

Václav ČADA

## KARTOMETRICKÁ ANALÝZA A LOKALIZACE RUKOPISNÝCH MÜLLEROVÝCH MAP KRAJŮ ČECH PRO JEJICH PUBLIKOVÁNÍ NA MAPOVÉM PORTÁLU

Čada, V.: *Cartometric analysis and localization of manuscript Müller's maps of the Czech regions for their publication on the map portal*. Kartografické listy 2011, 19, 7 figs., 2 tabs., 2 annex, 8 refs.

**Abstract:** When studying historical maps and their data sets it may be appropriated to compare their content with other period sources. These archive documents often serve for comparative studies with recent state of the territory. Such activities require complete coverage of the territory and georeferencing of those maps and data sets into selected coordinate reference system. Publishing of historical maps by means of modern web technologies offers extraordinary possibilities of opening these historical jewels to general public and use of their information potential into contemporary projects. Original Müller's map of the Czech regions, compiled between 1712 and 1718, are exceptional from content, technology and historical point of view. They represent the territory within regional administrative boundaries of that time completed by simple informative drawing of topography behind those boundaries in the approximative scale 1 : 100 000. The most important objects in Müller's maps of the Czech regions are settlements differentiated according their types by map symbols. They can be effectively used to maps and map data sets georeferencing. Presented paper provides a detailed cartometric analysis of planimetric elements of individual manuscript maps of regions and results of accuracy of their georeferencing as well.

**Keywords:** database of settlements, historical maps, map portal, web services

### Úvod

Při studiu starých map a mapových sad je vhodné konfrontovat jejich obsah nejen s dalšími dobovými prameny, ale často tyto archiválie slouží i pro srovnávací studie se současným stavem v území. Proto je přínosné staré mapy a mapové sady starých map zpracovat tak, aby dané území pokrývaly souvisle ve zvoleném souřadnicovém systému. Publikování starých map moderními webovými technologiemi dává nebývalé možnosti zpřístupnění těchto historických skvostů široké veřejnosti a je možné využívat jejich informační potenciál i v současných projektech.

Z obsahového, technologického i historického hlediska jsou v tomto směru naprosto unikátní rukopisné Müllerovy mapy krajů, vyhotovené v Čechách v letech 1712 až 1718 jako mapy původní zobrazující území v tehdejších krajských správních hranicích se zjednodušenou a často orientační kresbou topografického obsahu v prostoru za touto hranicí přibližně v měřítku 1 : 100 000 (Čada, 2010). Až následně vzniklo nejznámější Müllerovo kartografické dílo z území Čech *Mappa geographica regni Bohemiae in duodecim circulos divisae cum comitatu Glacensi et districtu Egerano adiunctis circumiacentium regionum partibus conterminis ex accurata totius regni perlustratione et geometrica dimensione omnibus, ut par est, numeris absoluta et ad usum commodum nec non omnia et singula distinctius cognoscenda XXV sectionibus exhibita* a Joh. Christoph Müller, S. C. M. capitán, et ingen. A. C. MDCCXX, vydané jako soubor 25 mapových listů v přibližném měřítku 1 : 132 000 jako mapa odvozená. Postupně vyhotovované mapy jednotlivých dědičných zemí Rakouské monarchie měly být součástí uvažovaného atlasu habsburské říše (*Atlas Austriacus*). K tomuto záměru bohužel v důsledku úmrtí Jana Kryštofa Müllera v roce 1720 nikdy nedošlo.

---

Doc. Ing. Václav ČADA, CSc., Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Katedra matematiky, oddělení geomatiky, Univerzitní 22, 314 00 Plzeň, e-mail: cada@kma.zcu.cz

## 1. Rukopisné Müllerovy mapy krajů

Na základě císařského patentu ze 4. května 1712 byl J. Ch. Müller pověřen mapováním Čech. Měření bylo započato v tehdy největším českém kraji Bechyňském (Regni Bohemiae circulus Bechinensis quem mandato Caesareo accurate emensus hac mappa delineatum exhibit I.C. Müller; S.C.M. Ing:). Dále byl mapován kraj Prácheňský (Mappa chorographica circuli Prachinensis in regno Bohemiae quem mandato caesareo accurate emensus heic delineatum exhibit I.C. Müller; S.C. Majest: Capitan: et Ingen:) (1713), Plzeňský, Chebský (1714), Loketský<sup>1</sup>, Žatecký, Rakovnický<sup>2</sup> (Regni Bohemiae circulus Rakonicensis quem mandato caesareo accurate emensus hac mappa delineatum exhibit Joh.Christ. Müller; S.C.M. Capitan: et Ingeniar) (1715), Litoměřický (Regni Bohemiae circulus Litomericensis quem mandato caesareo accurate emensus hac mappa delineatum exhibit J.C. Müller; S.C.M. Capit: et Ing:), Královéhradecký (Regni Bohemiae circulus Reginohradecensis quem mandato caesareo accurate emensus hac mappa delineatum exhibit Joh: Christoph: Müller; S.C.M. Capitan: et Ingen:), Chrudimský (Regni Bohemiae circulus Chrudimensis quem mandato caesareo accurate emensus hac mappa delineatum exhibit Joh:Christoph: Müller; S.C.M. Capit: et Ingen:), Čáslavský (Regni Bohemiae circulus Czaslaviensis quem mandato caesareo accurate emensus hac mappa delineatum exhibit Joh:Christ: Müller; S.C.M. Capitan: et Ingen:) a Kouřimský (Regni Bohemiae circulus Kaurzimensis quem mandato caesareo accurate emensus hac mappa delineatum exhibit Joh: Christophorus: Müller; S.C.M. Capit: et Ingen:). Mapa Čáslavského kraje byla dokončena v únoru 1717, mapa Kouřimského následně pak v březnu roku 1717. Mapování završil autor v kraji Boleslavském<sup>3</sup> a Berounském<sup>4</sup> (Regni Bohemiae circulus Beraunensis quem mandato caesareo accurate emensus hac mappa delineatum exhibit Joh: Christ: Müller; S.C.M. Capitan: et Ingen:) a dokončení map se uskutečnilo lednu 1718. Dosud nalezené rukopisné mapy krajů Čech jsou uloženy v oddělení uměleckých sbírek Památníku národního písemnictví v Praze na Strahově (Kupčík, 1995). Bohužel se dosud nepodařilo nalézt rukopisnou mapu Plzeňského, Boleslavského a Žateckého kraje.

Rukopisné mapy krajů byly podkladem pro rukopisnou mapu Čech (Mappa geographica totius Regni Bohemiae in duodecim circulos noviter divisae cum comitatu Glacensi et distriktu Egerano quam Augustissimo Invictissimoque Principi ac Domino Domino Carolo VI. Romanorum Imperatori semper augusto Germaniae Hispaniarum Hungariae Bohemiae Regi propagatori rei christianae publicaeque felicitatis optimo summa cum pietate dedicat Maiestatus ejus infimus servus Joh: Christoph: Müller, S. C. M. Capitan: et Ingen: Author), věnovanou Karlu VI. (Čada, Vichrová, 2009). Po provedených revizích map krajskými hejtmany, které výrazně zpozdily a negativně ovlivnily kvalitu obsahu map a jejich včasné odevzdání, Müller vyhotovil a předal referentovi české dvorské kanceláře (Referendarius v. Deblin) rukopisné předlohy pro mědirytinu mapy Čech na 25 mapových listech s připojeným jedním listem přehledovým.

### 1.1 Polohopisný obsah rukopisných Müllerových map krajů

Polohopis rukopisných Müllerových map pravděpodobně vycházel z měřených vzdáleností (Paldus, 1907) a směrů (spíše magnetických azimutů). Měření délek bylo prováděno pomocí instrumentum viatorium, přístroje připevněného k cestovnímu vozu, kdy naměřená délka byla funkčně závislá na počtu otáček kola a jeho obvodu. Takto byly měřeny vzdálenosti po topografickém zemském povrchu, nikoli vzdálenosti vodorovné a přímé nebo dokonce převedené do zobrazovací roviny. Značné rozdíly měřených délek v terénu (cestovní vzdálenost) a přímých délek potřebných pro konstrukci map (kartometrické délky) byly následně řešeny přibližnou redukcí délek zjištěných viatoriem asi o deset procent.

Při určování směrových poměrů se vycházelo z měření magnetických azimutů (viz dostupná měřická výbava topografa). Buzolní měření (buzolní pořady) používal Müller prokazatelně i pro přesnější a podrobnější mapování, jakým bylo např. mapování krušnohorských hranic. O využívání buzolních měření svědčí i zobrazení směrových růžic. Na rukopisné mapě Prácheňského kraje je

<sup>1</sup> Loketský kraj byl územně sloučen s krajem Žateckým

<sup>2</sup> Původní název Slánský kraj (*Pars circuli Satecensis*)

<sup>3</sup> *Pars circuli Boleslaviensis*

<sup>4</sup> Berounský kraj vznikl sloučením původního kraje Podbrdského (*Pars circuli Podbrdensis*) a kraje Vltavského (*Pars circuli Moldaviensis*)

přímo ve středu směrové růžice po obou stranách směrovky magnetické deklinace vyznačena její hodnota (Vinen 1708 Declinat 10°). Hodnoty magnetické deklinace odměřené na rastrových ekvivalentech rukopisných Müllerových map jsou uvedeny v (Čada a Vichrová, 2009) a další podrobnosti o problematice měření v (Čada, 2010).

Není však reálné s ohledem na postup prací a skutečnost, že Müller pracoval na několika zakázkách a v různých krajích současně, že by veškeré konstrukční délky byly měřeny. Od 17. století jsou pravidelně vydávány podrobné poštovní lexikony a cestovní itineráře s informacemi o vzdálenostech jednotlivých míst. Velice zásadní byla také spolupráce s místní (zemskou, krajskou) správou, která je doložena osobní korespondencí Müllera s dvorskou administrativou, a proto je možné vyslovit hypotézu, že veškeré tyto zdroje byly využívány a že vlastní „měření“ bylo omezeno na minimum.

Základní polohopisný obsah rukopisných Müllerových map krajů zobrazoval především sídla typově rozdělená na opevněná města (zobrazena schematicky půdorys města a opevnění s blokovou zástavbou uvnitř hradeb), neopevněná města, městečka s trhy, městečka se zámky, vsi s kostely a zámek, vsi se zámek, vsi s kostely, vsi bez kostelů a zmizelé vsi. Jako sídelní objekty můžeme dále zařadit hrady, zámky, panská a rytířská sídla (Semotanová, 2001). Sídla jsou nejvýznamnějšími polohopisnými objekty dobře použitelnými pro lokalizaci jednotlivých map. Mapové znaky sídel na rukopisných Müllerových mapách Čech a jejich změny jsou uvedeny příloze 1<sup>5</sup>, kde jednotlivé kraje jsou uvedeny v pořadí tak, jak postupovalo mapování.


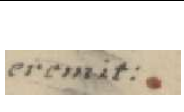
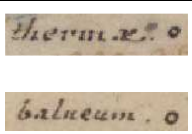
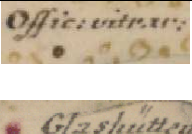
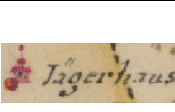
Dalšími prvky základního polohopisu jsou královské silnice, řeky a krajské (zemské) hranice. Tento polohopisný obsah je však zobrazen pouze schematicky a není proto vhodný pro lokalizaci rukopisných map krajů. Zobrazené komunikace dávají pouze orientační přehled o propojení nejdůležitějších sídel bez ambice na komplexnost vyjádření již tehdy existující silniční sítě. Podobně je tomu u vodních toků a rybníčních soustav, kde v porovnání s přesností sídel, nastávají mnohem větší odchylky nejen v poloze, ale především v geometrickém tvaru těchto objektů.

Tematický polohopisný obsah byl tvořen objekty církevními (samostatně stojící kostely, kláštery) a objekty hospodářskými (rybníky, hostince, vodní a větrné mlýny, mosty, pošty, doly na železnou rudu, zlaté doly, doly na stříbro, doly na cín). Mapové znaky tematického obsahu rukopisných Müllerových map Čech jsou uvedeny příloze 2<sup>6</sup>.

Na Müllerových rukopisných mapách krajů se dále setkáváme s objekty, které nemají vlastní mapovou značku a jsou rozlišené pouze popisem jako např. ovčiny (ovile), poustevny (eremitoria), lázně (thermae či balneum), sklárny (officinae vitrariae nebo Glasshütten) nebo myslivny (Jägerhaus) (tab. 1). Tyto objekty jsou mapovým znakem zakresleny až v mapovém souboru Müllerovy mapy Čech *Mappa geographica regni Bohemiae in duodecim circulos divisae cum comitatu Glacensi*....

Popis je markantní součástí obsahu rukopisných map krajů a je nejčastěji použit pro názvy sídel, samot a dvorců. U některých osad (např. Bechyňský a Prácheňský kraj) je německý popis doplněn českým názvem sídla s předsazeným písmenem B. Výrazný je popis nejen zemí a krajů územně správního členění ještě před územní reformou z roku 1714, ale též popis hraničních pohoří

**Tab. 1 Objekty na Müllerových mapách krajů bez vlastního mapového znaku**

Ovčinec	Poustevna	Lázně	Sklárna	Myslivna
				

<sup>5</sup> Pozn. redakcie: příloha je na [http://home.zcu.cz/~cada/www-kma/download/priloha\\_1.pdf](http://home.zcu.cz/~cada/www-kma/download/priloha_1.pdf)

<sup>6</sup> Pozn. redakcie: příloha je na [http://home.zcu.cz/~cada/www-kma/download/priloha\\_2.pdf](http://home.zcu.cz/~cada/www-kma/download/priloha_2.pdf)

a horských pásem. Popisem jsou rozlišeny i některé vodní toky (např. Elb.fl.) včetně pramenů a významné regionální lokality jako např. Ribenzahls Luft garden (obr. 1). Popisem jsou doplněny i některé rybníky jihočeské rybníční pánve v Bechyňském kraji. Popisem je doplněna např. i historická Zlatá stezka (der guldene Steig) v Prácheňském kraji nebo jednotlivé drobné církevní stavby jako kostelíky a kapličky jmény svatých, kterým jsou zasvěceny. Popis jednotlivých objektů však není systematický ani na celém území kraje, ale výrazně se liší v jednotlivých mapách.



Obr. 1 Výřez z rukopisné mapy Hradeckého kraje (výřez natočený severovýchodním směrem)

Terénní pokryv je vyjádřen pomocí ichnogramů (otisků různě velkých schematických znaků), které jsou sdružovány do areálů a dávají velmi dobrý obraz o vegetaci především lesních komplexů (obr. 2). Provedení ichnogramů je však na jednotlivých mapách krajů různé a na později vyhotovených mapách je zřejmá snaha o zjednodušení znaků. Na mapách Bechyňského a Prácheňského kraje jsou použity složitější znaky evokující listnatý les či křoviny v hnědé barvě, na mapě Rakovnického kraje a dalších se již jedná o jednoduché šedé tečky oválného tvaru. Na mapě Litoměřického kraje jsou dále vyznačeny areály mokřin a vinic. Použité mapové znaky jsou patrné z obr. 3.

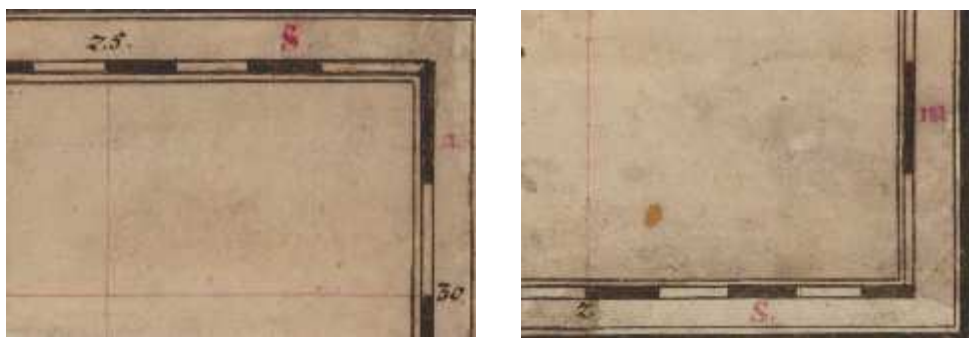


Obr. 2 Výřez z rukopisné mapy Berounského se zalesněným pohořím Brd



Obr. 3 Areálové znaky mokřin a vinic na rukopisné mapě Litoměřického kraje

Rukopisné Müllerovy mapy krajů jsou na mapovém rámu opatřeny geografickou sítí. Na mapových listech Bechyňského, Prácheňského, Rakovnického, Litoměřického a Kouřimského kraje je geografická síť vykreslena po jedné stupňové minutě (s popisem každé páté minuty), mapové listy kraje Královéhradeckého, Chrudimského, Čáslavského a Berounského mají geografickou síť vyznačenou po pěti stupňových minutách s popisem každé desáté minuty. Na mapovém listu Bechyňského kraje je geografická síť s intervalem pěti minut vykreslena i uvnitř mapového listu a jednotlivé sloupce jsou označeny A-S východním směrem, vrstvy a-m od severu k jihu. Zákres geografické sítě bohužel není příliš přesný a kvalitní. Vyskytují se hrubé chyby v dělení (obr. 4), je možné konstatovat, že zákres sítě je pouze schematický a údaje o zeměpisných souřadnicích byly převzaty z jiných zdrojů.



Obr. 4 Severovýchodní a jihovýchodní roh mapového listu Bechyňského kraje s chybnou stupnicí geografické sítě

## 1.2 Výškopisný obsah rukopisných Müllerových map krajů

Pro vyjádření výškopisu rukopisných Müllerových map byla použita kopečková metoda doplněná lavírováním severovýchodních svahů ředěnou tuží (Pravda, 2005). Plastický vjem vyjádření výškopisu je zvýrazněn prvky rostlinné pokrývky. U některých markantních terénních útvarů je zřejmá snaha o zachování charakteristického tvaru tak, aby také výškopis mapy pomohl při orientaci v mapě. Některé významné vrcholy jsou také doplněny popisem (obr. 5).



Obr. 5 Výřez z rukopisné mapy Rakovnického kraje s horou Říp uprostřed

Naopak, na prokazatelných příkladech některých terénních markantů je doložitelné pouze přibližné zobrazování výškopisu bez měření byť relativních výšek. Na obr. 6 je v dolní části zobrazena Milešovka (832 m n.m., nejvyšší vrchol Českého Středoohoří – nad obcí Milischau), která je opticky menší než sousední vrchol Kletečná (706 m n.m. – obec Kletschen). Jedná se pravděpodobně o omyl autora při kresbě výškopisu.



Obr. 6 Kletečná vs. Milešovka na rukopisné Müllerově mapě Litoměřického kraje

## 2. Lokalizace rukopisných Müllerových map krajů

Rastrové ekvivalenty rukopisných map krajů, pořízené se souhlasem vedení Oddělení uměleckých sbírek a ředitelství Památníku národního písemnictví v Praze na Strahově skenerem Context CRYSTAL G600 ve formátu TIFF (Tagged Image File Format – true color, 400 dpi), byly dále zpracovány na oddělení geomatiky Fakulty aplikovaných věd ZČU v Plzni. Některé rozměrné mapové listy byly v minulosti rozstříhány na nepravidelné části podle velikosti kraje. Bechyňský kraj původně obsahoval patnáct samostatných dílů, Královéhradecký kraj jako největší kraj dvacet tři částí, Prácheňský, Litoměřický a Kouřimský kraj devět dílů, kraje Rakovnický, Chrudimský a Čáslavský šest dílů a kraj Berounský čtyři samostatné části. Takto archivované rukopisné mapy krajů byly v 80. letech minulého století při restaurování podlepeny kartonovou podložkou. Rozměrné mapové listy, jako jsou kraje Bechyňský a Královéhradecký (Čada, 2010), jsou na dvou samostatných podložkách vzájemně spojených knihařským plátnem. Takto restaurované mapové listy vykazují i na kresbě uvnitř mapového rámu patrné nespojitosti kresby, a proto bylo nutné přistoupit k rekonstrukci rastrových ekvivalentů mapových listů s cílem zajistit původní stav kresby před rozstříháním (obr. 7).



Obr. 7 Stav kresby na styku restaurovaného mapového listu Královéhradeckého kraje a výsledek po rekonstrukci

Jednotlivé oblasti byly proto po částech podobnostní transformací připojeny vzájemně k sobě přes identické body na stycích jednotlivých částí mapových listů. Jako identické body byly voleny koncové body liniových prvků (komunikace, vodní toky) zobrazených na sousedních částech, případně další markantní kresba na společných okrajích jednotlivých dílů. Vlivem rozdílné srážky jednotlivých částí bylo ke ztotožnění kresby využito Jungovy nereziduální dotransformace na identických bodech v prostředí programového systému Kokeš v.10, která zajistila návaznost původně spojitě kresby a transformaci zbytku mapového dílu bez deformace.

S ohledem na obsah rukopisných Müllerových map, na předpokládaný způsob měření (bez geodetických základů) a na konstrukce mapových listů (nejsoú známy kartografické základy<sup>7</sup> lokalizované mapové sady) bylo rozhodnuto o provedení lokalizace na identifikovatelné prvky polohopisného obsahu rukopisných map.

Na takto rekonstruovaných mapových listech byly kartometricky odečteny souřadnice sídel podle kategorie sídla. Pouze u opevněných měst, zobrazených schematickým půdorysem uvnitř městských hradeb, je možné definiční bod umístit do poměrně přesně identifikovatelného prostoru, jako je např. střed náměstí, katedrála, kostel, radnice, případně křižovatka významných komunikací apod. Protože dispozice center středověkých měst se nám poměrně věrně zachovala, nebyl problém odsunuté souřadnice ztotožnit s definičním bodem sídla z vytvořené databáze sídel. Ostatní kategorie sídel jsou na rukopisných mapách zobrazeny obrázkovým symbolem s vyznačeným definičním bodem kruhového tvaru (příloha 1). U těchto typů sídel byly kartometrické souřadnice vztaženy ke středu kruhového znaku (Králičková, 2011).

Někteří autoři uvádějí, že Müllerovy mapy byly konstruovány na základě výsledků astronomických měření vybraných objektů. Bylo proto pracováno s hypotézou, že pokud by byla při mapování astronomická měření skutečně prováděna (např. pro významná sídla), vykazovala by tato skupina sídel lepší výsledky v poloze. Tato sídla by tvořila základní kostru dané mapy a ostatní sídla by následně byla doplněna do této přesněji vynesené kostry sídel. Proto byla digitalizace souřadnic vztažných bodů sídel na rekonstruovaných mapách prováděna s ohledem na kategorie sídel (příloha 1).

## 2.1 Databáze sídel

Pro lokalizaci map, vyhledávací a zobrazovací funkce webových služeb bylo nutné vytvořit databázi sídel (DBS) s definičními body a názvy sídel. Tato databáze vychází z Územně identifikačního registru základních sídelních jednotek (ÚIR-ZSJ), který byl vytvářen v letech 1992 – 2004 pod gescí Ministerstva pro místní rozvoj a v současné době je spravován a aktualizován Českým statistickým úřadem jako součást registru sčítacích obvodů a budov (RSO). Databáze sídel byla postupně doplňována soubory OBCE.dbf (soubor definičních bodů obcí), KU.dbf (soubor definičních bodů katastrálních území), MCAST.dbf (soubor definičních bodů městských obvodů/městských částí), COBE.dbf (soubor definičních bodů částí obcí evidenčních), COB.dbf (soubor definičních bodů částí obcí) a ZSJ.dbf (soubor definičních bodů základních sídelních jednotek).

V takto naplněné databázi byly eliminovány duplicitní body (např. stejný definiční bod obce a definiční bod katastrálního území), kontrolována a případně zpřesněna jednoznačná poloha definičních bodů sídel nad Základní mapou České republiky 1 : 10 000 (ZM10) v digitální podobě. Souřadnice definičních bodů sídel uložené v DBS jsou brány jako referenční pro lokalizaci mapové sady do S-JTSK s přesností mapové sady ZM10. Navržená datová struktura DBS byla rozšířena o tabulku rukopisných Müllerových map, kde jsou uloženy informace o veškerých sídlech, typu sídla a jeho německém, případně českém názvu. Poloha sídla v S-JTSK byla získána transformací odsunutých kartometrických souřadnic na zrekonstruovaných mapách krajů výsledným transformačním klíčem pro jednotlivé kraje. Sídla zobrazená na několika mapových listech jsou uložena opakovaně s rozdílnými souřadnicemi, s příznakem příslušného kraje, případně odlišným názvem. Speciálním příznakem jsou odlišena i sídla za hranicemi Čech.

<sup>7</sup> Např. v (Paldus, 1907) se uvádí, že bylo využito zobrazení Plattkarten, kdy rovnoběžky a poledníky jsou zobrazovány jako přímkami s obdobnými vlastnostmi jako válcové zobrazení ekvidistantní v polednicích s nekreslenou rovnoběžkou. Bohužel ani přesnost zobrazené geografické sítě ani další potřebné parametry zobrazení (referenční plocha, počáteční poledník a další) neumožňují provést lokalizaci s využitím kartografických základů.

Nad takto uloženými daty je možné následně provádět řadu analýz přímo v databázovém prostředí. Je možné získat informace o přesnosti lokalizace sídel uvnitř a vně hranic kraje, informace o zániku nebo naopak vzniku nových obcí nebo o růstu jednotlivých sídelních útvarů. Jednoduchým databázovým dotazem lze zjistit četnosti sídel v jednotlivých krajích i podle typu sídla (Čada a Janečka, 2011).

Je možné sledovat, zda názvy sídel, až na německou transkripci, jsou shodné se současným názvem (např. Radomißchl – Radomyšl) nebo zda současný název je překladem německého ekvivalentu (např. Schweineßchlag – Sviňovice), nebo zda byl používán jak německý, tak český název doplněný písmenem B (Bohemice, resp. Böemisch). Z těchto dat je možné analyzovat např. zastoupení německého prostředí na území našeho státu na počátku 18. století. Velice zajímavým fenoménem je vedle souhlásek s háčky v názvech sídel i výskyt spřežkového pravopisu.

## 2.2 Statistické testování sídel použitých pro lokalizaci

Pro jednotlivé kategorie sídel byly sestaveny transformační klíče afinní transformace, dle rovnic:

$$X = ax + by + c$$

$$Y = dx + ey + f,$$

kdy koeficienty jsou určeny vyrovnáním pro  $n-3$  nadbytečné identické body, přičemž  $X$  a  $Y$  jsou souřadnice v cílové souřadnicové soustavě S-JTSK a  $x$  a  $y$  jsou kartometricky odsunutá souřadnice ve výchozí (místní) souřadnicové soustavě.

Následně byly odsunutá souřadnice transformovány do S-JTSK a testovány difference:

$$d_{x_i} = X_i - x_{t_i} \quad d_{y_i} = Y_i - y_{t_i},$$

kde  $x_t$  resp.  $y_t$  jsou transformované souřadnice odsunutých identických bodů do cílové souřadnicové soustavy. Soubory těchto diferencí musí splňovat podmínky normality náhodné veličiny. Pro difference, které nespĺňují podmínky  $d_x \leq ks_x$  resp.  $d_y \leq ks_y$ , pro  $k=2,5$  a vypočtené výběrové rozptyly vektorů diferencí  $s_x$  ve směru osy  $X$  a  $s_y$  ve směru osy  $Y$ , je nutné zjistit důvody vybočujících sídel. Nebyla-li nalezena chyba v odsunu souřadnic ani v poloze vztažného bodu sídla v S-JTSK, je nutno takové sídlo z výpočtu transformačního klíče vyloučit jako nevyhovující a provést výpočet transformačních koeficientů opakovaně. Počet vyloučených sídel v krajích nepřekročil 5 % po jednotlivých kategoriích sídel.

Výsledkem této analýzy bylo zjištění, že průměrná polohová difference (P) transformovaných sídel:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{d_{x_i}^2 + d_{y_i}^2}}{n},$$

kde  $d_{x_i}$  a  $d_{y_i}$  jsou difference polohy sídel po transformaci v jednotlivých souřadnicích, a  $n$  je počet sídel v jednotlivých kategoriích:

1. není v jednotlivých krajích výrazně rozdílná pro některé kategorie sídel, a proto nelze potvrdit hypotézu, že poloha některých sídel byla určena přesněji například astronomickým měřením,
2. je závislá především na počtu identických bodů<sup>8</sup> a jejich vzájemné konfiguraci,
3. je pro některé kraje výrazně systematicky vyšší u všech kategorií sídel (např. Litoměřický nebo Bechyňský kraj).

Přehledně jsou výsledky analýz zpracovány v tab. 2, ve které je pro každý kraj uveden počet dosud existujících sídel podle jednotlivých kategorií (tučný údaj v horní části řádku) a hodnota průměrné difference dílčího transformačního klíče pro jednotlivé kategorie sídel (údaj v dolní části řádku). Podbarvením je vyznačena minimální (světle šedá barva) a maximální (tmavě šedá barva) hodnota průměrné difference transformačního klíče v jednotlivých kategoriích sídel v kraji.

Protože nebylo prokázáno, že polohové určení vybraných kategorií sídel bylo výrazně přesnější, bylo dále pracováno s jedním společným transformačním klíčem vytvořeným ze všech zachovaných sídel pro celý mapový list. Soubor kartometricky odečtených souřadnic identických sídel

<sup>8</sup> Pro tři identické body se afinní transformace stává nereziduální transformací s nulovou hodnotou  $m_p$



byl tímto společným transformačním klíčem převeden do S-JTSK a odlehle diference byly testovány za stejných podmínek uvedených výše. Odlehlá sídla byla kontrolována a v případě, že nebyla nalezena chyba odsunutých souřadnic sídel ani chybný definiční bod v DBS, byl tento bod z transformačního klíče vyloučen. Tímto postupným iteračním způsobem bylo vyloučeno okolo 5 % sídel (nejméně v kraji Královéhradeckém -4,3 %, nejvíce v kraji Čáslavském -7,9 %) většinou v údolí řek nebo naopak v horských oblastech. Často se tato sídla vyskytují ve skupinách pohromadě.

V tab. 2 je na posledních dvou řádcích uveden počet bodů, které vstupovaly do výpočtu společného klíče (bez rozlišení kategorie sídla) a vypočtená hodnota průměrné polohové diference společného klíče. Tato hodnota může být chápána jako relativní parametr kvality zobrazení sídel na jednotlivých rukopisných mapách krajů. Z výsledků je zřejmé, že nejlépe vychází kraj Prácheňský, nejhůře kraj Litoměřický.

Rozborem diferencí  $d_x$  resp.  $d_y$  po transformaci jednotným transformačním klíčem bylo zjištěno, že velikost i směr vektorů diferencí má v určitých oblastech shodný průběh a tedy, že tyto oblasti by byly transformací jednotným klíčem systematicky deformovány. Je zřejmé, že toto je důsledkem systematických chyb v zákresu polohy sídel na rukopisných Müllerových mapách krajů. Pro tyto případy je ideální aplikovat statistické **metody shlukové analýzy** s důrazem na eliminaci subjektivních přístupů řešení.

Vstupními daty pro shlukovou analýzu v prostředí Matlab je matice typu  $(n,7)$ , kde  $n$  je počet sídel příslušné rukopisné mapy kraje a v jednotlivých sloupcích je uloženo číslo sídla, souřadnice  $X$  a souřadnice  $Y$  z DBS a transformované souřadnice  $x_i$  a souřadnice  $y_i$  z místních souřadnic do S-JTSK. Nejprve byly soubory diferencí  $d_x$  a  $d_y$  pro každý kraj, s ohledem na rozsah souborů, podrobeny Kolmogorov – Smirnovu testu normality a určeny četnosti výskytu diferencí v jednotlivých intervalech histogramů. Tyto četnosti byly porovnány s teoretickou intervalovou četností a byla testována nulová hypotéza, že četnosti se liší pouze náhodně tzn., že hodnocený výběr patří do základního souboru s normálním rozdělením pravděpodobnosti. Vybraný test se používá jako pravostranný.

Testem bylo potvrzeno, že soubory diferencí  $d_x$  a  $d_y$  mají s 95 % pravděpodobností normální rozdělení s výjimkou kraje Litoměřického, Čáslavského a souboru diferencí  $d_y$  v Chrudimském kraji. Protože nesoulad nebyl nijak zásadní, bylo i v těchto případech postupováno obdobně. Hodnoty souřadnic jako atributu polohy jevu a hodnoty diferencí jako dalšího důležitého parametru jsou výrazně odlišné. Je proto nutné zavádět buď empiricky váhové koeficienty, nebo upravit hodnoty vstupující do shlukové analýzy tak, aby byly vzájemně porovnatelné.

Vektory diferencí vykazují normální rozdělení  $N(0,s)$ , a proto je možná úprava na normální normalizované rozdělení  $N(0,1)$  vydělením vektoru diferencí hodnotou vypočteného výběrového rozptylu  $s$ . Pro vektory souřadnic nebyla normalizace souřadnic provedena na těžiště vydělením průměrnou hodnotou souřadnic. Pro shlukovou analýzu byla použita Wardova metoda, při které dochází ke sdružení takových shluků, aby se maximálně snížila hodnota Wardova funkcionálu

$$\Delta W = \sum_{b \in A_r \cup A_s} d^2(b, \bar{b}_{\cup}) - \sum_{b \in A_r} d^2(b, \bar{b}_r) - \sum_{b \in A_s} d^2(b, \bar{b}_s),$$

kde  $\bar{b}_{\cup}$  je centroid shluku, který vznikne sloučením shluků  $A_r$  a  $A_s$ ,  $\bar{b}_r$  je centroid shluku  $A_r$ ,  $\bar{b}_s$  je centroid shluku  $A_s$ , a  $b$  je bod souboru. Výchozí stav je dán  $n$  shluky samostatných bodů s diferencemi  $d_{x_i}$  a  $d_{y_i}$ .

Výstupem shlukové analýzy je matice **sloučení** typu  $((n-1),3)$ , kde  $n$  je počet bodů vstupního souboru. První dva sloupce obsahují interní čísla shluků, které jsou slučovány a ve třetím sloupci jsou hodnoty parametru, na základě kterého sloučení proběhlo. Proces shlukování je optimalizován na základě vizualizace matice **sloučení** ve formě dendrogramu. Jako optimální úroveň ukončení shlukování pro většinu krajů byly stanoveny tři shluky, pouze u kraje Prácheňského a Rakovnického byly voleny shluky čtyři.

Závěrečným krokem je eliminace osamělých sídel. Jedná se o případy, kdy se uvnitř rozsáhlé oblasti jednoho shluku vyskytuje sídlo (maximálně dvojice sídel) přiřazené do jiného shluku s odlišnými vlastnostmi. Tato eliminace byla prováděna v grafickém systému Kokeš s využitím výpočtu gradientů polohových diferencí nejbližších okolních sídel.

**Tab. 2 Počty dosud existujících sídel podle jednotlivých kategorií a hodnoty průměrné polohové difference dílčích a výsledných transformačních klíčů**

		Kraj								
		Bechyňský	Prácheňský	Rakovnický	Litoměřický	Královéhradecký	Chrudimský	Čáslavský	Kouřimský	Berounský
Kategorie sídla	Počet sídel									
	Průměrná polohová difference sídel [m]									
	<b>Opevněná města</b>	12	7	14	7	14	9	9	9	2
		1140	790	1030	1710	910	1220	750	660	0
	<b>Neopevněná města</b>	19	7	2	12	8	7	2	7	8
		1650	1000	0	1210	710	770	0	640	860
	<b>Městečka s trhy</b>	33	28	33	26	73	33	54	44	30
		1250	820	800	1170	990	1130	950	1070	910
	<b>Městečka se zámky</b>	14	2	0	0	0	0	0	0	0
		1050	0	-	-	-	-	-	-	-
<b>Vsi s kostely a zámky</b>	5	7	9	10	21	1	7	8	3	
	390	1280	650	1200	820	-	360	810	0	
<b>Vsi se zámky</b>	47	54	49	31	34	8	46	52	53	
	1170	740	830	1270	890	570	830	710	820	
<b>Vsi s kostely</b>	97	69	102	78	187	90	91	100	50	
	1220	790	790	1280	1610	1060	820	830	920	
<b>Vsi bez kostelů</b>	1092	859	621	663	912	595	780	662	678	
	1250	800	820	1290	1050	1060	900	920	820	
<b>Počet sídel v kraji celkem</b>	<b>1319</b>	<b>1033</b>	<b>830</b>	<b>827</b>	<b>1249</b>	<b>743</b>	<b>989</b>	<b>882</b>	<b>824</b>	
<b>Počet sídel pro společný klíč</b>	<b>1252</b>	<b>977</b>	<b>772</b>	<b>784</b>	<b>1195</b>	<b>685</b>	<b>911</b>	<b>838</b>	<b>777</b>	
průměrná polohová difference společného klíče [m]	1260	800	820	1300	1050	1070	890	910	940	

Vytvořené shluky reprezentují různě rozsáhlé oblasti s rozdílnou hustotou sídel. Tato nevyváženost by při výpočtu výsledného transformačního klíče způsobila, že oblasti s vyšší hustotou sídel by výrazně ovlivnily výslednou lokalizaci map jednotlivých krajů. Proto pro jednotlivé oblasti shluků byly vybrány reprezentanti oblastí tak, aby hustota sídel byla rovnoměrná (homogenní). Z těchto sídel (reprezentantů oblastí) byly následně vypočítány koeficienty afinní transformace s vyrovnáním MNC pro jednotlivé mapy krajů. Pro vlastní transformaci rastrových ekvivalentů rukopisných Müllerových map krajů Čech byla jako optimální zvolena nereziduální TPS transformace.

### Závěr

Výsledkem kartometrické analýzy rukopisných Müllerových map krajů Čech je lokalizace mapové sady starých map do referenčního souřadnicového systému Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK) pro publikování na mapovém portálu pomocí vybraných sídel zobrazených schematickým půdorysem (opevněná města) nebo bodovým znakem (ostatní typy sídel). Stručně je popsána také databáze sídel (DBS), vytvořená mimo jiné za účelem lokalizace mapových sad, u kterých není možné využívat geodetických a kartografických základů. DBS je dále využívána pro vyhledávací a zobrazovací funkce webových služeb budovaného mapového portálu. Je analyzována přesnost výsledné lokalizace a popsány případy chybných zákresů některých sídel. Pozornost je věnována také dalšímu obsahu rukopisných map a zdůvodněno, proč tyto další objekty (říční síť, komunikace, hranice územních celků, výškopis) nejsou pro lokalizaci vhodné. Z důvodu pouze

přibližného zákresu geografické sítě a neznámých vlastností kartografických základů byl způsob lokalizace pomocí sídel vyhodnocen jako nejvýhodnější a nejpresnější. Na základě provedených analýz je možné konstatovat, že jednotlivé kategorie sídel jsou na Müllerových rukopisných mapách zobrazeny se srovnatelnou přesností. Polohová přesnost je závislá na prostoru v daném území jednotlivých krajů. Tyto prostory je možné velice dobře vymezit statistickou metodou shlukové analýzy.

*Autor byl podpořen Výzkumným záměrem MSM497775301.*

#### Literatura

- ČADA, V., VICHROVÁ, M. (2009). Rukopisné mapy Čech J. Ch. Müllera. *Kartografické listy*, 17, s. 21-30.
- ČADA, V. (2010). Kartometrická kvalita Müllerovy mapy Čech (aneb vychází Müllerovy mapy Čech z astronomicky určených zeměpisných souřadnic?). *Z dějin geodézie a kartografie 14. Rozpravy Národního technického muzea v Praze 211*, s. 14-20.
- ČADA, V., JANEČKA, K. (2011). *Database of settlements and its usage for localization of old maps*. XXIIIth International CIPA Symposium. Prague (in print).
- KUPČÍK, I. (1995). Nález rukopisné předlohy tisku Müllerovy mapy Čech, pohřešovaného rukopisu mapy Moravy a tiskové desky mapy okolí Chebu. *Sborník české geografické společnosti*, 1, s. 25-33.
- KRÁLÍČKOVÁ, P. (2011). *Datový model rukopisných Müllerových map Čech*. Diplomová práce, Plzeň (Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd).
- SEMOTANOVÁ, E. (2001). „Tematické“ legendy tištěných map českých zemí ve století Jana Kryštofa Müllera. *Historická geografie*, 31. Praha (Historický ústav AV ČR), s. 241-275.
- PALDUS, J. (1907). *Johann Christoph Müller. Ein Beitrag zur Geschichte vaterländischer Kartographie*. Wien (Josef Roller&Comp.).
- PRAVDA, J. (2005). Georeliéf na mapách. *Geodetický a kartografický obzor*, 51/93, 8, s. 173-179.

#### S u m m a r y

##### **Cartometric analysis and localization of manuscript Müller's maps of the Czech regions for their publication on the map portal**

Georeferencing of set of old maps into JTSK coordinate system is the result of cartometric analysis of manuscript Müller's maps of Czech regions. It has been done through identification of identical settlements represented by schematic outlines of fortified towns or by point symbols for publication on the map portal Database of settlements, created for this purpose is also mentioned. Accuracy of georeferencing has been analyzed and some incorrect localization of settlements when using statistical method of cluster analysis were discovered. Attention was paid to other content of manuscript maps in order to justify unsuitability of other objects e.g. river and road network, administrative boundaries or hypsography as control points for georeferencing. Approximative representation of geographic network and unknown fundamentals of cartographic projection led to choice of settlements as the most suitable and accurate control points for that task.

Fig. 1 Slice of manuscript map of Reginohradecensis region (turned into North East direction)

Fig. 2 Slice of manuscript map of Beroun region with forested mountain chain Brdy

Fig. 3 Cartographic area symbols of wetland and vineyards in manuscript map of Litoměřice region

Fig. 4 North East and South East corners of a map sheet represented the Bechyně region with incorrect scale of geographic network

Fig. 5 Slice of manuscript map of Rakovník region with the mountain Říp in the middle

Fig. 6 Kletečná vs. Milešovka mountains in manuscript map of Litoměřice region

Fig. 7 Muzzy drawing in marginal part of restored map sheet of Reginohradecensis region and result after reconstruction

Tab. 1 Objects in Müller's maps without their own map symbols

Tab. 2 Počty dosud existujících sídel podle jednotlivých kategorií a hodnoty průměrné polohové difference dílčích a výsledných transformačních klíčů

Annex 1 Map symbols of settlements in manuscript Müller's maps of Czech regions

Annex 2 Other map symbols of thematic planimetric content in manuscript Müller's maps of Czech regions

#### Recenzoval:

**Doc. Ing. Miroslav MIKŠOVSKÝ, CSc.,  
Praha, Česká republika**