

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta aplikovaných věd

Katedra matematiky

# **Diplomová práce**

**Lokalizace speciálních map 1:75 000  
pro publikování na mapovém portálu**

Plzeň, 2012

Roman Krňoul

zadání

## **Prohlášení**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci zpracovanou na závěr studia na Fakultě aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a výhradně s použitím zdrojů, jejichž úplný seznam je její součástí.

V Plzni dne 28. 5. 2012

.....

## **Poděkování**

Na tomto místě bych chtěl poděkovat všem, kteří mi pomáhali a podpořili při vypracování diplomové práce.

Především bych chtěl poděkovat vedoucímu práce Doc. Ing. Václavu Čadovi, CSc. za odborné vedení, cenné rady a ochotu vždy si nalézt čas při žádosti o konzultaci.

Dále bych chtěl poděkovat Ing. Karlu Janečkovi, Ph.D. za metodické vedení semestrální práce, během které byl vytvořen navržený datový model a Ing. Janu Ježkovi, Ph.D. za rady a ochotu pomoci při vytváření webové aplikace a práci se serverem.

## **Klíčová slova**

Třetí vojenské mapování; speciální mapy 1:75 000; lokalizace; projektivní transformace po částech; mapový portál; webová aplikace

## **Abstrakt**

Tato práce se zabývá praktickou realizací způsobu lokalizace speciálních map III. vojenského mapování, který byl navržen v předcházející bakalářské práci. Základní jednotkou lokalizace zde není celý mapový list, ale jeho jedna šestnáctina, která se nazývá vyměřovací list. Navržený způsob tím zohledňuje technologii vzniku těchto map, neboť vyměřovací listy byly základní pracovní jednotkou mapování. Lokalizace mapového listu je založena na projektivní transformaci po částech. Cílové souřadnice těchto částí jsou počítány z oprav, které jsou získávány interpolací z okolních polohových odchylek zobrazených znaků trigonometrických bodů a kostelů od jejich správné polohy. Cílem práce bylo navrhnout a naprogramovat tento proces lokalizace a na jeho podkladu vytvořit technologickou linku pro přípravu, zpracování a správu jednotlivých vydání speciálních map určených k publikování na mapovém portálu.

## **Keywords**

The Third Military Mapping; 1:75 000 scale Special Maps; localization; projective transformation in parts; map portal; web application

## **Abstract**

This work deals with practical realization of localization method of Special Maps from III. military mapping, which was suggested in previous bachelor thesis. The basic unit of localization is not the entire map sheet but its 1/16 part, which is called a meting sheet. The suggested method accounts a development technology with it, because meting sheets were basic work units for this mapping. The localization of map sheet is based on projective transformation in parts. Target coordinates of these parts are counted from corrections, which are got by the interpolation of surrounding position deviations of portrayed symbols of trigonometric points and churches from their correct position. The goal of this work was design and program this process of localization and on its basis create a technological line for preparation, processing and management of individual Special Map editions for publication on the map portal.

# Obsah

Seznam ilustrací .....	8
Seznam tabulek .....	9
Úvod .....	10
1. Třetí vojenské mapování .....	11
1.1. Geodetické základy.....	11
1.1.1. Katastrální triangulace.....	12
1.1.2. Vojenská triangulace .....	12
1.1.3. Geodetické základy III. vojenského mapování .....	13
1.2. Kartografické základy.....	14
1.2.1. Mapové sekce jako obraz geografické sítě.....	14
1.2.2. Souvislost s Mercator-Sansonovým zobrazením .....	15
1.2.3. Speciální mapy a klad mapových listů .....	16
1.3. Polohopisný podklad mapování.....	17
1.3.1. Postup převzetí podkladu z katastrálních map .....	18
1.3.2. Nepřesnosti vzniklé použitým postupem .....	19
2. Možnosti lokalizace speciálních map.....	21
2.1. Reprezentativní prvky polohopisu.....	21
2.1.1. Zdroj souřadnic .....	21
2.1.2. Kategorie reprezentativních prvků .....	21
2.1.3. Redukce počtu reprezentativních bodů .....	23
2.2. Základní lokalizace.....	25
2.3. Lokalizace s vyrovnáním.....	26
2.4. Možnosti zpřesnění lokalizace.....	27
2.4.1. Výsledky shlukové analýzy.....	27
2.4.2. Lokalizace po částech.....	28
3. Technické řešení lokalizace po částech.....	30

3.1.	Specifikace zadání .....	30
3.2.	Princip implementovaného řešení .....	31
3.2.1.	Aplikace projektivní transformace po částech .....	31
3.2.2.	Posuny jednotlivých vydání stejných mapových listů .....	33
3.2.3.	Staticko-dynamické řešení .....	34
3.3.	Datový model .....	35
3.3.1.	Uložení mapových a vyměřovacích listů .....	35
3.3.2.	Uložení rohů vyměřovacích listů .....	37
3.3.3.	Uložení reprezentativních bodů polohopisu a vektorizovaných odchylek.....	39
3.3.4.	Uložení vydání mapových listů.....	41
3.4.	Programové moduly .....	43
3.4.1.	Naplnění databáze .....	43
3.4.2.	Zpracování vektorizovaných bodů jednotlivých vydání .....	46
3.4.3.	Výpočet oprav rohů vyměřovacích listů .....	48
3.4.4.	Výpočet transformačních rovnic a sestavení zadání lokalizace .....	49
3.5.	Webová aplikace.....	51
3.5.1.	Administrátorská část .....	51
3.5.2.	Uživatelská část.....	52
4.	Zhodnocení výsledků navržené lokalizace speciálních map .....	54
4.1.	Způsob hodnocení přesnosti .....	54
4.2.	Dosažená přesnost .....	56
4.2.1.	Přesnost výchozích vydání .....	57
4.2.2.	Přesnost ostatních vydání .....	59
4.2.3.	Porovnání s lokalizací po mapových listech .....	60
	Závěr.....	62
	Použitá literatura .....	65
	Seznam příloh.....	66

## Seznam ilustrací

Obrázek 1 Princip nahrazení elipsoidických lichoběžníků rovinnými [1].....	14
Obrázek 2 Konstrukce lichoběžníkového rámu mapového listu [3].....	15
Obrázek 3 Dělení speciální mapy na topografické sekce a vyměřovací listy [1] .....	16
Obrázek 4 Neortodromičnost mapy [1].....	17
Obrázek 5 Trig. bod s trvalou stabilizací ve značkovém klíči a na speciální mapě.....	22
Obrázek 6 Trig. bod s trvalou signalizací ve značkovém klíči a na speciální mapě .....	22
Obrázek 7 Kostel ve značkovém klíči a na speciální mapě .....	23
Obrázek 8 Tři typy rohů vyměřovacích listů v rámci mapového listu.....	32
Obrázek 9 Ukázka tabulky <i>mapovy_list</i> .....	36
Obrázek 10 Vazba mezi mapovým a vyměřovacím listem.....	36
Obrázek 11 Ukázka tabulky <i>vyměřovací_list</i> .....	37
Obrázek 12 Ukázka tabulky <i>roh</i> .....	37
Obrázek 13 Ukázka tabulky <i>roh_vydani</i> .....	38
Obrázek 14 Vazba tabulek <i>roh</i> , <i>roh_vydani</i> a <i>sousednost</i> .....	39
Obrázek 15 Ukázka tabulky <i>dataz</i> .....	40
Obrázek 16 Vazba tabulek <i>dataz</i> a <i>bod</i> .....	40
Obrázek 17 Ukázka tabulky <i>bod</i> .....	41
Obrázek 18 Ukázka tabulky <i>vydani</i> se sloupci první skupiny .....	42
Obrázek 19 Ukázka tabulky <i>pom</i> .....	43
Obrázek 20 Způsob číslování vyměřovacích listů a jejich rohů .....	44
Obrázek 21 Rozdíl mezi interpolovanými a skutečnými souřadnicemi rohů .....	45
Obrázek 22 Ukázka interpolace souřadnic vnějších rohů druhého typu .....	47
Obrázek 23 Diagram procesu první části webové aplikace .....	51
Obrázek 24 Diagram procesu druhé části webové aplikace.....	53



## Seznam tabulek

Tabulka 1.1 Nepřesnosti v určení souřadnic počátků katastrálních systémů .....	19
Tabulka 2.1 Četnost kategorií polohových odchylek při základní lokalizaci .....	25
Tabulka 2.2 Čestnost kategorií polohových odchylek při lokalizaci s vyrovnáním .....	26
Tabulka 3.1 Posuny polohopisu 5 různých vydání stejného mapového listu 4251 .....	33
Tabulka 4.1 Četnost kategorií polohových odchylek při lokalizaci po částech .....	57
Tabulka 4.2 Průměr charakteristik přesnosti z 85 výchozích vydání .....	58
Tabulka 4.3 Průměr charakteristik návaznosti kresby .....	58
Tabulka 4.4 Porovnání přesnosti lokalizace výchozích a ostatních vydání .....	60
Tabulka 4.5 Četnost kategorií polohových odchylek při lokalizaci po mapových listech .....	61
Tabulka 4.6 Průměr základních charakteristik přesnosti z 85 výchozích vydání .....	61

## Úvod

Mapy III. vojenského mapování, zejména speciální mapy 1:75 000, se ve 20. století dostaly do hlubokého povědomí odborné i neodborné veřejnosti. Po jejich předání Československu po první světové válce byly reambulovány a dlouhou dobu využívány jako jediné státní mapové dílo středního měřítka pokrývající celé území státu. Byly také hojně používány pro geologická mapování a jako turistické mapy. V dnešní době tyto historicky cenné mapy slouží především jako nepostradatelný zdroj informací pro výzkum vývoje krajiny či rozvoje osídlení.

Aby jejich využití ale mohlo být maximální a spolehlivé, je nutné zajistit jim dostatečně přesnou lokalizaci naskenovaných rastrů v S-JTSK. V rámci bakalářské práce [1], na níž tento text navazuje, bylo zjištěno, že běžnou projektivní transformací mapových listů lze získat jen značně omezenou přesnost lokalizace s odchylkami dosahujícími až 200 metrů. Byl proveden apriorní rozbor přesnosti založený na důsledné rešerši informací o III. vojenském mapování a následně podrobný rozbor přesnosti z kartometricky získaných polohových odchylek zobrazených mapových značek bodového pole. Bylo zjištěno, že vyskytující se odchylky způsobil problematický a nepřesný postup převzetí katastrálního polohopisného podkladu. Odchylky se na mapách vyskytují v rámci shluků, které nejsou vázány na prostor ani geometrii mapového listu.

Nad rámec zadání bylo v závěrečné části [1] navržena a na malém území vyzkoušena idea, jak lokalizovat speciální mapy tak, aby tyto odchylky byly co nejvíce minimalizovány až na velikost několika desítek metrů. Zároveň bylo uvedeno, že tento návrh sice dosahuje velmi uspokojivé výsledné přesnosti, ale jeho realizace není tak jednoduše implementovatelná jako jiné způsoby lokalizace.

Později se dále objevila možnost publikovat speciální mapy 1:75 000 na připravovaném mapovém portálu. Aby k tomu ale mohlo dojít, je nutné mít mapy dostatečně přesně lokalizované. K tomu je vhodné použít tento navržený způsob lokalizace poskytující nejlepší výslednou přesnost. Obnáší to však lokalizaci velkého počtu různých vydání mapových listů, což je řešitelné jen navržením a naprogramováním aplikace, která zmíněnou ideu implementuje a současně odstraní všechny její zjištěná omezení. Pro využití na mapovém portálu je rovněž nutné zajistit návaznost kresby mezi sousedními mapovými listy. Zároveň je počítáno s postupným rozšiřováním mapové sbírky portálu a je tak zapotřebí zajistit kromě samotné lokalizace i uložení a správu získaných naskenovaných rastrů.

## **1. Třetí vojenské mapování**

O III. vojenském mapování a o mapách z něj vzniklých bylo napsáno již mnoho článků a publikací. Naprostá většina z nich ale uvádí nekorektní informace o geodetických a především kartografických základech a jen málo z nich se zabývá problematikou vzniku polohopisného podkladu z map stabilního katastru. Rovněž se příliš nezabývají závažnou problematikou nepřesnosti těchto map. Přitom jde o zásadní nedostatek, který v dnešních aplikačních projektech brání či znesnadňuje plnohodnotné využití těchto map.

Po podrobné rešerši informací provedené v rámci [1], kdy zásadní informace byly čerpány přímo z původní rakouské literatury, bylo zjištěno, že znalosti o skutečných geodetických a kartografických základech a polohopisném podkladu spolu úzce souvisí a jsou navíc příčinou vzniku nepřesné polohopisné kresby na těchto mapách. Použitím starých geodetických základů a zcela odlišných nových kartografických základů totiž vznikl problém s vynesemím polohopisného podkladu pro nové mapování. Pro realizaci vztahu mezi situačním podkladem a novými kartografickými základy byl použit značně komplikovaný a nepřesný postup. Tím byla velmi pravděpodobně citelně ovlivněna výsledná přesnost vzniklých map.

O dosud zmíněných tématech, ale i o dalších informacích týkajících se III. vojenského mapování, které vznikly jako výsledek provedené rešerše, podrobně pojednává [1]. Protože však výše uvedené tvrzení o způsobu, jakým byla zanesena nepřesnost do polohopisu map, souvisí i s touto prací, budou zde nejdůležitější poznatky z [1] shrnuty a vysvětleny.

### **1.1. Geodetické základy**

Před projektem třetího vojenského mapování existovala v českých zemích dokončená souvislá trigonometrická síť, která byla vytvořena pro mapování stabilního katastru a byla využita i pro druhé vojenské mapování. Krátce před zahájením projektu však započala nová vojenská triangulace provázaná se středoevropským stupňovým měřením. Před určením, jaká triangulace byla skutečně použita, je vhodné uvést o obou z nich alespoň základní informace.

### **1.1.1. Katastrální triangulace**

Katastrální triangulace byla provedena na území celé monarchie, přičemž práce spojené s jejím budováním se prováděly po jednotlivých zemích. Body vzniklé trigonometrické sítě lze dělit na body sítě číselné triangulace a triangulace grafické. Číselná triangulace se skládá ze sítě I. řádu (velká trigonometrická síť) a sítí II. a III. řádu (malá trigonometrická síť). Síť bodů číselné triangulace byla pro potřeby podrobného mapování zhuštěna sítí IV. řádu a jedná se o grafickou triangulaci. Jak již vyplývá z názvů, body číselné triangulace byly vypočteny z měření a na základě číselného určení souřadnic poté vyneseny do mapy. Naopak body grafické triangulace vznikly grafickým protínáním přímo na měřickém stole. [2]

Souřadnice bodů číselné triangulace byly určovány v souřadnicových systémech stabilního katastru. Pro Čechy je to systém gusterbergský a pro Moravu svatoštěpánský. Výsledné pravoúhlé katastrální souřadnice trigonometrických bodů jsou pak vztaženy k počátku s hornorakouským kopcem Gursterberg nebo k počátku s kostelem Sv. Štěpána ve Vídni. [2]

Velkou chybou katastrální triangulace bylo hrubé zanedbání stabilizace trigonometrických bodů. Trvalá stabilizace bodů číselné triangulace byla provedena až v letech 1845 - 1852, což mohlo být až 20 let po skončení triangulačních prací. Z celkového počtu 2623 bodů v Čechách a 1069 bodů na Moravě se podařilo nalézt a stabilizovat jen 2234 bodů v Čechách a 833 bodů na Moravě. Pro projekt III. vojenského mapování tedy bylo k dispozici celkem 3067 bodů číselné triangulace, které byly pro tento účel opravovány a revidovány. Nelze však nalézt záznamy o tom, kdy a v jakém rozsahu tomu tak bylo. [2], [3]

### **1.1.2. Vojenská triangulace**

Jádrem vojenské triangulace se stal pás středoevropského stupňového měření, ke kterému se Rakousko-Uhersko v roce 1860 připojilo. Na něj navazovaly řetězce zemských triangulací. Dále se měřilo 15 nových délkových základen. Vzhledem k primárnímu účelu triangulace, tedy odvození velikosti zemského tělesa, však byla k určení rozměru sítě použita pouze základna u Josefova, neboť se nacházela přímo na pásu stupňového měření. Ostatní základny sloužily pouze jako kontrolní délky. Docházelo tedy k přenášení délek stran trojúhelníků trigonometrickou cestou na značné vzdálenosti od josefské základny, což je dle zákona o hromadění měřických chyb problematické. Vyrovnání proběhlo až pro předpokládané využití sítě pro topografické a zeměměřické účely, kdy byla takto vzniklá síť I. řádu vyrovnána graficko-početní cestou. I zde však došlo ke znehodnocení měření základnových sítí. [4], [5]

Sít' I. řádu nepokrývá území monarchie rovnoměrně. Na západě Moravy a na polovině území Slovenska zcela chybí. Základním referenčním bodem sítě je trigonometrický bod Hermannskögel u Vídně, na němž bylo provedeno astronomické měření a získaly se tak jeho zeměpisné souřadnice a azimut jedné strany. Ztotožněním normály k elipsoidu a tížnice zde vznikla tížnicová odchylka 13". Jejím zanedbáním došlo ke stočení vzniklé sítě o 10" ve směru hodinových ručiček. Ze získaných zeměpisných souřadnic byly rozvinovací metodou dále vypočítány i zeměpisné souřadnice všech ostatních bodů této trigonometrické sítě. Vzhledem k povaze nových kartografických základů pro topografická mapování nebyla potřeba převádět síť do roviny a všem trigonometrickým bodům tak zůstaly pouze zeměpisné souřadnice. [6]

### **1.1.3. Geodetické základy III. vojenského mapování**

Ve velkém množství (především webových) článků o III. vojenském mapování se lze dočíst o tom, že geodetickými základy tohoto projektu jsou trigonometrické body vojenské triangulace. V žádné ověřené literatuře však není uvedena skutečnost, že by vojenská triangulace byla jakkoliv spjata s geodetickými základy tohoto mapování. Lze nalézt pouze informace, že síť I. řádu měla být doplněna triangulací II. a III. řádu [7] a s tím korespondující tvrzení, že pro účely mapování měla být síť I. řádu zahuštěna, ale realizaci zabránila první světová válka a následný rozpad monarchie. [8]

Samotná síť I. řádu tedy nemohla kvůli nedostatečné hustotě bodů plnit funkci geodetických základů pro topografické mapování. Nemohla tuto funkci plnit ani z hlediska časově logického, neboť zatímco projekt mapování skončil již v roce 1885, síť I. řádu byla dokončena až v roce 1898. Tento závěr navíc jednoznačně potvrzují i výsledky podrobného rozboru přesnosti provedeného v [1].

Naopak lze v relevantních zdrojích [3] a [9] nalézt informace o tom, že geodetické základy tohoto projektu zůstaly stejné jako v případě předchozího projektu druhého vojenského mapování. Lze tedy tvrdit, že geodetickými základy třetího vojenského mapování jsou trigonometrické body číselné katastrální triangulace.

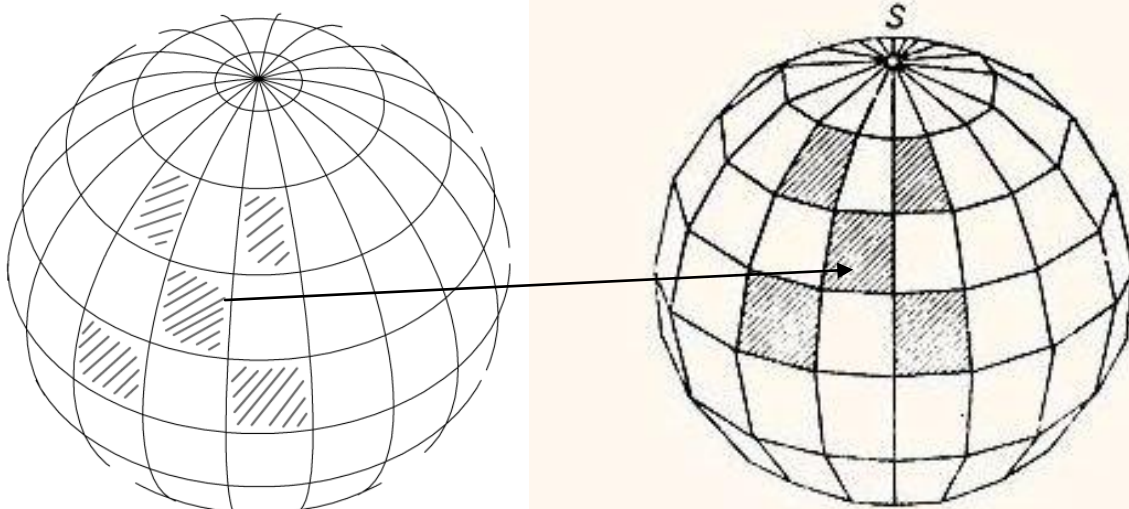
## 1.2. Kartografické základy

V roce 1872 bylo rozhodnuto o změně kartografických základů a toto rozhodnutí ovlivnilo celé třetí vojenské mapování. Ohledně použitých kartografických základů však v literatuře koluje velké množství nepravdivých a zkreslujících informací. Pro korektní a úplný popis je proto nutné čerpat informace až z původní rakouské literatury [9].

### 1.2.1. Mapové sekce jako obraz geografické sítě

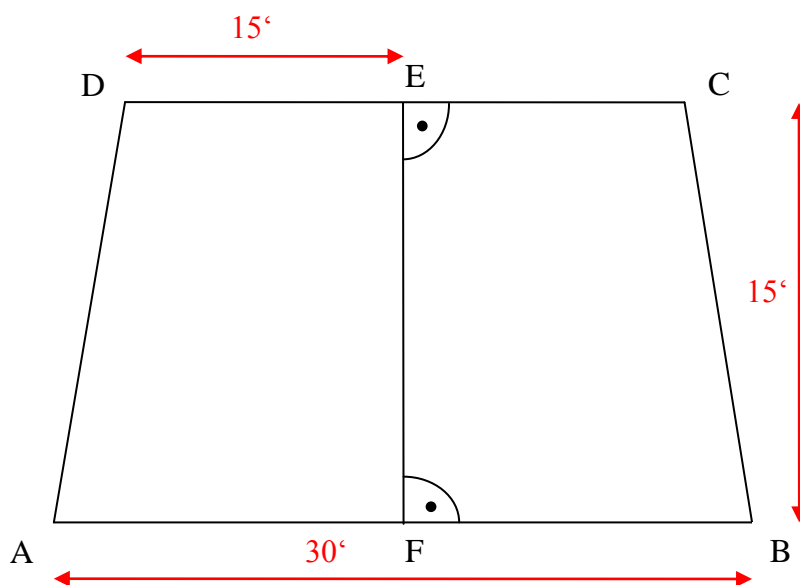
Pro kartografické základy tohoto typu není v češtině termín a je nutné o nich mluvit ve smyslu mapových sekcích jako obrazu geografické sítě. V původní rakouské literatuře však existuje jednoznačný termín *Gradkartensystem*. V české literatuře se lze často dočíst, že bylo použito polyedrické zobrazení. Jedná se však o nekorektní informaci. Polyedrické zobrazení znamená samostatné zobrazování jednotlivých částí určitého území na základě zobrazovacích rovnic. V případě III. vojenského mapování je území sice rovněž rozděleno na části, ty však nejsou do roviny zobrazovány žádným zobrazením a zobrazovacími rovnicemi. Převod jednotlivých částí do roviny mapy je totiž zajištěn pouze na základě jednoznačně definovaného způsobu konstrukce mapového listu. [9]

Principem použitých kartografických základů je rozdělení území na elipsoidické čtyřúhelníky vymezené geografickou sítí poledníků a rovnoběžek. Pro III. vojenské mapování bylo území monarchie rozděleno na pole o velikosti 30' zeměpisné délky a 15' zeměpisné šířky. Na referenčním tělese tak vznikly elipsoidické lichoběžníky tak malých rozměrů, že je bylo možné v rámci potřebné přesnosti nahradit lichoběžníky rovinnými. [3]



Obrázek 1 Princip nahrazení elipsoidických lichoběžníků rovinnými [1]

Kartografické základy III. vojenského mapování jsou jednoznačně definovány způsobem konstrukce mapového listu ve tvaru rovinného lichoběžníku. Nejprve je vyneseno střední poledník o velikosti 15' jako délkově nezakreslená úsečka. Na jeho koncích jsou vztyčeny kolmice a na ně po obou stranách naneseny délkově nezakreslené hraniční rovnoběžky. Konstrukce mapového listu je zakončena přímkovým spojením koncových bodů těchto rovnoběžek. Popsaná situace je znázorněna na obrázku 2. Do takto zkonstruovaného mapového rámu byl následně pantograficky překreslen generalizovaný katastrální polohopis. Z tohoto důvodu nebylo možné a na druhou stranu ani potřebné zavádět zobrazovací rovnice. Zároveň však nebylo možné odvodit ani vztahy pro zkruslení. [9]



Obrázek 2 Konstrukce lichoběžníkového rámu mapového listu [3]

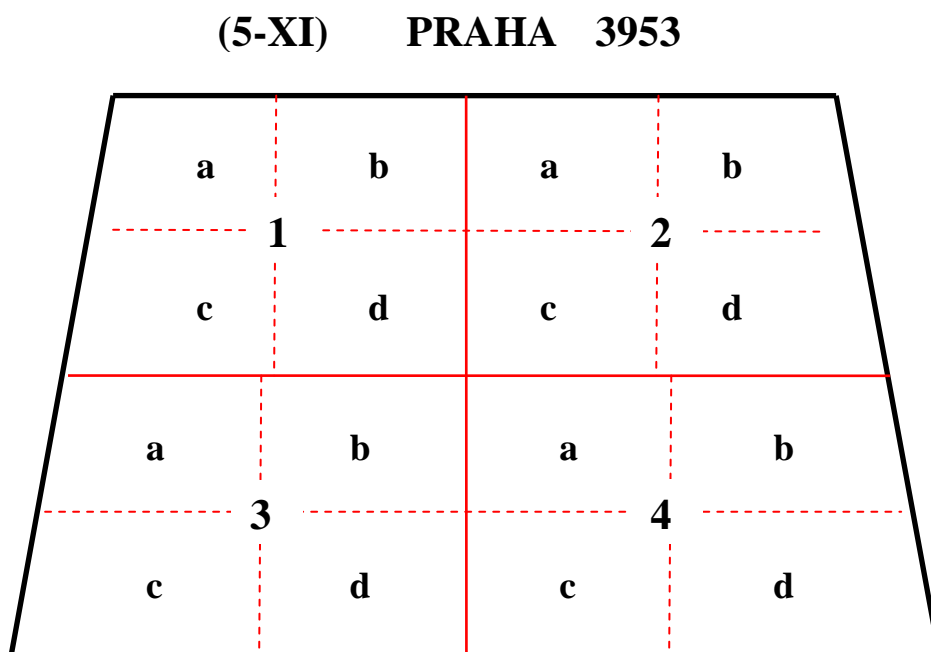
### 1.2.2. Souvislost s Mercator-Sansonovým zobrazením

Vzhledem ke kartometrické přesnosti lze u zobrazení vzniklého uvedenou konstrukcí považovat za délkově nezakreslené také všechny ostatní rovnoběžky a tím současně považovat krajní poledníky za obecné křivky. V rámci grafické přesnosti mapy 1:75 000 jde tedy o zobrazení, kde jsou obrazem středního poledníku a rovnoběžek délkově nezakreslené úsečky a obrazem ostatních poledníků obecné křivky. To je však charakteristikou i Mercator-Sansonova nepravého sinusoidálního zobrazení, které je ekvivalentní a ekvidistantní v rovnoběžkách a někdy rovněž nazýváno zobrazením Flamstedovým. Pro mapy III. vojenského mapování jsou proto platné veškeré vztahy pro zkruslení Mercator-Sansonova zobrazení. [9]

Tato skutečnost je zřejmě hlavním důvodem, proč se téměř v každé novodobé literatuře nesprávně uvádí, že mapy III. vojenského mapování jsou v tzv. Sanson-Flamsteedově polyedrickém zobrazení. Jak již bylo ale výše vysvětleno, toto tvrzení se nezakládá na pravdě. K zobrazení území vymezených elipsoidickým lichoběžníkem nebyly použity žádné zobrazovací rovnice a nejedná se tedy o polyedrické zobrazení. Zároveň tyto mapy nejsou obecně ekvidistantní v rovnoběžkách, pouze je tak lze vzhledem ke kartometrické přesnosti považovat a tím využít vztahy pro zkresení platné pro Mercator-Sansonovo zobrazení. [9]

### 1.2.3. Speciální mapy a klad mapových listů

Rozdělením monarchie na mapové sekce vymezené geografickou sítí po 30' zeměpisné délky a 15' zeměpisné šířky a výše uvedeným způsobem konstrukce vzniká rám mapového listu speciální mapy 1:75 000. Jedná se o hlavní produkt celého III. vojenského mapování. Rozdělením speciální mapy podle středního poledníku a střední rovnoběžky vznikají čtyři topografické sekce v měřítku 1:25 000. Rozdělením topografické sekce podle její střední rovnoběžky a kolmice vztyčené v její polovině vznikají čtyři vyměřovací listy ve stejném měřítku 1:25 000. Vyměřovací list je polní pracovní jednotkou pro mapování a je napínán na měřické stoly. Toto dělení je zobrazeno na obrázku 3. [3]

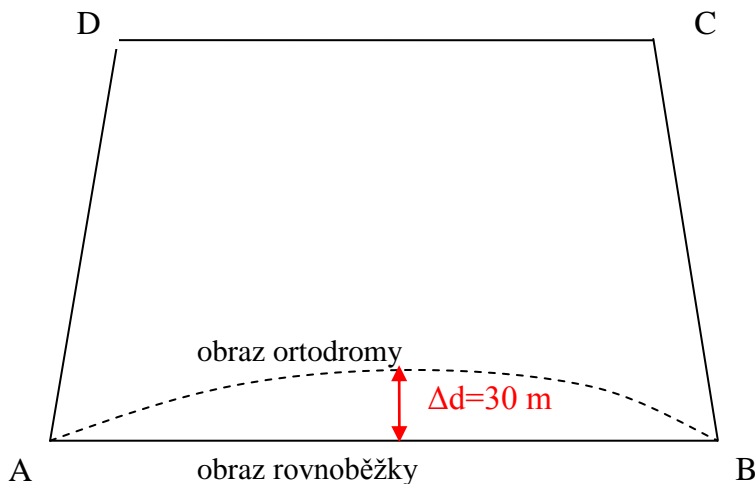


Obrázek 3 Dělení speciální mapy na topografické sekce a vyměřovací listy [1]



Speciální mapy jsou od roku 1917 označovány pomocí názvu největšího sídla a čtyřmístného arabského čísla, kde první dvě cifry udávají pořadí vrstvy od rovnoběžky 60° a zbylé dvě cifry udávají pořadí sloupce od poledníku 5°30'. Topografické sekce přebírají označení speciální mapy a doplňují jej číslem své pozice v rámci speciální mapy. Podobně jsou označovány i vyměřovací listy. [3]

Pro pochopení pozdějších kroků je vhodné uvést jednu z nepříznivých vlastností speciálních map, a sice jejich neortodromičnost. Napřímením obrazů rovnoběžek totiž dochází k zakřivení obrazů ortodrom. Charakteristikou neortodromičnosti je vzdálenost obrazu ortodromy od přímé spojnice a nazývá se vzestup ortodromy. K největšímu vzestupu dochází na dolní okrajové rovnoběžce pod azimutem 90° a probíhá směrem k severu. Tento maximální vzestup ortodromy činí 30 metrů a je znázorněn na obrázku 4. [10]



Obrázek 4 Neortodromičnost mapy [1]

Všechny skutečnosti uvedené v této kapitole jsou podrobněji rozebrány spolu s dalšími obecnými kartografickými informacemi o III. vojenském mapování v [1].

### 1.3. Polohopisný podklad mapování

Protože třetí vojenské mapování nezačínalo zcela od začátku, muselo využívat výsledků předchozích mapovacích prací. K dispozici byly topografické mapy druhého vojenského mapování v měřítku 1:28 000 a katastrální mapy stabilního katastru v měřítku 1:2 880. Méně přesným zdrojem byly vojenské mapy, neboť docházelo vzhledem k měřítku vyměřovacího listu 1:25 000 ke zvětšování kresby, čímž se porušila zásada postupu z většího do menšího. Tento způsob byl využit například na Slovensku, kde v době mapování nebyly ještě k

dispozici katastrální mapy. Na našem území sice bylo využito přesnějšího způsobu katastrálních map, avšak ani to nezabránilo vzniku již zmiňované nepřesnosti. [3]

### **1.3.1. Postup převzetí podkladu z katastrálních map**

Hlavním úkolem bylo zakreslit generalizovaný polohopis z katastrálních map do polních pracovních jednotek ve formě vyměřovacích listů. Kvůli velké rozdílnosti jejich kartografických základů však šlo o nelehký úkol. Klad katastrálních map byl v gusterberském či svatoštěpánském souřadnicovém systému, zatímco klad nových vojenských map byl vztažen pouze k zeměpisným souřadnicím.

Jednotlivé katastrální sekce se slučují po 4 sloupcích a 5 vrstvách do čtverečních mílí, často též nazývanými fundamentálními listy. Toto rozdělení je dáno jednoznačně, proto pro konstrukci jejich kladu ve vyměřovacích listech postačí vynést rohy čtverečních mílí. Tyto rohy však mají pouze pravoúhlé katastrální souřadnice, proto aby je bylo vůbec možné vynést, musely se jim zeměpisné souřadnice vypočítat. To bylo umožněno pomocí alespoň dvou katastrálních trigonometrických bodů, které byly v jejich co nejbližší vzdálenosti a měly kromě pravoúhlých katastrálních souřadnic zároveň určeny i zeměpisné souřadnice. Avšak ani zeměpisné souřadnice těchto trigonometrických bodů nebyly určeny přímo, ale odvozeny podle Orianiho či Puissantovo vzorců od tzv. základních bodů, jimiž byly zejména počátky souřadnicových soustav (Gusterberg a sv. Štěpán). [11]

Při znalosti zeměpisných souřadnic dvou trigonometrických bodů blízkých rohu čtvereční míle lze na základě výpočtu délek stran v tomto trojúhelníku a odvozením jejich azimutů vypočítat zeměpisné souřadnice tohoto rohu. Pro jejich vynesení byl v rámci speciální mapy definován pomocný pravoúhlý souřadnicový systém. Takto byly zakresleny rohy čtverečních mílí, což zároveň umožňovalo zakreslit i všechny jejich trigonometrické body. Poté byla vynesená mílová síť interpolována do sekcí mapových listů 1:2 880 a do nich se pantograficky překreslil redukovaný obsah katastrálních map. Vztah topografické sekce (a tím i vyměřovacích listů) a katastrálního podkladu je graficky znázorněn v příloze 1. Uvedený postup podrobně popisuje [11], ve zjednodušené formě jej potvrzuje [3] a dokonce i [9].

Po zhotovení katastrálního podkladu v rámci dané topografické sekce došlo k jejímu rozstřížení na čtyři vyměřovací listy. Ty byly pro práci v terénu napínány na rýsovky měřického stolu. Po skončení letních mapovacích prací se v zimě v kanceláři vyrovnával styk vyměřovacích listů a doplňoval výškopis. Poté byly všechny čtyři vyměřovací listy sejmuty z

rýsovek a nalepeny do rámce předem konstruovaného na napjatém plátně. Vyměřovací listy však byly dlouhodobě vystaveny různým povětrnostním podmínkám v poli a nemohly proto příliš udržet své původní rozměry. Tyto deformace byly nepravidelné a u každého vyměřovacího listu jiné. Před vlastním nalepením na plátno proto musely být navlhčovány a roztahovány do správných rozměrů. Takto vznikl originál listu topografické sekce 1:25 000 a čtyři sousední sekce pak tvořily podklad pro hlavní mapové dílo v podobě odvozené speciální mapy 1:75 000. [3]

### 1.3.2. Nepřesnosti vzniklé použitým postupem

Uvedený způsob umístění katastrálního podkladu do vyměřovacích listů nebyl přesný. Kromě zdlouhavého a komplikovaného postupu náchylného na hromadění chyb totiž nebyl splněn ani základní předpoklad pro přesnost. Tím je myšleno alespoň dostatečně přesné určení zeměpisných souřadnic počátků katastrálních souřadnicových systémů, neboť od jejich souřadnic se použitým postupem určují souřadnice trigonometrických bodů a až od nich souřadnice rohů čtverečních milí. [11]

Zeměpisné souřadnice trigonometrických bodů Gusterberg a sv. Štěpán byly původně určeny geodeticky z výsledků stupňového měření. Tyto hodnoty se však značně liší od přesnějších souřadnic určených pozdějším odvozením z výsledků vojenské triangulace. Toto je patrné z tabulky 1.1. Pro účely třetího vojenského mapování však byly k dispozici pouze ty starší a méně přesné. Jejich využitím tak došlo nejen k relativnímu posunutí situačního obsahu dvou sousedních katastrálních systémů, ale rovněž k nesprávnému určení zeměpisných souřadnic a umístění trigonometrických bodů a tím i celého situačního obsahu vzhledem ke geografické síti listů speciální mapy. [11]

Tabulka 1.1 Nepřesnosti v určení souřadnic počátků katastrálních systémů

Trigonometrický bod	Gustenberg		sv. Štěpán	
	$\varphi$	$\lambda$	$\varphi$	$\lambda$
Ze stupňového měření	48°02'20,50''	31°48'09,17''	48°12'32,75''	34°02'21,60''
Z vojenské triangulace	48°02'18,47''	31°48'15,05''	48°12'31,54''	34°02'27,32''
Rozdíl souřadnic	-2,03''	+5,88''	-1,21''	+5,72''
Vzniklá odchylka [m]	<b>-62,8</b>	<b>+154,6</b>	<b>-37,4</b>	<b>+146,6</b>

Pro eliminaci těchto nepřesností měly být před mapováním astronomicky určovány zeměpisné souřadnice některých dalších základních bodů, na které byly připojeny systémy stabilního katastru. Tím se mělo docílit správného umístění na elipsoidu. Z výsledků analýzy přesnosti provedené v [1] však vyplynulo, že globální trend odchylek situačního obsahu a trigonometrických bodů vůči geografické síti listů speciální mapy často vykazuje hodnoty podobné výše uvedeným nepřesnostem v určení počátků katastrálních systémů. Lze tudíž předpokládat, že plánované astronomické měření mohlo být z časových důvodů vynecháno nebo provedeno jen v minimální míře.

Z dosavadního poznání lze tvrdit, že nepřesné určení zeměpisných souřadnic počátků katastrálních systémů je jedním z prvotních činitelů vedoucích k výsledné nepřesnosti polohopisu map třetího vojenského mapování vůči geografické síti. Tyto nepřesně určené souřadnice byly totiž použity k výpočtu dalších souřadnic trigonometrických bodů, ze kterých se teprve počítaly zeměpisné souřadnice rohů čtverečních milí a na jejich základě pak zakreslovaly do mapy. Tento komplikovaný postup, založený na opakovaném použití vypočtených ale neověřených souřadnic z předchozího kroku i v kroku dalším, je s velkou pravděpodobností druhým činitelem způsobujícím výslednou nepřesnost.

Tomuto tvrzení odpovídá i skutečnost, proč polohopis map třetího vojenského mapování vykazuje řádově větší odchylky než polohopis map druhého vojenského mapování. Třetí vojenské mapování přitom proběhlo v pozdější době a s kvalitnějším technickým zabezpečením projektu. Je to zřejmě způsobeno tím, že mapy druhého vojenského mapování mají stejný charakter kladu map jako jejich polohopisný katastrální podklad a zakreslení tohoto podkladu proběhlo přímočaře a bez komplikací. Na rozdíl od toho, zavedením nových kartografických základů a použitím polohopisného katastrálního podkladu vztaženého ke kartografickým základům předchozím, vznikla pro mapy třetího vojenského mapování nutnost hledat způsob, jak katastrální podklad do nových map umístit. Použitý způsob je však komplikovaný a založený na chybných hodnotách. Tím patrně došlo k zásadnímu zásahu do kvality a výsledné přesnosti mapových děl třetího vojenského mapování.

## **2. Možnosti lokalizace speciálních map**

### **2.1. Reprezentativní prvky polohopisu**

K popisu přesnosti jednotlivých možností lokalizace speciálních map je nutné vybrat určitou množinu bodů, které budou reprezentovat celý polohopis. Po provedení či výpočtu dané lokalizace lze na nich jednoduše určit výslednou přesnost lokalizovaného mapového listu v podobě průměrných odchylek jednotlivých souřadnic a jejich směrodatných odchylek, průměrné polohové odchylky či střední souřadnicové chyby.

#### **2.1.1. Zdroj souřadnic**

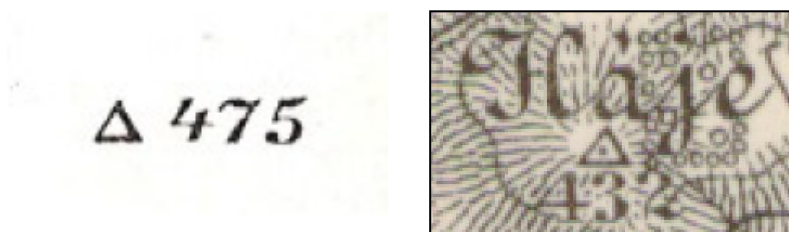
Hlavním požadavkem na zdroj souřadnic reprezentativních prvků polohopisu byla jejich vazba na technologii tvorby map III. vojenského mapování a současně evidence jejich souřadnic v S-JTSK, do něž jsou jednotlivé rastry lokalizovány ze souřadnicového systému skeneru. Tomu nejlépe vyhovovala Databáze bodových polí DATAZ, kterou spravuje Zeměměřický úřad jako webovou aplikaci na svých stránkách <http://dataz.cuzk.cz/> a přístup do ní je neomezený a bezplatný. DATAZ obsahuje geodetické údaje ke všem bodům polohového, výškového a tíhového bodového pole na našem území. Pro účely lokalizace postačily informace o polohovém bodovém poli, tedy o trigonometrických bodech, zhušťovacích bodech a bodech přidružených.

Obecně jen velmi malé procento bodů z této databáze má svůj jednoznačný ekvivalent v podobě mapové značky i na speciálních mapách. Jakmile však existuje mapová značka odpovídající určitému bodu z polohového bodového pole, je možné je považovat za dvojici identických bodů. Cílem lokalizace pak je, aby se vektorizované souřadnice této mapové značky co nejvíce přibližovaly souřadnicím z databáze DATAZ. Problematika nalezení těchto identických dvojic v obrovském množství více než 100 000 bodů polohového bodového pole byla vyřešena v rámci [1] a nalezené identické dvojice tak bylo možné rovnou převzít.

#### **2.1.2. Kategorie reprezentativních prvků**

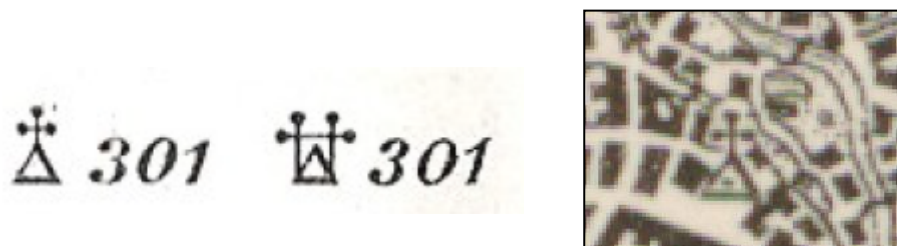
K bodům z polohového bodového pole databáze DATAZ lze na speciálních mapách obecně nalézt různé mapové značky. Pro lokalizaci map byly stejně jako v [1] zvoleny tři kategorie prvků. První dvě kategorie mají společné, že to jsou mapové značky trigonometrických bodů katastrální triangulace, které byly převzaty do polohopisu nových map jako součást polohopisu map stabilního katastru.

První kategorií jsou mapové značky trigonometrické body s trvalou stabilizací. Trvalou stabilizací se rozumí, že daný trigonometrický bod katastrální triangulace byl stabilizován v terénu klasickým způsobem. Obecně platí, že přibližně každá druhá tato mapová značka ve speciální mapě má svůj ekvivalent i v bodovém poli JTŠK a vytvářejí tak identickou dvojici. Smlouvenou mapovou značkou jsou černé trojúhelníky. Vedle mapové značky je vždy uvedena i nadmořská výška formou kóty. Jednotlivá vydání speciálních map mohou mít v těžišti trojúhelníka tečku charakterizující přesnou polohu trigonometrického bodu. Liší se také velikostí a různě velkou deformací mapové značky. Zatímco na některých vydáních je trojúhelník zcela rovnostranný, na jiných se jeho tvar již trojúhelníku téměř nepodobá. Délka strany trojúhelníka se většinou pohybuje v rozmezí 60 - 90 metrů ve skutečnosti. Ukázka mapové značky trigonometrického bodu s trvalou stabilizací ve značkovém klíči z roku 1913 a na speciální mapě je na obrázku 5.



Obrázek 5 Trig. bod s trvalou stabilizací ve značkovém klíči a na speciální mapě

Druhou kategorií představují mapové značky trigonometrických bodů s trvalou signalizací. Jedná se o případ, kdy se za body třetího řádu číselné katastrální triangulace často volily dominantní stavby kostelů a kaplí. Jejich výhodou byla široká využitelnost signalizace bodu v dalekém okolí, nevýhodou nepřístupnost pro měření. Na rozdíl od první kategorie lze tvrdit, že téměř každá tato mapová značka má i svůj ekvivalent v bodovém poli JTŠK a proto z nich lze snadno vytvářet identické dvojice. Smlouvená mapová značka je ve tvaru trojúhelníku s doplněným symbolem kříže podle jedné či dvou věží. Ke značce by se měla opět vázat i kóta, ale vzhledem k okolní zástavbě ji lze nalézt jen zřídka. Velikost značky a deformace jsou podobné jako u první kategorie. Ukázka mapové značky je na obrázku 6.



Obrázek 6 Trig. bod s trvalou signalizací ve značkovém klíči a na speciální mapě

Poslední kategorií jsou mapové značky běžných kostelů, které jsou v České republice téměř v každé významnější vsi. Výhodou je, že většina makovic těchto kostelů je v bodovém poli JTISK, neboť slouží především jako zhušťovací a orientační body. Jejich mapovou značkou je kružnice doplněná jedním nebo dvěma kříži podle počtu věží. Velikost a deformace mapové značky se opět liší v různých vydáních, nejčastěji je poloměr kružnice asi 30 metrů ve skutečnosti. Orientace mapové značky se liší rovněž podle vydání. Na některých mapových listech jsou všechny značky kostela orientovány k severu, jinde jsou natočeny podle směru stavby v terénu. Ukázka mapové značky kostela je na obrázku 7.



Obrázek 7 Kostel ve značkovém klíči a na speciální mapě

První dvě kategorie bodů byly do speciálních map zakresleny již jako trigonometrické body a je tedy zřejmé, že souřadnice těchto trigonometrických bodů se vztahují k těžišti trojúhelníku, ve kterém se někdy zároveň objevuje i tečka. U třetí kategorie toto obecně platit nemusí, neboť tyto kostely byly do map zakresleny jen jako běžný prvek polohopisu. Není jisté, zda těžiště představuje průmět věže kostela jako v případě druhé kategorie či jde pouze o průmět středu stavby. V rámci [1] však byl proveden rozbor situace, kdy by s těžištěm této mapové značky bylo pracováno jako s průmětem věže, ale ve skutečnosti by šlo o průmět středu stavby. Bylo zjištěno, že vzhledem k přesnosti zákresu mapové značky je tato případná záměna přijatelná a neovlivní výsledky výzkumu přesnosti lokalizace.

### 2.1.3. Redukce počtu reprezentativních bodů

V rámci [1] bylo na našem území nalezeno 6 109 bodů, které byly statisticky testovány podle jednotlivých mapových listů a bylo vyloučeno 219 bodů. Celkem tedy bylo z [1] možné převzít 5 890 bodů. Tento počet se však jevil pro další použití příliš velký, navíc rozložení bodů bylo značně nerovnoměrné. Zatímco v prostoru některých mapových listů se nacházelo více než 100 bodů, jinde jich nebylo ani 30. A také v rámci jednotlivých mapových listů nebylo rozložení pravidelné. Docházelo například k situacím, kdy v zastavěných částech mapy se nacházela většina bodů z mapového listu a na zbytku mapy jich bylo jen minimálně.

Z těchto důvodů byla pro další práci provedena celková redukce reprezentativních bodů. Redukce probíhala především po prostoru jednotlivých vyměřovacích listů s přihlédnutím k situaci na zbytku mapového listu. Cílem bylo dosáhnout co nejvíce rovnoměrného rozložení reprezentativních bodů v rámci mapového listu a pokud možno i v rámci jednotlivých vyměřovacích listů. Maximální počet bodů na mapový list byl stanoven na 59. Počet bodů na jeden vyměřovací list měl být v ideálním případě 3 až 4. Toto však nešlo obecně dodržet, neboť na některých vyměřovacích listech nebyl k dispozici žádný nebo například jen jeden bod a jinde byl průběh odchylek natolik komplikovaný, že k jeho charakterizaci nestačily ani 4 body. V takových případech byl maximální počet bodů na vyměřovací list stanoven na 6.

Samotná redukce byla provedena vizuální formou. V prostoru vyměřovacích listů byl nadbytečný počet bodů odstraňován podle následujících pravidel. Pokud odchylka daného bodu měla odlišný charakter než okolní body, byl tento bod odstraněn. V tomto případě jde o body, které patrně nevytvářejí identické dvojice, ale nebyly vyloučeny v rámci kontroly v [1], neboť ta kontrolovala statistické vlastnosti po celých mapových listech, nikoliv detailně po menších oblastech. Pokud se v blízkosti sebe nacházely bod z první či druhé kategorie a zároveň bod nebo více bodů třetí kategorie, byly odstraněny body třetí kategorie jako potenciálně méně přesné. V oblasti vyměřovacího listu s vysokou koncentrací bodů byl vybrán takový, který tuto oblast nejlépe reprezentuje jednoznačností umístění mapové značky a charakterem své odchylky vzhledem k okolním bodům. Zbylé nadbytečné body byly odstraňovány podle kritérií rovnoměrného rozmístění v rámci vyměřovacího listu a také vzhledem k celkovému rozložení bodů po celém mapovém listu.

Popsaným postupem byl celkový počet bodů na 102 mapových listech připravených k lokalizaci zredukován na 3 779. Došlo k odstranění více než dvou tisíc bodů a tedy k redukci o více než jednu třetinu. Celkový počet bodů je složen z 1 435 bodů první kategorie (38%), 494 bodů druhé kategorie (13%) a 1 850 bodů třetí kategorie (49%). Průměrný počet reprezentativních bodů na mapovém listu se pohybuje kolem 37 bodů. Pokud se do tohoto průměru nepočítá 17 okrajových mapových listů, do nichž území republiky zasahuje jen minimálně, výsledný průměr se zvýší na 43 bodů na mapový list.



## 2.2. Základní lokalizace

Mapový list speciální mapy je vzhledem k použitým kartografickým základům jednoznačně lokalizovatelný na základě rohů mapového listu, u nichž jsou dány zeměpisné souřadnice. Jedná se o zeměpisné souřadnice na Besselově elipsoidu vztažené k Ferrskému poledníku. Tyto souřadnice lze převést do S-JTSK pomocí zobrazovacích rovnic. Přestože postup zobrazení je jednoznačný, použité rovnice nejsou triviální a jsou shrnuty v [1]. K usnadnění převodu byla využita webová aplikace vyvinutá Ing. Janem Ježkem, Ph.D. Zde se jedná o převod souřadnic z EPSG kódu 4 818 do souřadnic s kódem 2 065.

Po převodu souřadnic čtyř rohů mapového listu do S-JTSK lze pomocí projektivní transformace lokalizovat mapový list. V ideálním případě by tímto krokem měl proces lokalizace skončit a rastr speciální mapy by měl být správně lokalizován v S-JTSK. Reálně tomu tak rozhodně není, neboť polohopis ve formě mapových značek reprezentativních prvků polohopisu vykazuje značné odchylky od správných souřadnic převzatých z databáze DATAZ. Odchylky jsou natolik velké, že využití této lokalizace v aplikačních projektech vyžadujících alespoň základní přesnost by bylo nemyslitelné.

Analýza přesnosti základní lokalizace byla provedena již v [1], ale pouze na neúplné sadě mapových listů. Na základě využití programu, který bude popsán později, bylo možné tuto analýzu zkompletovat na celém území a dokonce k ní využít z velké části homogenní sadu mapových listů. Průměrná polohová odchylka ze všech reprezentativních bodů na našem území je 120 metrů. Body lze na základě velikosti této odchylky rozčlenit do jednotlivých intervalů a porovnat jejich četnost, což je provedeno v tabulce 2.1. Je z ní patrné, že téměř polovina všech bodů má odchylku v intervalu 100 až 150 metrů a přesně dvě třetiny bodů má odchylku 75 až 150 metrů. Dále je zřejmé, že zvýšenou přesnost lokalizace, tedy polohová odchylka do 75 metrů, lze nalézt jen přibližně u desetiny bodů. U téměř stejného počtu bodů však dochází i k extrémní odchylce větší než 175 metrů. Vizualizace všech odchylek je v příloze 2, podrobnější vyjádření k ní je ale obsahem až kapitoly 2.4.

Tabulka 2.1 Četnost kategorií polohových odchylek při základní lokalizaci

dP [m]	0	26	51	76	101	126	151	176	201	226
	25	50	75	100	125	150	175	200	225	300
Počet bodů	11	108	353	701	943	853	487	190	94	38
[%]	0,5	3	9	18,5	25	22,5	13	5	2,5	1

### 2.3. Lokalizace s vyrovnáním

Prvním řešením, které se snažilo snížit zmíněné odchylky, byla tzv. lokalizace speciálních map s vyrovnáním na státní hranici. O této lokalizaci pojednává blíže [12]. Jejím principem je dotransformace kladu mapových listů vyrovnáním na státní hranici, podél níž byly nalezeny a použity identické body. Takto lokalizované mapové listy byly poté k dispozici široké odborné veřejnosti. V následujících aplikačních projektech se ale ukázalo, že přesnost takto provedené lokalizace je značně nehomogenní. Přestože mnoho oblasti je poměrně přesných, byly nalezeny i prostory, kde polohová odchylka polohopisných prvků opět přesahuje stametrovou hranici. Toto zjištění pak bylo hlavním důvodem a motivací k zahájení práce na [1].

Analýza přesnosti této lokalizace byla provedena v [1] na téměř kompletní mapové sadě (nebyl k dispozici pouze jeden mapový list). Oproti základní lokalizaci se zde však jednalo o mapovou sadu reambulovaných mapových listů. Jednotlivá vydání mapových listů speciálních map lze dělit na reambulované a nereambulované. Reambulací jsou zde myšleny zásahy do polohopisu po převzetí map Československem. Jednalo se o přímou revizi v terénu, podle které byl opravován polohopis a chybně znázorněný výškopis. Podle množství změn se toto opravovalo na původních podkladech nebo se vytvářely podklady nové. Do map byly rovněž tištěny barvy. Nejprve jen zelená pro lesy, později i modrá pro vodstvo a hnědá pro výškopis. Dále byla do map po roce 1935 natištěna orientační čtvercová síť S-JTSK. [3]

Je nutné zmínit skutečnost, že tato analýza byla zcela provedena v rámci [1], proto byla využita ještě původní množina 5 890 reprezentativních bodů a případné srovnání je tak nutné založit pouze na procentech. Průměrná polohová odchylka ze všech reprezentativních bodů byla snížena téměř o polovinu na hodnotu 64 metrů. Body byly rozčleněny do stejných intervalů jako v případě základní lokalizace v tabulce 2.2. Nyní se více než polovina bodů nachází v intervalu od 25 do 75 metrů, což je oproti základní lokalizaci mnohem lepší výsledek. Na druhou stranu zde stále existuje nezanedbatelné procento bodů s polohovou odchylkou přesahující 100 metrů.

Tabulka 2.2 Čestnost kategorií polohových odchylek při lokalizaci s vyrovnáním

dP [m]	0	26	51	76	101	126	151	176	201	226
	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250
Počet bodů	768	1667	1586	1001	503	229	90	28	15	3
[%]	13	28,25	27	17	8,5	4	1,5	0,5	0,25	0

Vizualizace těchto odchylek je umístěna v příloze 3. Na první pohled je patrná již zmíněná nehomogenní přesnost lokalizace. Zatímco v Čechách lze nalézt rozsáhlé oblasti s ještě přijatelnými odchylkami bez výraznějšího systematického charakteru, na Moravě se vyskytují oblasti s výraznými polohovými odchylkami a zjevně patrným systematickým vlivem. A právě v oblasti jižní Moravy, která je zasažena největšími odchylkami, probíhal aplikační projekt, jenž upozornil na nepřesnost této lokalizace.

## **2.4. Možnosti zpřesnění lokalizace**

Pro zkoumání, jak zpřesnit lokalizaci speciálních map, je nutné se vrátit k výsledkům ze základní lokalizace, neboť výsledky lokalizace s vyrovnáním jsou pouze zbytkové chyby. Jak již bylo zmíněno, tato vizualizace je v příloze 2. Oproti předešlé vizualizaci došlo kvůli přehlednosti ke změně rozsahu jednotlivých barevných intervalů legendy a je nutné to zohlednit při porovnávání těchto dvou výsledků. Lze si povšimnout, že na území Čech a části Moravy mají odchylky přibližně severozápadní směr a toto lze označit jako globální systematický trend. Na území Moravy se tento trend mění a stáčí se až k severovýchodu.

Směr a velikost odchylek se však lokálně mění po menších oblastech a jde o tzv. shluky odchylek. Shluk je tedy geometrická oblast, ve které mají odchylky podobný charakter ve smyslu velikosti i směru a liší se tak od okolních bodů, které již náležejí do shluků sousedních. Shluk je nejlépe charakterizován svým těžištěm a průměrnou systematickou odchylkou, kterou vykazují body v něm obsažené. Shluky tedy představují oblasti, ve kterých by se měly nacházet body s velmi podobným charakterem odchylek. Pro zkoumání vlastností těchto shluků byla v rámci [1] provedena diskrétní shluková analýza.

### **2.4.1. Výsledky shlukové analýzy**

Bylo zjištěno, že po odstranění systematické chyby shluku u všech jeho zvolených prvků polohopisu stále zůstane průměrná polohová chyba 27 metrů. Jde o velmi důležitý poznatek, neboť to znamená, že i kdyby zpřesňující lokalizace probíhala přesně po geometrických oblastech jednotlivých shluků, výsledná polohová přesnost by byla jen o málo lepší než 30 metrů. Tento výsledek lze tedy považovat za přesnost zakreslení mapové značky. Ani v ideálním případě proto nelze provést lokalizaci s výrazně vyšší polohovou přesností než zmíněných 27 metrů, což představuje 0,36 mm na mapě a jedná se tak o téměř čtyřnásobek kartometrické přesnosti.

Dalším důležitým zjištěním je skutečnost, že shluky odchylek nejsou vázány na prostor mapových listů. V rámci jednoho mapového listu se běžně vyskytuje pět a více shluků. Někdy se od sebe odlišují pouze malou změnou ve směru či velikosti odchylek, běžně však mají zcela rozdílné charaktery odchylek. Shluky mohou být obecně společné pro dva i více mapových listů, neboť jak již bylo zmíněno, nerespektují jejich hranice. Prostory vymezující jednotlivé shluky jsou navíc různě velké a geometricky zcela nepravidelné. Ukázka počtu, charakteru a geometrie shluků na reprezentativním území Čech vzniklá ze shlukové analýzy provedené v [1] je v příloze 4. Červené šipky jsou systematické odchylky jednotlivých shluků, černé šipky odchylky po celých mapových listech.

Z této ukázky, ale i z celkové vizualizace základní lokalizace v příloze 2, je zřejmé, že při zpřesnění lokalizace jen pomocí odstraňování systematické chyby po oblastech celých mapových listů nelze očekávat příliš ideální výsledky. Systematická chyba pro prostor mapového listu totiž vznikne jako průměr systematických chyb všech shluků vyskytujících se v tomto prostoru. Takto vzniklým jediným reprezentantem mapového listu však nelze opravit systematické chyby jednotlivých shluků, neboť se od něj často výrazně odlišují. Došlo by tedy pouze k situaci, kdy se odchylky všech shluků sice zmenší, ale ne tak, jak by to bylo ideální. Toto ale nemusí platit pro krajní případy, kdy se charakter shluků v rámci jednoho mapového listu mění opravdu výrazně, především se jedná o mapové listy na Moravě a ve Slezsku. Zde by naopak mohlo dojít i ke zvětšení odchylek, neboť průměrná systematická chyba mapového listu vzniklá z těchto zcela rozdílných charakterů shluků nemá žádnou vypovídací hodnotu.

#### **2.4.2. Lokalizace po částech**

Řešením výše zmíněného omezení je opustit přístup k lokalizaci speciální mapy založený na projektivní transformaci na čtyři rohy mapového listu a přejít k lokalizaci založené na projektivní transformaci po částech. To znamená nelokalizovat speciální mapy jako jeden celek, ale prostor mapového listu rozdělit na menší části a ty lokalizovat samostatně, přičemž je nutné zajistit návaznost těchto lokalizovaných částí. V nejideálnějším případě by těmito částmi měly být samotné shluky odchylek. Toto je ale projektivní transformací po částech nerealizovatelné, neboť shluky vytvářejí geometricky zcela rozdílné a nepravidelné tvary. To je zřejmé i přesto, že přesné hranice shluků nejsou známy a jde jen o orientační vymezení.

Je proto nutné najít jiné části, jejichž geometrická definice bude určitelná a známá. Jako první byly v rámci [1] vyzkoušeny oblasti čtverečních mílich (fundamentálních listů). Jak již bylo zmíněno v první kapitole, vynesení čtverečních mílí totiž dále ovlivnilo

pantografické překreslení katastrálního polohopisu a tím i přesnost speciální mapy. Ani tento návrh ale není prakticky realizovatelný, a sice ze stejného důvodu, který byl již několikrát zmíněn. Tím je rozdílnost kartografických základů. Vztah kladu čtverečních milí vůči speciální mapě je zachycen v příloze 5. Je zřejmé, že okrajové fundamentální listy jsou rozděleny hranicí speciální mapy a bylo by tak nutné transformovat jen tu část, která do prostoru speciální mapy opravdu patří. Na mnoha mapových listech (včetně toho, který se nachází v příloze 5) by však docházelo k situaci, kdy touto okrajovou částí bude jen velmi drobný pruh. Pro takové geometrické části ale projektivní transformace po částech nevykazuje dobré výsledky, neboť vyžaduje, aby si jednotlivé části byly geometricky co nejvíce podobné.

Z tohoto důvodu je nutné hledat takové oblasti, které jsou přímo vztaženy k rámu mapového listu speciální mapy. Zatímco oblasti 4 topografických sekcí jsou ještě příliš velké, oblasti 16 vyměřovacích listů se již jeví velikostně dostatečné. Rozdělením speciální mapy na 16 vyměřovacích listů lze již mnohem lépe reagovat na průběh jednotlivých shluků odchylek v rámci tohoto mapového listu. Vztah shluků vytvořených shlukovou analýzou v rámci [1] a vyměřovacích listů je zobrazen v příloze 6. Aby mohly vyměřovací listy co nejvíce aproximovat průběh příslušných shluků, je nutné zadávat jejich rohům opravu počítanou z charakteristiky jednoho či více shluků, které se v okolí daného rohu vyskytují. Toto lze však zjednodušit počítáním opravy přímo z odchylek okolních bodů.

Pro volbu vyměřovacích listů mluví i skutečnost, že se nejedná o uměle zvolenou oblast. Jsou přímo součástí dělení kladu mapových listů a jde o základní pracovní jednotku využívanou pro práci v terénu. Jak již bylo zmíněno v kapitole 1.3, je pravděpodobné, že nepřesnosti speciální mapy mohly vzniknout i způsobem, jakým byly tyto listy upravovány a montovány do rámu topografické sekce. Kvůli jejich deformaci vlivem dlouhodobého snášení podmínek v terénu byly před montáží namáčeny a roztahovány. Projektivní transformací po částech v podobě vyměřovacích listů se tedy lze vrátit k situaci před touto montáží a zabývat se jimi jako samostatnými jednotkami, kterými v průběhu mapování skutečně byly.

V závěrečné části [1] byl tento návrh lokalizace po částech vyzkoušen na testovacím území několika mapových listů. Celý postup byl proveden manuálně a jednalo se tak o časově velmi náročnou činnost. Z rozboru přesnosti ale bylo zjištěno, že přináší velmi slibné výsledky. Byla vyslovena hypotéza, že se lze výslednou přesností znatelně přiblížit přesnosti v rámci shluků. A na základě těchto výsledků a předpokladů pak byla postavena tato práce navazující na [1] s cílem vytvořit programové řešení navrhovaného způsobu lokalizace.

## **3. Technické řešení lokalizace po částech**

### **3.1. Specifikace zadání**

Cílem této práce je navrhnout a programově realizovat lokalizaci speciálních map po částech jako projektivní transformaci po částech, jimiž bude prostor vyměřovacích listů. K dispozici jsou a zejména budou různá vydání speciálních map a je potřeba zajistit jejich snadnou správu a zpracování tak, aby byly publikovatelné v prostředí mapového portálu.

K dispozici je 3 779 bodů reprezentativních prvků polohopisu. Jedná se o redukováný počet původních 5 890 bodů. Proces redukce bodů proběhl podle pravidel popsanych v kapitole 2.1.3 během předzpracování dat. Body se nacházejí na 102 mapových listech určených k lokalizaci. Přehled těchto mapových listů je obsahem přílohy 7. Území České republiky zasahuje ještě do dalších 4 mapových listů, ale tak nepatrným prostorem, že zde nejsou žádné nebo téměř žádné reprezentativní prvky a lokalizace tak není proveditelná. Vytvořený program by měl tuto bodovou množinu použít a na základě zjištěných odchylek pro jednotlivá vydání z ní umět vypočítat charakter odchylek v jednotlivých částech mapového listu. Výpočtem systematické chyby z jednotlivých bodů v daném okolí lze přibližně vystihnout průběh shluků, které se zde vyskytují.

Zdrojem pro lokalizaci jsou tedy naskenované rastry různých vydání speciálních map a bodová množina reprezentativních prvků polohopisu uložená v textových souborech. Pro pokročilou práci je žádoucí vytvořit databázi, ve které budou jednotlivá vydání spravována a charakterizována atributovými daty. Jedná se především o důležité mimorámové údaje charakterizující dané vydání speciální mapy. Rovněž správa převzaté bodové množiny pomocí textových souborů není vhodná a je nutné ji přenést do databáze.

Cílem práce je vytvoření co nejvíce automatizovaného řešení lokalizace speciálních map po částech tak, aby všechna takto zpracovaná vydání mohla být publikována na mapovém portálu. Předpokládá se, že bude umožněna volba zobrazování vydání na základě uživatelem požadovaných atributových vlastností (např. zobrazení všech mapových listů vydaných v roce 1938, které mají natištěnou orientační síť S-JTSK). To v praxi ale znamená, že na mapovém portálu může dojít k zobrazení jakéhokoliv vydání mapového listu spolu s jakýmkoliv vydáním sousedního mapového listu. Je tedy nutné zajistit návaznost kresby mezi každou kombinací vydání všech sousedících mapových listů.

Lokalizace mapových listů by měla proběhnout s nejvyšší možnou dosažitelnou přesností. Na základě výsledků z [1] je zřejmé, že nelze dosáhnout lepší polohové přesnosti než 27 metrů, což je průměrná polohová chyba v rámci shluků a jde tedy o přesnost zákresu mapové značky. Naopak by měla být dosažena znatelně vyšší přesnost než 50 metrů, což je předpokládaná průměrná polohová chyba v případě lokalizace s odstraněním systematické chyby po celých mapových listech. V případě lokalizace s odstraněním systematické chyby po částech v podobě vyměřovacích listů lze blíže stanovit předpokládanou přesnost na základě výsledků provedených v závěrečné části [1] a jedná se o průměrnou polohovou chybu 32 metrů. Dle těchto výsledků z testovacího území lze tedy předpokládat výslednou přesnost blízkou se spíše vyšší přesnosti vlastních shluků než nižší přesnosti jednoduššího způsobu lokalizace.

Přístup k vytvořenému programovému řešení by měl být umožněn pomocí webové aplikace. Uživatel pověřený zpracováním určitých vydání mapových listů by měl být schopen provést jejich lokalizaci s pomocí této aplikace, příslušného manuálu a jen minimálním počtem jiných softwarových produktů.

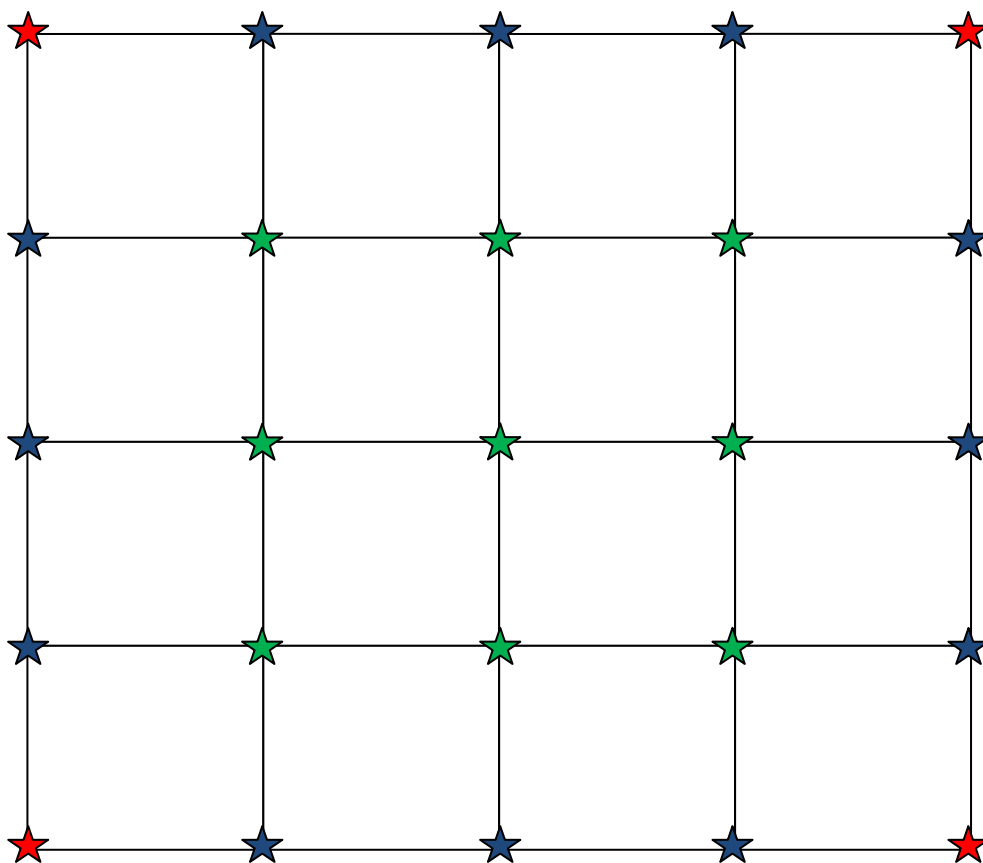
### **3.2. Princip implementovaného řešení**

Hlavní myšlenkou navrženého řešení je rozdělení mapových listů na daný počet vyměřovacích listů již na databázové úrovni. Vyměřovací listy budou prostorově definovány na základě svých rohů. A vlastní zpřesnění lokalizace bude zajištěno tím, že jednotlivé souřadnice rohů vyměřovacích listů budou opraveny pro zadání projektivní transformace po částech na základě odchylek okolních reprezentativních bodů.

#### **3.2.1. Aplikace projektivní transformace po částech**

Podstatou projektivní transformace po částech je sestavení vlastních transformačních klíčů či transformačních rovnic pro každou část samostatně. V tomto případě tedy bude pro mapový list existovat celkem 16 transformačních klíčů. Sestavení klíče je velmi prosté a spočívá pouze v uvedení zdrojových (počátečních) souřadnic čtyř rohů daného vyměřovacího listů a k nim odpovídajících cílových (opravených) souřadnic. Ze samotné logiky projektivní transformace po částech je nezbytné, aby zdrojové a cílové souřadnice rohů společných více vyměřovacím listům mapového listu byly vždy stejné. To lze snadno zajistit tím, že oprava souřadnic daného rohu proběhne pouze jednou a všechny vyměřovací listy, jimž je tento roh vlastní, ji využijí v jejich klíčích.

Rozdělením mapového listu na 16 vyměřovacích listů vznikne 25 rohů. Z hlediska databázového uložení je však zřejmé, že některé rohy budou společné více mapovým listům. Na základě tohoto poznatku je lze rozdělit na tři typy rohů. Prvním typem jsou 4 rohy, které jsou totožné s rohy vlastního mapového listu a obecně spojují vyměřovací listy ze čtyř různých mapových listů. Druhým typem je 12 rohů, které jsou rozloženy na okraji mapového listu a spojují obecně vyměřovací listy ze dvou různých mapových listů. Tyto dva typy budou považovány za rohy vnější, naopak třetím typem budou rohy vnitřní. Jedná se o zbylých 9 rohů umístěných zcela uvnitř mapového listu, které spojují vyměřovací listy pouze v rámci jediného mapového listu. Popsaná situace je zobrazena na obrázku 8. Rohy prvního typu jsou vizualizovány červeně, rohy druhého typu modře a rohy třetího typu zeleně.



Obrázek 8 Tři typy rohů vyměřovacích listů v rámci mapového listu

Na základě tohoto rozdělení je pak zřejmé, že oprava vnitřních rohů postačí počítat z odchylek určitého prostoru jediného mapového listu, zatímco opravy vnějších rohů bude nutné získávat z více mapových listů. Pro rohy druhého typu jde o odchylky ze dvou sousedních mapových listů, pro rohy prvního typu dokonce ze čtyř. Aby se však po transformaci zachovala návaznost kresby nejen mezi jednotlivými vyměřovacími listy v rámci



mapového listu, ale i mezi vyměřovacími listy sousedních mapových listů, je opět nutné aplikovat výše zmíněné pravidlo o neměnných cílových souřadnicích. Znamená to, že rovněž opravy souřadnic vnějších rohů musí být shodné pro transformační klíče všech dotčených vyměřovacích listů neohledně na to, zda se nacházejí v rámci jednoho mapového listu nebo jsou rozmístěny ve čtyřech různých mapových listech.

### 3.2.2. Posuny jednotlivých vydání stejných mapových listů

V ideálním případě by tedy mělo stačit vypočítat na základě odchylek z reprezentativních prvků polohopisu opravy souřadnic všech rohů vyměřovacích listů na území celé republiky, přičemž opravy vnitřních rohů by se počítaly z odchylek v rámci jednoho mapového listu a opravy vnějších rohů z odchylek nacházejících se na více mapových listech. Toto by se provedlo na určité sadě speciálních map a všechny ostatní vydání by byly lokalizovány tím, že by již jednou vypočtené opravy rohů vyměřovacích listů pouze přebíraly. Takto jednoduché řešení ale bohužel nestačí, neboť se zde vyskytuje další nepříjemná věc týkající se map třetího vojenského mapování a tou je nepravidelný posun polohopisu i mezi jednotlivými vydáními stejného mapového listu. Sada transformačních klíčů vypočtených na základě jednoho vydání mapového listu tedy obecně neposkytne potřebnou opravu polohopisu pro jiná vydání téhož mapového listu. Ukázka různých systematických chyb je patrná z tabulky 3.1, která je vypracována pro 5 různých vydání mapového listu 4251.

Tabulka 3.1 Posuny polohopisu 5 různých vydání stejného mapového listu 4251

dX [m]	dY [m]	dP [m]	mX [m]	mY [m]	mXY [m]
72	-72	105	76	76	76
50	-95	110	55	100	80
36	-98	107	42	102	78
39	-64	78	46	67	58
-9	-90	95	30	93	69

Pokud by byly použity klíče pro jiné vydání, než pro které byly vypočteny, znamenalo by to zanedbání výše uvedených odlišností jednotlivých vydání a způsobilo by to zhoršenou přesnost takto přidaných vydání. Takový postup, který by vůbec nezohledňoval skutečný charakter polohopisu dalších vydání, lze nazvat statickým přístupem. Naopak dynamickým přístupem by byly použity pro výpočet všech rohů dalších vydání mapového listu vždy jejich skutečné odchylky, ale lokalizované mapové listy by pak kresbou již nenavazovaly na

sousední mapové listy. Vzniká zde tedy rozpor mezi přesností a dodržením návaznosti kresby mezi jakýmkoli vydáními. Řešení aplikované v této práci zcela zachovává návaznost kresby a k tomu navíc i v maximální možné míře zohledňuje odlišnosti dalších vydání a tím zvyšuje přesnost jejich lokalizace.

### 3.2.3. Staticko-dynamické řešení

Navržené řešení je založené na použití odlišného přístupu pro vnitřní a vnější body. Na základě dosud vysvětlených skutečností je poměrně zřejmé, že přísný požadavek na vzájemnou návaznost kresby libovolné dvojice vydání sousedních mapových listů lze bez výhrady splnit jen tehdy, budou-li cílové souřadnice vnějších rohů shodné pro všechna vydání daného mapového listu i všechna vydání mapových listů sousedních. Znamená to tedy, že u 16 vnějších rohů je nutné určit jakousi referenční opravu, která se v další fázi již nikdy nebude měnit. Tato oprava může být spočtena například jako průměrná hodnota všech vydání, které budou použity. To ale v tomto případě nelze, neboť jednotlivá vydání, která budou umístěna na mapový portál, nejsou předem k dispozici. Druhou a v řešení použitou možností, je zvolit z vydání, které k dispozici jsou, takové, u něhož lze očekávat vyšší přesnost a kvalitu a lze ho tedy považovat pro daný mapový list za vydání reprezentační.

Popsaná skutečnost není ve výsledku nic jiného, než vytvoření nového kladu mapových listů speciálních map. Tento klad je specifický pouze tím, že ho netvoří čtyři rohy mapových listů, ale rovnou 16 vnějších rohů vyměřovacích listů. Oprava kladu mapových listů spočívá v tom, že se pro každý mapový list vybere jedno reprezentační vydání a společně pro celé naše území se vypočítají opravy souřadnic vnějších rohů. V platnosti samozřejmě zůstává již dříve zmíněné pravidlo, že opravy vnějších rohů musí být počítány z odchylek nacházejících se na více mapových listech. Takto vytvořený klad mapových listů zůstane již neměnný a všechna další vydání z něj budou přebírat cílové souřadnice vnějších rohů.

Reprezentační vydání použitá k výpočtu nového kladu mapových listů budou v databázi vedena jako tzv. vydání výchozí. Je to ve smyslu, že z nich vychází výpočet nového kladu. Pro tento účel byla vybrána nereambulovaná vydání, neboť u nich lze obecně očekávat bližší vztah k vlastnímu mapování a větší homogenitu přesnosti polohopisu. Z velké části byla konkrétně použita mapová sada nereambulovaných map vydaných kolem roku 1924 a s poslední úpravou polohopisu kolem roku 1917. Přestože tyto mapy již byly vydávány Československem a obsahují mimorámové údaje v češtině, nejedná se ještě o vydání reambulovaná. Tato mapová sada byla zvolena z důvodu velké homogenity jejích vydání,

výborné čitelnosti a vysoké kvality naskenovaných rastrů. Navíc ze všech mapových sad, které byly pro lokalizaci k dispozici, tato obsahuje nejvíce mapových listů. Bohužel nebyla dodána pro celé území republiky, a tak z ní bylo reprezentováno celkem 81 mapových listů. Pro dalších 17 mapových listů byly použity nereambulovaná vydání staršího data vydání a zbylé 4 mapové listy musely být reprezentovány pouze reambulovanými vydáními.

Popsaným postupem je tedy zajištěna stálá návaznost kresby bez ohledu na to, jaká vydání budou na mapovém portálu aktuálně zobrazena. Aby však nešlo pouze o statické řešení problematiky posunů jednotlivých vydání, musí se pro zbývajících 9 vnitřních rohů zvolit jiná strategie. Tou je jejich dynamická oprava, která bude jedinečná pro každé jednotlivé vydání. Opravy souřadnic 9 vnitřních rohů tedy budou počítány pouze na základě odchylek daného vydání mapového listu. A tak na druhou stranu lze touto dynamickou částí řešení v dostatečné míře zajistit i zohlednění odlišného posunu polohopisu daného vydání a zachovat tak co nejvyšší přesnost lokalizace.

### **3.3. Datový model**

Databáze byla vytvořena v objektově-relačním databázovém systému PostgreSQL a jeho prostorovém rozšíření PostGIS. K návrhu databáze bylo použito grafické administrační rozhraní pgAdmin. Databáze se nachází na serveru mapserver.zcu.cz, kde lze dále nalézt například databázi sídel. Celkem databáze obsahuje devět tabulek, přičemž jedna z nich (tabulka *pom*) s ostatními nesouvisí a byla využita pouze k pomocným účelům při vstupu dat. E-R-A model databáze je vizualizován v příloze 8. Všechny vazby, které mezi tabulkami existují, mají kardinalitu N:1. Tučně jsou v příloze zobrazeny sloupce, které jsou povinné při vkládání záznamů.

#### **3.3.1. Uložení mapových a vyměřovacích listů**

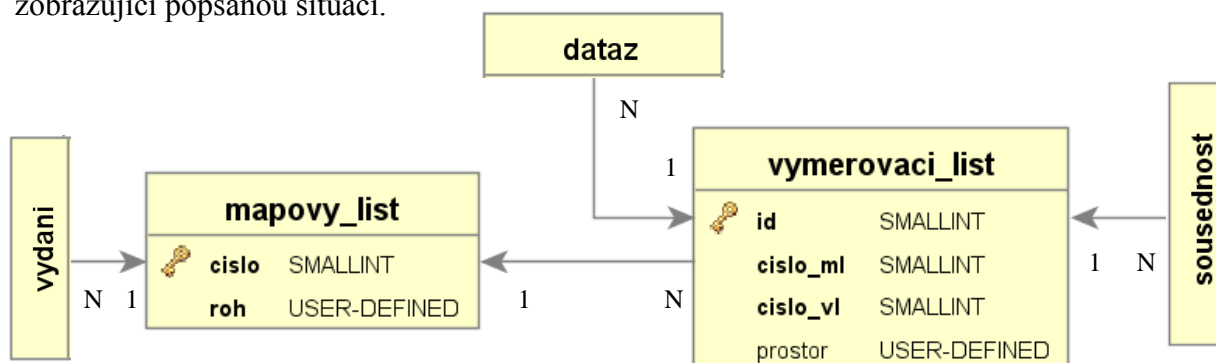
Jak již bylo zmíněno ve specifikaci zadání, je potřeba lokalizovat celkem 102 mapových listů, jejichž klad a číslování je obsahem přílohy 7. Mapové listy jsou ukládány do tabulky *mapovy\_list*. Jejím primárním klíčem je sloupec *cislo* a jedná se o číslo mapového listu dle číslování zavedeného roku 1917. Jednotlivé mapové listy jsou prostorově určeny sloupcem *roh*. Jedná se o prostorový datový typ geometry, který zajišťuje uložení zeměpisných souřadnic levého horního rohu mapového listu. K prostorovému určení postačí souřadnice jednoho rohu, neboť souřadnice zbylých tří rohů lze snadno dopočítat na základě známých

rozměrů mapových listů. Ukázka tabulky *mapovy\_list* je na obrázku 9, přičemž prostorová data ve sloupci *roh* jsou zde převedeny do textové podoby.

	<b>cislo</b> <b>smallint</b>	<b>roh</b> <b>text</b>
<b>1</b>	3552	POINT (51.25 31.5)
<b>2</b>	3553	POINT (51.25 32)
<b>3</b>	3554	POINT (51.25 32.5)
<b>4</b>	3652	POINT (51 31.5)
<b>5</b>	3653	POINT (51 32)
<b>6</b>	3654	POINT (51 32.5)
<b>7</b>	3655	POINT (51 33)

Obrázek 9 Ukázka tabulky *mapovy\_list*

Hlavní pracovní jednotkou jsou vyměřovací listy a jsou ukládány do tabulky *vymеровaci\_list*. Každý mapový list se skládá ze 16 listů vyměřovacích a jsou tak svázány vazbou s kardinalitou 1:N, konkrétně 1:16. Na obrázku 10 je výřez E-R-A modelu z přílohy 8 zobrazující popsanou situaci.



Obrázek 10 Vazba mezi mapovým a vyměřovacím listem

Primárním klíčem tabulky *vymеровaci\_list* je sloupec *id*. Jedná se o jedinečné číslo, přičemž číslování začalo na 1 a s každým dalším záznamem se zvyšovalo. Spojení s mapovým listem, v němž se daný vyměřovací list nachází, zajišťuje cizí klíč *cislo\_ml*. Poloha vyměřovacího listu v rámci listu mapového je jednoznačně určena sloupcem *cislo\_vl*. Jde o číslo od 1 do 16, přičemž číslování v rámci mapového listu začíná z levého horního rohu a probíhá po řádcích. Jedná se o pracovní číslování, které bylo použito pro potřeby algoritmů při naplňování dat do databáze. Poslední sloupec *prostor* je prostorového datového typu geometry a zajišťuje uložení polygonu. Jedná se o polygon sestavený ze souřadnic rohů daného vyměřovacího listu. Na základě tohoto sloupce lze pak nastavit reprezentativním prvkům polohopisu číslo vyměřovacího listu, do něhož prostorově náleží. Ukázka tabulky *vymеровaci\_list* je na obrázku 11, sloupec datového typu geometry je opět převeden do textové podoby, ale vzhledem k velikosti textu je zobrazena jen jeho část.

	id smallint	cislo_ml smallint	cislo_vl smallint	prostor text
<b>157</b>	157	3752	13	POLYGON ( (984913 776938, 991792 777939,
<b>158</b>	158	3752	14	POLYGON ( (986181 768174, 987435 759408,
<b>159</b>	159	3752	15	POLYGON ( (987435 759408, 988674 750640,
<b>160</b>	160	3752	16	POLYGON ( (988674 750640, 989898 741869,
<b>161</b>	161	3753	1	POLYGON ( (969242 739003, 970446 730265,
<b>162</b>	162	3753	2	POLYGON ( (970446 730265, 971636 721525,
<b>163</b>	163	3753	3	POLYGON ( (971636 721525, 972812 712783,
<b>164</b>	164	3753	4	POLYGON ( (972812 712783, 973973 704039,

Obrázek 11 Ukázka tabulky *vymеровaci\_list*

### 3.3.2. Uložení rohů vyměřovacích listů

Rozdělením mapového listu na 16 vyměřovacích listů vzniká 25 rohů, přičemž některé jsou společné pro více mapových listů. Jak již bylo zmíněno, na základě tohoto jsou rozděleny do tří typů a na tzv. vnitřní a vnější rohy. Všechny rohy jsou uloženy v tabulce *roh*. Primárním klíčem je sloupec *id* a opět se jedná o jedinečné číslo s číslováním od 1. Ve sloupci *typ* je uloženo o jaký typ rohu se jedná, přičemž roh prvního typu je uložen jako 0, roh druhého typu jako 1 a roh třetího typu (vnitřní roh) jako 2.

Ostatní sloupce tabulky *roh* jsou prostorového datového typu geometry a ukládají různé souřadnice a opravy rohů. Ve sloupci *souradnice\_zem* jsou uloženy interpolované zeměpisné souřadnice rohu, ve sloupci *souradnice* jde již o souřadnice v S-JTSK. Pro vnější rohy se do této tabulky ukládají i vypočtené opravy rohů a to do sloupce *oprava*. Přičtením této opravy ke zdrojovým souřadnicím vznikají nové souřadnice vnějšího rohu a jsou ukládány do sloupce *souradnice\_nove*. V tabulce *roh* se vyskytuje ještě sloupec s jinou hodnotou opravy (*oprava2*) a jinými novými souřadnicemi (*souradnice\_nove\_2*). Jedná se však pouze o pomocné hodnoty použité pro závěrečné porovnání přesnosti lokalizace po částech s lokalizací po celých mapových listech, a proto se tyto sloupce vyplňují pouze u rohů prvního typu. Ukázka tabulky *roh* bez těchto dvou pomocných sloupců je na obrázku 12.

id sma	typ sma	souradnice_zem text	souradnice text	oprava text	souradnice_nove text
828	1	POINT (49.75 33.375)	POINT (1092093 656038)	POINT (62 -93)	POINT (1092155 655945)
829	0	POINT (49.75 33.5)	POINT (1093183 647097)	POINT (60 -112)	POINT (1093243 646985)
830	2	POINT (49.9375 33.625)	POINT (1073503 635731)		
831	2	POINT (49.9375 33.75)	POINT (1074529 626818)		
832	2	POINT (49.9375 33.875)	POINT (1075555 617905)		
833	1	POINT (49.9375 34)	POINT (1076581 608992)	POINT (35 -83)	POINT (1076616 608909)

Obrázek 12 Ukázka tabulky *roh*

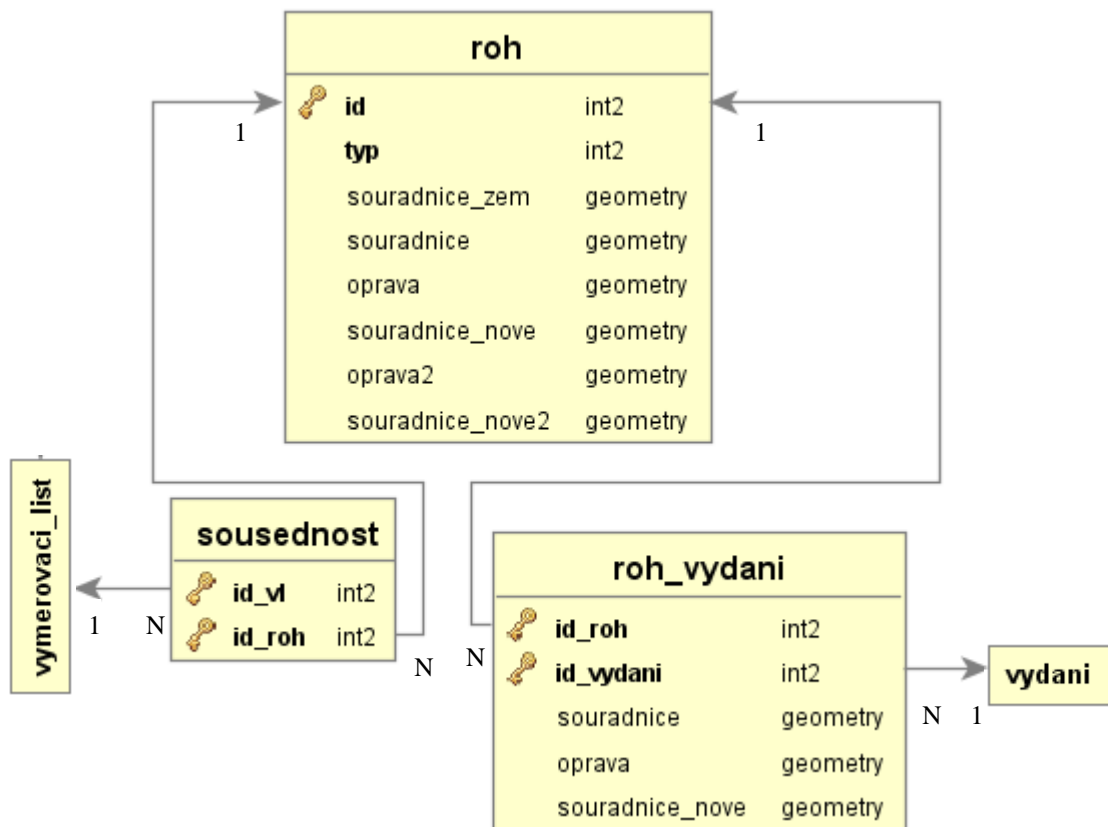
Jak bylo zmíněno, do tabulky *roh* jsou ukládány opravy a nové souřadnice pouze u vnějších rohů. To je umožněno tím, že tyto opravy jsou po výpočtu již definitivní a nebudou se měnit. Je však nutné zajistit ukládání i pro rohy vnitřní a to takovým způsobem, aby různá vydání mapových listů měly uloženy vlastní opravy a souřadnice vnitřních rohů. K tomu slouží tabulka *roh\_vydani*. V tabulce se nalézají dva cizí klíče. Prvním z nich je sloupec *id\_roh* a zajišťuje spojení s tabulkou *roh*. Druhým cizím klíčem je sloupec *id\_vydani* a určuje, pro které vydání (z tabulky *vydani*) jsou určeny opravy a souřadnice uložené v tabulce. Primární klíč je složen z této dvojice cizích klíčů a tabulku *roh\_vnitri* tak lze zároveň považovat za rozkladnou tabulku vazby M:N mezi tabulkami *roh* a *vydani*.

Primárním účelem tabulky *roh\_vydani* je tedy evidence oprav a nových souřadnic vnitřních rohů pro jednotlivá vydání. Zajišťují to sloupce *oprava* a *souradnice\_nove*. Nejde však o její jediný účel, neboť se našlo její využití i pro rohy vnější. Během testování aplikace byla totiž zjištěna nepříjemná skutečnost, která se týká zdrojových souřadnic vnějších rohů. Po základní lokalizaci formou projektivní transformace na 4 rohy mapového listu nesouhlasí vypočtené zdrojové souřadnice vnějších rohů druhého typu s lokalizovanou kresbou a rámem mapového listu. Je to způsobeno srážkou mapových listů, případně deformacemi způsobenými přehýbáním nebo nedokonalým skenováním. Pro zachování vysoké míry návaznosti kresby mezi sousedními mapovými listy je proto nutné pracovat nikoliv se zdrojovými souřadnicemi předpokládanými (uložené v tabulce *roh* ve sloupci *souradnice*), nýbrž se zdrojovými souřadnicemi skutečnými. Srážka mapových listů je pro každé vydání různá, proto jsou různé i tyto souřadnice a je nutné je ukládat v tabulce *roh\_vydani* ve sloupci *souradnice*. A již použitý název sloupce evokuje skutečnost, že hodnoty uložené v tomto sloupci přepisují pro dané vydání hodnoty uložené ve stejnojmenném sloupci v tabulce *roh*.

<b>id_roh</b> <b>smallin</b>	<b>id_vydani</b> <b>smallint</b>	<b>souradnice</b> <b>text</b>	<b>oprava</b> <b>text</b>	<b>souradnice_nove</b> <b>text</b>
828	59	POINT (1092074 656073)		
828	60	POINT (1092080 656006)		
830	67		POINT (51 -94)	POINT (1073554 635637)
830	103		POINT (59 -81)	POINT (1073562 635650)
831	67		POINT (57 -103)	POINT (1074586 626715)
831	103		POINT (64 -88)	POINT (1074593 626730)
832	67		POINT (39 -100)	POINT (1075594 617805)
832	103		POINT (46 -99)	POINT (1075601 617806)
833	67	POINT (1076590 608985)		
833	75	POINT (1076588 608992)		
833	103	POINT (1076583 608985)		

Obrázek 13 Ukázka tabulky *roh\_vydani*

K evidenci rohů vyměřovacích listů je tedy určena tabulka *roh*, přičemž spojení s jednotlivými vydáními zajišťuje rozkladná tabulka *roh\_vydani*, do níž se navíc ukládají hodnoty vztahené pouze pro konkrétní vydání. Vzhledem k tomu, že se jedná o rohy vyměřovacích listů, je nutné zajistit i návaznost na uložené vyměřovací listy. Daný vyměřovací list má 4 rohy a daný roh může náležet více vyměřovacím listům. Kardinalita této vazby je tedy M:N a v databázi je nutné ji vytvořit rozkladnou tabulkou *sousednost*. Na rozdíl od rozkladné tabulky *roh\_vydani* však neplní žádnou další funkci a je tvořena pouze dvěma cizími klíči *id\_roh* a *id\_vl*. Výřez E-R-A modelu zobrazující popsanou situaci je na obrázku 14.



Obrázek 14 Vazba tabulek *roh*, *roh\_vydani* a *sousednost*

### 3.3.3. Uložení reprezentativních bodů polohopisu a vektorizovaných odchylek

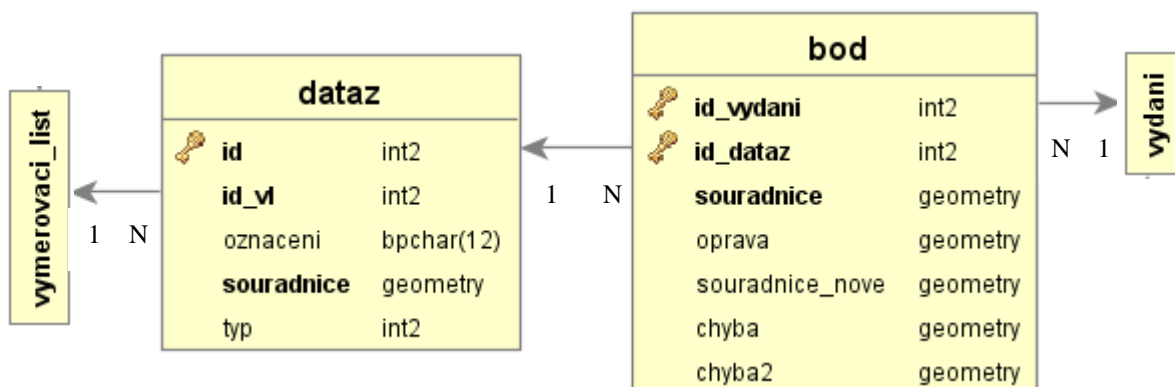
Pro výpočet lokalizace bylo nutné vyřešit i smysluplné uložení souřadnic převzatých reprezentativních prvků polohopisu a souřadnic mapových značek vektorizovaných z jednotlivých vydání. K uložení souřadnic 3 779 bodů z databáze DATAZ slouží tabulka *dataz*. Primárním klíčem je sloupec *id*. Cizí klíč *id\_vl* odkazuje na vyměřovací list, v jehož prostoru se daný bod nachází. Rozdělení reprezentativních bodů na tři kategorie popsané v kapitole 2.1.2 je zohledněno ve sloupci *typ*. Zdrojové souřadnice v S-JTSK jsou uloženy ve sloupci *souradnice* a jedná se o referenční souřadnice, jimž se mají vektorizované souřadnice

příslušných mapových značek maximálně přiblížit. Tabulka zachovává návaznost i na databázi DATAZ, z níž všechny souřadnice pocházejí. To je zajištěno sloupcem *oznaceni*, ve kterém je uloženo úplné dvanáctimístné označení bodů z bodového pole JTSK. Ukázka tabulky *dataz* je na obrázku 15.

	<b>id sma</b>	<b>id_vl smallir</b>	<b>oznaceni character(12)</b>	<b>souradnice text</b>	<b>typ smal</b>
<b>1</b>	29	1088	000929172341	POINT (1117985 834539)	3
<b>2</b>	30	1088	000929180050	POINT (1121931 834419)	1
<b>3</b>	31	1079	000929210120	POINT (1102467 840190)	1
<b>4</b>	32	1078	000929210240	POINT (1105072 849952)	1
<b>5</b>	33	1079	000929210270	POINT (1105745 842492)	1
<b>6</b>	34	1079	000929210310	POINT (1106786 844661)	3
<b>7</b>	35	1079	000929212420	POINT (1102852 842109)	3

Obrázek 15 Ukázka tabulky *dataz*

Ukládání vektorizovaných souřadnic mapových značek ekvivalentních k reprezentativním bodům z tabulky *dataz* je zajištěno pomocí tabulky *bod*, která obsahuje dva cizí klíče. První z nich je sloupec *id\_dataz*, jenž udává k jakému bodu z tabulky *dataz* dané souřadnice mapové značky přísluší. Druhým je sloupec *id\_vydani* a odkazuje na konkrétní vydání, z něhož byla mapová značka vektorizována. Primární klíč je složen z této dvojice cizích klíčů a jde opět o rozkladnou tabulku vazby M:N mezi tabulkami *dataz* a *vydani*. Výřez E-R-A modelu popisující tuto situaci je na obrázku 16.



Obrázek 16 Vazba tabulek *dataz* a *bod*

Tato rozkladná tabulka však nachází bohaté využití, především k ukládání vektorizovaných souřadnic mapových značek reprezentativních bodů ve sloupci *souradnice*. Na základě rozdílu mezi nimi a referenčními souřadnicemi z tabulky *dataz* je vypočtena odchylka a uložena do sloupce *oprava*. Po výpočtu transformačního klíče daného vyměřovacího listu lze rovněž všem bodům v tomto listu obsaženým vypočítat nové



souřadnice, které po provedení lokalizací získají. Tyto souřadnice jsou ukládány do sloupce *souradnice\_nove*. Opětvým porovnáním s referenčními souřadnicemi z tabulky *dataz* lze vypočítat zbytkovou odchylku lokalizace a uložit ji do sloupce *chyba*. Z důvodu zmíněného již u popisu ukládání rohů je i zde pomocný sloupec *chyba2*, který ukládá odchylku pro porovnání s jinak provedenou lokalizací. Ukázka tabulky *bod* je na obrázku 17.

id_vydani smallint	id_dataz smallint	souradnice text	oprava text	souradnice_nove text	chyba text
1	28	POINT (1117048 839306)	POINT (38 -15)	POINT (1117084 839254)	POINT (2 37)
1	29	POINT (1117989 834571)	POINT (-4 -32)	POINT (1118031 834529)	POINT (-46 10)
1	30	POINT (1121901 834457)	POINT (30 -38)	POINT (1121922 834393)	POINT (9 26)
1	31	POINT (1102421 840232)	POINT (46 -42)	POINT (1102463 840177)	POINT (4 13)
2	49	POINT (1105674 803027)	POINT (60 -86)	POINT (1105738 802940)	POINT (-4 1)
104	49	POINT (1105675 803003)	POINT (59 -62)	POINT (1105753 802941)	POINT (-19 0)
105	49	POINT (1105705 803051)	POINT (29 -110)	POINT (1105751 802951)	POINT (-17 -10)
106	49	POINT (1105717 802995)	POINT (17 -54)	POINT (1105753 802947)	POINT (-19 -6)
107	49	POINT (1105754 803024)	POINT (-20 -83)	POINT (1105757 802949)	POINT (-23 -8)

Obrázek 17 Ukázka tabulky *bod*

### 3.3.4. Uložení vydání mapových listů

Ukládání informací o jednotlivých vydáních je zajištěno tabulkou *vydani*. Jedná se tabulku s velkým počtem sloupců. Sloupce lze rozdělit podle významu na dvě skupiny. Do první skupiny patří sloupce popisující obecné vlastnosti daného vydání a lze je zjistit bez samotného procesu lokalizace na základě čtení mimorámových údajů. Ve druhé skupině jsou sloupce charakterizující přesnost provedené lokalizace po částech a k porovnání jsou zde i přesnosti základní lokalizace a lokalizace po celých mapových listech.

Primárním klíčem tabulky je sloupec *id*, opět s číslováním od 1. Cizí klíč *cislo\_ml* spojuje vydání s příslušným mapovým listem. Sloupec *vychozi* je datového typu boolean a je stěžejní pro výpočet kladu mapových listů. Hodnota tohoto sloupce určuje, zda jde o vydání reprezentující daný mapový list při výpočtu oprav vnějších rohů či o jakékoliv jiné vydání, které na tento výpočet již nemá žádný vliv. V mimorámových údajích lze často nalézt rok vydání mapového listu a rok poslední úpravy polohopisu. Ukládání těchto údajů zajišťují sloupce *rok\_vydani* a *rok\_upravy*. Výjimečně lze na mapovém listu najít ještě další letopočet nacházející se v pravém dolním rohu a vyplňuje se do sloupce *rok\_roh*.

Název mapového listu pro dané vydání se ukládá do sloupce *nazev*. Podle toho, zda jsou mimorámové údaje na daném vydání mapového listu psány česky nebo německy se naplňuje sloupec *jazyk* hodnotou "CZ" nebo "D". V případě že je u vydání uvedeno číslo

vydání, ukládá se do sloupce *vydani*. Sloupec *klic* udává, z jakého roku pochází značkový klíč. Tuto hodnotu lze u starších map nalézt v levém dolním rohu, u novějších vydání uváděna nebývá a je nutné ji později doplnit jinak. K uložení formátu naskenovaného rastru je k dispozici sloupec *format*. Dále lze v tabulce nalézt ještě poslední tři sloupce první skupiny, přičemž všechny jsou datového typu boolean. Sloupec *reambulace* určuje, zda je dané vydání reambulované či nereambulované. Sloupec *cislo\_stare* udává, zda je uvedeno kromě číslování zavedeného v roce 1917 i číslování předchozí. A konečně na základě sloupce *krovak* lze poznat, zda je zakreslena orientační síť S-JTSK.

id sma	cislo_r smallir	vycl bool	rok_vy smallir	rok_up smallir	rok_rc smallir	nazev text	jazy text	vyd sma	klic small	format text	ream boole	cislo_s boolez	krov bool
51	4553	t	1901	1874	1877	KAPLITZ und FREISTADT.	D		1894	JPG	f	t	f
54	4454	t	1902	1879	1876	LITSCHAU und GMUEND.	D		1894	JPG	f	t	f
2	4251	t	1924	1907		HORAŽDOVICE	CZ			TIF	f	t	f
104	4251	f			1883	NEPOMUK und HORAŽDOWITZ	D		1894	JPG	f	f	f
106	4251	f	1935	1928		HORAŽDOVICE	CZ			JPG	t	f	t
107	4251	f	1938			HORAŽDOVICE	CZ	19		JPG	t	f	f

Obrázek 18 Ukázka tabulky *vydani* se sloupci první skupiny

Ve druhé skupině se nachází sloupec *stav* popisující, v jaké fázi je lokalizace daného vydání. Může nabývat hodnot "připraveno", "rozpracováno", "zpracováno" a "lokalizováno". V databázi je uchováván i časový údaj, kdy bylo vydání vloženo a kdy bylo lokalizováno. Slouží k tomu sloupce *pridano* a *lokalizovano*. Dále do této skupiny patří 8 sloupců popisujících přesnost lokalizace po částech pomocí průměrných souřadnicových rozdílů a jejich směrodatných odchylek, průměrné polohové odchylky, středních chyb souřadnic a střední souřadnicové chyby. K zajištění porovnání této lokalizace je stejný počet 8 charakteristik vypočten i pro lokalizaci základní a 5 z nich rovněž pro lokalizaci po celých mapových listech. Poslední 4 sloupce pak udávají přesnost lokalizace po částech z hlediska návaznosti vnitřní kresby. Všechny tyto blíže nepopsané charakteristiky budou vysvětleny později v textu.

Poslední tabulka se jmenuje *pom* a plní pouze pomocnou roli. Sestává jen ze dvou sloupců *roh* a *vl*, v nichž jsou čísla rohů (1-25) a vyměřovacích listů (1-16) v rámci mapového listu. Jde tedy o množinu dvojic roh-vyměřovací list mapujících, jaké rohy přísluší jednotlivým vyměřovacím listům při daném způsobu očíslování rohů a vyměřovacích listů v rámci mapového listu. Využití této tabulky a způsob očíslování rohů a vyměřovacích listů bude uveden dále v textu. Ukázka dvojic z tabulky *pom* je na obrázku 19.

roh smallint	vl smallint
5	4
6	1
6	5
7	1
7	2
7	5
7	6

Obrázek 19 Ukázka tabulky *pom*

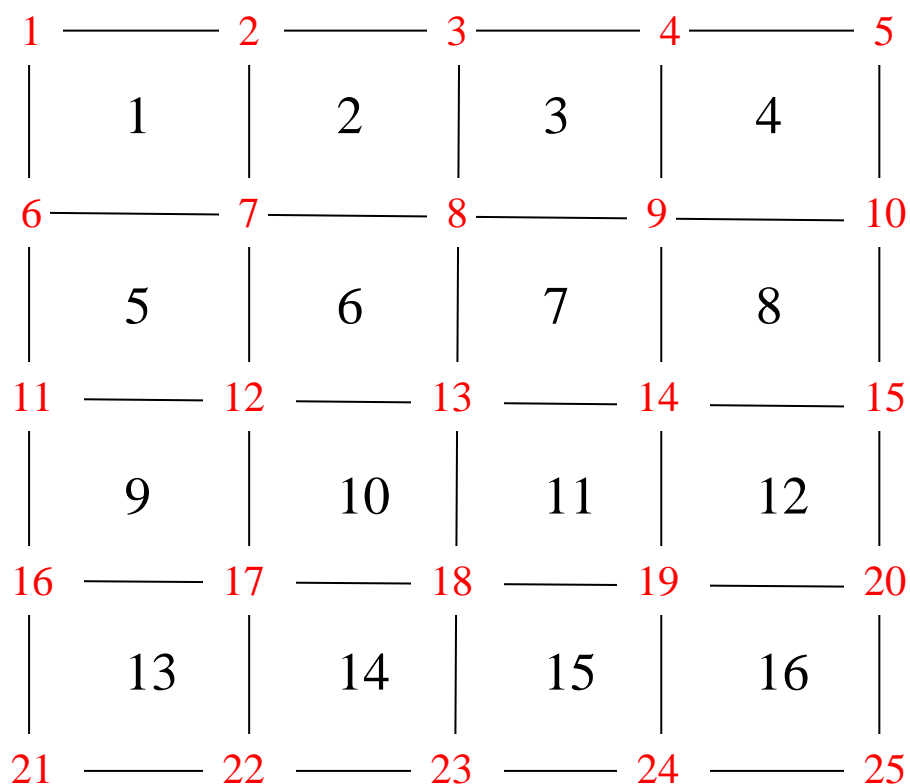
### 3.4. Programové moduly

Po vytvoření datového modelu bylo dále nutné zajistit jeho naplnění základními daty, bez nichž by nemohl fungovat. Zároveň byla potřeba naprogramovat funkčnost jednotlivých modulů procesu lokalizace po částech. K vykonání všech těchto kroků byl zvolen programovací jazyk Java. Pro přístup k vytvořené databázi z kódů psaných v tomto jazyce byl použit příslušný ovladač JDBC (Java Database Connectivity) pro databázový systém PostgreSQL. K vývoji kódu bylo využito vývojové prostředí Eclipse.

#### 3.4.1. Naplnění databáze

Plnění databáze bylo zahájeno postupným přidáváním 102 mapových listů do tabulky *mapovy\_list*, přičemž po každém jednotlivém vložení bylo rovnou zajištěno i vytvoření všech jeho 16 vyměřovacích listů v tabulce *vymerovaci\_list*.

Následně bylo nutné vytvořit rohy vyměřovacích listů a návaznost na data vložená v předchozím kroku. K tomu byl vytvořen algoritmus využívající tabulku *pom*. Na mapovém listu se nachází 25 rohů vyměřovacích listů a právě po těchto rohách postupuje algoritmus v rámci každého mapového listu. Průchod algoritmu začíná na levém horním rohu s číslem 1 a pokračuje po řádkách až do pravého dolního rohu s číslem 25. Velikost kroku v rámci jedné řádky i velikost rozestupu řádek je znám na základě znalosti o rozměrech vyměřovacích listů, které jsou 7,5' zeměpisné délky (určuje krok v řádce) a 3,75' zeměpisné šířky (určuje rozestup řádek). Počáteční roh s číslem 1 má zeměpisné souřadnice známy ze sloupce *roh* tabulky *mapovy\_list*. Postupným průchodem po těchto intervalech jsou jednotlivé rohy přidány do tabulky *roh*. Je však zřejmé, že některé vnější rohy už mohly být přidány průchodem algoritmu ze sousedního mapového listu, proto před přidáním nového rohu bylo vždy testováno, zda roh s takovými zeměpisnými souřadnicemi již v databázi neexistuje.



Obrázek 20 Způsob číslování vyměřovacích listů a jejich rohů

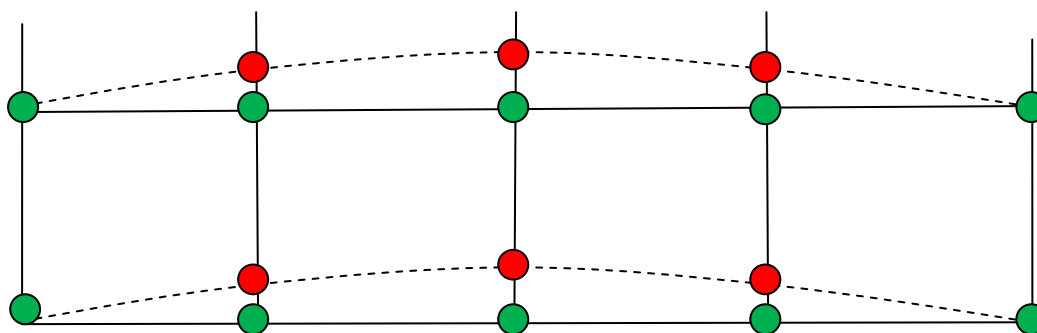
Zmiňované číslování rohů do 1 do 25 je pouze pomocné a nepromítne se do uložení v tabulce *roh*, kde je každému rohu přiřazován jednoznačný identifikátor *id*. Toto pomocné číslování rohů však koresponduje s číslováním použitým v tabulce *pom*. Jak již bylo zmíněno, v této tabulce se vyskytují všechny vazby mezi vyměřovacími listy a jejich rohy vzhledem k mapovému listu. Počet vazeb daného rohu tak může jednoduše identifikovat typ rohu. Vnější roh prvního typu je v rámci mapového listu rohem pouze jediného vyměřovacího listu a v tabulce *pom* se tak musí vyskytovat pouze na jediné řádce, tj. vytváří jedinou dvojici roh-vyměřovací list. Vnější roh druhého typu se bude vyskytovat na dvou řádkách, tj. vytvářet dvě dvojice a vnitřní roh (roh třetího typu) se bude vyskytovat vždy na čtyřech řádkách, tj. vytvářet čtyři dvojice. Pro přidání nového rohu daného čísla v rámci průchodu algoritmu tak lze jeho typ zjistit na základě databázového dotazu na počet jeho dvojic v tabulce *pom*.

Aby byla navržená struktura funkční, musí být provedeno i správné propojení vyměřovacích listů s jejich rohy pomocí vazebné tabulky *sousednost*. Při daném pomocném číslování rohů lze tyto vazby převzít z tabulky *pom*, která byla právě pro tento účel vytvořena. Po přidání rohu určitého čísla bylo z tabulky *pom* zjištěno, jaké dvojice tento roh vytváří, tj. kterým vyměřovacím listům je jejich rohem. Z tabulky byla sice zjištěna pouze čísla vyměřovacích listů v rámci mapového listu, ale vzhledem ke znalosti aktuálního mapového

listu bylo možné identifikátory těchto vyměřovacích listů jednoznačně dohledat. Zjištěné vazby rohu na vyměřovací listy byly realizovány pomocí tabulky *sousednost*. V případě, že průchod algoritmu narazil na vnější roh, který již do databáze přidal algoritmus z jiného mapového listu, byly mu v tabulce *sousednost* přidány další vazby na vyměřovací listy aktuálního mapového listu.

Po spuštění algoritmu na všech mapových listech bylo vytváření rohů vyměřovacích listů dokončeno. Uložené rohy však měly pouze zeměpisné souřadnice a bylo nutné jim určit i souřadnice v S-JTSK. K tomu byla využita webová aplikace "Coordinate Reference System Transformations" vyvinutá Ing. Janem Ježkem, Ph.D. Vstupem byl textový soubor zeměpisných souřadnic sestavený jednoduchým dotazem z databáze a výstupem textový soubor souřadnic v S-JTSK ve stejném pořadí. Tento soubor byl dále zpracován a souřadnice uloženy k příslušným rohům v databázi do sloupce *souradnice* v tabulce *roh*.

V průběhu procesu lokalizace se ale ukázalo, že interpolované zeměpisné souřadnice rohů vyměřovacích listů nejsou jejich skutečné souřadnice a tudíž ani transformované souřadnice v S-JTSK nemohou být správné. Rozdíl mezi vypočtenými a skutečnými souřadnicemi dosahoval až 30 metrů a ukázalo se, že je to způsobeno zanedbáním neortodromičnosti mapových listů (kapitola 1.2.3). Popsaná situace je znázorněna na obrázku 21, kde zelené tečky představují správné souřadnice rohů, zatímco červené jsou souřadnice získané interpolací. Pomocí interpolace zeměpisných souřadnic totiž nezískáme obraz rovnoběžky (úsečka spojující okrajové rohy), ale pouze obraz ortodromy (křivka zobrazená čárkovaně). Tyto nepřesnosti bylo nutné opravit pomocí vyrovnaní na přímku určenou dvěma rohy ležícími na stejné rovnoběžce a na opačných polednících mapového listu.



Obrázek 21 Rozdíl mezi interpolovanými a skutečnými souřadnicemi rohů

V okamžiku, kdy již rohy měly správně určené souřadnice v S-JTSK, bylo možné všem vyměřovacím listům naplnit jejich prostorový sloupec *prostor*. Jak již bylo popsáno v 3.3.1, tento sloupec obsahuje polygon vymežující prostor jednotlivých vyměřovacích listů a je určen pomocí souřadnic jejich 4 rohů.

Posledním krokem naplnění databáze je přesun 3 779 reprezentativních prvků polohopisu z desítek textových souborů do datové struktury vytvořené v tabulce *dataz*. Kód vytvořený pro tuto operaci sestává z úpravy dat obsažených ve vstupních souborech a následného vkládání do tabulky *dataz*. V poslední fázi je ještě každému bodu přiřazen ve sloupci *id\_vl* identifikátor vyměřovacího listu, v němž se tento bod nachází. Přiřazení je umožněno prostorovým dotazem, zda se dané souřadnice bodu nacházejí uvnitř geometrie polygonu uloženého ve sloupci *prostor* v tabulce *vyměřovaci\_list*.

### **3.4.2. Zpracování vektorizovaných bodů jednotlivých vydání**

Přidání určitého vydání mapového listu je velmi jednoduché, neboť se jedná pouze o vložení nového záznamu do tabulky *vydani*. Na pozadí se však ihned po vložení takového záznamu spouští databázový trigger, jehož úkolem je připravit pro toto vydání příslušné rohy druhého a třetího typu (správně propojené s tabulkou *roh*) do tabulky *roh\_vydani* tak, jak je popsáno v kapitole 3.3.2.

Pro přidání vydání jsou poté sestaveny tři seznamy souřadnic a poskytnuty uživateli. První z nich je soubor "*ID\_lok.stx*", kde *ID* je identifikátor daného vydání. Obsahuje souřadnice čtyř rohů mapového listu, tj. vnějších rohů prvního typu. Tyto souřadnice jsou převzaty ze sloupce *souřadnice* v tabulce *roh*. Seznam souřadnic je určen k provedení základní lokalizace mapového listu. Jde o projektivní transformaci na 4 body ze souřadnicové soustavy skeneru do S-JTSK.

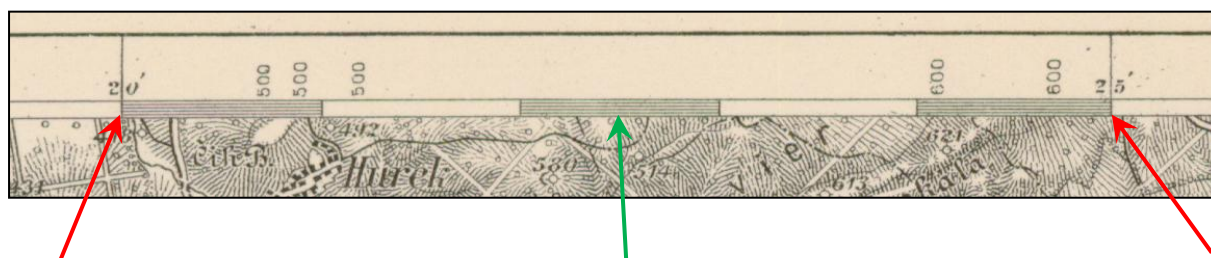
Druhým seznamem je soubor "*ID\_dataz.stx*" a určuje body, které jsou potřebné od uživatele vektorizovat. V první části seznamu jsou všechny reprezentativní body z tabulky *dataz* nacházející se v prostoru daného mapového listu. V seznamu jsou jejich identifikátory, souřadnice i kategorie. Ve druhé části seznamu jsou souřadnice 18 bodů rovnoměrně rozmístěných na rámu mapového listu. Tyto souřadnice jsou vypočteny ze 4 rohů mapového listu.

Třetím seznamem je soubor "*ID\_odsun.stx*" a je určen k ukládání vektorizovaných souřadnic příslušných k bodům předchozího seznamu, tj. k reprezentativním bodům z tabulky

*dataz* a bodům rozmístěných na rámu. Tyto souřadnice v době vytváření seznamu ještě nemohou být známy a je tak vyplněna pouze jeho hlavička. Ta však obsahuje identifikátor vydání, pro něž byly tyto seznamy vytvořeny. To je důležité pro následné zpracování, kdy tento seznam bude od uživatele vyplněný vektorizovanými souřadnicemi a bude třeba určit, na kterém vydání tato vektorizace proběhla.

Až uživatel provede pro dané vydání vektorizaci všech bodů ze seznamu "*ID\_dataz.stx*" do seznamu "*ID\_odsun.stx*", je nutné tento soubor zpracovat. 18 bodů nacházejících se na rámu mapového listu je od bodů z tabulky *dataz* odlišeno prefixem "9999" a při zpracování je tak lze snadno rozeznat. Důvodem, proč je nutné vektorizovat body z rámu mapového listu, je neznalost srážky daného vydání. Jak již bylo vysvětleno v kapitole 3.3.2, nelze kvůli tomu jednoduše vypočítat přesné zdrojové souřadnice vnějších rohů vyměřovacích listů nacházejících se na rámu mapového listu, konkrétně vnějších rohů druhého typu. Pro zachování návaznosti kresby mezi sousedními vydáními je jejich znalost ale potřebná. Tyto vnější rohy nejsou na mapě přímo identifikovatelné a nelze je tak rovnou vektorizovat. Ke zjištění jejich souřadnic proto bylo na rámu vybráno 18 rovnoměrně rozmístěných bodů nacházejících se v jednoznačně identifikovatelných místech kresby. Z vektorizace těchto souřadnic je pak možné interpolací vypočítat potřebné souřadnice vnějších rohů a uložit je do sloupce *souradnice* v tabulce *roh\_vydani*.

Na obrázku 22 je ukázka, jak lze získat souřadnice vnějšího rohu interpolací z jiných vektorizovaných bodů. Vnější roh je označen zelenou šipkou a je patrné, že takový bod nelze v mapě přímo vektorizovat. Uživateli jsou proto k vektorizaci určeny jiné body označené červenou šipkou, které již lze v mapě snadno určit, neboť se nacházejí v místě výrazného rozhraní kresby. Vnější roh pak může být vypočítán interpolací úsečky. Na této ukázce je interpolační poměr jednoduchý, pro jiné vnější rohy je ale situace složitější.



Obrázek 22 Ukázka interpolace souřadnic vnějších rohů druhého typu

Po dokončení zpracování bodů z rámu s prefixem "9999" jsou dále zpracovány i vektorizované souřadnice mapových značek příslušných k bodům z tabulky *dataz*. Při uživatelské vektorizaci jsou souřadnicím v seznamu "*ID\_odsun.stx*" přidělovány stejné identifikátory, jaké mají příslušné referenční body ze seznamu "*ID\_dataz.stx*". Tím je výrazně ulehčeno zpracování těchto bodů, neboť stačí jejich vektorizované souřadnice ukládat pod tímto identifikátorem do tabulky *bod* a vyplnit jim návaznost na dané zpracovávané vydání (sloupec *id\_vydání*). Uloženým bodům v tabulce *bod* jsou pak vypočítány odchylky od referenčních ekvivalentů z tabulky *dataz* a uloženy do sloupce *oprava*. Výpočet odchylek je velmi jednoduchý a jedná se o rozdíl referenčních souřadnic a souřadnic vektorizovaných.

### 3.4.3. Výpočet oprav rohů vyměřovacích listů

Po naplnění databáze potřebnými vektorizovanými souřadnicemi bodů a výpočtu jejich odchylek je možné zahájit důležitou fázi procesu lokalizace a tou je výpočet oprav rohů vyměřovacích listů.

Princip naprogramovaného řešení je shodný pro vnější i vnitřní rohy. Pro daný roh jsou pomocí vazebné tabulky *sousednost* zjištěny všechny jeho vyměřovací listy. Hledání probíhá mezi všemi mapovými listy, proto by teoreticky měly být vždy nalezeny čtyři vyměřovací listy. Z důvodu omezeného území jich ale může v databázi existovat i méně. Na každém nalezeném vyměřovacím listu jsou spočítány průměrné odchylky souřadnic ze všech bodů tabulky *bod* určitého vydání vyskytujících se v jeho prostoru.

Pro všechny příslušné vyměřovací listy jsou tedy vypočteny průměrné odchylky, avšak pouze v případě, že na jejich území existují nějaké reprezentativní body. Zejména na hraničních mapových listech se často nacházejí vyměřovací listy mimo naše území, kde již není bodové pole JTSK a tudíž nemohly být převzaty žádné reprezentativní body z databáze *DATAZ*. V takovém případě nelze průměrné odchylky vyměřovacího listu spočítat. Průměrné odchylky vyměřovacích listů, na nichž se reprezentativní body nacházejí, jsou následně znovu zprůměrovány a výsledné průměrné odchylky jsou uloženy jako oprava daného rohu.

V případě, že ani jeden příslušný vyměřovací list neobsahuje reprezentativní body, oprava daného rohu nemůže být tímto způsobem určena. Výpočet je za této situace založen na průměrování odchylek z kruhového okolí rohu, přičemž rozsah tohoto okolí je zvětšován, dokud nejsou reprezentativní body nalezeny.



Realizovaný princip výpočtu je založený na dvouúrovňovém průměrování z důvodu rovnoměrného zohlednění odchylek v případě, že na některých vyměřovacích listech může být mnohem více reprezentativních bodů (5-6 bodů) než na ostatních (1-2 body). Tato situace nastává opět na hraničních mapových listech nebo v oblastech, kde se stýkají rozsáhlé neobydlené lesy a zastavěná území. V případě přímého celkového průměrování ze všech čtyř vyměřovacích listů současně by odchylky z vyměřovacích listů s nízkým počtem bodů měly na určení opravy rohu jen minimální podíl. To by ale znamenalo, že shluky nacházející se v prostoru těchto vyměřovacích listů nebyly dostatečně zohledněny. Na druhou stranu bylo empiricky ověřeno, že provedený způsob výpočtu je dostatečně přesný a není potřeba do něj vnášet váhy nebo ho počítat z jinak určeného okolí.

Jak již bylo podrobně vysvětleno v kapitole 3.2.3, opravy vnějších rohů musí být vypočteny pouze jednou a společně. Každý mapový list je při výpočtu těchto oprav reprezentován jedním referenčním vydáním (atributově označeno v databázi). Při výpočtu oprav vnějších rohů jsou proto počítány průměrné odchylky právě z těchto referenčních vydání. Vypočtené opravy jsou ukládány do sloupce *oprava* v tabulce *roh* a jsou platné pro všechna ostatní vydání. Oproti tomu výpočet oprav vnitřních rohů pracuje pouze s odchylkami získanými z jediného vydání mapového listu a takto vypočtené opravy pak platí pouze pro něj. Pro jiné vydání jsou opravy počítány znovu z odchylek získaných přímo z něj. Vypočtené opravy jsou ukládány do sloupce *oprava* ve vazebné tabulce *roh\_vydani*.

#### **3.4.4. Výpočet transformačních rovnic a sestavení zadání lokalizace**

Při znalosti oprav všech vyměřovacích rohů, tj. neměnných oprav vnějších rohů i aktuálně spočtených oprav vnitřních rohů daného vydání, lze již snadno sestavit zadání projektivní transformace po částech. Zdrojové souřadnice rohů jsou uloženy v databázi a cílové souřadnice vzniknou pouhým přičtením oprav.

Zadání projektivní transformace po částech pro využitý software Kokeš je jednoduchý textový soubor nazvaný "*ID\_zadani.txt*". V hlavičce má zapsanu informaci o tom, jak bude prostor rozdělen na jednotlivé části pomocí zadaných souřadnic, tj. jak jsou zadané souřadnice uspořádány do vrstev a sloupců. V řešené situaci jde o hodnoty "5 5". Následuje 25 řádek, přičemž každá náleží jednomu rohu a uvádí se zde jeho zdrojové souřadnice a příslušné cílové souřadnice.

Jedinou skutečností, na kterou bylo nutné při sestavování tohoto zadání dávat zvýšený pozor, bylo rozdílné uložení zdrojových a cílových souřadnic u různých typů rohů. Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.2.3, vnější rohy prvního typu mají neměnné zdrojové i cílové souřadnice a jsou uloženy v tabulce *roh*. Vnější rohy druhého typu mají zdrojové souřadnice závislé na vektorizaci bodů z rámu příslušného vydání uložené v tabulce *roh\_vydani* a cílové souřadnice neměnné v tabulce *roh*. A naopak vnitřní rohy mají zdrojové souřadnice neměnné v tabulce *roh* a cílové souřadnice závislé na vektorizaci reprezentativních bodů z příslušného vydání uložené v tabulce *roh\_vydani*.

Spolu se zadáním lokalizace po částech je zároveň vytvářen další seznam souřadnic "*ID\_roh.stx*". Jsou do něj ukládány cílové souřadnice vnějších rohů a bude uživateli sloužit ke snadnému a přesnému maskování lokalizovaného mapového listu. Pro provedení procesu lokalizace jsou výše uvedené kroky postačující, avšak nešlo by se z nich dozvědět nic o přesnosti provedené lokalizace po částech. Proto je vhodné spočítat i transformační rovnice projektivních transformací pro jednotlivé vyměřovací listy a zjistit tak z nich nové souřadnice bodů vyskytujících se v jejich prostoru a opětovným porovnáním s referenčními souřadnicemi z tabulky *dataz* i zbytkovou chybu lokalizace.

Pro výpočet projektivní transformace byly použity vztahy z [13]. Bylo nutné nalézt hodnoty 8 neznámých koeficientů matice transformace, a to na základě zdrojových a cílových souřadnic 4 rohů vyměřovacího listu. Vektor koeficientů  $m$  lze vypočítat vztahem:

$$\begin{pmatrix} m_{00} \\ m_{01} \\ m_{02} \\ m_{10} \\ m_{11} \\ m_{12} \\ m_{20} \\ m_{21} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x'_1x_1 & -x'_1y_1 \\ x_2 & y_2 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x'_2x_2 & -x'_2y_2 \\ x_3 & y_3 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x'_3x_3 & -x'_3y_3 \\ x_4 & y_4 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x'_4x_4 & -x'_4y_4 \\ 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & 1 & -y'_1x_1 & -y'_1y_1 \\ 0 & 0 & 0 & x_2 & y_2 & 1 & -y'_2x_2 & -y'_2y_2 \\ 0 & 0 & 0 & x_3 & y_3 & 1 & -y'_3x_3 & -y'_3y_3 \\ 0 & 0 & 0 & x_4 & y_4 & 1 & -y'_4x_4 & -y'_4y_4 \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} x'_1 \\ x'_2 \\ x'_3 \\ x'_4 \\ y'_1 \\ y'_2 \\ y'_3 \\ y'_4 \end{pmatrix}$$

Po získání hodnot koeficientů projektivní transformace daného vyměřovacího listu lze vypočítat nové souřadnice všem bodům, které se na tomto prostoru vyskytují. Výpočet je založen na vztahu:

$$\begin{pmatrix} px' \\ py' \\ p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} m_{00} & m_{01} & m_{02} \\ m_{10} & m_{11} & m_{12} \\ m_{20} & m_{21} & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix}$$

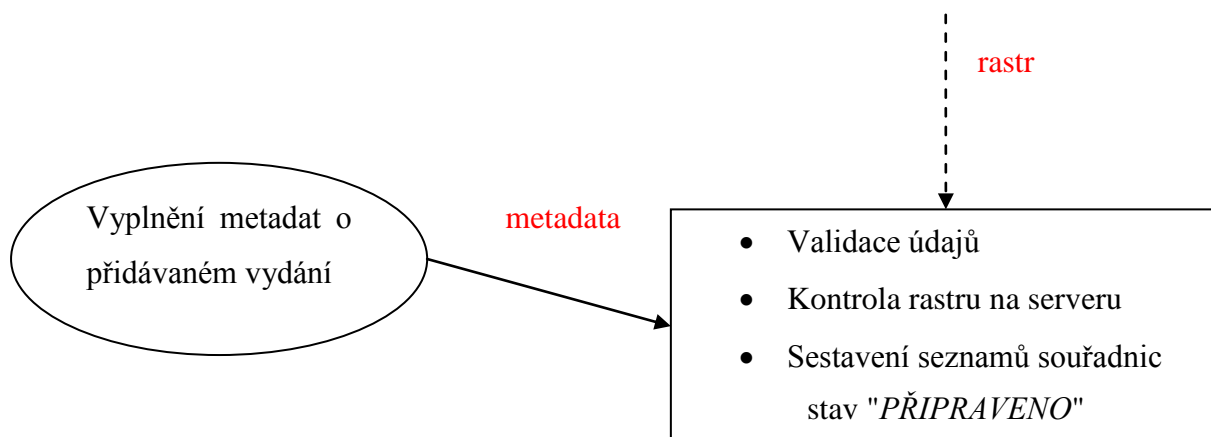
### 3.5. Webová aplikace

Aby vytvořený program nemusel být spouštěn a ovládán z příkazové řádky nebo vývojového prostředí Eclipse, byla vytvořena na serveru git.zcu.cz webová aplikace. Výhodou je snadná dostupnost vytvořeného programu pověřeným uživatelům, neboť jim ke spuštění a ovládní stačí webový prohlížeč jako jeho tenký klient. Jediné, co budou potřebovat navíc, je prostředí softwaru Kokeš, v němž se provádí některé úkony spjaté s procesem lokalizace.

Webová aplikace byla vytvořena pomocí frameworku Stripes, který je přímo určen pro aplikace založené na programovacím jazyku Java. Jejím těžištěm jsou dva oddělené procesy na dvou různých webových stránkách. Jeden je určen pro administrátory mapového portálu a druhý pro uživatele pověřené lokalizováním naskenovaných rastrů. Společný manuál popisující podrobně webovou aplikaci je umístěn v příloze 11.

#### 3.5.1. Administrátorská část

První část webové aplikace je určena administrátorům mapového portálu, kteří potřebují přidat na server a do databáze další vydání speciálních map. Pro tyto účely bylo na serveru git.zcu.cz zřízeno úložiště rastrových souborů. Vzhledem k velikosti těchto souborů ale není vhodné ukládat je na server přes webový prohlížeč. Administrátor tak musí mít k dispozici i souborový manažer podporující FTP protokol a uložení souboru na server zajistit mimo webovou aplikaci. Diagram procesu první části webové aplikace je jednoduchý a je zobrazen na obrázku 23. Úkony v elipse provádí administrátor, úkony v obdélníku jsou naprogramovány a probíhají na serveru. Červeně psané údaje popisují, co je předmětem přenosu na server.



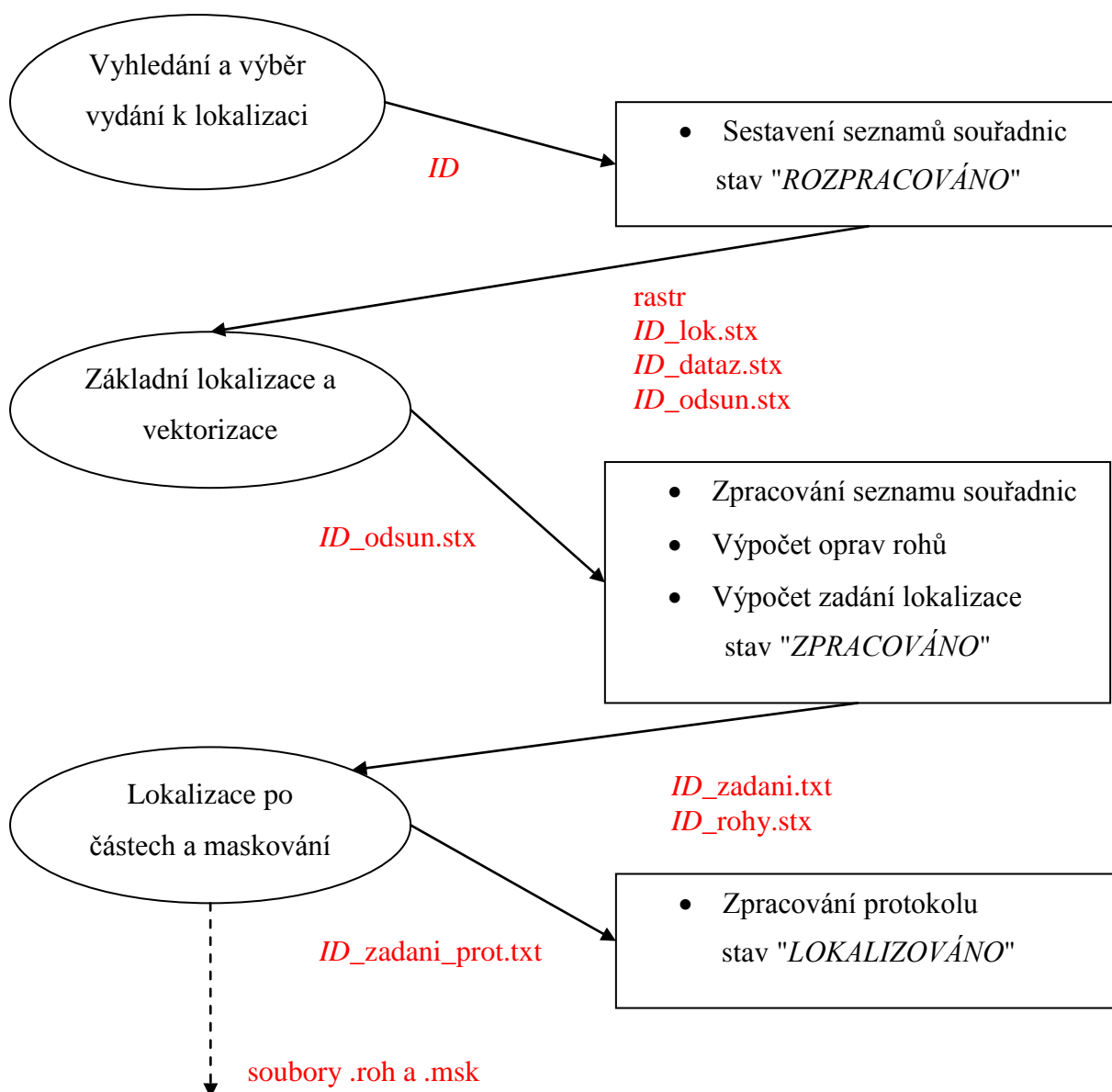
Obrázek 23 Diagram procesu první části webové aplikace

Administrátor má za úkol prohlédnout naskenovaný rastr a vyhledat v něm požadovaná metadata. Na základě několika těchto údajů musí rastr správně pojmenovat a uložit ho na server. Ve webovém prohlížeči vyplní údaje o nalezených metadatach a odešle na server. Na serveru je kontrolováno, zda byly vyplněny všechny povinné údaje a zda jsou vyplněné údaje smysluplné. Také je hlídáno, aby nedošlo k duplicitnímu vložení téhož vydání mapového listu vzhledem k vybrané množině metadatových údajů. Poslední kontrola se týká existence rastru popsaného vydání v příslušném úložišti na serveru. Pokud jsou všechny kontroly pozitivní, z vyplněných metadat je sestaven a vložen nový záznam do tabulky *vydani* a zaznamenán datum přidání. Celý postup je podrobně popsán v 1. části manuálu v příloze 11.

### 3.5.2. Uživatelská část

Druhá část webové aplikace slouží pověřeným uživatelům, kteří mají za úkol provést lokalizaci některých vydání mapových listů. Předpokládá se, že tato vydání již budou od administrátora uložena na serveru a přidána do databáze pomocí první části aplikace. Webová aplikace zde slouží jako tenký klient naprogramované Java aplikace, která připravuje a počítá zadání lokalizace po částech. Některé kroky procesu lokalizace ale program požaduje přímo od uživatele, neboť je k nim zapotřebí sofistikovanější software. Stejně jako v [1] i nyní se k práci spjaté se speciálními mapami osvědčil software Kokeš a je tedy nutné, aby k němu měl přístup i uživatel. Diagram procesu druhé části webové aplikace, tj. procesu lokalizace po částech, je zobrazen na obrázku 24. Úkony v elipse provádí uživatel, úkony v obdélníku jsou naprogramované a probíhají na serveru. Červeně psané údaje popisují, co je předmětem přenosu od uživatele na server nebo ze serveru uživateli.

Nejprve uživatel musí vyhledat dostupná vydání speciálních map, která jsou již od administrátora připravena k lokalizaci. Jsou zobrazena pouze vydání připravená k procesu lokalizace, nikoliv vydání, která už se lokalizují nebo byla lokalizována. Stav jednotlivých vydání je v databázi charakterizován sloupcem *stav*. Po vložení vydání v rámci první části webové aplikace je ve stavu "připraveno" a jen z takových může uživatel vybírat. Po výběru odesílá ID daného vydání na server, kde dojde k vyhodnocení a sestavení 3 seznamů souřadnic. Jeden je určen k provedení základní lokalizace, druhý obsahuje reprezentativní body z prostoru mapového listu a třetí je určen pro uložení souřadnic z vektorizace. O jejich významu a použití podrobně pojednává příloha 11. Kromě seznamů souřadnic je uživateli zpřístupněn i vlastní rastr mapového listu, se kterým bude v prostředí Kokeše pracovat. V tomto kroku procesu lokalizace dochází ke změně stavu vydání na "rozpracováno".



Obrázek 24 Diagram procesu druhé části webové aplikace

Po skončení práce v prostředí softwaru Kokeš odesílá uživatel naplněný seznam souřadnic z vektorizace. Na serveru je zpracován a použit k výpočtu oprav vnitřních rohů a sestavení zadání projektivní transformace po částech ve formě textového souboru. Ten je uživateli poskytnut spolu s dalším seznamem souřadnic pro provedení závěrečného maskování rastru. Stav vydání se zde mění na "zpracováno". Uživatel již pouze spustí vlastní lokalizaci po částech dle poskytnutého zadání a zamaskuje lokalizovaný rastr. Kokeš k operaci lokalizace po částech automaticky generuje protokol s dosaženou kvalitou, proto je od uživatele vyžadováno, aby ho na závěr odeslal na server. Po jeho úspěšné validaci se stav vydání mění na "lokalizováno", je zaznamenán datum dokončení lokalizace a uživatel může odevzdat výsledek celého procesu - soubory .roh a .msk.

## 4. Zhodnocení výsledků navržené lokalizace speciálních map

### 4.1. Způsob hodnocení přesnosti

V kapitole 3.3.4 již bylo zmíněno, že k ukládání výsledné přesnosti slouží druhá skupina sloupců tabulky *vydani*. Pouze znalost přesnosti provedené lokalizace po částech ale není sama o sobě úplně vypovídající, proto kvůli porovnání je zaznamenávána i přesnost základní lokalizace a lokalizace po celých mapových listech.

Uchovávání charakteristik o dosažené přesnosti je umožněno implementováním výpočtu transformačních klíčů pro všechny vyměřovací listy tak, jak je popsáno v kapitole 3.4.4. Ke všem zdrojovým vektorizovaným souřadnicím mapových značek reprezentativních bodů jsou dosažením do transformačních rovnic získány i jejich cílové souřadnice po projektivní transformaci vyměřovacího listu. Projektivní transformací všech 16 vyměřovacích listů na 1 mapovém listu získáme celkovou projektivní transformaci po částech, která se však ve skutečnosti provádí v softwaru Kokeš na základě textového zadání. Dalším rozdílem cílových souřadnic z tabulky *bod* a jim příslušných referenčních souřadnic z tabulky *dataz* jsou získány zbytkové odchylky těchto bodů po lokalizaci po částech. Tyto odchylky jsou uloženy v tabulce *bod* ve sloupci *chyba* a na jejich základě lze přesnost provedené lokalizace hodnotit.

Základní charakteristikou každého vydání jsou průměrné souřadnicové odchylky v jednotlivých osách a jejich směrodatné odchylky. Jsou počítány ze všech bodů nacházejících se v prostoru mapového listu daného vydání podle jednoduchých vztahů, kde  $X_i$ , resp.  $Y_i$  je souřadnice  $i$ -tého bodu z množiny  $n$  bodů v prostoru daného mapového listu. Jedná se o výslednou souřadnici po provedení lokalizace, oproti tomu  $\bar{X}_i$ , resp.  $\bar{Y}_i$  je souřadnice referenční.

$$d_X = \sum_{i=1}^n \frac{\bar{X}_i - X_i}{n} \quad d_Y = \sum_{i=1}^n \frac{\bar{Y}_i - Y_i}{n} \quad \sigma_X = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(X_i - d_X)^2}{n}} \quad \sigma_Y = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(Y_i - d_Y)^2}{n}}$$

Průměrné souřadnicové odchylky  $d_X$  a  $d_Y$  jsou vhodné především ke zjištění systematické chyby daného vydání. Směrodatné odchylky  $\sigma_X$  a  $\sigma_Y$  pak určují, jak moc se body vyskytující se na tomto vydání odlišují od této systematické chyby. Průměrné souřadnicové

odchyly však dostatečně nevypovídají o velikosti skutečných odchylek, proto je vhodné využívat především průměrnou polohovou odchylku podle vztahu:

$$d_p = \sqrt{d_x^2 + d_y^2}$$

Těchto 5 charakteristik přesnosti bylo vypočteno u všech vydání pro všechny typy lokalizace - po částech, základní i po mapových listech. Především průměrná polohová odchylka  $d_p$  tím slouží k jednoznačnému porovnání lokalizací různých vydání či různých typů lokalizace. Další výhodou této charakteristiky je snadná rozšiřitelnost oblasti, z níž je počítána. Ve výsledku ji tak lze spočítat ne po jednotlivých mapových listech, ale najednou pro celé území republiky ze všech reprezentativních bodů.

Pro lokalizaci po částech a základní lokalizaci byly dále spočteny 3 charakteristiky, které již nepřístupují k množině bodů z hlediska průměru, ale pomocí střední chyby. Těmito charakteristikami jsou střední chyby souřadnic  $m_x$  a  $m_y$  a střední souřadnicová chyba  $m_{xy}$ . Byly vypočítány podle vztahů:

$$m_x = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(\bar{X}_i - X_i)^2}{n}} \quad m_y = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(\bar{Y}_i - Y_i)^2}{n}} \quad m_{xy} = \sqrt{\frac{m_x^2 + m_y^2}{2}}$$

Mezi střední souřadnicovou chybou a průměrnou polohovou odchylkou navíc platí níže uvedený vztah. Tento vztah byl otestován na množině všech vydání a až na průměrnou odlišnost 3 metrů byla jeho platnost úspěšně ověřena.

$$m_{xy} = \frac{d_p}{\sqrt{2}}$$

O kvalitě provedené lokalizace vypovídají nejen tyto charakteristiky pracující se zbytkovými odchylkami reprezentativních bodů, ale i další hodnoty zohledňující přesnost návaznosti kresby zvolené projektivní transformace po částech. V protokolu k provedené transformaci jsou uvedeny hodnoty charakterizující míru návaznosti mezi jednotlivými dvojicemi plátů. V protokolu se však pracuje nejen se 16 pláty ve smyslu vyměřovacích listů, ale i s 20 dalšími, které je kolem dokola obklopují. V rámci lokalizovaného rastru celkem existuje 60 rozhraní mezi těmito 36 pláty. Je však zřejmé, že hodnoty na rozhraní rámu mapového listu či dokonce mezi pláty mimo mapu nejsou tak důležité jako rozhraní uvnitř mapové kresby.

V tabulce *vydani* je toto zohledněno a o kvalitě návaznosti kresby zde vypovídají celkem 4 sloupce. Všechny se týkají pouze provedené lokalizace po částech. Lokalizace po celých mapových listech nebyla fyzicky realizována, pouze pro ni byly vypočteny některé výše zmíněné charakteristiky, aby šlo prokázat, že lokalizace po částech přináší lepší výsledky. Prvním z nich je sloupec *nespoje*, v němž je číselná hodnota udávající, na kolika rozhraních mezi pláty došlo po transformaci ke vzniku nespojitosti větší, než je průměrná velikost pixelu. Tato hodnota udává celkový počet ze všech 60 rozhraní, oproti tomu sloupec *nespoje\_vnitřni* obsahuje pouze počet nespojitostí uvnitř mapové kresby. Tyto dva sloupce tedy charakterizují nespojitost z hlediska počtu rozhraní, na rozdíl od druhé dvojice sloupců, které hodnotí nespojitost na základě její průměrné velikosti v metrech. Ve sloupci *posun* je uložen průměr velikosti nespojitosti ze všech 60 rozhraní, ve sloupci *posun\_vnitřni* opět jen rozhraní uvnitř mapové kresby.

Tyto nespojitosti rozhraní, které mohou vzniknout při projektivní transformaci po částech, jsou následně rovnou odstraňovány. Ve výsledku se tak žádná nespojitost na lokalizovaném mapovém listu nevyskytuje. Důvodem, proč jsou uchovávány hodnoty vyjadřující stav nespojitosti před touto opravou, je skutečnost, že lokální opravou nespojitostí dochází k lokálním změnám v kresbě. V případě drobných nespojitostí bude docházet jen k drobným změnám, v případě rozsáhlých nespojitostí ale může v okolní kresbě dojít ke ztrátě získané přesnosti.

## 4.2. Dosažená přesnost

Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.3.2, vydání lokalizované podle tohoto řešení jsou rozděleny na dvě skupiny. Na vydání výchozí a ostatní. Výchozí vydání jsou reprezentativní vydání pro příslušné mapové listy a byly použity k výpočtu oprav vnějších rohů, tj. nového kladu mapových listů. Ostatní vydání opravy vnějších rohů přebírají a svůj polohopis zohledňují pouze opravami 9 vnitřních bodů. Pro 102 mapových listů pokrývajících naše území bylo za výchozí zvoleno 81 nereambulovaných map z poskytnuté mapové sady vydané kolem roku 1924, 17 nereambulovaných map staršího data vydání a 4 reambulované mapy. Zvolená mapová sada použitá na většině území byla zvolena pro svoji vysokou homogenitu, čitelnost a kvalitu naskenování. Aby bylo ověřeno, že vytvořený postup funguje i na ostatní vydání, bylo lokalizováno ještě 12 dalších vydání, z nichž se opravy vnějších rohů nepočítaly.



#### 4.2.1. Přesnost výchozích vydání

Vizualizace zbytkových odchylek získaných po lokalizaci výchozích vydání je v příloze 9. Zelenými šipkami jsou zde značeny odchylky menší než 30 metrů, oranžovými šipkami odchylky v intervalu 30 až 60 metrů a červenými šipkami odchylky přesahující 60 metrů. Vzhledem k nutnosti znatelně změnit intervaly tří barevných kategorií nelze vizualizaci bezmyšlenkově srovnávat s vizualizacemi základní lokalizace v příloze 2 a lokalizace s vyrovnáním v příloze 3. Pokud by byly totiž zvoleny podobné intervaly jako u nich, výsledná vizualizace odchylek lokalizace po částech by obsahovala pouze samé zelené šipky nepatrné velikosti. Kromě výrazného snížení velikosti odchylek lze z vizualizace vyčíst ještě jednu neméně podstatnou informaci. Zvoleným postupem byl totiž prakticky všude odstraněn systematický vliv odchylek a jejich chování je už pouze náhodné.

Průměrná polohová odchylka reprezentativních bodů po lokalizaci výchozích vydání na celém území republiky je 34 metrů. Bylo tak dosaženo velmi výrazného snížení odchylek ze 120 metrů u základní lokalizace, resp. ze 64 metrů u lokalizace s vyrovnáním. Snížení je tak velké, že došlo i k přiblížení samotné přesnosti shluků, tj. ke 27 metrům. V tabulce 4.1 jsou body rozčleněny do 10 intervalů podle velikosti polohové odchylky. Je patrné, že polovina bodů má polohovou odchylku menší než 30 metrů a dvě třetiny bodů menší než 40 metrů. V intervalech od 60 metrů se již nevyskytuje ani desetina bodů.

Tabulka 4.1 Četnost kategorií polohových odchylek při lokalizaci po částech

dP [m]	0	11	21	31	41	51	61	71	81	91
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	120
Počet bodů	272	679	876	743	529	325	175	87	51	37
[%]	7	18	23	20	14	9	5	2	1	1

Charakteristiky přesnosti uvedené v předchozí kapitole nebylo možné uvádět u všech mapových listů. Některé mapové listy totiž zasahují do našeho území jen velmi malým prostorem a obsahují pouze několik reprezentativních bodů. Z příliš malého počtu bodů by ale nebyly vypočtené příliš vypovídající charakteristiky. Z tohoto důvodu jsou charakteristiky přesnosti počítány pouze pro mapové listy, na jejichž území se vyskytuje alespoň 15 reprezentativních bodů. Z celkové počtu 102 mapových listů se jedná o 85 z nich. U všech výchozích vydání těchto 85 mapových listů byly vypočteny charakteristiky přesnosti. Tyto jednotlivé hodnoty pak byly zprůměrovány a výsledek je zapsán v tabulce 4.2. V případě

průměrných souřadnicových odchylek, které mohou být kladné i záporné, je průměr počítán z absolutní hodnoty.

Tabulka 4.2 Průměr charakteristik přesnosti z 85 výchozích vydání

$d_x$ [m]	$d_y$ [m]	$d_p$ [m]	$\sigma_x$ [m]	$\sigma_y$ [m]	$m_x$ [m]	$m_y$ [m]	$m_{xy}$ [m]
3	4	33	26	26	27	27	27

Výsledky uvedené v této tabulce opět potvrzují prakticky úplné odstranění systematické chyby, neboť 3-4 metry, o které se průměry liší od 0, lze vzhledem k měřítku mapy považovat za zcela zanedbatelné. Rovněž je zde patrná zajímavá skutečnost, že střední chyby obou souřadnic i střední souřadnicová chyba vychází shodně jako přesnost shluků, tj. 27 metrů. To potvrzuje již dříve vyslovený předpoklad, že tato hodnota již představuje samotnou přesnost zakreslení mapové značky.

Jak již bylo zmíněno, přesnost lokalizace je možné popsat i na základě návaznosti kresby. Průměrné hodnoty 4 příslušných charakteristik jsou uvedeny v tabulce 4.3. Výsledky jsou navíc počítány zvlášť pro celkový počet 102 vydání mapových listů, pro 85 vydání mapových listů obsahujících alespoň 15 bodů a pro 17 vydání mapových listů zasahujících do našeho území jen minimálně.

Tabulka 4.3 Průměr charakteristik návaznosti kresby

	102 ML	85 ML	17ML
Pláty překračující mezní hodnotu nespojitosti [1]	6-7	6	10
Pláty pouze uvnitř mapové kresby [1]	2-3	2	4-5
Průměrná velikost nespojitosti [m]	9	6	12-13
Průměrná velikost nespojitosti v mapové kresbě [m]	8	5	11

Z výsledků lze interpretovat především skutečnost, že mapové listy s dostatečným počtem bodů jsou lokalizovány kvalitněji než okrajové mapové listy. Návaznost kresby v rámci 85 mapových listů je dostačující, k překročení mezní hodnoty nespojitosti dochází v průměru jen na 6 rozhraních, tj. na 10%. Uvnitř mapové kresby se jedná pouze o 2 rozhraní.

Také průměrná velikost nespojitostí 5 metrů je vzhledem k měřítku zanedbatelná. Jak již bylo zmíněno, ve skutečnosti k žádným nespojitostem ale nedochází, neboť jsou automaticky opravovány. Tím ale může dojít k lokálnímu posunu kresby o stejně velkou hodnotu.

Oproti tomu u 17 okrajových mapových listů je patrné výrazné zhoršení návaznosti kresby z hlediska kvantity i velikosti. Opravou vyskytujících se nespojitostí zde může dojít k již znatelnému posunu kresby průměrně o více než 10 metrů. Důvodem zhoršené kvality lokalizace okrajových mapových listů je již zmíněný nedostatek reprezentativních bodů. Opravy některých rohů pak již nemohou být z odchylek interpolovány, ale musejí z nich být extrapolovány. V případě některých mapových listů nastává dokonce situace, kdy jsou interpolovány opravy pouze u 5 rohů a u zbylých 20 je nutná méně přesná extrapolace.

#### **4.2.2. Přesnost ostatních vydání**

Ověření lokalizace po částech na vydáních, která nebyla zvolena jako výchozí, proběhlo na 6 mapových listech, přičemž u dvou z nich byla lokalizována 3, resp. 4 další vydání. Bylo prokázáno, že umožněním samostatného výpočtu oprav 9 vnitřních rohů lze dostatečně zohlednit posun kresby jednotlivých vydání a zachovat tak získanou přesnost lokalizace výchozích vydání. Velikost směrodatných odchylek a středních chyb souřadnic se u dalších vydání oproti vydání výchozímu buď nemění vůbec nebo se zvyšují a snižují o 1-2 metry. Změny průměrných souřadnicových odchylek a polohové odchylky jsou ukázány v tabulce 4.4. Výchozí vydání mapového listu je uvedeno tučně.

Z tabulky je patrné, že zatímco po základní lokalizaci je kresba jednotlivých vydání posunuta oproti výchozímu vydání o desítky metrů, po lokalizaci po částech jsou tyto posuny prakticky eliminovány. Průměrné souřadnicové odchylky i průměrná polohová odchylka se zhoršuje většinou do 3 metrů. Pouze v případě, že dané vydání má kresbu posunutou oproti výchozímu vydání o extrémní hodnoty, dojde i v lokalizaci po částech k mírnému zhoršení přesnosti. Například 3. přidané vydání mapového listu 4353 má kresbu posunutou v souřadnici x průměrně o 80 metrů. Na takto velký posun nedokáže lokalizace po částech reagovat jako v jiných případech a dochází tak k vytvoření systematické zbytkové chyby v téže souřadnici v rozsahu 10 metrů. Ani tato hodnota však není příliš znepokojivá, obzvlášť když průměrná polohová odchylka tohoto vydání se zhoršila jen o jediný metr.

Tabulka 4.4 Porovnání přesnosti lokalizace výchozích a ostatních vydání

Číslo ML	Základní lokalizace			Lokalizace po částech		
	$d_x$ [m]	$d_y$ [m]	$d_p$ [m]	$d_x$ [m]	$d_y$ [m]	$d_p$ [m]
<b>4353</b>	<b>110</b>	<b>-113</b>	<b>161</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>37</b>
4353	83	-96	131	-2	1	34
4353	78	-91	124	-2	2	36
4353	31	-102	112	-10	1	38
<b>4251</b>	<b>50</b>	<b>-95</b>	<b>110</b>	<b>1</b>	<b>-1</b>	<b>24</b>
4251	72	-72	105	4	0	28
4251	36	-98	107	0	-3	26
4251	39	-64	78	0	0	26
4251	-9	-90	95	-6	-4	27

#### 4.2.3. Porovnání s lokalizací po mapových listech

V kapitole 2.4 byly popsány důvody k vyslovení předpokladu, že lokalizace založená na projektivní transformaci celého mapového listu nemůže být obecně dostatečná ani v případě, že opravy 4 rohů mapového listu budou počítány rovněž z odchylek okolních bodů, tj. bude zohledňovat okolní shluky. Aby mohl být tento předpoklad potvrzen, byly v průběhu procesu lokalizace po částech spočteny i zbytkové odchylky platné pro tento jednodušší způsob lokalizace a z nich některé charakteristiky přesnosti. Jak již bylo zmíněno, tato lokalizace nebyla prakticky realizována a vypočtené hodnoty slouží jen k porovnání.

Lokalizací po celých mapových listech by bylo na výchozích vydáních dosaženo průměrné polohové odchylky 46 metrů. Jedná se tedy o zhoršení o 12 metrů, tj. o jednu třetinu. Vizualizace zbytkových odchylek je v příloze 10. Barevné intervaly jsou totožné s vizualizací zbytkových odchylek lokalizace po částech v příloze 9. Na první pohled je patrné nejen podstatné zhoršení přesnosti, ale i neodstraněný výskyt systematických chyb, především v místech s většími odchylkami. Rozčlenění bodů do stejných 10 intervalů jako u lokalizace po částech je v tabulce 4.5.

Tabulka 4.5 Četnost kategorií polohových odchylek při lokalizaci po mapových listech

dP [m]	0	11	21	31	41	51	61	71	81	91
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	180
Počet bodů	159	412	570	650	529	445	344	248	148	238
[%]	4	11	15	17	14	12	9	7	4	6

I z těchto výsledků lze vidět zhoršení přesnosti. Do 30 metrů zde spadá již jen necelá třetina bodů a do 40 metrů necelá polovina. To nejdůležitější zhoršení se ale odehrává na druhém konci tabulky. Počet bodů s odchylkou přesahující 60 metrů se zvýšil z jedné desetiny na jednu čtvrtinu a počet bodů s extrémní odchylkou přes 80 metrů se zvýšil ze dvou procent na deset. Především znatelně vyšší výskyt těchto extrémních odchylek lze považovat za hlavní důvod, proč tento jednodušší způsob lokalizace neprovádět. Poslední porovnání s lokalizací po částech, konkrétně s tabulkou 4.2, je k dispozici v tabulce 4.6, z níž je patrné především nedostatečné odstranění systematické chyby odchylek.

Tabulka 4.6 Průměr základních charakteristik přesnosti z 85 výchozích vydání

$d_x$ [m]	$d_y$ [m]	$d_p$ [m]	$\sigma_x$ [m]	$\sigma_y$ [m]
13	17	46	31	32

Tento jednodušší způsob lokalizace selhává především na mapových listech, na nichž se vyskytuje více shluků s výrazně odlišným chováním odchylek. Zprůměrováním těchto rozdílně se chovajících shluků totiž nedojde k potřebné opravě ani jednoho z nich. Dalším případem selhání je přidání vydání s výrazným posunem kresby oproti výchozímu vydání. Například u 4. přidaného vydání mapového listu 4251 z tabulky 4.4 nelze jeho výrazný posun oproti výchozímu vydání zohlednit a dochází ke zhoršení průměrné polohové odchylky na 55 metrů oproti 35 metrům na výchozím vydání.

## Závěr

Hlavním cílem této práce bylo navrhnout a realizovat způsob, jakým by bylo možné lokalizovat různá vydání speciálních map tak, aby byla publikovatelná na připravovaném mapovém portále. Jedná se především o zajištění co nejvyšší přesnosti lokalizace jejich polohopisné kresby, a to na až úroveň několika desítek metrů. Současně musí být při zobrazování na mapovém portále zajištěna maximální možná návaznost kresby mezi vydáními sousedních mapových listů.

Samotná základní lokalizace pomocí projektivní transformace na 4 rohy mapového listu, jejichž cílové souřadnice v S-JTSK jsou vypočteny zobrazovacími rovnicemi, rozhodně neposkytuje požadovanou přesnost a z hlediska navrženého řešení se jedná pouze o lokalizaci přibližnou. Vyskytují se zde až dvousetmetrové odchylky souřadnic mapových značek reprezentativních prvků polohopisu od jejich známých a správných souřadnic, přičemž jejich průměrná polohová odchylka je 120 metrů a jsou vizualizovány v příloze 2. Tyto odchylky se sdružují do shluků, jejichž geometrické určení není vázáno na prostor mapových listů a je značně nepravidelné a matematicky nepopsatelné. Ukázka shluků je v příloze 4. Jejich odchylky mají společný charakter systematické chyby. Z výsledků shlukové analýzy se však ukázalo, že po odstranění této systematické chyby po jednotlivých shlucích stále zůstane průměrná zbytková polohová odchylka přibližně 27 metrů. Tuto hodnotu tak lze považovat za přesnost zakreslení mapové značky a je zřejmé, že od navrhované lokalizace nelze očekávat lepší polohovou přesnost než je tato hodnota.

Prvním projektem, který se pokoušel odstranit tyto systematické odchylky polohopisné kresby, byla lokalizace s vyrovnáním pomocí identických bodů vyskytujících se na státní hranici. Touto lokalizací bylo sice docíleno znatelného zpřesnění rozsáhlých částí našeho území, ale současně zůstaly nebo vznikly až stametrové odchylky v jiných prostorech. Tato lokalizace se tedy vyznačuje zejména vysokou nehomogenitou přesnosti, což bránilo jejímu využití v aplikačních projektech. Průměrná polohová odchylka lokalizace byla snížena na 64 metrů a její vizualizace je v příloze 3.

Aby mohlo být dosaženo vyšší přesnosti lokalizace, je nutné zohlednit výskyt shluků v prostorech jednotlivých mapových listů. Jednodušším způsobem, jak toho docílit, je vypočtení cílových souřadnic rohů mapových listů pomocí oprav získaných interpolací z odchylek vyskytujících se v jejich okolí. Tyto odchylky reprezentativních prvků polohopisu totiž

současně zastupují i shluky, v nichž se vyskytují. Po výpočtu cílových souřadnic rohů mapových listů lze opět provést projektivní transformaci na 4 rohy. Tímto způsobem lze snížit průměrnou polohovou odchylku na 46 metrů a zbavit se vysoké nehomogenity přesnosti. Vizualizace odchylek je v příloze 10. Popsaná lokalizace ale není vhodná pro mapové listy, na nichž se vyskytují shluky s výrazně odlišnými charaktery systematické chyby a pro mapové listy, jejichž jednotlivá vydání mají vzájemně zdatelně posunutou kresbu. A především se nejedná o lokalizaci, která by mapovému portálu mohla poskytnout nejlepší výsledky.

Všechny předchozí nedostatky odstraňuje výsledné navržené řešení. Aby bylo umožněno lépe vystihnout a opravit výskyt jednotlivých shluků, bylo nutné opustit princip jednoduché projektivní lokalizace na 4 rohy mapového listu. Prostor mapového listu byl proto rozdělen na 16 vyměřovacích listů a přešlo se k projektivní transformaci po částech. Hlavní výhodou tohoto principu je skutečnost, že v prostoru mapového listu už nejsou počítány pouze opravy 4 rohů mapového listu, ale 25 rohů vyměřovacích listů. Výskyt shluků tak lze zdatelně lépe vystihnout a potlačit. Volba vyměřovacího listu jako základní jednotky lokalizace není náhodná, neboť během mapování sloužili jako základní pracovní jednotky i pro práci v poli a následném sestavování mapového listu (popsáno v kapitole 1.3.1). Navržený princip lokalizace tak zohledňuje i technologii vzniku map III. vojenského mapování.

Při návrhu řešení bylo nutné zajistit i návaznost kresby mezi jednotlivými vydáními sousedních mapových listů. Různá vydání téhož mapového listu mají navíc vzájemně posutou polohopisnou kresbu a pro přesnou lokalizaci je nutné zohlednit i tuto nepříznivou skutečnost. Pro získání maximální přesnosti všech vydání a zároveň zajištění návaznosti kresby na styku mapových listů bylo zvoleno tzv. staticko-dynamické řešení výpočtu oprav rohů vyměřovacích listů. Tyto rohy byly rozděleny na 9 vnitřních a 16 vnějších, což je podrobně vysvětleno v kapitole 3.2.3. Hlavní myšlenou tohoto rozdělení je rozdílný přístup přidělování oprav. Zatímco opravy vnějších rohů vyskytujících se na styku 2 a více mapových listů jsou vypočteny pouze jednou a jsou tedy neměnné, opravy vnitřních rohů jsou jedinečné pro každé jednotlivé vydání. Statické cílové souřadnice vnějších rohů zajišťují návaznost kresby a dynamické cílové souřadnice vnitřních rohů vyjadřují posun polohopisné kresby daného vydání.

Navržený princip byl realizován pomocí databázového systému PostgreSQL, resp. PostGIS a programovacího jazyku Java. Vytvořená databáze obsahuje celkem 9 tabulek a její E-R-A model je vizualizován v příloze 8. Vlastní proces lokalizace byl naprogramován pomocí několika oddělených funkčních modulů. Pro jednoduché ovládání vzniklého programu byla dále vytvořena webová aplikace. Její první část je určena administrátorům a slouží k přidávání a správě jednotlivých vydání speciálních map určených pro mapový portál. Druhá část slouží pověřeným uživatelům, kteří mají za úkol administrátorem přidaná vydání zpracovat, tj. provést proces lokalizace. Tento proces je z velké části automatizován, některé úkony však musí uživatel provést odděleně v prostředí softwaru Kokeš, především vektorizaci souřadnic mapových značek reprezentativních prvků polohopisu platných pro dané vydání. K obsluze obou částí webové aplikace byl vypracován podrobný manuál, který je součástí této práce v příloze 11.

Implementovaným způsobem lokalizace bylo dosaženo vysoké přesnosti. Průměrná zbytková polohová odchylka reprezentativních prvků polohopisu činí pouze 34 metrů. Přesnost lokalizace se tím znatelně přiblížila k samotné přesnosti shluků, tj. 27 metrům. Skutečnost, že tato hodnota je přesnost zakreslení mapové značky, dále potvrzují výsledné střední chyby souřadnic a střední souřadnicová chyba, jejichž hodnota je rovněž 27 metrů. U jednotlivých vydání mapových listů byla prakticky odstraněna systematická chyba polohopisné kresby a vyskytující se zbytkové odchylky tak představují pouze chybu náhodnou a jedná se zřejmě o zmíněnou chybu zakreslu mapové značky. Vzájemně posunutá polohopisná kresba jednotlivých vydání stejných mapových listů byla úspěšně zohledněna a naprogramovaný proces ji dokáže zpracovat tak, že výsledné lokalizace všech vydání mapového listu mají téměř stejnou přesnost.

Navržením, vytvořením a ověřením funkčního programového řešení bylo splněno zadání diplomové práce, která navazuje na bakalářskou práci zabývající se stejným tématem. Problematika lokalizace map III. vojenského mapování tím ale stále není vyčerpána. Vytvořenou aplikaci lze dále rozšiřovat a přizpůsobovat dalšímu vývoji mapového portálu. Implementovaný princip je navíc platný i pro topografické sekce a další vývoj tak může směřovat i tímto směrem. Hlavním přínosem práce je umožnění automatizované lokalizace speciálních map s takovou přesností, aby byly bez omezení využitelné pro jakékoliv aplikační projekty.



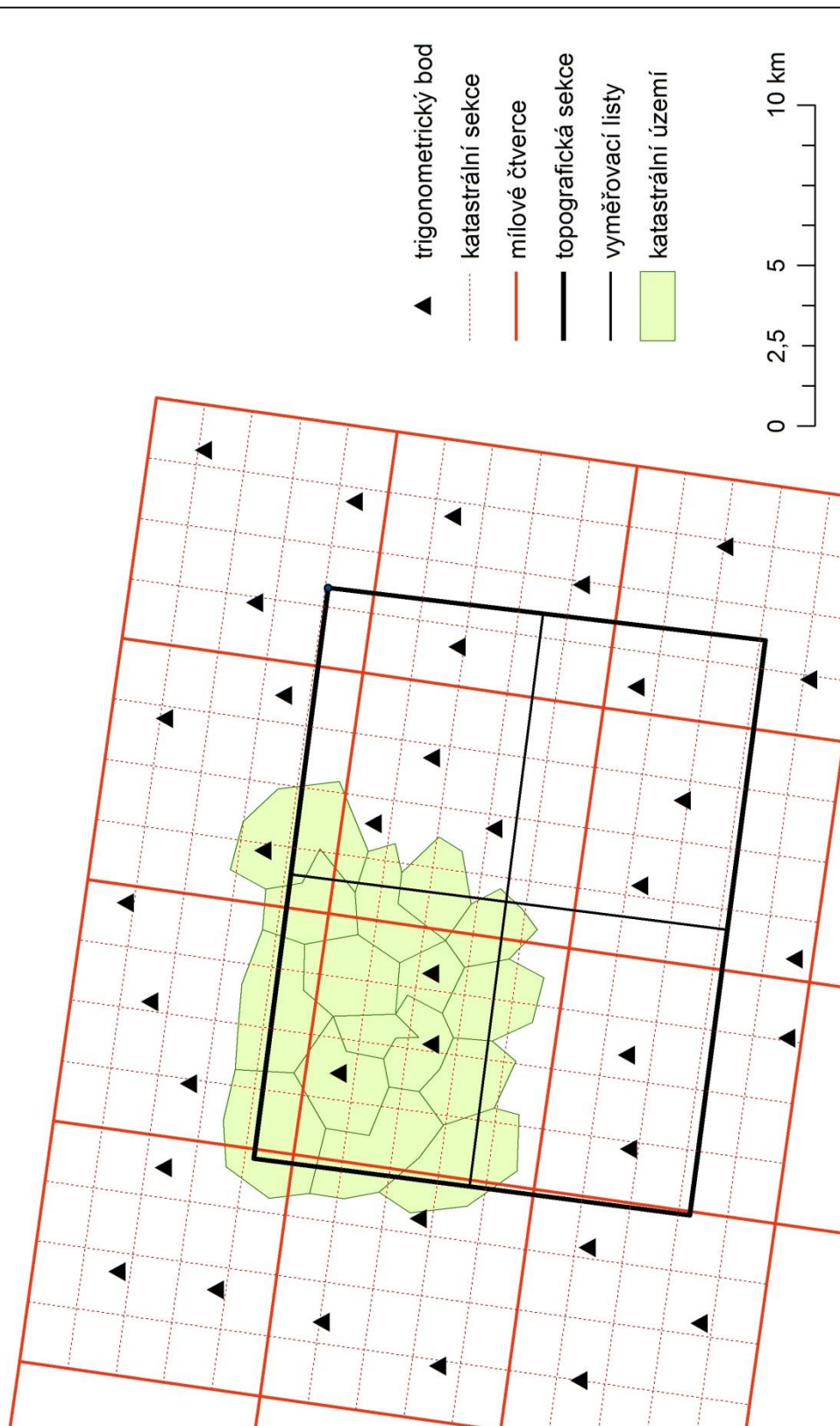
## Použitá literatura

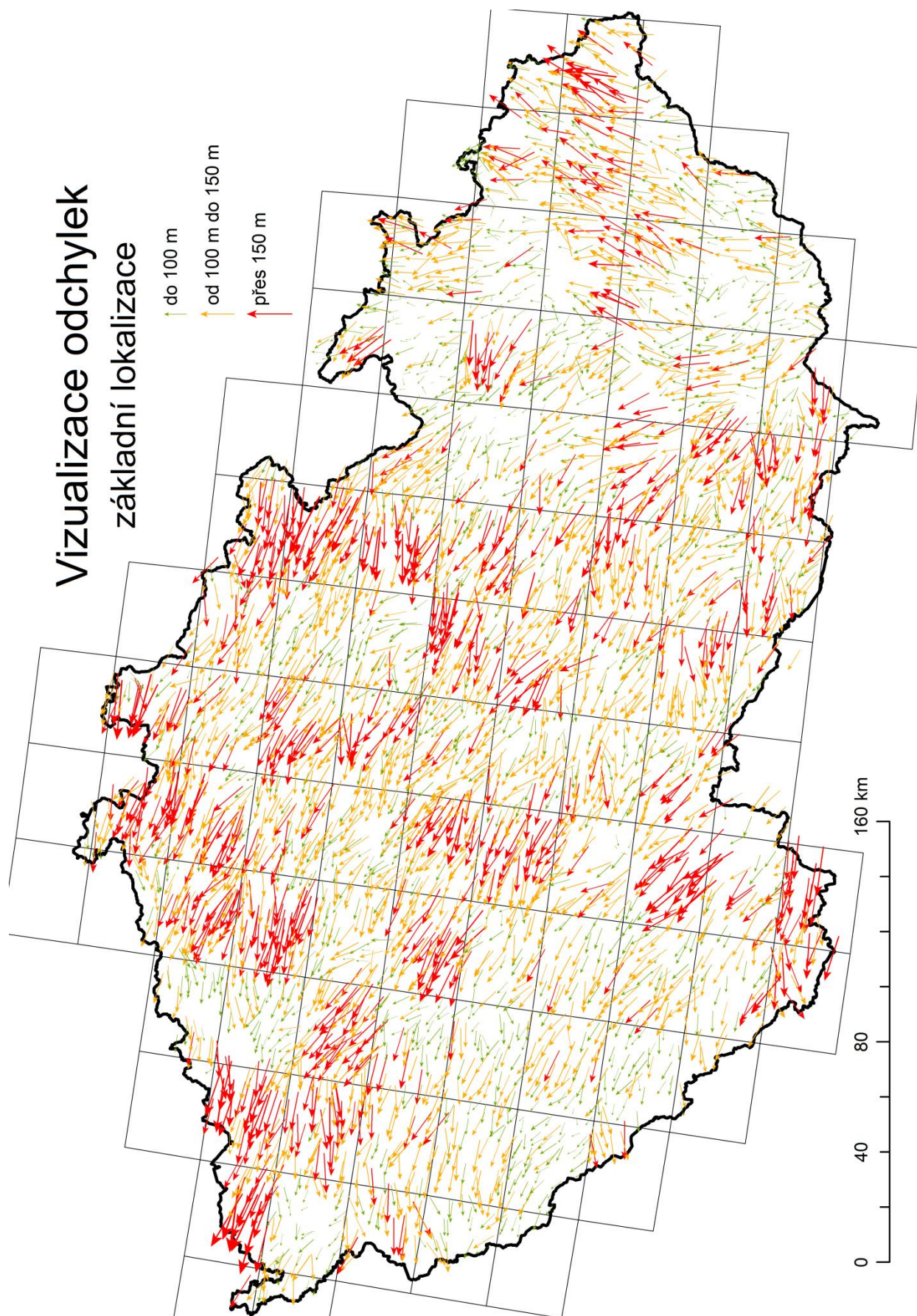
- [1] Krňoul R.: Přesnost zobrazení trigonometrických bodů na mapách III. vojenského mapování. Bakalářská práce. ZČU, Plzeň, 2010.
- [2] Čada V.: Robustní metody tvorby a vedení digitálních katastrálních map v lokalitách sáhových map. Habilitační práce. ČVUT, Praha, 2003.
- [3] Boguszak F., Císař J.: Mapování a měření českých zemí od poloviny 18. století do počátku 20. století. Praha, ÚSGK, 1961.
- [4] Semerád A.: Přepřacování triangulace rak. stupňového měření pro účele zeměměřické. Zeměměřický věstník. Brno, 1915.
- [5] Semerád A.: Nynější stav geodetických základů triangulačních v Československé republice. Zprávy veřejné služby technické, ročník X. Praha, 1928.
- [6] Šíma P.: <http://krovak.webpark.cz>, 2001-2010.
- [7] Boguszak F., Šlitr J.: Topografie. Praha, Státní nakladatelství technické literatury, 1962.
- [8] Kretschmer I.: Österreichische Kartographie. Institut für Geographie und Regionalforschung der Universität Wien, 2004.
- [9] Hartl H.: Die Projectionen der wichtigsten vom k.k. Generalquartiermeisterstabe und vom k.k. militär-geographischen Institute herausgegebenen Kartenwerke. Mittheilungen des k.k. militär-geographischen Institutes. Svazek VI. Wien, 1886.
- [10] Čechurová M.: Matematicko-kartografická analýza rakouských topografických map ze III. vojenského mapování. Miscellanea Geographica 12. Plzeň, 2006.
- [11] Lukášek V.: Katastrální souřadnicové systémy na území ČSR do roku 1918 a jejich vztah k topografickému měření. Výroční zpráva VZÚ, svazek XII. Praha, 1932.
- [12] Čada V.: Analýza lokalizace rastrových ekvivalentů III. vojenského mapování do S-JTSK. Sborník konference Geoinformatika ve veřejné správě. Brno, 2006.
- [13] Ježek J.: Implementace transformací souřadnicových systémů v GIS. Dizertační práce. ČVUT, Praha, 2009.

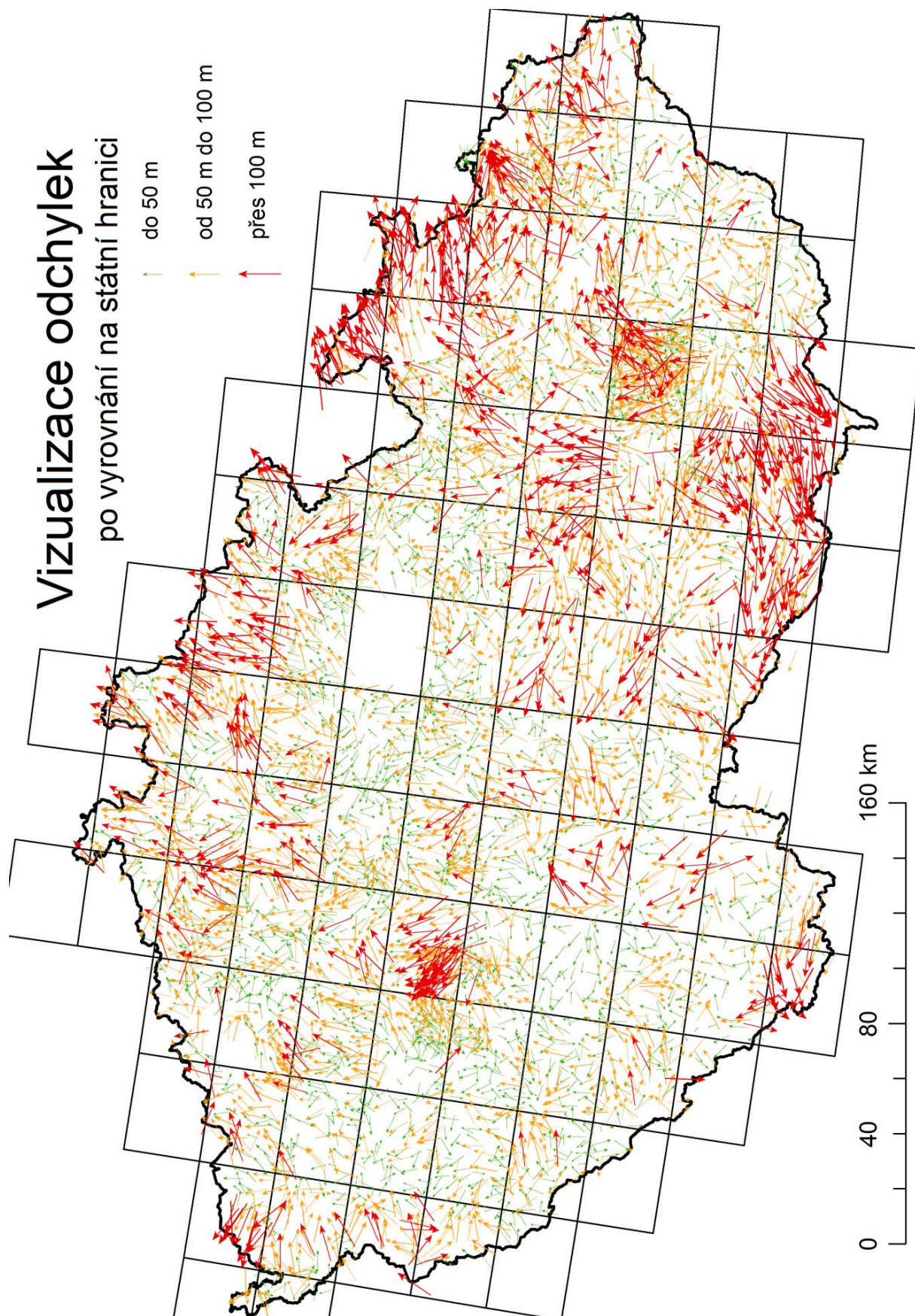
## Seznam příloh

- 1 Vztah topografické sekce a katastrálního podkladu
- 2 Vizualizace odchylek základní lokalizace
- 3 Vizualizace odchylek po vyrovnání na státní hranici
- 4 Vizualizace shluků vybraného území
- 5 Vztah speciální mapy a kladu čtverečních mílí
- 6 Vztah vyměřovacích listů a shluků
- 7 Klad speciálních map 1:75 000
- 8 E-R-A model vytvořené databáze
- 9 Vizualizace odchylek lokalizace po částech
- 10 Vizualizace odchylek lokalizace po mapových listech
- 11 Manuál k obsluze webové aplikace
- 12 Struktura přiloženého DVD

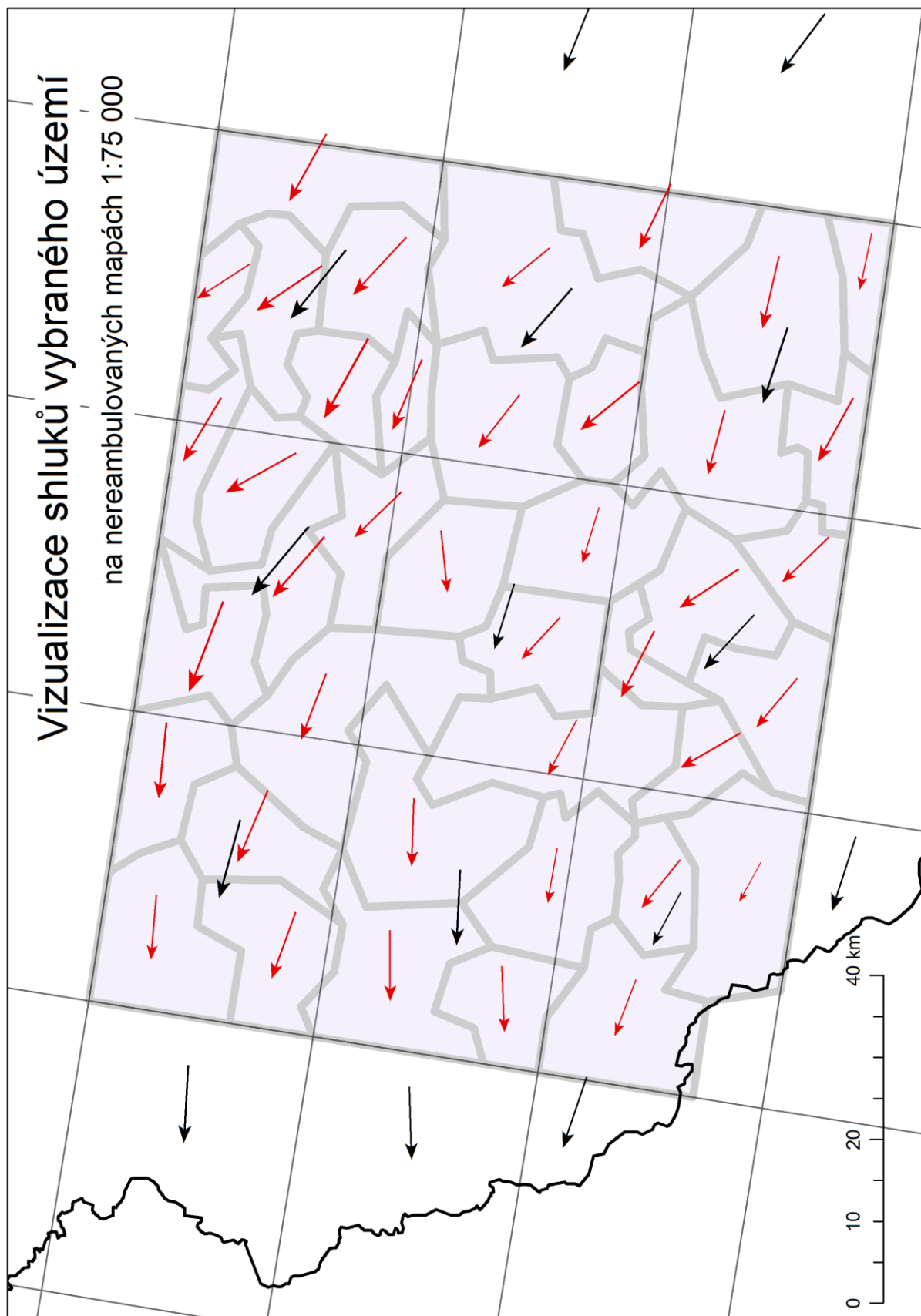
# Vztah topografické sekce a katastrálního podkladu



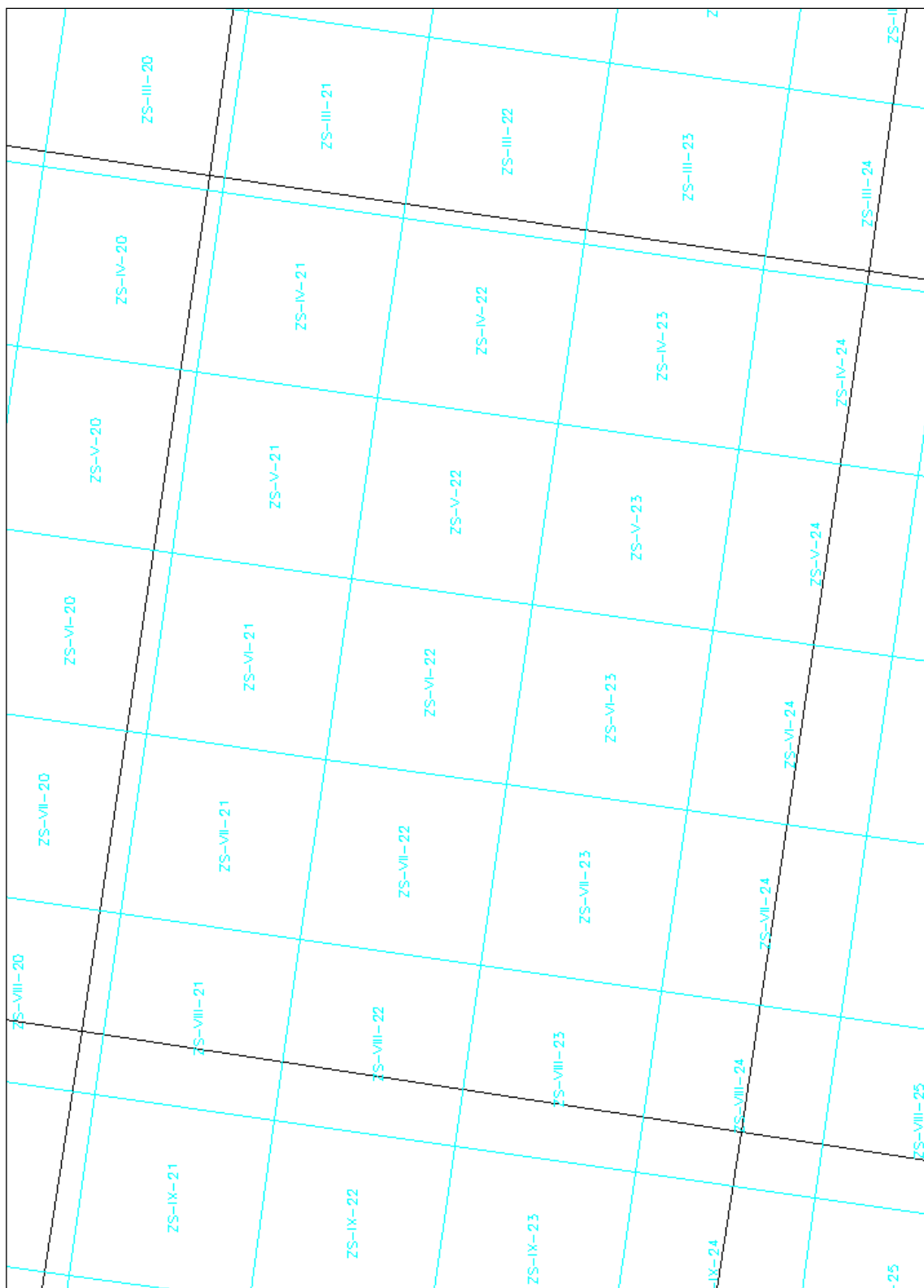




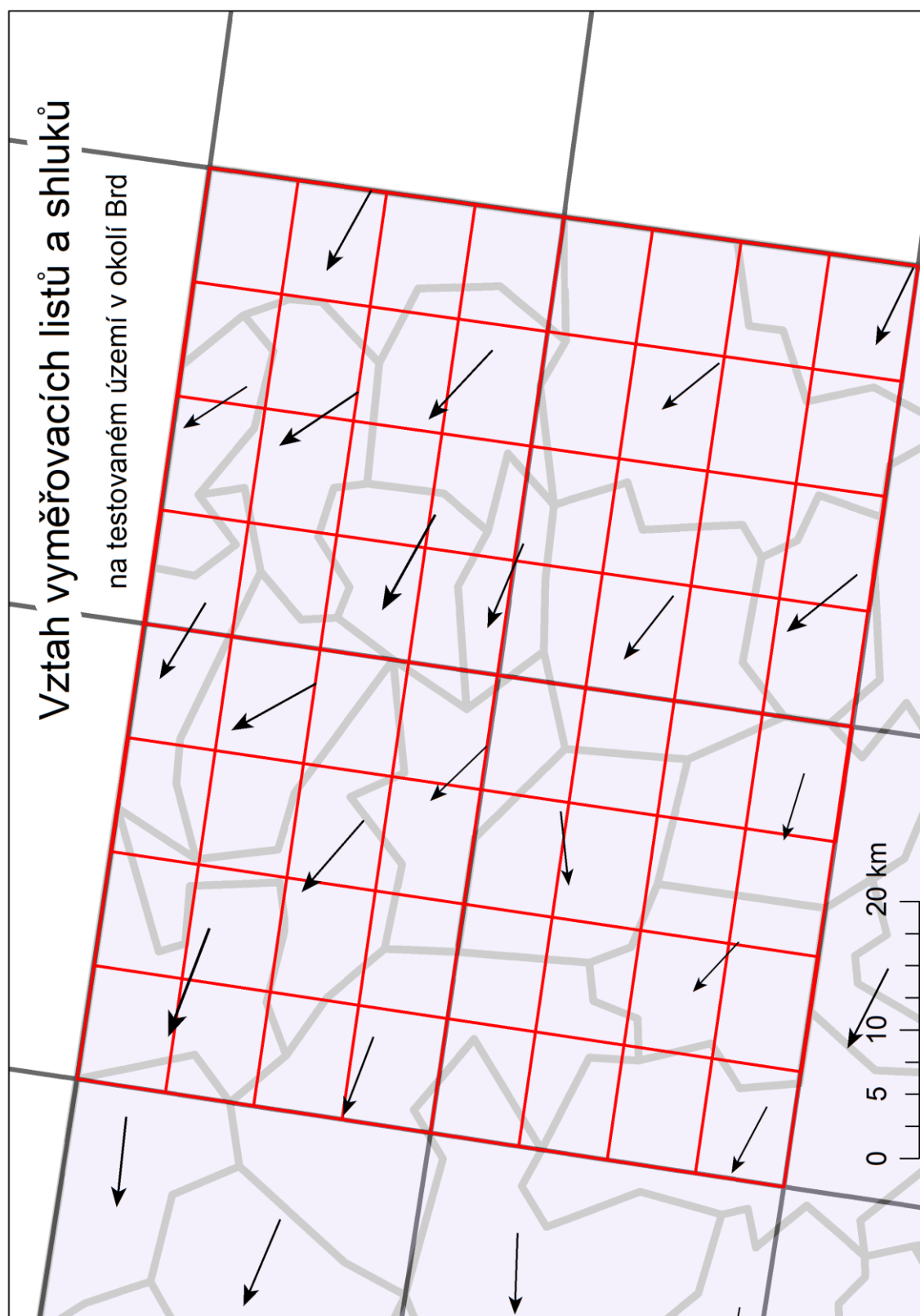
## Příloha č. 4



## Příloha č. 5



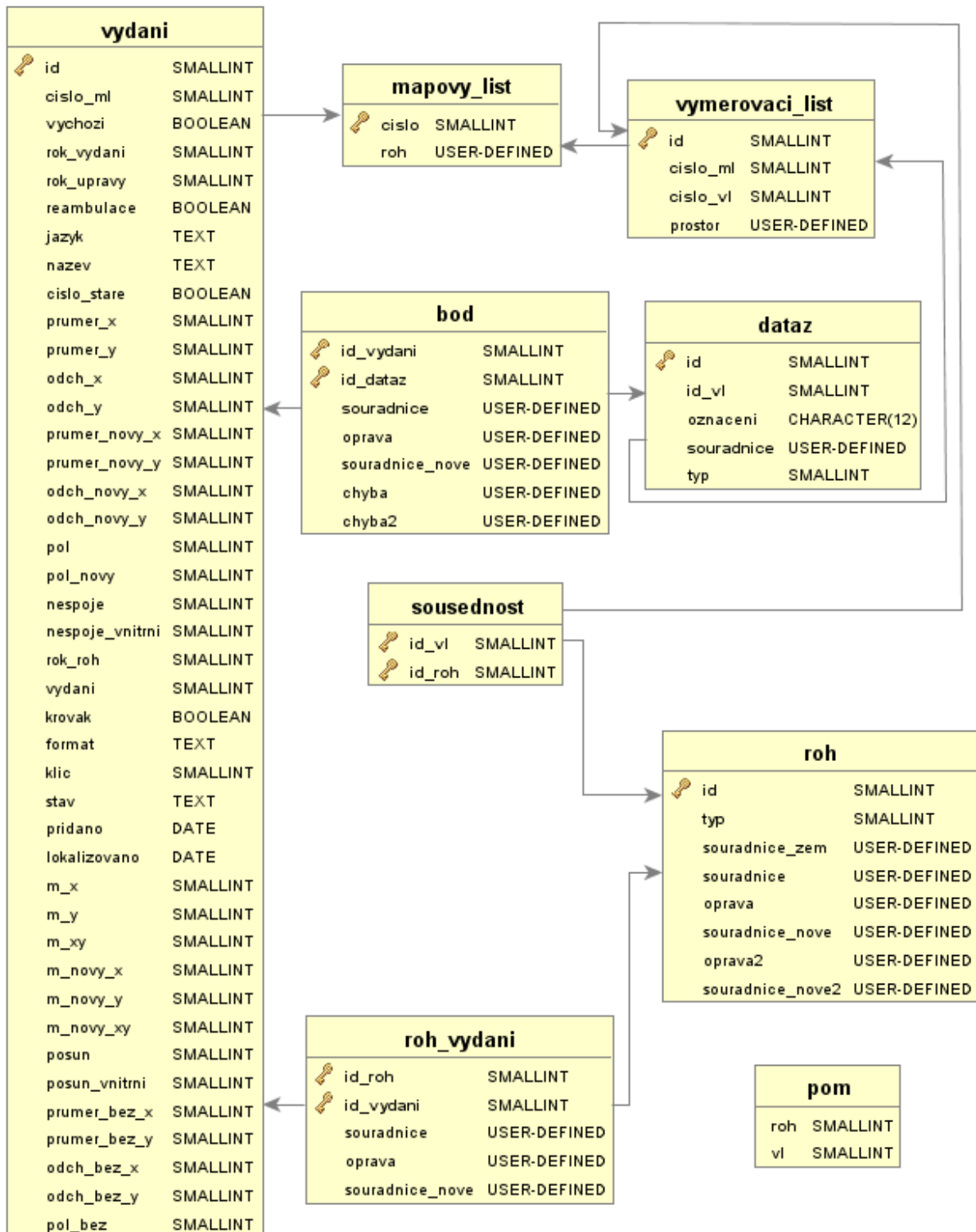
## Příloha č. 6





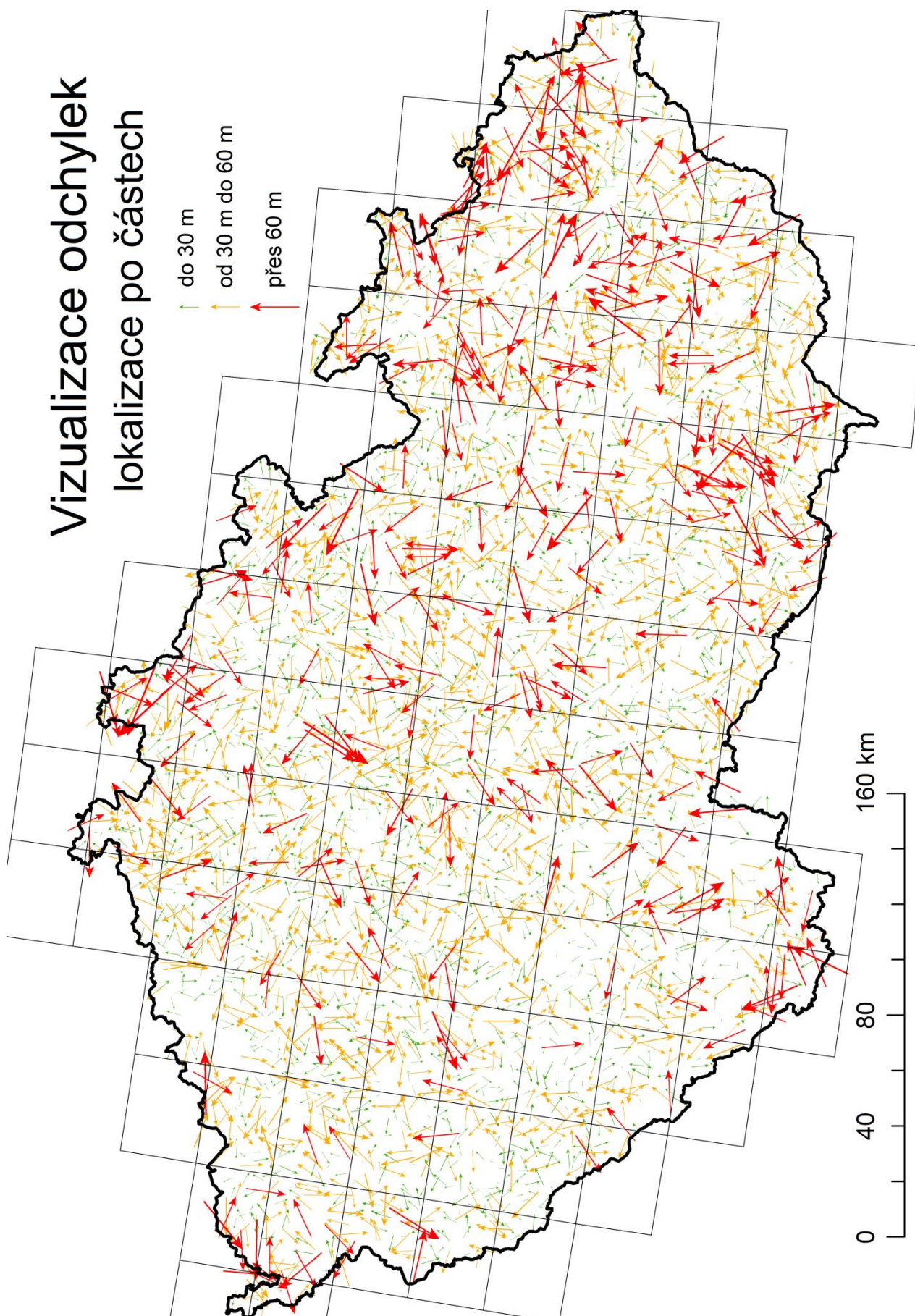


## Příloha č. 8

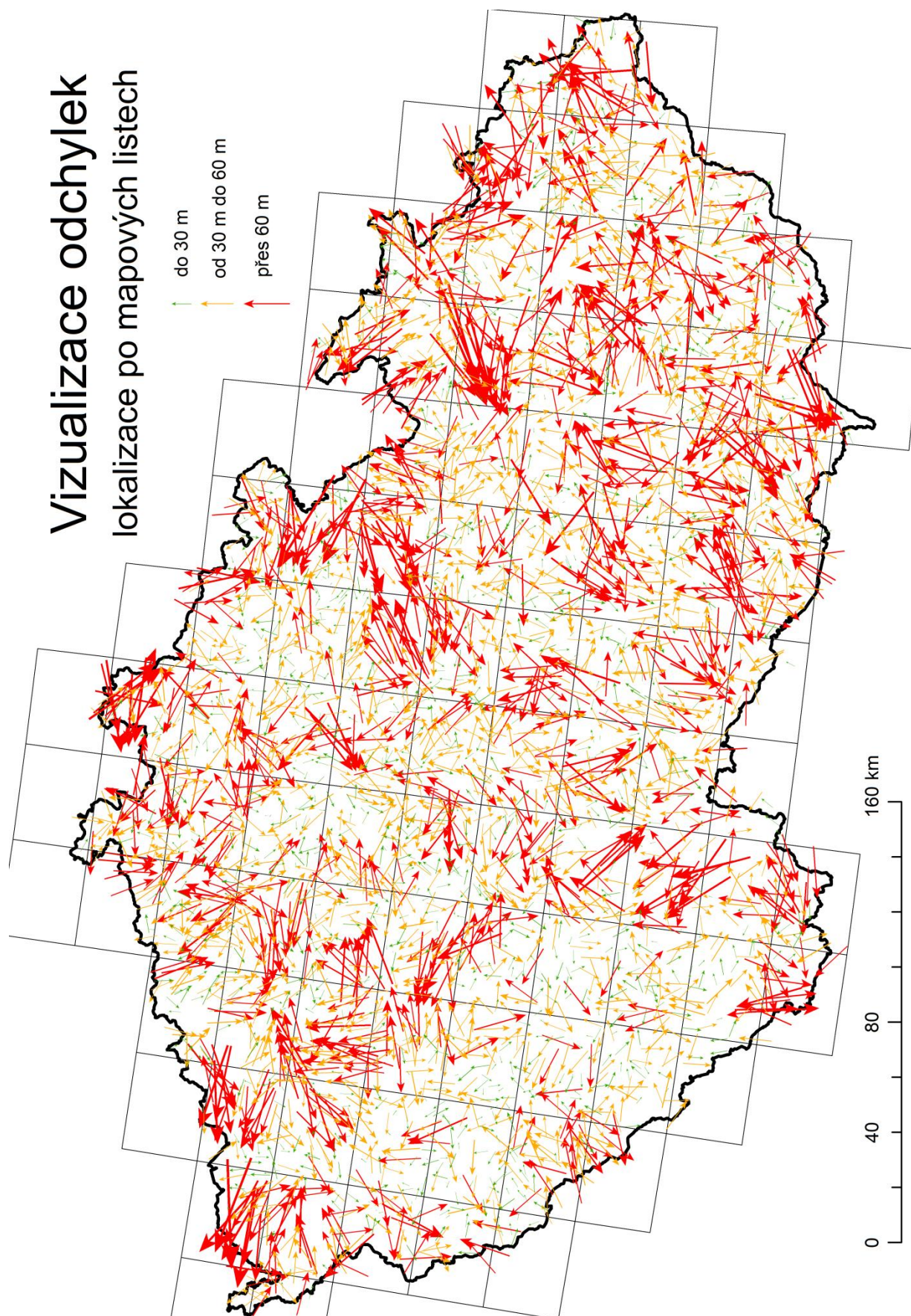


N → 1

# Vizualizace odchylek lokalizace po částech



# Vizualizace odchylek lokalizace po mapových listech



## Manuál k obsluze webové aplikace

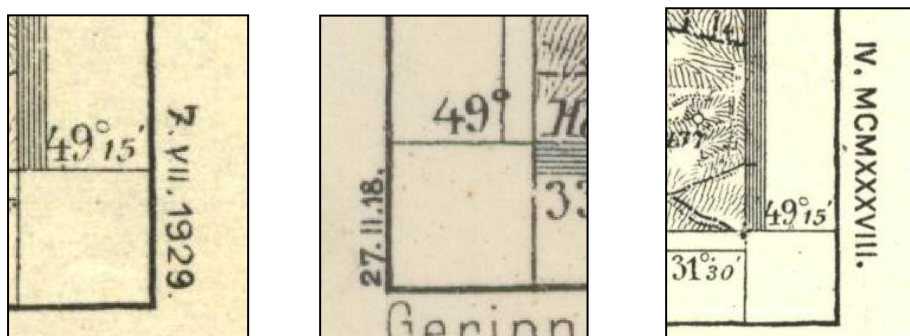
Webová aplikace nacházející se na adrese <http://git.zcu.cz:8080/IIIVM/> je určena k přidávání jednotlivých vydání mapových listů do příslušného datového úložiště a k provedení procesu jejich lokalizace. K lokalizaci je zapotřebí prostředí softwaru Kokeš.

### 1) Přidání nového vydání mapového listu

Na úvodní stránce zvolte možnost "vlození vydání mapového listu". Zobrazí se stránka, na které jsou připraveny textové pole a zaškrťovací tlačítka pro vyplnění metadat o naskenovaném vydání, které chcete přidat na server. Některé informace jsou pro přidání vydání povinné, jiné jsou volitelné a vyplňují se podle toho, zda se daná informace na mapovém listu skutečně nachází.

Do textového pole *Číslo mapového listu* vyplňte čtyřmístné označení mapového listu, které se nachází v pravé horní části mapy, např. "4051". Do pole *Název mapového listu* přepište úplný název mapy, jenž se nachází nad horním rámem mapového listu. Zachovejte velká a malá písmena i diakritiku, např. "DATSCHITZ und MHR. BUDWITZ". Číslo i název mapového listu jsou informace povinné a přidání vydání bez nich nelze provést.

Do textové pole *Rok vydání* vyplňte nezkráceně rok, ke kterému byla daná mapa vydána. Datum vydání lze nejčastěji nalézt psaný svisle u levého nebo pravého dolního rohu rámu. Na nejstarších mapách lze rok vydání nalézt i pod rámem s německým textem ve smyslu "Gedruckt am". Ukázky data vydání několika různých map je na obrázku 1. Pokud je rok psaný římskými číslicemi, napište jej arabskými číslicemi. Na ukázkových mapách by tedy bylo nutné vyplnit roky 1929, 1918 a 1938. Pokud se na mapě rok vydání nenalézá, textové pole nevyplňujte, tento údaj není povinný.

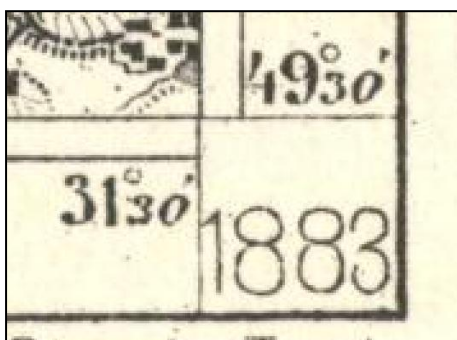


Obrázek 1: Ukázka dat vydání na různých mapách

Do pole *Rok úpravy* zadejte nezkráceně rok, v němž byl polohopis vydané mapy naposledy upravován. Datum úpravy se nejčastěji nachází pod levým dolním rohem rámu a je psaný vodorovně. Podle jazyku mimorámových údajů je nutné hledat text buď česky ve smyslu "Opraveno", "Částečně opraveno" nebo německy ve smyslu "Teilweise berichtigt". Pokud taková informace na mapě není, pole není nutné vyplňovat.

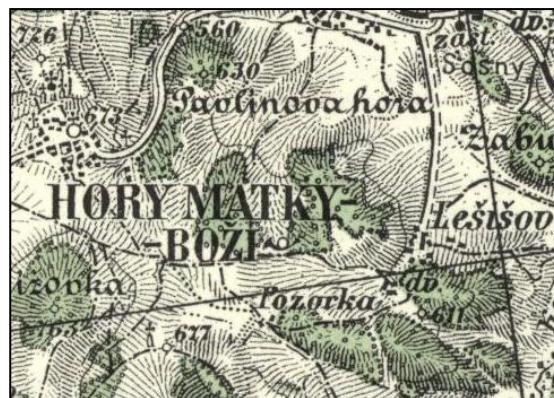
Nyní na chvíli přerušete vyplňování metadat, neboť již víte všechny potřebné údaje k pojmenování rastru a nahrání jeho souboru na server. Soubor rastru pojmenujte ve tvaru "*Číslo mapového list*"\_"*Rok vydání*"\_"*Rok úpravy*". Je nezbytné, abyste ho pojmenovali přesně podle hodnot, které jste vyplnili v předchozích krocích do textových polí, např. "4051\_1929\_1903.jpg". Poté se přihlaste pod přiděleným heslem pomocí FTP protokolu na server git.zcu.cz a uložte ho do adresáře "3VM". Je jedno zda před přejmenováním soubor ho zavřete a pak rovnou zkopírujete na server nebo ho necháte otevřený, zkopírujete na server a až tam ho přepíšete. Po uložení správně pojmenovaného rastru můžete pokračovat ve vyplňování metadat ve webové aplikaci.

Pole *Rok uvedený v rohu* vyplňujte pouze v případě, že na mapě je u levého (výjimečně u pravého) dolním rohu výrazně uveden rok a to přesně na takovém místě, jako je zobrazeno na obrázku 2. Tento rok lze na mapě nalézt pouze u nereambulovaných map.



Obrázek 2: Ukázka umístění roku, který se vyplňuje do pole *Rok uvedený v rohu*

U zaškrťovacího pole *Reambulováno* zvolte, zda dané vydání je reambulované či nikoliv. Nereambulovaná vydání mají černobílou kresbu a popis v ní je většinou německy nebo dvoujazyčně. Rok vydání by měl být do roku 1929. Naopak vydání reambulovaná mají kresbu barevnou (úplně nebo jen zelené lesy), popis je výhradně český a často lze nalézt zakreslenou orientační síť S-JTSK. Ukázka rozdílu mezi reambulovaným a nereambulovaným vydáním je na obrázku 3. Výběr jedné z možností je povinný, stejně jako u všech dalších zaškrťovacích polí.



Obrázek 3: Ukázka rozdílu mezi nereambulovanou a reambulovanou mapou

V zaškrťovacím poli *Jazyk* mimorámového textu je nutné zvolit jakým jazykem jsou psané mimorámové údaje, např. název mapy, vydavatel či další text pod rámem. Je potřeba vybrat mezi českým a německým popisem. Dalším zaškrťovacím polem je *Uvedeno i staré číslování*, u nějž zvolte, zda se na mapě nachází kromě označení vyplněného do textového pole *Číslo mapového listu* i označení v číslování platném před rokem 1917, které se skládá z arabského čísla vrstvy a římského čísla sloupce. Toto označení by se mělo nacházet nad levým horním rohem rámu a může mít podobu např. "7-XVIII" či "ZONE 9 KOL. 11."

Do textového pole *Číslo vydání* vyplňte číselnou hodnotu udávající, kolikáté vydání daná mapa představuje. Tento údaj se vyskytuje zřejmě pouze u reambulovaných map a může být uveden v textu pod rámem. Je-li v např. uvedeno "19. vydání", vyplňte pouze číslo "19". Není-li toto nikde uvedeno, pole nevyplňujte. Dále v zaškrťovacím poli *Natisknuta síť S-JTSK* zvolte, zda je v tomto vydání přes mapovou kresbu natištěna orientační pravoúhlá síť S-JTSK. Pokud ano, ujistěte se, že jste v poli *Reambulováno* zaškrtnuli možnost "ANO".

V textovém poli *Formát rastru* je povinné vyplnit formát souboru rastru, do něhož byla mapa naskenována. Nejčastěji se jedná o formáty "jpg", "bmp" či "tif". Je nezbytně nutné, abyste hodnotu vyplnili ve shodě se souborem uloženým na server, a to i s ohledem na malá a velká písmena. Posledním polem k vyplnění metadat je *Rok značkového klíče*. Do něj vyplňte rok, ze kterého pochází značkový klíč použitý v kresbě daného vydání. Tato informace bývá nejčastěji uvedena pod levým dolním rohem rámu. Podle jazyku mimorámového textu by mělo jít o informaci např. "Nach Zeichenschlüssel 1894" či "Podle klíče z r. 1894". V obou případech je nutné vyplnit pouze rok "1894". V případě, že informace o značkovém klíči uvedena není, toto pole nevyplňujte.

Po vyplnění všech výše uvedených metadatových údajů, případně po vyplnění jejich povinné podmnožiny, je možné toto vydání přidat do databáze stisknutím tlačítka *Vlož ML*. Pokud byly všechny pole vyplněny korektně podle výše uvedených pokynů, soubor správně pojmenován a nahrán do příslušného adresáře na server a zároveň se nejedná o duplicitní vydání, dojde k přidání tohoto vydání do databáze a vedle tlačítka *Vlož ML* je zobrazen červený text "RASTR NALEZEN, VYDÁNÍ VLOŽENO". V případě, že chcete přidat další vydání, můžete použít možnost "RESETOVAT HODNOTY", v opačném případě se lze vrátit na hlavní stránku nebo aplikaci ukončit.

### **Chybové stavy**

Pokud bylo stisknuto tlačítko *Vlož ML* a přitom nebyly vyplněny povinná textová pole (*Číslo mapového listu*, *Název mapového listu* a *Formát rastru*), přidání vydání neproběhne a dojde ke žlutému vysvícení nevyplněných povinných polí. Ke stejnému vysvícení a chybě dojde i tehdy, není-li do některého z polí *Číslo mapového listu*, *Rok vydání*, *Rok úpravy*, *Rok uvedený v rohu*, *Číslo vydání* a *Rok značkového klíče* vyplněna číselná hodnota.

Pokud při stisknutí tlačítka *Vlož ML* není u některého zaškrtačacího pole vybrána žádná z nabízených možností, dojde vedle tohoto tlačítka k zobrazení červené chybové hlášky "Zvolte možnost u všech zaškrtačacích polí."

Je-li do pole *Číslo mapového listu* vyplněno nekorektní číslo, které nenáleží žádnému mapovému listu zasahujícího do našeho území, proces přidání je přerušeno a je zobrazena chybová hláška "Zadejte validní číslo ML." V případě nekorektního vyplnění některého roku, např. "1700" nebo "2100", dochází k chybě s hláškou "Všechny vyplněné roky musí být korektní.". Podobným způsobem je kontrolována i korektnost čísla vydání, proto při zadání hodnoty např. "-2" nebo "0" nastane chyba provázená hláškou "Zadejte validní číslo vydání".

Pokud při stisknutí tlačítka *Vlož ML* ještě není rastr uložen na serveru nebo je pojmenován nesprávně vzhledem k zadaným údajům, nastane chyba a bude vypsána hláška "Soubor XY nebyl na serveru nalezen. Nahrajte ho tam nebo změňte vyplněné údaje.". Ve vypsání hlášky je navíc obsažen očekávaný název rastru, proto lze snadno dohledat, kde nastala chyba.

Poslední chybovou situací je možnost duplicity vkládaného vydání s některým vydáním již uloženým v databázi. Jsou kontrolovány 4 případy těchto situací. První možností je případ, kdy vkládané vydání má vyplněný *Rok vydání* i *Rok úpravy* a obě hodnoty jsou



totožné s některým vydáním z databáze, které má stejné *Číslo mapového listu*. Druhá, resp. třetí možnost nastává při vyplnění pouze *Roku vydání*, resp. *Roku úpravy*. V těchto případech je kontrolována nejen shoda hodnoty z vyplněného pole s hodnotou v databázi, ale současně i to, zda druhá nevyplněná hodnota není vyplněna ani v databázi. Poslední možností je případ, kdy není vyplněna ani jedna z těchto hodnot a je kontrolováno, zda v databázi neexistuje vydání se stejným *Číslem mapového listu*, které také nemá tyto hodnoty vyplněné.

Pokud nastane některá z těchto situací, je vkládané vydání považováno za duplicitní a nedojde k jeho přidání do databáze. Jsou zobrazeny chybové hlášky "Vydání nebylo vloženo" a "Nalezeno duplicitní vydání ke vkládanému vydání:" a pod nimi se nachází tabulka s údaji o vydání z databáze, které brání přidání vkládaného vydání.

## 2) Lokalizace vydání mapového listu

### Výběr vydání k lokalizaci

Na úvodní stránce zvolte možnost "lokalizace vydání mapového listu". Zobrazí se stránka, která představuje celkového průvodce procesem lokalizace. Pokud dojde ke změně stavu procesu lokalizace, bude vedle textu "Průběh lokalizace:" zobrazen výrazně červenou barvou tento nový stav procesu.

Nejprve je nutné vyhledat v databázi všechna vydání, u nichž ještě nebyla lokalizace provedena nebo na nich zrovna neprobíhá. Pro vyhledání stiskněte tlačítko *Vyhledej ML*. Dojde tím k zobrazení tabulky se všemi vydáními, které lze lokalizovat. Pokud se zobrazí pouze hlavička tabulky, žádná vydání nejsou pro lokalizaci k dispozici. Ze záznamů v tabulce vyberte identifikátor (sloupec *ID*) vydání, které chcete nebo máte za úkol lokalizovat, запиšte ho do textového pole u "Zvolte ID vydání k lokalizaci" a stiskněte tlačítko *OK*.

Pokud nebyla zadána číselná hodnota, textové pole se obarví žlutě a nastane chyba. Pokud bylo zadáno číslo, které neodpovídá žádnému identifikátoru výše zobrazených vydání, zobrazí se chybová hláška "Zadejte ID vydání připraveného k lokalizaci.". V těchto případech zároveň zmizí tabulka s volitelnými vydáními a pro její obnovení je nutné znovu stisknout tlačítko *Vyhledej ML*.

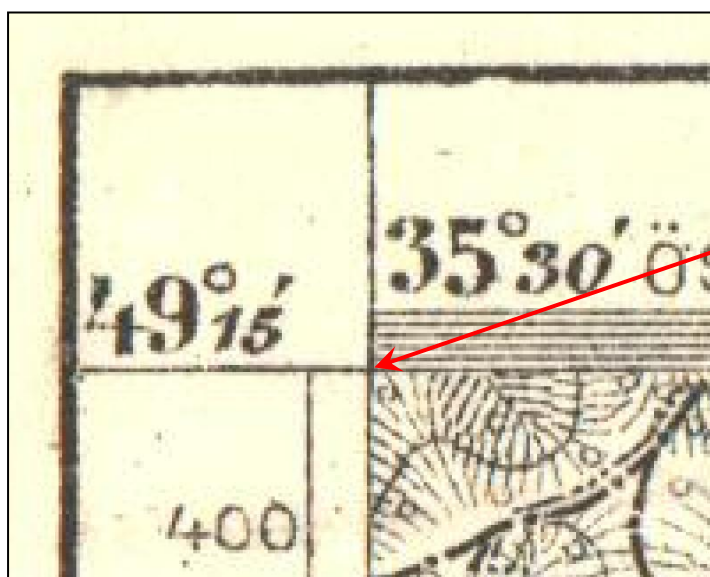
V případě korektní volby identifikátoru dojde ke změně stavu průběhu procesu na "ZAHÁJENO" a zpřístupní se soubor rastru a 3 seznamy souřadnic. První z nich je "*ID\_lok.stx*", druhý "*ID\_dataz.stx*" a třetí "*ID\_odsun.stx*", přičemž *ID* představuje identifikátor lokalizovaného vydání. Všechny tyto soubory je zapotřebí po jednom stáhnout do libovolné složky na disku. Pravým tlačítkem myši klikněte na odkaz "Download", zvolte možnost "Uložit odkaz jako...", vyberte cílovou složku a uložte. V případě rastru je nutné zadat heslo. Nyní se proces lokalizace přesune z prostředí webové aplikace do prostředí softwaru Kokeš.

### Základní lokalizace

Po spuštění softwaru Kokeš v něm otevřete naskenovaný rastr přetáhnutím souboru do okna programu nebo pomocí lišty ("Soubor" - "Otevřít"). V případě, že se na vypíše informace o chybějící paletě, ignorujte ji. Kromě rastru je zapotřebí stejným způsobem otevřít i první seznam souřadnic "*ID\_lok.stx*".

K usnadnění procesu základní (přibližné) lokalizace je vhodné určitým způsobem nastavit zobrazovací okno programu. Otevřete záložku "Okna" a vyberte možnost "Dlaždice". Znovu otevřete záložku "Okna" a nyní zvolte "Nové okno". Způsobí to rozdělení zobrazovacího okna na dvě samostatná, což je pro provedení lokalizace výhodnější. Klikněte kamkoliv do prostoru levého okna a poté otevřete záložku "Pohled" a vyberte "Přehledka s volbou". Zobrazí se okno přehledky, ve kterém zaškrtněte možnost "rastry" a stiskněte "OK". Způsobí to zobrazení celého rastru v levém okně. Nyní klikněte do prostoru pravého okna a znovu vyvolejte "Přehledku s volbou", v níž teď ale vyberte možnost "sez. souř.". Pravé okno zobrazí 4 body představující cílové souřadnice rohů mapového listu.

Otevřete záložku "Výpočty" a vyberte "Klíč a transformace". Zobrazí se okno k zadání transformace. Pokud to již není, nastavte typ transformace na "projekce" a zkontrolujte, že v dolní části je zaškrtnuto pouze "rastry" a nikoliv "SS". Přesuňte toto okno tak, aby nepřekrývalo obsah levého ani pravého zobrazovacího okna. Klikněte na záhlaví levého okna (nikoliv do něj), aby se stalo aktivním. Pokud je u kurzoru myši symbol čtverce, stiskněte klávesu "F6" a symbol by se měl změnit na křížek. Pravým tlačítkem myši klikněte do prostoru levého okna s rastrem a vyberte možnost "Detail v okně". Nyní je třeba kliknutím myši vybrat v prostoru rastru dva body tak, aby určovaly okno výřezu, na nějž má být zobrazovací okno přiblíženo. Cílem je přiblížit levý horní roh mapového listu tak, aby mohl být tento roh co nejpřesněji určen. Pokud přiblížení neodpovídá potřebné situaci, lze se stisknutím klávesy "F9" vrátit k původnímu zobrazení a možnost "Detail v okně" zopakovat. Ukázka rohu mapového listu je na obrázku 4, kde je zobrazen červenou tečkou.



Obrázek 4: Ukázka rohu mapového listu

Je-li mapový list správně naskenován, lze k přesnému určení rohu zapnout rozšířený kurzor stisknutím tlačítka "F7". Prodloužená ramena kurzoru by měla co nejvíce splynout s rámem mapového listu a střed by měl být nad cílovým rohem. Kliknutím myši určení rohu dokončíme, kolem místa určení by se měla objevit červená kružnice a číslo 1. Tím byly zadány zdrojové souřadnice prvního bodu projektivní transformace a nyní je nutné zvolit k němu i souřadnice cílové. Klikněte na záhlaví pravého okna a tím ho aktivujte. Pokud je u kurzoru myši symbol křížku (je jedno zda jsou zapnuta prodloužená ramena), stiskněte "F7", aby se objevil symbol čtverce. Na tomto zobrazovacím okně jsou vidět 4 body, klikněte na levý horní. I u tohoto bodu by se mělo objevit číslo 1 a červená kružnice v levém okně by současně měla zčernat. Zadání zdrojových i cílových souřadnic prvního bodu projektivní transformace je tím hotovo.

Dále je zapotřebí stejným způsobem vybrat zdrojové a cílové souřadnice i zbylých 3 bodů, tj. rohů mapového listu. Klikněte na záhlaví levého zobrazovacího okna, stiskněte "F9", aby byl vidět celý rastr a pomocí "Detail v okně" nyní vyberte výřez kolem pravého horního rohu mapového listu. Zkontrolujte, že kurzor má symbol křížku a určete roh kliknutím myši. Klikněte na záhlaví pravého okna, zkontrolujte změnu symbolu na čtverec a vyberte pravý horní bod. Stejným způsobem určete souřadnice zbývajících dvou dolních bodů. Okno se zadáním transformace by nyní mělo vypadat zhruba jako na obrázku 5.

p.č.	výchozí	y	x	cílový	Y	X	ldXY	+	▲
1		6421.88	575.47		704039.00	973973.00	0.00	✓	
2		881.68	593.88		669043.00	978471.00	0.00	✓	
3		6457.59	4940.40		707676.00	100154.100	0.00	✓	
4		887.33	4966.49		672496.00	1006063.00	0.00	✓	

Čist zadání Uložit zadání Vybrat Smazat  lupa  prt

shodnost  podobnost  afinita  projekce

X = 6.350488: x + -1.09158 y + 975419.1152 Jmenovatel projektivní transformace =

Y = 0.808642: x + 6.100271: y + 663018.20856 0.00000004060511 x + -0.0000003089083 y + 1

Nx 6.294628: rot 309.1631:  zrcadlení

inverzní

---

Stř.souř.chyba 0.00000 TP = 3 mez 0.14 zploštění

výchozí  poř.č.  cílové  poř.č.  opravy 10.0  oblast

t. z. podr. bodů  srovnání výměr

záznam

---

Dotransformace:  Jungova  TPS  Ostrovní

rastry  SS  výkresy  oblast

přerastrovat  vybrané  selektované  záznam

otáčet texty  otáčet symboly

Obrázek 5: Ukázka vyplněného okna se zadáním projektivní transformace

Stiskněte tlačítko "OK". Okno s transformací zmizí a rastr z levého okna je transformován mezi body v pravém oknu. Nyní lze prázdné levé okno zavřít pomocí křížku v pravém horním rohu a levé okno maximalizovat. V záložce "Soubor" vyberte možnost "Uložit" a v nabídnutém oknu zvolte soubor rastru a klikněte na "Uložit". V záložce "Soubor" dále zvolte možnost "Zavřít", vyberte soubor seznamu souřadnic a klikněte na "Zavřít". V tomto místě je doporučeno vytvořit si zálohu souboru s příponou ".roh", který vznikne ve stejné složce, v níž je umístěn lokalizovaný rastr.

### **Vektorizace bodů**

V Kokeši by měl být nyní otevřen pouze rastr lokalizovaný podle předchozího postupu. Nyní otevřete zbylé dva seznamy souřadnic, tj. "*ID\_dataz.stx*" a "*ID\_odsun.stx*". Pokud budou vypsány hlášky o neúplných hlavičkách, ignorujte je. Pro další práci je však nutné zkontrolovat a případně změnit určité nastavení programu. Klikněte na záložku "Nástroje" a vyberte "Nastavení programu". V přehledu na levé straně zobrazeného okna zvolte "SS a CB". V horní části okna je nyní nutné určit aktivní seznam souřadnic, vyberte seznam "*ID\_odsun.stx*". Dále v tomto oknu zaškrtněte pod textem "extra dotaz na" možnost "číslo bodu". Na levé straně nyní přepněte na "Grafika" a zde změňte výšku značek na hodnotu 10.0 a výšku popisu na 8.0. Tím je nastavení programu hotové a stiskněte tlačítko "OK".

Další nastavení je vhodné provést k usnadnění vektorizace bodů. V záložce "Soubor" vyberte "Vlastnosti". Klikněte kamkoliv na řádku se souborem "*ID\_dataz*" a poté rozklikněte v dolní části okna na úrovni sloupce "barva" výběr barev. Zvolte červenou barvu. Stejným postupem zvolte u souboru "*ID\_odsun*" barvu modrou, poté stiskněte "OK". V prostoru mapového listu by nyní měla být červeně zobrazena určitá množina bodů, případně změňte přiblížení na celý mapový list ("Pohled" - "Přehledka s volbou" - "Rastry"). Je však možné pomocí "Detail v okně" výřez přiblížit jen na oblast, ve které se nacházejí body. Nyní v záložce "Seznam" vyberte "Vstup bodů" a v nabídnutém oknu zaškrtněte volbu "značka na bodě" a zvolte tvar číslo "9". Dále se ujistěte, že kurzor má symbol křížku, v opačném případě stiskněte "F6". Jsou-li zapnuta prodloužená ramena kříže, vypněte je stisknutím "F7". Tím je program korektně připraven k vektorizaci bodové množiny.

Lokalizaci začněte s body, které nezačínají na "9999". Vyberte si libovolný bod bez tohoto prefixu a přiblížte se na něj pomocí "Detail v okně". Pokud není přiblížení dostatečné, akci "Detail v okně" opakujte nebo využijte přiblížení stisknutím "F3" či oddálení stisknutím "F4". Ve vhodném přiblížení je nyní červeně zobrazen jeden bod a úkolem je najít v jeho

blízkém okolí mapovou značku, ke které by měl náležet. Mapové značky mohou být trojího typu. Prvním je trojúhelníková značka znázorňující trigonometrický bod, druhým trojúhelníková značka s křížkem znázorňující kostel s trigonometrickým bodem a třetím kružnicová značka s křížkem znázorňující kostel. Ukázky všech těchto mapových značek jsou na obrázku 6. Na naskenovaném rastru mohou být různě natočené a deformované.

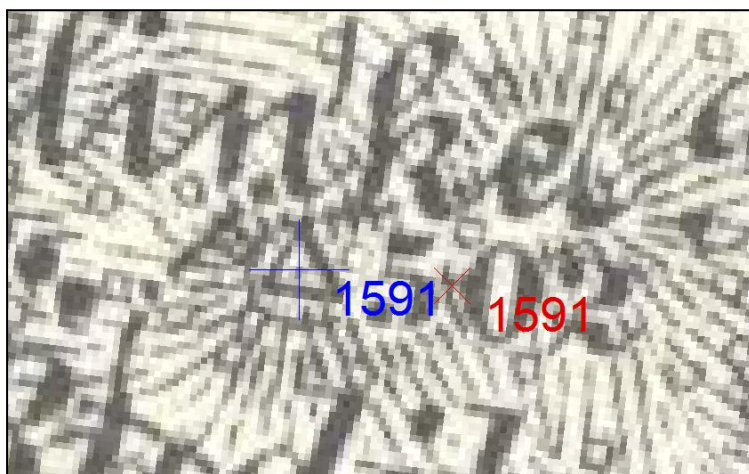


Obrázek 6: Ukázka 3 typů hledaných mapových značek

Nejjednoznačnější situace nastává v případě, že u zobrazeného bodu se nachází pouze jedna výše uvedená mapová značka. V takovém případě je rozhodnutí, k jaké mapové značce daný bod přísluší, velmi jednoduché. Je-li však vhodných mapových značek v jeho bezprostředním okolí více, je nutné poznat tu správnou. Jednodušší varianta nastává v případě, kdy mapové značky v okolí bodu jsou různého typu ze tří výše zmiňovaných. Seznam souřadnic "ID\_dataz.stx" totiž u každého bodu obsahuje informaci o typu mapové značky. Lze ji zjistit ze záložky "Seznam" výběrem "Identifikace bodů SS" a kliknutím na bod, k němuž mapovou značku hledáme. Dojde tím k vypsání čísla bodu, jeho Y a X souřadnic a kódu mapové značky. Kód 1.00 představuje první typ, kód 2.00 druhý a kód 3.00 třetí. Po zjištění potřebné informace je nutné vrátit se k vektorizaci pomocí záložky "Seznam" a vybráním "Vstup bodů", přičemž nastavení tvaru a barvy by mělo zůstat zachováno.

Složitější varianta určení správné mapové značky nastane v případě, že okolní značky jsou stejného typu. Pak je nutné poznat hledanou značku podle směru a vzdálenosti na základě situace u sousedních bodů. Situaci u jiného blízkého bodu zjistíte pomocí "F9" návratem na předchozí přiblížení či celý rastr a přiblížením na něj přes "Detail v okně". Jinou možností, jak se v prostoru mapy pohybovat, je zavření okna vektorizace a kliknutí a tažení myší. Nevýhodou tohoto postupu je, že se musí opět zapínat vektorizace přes "Vstup bodů" a návrat na přehled celého rastru nebude přes "F9" příliš praktický (lepší je oddálení přes "F4" nebo "Přehledka s volbou"). Jedním ze zmíněných postupů tedy lze prozkoumat situaci u sousedních bodů a poznat, na kterou stranu a v jaké vzdálenosti se od nich vyskytují jejich mapové značky. Situace na původním bodu by pak měla být alespoň částečně podobná a mělo by již být možné rozhodnout, která mapová značka tomuto bodu náleží.

Bylo tedy popsáno několik způsobů jak poznat mapovou značku náležející danému bodu ze seznamu souřadnic. Nyní je nutné ji vektorizovat. Program by se měl nacházet ve stavu "Vstup bodů" a kurzor mít symbol křížku. Mapovou značku vektorizujte kliknutím na těžiště trojúhelníku či střed kružnice. Je-li v trojúhelníku nebo kružnici tečka, pak klikněte přímo na ni. Po kliknutí na mapovou značku se kolem ní zobrazí čtverec a budete vyzváni k zadání čísla bodů. Je nezbytné, abyste zadali stejné číslo, jaké je uvedeno u zobrazeného bodu a stisknuli "Enter". Tím je mapová značka vektorizována a zobrazí se modře. Ukázka výsledku vektorizace jedné mapové značky je na obrázku 7.



Obrázek 7: Ukázka vektorizace mapové značky

Po provedení vektorizace na vybraném bodu, přejděte k dalšímu a i u něj vektorizujte jeho mapovou značku. Toto proveďte pro všechny body nacházející se na mapovém listu, které nezačínají prefixem "9999". V případě, že u některého bodu mapovou značku nenaleznete, přepněte stisknutím "F6" kurzor na symbol čtverce, klikněte na daný bod bez mapové značky, opište jeho číslo a stiskněte "Enter". Souřadnice mapové značky tak budou zcela totožné se souřadnicemi daného bodu a při následném zpracování seznamu souřadnic bude rozpoznáno, že mapová značka ve skutečnosti nebyla nalezena.

Pokud značku některého bodu napoprvé vektorizujete nepřesně, můžete přes záložku "Seznam" a volby "Opravy bodů SS", "poloha" a "bod" její vektorizované souřadnice opravit kliknutím na příslušný modrý křížek a následným kliknutím na správnou pozici pomocí kurzoru se symbolem křížku. V případě chybného zadání čísla bodu je opravný postup podobný, pouze nahradíte volbu "poloha" možností "číslo bodu". Může se také stát, že omylem vektorizujete nějaké místo v mapě. Pak je nutné tyto souřadnice smazat pomocí

záložky "Seznam" a volby "Rušení bodů" a "bod". Po všech těchto opravách je nutné vždy znovu zapnout vektorizaci přes "Vstup bodů".

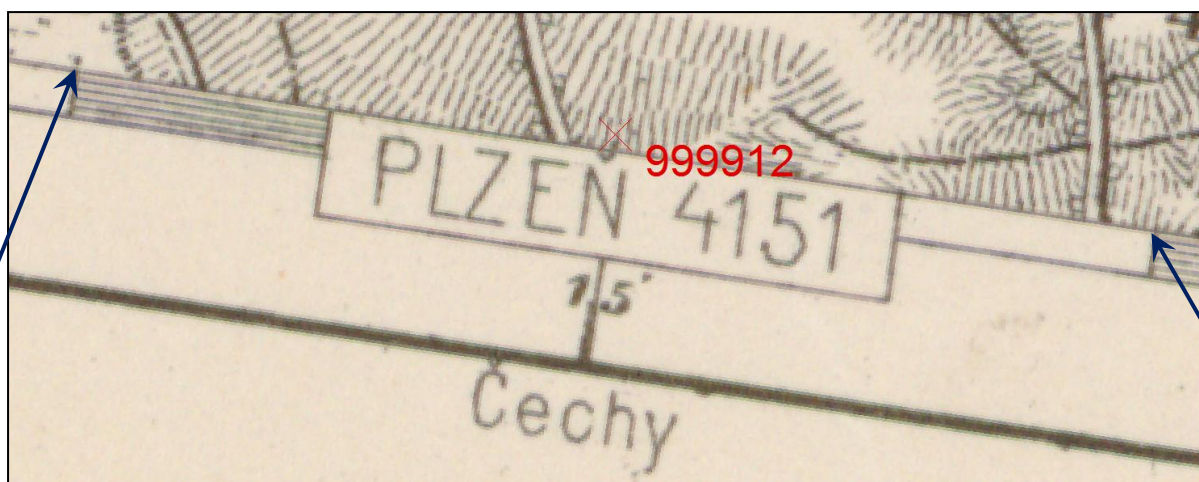
Dalším krokem je vektorizace zbylých bodů začínajících prefixem "9999". Jedná se o body charakterizující geometrii rámu mapového listu. Rám je lemován střídajícími se prázdnými a šrafovanými obdélníky sloužící k odměřování souřadnic na mapě. Úkolem této části je vektorizovat rám v místě, kde je rozhraní mezi prázdným a šrafovaným obdélníkem. K vektorizaci jsou vybrány body na těchto rozhraních v pravidelných intervalech po celém rámu mapového listu. Na horní a dolní části rámu se jedná o rozmístění po 5 obdélnících, na bočních částech po 3 obdélnících (z důvodu rozdílných rozměrů). Stejně jako v případě běžných bodů i zde se pomocí "Detail v okně" přiblížíte na bod na rámu a vektorizujete jej jako je tomu na ukázce na obrázku 8. Při dotazu na číslo bodu opište zobrazené číslo včetně prefixu "9999". Takto postupně vektorizujte všech 18 zvolených bodů na rámu.



Obrázek 8: Ukázka vektorizace rozhraní na rámu mapového listu

Na některých vydáních může nastat komplikace při vektorizaci bodů "999912" a "999903" z důvodu zakrytí hledaného rozhraní označením sousedního mapového listu. V takovém případě je nutné souřadnice hledaného rozhraní nikoliv vektorizovat, ale vypočítat pomocí interpolace úsečky. Krajními body úsečky budou nejbližší rozhraní stejně vzdálená od místa, které bude počítáno. Tyto krajní body jsou vyznačeny šipkami na obrázku 9. V záložce "Výpočty" najedte kurzorem na "Další konstrukční" a vyberte "Interpolace úsečky". Nyní je zapotřebí určit první bod úsečky, změňte proto stisknutím "F6" kurzor na symbol křížku a označte jedno rozhraní určující úsečku. Poté označte i druhý bod úsečky. Zobrazí se okno s dotazem, jak dělit úsečku. Zvolte "počet úseků" a počet "2". Nyní se kolem vypočteného bodu objeví čtverec a je zapotřebí napsat číslo bodu a stisknout "Enter"





Obrázek 9: Interpolace rozhraní zakrytého označením sousedního mapového listu

Nyní byste se měli nacházet ve fázi, kdy již máte vektorizovány mapové značky všech bodů bez prefixu "9999" a rámové rozhraní všech bodů s tímto prefixem. Při zpracování vytvořeného seznamu souřadnic bude důsledně kontrolováno, že každý bod ze seznamu "ID\_dataz.stx" má vektorizovaný bod se stejným číslem v seznamu "ID\_odsun.stx" a že v seznamu "ID\_odsun.stx" nejsou žádné body navíc. Kromě toho bude požadováno, aby souřadnice vektorizovaných bodů odpovídaly jejich předpokládané pozici, tj. aby výrazně nepřekročily vzdálenost od souřadnic bodů ze seznamu "ID\_dataz.stx".

Z těchto důvodů je výhodné, abyste tyto základní kontroly provedli ještě před uložením a odesláním seznamu a odhalili tak případné nesrovnalosti. V záložce "Seznam" zvolte "Porovnání bodů SS". Ve dvou horních polích lze vybrat seznamy souřadnic, které se mají vzájemně porovnat. Pokud nejsou vybrány automaticky, do jednoho pole zvolte seznam "ID\_dataz.stx", do druhého "ID\_odsun.stx" a stiskněte "Porovnat SS". V okně se provede srovnání všech bodů těchto dvou seznamů podle jejich čísel. Nalezne-li se bod s daným číslem v obou seznamech, příslušná řádka je označena modře a jsou vypočteny rozdíly souřadnic. V případě, že bod s daným číslem existuje pouze v jednom z těchto seznamů, řádka je označena červeně a nejsou v ní odpovídající souřadnice pro druhý seznam. Překročení vzdálenosti odpovídajících si bodů těchto seznamů, tj. bod vektorizovaný ze zcela jiného místa, než kde by měl být, odhalíte pomocí sloupce " $\Delta p$ ". Zmíněný případ poznáte, pokud u nějakého bodu bude na jeho řádce hodnota tohoto sloupce výrazně vyšší než pro ostatní body, tj. hodnota bude vyšší než 400. Ve všech zmíněných případech je třeba bod daného čísla v mapě vyhledat a nalezený nesoulad opravit. Ukázka zmíněných nedostatků

vektorizace je na obrázku 10, kde bod "1564" je omylem vektorizovaný a musí být smazán. Naopak bylo zapomenuto na bod "1567", proto je nutné ho v mapě vyhledat a vektorizovat. A u bodu "1569" došlo k vektorizaci ze zcela jiného místa, než je předpokládáno. Je tedy nutné opravit mu polohu nebo celý smazat a vektorizovat znovu správně.

CB - původní	Y	X	CB - k porovná	Y	X	$\Delta y$	$\Delta x$	$\Delta p$	+	▲
			1564	702113.33	980649.35					
1565	703457.00	977377.00	1565	703632.82	977350.77	-175.82	26.23	177.76		
1566	702037.00	974996.00	1566	702160.10	974939.87	-123.10	56.13	135.30		
1567	675713.00	979775.00								
1568	676458.00	981749.00	1568	676581.00	981746.54	-123.00	2.46	123.03		
1569	678085.00	983486.00	1569	679369.76	983846.43	-1284.76	-360.43	1334.36		
1570	671962.00	984959.00	1570	672060.34	984956.70	-98.34	2.30	98.37		
1571	675795.00	989533.00	1571	675894.91	989510.71	-99.91	22.29	102.36		

Obrázek 10: Porovnání seznamů souřadnic a nalezení chyb

Po zkontrolování souladu mezi oběma seznamy a opravě případných chyb je nyní nutné naplněný seznam "*ID\_odsun.stx*" uložit. V záložce "Soubor" vyberte "Uložit" a zvolte soubor "*ID\_odsun*", který se od ostatních bude lišit žlutým symbolem znamenajícím změnu dat. Stiskněte "Uložit" a v případě, že se zobrazí okno dotazující se na potvrzení uložení ve formátu STX, stiskněte "Ano". Nyní lze oba otevřené seznamy souřadnic zavřít. V záložce "Soubor" zvolte "Zavřít", označte oba seznamy souřadnic a stiskněte "Zavřít". V programu tak zůstane otevřený pouze rastr.

### Dokončení procesu lokalizace

Nyní se proces lokalizace vrací do prostředí webové aplikace. U textu "Vyberte zpracovaný seznam souřadnic s vektorizací" stiskněte "Vybrat soubor" a vyberte soubor "*ID\_odsun.stx*" uložený v předchozím kroku. Následně stiskněte "Odeslat". Pokud jste vybrali jiný soubor než seznam souřadnic předem stáhnutý z webové aplikace, dojde k chybě a bude vypsána hláška "Nebyl vybrán soubor poskytnutý v předchozím kroku." nebo "Nebyl vybrán žádný soubor.". Pokud jste vybrali správný soubor, ale nezkontrolovali ho podle porovnání seznamů souřadnic, dojde opět k chybě. Podle toho, zda nastal nesoulad u vektorizace bodů uvnitř kresby nebo u bodů na rámu nebo v obou případech, budou vypsány hlášky "Nebyl proveden správný odsun referenčních bodů.", "Nebyl proveden správný odsun bodů rámu." nebo "Nebyl proveden správný odsun referenčních bodů ani bodů rámu.". Pak je nutné vrátit se zpět ke Kokeši, nahrát do něj seznamy souřadnic a najít a opravit chybu podle návodu zmíněného výše.

V případě, že byl vybrán správný a korektně naplněný seznam, dojde na serveru k jeho zpracování a následnému výpočtu zadání lokalizace po částech. V horní části stránky je vypsán stav průběhu lokalizace "VYPOČTENO". V případě, že se jedná o mapový list ležící z větší části na území republiky, zobrazí se tabulka, ve které můžete nalézt informace o přesnosti vypočtené lokalizace. V prvním řádku jsou charakteristiky základní přibližné lokalizace, kterou jste provedli v prostředí Kokeše. Ve druhém řádku jsou charakteristiky zpřesňující lokalizace po částech. Charakteristikami přesnosti jsou zleva: průměrná odchylka v souřadnici X, její směrodatná odchylka, průměrná odchylka v souřadnici Y, její směrodatná odchylka, průměrná polohová chyba, střední chyba souřadnice X, střední chyba souřadnice Y a střední souřadnicová chyba.

Aplikace nyní znovu poskytuje soubory ke stáhnutí, prvním z nich je "ID\_zadani.txt", druhým "ID\_rohy.stx". V prvním souboru je zadání vypočtené lokalizace po částech, druhý soubor je seznam souřadnic, podle kterého budete provádět závěrečné maskování rastru. Oba soubory stáhněte na disk stejným způsobem jako jste předtím stahovali 3 seznamy souřadnic.

Přesuňte se znovu do prostředí Kokeše. V záložce "Rastr" najed'te na "Transformace listů" a vyberte " Transformace rastru m.l.". V otevřeném oknu by se měl nacházet pouze jediný otevřený rastr a stačí tedy stisknout "OK". Nyní na disku nalezněte a označte stažený soubor "ID\_zadani.txt" a stiskněte "Otevřít". Proběhne zhodnocení zadané projektivní transformace po částech a otevře se okno, ve kterém budete informováni o počtu nalezených nespojitostí mezi jednotlivými částmi. Je velmi důležité zvolit možnost "pokračovat s jednoduchým odstraněním nespojitostí" a stisknout "OK". Dojde k realizaci lokalizace po částech a k označení výskytu nespojitostí. Ve výjimečném případě může nastat, že žádná nespojitost nebude nalezena. Pak by se okno s informacemi o jejich počtu vůbec neobjevilo a lokalizace bude vypočtena rovnou.

Nyní v programu otevřete stáhnutý seznam souřadnic "ID\_rohy.stx" a přes "Soubor" - "Vlastnosti" mu zvolte modrou barvu. V záložce "Rastr" najed'te na "Maskování rastrů" a zvolte "Ubrat vnějšek rastru". Pokud se vypíše pokyn "1. bod", je vše v pořádku. Pokud se vypíše "obdélník:", v záložce "Rastr" najed'te na "Maskování rastrů" a zvolte "Zadání polygon/obdélník". Nyní by již mělo být vypsáno "1.bod". Ujistěte se, že u kurzoru je symbol čtverce a postupně klikněte na všechny body otevřeného seznamu. Je nutné abyste postupovali po obvodu mapového listu a žádný nevynechali. Až kliknete na poslední bod, zvolte možnost "Uzavřít obrazec".

V tomto kroku jste dokončili všechnu práci v prostředí Kokeše a zbývá uložit lokalizovaný rastr. V záložce "Soubor" zvolte "Uložit", označte rastr (měl by u něj být žlutý symbol změněných dat) a stiskněte "Uložit". Nebudete-li pokračovat v další lokalizaci, program Kokeš již lze zavřít, v opačném případě zavřete pouze otevřené soubory včetně uloženého rastru.

Poslední krok procesu lokalizace se odehrává v prostředí webové aplikace a v něm je potřeba nahrát ke kontrole protokol vytvořený programem Kokeš při provádění lokalizace po částech. U textu "Vyberte protokol z provedené transformace:" klikněte na "Vybrat soubor" a vyberte soubor "*ID\_zadani\_prot.txt*", který by se měl nacházet ve stejné složce, do níž jste uložili soubor "*ID\_zadani.txt*". Následně stiskněte "Odeslat". Pokud jste vybrali špatný protokol, bude vypsána chyba s hláškou "Nebyl vybrán správný protokol.". Pokud jste při lokalizaci zapomněli vybrat možnost "pokračovat s jednoduchým odstraněním nespojitostí", dojde také k chybě a hláška bude znít "Nebylo zapnuto lokální odstranění nespojitostí". V tom případě by bylo nutné lokalizaci po částech opakovat a to tak, že smažete soubor s příponou ".msk" a přepíšete soubor s příponou ".roh" zálohovaným souborem z dřívějších kroků. Pak lze znovu spustit lokalizaci po částech na základě stejného zadání.

Pokud jste nahrály správný protokol a lokální odstranění nespojitostí bylo zapnuto, v horní části stránky se změní stav průběhu lokalizace na "LOKALIZOVÁNO" a proces je tak úspěšně zakončen. Výsledkem provedené lokalizace jsou soubory daného rastru s příponami ".roh" a ".msk".

## **Příloha č. 12**

### **Struktura přiloženého CD**

#### **Zdrojové kódy aplikace**

*index.html - úvodní strana webová aplikace*

*vkład.jsp - administrátorská část webové aplikace*

*VkladListu.java - zpracování administrátorské části*

*lokalizace.jsp - uživatelská část webové aplikace*

*Lokalizace.java - zpracování uživatelské části*

*Vypocet.java - výpočet oprav rohů a zadání lokalizace*

#### **Zdrojové kódy přípravy dat**

*prostor.java - k vytváření ML a VL a vztahů mezi nimi*

*body.java - přesun reprezentativních bodů ze souborů do DB*

*vypocet.java - výpočet oprav kladu ML*

#### **Ukázka lokalizace po částech na 4 ML**

*4150\_1923\_1912 - lokalizace výchozího vydání pro ML 4150*

*4151\_1923\_1913 - lokalizace výchozího vydání pro ML 4150*

*4250\_1924\_1918 - lokalizace výchozího vydání pro ML 4150*

*4251\_1924\_1917 - lokalizace výchozího vydání pro ML 4150*

*4251\_0\_0 - lokalizace dalšího vydání pro ML 4251*

*4251\_1929\_1928 - lokalizace dalšího vydání pro ML 4251*

*4251\_1935\_1928 - lokalizace dalšího vydání pro ML 4251*

*4251\_1938\_0 - lokalizace dalšího vydání pro ML 4251*