

Příloha D (normativní)

MĚŘICKÉ VYBAVENÍ PRO MĚŘENÍ NA ŽBP

ZÁZNAM O ZMĚNÁCH

Číslo	Účinnost od	Obsah	Datum	Opravit
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

D.1 SPECIFIKACE

Měřické práce na železničním bodovém poli (ŽBP) musí být prováděny, s ohledem na vysoké nároky na požadovanou přesnost, ověřenými a kalibrovanými měřidly. Z tohoto důvodu tato příloha stanovuje požadavky na kontrolu a ověření měřických přístrojů a pomůcek, aby byly použitelné pro měření na ŽBP při použití stanovených technologií a metod měření uvedených v předpisu SŽ M20/MP007.

D.2 POŽADAVKY NA PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ

D.2.1 Kalibrace geodetických měřidel

Všechny měřické přístroje (totální stanice, nivelační přístroje, GNSS komplexy) používané k měření bodů ŽBP, které splňují požadavky na přesnost měření dle tabulky D.1, musí mít platné kalibrační listy. Kalibrační list k danému přístroji je vždy součástí výsledné dokumentace dané zakázky.

U GNSS komplexu lze namísto kalibrace provést ověřovací měření dle postupů v této příloze, části D1.

Tab. D.1 – Minimální požadavky na přesnost měřických přístrojů

	Totální stanice	Nivelační přístroje	GNSS komplex (HW, SW, způsob měření)
kritérium přesnosti přístroje	přesnost měření úhlů; délek	střední kilometrová chyba ¹	střední souřadnicová chyba ²
	PS-ŽBP - $\leq 2''$; $\leq 2 + 2 \text{ ppm}$ SS-ŽBP - $\leq 2''$; $\leq 2 + 2 \text{ ppm}$	$\leq 1.5 \text{ mm/km}$	$\leq 5 \text{ mm}$
	ZZ - $\leq 3''$; $\leq 3 + 3 \text{ ppm}$		
způsob ověření	kalibrace	kalibrace	Kalibrace nebo ověřovací měření (dle přílohy D-1 - Ověřovací měření GNSS komplexu)
¹⁾ musí splňovat pro daný stroj i s použitými příslušnými latěmi. ²⁾ $S_{x,y}$ je číselně vyjádřena v kalibračním listu nebo určena z ověřovacího měření dle přílohy A. $S_{x,y} = \sqrt{\frac{S_x^2 + S_y^2}{2}}$			

D.2.1.1 Lhůty kalibrací geodetických měřidel

Lhůta rekalicací pro jednotlivá měřidla je stanovena v závislosti na metrologickém řádu SŽ R7 a pokynu ředitele SŽG – OR27 (Metrologický řád SŽG):

- 3 roky u totálních stanic, nivelačních přístrojů a GNSS aparatur (komplexů),
- 5 let u nivelačních latí.

D.2.1.2 Ověření a kalibrace GNSS komplexů

Touto přílohou se stanovuje povinnost kalibrace nebo ověřovacího měření GNSS komplexů používaných pro účel určení nebo ověření polohy bodů ŽBP na 3 roky, kdy se ověřuje přesnost GNSS komplexů dle tabulky D.1 (čl. D.2.1).

Postup ověřovacího měření lze provádět na základě postupů uvedeného v příloze D1, který vychází z mezinárodního standardu ISO 17123-8.

Kalibrační měření lze provádět v certifikovaných laboratořích, které tento způsob kalibrace umožňují.

D.2.2 Kontrola měřických přístrojů

Před započítáním měřických prací na ŽBP musí být provedena kontrola a rektifikace jednotlivých měřických přístrojů. Kontrolou se vyloučí a opraví systematické chyby.

D.2.2.1 Kontrola totální stanice

Při měření ZZ se provádí kontrola a případná oprava indexové chyby. A to měřením ve dvou polohách dalekohledu. Kontrola se provádí vždy před měřením, po temperování přístroje i v průběhu měření při delších terénních pracích.

Při měření polygonometrie, kdy se měří ve dvou polohách dalekohledu, není nutné indexovou chybu kontrolovat.

D.2.2.2 Kontrola nivelačního přístroje

Zkouška nivelačního přístroje se provádí vždy před zahájením měření pomocí dvoulaťového testu. Zkouška, při které se vypočte případná nevodorovnost záměrné přímky přístroje, se provádí automatickým postupem u všech moderních digitálních nivelačních přístrojů nebo u starších přístrojů podle obecných zásad pro rektifikaci nivelačních přístrojů.

D.3 MĚŘICKÉ POMŮCKY PRO MĚŘENÍ NA ŽBP

Měřické pomůcky používané k měření na ŽBP (stativy, optické centrovače, nivelační latě) musí být pravidelně zkontrolované, zrektifikované nebo kalibrované. Vedoucí měřické skupiny vždy zodpovídá za použité měřické vybavení, které zaručuje proveditelnost prací dle požadovaných zásad, postupů a kritérií přesnosti na ŽBP.

D.3.1 Stativy a minihranoly

Pravidelná vizuální a mechanická kontrola funkčnosti.

U minihranolů pravidelná kontrola jednotlivých šroubovaných dílců a ověření svislosti celé soupravy v pravidelných intervalech. Přesnost centrace soupravy (presnost libely a provedení) minihranolu na 1 m výšky by neměla překročit odchylku 2mm!

D.3.2 Optické centrovače

Pravidelná rektifikace trojpodstavcových souprav s optickými centrovači. Ověřování svislosti v certifikované laboratoři nebo provedení vlastní kontroly dle ČSN ISO 17123-7^[4]. Optickým centrovačem musí být zajištěna centrace nad bod s přesností do 1 mm!

D.3.3 Nivelační latě

Pravidelná kontrola svislosti a pevnosti latě po dlouhodobém intenzivním používání. Současně platí požadavky na kalibraci dle čl. D.2.1.1.

Ověřovací měření GNSS komplexu

D1 - 1 Podmínky

Tato příloha specifikuje postupy, kterými se provádí ověření přesnosti GNSS komplexů na základě testovacího měření metodou RTK.

Ověřovací měření se provádí na základě postupů uvedených v ISO 17123-8^[5] (Full test procedure) a lze jim nahradit kalibrační měření za předpokladu splnění všech postupů dle této přílohy.

Ověřovacím měření GNSS komplexu se rozumí terénní testovací měření s min. 2 aparaturami, jehož výsledkem je ověření vhodnosti konkrétní GNSS aparatury pro použití na ŽBP.

Výsledkem ověřovacího měření je stanovení střední souřadnicové chyby ($S_{x,y}$) GNSS komplexu, který tvoří měřické vybavení (aparatura, stativ, trojnožka), výpočetní software a použitá metoda měření a výpočetní služba.

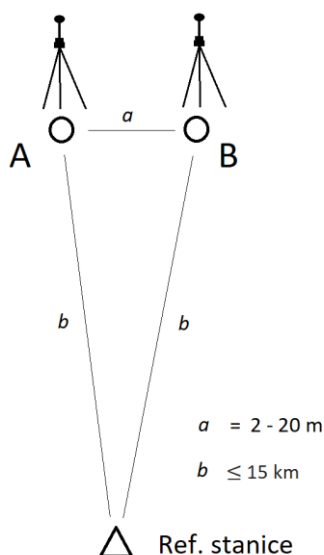
Pro účel měření na ŽBP lze použít jen ty GNSS aparatury, které v rámci ověřovacího měření GNSS komplexu splní podmínku: $S_{x,y} \leq 5 \text{ mm}$.

D1 - 2 Požadavky

Pro účel terénního ověřovacího měření je potřeba vždy použití dvou GNSS aparatur současně! Testované GNSS aparatury (rovery) je potřeba umístit nad pevné body s přesností centrace a určení výšky stroje do 1 mm. Tyto body, jejichž vzájemná vzdálenost je v rozmezí 2 – 20 m, musí mít minimální zastínění obzoru překážkami pro ideální podmínky observace.

Testování se provádí opakovaným měřením GNSS aparatur (roverů) metodou RTK síťovým řešením (VRS) pomocí některého z poskytovatelů sítě permanentních stanic, kdy nejbližší permanentní stanice daného poskytovatele nesmí být od testovaných aparatur vzdálena více než 15 km.

Obr. D.2 - Konfigurace měření GNSS komplexu



D1 - 3 Měřické vybavení

Pro ověřovací měření technologií GNSS je potřeba:

- 2 x GNSS aparatura – dvoufrekvenční aparatura s příjmem signálu ze systému GPS, Glonass případně dalšího
- 2 x stativ
- 2 x trojnožka s optickým centrovačem (případně s nadstavcem)

Pro stanovení vodorovné vzdálenosti a převýšení mezi body roveru je potřeba:

- totální stanice
- odrazný hranol

D1 - 4 Postup měření

Před zahájením ověřovacího měření se musí provést určení vzájemné polohy obou bodů roveru a to terestricky, s přesností určení převýšení a vodorovné vzdálenosti do 2 mm pomocí totální stanice a přesných odrazných hranolů umístěných na trojnožce.

Testování je prováděno v sériích měření, kdy oba rovery měří současně podle ISO 17123-8 – Full test procedure.

Harmonogram měření

Celý zkušební postup se skládá ze 3 sérií měření (i). V každé sérii je realizováno 5 měření (j) každé GNSS aparatury ($k1, k2$), kdy se měření spustí u obou aparatur současně. Délka jednoho měření by měla být pro zajištění dostatečného počtu observací ve vazbě na požadovanou přesnost minimálně 30 sekund (30 epoch), optimálně 5 minut (300 epoch, obdobné délce observace na bodech ŽBP). Měření se zahajuje cca po 1 minutě inicializovaného fixního řešení pro vyřešení ambiguit.

Doba startu každé série musí být s odstupem 90 minut (pro eliminaci vlivu konfigurace družic a atmosférických podmínek).

Tab. D.2 - Harmonogram měření GNSS komplexu

hodiny	1h												2h												3h												4h											
minuty	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	5	10	15	20	25	30	35	40	45			
	serie 1 (j1)												serie 2 (j2)												serie 3 (j3)																							
aparatura - k1	j1	i2	i3	i4	i5								j1	i2	i3	i4	i5																		j1	i2	i3	i4	i5									
aparatura - k2	j1	j2	j3	j4	j5								j1	j2	j3	j4	j5																			j1	j2	j3	j4	j5								

D1 - 5 Postup výpočtu

Pro účel výpočtu jsou použity přímo měřené souřadnice v systémech JTSK a Bpv (souřadnice určeny pomocí platného globálního transformačního klíče – totožný pro obě aparatury).

Výpočet je prováděn na základě následujícího postupu pro stanovení základních charakteristik přesnosti testovaných aparatur. Pro zpracování a zjištění výsledků se použije tabulka D.3 – Příklad výpočtu přesnosti GNSS komplexu.

Vyloučení hrubých chyb

Pro každou dvojici měření ($j=1,...,5$) ve všech sériích ($i=1,2,3$) se vypočte horizontální vzdálenost ($D_{i,j}$) a převýšení ($h_{i,j}$) mezi body roveru. Následně se vypočítají odchylky těchto hodnot od terestricky určené hodnoty (D_{ter}, h_{ter}).

Pokud některé z měření nesplní podmínku, kdy rozdíl délek určených GNSS měření a terestrickým měřením (ϵ_D, ϵ_h) nesplní podmínku - $|\epsilon| \leq 2,5 \times \sqrt{2} \times \sigma_{yx}$ (σ_h), kdy $\sigma_{yx}=5$ mm, $\sigma_h=20$ mm - je potřeba celé ověřovací měření zopakovat!

Stanovení přesnosti GNSS komplexu

Postup výpočtu pro stanovení střední souřadnicové chyby je prováděn na základě metody nejmenších čtverců v těchto krocích:

- a) výpočet aritmetického průměru souřadnic a výšek – pro každou aparaturu

$$\bar{x}_k, \bar{y}_k, \bar{h}_k$$

- b) výpočet jednotlivých oprav měřených souřadnic od aritmetického průměru

$$r_{x i,j,k}, r_{y i,j,k}, r_{h i,j,k}$$

- c) výpočet součtu kvadrátu oprav měřených souřadnic

$$\sum r_x^2, \sum r_y^2, \sum r_h^2$$

- d) výpočet střední souřadnicové a výškové chyby

$$s_{x,y}, s_h$$

Porovnáním střední souřadnicové chyby s požadovanou mezní chybou (5 mm) se stanoví, zda jsou dané aparatury použitelné pro účel měření bodů ŽBP.

Pokud vypočtená střední souřadnicová chyba $s_{x,y}$

- je menší nebo rovno než 5 mm, testované aparatury **jsou** pro účel měření na ŽBP použitelné
- je větší než 5 mm, testované aparatury **nejsou** použitelné pro účel měření na ŽBP

Pokud vypočtená střední souřadnicová chyba s_h

- je menší nebo rovno než 20 mm, testované aparatury **jsou** pro účel měření na ŽBP použitelné
- je větší než 20 mm, testované aparatury **nejsou** použitelné pro účel měření na ŽBP

Tab. D.3 – Příklad výpočtu přesnosti GNSS komplexu

Poř. číslo měření	číslo série	číslo měření v sérii	číslo roveru	Měřené souřadnice [S-JTSK]		Měřené výšky [Bpv]	odchylka od průměru [mm]			vodorovná vzdálenost měřené dvojice	převýšení měřené dvojice	rozdíl (GNSS měřené - ter.) [mm]			
	(i)	(j)	(k)	y [m]	x [m]	h [m]	r _y	r _x	r _h	D _j [m]	Δh _j [m]	ε _{D_j,i,j}	ε _{h_j,i,j}		
1	1	1	1	1000.011	499.992	100.016	-12	8	-17	–	–	–	–		
2	1	1	2	1010.011	499.995	101.996	-8	8	3	10.000	1.980	0	-20		
3	1	2	1	999.999	500.001	100.000	0	-1	-1	–	–	–	–		
4	1	2	2	1010.007	500.002	101.988	-4	1	11	10.008	1.988	8	-12		
5	1	3	1	1000.006	499.997	99.989	-7	3	10	–	–	–	–		
6	1	3	2	1010.004	500.012	102.013	-1	-9	-14	9.998	2.024	-2	24		
7	1	4	1	999.996	500.005	99.990	3	-5	9	–	–	–	–		
8	1	4	2	1010.010	500.005	101.998	-7	-2	1	10.014	2.008	14	8		
9	1	5	1	999.998	499.999	99.998	1	1	1	–	–	–	–		
10	1	5	2	1010.012	500.009	102.006	-9	-6	-7	10.014	2.008	14	8		
11	2	1	1	999.986	499.996	99.998	13	4	1	–	–	–	–		
12	2	1	2	1010.003	500.004	101.997	0	-1	2	10.017	1.999	17	-1		
13	2	2	1	999.994	500.010	100.006	5	-10	-7	–	–	–	–		
14	2	2	2	1010.000	500.012	101.999	3	-9	0	10.006	1.993	6	-7		
15	2	3	1	1000.000	500.003	100.011	-1	-3	-12	–	–	–	–		
16	2	3	2	1009.996	499.987	102.018	7	16	-19	9.996	2.007	-4	7		
17	2	4	1	999.994	499.993	99.980	5	7	19	–	–	–	–		
18	2	4	2	1010.007	500.010	101.990	-4	-7	9	10.013	2.010	13	10		
19	2	5	1	999.993	500.003	100.016	6	-3	-17	–	–	–	–		
20	2	5	2	1010.000	499.998	102.009	3	5	-10	10.007	1.993	7	-7		
21	3	1	1	1000.012	500.002	99.999	-13	-2	0	–	–	–	–		
22	3	1	2	1010.005	500.001	101.981	-2	2	18	9.993	1.982	-7	-18		
23	3	2	1	999.998	500.000	100.008	1	0	-9	–	–	–	–		
24	3	2	2	1010.000	499.990	101.986	3	13	13	10.002	1.978	2	-22		
25	3	3	1	1000.008	499.999	100.009	-9	1	-10	–	–	–	–		
26	3	3	2	1009.994	500.015	102.019	9	-12	-20	9.986	2.010	-14	10		
27	3	4	1	1000.003	499.993	99.981	-4	7	18	–	–	–	–		
28	3	4	2	1009.994	500.001	101.985	9	2	14	9.991	2.004	-9	4		
29	3	5	1	999.991	500.002	99.981	8	-2	18	–	–	–	–		
30	3	5	2	1009.999	500.008	101.995	4	-5	4	10.008	2.014	8	14		
Průměrná hodnota všech měření GNSS aparatury			1	999.999	500.000	99.999	Terestrický určené hodnoty			–	–				
			2	1010.003	500.003	101.999				10.000	2.000				
součet čtverců oprav							1273	1282	4170						
výběrová střední chyba (s _{xy})				6.8	NEVYHOVUJE		12.2								
mezní střední chyba (σ)				5			20	mezní hodnota (ε _{ij} max)						18	71

Ověřovací doložka konverze dokumentu

Ověřuji pod pořadovým číslem **2816051**, že tento dokument, který vznikl převedením vstupu v listinné podobě do podoby elektronické, skládající se z **6** listů, se doslovně shoduje s obsahem vstupu.

Ověřující osoba: **Jiří RÖSCHL**

Vystavil: **Správa železnic, státní organizace**

Datum: **01.07.2022 08:15:01**



0875a08e-9045-46c9-a35b-8c940cb92a38