



Tvorba novej realizácie výškového referenčného systému Bpv

Ing. Ján Bublavy, Ing. Branislav Droščák, PhD.

Geodetický a kartografický ústav Bratislava

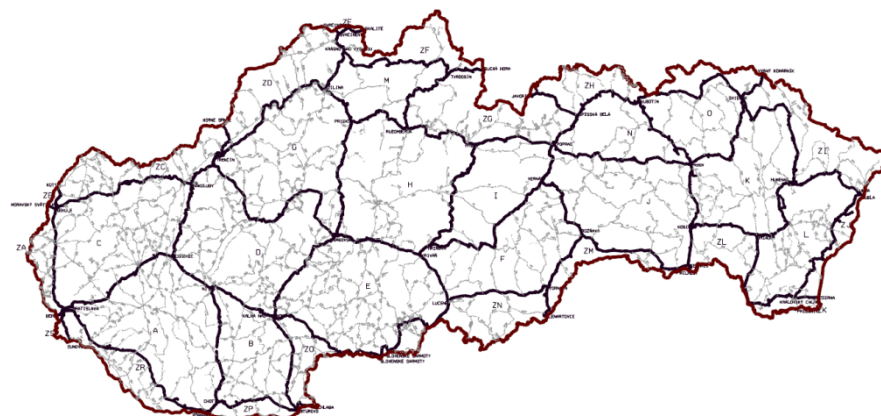
jan.bublavy@skgeodesy.sk, branislav@droscak@skgeodesy.sk

XII. SLOVENSKÁ GEOFYZIKÁLNA KONFERENCIA

28. - 29. 9.2017, Bratislava

Motivácia

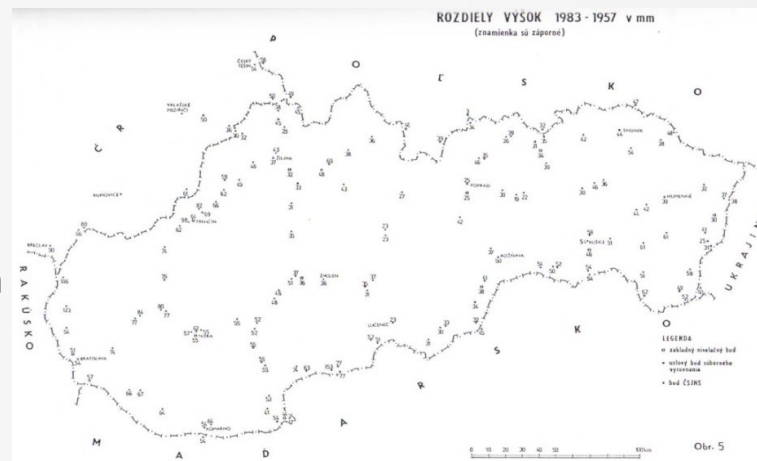
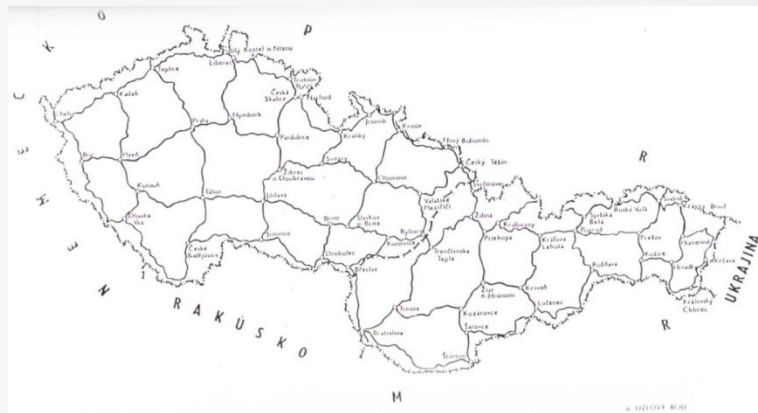
- realizácia národného výškového systému Bpv oslavuje **60** rokov
 - globálne je sieť nehomogénna
 - presnosť vyhovuje zväčša iba lokálne
- transformácia výšok
 - o spresnenie vzťahu: nadmorská výška – kvázigeoid – elipsoidická výška na úroveň 1-2 cm
 - záujem o zvýšenie presnosti transformácií:
 - ETRS89-h \leftrightarrow Bpv-H
 - ETRS89-h \leftrightarrow EVRS-H
 - Bpv-H \leftrightarrow EVRS-H



Baltský výškový systém – (po vyrovnaní)

■ ČSJNS

- 1945 – začiatok budovania
- 1957 – súborné vyrovnanie **Bpv57**
 - zdroj I. rád do r. 1952
- 1962 – komplet prevedený II. a III. rád ČSJNS
- 1961 - 1978 – modernizácia ČSJNS
 - ON – I. a II. rád výber z ČSJNS
 - ZNS
 - AE
- 1983 - súborné vyrovnanie **Bpv83**
 - zdroj 2. ON 1973 - 1981
 - priemerný rozdiel Bpv57 a Bpv83 = -48,5 mm
 - 146 bodov
 - kompletný prepočet výšok všetkých bodov neuskutočený



Baltský výškový systém – (po vyrovnaní)

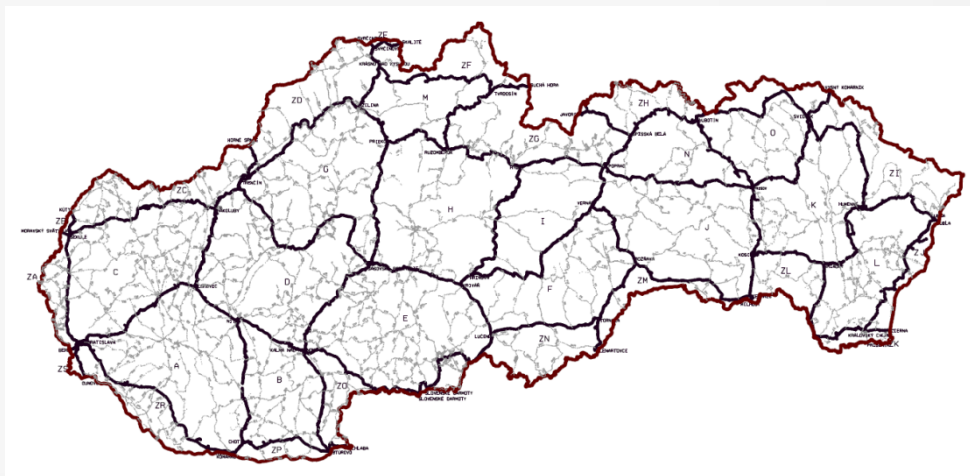
■ ŠNS

- 1995 - 1996 – návrh a začiatok budovania
 - 1. rád ŠNS
 - I. a II. rád ON z územia Slovenska
 - celý I. rád ČSJNS z územia Slovenska
 - nové ťahy z vybraných bodov I. - III. rádu ČSJNS
 - 2. rád ŠNS
 - zvyšné ťahy ČSJNS z územia Slovenska
 - - **súborné vyrovnanie v Bpv83**
 - vyrovnanie 1. rádu ŠNS a príprava na vyrovnanie 2. rádu
- 1996 - 2002
 - meranie 1. rádu ŠNS
- 2003 - 2016
 - meranie 2. rádu ŠNS
- 2007 - súborné vyrovnanie „**Bpv07**“
 - vyrovnanie 1. rádu ŠNS
- 1995 – 2017- udržiavanie realizácie Bpv57 novými meraniami



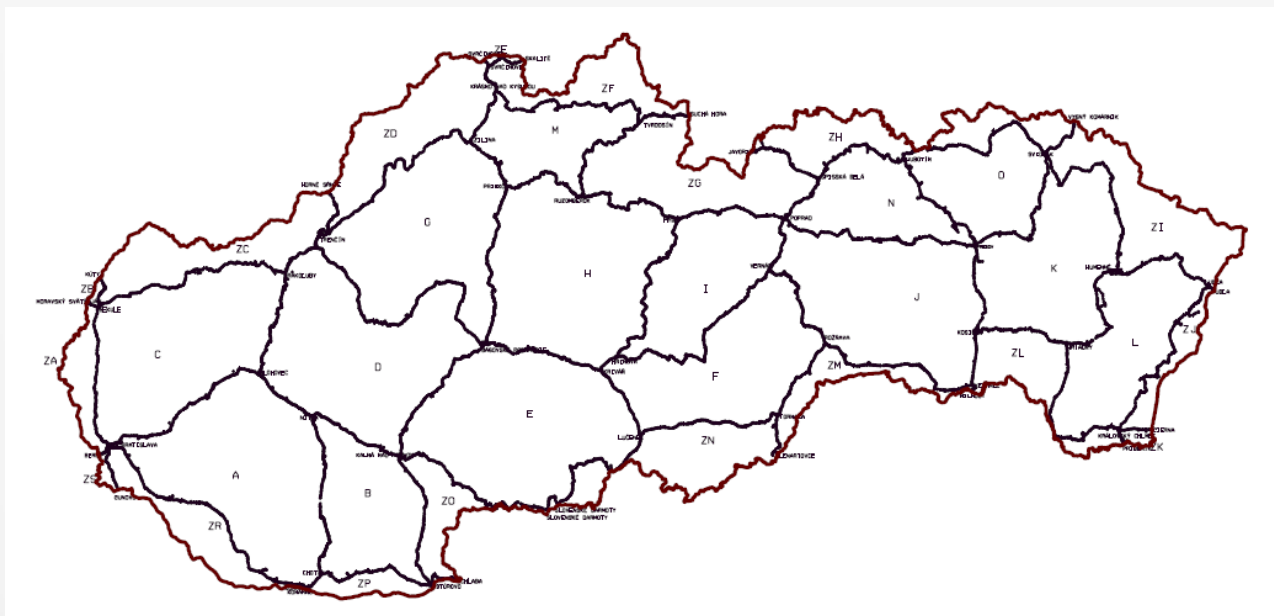
Návrh novej realizácie Bpv

- použitie najnovších meraní 1. a 2. rádu ŠNS
- homogenizácia údajov
- zavedenie opráv a korekcií, tiažové zrýchlenie
- vyrovnanie cez geopotenciálne kóty
 - matematický model
- implementácia novej realizácie Bpv aj EVRS + nového kvázigeoidu do praxe



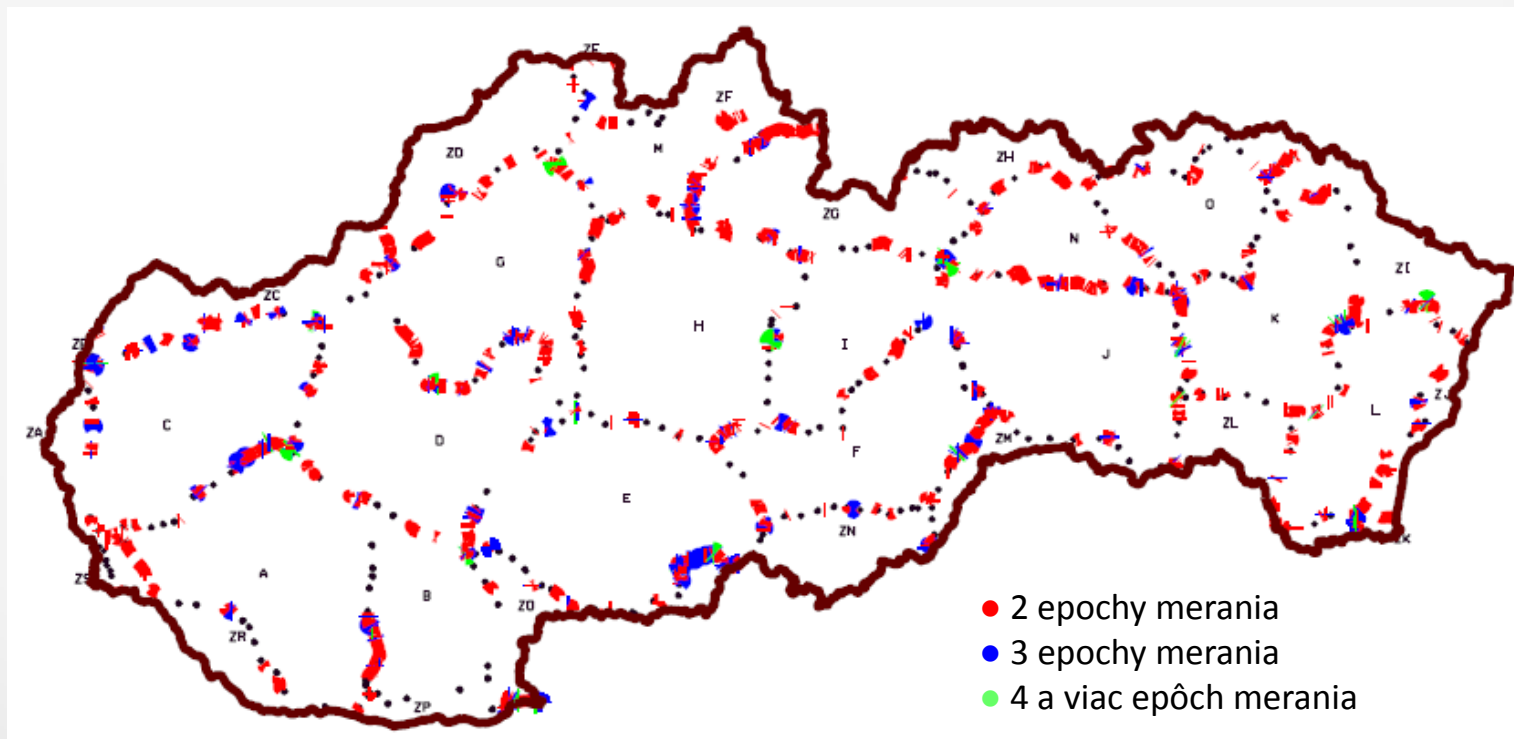
Nivelačné meranie – 1. rád ŠNS

- kompletné zameranie 1996 – 2002
 - 3787 km, 11 035 bodov, 68 nivelačných ťahov
 - Wild (Leica) NA3000, NA3003, Zeiss DiNi11
 - kalibrované kódové nivelačné laty
 - modifikované VPN $\rho=1,5 \cdot VR$
 - Záznamníky: Targa Traveller, Trimble Recon



Nivelačné meranie – 1. rád ŠNS

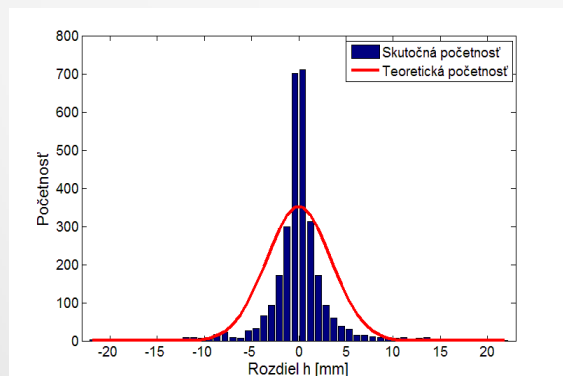
- dodatky a kontrolné merania na bodoch 1.rádu ŠNS
 - merané 1996 - 2016
 - 3507 prevýšení = 1180 km
 - iba duplicitné prevýšenia, ktoré spĺňali krajnú odchýlku opakovanej nivelácie



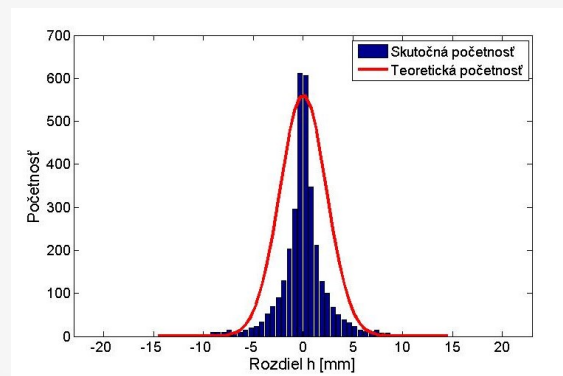
Nivelačné meranie – 1. rád ŠNS

- Krajná odchýlka opakovanej nivelácie
 - $\rho = 2,0 + 1,5 \cdot \sqrt{R}$
 - r. 2014 = 3418 rozdielov, $\sigma = 20,9$ mm, $3\sigma = 50\%$ EZN
3051 rozdielov, $\sigma = 7,6$ mm, $3\sigma = 32$ rozdielov
3019 rozdielov, $\sigma = 3,4$ mm, $3\sigma = 93$ rozdielov
 - r. 2015 = 3292 rozdielov, $\sigma = 2,3$ mm
 - r. 2017 = 3507 rozdielov, $\sigma = 2,0$ mm, 3σ spĺňa 98,3 % rozdielov

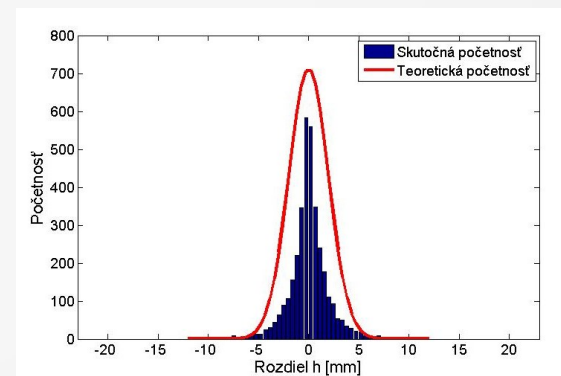
Histogram početnosti opakovanej nivelácie



$\sigma = 3,4$ mm



$\sigma = 2,3$ mm

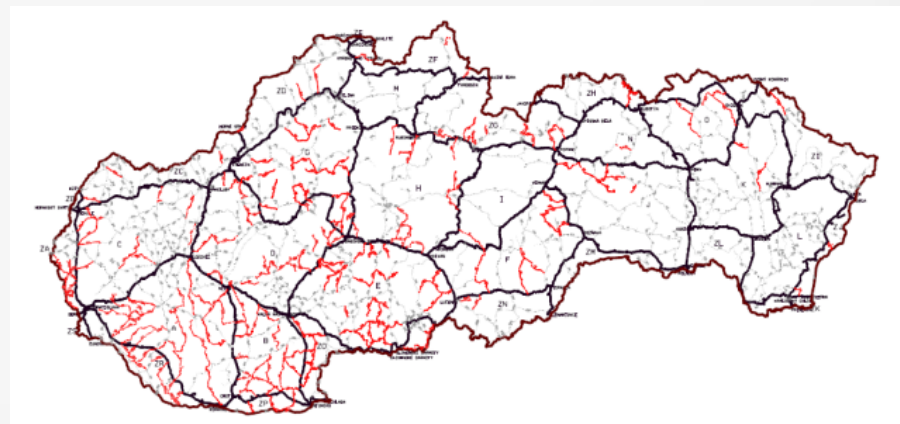
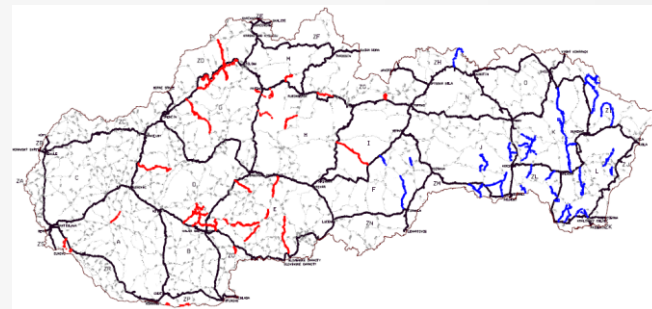


$\sigma = 2,0$ mm

Nivelačné meranie – 2. rád ŠNS

■ 2003 - 2016

- 878 nivelačných ťahov, 9590 km, 25671 bodov
- modifikované VPN $\rho=2,25 \cdot \nu R$
- k 1.1.2014 premeraných 68% bodov = 6521 km
- kompletne domeranie do r. 2021 (cca. 560 km/rok)
- merania z ČSJNS (1987 a viac), premeranie bodov do r. 1987
- k 1.1.2017 premeraných 76% bodov a 24% prevzatých z ČSJNS



Geometrická zložka

- tvar a štruktúra údajov

The image displays a file explorer window on the left and three overlapping text editor windows on the right. The file explorer shows a directory structure with folders for different years and dates, and files like 'citaj.txt', 'DE_test.txt', and 'DE01.VZZ'. The text editors show detailed data points with coordinates, elevations, and instrument details.

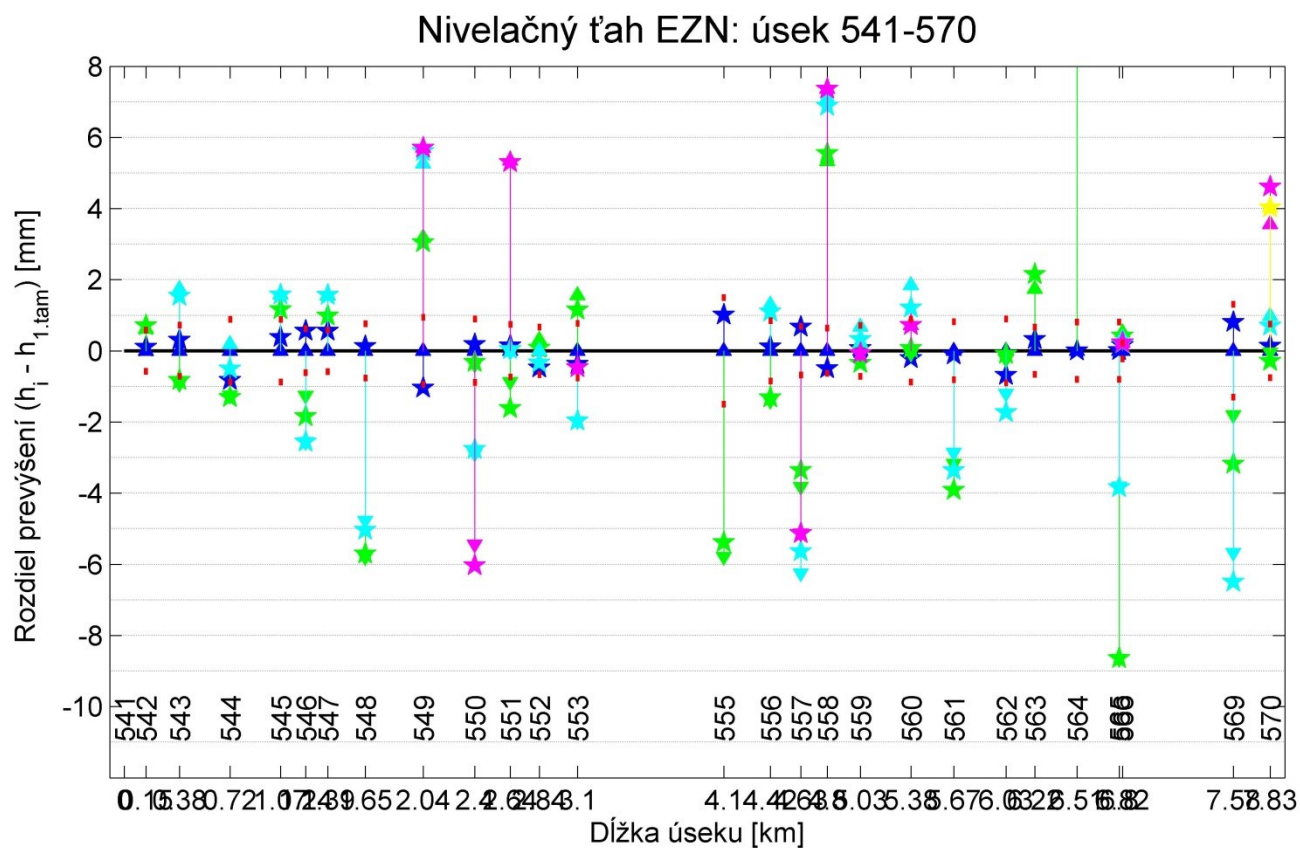
File Name	Format	Date	Time
[.]	<DIR>	06.02.2015	12:00
[DE FINAL]	<DIR>	08.01.2015	16:01
[DE-0_1997]	<DIR>	06.02.2015	11:59
[DE-01_1999]	<DIR>	16.07.2014	12:19
[DE-02_2004]	<DIR>	16.07.2014	12:19
[DE-03_2005]	<DIR>	16.07.2014	12:20
[DE-04_2005]	<DIR>	16.07.2014	12:20
[DE-05_2012]	<DIR>	16.07.2014	12:20
[DE-06_2012]	<DIR>	16.07.2014	12:21
[DE-07_2014]	<DIR>	22.12.2014	10:53
[Kriticke h]	<DIR>	22.12.2014	10:58
[PLOT]	<DIR>	06.02.2015	11:59
citaj	txt	1 054	06.02.2015 11:42
DE_test	txt	10 434	06.02.2015 11:59
DE0	VZZ	64 099	06.02.2015 11:58
DE01	VZZ	4 046	08.04.2014 11:23
DE02	VZZ	4 192	08.04.2014 11:25
DE03	VZZ	4 611	08.04.2014 11:27
DE04	VZZ	4 606	08.04.2014 11:33
DE05	VZZ	4 615	08.04.2014 11:35
DE06	VZZ	4 889	08.04.2014 11:36
DE07	VZZ	12 089	22.12.2014 10:53

The text editors show data points with coordinates, elevations, and instrument details. The first editor shows data for 'DE - Poznamkový blok' with columns for 'Súbor', 'Úpravy', 'Formát', 'Zobrazit', and 'Pomocník'. The second editor shows data for 'DE07 - Poznamkový blok' with columns for 'Súbor', 'Úpravy', 'Formát', 'Zobrazit', and 'Pomocník'. The third editor shows data for 'DE07 - Poznamkový blok' with columns for 'Súbor', 'Úpravy', 'Formát', 'Zobrazit', and 'Pomocník'.

- „vyčistenie“ údajov: premeriavky, pomocné body, ...
- zavedenie opráv a korekcií na merané prevýšenie
 - oprava z excentrického postavenia prístroja
 - oprava zo zakrivenia zemského povrchu a refrakcie
 - oprava z rozťažnosti invarového pásu vplyvom teploty a z mierkového faktora nivelačnej laty
 - **astronomická korekcia (vplyv oscilácie tiažnice)**

Geometrická zložka

- ukážka nivelačných meraní

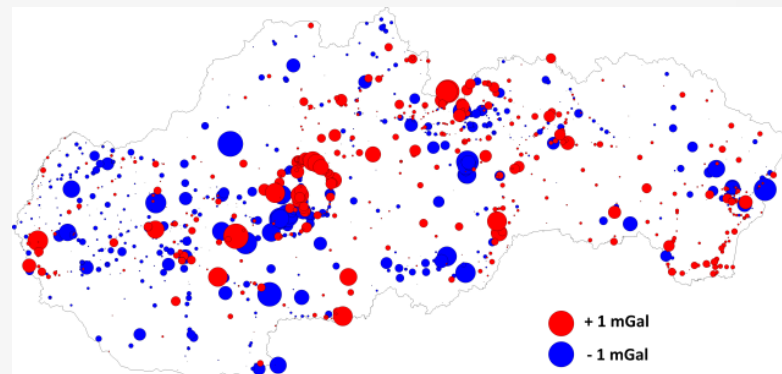
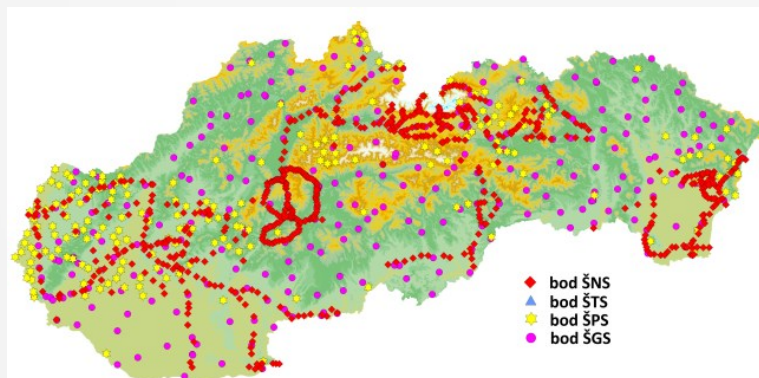


Legenda:



Fyzikálna zložka – CBA2G_SK

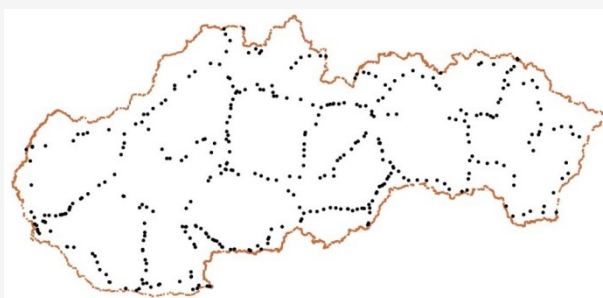
- klasický spôsob vs. geopotenciálne kóty
 - tiažové zrýchlenie - 2% ŠNS, resp. 5% 1. rádu
- CBA2G_SK
 - 320 000 bodov
 - testovanie 1316 bodov (ŠGS, ŠPS, ŠNS, ŠTS) = $\rho=0,2122$ mGal



- 13 rozdielov nad 1,5 mGal – podrobná analýza

Fyzikálna zložka – CBA2G_SK

- vplyv neistoty poznania polohy bodov ŠNS
 - rekognoskácia 1994 – 1995 = zakreslenie do máp 1 : 10000
 - porovnanie na identických bodoch ETRS89 = 374 bodov



$$\sigma_y = 14,29 \text{ m}$$

$$\sigma_x = 14,41 \text{ m}$$

- generovanie tiažového zrýchlenia s polohovou neistotou

Smer	Počet hodnôt	+ 0 m [mGal]	+ 15 m [mGal]	+ 45 m [mGal]
x	595	0,1547	0,1547 + 0,0163	0,1547 + 0,0462
y	595	0,1547	0,1547 + 0,0182	0,1547 + 0,0531
y (90 – 200 m.n.m)	224	0,1412	0,1412 + 0,0140	0,1412 + 0,0419
y (200 – 1000 m.n.m)	345	0,1588	0,1588+ 0,0187	0,1588+ 0,0538
y (nad 1000 m.n.m)	26	0,2175	0,2175+ 0,0463	0,2175+ 0,1397

Fyzikálna zložka – CBA2G_SK

- zvýšenie presnosti polohových súradníc bodov ŠNS – 2 etapy
 - 1. posúdenie a vykonštruovanie polohy bodu v prostredí ArcGis (VKM, ZBGIS)
09/2015 – 03/2016 : 11 048/5646 bodov 1. rádu ŠNS , domeranie 1492 bodov = $\sigma_p < 1,5 m$

	n	Δ [m]	σ [m]	<1. σ [%]	<2. σ [%]	<3. σ [%]
E-P	636	0.07	0.05	83.8	94.8	99.5
P - VKM1	412	0.13	0.07	82.3	95.9	100.0
P - VKM3	745	0.93	0.87	83.5	93.7	99.2
P - ZBGIS	143	1.12	0.69	81.8	95.1	100.0
E - ZBGIS-P	346	8.16	4.19	85.8	94.5	97.1
P - ZBGIS-P	195	7.34	2.85	81.5	96.4	100.0
E - ZBGIS-S	32	1.65	1.12	81.3	93.8	100.0

03/2016 – 02/2017 : 25 671/13969 bodov 2. rádu ŠNS , domeranie 8210 bodov = $\sigma_p < 1,5 m$

- 2. priame domeranie polohy bodov pomocou GNSS

1492 bodov (1. rád ŠNS)

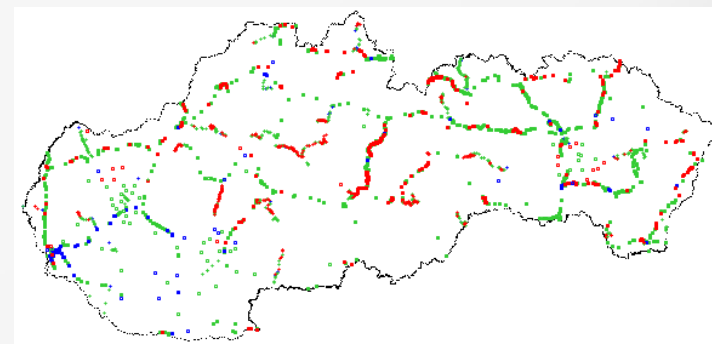
902 bodov (2. rád ŠNS – pripojenie bodov SKPOS a SGRN)

119 bodov ŠGS = **ŠGS v ETRS89**



2513 = 1963 zameraných

380 zničených

153 nenájdenných



Záver

- použitie najnovších meraní 1. a 2. rádu ŠNS 
- homogenizácia údajov 
- zavedenie opráv a korekcií, tiažové zrýchlenie
 - oprava z excentrického postavenia prístroja
 - oprava zo zakrivenia zemského povrchu a refrakcie
 - oprava z rozťažnosti invarového pásu vplyvom teploty a z mierkového faktoru nivelačnej laty
 - astronomická korekcia (vplyv oscilácie tiažnice)
 - tiažové zrýchlenie
- vyrovnanie cez geopotenciálne kóty
 - matematický model
- implementácia novej realizácie Bpv aj EVRS + nového kvázigeoidu do praxe



Ďakujem za pozornosť

Ing. Ján Bublavý

Geodetický a kartografický ústav Bratislava

jan.bublavy@skgeodesy.sk,

XII. SLOVENSKÁ GEOFYZIKÁLNA KONFERENCIA

28. - 29. 9.2017, Bratislava