Convegno tra geologia e geofisica 2019
XVI Workshop di Geofisica

Sala conferenze “Fortunato Zeni” - Fondazione Museo Civico Rovereto Borgo S. Caterina 41, Rovereto – TN,
Giovedì 5 e venerdì 6 dicembre 2019



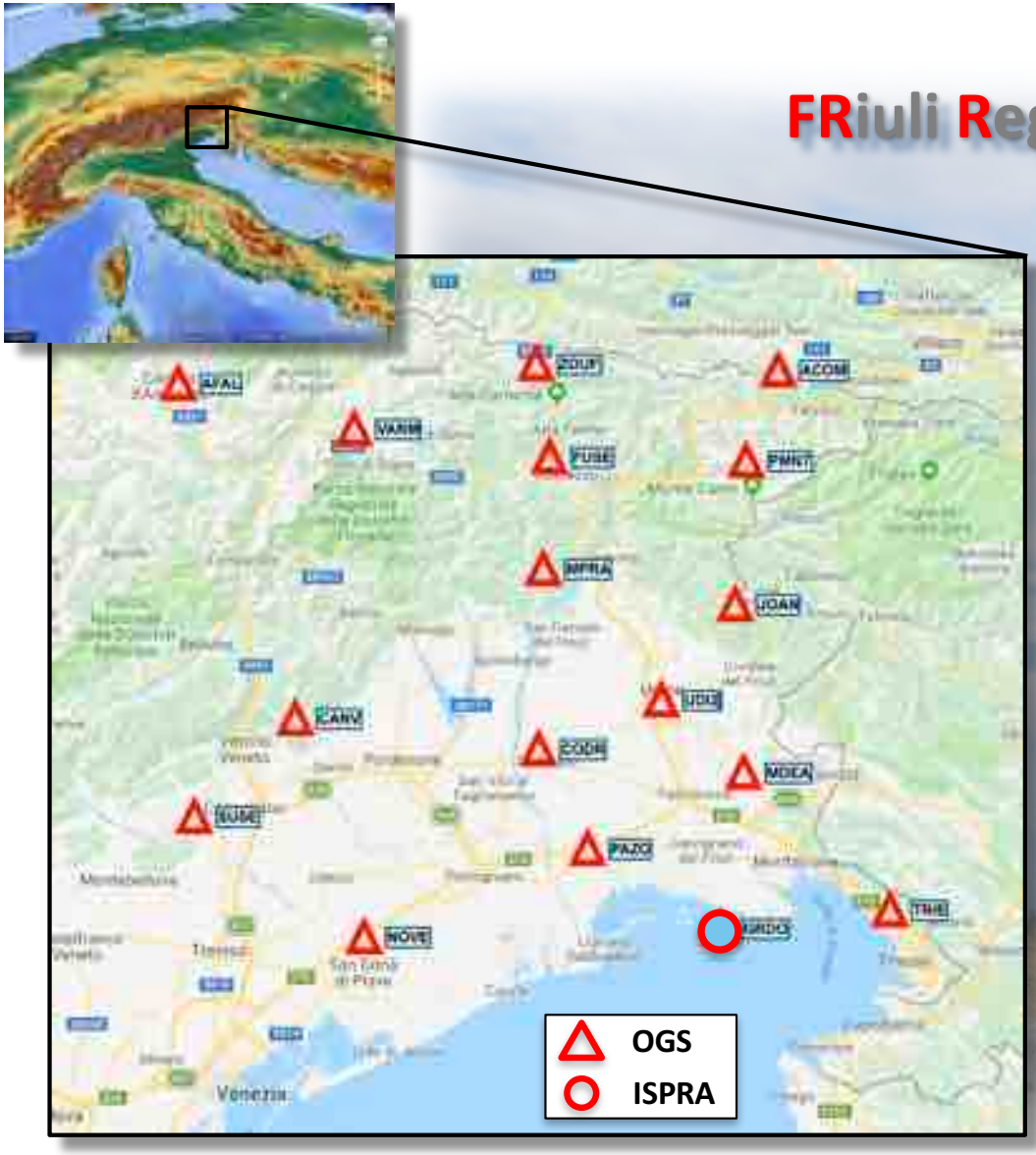
MONITORAGGIO FRANE E GNSS COST-EFFECTIVE

Autori: D. Zuliani[1], P. Fabris[1], M. Bertoni[1], E. Del Negro[1], M. Severin[2]

[1] Istituto Nazionale di Oceanograrfia e di Geofisica Sperimentale-OGS
[2] SoluTOP sas

FReDNet

FRiuli Regional Deformation Network

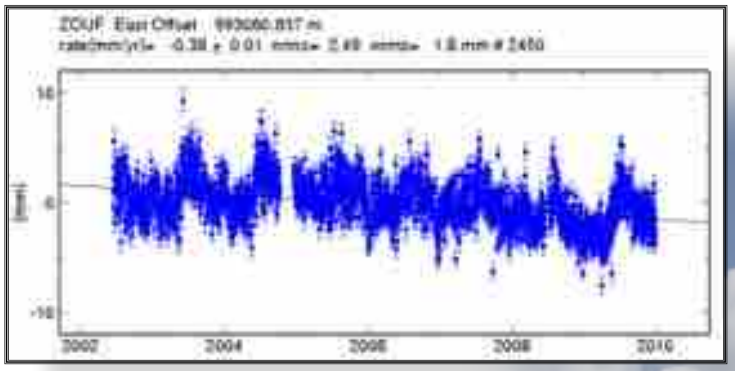


Zuliani et al. 2018

18 SITI GNSS PER LA RICERCA E I SERVIZI

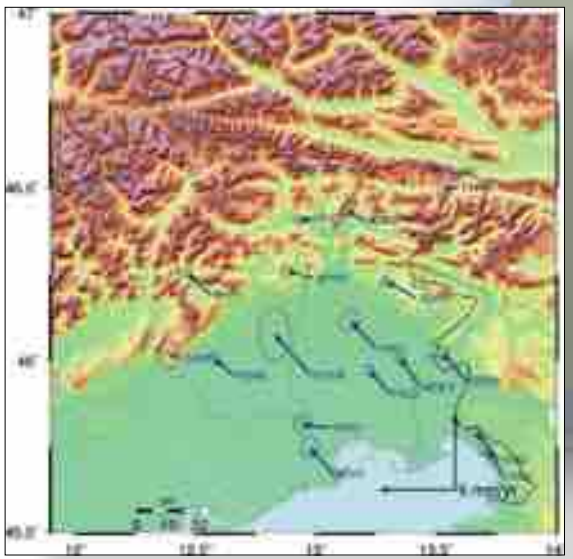
Dati, Prodotti, Software & Servizi GNSS

Serie temporali (GAMIT/GLOBK)



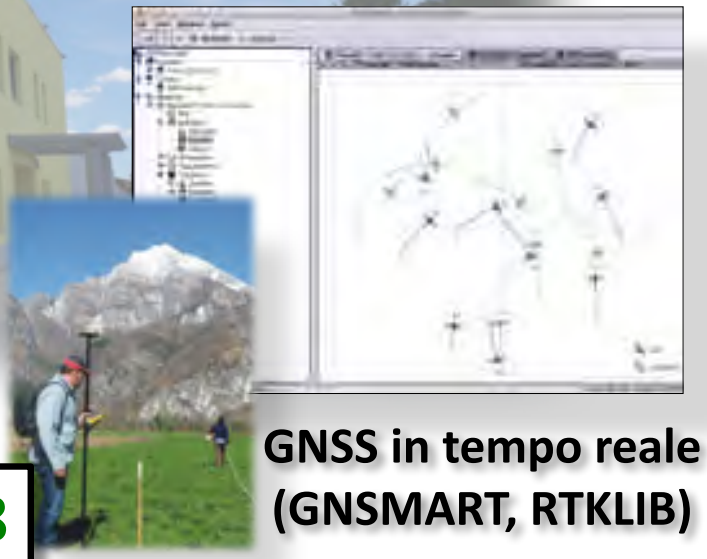
Dati (ftp, GSAC)





Campi di velocità (GAMIT/GLOBK)

Zuliani et al. 2018



GNSS in tempo reale (GNSMART, RTKLIB)

Condivisione dei dati GNSS nel nord-est Italia

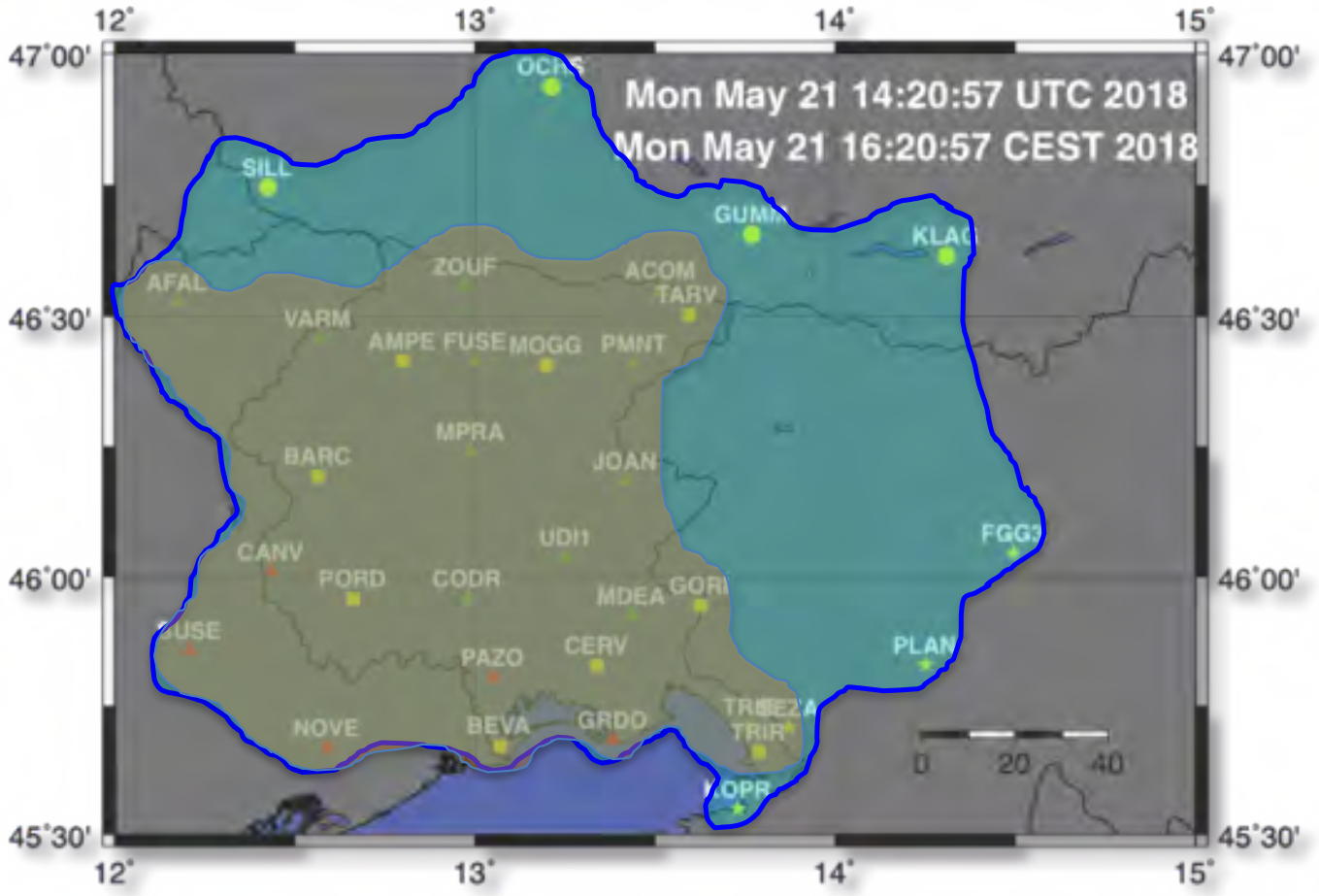
University of Ljubljana
Harpha Sea, d.o.o. Koper ☆ +

FVG MARUSSI □ +

EPOSA
ÖBB-IKT GmbH ○ +

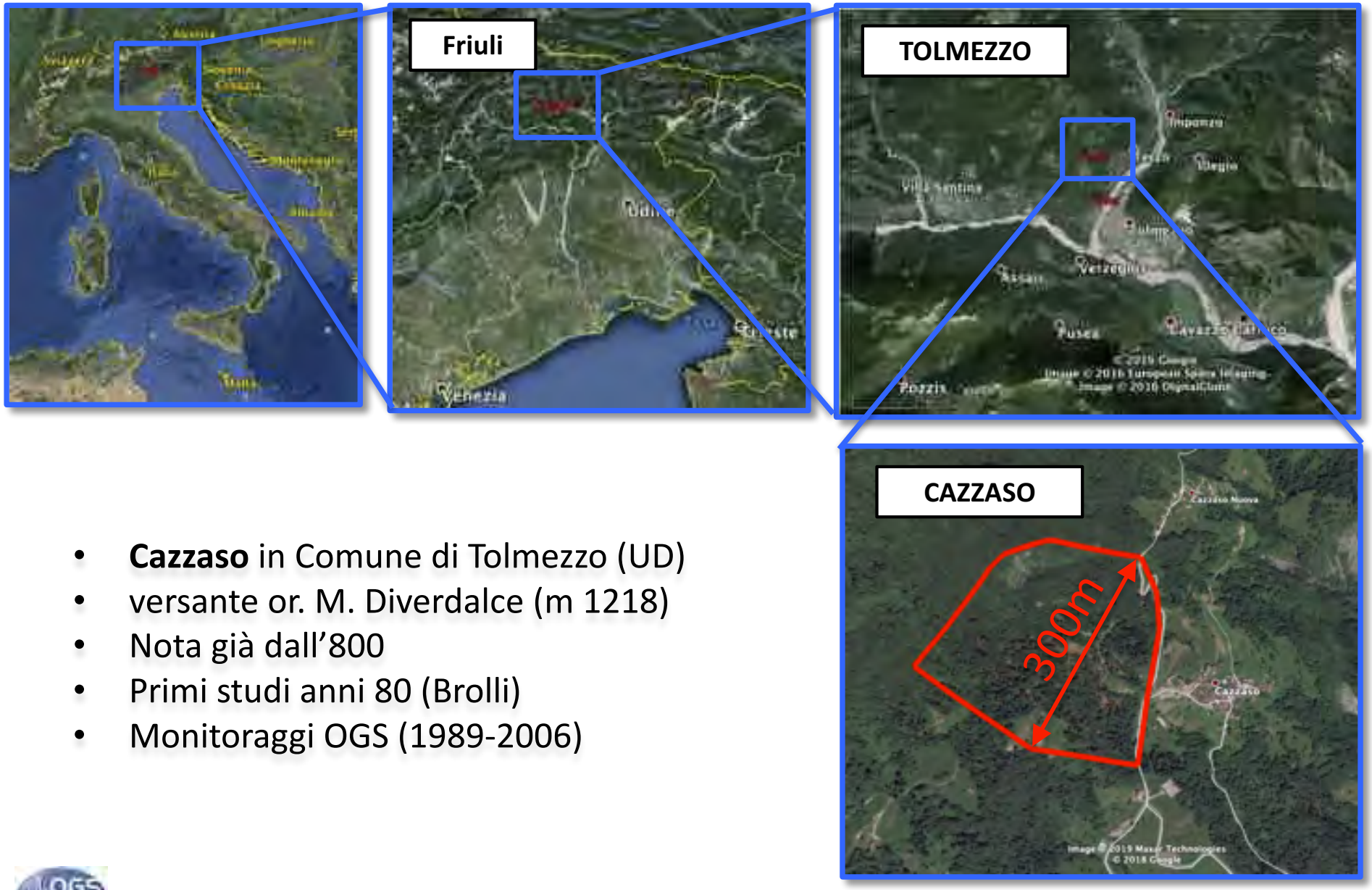
FReDNet △ =

Scambio dati real-time
&
Servizi estesi



OFF-LINE SINGLE SITE NET. SOL.

Primi passi: la frana di Tolmezzo



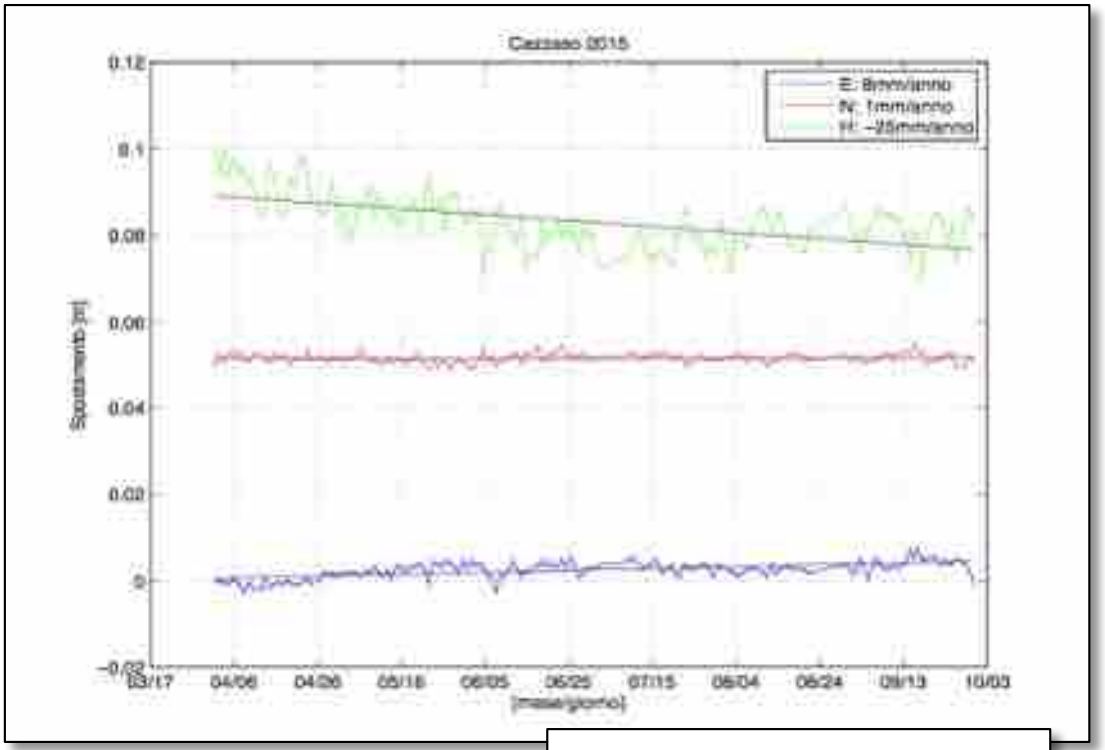
- **Cazzaso** in Comune di Tolmezzo (UD)
- versante or. M. Diverdalce (m 1218)
- Nota già dall'800
- Primi studi anni 80 (Brolli)
- Monitoraggi OGS (1989-2006)

La frana di Tolmezzo: prima soluzione

- 1 stazione GNSS permanente doppia frequenza;
- serie temporale giornaliera;
- inizio gennaio 2015, durata 1 anno.



STAZIONE GNSS CASO



EVOLUZIONE SPOSTAMENTI

La frana di Tolmezzo: vincoli e nuove richieste

- Vincoli sulla soluzione richiesta:
  - informazioni degli spostamenti sul corpo di frana (precisone **cm**);
  - **near real time** (delay min 3 ore);
  - automatico e autonomo, **H24** in qualsiasi condizione meteo;
  - permanente e su **più punti di misura;**
  - **a budget limitato;**
- Soluzioni analizzate:
  - InSAR (tempi di ritorno lunghi);
  - TInSAR terrestre (costi elevati/logistica);
  - LIDAR (tempi di ritorno lunghi);
  - Stazione Totale robotizzata (punto stabile/geometria/meteo);
  - **Microrete di stazioni GPS.**



Seasat (*)



SAR terrestre modello IBIS-L



Staz. tot. robotizzata

(*) NASA/JPL - http://www.jpl.nasa.gov/missions/missionImages.cfm?

La soluzione con microreti GNSS

- Microreti di stazioni **GPS**, proposte analizzate:
  1. GeoGuard (GRED. It);
  2. GOCA-GNSS-Control (Karlsruhe University of Applied Sciences. De);
  3. mmVu/Gemini (Lunitek. It), 3 soluzioni;
  4. CAN-GNSS (OrionMonitoringSystem. USA);
  5. B110/Polifemo (Topcon. It);
  6. NetRS/4DLite (Trimble CGT. It);
  7. NetR9/4DLite (Spektra Srl/Trimble. It), 2 soluzioni;
  8. GMX901 plus/GM10 Basic/Spider (Leica. It);
  9. **DISPLAYCE** di YETITMOVES;
  10. **LONE** (prototipo OGS) ed evoluzione **LZER0**.

TECNICHE DI ELABORAZIONE DEI DATI GNSS

- **statiche o in post-processing**
  1. Double Differences (**DD**);
     - alcuni errori di misura sono eliminati (lato Rover);
     - necessita di una stazione di riferimento (Master).

  2. Precise Point Positioning (**PPP**);
     - tutti i parametri del modello di calcolo sono stimati;
     - necessita delle traiettorie precise dei satelliti.

- **cinematiche o in tempo reale**
  1. Real Time Kinematic (**RTK**);
  2. PPP-RTK.

Zuliani et al. 2017

Singola frequenza VS doppia frequenza

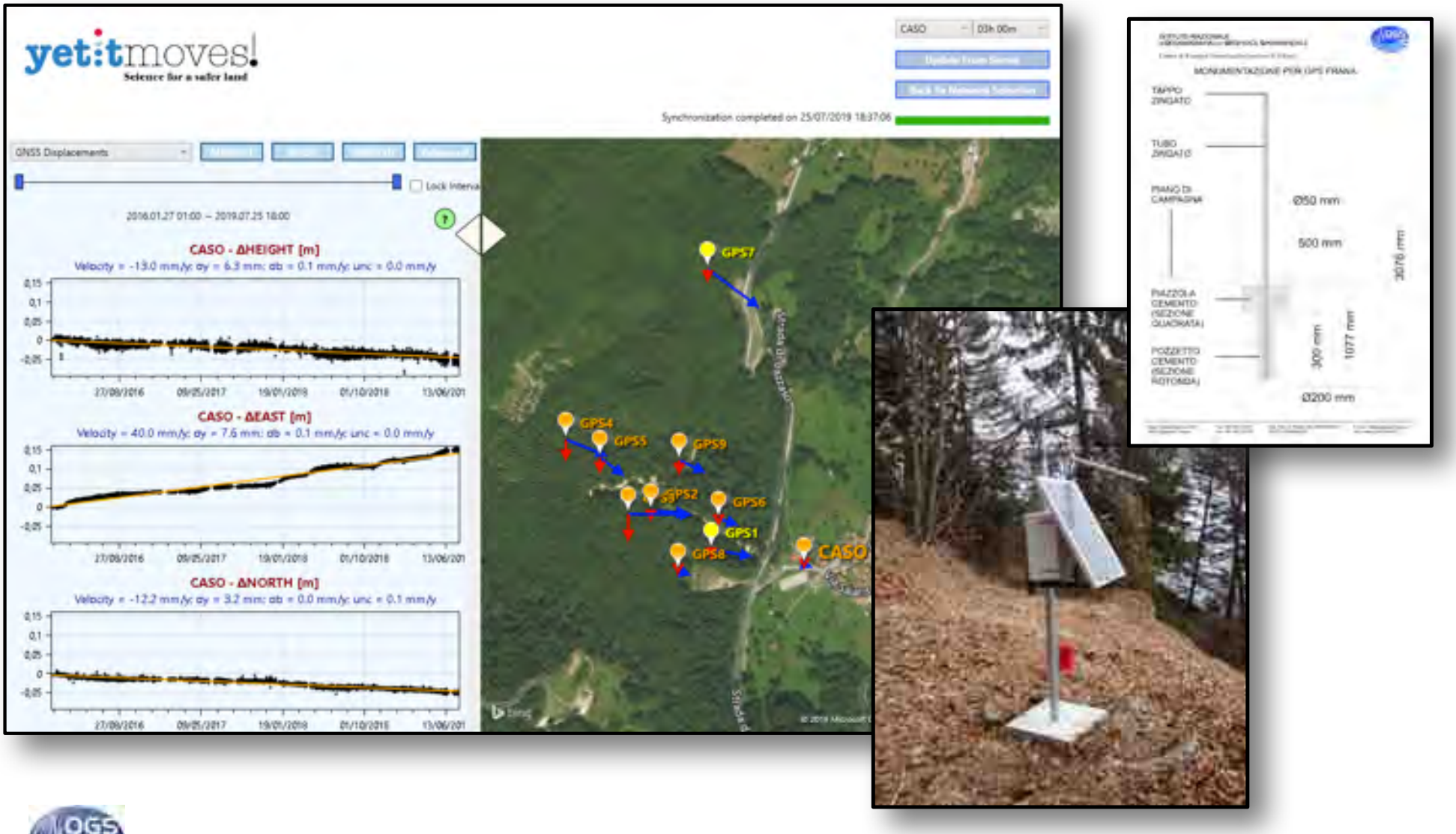
- Caratteristiche doppia frequenza
  1. baseline lunghe (diverse centinaia di km);
  2. per qualsiasi applicazione;
  3. costi elevati;

- Caratteristiche singola frequenza
  1. baseline corte (meno di 5km in PP e meno di 2km in RT);
  2. monitoraggi strutturali (precisone centimetrica);
  3. costi contenuti -> microreti GNSS Cost Effective (GNSS-CE).

Zuliani et al. 2017

Monitoraggio frane: GNSS-CE, soluzione N.1

DISPLAYCE: spostamenti in tempo differito di 1 ora, con client Microsoft Windows

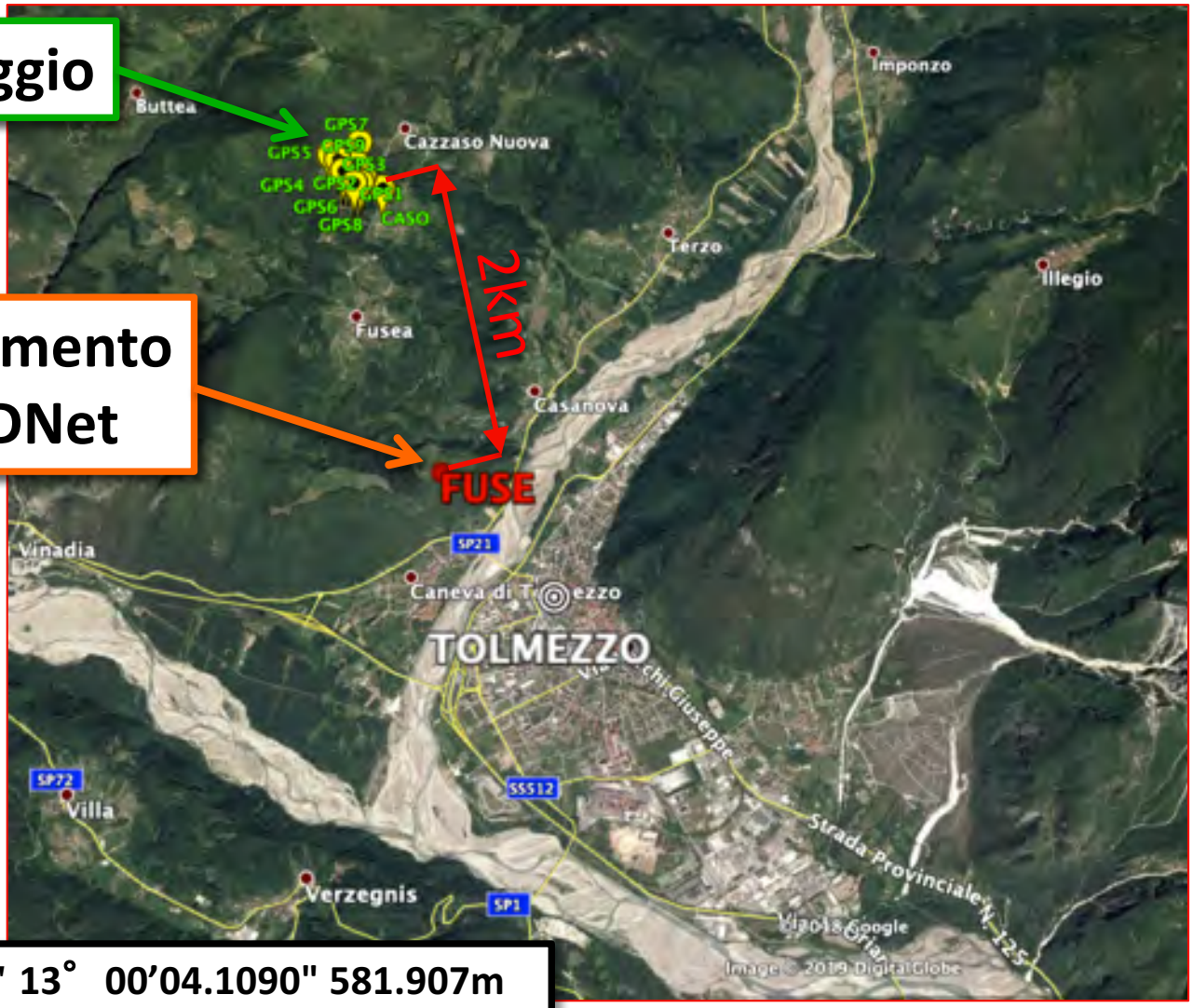


Monitoraggio frane: la microrete GNSS-CE di Tolmezzo

Rete di monitoraggio

Stazione di riferimento della rete FReDNet

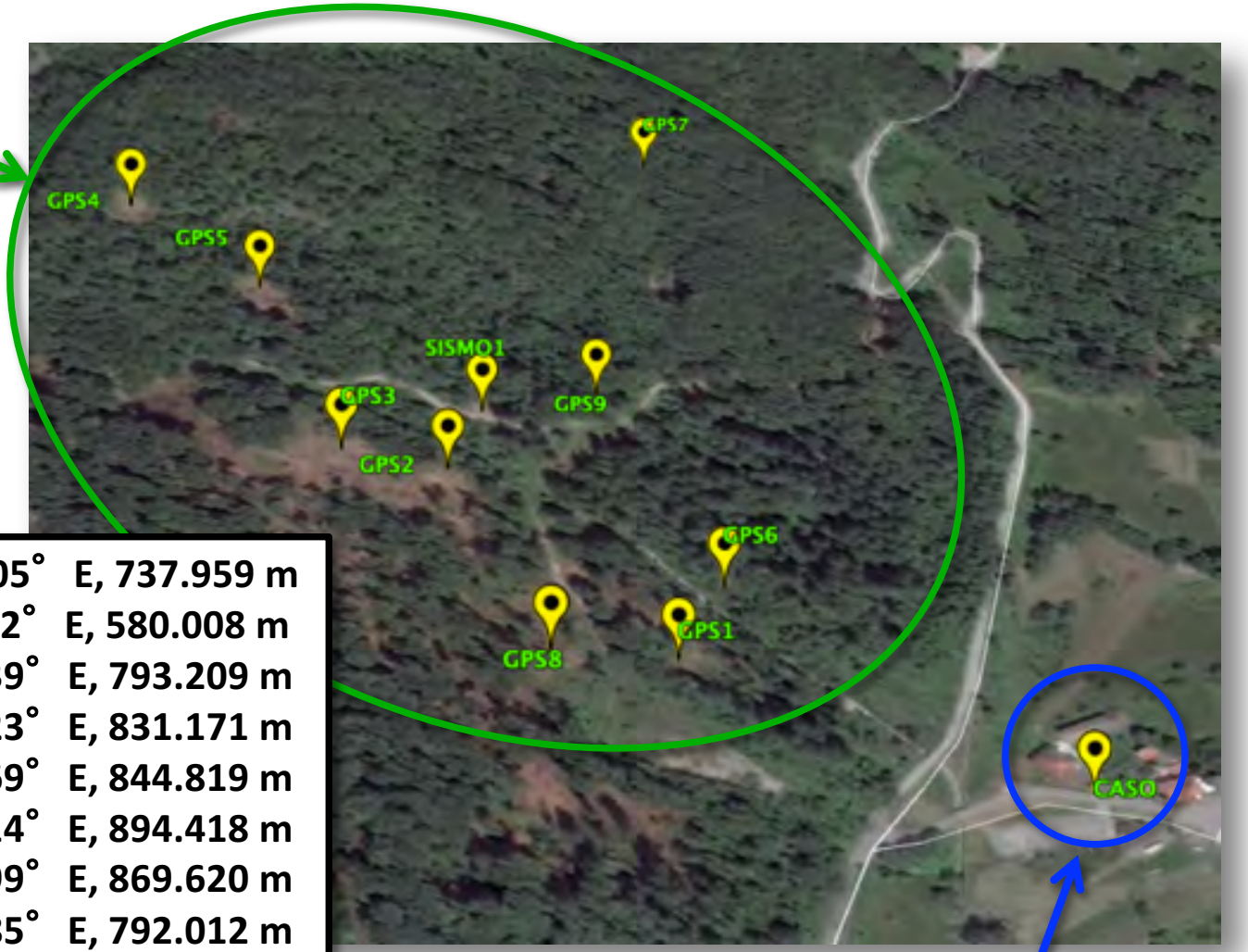




FUSE: 46° 24’ 50.9397" 13° 00’04.1090" 581.907m

Monitoraggio frane: la microrete GNSS-CE di Tolmezzo

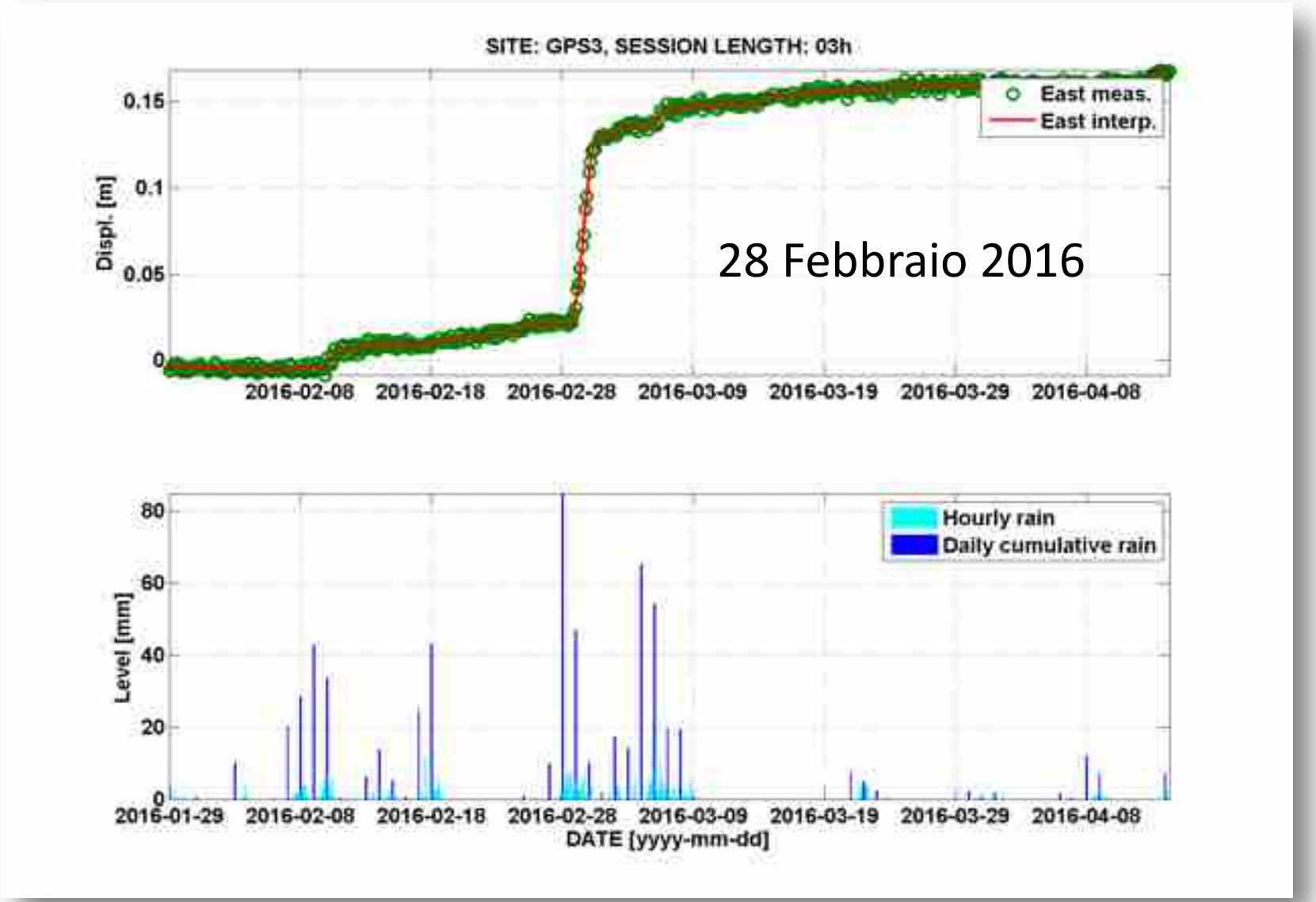
Rete di monitoraggio GPS singola frequenza



CASO:	46.431848°	N, 12.993505°	E, 737.959 m
FUSE:	46.414159°	N, 13.001142°	E, 580.008 m
GPS1:	46.432057°	N, 12.991639°	E, 793.209 m
GPS2:	46.432598°	N, 12.990423°	E, 831.171 m
GPS3:	46.432547°	N, 12.989969°	E, 844.819 m
GPS4:	46.433579°	N, 12.988714°	E, 894.418 m
GPS5:	46.433331°	N, 12.989399°	E, 869.620 m
GPS6:	46.432486°	N, 12.991785°	E, 792.012 m
GPS7:	46.435945°	N, 12.991565°	E, 851.225 m
GPS8:	46.431764°	N, 12.990972°	E, 810.348 m
GPS9:	46.433291°	N, 12.990992°	E, 824.105 m

Stazione GNSS doppia frequenza

La frana di Tolmezzo: primo evento significativo



La frana di Tolmezzo: la stampa

Si muove il fronte di Cazzaso,
strada chiusa
Tolmezzo: il sindaco ha ordinato lo ***stop al traffico*** *per la viabilità che sale da Fusea; pronto il piano di evacuazione*
di Gino Grillo 05 marzo 2016





TOLMEZZO. La frana di Cazzaso torna a muoversi e il sindaco ordina la chiusura della strada che da Fusea porta alla frazione. Riunione d'urgenza in municipio per valutare la gravità del sommovimento, noto da tempo, che interessa parte della frana che sovrasta gli abitati di Cazzaso e Cazzaso Nuova.
…

«Nelle ultime ore - ha spiegato il sindaco - i **GPS** hanno evidenziato che una porzione della frana, circa 100 metri per 50, dai 10 mila ai 15 mila metri di materiale, ha dato segni di movimento maggiore, ben **13 centimetri**, rispetto ai 4 - 5 riscontrati in tutto il mese di febbraio». Le previsioni meteo, assieme all'allerta della protezione civile, che prevedevano 70 millimetri di pioggia in sole 12 ore nel pomeriggio di ieri, hanno fatto alzare il livello di attenzione sulla frana.

Fonte: messaggero Veneto di Udine, ***http://messaggeroveneto.gelocal.it/udine***

La frana di Tolmezzo: altri eventi significativi

SITO	DATA INZIO	DATA FINE	DURATA [ore]	E [mm]	Pioggia acc [mm]
GPS3	28/02/16 20:00	01/03/16 07:00	35	100	90.2
GPS3	27/04/17 13:00	29/04/17 07:00	42	490	179
GPS3	27/10/18 22:00	09/11/18 11:00	301	224	95.2
GPS3	15/11/19 12:00	27/11/19 00:00	276	502	274.2



La frana di Tolmezzo: …alcuni imprevisti

GPS7









Monitoraggio frane: GNSS-CE, soluzione N.2

Sistema *LZERO* sviluppato in collaborazione tra OGS e SoluTOP

- **spostamenti in tempo reale, una misura ogni secondo**
- **client: qualsiasi browser**

- Progetto interno **OGS** per lo sviluppo di un prototipo GNSS singola frequenza L1 a basso costo con precisione centimetrica;
- per svolgere con semplicità e piena autonomia da parte del singolo operatore di campagna attività di **geolocalizzazione** in ambito Topografico, GIS, **Monitoraggio**;
- **tesi** di master Zuliani/Ponton (2017), Istituto di Oceanografia e Geofisica Sperimentale, OGS, Politecnico di Milano;
- collaborazione **pubblico-privato**;

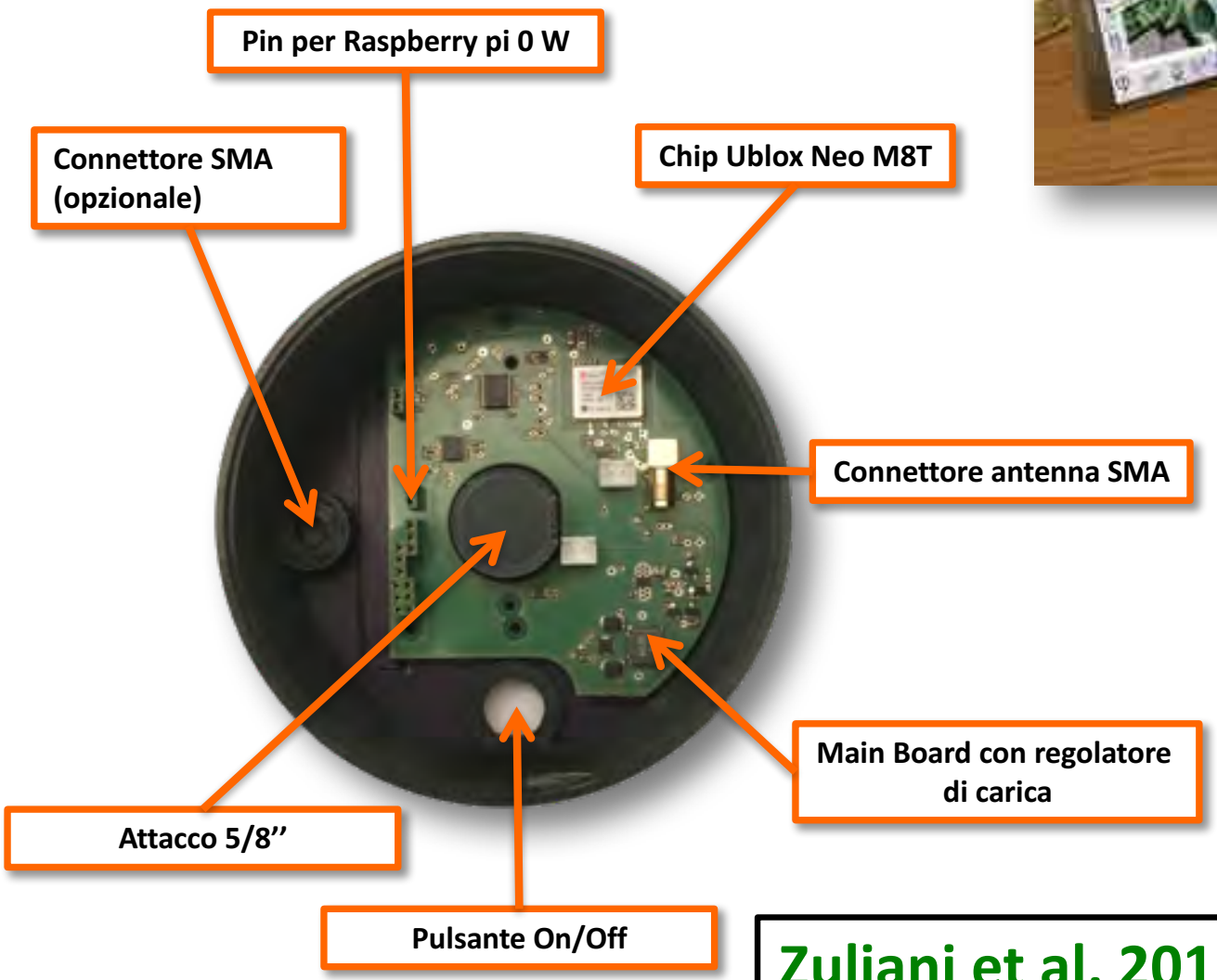




Zuliani et al. 2017

Monitoraggio frane: LZER0

- nato per topografia, GIS,..

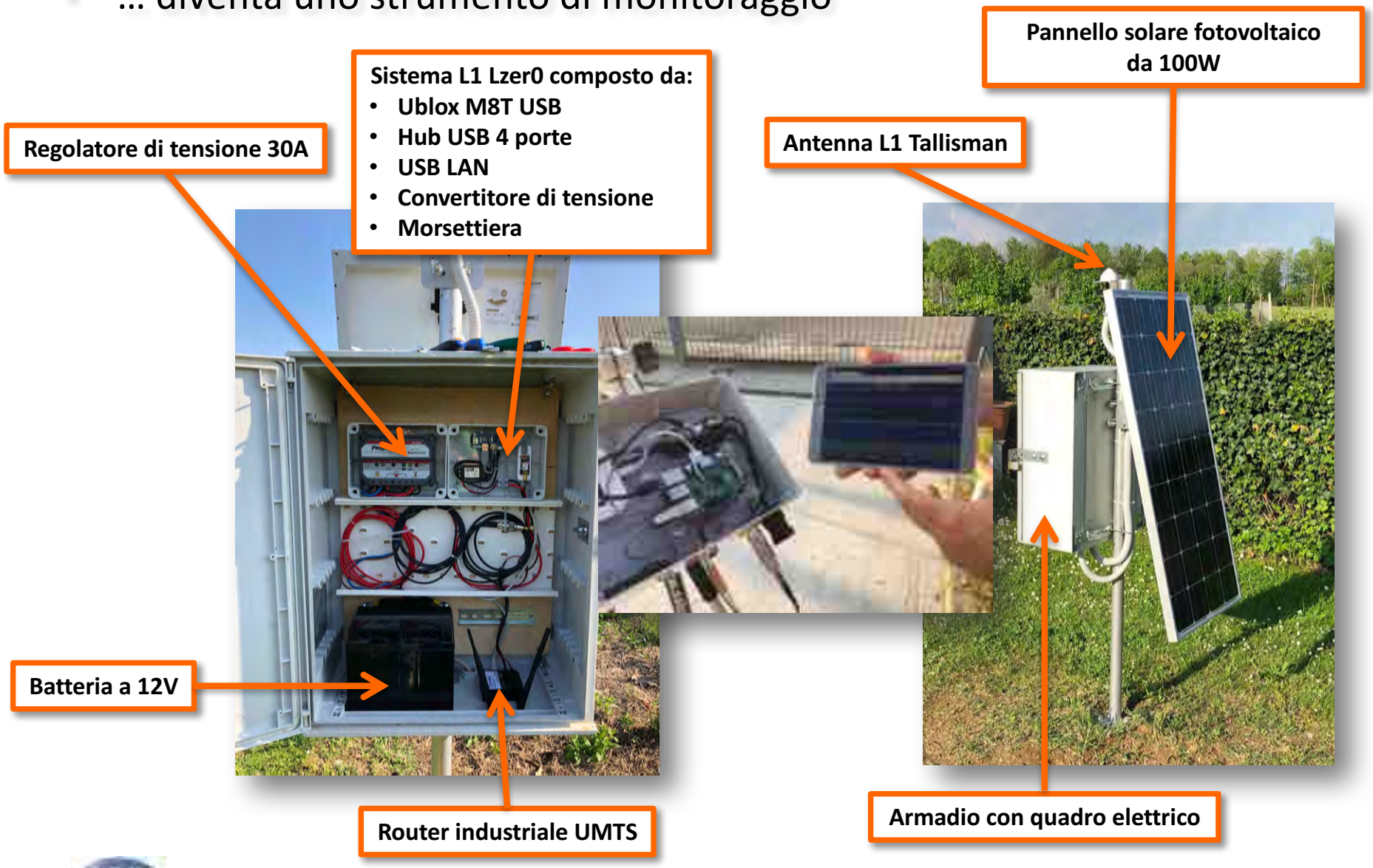




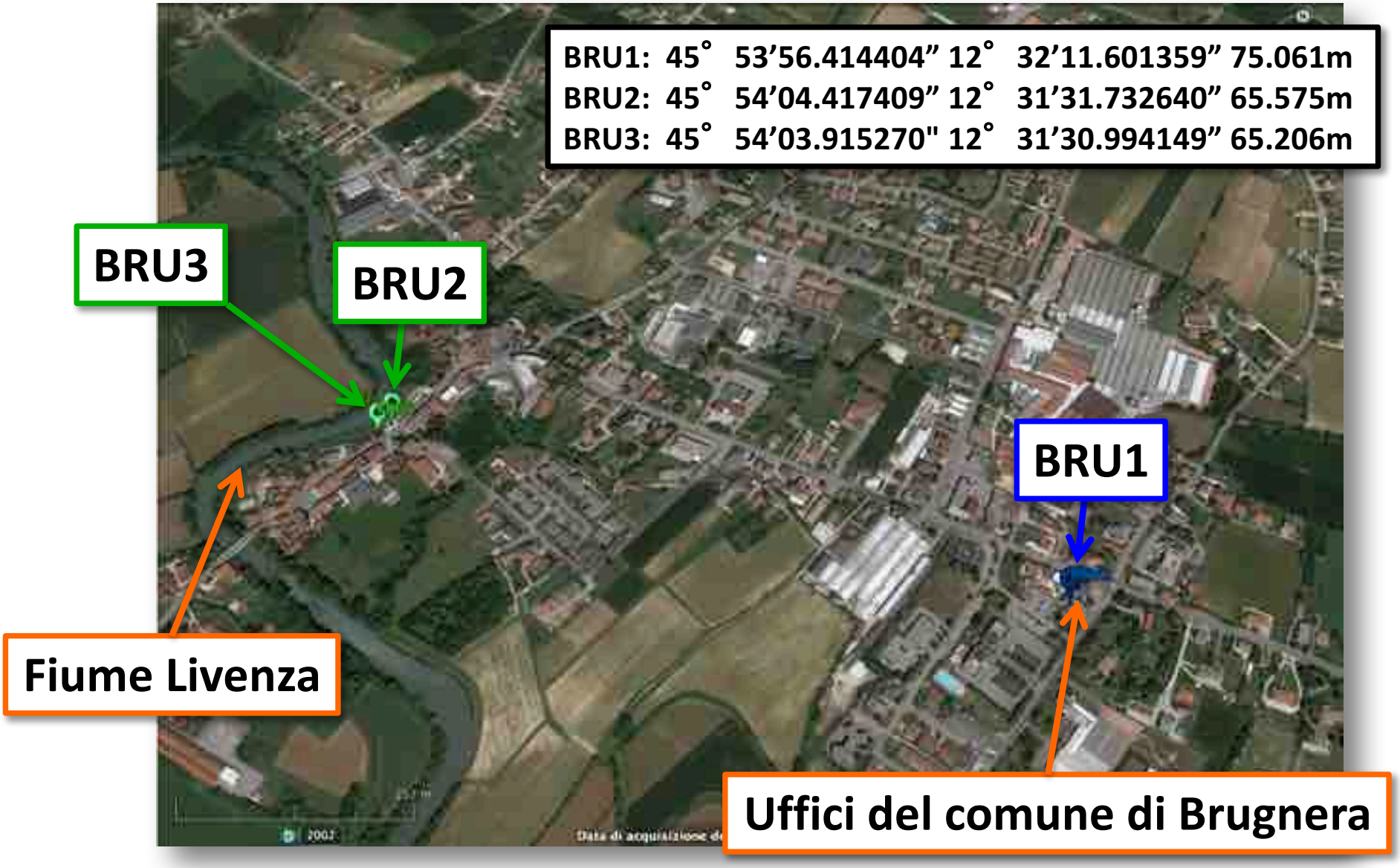
Zuliani et al. 2017

Monitoraggio frane: LZER0

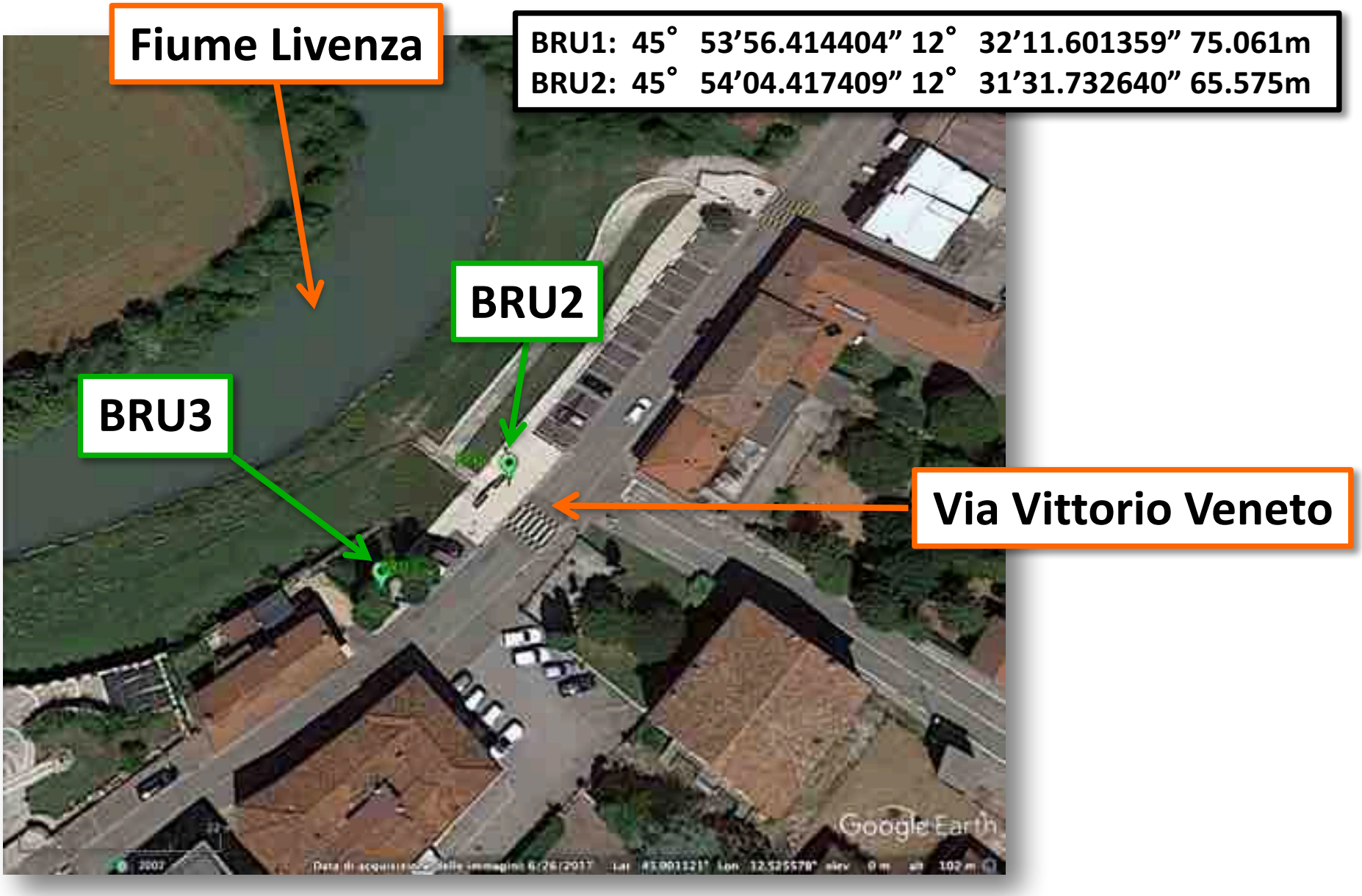
- … diventa uno strumento di monitoraggio



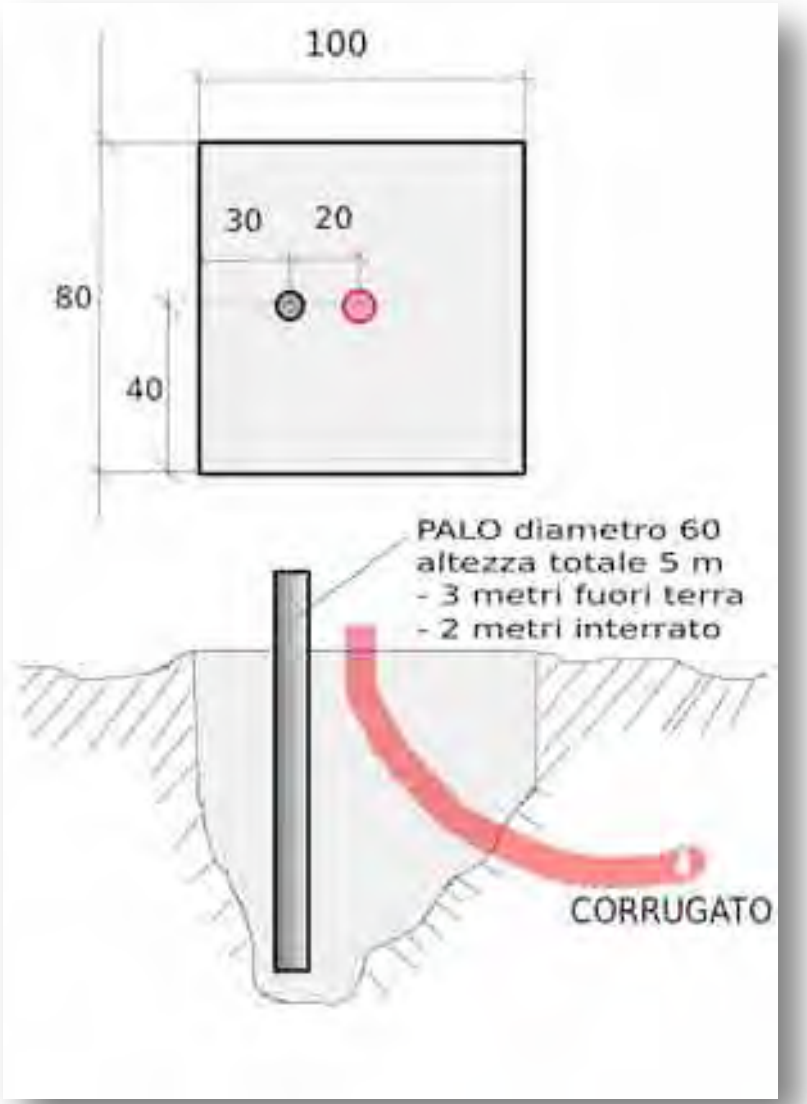
Monitoraggio frane: la microrete GNSS-CE di Brugnera



Monitoraggio frane: la microrete GNSS-CE di Brugnera



Monitoraggio frane: la microrete GNSS-CE di Brugnera

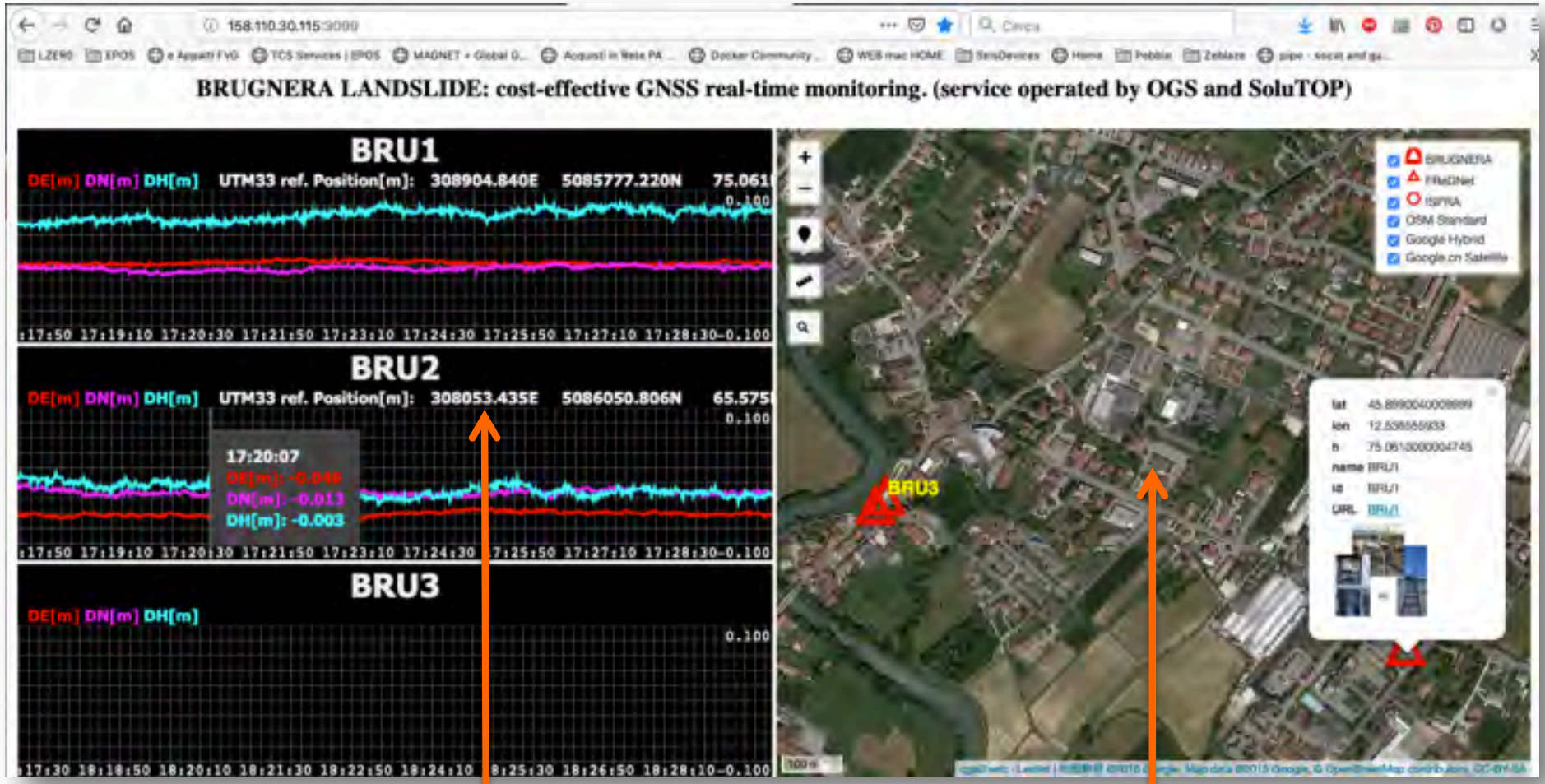




Monitoraggio frane: la microrete GNSS-CE di Brugnera



Monitoraggio frane: la microrete GNSS-CE di Brugnera



Serie temporali in tempo reale

Mappa delle stazioni interattiva

Monitoraggio frane: la microrete GNSS-CE di Brugnera



Bibliografia

- Zuliani D., Fabris P., Rossi G. (2018), FReDNet: Evolution of a Permanent GNSS Receiver System. In: Cefalo R., Zieliński J., Barbarella M. (eds) New Advanced GNSS and 3D Spatial Techniques. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. Springer, Cham, First Online: 08 July 2017 DOI: 10.1007/978-3-319-56218-6_10;

- Zuliani D., Ponton C. (2017), Master Thesis "Organizzazione e gestione di un progetto per lo sviluppo di un prototipo GNSS cost-effective per applicazioni topografiche e monitoraggio strutturale LZER0" at the "Politecnico di Milano Graduate School of Business MIP" (Master in Management of Research, Innovation and Technology Master MIT IV edizione);

- David Zuliani, Michele Bertoni, Cristian Ponton, Paolo Fabris, Marco Severin, Gabriele Ferin, Giuliana Rossi (2017). GNSS single-frequency devices at OGS: LZER0 a cost-effective prototype. GNGTS meeting 14-16 november 2017, Trieste, Italy, poster, DOI: 10.13140/RG.2.2.32319.61605;

- Zuliani D, Fabris P, Del Negro E, Bertoni M, Durì G (2016) Il sistema di monitoraggio GNSS di Esri Italia SENDAS: il case history della frana di Tolmezzo (UD), Conferenza Esri Italia, pp 20–21 Aprile 2016 Roma, doi: 10.13140/RG.2.1.3782.6966;

- Rossi G., Zuliani D., Fabris P., 2016. Long-term GNSS measurements through Northern Adria microplate reveal fault-induced fluid mobilization, Tectonophysics, 690, 142-159, doi: 10.1016/j.tecto.2016.04.031. (and Tectonophysics, 694, 486–487, doi: 10.1016/j.tecto.2016.10.035);

- Métois, M., N. D'Agostino, A. Avallone, N. Chamot-Rooke, A. Rabaute, L. Duni, N. Kuka, R. Koci, and I. Georgiev (2015), Insights on continental collisional processes from GPS data: Dynamics of the peri-Adriatic belts, J. Geophys. Res. Solid Earth, 120, 8701–8719, doi: 10.1002/2015JB012023;

- Devoti R., Zuliani D., Braitenberg C., Fabris P., Grillo B., (2015) Hydrologically induced slope deformations detected by GPS and clinometric surveys in the Cansiglio Plateau, southern Alps, Earth and Planetary Science Letters, 419, 134-142, 10.1016/j.epsl.2015.03.023.

Ringraziamenti

- **ISPRA** - Centro Nazionale per la caratterizzazione ambientale e la protezione della fascia costiera e l'oceanografia operativa, Area Maree e Lagune – Venezia
- GNSS network "**Antonio Marussi**" of Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia.
- **University of Ljubljana** Faculty of Civil and Geodetic Engineering Geodetic Department
- **ÖBB Infrastruktur AG** – Ferrovie federali austriache
- **Harpha Sea**, d.o.o. Koper
- **YETITMOVES** S.r.l. c/o EUCENTRE
- **SoluTOP** sas di Marco Severin
- **Comune di Tolmezzo** (UD), Italia



Conlcusioni

- La tecnologia GNSS-CE (Cost Effective) è adatta ai monitoraggi strutturali;
- l'evoluzione continua in ambito GNSS assicura risultati sempre più precisi e robusti;
- l'utilizzo di soluzioni in tempo reale è un'esigenza.

http://frednet.crs.inogs.it



Grazie per l'attenzione