



# Aktívne geodetické základy SR

(Monitoring stability **SKPOS** staníc)

**Branislav Droščák - Dušan Ferianc**  
*Geodetický a kartografický ústav BRATISLAVA*

[branislav.droscak@skgeodesy.sk](mailto:branislav.droscak@skgeodesy.sk)  
[dusan.ferianc@skgeodesy.sk](mailto:dusan.ferianc@skgeodesy.sk)



# ZÁKON č. 423/2003 Z.z. Vyhláška 600/2009 Z.z.



ktorým sa mení a dopĺňa zákon Národnej rady Slovenskej republiky č. 215/1995 Z. z. o geodézii a kartografii a o zmene a doplnení zákona č. 455/1991 Zb. o živnostenskom podnikaní (živnostenský zákon) v znení neskorších predpisov.

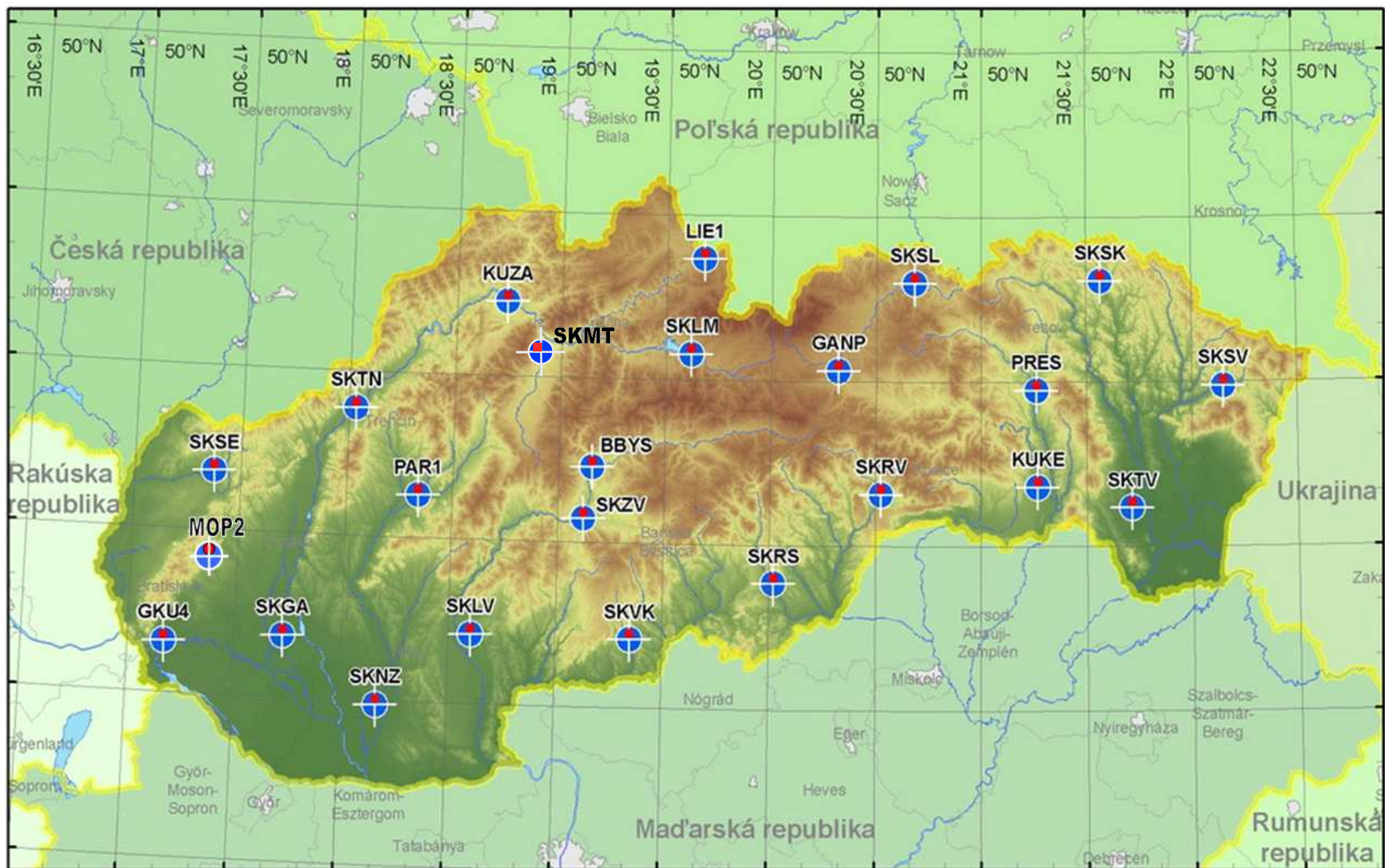
- § 2 sa dopĺňa odsekmi 14 až 16, ktoré znejú:

**(16) Permanentná služba globálnych navigačných satelitných systémov je sieť kooperujúcich staníc, ktorá spracúva a v reálnom čase poskytuje geocentrické súradnice na presnú lokalizáciu objektov a javov.**

7. V § 4 ods. 2 sa dopĺňa písmenami m) a n), ktoré znejú:

**n) zabezpečuje tvorbu a prevádzkovanie permanentnej služby globálnych navigačných satelitných systémov.**

# Aktívne geodetické základy SR - **SKPOS**

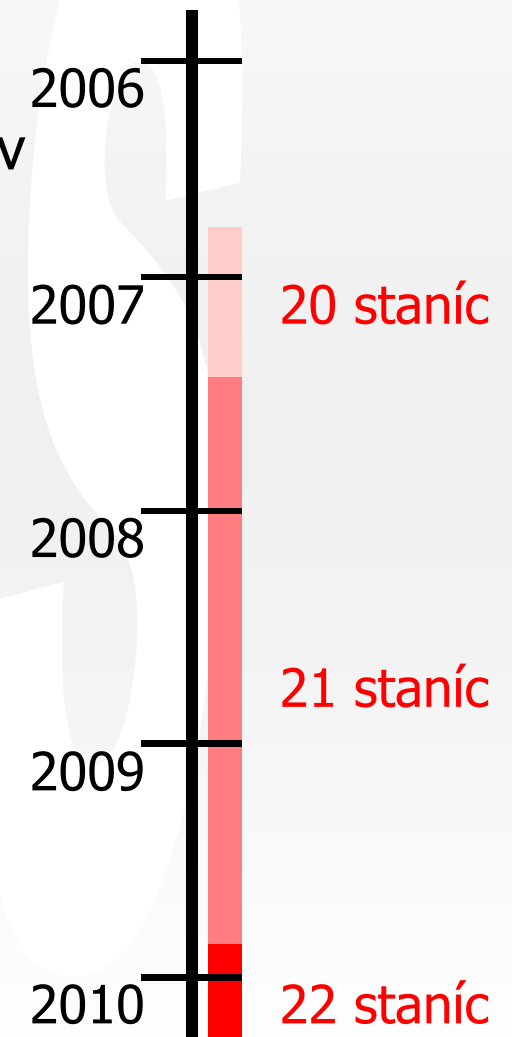


# Príklady stabilizácii staníc SKPOS



# Míľníky SKPOS

- **Začiatok roka 2006**
  - Nákup hardvéru a softvéru + stabilizovanie modulov
- **Máj 2006**
  - Pripojenie prvej SKPOS stanice (SKGA)
- **November 2006**
  - Oficiálny začiatok registrácii k službe
  - SKPOS obsahuje 20 staníc
- **Máj 2007**
  - Plná konštelácia siete staníc SKPOS (21 staníc)
- **Apríl 2009**
  - Začiatok spoplatnenia služby SKPOS
- **November 2009**
  - Pripojenie stanice Martin (SKMT) ≈ SKPOS (22 staníc)





# Monitoring stability staníc **SKPOS**

- Stabilita staníc – jedna z charakteristík kvality služby
- Monitoring stability staníc - analýza správania sa staníc pomocou rozkladu a určovania charakteristík ich časových radov
  
- Národné servisné centrum GKÚ - dva druhy monitoringu:
  - Monitoring firemným softvérom
    - Približné spracovanie
    - *Coordinate Monitor* modul (Trimble GPSNet software)
  
  - Monitoring vedeckým softvérom
    - Presné spracovanie
    - Týždenné riešenia (získané z kombinácie denných riešení)
    - Bernský softvér 5.0
    - MathCAD 14



# Monitoring firemným softvérom

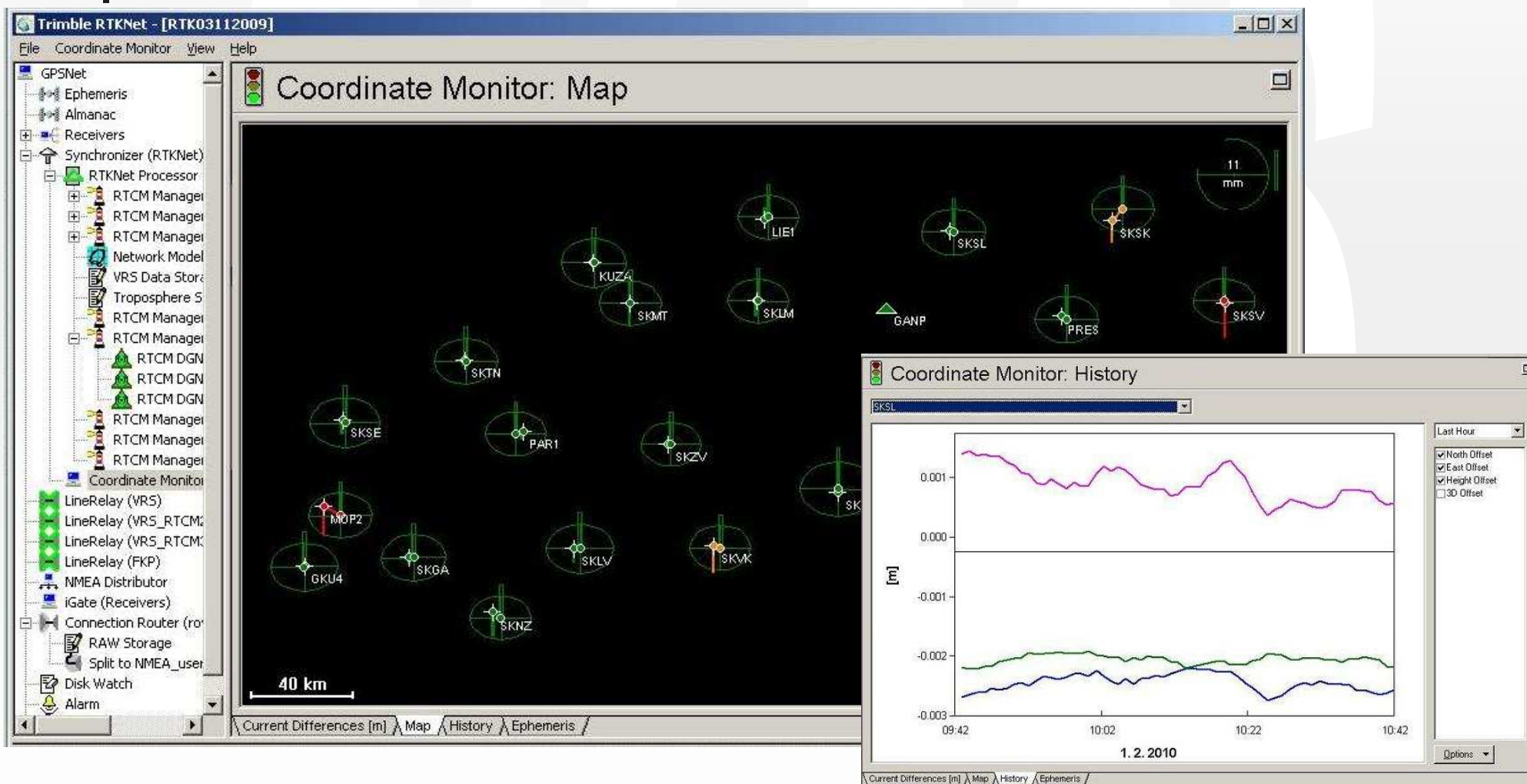
## Coordinate Monitor modul

---

- Vstup
  - vysielané efemeridy a GNSS dáta zo všetkých staníc
- Princíp:
  - Kalmanová filtrácia
  - Voľné riešenie siete s následným fixovaním na jeden referenčný bod (GANP)
- Presnosť
  - Horizontálna: približne 1cm + 0.05ppm
  - Vertikálna: približne 2cm + 0.05ppm
- Výstup
  - rozdiely voči nasadeným súradniciam v jednotlivých zložkách (neu) pre každú sekundu

# Monitoring firemným softvérom

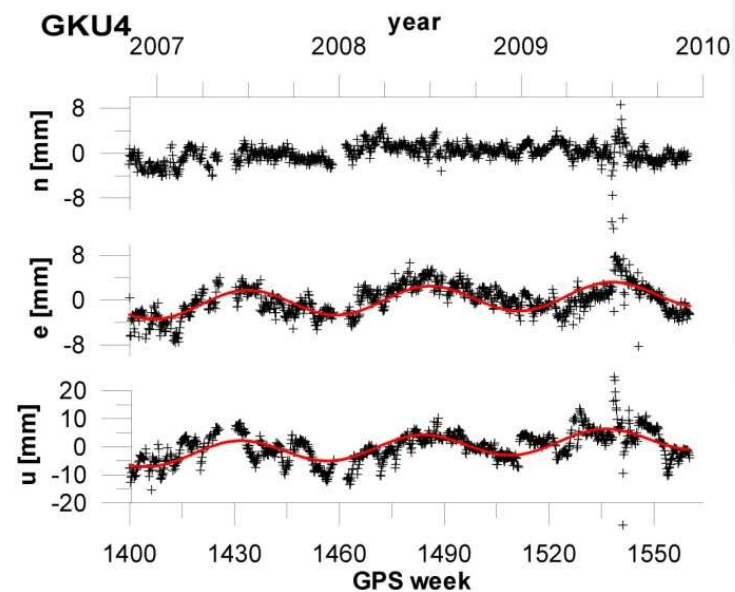
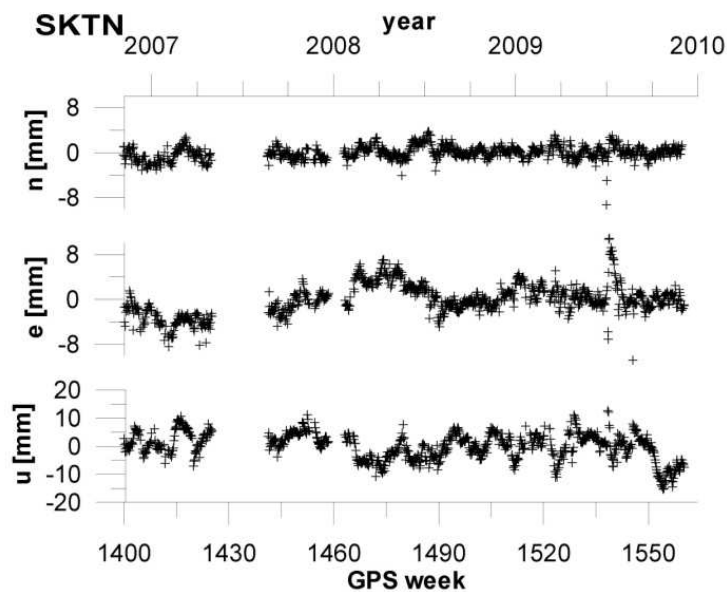
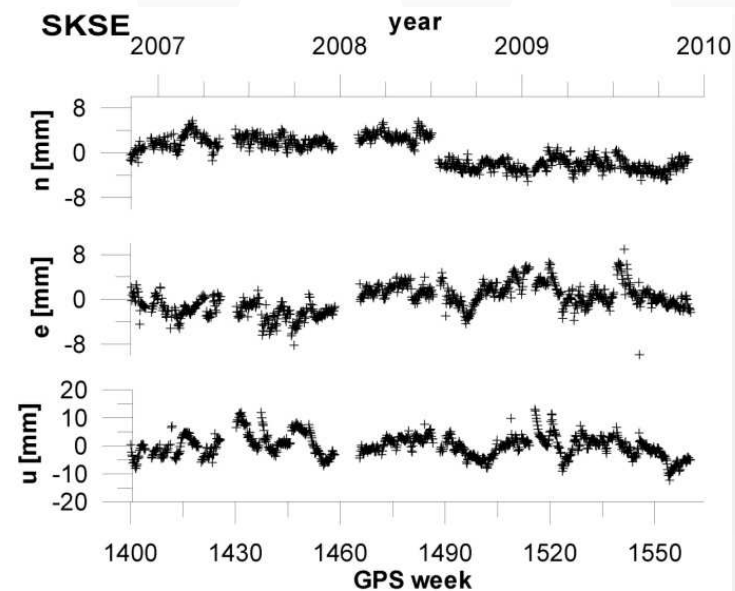
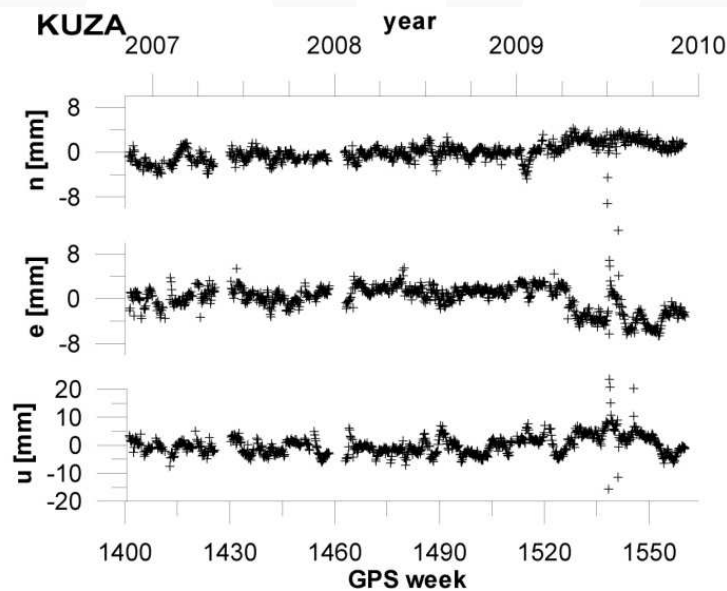
## Coordinate Monitor modul





# Monitoring firemným softvérom

## Zostavené časové rady





# Monitoring vedeckým softvérom

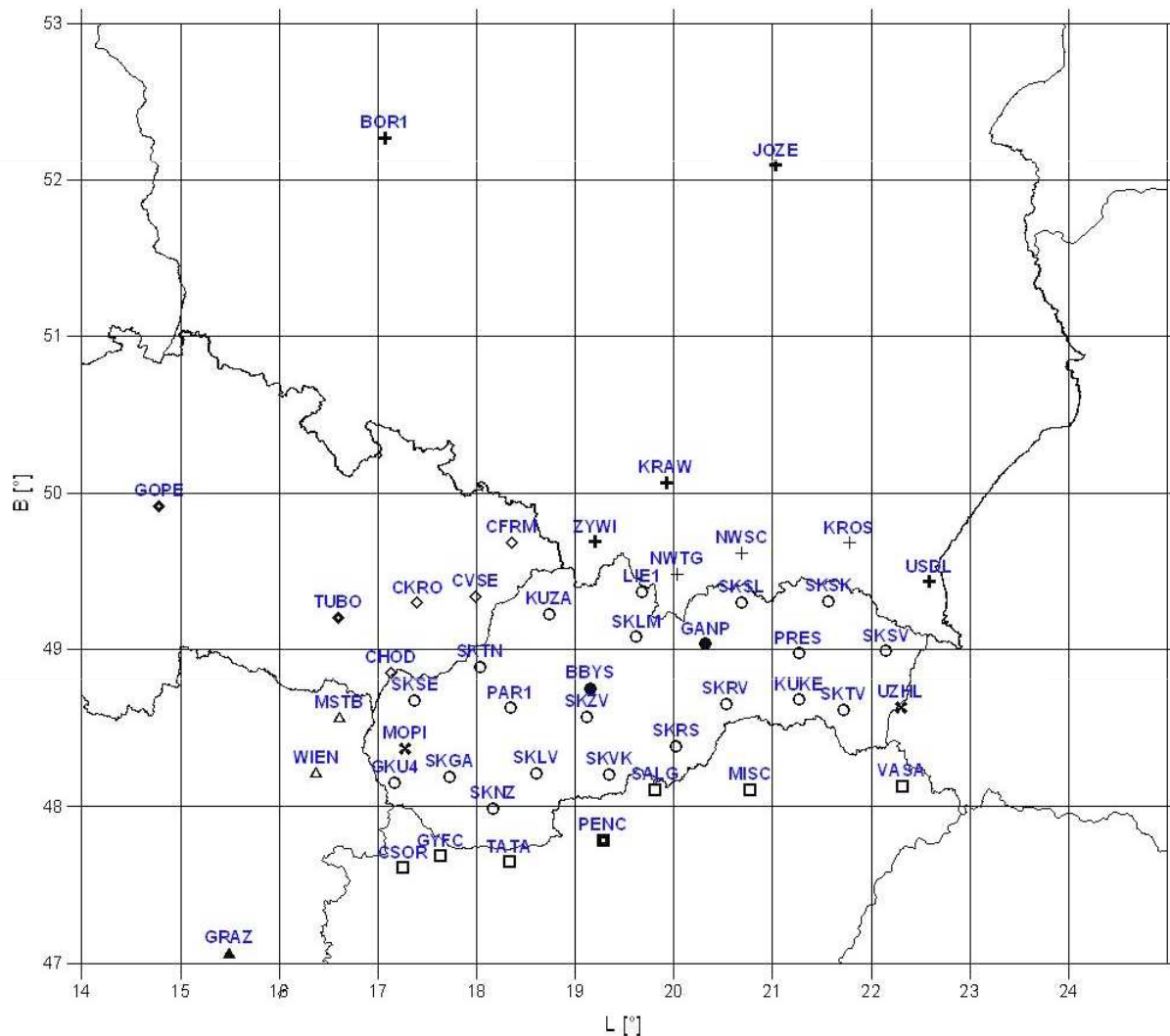
## Bernský GPS softvér v5.0

---

- Presné spracovania GNSS observácií
  - 50 permanentných staníc
  - ITRF2005
  - Absolútne fázové centrá antén
  - Presné IGS efemeridy
  - GPS+GLONASS
- Vyrovnávanie: podmienka MC (Minimal Constraint – no net translation) na vybraných EPN bodoch: BOR1, GANP, MOPI, TUBO, UZHL, GRAZ, GOPE
- Výstup: XYZ súradnice v ITRF2005

# Monitoring vedeckým softvérom

## Sieť spracovávaných staníc



- SKPOS int 22/1EPN
- SKPOS ext 2/2EPN
- APOS 3/1 EPN
- GNSSnet.hu 7/1 EPN
- CZEPOS 6/2 EPN
- ASG-EUPOS 8/5 EPN
- Iné EPN 2

---

Spolu 50 staníc

# Tvorba časových radov rezíduí

## ■ MathCAD 14 softvér

- Odstránenie pohybu eurázijskej platne - rýchlostný model ITRF2005 (Memo, Altamimi et. al.)

$$\mathbf{X}^{Corr}_i(t) = \mathbf{X}_i(t) - \mathbf{v}_i^{ITRF2005}(t)$$

$$d\mathbf{X}_i(t) = \mathbf{X}^{Corr}_i(t) - \bar{\mathbf{X}}^{Corr}_i(t)$$

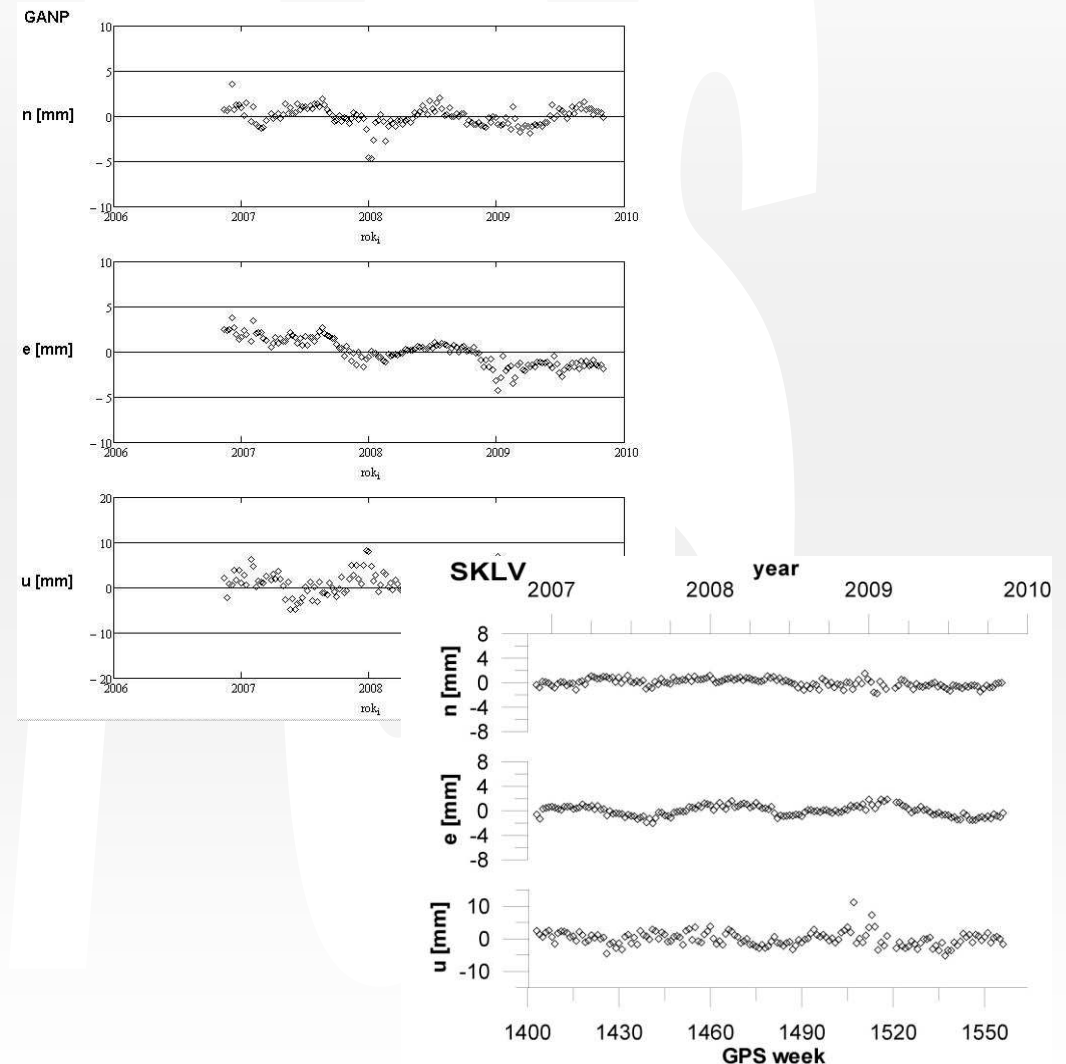
- Transformácia (XYZ) súradníc po odstránení pohybu platne do topocentrického súradnicového systému (neu)

$$d\mathbf{N}_i(t) = \begin{pmatrix} dn_i(t) \\ de_i(t) \\ du_i(t) \end{pmatrix} = \mathbf{R}(B_i, L_i) \cdot d\mathbf{X}_i(t)$$

- Zostavenie časových radov rezíduí pre (neu)

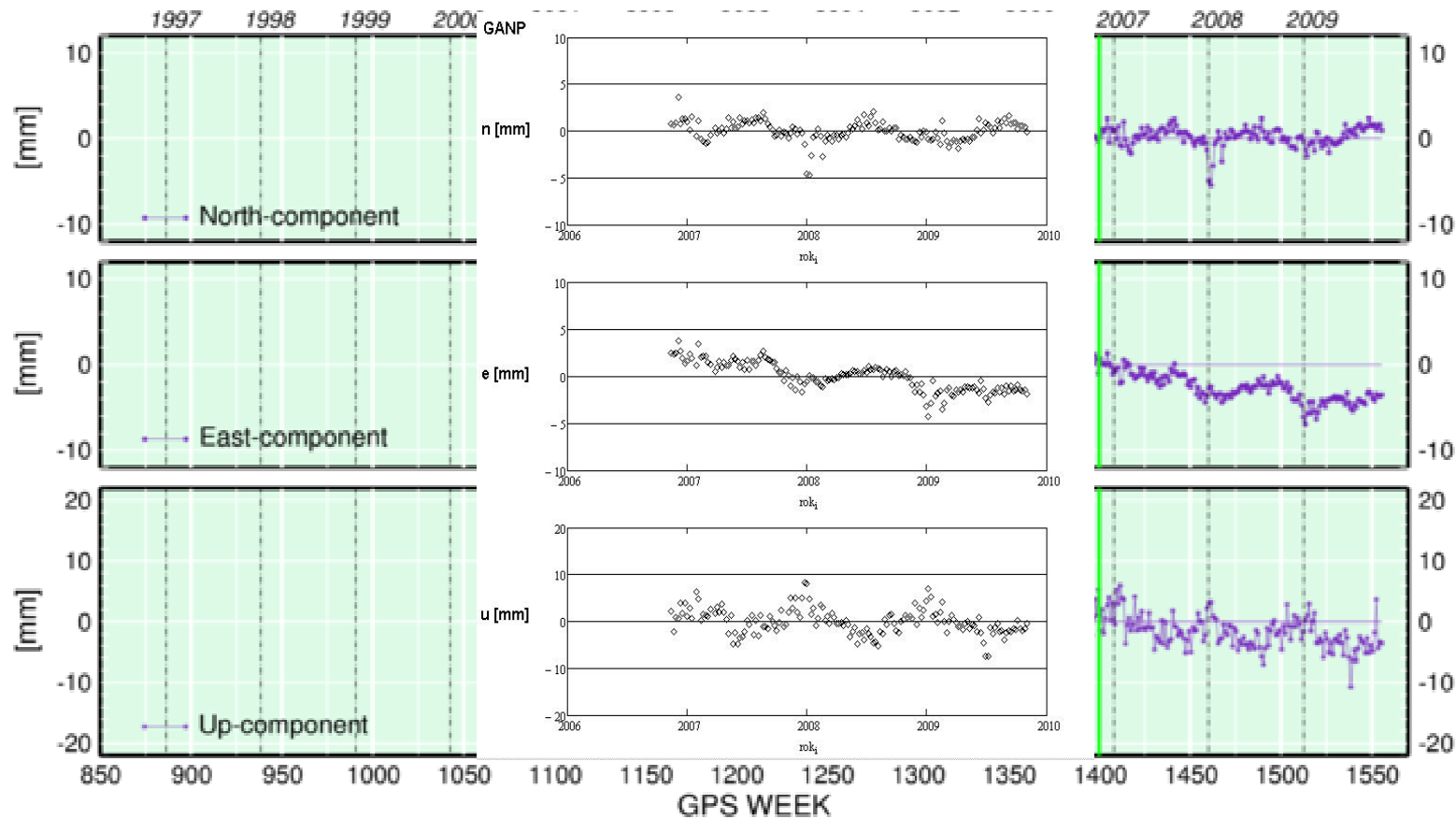
# Práca s časovými radmi

- Vykreslenie časových radov a ich analýza (MathCAD 14)
- Kontrola správnosti výpočtu rezíduí
- Analýza zameraná na dekompozíciu časových radov:
  - Trend
  - Sezónna zložka
  - Cyklická zložka



# Kontrola správnosti – porovnanie rezíduí s EPN riešením

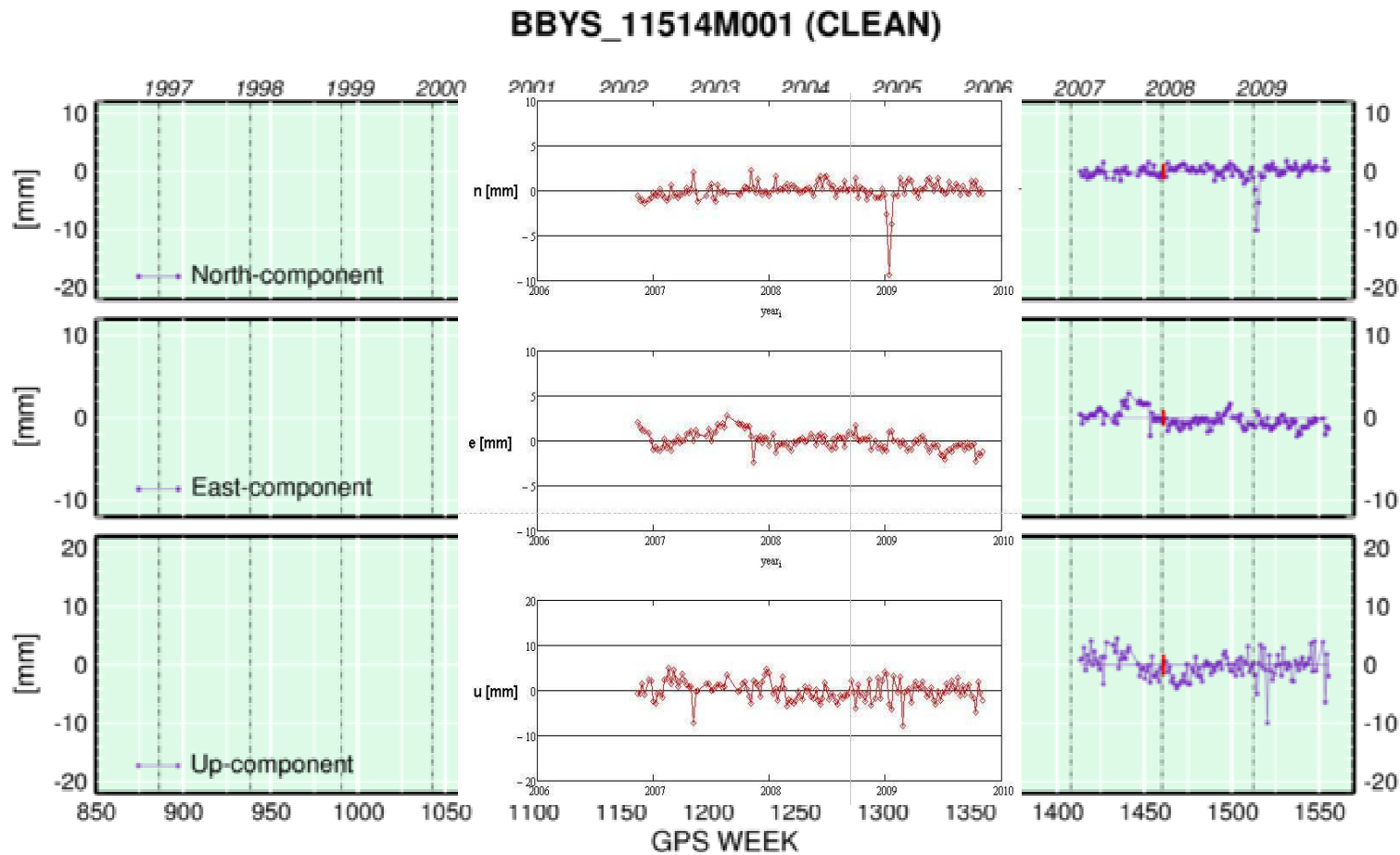
GANP\_11515M001 (CLEAN)



EPN\_TS

Thu Dec 10 15:48:15 2009

# Kontrola správnosti – porovnanie rezíduí s EPN riešením



EPN\_TS

Thu Dec 10 15:44:31 2009

# Analýza časových radov – identifikácia skokov a dekompozícia

- Identifikácia a oprava skokov v časových radoch
  - odhad skokov pomocou lineárnej regresie (MNS)

$$y = a \cdot x + b_1 + b_2 \quad \text{jump} = b_2 - b_1$$

- Dekompozícia opravených časových radov – určenie trendu a sezónnej zložky

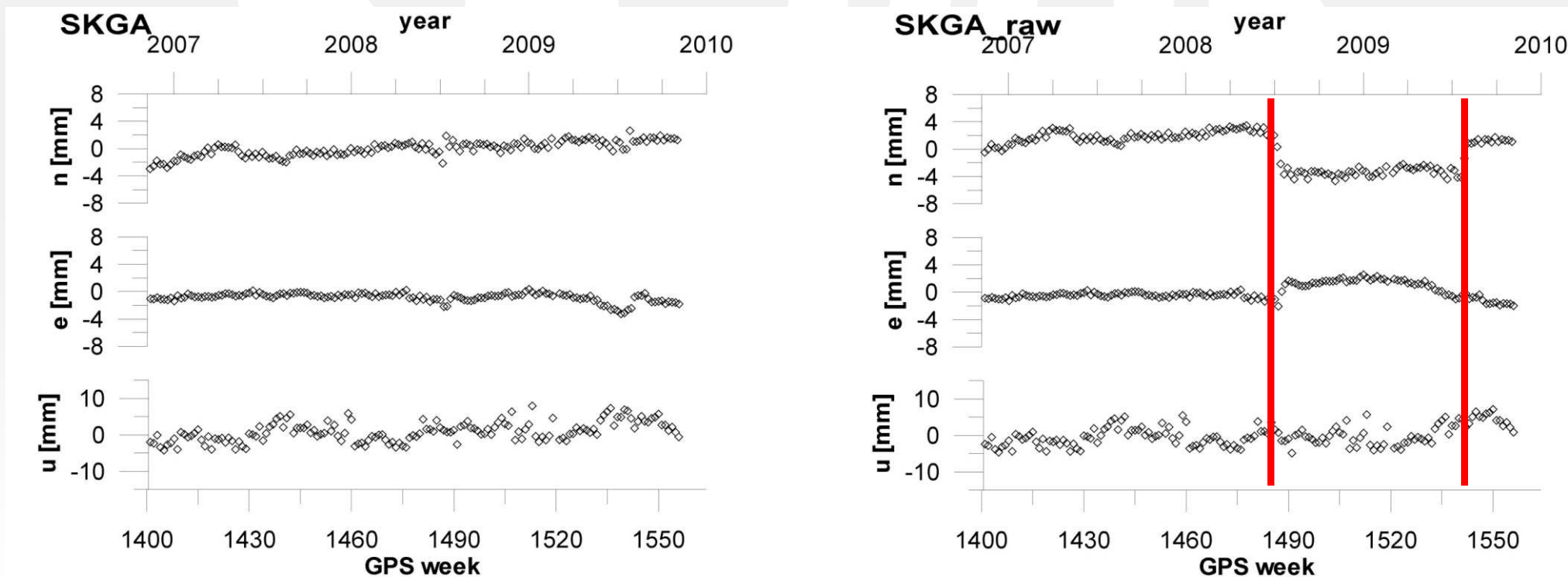
- **Trend** – predstavuje pohyb lokality z pohľadu geodynamiky, alebo prípadne pohyb antény (budovy, piliera)
- **Sezónna zložka** (najmä ročná) predstavuje cyklický pohyb budovy alebo piliera (resp. modulu – držiaka antény)

- **Trend**  $\mathbf{a}$  **Amplitúda sezónnej zložky**  $\mathbf{A}$   
$$y = \mathbf{a} \cdot x + b + \mathbf{A} \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot x - \varphi)$$



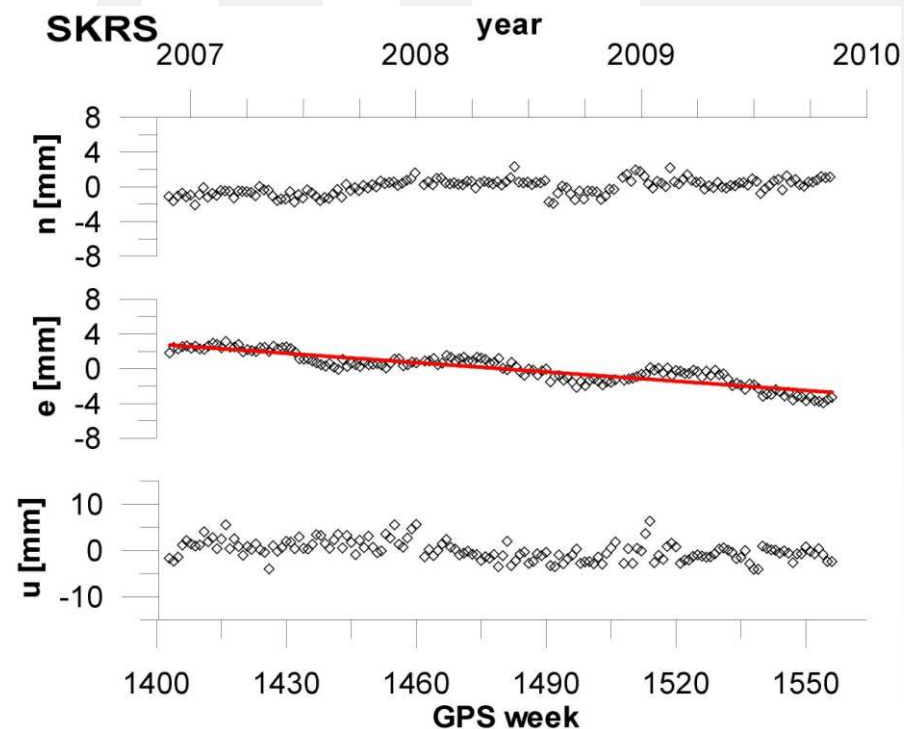
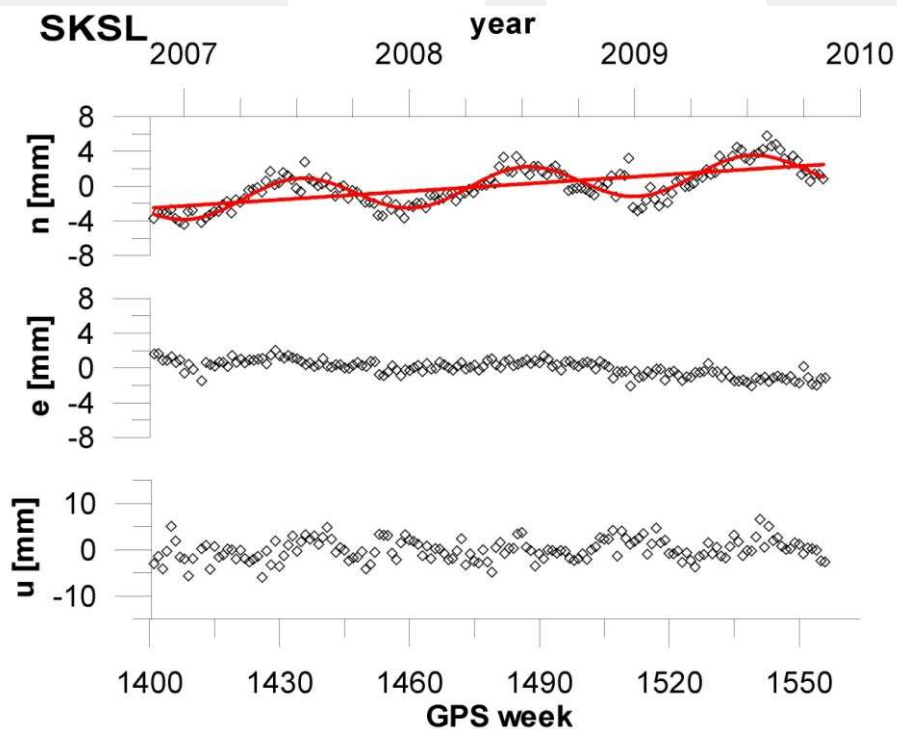
# Odhalené skoky v časových radoch (spôsobené kalibráciou antén)

- stanice SKSV, LIE1, SKNZ, SKGA, PRES, PAR1, GKU4
- skoky odhadnuté a časové rady opravené



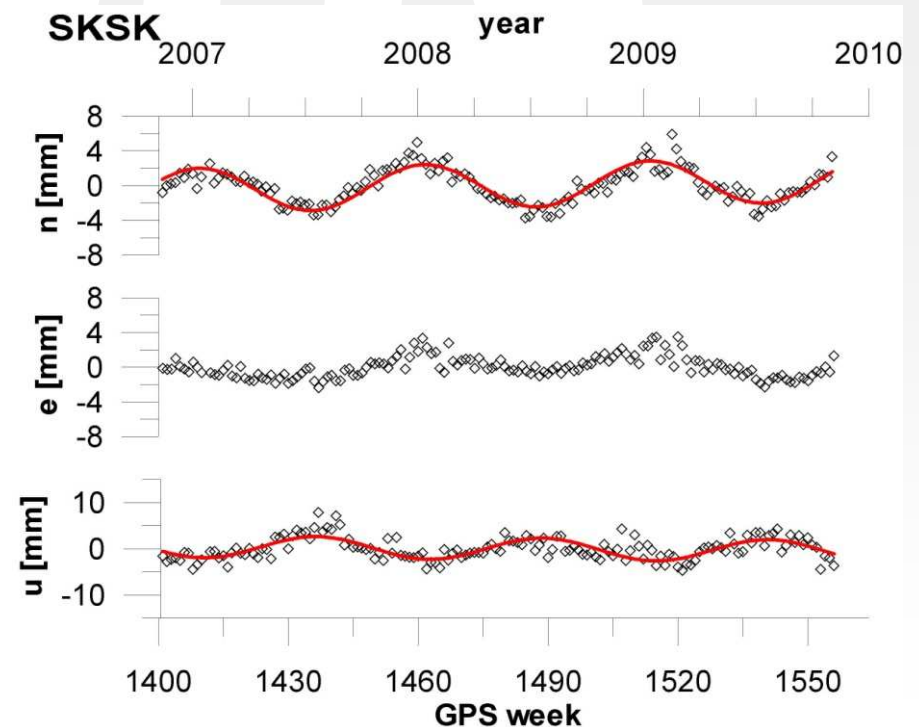
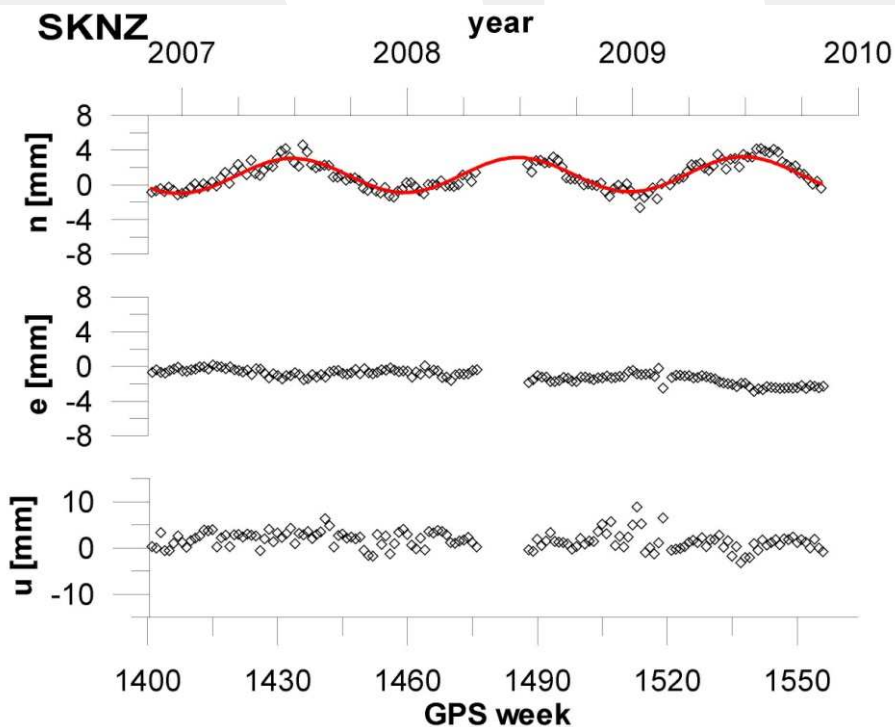
# Stanice s „významným“ trendom

- Kritérium pre „významnosť“ trendu:
  - Horizontálna zložka  $>1,2\text{mm/rok}$  (GANP, PAR1, SKRS, SKSL)
    - Maximum na stanici SKRS (1,9mm/rok)
  - Vertikálna zložka  $>2,0\text{mm/rok}$



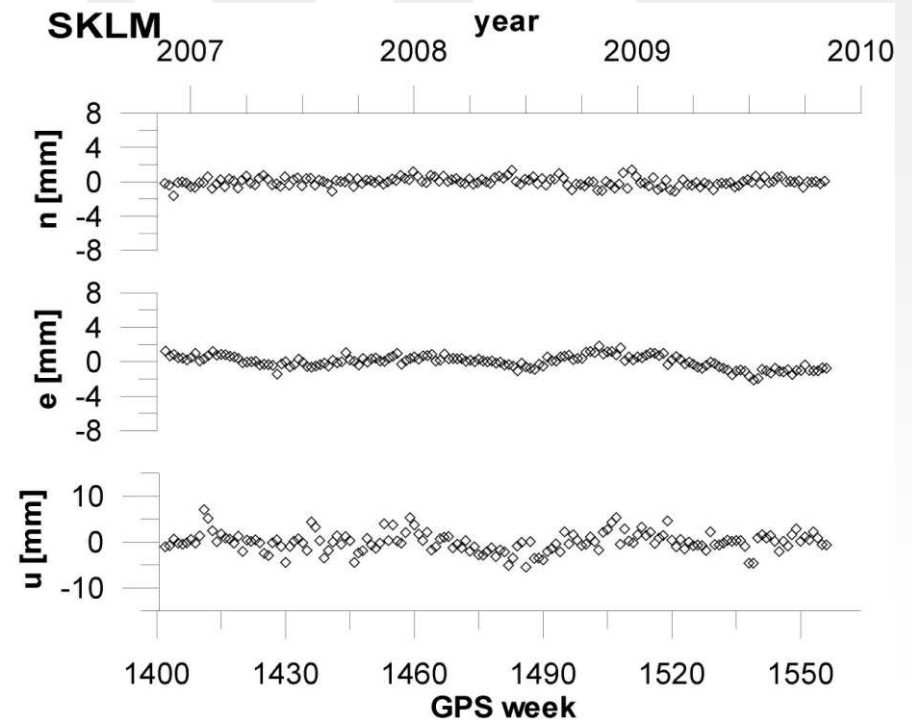
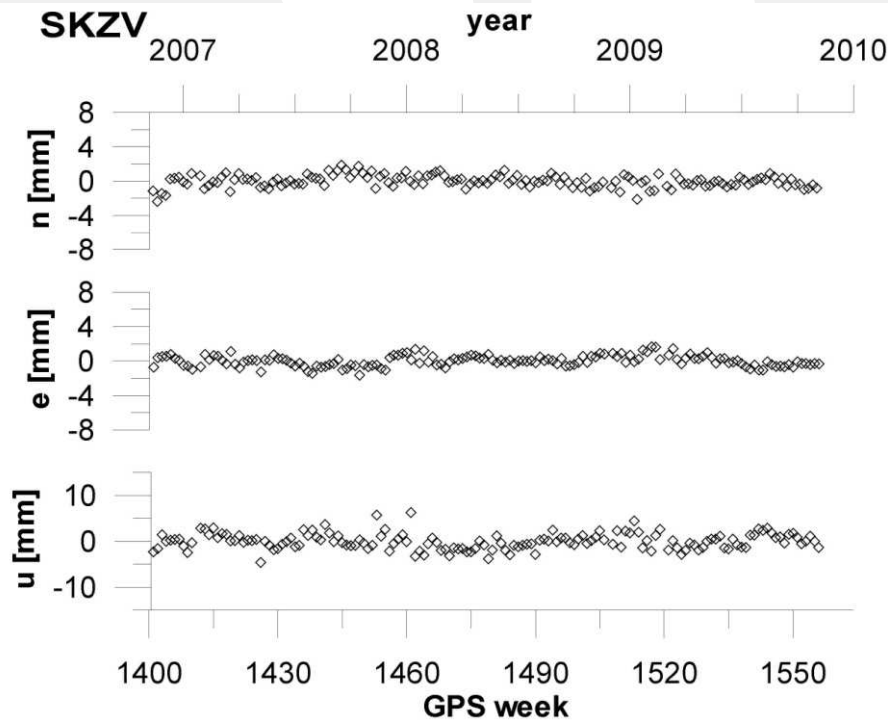
# Stanice s „významnou“ sezónnou zložkou

- Kritérium pre „významnosť“ amplitúdy SZ (ročná perióda):
  - Horizontálna zložka 1,5mm/rok (KUKA, SKSK, SKNZ, SKSL)
    - Maximum na stanici SKSK (2,4mm/rok)
  - Vertikálna zložka 2,0mm/rok (GANP, LIE1, SKSK)
    - Maximum na stanici LIE1 (2,6mm)



# „Stabilné“ stanice

- Stanice bez anomálneho správania a bez prekročenia kritérií pre trend a sezónne zložky (pozn. všetky stanice sú stabilné z pohľadu ukotvenia)
- GKU4, PRES, SKGA, SKLM, SKLV, SKRV, SKSE, SKSV, SKTN, SKTV, SKZV



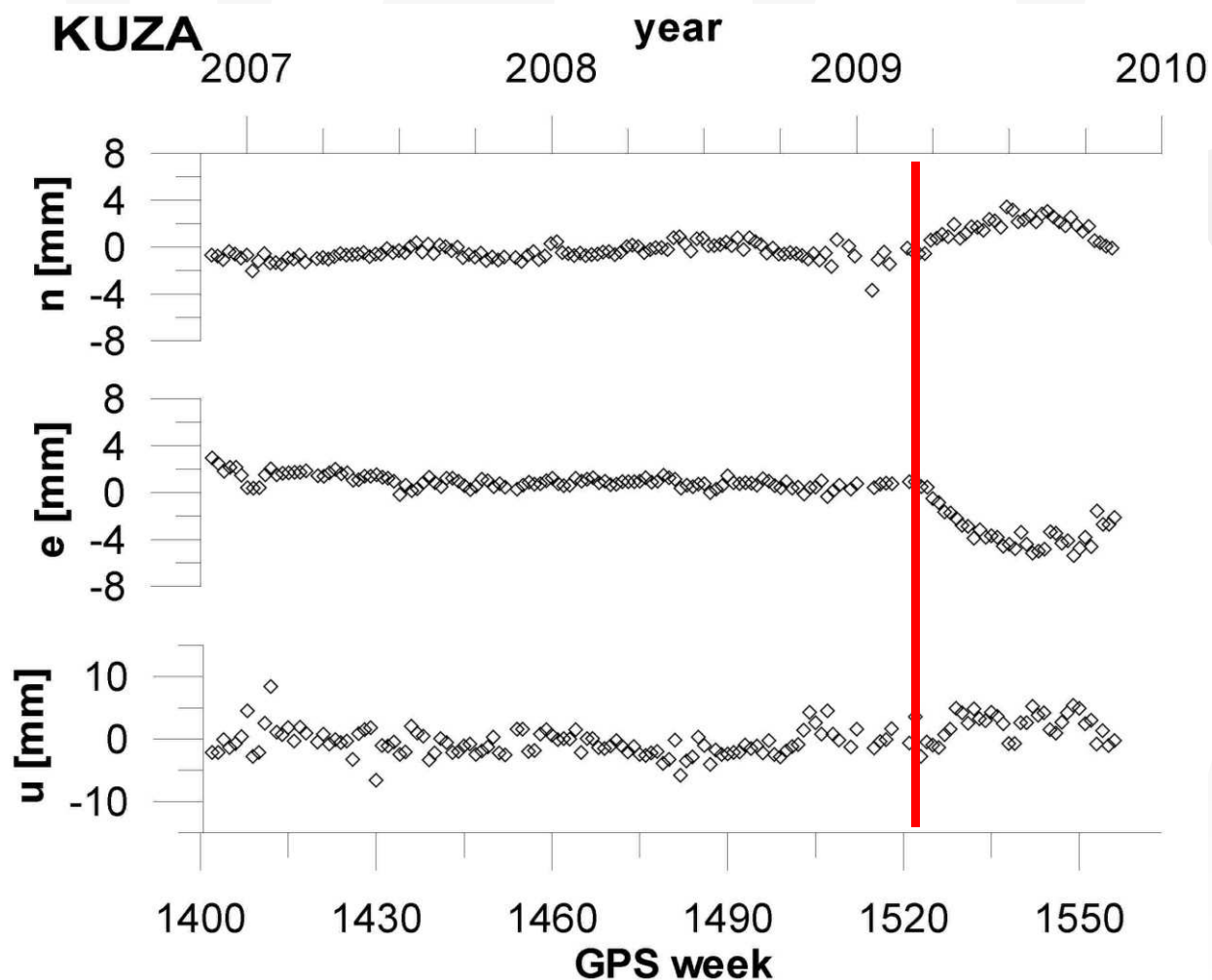


# Ďalšie poznatky zo spracovania

---

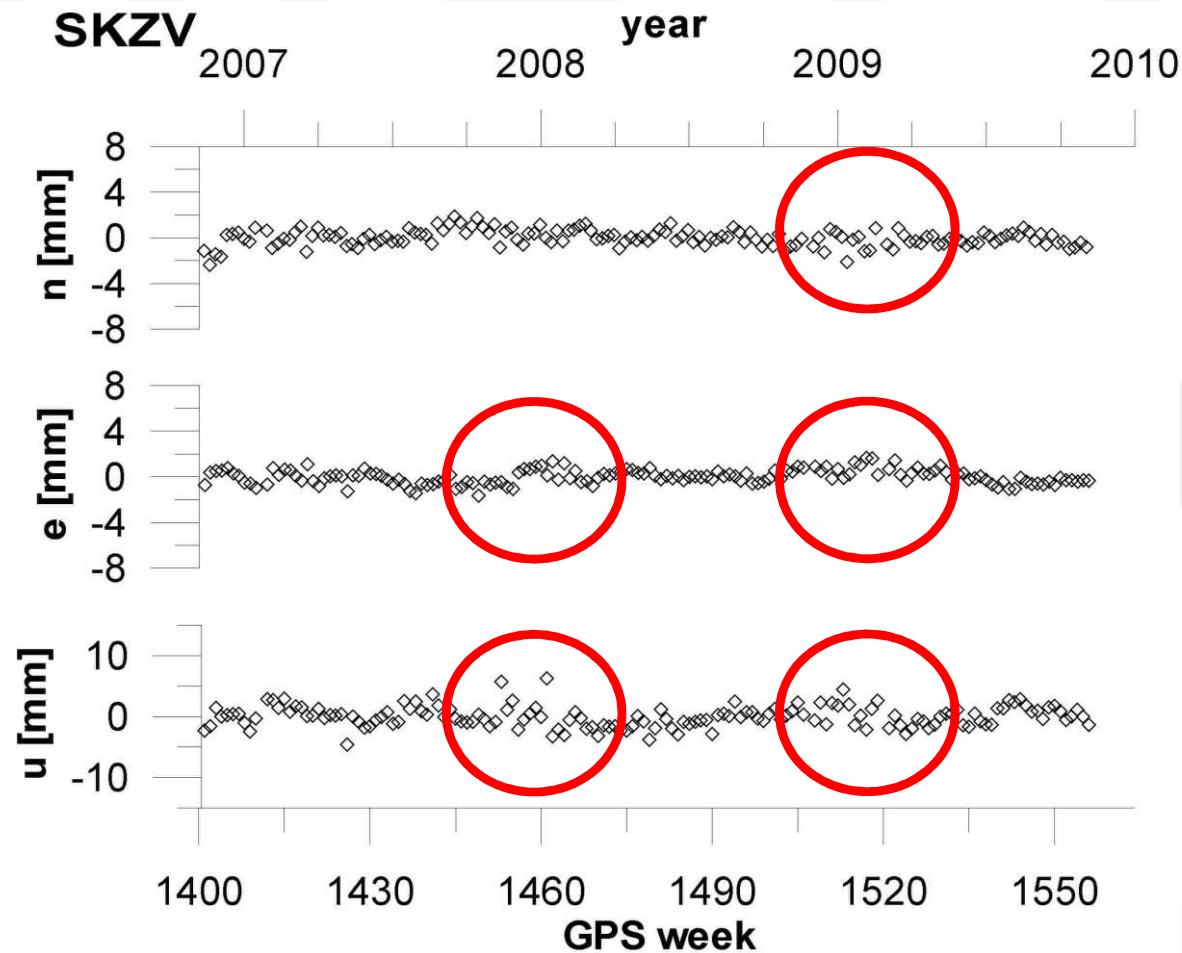
- Anomálne správanie na stanici Žilina (KUZA)
- Vplyv zimy na priebeh časových radov
- Vertikálny pohyb pilierových staníc

# Stanica s anomálnym správaním

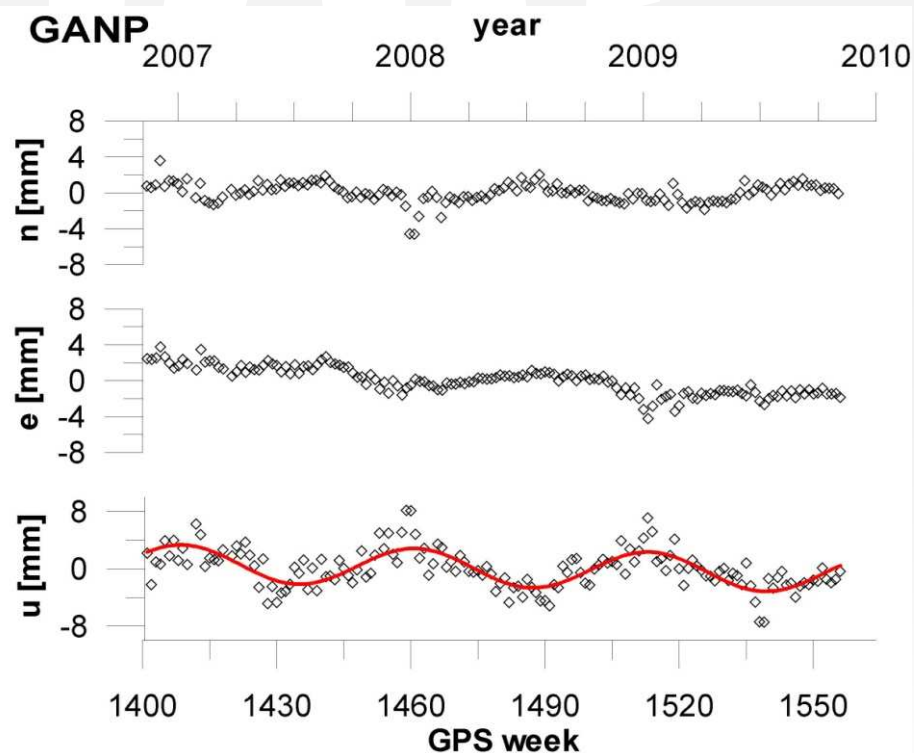
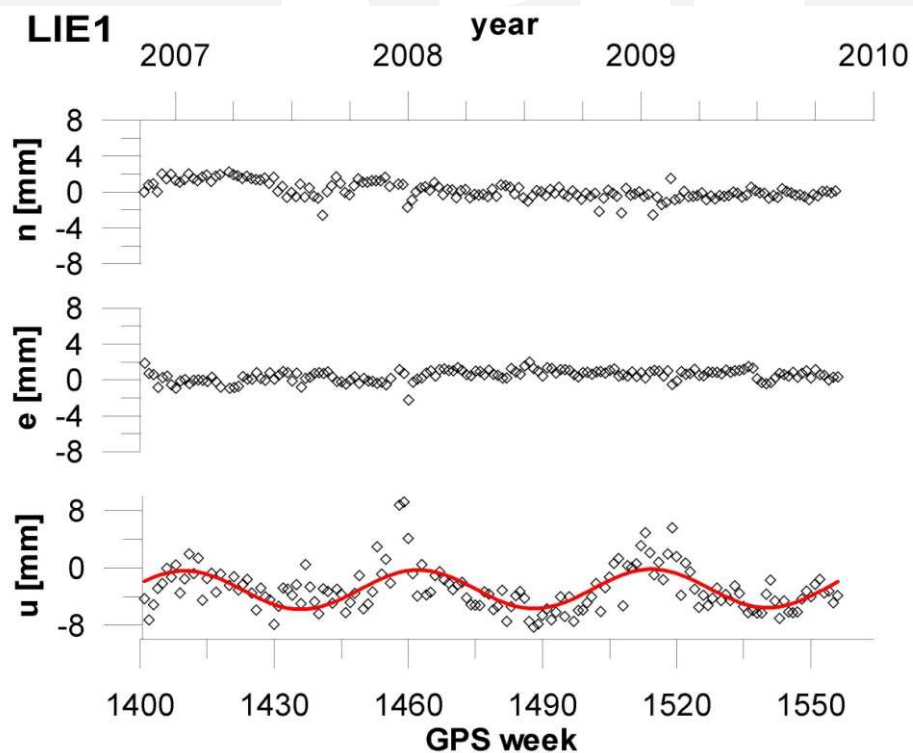


Medzinárodná konferencia *Družicové metódy v geodézii a katastru*,  
4.2.2010, Brno, Česká republika

# Vplyv zimy (napr. sneh, ľad)



# Periodický vertikálny pohyb staníc stabilizovaných na pilieroch





- všetky odhalené „chyby“ v správaní sa staníc **SKPOS** sa pohybujú v milimetroch a v žiadnom prípade neznehodnotili ani neznehodnocujú kvalitu presnosti garantovanú **SKPOS** službou
- práve naopak, dokazujú silu a potenciál GNSS technológií - keďže umožňujú detekovať aj milimetrové zmeny a pohyby
- záverom možno povedať, že väčšina **SKPOS** staníc môže v budúcnosti významne prispieť aj ku skúmaniu geodynamiky Slovenska



# Ďakujem za pozornosť!

---

**Branislav Droščák - Dušan Ferienc**  
*Geodetický a kartografický ústav BRATISLAVA*

[branislav.droscak@skgeodesy.sk](mailto:branislav.droscak@skgeodesy.sk)  
[dusan.ferienc@skgeodesy.sk](mailto:dusan.ferienc@skgeodesy.sk)