

# MODERNÉ GEODETICKÉ ZÁKLADY SLOVENSKA A POLOHOVÁ PRESNOŠŤ GEOGRAFICKÝCH OBJEKTOV V GIS

**Ing. Matej Klobušiak, PhD.**

Geodetický a kartografický ústav Bratislava

## ***Abstrakt:***

*Nové geodetické priestorové základy na určovanie priestorovej polohy objektov a javov v reálnom čase zabezpečované prostredníctvom slovenskej permanentnej služby na využívanie globálnych navigačných satelitných systémov SPGS. Slovenský priestorový observačný systém SKPOS sofistikovaný multifunkčný produkt pre vybrané geodetické činnosti a negeodetické aplikácie. Prijatie záväzného globálneho geodetického referenčného systému ETRS 89 ako nový „národný“ referenčný priestorový súradnicový systém. O obojsmerných reverzibilných transformáciách lokálnych referenčných systémov z/do globálnych. GiS ako geodetický informačný systém vedený softvérovými prostriedkami geografických informačných systémov GIS.*

## **1. Úvod**

V celosvetovom rozsahu sú známe aktivity expertov GI technológií budovať **Globálnu priestorovú údajovú infraštruktúru GSDI** (Global Spatial Data Infrastructure). Pre Európu je rozbehnutý analogický projekt na vybudovanie Európskej priestorovej údajov infraštruktúry ESDI (European Spatial Data Infrastructure). Základným nástrojom ich budovania sú technológie geografických informačných systémov. Spájanie vybraných topologických vrstiev predpokladá ich konzistenciu nie len na úrovni logickej, tematickej, topologickej, ale hlavne geometrickej úrovni. V ESDI sa predpokladá záväzný súradnicový referenčný systém ETRS 89. V tomto príspevku sú uvedené dôležité podmienky a dôsledky jeho uplatnenia na Slovensku.

## 2. Realizácia ETRS 89 na Slovensku

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**). 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, určíme exaktné vzťahy na obojsmerný vzájomný prevod ostatných podrobných bodov polohového poľa. V súčasnosti intenzívne hľadáme vhodný postup na elimináciu deformácie S-JTSK prostredníctvom ETRS 89. Ak nájdeme také reverzibilné riešenie, potom neexistuje dôvod zamietat' v informačných systémoch AIS GKK (GZ, KN, ZB GIS) a odvodených technických dielach (štátne mapové dielo (ŠMD), štátna hranica (ŠH), digitálny model terénu (DMR), digitálny model kvázigeoidu (DMQ) a iné) lokalizáciu objektov a javov v priestorovom súradnicovom systéme ETRS 89. 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 tak na medzinárodnej deľbe práce ako aj na kolektívnych bezpečnostných a obranných systémoch.

## 3. Návrh zmeny vykonávacej vyhlášky o geodézii a kartografii

Vzhľadom na zásadné technologické zmeny spadajúce do pôsobnosti 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. Musí rešpektovať existenciu nových definícií globálnych geodetických systémov. Nejde len o zmenu definície, ale o rozšírenie pôsobnosti funkcií ÚGKK SR a zmenu technologickú.

Ďalší dôvod prečo je potrebné vytvoriť vhodný legislatívny rámec je ten, že správca geodetických základov (GZ) už 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.

Záväznú geodetickú referenčnú systém možno 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. Ďalej uvedieme len tie referenčné systémy, ktoré majú vzťah k určovaniu priestorovej polohy.

#### ***Medzi globálne geodetické referenčné systémy zaradíme***

- a) Medzinárodný terestrický referenčný systém (záväzná skratka „**ITRS**“ – **International Terrestrial Reference System** ).
- b) Európsky terestrický referenčný systém 89 (záväzná skratka **ETRS 89** - **European Terrestrial Reference System 1989** )
- c) Európsky vertikálny referenčný systém 2000 (záväzná skratka „**EVRS 2000**“ – **European Vertical Reference System 2000**)
- d) Európsky priestorový referenčný systém (záväzná skratka „**ESRS**“ – **European Spatial Reference System** )

#### ***Medzi lokálne – národné geodetické referenčné systémy zaradíme doteraz platné***

- e) Súradnicový systém Jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej (záväzná skratka „**S-JTSK**“)
- f) **Baltský výškový systém po vyrovnaní** (záväzná skratka „**Bpv**“)

#### ***Definície záväzných geodetických systémov***

- a) **ITRS** (**International Terrestrial Reference System**) je systém, ktorého počiatok leží v ťažisku hmôt Zeme, vrátane hmôt oceánov a atmosféry. Systém je definovaný ako

geocentrický, ekvatoriálny, terestrický s konvenčnou Greenwich orientáciou. 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  $\pm 3$  miliarcsekúnd. ITRS patrí do skupiny Konvenčných terestrických referenčných systémov (CTRS-Convetional 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 – Amsterdamsky vodočet), kde UELN je skratka Jednotnej európskej nivelačnej siete (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 kužeľovým zobrazením vo všeobecnej polohe,
- f) Bpv** – Baltský výškový systém po vyrovnaní je definovaný systémom normálnych Molodenského výšok

### ***Realizácie záväzných geodetických systémov***

- a) Realizácia ITRS je **Medzinárodný terestrický referenčný rámec** (záväzná skratka „**ITRF<sub>y</sub> epoch t<sub>i</sub>**“ - **I**nternational **T**errestrial **R**eference **F**rame **y** epocha **t<sub>i</sub>**) Definovaný je vybranou množinou permanentných staníc GNSS rozmiestnených po celej Zemi s odhadom 3D karteziánskych súradníc a ročných rýchlostí ich zmien, charakterizovaných globálnou kovariančnou maticou,
- b) Realizácia ETRS 89 sa volá **Európsky terestrický referenčný rámec** (záväzná skratka „**ETRF<sub>y</sub> epoch t<sub>j</sub>**“ - **E**uropean **T**errestrial **R**eference **F**rame **y** epocha **t<sub>j</sub>**). 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 referenčný rámec** (záväzná skratka „**SKRF<sub>y</sub> epocha t<sub>j</sub>**“). 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 SKRF<sub>y</sub> 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** (**E**uropean **V**ertical **R**eference **F**rame) 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 (JTSK)

#### **4. Niečo o misii rezortu geodézie a kartografie a katastra**

Na území Slovenska ÚGKK SR prostredníctvom špecializovaných organizácií má, okrem iného, realizovať a rozvíjať záväzné geodetické systémy, lokalizačné štandardy,

zabezpečovať prenos dĺžkových, výškových a tiažových etalónov veľkého rozsahu, 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.162/1995 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*“ celoštátneho 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 uchovávanéj 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 pracuje v rozmedzí od 2 cm až do 5-10 m. Pre postprocessing sa dajú dosiahnuť až milimetrové presnosti. SPGS je dynamizujúci prvok nie len samotných GZ, KN, ale hlavne zberu aktuálnych údajov pre ZB GIS a nadstavbové GISy.

***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 aj na online monitorovanie objektov a javov v reálnom čase. Mnohoúčelovosť SKPOS musí 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 kinematickom modeli referenčného systému SKRFyy,
- 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 schopný 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 ].

## 5. 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 služba umožňujúca prostredníctvom SKPOS vykonávať vybrané geodetické činnosti, určovať polohu objektov a javov v rôznych voliteľných presnostiach aj v ostatných záväzných geodetických referenčných systémoch prostredníctvom autorizovaných transformačných vzťahov.

SPGS operuje na referenčných staniciach Slovenského priestorového observačného systému (RS-SKPOS) a referenčných staniciach permanentnej GNSS observácie slovenskej geodynamickej 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 priestorové GZ. Prostredníctvom SKPOS zabezpečuje určovanie priestorovej polohy XYZ(BLH, xyh) v reálnom čase, umožňuje 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 tak na všetky vybrané geodetické činnosti ako aj na negeodetické aplikácie.

Súčasný stupeň rozvoja ľudských aktivít potrebuje až 80% všetkých objektov a javov georeferencovať a zobrazovať. 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. Môže výrazne prispieť k plneniu mnohých úloh armády SR pri monitorovaní objektov a javov, ich vizualizácie vo virtuálnom priestore k urýchleniu rozhodovacích a riadiacich aktov velenia.

SPGS ako svoj hlavný produkt zabezpečuje výpočet a šírenie DGNS (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 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, PPBP, 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, minimálne v 1 sekundovom intervale, posielajú prostredníctvom komunikačných kanálov do riadiaceho centra RC-SPGS merané údaje. Z nich sa prepočítavajú plošné DGNS korekcie a späť sa na vyžiadanie odosielajú koncovému používateľovi.

## **6. Vplyv SPGS na správu rezortu ÚGKK SR a správcu GZ**

Realizácia a prevádzkovanie SPGS predpokladá novelizovať zákon 215/1996 Z.z. o Geodézii a kartografii v ktorom sa doplní, že rezort ÚGKK SR je povinný zo zákona zriadiť Slovenskú permanentnú GNSS službu na prevádzkovanie Slovenského priestorového observačného systému SKPOS, slúžiaceho na určovanie priestorovej polohy v reálnom čase pre vybrané geodetické činnosti a pre negeodetické aplikácie. b) zriadiť u správcu GZ *Riadiace centrum RC, Dátové centrum DC, Analytické centrum AC* SPGS.

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 vĺn, 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.

## 7. 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 nastavbových 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.

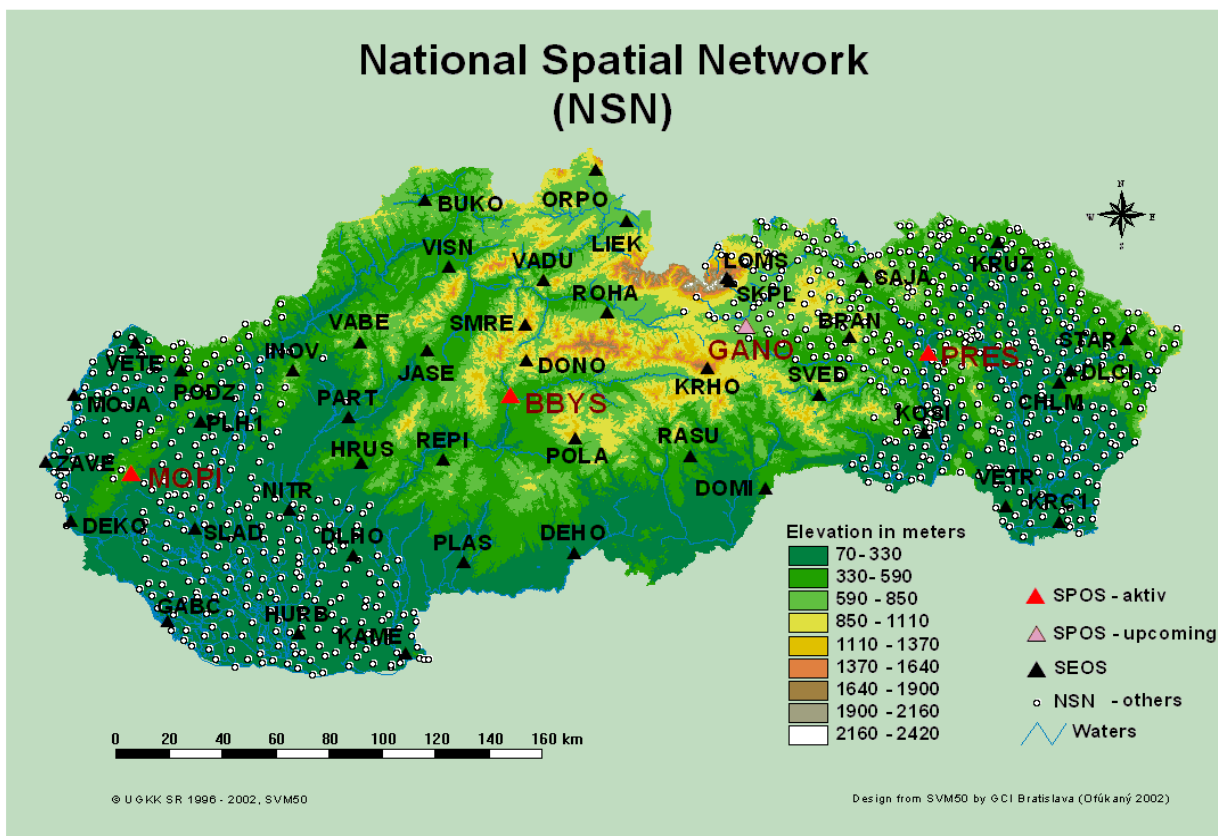
## 8. SKPOS a ŠPS -nové geodetické priestorové základy Slovenska

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 navyiac 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 Obr. 1 je znázornený stav budovania a zamerania ŠPS do roku 2001 s tým, že stredné Slovensko sa domeria do konca roku 2002.

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 46 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 – Piesky) prevádzkuje STU od júna 1996, bod BBYS (Banská Bystrica) prevádzkuje armáda SR od marca 2001 a bod GANP

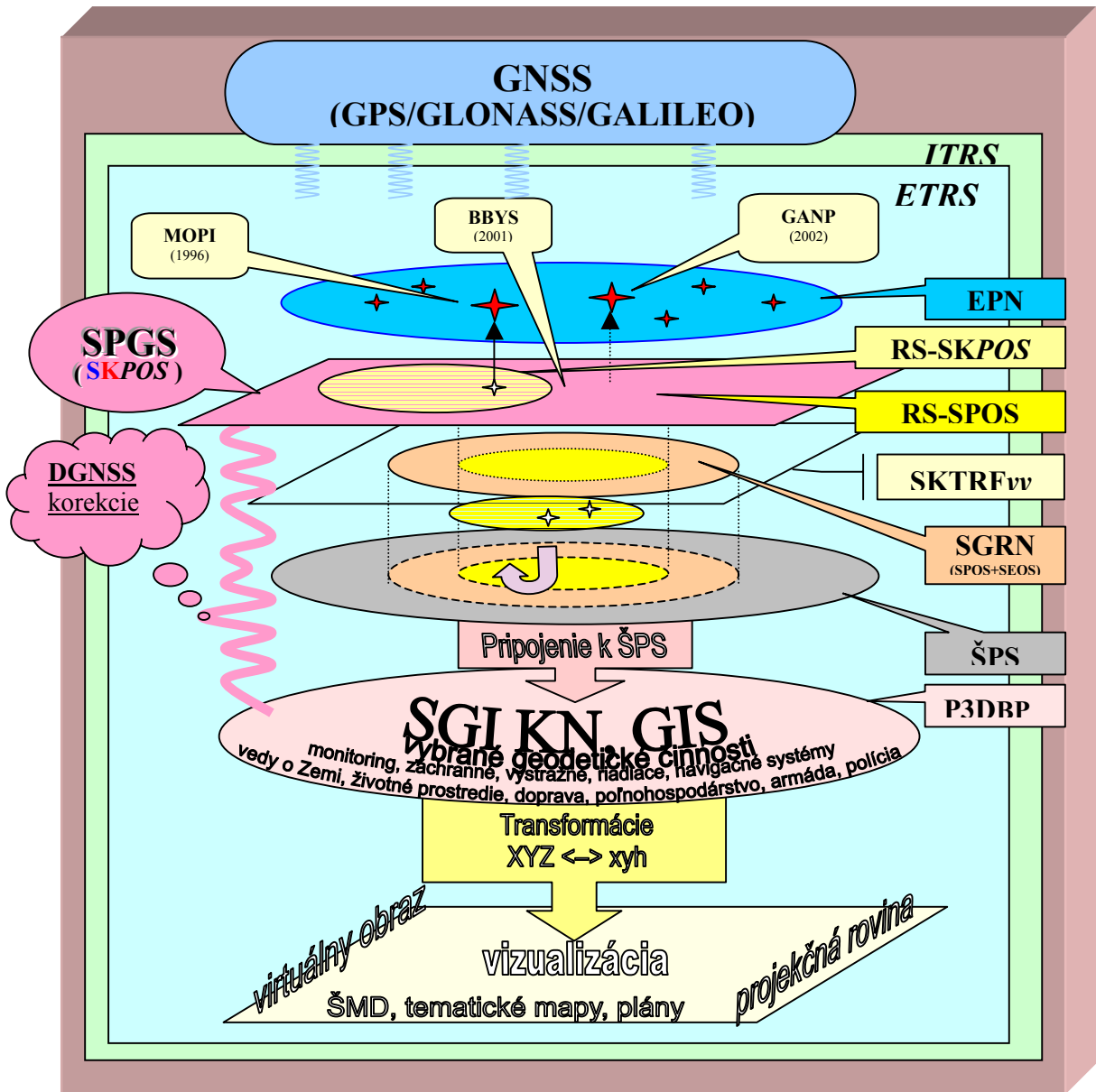


Obr. 1 Stav budovania ŠPS koncom roku 2001

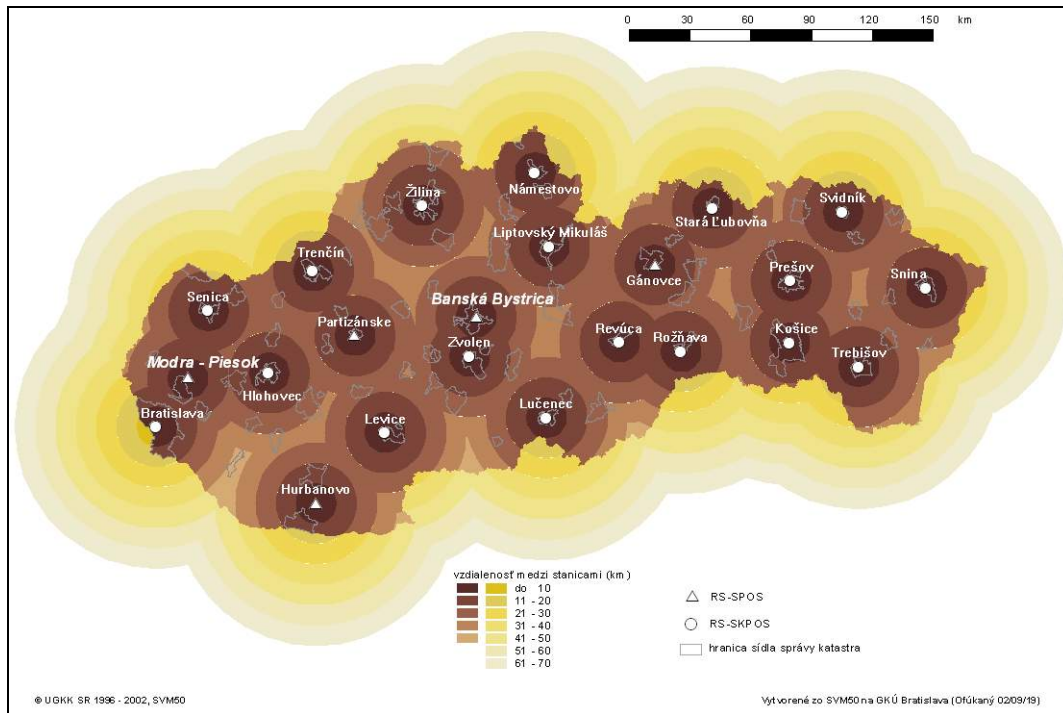
(Gánovce) je prvý rezortný bod permanentnej observácie a skúšobne ho prevádzkuje GKÚ od augusta 2002. Na týchto bodoch sa vykonáva nepretržitá observácia technológiou GPS. Na ostatných bodoch SGRN sa uskutočňujú viacdenné epochové observačné kampane. Tieto body nazývame epochové observačné body (SEOS – SGRN Epoch Observation Stations). Prostredníctvom týchto kampaní a bodov permanentnej observácie európskych krajín, zaradených do siete EPN a IAG, 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 SKRF2000 [ 18 ], [ 20 ] a SKRF2001 [ 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

. Prostredníctvom ŠPS a SKPOS sa bude realizovať integrujúca funkcia rezortu s ostatnými zložkami : školstvom, akademickou obcou, meteorológiou, životným prostredím, armádou SR, vnútrom, dopravcami, súkromným sektorom a inými.



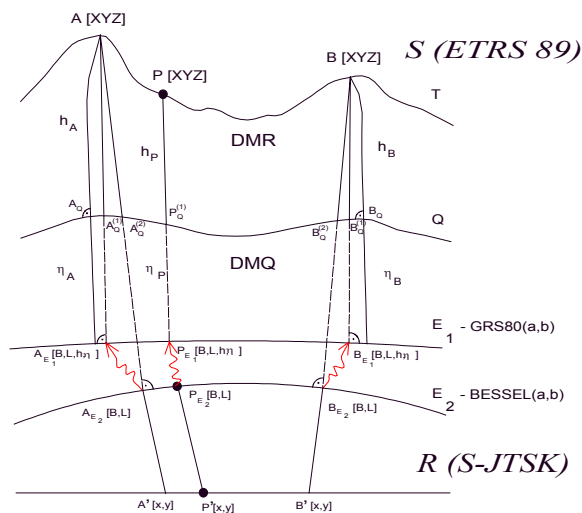
Obr. 3 Konfigurácia RS-SPGS



Obr. 4 Konfigurácia RS-SPGS

## 9. 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 ETRS+DMQ s detailným popisom. Vymedzme si pomocou obrázku Obr. 5 aspoň intuitívne základné väzby medzi dvoma lokalizačnými systémami, tj. projekčnou rovinou  $R$  a projekčným priestorom  $S$ .



Obr. 5 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 :

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

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

$$P_{ETRS89}[X, Y, Z] \equiv P_T[B, L, H] \xrightarrow{f(E_1, T)} P_Q[B, L, H - h_p(T)] \xrightarrow{f(E_1, Q)} * \quad (2)$$

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

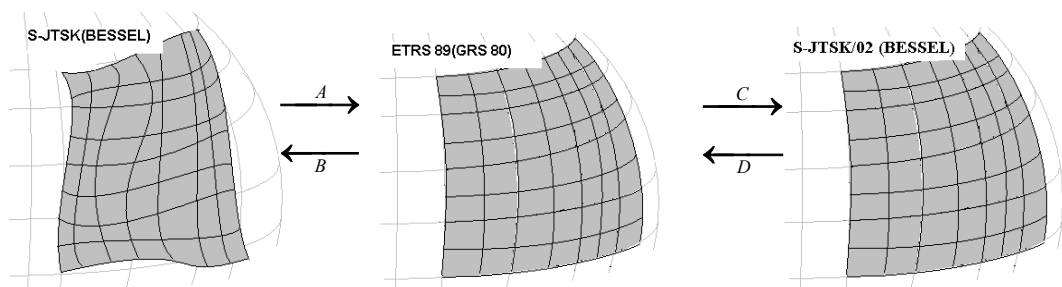
$$* \xrightarrow{f^{-1}(R_{JTSK}, E_2)} P_{JTSK}[x, y, h_p(T), \eta_P(Q)],$$

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 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** a **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** spočíva v nájdení vzťahu medzi elipsoidmi. Tieto ľubovoľnému bodu  $P_{E_2}$  na elipse  $E_2$  priradia funkciou  $f(., ..)$  na elipse  $E_1$  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. 6 Typy reverzibilných vzťahov

Aké výhody prechodom do ETRS 89 získame ? Využívaním SPGS a SKPOS už v teréne získavame súradnice objektov ktoré sú priamo použiteľno 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.

## 10. ZB GIS a jeho dôležitosť v aktivitách rezortu ÚGKK SR

Koncepcia budovania GIS na roky 2001-2005 [ 23 ] rešpektuje moderný pohľad na komplexný informačný systém AIS GKK. Komplexný v tom zmysle, že neoddeľuje *textovú* časť informácie od *grafickej* a neoddeľuje *polohopisnú* a *výškopisnú* zložku objektu. Informácia je chápaná v jej komplexnej podobe aj so svojou kvalitou. Realita je modelovaná samotnými objektami, ich vlastnosťami - atribútmi a ich vzájomnými priestorovými vzťahmi. Obsahová podrobnosť je limitovaná obsahom ZM 1:10 000. Rozšírená definícia obsahu je daná katalógom objektov (KO) [ 22 ]. V koncepcii sa uvažuje o objektovom GIS. Ďalší posun významu GIS nastáva v tom, že sa buduje ako *bezmierkový*. Lokalizácia je postavená na hraničnej presnosti základnej metódy zberu vstupných údajov prostriedkami digitálnej fotogrametrie (DF). Doznieva analógová fotogrametria a nastupuje DF, ako zatiaľ jediná metóda hromadného zberu objektov zo stereomodelu vytvoreného z LMS. DF umožňuje snímať priestorovú geometriu objektov a zároveň zatiaľ najpresnejší digitálny model reliéfu (DMR). Stanovila sa hraničná priestorová presnosť  $m_{XYZ}$  do 0.5 m. Presnosť závisí len od parametrov a kvality leteckej meračskej snímky a výšky náletu. Akonáhle výšku náletu znížime, potom rovnakou technológiou DF, ale s väčšou mierou podrobnosti a presnosti určujeme referenčné údaje. Potom bude možné kombinovať rôzne digitálne zdroje, napr. súbor geodetických informácií, digitálnu vektorovú mapu, nové mapovanie prostriedkami GPS a pod.. Takto vytvorená ZB GIS sa postupne stane východiskovým zdrojom všetkých relevantných informácií o území. Takýmto údajom potom môžeme hovoriť „*referenčné údaje nominálneho územia*“. Sú východiskom pre digitálnu kartografiu (DK) na generovanie digitálneho ŠMD celej mierkovej rady, ako aj pre všetky nadstavbové informačné systémy založené na GI technológiách a vizualizačných potrebách.



Nasledujúca definícia ZB GIS je založená na výklade pojmov podľa ISO a CEN noriem pre GI.

*Základná báza údajov pre GIS sú referenčné údaje pre geografické informačné systémy, pomocou ktorých definujeme nominálne územie. Nominálne územie je obraz reálneho sveta so zvolenou hladinou abstrakcie definovanou katalógom objektov (KO) a údajovým modelom so zvolenou obsahovou mierou podrobnosti, presnosti a rozlíšiteľnosti.*

$$ZB GIS = GiS$$

*GiS = integrovaný polohopis a výškopis*

ZB GIS tvorený referenčnými údajmi potom nesmieme chápať iba ako geografický informačný systém, ktorý kladie vyššiu prioritu topológii územia s potláčaním geometrickej informácie, ale ako **geodetický informačný systém (GiS)**, ktorý lokalizuje polohu a hranice objektov a javov skoro s geodetickou presnosťou využívajúc softverové nástroje vyvíjané pre potreby GIS. Musíme ZB GIS chápať ako referenčné údaje s mierkou rozlíšenia 1 : 1, t.j. ako bezmierkový GIS.

Koncepcia uvažuje spolu s KO ešte s tromi špecifickými objektami : digitálnym modelom reliéfu (**DMR**), digitálnym modelom kvázigeoidu (**DMQ**), a digitálnym modelom Bouguerových anomálií (**DMBA**). Tieto tri špecifické objekty ZB GIS majú nezastupiteľný význam v modernej geodézii. Ich význam bude stále narastať. Po tohtoročných záplavách to netreba ani zdôrazňovať. Až niekoľko stomiliardové škody u susedov nastoľujú otázky typu : Nemôžu sa presnejšie modelovať záplavové zóny? Môžu sa pri presnom modelovaní priebehu zátopovej vlny vybudovať adekvátne protipovodňové bariéry? Môže sa zabezpečiť včasná evakuácia a záchrana životov? A podobne.

Moderná geodézia využíva referenčné systémy na globálne určovanie polohy v minimálne celoeurópskom rozsahu. Je ním už spomínaný ETRS 89. Rovnaký lokalizačný referenčný systém predpokladá aj spomínaná koncepcia pre ZB GIS.

Transformácia (vizualizácia) 3D obsahu ZB GIS súčasne do národných projekčných (kartografických) rovín a systému normálnych výšok Bpv bez straty informácie je bez spomenutých troch špecifických objektov nerealizovateľná.

Koncepcia predpokladá cyklickú aktualizáciu a spresňovanie všetkých tematických prvkov KO. K jej pozitívam patrí aj to, že uvažuje súčasne so spresňovaním DMR, DMQ, DMBA.

## 11. Referenčné údaje a parametre kvality

Referenčné údaje ZB GIS môžeme rozdeliť na niekoľko základných tematických vrstiev :

U každej vrstvy rozlišujeme

- **Presnosť (accuracy)** blízkosť hodnoty objektu k skutočnej hodnote
  - Lokalizačná – polohová (do 2 cm)
  - Časová – (sekundy, minúty, hodiny, dni, týždne, mesiace, roky, epochy)
  - Tematická – (KO)
  - Semantická – má úzku väzbu na konceptuálny model územia
- **Rozlíšiteľnosť (Precision)**
  - Priestorová
  - Časová
  - Tematická

*Mierka* (alebo *rozlíšenie*) prvkov referenčných údajov je komplexný problém. Zatiaľ má veľký a zdanlivo zásadný dopad na cenu a časový rámec implementácie ZB GIS.

„*Rozlíšenie*“ (granularita) je vhodnejšie kritérium kvality referenčných údajov ako „*mierka*“, ktorá kvalifikuje skôr prezentáciu referenčných údajov na obrazovke, resp. mape. Napriek tomu, že existuje veľa užívateľov na svete ktorí preferujú mierku musíme tento prístup k ZB GIS opustiť.

- **Konzistenciu** (logickú, tematickú, semantickú)
- **Úplnosť** – parameter kvality vyjadrujúci prítomnosť a neprítomnosť výskytu entít, vzťahov a atribútov,
- **Metaúdaje** – obsahujú dôležité informácie umožňujúce používateľom posúdiť vhodnosť geografických údajov na ich vlastné technické, právne a podnikateľské potreby. Jedná sa o : a) opis identifikácie a vlastníctva, b) opis obsahu dát a štruktúry, c) opis dostupnosti a dodania.
- **Stanovenie kvality v GIS**
  - Hodnotové analýzy
  - Viachodnotové analýzy využívajúce „fuzzy miery“

Pre referenčné údaje ZB GIS (nominálne údaje) by nemali byť používané iné kritériá hodnotenia kvality, lebo zber údajov vzniká geodetickou alebo fotogrametrickou

metódou . Tieto metódy majú exaktne stanovené kritériá kvality určené a overené pri procese zberu a spracovania.

## 12. Záver

Pretože nebolo v silách autora v tomto príspevku stručne popísať všetky súvislosti z prechodu na nový priestorový referenčný súradnicový systém ETRS 89, bol kladený dôraz na relevantné pramene venujúce sa budovaniu principiálne nových GZ v podmienkach rezortu. Takisto sa nedali popísať všetky hlavné aktivity rozvíjane prostredníctvom programov únie IUGG a jej asociácií (IAG, IAMAS, IASPEI, ...), iných mimovládnych organizácií FIG, EGS, IGS využívajúce ETRS 89 ako súčasti GGOS.

Snáď z tohto príspevku je možné pochopiť v čom sú nové geodetické priestorové základy. Že to už nie sú len geodetické body a používanie nových observačných techník, ale že sú to aktivity v kontinuálne rozvíjanom globálnom geodetickom observačnom systéme zapojenom do rôznych medzioborových aktivít na lepšie chápanie Zeme ako systému, s cieľom zabezpečiť trvalo udržateľný rozvoj. Geodézia sa stáva spektakulárna. Stáva sa nástrojom vizualizácie.

Ak na Slovensku bude operovať SPGS, ktorej výsledkom je SKPOS umožňujúci určiť presnú časovú a priestorovú polohu objektu a javu v reálnom čase do 2 cm v celosvetovom systéme, potom nastáva prirodzená otázka : Akú kvalitu referenčných údajov pre geografický informačný systém musíme budovať aby sa v ňom kvalita informácie o polohe dala uplatniť? Aké vizualizačné techniky musíme používať aby sme v modeli územia rozlíšili priestorovo dva objekty rozlíšiteľné na úrovni 2 cm a časovo niekoľko sekúnd? Je to schopný zabezpečiť niekto iný, alebo to musí zabezpečovať rezort ÚGKK SR zo zákona?

*Ak pripustíme nerešpektovanie týchto skutočností, a budeme tvrdohlavo zotrvať na prežitých vlastnostiach súčasných GZ a ZB GIS, potom jedného dňa zistíme, že máme krásne, zachovalé a možno 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.: Konceptia 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 až 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 xTRSYY, odhad parametrov FCA. [Programový systém WIGS 5.2001.1]. Bratislava, VÚGK & MaKlo, 1995-2001.
- [ 10 ] KLOBUŠIAK, M. : Transformácia neidentických trigonometrických bodov S-JTSK do ETRSYY. [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 terrestrial reference frame 2001, its computation and connection to the EUREF. Presented at the EUREF Symposium, Jun 4 – 8. 2002, Ponta Delgada, Azores, Portugalz.
- [ 15 ] KLOBUŠIAK, M. - LEITMANNOVÁ : Správa zo služobnej zahraničnej cesty Berlín 2002.
- [ 16 ] KLOBUŠIAK, M. - LEITMANNOVÁ : 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 až 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 Waršava 2002.
- [ 20 ] PRIAM, Š. – FERIANC, D. – KLOBUŠIAK, M. – LETMANNOVÁ, 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, zhust'ovanie a údržbu slovenskej geodynamickej 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 ] Koncepcia tvorby, aktualizácie a správy ZB GIS do roku 2005. Bratislava, ÚGKK SR, 2002.

Autor:

Ing. Matej Klobušiak, PhD.,

Geodetický a kartografický ústav Bratislava, Chlumeckého 4, 827 45 Bratislava,

Slovensko. Tel.: ++421-7-43336188, e-mail: [Klobusiak@gku.sk](mailto:Klobusiak@gku.sk)