

Spresňovanie transformácie vojenského mapovania s využitím dát leteckého laserového skenovania

Ing. Tibor Lieskovský, PhD.

Ing. Tadeáš Kotleba

Riešená problematika

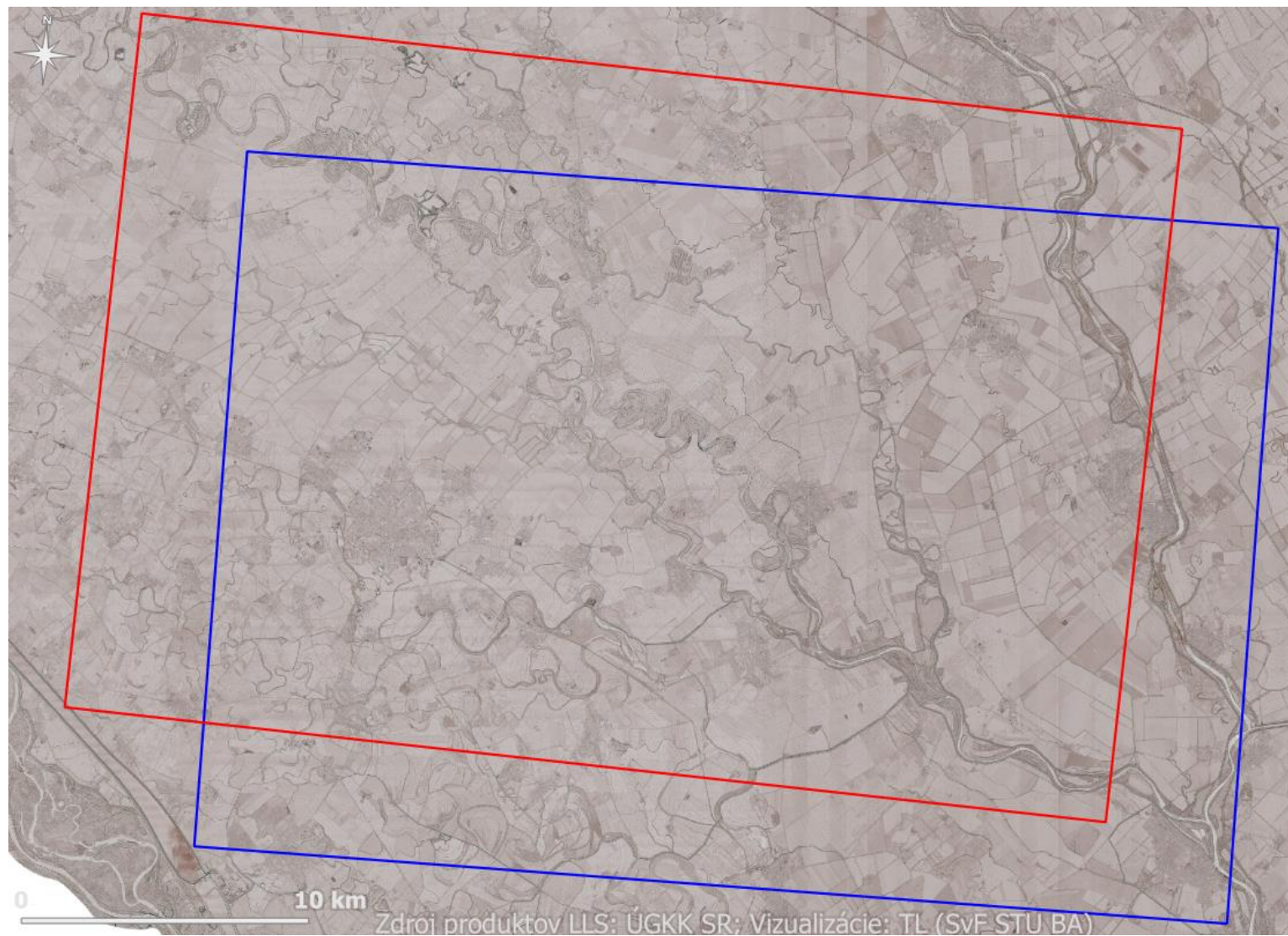
- 4 územia s rozličnou členitosťou terénu
- I. a II. vojenské mapovania
- Identické body na kostoloch, mostoch, križovatkách a kríženíach riek
- Viedenské originály (WMS na Slovensku) a budapeštianske kópie (MŽP)
- Georeferencovanie s využitím historických a súčasných mapových dát
- Georeferencovanie s využitím dát leteckého laserového skenovania (LLS)
- Štatistické analýzy

Záujmové územia

Podunajská nížina

I. VM – modrá farba

II. VM – červená farba



Záujmové územia

Okolie mesta Vrábľe

I. VM – modrá farba

II. VM – červená farba



Záujmové územia

Považský Inovec

I. VM – modrá farba

II. VM – červená farba



Záujmové územia

Veporské vrchy

I. VM – modrá farba

II. VM – červená farba

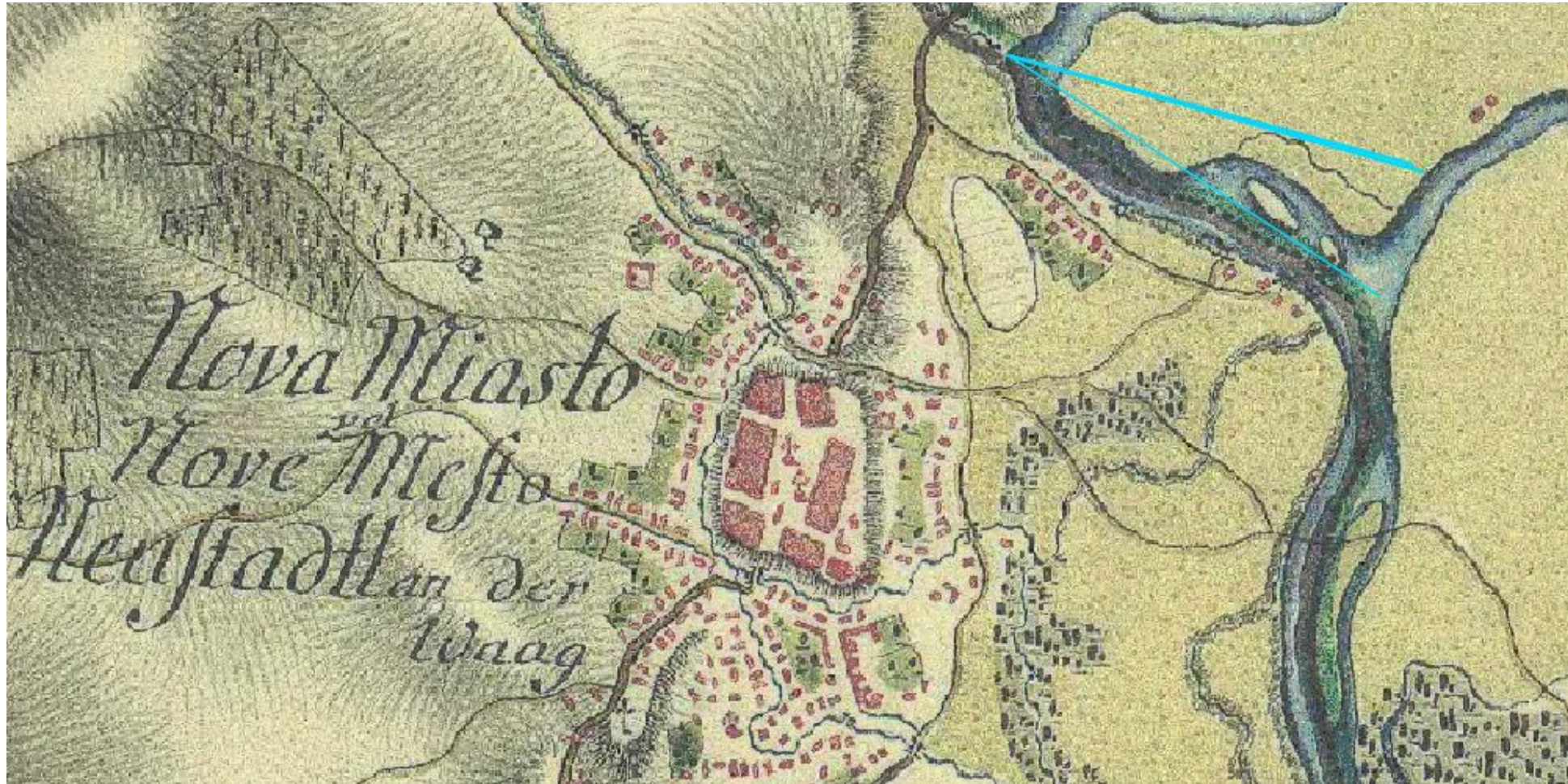


I. vojenské mapovanie: Viedenský originál



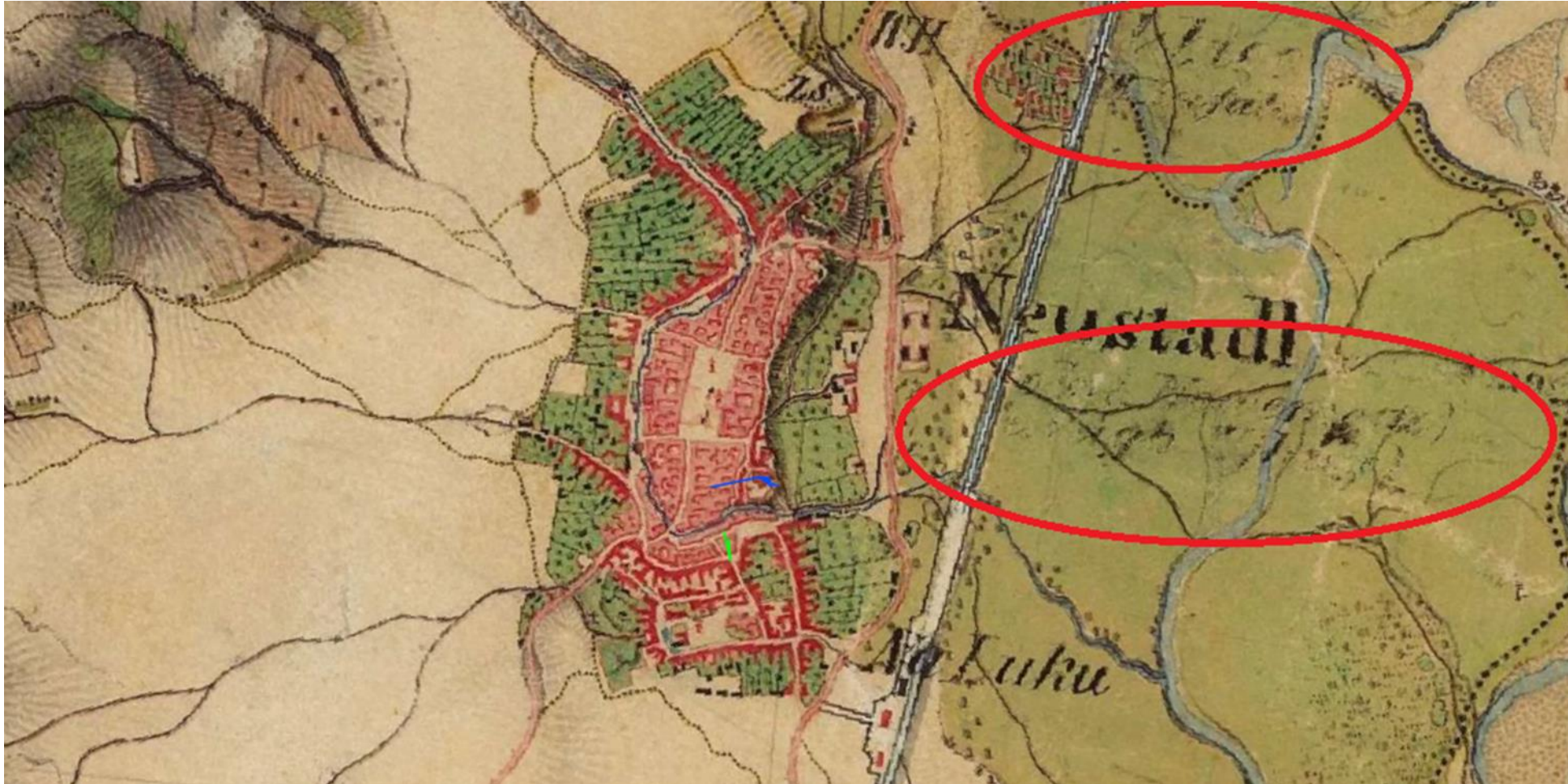
Viedenský originál – Nové Mesto nad Váhom a blízke okolie

I. vojenské mapovanie: Budapeštianska kópia



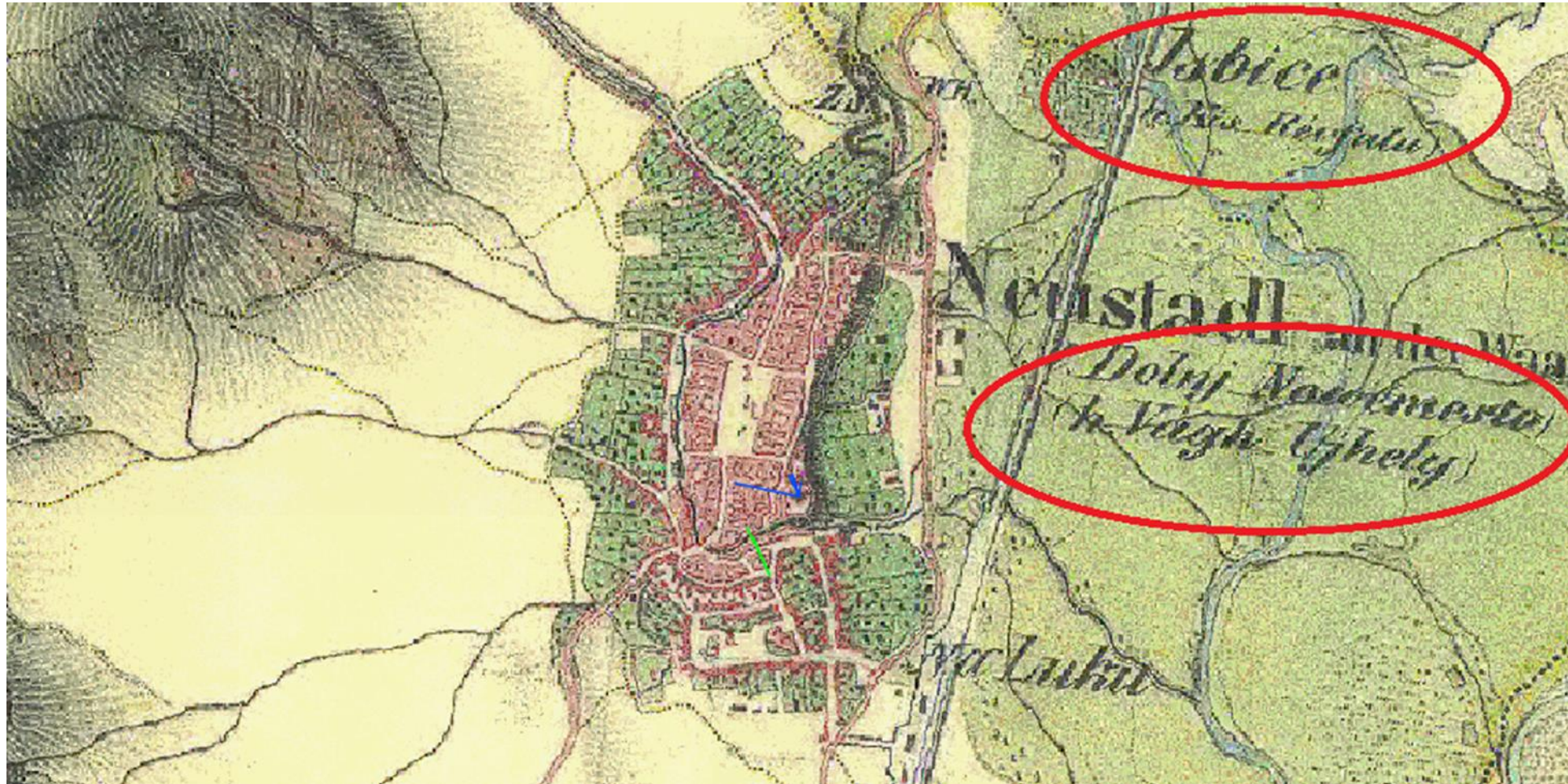
Budapeštianska kópia – Nové Mesto nad Váhom a blízke okolie

II. vojenské mapovanie: Viedenský originál



Viedenský originál – Nové Mesto nad Váhom a blízke okolie

II. vojenské mapovanie: Budapeštianska kópia



Budapeštianska kópia – Nové Mesto nad Váhom a blízke okolie

Dosiahnuté výsledky

Územie	Vyhotovenie	I. vojenské mapovanie			II. vojenské mapovanie		
		Počet bodov	Priemer [m]	Štandardná odchýlka [m]	Počet bodov	Priemer [m]	Štandardná odchýlka [m]
Nížina	Viedenské originály	135	381.55	217.90	383	98.27	40.71
	Budapeštianske kópie	135	690.17	175.03	383	76.06	47.44
Zvlnené územie	Viedenské originály	230	179.70	113.74	390	87.67	66.95
	Budapeštianske kópie	230	299.97	128.41	390	89.70	68.39
Nízke hory	Viedenské originály	185	293.68	213.22	282	47.71	27.83
	Budapeštianske kópie	185	361.71	189.23	282	57.24	29.64
Vysoké hory	Viedenské originály	96	292.96	170.16	184	79.29	56.20
	Budapeštianske kópie	96	757.00	252.33	184	76.83	51.09

Porovnanie dosiahnutých presností na identických bodoch (mapové dáta)

Dosiahnuté výsledky

I. vojenské mapovanie			
Poradie	Územie	Bod	Zdroj
1.	Zvlnené (Vráble)	most	Ortofotomozaika SR
2.	Nízke hory (Považský Inovec)	kostol	Ortofotomozaika HOFM
3.	Vysoké hory (Veporské vrchy)	križovatka	ZM 1:10 000
4.	Rovina (Podunajská nížina)	kríženie riek	Vojenské topografické mapovania (1:10 000; 1:25 000)
5.			Špeciálna mapa Uhorska 1:75 000
6.			Vzdialenostná mapa Uhorska 1:75 000

II. vojenské mapovanie			
Poradie	Územie	Bod	Zdroj
1.	Nízke hory (Považský Inovec)	kostol	Ortofotomozaika SR
2.	Vysoké hory (Veporské vrchy)	most	Ortofotomozaika HOFM
3.	Zvlnené (Vráble)	križovatka	ZM 1:10 000
4.	Rovina (Podunajská nížina)	kríženie riek	Vojenské topografické mapovania (1:10 000; 1:25 000)
5.			Špeciálna mapa Uhorska 1:75 000
6.			Vzdialenostná mapa Uhorska 1:75 000

Zoradenie dát podľa presnosti

Dosiahnuté výsledky

I. vojenské mapovanie							
Územie	Vyhotovenie	Najlepšie zdroje (mapové dáta)			Dáta LLS		
		Počet bodov	Priemer [m]	Štandardná odchýlka [m]	Počet bodov	Priemer [m]	Štandardná odchýlka [m]
Nížina	Viedenské originály	40	379.37	225.83	37	371.02	215.91
	Budapeštianske kópie	30	702.53	196.42	35	727.49	271.10
Zvlnené územie	Viedenské originály	72	189.04	122.35	101	187.01	111.91
	Budapeštianske kópie	68	281.53	124.81	95	314.20	116.38
Nízke hory	Viedenské originály	42	282.26	206.76	60	275.80	145.59
	Budapeštianske kópie	40	363.27	189.19	59	356.47	165.25
Vysoké hory	Viedenské originály	25	329.02	213.37	45	282.41	150.73
	Budapeštianske kópie	23	800.77	302.96	20	719.58	161.17

Porovnanie dosiahnutých presností na identických bodoch s uvážením iba najlepšieho mapového zdroja a LLS

Dosiahnuté výsledky

II. vojenské mapovanie							
Územie	Vyhotovenie	Najlepšie zdroje (mapové dáta)			Dáta LLS		
		Počet bodov	Priemer [m]	Štandardná odchýlka [m]	Počet bodov	Priemer [m]	Štandardná odchýlka [m]
Nížina	Viedenské originály	81	89.48	73.24	92	95.49	36.21
	Budapeštianske kópie	82	72.19	85.39	94	68.97	41.76
Zvlnené územie	Viedenské originály	118	81.32	164.80	126	63.93	39.65
	Budapeštianske kópie	118	84.12	166.17	126	68.93	39.27
Nízke hory	Viedenské originály	74	37.95	33.54	111	45.31	31.86
	Budapeštianske kópie	73	56.84	37.34	109	65.83	36.31
Vysoké hory	Viedenské originály	54	74.03	87.72	110	77.19	53.95
	Budapeštianske kópie	54	73.61	81.63	112	80.52	55.93

Porovnanie dosiahnutých presností na identických bodoch s uvážením iba najlepšieho mapového zdroja a LLS

Testovanie významnosti I. VM

I. VM dĺžka < 3 σ			$\alpha = 0.05$	Kritické hodnoty = +/-1.96		
Územie	Vyhotovenie	Priemer mapy [m]	Priemer LLS [m]	Štandardná odchýlka LLS [m]	\hat{T}	Nezamietnuť nulovú hypotézu?
Rovina	Viedenské originály	379.37	371.02	215.91	-0.24	Áno
	Budapeštianske kópie	702.53	727.49	271.1	0.55	Áno
Zvlnené územie	Viedenské originály	189.04	187.01	111.91	-0.18	Áno
	Budapeštianske kópie	281.53	314.20	116.38	2.74	Nie
Nízke hory	Viedenské originály	282.26	275.80	145.59	-0.34	Áno
	Budapeštianske kópie	363.27	356.47	165.25	-0.32	Áno
Vysoké hory	Viedenské originály	329.02	282.41	150.73	-2.07	Nie
	Budapeštianske kópie	800.77	161.17	161.17	-17.75	Nie

Testovanie významnosti zmeny priemernej dĺžky spojnice na IB

Testovanie významnosti II. VM

II. VM dĺžka < 3 σ			$\alpha = 0.05$	Kritické hodnoty = +/-1.96		
Územie	Vyhotovenie	Priemer mapy [m]	Priemer LLS [m]	Štandardná odchýlka LLS [m]	\hat{T}	Nezamietnuť nulovú hypotézu?
Rovina	Viedenské originály	89.48	95.49	36.21	1.64	Áno
	Budapeštianske kópie	72.19	68.97	41.76	-0.75	Áno
Zvlnené územie	Viedenské originály	81.32	63.93	39.65	-4.92	Nie
	Budapeštianske kópie	84.13	68.93	39.27	-4.35	Nie
Nízke hory	Viedenské originály	37.95	45.31	31.86	2.43	Nie
	Budapeštianske kópie	56.84	65.83	36.31	2.59	Nie
Vysoké hory	Viedenské originály	74.03	77.19	53.95	0.61	Áno
	Budapeštianske kópie	73.61	80.52	55.93	1.31	Áno

Testovanie významnosti zmeny priemernej dĺžky spojnice na IB

Použité vizualizácie dát LLS



DMR 5.0

Použité vizualizácie dát LLS



Kompozitná vizualizácia dát z LLS (KGGI SvF STU) s rozlíšením 1 m/pixel

Použité vizualizácie dát LLS



Kompozitná vizualizácia dát z LLS (KGGI SvF STU) s rozlíšením 25 cm/pixel – tmavý variant

Použité vizualizácie dát LLS



Kompozitná vizualizácia dát z LLS (KGGI SvF STU) s rozlíšením 25 cm/pixel – svetlý variant

Porovnanie početnosti bodov I. VM

Terén	Kategória	Mapy	LiDAR	Rozdiel	Percentuálny rozdiel
Spolu	Všetky body	191	268	77	40.31%
	Kostol	83	86	3	3.61%
	Križovatka	11	47	36	327.27%
	Kríženie riek	41	80	39	95.12%
	Most	56	55	-1	-1.79%
Rovina	Všetky body	44	42	-2	-4.55%
	Kostol	17	17	0	0.00%
	Križovatka	5	9	4	80.00%
	Kríženie riek	12	9	-3	-25.00%
	Most	10	7	-3	-30.00%
Nízke hory	Všetky body	45	67	22	48.89%
	Kostol	22	24	2	9.09%
	Križovatka	1	10	9	900.00%
	Kríženie riek	8	19	11	137.50%
	Most	14	14	0	0.00%
Vysoké hory	Všetky body	28	52	24	85.71%
	Kostol	5	6	1	20.00%
	Križovatka	1	2	1	100.00%
	Kríženie riek	16	38	22	137.50%
	Most	6	6	0	0.00%
Zvlnené územie	Všetky body	74	107	33	44.59%
	Kostol	39	39	0	0.00%
	Križovatka	4	26	22	550.00%
	Kríženie riek	5	14	9	180.00%
	Most	26	28	2	7.69%

Porovnanie početnosti bodov (mapové zdroje a dáta LLS)

Porovnanie početnosti bodov II. VM

Terén	Kategória	Mapy	LiDAR	Rozdiel	Percentuálny rozdiel
Spolu	Všetky body	343	470	127	37.03%
	Kostol	102	102	0	0.00%
	Križovatka	99	131	32	32.32%
	Kríženie riek	42	126	84	200.00%
	Most	100	111	11	11.00%
Rovina	Všetky body	84	100	16	19.05%
	Kostol	26	26	0	0.00%
	Križovatka	21	29	8	38.10%
	Kríženie riek	20	28	8	40.00%
	Most	17	17	0	0.00%
Nízke hory	Všetky body	79	116	37	46.84%
	Kostol	33	33	0	0.00%
	Križovatka	18	35	17	94.44%
	Kríženie riek	5	21	16	320.00%
	Most	23	27	4	17.39%
Vysoké hory	Všetky body	59	122	63	106.78%
	Kostol	9	9	0	0.00%
	Križovatka	18	25	7	38.89%
	Kríženie riek	13	67	54	415.38%
	Most	19	21	2	10.53%
Zvlínené územie	Všetky body	121	132	11	9.09%
	Kostol	34	34	0	0.00%
	Križovatka	42	42	0	0.00%
	Kríženie riek	4	10	6	150.00%
	Most	41	46	5	12.20%

Porovnanie početnosti bodov (mapové zdroje a dáta LLS)

Vlastné georeferencovanie

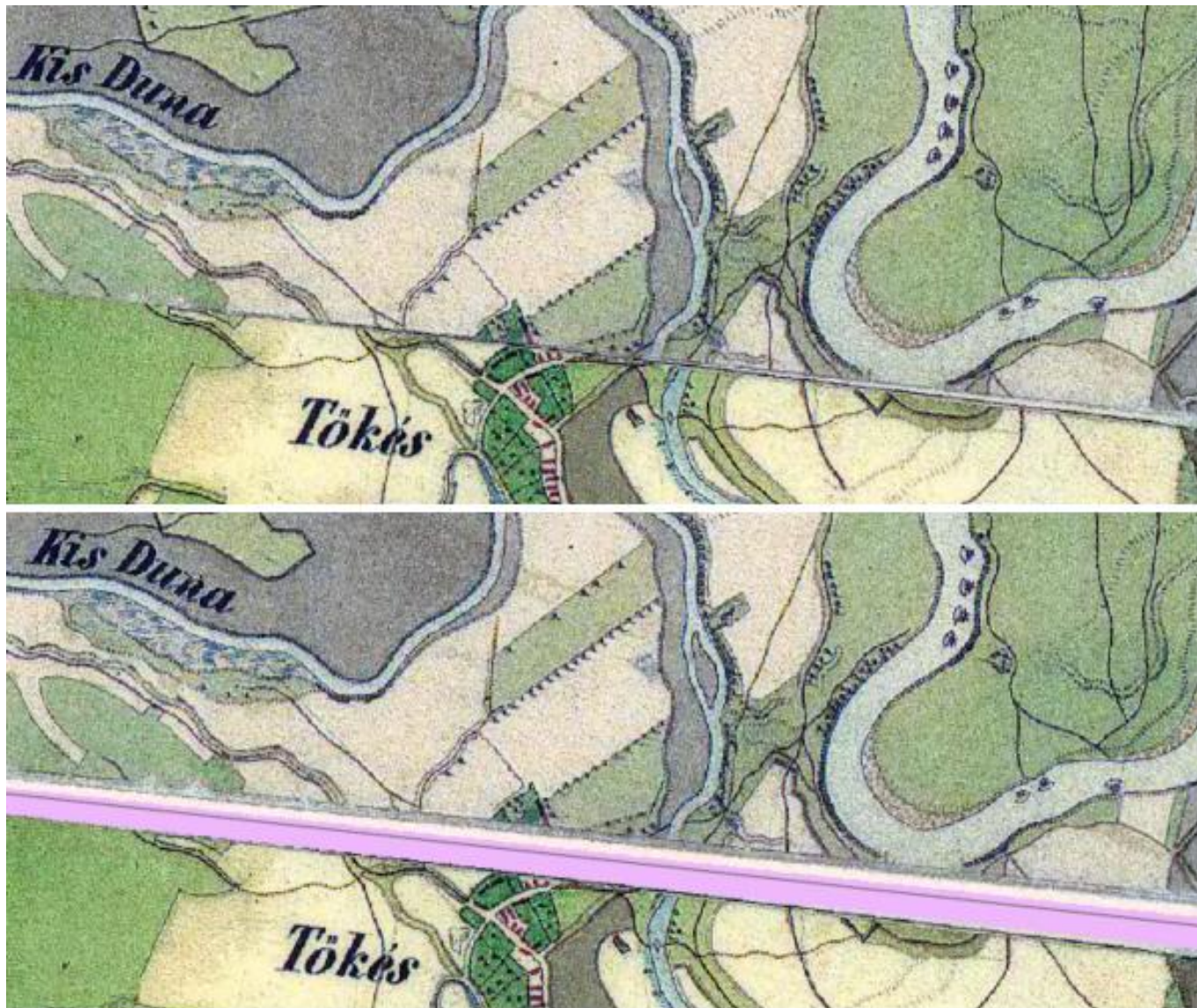
- Prostredie ArcGIS Pro
- Afinná transformácia
- Polynomická transformácia druhého stupňa
- Problémy na styku mapových listov

Georeferencovanie: Afinná transformácia

Detail styku mapových listov pri
afinnej transformácii.

Vrchný obrázok – použité identické
body z mapových dát

Spodný obrázok – použité identické
body z dát LLS



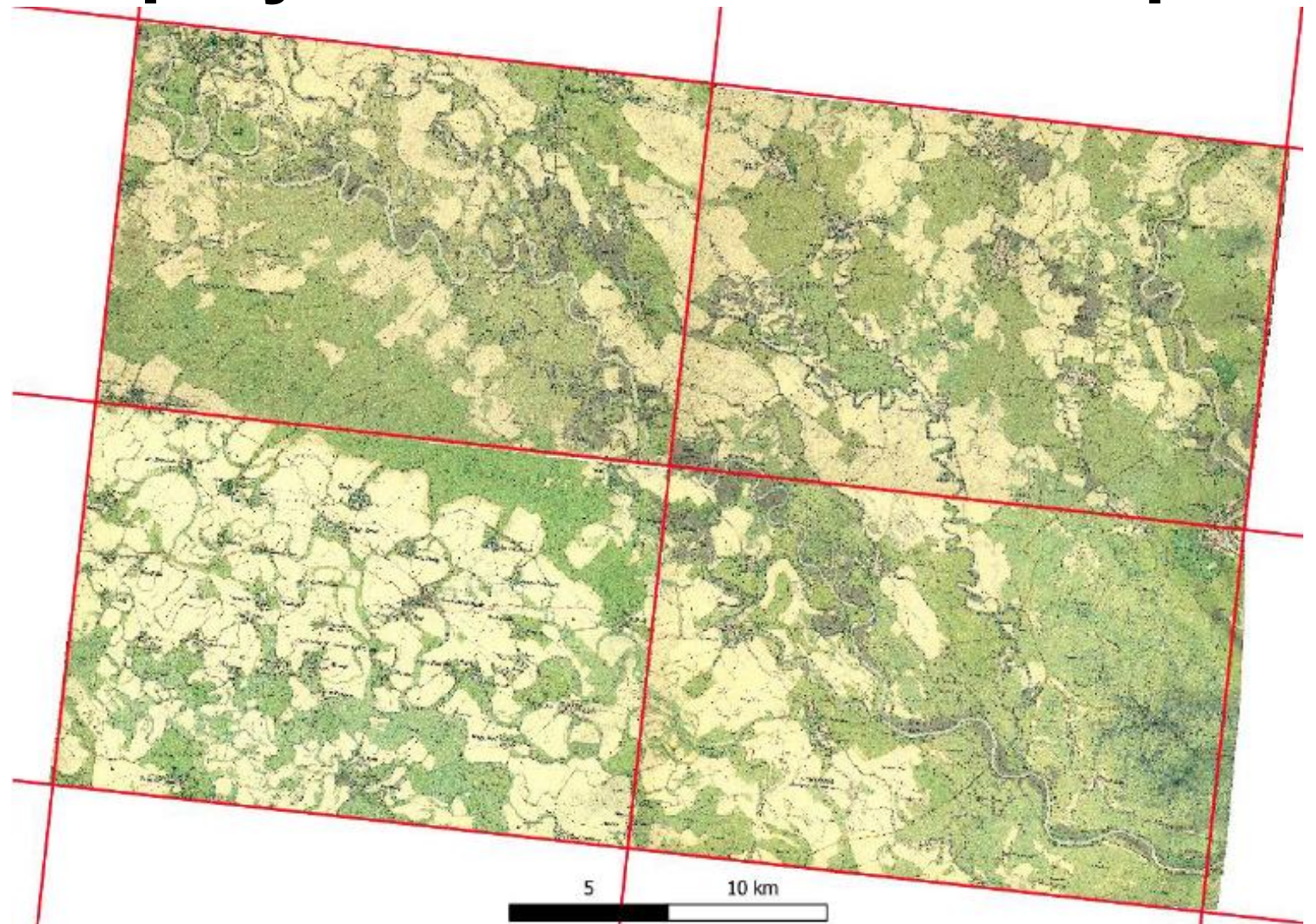
Georeferencovanie – afinná transformácia

I. VM	Mapové dáta				Dáta LLS			
Územie	Počet bodov	Počet použitých bodov	Reziduá [m]	Reziduá [pix]	Počet bodov	Počet použitých bodov	Reziduá [m]	Reziduá [pix]
Nízke hory	42	35	187.71	190.90	64	53	197.66	198.39
Rovina	40	34	157.49	159.90	39	36	178.18	181.97
Vysoké hory	27	22	136.36	139.75	51	44	192.73	196.88
Zvlnené územie	74	69	194.79	190.94	104	93	160.06	159.37

II. VM	Mapové dáta				Dáta LLS			
Územie	Počet bodov	Počet použitých bodov	Reziduá [m]	Reziduá [pix]	Počet bodov	Počet použitých bodov	Reziduá [m]	Reziduá [pix]
Nízke hory	73	73	43.85	43.39	113	108	48.75	48.23
Rovina	81	80	69.16	68.50	101	94	56.26	55.79
Vysoké hory	58	58	102.55	101.20	122	115	87.12	86.25
Zvlnené územie	119	115	77.10	76.64	131	126	77.39	76.39

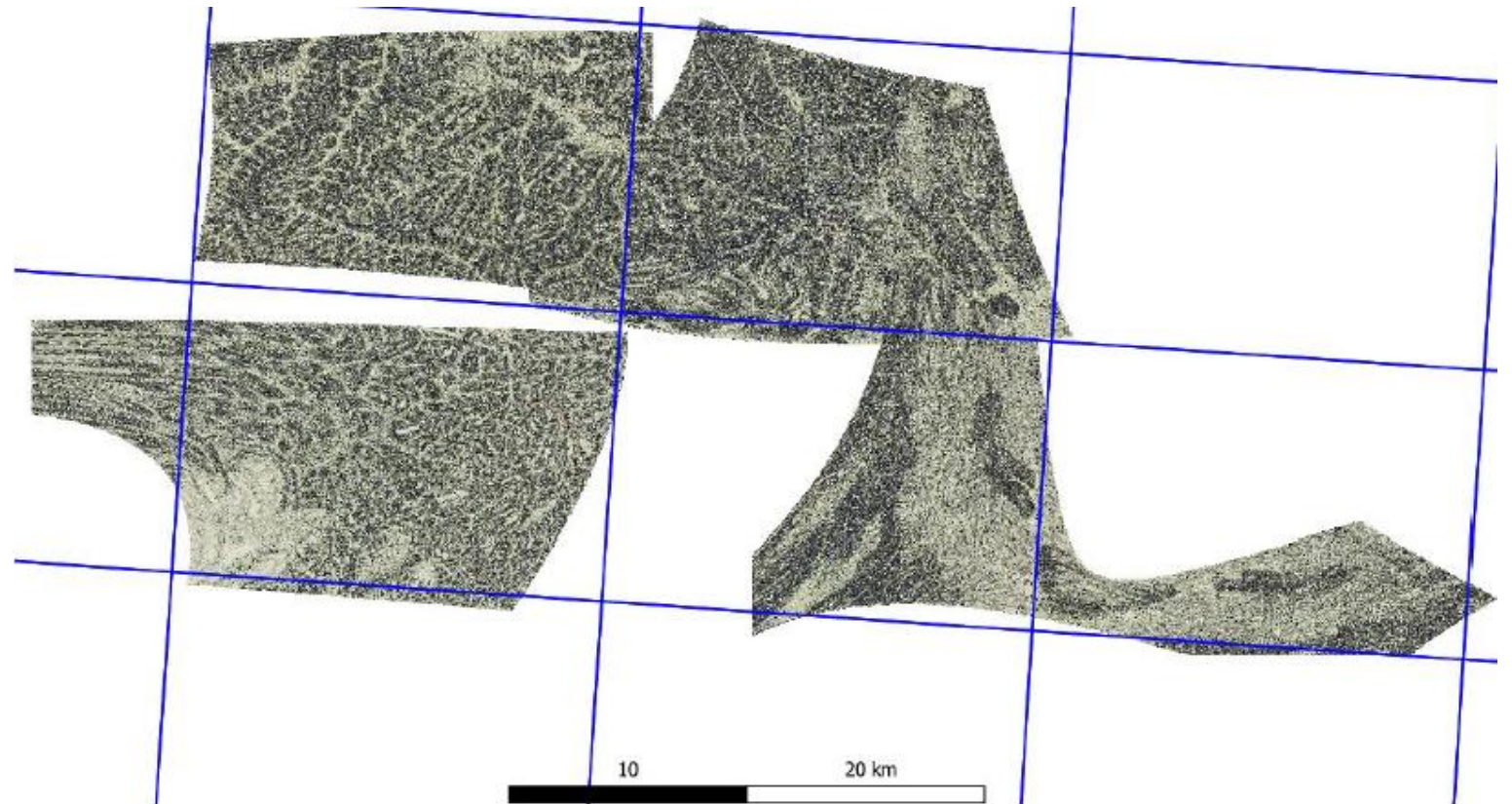
Georeferencovanie – polynomická transf. 2. stupňa

Výsledok polynomickej transformácie druhého stupňa v záujmovom území Podunajská nížina (II. VM, IB z mapových dát)



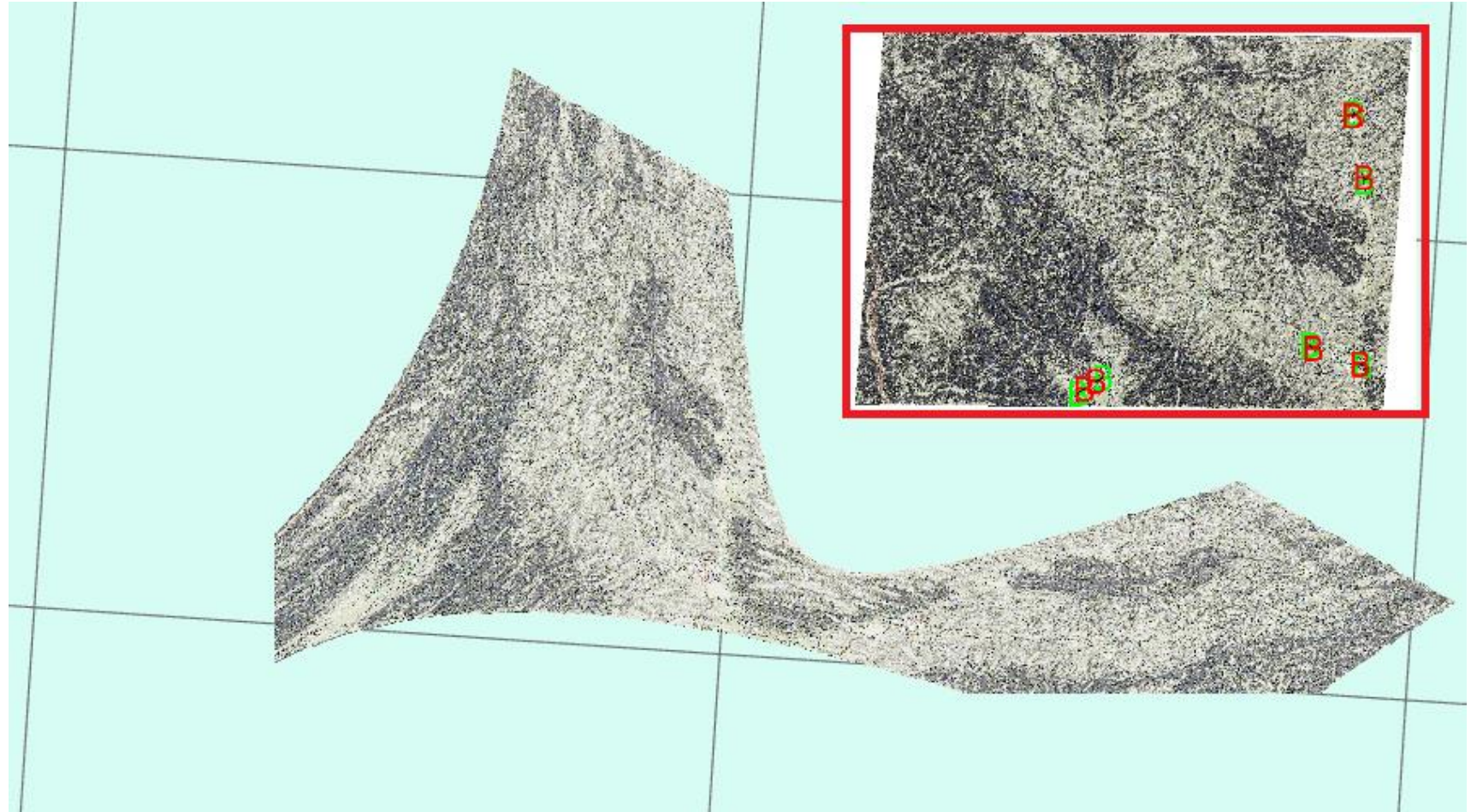
Georeferencovanie – polynomická transf. 2. stupňa

Výsledok polynomickej transformácie druhého stupňa v záujmovom území Veporské vrchy (I. VM, IB z dát LLS)



Georeferencovanie – polynomická transf. 2. stupňa

ML XVII – 10
georeferencovaný
polynomickou transformáciou
druhého stupňa so
zobrazením IB.



Georeferencovanie – polynomická transf. 2. stupňa

I. VM	Mapové dáta					Dáta LLS				
Územie	Počet bodov	Počet použitých bodov	Reziduá [m]	Reziduá [pix]	Presnosť [pix]	Počet bodov	Počet použitých bodov	Reziduá [m]	Reziduá [pix]	Presnosť [pix]
Nízke hory	36	29	94.77	104.64	22.33	64	48	104.45	105.28	10.55
Rovina	40	34	115.67	113.67	46.69	39	36	75.54	80.38	13.03
Vysoké hory	15	15	65.92	69.09	14.93	51	38	78.44	80.21	30.60
Zvlnené územie	74	65	107.40	110.81	9.45	104	77	88.36	88.47	7.06

II. VM	Mapové dáta					Dáta LLS				
Územie	Počet bodov	Počet použitých bodov	Reziduá [m]	Reziduá [pix]	Presnosť [pix]	Počet bodov	Počet použitých bodov	Reziduá [m]	Reziduá [pix]	Presnosť [pix]
Nízke hory	73	70	29.29	28.98	0.44	113	99	29.96	29.70	0.38
Rovina	81	75	37.97	37.57	0.73	101	86	36.12	35.79	0.57
Vysoké hory	58	49	44.79	44.17	1.54	122	101	47.80	47.33	1.05
Zvlnené územie	119	107	49.01	48.80	1.10	131	116	42.39	41.93	0.49

Ďakujem za pozornosť

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja
na základe Zmluvy č. APVV-22-0151