

Monitoraggio di variazioni di stabilità degli edifici in muratura durante uno sciame sismico ante-evento (foreshock): il caso dell'Aquila.

Applicazioni di tecniche di geodesia spaziale

Dott. Massimo Morigi - Direttore del Comitato Scientifico e di Ricerca della Fondazione Permanente G.Giuliani

La Fondazione Permanente G. Giuliani è una Fondazione senza scopo di lucro, costituita da persone giuridiche ed Enti nazionali e internazionali. E' impegnata nel monitoraggio dell'ambiente e del clima, alla prevenzione e previsione delle catastrofi; persegue, per statuto, la promozione della ricerca sulla Fisica della Terra, attraverso lo studio degli elementi fisici, chimici avvalendosi di tutti i sistemi multidisciplinari, per la valutazione del rischio sismico.

ATTUALI CAMPI DI RICERCA:

- ✓ Relazioni tra anomalie atmosferiche, ionosferiche e di Rn (prof.ri D. Ouzounov e S. Pulinets);
- ✓ Risposta sismica locale (Dr. R. Di Francesco);
- ✓ Sensori gamma (Tec. G. Giulianli);
- ✓ Applicazione di tecniche di geodesia spaziale: tecniche DInSAR, A-DInSAR e GNSS (Dr. M. Morigi);
- ✓ Monitoraggio dei campi elettromagnetici (prof. C. Fidani e Dr. D. Marcelli)

PREVENZIONE E RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO PER LA SICUREZZA DEL TERRITORIO

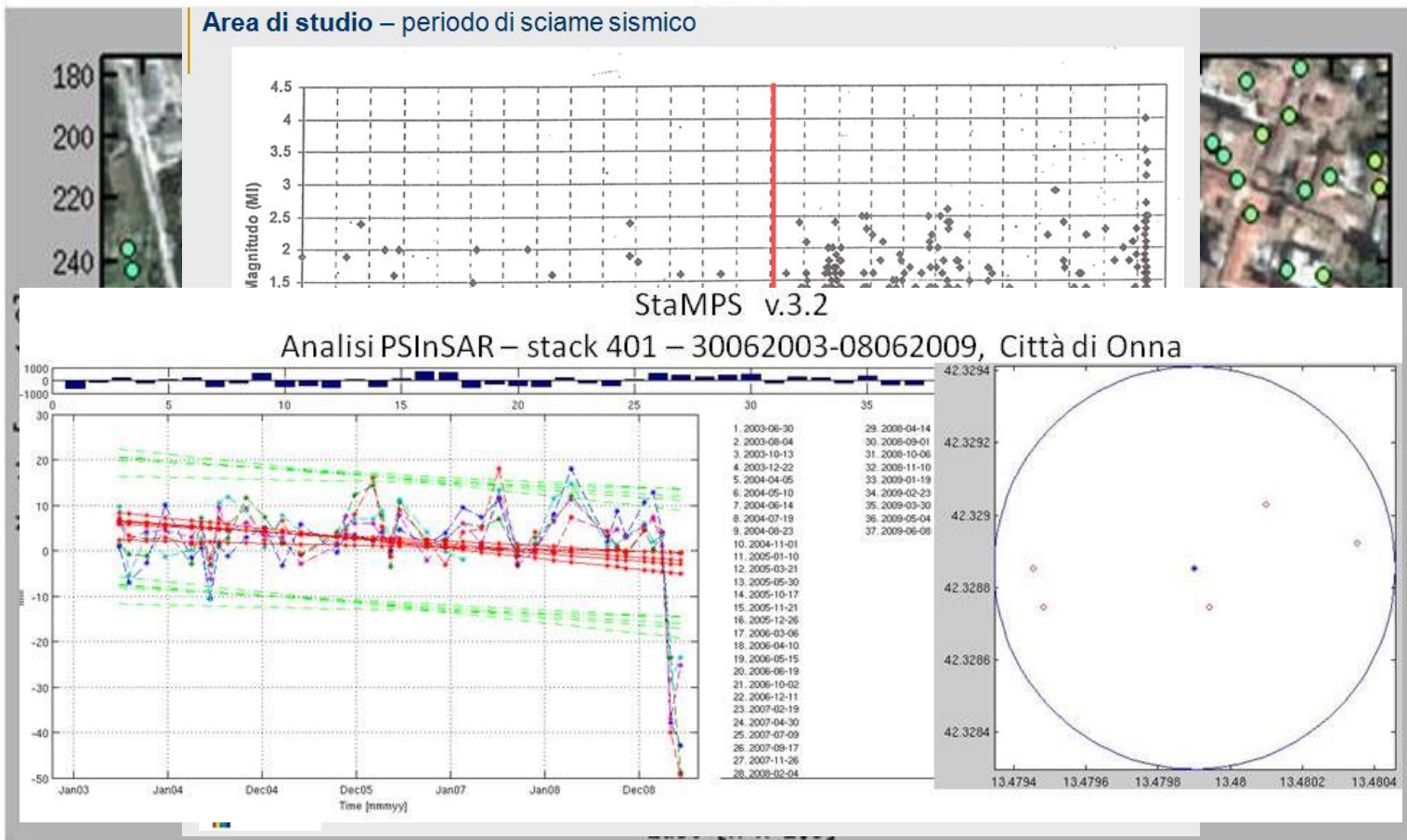
10 aprile 2015 - LANCIANO (CH)

Monitoraggio di variazioni di stabilità degli edifici in muratura durante uno sciame sismico ante-evento (foreshock): il caso dell'Aquila.

Applicazioni di tecniche di geodesia spaziale

Dott. Massimo Morigi - Direttore del Comitato Scientifico e di Ricerca della Fondazione Permanente G.Giuliani

ATTI



nov

Re

PREVENZIONE E RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO PER LA SICUREZZA DEL TERRITORIO

10 aprile 2015 - LANCIANO (CH)

Monitoraggio di variazioni di stabilità degli edifici in muratura durante uno sciame sismico ante-evento (foreshock): il caso dell'Aquila.

Applicazioni di tecniche di geodesia spaziale

Dott. Massimo Morigi - Direttore del Comitato Scientifico e di Ricerca della Fondazione Permanente G.Giuliani

Quesito:

Perché si è sentita la necessità di ricercare strumenti e dati per monitorare la stabilità degli edifici durante uno sciame sismico?

Per rispondere ad una legittima domanda: **è vulnerabile casa mia, la scuola dei miei figli, il luogo di culto dove prego, l'ospedale o il mio posto di lavoro?**

LA PREVENZIONE E' NECESSARIA, MA DEVE PARTIRE DAL BASSO

Tale necessità è stata anche confortata da una **affermazione e una significativa sollecitazione**, nata in risposta ad una mia intervista rilasciata al settimanale Espresso nell'agosto del 2010 a seguito del terremoto del 06 aprile 2009 che colpì l'Abruzzo, in cui si auspicava per un **“dibattito scientifico aperto”**, il **possibile impiego di dati SAR e l'impiego di tecniche Interferometriche Differenziali SAR (DInSAR) per il monitoraggio delle costruzioni a rischi crolli (quelle censite come vulnerabili dalla Regione Abruzzo e dal Dipartimento della Protezione Civile Nazionale) , prima del terremoto.**

PREVENZIONE E RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO PER LA SICUREZZA DEL TERRITORIO

10 aprile 2015 - LANCIANO (CH)

L'affermazione,

a firma degli allora Vice Capo del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale e il Direttore dell'Ufficio Prevenzione è che **“non è pensabile”** sostengono, **“né oggi né probabilmente mai, che l'interferometria differenziale satellitare possa individuare e quantificare danni consistenti in leggere lesioni, tipicamente in assenza di spostamenti significativi delle coperture degli edifici”** (Espresso, 2010).

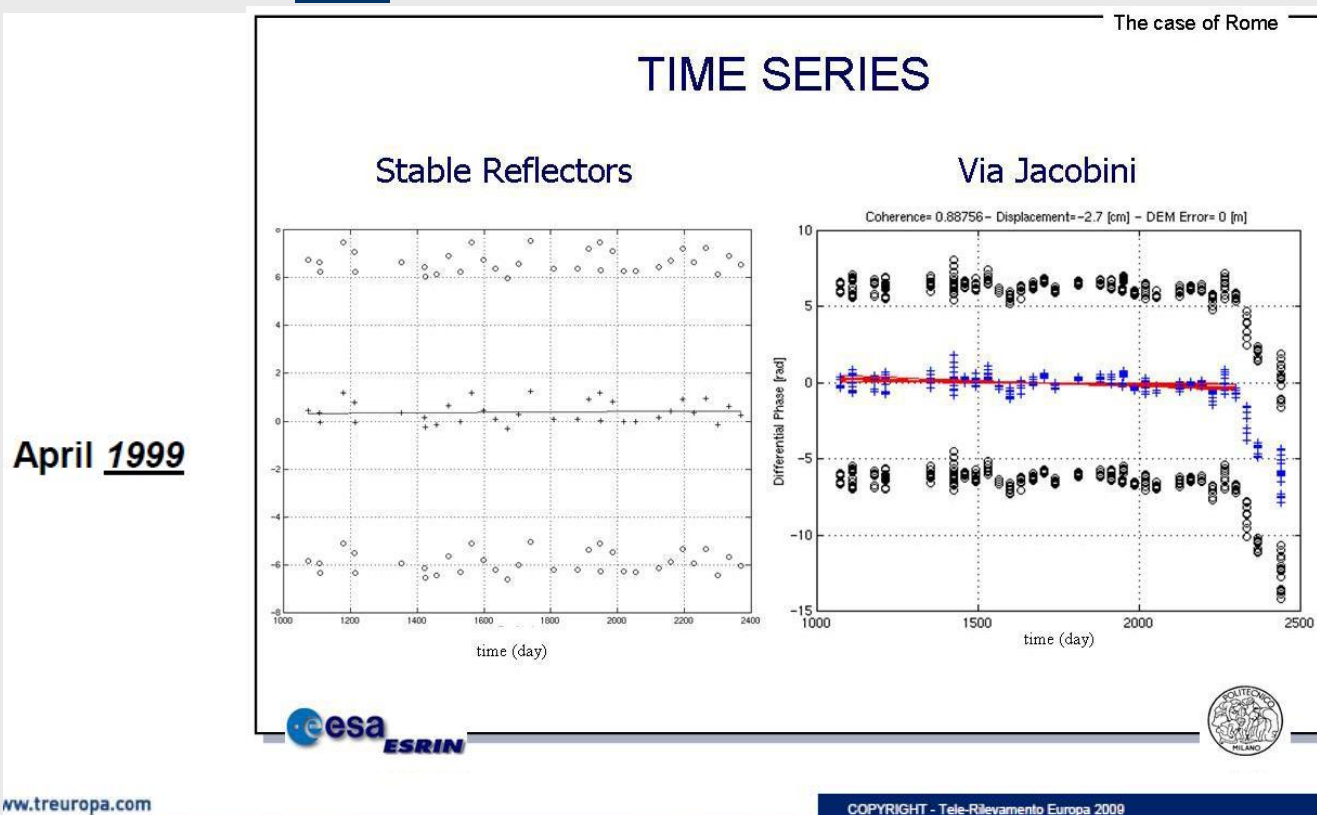
La significativa sollecitazione,

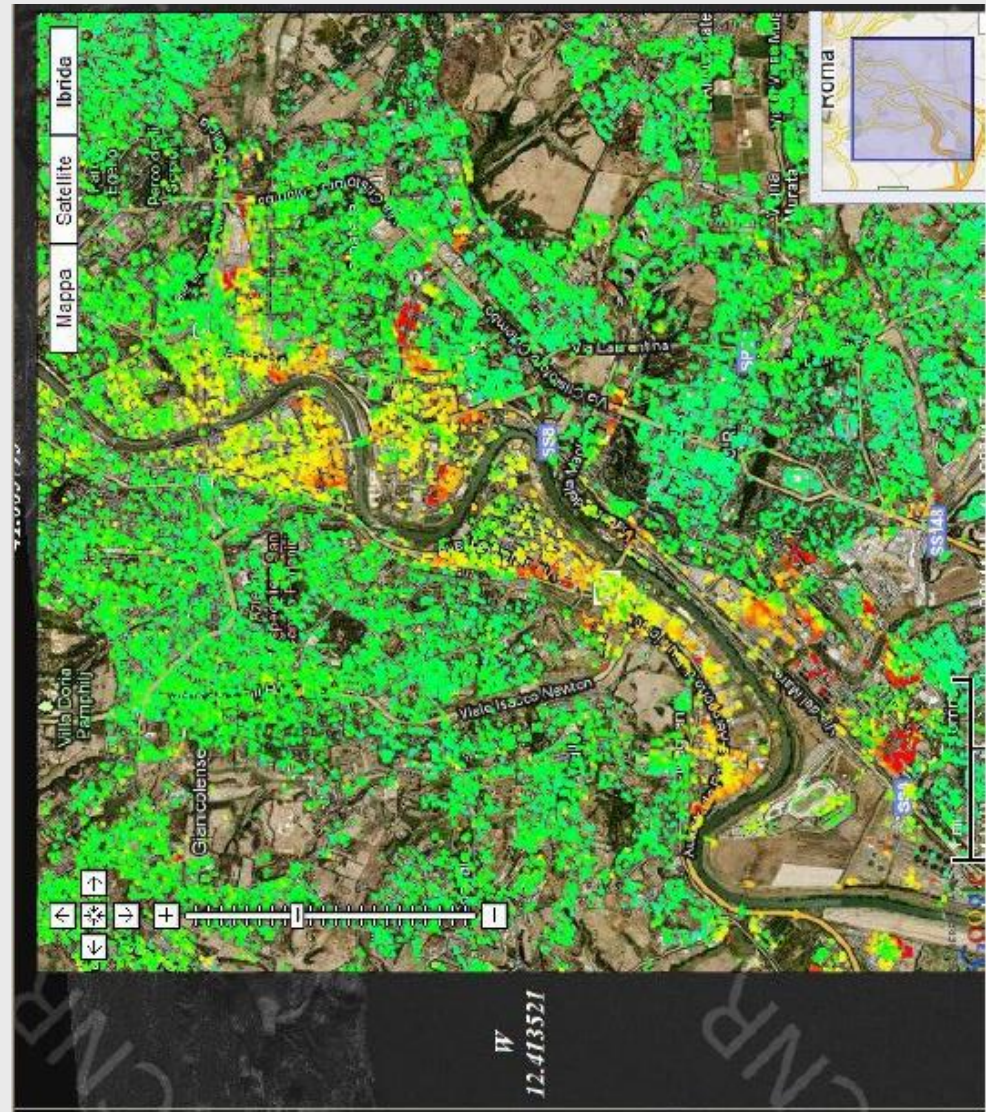
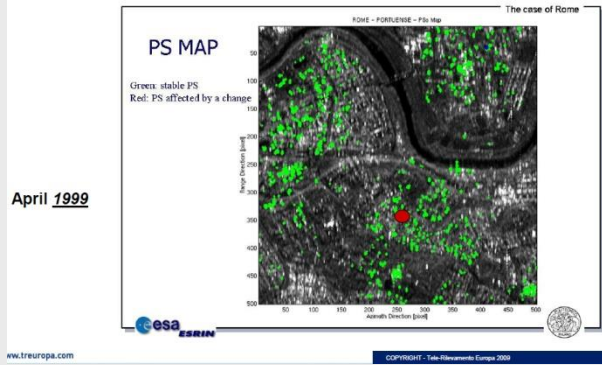
anch'essa nata in risposta all'articolo sopra citato, a firma del Dipartimento Protezione Civile (DPC), dal Prof. Claudio Prati (POLIMI), Prof. Fabio Rocca (POLIMI), Prof. Nicola Casagli (UNIFI) e Ing. Alessandro Ferretti (TRE) è che **“La stima del danno sismico dei fabbricati** a partire da dati satellitari, più volte citata non solo in ambito scientifico, ma anche su alcuni media nazionali (recentemente in relazione al terremoto in Abruzzo), **non è – ad oggi – uno strumento operativo, ma costituisce un interessante campo di ricerca interdisciplinare, dove sarà imprescindibile concentrare gli sforzi nei prossimi anni a livello Sistema-Paese, e che, siamo convinti, vedrà il DPC operare da apripista a livello Europeo e mondiale”.**

Altro **"stimolo"** giunge dalle autorevoli informazioni dei **Vigili del Fuoco di Roma** circa i **danni e gli sgomberi di edifici effettuati nella Città di Roma a seguito della crisi sismica aquilana**; 1.643 segnalazioni di intervento - 1.430 risultano avere quale causa gli effetti riconducibili al sisma e per 218 è stato richiesto un provvedimento restrittivo urgente.

Considerazione:

visto anche che il terremoto del 2009 ha provocato sgomberi nella Città di Roma e, visti gli autorevoli studi che hanno permesso di verificare i significativi movimenti prima di una catastrofe (Roma 1998, Foggia 1999); **è possibile che nessuno abbia mai analizzato le probabili deformazioni o incremento del quadro fessurativo - indotto da uno sciame sismico o precursori geodetici, in aree con edifici già censiti e classificati come vulnerabili sin dal 1985?**



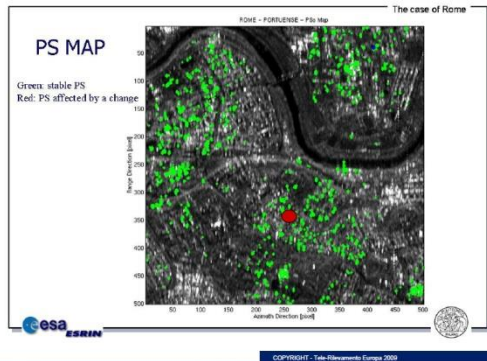


IREA-CNR InSAR WEB GIS 1992-2000

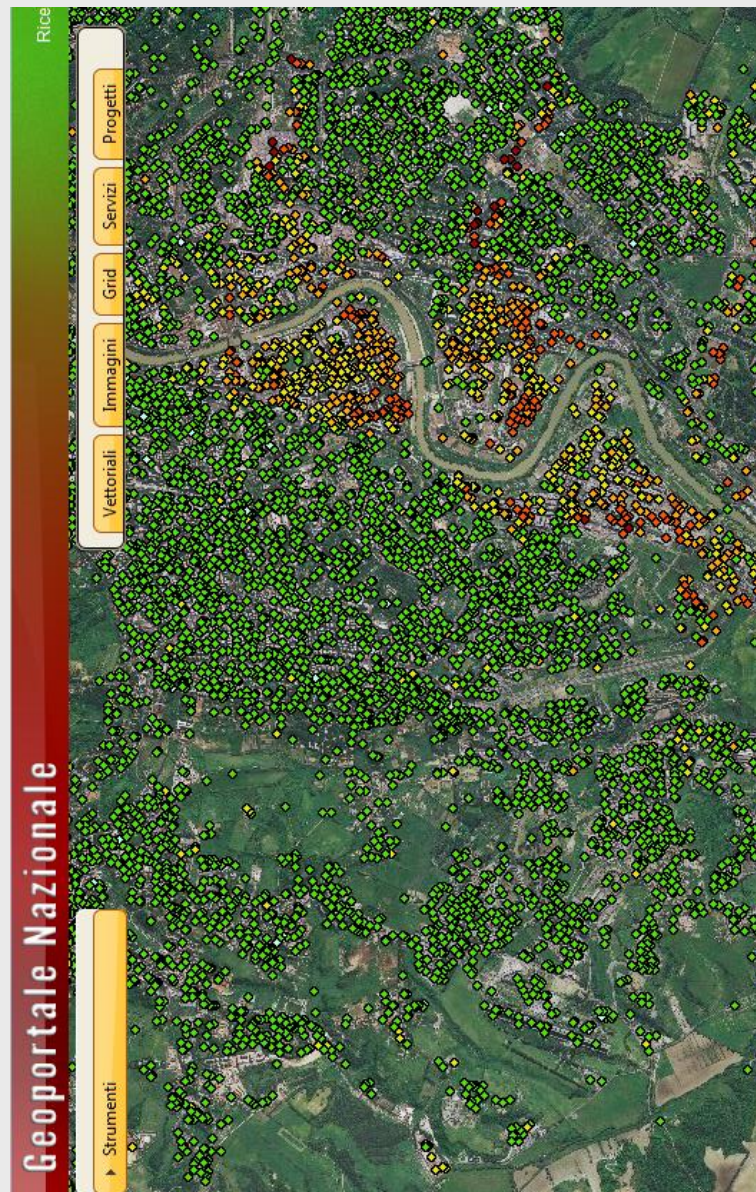
PREVENZIONE E RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO PER LA SICUREZZA DEL TERRITORIO

10 aprile 2015 - LANCIANO (CH)

April 1999

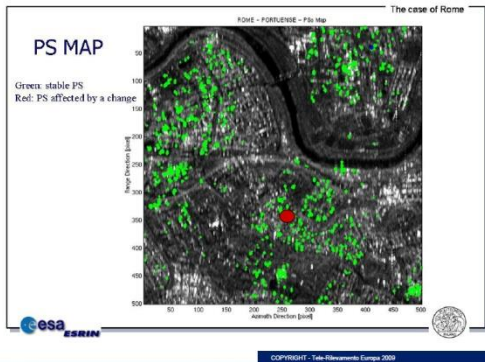


Dati ERS - Ascending 1992-2000



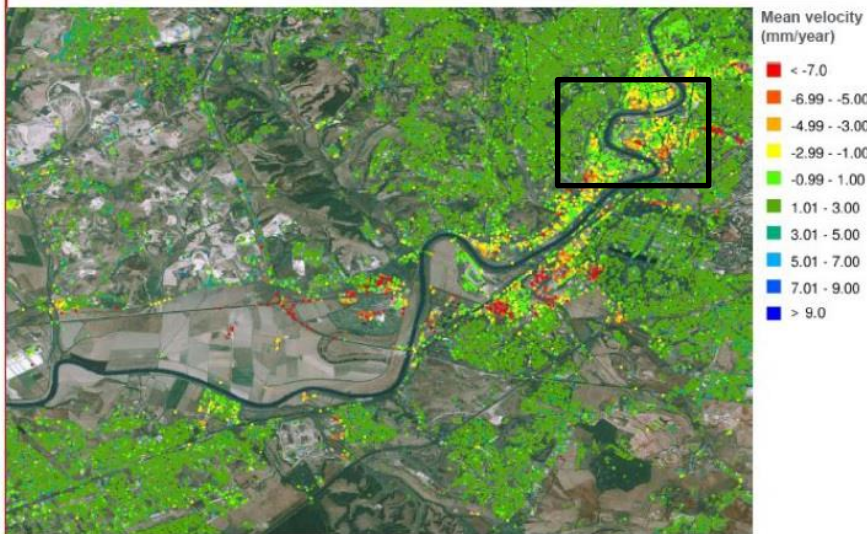
PREVENZIONE E RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO PER LA SICUREZZA DEL TERRITORIO

10 aprile 2015 - LANCIANO (CH)



April 1999

Rome ERS (1992-2000)

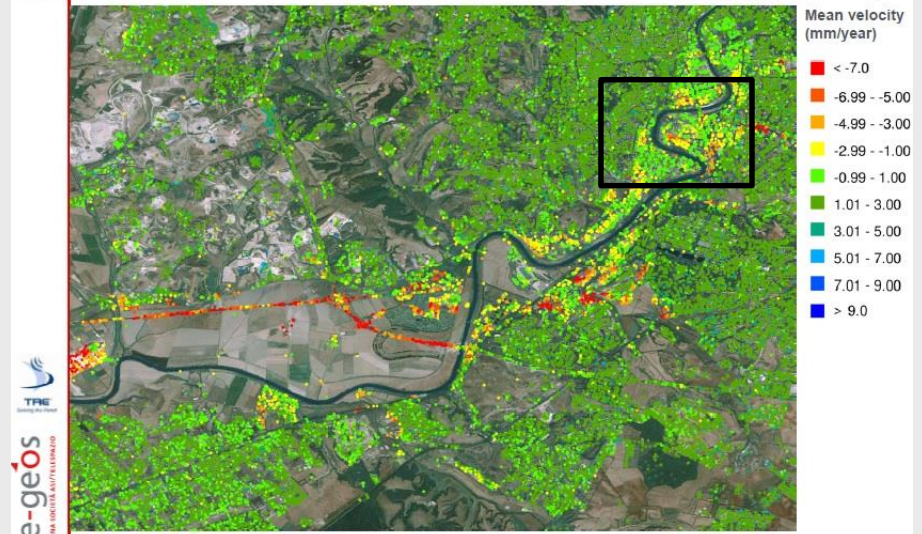


All rights reserved © 2009, e-GEOS

FRINGE 2009, ESRIN - Frascati, Italy, 30 Nov. - 4 Dec. 2009

Page 20

Rome ENVISAT (2003-2008)



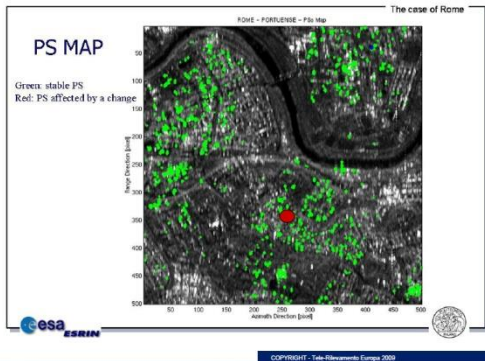
All rights reserved © 2009, e-GEOS

FRINGE 2009, ESRIN - Frascati, Italy, 30 Nov. - 4 Dec. 2009

Page 21

PREVENZIONE E RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO PER LA SICUREZZA DEL TERRITORIO

10 aprile 2015 - LANCIANO (CH)



April 1999



Workshop ASI - 2° Bando P.M.I. "Osservazione della Terra"
13 luglio 2011 - Agenzia Spaziale Italiana - Viale di Villa Grazioli, 23 - Roma



GEOCART

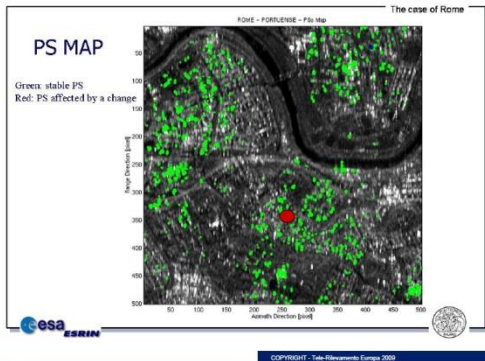
SLIDE - Sar Land Interferometry Data Exploitation



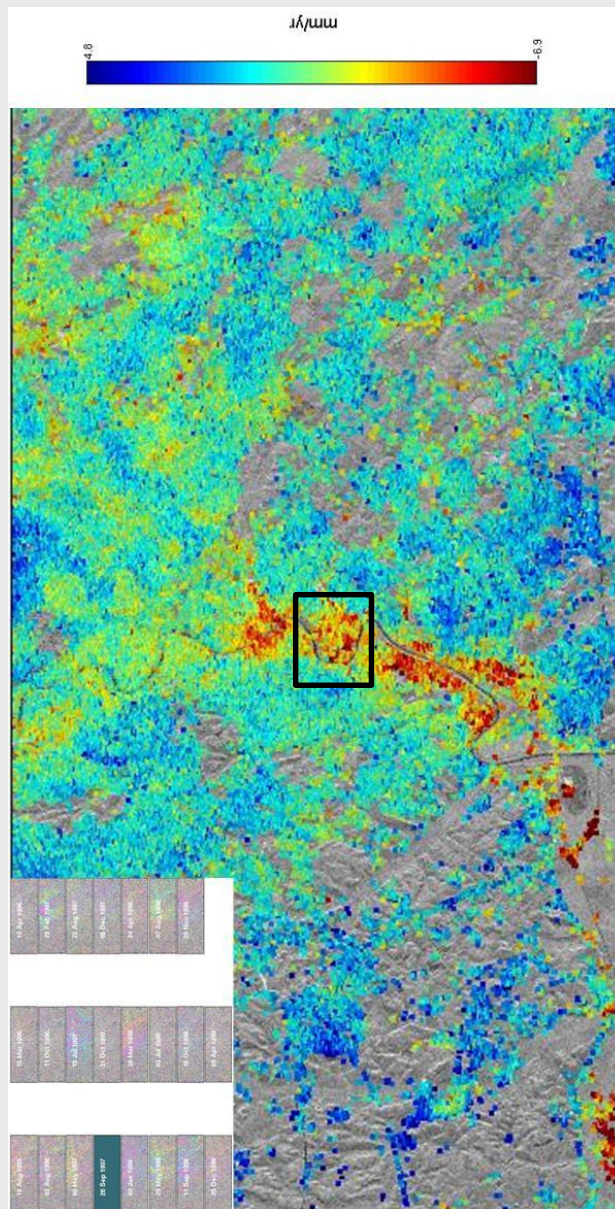
Dati ERS - Ascending 1992-2000

PREVENZIONE E RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO PER LA SICUREZZA DEL TERRITORIO

10 aprile 2015 - LANCIANO (CH)



April 1999



Dati ERS - Ascending 1992-2000

PREVENZIONE E RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO PER LA SICUREZZA DEL TERRITORIO

10 aprile 2015 - LANCIANO (CH)

Considerazione:

.....in aree con edifici già censiti e classificati come vulnerabili sin dal 1985?

Un po' di storia

Nel 1983 nasce la Commissione "Grandi Rischi" dell'allora Ministero per il coordinamento della Protezione Civile e viene istituito il Gruppo Nazionale di Vulcanologia; nel 1984 nasce in Gruppo Nazionale per la Difesa delle Catastrofi Idrogeologico, il Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti e il Comitato Operativo per le emergenze (Emercom).

1983 – Campania

Ripresa di fenomeni di bradisismo a Pozzuoli; 40.000 persone vengono evacuate. Tra il 1983 e 1986 furono costruiti da Italtelna (Gruppo IRI) 4.357 alloggi – costo 420 Miliardi di Lire.

1984 – Terremoto in Lazio e Abruzzo. Stanziamenti:

interventi nel settore pubblico: 334 Miliardi (Regione Abruzzo 50 MI);

Interventi nel settore privato: 421 Miliardi (Regione Abruzzo 46 MI);

Con OPC 19 novembre 1996 vengono revocati gli stanziamenti nel settore privato per: mancanza di appalto lavori.

1985 – Probabile terremoto in Garfagnana. “Il Ministro Zamberletti fece evacuare circa 100.000 persone a seguito di un allarme del prof. Enzo Boschi dell’ING, che aveva previsto, dopo aver confrontato alcune sequenze sismiche con dati storico-statistici, una scossa pericolosa” (Daniele Fabrizio Bignami, 2010–Protezione Civile e riduzione rischi).

Censimento Regione Abruzzo - 86, Progetto-96 e Regione Abruzzo 2007

PREVENZIONE E RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO PER LA SICUREZZA DEL TERRITORIO

10 aprile 2015 - LANCIANO (CH)

OBIETTIVI DELLO STUDIO

➤ **Ricerca di idonei dati e strumenti di analisi per monitorare il probabile processo deformativo indotto sugli edifici in muratura durante uno sciame sismico ante-evento.**

CONSIDERANDO:

➤ **Il vuoto teorico e applicativo inerente: lo stato di fatto globale del patrimonio edilizio italiano nei confronti della vulnerabilità degli edifici agli eventi sismici.**

➤ **L'assenza di studi e caratterizzazione degli effetti indotti da uno sciame sismico ante-evento.**

➤ **L'applicabilità di tecniche DInSAR e A-DInSAR (Scatterometri Permanenti-PS), per il monitoraggio delle, probabili o possibili, variazioni di stabilità degli edifici in muratura durante uno sciame sismico ante-evento.**

DATI SAR

- Dati ENVISAT-ASAR (SLC) acquisiti con il Progetto ESA-EOPI ID 10828 sono stati:
- Orbite ascendenti: track 129 - 33 immagini e track 401- 40 immagini;
- Orbite discendenti: track 079 - 32 immagini e track 308 - 29 immagini;
- DEM impiegati: SRTM 90m e 30m, ASTER 30m e DTM 10 m (Regione Abruzzo)

Trattamento statistico dei dati: Geostatistical Analyst – ArcGis 10.1

DATI GPS

Stazioni di: 5 Stazioni IGS; 6 Regione Abruzzo; 10 Altri Istituti e Società (1s e 30s)

Trattamento statistico dei dati: minimi quadrati

STRUMENTI Software analisi dei dati SAR

- **StaMPS** (Stanford Method for Persistent Scatterers) per l'analisi dei **PS InSAR** sviluppato presso l'Università di Delft– Olanda (versione 3.2) - presso ESA-Esrin, Laboratorio GIS;
- **SARscape** di ENVI per l'analisi **standard PS** (versioni 4.3 e 4.8) - presso ESA-Esrin, Lab GIS;
- **SARPROZ** per l'analisi **standard PS e Avanzata DInSAR** – at the Institute of Space and Earth Information Science, Chinese University of Hong Kong.

STRUMENTI Software analisi dei dati GPS

TeQC (sw open source);

NDA lite (sw licenza);

RTKLIB (sw open source);

NDA Professional (sw licenza);

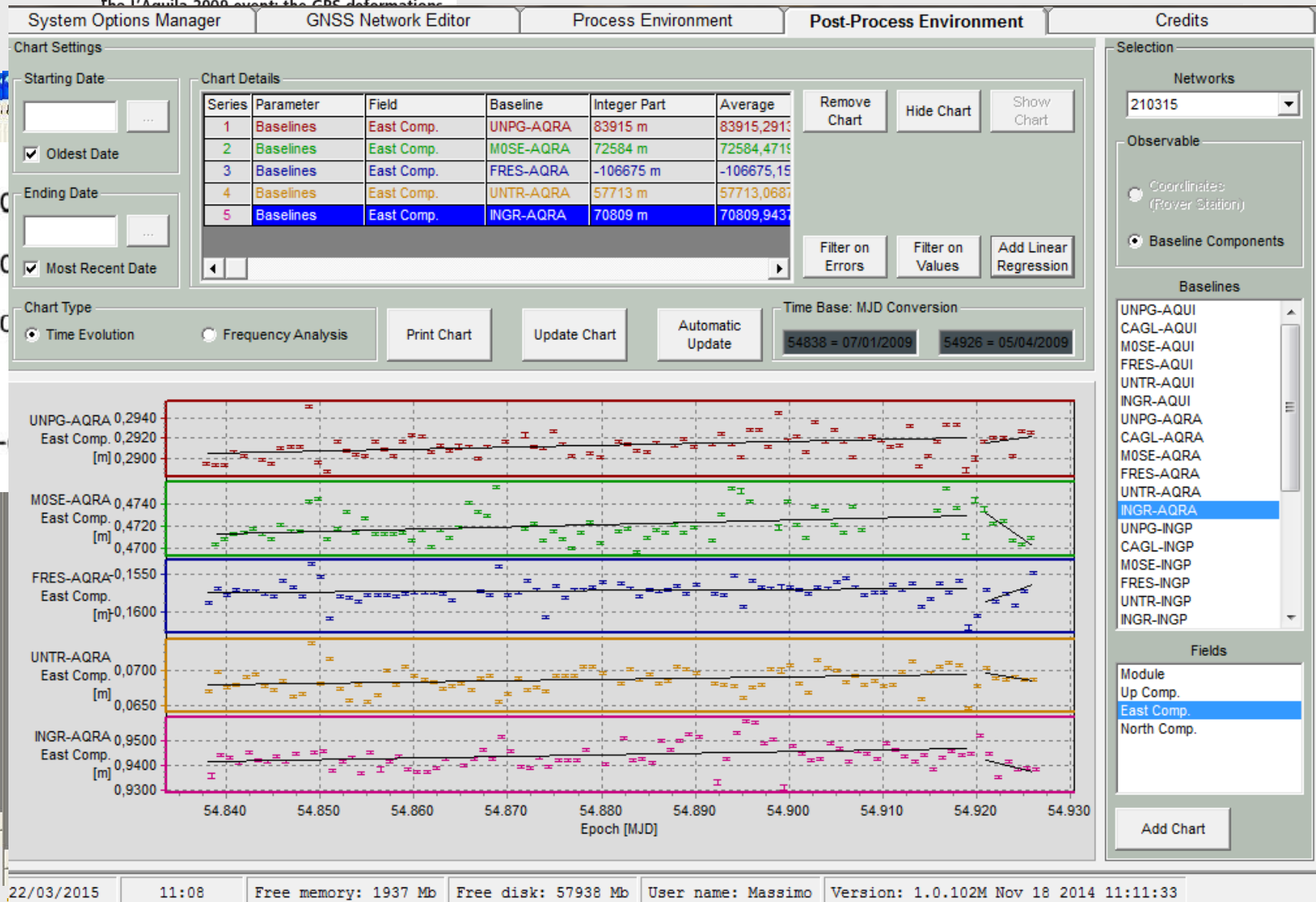
GAMIT (sw open source - in fase di installazione);

PREVENZIONE E RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO PER LA SICUREZZA DEL TERRITORIO

10 aprile 2015 - LANCIANO (CH)

DATI GPS

The L'Aquila 2009 event: the GPS deformations



PREVENZIONE E RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO PER LA SICUREZZA DEL TERRITORIO

10 aprile 2015 - LANCIANO (CH)

Cosa sono effettivamente i Scatteratori Permanenti?

➤ **Parti di edifici, strutture metalliche, rocce esposte**, in generale elementi già presenti sul suolo e su cui *si suppone*, di norma, **insistano movimenti che seguono un andamento lineare**. Ogni edificio, si ricorda, **rappresenta un caso isolato se non unico**, la cui integrità strutturale ed architettonica dipende da una moltitudine di fattori (interazione terreno-struttura, risposta sismica locale..ecc).

➤ **Le misure interferometriche sono sempre misure relative sia nel tempo**, con la scelta della immagine master (zero temporale), **sia nello spazio**, con la necessità di identificare nell'area di interesse e un **punto di riferimento** rispetto al quale riferire tutte le stime di movimento dei PS. **La precisione delle misure di velocità relativa di spostamento dei PS diminuisce con l'aumentare della distanza dal punto di riferimento identificato.**

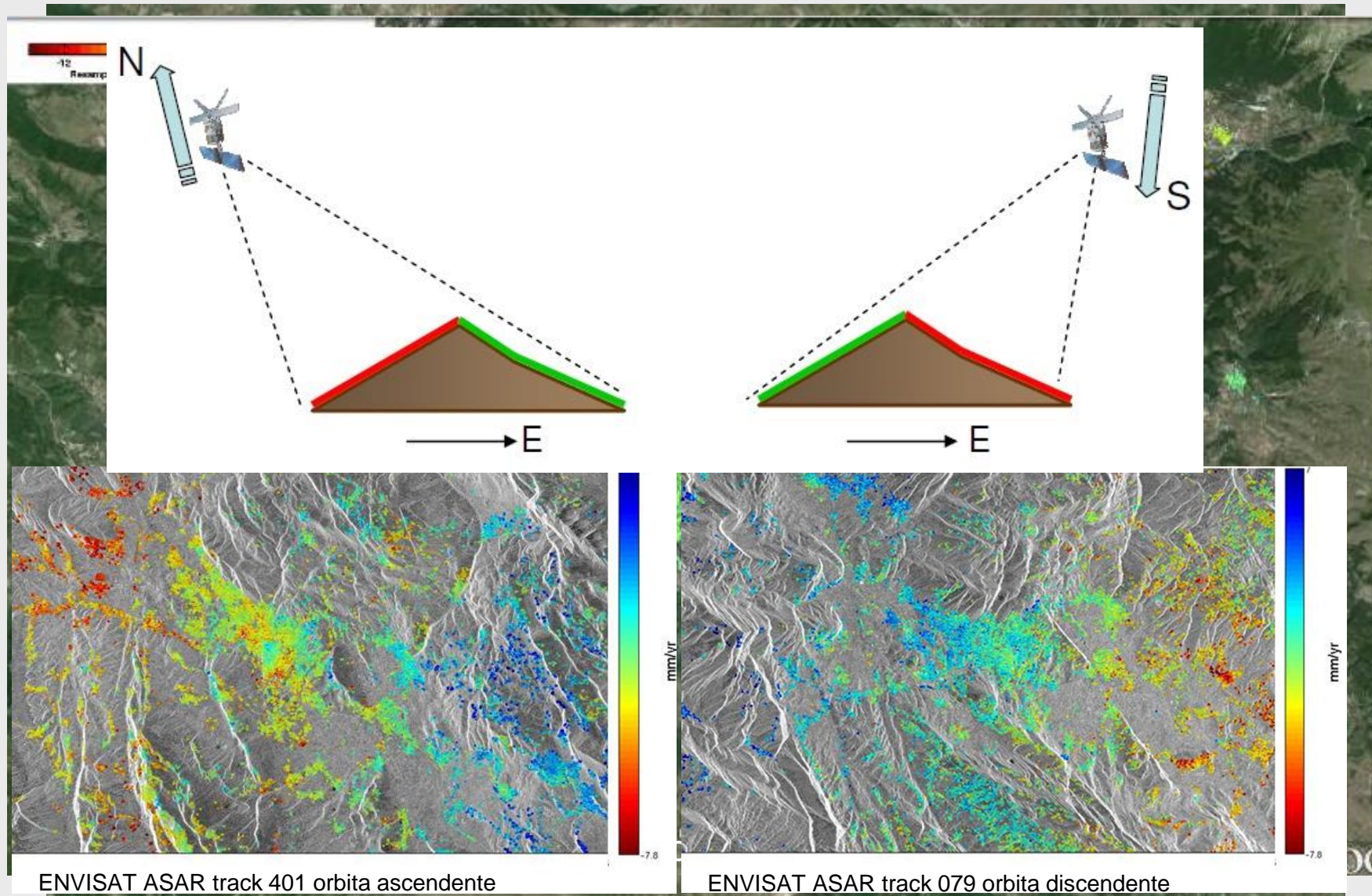
Tecnica DInSAR e l'applicazione standard PS

La tecnica ***InSAR convenzionale*** si basa ***sull'analisi delle variazioni del valore di fase tra due distinte acquisizioni***, mentre ***la tecnica DInSAR*** si basa anch'essa sulla stessa analisi, ***ma previa sottrazione dei contributi di fase legati alla topografia*** – oltre ad un ***consistente stack di dati*** (25-30 immagini). I principali ***limiti*** della tecnica DInSAR sono: ***decorrelazione temporale, decorrelazione spaziale e ritardo atmosferico***.

Tecnica Avanzata DInSAR

Le tecniche A-DInSAR, basate sull'analisi di tipo ***multi-immagine o multi-interferogramma***, sono ***applicate a scala di dettaglio (~ 1 Km²)***. Rappresentano l'evoluzione per il monitoraggio e la rilevazione di movimenti deformativi subverticali con cinematiche lente dei Scatteratori Permanenti (PS), originati da cause naturali o antropiche e con la precisione di pochi millimetri l'anno di velocità media.

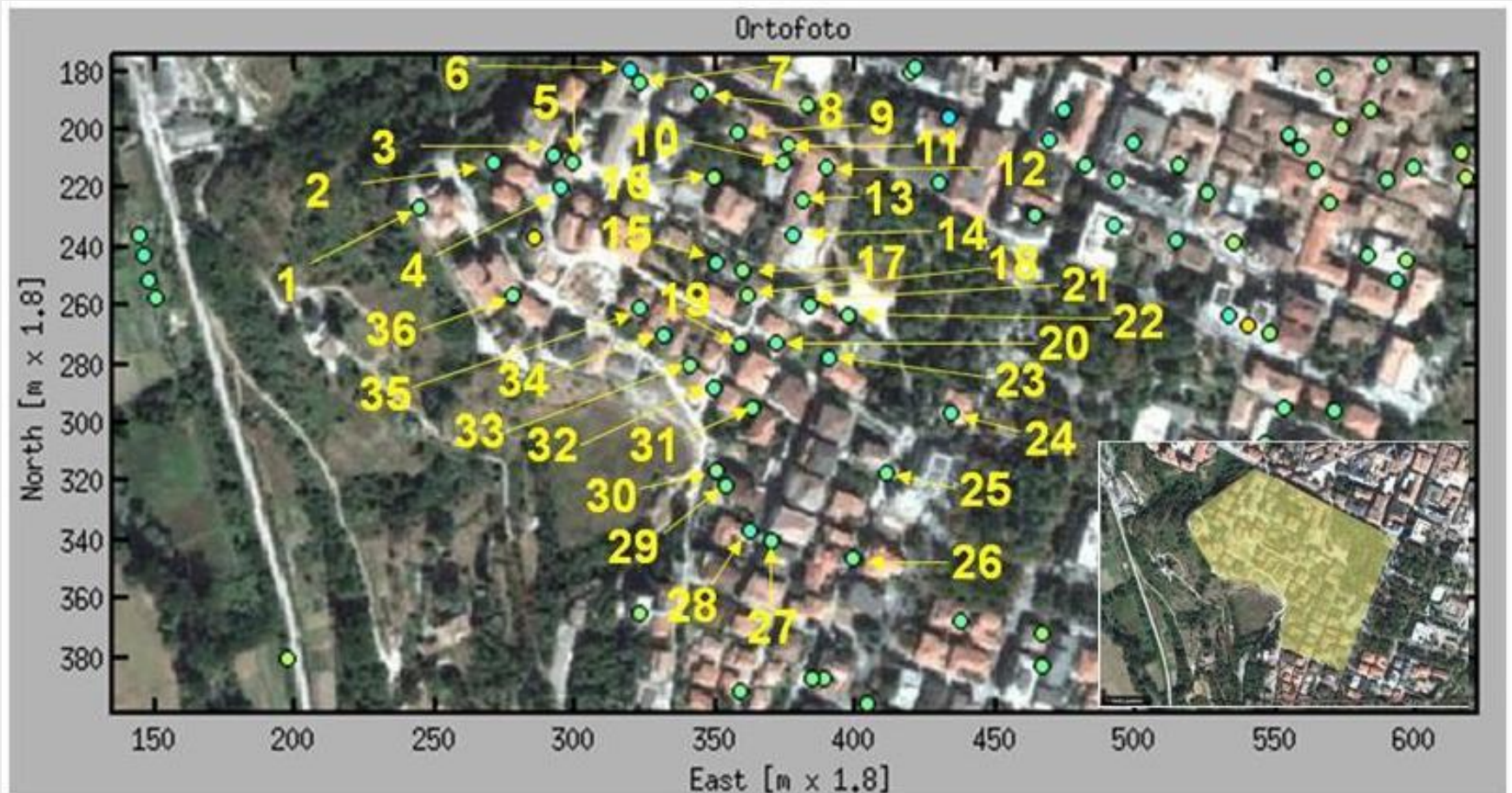
Area di studio – scala comunale



PREVENZIONE E RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO PER LA SICUREZZA DEL TERRITORIO

10 aprile 2015 - LANCIANO (CH)

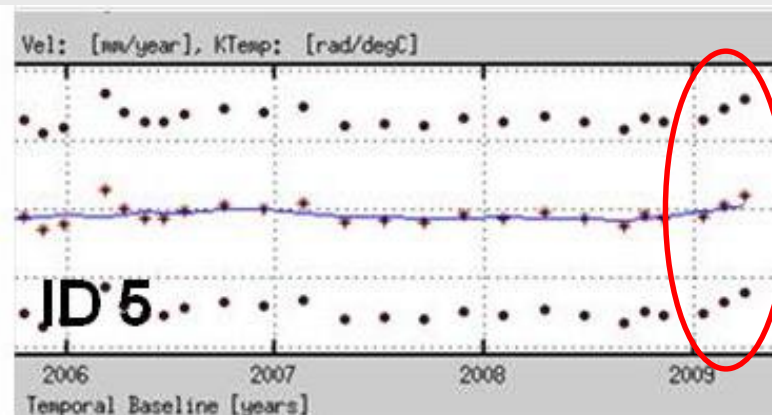
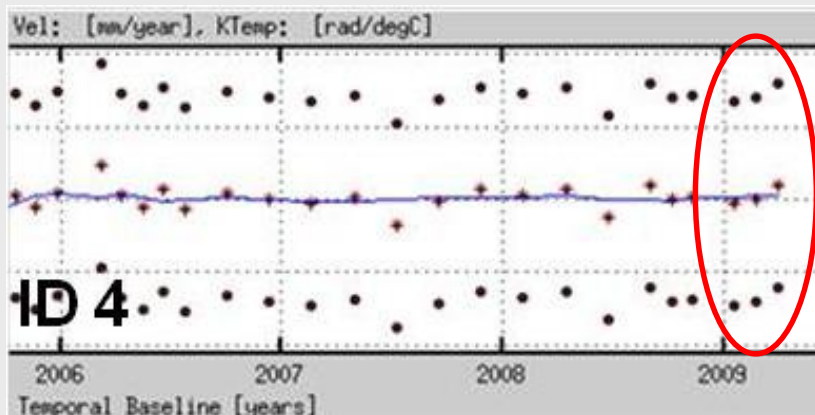
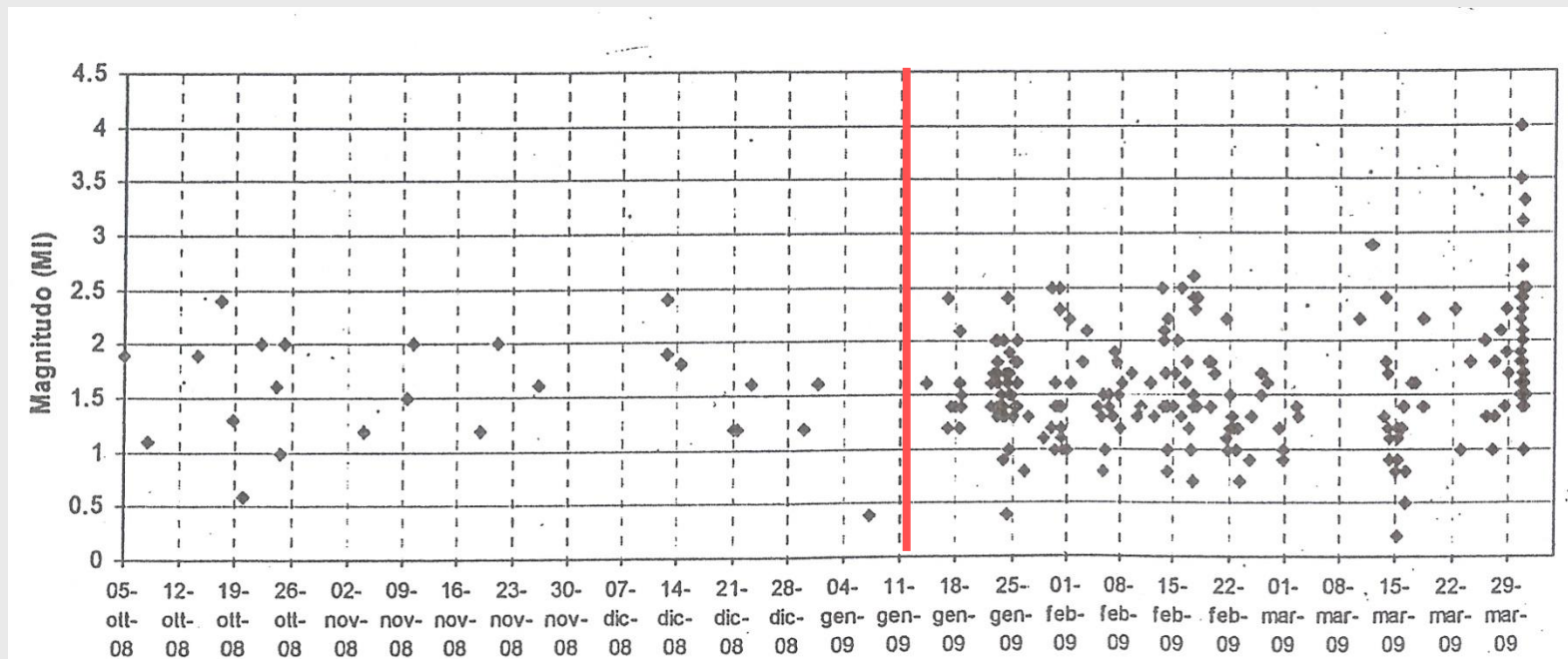
Area di studio – scala di dettaglio
Software SARPROZ – Small area



PREVENZIONE E RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO PER LA SICUREZZA DEL TERRITORIO

10 aprile 2015 - LANCIANO (CH)

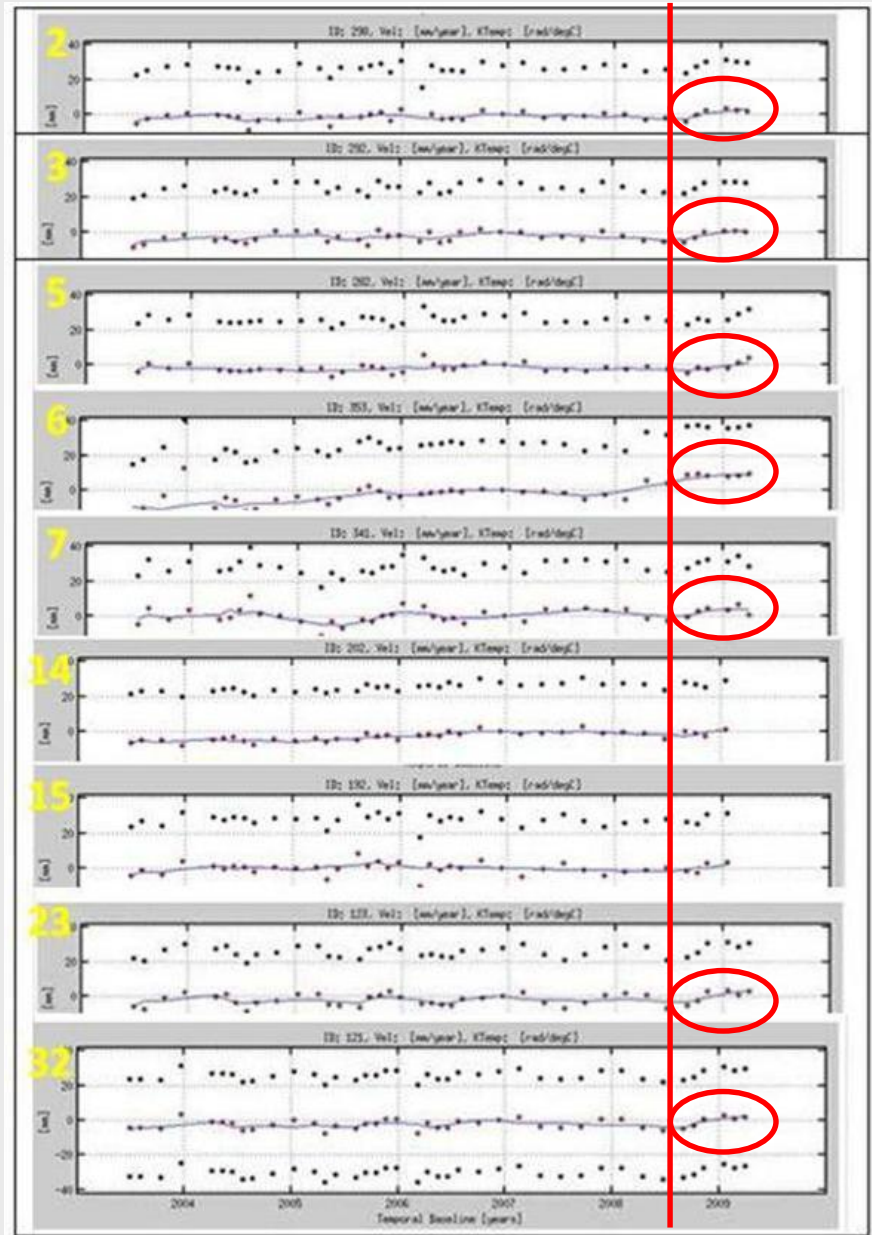
Area di studio – periodo di sciame sismico



comportamento della fase in funzione del tempo

PREVENZIONE E RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO PER LA SICUREZZA DEL TERRITORIO

Area di studio – scala di dettaglio



PREVENZIONE E RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO PER LA SICUREZZA DEL TERRITORIO

10 aprile 2015 - LANCIANO (CH)

CONCLUSIONI FINALI

- Il presente lavoro ha focalizzato l'attenzione su un tema molto attuale in Italia, anche se sottostimato, come quello del ***monitoraggio della probabile instabilità degli edifici indotto durante uno sciame sismico ante-evento (foreshock)***.
- Le nuove **Norme Tecniche di Costruzione (NTC) del 2008 prevedono - per gli edifici esistenti: verifiche del comportamento strutturale d'insieme e le analisi locali necessarie alla valutazione della vulnerabilità sismica dei possibili meccanismi di collasso.**
- ***I risultati sperimentali forniscono interessanti spunti di riflessione e di approfondimento, più in generale, lo studio rientra nel più ampio e naturale panorama del monitoraggio e valutazione sismica della vulnerabilità del nostro patrimonio edilizio*** - progettato in assenza di normativa sismica o con norme obsolete

CONCLUSIONI FINALI

- L'applicazione della ***tecnica Avanzata DInSAR proposta***, ha evidenziato una ottima capacità analitica nell'identificazione e monitoraggio delle deformazioni dei ***corpi continui soggetti a movimenti non lineari*** per analisi a scala di dettaglio.
- ***Le attività legate a questa area di ricerca***, ossia ***applicazione della tecnica A-DInSAR***, impiego di standard e nuovi ***Radar Target passivi*** (Banda C e X), ***GPS e strumentazioni per il monitoraggio in continuo del quadro fessurativo*** (accelerometri), nonché l'acquisizione e generazione della ***conoscenza degli elementi descrittivi per la definizione dell'interazione terreno-struttura in campo sismico e risposta sismica locale***, sono oggetto di sub-progetti specifici in campo nazionale e internazionale, e sono parte integrante del Progetto Early Warning System della Fondazione Permanente G. Giuliani.

SVILUPPI FUTURI: A 90 GIORNI

Monitoraggio strutturale per abitazioni civili e/o Istituti scolastici.

Strumenti:

Radar Target:

Stazione GPS:

Accelerometri:



**Vi ringraziamo
per l'invito e l'attenzione**

**La prevenzione è necessaria, ma
deve partire dal basso**