



Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v.v.i.

*Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta,
Katedra geodetických základov*

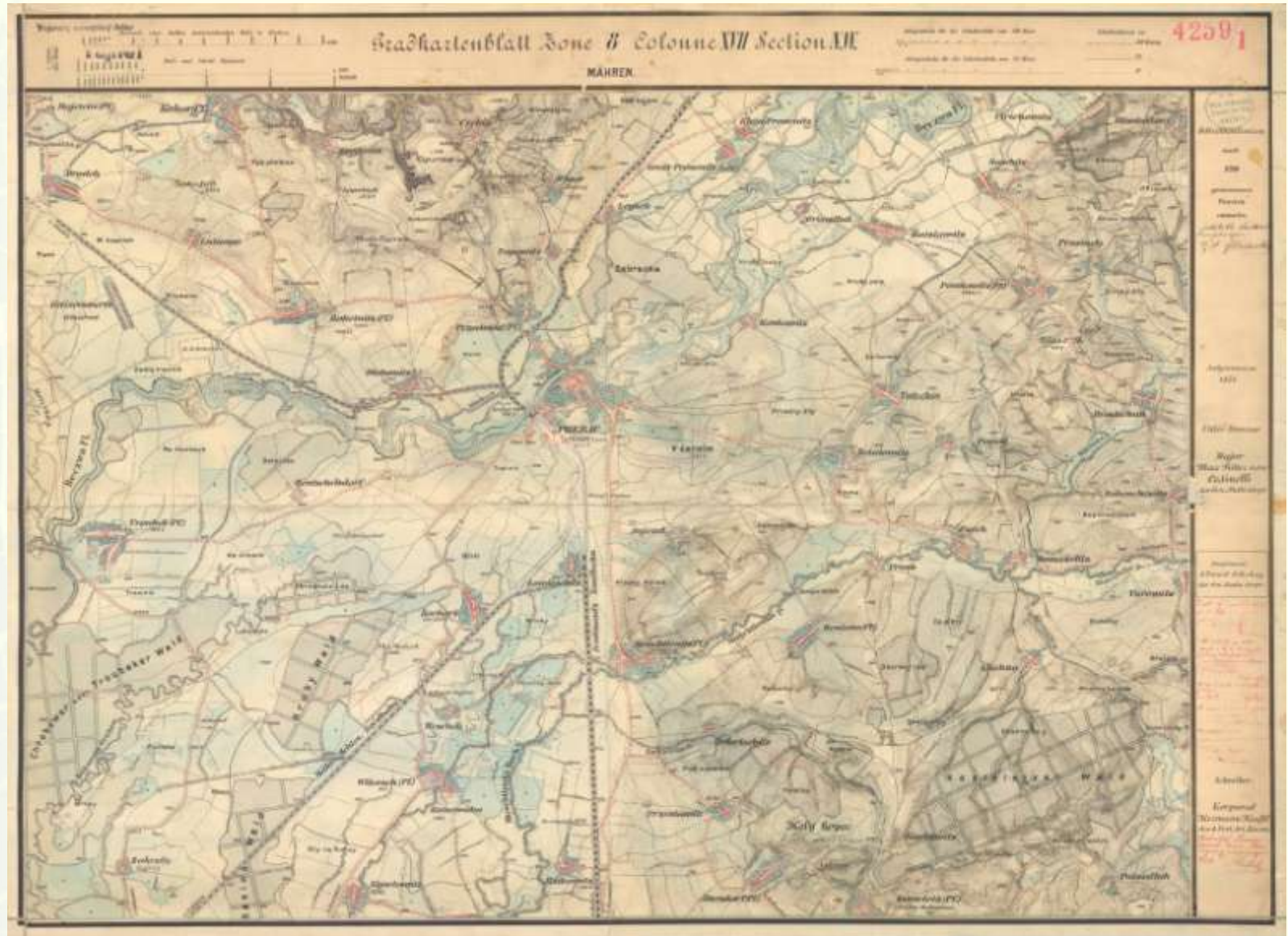
Slovenská agentúra životného prostredia

Tvorba rastrovej mapy III. vojenského mapovania územia Slovenska

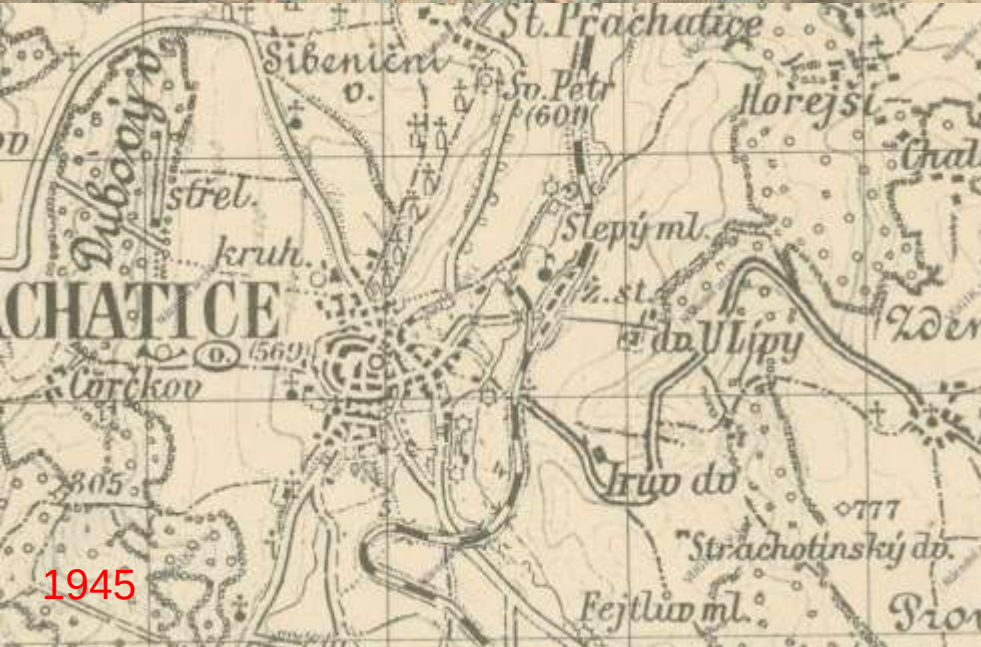
**TALICH M., HAVRLANT J.,
STAŠOVÁ E., ZEMAN M., FENCÍK R.**

Kartografická konferencia 2016,
20. a 21. října, Bratislava

Typický mapový list III. Vojenského mapování



Porovnání různých vydání III. Vojenského mapování



Motivace

- **Mapy III. voj.map. byly v naší kartografické praxi používány přes 70 let a bylo vydáno velké množství jejich emisí. Jedná se spolu s mapami stabilního katastru o nejžádanější a nejpoužívanější staré mapy.**
- **Proto je snaha zpřístupnit je na Internetu veřejnosti v georeferencované podobě např. formou Web Map Service (WMS) nebo Tile Map Service(TMS).**
- **Tím by se nabídla možnost porovnávat obsah těchto starých map se současnými nebo jinými georeferencovanými starými mapami, např. pomocí vhodně zvoleného překrývání jednotlivých vrstev s volitelným zprůhledněním a to v celé řadě klientských GIS.**

Východiska – běžný postup georeferencování

- **Při běžném způsobu georeferencování, např. na rohy mapových listů, se výrazněji projevuje proměnlivý polohový nesouhlas kresby map se současnými mapami.**
- **Ten prakticky znemožňuje vizuální porovnávání staré mapy se současným stavem např. službami WMS se zprůhledněním, především ve větším měřítku 1:25 000 (topografických sekcí).**

Překryv staré mapy III. vojenského mapování a nové mapy. Georeferencování provedeno transformací využívající jen rohů mapových listů.



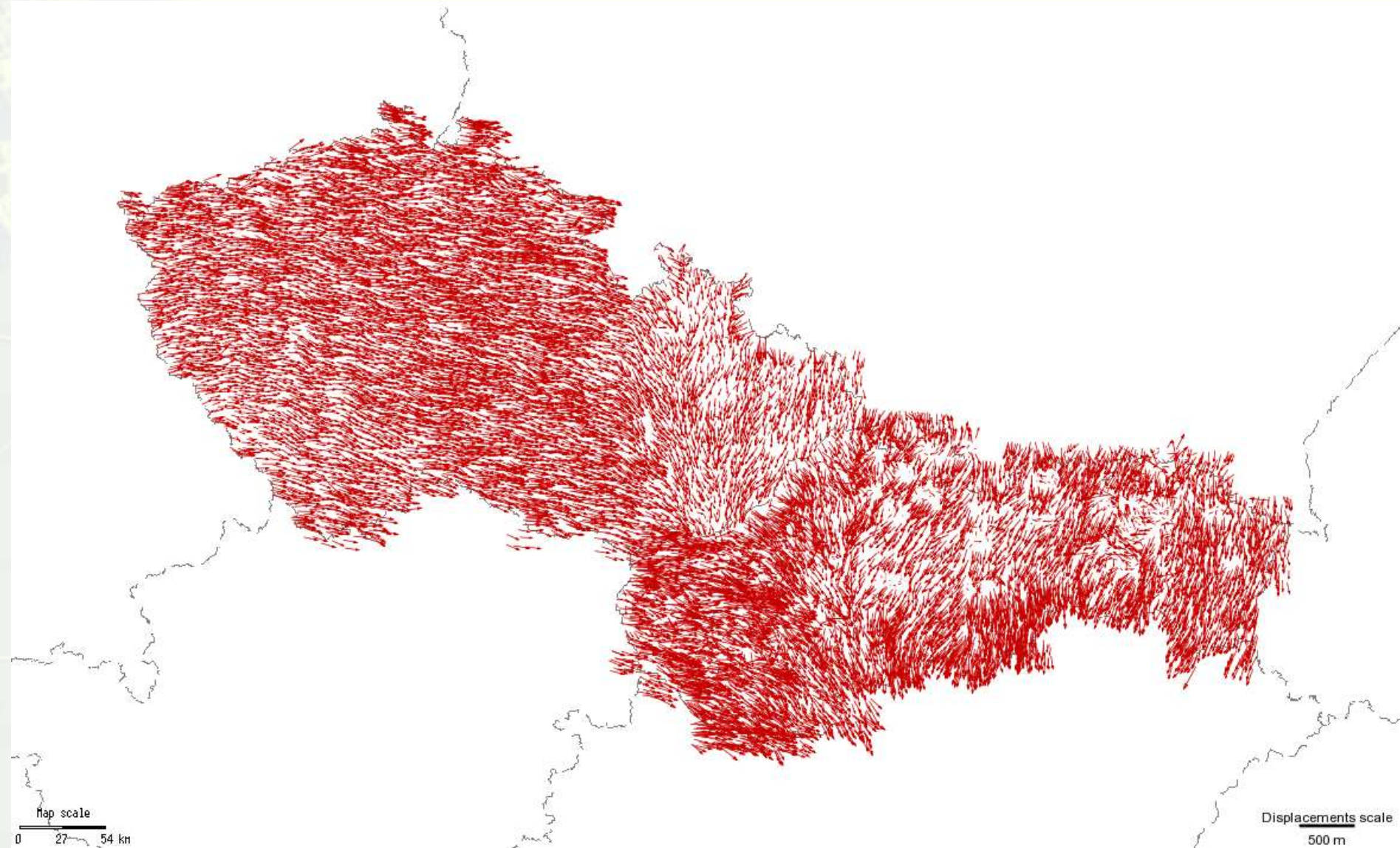
Východiska – volba identických bodů

- **Zvolíme-li na území Česka a Slovenska identické body, jsou jejich polohové chyby při běžném způsobu georeferencování na známé rohy mapových listů proměnlivé v rozmezí 2 až 322 m (15 116 bodů).**
- **Průměrná velikost chyb je 110 m se směrodatnou odchylkou 35 m.**
- **Nejvyšší počet chyb, celkem 7 395 tj. 49%, leží v intervalu 90 až 130 m.**
- **Chyby vykazují jisté globální trendy, které jsou jiné v Čechách s přibližně západní polovinou Moravy a jiné ve východní polovině Moravy a na Slovensku.**

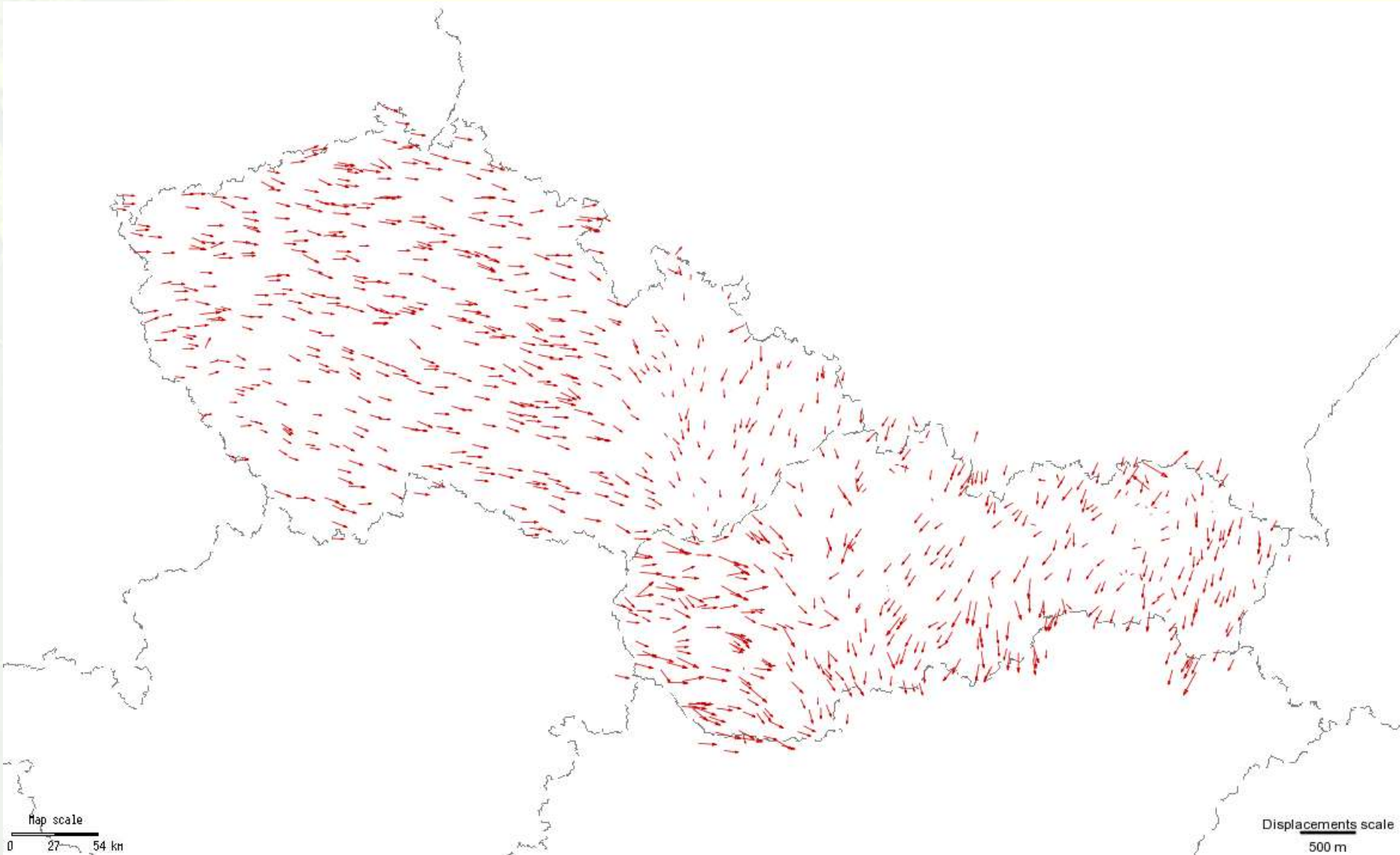
Východiska – zbytkové chyby identických bodů

- **Chyby jsou způsobeny jednak nedokonalostí tehdejších geodetických základů a mapovacích metod a také způsobem jakým mapy vznikly, tj. v podstatě překreslováním spojeném s generalizací z tehdejších ostrovních map stabilního katastru.**
- **V hornatějších oblastech Slovenska s menším počtem obcí jsou vyšší polohové chyby na identických bodech než v oblastech ČR.**
 - **rozmezí chyb: 2 až 322 m (9-202 v ČR, 2-322 v SR)**
 - **průměrná velikost chyb je 110 m se směrodatnou odchylkou 35 m (110 m $\pm$ 28 m v ČR, 109 m $\pm$ 41m v SR)**
- **Protože na území Slovenska byly použity skeny čb kopií mapových listů, je zde i větší vliv srážky papíru a chyb z kopírování mapových listů.**

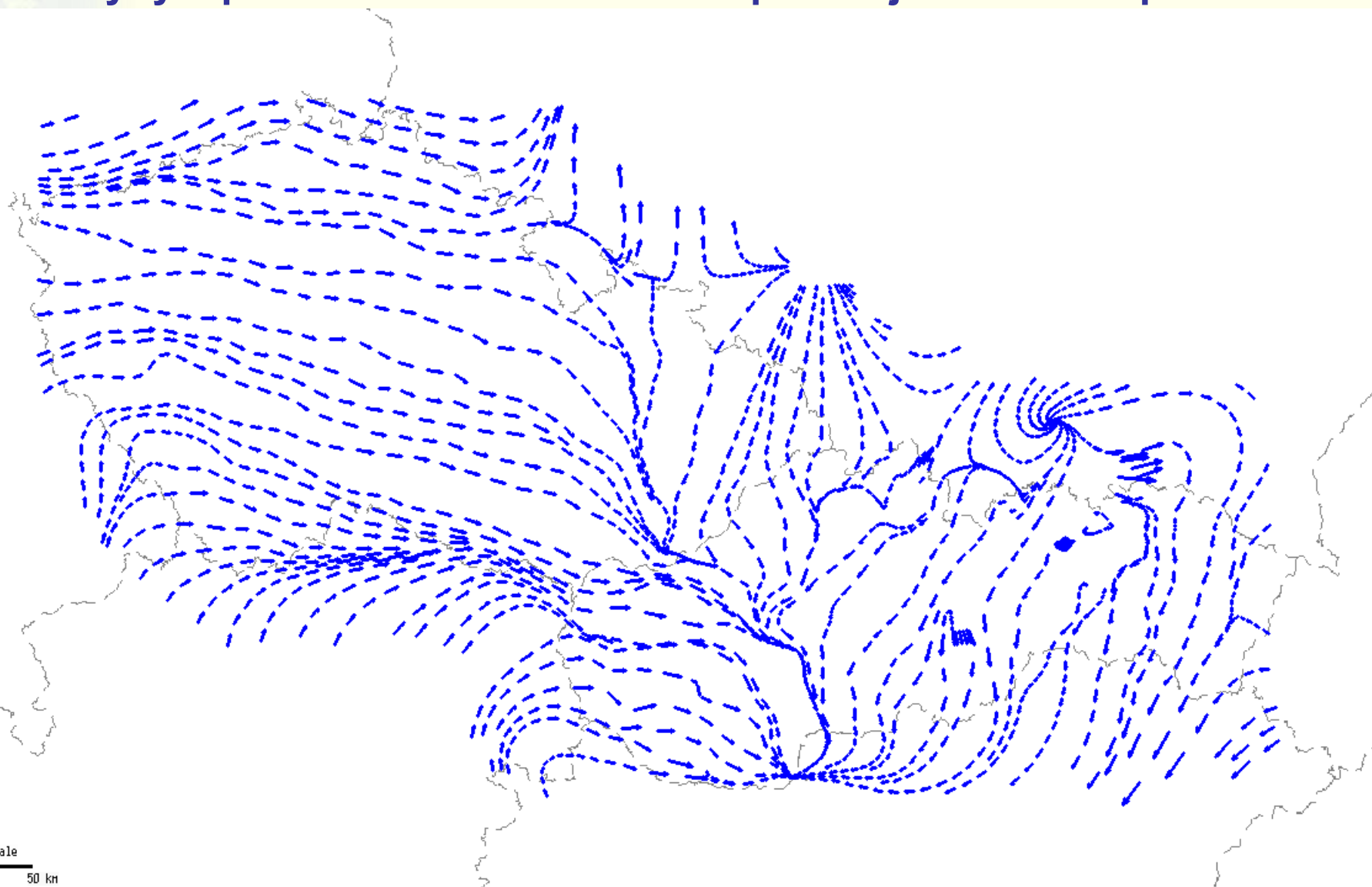
Chyby v polohovém nesouhlasu map III. vojenského mapování na identických bodech - všechny



Chyby v polohovém nesouhlasu map III. vojenského mapování na identických bodech - výběr



Chyby v polohovém nesouhlasu map III. vojenského mapování



Zásady pro nový postup georeferencování

- **Je třeba použít co největšího počtu identických (vlíčovacích) bodů. Jejich validita musí být prověřena statistickými testy.**
- **Postup musí obsahovat:**
 - **eliminaci srážky papíru,**
 - **respektovat původní kartografické zobrazení map,**
 - **použít speciální elastickou transformaci, která by dokázala v dostatečné míře korigovat nehomogenní rozložení nepřesností starých map a přitom nezpůsobila nepřiměřeně drastické deformace jejich původního obsahu.**
- **Parametry transformačního modelu musí mít názorný smysl, aby bylo možno transformační model citlivě vyladit.**

Čtyři kroky navrženého postupu georeferencování

- 1. Eliminace srážky mapového listu (napravení rozměrů mapových listů na původní nesražený rozměr).**
- 2. Zobrazení mapového listu na Besselův elipsoid (zpětné (inverzní) zobrazení k původnímu kartografickému zobrazení).**
- 3. Kartografické zobrazení Besselova elipsoidu do roviny (do zvoleného současného kartografického zobrazení – např. Křovákova zobrazení).**
- 4. Elastická transformace v rovině (dodatečné korigování nehomogenního rozložení nepřesnosti starých map).**

Složení všech těchto dílčích transformací vznikne výsledná transformace. Její aplikací na zdrojový rastrový obraz mapového listu vznikne digitální obraz v požadovaném souřadnicovém systému současného kartografického zobrazení.

1 - Eliminace srážky mapového listu

- **Postup výroby papíru ve válcovacích papírenských strojích způsobuje, že charakter sesychání papíru má extrémní velikosti ve dvou na sebe přibližně kolmých směrech.**
- **Proto se použije afinní transformace souřadnic.**

$$\mathbf{x} = \mathbf{Q} \cdot \mathbf{X} + \mathbf{r} ,$$

$\mathbf{x}$... vstupní souřadnice (rohy map. listů)

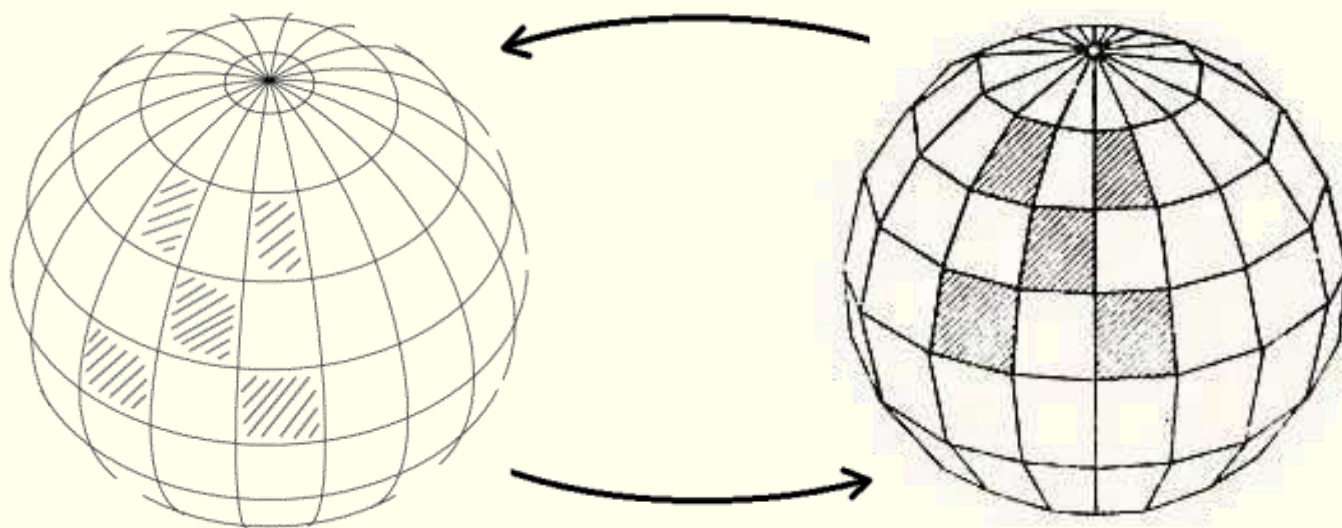
$\mathbf{X}$... výstupní souřadnice (rohy map. listů)

MNČ odhad $\mathbf{Q}$, $\mathbf{r}$

$$\mathbf{X} = \hat{\mathbf{Q}}^{-1} \cdot (\mathbf{x} - \hat{\mathbf{r}})$$

2 - Zobrazení mapového listu na Besselův elipsoid

- Při III. vojenském mapování bylo použito Sansonovo zobrazení.
- Tj. polyedrické zobrazení Besselova elipsoidu do roviny po částech o rozměrech $30' \times 15' =$ sekčního mapového listu ($1 : 75\,000$) zahrnujícího čtveřici oskenovaných mapových listů (topografických sekcí $1 : 25\,000$).
- Zobrazení zachovává délku středního poledníku a krajních rovnoběžek v každém sekčním mapovém listu.

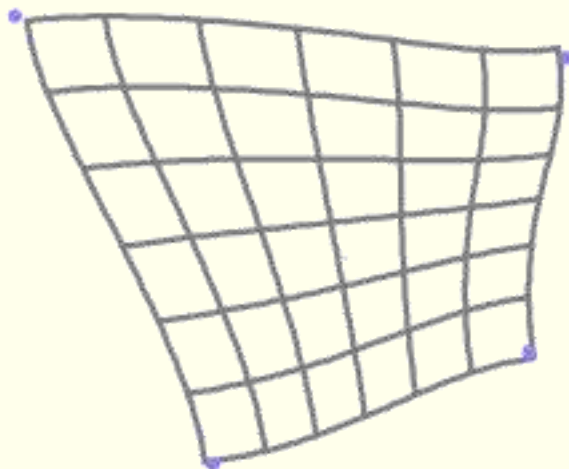


3 - Kartografické zobrazení Besselova elipsoidu do roviny

- **Zvoleno Křovákovo zobrazení, neboť požadovaným výsledným souřadnicovým systémem je S-JTSK.**
- **V případě, že zvolené současné kartografické zobrazení používá jiný než Besselův elipsoid:**
 - **=> provést ještě další mezikrok, tj. transformaci zeměpisných souřadnic z Besselova elipsoidu na jiný elipsoid používaný současným zobrazením a pak teprve vlastní transformaci do roviny současného zobrazení.**

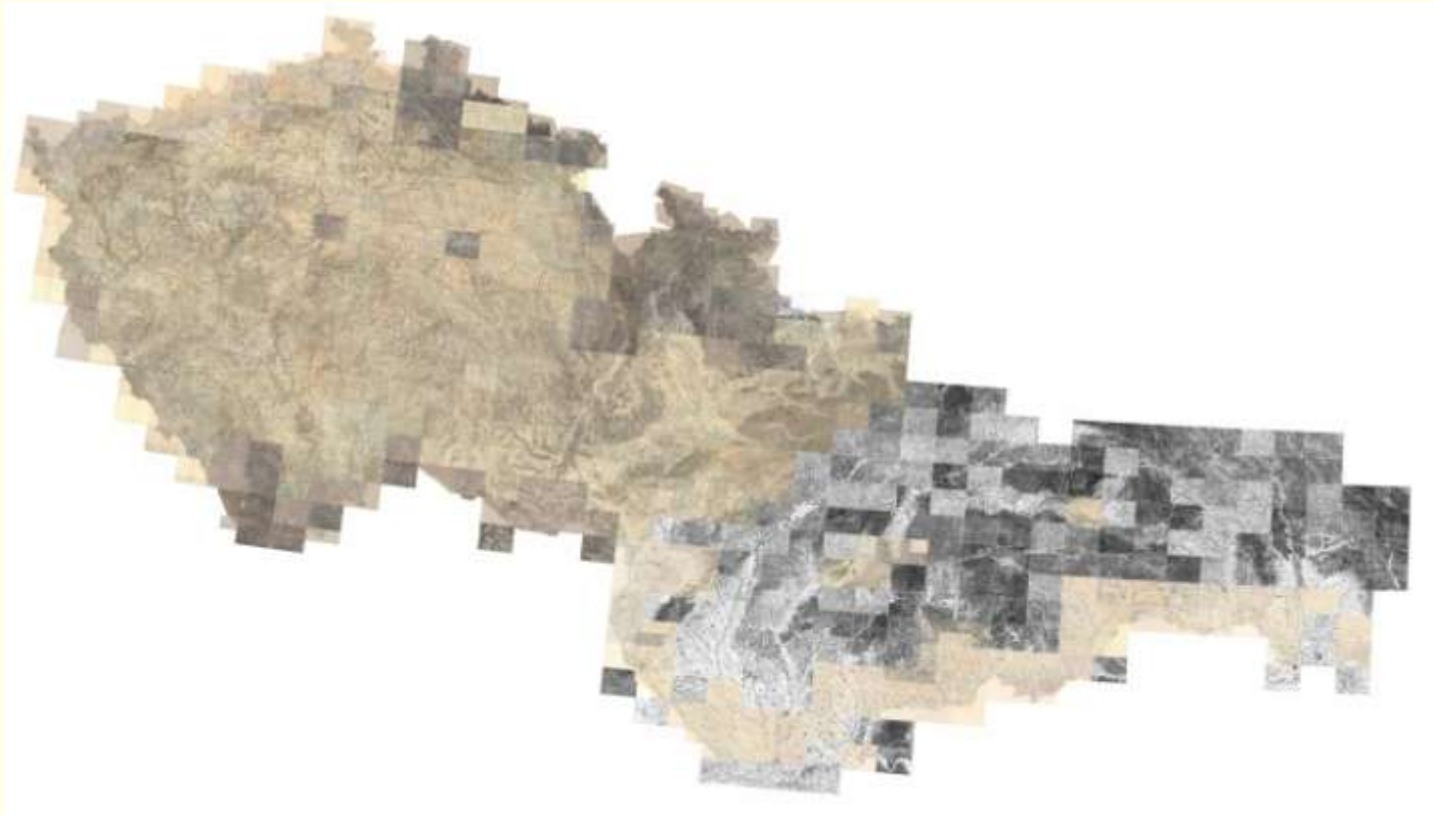
4 - Elastická transformace v rovině

- **Helmertova podobnostní transformace s kolokací.**
- **Účel: pomocí dostatečného množství identických bodů se provede odstranění lokálních nepřesností elastickou georeferencí.**
- **Komplexní aritmetika k odvození vztahů.**
- **Odhad přesnosti transformace v libovolném bodě.**



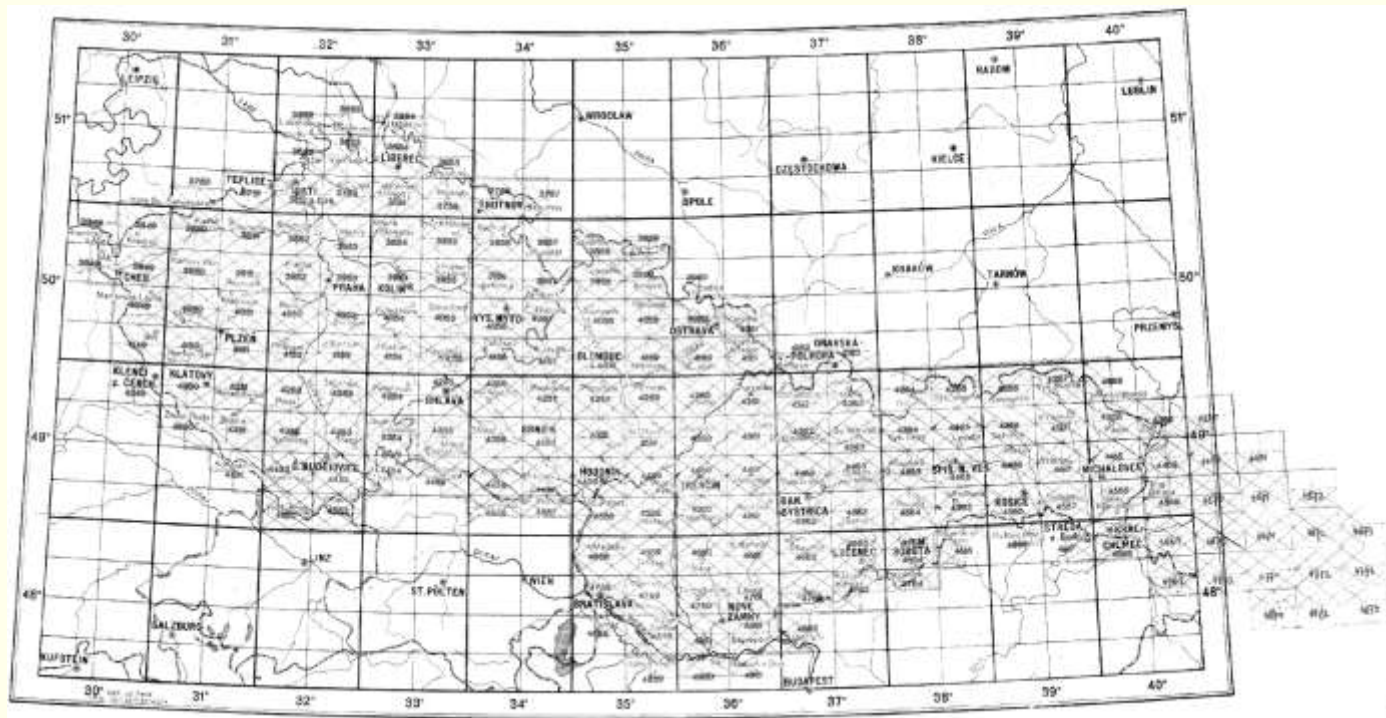
Výsledná složená transformace

- Je poměrně komplikovaná a představuje velmi náročný výpočet.
- Vznikne digitální obraz v požadovaném souřadnicovém systému současného kartografického zobrazení (S-JTSK).
- Lze sestavit bezešvou mozaiku pokrývající celé území.



Poznámky k řešení sběru dat

- Shromážděny rastrové obrazy topografických sekcí map III. vojenského mapování v měřítku 1 : 25 000 pokrývající území České a Slovenské republiky, byly postupně získávány z několika různých zdrojů.
- Z celkovém počtu 590 topografických sekcí je 234 sekcí barevných a 356 sekcí černobílých.



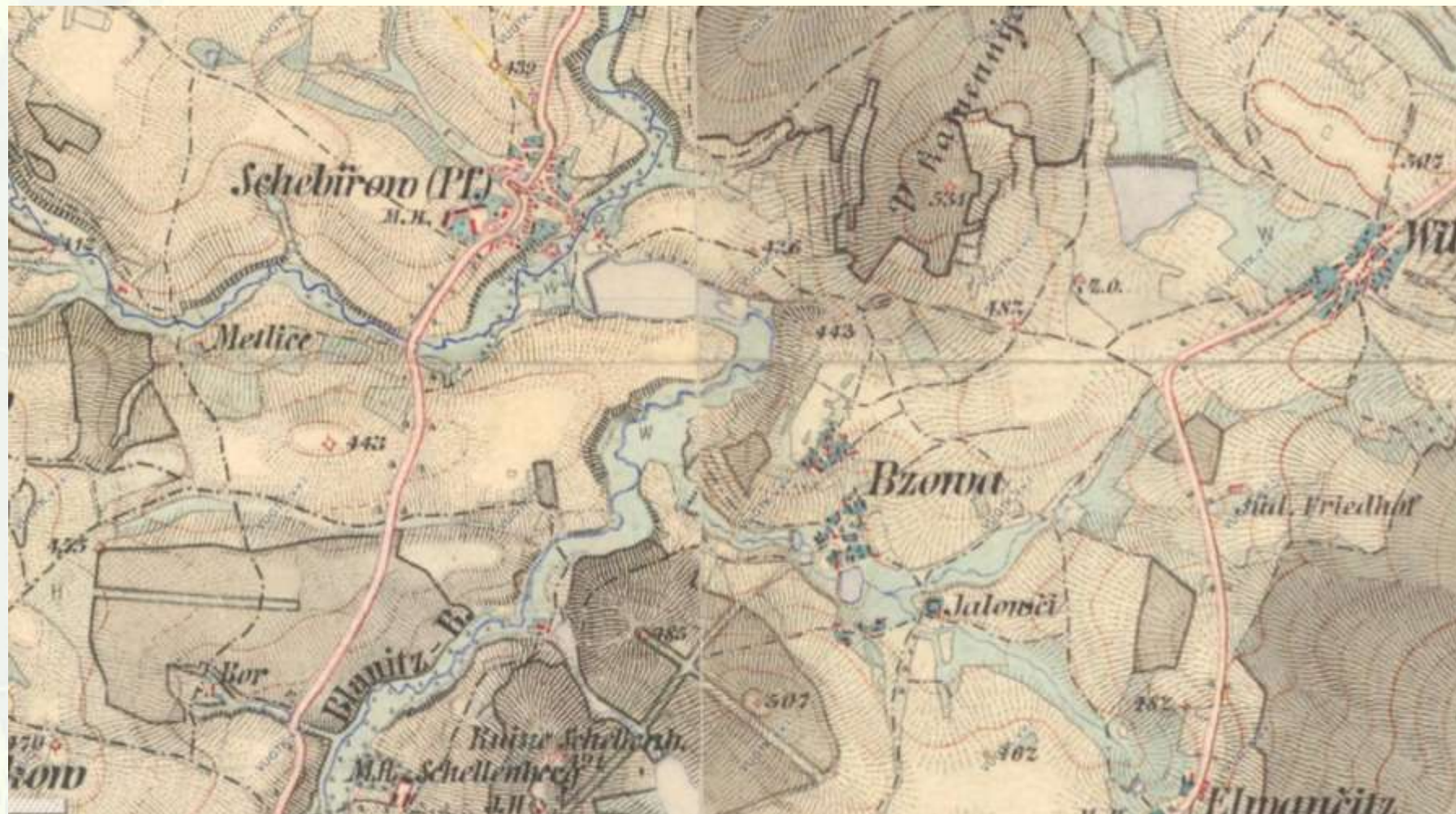
Poznámky k řešení sběru dat

- **Za identické body byly zvoleny trigonometrické body, kostely a budovy o známých souřadnicích.**
- **Celý proces vyhledávání a odečítání souřadnic byl prováděn manuálně s výsledným počtem 15 127 určených identických bodů a 2360 určených rohů topografických sekcí.**

Praktická realizace transformace

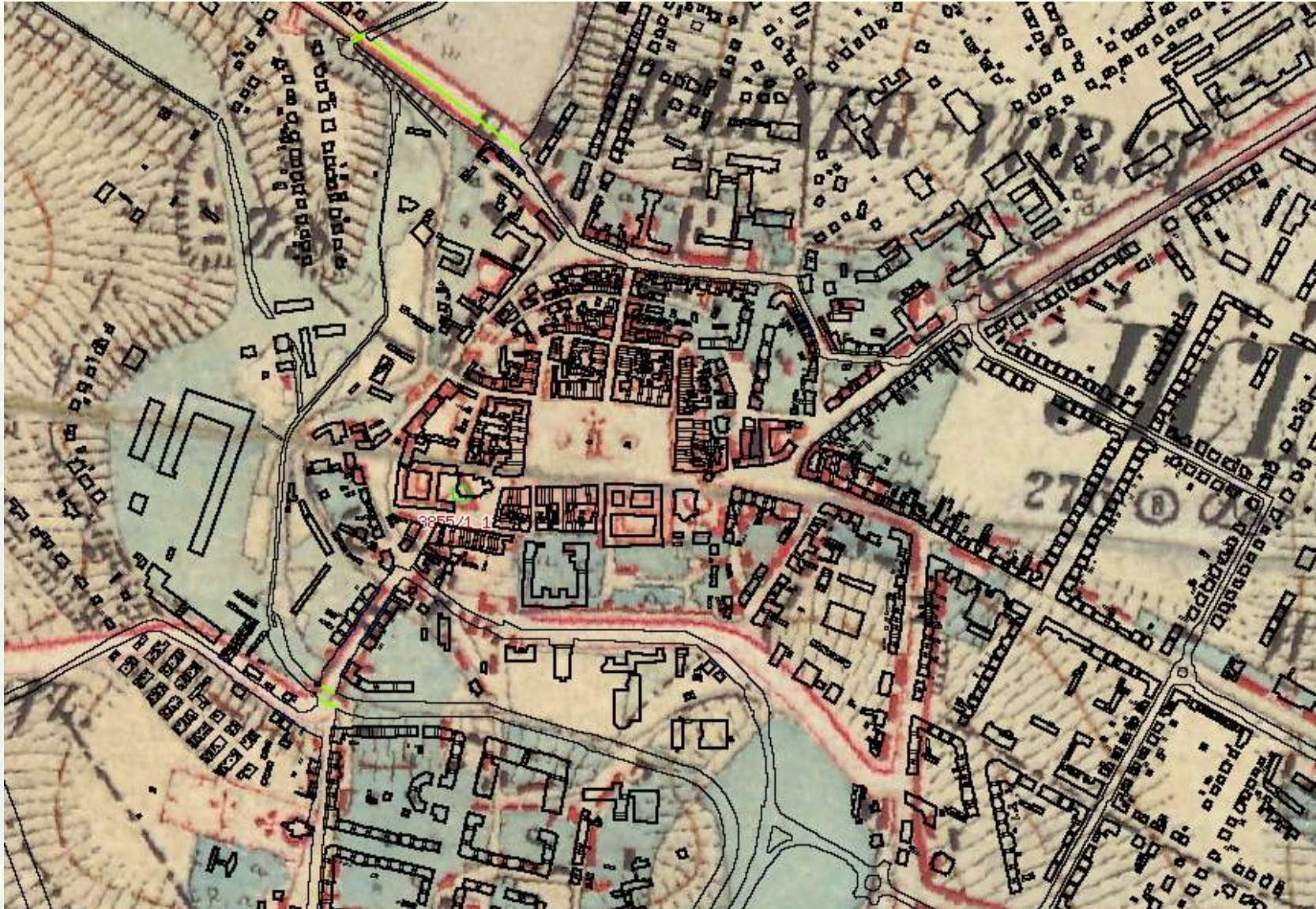
- **Zdrojové rastrové obrazy byly transformovány metodou nejbližšího souseda, tj. přiřazení barvy pixelu ve výsledném rastru podle nejbližšího pixelu ve zdrojovém rastru.**
- **Takže je třeba mít k dispozici i zpětnou transformaci, tzn. posloupnost inverzních dílčích transformací složených v opačném pořadí.**
- **Dopředná transformace byla použita pro odhad přesnosti výsledného rastru (odhad přesnosti výsledné transformace). Zpětná pro určení barvy pixelu ve výsledném rastru.**
- **www.chartae-antiquae.cz/mapsets/0/**

Ukážka styku mapových listů



Překryv staré mapy III. vojenského mapování a nové mapy

Georeferencování bylo provedeno navrhou metodou



Překryv staré mapy III. vojenského mapování a nové mapy

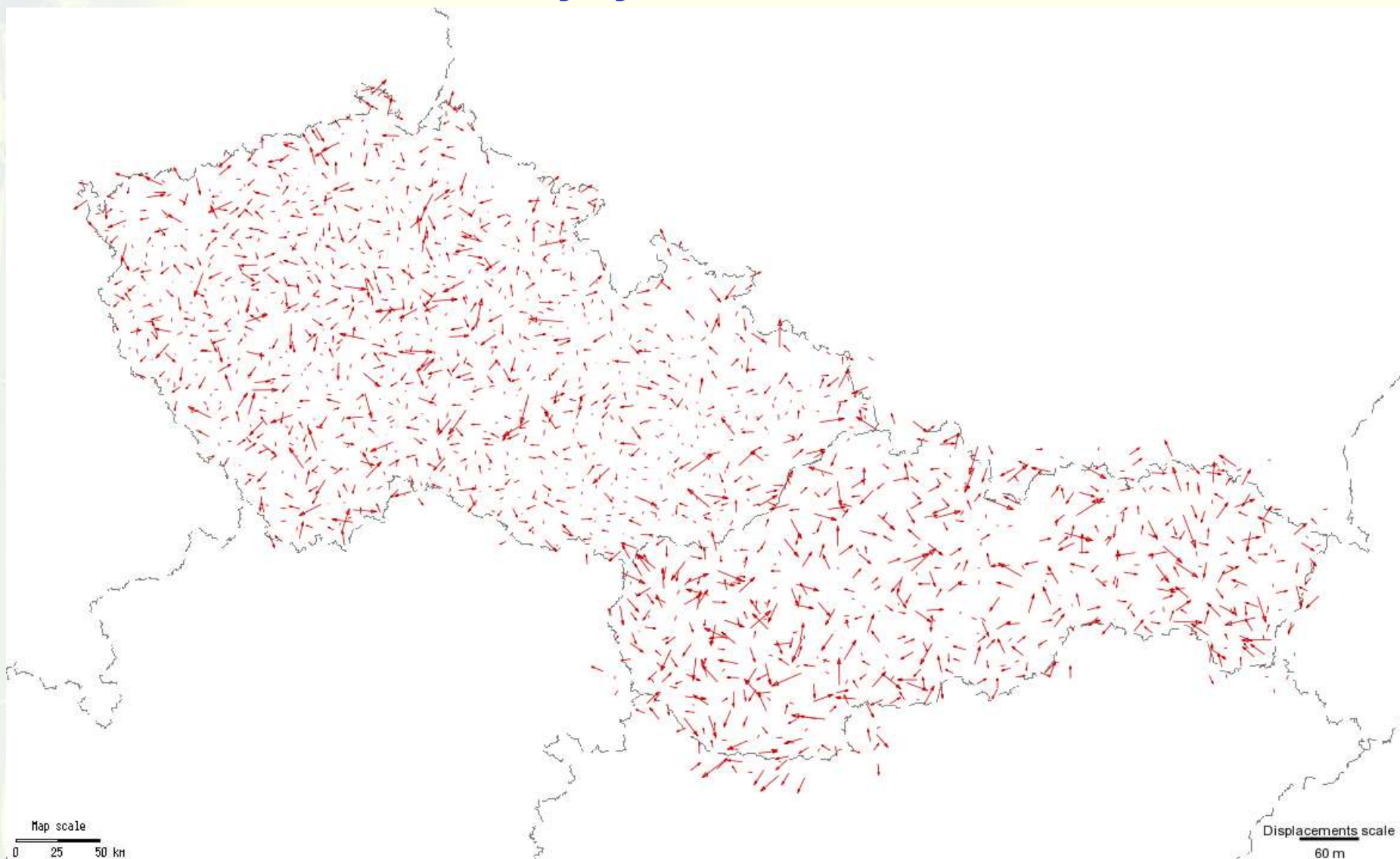
Georeferencování provedeno transformací využívající jen rohů mapových listů



Zhodnocení výsledné přesnosti georeference

- **Výsledné polohové chyby na identických (vlíčovacích) bodech transformace se pohybují v řádu několika málo metrů ve skutečnosti (obvykle do 4m).**
- **Pro nezávislé a objektivní zjištění výsledné přesnosti georeferencování však byly provedeny následné testy na jiných nově zvolených 1838 kontrolních (testovacích) identických bodech kresby, pokrývajících rovnoměrně celé území.**
- **Výsledná polohová chyba činí 10,5 m, což odpovídá 0,42mm v měřítku kresby mapy 1:25 000.**

Polohové chyby na kontrolných bodech



Zhodnocení výsledné přesnosti georeference

- **Jedná se o velmi významné zlepšení oproti předchozím pokusům, při kterých na kontrolních identických bodech zůstávaly chyby v řádu desítek metrů.**
- **Je to díky důslednému respektování kartografických zásad, přičemž nejvýznamnější přínos v celém postupu představuje 4. krok transformace, tj. elastická transformace.**
- **Tato transformace spolu s velkým množstvím identických bodů dovoluje citlivě slícovat jednotlivé mapové listy a napravit lokální nepřesnosti kresby mapy.**

Shrnutí výsledků

	Česko	Slovensko	Česko-Slovensko celkem
Počet identických bodů	8290	7067	15127
Počet kontrolních bodů	1216	642	1838
Počet sekcí	361	237	590
z toho barevných	234	0	234
černobílých	127	237	356
Průměrný počet IB na sekci	23,0	29,8	25,6
Průměrný počet KB na sekci	3,4	2,7	3,1
polohová odchylka [m]	8.9	12.9	10.5

Některé součty nevycházejí, protože jsou body nebo sekce na hranici zahrnuty jak do Česka, tak do Slovenska.

Závěr

- Účelu provedení georeference III. vojenského mapování bylo dosaženo a výsledné rastry jsou zpřístupněny službou TMS na serveru VÚGTK:

www.chartae-antiquae.cz/mapsets/0/

- Je zde možnost vytvářet si překryvy zájmových oblastí různými vrstvami různých dalších map poskytovaných také službou WMS a porovnávat je s obsahem map III. vojenského mapování.
- Dále je možné si vrstvu připojit do svého mapového klienta pomocí služby WMS, která je na adrese:
www.chartae-antiquae.cz/mapserver/CStiles2016/military3.php
- Uživatelé tak získávají velmi silný nástroj ke studiu vývoje celé české krajiny od roku 1880 do počátku 50. let 20. století.

Děkuji za pozornost

www.chartae-antiquae.cz/mapsets/0/