



# K PROBLEMATICE KONTROLY PŘESNOSTI APARATUR GNSS

**Jiří Bureš**  
[bures.j@fce.vutbr.cz](mailto:bures.j@fce.vutbr.cz)

**Otakar Švábenský**  
[svabensky.o@fce.vutbr.cz](mailto:svabensky.o@fce.vutbr.cz)

**Marek Hořejš**  
[horejs@bkom.cz](mailto:horejs@bkom.cz)

---

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie, Veverí 331/95, 602 00 Brno

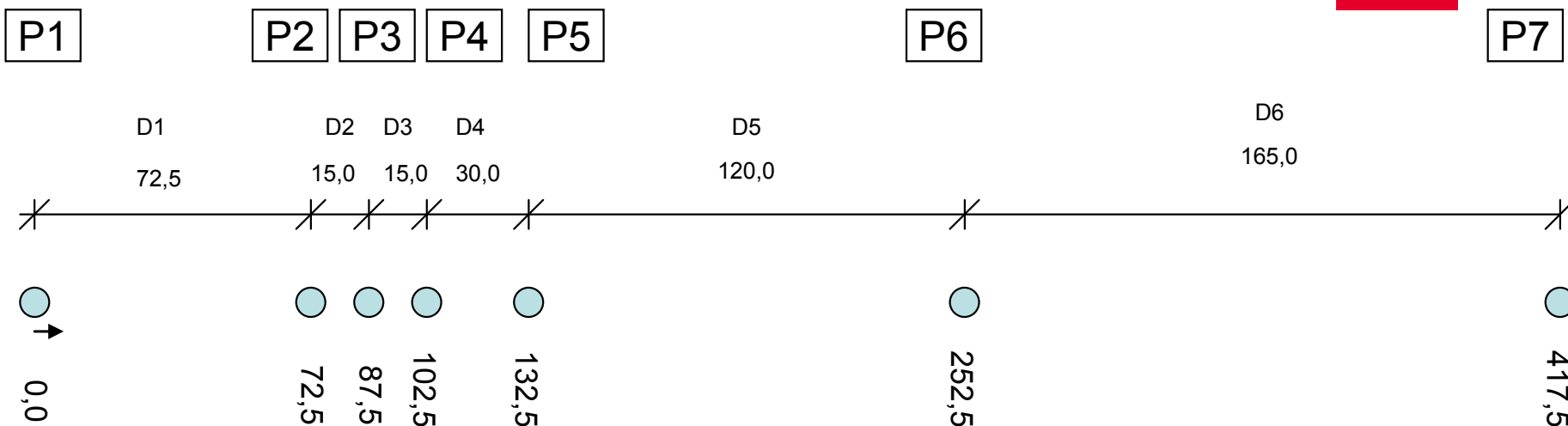
a

Brněnské komunikace a.s., Renneská třída 787/1a, 639 00 Brno

## GNSS měřicí systémy

- 1) přijímač, anténa, software jsou vysoce sofistikované - změna firmware, software - upgrade, update mění vlastnosti systému a často i výsledky měření,
- 2) z hlediska uživatelů jsou to stále „černé skřínky“,
- 3) pro přesná měření platí pravidlo opakovaného provádění kontroly přesnosti metody, kterou uživatel k měření používá.

# Dálkoměrná a GNSS základna



**Metrologická délková návaznost** na státní délkový etalon byla vykonána autorizovaným metrologickým střediskem (AMS) a zároveň akreditovanou kalibrační laboratoří VÚGTK, v.v.i.

**Metrologická GNSS návaznost** do ETRS a S-JTSK byla vykonána VUT v Brně, která je správcem permanentní družicové stanice TUBO (součást služby CZEPOS a EUREF) a disponuje GNSS aparaturami s mobilními anténami Leica AT504 GG i vědeckým zpracovatelským Bernese GNSS software.

**Výšková návaznost** do Bpv byla vykonána metodou přesné nivelace na ověřené body nivelačního pořadu 1. řádu KP Brno-Slavkov procházející v blízkosti lokality základny.



# Dálkoměrná a GNSS základna



Brněnské  
komunikace



FAKULTA  
STAVEBNÍ



## Výsledky prvních testovacích měření



Brněnské  
komunikace



FAKULTA  
STAVEBNÍ

U družicových systémů lze realizovat kontrolu přesnosti dílčích metod měření GNSS v závazných geodetických referenčních systémech ETRS, S-JTSK a Bpv.

Pilíře základny P1 až P7 byly zaměřeny ve 12/2016 metodikou přesného měření GNSS formulovanou VUT v Brně pro Správu železniční dopravní cesty, s.o. jako nástroje budování a údržby železničního bodového pole (ŽBP).

Jde o princip 3 nezávislých plánovaných observací délky 5 minut realizovaných s časovým odstupem 4 hodin.



# Výsledky trojice měření (Leica 1200 + AT504GG, CZEPOS-MAX)

Sestavení výsledků měření

Vnitřní přesnost obs.

střední kvadratická  $\sigma$

Odchylky od průměru

Bod	Datum, čas obs.	Délka obs.	Metoda	$\sigma_Y$	$\sigma_X$	$\sigma_H$	% out	GDOP	vY	vX	vH	Op
P1_1	17.12.2016 7:48:13	0:04:59	MAX	0,001	0,001	0,004	8,0	1,6	-0,001	0,002	-0,001	0,003
P1_2	17.12.2016 12:02:48	0:04:59	MAX	0,001	0,002	0,003	10,0	1,4	0,001	-0,002	0,000	0,003
P1_3	17.12.2016 15:22:04	0:04:59	MAX	0,002	0,002	0,003	11,3	1,4	0,000	0,000	0,001	0,000
P1	střední hodnota			0,001	0,002	0,003	max. - min.		0,002	0,005	0,001	0,002
P2_1	17.12.2016 8:01:56	0:04:59	MAX	0,001	0,002	0,003	13,7	1,4	0,000	0,001	-0,001	0,001
P2_2	17.12.2016 12:20:45	0:04:59	MAX	0,002	0,002	0,004	12,3	1,3	-0,001	-0,001	0,001	0,002
P2_3	17.12.2016 15:43:26	0:04:59	MAX	0,001	0,001	0,003	14,3	1,6	0,002	0,001	0,000	0,002
P2	střední hodnota			0,001	0,002	0,003	max. - min.		0,003	0,002	0,002	0,001
P3_1	17.12.2016 8:21:17	0:04:59	MAX	0,001	0,003	0,004	15,0	1,4	0,001	-0,001	-0,001	0,001
P3_2	17.12.2016 12:31:57	0:04:59	MAX	0,001	0,001	0,003	14,7	1,2	0,000	0,001	0,003	0,001
P3_3	17.12.2016 15:59:37	0:04:59	MAX	0,001	0,001	0,003	13,0	1,6	-0,001	0,000	-0,001	0,001
P3	střední hodnota			0,001	0,002	0,004	max. - min.		0,002	0,002	0,004	0,001
P4_1	17.12.2016 8:33:17	0:04:59	MAX	0,001	0,002	0,003	11,7	1,6	0,000	0,000	0,000	0,000
P4_2	17.12.2016 12:43:49	0:04:59	MAX	0,001	0,001	0,003	9,7	1,3	0,000	0,001	0,000	0,001
P4_3	17.12.2016 16:13:04	0:04:59	MAX	0,001	0,001	0,003	15,0	1,2	-0,001	-0,001	0,000	0,001
P4	střední hodnota			0,001	0,002	0,003	max. - min.		0,001	0,001	0,000	0,001
P5_1	17.12.2016 8:44:27	0:04:59	MAX	0,001	0,002	0,004	12,3	1,3	0,000	-0,002	0,003	0,002
P5_2	17.12.2016 12:54:22	0:04:59	MAX	0,001	0,002	0,003	17,0	1,5	0,000	0,002	0,000	0,002
P5_3	17.12.2016 16:27:34	0:04:59	MAX	0,001	0,002	0,003	12,7	1,4	0,000	0,000	-0,002	0,000
P5	střední hodnota			0,001	0,002	0,003	max. - min.		0,001	0,004	0,005	0,002
P6_1	17.12.2016 8:56:10	0:04:59	MAX	0,002	0,002	0,003	14,0	1,2	0,000	0,001	0,002	0,001
P6_2	17.12.2016 13:06:32	0:04:59	MAX	0,001	0,002	0,002	18,7	1,2	0,000	-0,001	0,000	0,001
P6_3	17.12.2016 16:53:26	0:04:59	MAX	0,001	0,002	0,004	12,3	1,9	0,000	0,000	-0,002	0,000
P6	střední hodnota			0,002	0,002	0,003	max. - min.		0,001	0,002	0,003	0,001
P7_1	17.12.2016 9:10:36	0:04:59	MAX	0,002	0,002	0,003	10,0	1,2	0,001	-0,001	0,003	0,001
P7_2	17.12.2016 13:19:21	0:04:59	MAX	0,002	0,002	0,005	12,7	1,5	-0,002	0,001	-0,003	0,002
P7_3	17.12.2016 17:09:36	0:04:59	MAX	0,001	0,002	0,005	15,3	1,7	0,001	0,000	0,000	0,001
P7	střední hodnota			0,002	0,002	0,004	max. - min.		0,003	0,002	0,006	0,001



střední kvadratická odchylka pro P1 až P7	$\sigma_Y$	$\sigma_X$	$\sigma_H$
	1,0	1,4	1,9



# Výsledky dvojice měření (Trimble R10 + Trimble Zephyr, Trimble VRSNow)

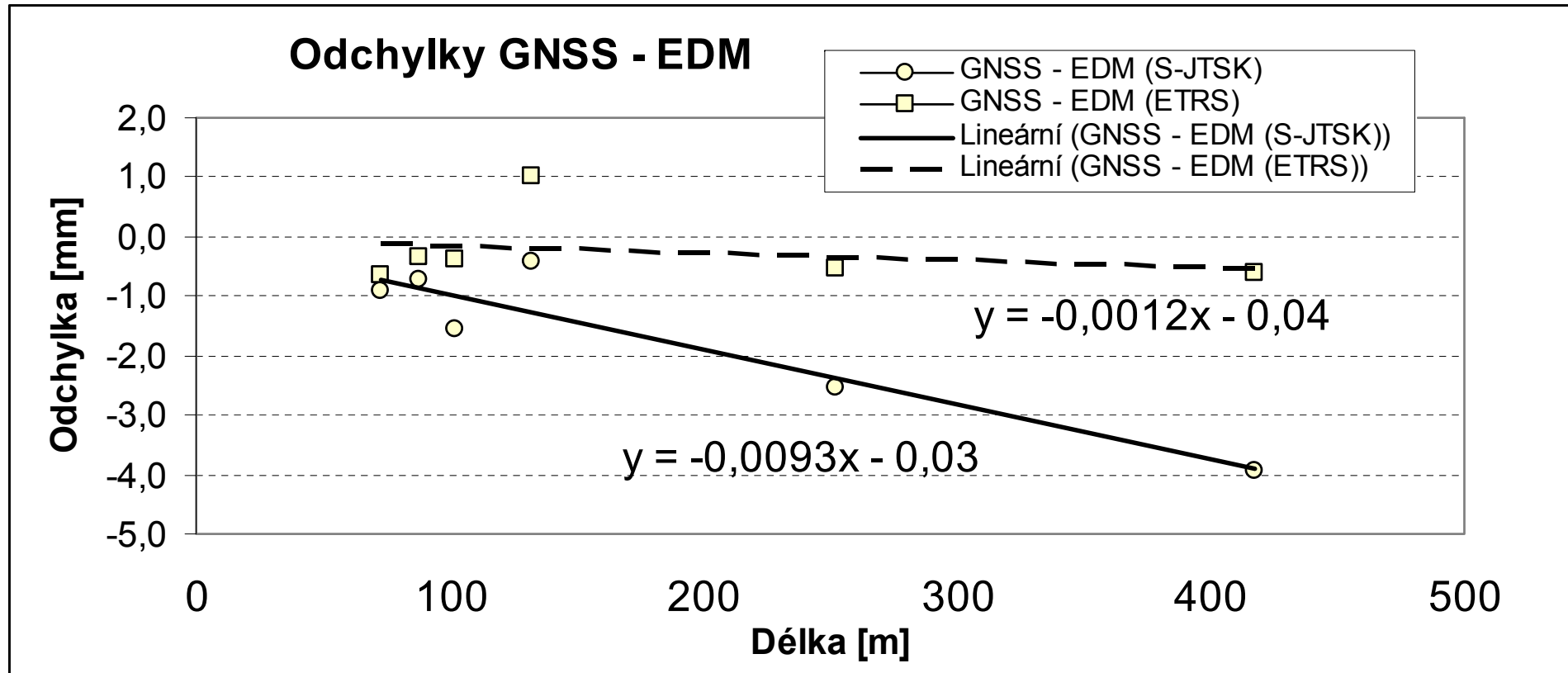
## Sestavení výsledků měření

Bod	Datum, čas obs.	Délka obs.	Vnitřní přesnost obs.				Odchyly od průměru					
			střední kvadratická $\sigma$			% out	GDOP	vY	vX	vH	Op	
$\sigma_Y$	$\sigma_X$	$\sigma_H$										
P1_1	17.12.2017 8:24:11	0:05:00	0,001	0,002	0,004	13,7	1,5	-0,002	-0,001	0,002	0,002	
P1_2	17.12.2017 12:51:50	0:05:00	0,001	0,003	0,005	9,7	1,7	0,002	0,001	-0,002	0,002	
<b>P1</b>	střední hodnota		<b>0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>0,003</b>	max. - min.		0,004	0,002	0,004	0,002	
<b>rozdíl od etalonu</b>								<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>-0,008</b>		
P2_1	17.12.2017 8:35:24	0:05:00	0,001	0,001	0,005	13,3	1,4	0,000	0,000	-0,001	0,000	
P2_2	17.12.2017 13:09:58	0:05:00	0,001	0,002	0,004	8,7	1,4	0,000	0,000	0,001	0,000	
<b>P2</b>	střední hodnota		<b>0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>0,004</b>	max. - min.		0,000	0,001	0,002	0,000	
<b>rozdíl od etalonu</b>								<b>-0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>-0,006</b>		
P3_1	17.12.2017 8:46:56	0:05:00	0,001	0,002	0,003	11,7	1,4	-0,001	0,000	-0,001	0,001	
P3_2	17.12.2017 13:17:53	0:05:00	0,002	0,002	0,004	15,3	1,3	0,001	0,000	0,001	0,001	
<b>P3</b>	střední hodnota		<b>0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>0,003</b>	max. - min.		0,001	0,000	0,003	0,001	
<b>rozdíl od etalonu</b>								<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>-0,002</b>		
P4_1	17.12.2017 8:57:11	0:05:00	0,001	0,002	0,004	10,0	1,3	0,001	-0,002	-0,003	0,002	
P4_2	17.12.2017 13:26:14	0:05:00	0,001	0,002	0,004	15,0	1,3	-0,001	0,002	0,003	0,002	
<b>P4</b>	střední hodnota		<b>0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>0,003</b>	max. - min.		0,001	0,004	0,006	0,002	
<b>rozdíl od etalonu</b>								<b>-0,002</b>	<b>0,002</b>	<b>-0,005</b>		
P5_1	17.12.2017 9:07:01	0:05:00	0,001	0,002	0,004	11,7	1,4	0,000	-0,001	-0,003	0,001	
P5_2	17.12.2017 13:35:41	0:05:00	0,002	0,002	0,003	13,0	1,4	0,000	0,001	0,003	0,001	
<b>P5</b>	střední hodnota		<b>0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>0,003</b>	max. - min.		0,000	0,002	0,006	0,001	
<b>rozdíl od etalonu</b>								<b>-0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>-0,002</b>		
P6_1	17.12.2017 9:35:23	0:05:00	0,002	0,003	0,005	12,7	1,5	0,000	-0,003	-0,001	0,003	
P6_2	17.12.2017 13:44:31	0:05:00	0,001	0,001	0,003	15,7	1,4	0,000	0,003	0,001	0,003	
<b>P6</b>	střední hodnota		<b>0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>0,004</b>	max. - min.		0,000	0,005	0,001	0,003	
<b>rozdíl od etalonu</b>								<b>-0,002</b>	<b>0,000</b>	<b>0,001</b>		
P7_1	17.12.2017 9:51:46	0:05:00	0,002	0,002	0,005	13,7	1,6	-0,001	0,000	0,003	0,001	
P7_2	17.12.2017 13:54:35	0:05:00	0,002	0,002	0,004	12,3	1,4	0,001	0,000	-0,003	0,001	
<b>P7</b>	střední hodnota		<b>0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>0,004</b>	max. - min.		0,002	0,001	0,006	0,001	
<b>rozdíl od etalonu</b>								<b>0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>-0,006</b>		



střední kvadratická odchylna pro P1 až P7	$\sigma_Y$	$\sigma_X$	$\sigma_H$
	1,2	1,9	3,0

# Odchyly GNSS - EDM



## Odchyly převýšení GNSS - PN

Převýšení	P1 - P2	P1 - P3	P1 - P4	P1 - P5	P1 - P6	P1 - P7
O <sub>H</sub> (GNSS-PN) [mm]	+0,5	-2,9	-0,3	-2,1	-2,8	-0,5



## Závěry



Brněnské  
komunikace



FAKULTA  
STAVEBNÍ

- 1) v Brně byla vybudována 417,5 m dlouhá geodetická dálkoměrná a GNSS základna pro kontrolu přesnosti EDM a GNSS,**
- 2) první výsledky signalizují velmi dobrou kvalitu GNSS observací a spolehlivost výsledků v prakticky ideálních podmínkách,**
- 3) z výsledků měření konkrétní metodou na základně a poté v provozních podmínkách lze interpretovat míru vlivu vnějších podmínek, popř. multipath**
- 4) prokázal se velmi dobrý soulad rozměru EDM a GNSS (ETRS) a naopak problém proměnlivosti rozměru při použití GTK do S-JTSK ve velmi přesných inženýrsko-geodetických aplikacích.**
- 5) dálkoměrná a GNSS základna je k dispozici prostřednictvím společnosti Brněnské komunikace a.s. pro využití odbornou veřejností v technické praxi**



**Děkuji Vám za pozornost.**

**Jiří Bureš**  
[bures.j@fce.vutbr.cz](mailto:bures.j@fce.vutbr.cz)

**Otakar Švábenský**  
[svabensky.o@fce.vutbr.cz](mailto:svabensky.o@fce.vutbr.cz)

**Marek Hořejš**  
[horejs@bkom.cz](mailto:horejs@bkom.cz)

---

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie, Veverí 331/95, 602 00 Brno

a

Brněnské komunikace a.s., Renneská třída 787/1a, 639 00 Brno