meraní) pre obe polohy. Jednotlivé hodnoty empirických stredných odchýlok pre obidva prístroje a pre všetky série meraní sú uvedené v tab. 2.2 a tab. 2.3 [3].

Tab. 2.2: Empirické štandardné odchýlky prístroja č.1

Prístroj č.1 : Zeiss PZL 100, v.č. 214 456								
Č. bodu		1	2	3	4	5	6	
		s [mm]						
1. meranie	Séria	1	0.06	0.08	0.13	0.15	0.61	0.54
		2	0.05	0.08	0.11	0.14	0.81	0.57
		3	0.05	0.06	0.09	0.11	0.67	0.63
2. meranie	Séria	1	0.07	0.12	0.13	0.25	0.69	0.73
		2	0.07	0.14	0.13	0.27	0.84	0.79
		3	0.07	0.13	0.10	0.21	0.74	0.74

Tab. 2.3: Empirické štandardné odchýlky prístroja č.2

Prístroj č.2 : Zeiss PZL 100, v.č. 214 283								
Č. bodu		1	2	3	4	5	6	
		s [mm]						
1. meranie	Séria		0.13	0.08	0.13	0.15	0.61	0.54
			0.04	0.08	0.11	0.14	0.81	0.57
			0.06	0.06	0.09	0.11	0.67	0.63
2. meranie	Séria		0.07	0.10	0.15	0.14	0.36	0.54
			0.07	0.10	0.06	0.20	0.26	0.64
			0.07	0.09	0.06	0.18	0.39	0.73

Kompletný počet stupňov voľnosti pre všetky série meraní sa vypočíta

$$v = \sum_{i=1}^3 v_i = 54. \quad (2.14)$$

Výslednú empirickú štandardnú odchýlku prenášaného bodu v oboch polohách prístroja má tvar, vypočítaná zo všetkých troch sérií meraní:

$$s = \sqrt{\frac{\sum r_1^2 + \sum r_2^2 + \sum r_3^2}{v}} \quad (2.15)$$

Pomernú presnosť vyjadríme v tvare:

$$s_{ISO-plumb} = \frac{s}{h} = 1 : \frac{h}{s}, \quad (2.16)$$

kde s je hodnota vypočítaná zo vzťahu (2.15), h je prevažovaná výška [3].

Odhadovaná odchýlka od zvislice sa môže vyjadriť v smere osi x a y samostatne zo všetkých sérii meraní a výsledná hodnota odchýlky je vyjadrená vzťahom (2.18):

$$\delta_x = \frac{\sum_{i=1}^3 \bar{\delta} x_i}{3} \quad \text{a} \quad \delta_y = \frac{\sum_{i=1}^3 \bar{\delta} y_i}{3}, \quad (2.17)$$

$$\delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2}, \quad (2.18)$$

Empirická stredná chyba odchýlky δ

$$s_\delta = s \left(\frac{1}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{10}} \right). \quad (2.19)$$

Tab. 2.4: Charakteristiky presnosti prístroja č.1

Prístroj č.1 : Zeiss PZL 100, v.č. 214 456												
Č. bodu	1. meranie						2. meranie					
	s	$s_{ISO-plumb}$	δ_x	δ_y	δ	s_δ	s	$s_{ISO-plumb}$	δ_x	δ_y	δ	s_δ
	[mm]		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1	0.05	1:82900	-0.03	-0.03	0.05	0.010	0.07	1:61100	-0.03	-0.02	0.04	0.013
2	0.08	1:112800	-0.06	-0.06	0.09	0.014	0.13	1:64900	-0.06	-0.08	0.10	0.024
3	0.11	1:112800	-0.11	-0.26	0.18	0.020	0.12	1:101200	-0.06	-0.10	0.12	0.022
4	0.14	1:118700	-0.26	-0.92	0.96	0.025	0.24	1:66500	-0.19	-0.60	0.63	0.045
5	0.70	1:28700	-0.20	-0.42	0.46	0.128	0.76	1:26600	-0.33	-0.51	0.60	0.139
6	0.58	1:4100	0.01	-0.23	0.23	0.106	0.76	1:31400	-0.35	-0.60	0.69	0.138

Tab. 2.5: Charakteristiky presnosti prístroja č.2

Prístroj č.2 : Zeiss PZL 100, v.č. 214 283												
Č. bodu	1. meranie						2. meranie					
	s	$s_{ISO-plumb}$	δ_x	δ_y	δ	s_δ	s	$s_{ISO-plumb}$	δ_x	δ_y	δ	s_δ
	[mm]		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1	0.08	1:52800	0.24	-0.21	0.31	0.015	0.12	1:37200	-0.23	-0.11	0.25	0.022
2	0.10	1:88700	-0.18	-0.24	0.30	0.018	0.10	1:83200	-0.38	-0.42	0.57	0.019
3	0.10	1:121200	-0.34	-0.48	0.59	0.019	0.24	1:51400	-0.59	-0.39	0.71	0.044
4	0.18	1:92600	-0.37	-0.65	0.75	0.032	0.18	1:92300	-0.45	-0.70	0.83	0.032
5	0.34	1:59500	-0.72	-0.59	0.93	0.062	0.62	1:32500	-0.72	-0.73	1.02	0.113
6	0.64	1:37000	-0.52	-0.85	0.99	0.117	0.48	1:49700	-0.66	-0.73	0.99	0.087

2.5 Štatistické testy

Pri testovaní je doporučené používať podľa tejto časti STN ISO 17 123 štatistické testy [4]. Tieto testy poskytujú odpovede na štyri otázky, ktoré sú uvedené v tab.2.6. Pre tieto testy sa za hladinu významnosti uvažuje hodnota $\alpha = 0,05$.

Tab. 2.6: Štatistické testy

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

- a) Vypočítaná empirická štandardná odchýlka s je menšia alebo rovná ako jej prislúchajúca hodnota σ daná výrobcom?
- b) Patria dve empirické štandardné odchýlky s a \tilde{s} , určené z dvoch rôznych súborov meraní do rovnakej oblasti predpokladajúc, že obe vzorky majú rovnakú prevažovanú výšku h a rovnaký počet stupňov voľnosti?

Hodnoty empirických štandardných odchýlok s a \tilde{s} môžu byť získané z:

- dvoch nezávislých súborov meraných údajov, realizovaných tým istým prístrojom ale rôznymi meračmi,
 - dvoch súborov meraných údajov, rovnakým prístrojom, realizovaných v rôznych časových epochách,
 - dvoch súborov meraných údajov, realizovaných rôznymi strojmi.
- c) Ak je empirická štandardná odchýlka s_x x-ovej zložky, rovná empirickej štandardnej odchýlke s_y y-ovej zložky výsledku dosiahnutého prevažovania?
- d) Je odchýlka $\delta = 0$? [4].

Otázka a)

Nulová hypotéza H_0 sa nezamieta ak je splnené:

$$s \leq \sigma \sqrt{\frac{\chi_{1-\alpha}^2}{v}}, \quad (2.20)$$

kde $v = 54$.

$$s \leq \sigma \sqrt{\frac{\chi_{0,95}^2(54)}{54}}, \quad (2.21)$$

$$\chi_{1-\alpha}^2(54) = 72,15, \quad (2.22)$$

$$s \leq \sigma \sqrt{\frac{72,15}{54}}, \quad (2.23)$$

$$s \leq \sigma \cdot 1,16. \quad (2.24)$$

Presnosť udávaná výrobcom pre prístroj Zeiss PZL 100 $\sigma = 1 : 100\,000 = 0,0000100$, ak platí nasledujúci vzťah $s \leq 0,0000116$, tak sa nulová hypotéza nezamieta. Hodnota s je získaná s pomernej presnosti $s_{ISO-plumb}$ vypočítanej podľa vzťahu (2.16). V tab.2.7 a 2.8 sú uvedené hodnoty empirických štandardných odchýlok výsledky štatistických testov pre oba prístroje a obe etapy merania [4].

Tab. 2.7: Výsledky štatistických testov: Otázka a), prístroj č.1

Č. bodu	Prístroj č.1 : Zeiss PZL 100, v.č. 214 456			
	1. meranie		2. meranie	
	s	Výsledok štatistického testu	s	Výsledok štatistického testu
1	0.0000121	H_0 sa zamieta	0.0000164	H_0 sa zamieta
2	0.0000089	H_0 sa nezamieta	0.0000154	H_0 sa nezamieta
3	0.0000089	H_0 sa nezamieta	0.0000099	H_0 sa nezamieta
4	0.0000084	H_0 sa nezamieta	0.0000150	H_0 sa zamieta
5	0.0000348	H_0 sa zamieta	0.0000376	H_0 sa zamieta
6	0.0000244	H_0 sa zamieta	0.0000319	H_0 sa zamieta

Tab. 2.8: Výsledky štatistických testov: Otázka a), prístroj č.2

Č. bodu	Prístroj č.2 : Zeiss PZL 100, v.č. 214 283			
	1. meranie		2. meranie	
	s	Výsledok štatistického testu	s	Výsledok štatistického testu
1	0.0000189	H_0 sa zamieta	0.0000269	H_0 sa zamieta
2	0.0000113	H_0 sa nezamieta	0.0000120	H_0 sa nezamieta
3	0.0000083	H_0 sa nezamieta	0.0000195	H_0 sa zamieta
4	0.0000108	H_0 sa nezamieta	0.0000108	H_0 sa nezamieta
5	0.0000168	H_0 sa zamieta	0.0000308	H_0 sa zamieta
6	0.0000270	H_0 sa zamieta	0.0000201	H_0 sa zamieta

Otázka b)

Nulová hypotéza H_0 sa nezamieta ak je splnená nasledujúca podmienka:

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(v_1, v_2)} \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq F_{1-\alpha/2}(v_1, v_2), \quad (2.25)$$

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(54, 54)} \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq F_{0,975}(54, 54), \quad (2.26)$$

$$F_{0,975}(54, 54) = 1,71 \quad (2.27)$$

$$0,58 \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq 1,71. \quad (2.28)$$

Výsledky štatistických testov dvoch nezávislých súborov meraní získané rovnakým prístrojom sú uvedené tab.2.9 [4].

Tab. 2.9: Výsledky štatistických testov: Otázka b)

Č. bodu	Prístroj č.1 : Zeiss PZL 100, v.č. 214 456				Prístroj č.2 : Zeiss PZL 100, v.č. 214			
	s^2	\tilde{s}^2	s^2 / \tilde{s}^2	Výsledok štatistického testu	s^2	\tilde{s}^2	s^2 / \tilde{s}^2	Výsledok štatistického testu
1	0.00	0.00	0.51	H_0 sa zamieta	0.01	0.01	0.44	H_0 sa zamieta
2	0.01	0.02	0.38	H_0 sa zamieta	0.01	0.01	1.00	H_0 sa nezamieta
3	0.01	0.01	0.84	H_0 sa nezamieta	0.01	0.06	0.17	H_0 sa zamieta
4	0.02	0.06	0.34	H_0 sa zamieta	0.03	0.03	1.00	H_0 sa nezamieta
5	0.49	0.58	0.85	H_0 sa nezamieta	0.12	0.38	0.30	H_0 sa zamieta
6	0.34	0.58	0.58	H_0 sa nezamieta	0.41	0.23	1.78	H_0 sa zamieta

Otázka c)

Nulová hypotéza H_0 sa nezamieta ak je splnená nasledujúca podmienka [4]:

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(v_x, v_y)} \leq \frac{s_x^2}{s_y^2} \leq F_{1-\alpha/2}(v_x, v_y), \quad (2.29)$$

kde $v_x = v_y = 54$.

$$\frac{1}{F_{0,975}(27, 27)} \leq \frac{s_x^2}{s_y^2} \leq F_{0,975}(27, 27), \quad (2.30)$$

$$F_{0,975}(27, 27) = 2,16, \quad (2.31)$$

$$0,46 \leq \frac{s_x^2}{s_y^2} \leq 2,16. \quad (2.32)$$

Výsledky štatistických testov porovnaním s_x x – ovej zložky a s_y y- ovej zložky získané rovnakým prístrojom sú uvedené tab.2.10 a 2.11 [4].

Tab. 2.10: Výsledky štatistických testov: Otázka c), prístroj č.1

Č. bodu	Prístroj č.1 : Zeiss PZL 100, v.č. 214 456							
	1. meranie				2. meranie			
	s_x^2	s_y^2	s_x^2 / s_y^2	Výsledok štatistického testu	s_x^2	s_y^2	s_x^2 / s_y^2	Výsledok štatistického testu
1	0.004	0.002	1.661	H_0 sa nezamieta	0.005	0.006	0.818	H_0 sa nezamieta
2	0.006	0.005	1.310	H_0 sa nezamieta	0.014	0.020	0.707	H_0 sa nezamieta
3	0.011	0.013	0.802	H_0 sa nezamieta	0.014	0.015	0.944	H_0 sa nezamieta
4	0.017	0.021	0.815	H_0 sa nezamieta	0.042	0.089	0.475	H_0 sa nezamieta
5	0.342	0.645	0.531	H_0 sa nezamieta	0.413	0.740	0.558	H_0 sa nezamieta
6	0.166	0.507	0.327	H_0 sa zamieta	0.425	0.721	0.589	H_0 sa nezamieta

Tab. 2.11: Výsledky štatistických testov: Otázka c), prístroj č.2

Č. bodu	Prístroj č.2 : Zeiss PZL 100, v.č. 214 283							
	1. meranie				2. meranie			
	s_x^2	s_y^2	s_x^2 / s_y^2	Výsledok štatistického testu	s_x^2	s_y^2	s_x^2 / s_y^2	Výsledok štatistického testu
1	0.013	0.003	4.656	H_0 sa zamieta	0.008	0.021	0.365	H_0 sa zamieta
2	0.008	0.010	0.782	H_0 sa nezamieta	0.015	0.006	2.284	H_0 sa zamieta
3	0.017	0.003	5.062	H_0 sa zamieta	0.053	0.063	0.839	H_0 sa nezamieta
4	0.050	0.012	4.288	H_0 sa zamieta	0.035	0.027	1.320	H_0 sa nezamieta
5	0.146	0.084	1.736	H_0 sa nezamieta	0.307	0.463	0.664	H_0 sa nezamieta
6	0.269	0.554	0.486	H_0 sa nezamieta	0.264	0.192	1.375	H_0 sa nezamieta

Otázka d)

Nulová hypotéza H_0 sa nezamieta ak je splnená nasledujúca podmienka [4]:

$$|\delta| \leq \sigma \cdot t_{1-\alpha/2}(v), \quad (2.33)$$

$$|\delta| \leq \sigma \cdot t_{0,975}(54), \quad (2.34)$$

$$t_{0,975}(54) = 2,00, \quad (2.35)$$

$$\sigma_\delta = \frac{s}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{10}}, \quad (2.36)$$

$$|\delta| \leq \frac{s}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{10}} \cdot 2,00, \quad (2.37)$$

$$|\delta| \leq s \cdot 0,37. \quad (2.38)$$

Výsledky štatistických testov otázky d), t.j či odchýlka zámery sa δ nerovná nule je uvedené tab. 2.12 a 2.13 [3].

Tab. 2.12: Výsledky štatistických testov: Otázka d), prístroj č.1

Č. bodu	Prístroj č.1 : Zeiss PZL 100, v.č. 214 456							
	1. meranie				2. meranie			
	δ	\leq	$s \cdot 0,37$	Výsledok štatistického testu	δ	\leq	$s \cdot 0,37$	Výsledok štatistického testu
1	0,05	>	0,004	H_0 sa zamieta	0,04	>	0,005	H_0 sa zamieta
2	0,09	>	0,005	H_0 sa zamieta	0,10	>	0,009	H_0 sa zamieta
3	0,31	>	0,007	H_0 sa zamieta	0,12	>	0,008	H_0 sa zamieta
4	0,96	>	0,009	H_0 sa zamieta	0,63	>	0,017	H_0 sa zamieta
5	0,46	>	0,047	H_0 sa zamieta	0,60	>	0,051	H_0 sa zamieta
6	0,23	>	0,39	H_0 sa zamieta	0,69	>	0,050	H_0 sa zamieta

Tab. 2.13: Výsledky štatistických testov: Otázka d), prístroj č.2

Č. bodu	Prístroj č.1 : Zeiss PZL 100, v.č. 214 456							
	1. meranie				2. meranie			
	δ	\leq	$s \cdot 0,37$	Výsledok štatistického testu	δ	\leq	$s \cdot 0,37$	Výsledok štatistického testu
1	0,31	>	0,006	H_0 sa zamietá	0,25	>	0,008	H_0 sa zamietá
2	0,30	>	0,007	H_0 sa zamietá	0,57	>	0,007	H_0 sa zamietá
3	0,59	>	0,007	H_0 sa zamietá	0,71	>	0,016	H_0 sa zamietá
4	0,75	>	0,012	H_0 sa zamietá	0,83	>	0,012	H_0 sa zamietá
5	0,93	>	0,022	H_0 sa zamietá	1,02	>	0,042	H_0 sa zamietá
6	0,99	>	0,043	H_0 sa zamietá	0,99	>	0,032	H_0 sa zamietá

3. ZÁVER

Výsledkom testovania optického prevažovača Zeiss PZL 100 je určenie empirickej štandardnej odchýlky určenia polohy bodu zo súboru meraní, pričom počet opakovaní je daný normou STN ISO 17 123 Časť 7: Optické prevažovacie prístroje. Na základe štatistických testov uvedených v norme je možné konštatovať či daný prístroj vyhovuje norme, alebo je potrebná jeho rektifikácia.

Z vykonaných meraní vyplýva, že empirická štandardná odchýlka priamo úmerne narastá s prevažovanou výškou, pričom pri väčšom prevýšení je meranie zaťažené aj systematickou, ktorá závisí aj od veľkosti použitej mriežky $x - y$ (rastra). Ak porovnáme vypočítané empirické štandardné odchýlky získané z experimentálnych meraní s hodnotami udávanými výrobcom možno konštatovať, že oba prístroje vyhovujú norme do prevažovanej výšky cca 16m. Odpovede na ostatné otázky štatistických testov sú v časti 2.5.

Kontrola, overovanie a testovanie geodetických prístrojov a pomôcok sú nevyhnutnou súčasťou každej geodetickej práce – zákazky. Technické normy stanovujú kritéria a požiadavky kladené na túto nevyhnutnú súčasť geodetických prác. Nezáväznosť noriem neznamená ich neplatnosť, ale umožňuje efektívne určiť spoľahlivosť používaného prístroja a jeho doplnkov na voľbu postupu merania pre konkrétnu meračskú úlohu.

Použitá 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) ISBN 978-80-227-2938-3.
2. MICHALČÁK, O. a kol.: Inžinierska geodézia II. Alfa - SNTL, Bratislava 1990, s. 357.
3. BUJŇÁK, L. : Testovanie geodetických prístrojov podľa STN ISO 17 123. Diplomová práca. Katedra geodézie SvF STU Bratislava 2012, 55s.
4. STN ISO 17123-7: 2010 Optika a optické prístroje - Postupy na testovanie geodetických prístrojov. 7. časť: Optické prevažovacie prístroje.