

Università degli Studi di Salerno – Dipartimento di Ingegneria Civile – A.A. 2014-2015

Laurea Magistrale in Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio

Corso di Frane

Seminario a cura di: Ing. Dario Peduto

*Analisi ed interpretazione di spostamenti superficiali
con l'ausilio di immagini satellitari acquisite da SAR*

Introduzione

Gli studi di Ingegneria Geotecnica aventi ad oggetto i fenomeni franosi richiedono l'approfondimento di molteplici aspetti:

- l'assetto stratigrafico del sottosuolo;
- l'identificazione dei terreni e le loro proprietà fisico-meccaniche;
- gli spostamenti superficiali e profondi;
- il regime delle pressioni neutre;
- il rilievo del danno; etc;



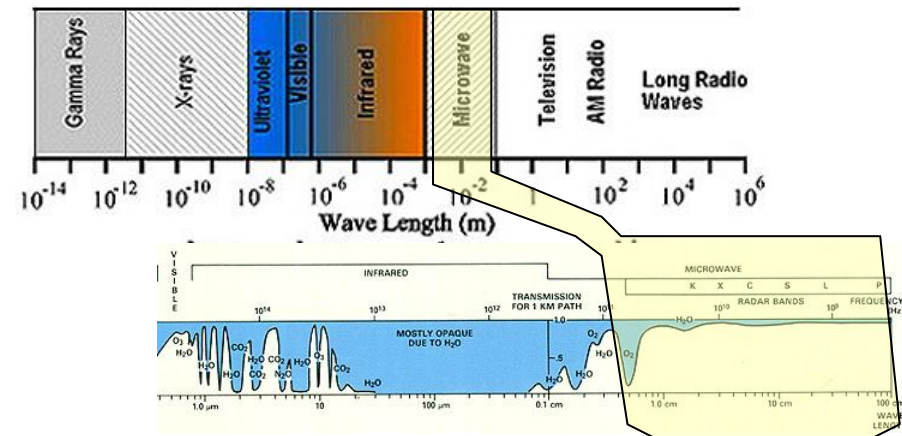
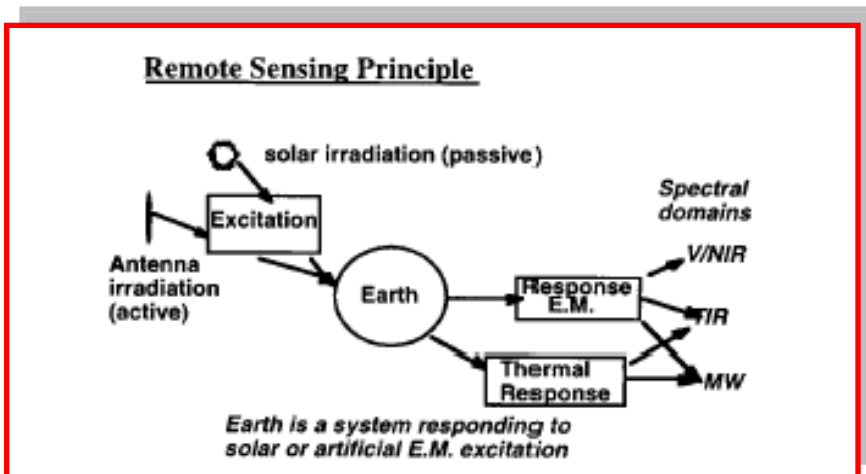
(Cotecchia, 2006)

In *aree di rilevante estensione*, le **misure di spostamenti superficiali** ottenute con tecniche tradizionali, per motivi sia economici sia legati alla durata dei tempi di osservazione, necessitano di essere integrate da **tecniche innovative**, quali quelle satellitari che, se opportunamente validate, offrono la possibilità di disporre di una notevole mole di dati relativi ad archi temporali sempre più lunghi.

Tecnologie Innovative

Telerilevamento (Remote sensing)

“E’ la scienza che consente di ottenere informazioni, senza contatto fisico, dagli oggetti in esame.” (Lillesand and Kiefer, 1987)



Telerilevamento è tutto ciò che riguarda la misura e la registrazione di energia elettromagnetica, riflessa o emessa dalla superficie terrestre, e la correlazione di tali informazioni con la natura e le proprietà degli oggetti sulla superficie terrestre

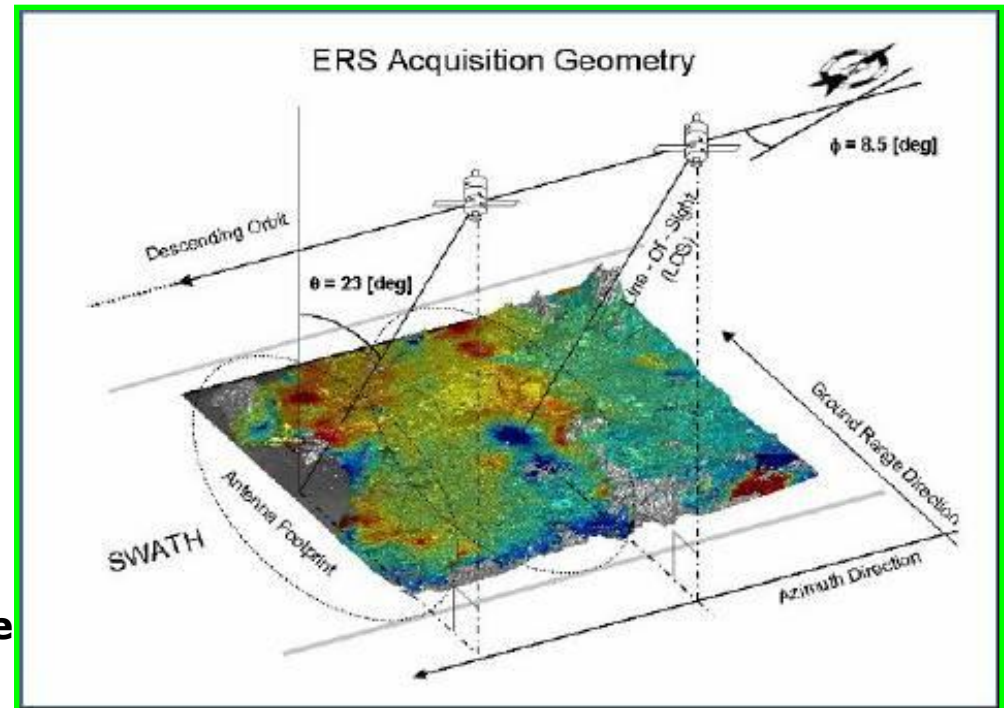
Tecnologie Innovative

Tecnica SAR (Radar ad apertura sintetica) (*Curlander & McDonough, 1991*)

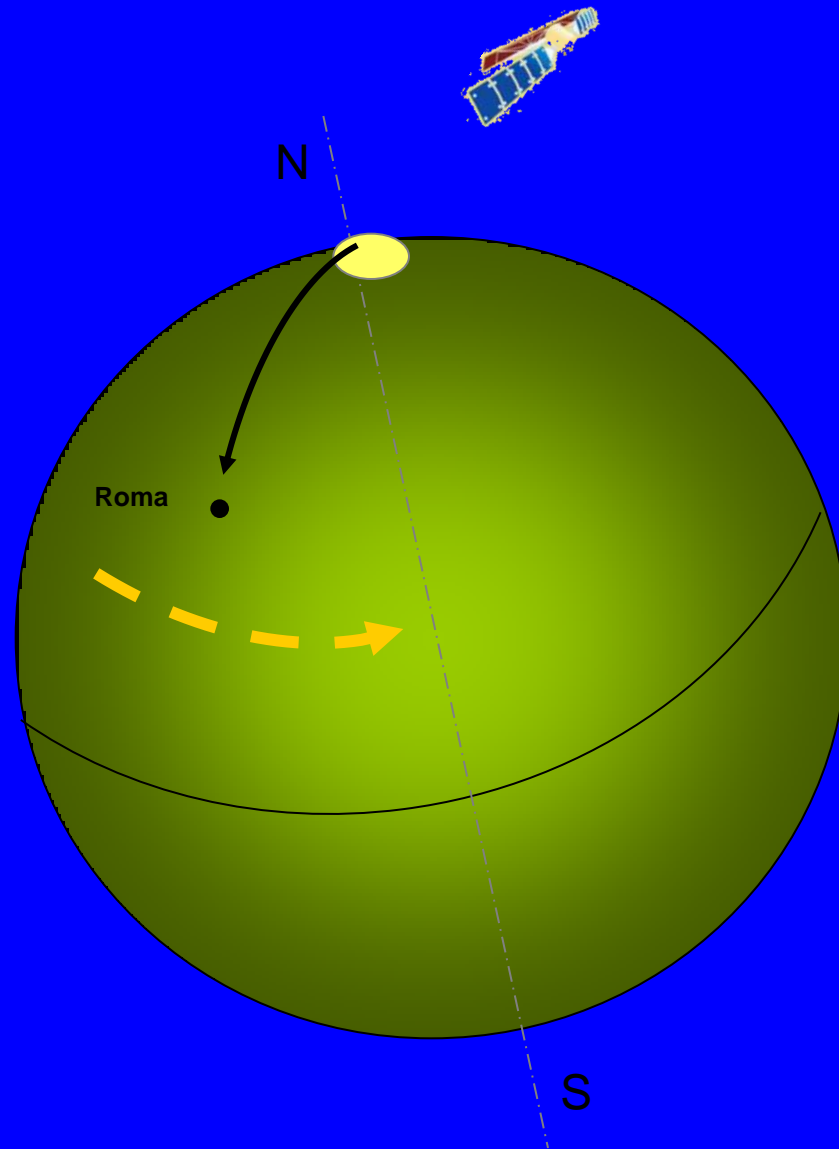
E' un **radar** che invia impulsi a microonde verso la scena osservata, registra **coerentemente** il segnale retrodiffuso e deriva l'informazione sulla distanza dei diversi retrodiffusori nella scena dal calcolo del ritardo temporale tra segnale inviato ed eco ricevute.



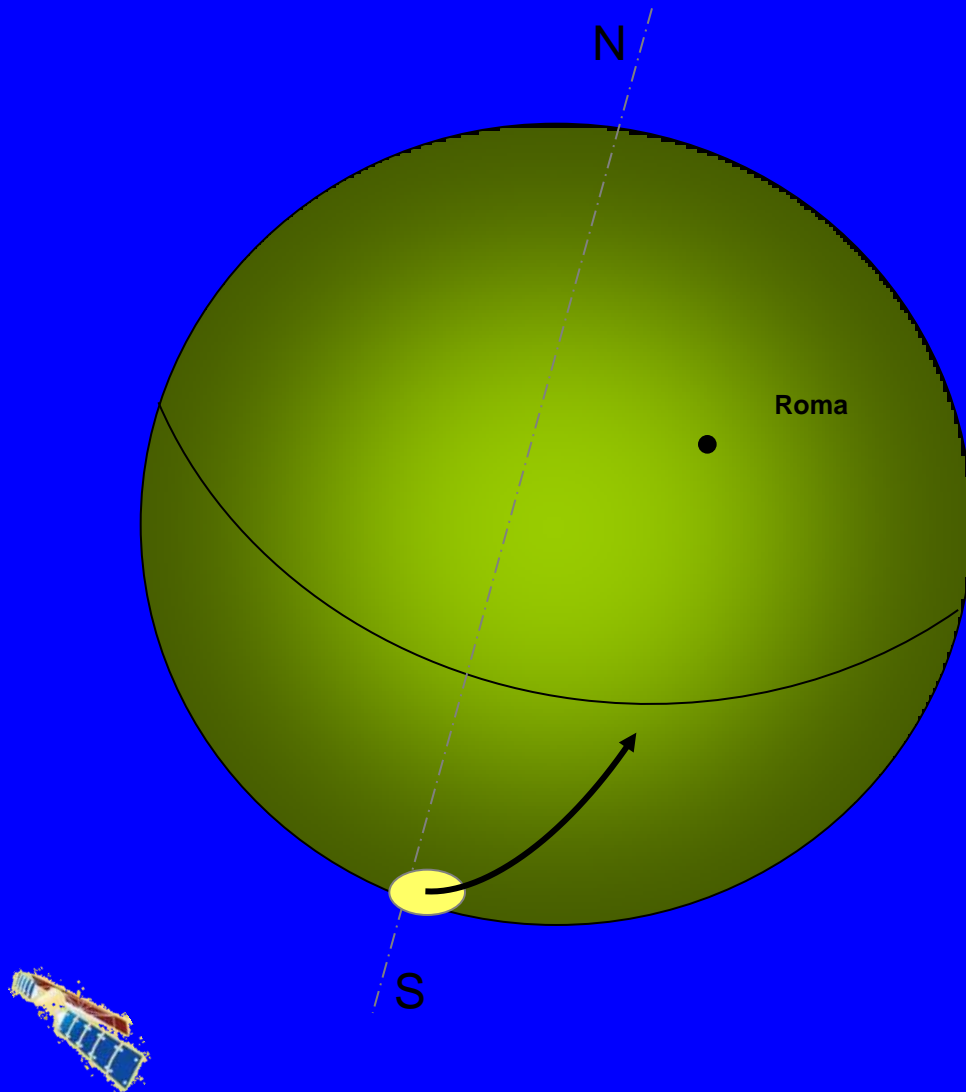
Geometria di acquisizione satelliti ERS1/2



Orbita eliosincrona discendente



Orbita eliosincrona ascendente



Perchè usare il telerilevamento radar?



1. E' un sistema attivo che non richiede una fonte di illuminazione esterna (luce solare) come i sistemi ottici.

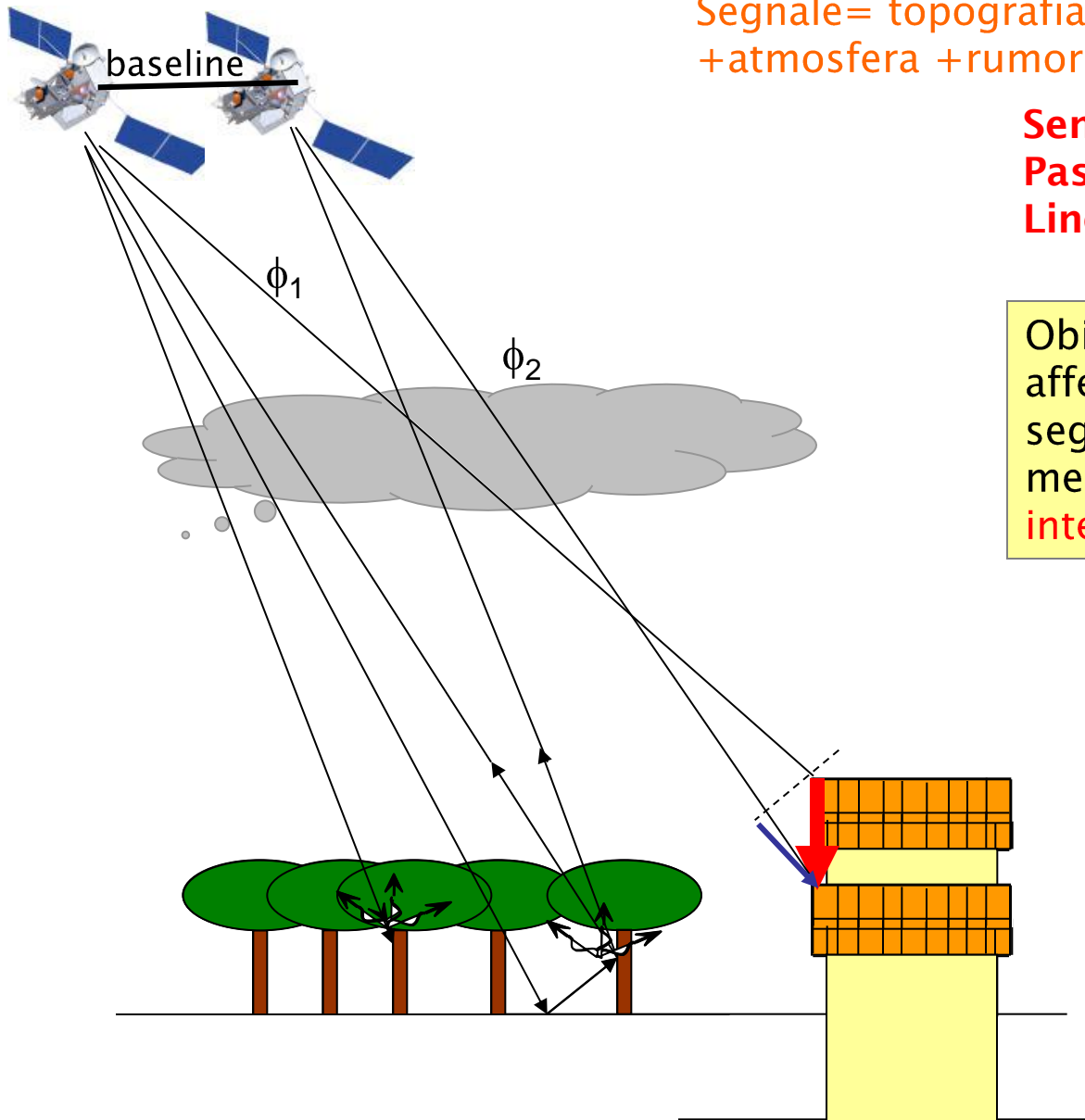


2. Opera alla frequenze delle microonde e quindi può penetrare la coltre nuvolosa



3. E' un sistema coerente: consente la misura precisa di variazioni della distanza sensore bersaglio.

Interferometria Differenziale SAR (DInSAR)



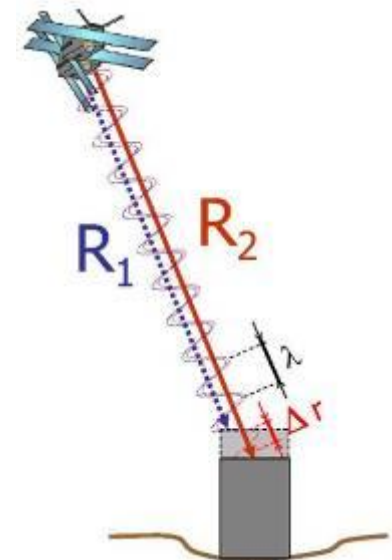
Segnale= topografia + spostamento lungo il los
+atmosfera +rumori

Sensori: ERS1, ERS2, ENVISAT.

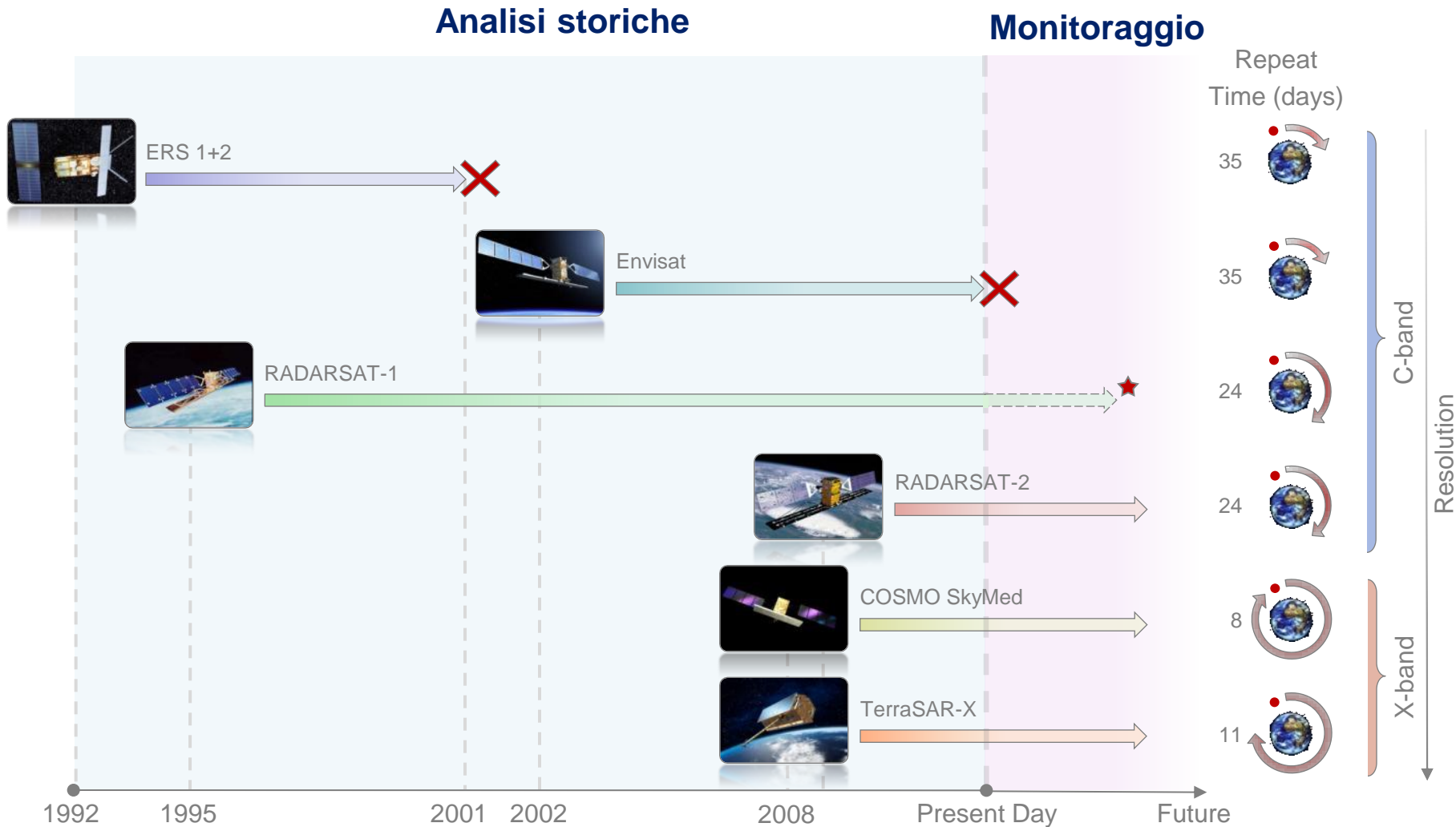
Passaggi: ogni 35 giorni.

Linea di vista -LOS: 23°.

Obiettivo: individuare zone affette da deformazione e seguirne l'evoluzione temporale mediante la generazione di **interferogrammi differenziali**.



Quali sensori SAR sono disponibili?

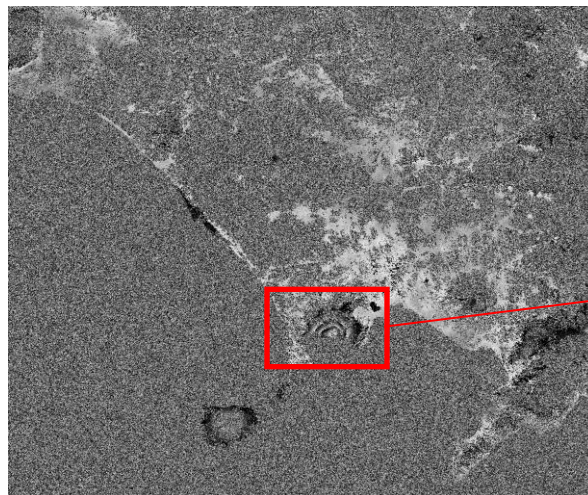


Metodologie

Evoluzione della tecnica...



Immagine ERS 2



Singolo interferogramma



Mappa di velocità DInSAR

Algoritmi di elaborazione Interferometrica multipassaggio di immagini SAR

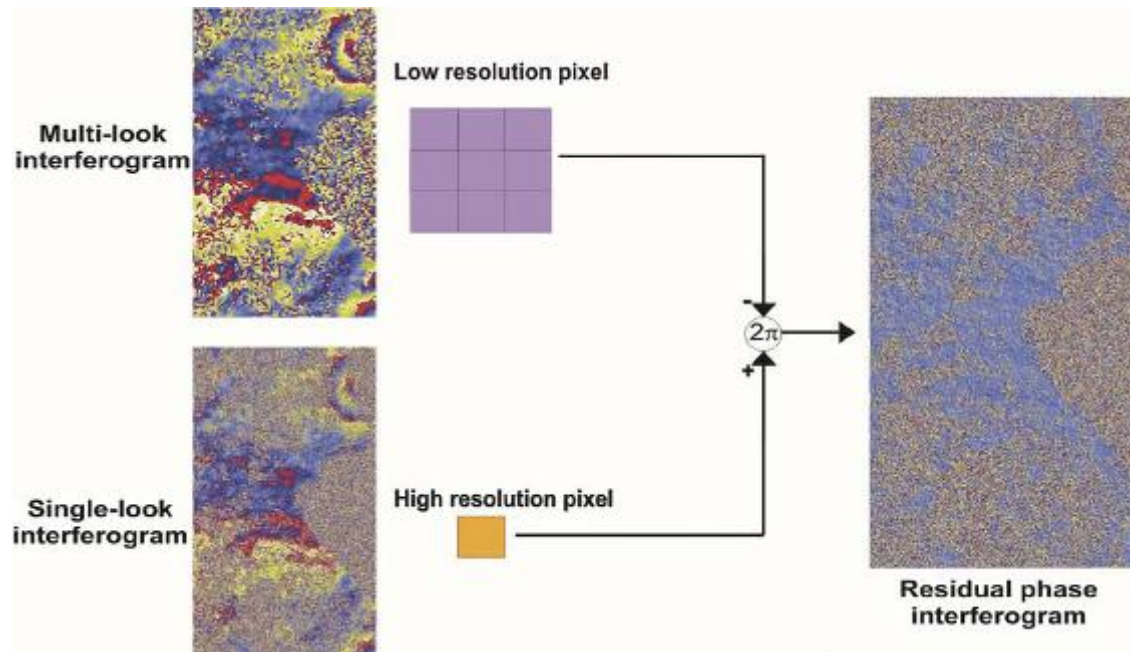
- Permanent Scatterers (PS) (*Ferretti et al., 2000*);
- Small BAseline Subset (SBAS) (*Berardino et al., 2002*);
- Coherent Point Target Analysis (CPTA) (*Mora et al., 2003*);
- Interferometric Point Target Analysis (IPTA) (*Wegmuller et al., 2005*);
- Spatio-Temporal Unwrapping Network (STUN) (*Kampes et al., 2005*);
- Enhanced Spatial Differences (ESD) (*Fornaro et al., 2007*).

Metodologie

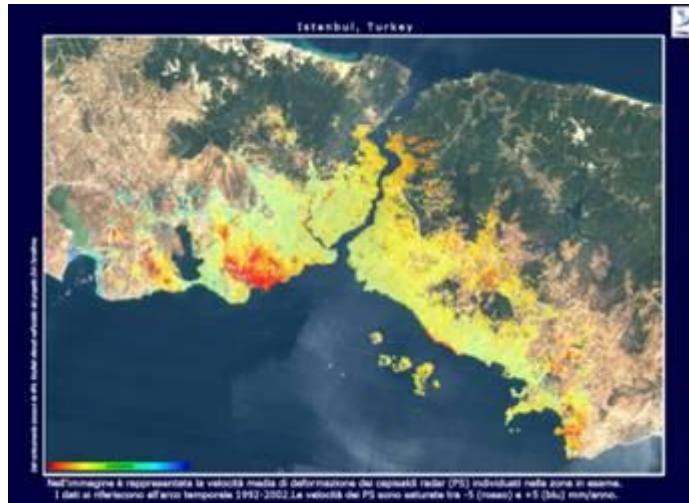
Segnale interferometrico – Procedure di Elaborazione SBAS

Bassa risoluzione (pixel al suolo 80x80m): si isolano deformazioni ed errori topografici a piccola scala ed il contributo atmosferico (Berardino et al., 2002; Fornaro et al, 2007).

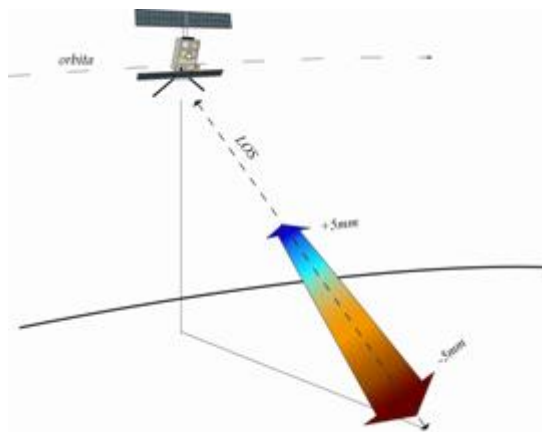
Alta risoluzione (pixel al suolo 10x10m): si isolano i contributi di strutture altamente coerenti nel tempo (palazzi, rocce affioranti, etc.) con una stima della topografia locale e della velocità media della deformazione locale (Lanari et al., 2004; Fornaro et al, 2007).



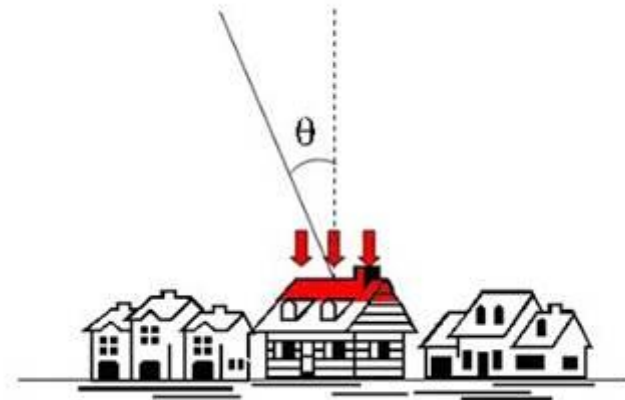
Che cosa è possibile misurare?



- **ROSSO**, identifica gli spostamenti in allontanamento dal sensore radar.
- **BLU**, identifica gli spostamenti in avvicinamento dal sensore radar.
- **VERDE**, identifica i punti stabili.



M. LeMichele



Che cosa sono i Bersagli Naturali o scatteratori permanenti?

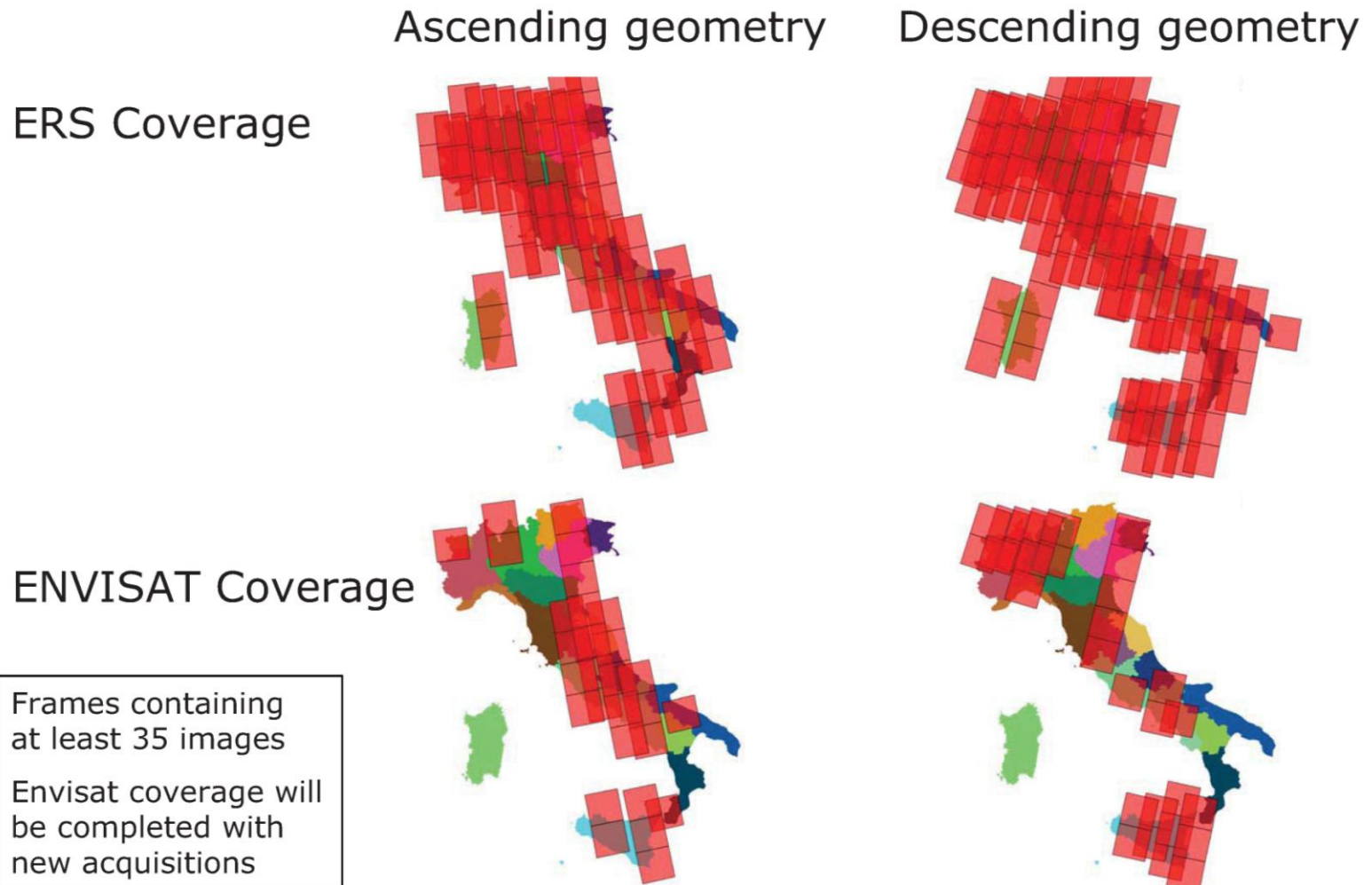
Bersagli radar “costanti” nel tempo:

edifici, monumenti, viadotti, antenne, pali, condotte, rocce esposte...



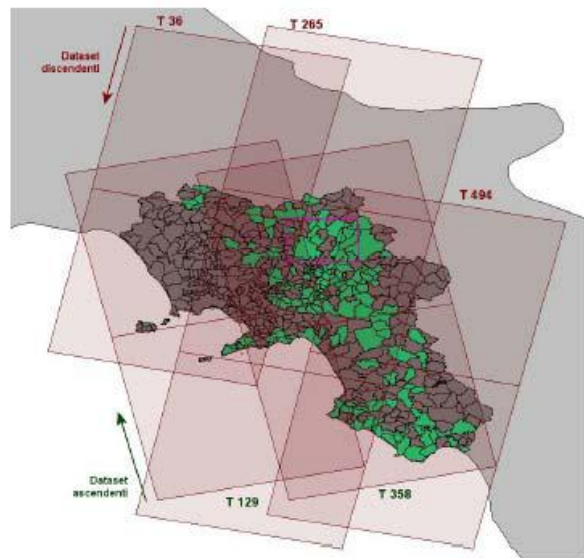
Disponibilità dei dati in Italia

Il Piano Straordinario di Telerilevamento (1992 – 2010)



Disponibilità dei dati nella Regione Campania

Il Piano PODIS-Tellus: copertura totale di dati DInSAR (1992 – 2007)



Dati ERS 1 – ERS 2 (1992-2001) e dati RADARSAT (2003-2007)

Orbita ascendente

Orbita discendente

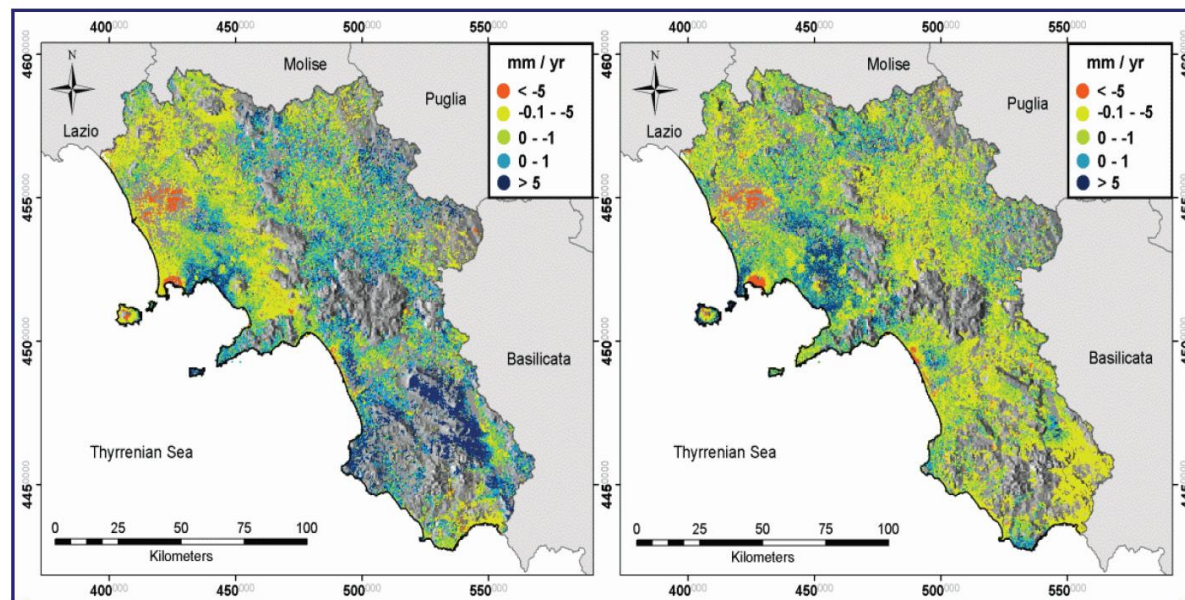
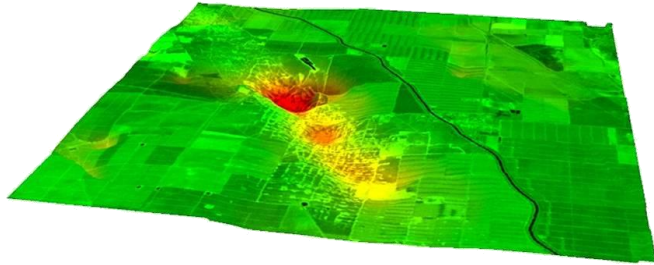
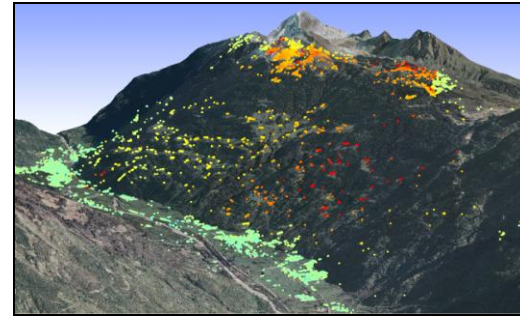


Figura 0 – Distribuzioni dei PS relative alle geometrie ascendente (sinistra) e discendente (destra) dai satelliti ERS-1 ed ERS-2 SAR tra il 1992 ed il 2001. I valori delle velocità medie annue di spostamento lungo la congiungente satellite-bersaglio (mm/anno) sono rappresentati in scala cromatica che varia dal rosso (velocità negative) al blu (velocità positive).

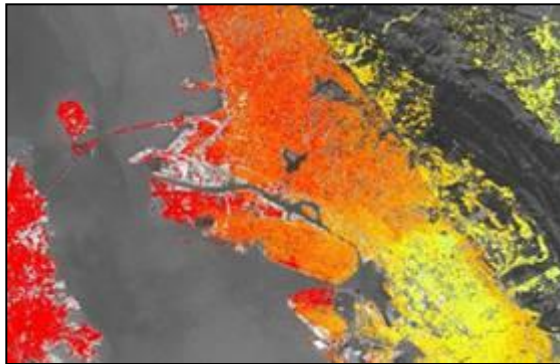
Principali applicazioni



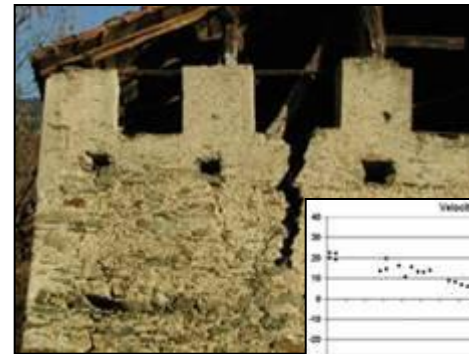
Subsidenze



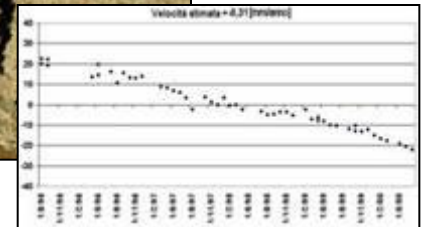
Frane



Faglie sismiche



Singoli edifici



Framework generale



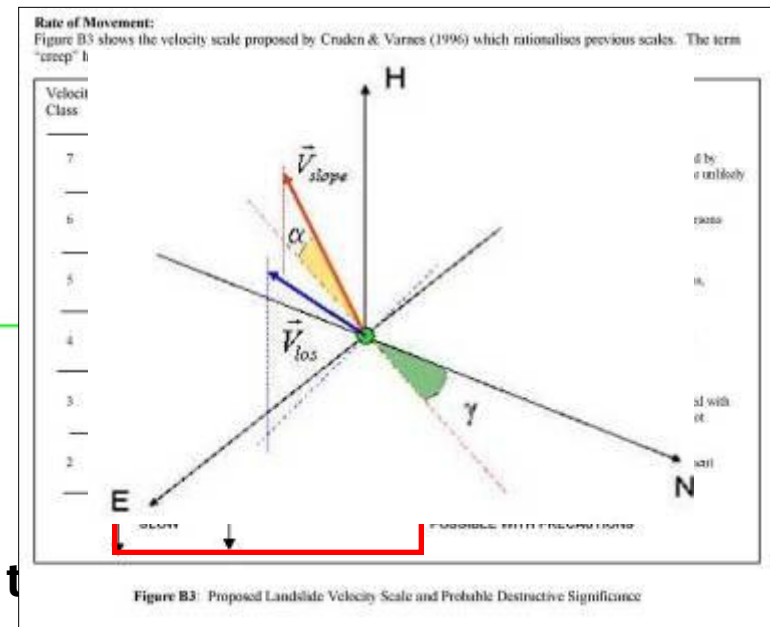
Studio delle frane con dati DInSAR

Esempi nella letteratura scientifica di applicazioni alle frane:

Caso studio	Autori
Saint-Etienne-de-Tinee	Fruneau et al., 1996
Berkeley Hill (Baia di San Francisco)	Hilley G. et al. 2004
Frana di Ancona	Cotecchia, 2006; Colesanti et al., 2004.
Frana di Triesenberg-Triesen	Colesanti, Wasowski, 2006

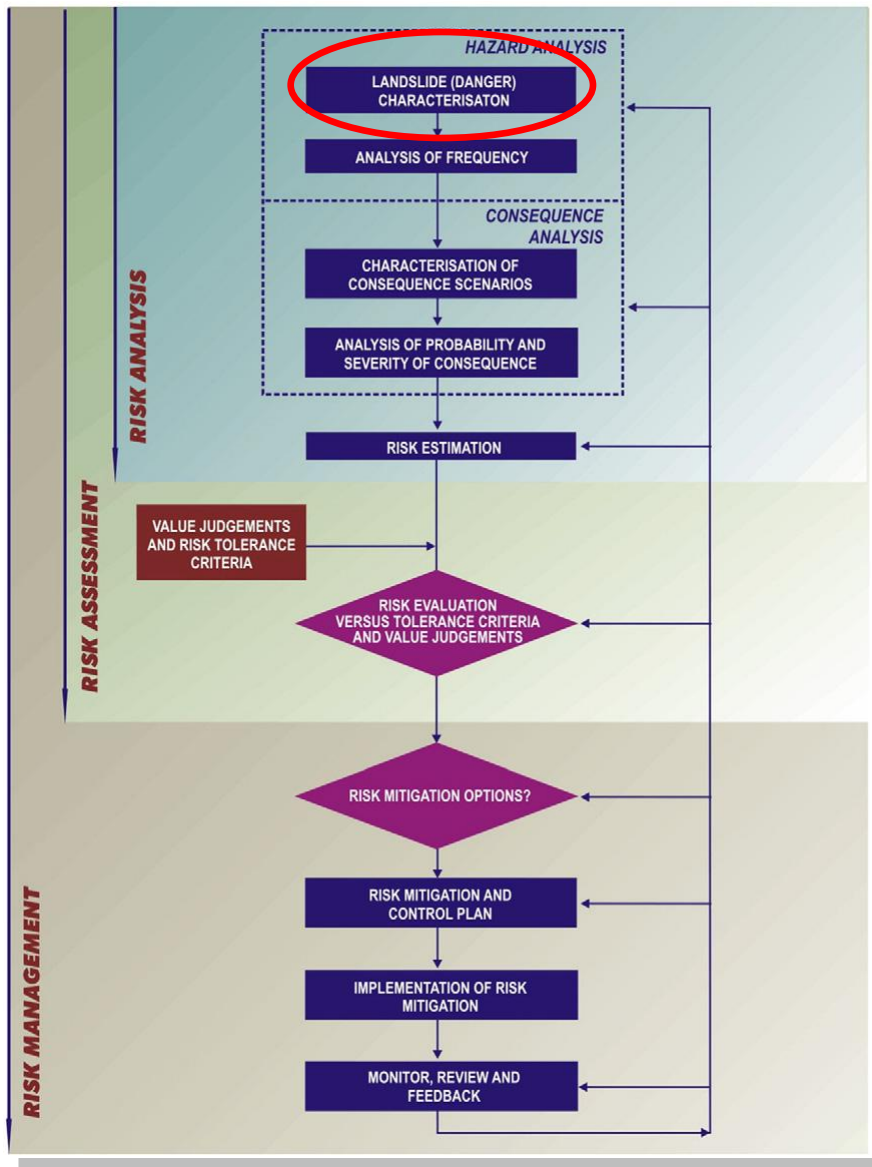
Spunti derivati dalla analisi della letteratura

- aree non urbanizzate – presenza di vegetazione – umidità (Zebker et al, 1992);
- effetto della pendenza dei versanti;
- frequenza delle misure (35 giorni) che consentono di discriminare spostamenti fino a 1.4 cm ad ogni passaggio;
- interpretazione della misura a causa della t



Inquadramento della problematica

Schema di gestione del rischio da frana



Obiettivo dello studio:

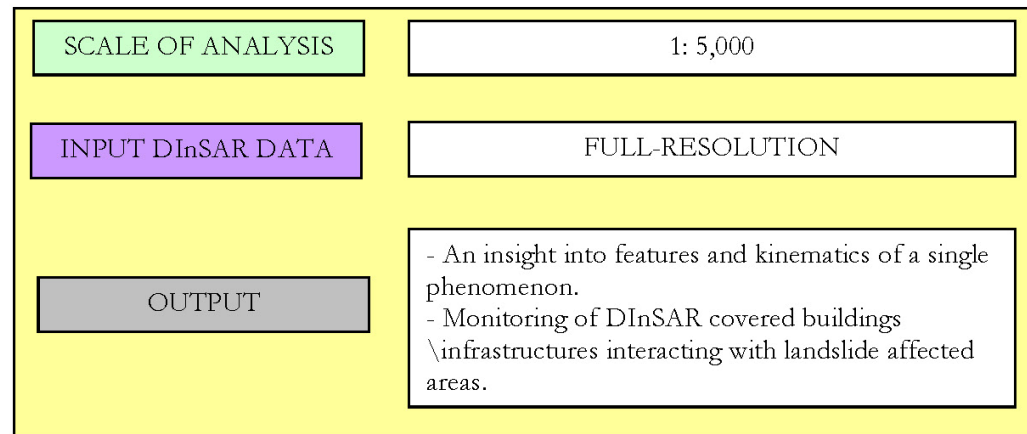
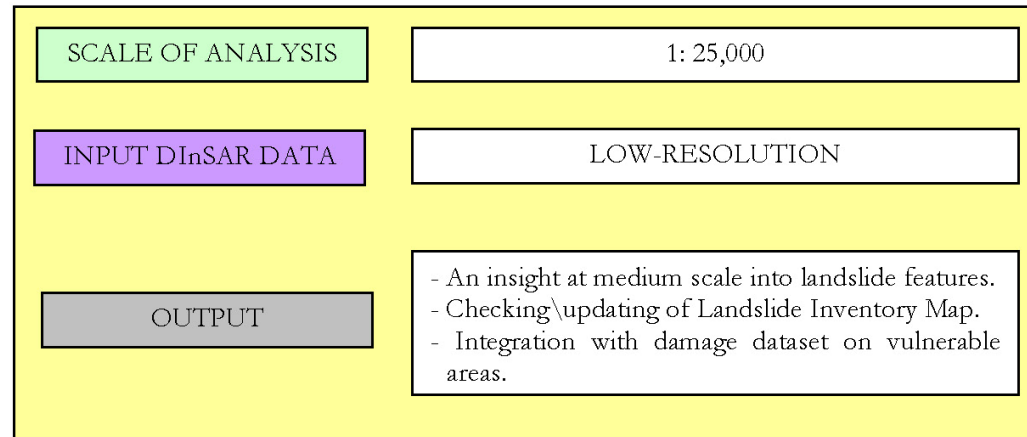
Aggiornamento delle Carte Inventario a scala 1:25000 con riferimento a:

- stato di attività di fenomeni franosi a cinematica lenta;
- individuazione di fenomeni franosi a cinematica lenta non cartografati.

Fell et al.(2008)

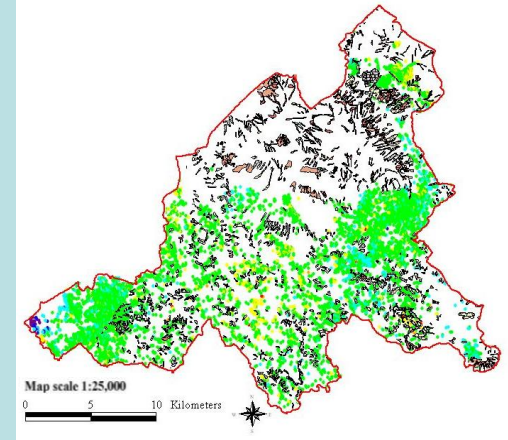
Studio delle frane con dati DInSAR

Schema proposto per lo studio delle frane

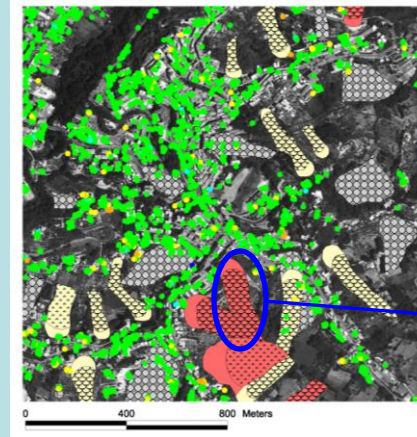


Casi studio analizzati

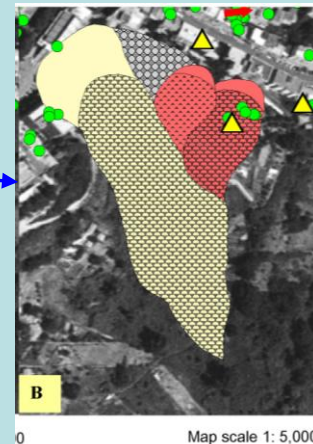
Un'area nel territorio dell'AdB-LGV



I Comuni di Frosinone e Torrice (FR)

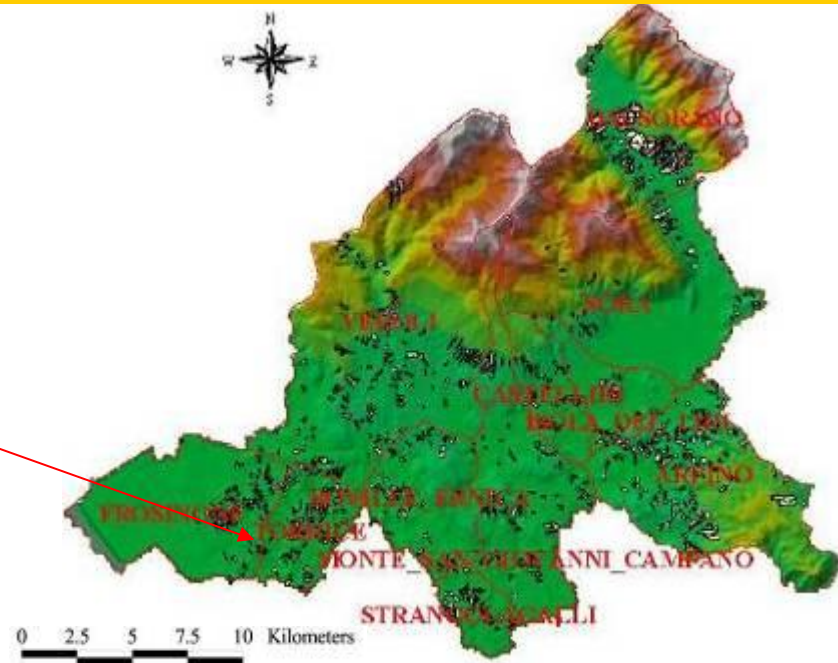


Singoli fenomeni franosi

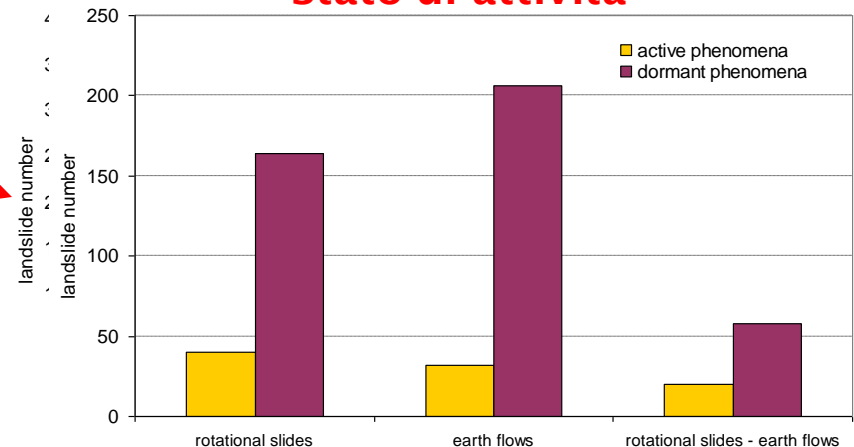


Studio delle frane con dati DInSAR a bassa risoluzione

Area studio



Frane in attività



Active: active, reactivated and suspended (Cruden e Varnes, 1996)

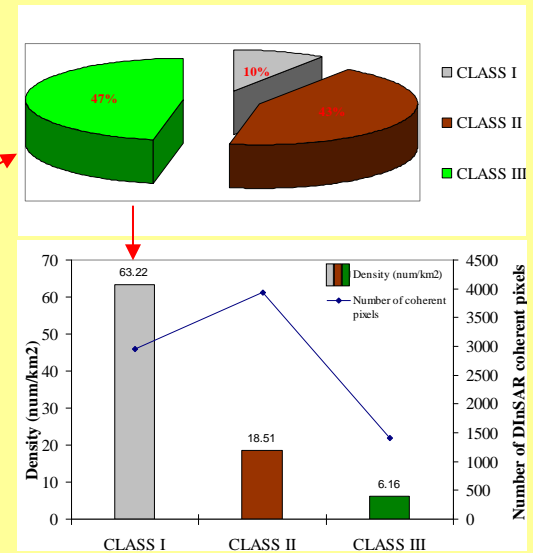
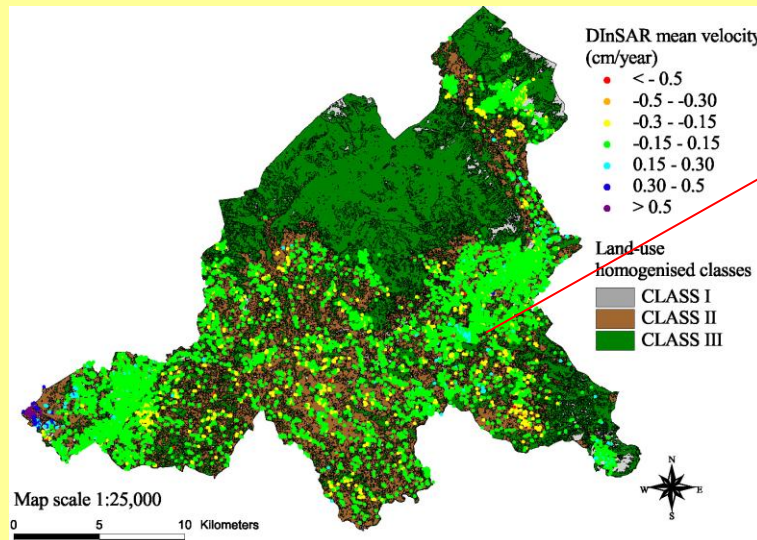
Quiescenti: dormant (Cruden e Varnes, 1996)

Superficie	489 kmq
Comuni	11
Numero totale di frane inventariate	897
Area in frana (km ²)	26 (5%)
Dati SAR	33 immagini ERS1-ERS2, elaborate a bassa ed alta risoluzione con algoritmo ESD.
Periodo	giugno 1995 - gennaio 2000

Studio delle frane con dati DInSAR a bassa risoluzione

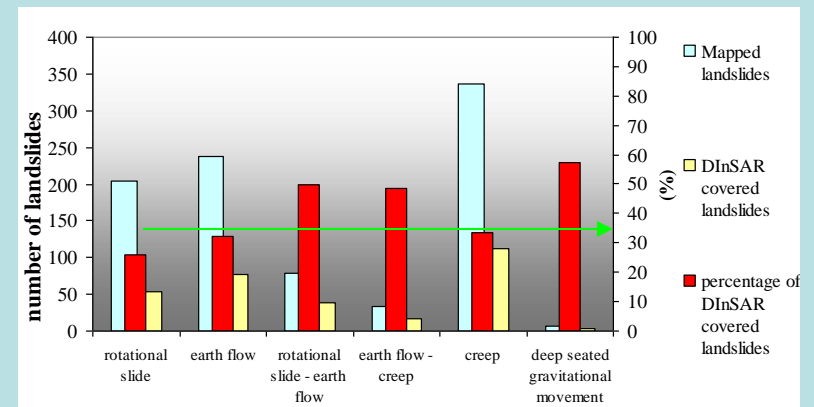
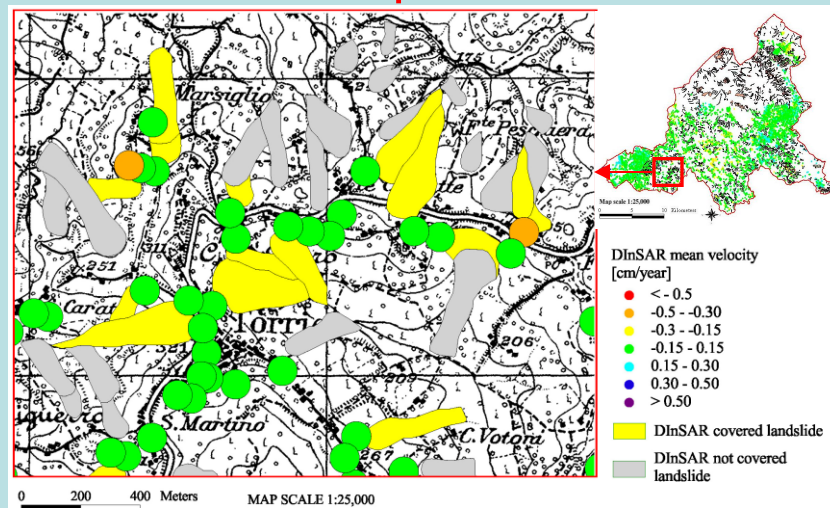
Analisi della distribuzione del dato SAR in base all'Uso del Suolo

CLASS I	Urbanised areas
	Industrial and commercial urbanised areas
CLASS II	Bare rocks
	Permanent cultivations (olive trees)
	Heterogeneous agricultural areas
CLASS III	In rotation -cultivated areas
	Bare soils
	Inland waters
	Broad-leaved forests with deciduous vegetation
	Riparian vegetation
	Forests of conifers
	Permanent grass
	Mediterranean scrub
	Pastures and prairies
	Evergreen forests or mixed (Broad-leaved + conife)
Open-air mining areas	



Peduto, 2008; Cascini et al., 2009)

Verifica della "copertura" del dato SAR sulle aree in frana

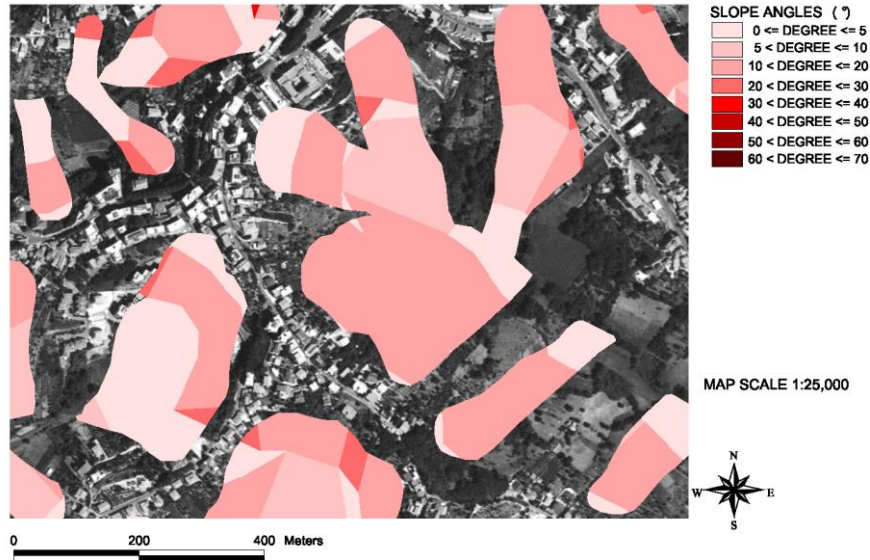


301 frane coperte su 897 pari al 34%

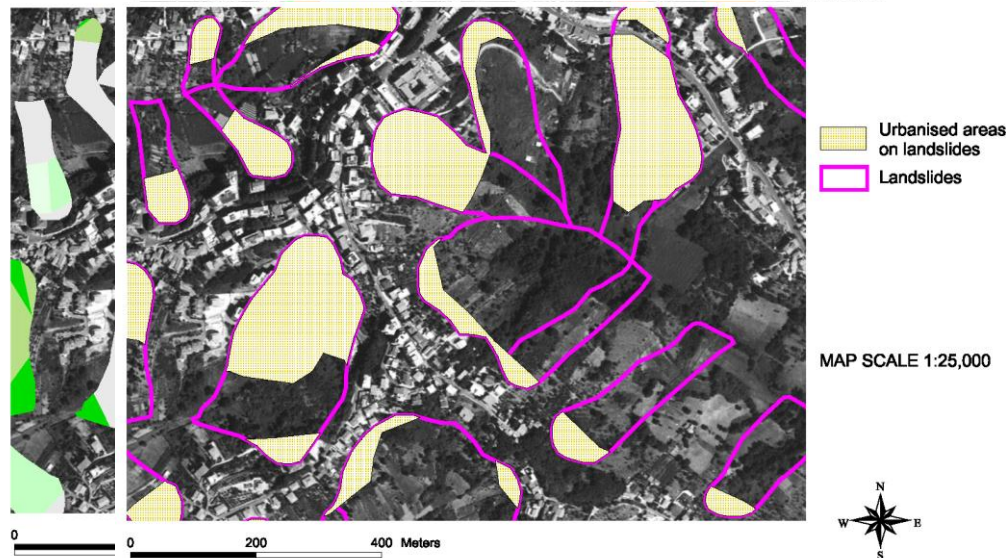
Studio delle frane con dati DInSAR a bassa risoluzione

Carta della Visibilità a priori (scala 1:25.000) delle frane nell'area di studio:

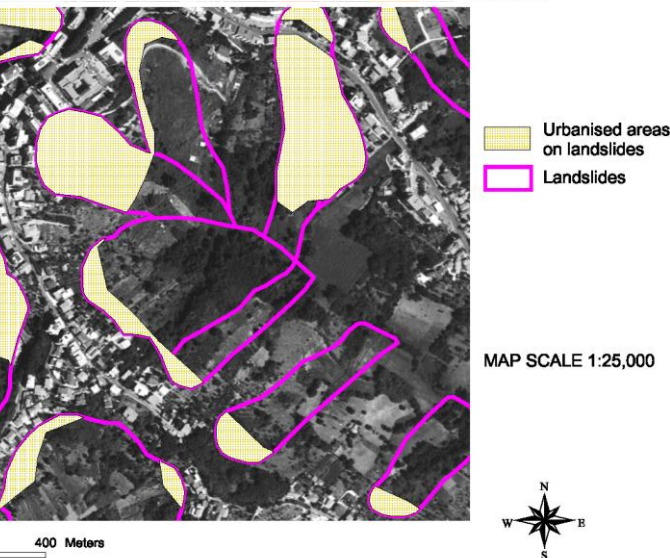
Carta delle Pendenze



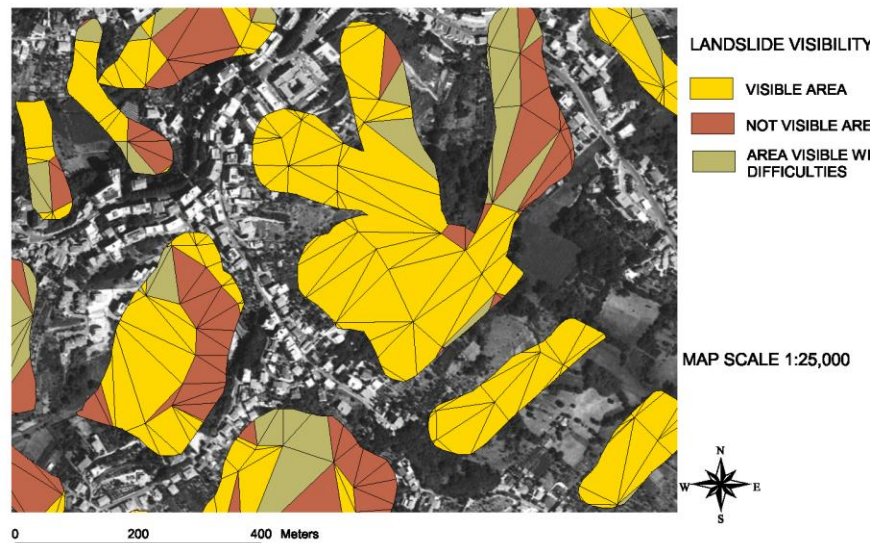
Carta della Esposizione



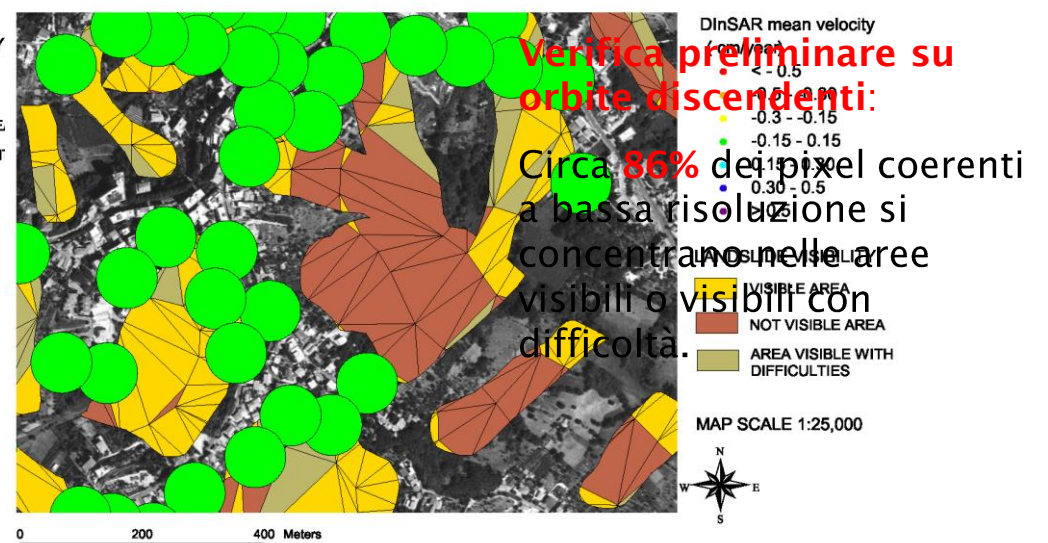
Carta dell'Usabilità



Orbite ascendenti



Orbite discendenti



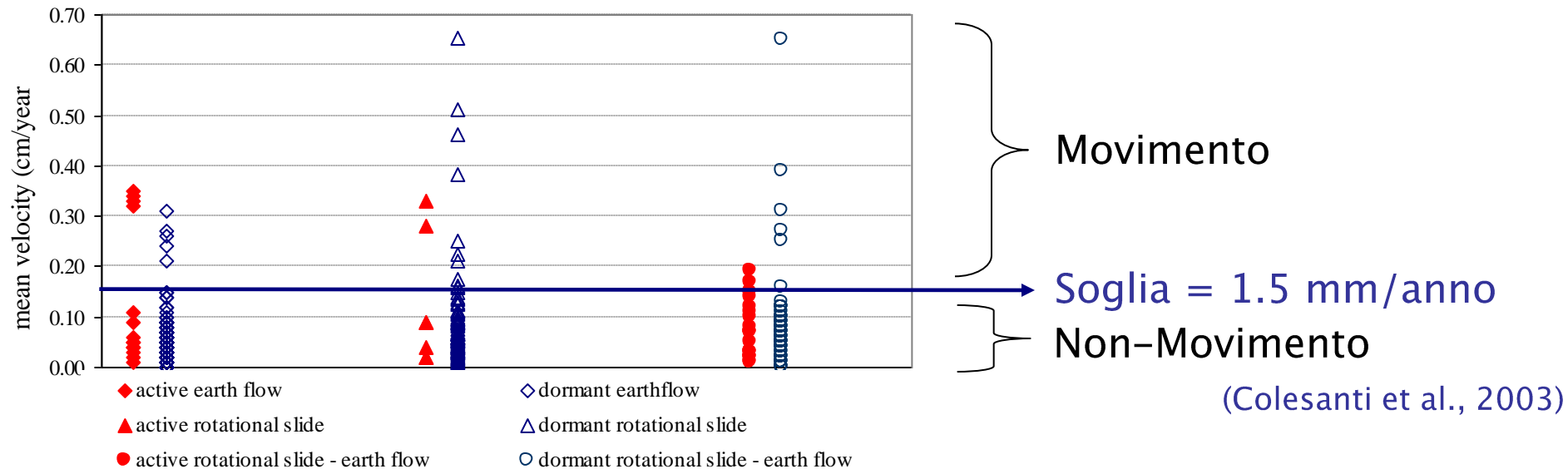
(Peduto, 2008; Cascini et al., 2009)

Verifica preliminare su orbite discendenti:

Circa 86% dei pixel coerenti a bassa risoluzione si concentrano nelle aree visibili o visibili con difficoltà.

Studio delle frane con dati DInSAR a bassa risoluzione

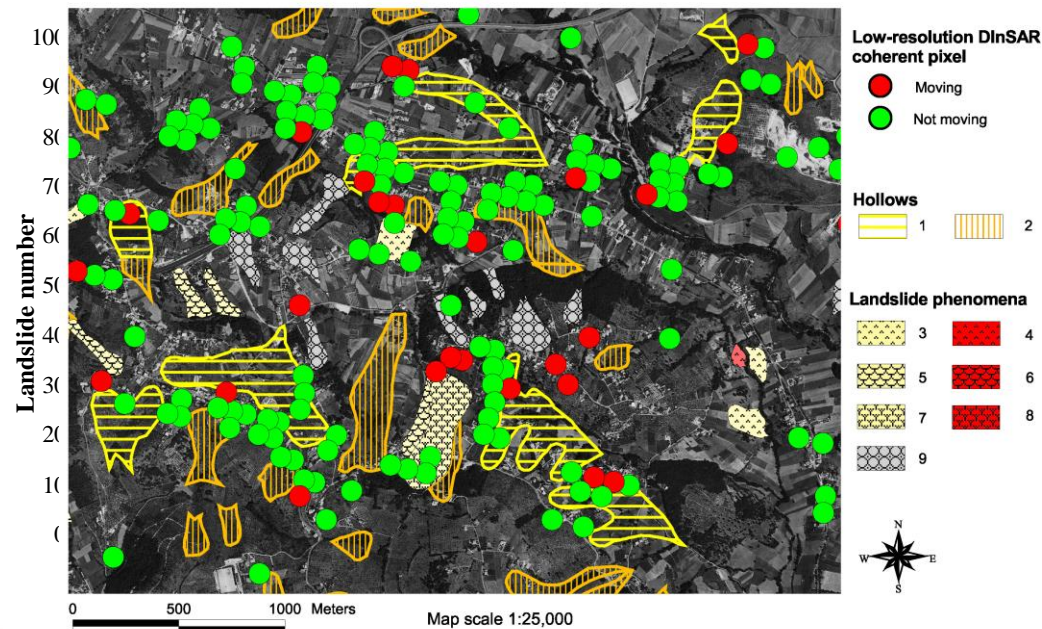
Dati DInSAR come indicatori dello stato di attività delle frane "coperte"



(Peduto, 2008; Cascini et al., 2009)

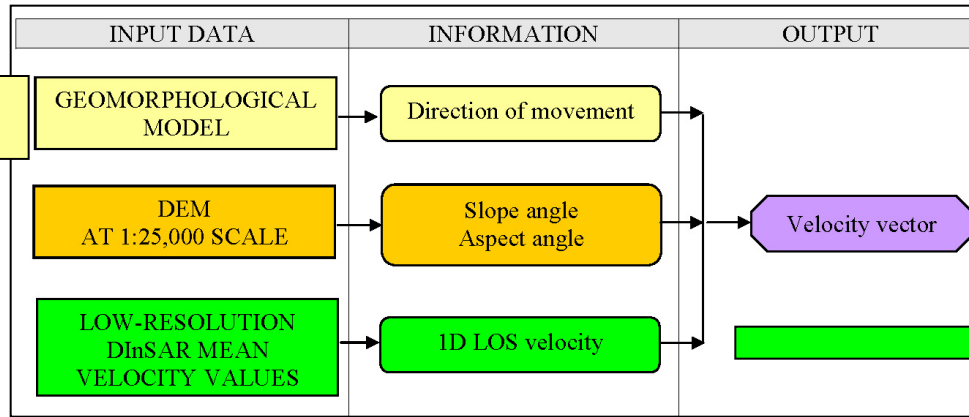
**All'interno delle aree coperte dalle frane:
come frane:
Nell'area di studio ci sono 63
Su un totale di 169 frane coperte
dal dato DInSAR:
- 84% delle frane quiescenti non**

**L'aggiornamento della Carta
Inventario potrebbe condursi a
partire dalle aree all'interno delle
quali sono state registrate
condizioni di movimento.**



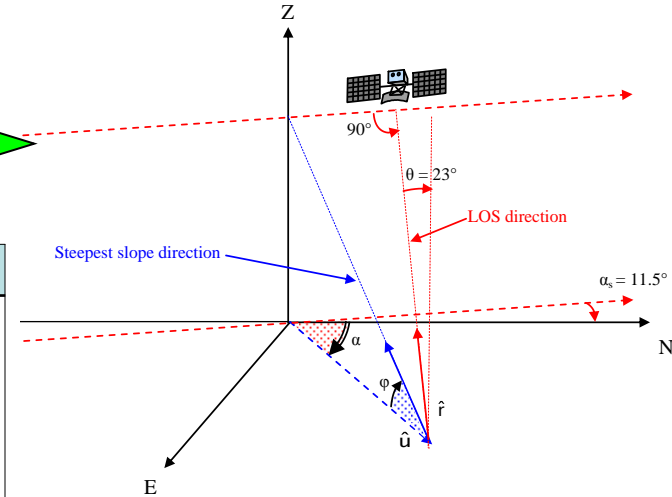
Studio delle frane con dati DInSAR

Upgrade proposto per la interpretazione dei dati DInSAR



Geometria di acquisizione SAR monodimensionale

ASCENDING ORBITS

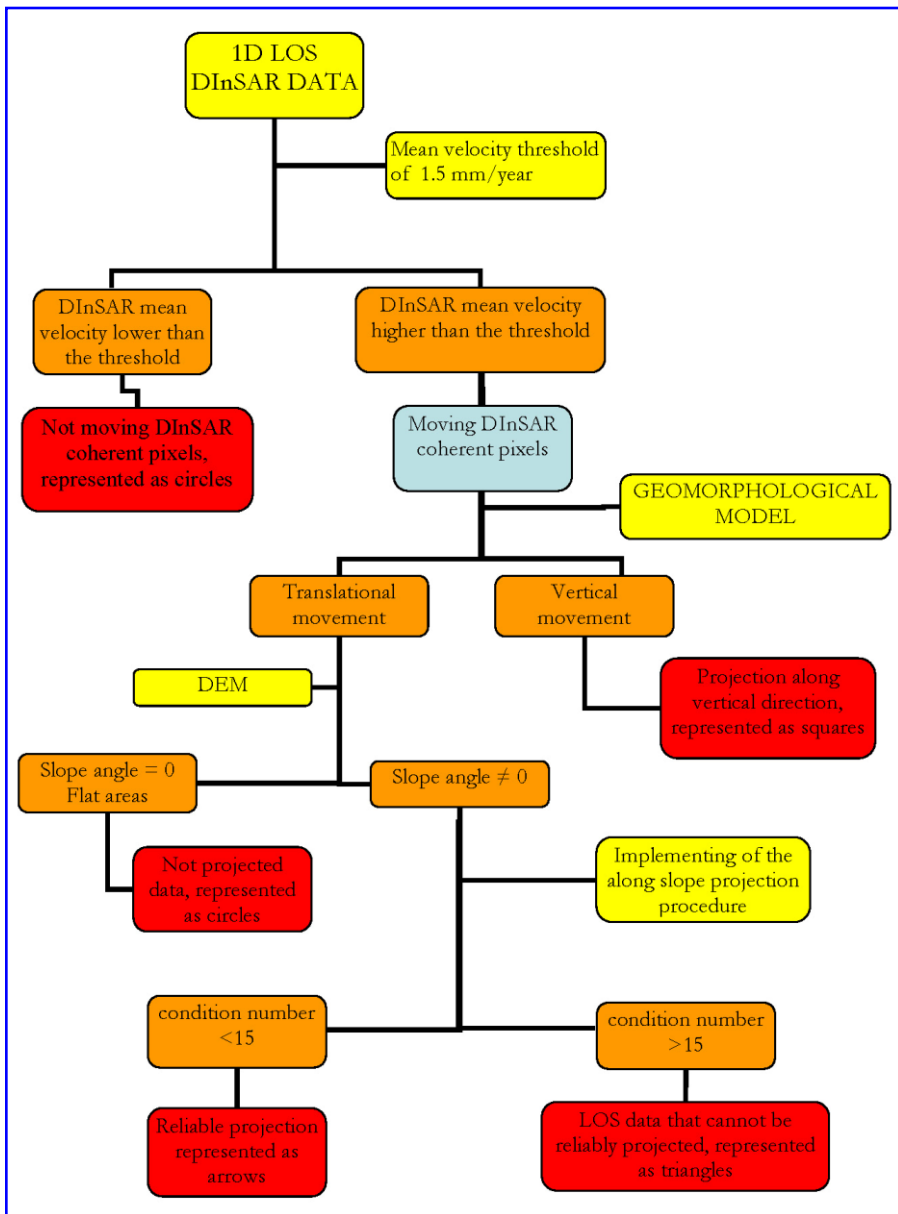


Rotational slide	Simplified scheme	Earth flow	Simplified scheme
Rotational slide - earth flow	Simplified scheme	Creep	Simplified scheme

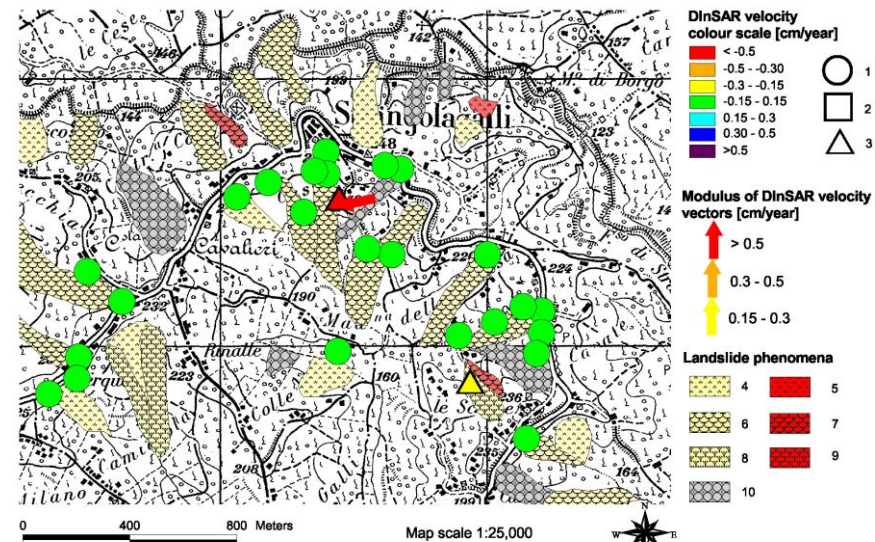
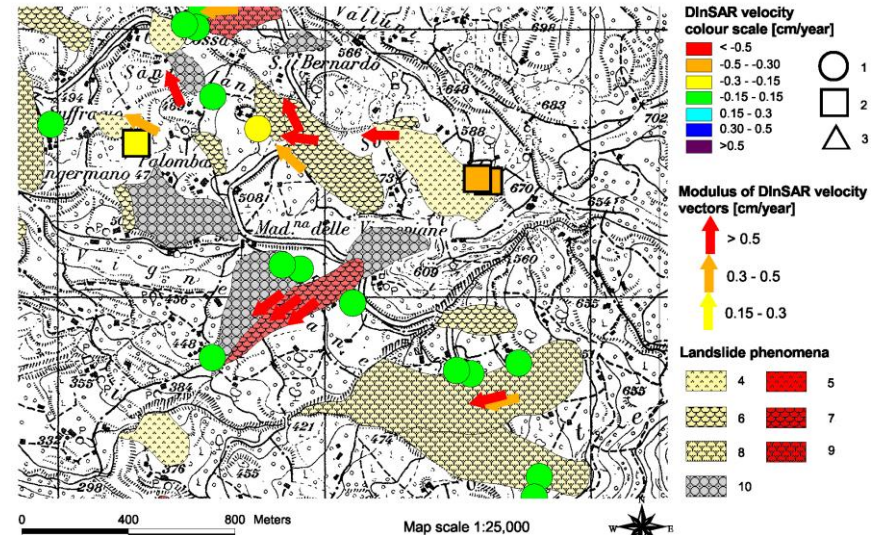
(Peduto, 2008; Cascini et al., 2010)

Studio delle frane con dati DInSAR

Flowchart della procedura sviluppata



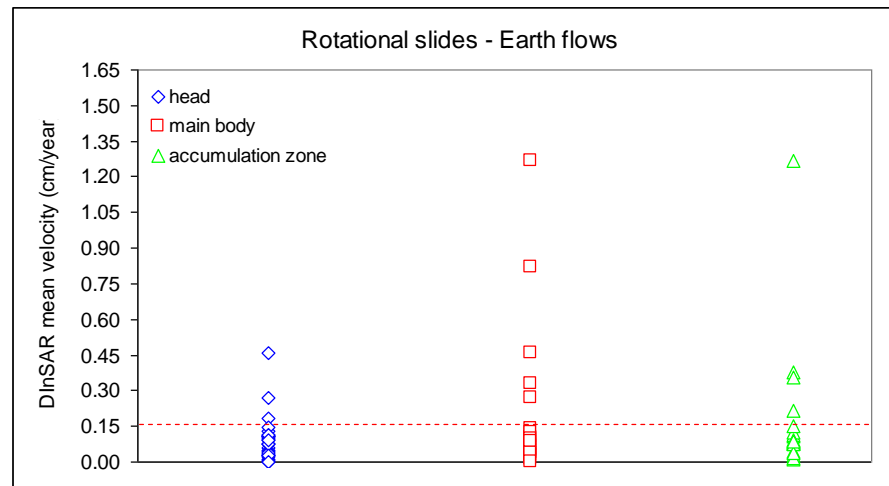
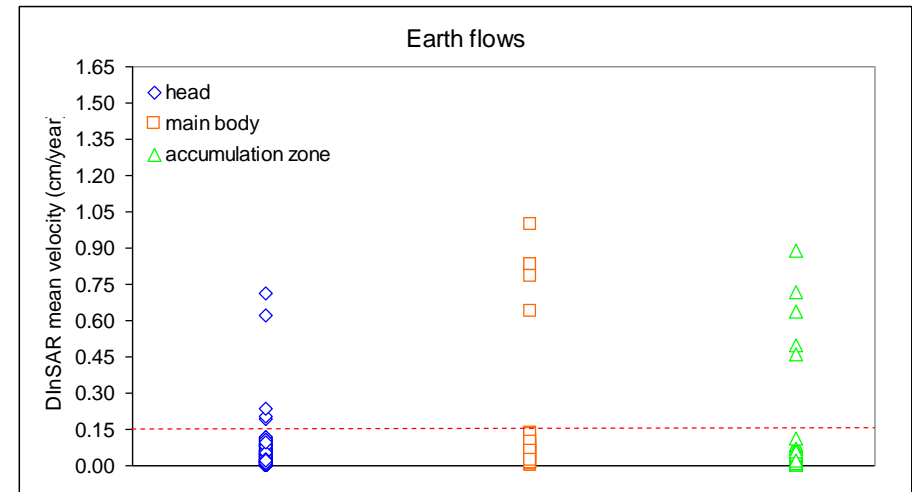
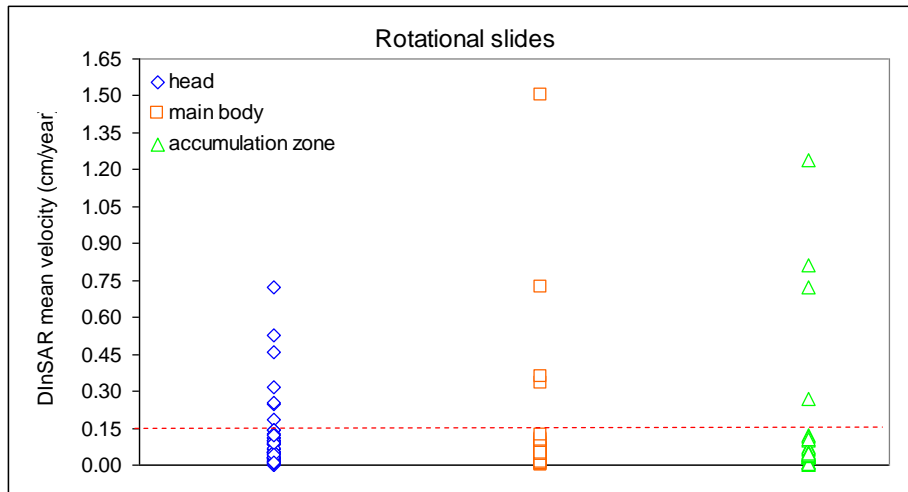
Esempi di Mappe avanzate di velocità su aree in frana a scala 1:25.000.



(Peduto, 2008; Cascini et al., 2010)

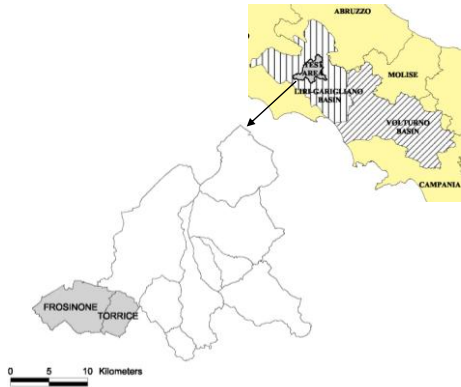
Studio delle frane con dati DInSAR

Velocità medie registrate nei 301 fenomeni franosi coperti dal dato DInSAR



Studio delle frane con dati DInSAR ad alta risoluzione

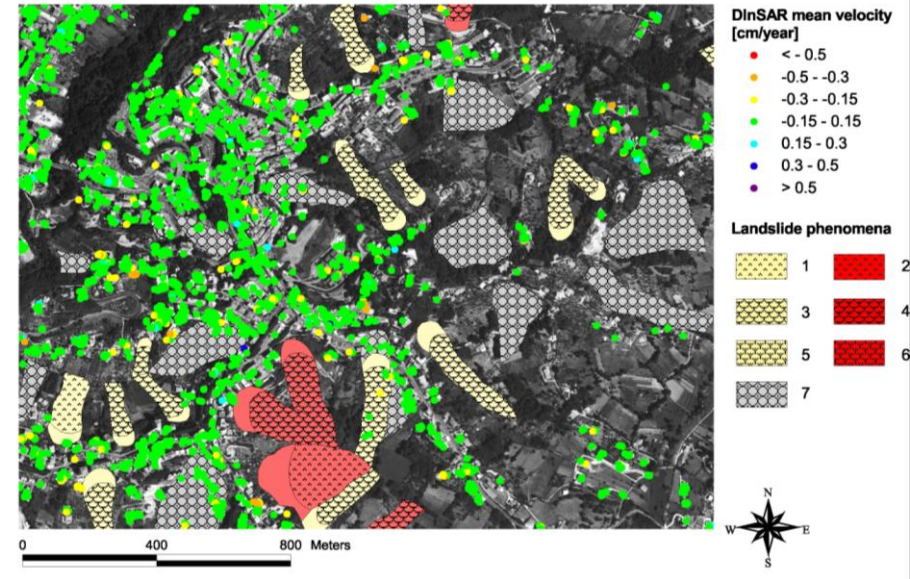
Area di studio



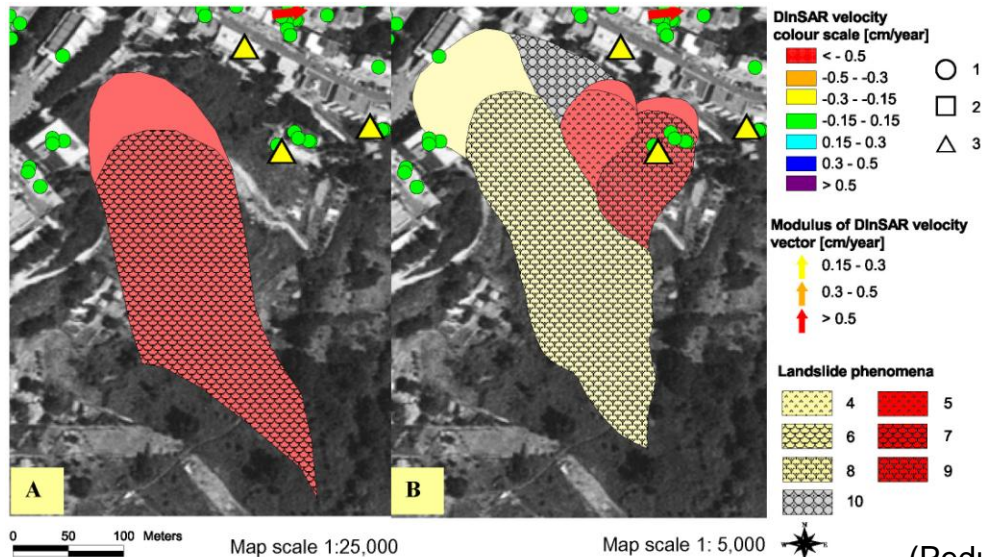
Comuni interessati: Frosinone e Torrice.

Superficie: 64 km²

Distribuzione dei dati DInSAR ad alta risoluzione



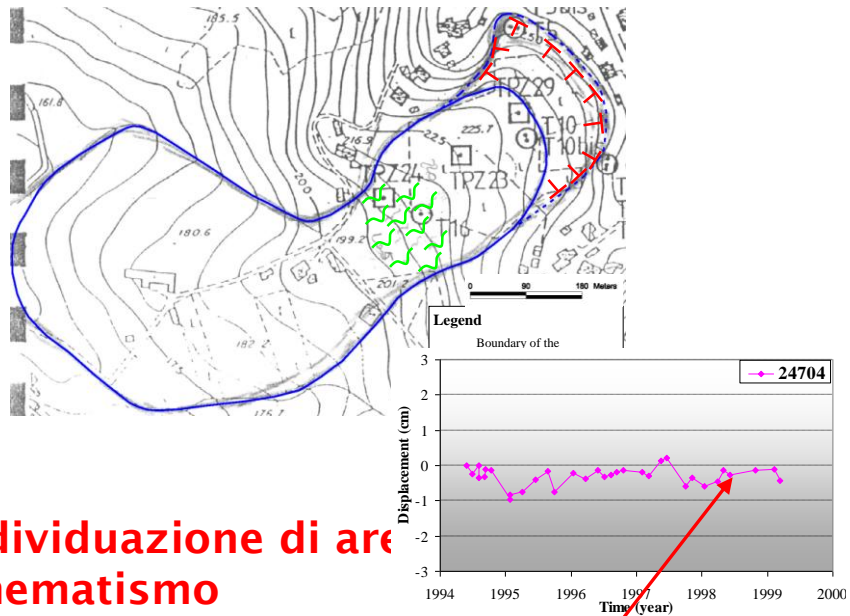
Importanza della congruenza scalare dei dati



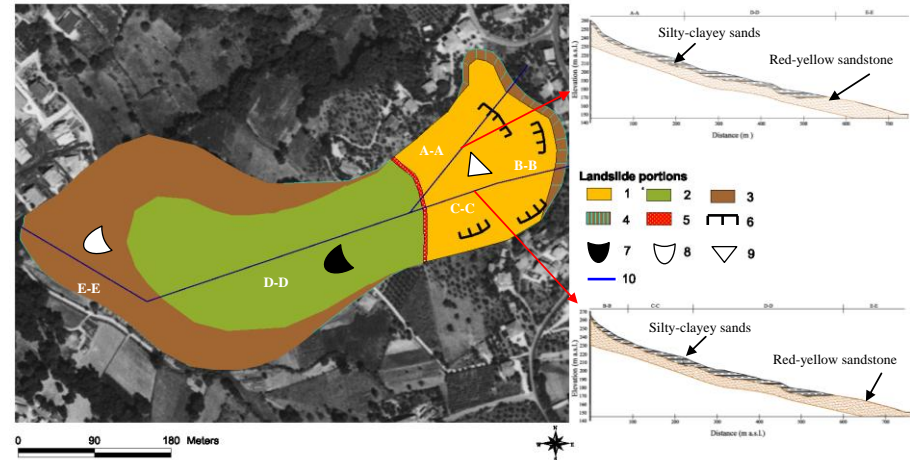
(Peduto, 2008; Cascini et al., 2010)

Studio delle frane con dati DInSAR ad alta risoluzione

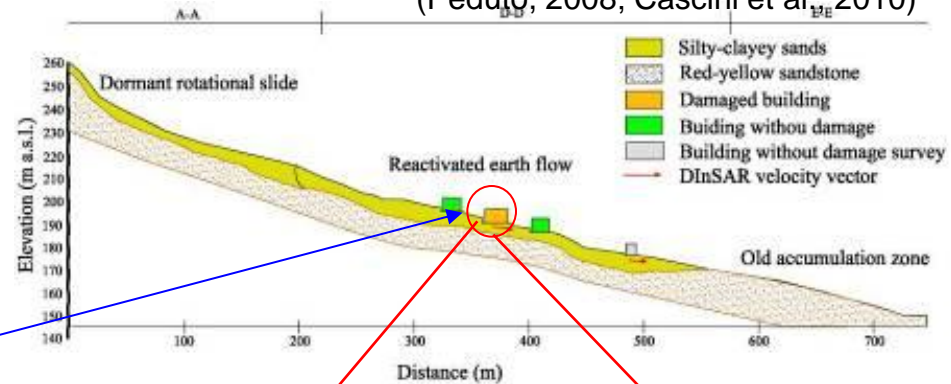
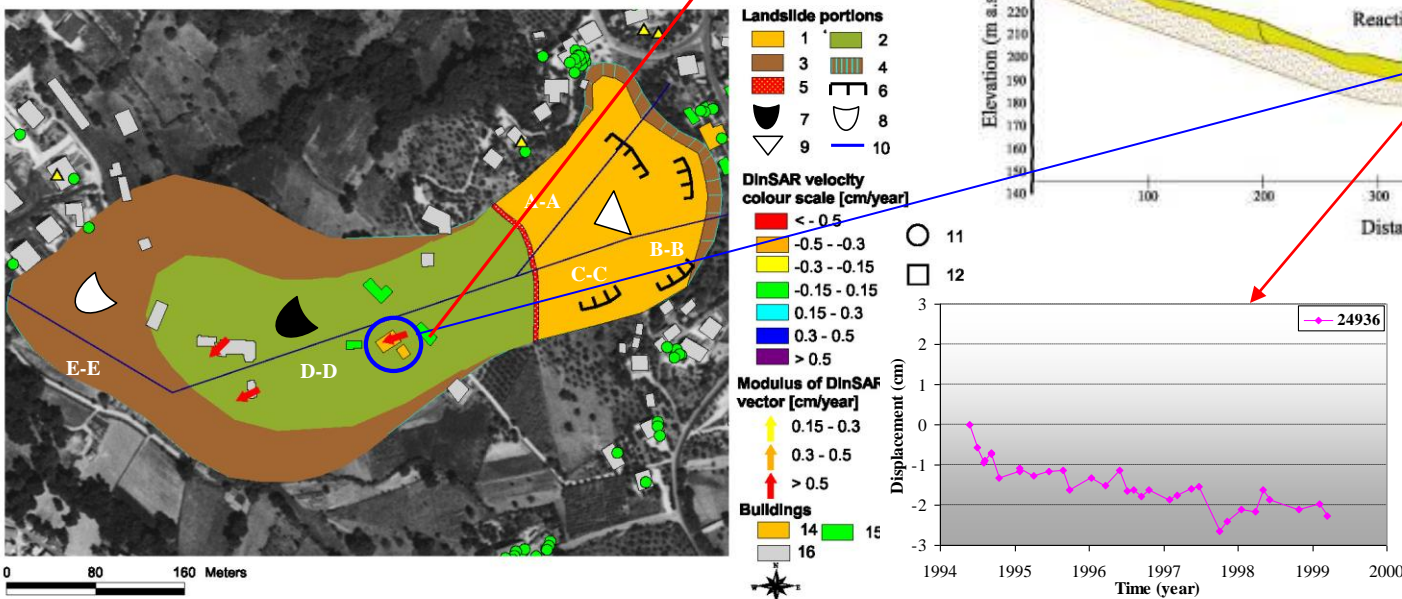
Analisi alla scala del singolo fenomeno: la frana de "La Consolazione"



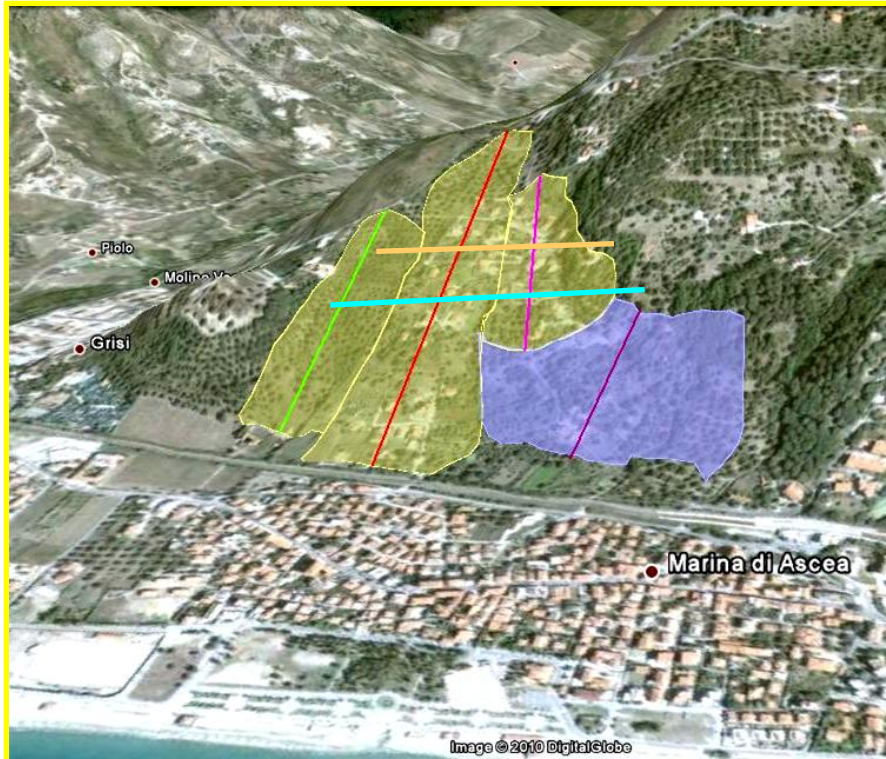
**Individuazione di arc
cinematismo**



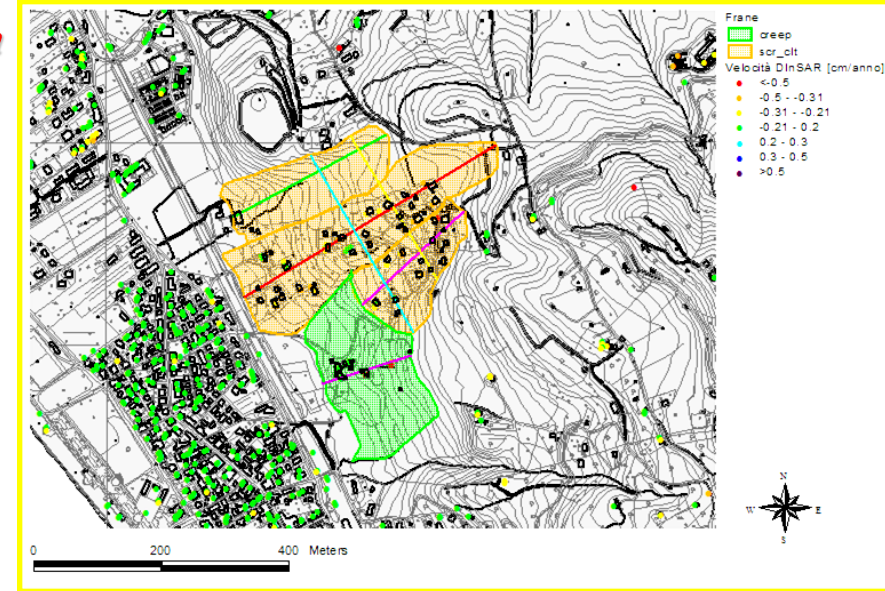
(Peduto, 2008; Cascini et al., 2010)



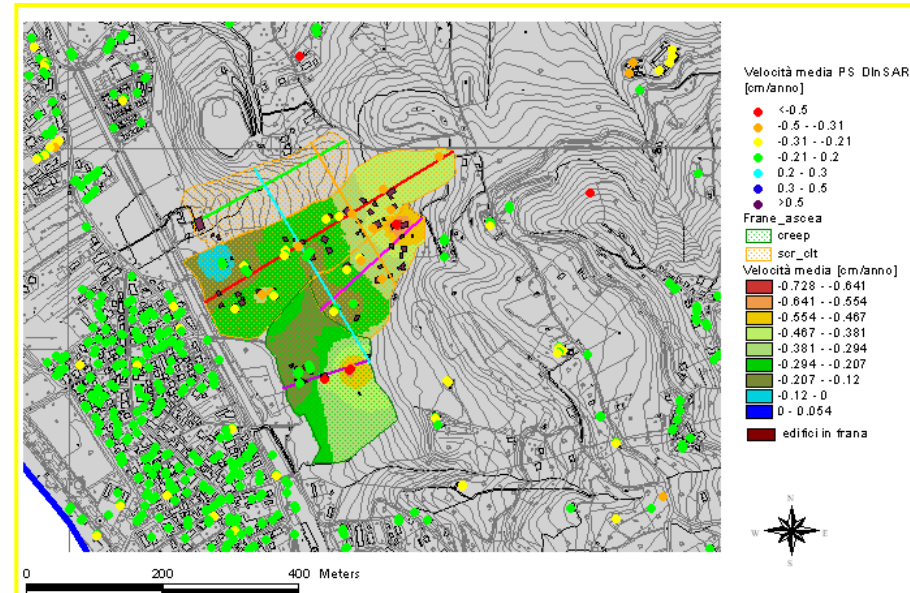
Visione di insieme



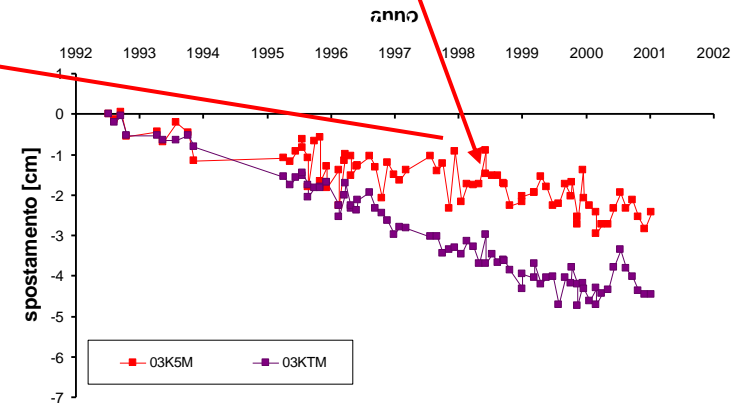
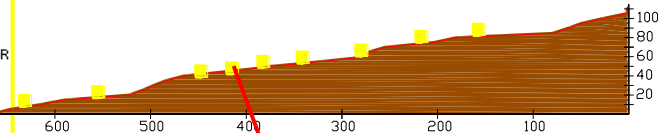
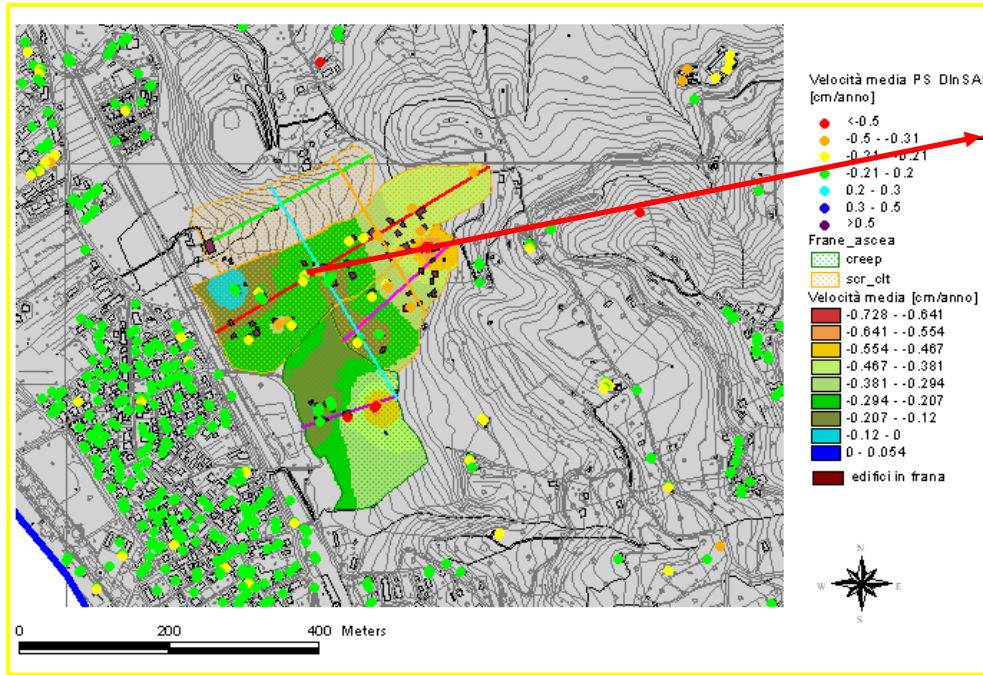
Pianta



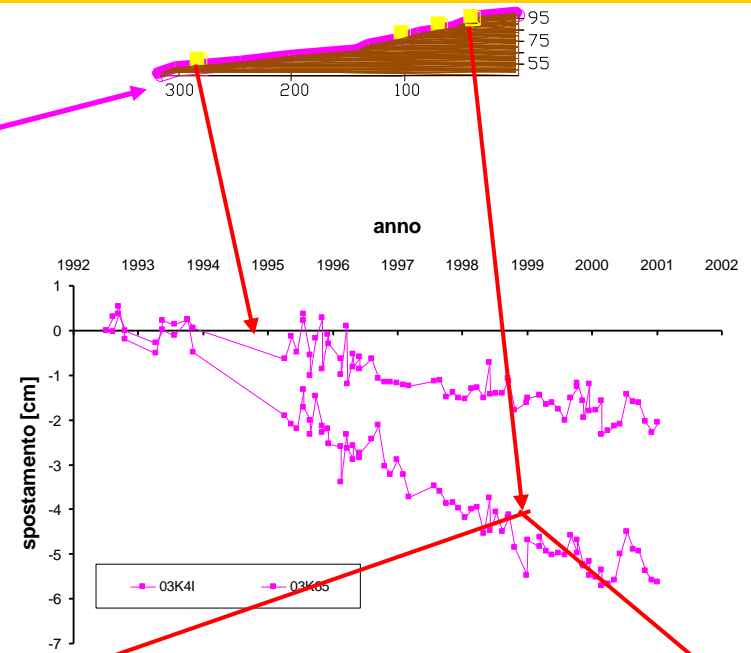
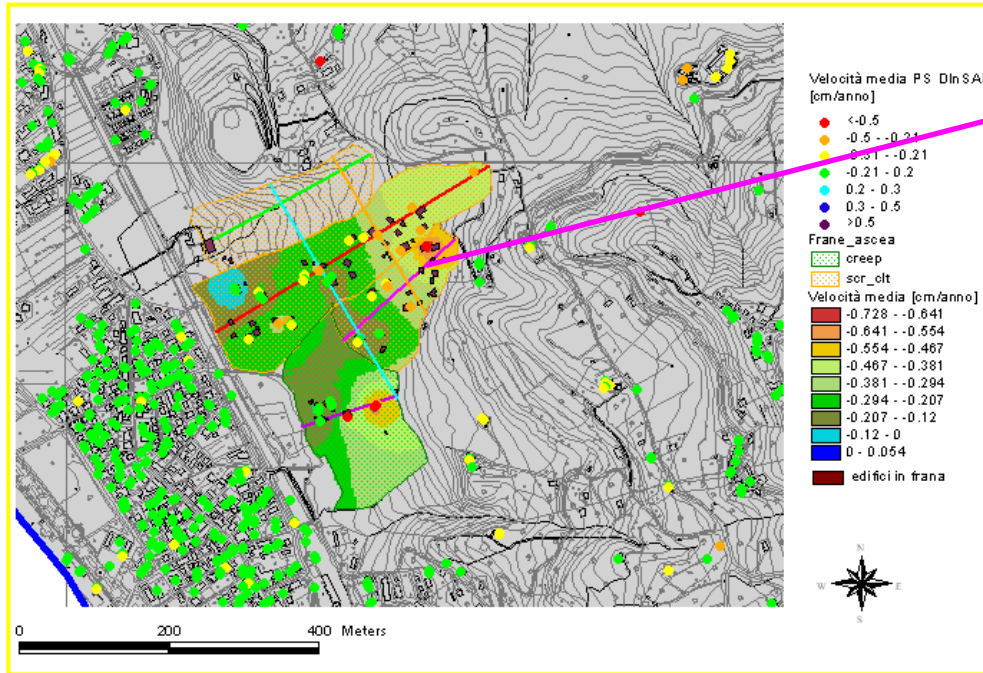
Distribuzione delle velocità nel corpo di frana



Il caso studio di Ascea: analisi dati ERS 1-2 (1992-2001)



Il caso studio di Ascea: analisi dati ERS 1-2 (1992-2001)

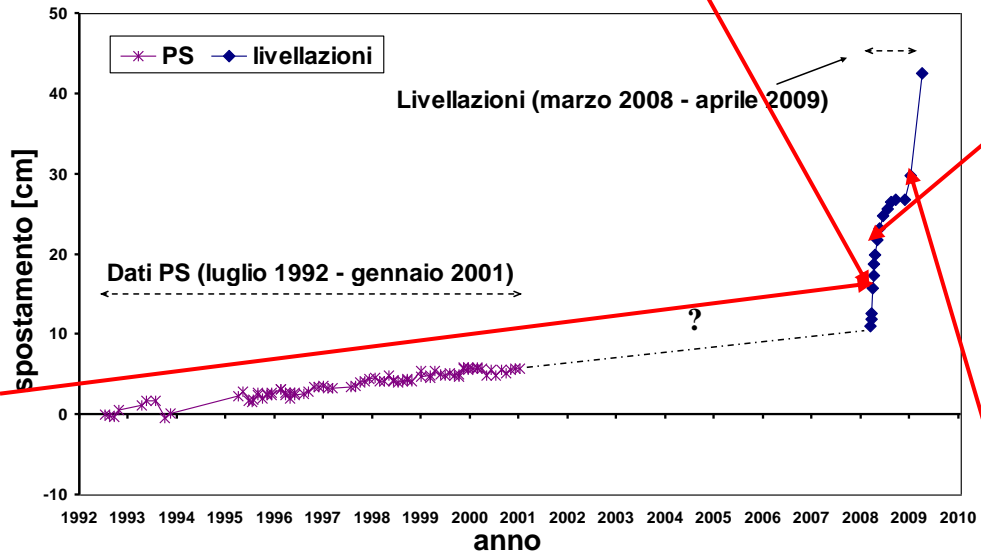
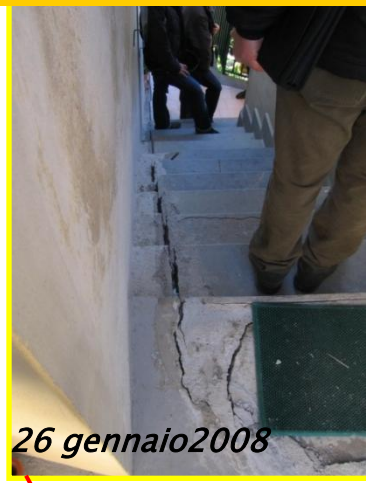
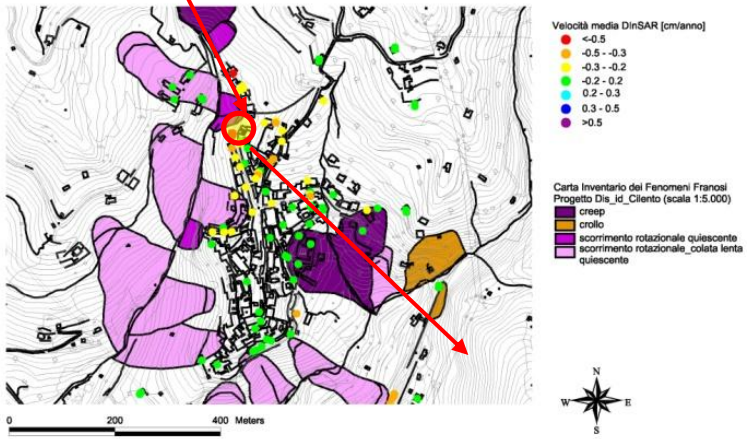


(Cascini et al., 2011)

Analisi a grande scala: il caso studio di Pisciotta (SA)



Analisi a grande scala: il caso studio di Pisciotta



.....si poteva prevedere?

Commenti

Le analisi condotte con l'ausilio di dati **DInSAR a BASSA RISOLUZIONE** evidenziano che:

Nelle analisi su area vasta

- I dati telerilevati possono essere impiegati, limitatamente alle fenomenologie per le quali si ha una adeguata copertura in studi a scala 1:25.000, per una verifica\aggiornamento della Carta Inventario delle frane.

Le analisi condotte con l'ausilio di dati **DInSAR ad ALTA RISOLUZIONE** evidenziano che:

Dati DInSAR ad alta risoluzione a scala comunale\di singolo fenomeno

- I dati telerilevati, opportunamente trattati, offrono indicazioni sul cinematismo dei singoli fenomeni consentendo di evidenziarne eventuali retrogressioni o parziali riattivazioni, nonché di monitorare il comportamento di strutture/infrastrutture interagenti con i medesimi fenomeni.

Sensori SAR ad alta risoluzione

Ricostruzione 3D di spostamenti di edifici in aree densamente urbanizzate



(Crosetto et al., 2009)