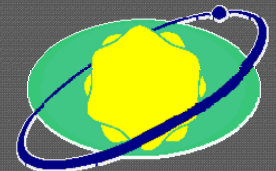


PARAMETERS OF TROPOSPHERE AND IONOSPHERE OBTAINED FROM PROCESSING GNSS OBSERVATIONS

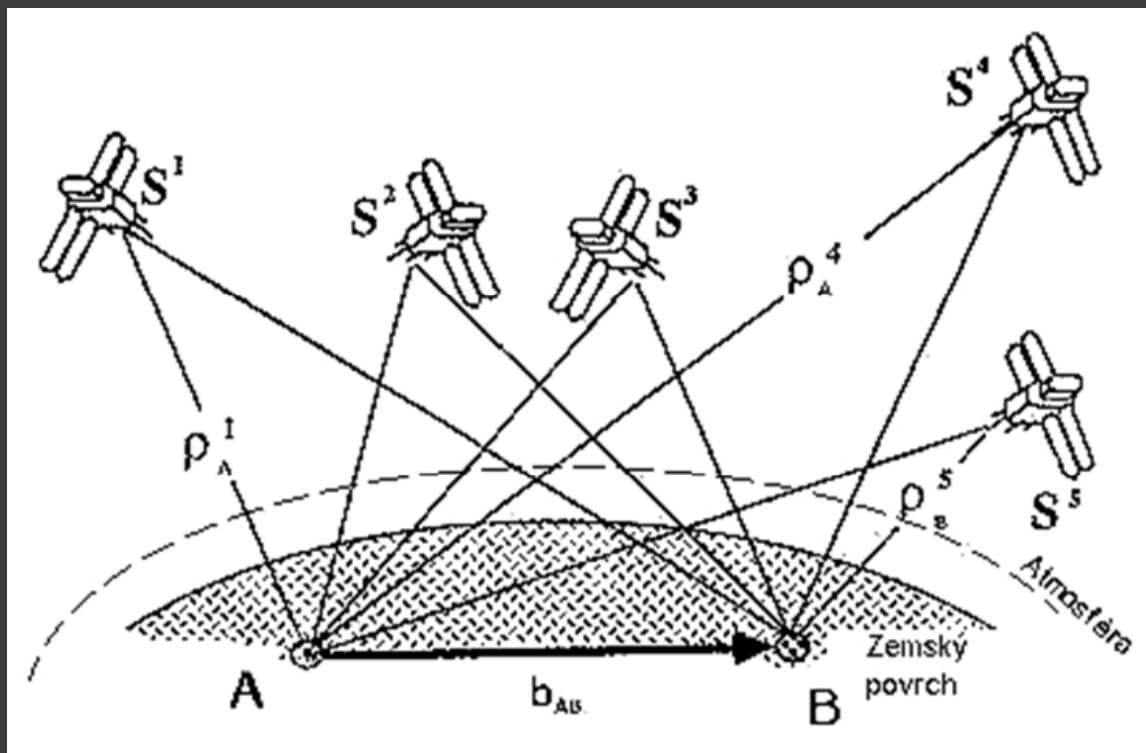
**Určovanie parametrov troposféry a
ionosféry z observácií GNSS**

Miroslava Igondová

Katedra geodetických základov, SvF, STU



Atmosféra a GNSS (Globálne navigačné satelitné systémy)

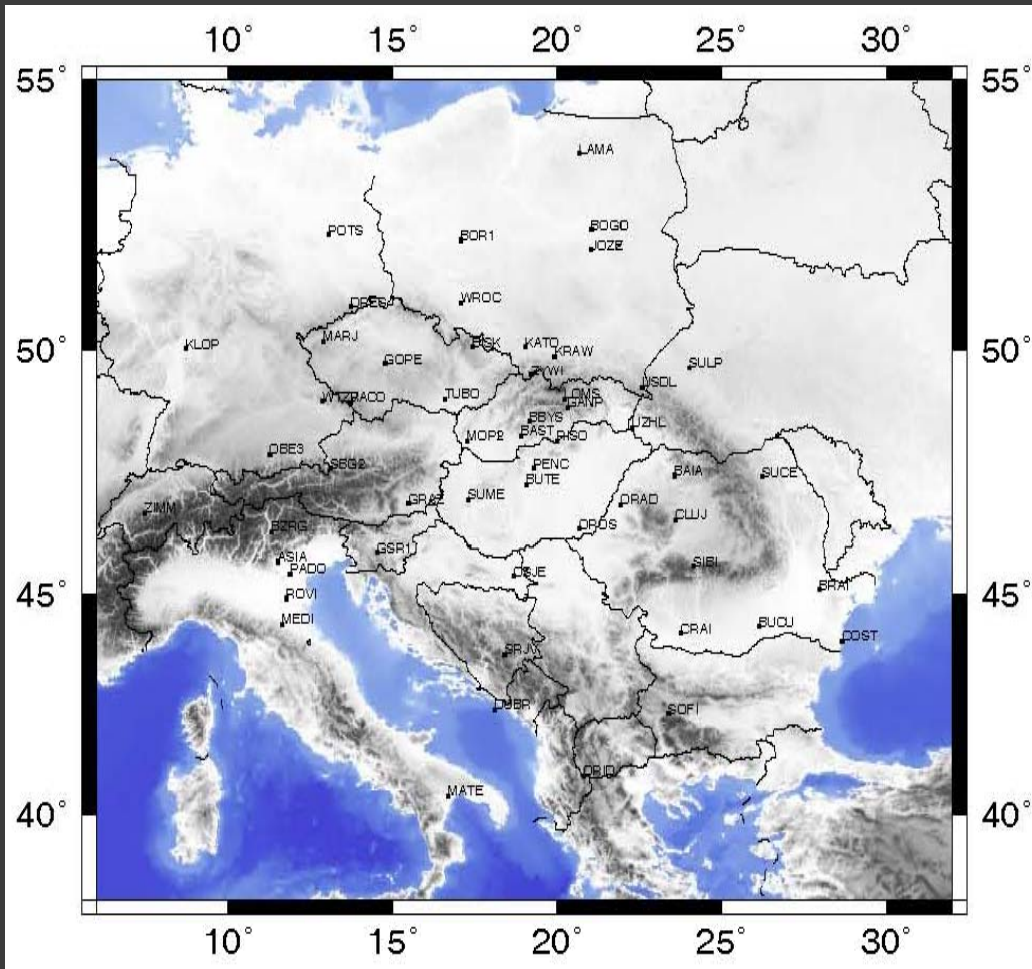


Základná myšlienka:

Signál GNSS je ovplyvňovaný atmosférou

⇒ možno **spätne modelovať** vybrané parametre troposféry a ionosféry na základe spracovania GNSS observácií.

Sieť permanentných staníc GNSS v strednej Európe



Permanentné stanice siete
EPN
+ permanentné stanice z
projektu **CERGOP**.

Spracovanie v **BERNESE**
GPS Software v. 5.0

2 módy spracovania

- Postprocessing
(oneskorenie oproti reálnemu
času – 3 týždne)
- NRT -Near Real Time
(oneskorenie do 1 hodiny)

Výsledok spracovania:

- diskkrétne hodnoty ZTD
- model ionosféry

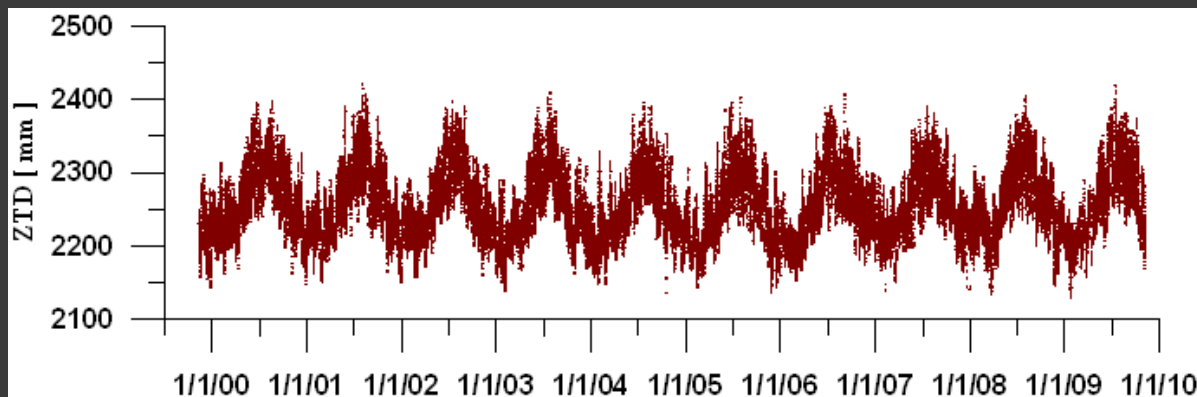
Troposféra – ZTD (Zenith Total Delay)

ZTD (Celkové troposférické oneskorenie) = Troposférická refrakcia

→ zväčšenie geometrickej vzdialenosti medzi družicou a prijímačom vplyvom troposféry ⇒ predĺženie časového intervalu medzi vyslaním a prijatím signálu

Hydrostatická zložka (ZHD) – model Saastamoinena (funkcia polohy stanice a atmosférického tlaku)

Vlhká zložka (ZWD) → $ZTD - ZHD$



Ukážka priebehu
ZTD [mm] na
stanici GOPE
počas 10 rokov

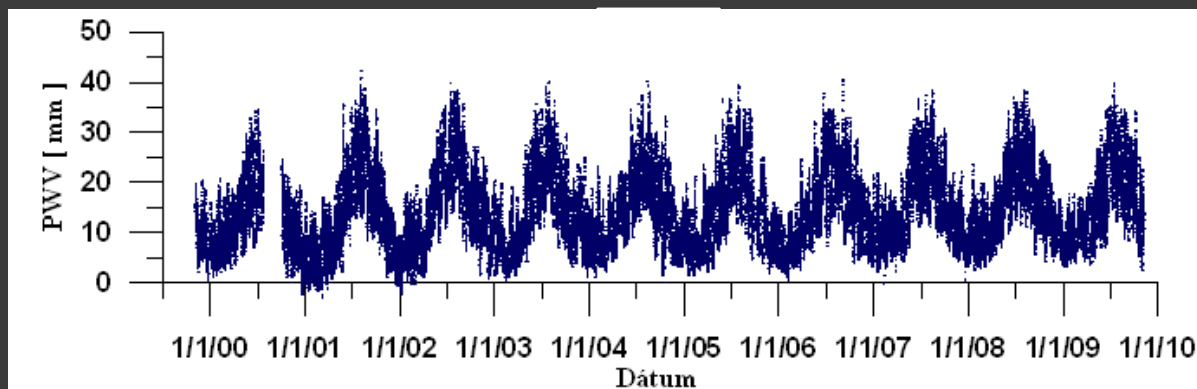
Troposféra – PWV (Precipitable Water Vapour)

**PWV (Obsah vodnej pary; výška zodpovedajúceho stĺpca vodnej pary)
= IWV (Integrated Water Vapour)**

→ je funkciou ZWD, suchej teploty pri povrchu

Na výpočet PWV sú nutné povrchové meteorologické merania \Rightarrow pre všetky stanice GNSS v sieti možno určiť ZTD, ale iba pre niektoré PWV

Hodnoty PWV sú vysoko premenlivé a závisia od aktuálnej meteorologickej situácie.



Ukážka priebehu
PWV [mm] na
stanici GOPE
počas 10 rokov

Troposféra – model PWV a nPWV

Model PWV nad určitým územím

→ nutnosť uvážiť digitálny model reliéfu

→ možnosť odčítania správnych interpolovaných údajov

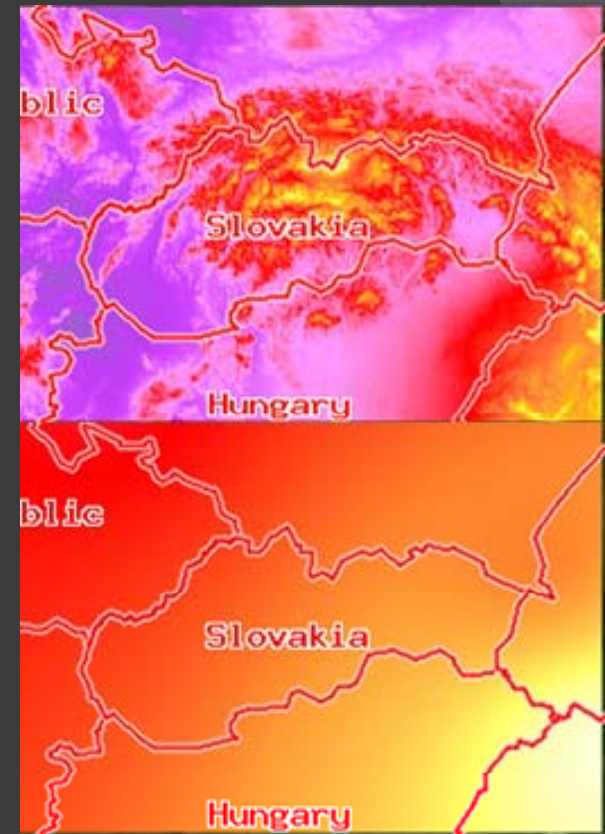
⇒ silná korelácia interpolovaných hodnôt PWV s nadmorskou výškou

⇒ zložitá interpretácia – zmena PWV súvisí s reálnou zmenou obsahu vodnej pary / rozdielnou nadmorskou výškou

Model nPWV (hodnoty PWV korigované o teoretickú hodnotu súvisiacu s nadmorskou výškou)

→ možnosť správneho určenia zmeny PWV

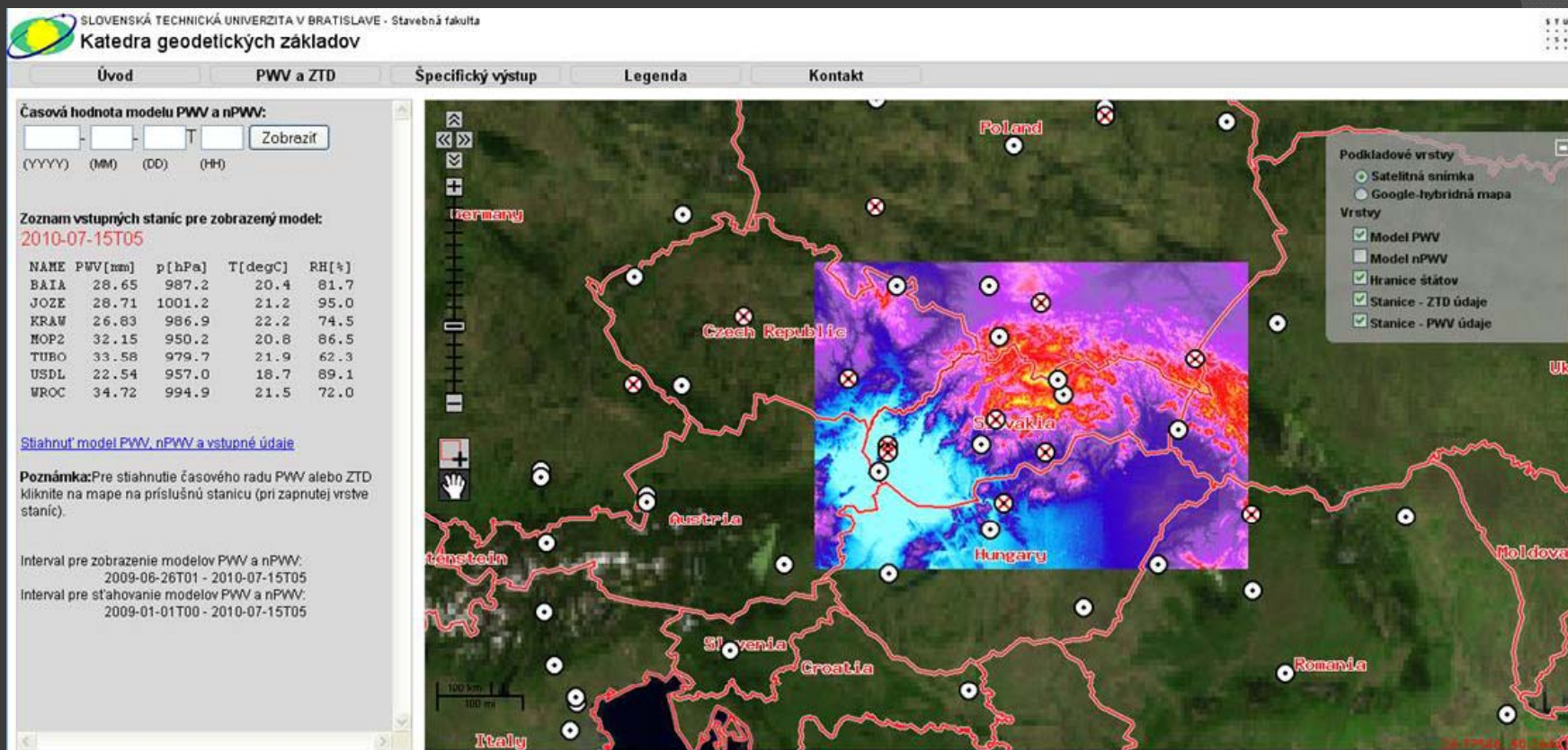
→ nie správne absolútne hodnoty PWV



Model PWV a nPWV nad územím Slovenska
2011-06-15T00

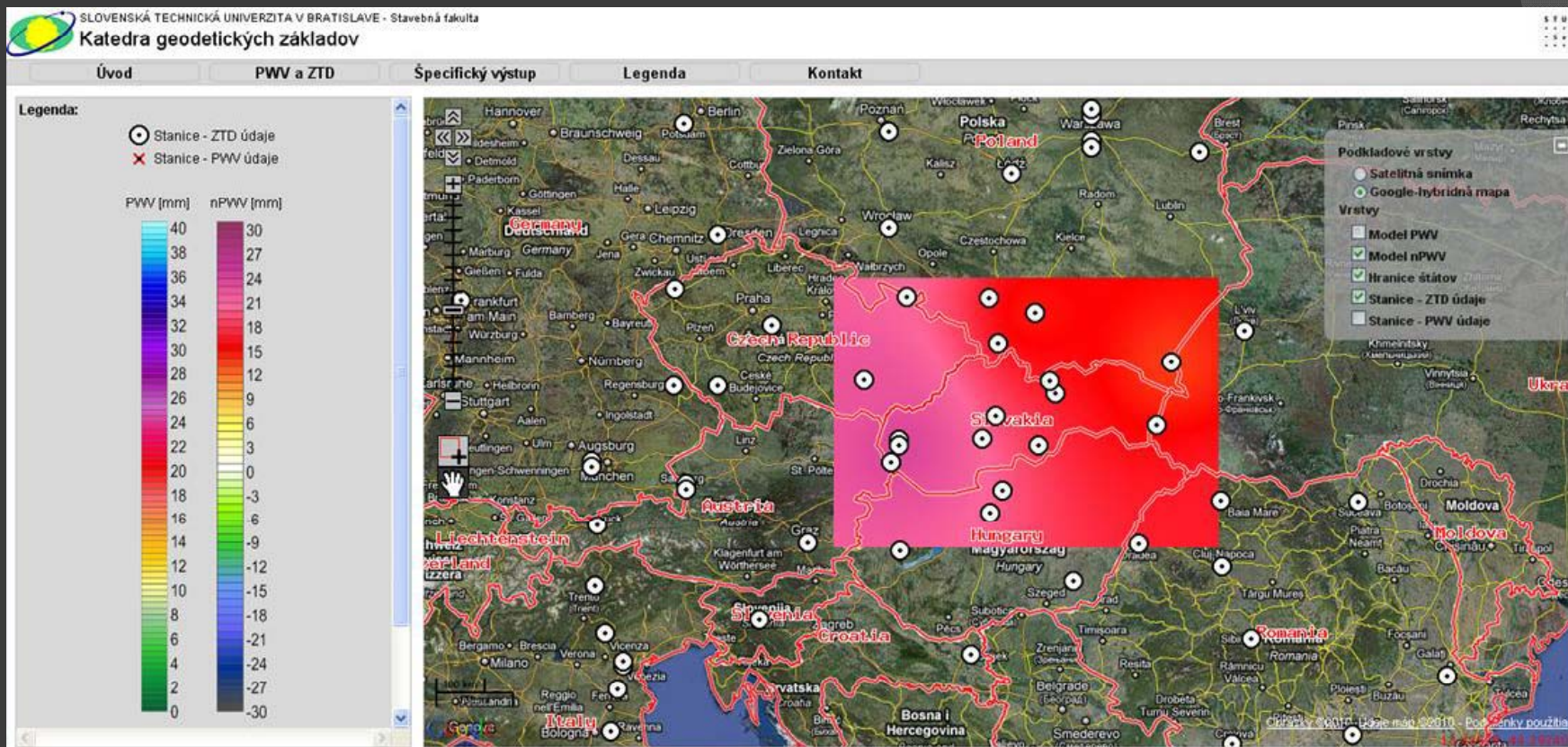
Aplikácia 1

Server <http://147.175.80.68>



Aplikácia 1

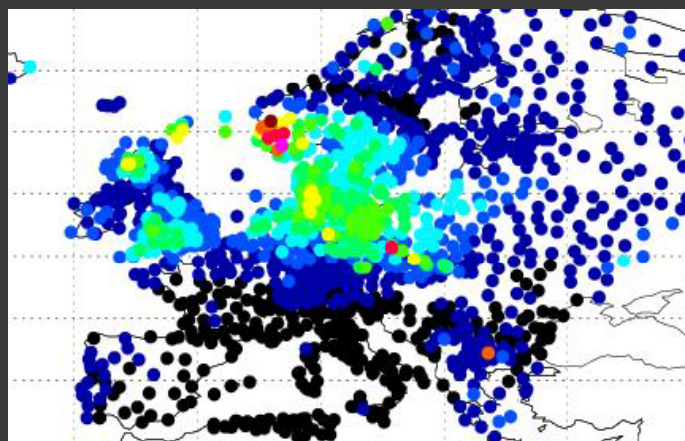
Server <http://147.175.80.68>



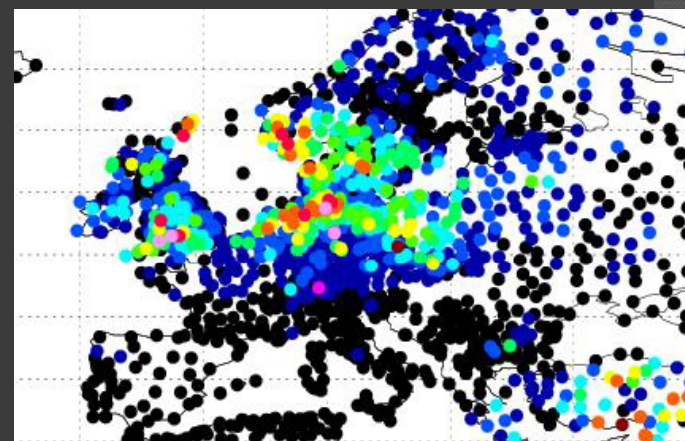
Aplikácia 2

- ⊙ E-GVAP ... Medzinárodný projekt zameraný na implementáciu diskretných údajov ZTD do numerických modelov predpovede počasia
- ⊙ <http://egvap.dmi.dk/>

Príspevok geodetov - NRT riešenie sietí GNSS

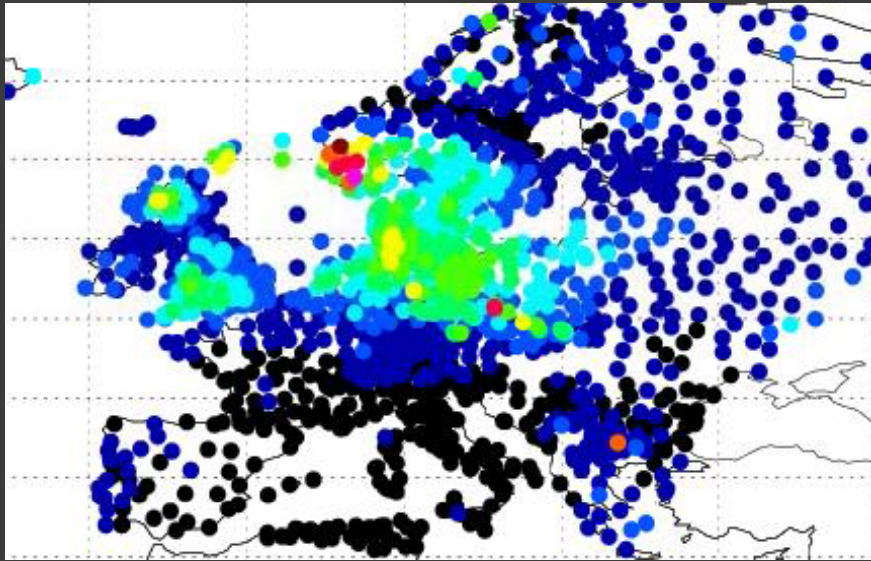


Model bez údajov z GNSS

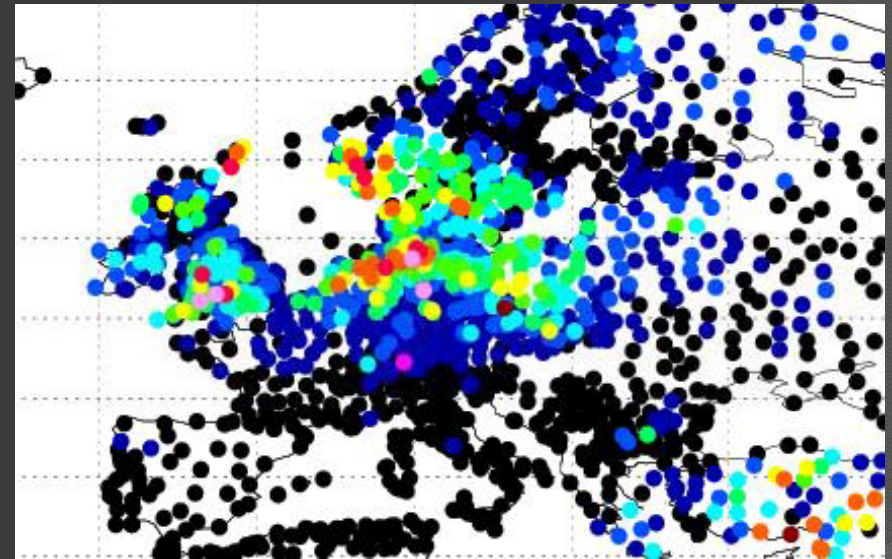


Skutočne namerané zrážky

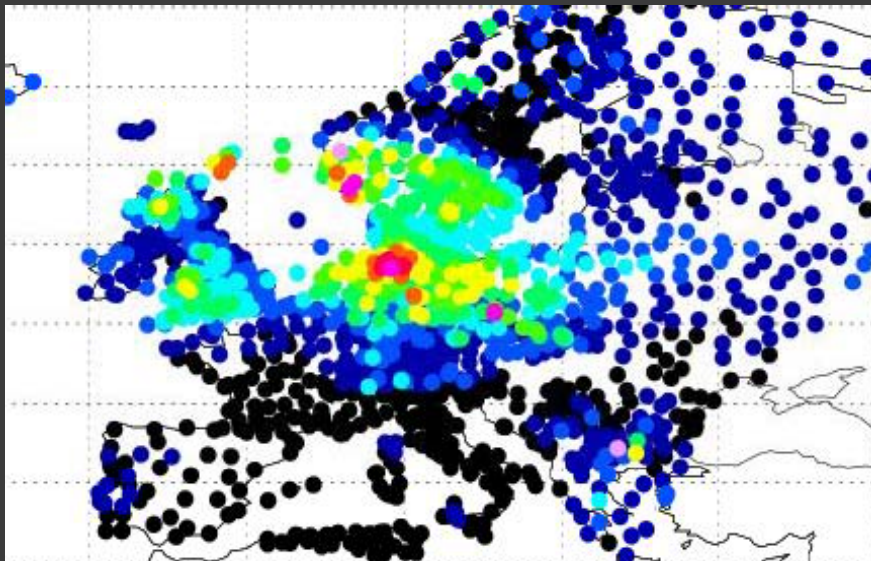
Aplikácia 2 <http://egvap.dmi.dk/>



bez príspevku GNSS



Skutočne namerané zrážky



s príspevím GNSS (hodnoty ZTD)

Ionosféra – TEC

(Total Electron Content)

Ionosférická refrakcia

→ spôsobuje predĺženie alebo skrátenie geometrickej vzdialenosti medzi družicou a prijímačom v závislosti od vlnovej dĺžky (frekvencie f) a od charakteru elektromagnetickej vlny

⇒ predĺženie alebo skrátenie časového intervalu medzi vyslaním a prijatím signálu

Vplyv ionosféry možno z meraní GNSS eliminovať vhodnou kombináciou ...
L3 – Iono free frequency

alebo možno **vplyv ionosféry zahrnúť medzi určované parametre**

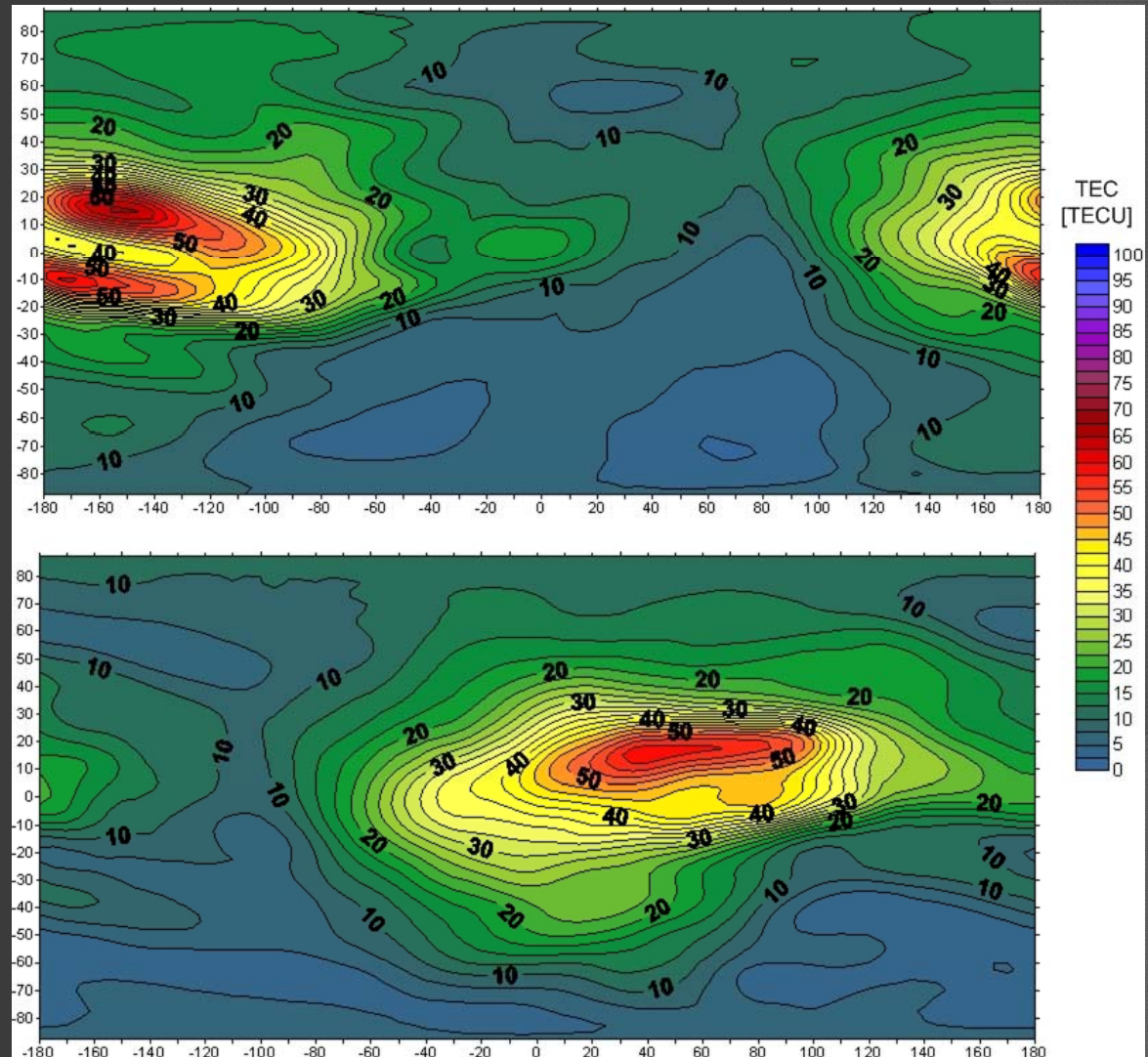
→ TEC - Celkový obsah voľných elektrónov
jednotka TECU = 10^{16} elektrónov / m^2

Modelovanie TEC rozvojom do sférických harmonických funkcií

Globálny model ionosféry - IGS

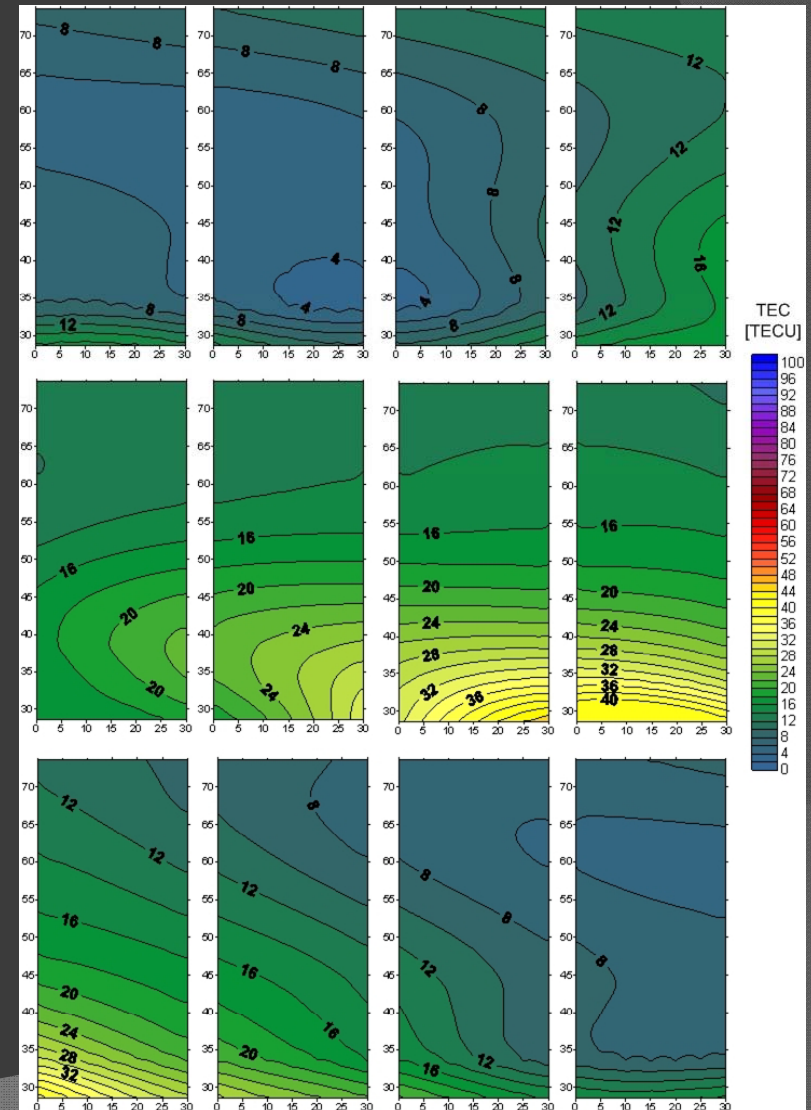
- mriežkový model vytváraný raz za 2 hodiny s krokom 5° v smere zemepisnej dĺžky a 2.5° v smere zemepisnej šírky

- kombinované riešenie z 5 modelov: CODE, ESA, JPL, NRCan, UPC



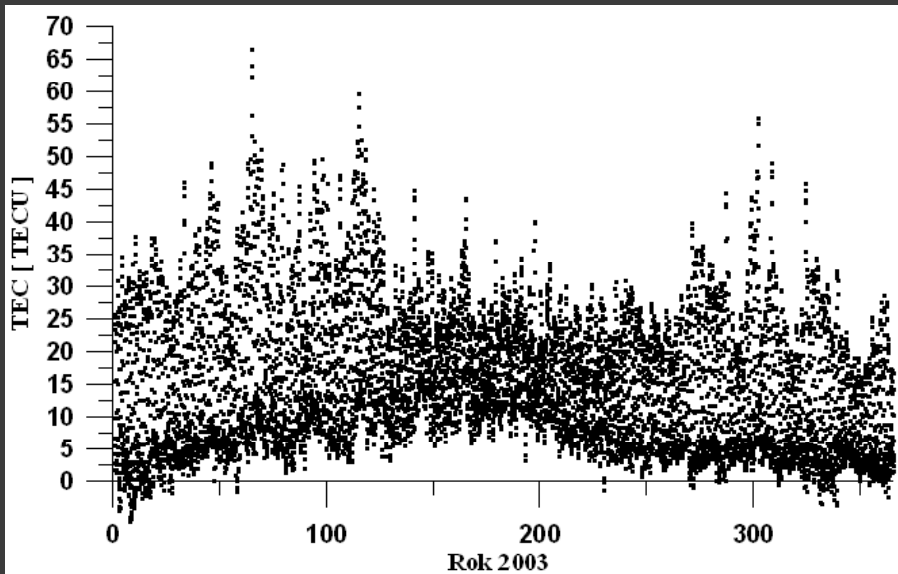
Regionálny model ionosféry - SUT

- pokrýva časť územia Európy
- stupeň a rád modelu je 5 (model tvorí spolu 36 koeficientov) ... možnosť zvýšenia stupňa aj rádu
- pri modelovaní sa predpokladá, že ionosféra tvorí nekonečne tenkú vrstvu vo výške 450 km nad zemským povrchom



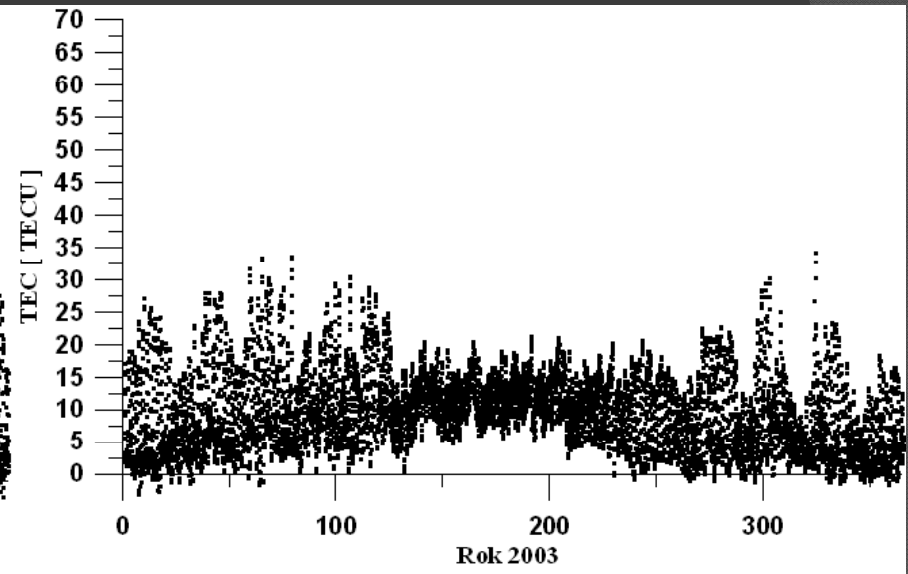
Časový rad TEC

Možnosť vytvorenia časového radu pre ľubovoľné miesto v rozsahu modelu



Stanica CAGL

$$\varphi = 39^{\circ} 08' 09.24''$$



Stanica REYK

$$\varphi = 64^{\circ} 08' 19.62''$$

Závery

- ⦿ Spracovanie GNSS meraní umožňuje modelovať
 - parametre troposféry – ZTD, PWV
 - parametre ionosféry – TEC
- ⦿ Pre geodetov to predstavuje neužitočné parametre \Rightarrow aplikácie v meteorológii, ...
- ⦿ V prípade záujmu o uvedené údaje alebo spoluprácu ma neváhajte kontaktovať

Ďakujem za pozornosť

miroslava.igondova@stuba.sk