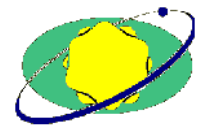


Možnosti vizualizácie prejavov zemetrasení na mape

Ľubomíra Gerháťová, Peter Špánik, Ján Hefty
Katedra geodetických základov, Stavebná fakulta
Slovenská technická univerzita v Bratislave

Kartografická konferencia 2016
Bratislava 20. – 21. októbra 2016



GNSS-seizmológia – analýza vysokofrekvenčných záznamov meraní na detekciu a popis zmien polohy súvisiacich so zemetraseniami

- Základná požiadavka – merania GNSS s 1 Hz záznamom pred a počas zemetrasenia, potrebné sú kódové aj fázové merania.
- Použiteľné sú absolútne aj relatívne metódy určovania polohy.
- Absolútne metódy určovania polohy (PPP): **výhody** – potrebné merania len z analyzovanej stanice, jednoznačná interpretácia, **nevýhody** – nižšia presnosť, menej spoľahlivé riešenie ambiguit, potrebný dlhší interval meraní, väčšie nároky na presné polohy družíc a informácie o hodinách družíc.
- Náš prístup – analýza metódou PPP programovým balíkom ABSOLUTE modifikovaným na monitorovanie krátkodobých zmien polohy z 1 Hz záznamov meraní GPS a GLONASS.

Príklady analýz meraní metódou PPP na štúdium zemetrasení rozličnej intenzity

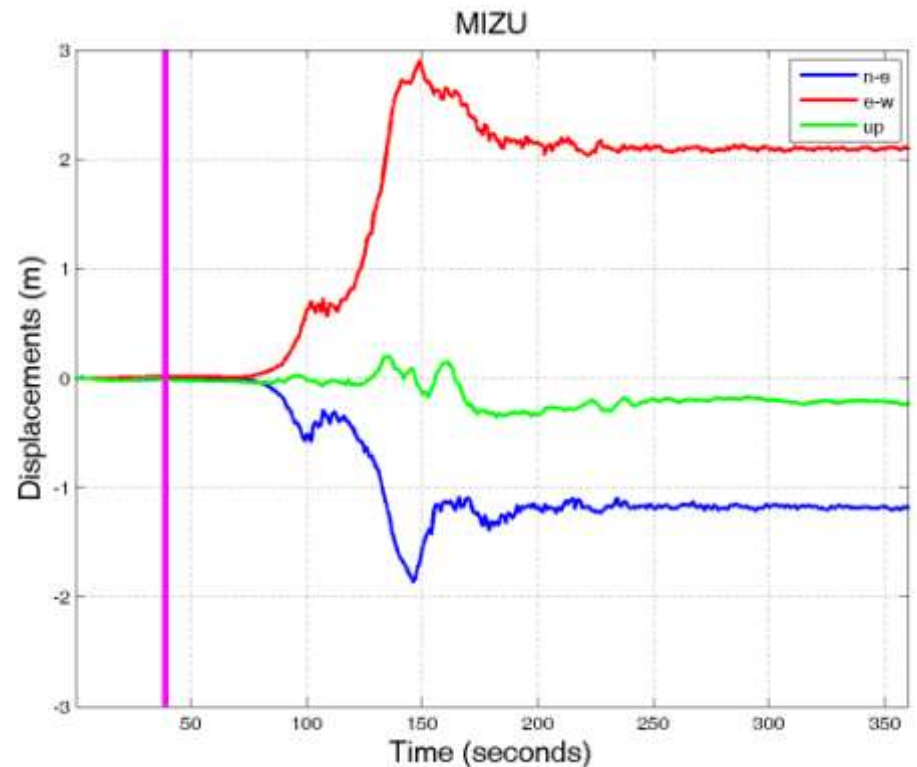
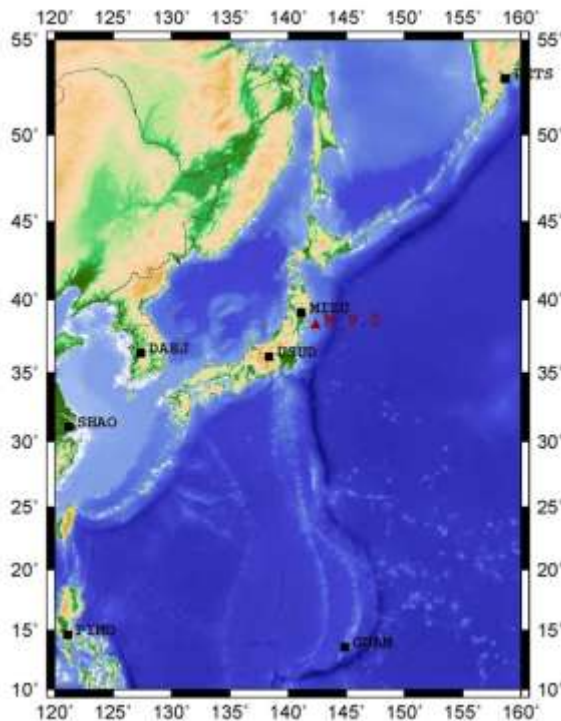
- Vstupné údaje – 1 Hz súbory meraní GNSS vo formáte RINEX dostupné v rámci IGS, EPN, z národných polohových služieb v Európe...
- Problémy pri získavaní vhodných meraní so sekundovým záznamom – obmedzený prístup k záznamom meraní komerčných a súkromných služieb, obmedzenia doby archivácie.
- Pozorovateľnosť javov súvisiacich so zemetraseniami sa znižuje so vzdialenosťou od epicentra – stanice IGS a EPN majú malú hustotu, hlavne na detekciu polohových zmien slabých zemetrasení.
- Aplikáciu programového balíka ABSOLUTE sme vykonali na zemetraseniach s magnitúdami od 4.3 do 9.0 a stanice vzdialené od 5 km až do 2700 km od epicentra.

Vizualizácia pomocou Generic Mapping Tools (GMT)

- Vstupné hodnoty: výstupy z programového balíka ABSOLUTE (v prostredí Matlab), modifikovaného na monitorovanie krátkodobých zmien polohy z 1 Hz záznamov meraní GNSS – zmeny v polohe bodu za krátky časový interval voči stabilnej polohe tohto bodu vyjadrené v smeroch sever – juh, východ – západ a vo výške
- Riadiaci skript na tvorbu obrázkov v GMT je implementovaný v prostredí Matlab, odkiaľ sa volá dávkový súbor s príkazmi GMT
- Výstup je obrázok vykreslený v GMT vo formáte postscript
- Konverzia formátu postscript na formát pdf (ps neumožňuje zobrazíť údaje transparentne)
- Konverzia formátu pdf na formát png prostredníctvom IMAGEMAGICK
- Vytvorenie animácie zo súborov formátu png v jednotlivých epochách prostredníctvom IMAGEMAGICK

Zemetrasenie M9.0 v blízkosti východného pobrežia Honšú, Japonsko, 11.3.2011, 05:46:24 UTC, Stanica MIZU – Mizusawa, Japonsko

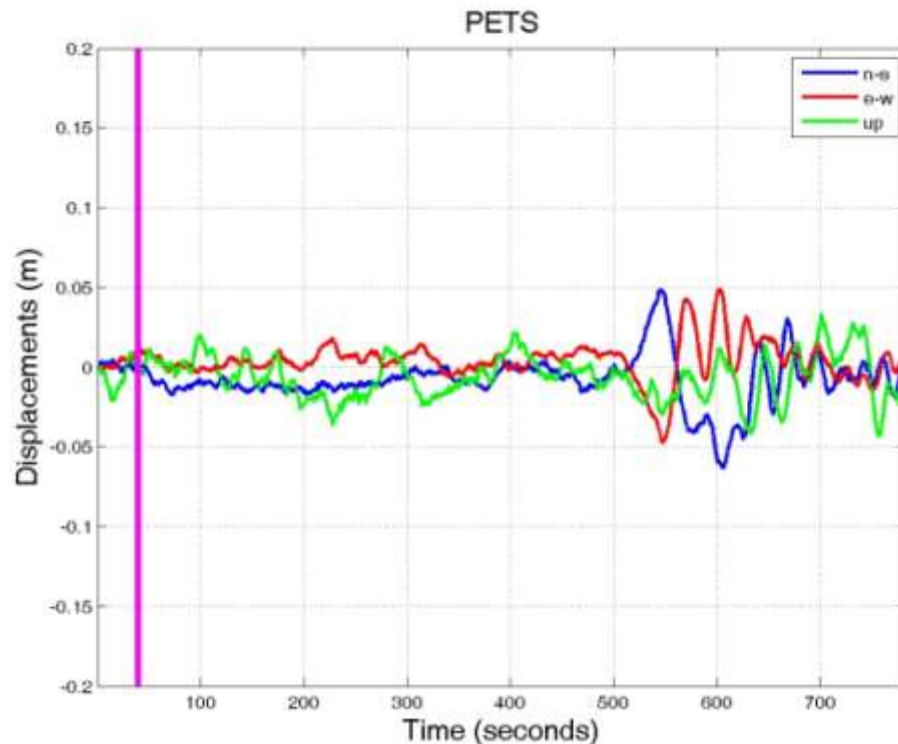
- Vzdialenosť od epicentra 143 km
- K dispozícii merania GPS počas celého priebehu zemetrasenia
- Výrazná zmena horizontálnej polohy e-w: > 3 m počas 120 s
- Post-seizmický posun e-w (~ 2 m) a n-s (~ 1 m).



Zemetrasenie M9.0, Japonsko – vizualizácia GMT

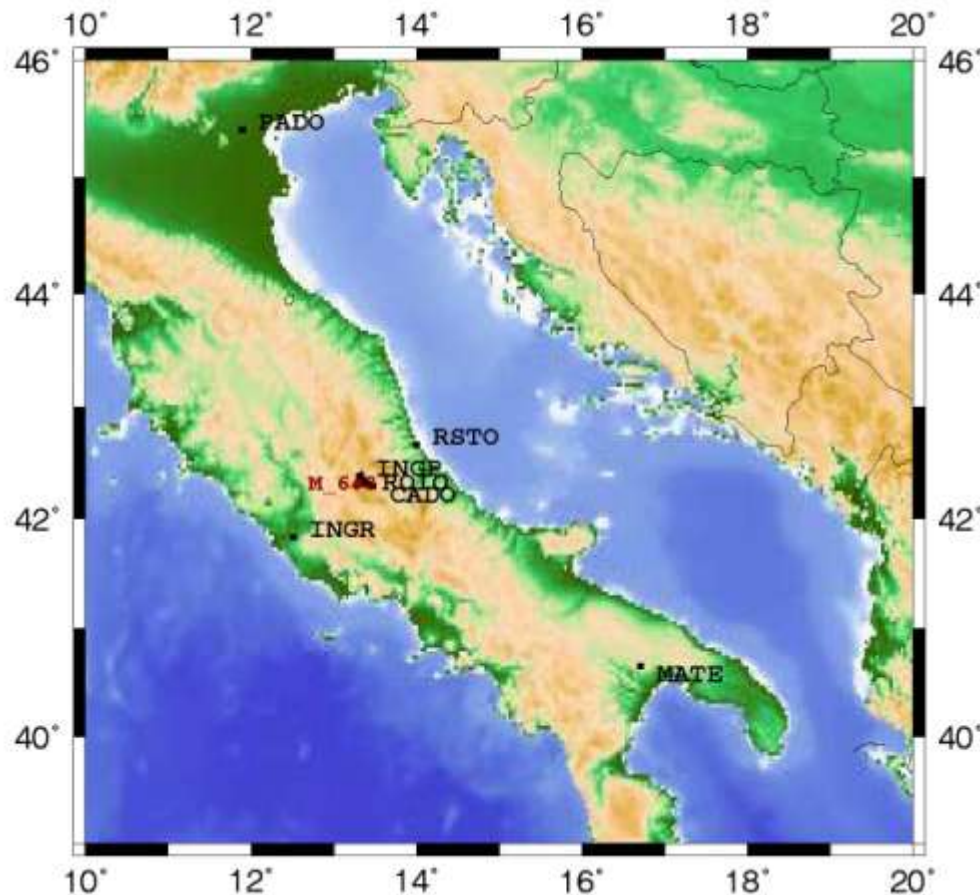
Zemetrasenie M9.0 v blízkosti východného pobrežia Honšú, Japonsko, 11.3.2011, 05:46:24 UTC, Stanica PETS – Petropavlovsk, Rusko

- Vzdialenosť od epicentra PETS - 2063 km
- PETS – zreteľný efekt zemetrasenia v n-s a e-w > 10 cm



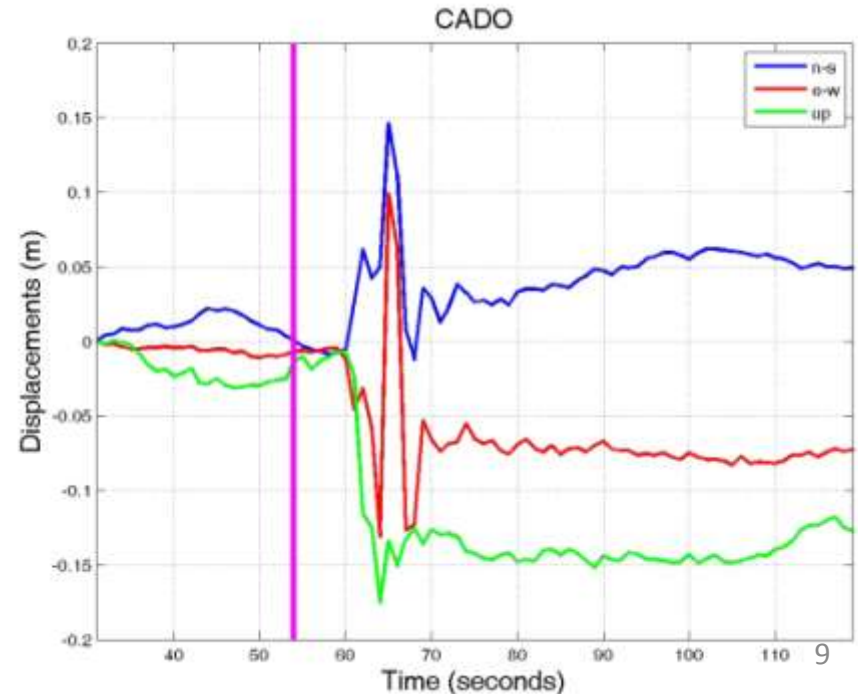
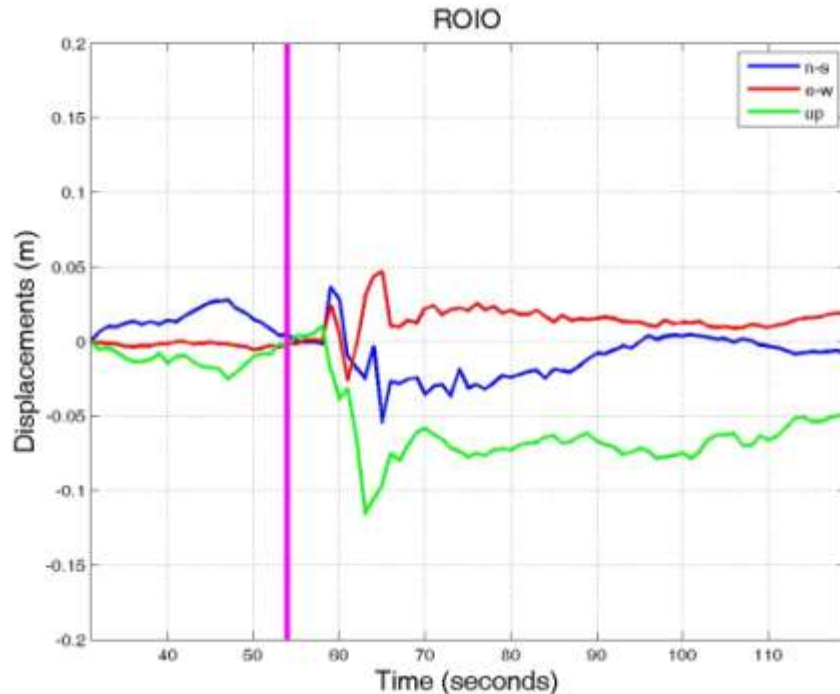
Zemetrasenie M6.3, Aquila, Stredné Taliansko, 6.4.2009, 01:32:30 UTC

- 1 Hz merania z 5 staníc - Rete Integrata Nazionale GPS and Protezione Civile Rete GPS
- Vzdialenosti staníc od epicentra: 4.5 – 87 km



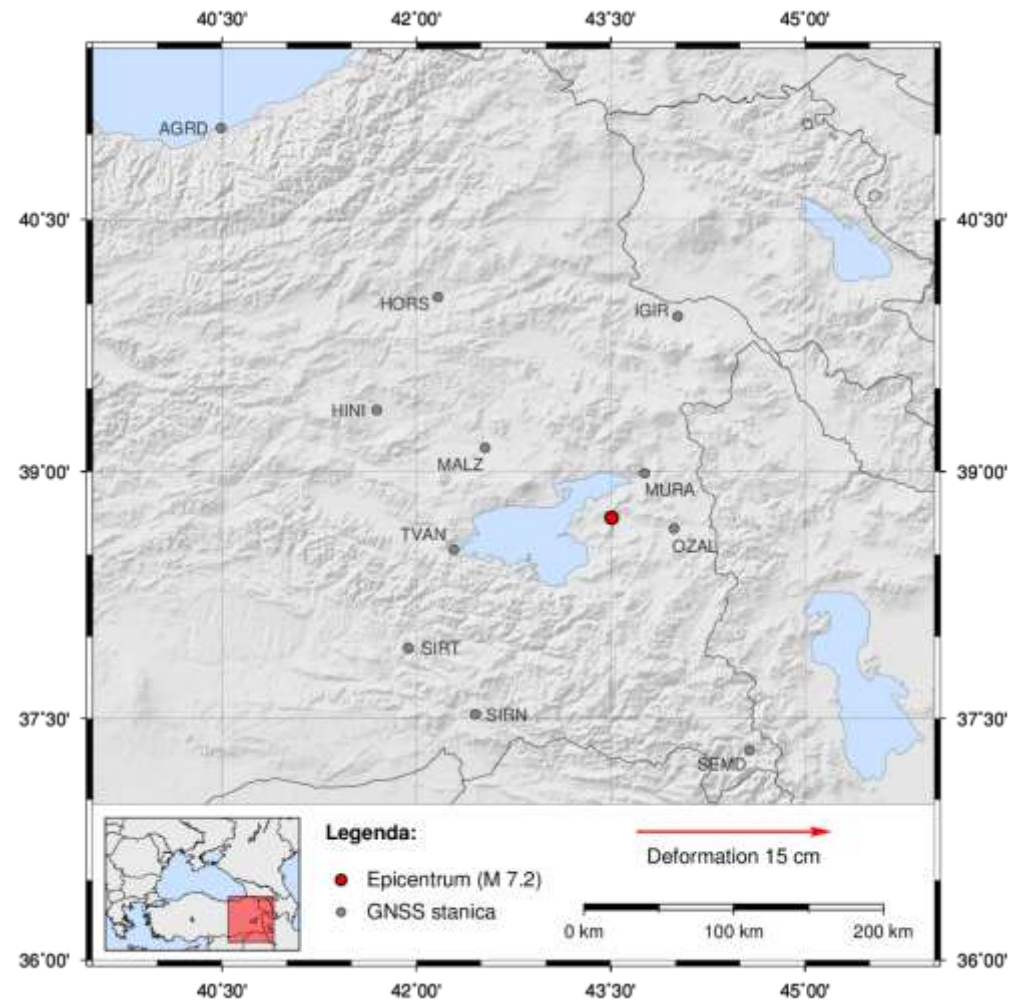
Zemetrasenie M6.3, Aquila, Stredné Taliansko, 6.4.2009, 01:32:30 UTC, stanice ROIO a CADO

- ROIO: vzdialenosť 4.5 km od epicentra, dynamické posuny > 10 cm, post-seizmický offset vo výške ~ -6 cm
- CADO: 12.9 km od epicentra, ~ 20 cm dynamické zmeny súradníc e-w, 15 cm v n-s a vo výške, post-seizmické posuny 5-15 cm



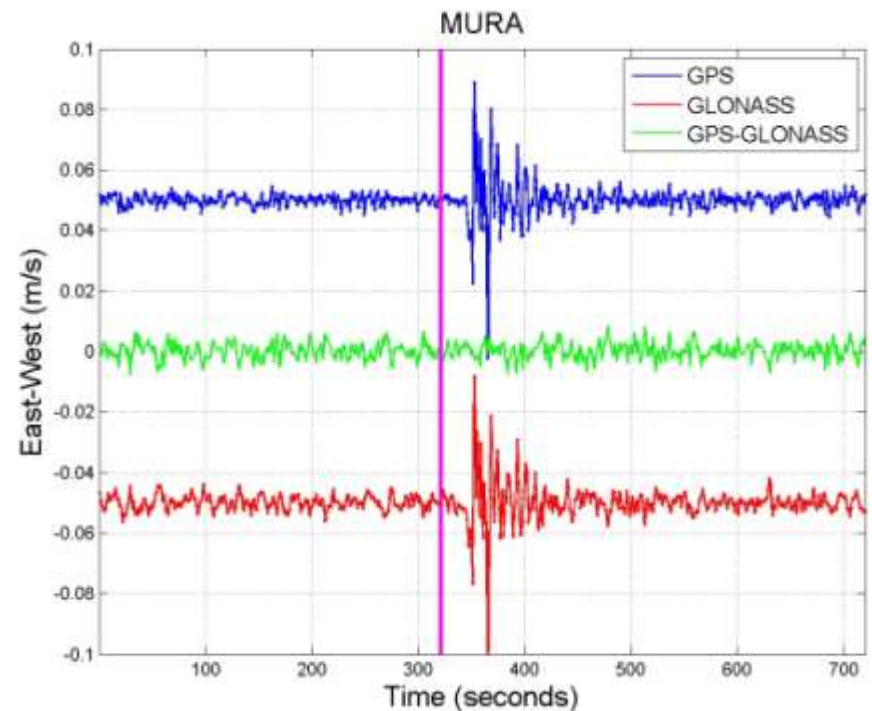
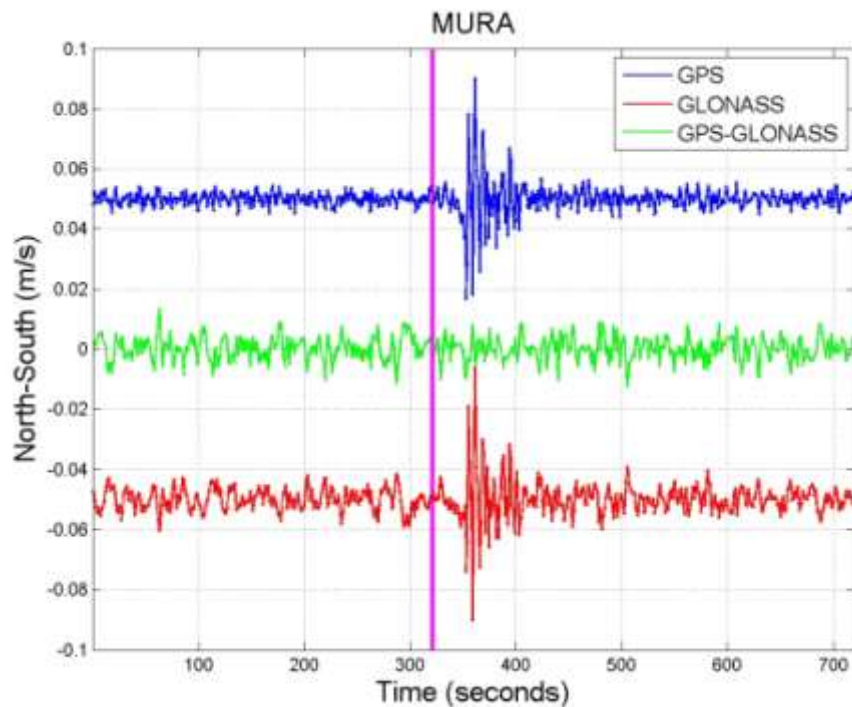
Zemetrasenie M7.2, Van, Turecko, 23.10.2011, 10:41:23 UTC

- Permanentné stanice vzdialené 35 – 200 km od epicentra
- Samostatné spracovanie GPS a GLONASS



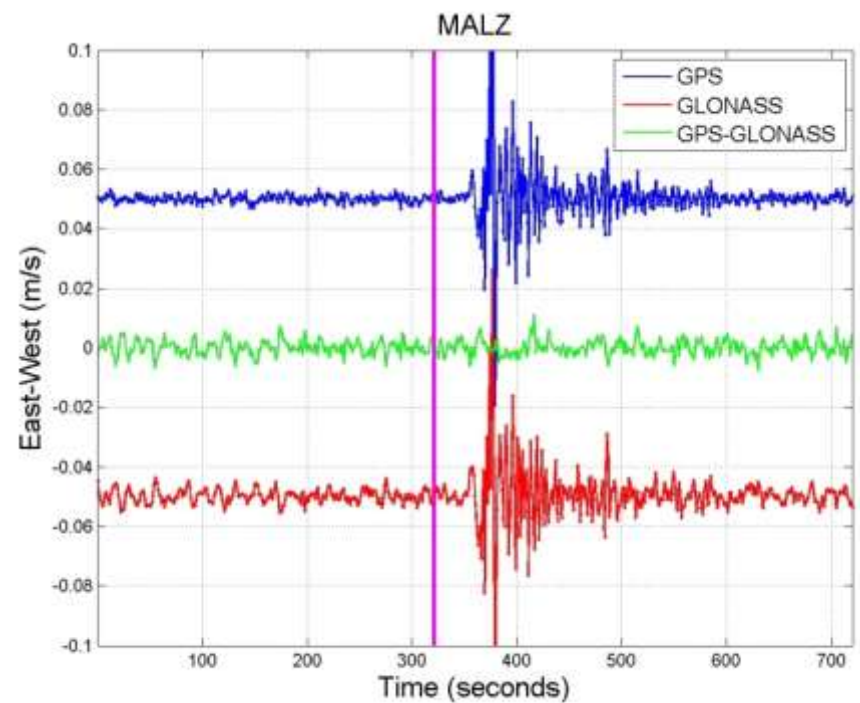
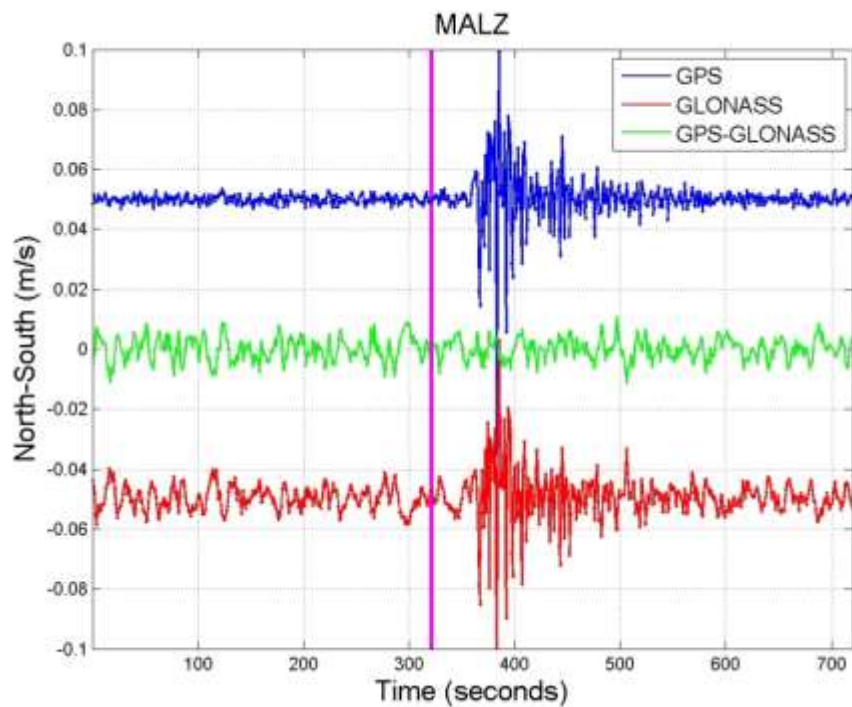
Zemetrasenie M7.2, Van, Turecko, 23.10.2011, 10:41:23 UTC, stanica MURA, Turecko

- Samostatné spracovanie GPS a GLONASS
- Stanica vzdialená 37 km od epicentra



Zemetrasenie M7.2, Van, Turecko, 23.10.2011, 10:41:23 UTC, stanica MALZ, Turecko

- Samostatné spracovanie GPS a GLONASS
- Stanica vzdialená 97 km od epicentra



Zemetrasenie M7.2, Turecko – vizualizácia GMT

Závery

- Analýza 1 Hz záznamov meraní GNSS preukázala možnosti detekcie náhlych a nepravidelných zmien polohy spojených so seizmickou aktivitou na úrovni ~ 10 mm.
- Oba aplikované prístupy – PPP v kinematickom móde a analýza rezíduí statickej PPP využívajúce Kalmanovu filtráciu sú vhodné na detekciu a opis priebehu zemetrasenia. Hlavnou prednosťou je potreba relatívne krátkeho intervalu meraní (silnejšie zemetrasenia – ~ 20 minútový záznam 1 Hz meraní, slabšie zemetrasenia – hustejší záznam meraní, napr. 10 Hz).
- Limitujúcim faktorom na ďalšie analýzy je dostupnosť vhodných meraní GNSS s vysokofrekvenčným záznamom.
- Využitie ďalších možností vizualizácie pomocou softvérového balíka Generic Mapping Tools (GMT).

Ďakujeme za pozornosť

