

Seminář GNSS metody v geodézii a katastru
Brno, Česká republika 31.1.2019

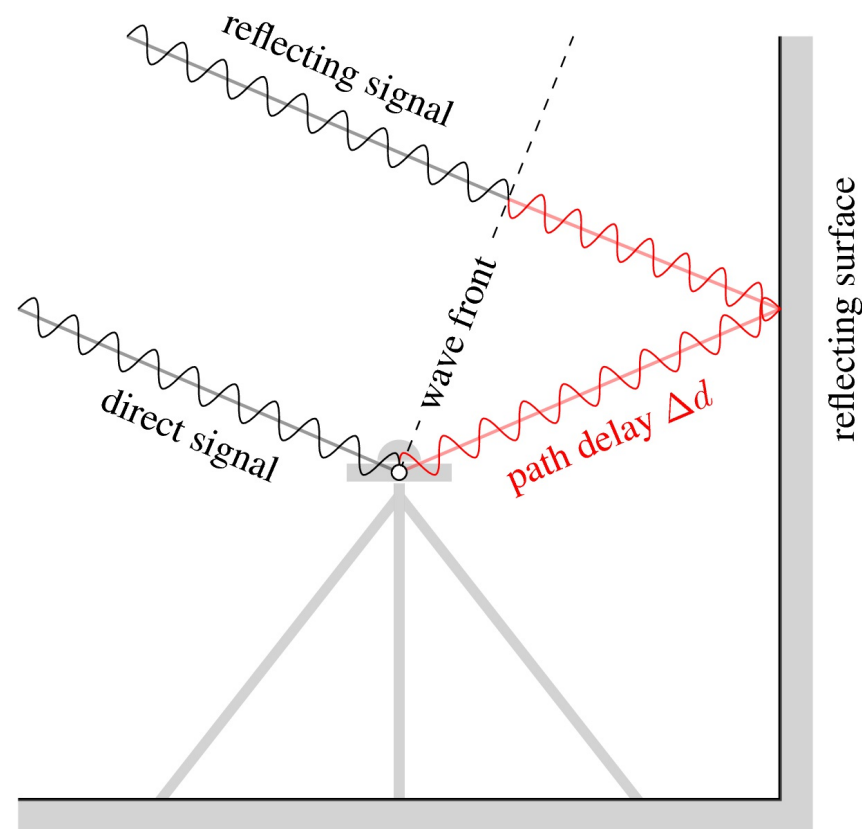
ANALÝZA EFEKTU MULTIPATH Z PERMANENTNÝCH MĚŘENÍ S VYUŽITÍM RÔZNYCH GNSS

Ing. Peter Špánik, Ing. Ľubomíra Gerháťová, PhD., Ing.
Juraj Papčo, PhD., prof. Ing. Ján Hefty, PhD.
(email: peter.spanik@stuba.sk)

Katedra geodetických základov, Stavebná fakulta,
Slovenská Technická Univerzita v Bratislave

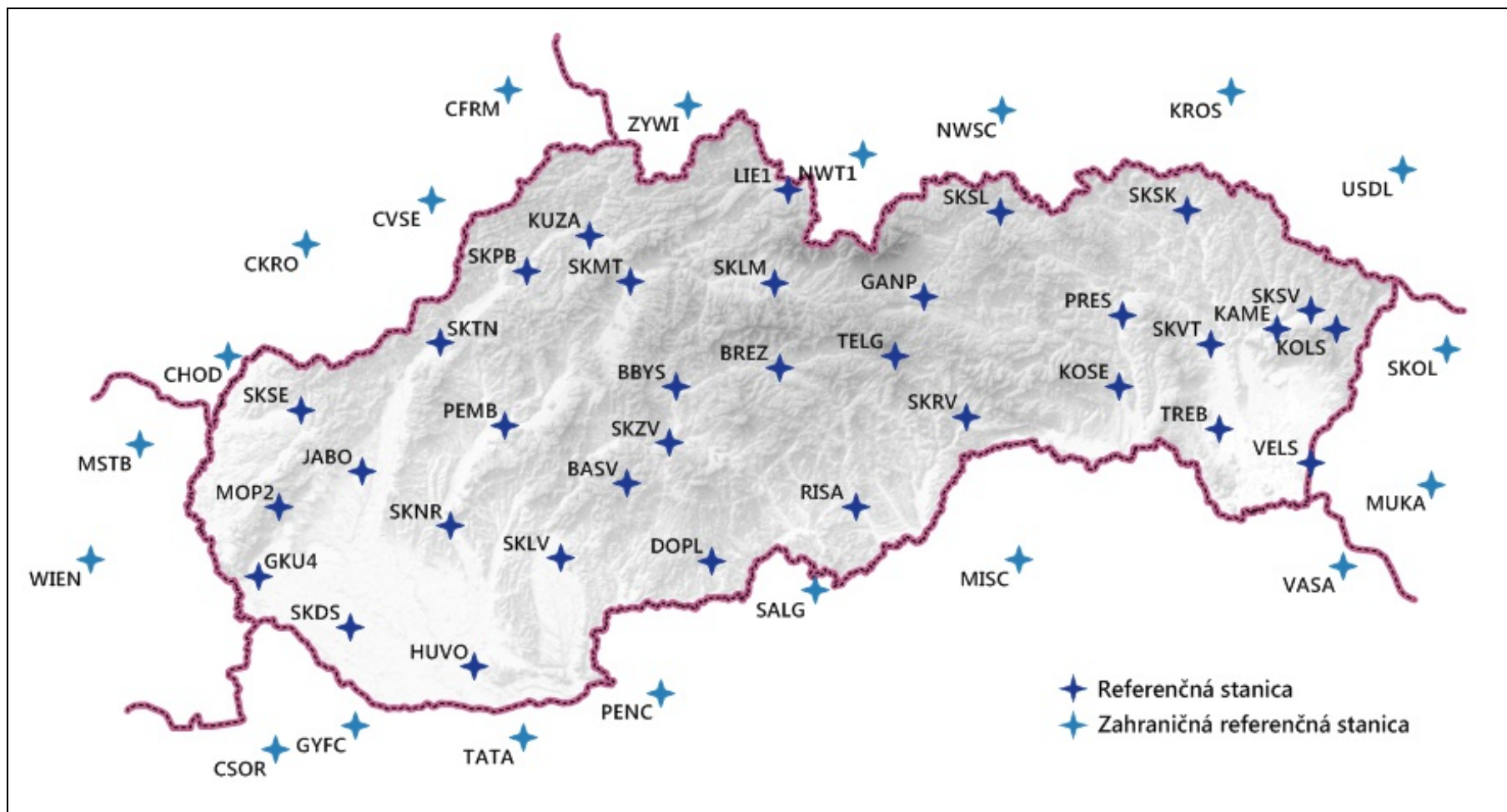
Viaccestné šírenie sa družicového signálu - multipath

- nastáva v prípade, že sa signál z družice dostáva do antény viacerými cestami po odraze od okolitých objektov
- negatívny vplyv na presnosť meraní
- ovplyvňuje kódové aj fázové merania
- multipath kódových meraní ($\sim 1\text{m}$), fázových meraní ($\sim \text{cm}$)



Sieť permanentných staníc SKPOS[®]

- v súčasnosti 34 aktívnych staníc (všetky GPS+GLO), z toho 30 staníc umožňuje (GPS+GLO+GAL+BDS)
- 2 rôzne typy prijímačov (Trimble NETR9, Trimble Alloy)
- 5 rôznych typov antén (všetky Trimble)



Sieť permanentných staníc SKPOS[®]

- v minulosti stabilizácia bodov na strechách správ katastra
- v súčasnosti premiestňovanie bodov z technických a legislatívnych príčin
- v súčasnosti preferovaná vrтанá tyčová stabilizácia alebo stabilizácia železo-betónovým pilierom



konzola na streche



vrтанá tyčová stabilizácia



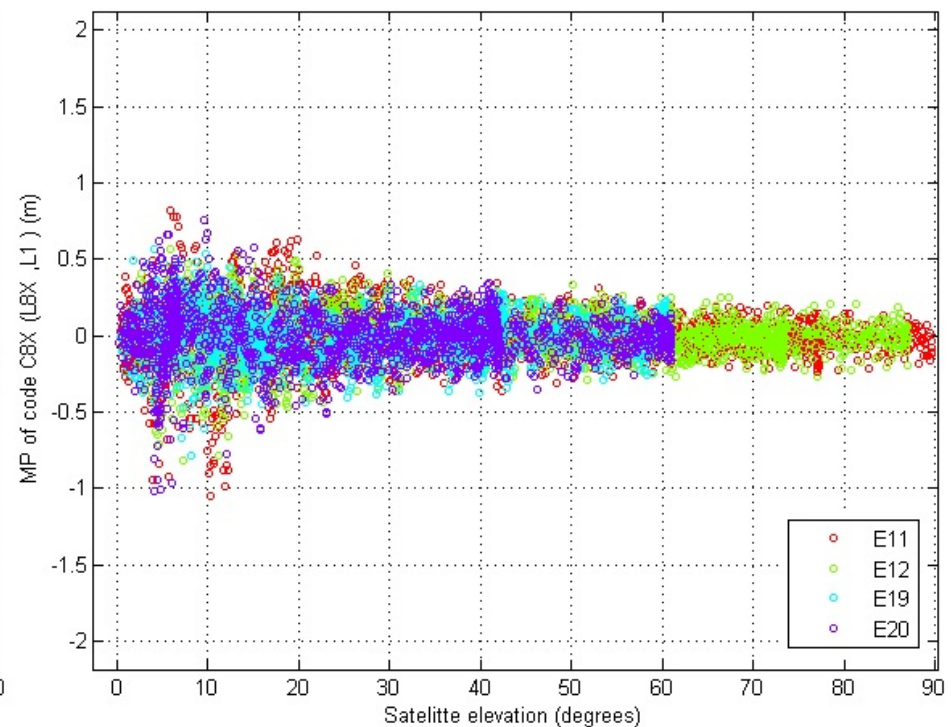
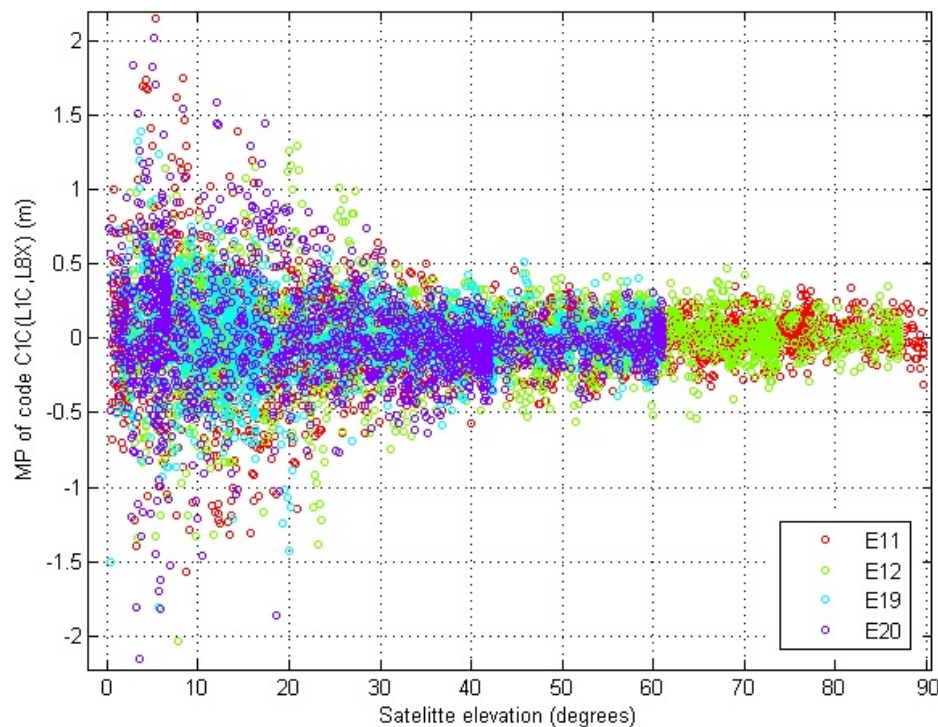
železo-betónový pilier

Detekcia kódového multipathu

- využívaná kombinácia MP

$$MP_{jk}^i = R_i - \Phi_j + \frac{\lambda_i^2 + \lambda_j^2}{\lambda_j^2 - \lambda_k^2} (\Phi_j - \Phi_k) - B$$

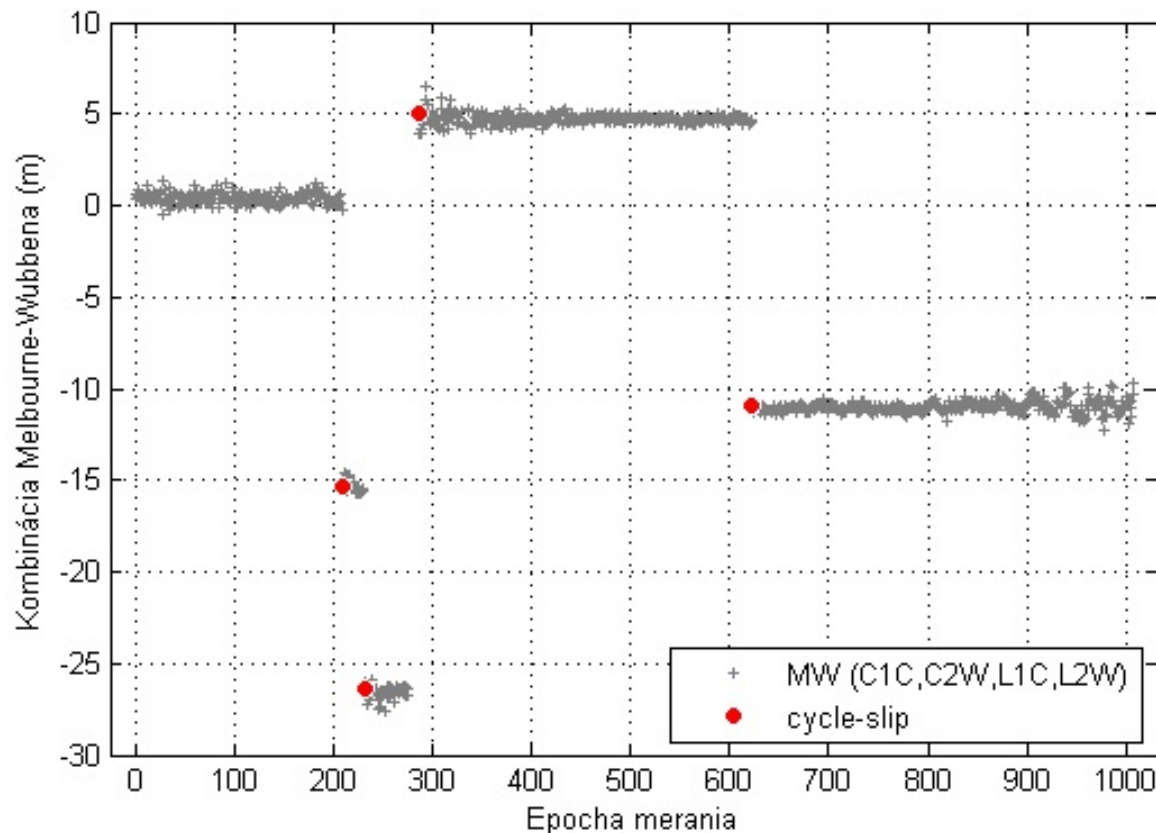
- posudzovaná variabilita hodnôt vo forme štatistiky RMS, z dôvodu zaťaženia ambiguitami nosných vln vo forme biasu B
- hodnoty závislé od kvality prijímača, antény a typu signálu



Detekcia sklzov v počítaní cyklov

- využívaná Melbourne-Wübenna kombinácia

$$\begin{aligned} B_W(t) &= \Phi_W - R_N = \frac{f_i \Phi_i(t) - f_j \Phi_j(t)}{f_i - f_j} - \frac{f_i R_i(t) + f_j R_j(t)}{f_i + f_j} \\ &= \lambda_W N_W(t) + b_W(t) + \varepsilon(t) \end{aligned}$$



- spojenie výhody veľkej vlnovej dĺžky kombinácie *wide-lane* a redukcie šumu v kódových meraniach použitím kombinácie *narrow-lane*
- detegovanie cycle-slipu v prípade:

$$|B_W(t) - m_{B_W}(t)| > crit$$

Aplikácia G-nut/Anubis

- aplikácia na kontrolu kvality observačných súborov všetkých moderných GNSS (GPS+GLO+GAL+BDS)
- vyvíjaná na Geodetickom observatoři Pecný (Vaclavovic, Douša) voľne prístupná pod licenciou GNU GPL vo forme zdrojových kódov v jazyku C++ ([link na stiahnutie](#))
- výpočet kontrolných veličín (všetky kombinácie MP), sklzy v počítaní cyklov, poloha družice (azimut a výška), poloha stanoviska (štandardné určovanie polohy pre každý systém),
- výstup vo forme XTR textového súboru
- konfigurácia pomocou XML súboru
- spúšťanie z príkazového riadku, možnosť automatizácie procesu kontroly kvality observácií

Ukážka konfiguračného súbor aplikácie G-nut/Anubis

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes" ?>
<!DOCTYPE config>
<config>
  <gen>
    <beg> "2018-08-22 00:00:00" </beg> <!-- Nastavenie času -->
    <end> "2018-08-22 23:59:30" </end>
    <sys> GPS GLO GAL </sys> <!-- Nastavenie GNSS systémov -->
    <int> 30 </int> <!-- Nastavenie intervalu -->
    <rec> GANP </rec> <!-- Nastavenie stanice -->
  </gen> <!-- Nastavenie kontroly kvality -->
  <inputs chk_nav="true"> <!-- Nastavenie vstupov -->
    <rinexo> GANP2340.18o </rinexo> <!-- Observačný súbor -->
    <rinexn> GANP2340.18n </rinexn> <!-- Navigačná správa -->
    <sp3> gbm20153.sp3 </sp3> <!-- Súbor presných polôh družíc -->
  </inputs>

  <qc <!-- Nastavenie kontroly kvality -->
    int_stp="600" <!-- Interval pre výpočet štatistík -->
    int_gap="600" <!-- Interval na identifikáciu medzier -->
    mpx_nep="20" <!-- Počet epoch na odhad biasu B -->
    mpx_lim="3.0" <!-- Koeficient na detegovanie slipov -->
    col_sat="32" <!-- Nastavenie šírky výstupu -->
    ele_cut="0" <!-- Nastavenie elevačnej masky -->
    pos_kin="false" <!-- Vstupný súbor je kinematický -->
  />
  <outputs verb="0" > <!-- Nastavenie výstupov -->
    <xtr> GANP2340.xtr </xtr>
    <xml> GANP2340.xqc </xml>
    <log> GANP2340.log </log>
  </outputs>
</config>
```

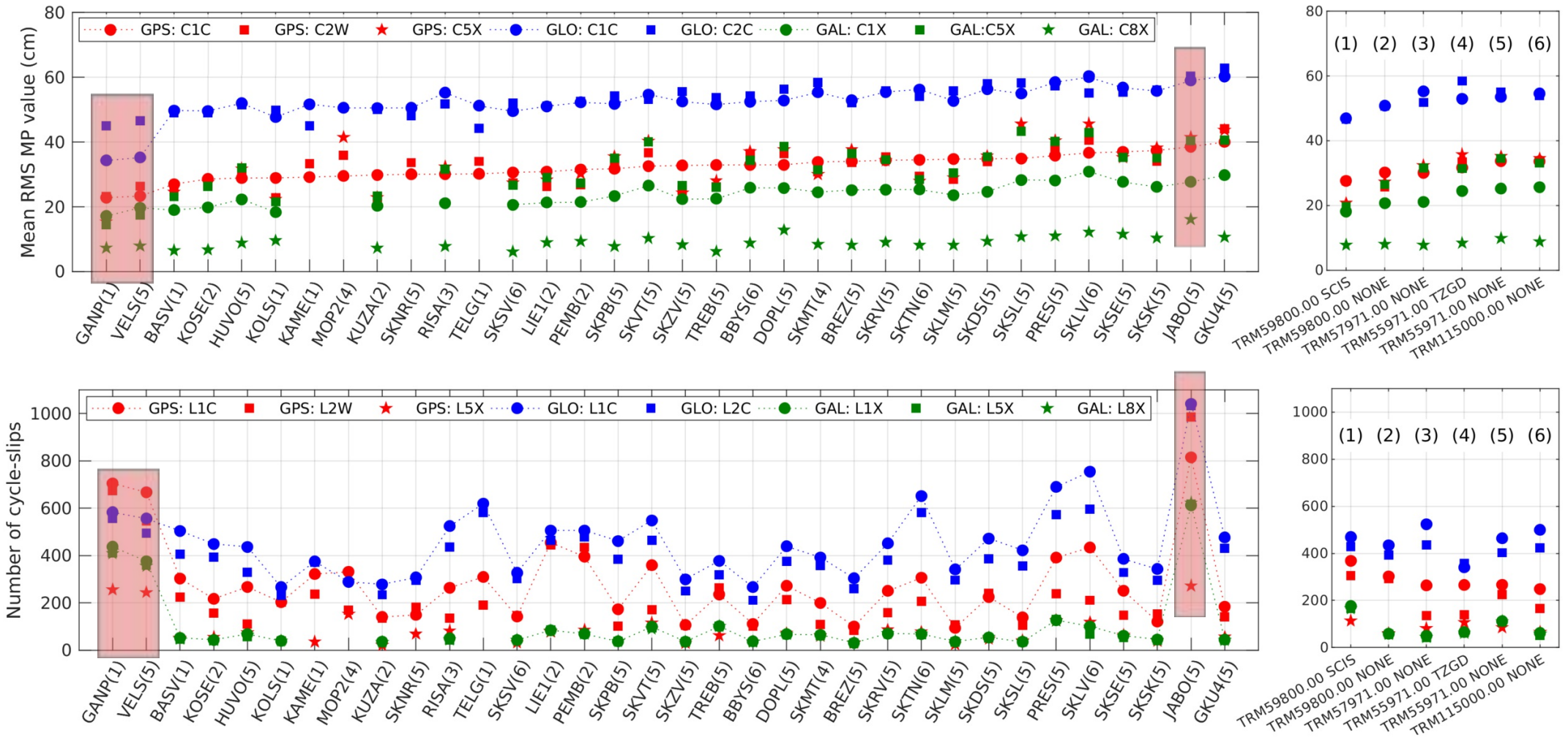

Analýza kombinácie MP a cycle-slipov na staniciach SKPOS®

- vytvorené funkcie v prostredí MATLAB na načítanie, manipuláciu a vizualizáciu XTR výstupných súborov z G-nut/Anubis ([link na stiahnutie](#))

Ciele analýzy:

- posúdiť celkovú úroveň efektu multipath na staniciach SKPOS®
- získať prvotný odhad o pôsobiacom efekte multipath na danom referenčnom bode
- vytipovanie vhodných referenčných bodov s vysokými hodnotami multipathu na využitie pokročilejších metód na potlačenie tohto efektu (napr. pomocou metódy dvojnásobných diferencií s jedným stanoviskom umiestnenom v prostredí bez odražačov)

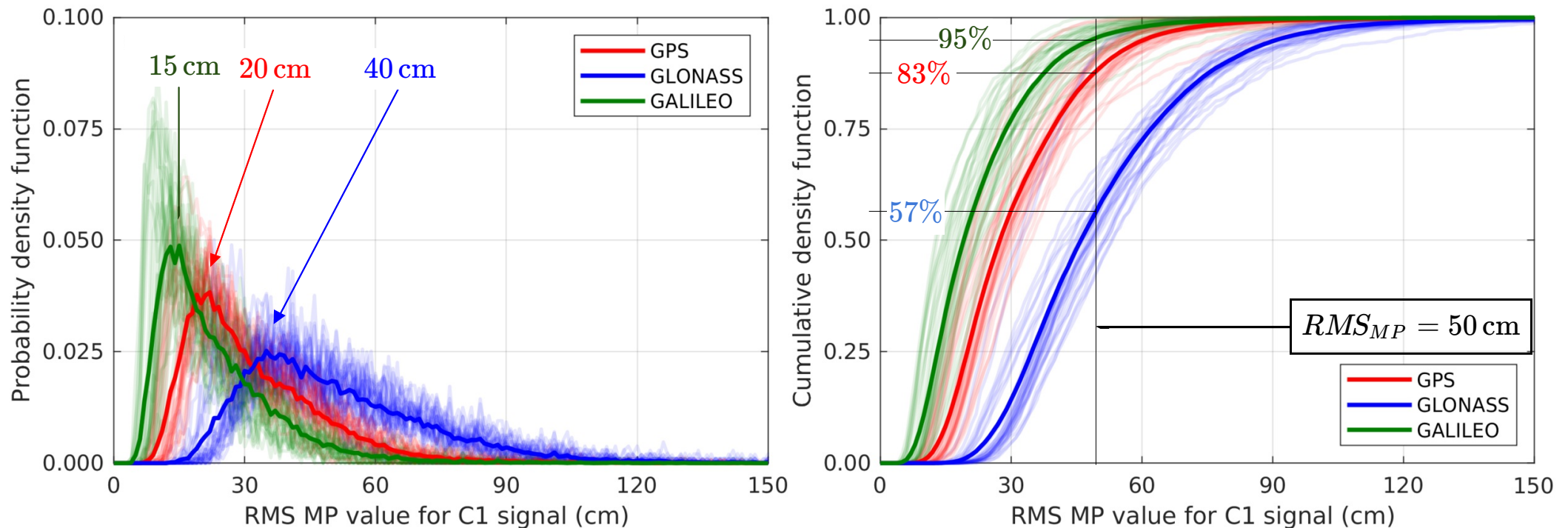
Priemerné hodnoty RMS kombinácie MP a počtu cycle-slipov na stanicích SKPOS®



Pozorovania:

- podobné priemerné hodnoty MP na väčšine staníc
- stanica JABO má výrazne vyšší počet cycle-slipov ako ostatné stanice
- stanice s prijímačom Trimble Alloy (GANP, VEL5) majú vysoký počet cycle-slipov

Celkové hodnotenie kombinácie MP z pohľadu rôznych GNSS na staniciach SKPOS®

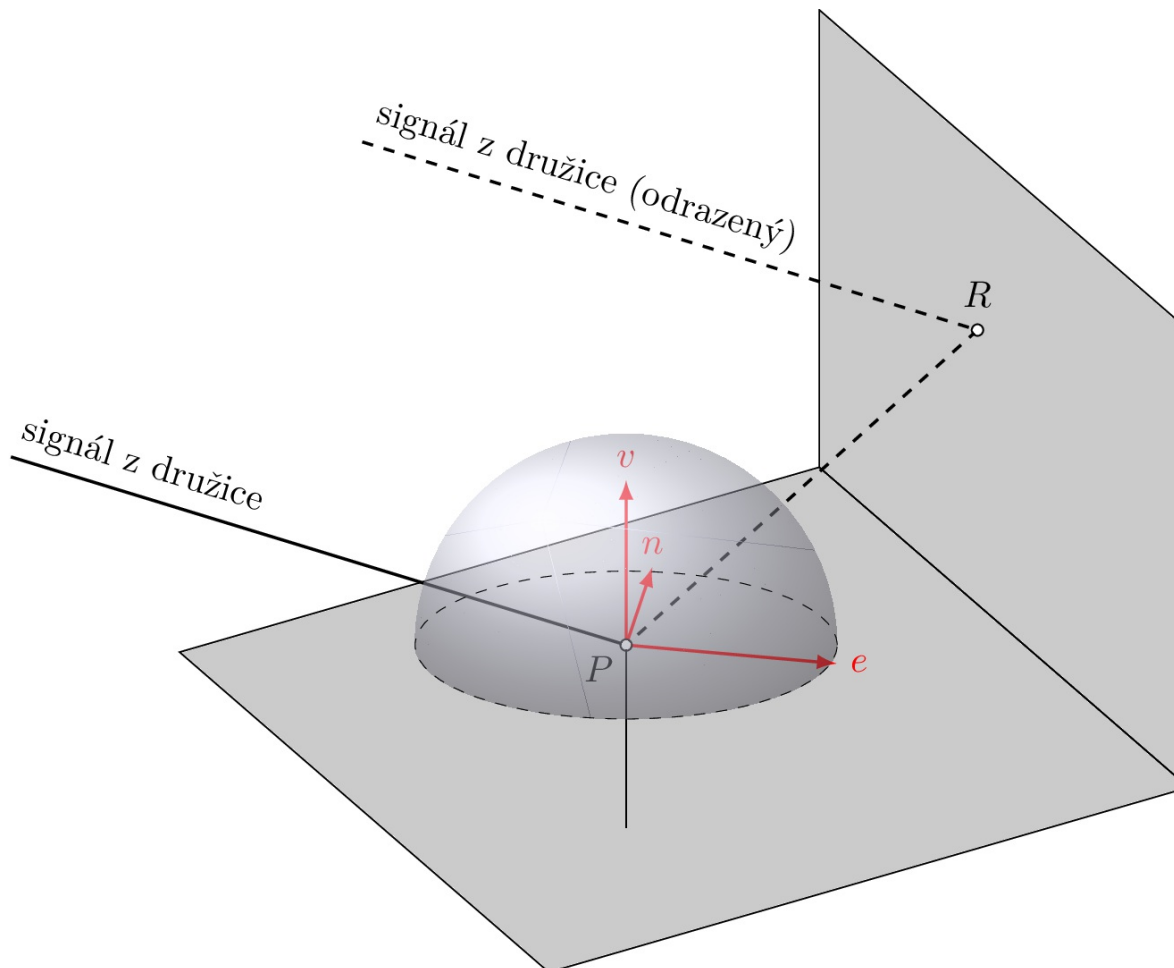


Pozorovanie:

- merania systému Galileo sú najmenej zaťažené efektom multipath (najmodernejší systém, moderný návrh signálu - širší bandwidth)

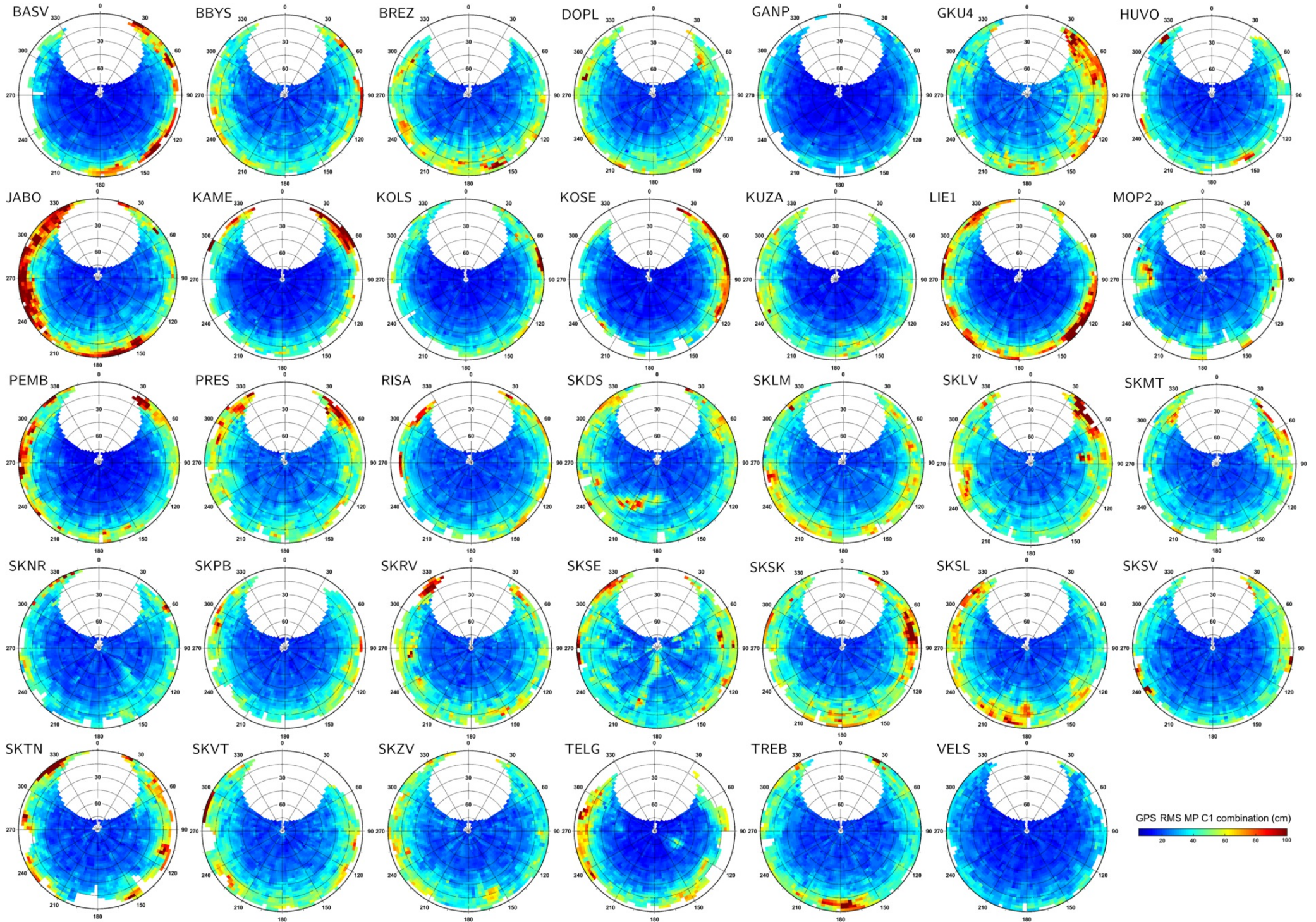
Hodnotenie kombinácie MP v lokálnom systéme

- priemerné hodnoty MP na danom stanovisku nám neumožňujú presnejšie určiť pôvod zvýšených hodnôt MP
- zobrazenie hodnôt MP v lokálnom horizontálnom systéme v závislosti od výšky a azimutu družice v tzv. skyplot zobrazení

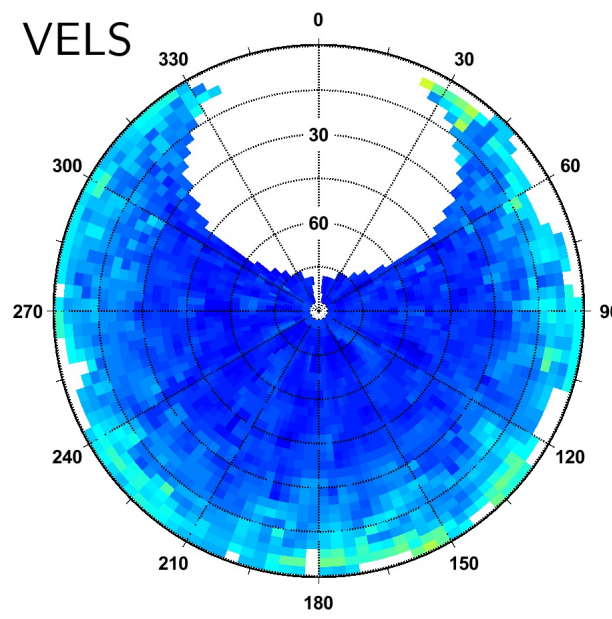
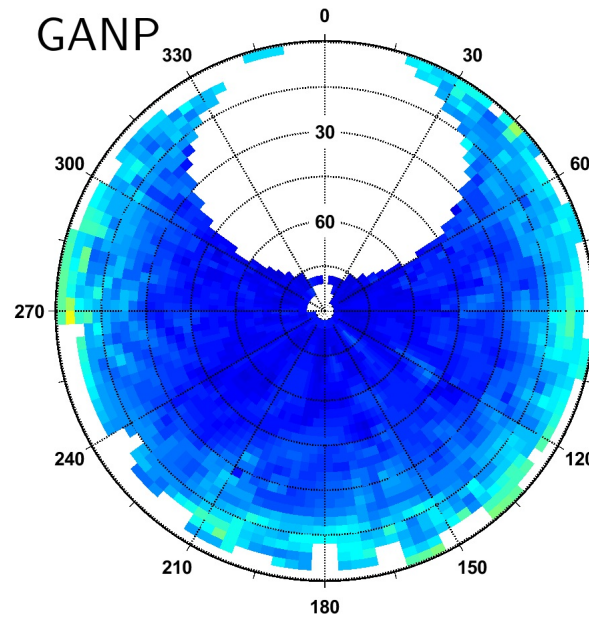


- pri interpretácii anomálií v hodnotách MP je potrebné zohľadniť rozmiestnenie prekážok v blízkosti prijímača

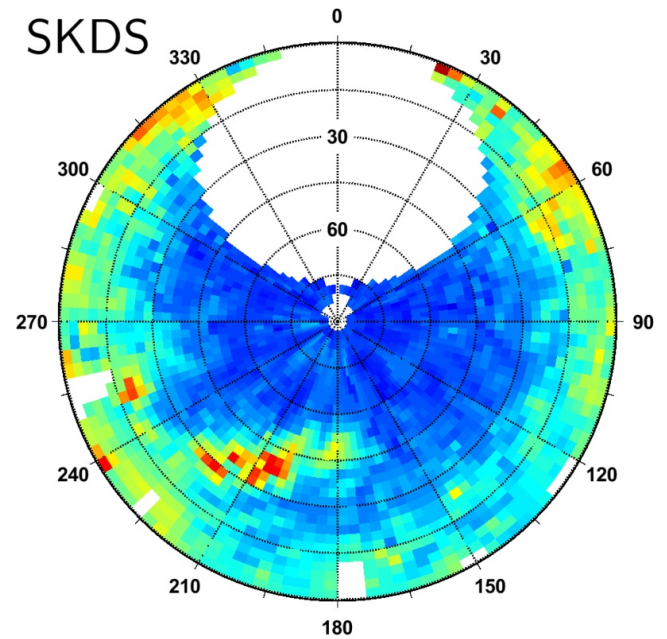
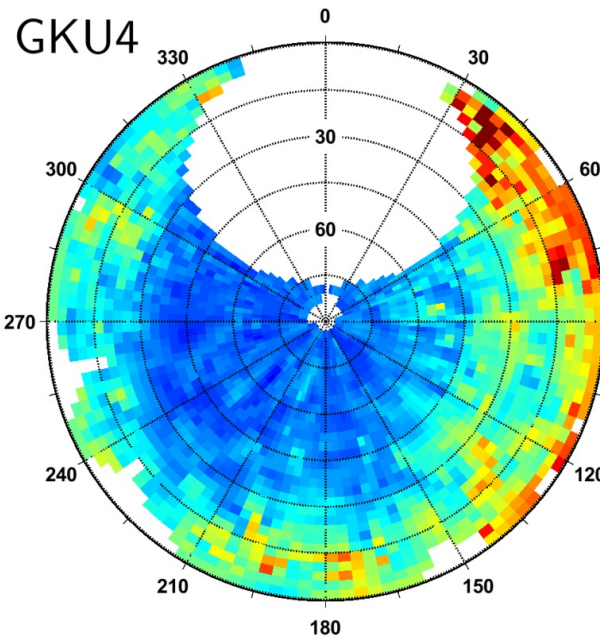
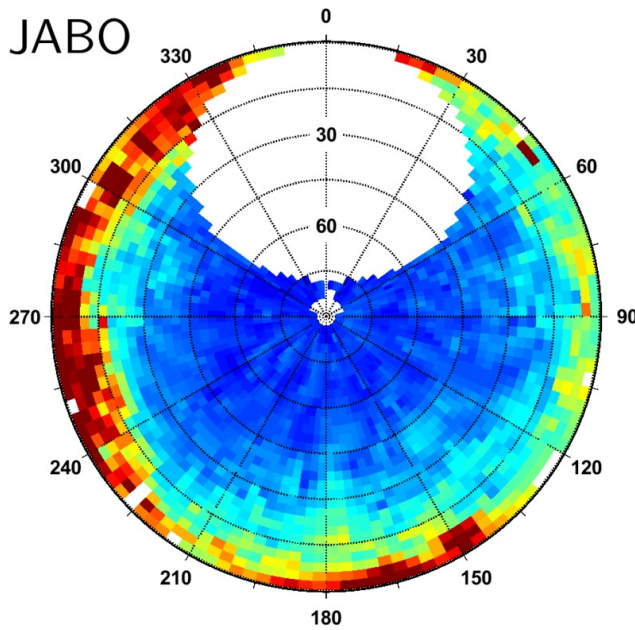
Skyploty RMS hodnôt kombinácie MP C1C na staniciach SKPOS®



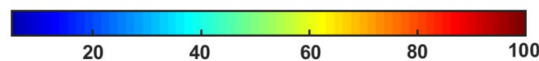
Ukážky staníc s nízkými hodnotami kombinácie MP:



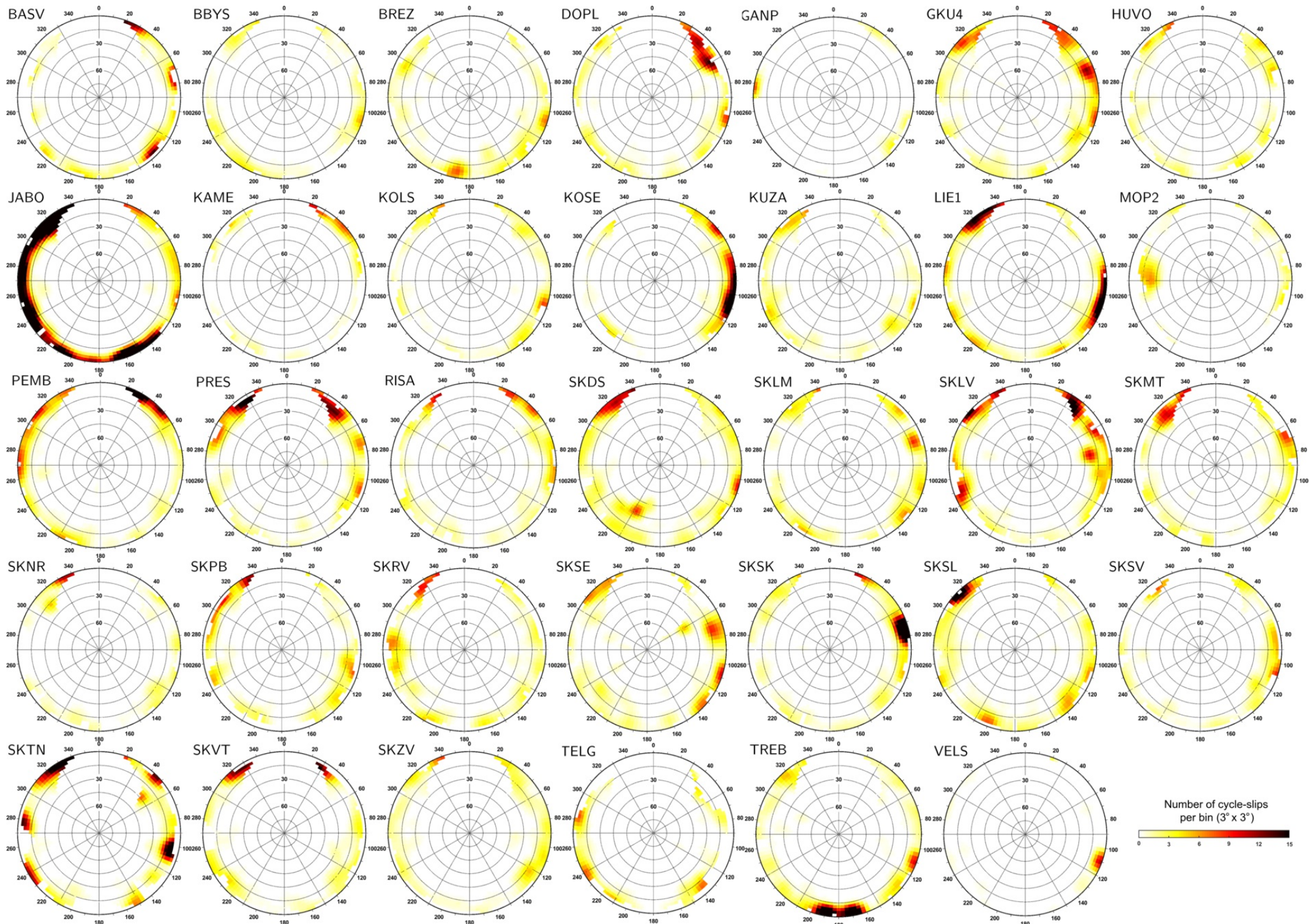
Ukážky problematických staníc:



GPS RMS MP C1 combination (cm)

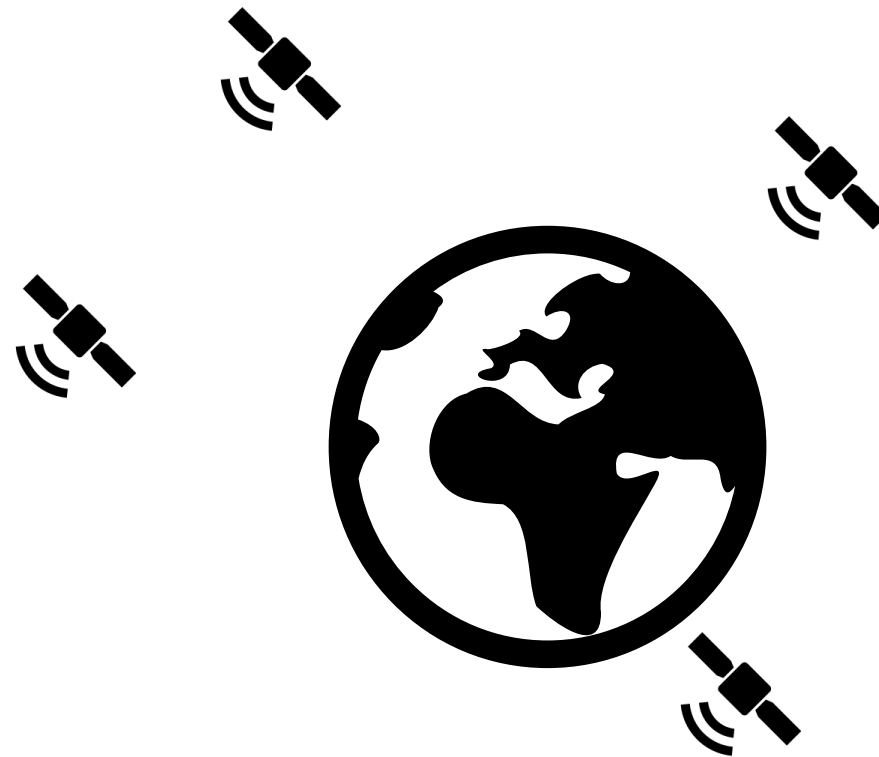


Skyploty počtynosti cycle-slipov na staniciach SKPOS®



Zistenia a závery

- väčšina staníc len málo zaťažená efektom multipath (zvýšené hodnoty kombinácie MP spravidla len do výšky 15°)
- 95% (GAL), 83% (GPS) a 57% (GLO) hodnôt RMS kombinácie MP pre všetky stanice **SKPOS**[®] je menšia ako 50 cm
- najmenej zaťažené efektom multipath sú stanice GANP a VELS (pravdepodobne spôsobené prijímačom)
- stanice JABO, GKU4 a SKDS sú najviac zaťažené efektom multipath a sú vhodné na využitie ďalších komplexnejších metód na detekciu a elimináciu efektu multipath (pomocou metódy dvojnásobných diferencií s použitím jednej antény v bezodrazovom prostredí - [link](#))



Ďakujem za pozornosť

peter.spanik@stuba.sk