

## Analýza geometrie sítě transformované globálním klíčem verze 1710

Bc. Jakub Nosek,  
Ústav geodézie  
Fakulty stavební VUT v Brně

### Abstrakt

V současné době je potřeba pracovat jak s výsledky měření technologiemi GNSS tak s výsledky měření klasickými geodetickými metodami. Prostorové souřadnice ETRS89 (ETRF2000) se do národního S-JTSK převádějí s využitím lokální transformace nebo pomocí zpřesněné globální transformace. Zpřesněná globální transformace se bude svými výsledky, vzhledem ke svým plynule se měnícím deformacím, lišit od transformace lokální. Rozdíly mezi délkami vypočtenými ze souřadnic a měřenými délkami, převedenými do roviny kartografického zobrazení, mohou negativně ovlivnit výsledky měření vkládaných terestrických sítí. Tento článek se zabývá posouzením shodnosti terestricky měřených veličin (úhlů, délek) a veličin, které byly vypočteny ze souřadnic bodů transformovaných do S-JTSK zpřesněnou globální transformací, a mírou využitelnosti takto transformovaných bodů při přesných aplikacích.

### Analysis of Geodetic Network Geometry Transformed by Global Key Version 1710

#### Abstract

Currently, it is necessary to work both with results obtained by GNSS measurements and measurements obtained from classical terrestrial geodetic methods. The spatial coordinates of the ETRF2000 are transformed into a national map projection S-JTSK using local or refined global transformation. The results obtained by refined global transformation will be different from those computed by the local transformation due to its fluctuating deformations. The differences between the lengths calculated from the coordinates and the measured lengths transformed to the map projection may negatively influence the measurement results of the inserted terrestrial network. This paper deals with the evaluation of the geometry of the local networks transformed into S-JTSK by a refined global transformation and with the level of usability of the transformed points in the precise applications.

**Keywords:** S-JTSK, GNSS, global transformation, geometric deformations, terrestrial network

## 1. Úvod

Využití Globálních navigačních družicových systémů (GNSS) je v současné době nepostradatelnou součástí geodetické praxe. Na výsledky měření technologií GNSS bývá často navazováno terestrickým měřením klasickými geodetickými metodami. Podstatné zjednodušení pro převod výsledků měření pořízených technologií GNSS, kterými jsou souřadnice v Evropském terestrickém referenčním systému v epoše 1989.0 (ETRS89) v realizaci Evropského terestrického referenčního rámce 2000 (ETRF2000), do národního Souřadnicového systému Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK) nabízí zpřesněná globální transformace. Globální transformace bývá v současné době využívána hlavně pro práce v katastru nemovitostí a při účelovém mapování. Při budování přesných účelových sítí bývá zpravidla využívána lokální transformace s volbou okolních identických bodů.

## 2. Souřadnicové systémy

### 2.1 Evropský terestrický referenční systém v epoše 1989.0

ETRS89 je na území České republiky (ČR) využíván při měření metodami GNSS. Vlivem neustálého pohybu euroasijské desky vlivem kontinentálního driftu (v současné době přibližně 2,5 cm/rok) je Mezinárodní terestrický referenční

systém (ITRS) pro nutnost častých změn souřadnic pro geodetické účely nevhodný. Z tohoto důvodu byl systém ITRS „zakonzervován“ v epoše 1989.0 pro využití v rámci Evropy a označen jako ETRS89. Z toho je patrné, že systém ETRS89 a systém ITRS (v aktuální epoše) se od sebe vzdalují.

Systém ETRS89 je spjat s elipsoidem Geodetického referenčního systému 1980 (GRS80), podobně jako je tomu u ITRS. Při tvorbě tohoto systému bylo využito metod kosmické geodézie – interferometrie s velmi dlouhými základnami (VLBI), laserové lokace družic (SLR) a hlavně metod GNSS. V současné době je k realizaci ETRS89 využíván referenční rámec ETRF2000.

### 2.2 Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální

S-JTSK vznikl v letech 1920–1958. Samostatné Československo si po svém vzniku žádalo nové přesné geodetické základy. Pro tyto účely bylo vybráno zobrazení, které navrhnul přednosta Triangulační kanceláře Ing. Josef Křovák. Zobrazení navržené Křovákem mělo vhodnou orientaci vzhledem k protáhlému tvaru tehdejšího Československa a dosahovalo nejmenších hodnot délkového zkreslení. Besselův elipsoid byl konformně zobrazen na Gaussovu kouli, která byla posléze z důvodu zmenšení maximálního zkreslení zmenšena pomocí koeficientu  $k=0,9999$ . Tím vznikly dvě nezkrácené rovnoběžky a zkreslení délek pak nabývalo hodnot od -10 do +14 cm/km. Tato již zmenšená koule byla následně konformně zobrazena na kužel

v obecné poloze, a proto bývá toto zobrazení označováno jako *dvojitě*.

První řád trigonometrické sítě, jehož převážná část měření byla převzata z dřívější rakouské vojenské triangulace, byl zhuštěn sítěmi nižších řádů. Kvalitu realizace S-JTSK nepříznivě ovlivnila absence astronomických a gravimetrických měření. Další nepřesnosti v podobě nesprávného rozměru sítě a místních deformací zapříčinila nedostatečná délková měření (elektronické dálkoměry nebyly známy). Vznik S-JTSK je detailně popsán v [1].

Hodnoty délkového zkreslení v Křovákově zobrazení se zvětšují s narůstající vzdáleností od dvou nezkraslených rovnoběžek – zkreslení má stejnou velikost na tzv. ekviformátách. K výpočtu tohoto zkreslení slouží rovnice (1), (2) a (3), do kterých vstupují souřadnice  $Y$  a  $X$  vztažené k místu, pro které je hodnota zkreslení počítána.

$$R = \sqrt{X^2 + Y^2}, \quad (1)$$

$$\Delta R = R - 1298039, \quad (2)$$

$$m = 0,9999 + 1,22822 \times 10^{-14} \Delta R^2 - 3,154 \times 10^{-21} \Delta R^3 + 1,848 \times 10^{-27} \Delta R^4 - 1,1510^{-33} \times \Delta R^5, \quad (3)$$

$$s_{S-JTSK} = \frac{1}{6} s_0 (m_A + 4m_s + m_B). \quad (4)$$

Měřená délka  $s$  převedená do nulového horizontu (délka  $s_0$ ) se do roviny Křovákova zobrazení následně převede pomocí vzorce (4), kde  $m_A$ ,  $m_B$  jsou měřítka zkreslení koncových bodů délky,  $m_s$  je měřítka zkreslení středního bodu délky a  $s_{S-JTSK}$  je délka v rovině Křovákova zobrazení.

### 2.3 S-JTSK/05

S-JTSK/05 je rovinný souřadnicový systém vzniklý na základě přímých měření technologií GNSS. Díky této skutečnosti platí mezi souřadnicemi S-JTSK/05 a souřadnicemi referenčního rámce ETRF2000 exaktní matematický vztah. S-JTSK/05 využívá souřadnicový systém modifikovaného Křovákova zobrazení (více v části 3.2), tím navazuje na S-JTSK a je tedy vhodný i pro měření s využitím klasických geodetických metod [2]. Na rozdíl od ETRS89 a S-JTSK není S-JTSK/05 v ČR závazný, ale má statut pouze „pracovního“ systému, který se využívá při zmíněné globální transformaci.

## 3. Metody transformace mezi systémy ETRF2000 a S-JTSK

### 3.1 Lokální transformace

Transformace z ETRS89 (ETRF2000) do S-JTSK pomocí lokální transformační klíče vychází z obecných matematických vzorců. Pro výpočet této transformace je třeba znát souřadnice identických bodů v ETRS89 (ETRF2000) a S-JTSK. Souřadnice S-JTSK doplňujeme o nadmořské výšky bodů ve výškovém systému Baltském po vyrovnání (Bpv) a můžeme je tedy označovat například jako S-JTSK + Bpv. Počet, kvalita a konfigurace identických bodů ovlivňují výslednou přesnost této transformace. Nejčastěji využíváme

prostorovou podobnostní transformaci, někdy zvanou jako *Helmertova sedmiprvková transformace*, kterou lze vyjádřit jako

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = qR \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix}, \quad (5)$$

kde  $X, Y, Z$  jsou souřadnice systému, do kterého transformujeme,  $q$  je měřítko,  $x', y', z'$  jsou výchozí souřadnice,  $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$  jsou prostorové translace a  $R$  je rotační matice

$$R = \begin{pmatrix} \cos\beta\cos\gamma & \cos\beta\sin\gamma & -\sin\beta \\ \sin\alpha\sin\beta\cos\gamma - \cos\alpha\sin\gamma & \sin\alpha\sin\beta\sin\gamma + \cos\alpha\cos\gamma & \sin\alpha\cos\beta \\ \cos\alpha\sin\beta\cos\gamma + \sin\alpha\sin\gamma & \cos\alpha\sin\beta\sin\gamma - \sin\alpha\cos\gamma & \cos\alpha\cos\beta \end{pmatrix}, \quad (6)$$

kde úhly  $\alpha, \beta$  a  $\gamma$  značí rotace kolem jednotlivých os. V případě malých rotací a posunů (jako je tomu i u transformace mezi ETRF2000 a S-JTSK) lze užít tzv. diferenciální (zjednodušenou) Helmertovu transformaci, kterou můžeme v linearizovaném tvaru zapsat jako

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = qR \begin{pmatrix} 1 & \gamma & -\beta \\ -\gamma & 1 & \alpha \\ \beta & -\alpha & 1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix}. \quad (7)$$

### 3.2 Zpřesněná globální transformace

Zpřesněná globální transformace mezi systémy ETRS89 (ETRF2000) a S-JTSK je založena na principu několikastupňové transformace, jejíž princip je patrný ze schématu (obr. 1). Pravoúhlé prostorové souřadnice  $XYZ_{ETRF2000}$  vztažené k elipsoidu GRS80 jsou pomocí sedmiprvkové podobnostní transformace převedeny na souřadnice  $XYZ_{Bessel}$  které jsou vztaženy k Besselovu elipsoidu, a ty jsou posléze převedeny na geodetické (zeměpisné) souřadnice  $BLH$  na tomto elipsoidu.

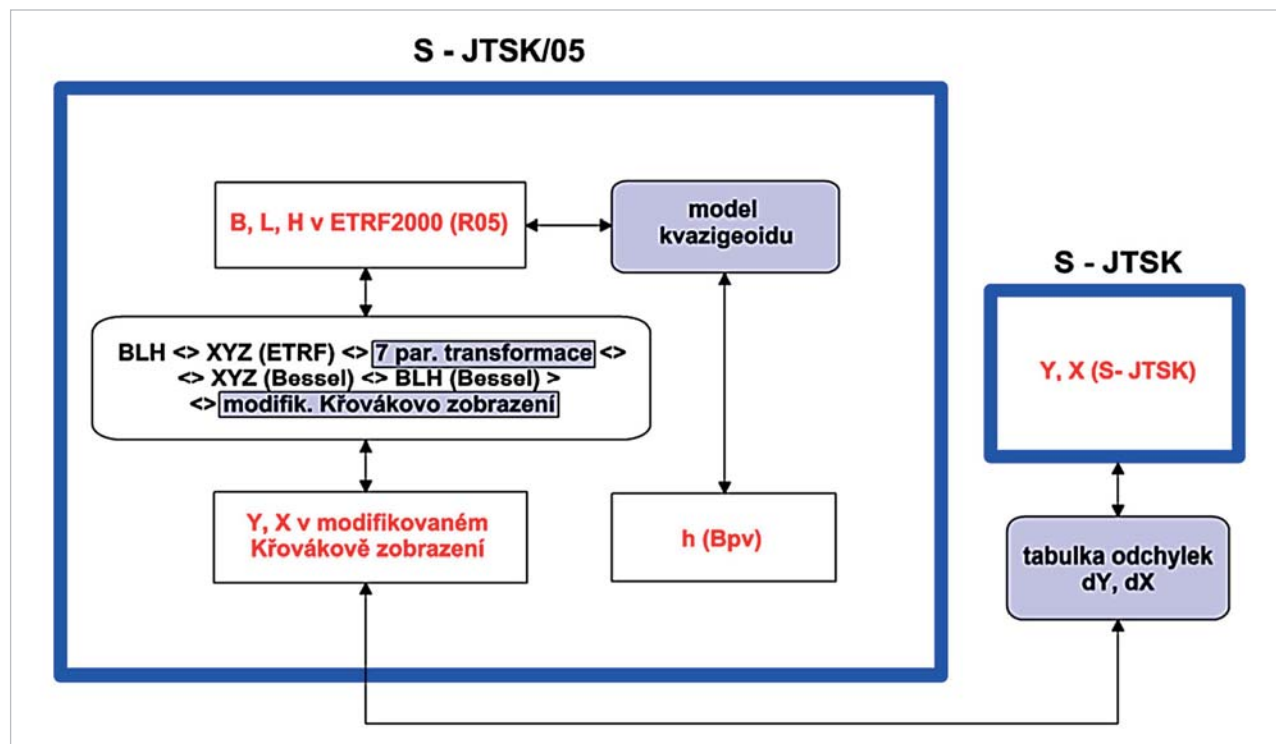
V dalším kroku jsou tyto souřadnice převedeny na rovinné v systému S-JTSK/05 pomocí *modifikovaného Křovákova zobrazení*, které se skládá z původního Křovákova zobrazení a korekčních členů vypočtených pomocí bikubické dotransformace, které mají za úkol docílit co nejlepší shody mezi S-JTSK/05 a S-JTSK. Pro snadné odlišení od souřadnic S JTSK se k oběma složkám souřadnic S-JTSK/05 přičítá konstanta 5 000 000. Výsledné souřadnice bodů v S-JTSK se vypočtou ze vzorců

$$\begin{aligned} Y_{JTSK} &= Y_{(JTSK/05)} - 5\,000\,000 - dY, \\ X_{JTSK} &= X_{(JTSK/05)} - 5\,000\,000 - dX, \end{aligned} \quad (8)$$

kde  $dY$  a  $dX$  jsou korekce mezi S-JTSK/05 a S-JTSK. Hodnoty těchto korekcí byly vyčísleny v pravidelné síti (tabulce) o velikosti buňky  $2 \times 2$  km. Korekce pro danou polohu bodu jsou z této tabulky počítány pomocí kvadratické interpolace.

Nadmořská výška bodů  $H_{Bpv}$  v Bpv je vypočtena z elipsoidické výšky  $H_{El(GRS80)}$  nad elipsoidem GRS80 pomocí modelu kvazigeoidu CR2005 (verze 1005), který obsahuje v pravoúhlé síti  $1' \times 1,5'$  (přibližně  $2 \times 2$  km) hodnoty převýšení kvazigeoidu nad elipsoidem tzv. výškové anomálie  $\zeta$ . Výsledná nadmořská výška bodu v systému Bpv se pak vypočte ze vzorce

$$H_{Bpv} = H_{El(GRS80)} - \zeta. \quad (9)$$



Obr. 1 Postup zpřesněné globální transformace; převzato z [3]

Přesný postup, vzorce a konstanty pro převod mezi ETRS89 (ETRF2000) a S-JTSK jsou uvedeny v metodice [3].

V současné době se pro převod mezi systémy S-JTSK/05 a S-JTSK používá převodní tabulka verze 1710, která je pro výpočet zpřesněné globální transformace platná od 1. 1. 2018. Hodnoty redukci souřadnic v uzlech tabulky byly interpolovány metodou převracené hodnoty druhé mocniny vzdálenosti. Oproti předchozím verzím převodních tabulek (například poslední verze 1202) je tato tabulka vypočtena z redukovaného počtu bodů – bylo použito 3 927 trigonometrických bodů, na kterých bylo měřeno technologií GNSS. [4] Tato volba počtu zapříčinila větší hladkost výsledné tabulky, kdy jsou změny hodnot mezi sousedními uzly plynulejší.

Případná účelová síť transformovaná pomocí zpřesněné globální transformace s využitím tabulek bude obecně tvarově i rozměrově deformovaná oproti síti transformované pomocí lokálního klíče, a to v závislosti na užití převodní tabulky při globální transformaci resp. na volbě identických bodů při lokální transformaci. Zároveň obecně platí, že souřadnice trigonometrických a zhušťovacích bodů určené transformací se nebudou shodovat s danými souřadnicemi těchto bodů uloženými v Databázi bodových polí. Ukázka vektorů korekcí mezi S-JTSK/05 a S-JTSK vybrané části ČR z převodní tabulky verze 1710 je zobrazena na obr. 2.

## 4. Výběr lokalit a výpočty

### 4.1 Lokality

Pro testování globálního klíče bylo zvoleno celkem 358 lokalit napříč celým územím České republiky (obr. 3). Rozlo-

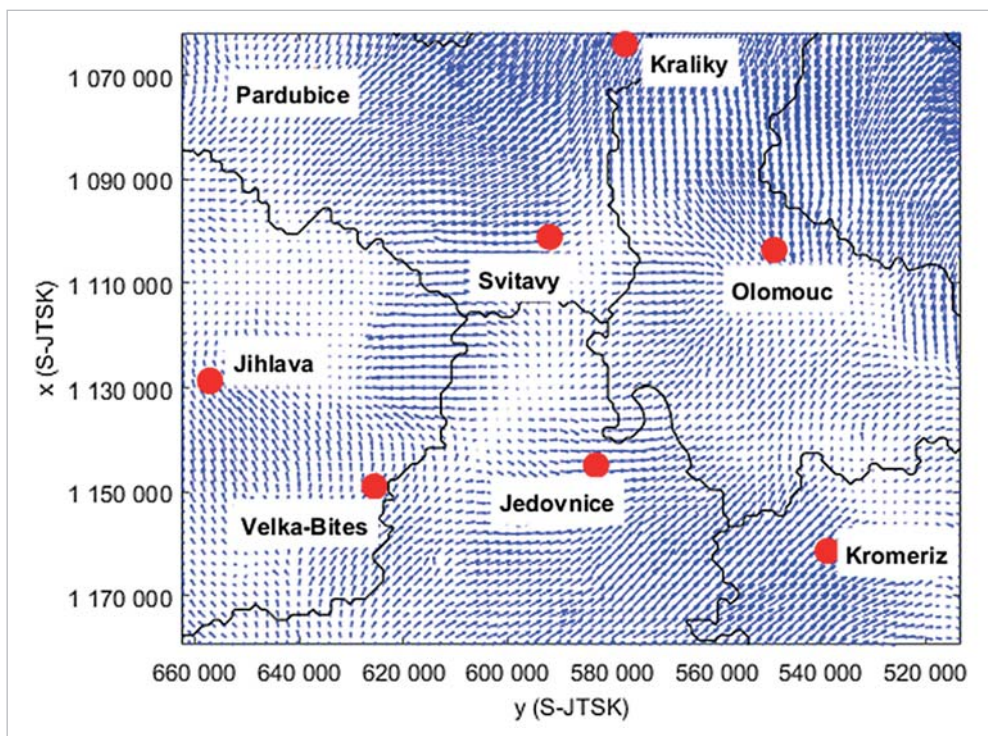
žení lokalit bylo koncipováno tak, aby soubor testovaných bodů obsahoval nejen lokality rovnoměrně rozmístěné ve vnitrozemí, ale také lokality v těsné blízkosti státních hranic, ve kterých lze očekávat větší geometrické deformace.

Každá lokalita byla tvořena čtyřmi trigonometrickými (případně zhušťovacími) body, které tvořily nepravidelný čtyřúhelník. Tyto body byly v dané lokalitě použity jako identické při lokální transformaci. Zpracovávalo bylo tedy celkem 1 432 bodů. Průměrná délka stran mezi body v lokalitě je přibližně 1 100 m.

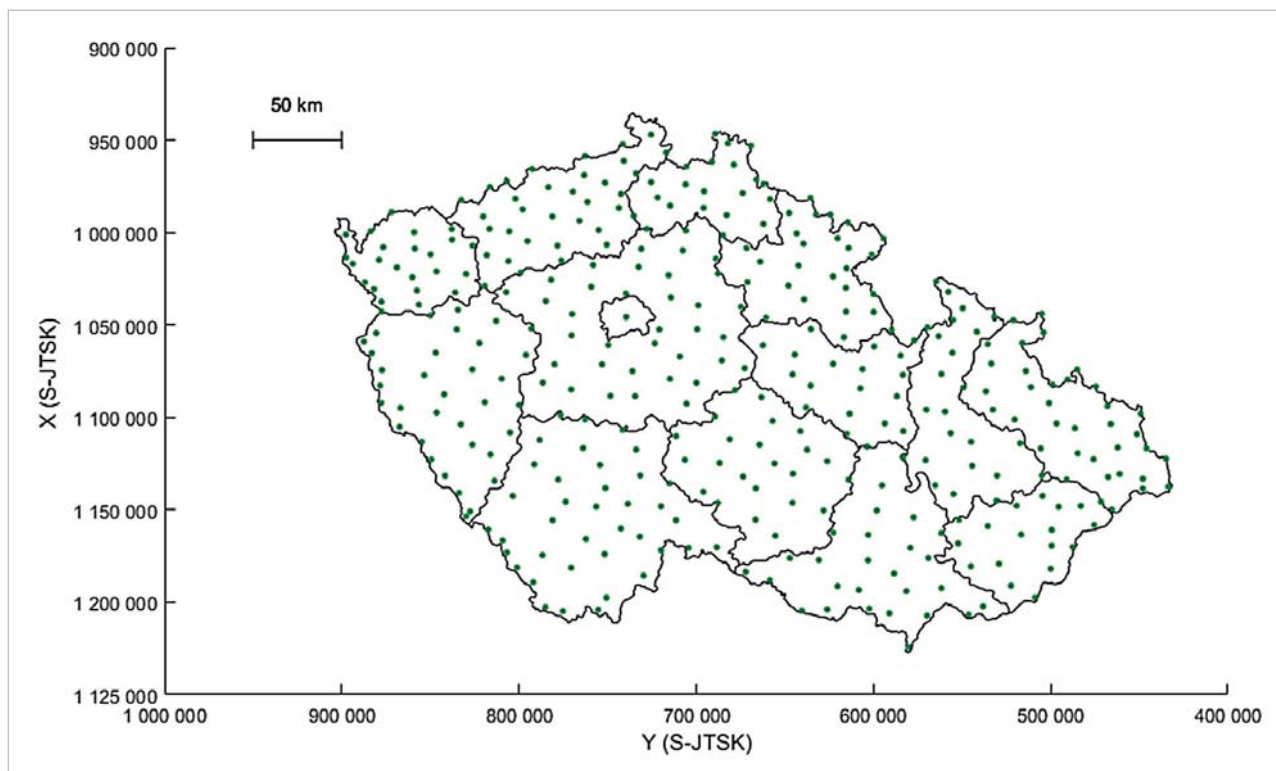
### 4.2 Výpočty

Vstupními daty pro výpočet byly geocentrické souřadnice bodů v systému ETRS89 (ETRF2000). Celý výpočet byl rozdělen do tří variant zpracování souřadnic. V prvním případě byly souřadnice ETRS89 (ETRF2000) transformovány do S-JTSK pomocí zpřesněné globální transformace transformačním modulem ETRS-2-JTSK\_1710 verze 1.0, který byl vytvořen autorem v jazyce C# a je schválen Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním (ČÚZK) pro zpřesněnou globální transformaci v období od 1. 1. 2018.

V druhém případě byl využit transformační klíč programu Trimble Business Center verze 4.00, který je definovaný pro celé území České republiky na základě znalosti dvojích souřadnic bodů v ETRS89 (ETRF2000) a S-JTSK + Bpv. Poloha bodů transformovaných tímto transformačním klíčem se může lišit až o několik metrů od jejich skutečné polohy, avšak pro práci s úhly a délkami v rámci menších lokalit (jako v našem případě) je tento postup výhodný, protože díky přímé návaznosti na skutečné bodové pole přejímá i jeho deformace a dále porovnávané úhly a délky z tohoto řešení budou téměř identické s délkami vypočtenými ze souřadnic, které byly transformovány pomocí lokálního klíče.



Obr. 2 Korekce mezi S-JTSK/05 a S-JTSK (převodní tabulka verze 1710)



Obr. 3 Schéma testovaných lokalit

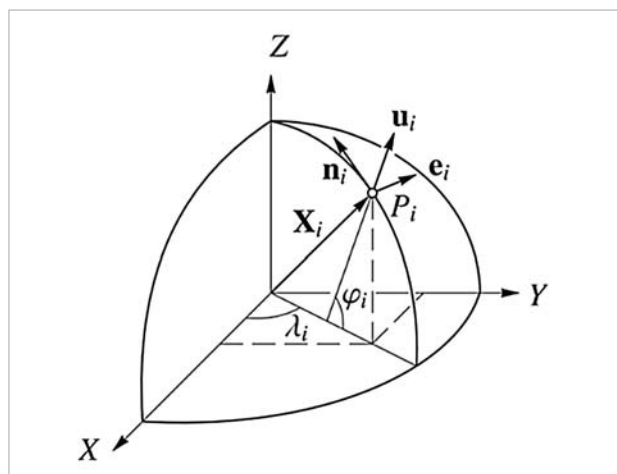
Ve třetím případě byly úhly a délky mezi body v jednotlivých lokalitách vypočteny přímo na referenční ploše. Z pravouhých prostorových souřadnic ETRS89 (ETRF2000) byly vypočteny jejich šikmé vzdálenosti – zde označené jako  $s$ . Ty byly následně převedeny na délky v nulovém hori-

zontu  $s_0$  podle vzorce (10), kde  $H_A$ ,  $H_B$  jsou nadmořské výšky bodů a  $R$  je střední poloměr křivosti Země (v tomto případě volený 6 380 km). Tyto délky byly dále převedeny do roviny Křovákova zobrazení podle již zmíněných vzorců (1) – (4).

$$s_0 = \sqrt{\frac{s^2 - (H_A - H_B)^2}{(1 + \frac{H_A}{R})(1 + \frac{H_B}{R})}} \quad (10)$$

Pro výpočet úhlů musely být geocentrické souřadnice převedeny do lokální topocentrické soustavy. Počátek takové soustavy se nachází na povrchu Země a soustava bývá orientována podle světových stran. Někdy bývá tato soustava označována jako ENU (East, North, Up). Pravoúhlé prostorové souřadnice  $X, Y, Z$  převedeme na vektor  $X$ . Vektory  $X_i, X_j$  pak budou představovat dva body na povrchu země  $P_i$  a  $P_j$ , kdy bod  $P_i$  představuje tzv. topocentrum. Topocentrem proložíme tečnou rovinu  $\rho$  a na ní definujeme lokální kartézskou souřadnicovou soustavu. Promítnutím vektoru  $X_{ij} = X_j - X_i$  vznikne v této soustavě vektor  $x_{ij}$ .

Z obr. 4 vyplývá, že osy  $n_i, e_i, u_i$  lokálního topocentrického systému se vztahují k systému geocentrickému



Obr. 4 Vztah geocentrických a topocentrických souřadnic, převzato [5]

$$n_i = \begin{pmatrix} -\sin\varphi_i \cos\lambda_i \\ -\sin\varphi_i \sin\lambda_i \\ \cos\varphi_i \end{pmatrix}, \quad e_i = \begin{pmatrix} -\sin\lambda_i \\ \cos\lambda_i \\ 0 \end{pmatrix}, \quad u_i = \begin{pmatrix} \cos\varphi_i \cos\lambda_i \\ \cos\varphi_i \sin\lambda_i \\ \sin\varphi_i \end{pmatrix}, \quad (11)$$

kde osy  $n_i, e_i$  představují tečnou rovinu v bodě  $P_i$  a osa  $u_i$  je kolmá k této rovině (prochází tedy místní normálou). Tyto vztahy lze sjednotit do matice rotace

$$R_i = \begin{pmatrix} -\sin\varphi_i \cos\lambda_i & -\sin\lambda_i & \cos\varphi_i \cos\lambda_i \\ -\sin\varphi_i \sin\lambda_i & \cos\lambda_i & \cos\varphi_i \sin\lambda_i \\ \cos\varphi_i & 0 & \sin\varphi_i \end{pmatrix}. \quad (12)$$

Výsledná poloha bodu  $P_j$  bude za předpokladu že  $P_i = (0, 0, 0)$

$$P_j = \begin{pmatrix} n_{ij} \\ e_{ij} \\ u_{ij} \end{pmatrix} = R_i^T X_{ij}. \quad (13)$$

Ze souřadnic získaných těmito třemi postupy byly vypočteny vždy čtyři vnitřní úhly a čtyři délky v každé lokalitě pomocí známých vzorců

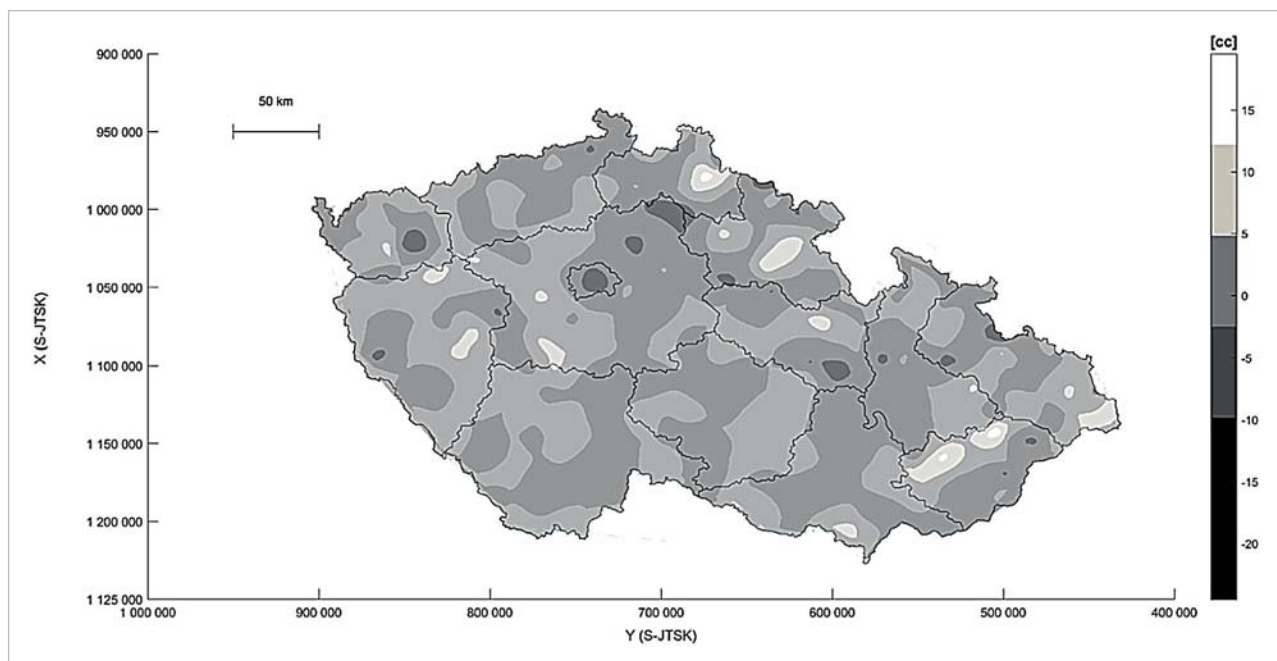
$$s_{A,B} = \sqrt{(Y_B - Y_A)^2 + (X_B - X_A)^2}, \quad (14)$$

$$\sigma_{A,B} = \arctg \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}, \quad (15)$$

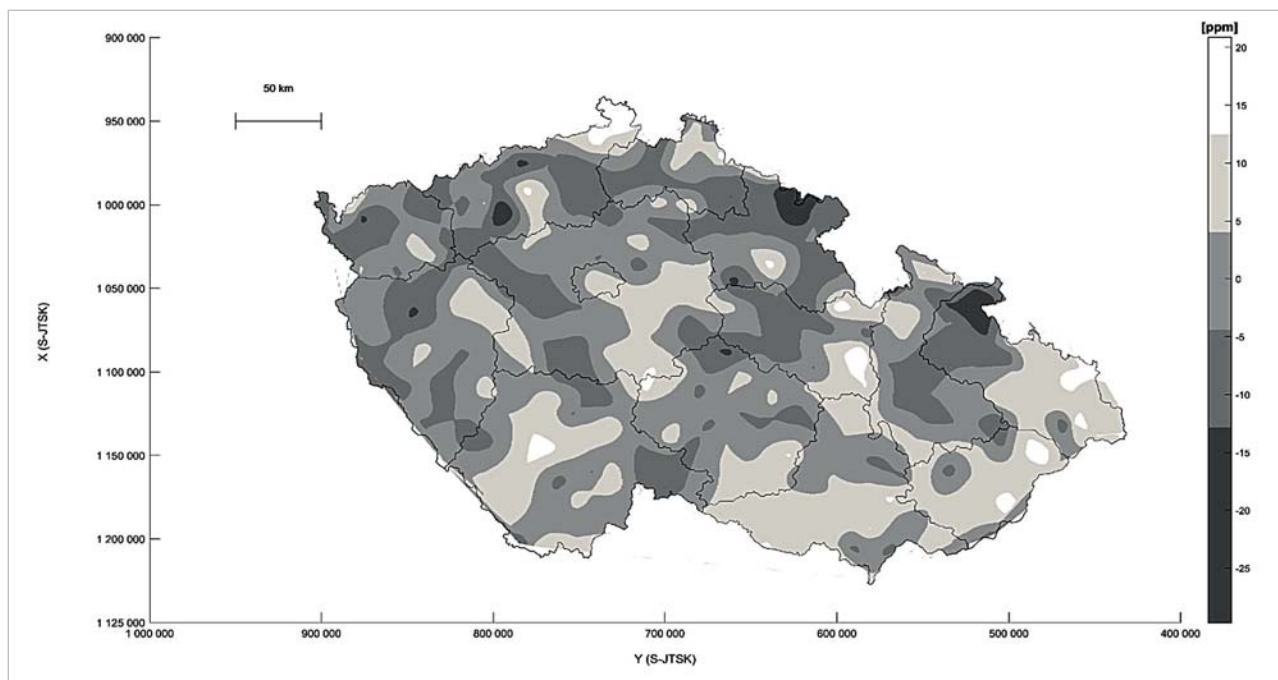
kde  $s_{A,B}$  je délka mezi body A a B vypočtená ze souřadnic a  $\sigma_{A,B}$  je směrniček mezi těmito body. Jednotlivé úhly byly vypočteny z rozdílů příslušných směrničků.

### 5. Výsledky

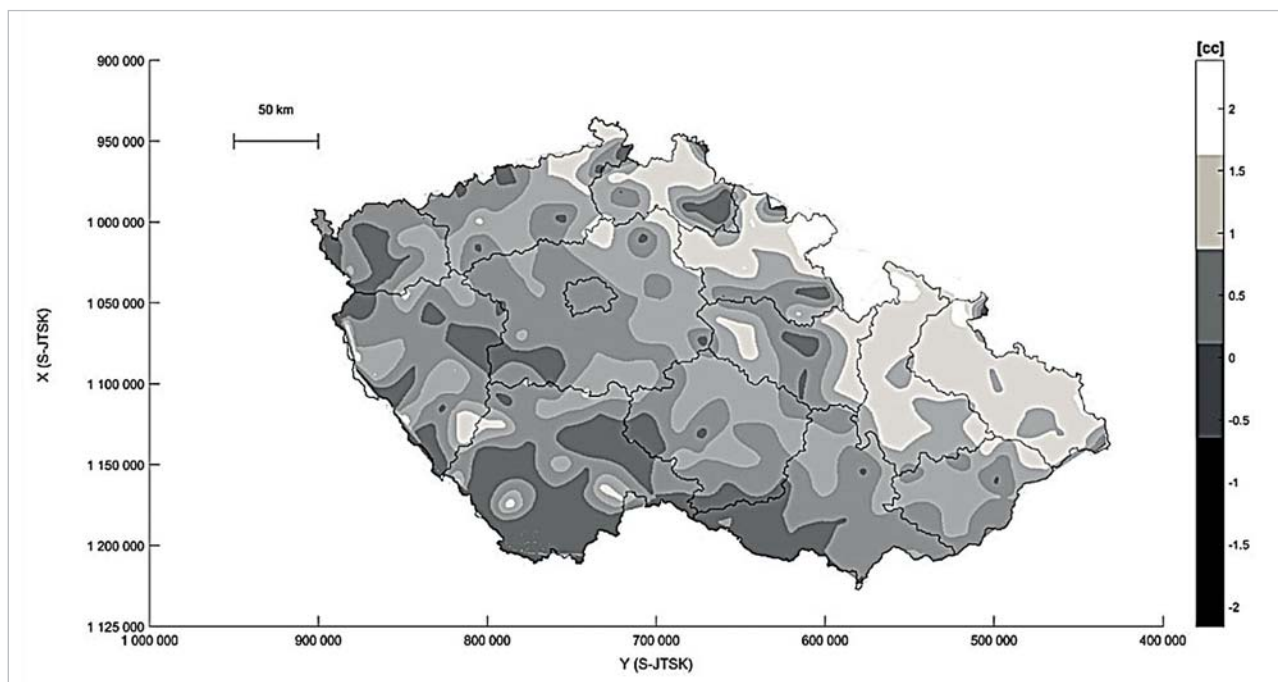
Porovnání výsledků mezi třemi výše zmíněnými přístupy bylo interpretováno graficky formou plošného grafu odchylek v rámci celého území České republiky. Rozdíly mezi úhly z globální transformace a lokální transformace v jednotlivých sítích jsou zobrazeny na obr. 5. Z obrázku vyplývá,



Obr. 5 Rozdíly mezi úhly (lokální transformace ↔ globální transformace)



Obr. 6 Rozdíly mezi délkami (lokální transformace ↔ globální transformace)



Obr. 7 Rozdíly mezi úhly (lokální transformace ↔ teoretické hodnoty)

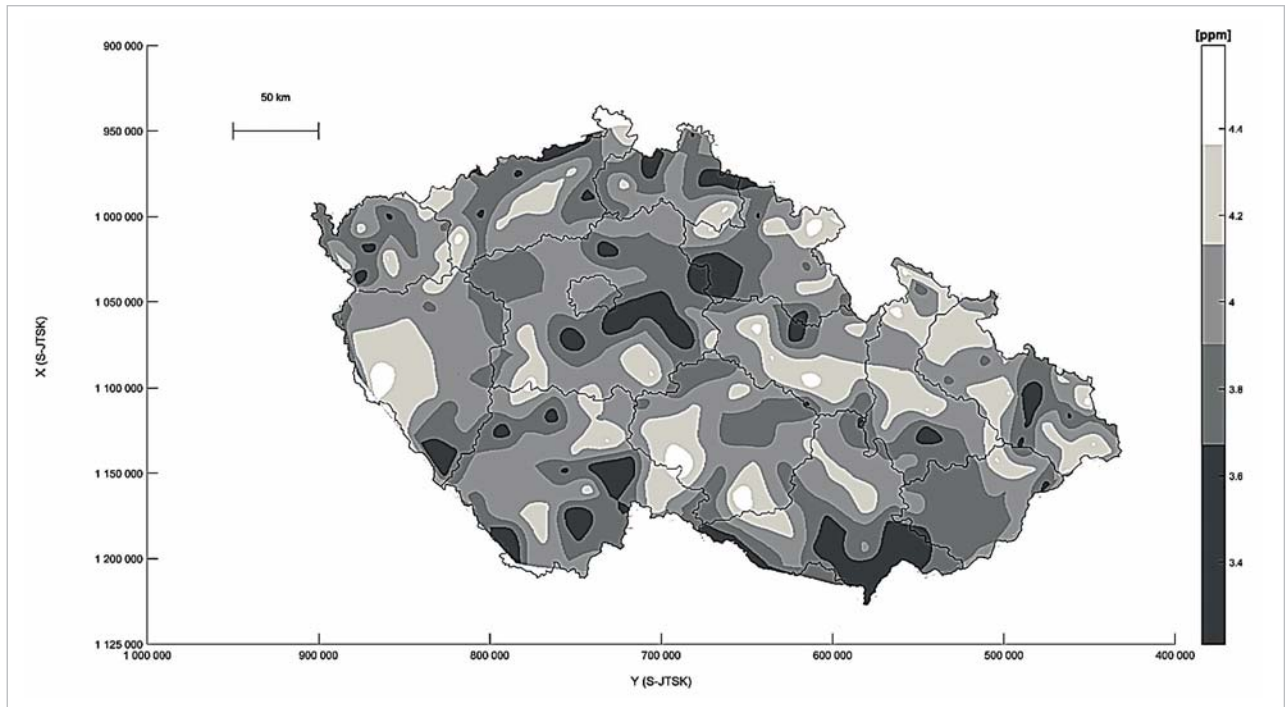
že se rozdíly těchto úhlů nejčastěji pohybují v řádu jednotek setinných vteřin. V několika malých lokalitách ovšem tyto odchylky nabývají hodnot  $20^{\text{cc}}$  (respektive  $25^{\text{cc}}$ ). V případě porovnání délek nastala situace podobná. Rozdíly mezi globálním klíčem a klíčem lokálním nabývaly hodnot od  $-30$  ppm do  $25$  ppm (obr. 6).

Výsledky lokální a globální transformace byly zároveň porovnány s hodnotami teoretickými (lokální topocentrická soustava). Odchylky úhlů (obr. 7) nabývají hodnot od  $-2^{\text{cc}}$  do  $2^{\text{cc}}$ . Rozdíly délek jsou v tomto případě přibližně

konstantní (obr. 8). Tyto rozdíly odpovídají přesnosti transformačního klíče programu Trimble Business Center a jsou vzhledem ke své velikosti zanedbatelné.

## 6. Závěr

Na základě této analýzy lze usuzovat, že zpřesněná globální transformace s využitím převodních tabulek verze



Obr. 8 Rozdíly mezi délkami (lokální transformace ↔ teoretické hodnoty)

1710 vykazuje vůči lokální transformaci poněkud různorodé výsledky. V některých lokalitách téměř dokonale odpovídá teoretickým hodnotám, jaké by do výpočtu vstupovaly z reálného měření s užitím daných testovacích bodů. Naopak jsou lokality, ve kterých globální klíč vzhledem ke své hladkosti a působení dalších vlivů na zvolené testovací body nedostatečně navazuje. Tyto nesoulady mohou být nepříjemné v přesných geodetických aplikacích, například při budování přesných lokálních účelových sítí v inženýrské geodézii (dopravní stavitelství, zejména to železniční). Sítě přesně zaměřené pomocí terestrických metod vložené mezi body měřené pomocí GNSS a transformované pomocí zpřesněné globální transformace mohou být deformovány a výsledky terestrických měření pak mohou být nesprávně interpretovány. V případě měření posunů a deformací stavebních objektů většího rozsahu pak mohou být takovéto závěry kritické.

Převodní tabulky verze 1710 nicméně přináší větší přesnost v porovnání s předchozími verzemi a samozřejmě platí, že pro účely měření dané přesnosti (např. měření podrobných bodů v katastru nemovitostí) jsou víc než dostatečné.

Pro následnou využitelnost globální transformace i v přesných aplikacích připadá v úvahu několik variant řešení. Kromě varianty popsané v [6], kdy by se geometrické vlastnosti transformačního klíče zlepšily vyhlazením tabulek, avšak s negativním efektem až několikacentimetrových odchylek na trigonometrických a zhušťovacích bodech, může připadat v úvahu možnost převádět měřené směry a délky na základě exaktních vzorců do roviny kartografického zobrazení definovaného globálním klíčem nebo na základě modelu korekcí, který by se mohl podobat grafům odchylek uvedeným v tomto článku. Poslední poněkud radikální variantou by byl přechod v rámci celé České republiky do systému S-JTSK/05, který umožňuje exaktní transformaci do ETRF2000.

#### LITERATURA:

- [1] KŘOVÁK, J.: Československá základní síť trigonometrických bodů, její geodetické základy a zobrazení. *Zeměměřický věstník*, 16, 1928, 8, s. 149-167.
- [2] KOSTELECKÝ, Jan-CIMBÁLNÍK, M.-FILLER, V.-KOSTELECKÝ, Jakub-ŠIMEK, J.: S-JTSK/05 – otázky definice a tvorby systému, *Geodetický a kartografický obzor* 53(95), 2007, č. 9, s. 201-218.
- [3] KOSTELECKÝ, Jan-KOSTELECKÝ, Jakub-PEŠEK, I.: Metodika převodu mezi ETRF2000 a S-JTSK varianta 2. GO Pecný, 2010.
- [4] NÁGL, J.-ŘEZNIČEK, J.: Výpočet nové verze převodních tabulek pro transformaci mezi referenčními systémy S-JTSK a ETRS89 (verze 2017-10). In: WEIGEL, J.-BERKOVÁ, A.: *Družicové metody v geodézii a katastru*. Brno: ECON publishing, 2018. ISBN 978-80-86433-67-7.
- [5] HOFMANN-WELLENHOF, B.-LICHTENEGGER, H.-WASLE, E.: *GNSS – Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more*. Wien, Springer, 2008, 516 p.
- [6] BUREŠ, J.-KOSTELECKÝ, Jan: Analýza jednotného transformačního klíče verze 1202 pro účely železniční geodézie. In: WEIGEL, J.-BERKOVÁ, A.: *Družicové metody v geodézii a katastru*. Brno: ECON publishing, 2018. ISBN 978-80-86433-67-7.

Do redakce došlo: 9. 10. 2018

**Lektoroval:**  
**Ing. Jan Řezníček, Ph.D.,**  
**Zeměměřický úřad**



**Pro příští GaKO připravujeme:**

CHOLEVA, R.: *Určovanie parametrov laser trackeru z merania v mikrosietí*

HÁNEK, P.-HÁNEK, P. ml.: *Dvousté výročí založení firmy Kern a její přínos*