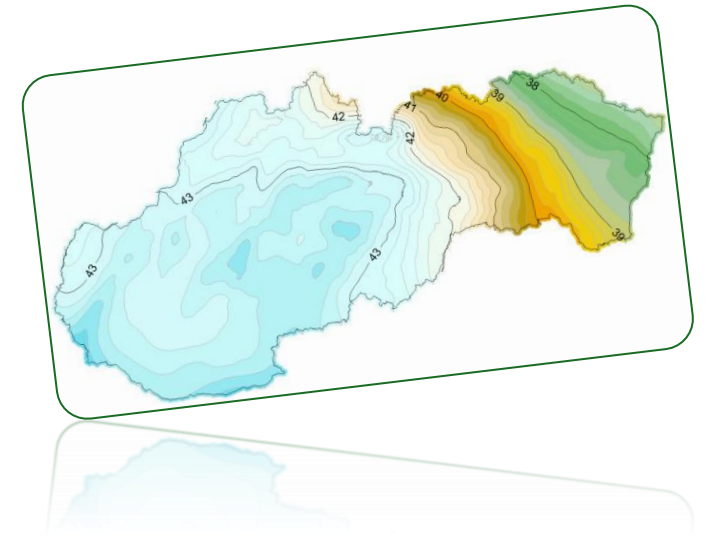




Transformácia elipsoidických výšok do EVRF2019 na území Slovenska

Miroslava JANČOVIČOVÁ, Branislav DROŠČÁK, Ján BUBLAVÝ

Geodetický a kartografický ústav Bratislava, Chlumeckého 4, 827 45 Bratislava



Motivácia

$$h_{\text{ETRS89}} - \text{DVRM05} = H_{\text{Bpv 1957}}$$

$$h_{\text{ETRS89}} - \text{???} = H_{\text{SKVRF2024}}$$



(6) Realizácia Baltského výškového systému po vyrovnaní predstavuje súbor normálnych výšok a charakteristík presností bodov Štátnej nivelačnej siete určených vyrovnaním opakovaných nivelačných meraní vzhľadom na jeden základný alebo množinu viacerých základných nivelačných bodov a označuje sa alfanumerickým kódom Bpvy. Normálna výška základného nivelačného bodu alebo základných nivelačných bodov je určená vo väzbe na medzinárodné vyrovnanie európskych nivelačných sietí k strednej hodnote reprezentujúcej nulu morského vodočtu v Kronštadte. Realizáciou Baltského výškového systému po vyrovnaní je Bpv z roku 1957 a má kód EPSG::8357.

(7) Realizácia Európskeho vertikálneho referenčného systému predstavuje súbor geopotenciálnych kót, normálnych výšok a charakteristík presností bodov Štátnej nivelačnej siete určených vyrovnaním vzhľadom na jeden základný alebo množinu viacerých základných nivelačných bodov určených v rámci medzinárodného vyrovnania vyšších rádoov nivelačných sietí európskych štátov. Národnú realizáciu EVRS nazývame Slovenský vertikálny referenčný rámec a označujeme ju alfanumerickým kódom SKVRFyyyy, pričom SKVRFyyyy zodpovedá a reprezentuje národné zhustenie konkrétnej realizácie Európskeho vertikálneho referenčného rámca označeného alfanumerickým kódom EVRFyyyy. Realizáciou EVRS je SKVRF2024, ktorý zodpovedá EVRF2019 s kódom EPSG::9390.

EVRS na Slovensku

2007 – Vyrovnanie geopotenciálnych kót v **EVRS (EVRF2000)**

- Nezavedený do vyhlášky ani do praxe

2009 – Zavedenie do vyhlášky ÚGKK č. 300/2009 Z. z. – **EVRS (EVRF2000)**

- Nezavedený do praxe

2014 – Zavedenie do praxe – **EVRS (EVRF2007)**

- RTS – kvázigeoid DMQSK2014-E
- Nezavedený do vyhlášky

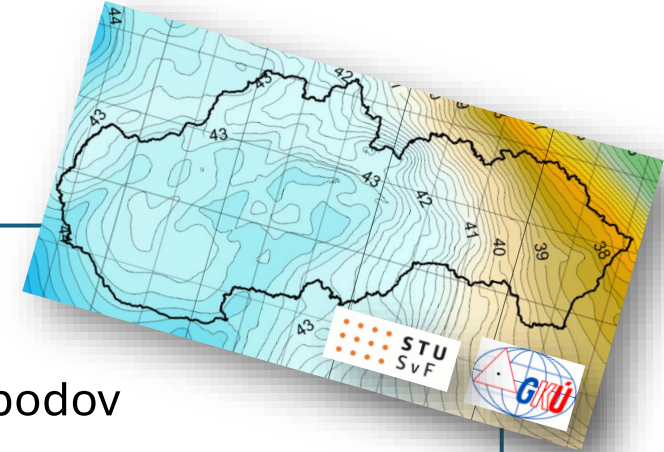
2024 – Zmena vo vyhláške ÚGKK č. 300/2009 Z. z. – **EVRS (EVRF2019)**

- **SKVRF2024**, ktorý zodpovedá realizácii EVRF2019

Transformácia ETRS89 do Bpv a EVRS doterajší stav

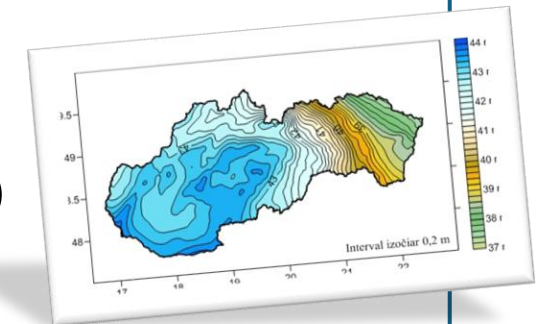
DVRM05

- **Bpv Rs ETRS89**
- Fitovaný GMSQ03B (Mojzeš a kol. 2003) na množinu 304 identických bodov (Klobušiak a kol., 2005)
- Záväzný od roku 2009 vyhláškou ÚGKK č. 300/2009 Z. z.
- Stredná chyba z testovania na 563 bodoch je 34 mm



DMQSK2014-E

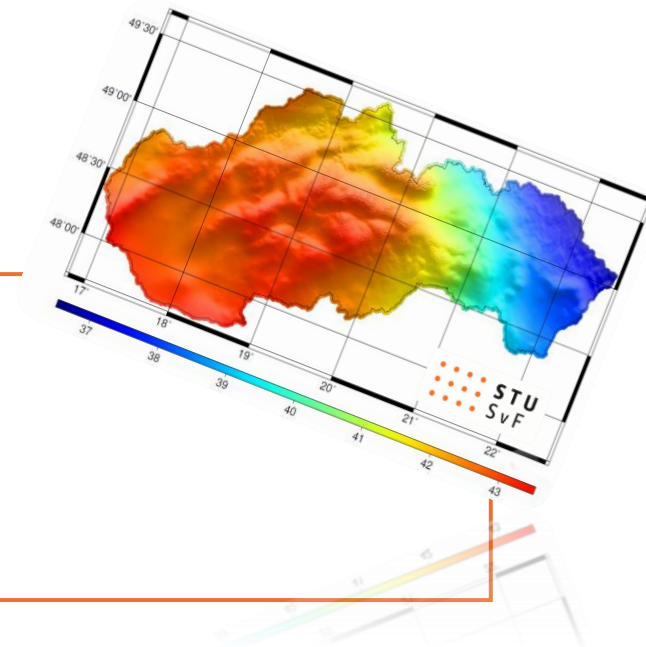
- **EVRS (EVRF2007) Rs ETRS89**
- Dostupný v RTS
- Fitovaný DVRM05 na identické body EVRF2007 (Bublavý, Droščák, 2014)
- Nezavedený do vyhlášky
- Presnosť porovnateľná s DVRM05



Výber kvázigeoidu pre novú realizáciu SKVRF2024

2019 – Nový kvázigeoid pre realizáciu SKVRF2024

- **Gravimetric Model of the Slovak Quasigeoid (GMSQ)**
- **GMSQ2019** (Bucha a kol., 2019)
- Stredná hodnota rozdielov $-0,5473$ m (Bpv) cca 8 800 test. bodov
- Nefitovaný kvázigeoid – nutnosť vertikálneho posunu, resp. fitovania

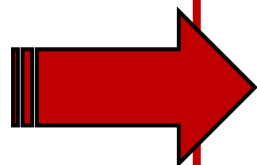


2024 – Spresnené verzie kvázigeoidu

- **GMSQ2024A** (Bucha, 2024)
- **GMSQ2024B** (Bucha, 2024)
- Presnosť podobná ako vo verzii GMSQ2019
- Nefitované kvázigeoidy – nutnosť vertikálneho posunu, resp. fitovania

Výber kvázigeoidu pre novú realizáciu SKVRF2024

	GMSQ2019	GMSQ2024A	GMSQ2024B	DVRM05
Rozlíšenie	2''	1''	1''	20''x 30''
Použitý GGM	EIGEN-6C4	EIGEN-6C4	SGG-UGM-2	EGM96
Použitý detailný DMR	DMR 3.5	DMR 5.0	DMR 5.0	DMR 2
Definovaná presnosť	1,9 cm	1,9 cm	2,0 cm	3,4 cm
Fitovanie	nie	nie	nie	áno (Bpv)
Autor	Bucha a kol., 2019		Bucha, 2024	Klobušiak, 2005



DMR 5.0 – 1. cyklus LLS (2018 – 2022)

priestorové rozlíšenie 1 m/pixel

presnosť bodov mračien: $m_h \leq 0,15 \text{ m}$

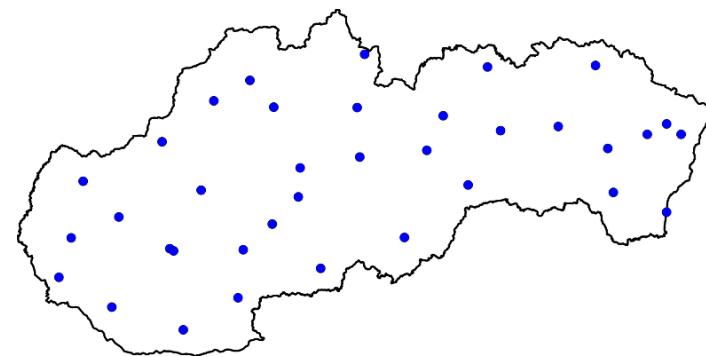
$m_{xy} \leq 0,30 \text{ m}$

Výber kvázigeoidu pre novú realizáciu SKVRF2024

Testovacie množiny bodov ŠPS

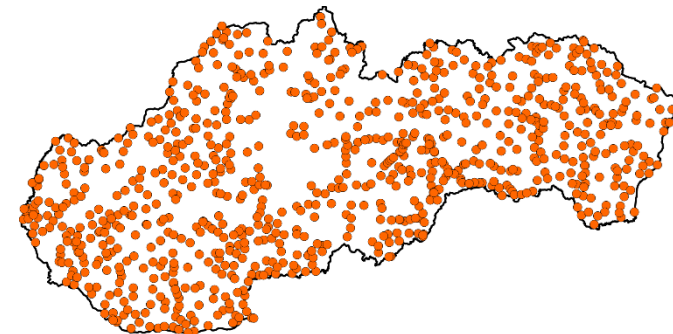
Body ŠPS triedy A

- 36 permanentných staníc SKPOS
- presnosť elipsoidickej výšky $\sigma \leq 10$ mm



Body ŠPS triedy B a C

- dĺžka observácie min. 6 hodín
- presnosť elipsoidickej výšky $\sigma \leq 25$ mm
- bez bodov ŠPS, ktoré boli použité na fitovanie kvázigeoidu DVRM05



Výber kvázigeoidu pre novú realizáciu SKVRF2024

GMSQ2024A

Test na množine bodov SKPOS (36 bodov)			
Použitý kvázigeoid	GMSQ2019	GMSQ2024 A	GMSQ2024 B
Minimum	-26,64	-26,49	-31,14
Maximum	27,60	28,38	33,81
Priemer	0,00	0,00	0,00
Stredná chyba	13,56	13,38	14,34
Priemer absolútnych hodnôt rozdielov	11,68	11,46	11,27
Test na množine bodov ŠPS triedy B a C			
Použitý kvázigeoid	GMSQ2019	GMSQ2024 A	GMSQ2024 B
Minimum	-124,10	-124,63	-128,02
Maximum	99,19	107,72	102,17
Priemer	0,00	0,00	0,00
Stredná chyba	23,06	23,07	22,93
Priemer absolútnych hodnôt rozdielov	18,25	18,36	17,87

Hodnoty rozdielov sú v mm.

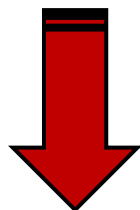
- Najlepšie výsledky pre body SKPOS (najpresnejšia el. výška)
- Pri bodoch triedy B a C podobné výsledky pre všetky kvázigeoidy GMSQ – nižšia kvalita el. výšky
- Použitie najnovšieho DMR5.0
- Bez akéhokoľvek fitovania
- Fitovaním – zlepšenie presnosti určovania nadmorských výšok GNSS meraním

Testovanie kvázigeoidu GMSQ2024A

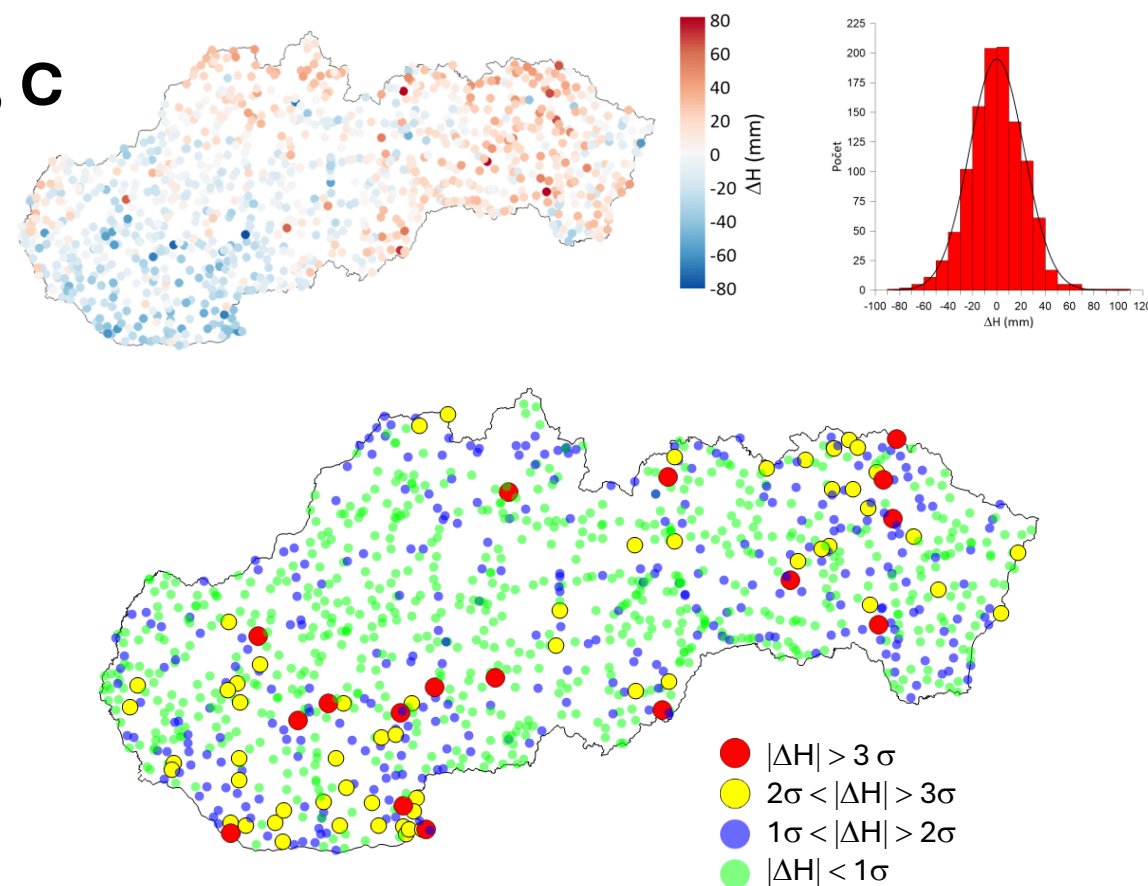
Rozdiely na GMSQ2024A na množine ŠPS A, B, C

$$\Delta H = H_{GMSQ2024A} - H_{SKVRF2024}$$

- Vertikálny posun o cca -0,4 m voči SKVRF2024
- Sklon západ-východ
- 96 % rozdielov spadá do $\pm 2\sigma$
- nad 2σ koncentrované v niektorých oblastiach



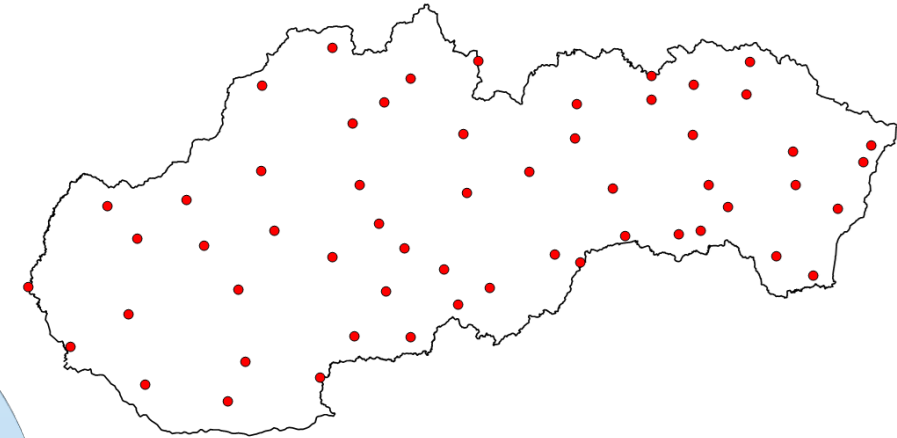
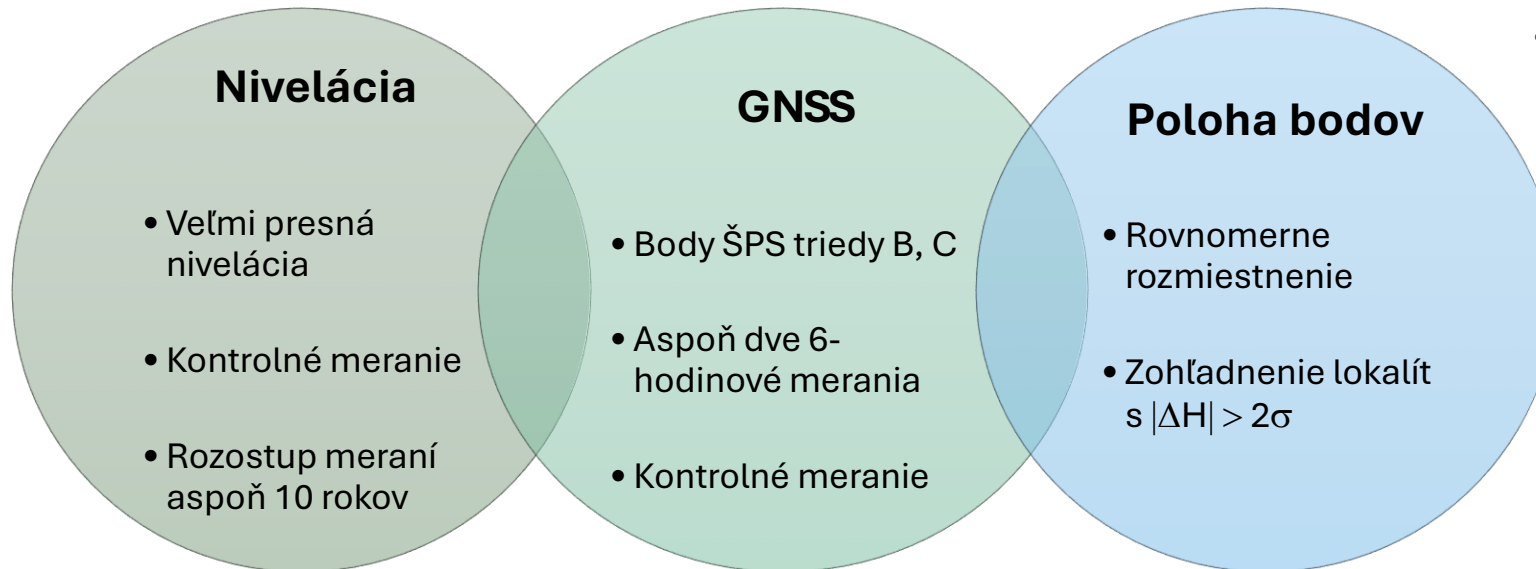
Potreba nafitovania kvázigeoidu



Fitovanie kvázigeoidu GMSQ2024A

Fitovacia plocha

- Plocha z rozdielov ΔH na vybraných GNSS/nivelačných bodoch
- Postup ako pri tvorbe DVRM05 (TATRY 2005)
- Stanovenie kritérií na výber fitovacích bodov



56 fitovacích bodov

Fitovanie kvázigeoidu GMSQ2024A

$$\Delta H_{FIT} = H_{GMSQ2024A} - H_{SKVRF2024}$$



Softvér: Surfer

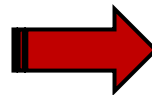
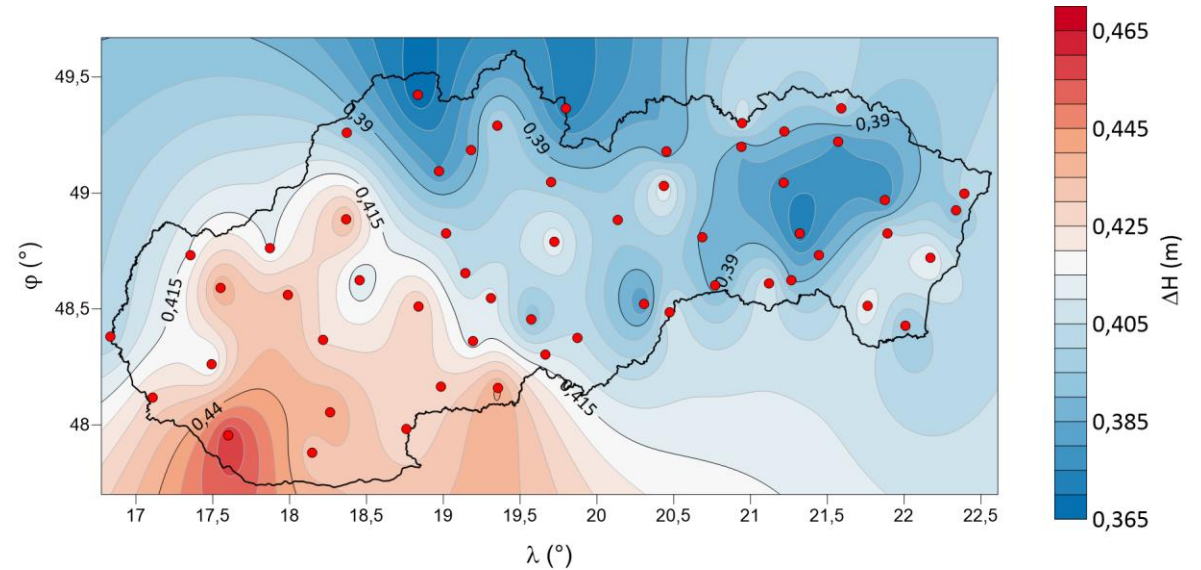
Interpolačná metóda: Kriging

Krok: 1'' x 1''

Oblasť:

$$49,670 < \varphi > 47,700$$

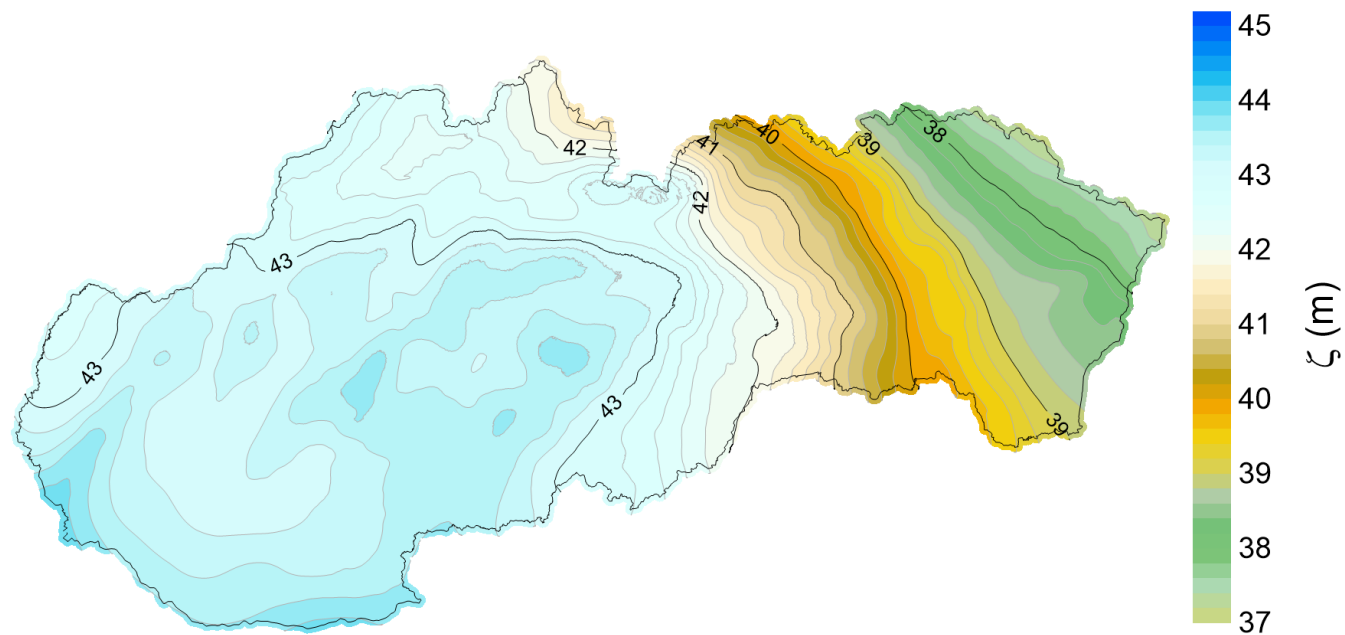
$$16,775 < \lambda > 22,610$$



Digitálny model reziduálnej zložky (DMRZ_{ΔH})

Výpočet DMQSK2024-E

$$\zeta_{DMQSK2024-E} = \zeta_{GMSQ2024A} + DMRZ_{\Delta H}$$



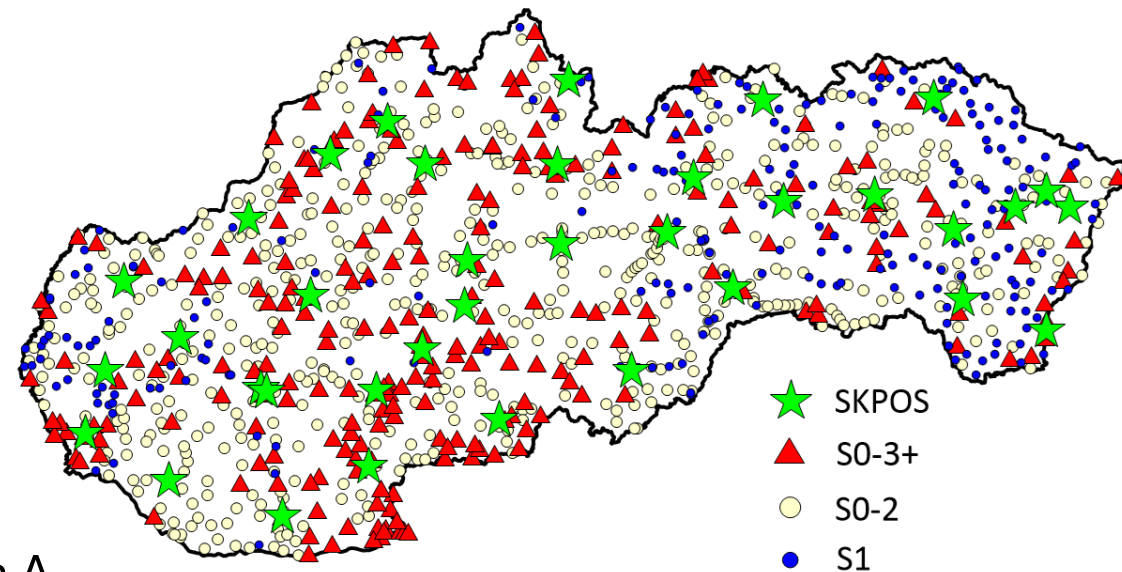
Testovanie DMQSK2024-E

testovacia množina

Body ŠPS triedy A, B, C

SKPOS	36 bodov	– body SKPOS, trieda A
S0-3+	252 bodov	– epochové merania, trieda B – tri a viac 6-hodinových meraní, trieda C
S0-2	581 bodov	– dve 6-hodinové merania, trieda C
S1	233 bodov	– jedno 6-hodinové meranie, trieda C

1102 bodov

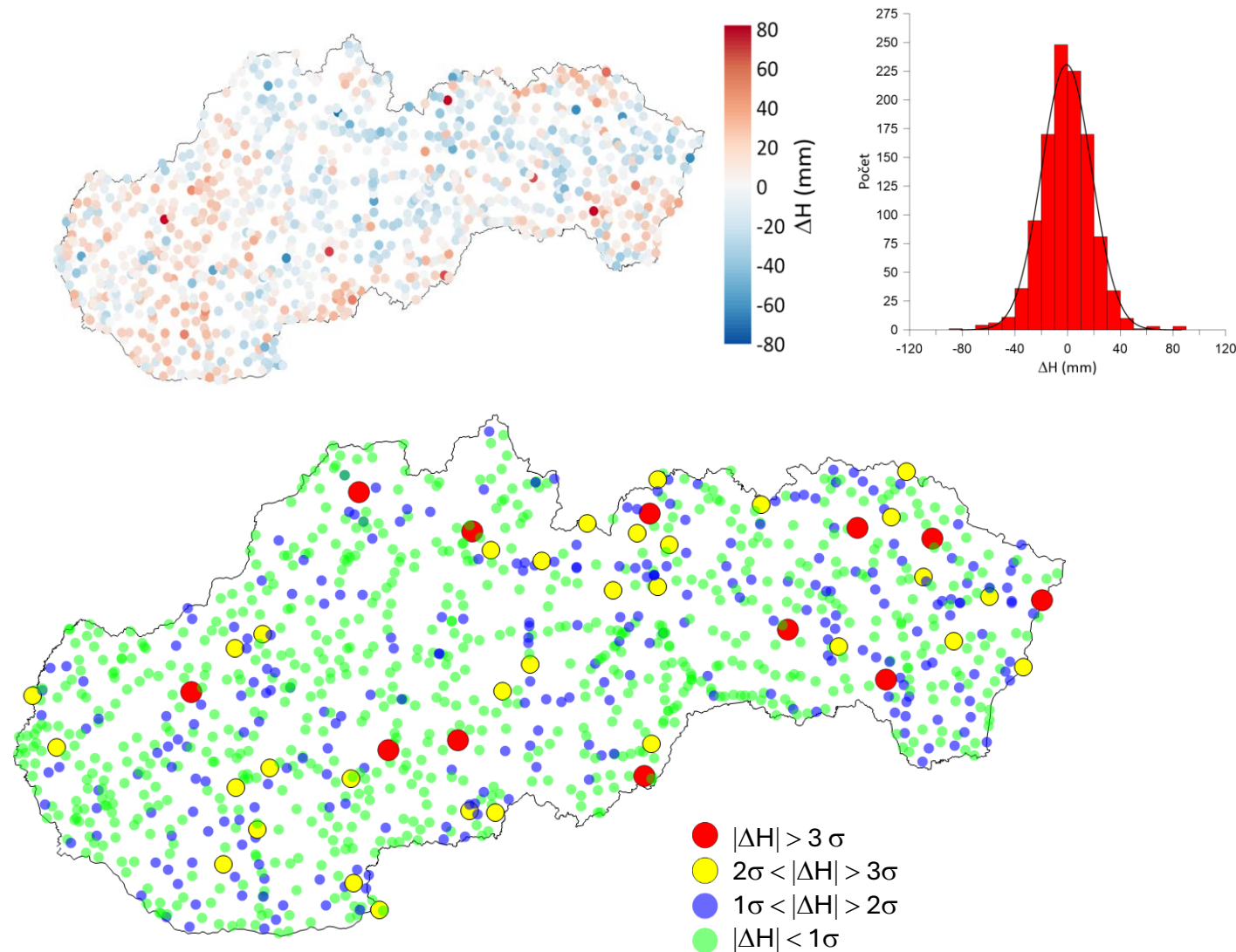


Testovanie DMQSK2024-E

Body ŠPS triedy A, B, C

Počet testovacích bodov		1102
Minimum		-81,29
Maximum		86,42
Priemer		-0,81
Stredná chyba		18,97

Hodnoty rozdielov sú v mm.

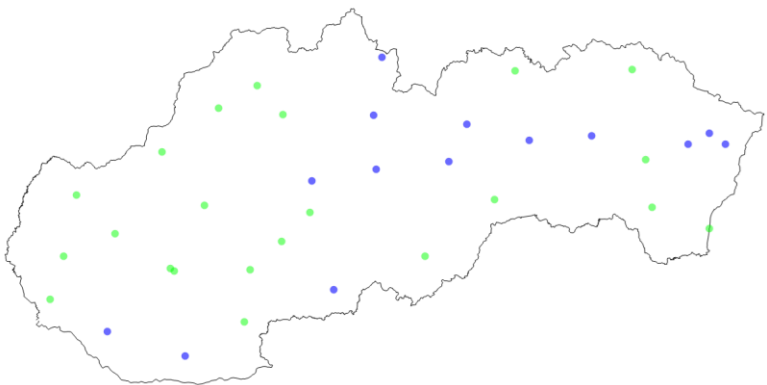


Testovanie DMQSK2024-E

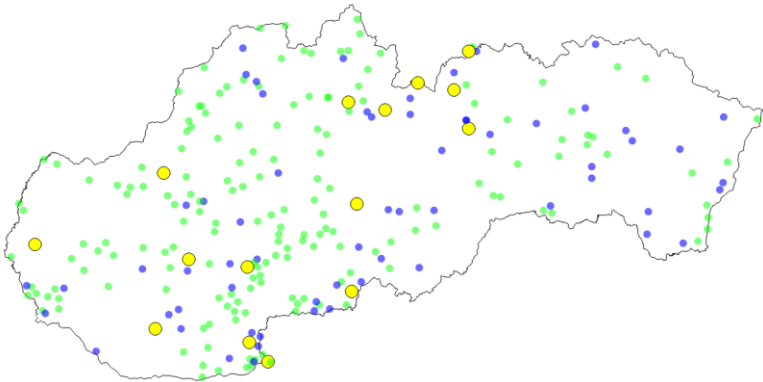
	SKPOS	S0-3+	S0-2	S1
Počet	36	252	581	233
Minimum	31,17	-56,59	-81,29	-66,29
Maximum	27,33	49,36	62,59	86,42
Priemer	-6,55	-2,34	0,03	-0,35
Str. chyba	15,88	19,48	16,91	23,12
Počet	36	252	581	233

Hodnoty rozdielov sú v mm.

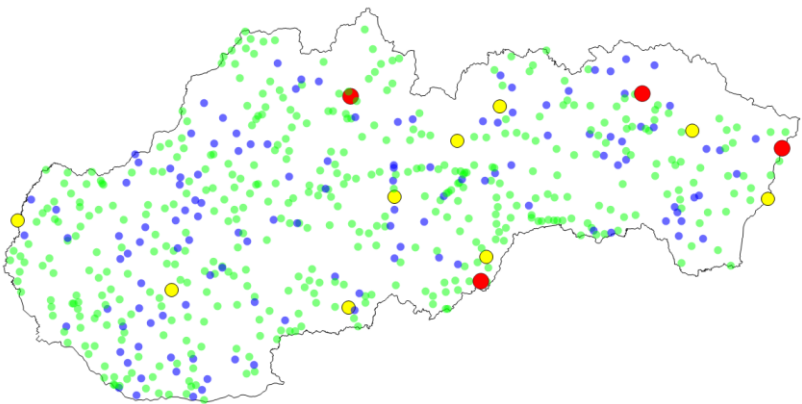
SKPOS – body SKPOS, trieda A



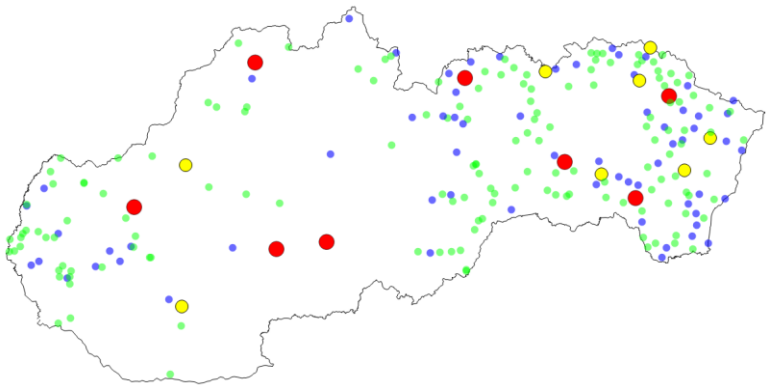
S0-3+ – tri a viac 6-hodinových meraní + EPOCH



S0-2 – dve 6-hodinové merania



S1 – jedno 6-hodinové meranie

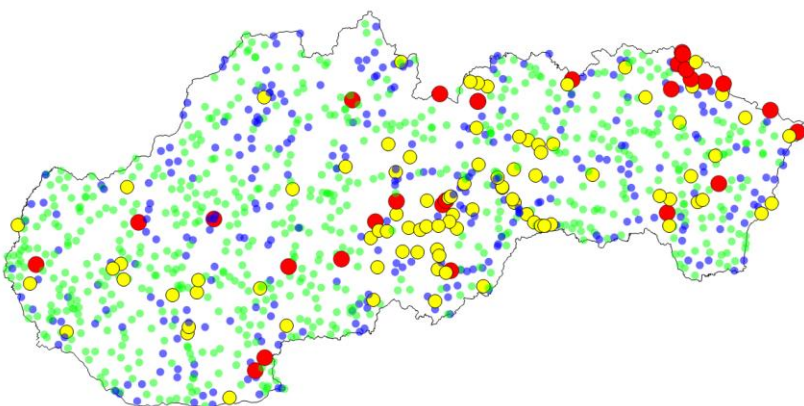


Testovanie DMQSK2024-E

porovnanie s predchádzajúcimi verziami

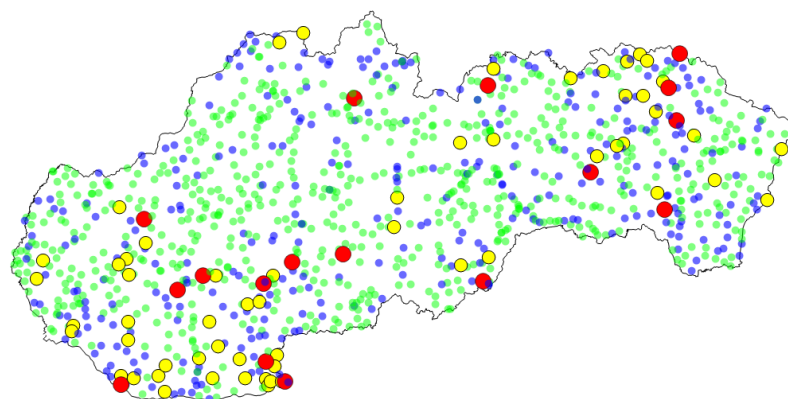
- $|\Delta H| > 60$ mm
- $40 \text{ mm} < |\Delta H| > 60$ mm
- $20 \text{ mm} < |\Delta H| > 40$ mm
- $|\Delta H| < 20$ mm

DMQSK2014-E



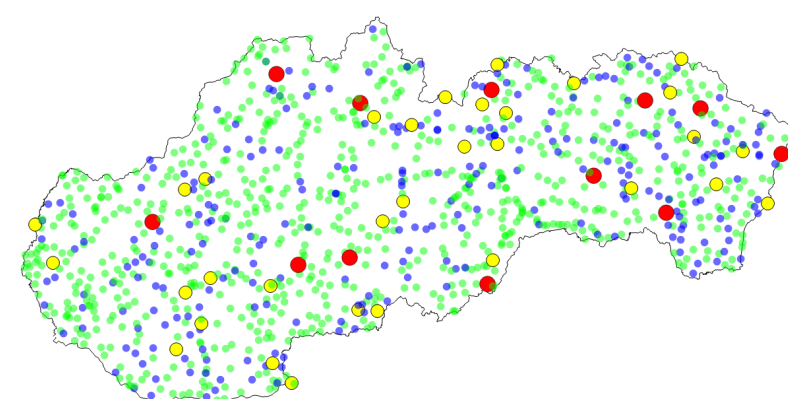
Počet testovacích bodov	1102
Minimum	-113,51
Maximum	109,97
Priemer	1,92
Stredná chyba	25,34

GMSQ2024A (iba posun o konštantu)



Počet testovacích bodov	1102
Minimum	- 85,10
Maximum	107,90
Priemer	0,00
Stredná chyba	22,55

DMQSK2024-E



Počet testovacích bodov	1102
Minimum	-81,29
Maximum	86,42
Priemer	-0,81
Stredná chyba	18,97

Hodnoty rozdielov sú v mm.

Záver

Fitovaný digitálny model kvázigeoidu DMQSK2024-E § 2 vyhlášky ÚGKK č. 300/2009 Z.z.

- Umožňuje transformovať elipsoidické výšky s cm presnosťou do národnej realizácie výškového systému EVRS (EVRF2019)
- DVRM05 – stále v platnosti pre výškový systém Bpv (Bpv1957)
- Implementácia do RTS – plán do blízkej budúcnosti

ZBIERKA  ZÁKONOV
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

Ročník 2009

Vyhlásené: 25. 7. 2009 Časová verzia predpisu účinná od: 1. 8.2025

Obsah dokumentu je právne záväzný.

300

VYHLÁŠKA
Úradu geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky
zo 14. júla 2009,

ktorou sa vykonáva zákon Národnej rady Slovenskej republiky
č. 215/1995 Z. z. o geodézii a kartografii v znení neskorších predpisov

(11) Na prevod normálnych výšok určených v realizácii Baltského výškového systému po vyrovnaní a elipsoidických výšok určených v realizácii Európskeho terestrického referenčného systému 1989, definovaných nad elipsoidom Geodetického referenčného systému 1980 sa používa digitálny výškový referenčný model s alfanumerickým kódom DVRM05.

(12) Na prevod normálnych výšok určených v národnej realizácii EVRF2019 a elipsoidických výšok určených v realizácii Európskeho terestrického referenčného systému 1989, definovaných nad elipsoidom Geodetického referenčného systému 1980 sa používa **fitovaný digitálny model kvázigeoidu Slovenska s alfanumerickým kódom DMQSK2024-E.**



ZBGIS® Rezortná transformačná služba Konver

Vstupný formát*
TXT/CSV

PREHĽADÁVAŤ Vstupný súbor *.zip

Vstupný súradnicový systém*
ETRS89-LatLon [EPSG:4258]

Vstupný výškový systém*
ETRS89-h [EPSG:4937]

Výstupný súradnicový systém*
S-JTSK (JTSK03) [EPSG:8352]

Výstupný výškový systém*
Bpv [EPSG:8357]

Oddelovač stĺpcov*
Bodkočiarka

Bez transformácie výšky

☒ Súbor obsahuje hlavičku

Bpv [EPSG:8357]

EVRS (EVRF2007_AMST) [EPSG:5621]

Jadran (ČSJS/J - ZNB Lišov)

Ďakujem za pozornosť!

miroslava.jancovicova@skgeodesy.sk

