

Možnosti určenia nadmorských výšok v lokálnych geodetických siet'ach

Ing. Juraj Papčo, PhD., Bc. Miroslava Majkráková
Katedra geodetických základov,
SvF, STU v Bratislave
juraj.papco@stuba.sk





OBSAH

1. Teória výšok
2. Určovanie nadmorských výšok
3. Praktický experiment
4. Záver

Teória výšok

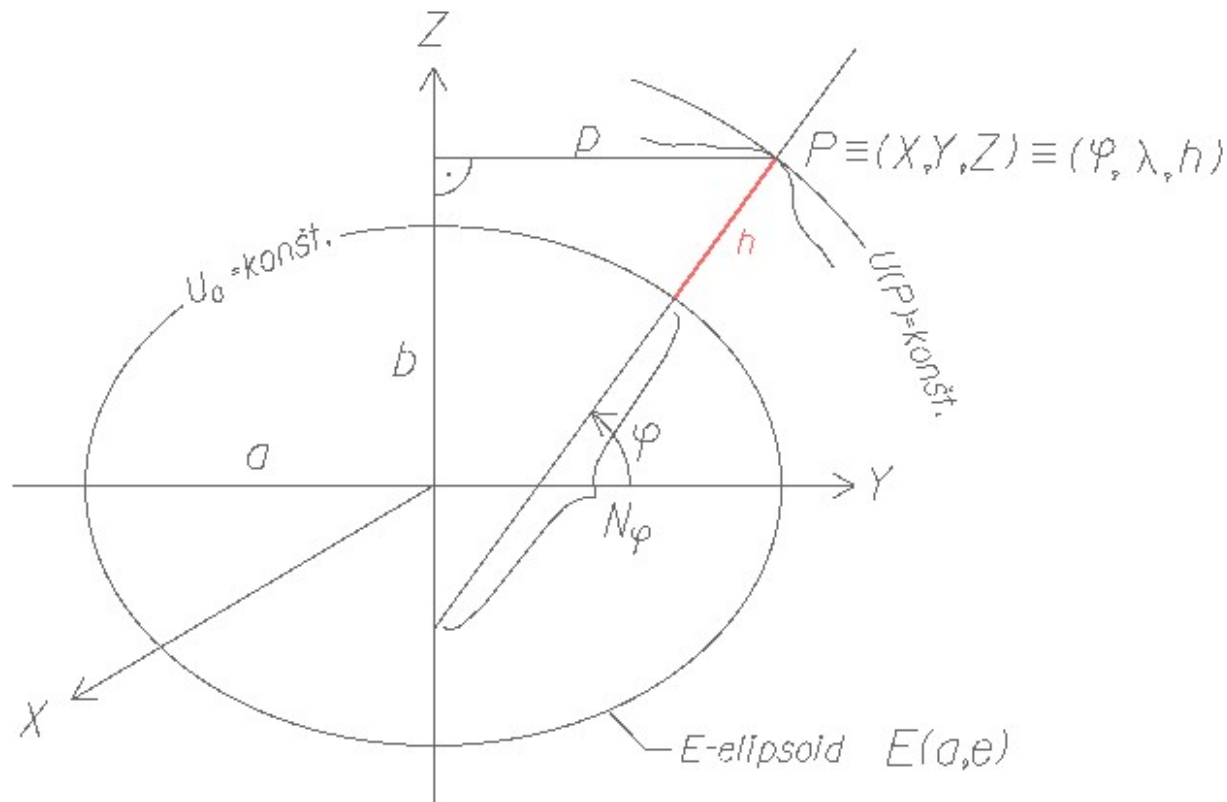
Výška – vertikálna odľahlosť bodu na zemskom povrchu od zvolenej nulovej vzťažnej plochy meraná po priamke alebo krivke

ROZDELENIE VÝŠOK:

- Geometrické (elipsoidické) výšky – geometrický vertikálny referenčný systém
- Nadmorské (fyzikálne) výšky – fyzikálny vertikálny referenčný systém

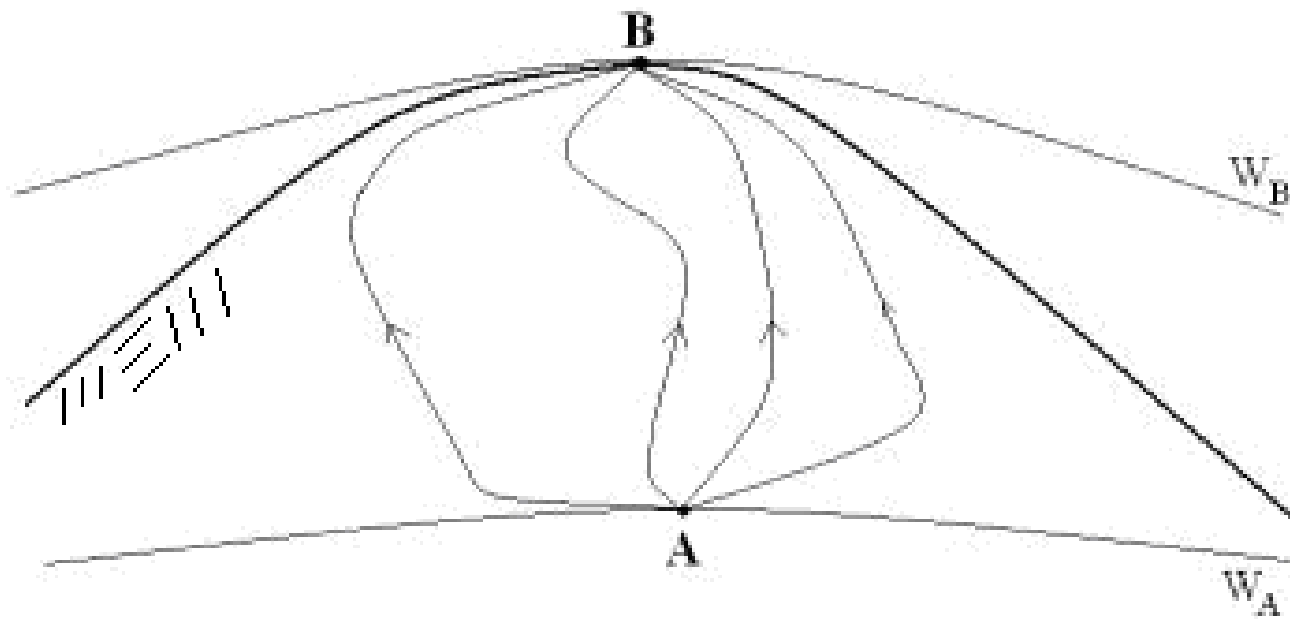
Geometrické výšky (elipsoidické)

- **Geometrický vertikální referenční systém je definovaný vertikálním parametrem, meraným po normále k referenčnímu elipsoidu, od referenčního elipsoidu po meraný bod**



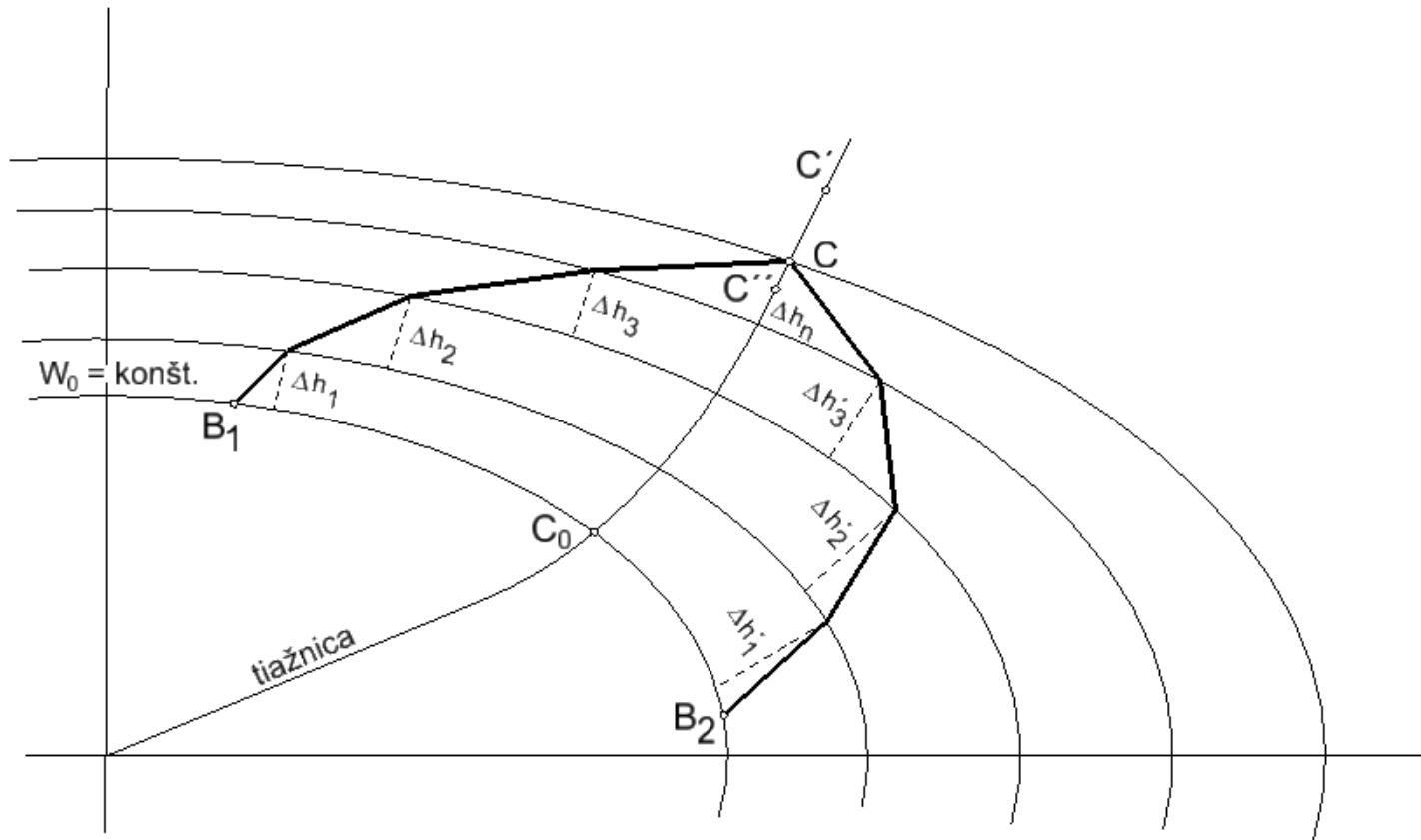
Nadmorské výšky (fyzikálne)

- *Nejednoznačnosť „nivelovaných“ výšok*
- *závisia od trasy nivelácie*



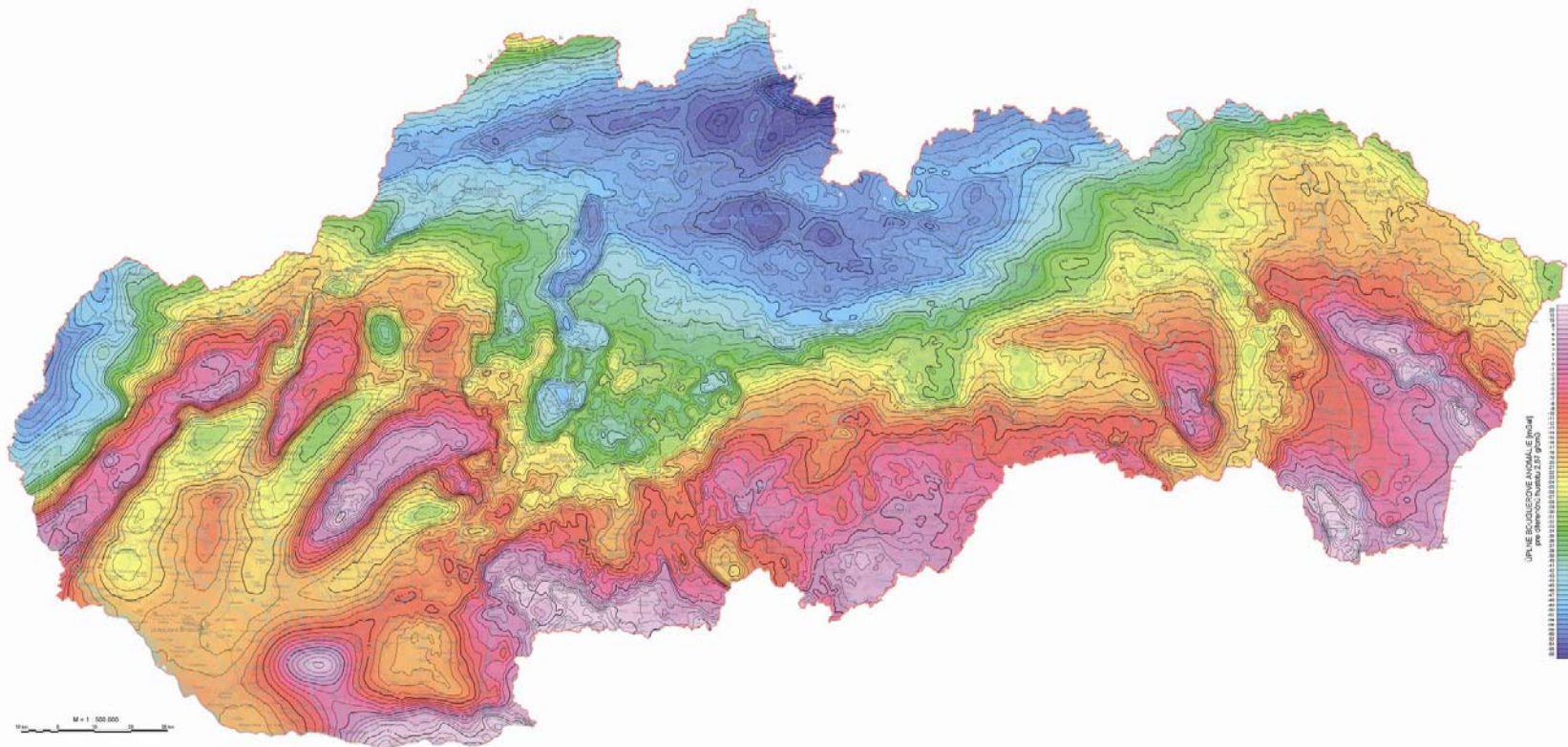
Nadmorské výšky (fyzikálne)

- **Nejednoznačnosť „niveľovaných“ výšok**
- **závisia od trasy nivelácie**
 - **Zbiehavosť ekvipotenciálnych plôch smerom k pólom**



Nadmorské výšky (fyzikálne)

- **Nejednoznačnosť „nivelovaných“ výšok**
- **závisia od trasy nivelácie**
 - **Zbiehavosť ekvipotenciálnych plôch smerom k pólom**
 - **Lokálne zvlnenie ekvipotenciálnych plôch vplyvom zmien podložia**



Nadmorské výšky (fyzikálne)

- *Fyzikálny vertikálny referenčný systém je definovaný vertikálnym parametrom, meraným po krivkách od ekvipotenciálneho elipsoidu alebo geoidu, resp. kvázigeoidu po meraný bod.*
- *Fyzikálne výšky určujeme vo fyzikálnom priestore, pozdĺž siločiar tyťažového poľa Zeme (tyťažnice), ktorá má v každom bode smer zemskej tytaže.*
- *Tyťažové pole Zeme môžeme popísať plochami s rovnakou hodnotou tyťažového potenciálu – ekvipotenciálna plocha*
- *Ak jednu z týchto plôch zvolíme za referenčnú, môžeme výšky definovať pomocou rozdielu potenciálov medzi referenčnou plochou (W_0) a plochou prechádzajúcou daným bodom (W) – geopotenciálna kóta.*

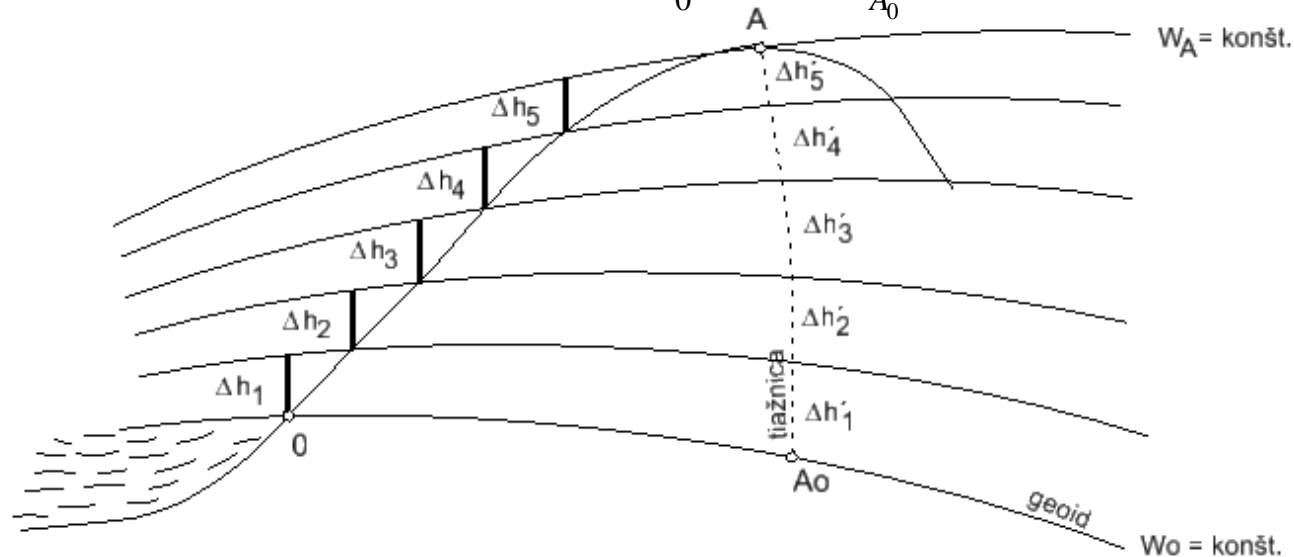
$$C_A = -(W_A - W_0) = W_0 - W_A = \int_0^A g dH$$

Nadmorské výšky (fyzikálne)

■ Geopotenciálna kóta

- jednoznačná a nezávislá na ceste pripojenia
- všetky body na ekvipotenciálnej ploche majú tú istú geopotenciálnu kótu
- slúži na výpočet jednoznačnej nadmorskej (fyzikálnej) výšky
- praktické určenie – kombinácia nivelácie a gravimetrie

$$C_A = -(W_A - W_0) = W_0 - W_A = \int_0^A g dH = \int_{A_0}^A g' dH' = \text{konšt.}$$



Nadmorské výšky (fyzikálne)

■ Typy nadmorských (fyzikálnych) výšok

□ Ortometrické výšky – geoid

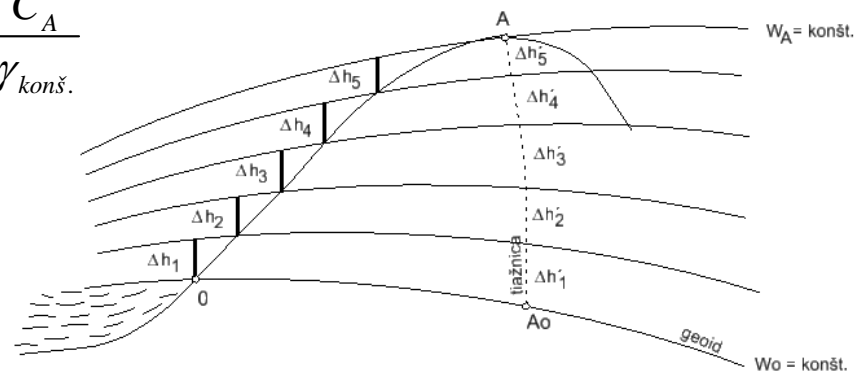
$$H_o^A = \frac{1}{g_m^A} \int_0^A g dH = \frac{W_0 - W_A}{g_m^A} = \frac{C_A}{g_m^A}$$

□ Normálne výšky podľa Molodenského – kvázigeoid

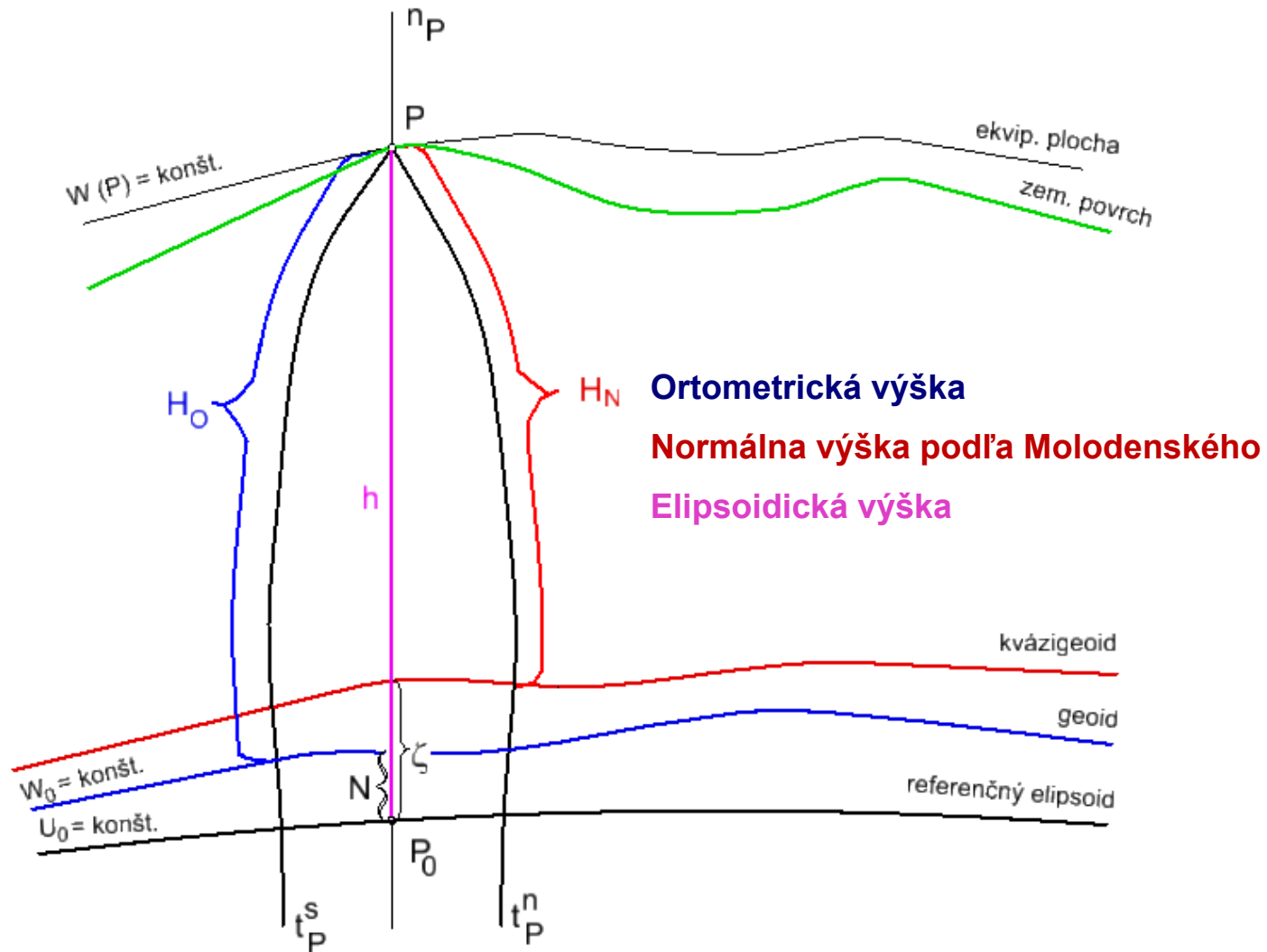
$$H_N^A = \frac{1}{\gamma_m^A} \int_0^A g dH = \frac{W_0 - W_A}{\gamma_m^A} = \frac{C_A}{\gamma_m^A}$$

□ Dynamické výšky

$$H_D^A = \frac{1}{\gamma_{konš.}} \int_0^A g dH = \frac{W_0 - W_A}{\gamma_{konš.}} = \frac{C_A}{\gamma_{konš.}}$$



Nadmorské výšky (fyzikálne)



Určovanie nadmorských výšok

■ Klasický spôsob

- *nivelované prevýšenia + redukcia z tiaže*

$$H^A = H^0 + \Delta H_{niv}^{0A} + C_q \quad C_q = O_\gamma + P$$

- *ortometrická korekcia – zbiehavosť ekvip. plôch*

$$O_\gamma = -0.0000254 H_S \Delta \varphi_S''$$

- *prevodový člen – lokálne zvlnenie ekvip. plôch*

$$P = 0.0010193(\Delta g_B + 0.1119 H_S) \Delta H_{niv}$$

Určovanie nadmorských výšok

- Použitie geopotenciálnych kót

- *kombinácia nivelácie a gravimetrie*

$$C_A = C_0 + \Delta C_0^A = C_0 + \int_0^A g dH = C_0 + \sum_0^A g_i \Delta H_i^{niv}$$

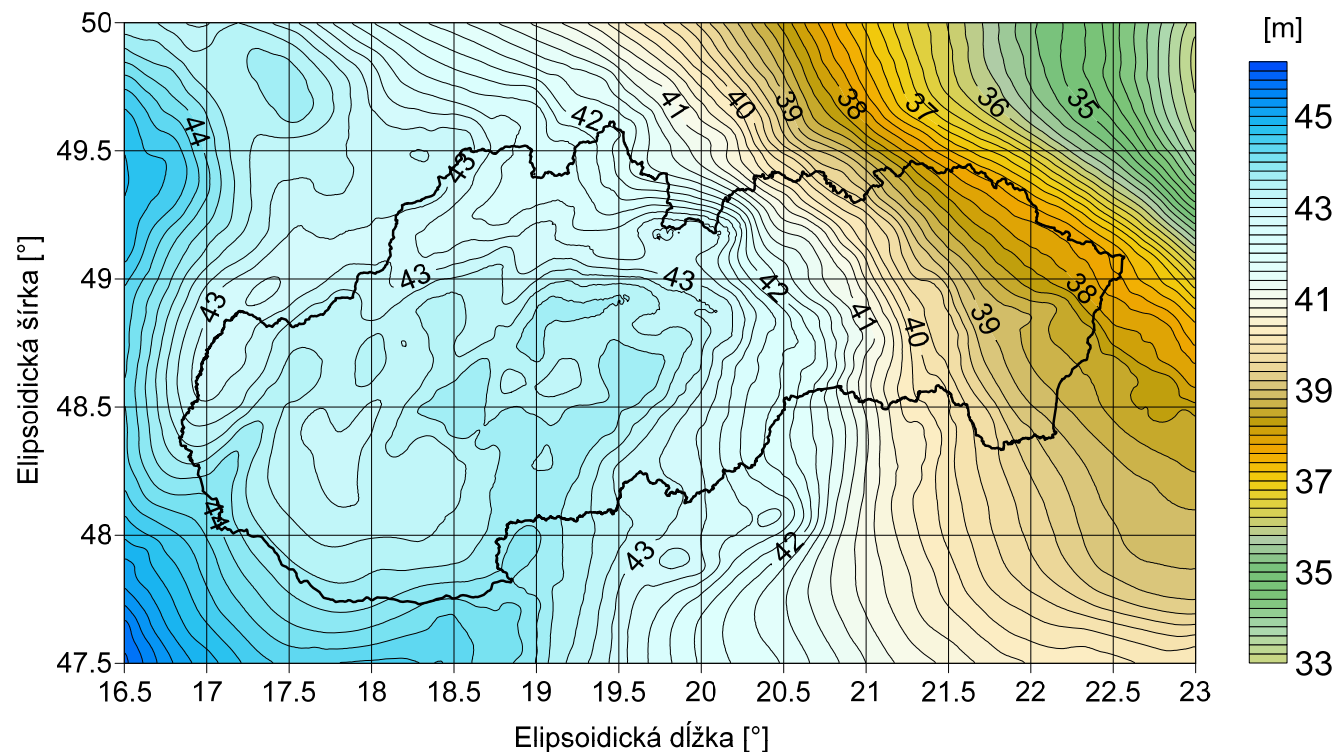
$$H_N^A = \frac{C_A}{\gamma_m^A}$$

Určovanie nadmorských výšok

■ GNSS nivelácia

- kombinácia elipsoidickej výšky (GNSS) a znalosti priebehu kvázigeoidu

$$H^A = h^A - \zeta^A$$



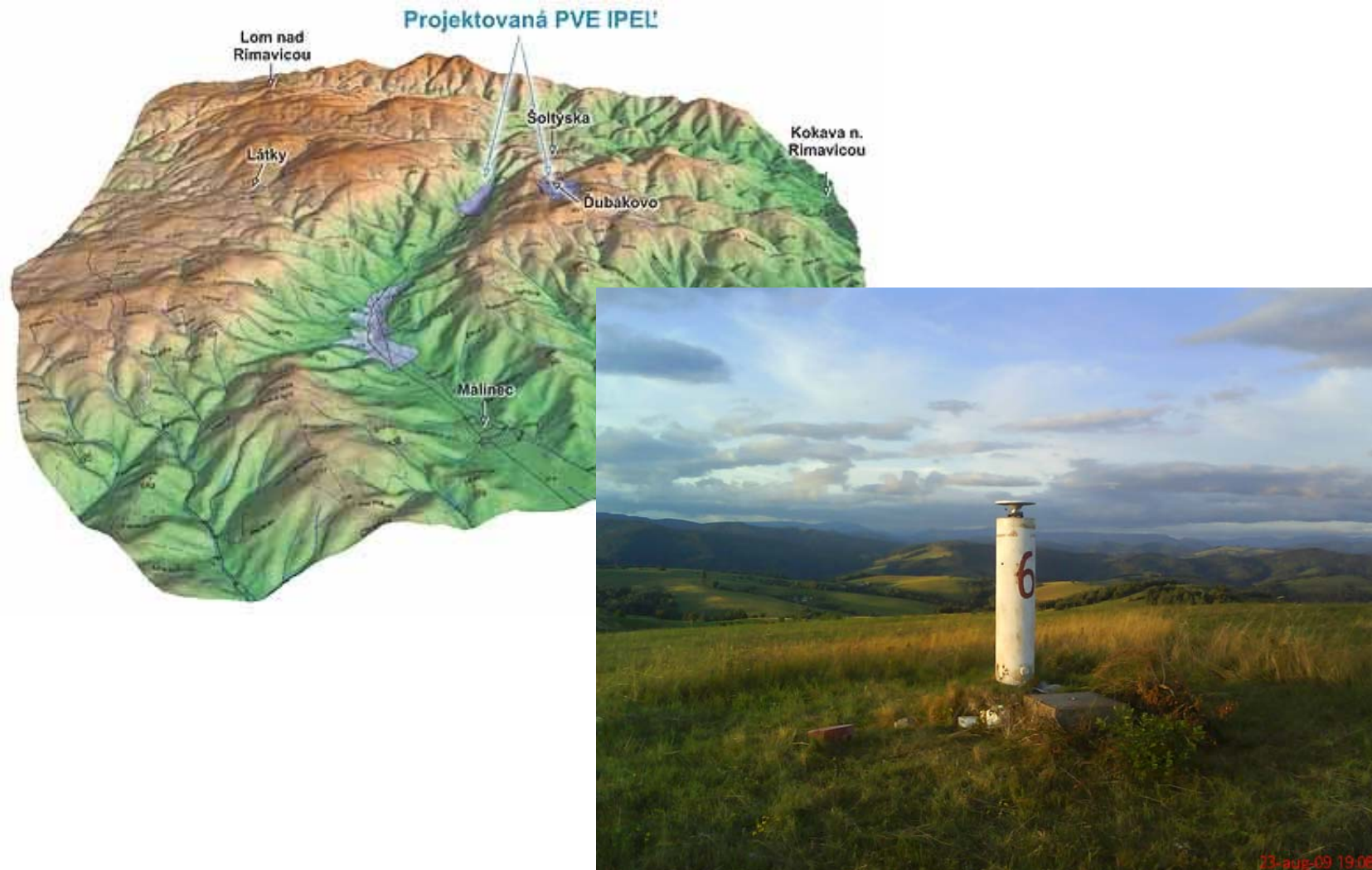
Praktický experiment

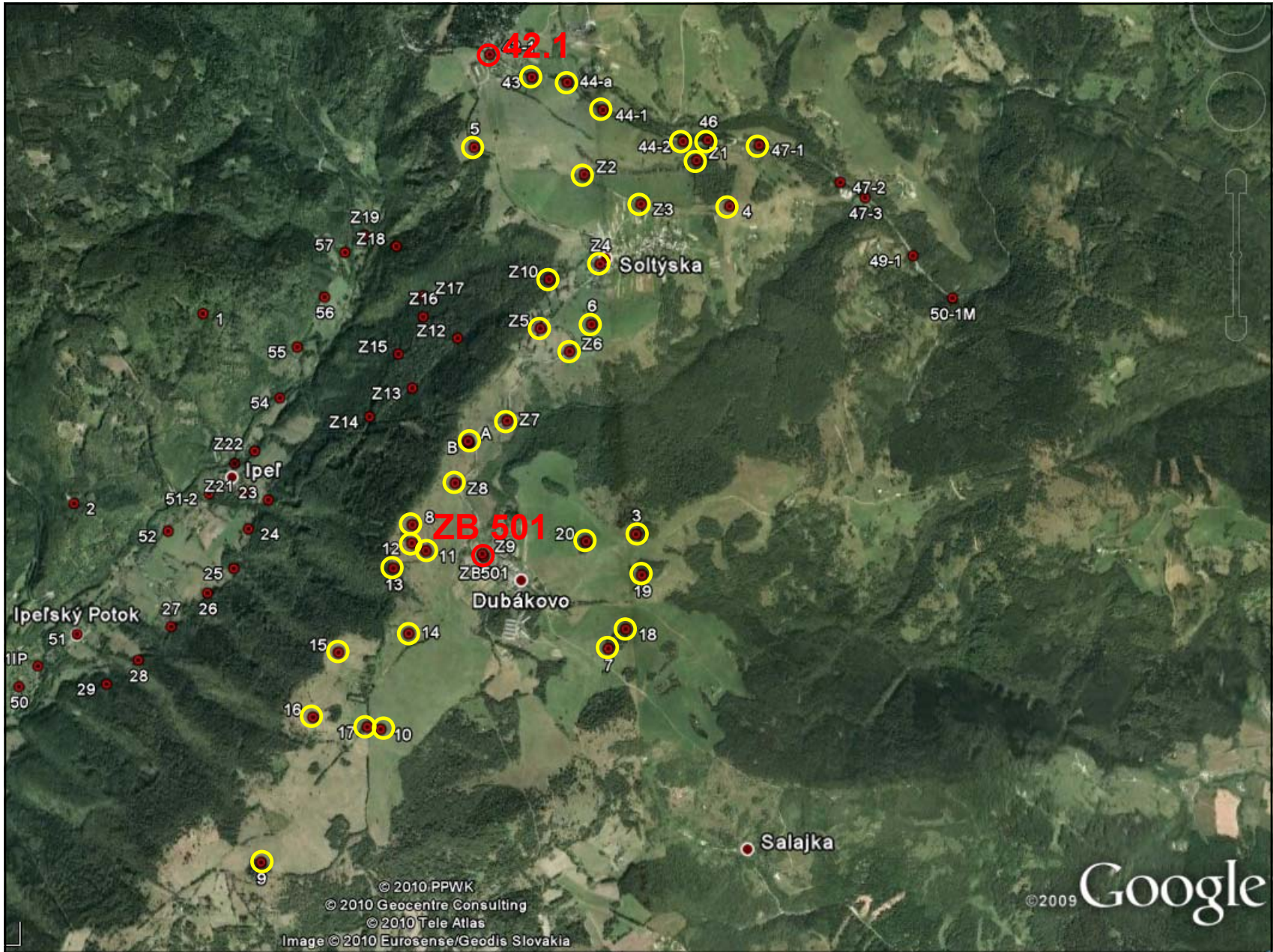
- **Určenie nadmorských výšok** vybraných bodov lokálnej geodetickej siete **PVE – Ipeľ** tromi spôsobmi

- **Lokálna geodetická sieť PVE Ipeľ** – sledovanie neotektonickej aktivity územia, v budúcnosti vytyčovanie a technicko - bezpečnostný dohľad počas výstavby a prevádzky PVE

- **Charakteristika siete** – cca 40 km², nadmorské výšky sú v rozmedzí 470 až 1 100 m. n. m.
 - **Obsahuje 75 bodov:**
 - **Vzťažné body**
 - **Základné nivelačné body**
 - **Nivelačné body slúžiace na špeciálne monitorovanie**
 - **Monitorovacie body**
 - **Pomocné body**

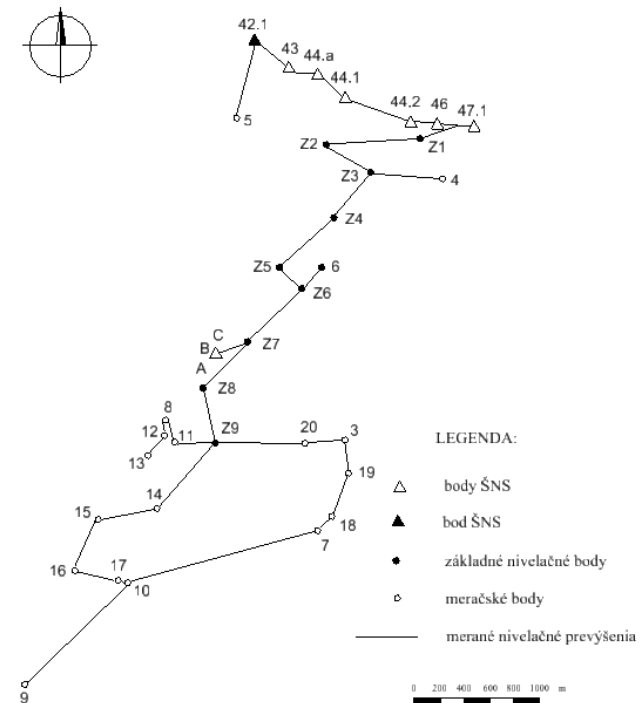
Praktický experiment





Určenie nadmorských výšok klasickým spôsobom

- *nivelované prevýšenia – VPN (DINI + kódové niv. laty)*
 - *meranie – leto 2009*
- *redukcia z tiaže – výpočet*
 - *Poloha bodov určená pomocou GNSS*
 - *Interpolácia hodnôt z mapy Bouguerových anomálií*



Určenie nadmorských výšok klasickým spôsobom

VÝPOČET NIVELAČNÝCH PREVÝŠENÍ						
číslo bodu	dĺžka oddielu	Prevýšenie		Rozdiel TAM a SPÄŤ	Nivelované prevýšenie (priemer)	Nivelovaná výška
		TAM	SPÄŤ			
	[km]	[m]		[mm]	[m]	[m]
42.1	0,000	0,00000	0,00000	0,00	0,00000	751,19100
43	0,340	-13,77455	13,77467	0,12	-13,77461	737,41639
44.a	0,250	-13,55949	13,55919	-0,30	-13,55934	723,85705
44.1	0,304	-15,37414	15,37332	-0,82	-15,37373	708,48332
44.2	0,617	-29,44000	29,44083	0,83	-29,44042	679,04291
46	0,166	-7,23763	7,23725	-0,38	-7,23744	671,80547

VÝPOČET REDUKCIE Z TIAŽE							OPRAVENÉ VÝŠKY	
Elipsoidická šírka	Rozdiel širok	Stredné výšky	Anomália vo voľnom vzduchu	Prevodový člen	Ortometrická redukcia	Redukcia z tiaže	Opravené niv prevýšenia	Nadmorské výšky
[°]	[']	[m]	[mGal]	[mm]	[mm]	[mm]	[m]	[m]
48,592611	0,00	0,0	65,047964	0,00	0,00	0,00	0,00000	751,19100
48,591278	-4,80	744,3	67,139429	-0,94	0,09	-0,85	-13,77546	737,41554
48,591000	-1,00	730,6	67,012774	-0,93	0,02	-0,91	-13,56025	723,85529
48,589389	-5,80	716,2	66,862716	-1,05	0,11	-0,94	-15,37467	708,48062
48,587583	-6,50	693,8	64,277650	-1,93	0,11	-1,81	-29,44223	679,03839
48,587666	0,30	675,4	63,407850	-0,47	-0,01	-0,47	-7,23791	671,80048

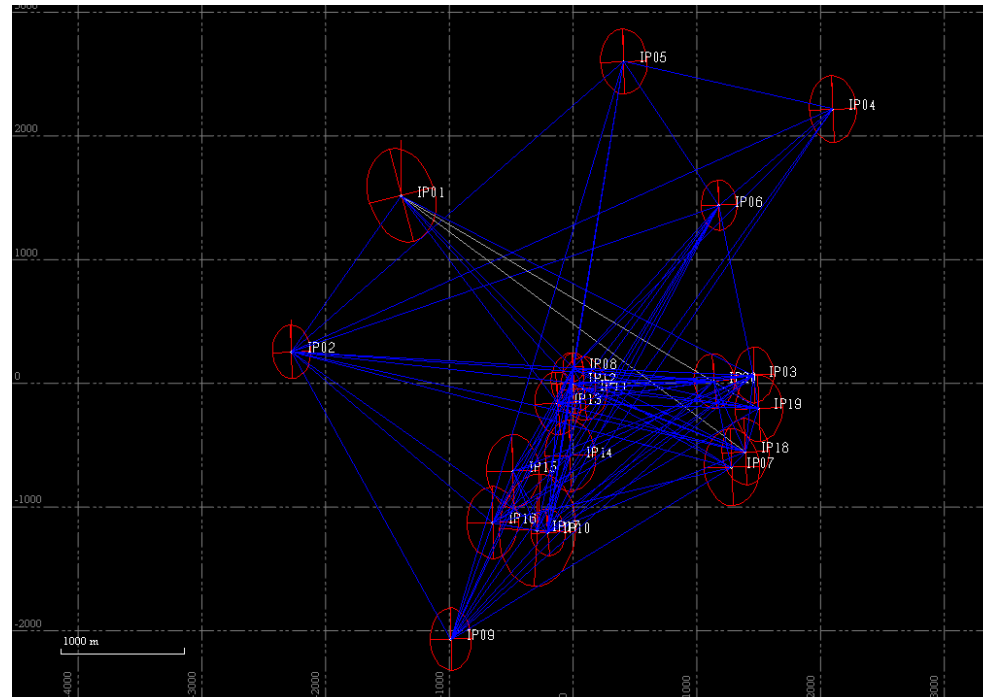
Určenie nadmorských výšok pomocou geopotenciálnych kót

- **nivelované prevýšenia – VPN (DINI + kódové niv. laty)**
 - *meranie – leto 2009*
- **tiažové zýchlenie – relatívny gravimeter SCINTREX CG-5**
 - *meranie – leto 2009, jar 2010*
 - *pripojenie na ŠGS – body Hriňová, Kriváň, Lom nad Rimavicou*

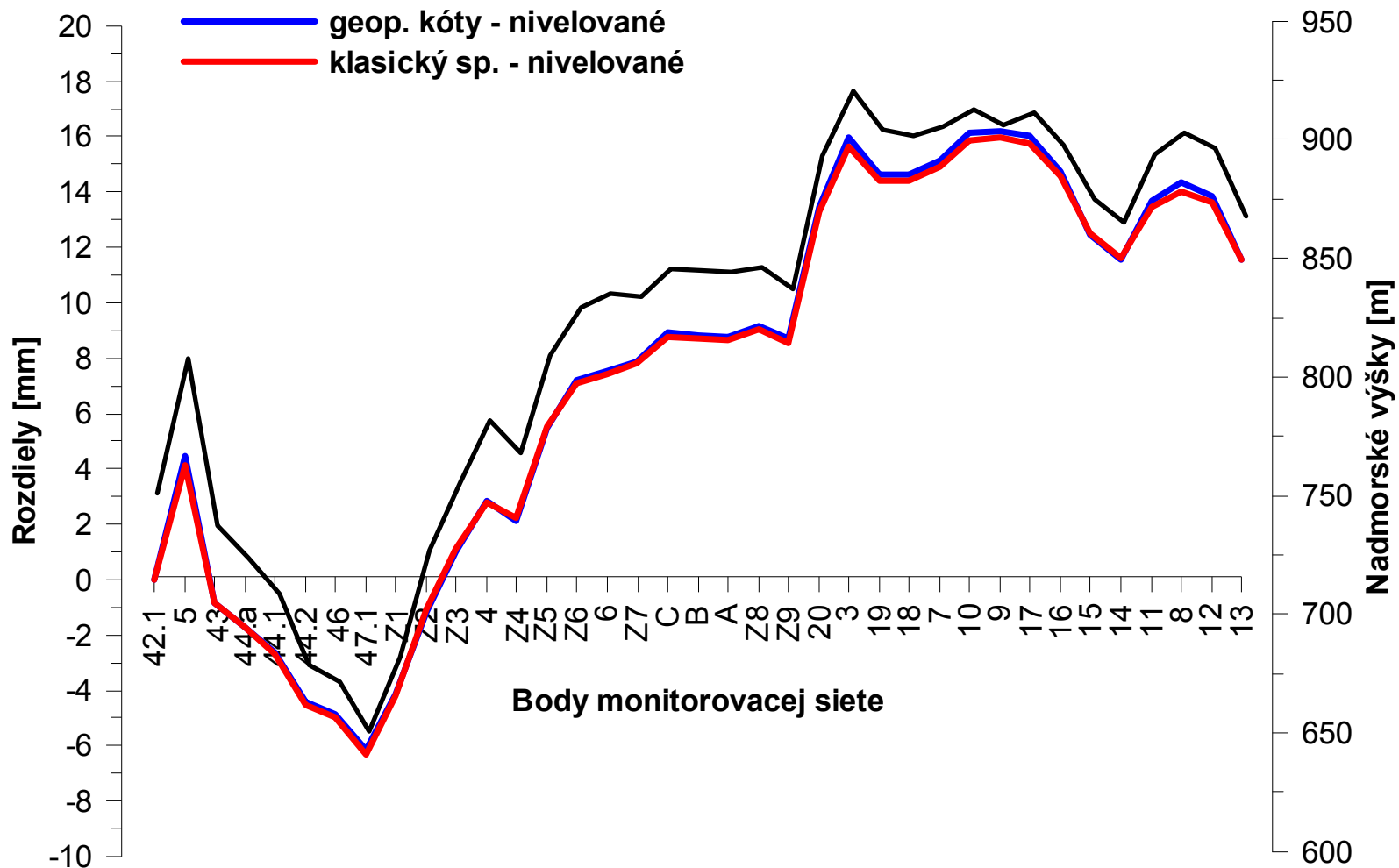


Určenie nadmorských výšok pomocou GNSS nivelácie

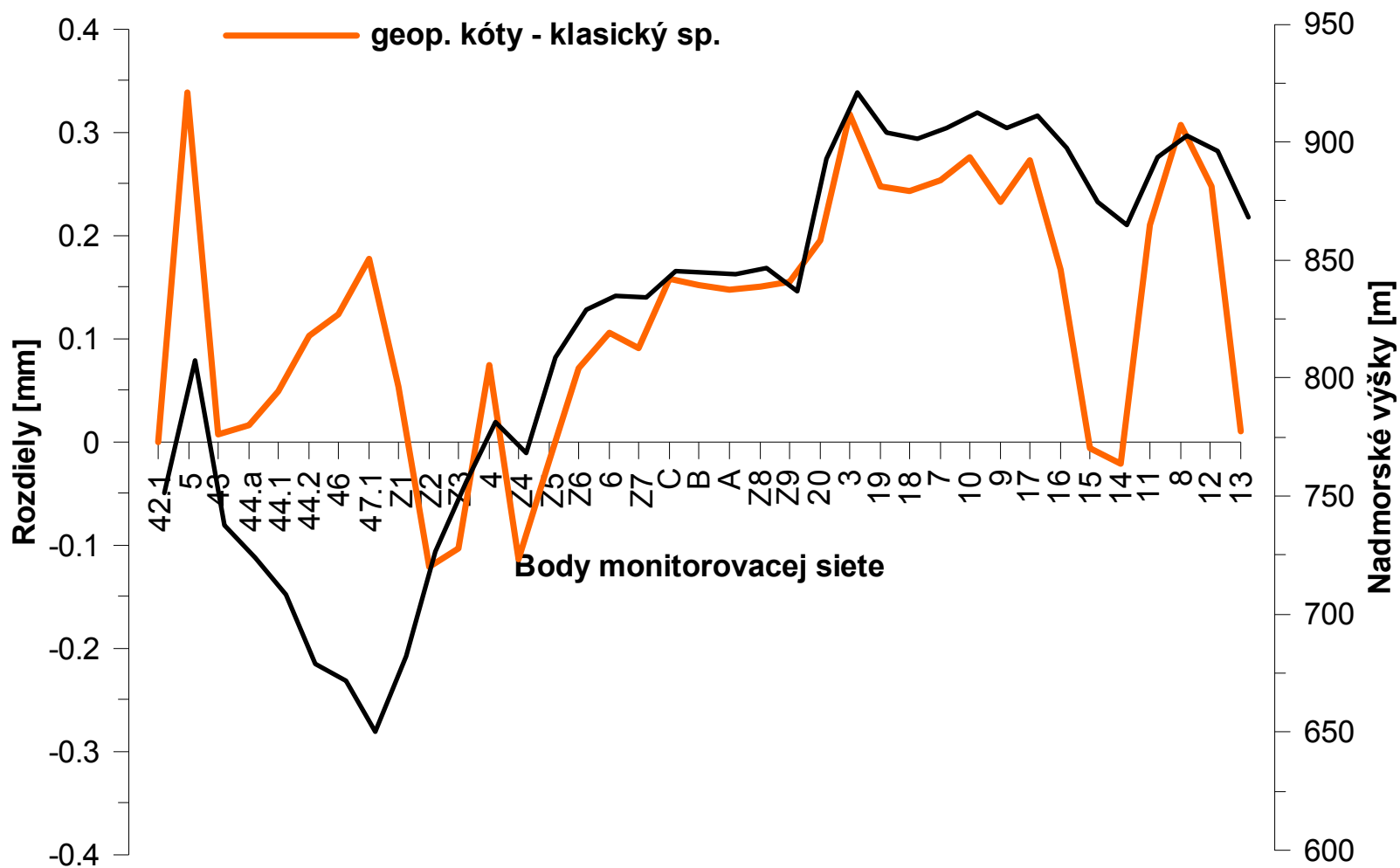
- *Meranie - leto 2009, min. 24h observácia, statická metóda*
- *Referenčný bod siete pripojený na 3 permanentné stanice Európskej permanentnej siete (EPN) – BBYS, GANP a PENC*
- *Vysoká vnútorná presnosť – 1mm v polohe, 2.5 mm vo výške*
- *Model kvázigeoidu DVRM poskytovaný GKÚ*



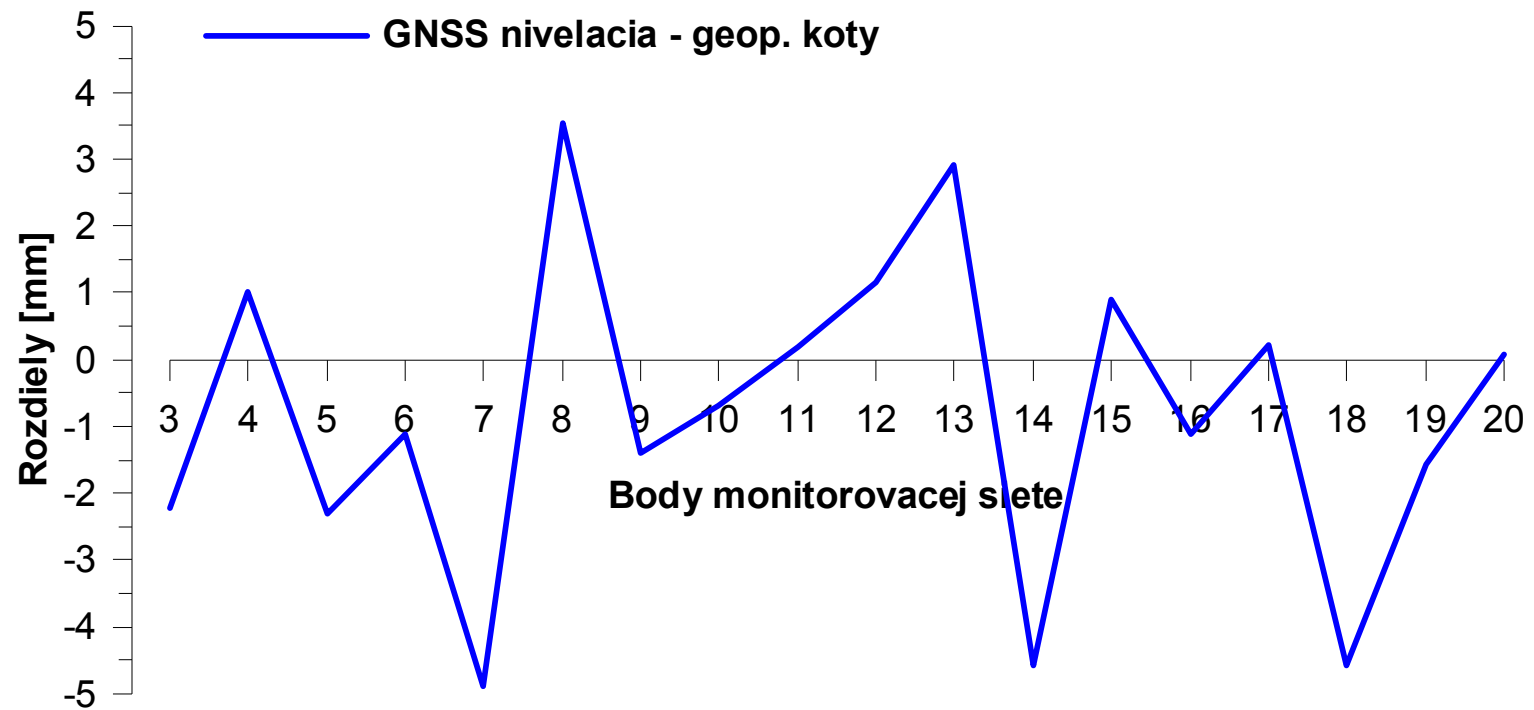
Analýza dosiahnutých výsledkov



Analýza dosiahnutých výsledkov



Analýza dosiahnutých výsledkov



Záver

- Nevhodnosť použitia len „nivelovaných“ výšok
- Vysoká kvalita určenia nadmorských výšok pomocou geopotenciálnych kót
- Malé diferencie medzi klasickým spôsobom a využitím geopotenciálnych kót
- Vysoká kvalita určenia pomocou GNSS nivelácie
- Potvrdenie veľmi dobrej kvality modelu DVRM a jeho „napasovania“ na danom území

Ďakujem za pozornosť.

