

SLOVENSKÁ PERMANENTNÁ GNSS SLUŽBA NA PREVÁDZKOVANIE SLOVENSKÉHO PRIESTOROVÉHO OBSERVAČNÉHO SYSTÉMU- -NOVÉ GEODETICKÉ PRIESTOROVÉ ZÁKLADY

*Matej Klobušiak, Katarína Leitmannová *)*

Slovak Permanent GNSS Service for Operation of Slovak Spatial Observation System – New Spatial Geodetic Control

Abstract: New geodetic control for the real-time positioning of objects and phenomena provided using the Slovak permanent service for the use of global navigation satellite systems. Slovak spatial observation system as a sophisticated multifunctional tool for precise positioning and navigation. Adoption of the ETRS 89 obligatory global geodetic reference system as a new “national” reference spatial coordinate system. On two-way reversible transformations of local reference systems from/to global systems.

1. Úvod

Nový európsky terestrický referenčný priestorový súradnicový systém ETRS 89 je založený na množine permanentne observujúcich bodov IGS (International GPS service for Geodynamics) a EPN (EUREF Permanent Network). Vytvára jednotný lokalizačný základ pre celú Európu. Prioritnou úlohou GKÚ Bratislava, ako správcu geodetických základov, je urýchlene vybudovať národného reprezentanta ETRS 89 v podobe aktívnych a pasívnych geodetických bodov. Na množine aktívnych bodov je potrebné vybudovať Slovenský priestorový observačný systém (SKPOS) ako nový produkt služby SPGS. Bude slúžiť na určovanie priestorovej polohy v reálnom čase. Body, ktoré majú určené 3D súradnice v referenčnom systéme ETRS 89 a sú budované podľa zásad [4], nazývame **Štátna priestorová sieť** (ŠPS). Pomocou bodov ŠPS, ktorým poznáme súradnice v ETRS 89 a v S-JTSK, určujeme exaktné vzťahy na obojsmerný vzájomný prevod ostatných podrobných bodov polohového poľa. Čím skôr Slovensko dostane do svojich technických diel a legislatívnych noriem nový súradnicový systém ETRS 89, tým skôr sa môže stať súčasťou moderných kooperujúcich ekonomík a zúčastňovať sa na medzinárodnej deľbe práce.

2. Čo zmeniť v znení vykonávacej vyhlášky o geodézii a kartografii ?

Vzhľadom na zásadné technologické zmeny spadajúce do pôsobnosti rezortu geodézie kartografie a katastra, umožňujúce nové systémové riešenia a prístupy v informačnom zabezpečení spoločnosti, navrhujeme zmeniť vykonávaciu vyhlášku č. 178/1996 Z. z. ÚGKK SR z 3. júna 1996, ktorou sa vykonáva zákon Národnej rady Slovenskej republiky o geodézii a kartografii tak, aby rešpektovala nie len existenciu nových definícií globálnych geodetických referenčných systémov ale aj ich realizáciu.

*) Ing. Matej Klobušiak, PhD., e-mail: Klobusiak@gku.sk, Ing. Katarína Leitmannová, e-mail: Leitmannova@gku.sk, Geodetický a kartografický ústav Bratislava, Chlumeckého 4, 827 45 Bratislava, tel.: ++421-2-43334822,

Vytvoriť vhodný legislatívny rámec pre správcu geodetických základov (GZ) znamená, vytvoriť mu minimálny predpoklad na udržanie vývoja v oblasti modernej geodézie. Preto GKÚ v súčasnosti vyvíja maximálne úsilie vybudovať v zmysle platnej koncepcie **Slovenskú permanentnú službu na využívanie globálnych navigačných satelitných systémov (GNSS)** s označením **SPGS**, určenú na prevádzkovanie **Slovenského priestorového observačného systému (SKPOS)**. Bližšie o SPGS a SKPOS pozri v nasledujúcich kapitolách.

Záväzná geodetická referenčná systémy je potrebné rozdeliť na globálne – celoeurópske, celosvetové a lokálne – národné. Ďalej je potrebné presne rozlišovať medzi definíciou systému a jeho realizáciou prostredníctvom množiny aktívnych alebo pasívnych geodetických bodov, ich súradníc, ročných zmien súradníc a ich charakteristík presnosti. Aktívnym geodetickým bodom, na ktorých sa vykonávajú permanentné GNSS observácie a sú zapojené do SKPOS a komunikujú s radiacim centrom RC SPGS v reálnom čase budeme hovoriť referenčné stanice (RS). Pasívne body sú ostatné geodetické body, na ktorých operuje GNSS prijímač iba v meračských kompaniách.

Medzi globálne geodetické referenčné systémy zarad'ujeme

- a) Medzinárodný terestrický referenčný systém (záväzná skratka „**ITRS**“ – **I**nternational **T**errestrial **R**eference **S**ystem),
- b) Európsky terestrický referenčný systém 89 (záväzná skratka **ETRS 89** - **E**uropean **T**errestrial **R**eference **S**ystem **1989**),
- c) Európsky vertikálny referenčný systém 2000 (záväzná skratka „**EVRS 2000**“ – **E**uropean **V**ertical **R**eference **S**ystem **2000**),
- d) Európsky priestorový referenčný systém (záväzná skratka „**ESRS**“ – **E**uropean **S**patial **R**eference **S**ystem).

Medzi lokálne – národné geodetické referenčné systémy zarad'ujeme doteraz platné

- e) Súradnicový systém Jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej (záväzná skratka „**S-JTSK**“),
- f) **B**altský výškový systém **po** vyrovnaní (záväzná skratka „**Bpv**“),
- g) **G**ravimetrický systém (záväzná skratka „**S-Gr**“),

Definície záväzných geodetických systémov

- a) **ITRS** (**I**nternational **T**errestrial **R**eference **S**ystem) je systém, ktorého počiatok leží v ťažisku hmôt Zeme, vrátane hmôt oceánov a atmosféry. Systém je definovaný ako geocentrický, ekvatoriálny, terestrický s konvenčnou orientáciou v greenwichskom poludníku. Jednotky dĺžky, hmotnosti a času sú vedené v SI (Le Systém International d'Unités, 1991), tj. v metroch, kilogramoch a sekundách. Astronomická jednotka času je udávaná v dňoch. Deň obsahuje 86400 SI sekúnd. Orientácia osí je totožná s BIH systémom 1984.0 (Bureau International de l'Heure) s presnosťou ± 5 mas . ITRS patrí do skupiny Konvenčných terestrických referenčných systémov (CTRS-Convnetional Terrestrial Reference System) monitorovaných Medzinárodnou službou rotácie Zeme (IERS-International Earth Rotation Service), podľa IUGG rezolúcie č. 2 prijatej na 20. valnom zhromaždení IUGG vo Viedni v roku 1991,

- b) **ETRS 89** (European (alebo **EUREF**) **Terrestrial Reference System 1989**) je systém s rovnakou definíciou ako ITRS, pre ktorý platí totožnosť realizácií ich referenčných rámcov **ETRF 89 epocha 1989.0** a **ITRF 89 epocha 1989.0**. (Poznámka: referenčný systém ETRS 89 sa pohybuje spolu so stabilnou časťou Eurázijskej tektonickej litosférickej platne, ktorej modelová rýchlosť je od roku 1994 definovaná modelom NNR-NUVEL1A.),
- c) **EVRS** (European Vertical Reference System) je „gravity-related“ výškový statický systém charakterizovaný hodnotami („datum“) amsterdamského vodočtu („Normaal Amsterdams Peil – NAP“, Normal null) geopotenciálnou kótou alebo normálnou výškou referenčného bodu UELN 000A2530/13600 – Amsterdamský vodočet), kde UELN je skratka pre Jednotnú európsku nivelačnú sieť (United European Levelling Network),
- d) **ESRS** (European Spatial Reference System) je európsky priestorový referenčný systém, ktorý vzniká integráciou dvoch systémov ETRS 89 a EVRS. Je to systém, ktorý má geometricko-fyzikálne vlastnosti,
- e) **S-JTSK** je definovaný Besselovým elipsoidom, Křovákovým konformným kuželovým zobrazením vo všeobecnej polohe,
- f) **Bpv** – Baltický výškový systém po vyrovnaní je definovaný systémom normálnych Molodenského výšok
- g) **S-Gr** Potsdamský gravimetrický systém založený na absolútnom meraní tiažového zrýchlenia na bode Potsdam,
- h) **S-Gr 71** je referenčný gravimetrický systém, v ktorom tiažové zrýchlenie je vyjadrené v Potsdamskom gravimetrickom systéme opravenom o konštantnú hodnotu -13.8×10^{-5} [m/s²],
- i) **IGSN 71** (International Gravimetric Standardization Net 19971) je referenčný gravimetrický systém, v ktorom tiažové zrýchlenie je vyjadrené v Potsdamskom gravimetrickom systéme opravenom o konštantnú hodnotu -13.8×10^{-5} [m/s²].

Realizácie záväzných geodetických systémov

- a) realizácia ITRS je **Medzinárodný terestrický referenčný rámec** (záväzná skratka „**ITRF_{yy epoch t_i}**“ - International Terrestrial Reference Frame **yy epocha t_i**). Definovaný je množinou staníc rozmiestnených po celej Zemi, na ktorých sa vykonávajú nepretržité observácie technológiami založenými na princípoch VLBI, LLR, GPS, SLR a DORIS. Pre tieto stanice sa odhadujú 3D karteziánske súradnice a ročné rýchlosti ich zmien, charakterizované globálnou kovariančnou maticou,
- b) realizácia ETRS 89 sa volá **Európsky terestrický referenčný rámec** (záväzná skratka „**ETRF_{yy epoch t_j}**“ - European Terrestrial Reference Frame **yy epocha t_j**). Definovaný je vybranou množinou permanentných staníc GNSS rozmiestnených po Eurázijskej tektonickej litosférickej platni s odhadom 3D karteziánskych súradníc a ročných diferenciálnych rýchlostí ich zmien (vzhľadom k modelovým rýchlostiam modelu NNR-NUVEL1A), charakterizovaných globálnou kovariančnou maticou,
- c) realizácia ETRS 89 na území Slovenska je reprezentovaná prostredníctvom aktívnych a pasívnych bodov Slovenskej geodynamickej referenčnej siete (SGRN). Nazývame ju **Slovenský kinematický terestrický referenčný rámec** (záväzná skratka „**SKTRF_{yy epocha t_j}**“). Definovaný je vybranou množinou bodov SGRN, ktoré delíme na SGRN body permanentnej observácie GNSS (SPOS) a body SGRN epochovej observácie GNSS (SEOS). Niektoré body SPOS sú začlenené do celoeurópskeho systému EPN (EUREF

- Permanent Network). Body SKTRFyy sú definované odhadom 3D súradníc, ich ročnou diferenciálnou rýchlosťou zmeny a charakteristikami presnosti,
- d) realizácia EVRS 2000 je definovaná **Európskym vertikálnym referenčným rámcom EVRF 2000** (European Vertical Reference Frame) definovaný pomocou geopotenciálnych kót a normálnych výšok uzlových bodov Jednotnej európskej nivelačnej siete UELN 95/98,
 - e) realizácia S-JTSK je definovaná súborom súradníc bodov Jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej (JTSK),
 - f) realizácia systému **S-Gr** je zabezpečená prostredníctvom rámcov S-Gr 64, S-Gr 71, IGSN 71, UEGN 1994 (Unified European Gravimetric Network epocha 1994) a UEGN 2002, kde postupne znamená:
 - i. **S-Gr 64** je realizácia gravimetrického systému platného pre bývalé Československo. Referenčný bod bol medzinárodnej siete Praha - Ruzyně. Rozmer siete bol odvodený z gravimetrickej základne Hřensko – Dolní Dvořište, ktorej určujúci rozmer bol určený z meraní v medzinárodnej sieti.
 - ii. **S-Gr 71** je realizácia gravimetrického systému, ktorá vznikla zo systému S-Gr 64 odstránením nasledujúcich chýb: a) na referenčnom bode Potsdam potsdamského tiažového systému bola zistená chyba $+13.8 \times 10^{-5}$ [m/s²], b) na referenčnom bode Praha-Ruzyně bola odstránená chyba -0.19×10^{-5} [m/s²], ktorá ovplyvnila hladinu tiažového systému S-Gr 64, c) odstránením chybných mierky tiažového systému S-Gr 64 na úrovni 1×10^{-4} a d) lokálnych deformácií v rozsahu až $\pm 6 \times 10^{-7}$ [m/s²]. Realizácia systému S-Gr 1971 je definovaná hodnotami tiažového zrýchlenia bodov Medzinárodného etalónového gravimetrického polygónu (Krakov-Budapešť, časť Javorina-Slovenské Ďarmoty).
 - iii. **S-Gr 98** je realizácia gravimetrického systému založeného na množine absolútnych gravimetrických bodov rozmiestnených na území Slovenska, Maďarska, Česka a množine relatívnych meraní v období rokov 1971 – 1998.
 - iv. **IGSN 71** je realizácia svetového gravimetrického systému definovaného hodnotami tiažového zrýchlenia na množine absolútnych gravimetrických bodov rozmiestnených po celej Zemi (mimo územia bývalých socialistických krajín) vzájomne prepojených relatívnym tiažovým meraním a vyrovnaných v jednom bloku.
 - g) **UEGN 2002** (United European Gravimetric Network) je realizácia zjednoteného európskeho gravimetrického systému definovaného množinou hodnôt absolútneho tiažového zrýchlenia na absolútnych gravimetrických bodoch európskych krajín, ktorý vznikol vyrovnaním množiny absolútnych gravimetrických bodov, prepojených relatívnymi gravimetrami, rozmiestnených na území celej Európy.

3. Niečo o misii rezortu geodézie a kartografie a katastra

Na území Slovenska ÚGKK SR prostredníctvom špecializovanej organizácie GKÚ Bratislava má, okrem iného, realizovať a rozvíjať záväzné geodetické systémy, lokalizačné štandardy, zabezpečovať prenos dĺžkových, výškových a tiažových etalónov veľkého rozsahu – geodetické základy (GZ), spravovať a rozvíjať centrálny kataster nehnuteľností (CKN), základnú bázu údajov pre geografický informačný systém (ZB GIS) a pod.

Legislatívne rámce (zákon NR SR č. 215/1995 Z.z. o geodézii a kartografii, zákon NR SR č.3/2002 Z. z. o katastri nehnuteľností a o zápise vlastníckych a iných práv

k nehnuteľnostiam, zákon o slobodnom prístupe k informáciám a iné) vyžadujú činnosti, ktorými vzniknú vysoko sofistikované technické diela, schopné spravovania a rozvíjania v celoštátnom a celosvetovom kontexte.

Vrcholovým rezortným „*technickým dielom*“ celoštátného rozsahu je Automatizovaný informačný systém geodézie, kartografie a katastra (AIS GKK). Tvorí súčasť Štátneho informačného systému (ŠIS). Skladá sa zo samostatných, navonok heterogénnych technických diel, rozprestierajúcich sa na celom území SR. Okrem virtuálnej predstavy o území uchováanej v informačných fondoch, existuje aj fyzická realizácia špičkových technológií, postupov, metód, technických konštrukcií a zariadení v území, umožňujúcich opakovanie špecifických činností na zisťovanie stavu a zmien predmetných objektov a javov s vysokým polohovým a časovým rozlíšením.

Primárnymi technickými dielami sú geodetické základy (GZ), kataster nehnuteľností (KN) a základná báza údajov pre geografický informačný systém (ZB GIS). Na ich základe vznikajú tri národné údajové servery : „*Národný server GZ (NSGZ)*“, „*Národný server KN (NSKN)*“ a „*Národný server GIS (NSGIS)*“. Z týchto troch primárnych technických diel vznikajú odvodené technické diela: Štátne mapové dielo (ŠMD), Štátna hranica (ŠH), Digitálny model reliéfu (DMR), Digitálny model kvázigeoidu (DMQ).

Strednodobé vízie činností rezortu sú definované koncepciami rozvoja špecifických činností pre GZ [1], KN a GIS [23]. V nich sú predvídavo deklarované základné, systémovo správne orientácie rozvoja smerujúce k akútnym potrebám modernej, informačne kooperujúcej spoločnosti. Žiaľ, nevyhneme sa tomu, ale moderný svet začína využívať také informačné systémy, ktoré pracujú v reálnom alebo aspoň v blízkom reálnom čase.

Základným systémovým krokom rezortu k modernému geodetickému zabezpečeniu je vybudovať na Slovensku reprezentanta nového celoeurópskeho priestorového referenčného systému, v ktorom sa budú lokalizovať všetky, doteraz iba disjunktné polohopisné a výškopisné prvky, integrované a v reálnom čase. Snahou posledných aktivít správcu GZ je vybudovať SPGS prevádzkujúcu SKPOS na určovanie priestorovej polohy objektov a javov v reálnom čase s voliteľnou presnosťou. Presnosť v reálnom čase je predpokladaná v rozmedzí od 2 cm až do 5-10 m. Pre postprocessing sa už teraz dosahujú až milimetrové presnosti. SPGS je dynamizujúci prvok nie len samotných GZ, KN, zberu aktuálnych údajov pre ZB GIS a nadstavbové GISy, ale hlavne pre vybrané geodetické činnosti a negeodetické aplikácie. Systémová zmena je v multifunkcionalite SPGS.

Moderné poslanie rezortu v oblasti geodetických základov je :

- budovať nové GZ pre tretie tisícročie ako súčasť Globálneho geodetického observačného systému (GGOS) [2] rozvíjaného aktivitami IAG IUGG, s cieľom prevádzkovať ho ako mnohoúčelový Slovenský priestorový observačný systém SKPOS. Určený bude aj na online monitorovanie objektov a javov v reálnom čase. Mnohoúčelovosť SKPOS sa bude zabezpečovať v súčinnosti s inými rezortmi SPGS [13],
- budovať nové geodetické základy s nadväznosťou na realizácie svetových, resp. európskych referenčných systémov ESRS, ako nevyhnutnú súčasť integrácie Slovenska do európskych a celosvetových aktivít,
- SKPOS koordinovane budovať s okolitými transformujúcimi sa krajinami ako súčasť európskeho priestorového observačného systému EUPOS [15], [19],
- viesť, udržiavať a rozvíjať informačný systém integrovaných GZ založených na realizácii kinematického modelu referenčného systému SKTRFyy,

- digitálnymi technológiami poskytovať výsledky v reálnom alebo blízkom reálnom čase prostredníctvom NSGZ.

Strednodobá perspektíva predpokladá do konca roku 2002 dobudovať novú štvorrozmernú ŠPS v systéme ETRS 89, s parametrami dosiahnuteľnej priestorovej presnosti 1-2 cm. Záverečné výpočty predpokladáme v prvej polovici roku 2003. V tomto roku plánujeme vykonať aj overovacie merania. Tým budeme schopní posúdiť reálnu presnosť pre body ŠPS. Koncepcia ďalej predpokladá vybudovať veľmi presnú Štátnu nivelačnú sieť (ŠNS) v európskom výškovom systéme EVRS 2000, veľmi presnú Štátnu gravimetrickú sieť (ŠGS) v systéme definovanom hodnotami absolútneho tiažového zrýchlenia S-Gr 98. Ďalej sa predpokladá zrealizovať Katalóg geodetických bodov priamo prepojený na národné servery NSGZ, NSKN a NSGIS. Prostredníctvom neho sa celý informačný fond založí na explicitnej definícii nových GZ. Bližšie o stave realizácie nových GZ pozri [2], [3] a [18].

4. Slovenská permanentná GNSS služba

V [16] je prvý raz explicitne uvedený návrh základnej predstavy vybudovania generačne nových GZ pre tretie tisícročie. Nové GZ je potrebné chápať ako službu a nie ako množinu pasívnych geodetických bodov, ktorých geodetické údaje sa poskytujú trebárs aj prostredníctvom internetu.

Názov služby : *Slovenská permanentná GNSS služba*. Ďalej sa používa skratka **SPGS**. (Anglická mutácia názvu služby : Slovak Permanent GNSS Service. Ďalej sa používa skratka **SPGS**).

Definícia SPGS :

Slovenská permanentná GNSS služba spravuje, riadi a prevádzkuje Slovenský priestorový observačný systém (SKPOS) na určovanie priestorovej polohy objektov a javov pracujúci v jednotnom európskom priestorovom referenčnom systéme ETRS 89 s vysokým polohovým a časovým rozlíšením v reálnom čase.

SPGS je multifunkčná služba tak pre vybrané geodetické činnosti ako aj pre negeodetické aplikácie.

SPGS je služba umožňujúca prostredníctvom SKPOS určovať polohu objektov a javov v rôznych voliteľných presnostiach aj v ostatných záväzných geodetických referenčných systémoch prostredníctvom autorizovaných transformačných vzťahov.

SPGS operuje na referenčných staniách Slovenského priestorového observačného systému (RS-SKPOS) a referenčných staniách permanentnej GNSS observácie slovenskej geodynamickéj referenčnej siete (RS-SPOS).

Rozdiel medzi RS-SKPOS a RS-SPOS :

RS-SKPOS nemusia byť zriaďované podľa zásad budovania geodynamických bodov [21],

RS-SPOS musia byť zriaďované podľa zásad budovania geodynamických bodov, ale nemusia pracovať v reálnom čase.

SPGS dovnútra rezortu ÚGKK SR tvorí generačne nové GZ. Prostredníctvom SKPOS zabezpečuje určovanie priestorovej polohy XYZ(BLH, xyh) v reálnom čase, umožňuje simultánne pri nivelačnom, resp. gravimetrickom meraní určovať priestorové súradnice bodu

observácie, určovať priestorovú polohu objektov a javov pre tvorbu referenčných údajov ZB GIS, v KN, pri spresňovaní DMR a DMQ. SKPOS má hlboký dosah na všetky vybrané geodetické činnosti.

Súčasný stupeň rozvoja ľudských aktivít potrebuje až 80% všetkých objektov a javov georeferencovať. Plne funkčná SPGS georeferencovanie realizuje s úsporou nákladov až 40-60%. SPGS vytvorí homogénnu geodetickú infraštruktúru aj pre široké mimorezortné spektrum aplikácií. Nie je orientovaná iba dovnútra rezortu geodézie.

SPGS ako svoj hlavný produkt zabezpečuje výpočet a šírenie plošných DGNSS (diferenciálne GNSS) korekcií na určovanie presnej priestorovej polohy v reálnom čase, údaje pre postprocessing, autorizované transformačné vzťahy na prevod súradníc z/do ETRS 89 do/z iných záväzných referenčných systémov. Vytvára súčinnosť s podobnými službami minimálne európskych krajín. Predstavuje technicky veľmi výhodnú a najrýchlejšiu cestu na uspokojenie všetkých možných požiadaviek na určenie priestorovej polohy v celoeurópskom súradnicovom referenčnom systéme.

Mnohí používatelia na splnenie svojich úloh potrebujú lokalizovať a navigovať predmety záujmu v reálnom čase. Takúto požiadavku rezort ÚGKK SR prostredníctvom konvenčnej siete pasívnych geodetických bodov (trigonometrické body, PBPP, nivelačné body) nezabezpečí. Riešenia v reálnom čase, pre široké spektrum aplikácií, je schopná zabezpečiť len multifunkčná permanentná sieť aktívnych, v sieti kooperujúcich a presne georeferencovaných referenčných staníc, ktoré kontinuálne v 1 sekundovom intervale, posielajú prostredníctvom komunikačných kanálov do DC-SPGS merané údaje. Z nich sa prepočítavajú plošné DGNSS korekcie a spätne sa na vyžiadanie odosielajú koncovému používateľovi.

SPGS pracuje na princípe relatívnych – diferenciálnych meraní medzi prijímačmi GNSS (DGNSS). Pre civilných používateľov GNSS nevyužívajúcich SPGS je možné v reálnom čase dosiahnuť absolútnu presnosť určenia polohy asi 5-10 m. Pre väčšinu aplikácií je to nepostačujúce. Vyššia presnosť (cm) sa dá dosiahnuť relatívnym meraním s minimálne dvoma prijímačmi súčasne, z ktorých jeden sa nachádza na bode so známou polohou (referenčná stanica-báza) a druhý na bode, ktorého poloha sa určuje (rover). Rover na určenie svojej polohy použije údaje o polohe satelitov, údaje o polohe bázy a korekčné údaje vypočítané z kódových a fázových meraní bázy. Korekcie sa potom použijú na elimináciu vplyvu troposféry, ionosféry, nepresnosti družicových dráh a družicových hodín. Korekcie sú vysielané z bázy prostredníctvom komunikačných kanálov v reálnom čase v štandardnom formáte RTCM. Pri vzdialenosti bázy a rovera väčšej ako 15 km pôsobia v mieste rovera iné zdroje chýb ako v mieste bázy (troposféra, dráhy družíc). Eliminácia rušivých faktorov pôsobiacich na bázu nepredstavuje úplnú elimináciu chýb pôsobiacich na roveri. Odpovedá len s obmedzenou platnosťou. Preto presnosť určenia polohy rovera so vzrastajúcou vzdialenosťou od bázy klesá. Na maximalizovanie eliminácie tejto závislosti slúži SPGS. Zabezpečuje kooperáciu RS v sieti. Všetky RS sú „zosieťované“ a napojené na riadiace centrum RC-SPGS. Použitím plošného polynómu preloženého min. tromi RS sa pre ľubovoľnú polohu rovera určí tzv. plošný korekčný parameter (PKP), ktorý minimalizuje závislosť presnosti určenia polohy od vzdialenosti rovera od RS. PKP sa vysielá ako súčasť korekčných údajov k používateľovi (PKP koncept). Tento koncept vyžaduje iba jednosmerné napojenie koncového používateľa na RC (RC → rover).

5. Vplyv SPGS na správu rezortu ÚGKK SR a správcu GZ

Realizácia a prevádzkovanie SPGS predpokladá zriadiť u správcu geodetických základov *Riadiace centrum* RC-SPGS, *Dátové centrum* DC-SPGS, *Analytické centrum* AC-SPGS. Celá SPGS musí byť pokrytá špičkovými odborníkmi rôznych profesií.

Na vznik a prevádzku multifunkčnej SPGS je potrebné zriadiť :

1) analógiu „Pracovnej skupiny pre GIS v štátnej správe pri Rade vlády SR pre informatiku“ s predbežným názvom „Pracovná skupina pre využitie GNSS v SR“, ktorá bude riadiť koordinovanie aktivít a združovanie finančných prostriedkov prostredníctvom špecialistov a zástupcov všetkých rezortov v celospoločenskom záujme (MH SR, MDPT SR, MO SR, MV SR, MŽP SR, MŠ SR, MP SR, MVRR SR, Národná banka Slovenska a ostatné banky, poisťovne, záchranné systémy, ďalej ÚGKK SR, Telekomunikačný úrad SR, Úrad jadrového dozoru, Slovenský metrologický ústav, Slovenský hydrometeorologický ústav, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Obchodná komora, ďalej privátna sféra atď).

2) Zriadiť na pôde neziskového združenia SAGI odbornú skupinu „Slovenský výbor pre implementáciu GNSS“ s cieľom rozvoja odborných tém. Cieľom výboru by malo byť odporúčanie nasadzovania technológie GNSS na aplikácie pri ochrane životného prostredia, ľudských a iných životov, pri predikcii živelných pohrôm, povodní, monitorovaní zátopových vln, monitorovaní lokalít s atómovými elektrárnami, prevoze a monitorovaní nebezpečných nákladov, monitorovaní trasy chemického tovaru mimo územia s ochranou vodných zdrojov, monitorovaní prevozu vysokej hodnoty atď. Ďalšia aktivita bude pri udržiavaní medzinárodných kontaktov a dialógov s príbuznými medzinárodnými civilnými komunitami ako sú CGSIC (Civil GPS Service Interface Committee) a mítingami medzinárodného podvýboru pre informatiku (IISC – International Information Subcommittee). (Prehľad priemyselných rád majúcich vzťah ku GNSS : USGIC (The United States GPS Industry Council), UKCSG (The UK Civil Satellite Navigation Group), SGIC (The Scandinavian GNSS Industry Council), PRGIT (Pacific Rim GNSS Implementation Team), CTAAG (China Technical Application Association for GPS), GEMINUS (The Galileo European Network of Experts) a KGTC (The Korean GNSS Technology Council))

Tým, že v pôsobnosti rezortu ÚGKK SR pôsobí správca SPGS na prevádzkovanie SKPOS, ako časti globálneho geodetického observačného systému (GGOS) rozvíjaného aktivitami IAG IUGG, sa geodézia stáva hlavným nástrojom vizualizácie všetkých spoločenských aktivít. A to je jeden z hlavných argumentov pre existenciu zákonných povinností rezortu.

6. Väzby SPGS na iné informačné systémy

Rýchlo a kvalitne fungujúca SPGS bude mať :

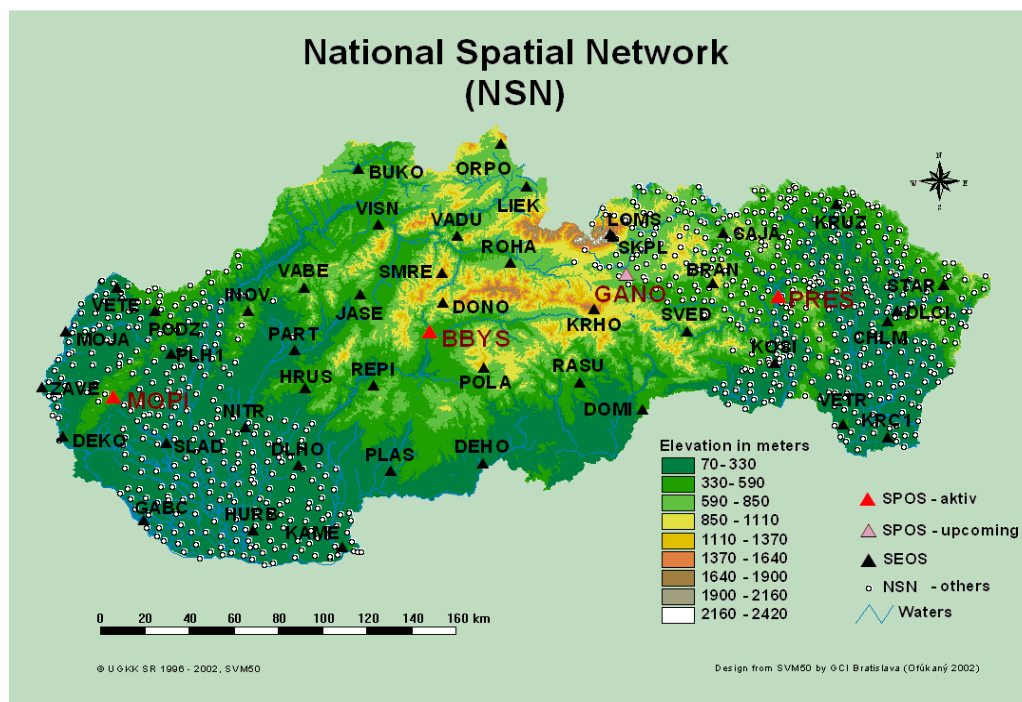
- nepriamu väzbu na **statické informačné systémy** (AIS GKK, riečny informačný systém, cestný informačný systém a pod.) prostredníctvom referenčných, bezmierkových údajov základnej bázy GIS georeferencovaných v ETRS 89 a v nadstavbových informačných systémoch v podobe lokalizácie atributálnych prvkov s nízkym stupňom aktualizácie,
- priamu väzbu na **dynamické informačné systémy – monitorovacie a výstražné systémy** (dopravný, záchranný, seizmický, geodynamický, hydrometeorologický, hydrologický, vodohospodársky a pod.) bude mať priamu väzbu v reálnom čase s vysokým stupňom aktualizácie.

7. SKPOS a ŠPS -nové geodetické priestorové základy Slovenska

Cesta, ktorou sa podarí odstrániť izolovanosť, neintegritu a heterogenitu informačných systémov založených na národných referenčných súradnicových systémoch v Európe vedie cez využitie ETRS 89. Takým izolovaným a naviac lokálne mierkovo zdeformovaným referenčným systémom je S-JTSK.

V koncepcii budovania nových GZ na roky 2001-2005 [1] je sústredené úsilie odborníkov vybudovať, viesť a rozvíjať na území Slovenska národného reprezentanta celoeurópskeho priestorového terestrického referenčného systému ETRS 89.

Jeho reprezentantom je ŠPS [3], [4], [17] a SKPOS. Na nasledujúcom obrázku je znázornený stav budovania a zamerania ŠPS do roku 2001, s tým, že stredné Slovensko sa domeria do konca roku 2002.

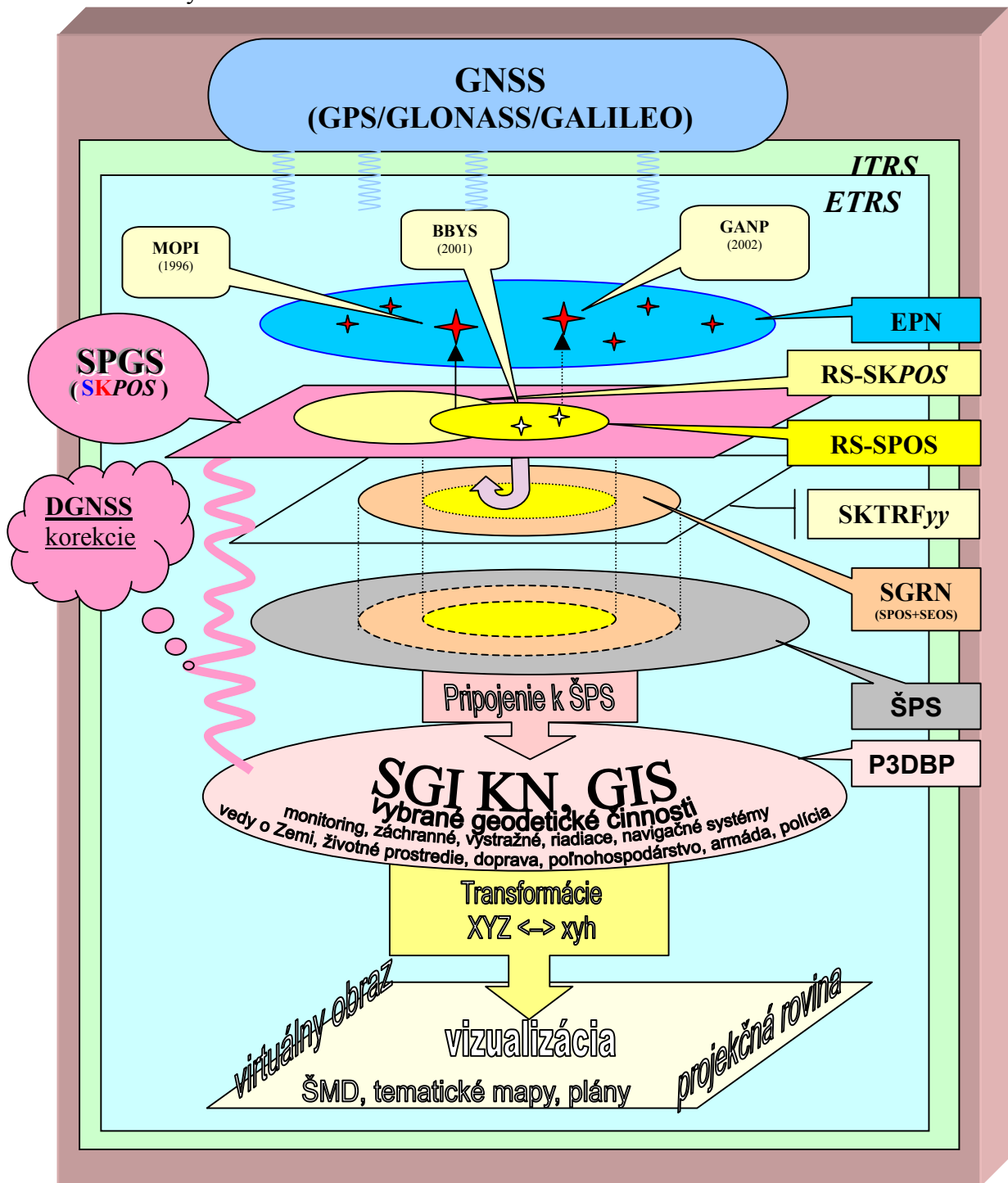


Obr. 1 Stav ŠPS koncom roku 2001

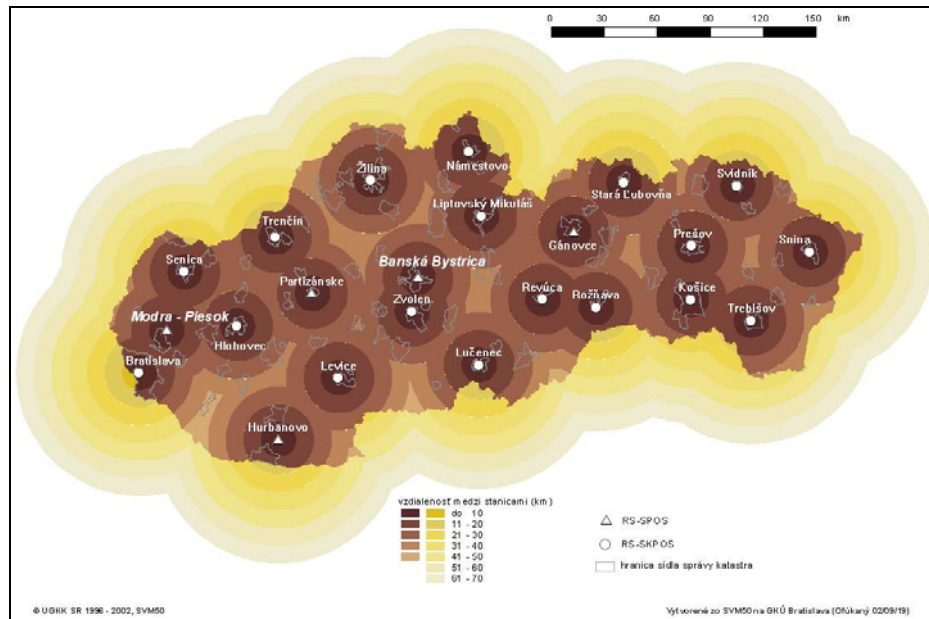
Na Obr. 2 je schematický náčrt vzťahu ŠPS, SKPOS k ETRS 89. Jadro ŠPS tvoria body SGRN [20] a RS SKPOS. V súčasnosti SGRN tvorí cca 47 funkčných bodov špeciálnej stabilizácie. Jadro tejto siete tvoria RS SPOS (SGRN Permanent Observation Station) [2]. V súčasnosti ju tvoria 3 body, pričom bod MOPI (Modra – Piesok) prevádzkuje STU od júna 1996, bod BBYS (Banská Bystrica) prevádzkuje armáda SR od marca 2001 a bod GANP (Gánovce) je prvý rezortný bod permanentnej observácie a skúšobne ho prevádzkuje GKÚ od augusta 2002. Na týchto bodoch sa vykonáva nepretržitá observácia technológiou GPS. Na ostatných bodoch SGRN sa uskutočňujú viacdenné epochové observačné kampane. Tieto body nazývame epochové observačné body (SEOS – SGRN Epoch Observation Stations). Prostredníctvom týchto kampaní a bodov permanentnej observácie európskych krajín, zaradených do siete EPN a IGS, je vytvorený jednoznačný vzťah na európsky terestrický referenčný systém ETRS 89. V histórii slovenskej geodézie vzniká v roku 1999 prvý kinematický referenčný rámec [6], [7], [8], [9] a [17], v rokoch 2001 a 2002 jeho spresnená verzia SKTRF2000 [18], [20] a SKTRF2001 [14]. To znamená, že každý bod SGRN má okrem presných súradníc určenú aj pohybovú rovnicu časovej zmeny polohy. Pomocou týchto pohybových rovníc sa môže vypočítať presná poloha bodu k ľubovoľnému časovému okamžiku.

Koncepcia GZ [1] predpokladá vybudovať na území SR približne 7 vhodne rozmiestnených RS-SPOS s charakteristikami geodynamických bodov. Projekt [16] predpokladá vybudovať 21 RS-SKPOS, pričom 5-7 je totožných s RS-SPOS. Konfiguráciu a plošné pokrytie Slovenska pozri na obrázku Obr. 3. Prostredníctvom ŠPS a SKPOS sa bude realizovať integrujúca funkcia rezortu s ostatnými zložkami : školstvom, akademickou obcou,

meteorológiou, životným prostredím, armádou SR, vnútro, dopravcami, súkromným sektorom a inými.



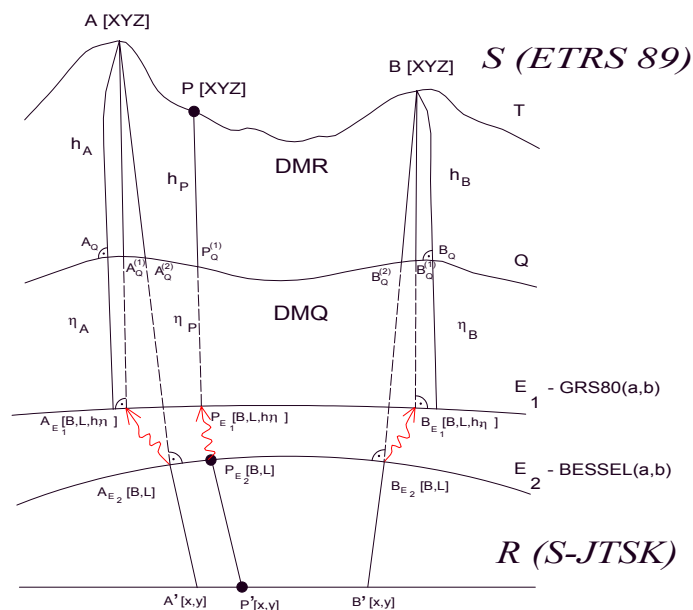
Obr. 2 Geodetické základy a SKPOS



Obr. 3 Konfigurácia RS-SKPOS

8. Projekčný priestor ETRS 89 a projekčná rovina S-JTSK

Základné väzby medzi rovinným 2D lokalizačným referenčným systémom S-JTSK a priestorovým 3D lokalizačným referenčným systémom ETRS 89 umožnia rýchly a jednoznačný prevod 2D digitálnych báz údajov vedených v S-JTSK alebo S-42/83 do ETRS 89 a naopak. V [12] je uvedený modelový postup reverzibilného prevodu medzi S-JTSK+Bpv+DMR+DMQ a ESRS+DMQ s detailným popisom. Vymedzme si pomocou obrázku Obr. 4 aspoň intuitívne základné väzby medzi dvoma lokalizačnými systémami, tj. projekčnou rovinou R a projekčným priestorom S .



Obr. 4 Vzťah S-JTSK a ETRS 89

Potom, vzhľadom na obrázok, existujú postupnosti transformácií z projekčnej roviny $R(S\text{-JTSK})$ do projekčného priestoru $S(\text{ETRS } 89)$ a naopak. Pre ľubovoľný bod P platí nasledujúce :

$$P_{JTSK}[x, y] \xrightarrow{f(R_{JTSK}, E_2)} P_{E_2}[B, L] \xrightarrow{f(E_2, E_1)} P_{E_1}[B, L] \xrightarrow{f(E_1, Q)} * \quad (1)$$

$$* \rightarrow P_Q[B, L, \eta_P(Q)] \xrightarrow{f(E_1, T)} P_T[B, L, h_p(T) + \eta_P(Q)] \equiv P_{ETRS89}[X, Y, Z]$$

$$P_{ETRS89}[X, Y, Z] \equiv P_T[B, L, H] \xrightarrow{f(E_1, T)} P_Q[B, L, H - h_p(T)] \xrightarrow{f(E_1, Q)} *$$

$$* P_{E_1}[B, L, H - (h_p(T) + \eta_P(Q)) = 0] \xrightarrow{f^{-1}(E_1, E_2)} P_{E_2}[B, L] *$$

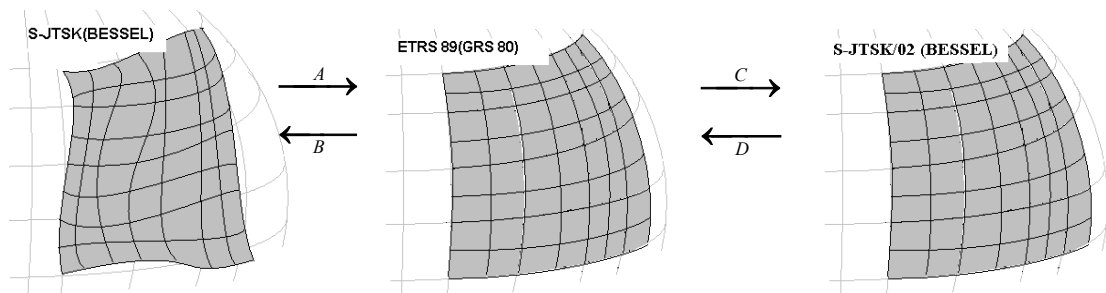
$$* \xrightarrow{f^{-1}(R_{JTSK}, E_2)} P_{JTSK}[x, y, h_p(T), \eta_P(Q)]$$

Pre reverzibilitu musí platiť tautológia:

$$P_{E_2}[B, L] = f^{-1}(f(P_{E_2}[B, L])) \quad (3)$$

Celý problém nejednoznačného prevodu údajov podľa rovníc (1) a (2) spočíva v nájdení vzťahu medzi elipsoidmi. Tieto ľubovoľnému bodu P_{E_2} na elipsoide E_2 priradia funkciou $f(., ..)$ na elipsoide E_1 jednoznačne bod P_{E_1} , a potom ho inverznou transformáciou $f^{-1}(., ..)$ prevedú späť do pôvodného bodu P_{E_2} . Ak nájdeme kvalitný systém vzťahov medzi elipsoidmi, môžeme potom popísať štyri typy prevodov A, B, C, D uvedené na obrázku .

Kde **prevod A** reprezentuje globálnu transformáciu s elimináciou lokálnych deformácií S-JTSK do nezdeformovaného ETRS 89 prostredníctvom digitálneho modelu reziduálnej zložky DMRZ(B,L), **prevod B** je inverzný k prevodu A, ktorý nezdeformovaný ETRS 89 spätne zdeformuje do pôvodného S-JTSK, **prevod C** prevedie nezdeformovaný ETRS 89 do spresneného S-JTSK/02 zanedbaním DMRZ(B,L) a nakoniec **prevod D** je inverzia prevodu C.



Obr. 5 Typy reverzibilných vzťahov

Áké výhody prechodom do ETRS 89 získame? Využívaním SPGS a SKPOS už v teréne získavame súradnice objektov, ktoré sú priamo použiteľné v informačných systémoch. Realitu modelujeme v trojrozsmernej geometrii. Odpadá problém matematickej redukcie meraných veličín do projekčnej roviny zohľadňujúci aj problém lokálnych mierok. Pracuje sa s hodnotami priamo meraných priestorových veličín po zavedení fyzikálnej redukcie. Údajový fond vedený v ETRS 89 je možné priamo prepájať v rámci všetkých medzinárodných projektov. Údaje sú nezávislé od vlastností kartografického zobrazenia.

9. Záver

Nové geodetické priestorové základy pre tretie tisícročie sú služba rezortu ÚGKK SR. Takúto službu nazývame SPGS. Umožňuje jej ľubovoľnému koncovému používateľovi, či už pracuje vo vybraných geodetických činnostiach alebo v iných negeodetických aktivitách, určovať presnú priestorovú polohu objektov a javov v reálnom čase. To znamená, že niekoľko sekundovou observačnou dobou určíme 3D súradnice s presnosťou do 2 cm v jednotnom referenčnom systéme ETRS 89. Aké dôsledky prinesie takáto služba na prospech všeobecného rozvoja Slovenska?

Dôležitosť vzniku SPGS a realizácie SKPOS môžeme prirovnať k momentálnemu rezortnému hitu – „*Kataster na internete*“. Myslíme si, že SPGS operujúca v reálnom čase je viac ako len zverejnenie informácií katastra nehnuteľností na internete. Je to služba so zásadnou zmenou zberu georeferencovaných údajov pre všetky informačné, bezpečnostné, monitorovacie, záchranné, výstražné, riadiace systémy, v ktorých poloha objektu alebo javu hrá dôležitú rolu. Myslíme si, že SPGS prinesie zásadnú zmenu aj pre samotný súbor geodetických informácií KN. Preto, ak existuje vládna vôľa pri projekte „*Kataster na internete*“, potom musí existovať o to väčšia vôľa pre projekt „*Budovanie SPGS pre trvalodržateľný rozvoj Slovenska*“. Dokedy tomu tak nebude, dovtedy môže o nás hocikto myslieť nelichotivo, a nemôžeme mu to vôbec vytykať. Pokiaľ sa nezmeníme, dovtedy, žiaľ, bude mať pravdu.

Ak pripustíme nerešpektovanie týchto skutočností, a budeme tvrdohlavo zotrvávať na prežitých vlastnostiach súčasných GZ, potom jedného dňa zistíme, že máme krásne, zachovalé a naviac funkčné technické diela vhodné na ich vystavovanie, ale len v technickom múzeu.

Literatúra.

- [1] FERIANC, D. – PRIAM, Š. – KLOBUŠIAK, M.: Koncepcia budovania nových geodetických základov na roky 2001-2005. Bratislava, ÚGKK SR, 2000, 13 s.
- [2] FERIANC, D. – KLOBUŠIAK, M. – PRIAM, Š.: Koncepcia rozvoja geodetických základov Slovenska. In: Zborník referátov „Medzinárodná konferencia Geodetické siete 2001“, pobočka SSGK pri GKÚ, Podbanské 2001, s. 22-28.
- [3] FERIANC, D. – HUDEC, M. – ŠALÁTOVÁ, E.: Štátne geodetické siete v Slovenskej republike. In: Zborník referátov „Medzinárodná konferencia Geodetické siete 2001“, pobočka SSGK pri GKÚ, Podbanské 2001, s. 22-28.
- [4] FERIANC, D.: ŠPS – Zásady na činnosti v Štátnej priestorovej sieti. Bratislava, GKÚ 2000. 17 s.
- [5] HEFTY, J.: Návrh metodiky transformácie trigonometrických bodov v súradnicovom systéme Jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej pre územie Slovenska do Európskeho referenčného terestrického systému 1989. [Etapa 4d, čiastkovej úlohy IGS] Bratislava, VÚGK 1997, str.24.
- [6] HEFTY, J.: Estimate of Site Velocities from CEGRN GPS Campaigns Referred to CERGOP Reference Frame. Proc. of the EGS symp.G16 „Geodetic and Geodynamic Achievements of the CEI“. XXIII General Assembly of the European Geophysical Society. Nice, France, 20-24 April 1998, str. 67-79.
- [7] 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.

- [8] KLOBUŠIAK, M.: Programy na simultánny efektívny odhad pohybových rovníc geodetických bodov a ich súradníc zameraných technológiou GPS. [Etapa 4a, čiastkovej úlohy Integrovaná geodetická sieť.] Bratislava, 1999, s. 15.
- [9] KLOBUŠIAK, M.: WIGS - Integrované geodetické siete, transformácie, spájanie, porovnanie, výpočet rýchlostí bodov a transformácie S-JTSK do xTRSY, odhad parametrov FCA. [Programový systém WIGS 5.2001.1]. Bratislava, VÚGK & MaKlo, 1995-2001.
- [10] KLOBUŠIAK, M.: Transformácia neidentických trigonometrických bodov S-JTSK do ETRSY. [Etapa 4b čiastkovej úlohy Integrovaná geodetická sieť.] Bratislava, VÚGK 1999.
- [11] KLOBUŠIAK, M.: Deformačný model priestorových štruktúr a jeho konfidencia. In : Zborník „Tatranské štíty, geodézia vo vysokohorskom prostredí“. Bratislava, Pobočka SSGK pri GKÚ v Bratislave a KGZ SvF STU, 1999.
- [12] 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.
- [13] KLOBUŠIAK, M. - LEITMANNOVÁ, K. – PRIAM, Š. : Monitorovací systém SPGS. Správa vypracovaná pre Slovenský národný komitét geodetov a geofyzikov. GKÚ Bratislava, november 2001.
- [14] KLOBUŠIAK, M. - LEITMANNOVÁ, K. – PRIAM, Š. – FERIANC, D.: Slovak Kinematic Reference Frame 2001, Its Computation and Connection to the EUREF. Presented at the EUREF Symposium, June 4 – 8, 2002, Ponta Delgada, Azores, Portugal.
- [15] KLOBUŠIAK, M. – LEITMANNOVÁ, K.: Správa zo služobnej zahraničnej cesty - Multifunkčný GNSS systém referenčných staníc pre Európu, 4.-5.3.2002 v Berlíne.
- [16] KLOBUŠIAK, M. – LEITMANNOVÁ, K.: Vybudovanie slovenskej permanentnej služby na využívanie globálnych navigačných satelitných systémov. [Návrh rezortného projektu .] GKÚ, Bratislava, september 2002.
- [17] LEITMANNOVÁ, K.: Štátna priestorová sieť 1999. In: Zborník referátov „Konferencia 50. výročia vzniku GKÚ Bratislava“. Bratislava, Pobočka SSGK pri GKÚ Bratislava 28. september 2000, s. 123-136.
- [18] LEITMANNOVÁ, K. – KLOBUŠIAK, M.: Eliminácia rušivých faktorov pri tvorbe národného kinematického referenčného rámca pre ŠPS. In: Zborník referátov „Medzinárodná konferencia Geodetické siete 2001“, pobočka SSGK pri GKÚ, Podbanské 2001, s. 102-112.
- [19] LEITMANNOVÁ, K.: Správa zo služobnej zahraničnej cesty – 1.zasadnutie riadiaceho výboru pre EUPOS, 2.-3.7.2002 vo Varšave.
- [20] PRIAM, Š. – FERIANC, D. – KLOBUŠIAK, M. – LEITMANNOVÁ, K.: Slovenská geodynamická referenčná sieť základ štátnej priestorovej siete a geodynamiky Slovenska. . In: Zborník referátov „Medzinárodná konferencia Geodetické siete 2001“, pobočka SSGK pri GKÚ, Podbanské 2001, s. 153-164.
- [21] PRIAM, Š.: Zásady na budovanie, zhustovanie a údržbu slovenskej geodynamickéj referenčnej siete. Bratislava, GKÚ 2001. (pred schválením)
- [22] ZÁHN, O. a i.: Návrh univerzálnej štruktúry katalógu objektov ZB GIS. [Etapa 3b čiastkovej úlohy č. 3 „Digitálna kartografia a rozvoj ZB GIS“.] Bratislava, VÚGK, 2000, s. 21.
- [23] Konceptia tvorby, aktualizácie a správy ZB GIS do roku 2005. Bratislava, ÚGKK SR, 2002.