



VYUŽITIE SKPOS NA GEODETICKÉ ČINNOSTI

Matej Klobušiak, Katarína Leitmannová, Dušan Ferianc^{)}*

Abstrakt:

SKPOS – infraštruktúra, jej stav budovania, náčrt krokov pre rok 2006. SKPOS – infoštruktúra a zabezpečenie záväzných súradnicových a výškových referenčných systémov pre geodetické činnosti. O prevode medzi národnými súradnicovými, výškovými referenčnými systémami a ETRS89. Poskytovanie informácií o geodetických základoch, poskytovanie platných geodetických údajov, poskytovanie metód na platné prevody medzi súradnicovými a výškovými referenčnými systémami. Digitálny výškový referenčný model Balt po vyrovnaní na prepočet geodetickej výšky ETRS89 na normálnu výšku Bpv.

1 Úvod

O Slovenskom priestorovom observačnom systéme SKPOS sme informovali na 11. SGD už v roku 2003 [13]. Vzhľadom na prudký vývoj v chápaní, čo SKPOS znamená, zaznamenávame postupné ustáľovanie a spresňovanie významu niektorých skôr definovaných pojmov [2], [5], [6]. Dnes prezentujeme súčasný stav SKPOS. Z predpokladaných zámerov formulovaných už pred rokom 2003 sa doteraz nemohlo pristúpiť v SKPOS k jeho plnej realizácii pre reálny čas z dôvodu meškania realizácie verejného obstarávania infraštruktúry. Dnes môžeme konštatovať, že SKPOS je plne funkčný pre post-procesingové spracovanie v pilotných lokalitách. Splňa všetky predpoklady jeho plného využitia. Vzhľadom na potrebu neustáleho zvyšovania povedomia o význame SKPOS zameriame sa na popis stavu jeho infra- a info-štruktúry.

2 Infraštruktúra SKPOS

Infraštruktúra SKPOS je súhrn legislatívnych, legislatívno-organizačných, organizačných, organizačno-technických, technických, hardverových a softverových rámcov na príjem, uchovávanie, spracovanie a distribúciu informácií, údajov, produktov a služieb. Infraštruktúra SKPOS musí spĺňať požiadavky pre :

- I. klasické geodetické základy a využívanie technológie globálneho navigačného satelitného systému (GNSS) v post-procesingovom režime
- II. nové geodetické základy pre reálny čas.

Infraštruktúru SKPOS tvorí :

- a) zákony, smernice, štatúty, rozhodnutia, akty riadenia, štandardy,
- b) geodetické body ŠPS (geodetické zariadenie, geodetická značka s nútenou centráciou pre body SGRN, ochranné zariadenia) [1],

^{*)} Ing. Matej Klobušiak, Ph.D., Ing. Katarína Leitmannová, Ing. Dušan Ferianc, Geodetický a kartografický ústav Bratislava, Chlumeckého 4, 827 45 Bratislava, tel. ++421 2 4333 4822, kl. 253, 220, e-mail : klobusiak@gku, leitmannova@gku.sk, ferianc@gku.sk

- c) permanentné stanice (PS- trieda „A“ ŠPS) geodetický bod spĺňajúci kritéria geodynamického bodu, zariadenia na príjem signálov GNSS (anténa so submilimetrovou variáciou fázového centra, prijímač GNSS), meteosenzor na meranie základných troposférických parametrov, zdroj napätia, pripojenie do komunikačnej siete zabezpečujúcej prenosy zaznamenaných dát s nízkou frekvenciou (raz za 1 hod., 1 deň, 1 týždeň a pod.),
- d) referenčné stanice (RS) (geodetický bod zriadený na mieste s nerušeným príjmom signálov GNSS, realizovaný geodetickým zariadením, geodetickou značkou s nútenou centráciou, zariadenia na príjem signálov GNSS (anténa so submilimetrovou variáciou fázového centra, prijímač GNSS), meteosenzor na meranie základných troposférických parametrov, zdroj napätia, pripojenie do komunikačnej siete zabezpečujúcej prenosy zaznamenaných dát s vysokou frekvenciou (raz za 1 sek. alebo pre špeciálne požiadavky navigácie a určovanie priestorovej polohy rýchlo sa pohybujúcich objektov (lietadlo) frekvencia 20 Hz.),
- e) IKT prostredie s dôrazom na VPS-WAN,
- f) Národné servisné centrum, v ktorom operuje 7 x 24 hod. x 365 dni v roku spracovateľské (SC), dátové (DC) a analytické centrum (AC) vybavené riadiacimi servermi typu cluster, pamäťovým zariadením (data storage), výpočtovým výkonom v podobe programových balíkov zabezpečujúcich reálny čas, pripojením do internetu, zariadeniami vysielajúcimi plošné korekčné členy pre koncových operátorov prostredníctvom GSM, GPRS, mobilne GNSS prijímače (rover) na overovanie kvality vysielaných korekcií a mnoho ďalších podporných zariadení a programov umožňujúcich zapojiť činnosť služby do medzinárodnej spolupráce,

K dnešnému dňu správca geodetických základov má územie celého Slovenska je pokryté bodmi Štátnej priestorovej siete (ŠPS) s hustotou 1 bod na 30 km², s priemernou vzdialenosťou medzi bodmi 5 až 7 km. V ŠPS je špeciálna skupina (trieda „B“ – epochové geodynamické body) cca 50 geodetických bodov Slovenskej geodynamickéj referenčnej siete (SGRN). Z tejto skupiny bodov 3 body sú permanentné stanice GPS s nepretržitou prevádzkou (MOPI, BBYS, GANP) a v medzinárodnej klasifikácii sú označované ako trieda „A“. Body sú súčasťou európskej permanentnej siete. Na množine bodov SGRN bolo za obdobie 1993 až 2005 vykonaných 17 meračských kampaní. Z nich boli vypočítané 3 realizácie Slovenského terestrického referenčného rámca SKTRF 2001 [4], [12], 2003, 2005, ktoré definujú realizáciu ETRS89 pre celé územie Slovenska [7]. Bližšie o SKTRF 2005 a jej význame pre nové geodetické základy pozri [14]. ŠPS k dnešnému dňu je rozšírená o 15 nových stabilizácií geodetických bodov s nútenou centráciou. Umiestnené sú prevažne na strechách Správ katastra. Tri body geodynamického významu, ktoré budú stabilizované zavíranými pažnicami až na geologické podložie zatiaľ nie sú zriadené. Sú predmetom verejného obstarávania. Všetky tieto nové body budú po dodaní zariadení (anténa, prijímač GPS a nevyhnutné komunikačné zariadenia) a ich nainštalovaní tvoriť sieť referenčných staníc (RS) SKPOS. Na území Slovenska sa pripravuje infraštruktúra 21 RS-SKPOS. Táto množina bude zosieťovaná a pripojená do riadiaceho centra Národného servisného centra (RC-NSC) SKPOS prostredníctvom už funkčnej rezortnej virtuálnej privátnej siete VPS-WAN. V NSC-SKPOS sa budú v sekundových intervaloch vypočítavať plošné korekcie na spresňovanie priestorovej polohy v reálnom čase s presnosťou do 2 cm.

Vzhľadom na oneskorené vypísanie súťaže verejného obstarávania na dodávku zariadení RS a NSC SKPOS Centrálnou finančnou a kontraktáckou jednotkou pri MF SR sa posúva termín inštalácie infraštruktúry SKPOS na 1.Q roku 2006. V tomto roku predpokladáme spustenie

testovacej prevádzky Slovenskej permanentnej služby na využívanie signálov GNSS SPGS(SKPOS).

Zjednodušene môžeme povedať, že infraštruktúrou RS-SKPOS a NSC-SKPOS splníme nevyhnutný predpoklad na definíciu a šírenie záväzných súradnicových a výškových referenčných systémov pre určovanie priestorovej polohy v reálnom čase do 2 cm. Na tejto infraštruktúre správca geodetických základov zabezpečí infoštruktúru. Čo to infoštruktúra SKPOS je a ako to treba chápať uvedieme v ďalšej kapitole.

3 Infoštruktúra SKPOS

Infoštruktúra je štandardizovaný proces zberu, spracovania, aktualizácie, správy a distribúcie informácií, dát, dátových súborov, produktov koncovým používateľom s konkrétnym infraštruktúrnym zabezpečením.

Infoštruktúra dnes musí zohľadňovať unifikáciu procesov, interoperabilitu a harmonizáciu dát, popisateľnosť všetkých procesov s dopadom na monitorovanie a popis kvality dát. Infoštruktúra musí zohľadňovať štruktúrovaný súbor štandardov pre informácie týkajúce sa objektov alebo javov, ktoré sú priamo alebo nepriamo vo vzťahu s polohou na/nad/pod zemským povrchom [15].

Hlavné štandardizačné pohyby a špecifikácie vytvárajú ISO, CEN, OGC, W3C. Medzi hlavné štandardizačné nástroje považujeme štandardy ISO 191xx určené pre geografické informácie. Z nich, z pohľadu správcu geodetických základov, medzi najdôležitejšie považujeme ISO 19104-Terminológia, ISO 19109-Pravidlá pre aplikačnú schému, ISO 19111-Priestorové georeferencovanie pomocou súradníc, ISO 19114-Postupy vyhodnocovania kvality, ISO 19115-Metadáta, ISO 19116-Služby na určovanie polohy a ISO 19119-Služby.

V oblasti služieb vychádzame z hlavného rámca OGC-WSA (Open Geospatial Consortium Web Services Architecture), ktorá popisuje vzťahy medzi rôznymi službami OGC-WMS (Web Map Services- poskytovanie rastrových ekvivalentov máp), OGC-WFS (Web Feature Services – poskytuje vektorové dáta aj s atribútovou zložkou), OGC-WCS (Web Context Services), MDM-MC (Metadata Management and Metadata Catalog- vyhľadávacia metadatová služba). Bližšie pozri [9], [10]. Už dnes treba infra- a info- štruktúru cieľavedome skladať tak aby podliehali jednej stratégii a architektúre.

Geodetické základy zabezpečujú nástroje priameho adresovania. Priame adresovanie je podmienené realizáciou súradnicových a výškových referenčných systémov (SRS a VRS), v ktorých je možné jedno-jednoznačne definovať polohu objektu, javu s voliteľnou mierou presnosti. Medzi infoštruktúrnymi veci patria aplikačné schémy umožňujúce presné a správne prevody a transformácie medzi SRS, VRS navzájom. Takéto prevody a transformácie zabezpečujú autorizované programové balíky, ktorých funkcionálna a správnosť bola overená. V súčasnosti ETRS89 je pre Európske projekty vyhlásený ako štandard. Preto správca geodetických základov musí mať programový balík, ktorým dokáže jednoznačne transformovať súradnice vedené v národných kartografických zobrazeniach (Křovákovo S-JTSK, Gauss-Krügerovo S-42, S-42/83, Stereografické) do ETRS89 a späť. Rovnako správca geodetických základov musí mať prevodový nástroj, ktorým je možné previesť geodetickú výšku ETRS89 do systému normálnych výšok Bpv a späť.

Infoštruktúra SKPOS vyžaduje :

- správcovské rozhranie na správu geodetických základov na platforme aspoň ORACLE 10g,
- www.geoportal.sk poskytovanie informácií o geodetických bodoch a ich stave s vysokou konektivitou do internetu,
- obchodný modul na štruktúrovaný prístup k produktom a službám DGNSS-SKPOS (SPGS(SKPOS), WMS(URL-Geoportal), geodetické údaje, RINEX dáta (Zákazkové centrum GKÚ) a pod.,
- realizácia SKTRF_{yy} pre ETRS89 na bodoch SGRN, realizácia ŠNS_{yy} pre 1D výškový systém, realizácia ŠPS_{yy} pre 3D priestorový súradnicový systém, realizácia ŠGS_{yy} pre 1D gravimetrický systém, realizácia ŠIS_{yy} pre integrovaný geometricko-fyzikálny systém,

Bodom ŠPS boli GPS meraním určené a vypočítané súradnice v ETRS89. Boli vypočítané platne transformačné vzťahy medzi súradnicovými referenčnými systémami JTSK, S-42, S-42/83 a ETRS89. Boli vypočítané nové realizácie JTSK/03, S-42/03, S-42/83/03. Bližšie pozri [11].

Infoštruktúra SKPOS dnes poskytuje produkty :

- geodetické údaje v systémoch JTSK, ETRS89, JTSK/03, Bpv, GrS-95,
- RINEX dáta z bodov PS a dočasne observujúcich PS s dobou záznamu 15 s, podľa požiadaviek aj s kratšou dobou záznamu,
- transformačné parametre TPM na 2D a 1D transformáciu národných SRS do ETRS89 na povrchu elipsoidu,
 - TPM-JTSK spolu s DMRZ-JTSK, DVRM-Bpv,
 - TPM-S42 spolu s DMRZ-S42, DVRM-Bpv,
 - TPM-S42/83 do ETRS89 spolu s DMRZ-S42/83, DVRM-Bpv,
- transformačné parametre TPM na 3D transformáciu národných SRS/03 do ETRS89,
 - TPM3D-JTSK/03,
 - TPM3D-S42/03,
 - TPM3D-S42/83/03,
- prevody ETRS89 do kartografického zobrazenia s referenčným elipsoidom GRS80
 - ETRS-UTM (Universal Transverse Mercator) SRS založený na kartografickej projekcii Transverse Mercator,
 - ETRS-TMzn je analogická projekcia UTM so zameraním pre pan-európsku oblasť,

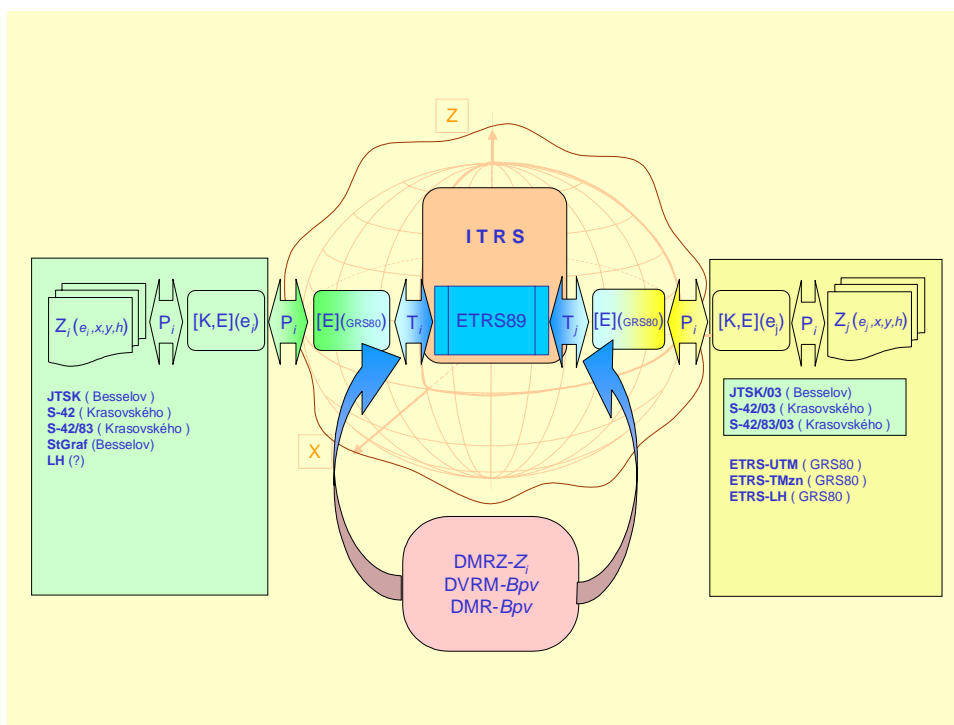
V dnešných dňoch vyvíjame maximálne úsilie pre zabezpečenie novej služby SPGS(SKPOS), ktorej hlavným produktom budú diferenciálne korekcie GNSS. Korekcie DGNSS-SKPOS budú vysielané prostredníctvom internetu, alebo GSM, GPRS v štandardizovanej forme RTCM (podľa požiadavky). Predpoklad ich šírenia v testovacej prevádzke predpokladáme v 2.Q 2006.

4 Aplikačná schéma transformácie súradníc a výšok do ETRS89

ISO/TC 211 Geographic Information začala už v 1994 (na 1. plenárnom zasadnutí v novembri 1994, Oslo) definovať ciele na založenie štruktúrovanej množiny štandardov pre lokalizáciu informácie o objektoch a ich atribútoch relatívne k Zemi. Tieto štandardy špecifikujú pre geografické informácie, metódy, nástroje, služby pre správu dát (vrátane ich definície a popisu), ich získavanie, spracovanie, analýzu, sprístupňovanie, prezeranie, šírenie v podobe digitálno-elektronickej formy medzi rozličnými používateľmi, systémami a umiestneniami.

Štandard ISO/TC 211, WI 11 – „Spatial referencing by coordinates“ : ISO 19111 popisuje konceptuálnu schému a definuje popis minimálne dvoch typov dát, pre ktoré musia byť dané základné informácie 1-, 2- a 3-rozmerných referenčných súradnicových systémov. V nasledujúcom obrázku (obr. 1) je načrtnutý účinok aplikačnej schémy pre zmenu súradníc zo zdrojového súradnicového referenčného systému reprezentovaného zdrojovým kartografickým zobrazením Z_i do cieľového súradnicového referenčného systému reprezentovaného cieľovým kartografickým zobrazením Z_j . Zmena súradníc z jedného súradnicového referenčného systému do druhého súradnicového referenčného systému sa vykonáva postupnosťou niekoľkých prevodov súradníc P_i , $i=1,2,3$, a niekoľkých (obvykle dvoch) transformácií T_j , kde $j=1,2$.

V schéme postupne znamená : Z_i zobrazenie – kartografická projekcia súradnicového referenčného systému (SRS i), ku ktorému sú súradnice vzťahnuté, e_i referenčný elipsoid i -teho SRS, x,y 2D karteziánske súradnice zobrazenia Z_i , h normálna výška 1D výškového referenčného systému (VRS), P_i prevod súradníc z jedného typu súradníc (geodetické, karteziánske 2D, 3D) na druhý pri zachovaní i -teho SRS, $[E, K](e_i)$ E-elipsoidické (geodetické) a K-karteziánske súradnice definované s geocentrickým referenčným elipsoidom e_i , $[E](GRS80)$ elipsoidické súradnice na referenčnom elipsoide, T_i , T_j transformácia elipsoidických súradníc do/zo systému ETRS89 na povrchu referenčného elipsoidu GRS80.



obr. 1 Aplikačná schéma prevodov a transformácie zobrazenia súradnicového referenčného systému do ETRS89 a späť.

Ďalej v obrázku znamená : ITRS medzinárodný terestrický referenčný systém, ETRS-UTM je zobrazenie „Universal Transverse Mercator“ SRS ETRS89, čo je konformné zobrazenie pre mierky väčšie ako 1:500 000, ETRS-TMzn je „Transverse Mercator zobrazenie zóny „zn“ ako v predchádzajúcom príklade, len je definované iba pre pan-Európsku oblasť, ETRS-LH je lokálne horizontálne topocentrické zobrazenie s voľbou výšky lokálneho horizontu tak, aby bola minimalizovaná potreba matematickej redukcie meranej dĺžky do kartografickej

projekčnej roviny s referenčným elipsoidom GRS80, DMRZ- Z_i digitálny model reziduálnej zložky transformácie zobrazenia Z_i do ETRS89, DVRM- Bpv je digitálny výškový referenčný model systému Balt po vyrovnaní a slúži na priamy prepočet elipsoidickej výšky systému ETRS89 do systému normálnych výšok Bpv , DMR- Bpv je digitálny model reliéfu terénu vyjadrený v systéme normálnych výšok Bpv . Bližšie o širších súvislostiach uplatňovania aplikačnej schémy pozri v [11].

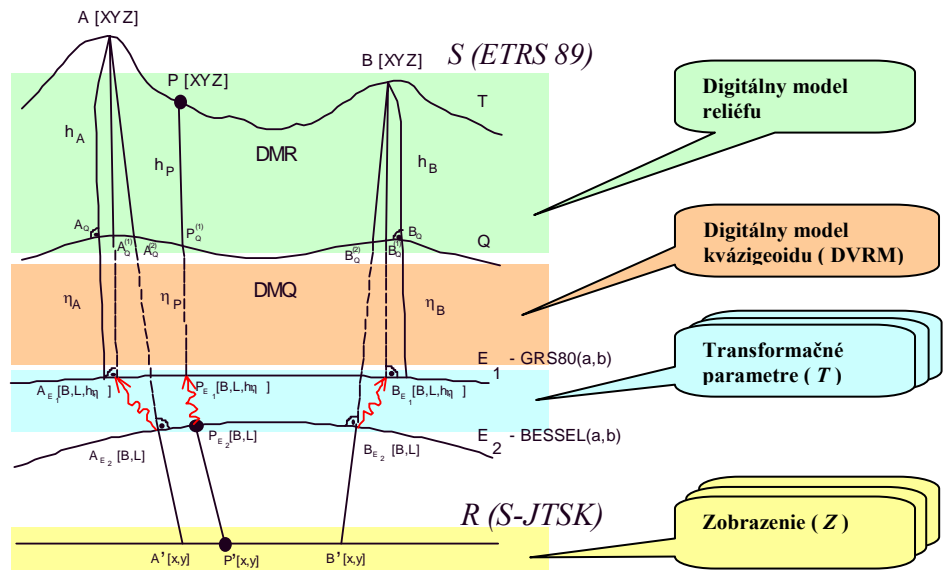
5 Metóda transformácie národných referenčných systémov do ETRS89

V tejto časti pôjde o transformáciu 2D karteziánskych rovinných súradníc (x,y) a 1D normálnych výšok (h) do 3D karteziánskych (X,Y,Z) , resp. geodetických súradníc (B,L,H) , pričom musí platiť základná podmienka $H=h+n$. Geodetická výška vzniká súčtom normálnej výšky a výšky základnej „hladinovej“ plochy reprezentovanej buď modelom kvázigeoidu, alebo výškovým referenčným modelom.

Je možné uvažovať dva základne princípy transformácie medzi národnými súradnicovými referenčnými systémami (NSRS). Prvý, ktorý vytvára vzťah medzi 3D karteziánskymi súradnicami (X,Y,Z) zdrojovej a cieľovej sústavy, resp. medzi 3D elipsoidickými súradnicami (B,L,H) , bližšie pozri [3] a druhý, vytvárajúci vzťah medzi 2D elipsoidickými súradnicami (B,L) . Tento uskutočňuje transformáciu súradníc na povrchu referenčného elipsoidu.

Zatiaľ čo **prvý transformačný vzťah** predpokladá, že karteziánske súradnice (X,Y,Z) , odpovedajúce národným systémom, boli vypočítané z rovinných súradníc $xy(Z(e_i))$, normálnej výšky $h(Bpv)$ a výšky kvázigeoidu $n'(DMQ, \text{ resp. DVRM})$ známymi prevodmi matematickej kartografie podľa schémy $xyh+n'(Z(e_i, DMQ)) \rightarrow (X,Y,Z)$, kde n' reprezentuje výšku kvázigeoidu nad referenčným elipsoidom e_i , **druhý transformačný vzťah** predpokladá, že geodetické súradnice sa získajú podľa schémy oddeľujúcej polohovú zložku od výškovej (pri transformácii na povrchu elipsoidu výšková zložka je zanedbaná), a preto predmetom transformácie je iba horizontálna poloha. Prevod 2D xy súradníc na elipsoidické sa uskutočňuje podľa známej schémy $xy(Z(e_i)) \rightarrow BL(e_i)$.

Prvá transformácia využíva vlastnosti sedem parametrickej podobnostnej transformácie prostredníctvom Molodenského-Badegasovho modelu. Výsledkom je odhad obvykle siedmich transformačných parametrov a vektor rezíduí. Vzhľadom na nekonzistentnosť polohového a výškového systému sme tento postup ďalej neuplatnili. Odporúčame ho používať pri menej presných transformáciách, napr. pri transformácii objektov GIS, resp. kartografických modelov stredných a malých mierok. Existujú tri základné nevýhody : a) spomenutá nekonzistentnosť polohového a výškového metrického etalónu, b) normálna výška v platnom referenčnom systéme získaná transformáciou 3D priestorovej polohy bodu je ovplyvnená tak transformačnými parametrami, ako aj modelom kvázigeoidu, resp. referenčným výškovým modelom, c) pre každý referenčný elipsoid treba poznať individualizovaný model kvázigeoidu, napriek tomu, že existuje jeden platný model Zeme. Pod individualizovaným modelom kvázigeoidu rozumieme DMQ nad príslušným referenčným elipsoidom (Besselov, Krasovského, GRS80, WGS84, ...). **Uprednostňujeme jeden model kvázigeoidu nad referenčným elipsoidom GRS80.**



obr. 2 Štrukturálne podmienky vzťahov národného 2D polohového, 1D výškového referenčného systému a ETRS89.

Z obrázku (obr. 2) sú zrejme štruktúry vzťahov medzi zobrazením, transformačnými parametrami, digitálnym modelom kvázigeoidu, resp. výškovým referenčným modelom a digitálnym modelom reliéfu. Na Slovensku sú používané zobrazenia J-Křovákovo(S-JTSK(Bessel)), G-Gauss-Krügerovo(S-42, S-42/83(Krasovský)), S-Stereografické(Bessel), LH-Lokálne topocentrické s lokálnym horizontom nad referenčným elipsoidom e_i . Každé z týchto zobrazení musí mať vypočítané transformačné parametre do systému ETRS89. To znamená, že koľko je zobrazení, resp. realizácií súradnicového systému, toľko musí byť vektorov transformačných parametrov. Každý vektor transformačných parametrov má svoje vektory rezíduí odpovedajúce súradniciam príslušných identických bodov. Ale, a to treba zdôrazniť, existuje iba jeden DMQ, resp. DVRM a jeden DMR. Každý iný prístup k transformácii rovinných súradníc do ETRS89 naruša túto výhodnosť.

V ďalšej kapitole uvádzame pre názornosť veľkosť a smery globálnych a lokálnych deformácií národných SRS. Pozoruhodné je, že S-42/83 stále vykazuje globálne deformácie napriek tomu, že bola spresňovaná novým vyrovnaním.

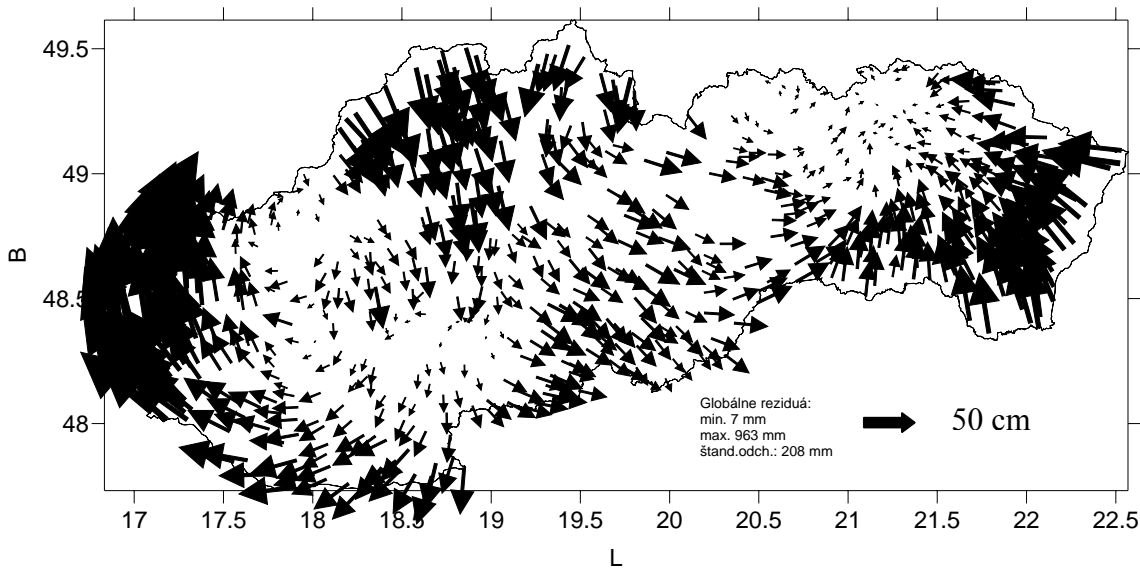
6 Globálne rezíduá národných súradnicových referenčných systémov JTSK, S-42 a S-42/83 vzťahnuté k ETRS89

Vzhľadom na úzku spoluprácu s TOPU Banská Bystrica pri tvorbe priestorových dát ZB GIS AIS GKK a CPD VISU, ďalej na prácach hraničného diela je potrebné mať presné vzťahy medzi na Slovensku používanými národnými súradnicovými systémami a Európskym terestrickým referenčným systémom ETRS89.

□ Vzťah realizácií JTSK a ETRS89

Rezíduá na identických bodoch v_B, v_L na povrchu elipsoidu sú znázornené na obr. 3. Rozsah absolútnych hodnôt globálnych rezíduí leží v intervale $< 7 ; 963 >$ mm. Štandardná odchýlka rezíduí pre smer sever-juh je 317 mm, interval spoľahlivosti 1σ pokrýva 70% identických

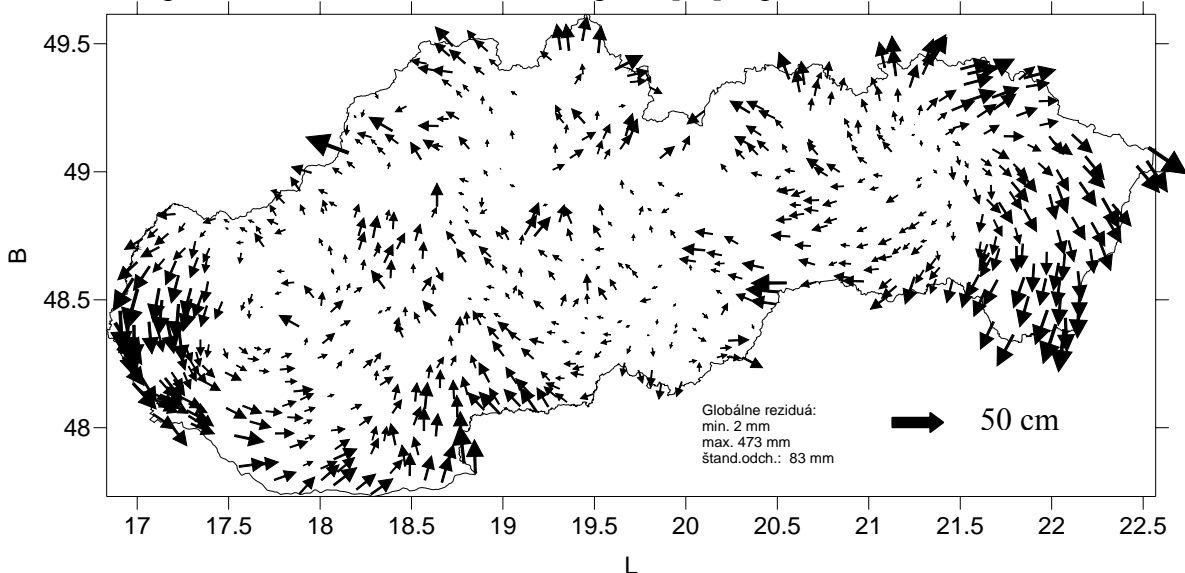
bodov. Štandardná odchýlka rezíduí pre smer východ-západ je 219 mm, interval spoľahlivosti 1σ pokrýva 70% identických bodov. Bližšie pozri [11] kapitolu 7.1.1.



obr. 3 Globálne reziduá (JTSK – ETRS89) na identických bodoch

□ Vzťah realizácií S-42 a ETRS89

Reziduá na identických bodoch v_B, v_L na povrchu elipsoidu sú znázornené na obr. 4. (Mierka rezíduí na obr. 3 a obr. 4 je rovnaká). Rozsah absolútnych hodnôt globálnych rezíduí leží v intervale $< 2, 473 >$ mm. Štandardná odchýlka rezíduí pre smer sever-juh je 137 mm, interval spoľahlivosti 1σ pokrýva 71% identických bodov. Štandardná odchýlka rezíduí pre smer východ-západ je 110 mm, interval spoľahlivosti 1σ pokrýva 68% identických bodov. Tieto reziduá boli predmetom modelovania. Bližšie pozri [11] kapitolu 7.1.2.

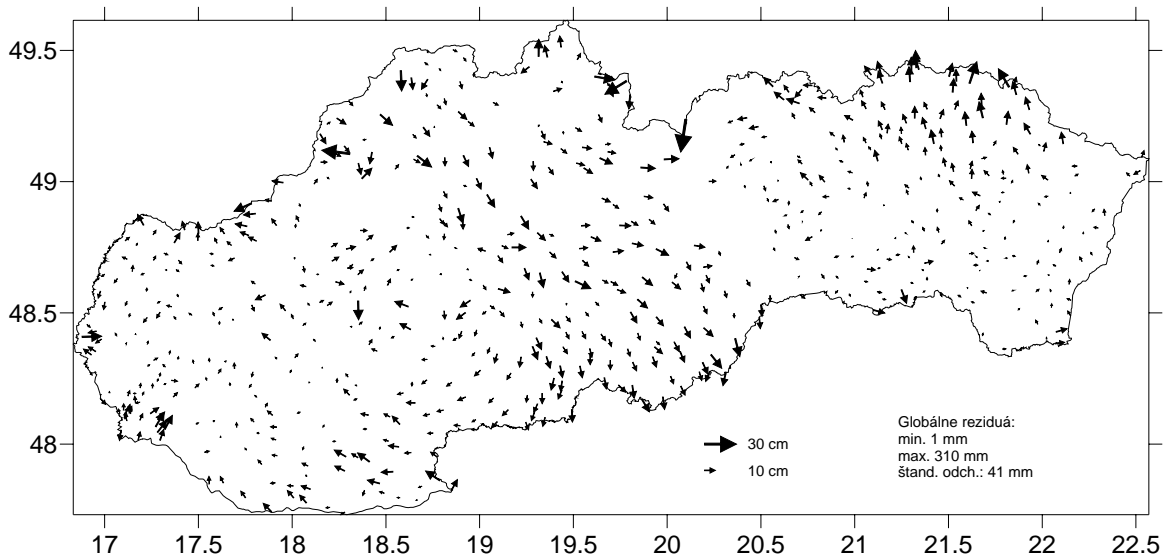


obr. 4 Globálne reziduá (S-42 – ETRS89) na identických bodoch

□ Vzťah realizácií S-42/83 a ETRS89

Reziduá na identických bodoch v_B, v_L na povrchu elipsoidu sú znázornené na obr. 5. (Mierka rezíduí na obr. 3, obr. 4 a obr. 5 je rovnaká). Rozsah absolútnych hodnôt globálnych rezíduí leží v intervale $< 1; 310 >$ mm. Štandardná odchýlka **globálnych rezíduí** pre smer sever-juh

je 59 mm, interval spoľahlivosti 1σ pokrýva 70% identických bodov, 2σ pokrýva 95% identických bodov. Štandardná odchýlka rezíduí pre smer východ-západ je 48 mm, interval spoľahlivosti 1σ pokrýva 74% identických bodov, 2σ pokrýva 95% identických bodov. Bližšie pozri [11] kapitolu 7.1.3.

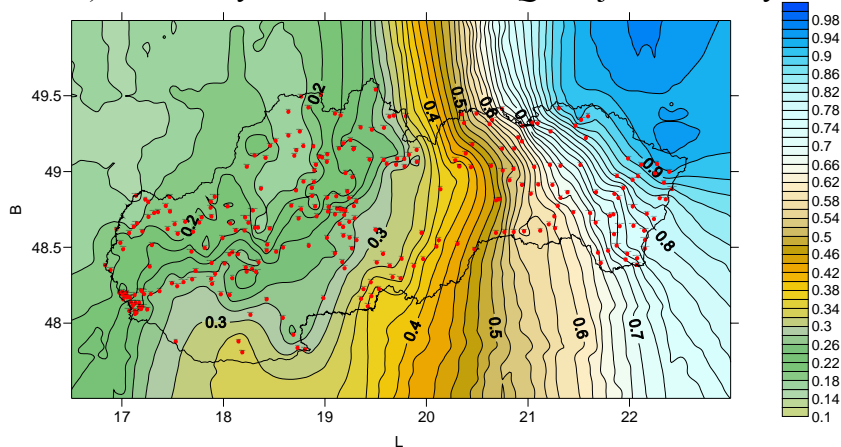


obr. 5 Globálne reziduá vzťahu S-42/83 – ETRS89 na identických bodoch

□ **Priamy prepočet geodetickej výšky ETRS89 do systému Bpv**

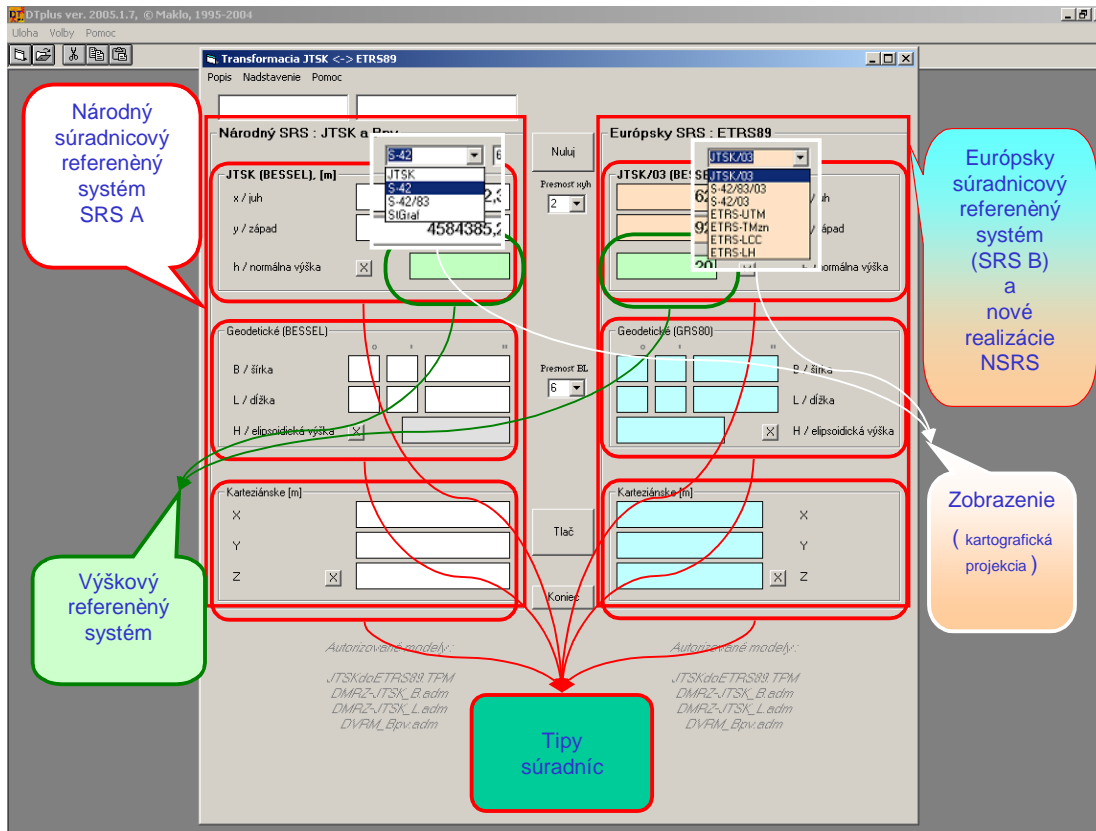
Na priamy prepočet bol vytvorený Digitálny výškový referenčný model systému Balt po vyrovnaní DVRM-Bpv, ktorý sme získali presnou priestorovou orientáciou poslednej verzie digitálneho modelu kvázigeoidu GMSQ03B.

Na spresnenie priestorovej polohy kvázigeoidu GMSQ03B nad referenčným elipsoidom GRS80 boli použité rozdiely medzi nadmorskou výškou h získanou veľmi presnou niveláciou a výškou $h' = H - n$, určenej ako rozdiel geodetickej výšky systému ETRS89 a výšky n kvázigeoidu GMSQ03B nad referenčným elipsoidom GRS80. Z týchto rozdielov bol vytvorený metódou kriging s krokom 200"x300" programom SURFER 8 digitálny model reziduálnej zložky DMRZ-GMSQ03B. Definičná oblasť je vymedzená rozsahom $47.50278^\circ < B < 49.99722^\circ$; $16.50417^\circ < L < 22.99583^\circ$ a bola rozdelená na $46 \times 79 = 3634$ uzlových bodov - priesečníkov). Izočiarový model DMRZ-GMSQ03B je znázornený na obr. 6.



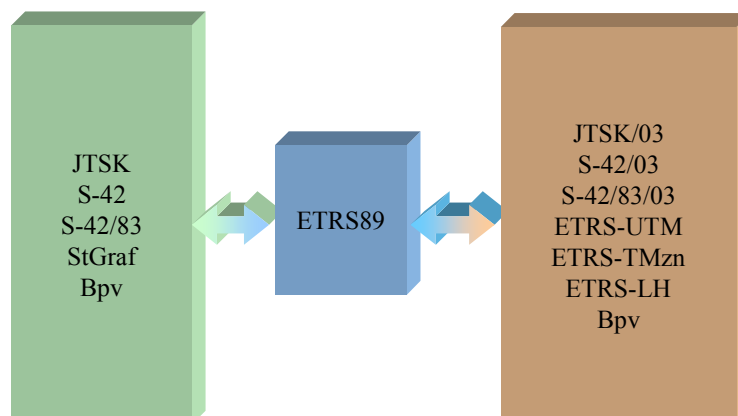
obr. 6 Model zvyškovej korekcie DMRZ-GMSQ03B vrátane bodov použitých na jeho modelovanie, interval izočiar je 0,02 m

7 DTplus verzia 10.2005 – program na presné prevody a transformácie medzi NSRS a ETRS89



obr. 7 Interface na prevody a transformácie národných SRS do ETRS89 a naopak

Na obr. 7 je uvedené rozhranie na jednobodové transformácie národných súradnicových a výškových referenčných systémov do ETRS89. Program umožňuje robiť nasledujúce prevody a transformácie [8]:



obr. 8 Transformácie medzi realizáciami súradnicových a výškových referenčných systémov prechodom cez ETRS89

8 Dosiahnuté výsledky

Správca geodetických základov v tomto príspevku prezentoval na slovenské pomery bezprecedentný spôsob transformácie národných súradnicových referenčných systémov do celoeurópskeho ETRS89 a prevod geodetických výšok systému ETRS89 do systému Bpv. Publikuje štyri záväzné transformačné parametre pre realizáciu súradnicového systému S-JTSK.

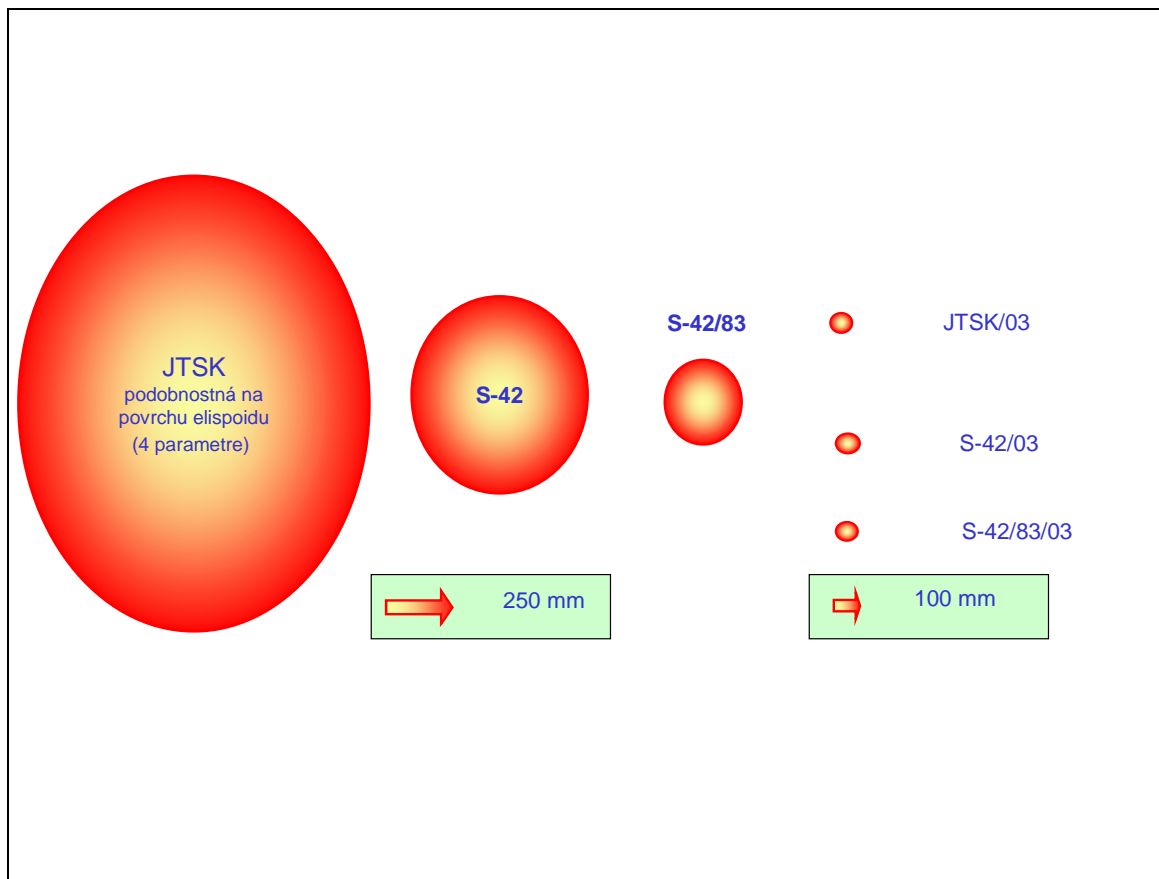
Transformačné parametre pre S-42 a S-42/83 nie sú predmetom publikovania a ani zverejňovania. Budú slúžiť len na špeciálne geodetické projekty, hraničné dielo, pre intenzívnu spoluprácu civilných a vojenských geodetov, na tvorbe priestorových informácií v ZB GIS AIS GKK a CPD VISÚ a na spolupráci v geodetických základoch.

Použitím globálnych transformačných vzťahov a digitálnych modelov reziduálnych zložiek DMRZ-SRS a DVRM-Bpv sa pre polohu dosiahla presnosť globálnej transformácie reprezentovanej veľkosťou akceptačnej oblasti o polomere 3σ . Použitím DVRM-Bpv je možné dosiahnuť presnosť prevodu výšky s veľkosťou akceptačného intervalu $\pm 3\sigma$ o výške 48 resp. 204 mm.

Tab. 1 Prehľad polomerov akceptačných oblastí a intervalov $\pm 3\sigma$ pre transformácie národných SRS a výškového referenčného systému do ETRS89

| Realizácia RS | Uplatnená metóda transformácie | Akceptačná oblasť (AO) | Polomer AO v [mm] |
|------------------------|--------------------------------|------------------------|----------------------------------|
| JTSK | [TPM(4)]-JTSK | 3σ | 951; 657 |
| S-42 | [TPM(4)]-S42 | 3σ | 411; 330 |
| S-42/83 | [TPM(4)]-S42/83 | 3σ | 177; 144 |
| JTSK/03 | [TPM(4)+DMRZ]-JTSK | 3σ | 42; 42 |
| JTSK/03 ^(*) | [TPM(4)+DMRZ]-JTSK | 3σ | 135; 135 |
| S-42/03 | [TPM(4)+DMRZ]-S42 | 3σ | 42; 45 |
| S-42/83/03 | [TPM(4)+DMRZ]-S42/83 | 3σ | 39; 42 |
| Bpv | DVRM-Bpv | 3σ | 24 (na identických bodoch) |
| Bpv ^(*) | DVRM-Bpv | 3σ | 102 (na neidentických bodoch) |

(* polomery akceptačných oblastí boli získané na nezávislej množine bodov z nižšou presnosťou určenia referenčných hodnôt x, y a H)



obr. 9 Pomer polomerov 3σ akceptačných oblastí transformácie národných SRS do ETRS89

Nezávislým testovaním vzťahu JTSK-ETRS89 množinou bodov so 6 a 1 hodinovou observačnou dobou merania GPS sa preukázala veľkosť akceptačnej oblasti o polomere 3σ menšia ako 135 mm.

9 Záver

Už existujúca infraštruktúra a infoštruktúra SKPOS poskytuje transformačné vzťahy spolu s DMRZ zaručujúce pre celé územie Slovenska spojitú transformáciu realizácie JTSK do ETRS89. Eliminovaná sa nejednoznačnosť vznikajúca pri používaní lokálnych transformačných kľúčov.

Správca geodetických základov zavádza jednotný Digitálny výškový referenčný model DVRM-Bpv, ktorý zaručuje jednoznačnosť prevodu elipsoidickej výšky systému ETRS89 do systému normálnych výšok Balt po vyrovnaní.

Správca geodetických základov prehlasuje realizáciu súradníc JTSK/03 za funkčnú a odporúča všetkým geodetom túto skutočnosť zobrať na vedomie so všetkými dôsledkami čo s tým súvisia. Je potrebné si pre každú geodetickú prípravu zabezpečiť od správcu geodetických základov nové, aktuálne geodetické údaje, v ktorých bude zaručená vysoká konzistencia systémov JTSK/03, Bpv a ETRS89. Všetky zaužívané zvyklosti pri používaní S-JTSK zostávajú zachované.

Zásady poskytovania a distribuovania transformačných parametrov, digitálnych modelov DMRZ-JTSK a DVRM-Bpv sú nasledujúce :

- transformačné parametre JTSK-ETRS89 sú voľne dostupné na www.gku.sk, alebo u správcu geodetických základov,
- DMRZ-*JTSK_B* a DMRZ-*JTSK_L* sa poskytujú podľa platných zásad poskytovania produktov koncovým používateľom,
- DVRM-Bpv sa poskytuje podľa platného cenníka správcu geodetických základov, ktorý sa v súčasnosti aktualizuje a bude zverejnený www.gku.sk.

Literatúra:

- [1] FERIANC, D.: ŠPS – Zásady na činnosti v Štátnej priestorovej sieti. Bratislava, GKÚ 2000. 17 s.
- [2] KLOBUŠIAK, M.: Štátna priestorová sieť – nový lokalizačný fenomén Slovenska. In: Zborník referátov „Konferencia 50. výročia vzniku GKÚ Bratislava“. Bratislava, Pobočka SSGK pri GKÚ Bratislava, 28. september 2000, s. 83-105.
- [3] KLOBUŠIAK, M.: Reverzibilný vzťah realizácií dvoch projekčných systémov S-JTSK a ETRS 89. In: Zborník referátov „Medzinárodná konferencia Geodetické siete 2001“, pobočka SSGK pri GKÚ, Podbanské 2001, s. 67-75.
- [4] KLOBUŠIAK, M. – LEITMANNOVÁ, K. – PRIAM, Š. – FERIANC, D. : SKRF – Slovak Kinematic Reference Frame 2001. Report on the Symposium of the IAG Subcommission for Europe in Ponta Delgada, Portugal, 5 – 8 June 2002.
- [5] KLOBUŠIAK, M. – LEITMANNOVÁ, K.: Slovenská permanentná GNSS služba na prevádzkovanie slovenského observačného systému - nové geodetické priestorové základy. In: Zborník referátov „Geodetické referenčné systémy“, KGZ SvF STU, Bratislava 2002, s. 23-38.
- [6] KLOBUŠIAK, M. – LEITMANNOVÁ, K.: Vybudovanie Slovenskej permanentnej služby na využívanie globálnych navigačných satelitných systémov. [Návrh rezortného projektu.] GKÚ, Bratislava, september 2002.
- [7] KLOBUŠIAK, M. – LEITMANNOVÁ, K. – PRIAM, Š. – FERIANC, D. : EUREF-SK Computation and Realisation of the Terrestrial Kinematic Reference Frame for Slovakia. Report on the Symposium of the IAG Subcommission for Europe in Toledo, Spain, 6. – 7.6.2003.
- [8] KLOBUŠIAK, M.: DTplus – Programový systém na deterministické prevody a transformácie geodetický bodov a GIS objektov. Verzia 10.2005. MaKlo, nepublikované. © 1995-2005.
- [9] KLOBUŠIAK, M. - LACENA, M. – SMÉKALOVÁ, M. - MICHALÍK, Ľ. - LEITMANNOVÁ, K. – MARTINČÁKOVÁ, M. – FERIANC, D. – SKÝPALOVÁ, E. – OFÚKANÝ, M. : GeoPortal ÚGKK SR, základ národnej infraštruktúry priestorových informácií Slovenska. In : Zborník "12. Slovenské geodetické dni", KGK Bratislava, december 2004.
- [10] KLOBUŠIAK, M. - LACENA, M. – ČUKAN, J. - SMÉKALOVÁ, M. - MICHALÍK, Ľ. - OFÚKANÝ, M. – TOMKO, M. : GeoPortál ÚGKK SR základ NIPI SR prístupný cez OGC WMS. In : Zborník abstraktov a CD "GIS 2005", VŠB-TU Ostrava, 23.-26. februára 2005.
- [11] KLOBUŠIAK, M. – LEITMANNOVÁ, K. – FERIANC, D. : Jednotný prechod národných referenčných súradnicových a výškových systémov do ETRS89. In zborník referátov „Geodetické siete a priestorové informácie“, SSGK pri GKÚ, TOPÚ BB, Podbánske 24.-26. októbra 2005.
- [12] LEITMANNOVÁ, K. - KLOBUŠIAK, M.: SKTRF 2001 – referenčný rámec pre Štátnu priestorovú sieť. In: Zborník referátov „Geodetické referenčné systémy“, KGZ SvF STU, Bratislava 2002, s. 23-38.

- [13] LEITMANNOVÁ, K. - KLOBUŠIAK, M.: Slovenská permanentná služba na využívanie globálnych navigačných satelitných systémov. In zborník referátov. 11. Slovenské geodetické dni. KGaK, Bratislava 4.-5. decembra 2003, 81 – 87 s.
- [14] LEITMANNOVÁ, K. - KLOBUŠIAK, M. – FERIANC, D. : Slovenský terestrický referenčný rámec 2005 a vývoj jeho stability. In: Zborník referátov „Geodetické siete a priestorové informácie“, SSGK pri GKÚ, TOPU BB, Podbanské 24.-26. októbra 2005.
- [15] TUČEK, J. – KUSEDOVÁ, D. – HOFIERKA, J. – FABIÁN, P. : Kompendium Panel-GI : Využitie geografických informácií a geografických informačných systémov. Rozšírený preklad originálu projektu INCO-COPERNICUS Panel-GI 977136 autorov FRANK, A. U., RAUBAL, M., VAN DER VLUGT, M.: Panel-GI Compendium A guide to GI and GIS. INCO-COPERNICUS project no. 977136. Genova - Italy (European Commission) 2000.