

## Misure PSInSAR™

Caratteristiche generali di prodotto

2008



## Misure PSInSAR™

I risultati di qualsiasi tipo di analisi vengono generati sotto forma di **database dei punti di misura**. Il database contiene per ciascun punto di misura o PS:

- La posizione a terra, ovvero le sue **coordinate geografiche**.
- La **velocità media annua di spostamento** (misurata nella direzione di vista del sensore), espressa in mm/anno.
- La **serie storica di spostamento**, ossia una serie di valori che rappresentano, acquisizione per acquisizione, l'evoluzione di spostamento del PS, espresso in mm e misurato nella direzione di vista del sensore.
- Un **parametro di qualità**, normalizzato tra 0 e 1: più ci si avvicina a 1, più il PS risulta possedere caratteristiche ottimali per l'analisi.

Il database dei risultati, in formato elettronico (**.dbf**), è facilmente importabile all'interno di un qualsiasi **software di visualizzazione dei dati geografici (GIS)**; basta tuttavia un semplice **foglio di calcolo** per poterlo leggere.

E' possibile così rappresentare i PS, e le informazioni ad essi associate, su sfondi geo-referenziati, quali ortofoto aeree o satellitari, e Carte Tecniche Regionali (CTR), sia per una rapida consultazione, sia per procedere a eventuali elaborazioni a posteriori e a integrazioni con altre misure metriche del territorio.

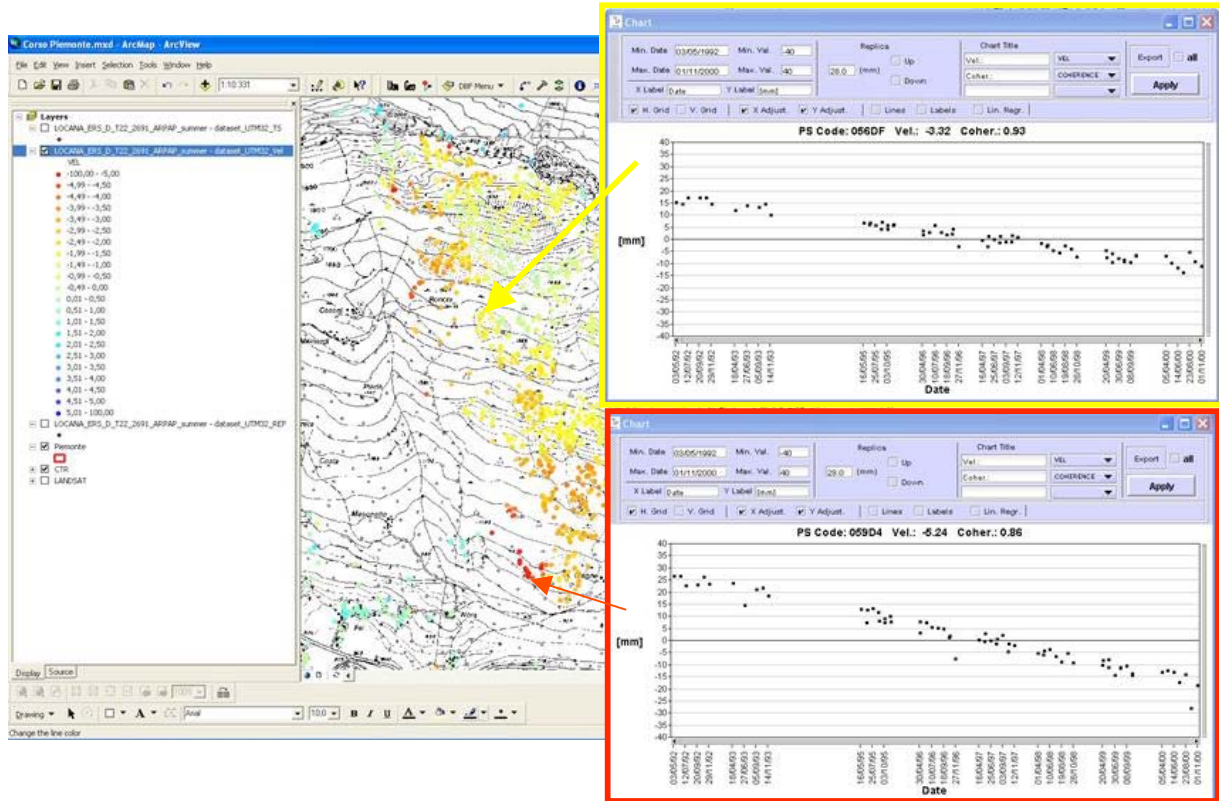


Figura: esempio di visualizzazione dei dati PS in ambiente GIS.

## PSInSAR™ package

*Non solo misure di spostamento*

Chi utilizza le misure PS ha bisogno di una serie di informazioni e strumenti che lo aiutino nella gestione dei dati. Da questa esigenza è nato il concetto di *PS package*.

*PS package* significa database dei risultati PS, insieme a:

- un report dettagliato dell'analisi eseguita;
- una guida all'utilizzo delle misure PS, sia in formato cartaceo che elettronico;
- alcuni tool per ottimizzare la visualizzazione e la gestione dei dati PS in ambiente GIS (ad oggi disponibili per piattaforma ArcView – ESRI 8.3 +);
- a richiesta, stampe dei valori di velocità PS su layer geografici e presentazioni sintetiche dei risultati in formato ppt.

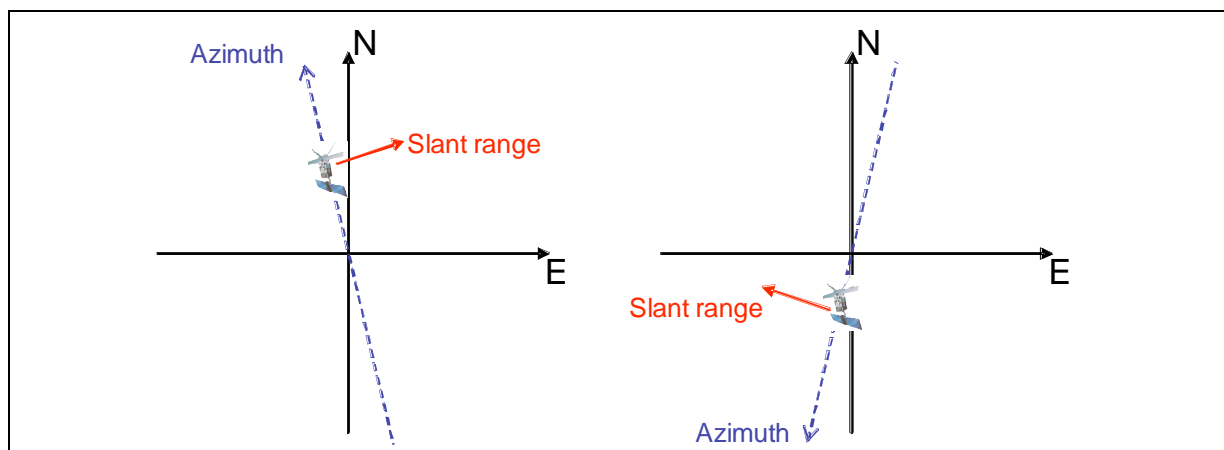
Il nostro staff tecnico fornisce supporto al cliente anche dopo la consegna dei risultati.

## Cosa è possibile misurare

Le misure (di posizione, spostamento e velocità) dei PS sono sempre relative e mai assolute, ovvero riferite spazialmente ad un punto a terra di elevazione nota e supposto fermo (moto nullo), detto “punto di riferimento”, e temporalmente ad una data definita (es.: prima acquisizione disponibile nell’arco temporale analizzato).

Il satellite percorre la sua orbita intorno alla Terra, mentre la Terra ruota intorno al proprio asse. La particolare combinazione dei due moti permette al sensore di rilevare la stessa area geografica secondo due differenti geometrie:

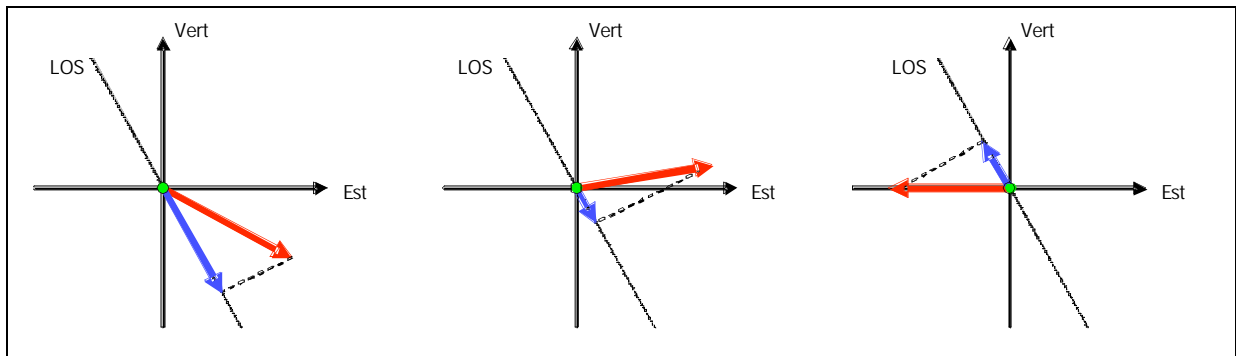
- in modalità ascendente, ossia percorrendo l’orbita da Sud verso Nord, e illuminando l’area da Ovest verso Est;
- in modalità discendente, ossia percorrendo l’orbita da Nord verso Sud, e illuminando l’area da Est verso Ovest.



**Figura:** modalità di acquisizione. A sinistra modalità ascendente, a destra modalità discendente.

Gli spostamenti sono rilevati lungo la linea di vista del sensore (ossia, la congiungente sensore-bersaglio o LOS), che risulta essere inclinata rispetto alla verticale di un angolo che varia a seconda del satellite utilizzato (da ca. 20 a 45 gradi).

Dal momento che la tecnica è in grado di misurare la componente dello spostamento lungo la congiungente sensore-bersaglio (PS), questo valore sarà tanto minore quanto più la direzione del vettore spostamento reale si discosterà dalla direzione di puntamento del sensore; al limite, nel caso di moto perpendicolare alla linea di vista del satellite, lo spostamento misurato risulterà nullo. In figura sono rappresentati i tre casi che illustrano come al variare della direzione reale del moto (vettore rosso) il sistema misuri una componente (vettore blu), che può variare notevolmente in modulo e avere segni opposti.



**Figura:** componente di spostamento rilevata dal sensore in funzione delle diverse direzioni dello spostamento reale. In rosso è rappresentato il vettore di spostamento reale, mentre in blu quello rilevato dal sistema.

Un aspetto interessante della tecnica PSInSAR™ consiste nella possibilità di combinare il dataset ascendente con quello discendente (se per l'area in esame si dispone di dati acquisiti in entrambe le geometrie), perché permette di stimare le componenti verticale e orizzontale del vettore spostamento.

Convenzionalmente si considerano positivi i valori di velocità media di spostamento verso il satellite e negativi quelli in direzione opposta, di allontanamento dal satellite.

## Numero minimo di dati ai fini dell'elaborazione

Per avviare una indagine PSInSAR™ è necessario poter disporre di un minimo di 20 immagini radar acquisite sulla stessa area, nelle medesime condizioni geometriche (es.: 20 dati in geometria ascendente).

## Estensione delle aree analizzate

È possibile effettuare analisi PSInSAR™ su aree di estensione variabile, a partire da un minimo di 1 km<sup>2</sup> fino a decine di migliaia di chilometri quadrati, nel caso di coperture riguardanti interi territori nazionali.

## Tipologia delle analisi

In base all'estensione dell'area da analizzare, o delle specifiche esigenze del progetto, l'analisi PSInSAR™ può essere condotta secondo differenti modalità, ciascuna delle quali utilizza varianti algoritmiche che richiedono carichi computazionali più o meno intensivi.

Si consideri ad esempio il confronto tra l'analisi di un fenomeno franoso in contesto alpino e lo studio del fenomeno di subsidenza nella Pianura Padana. Nel primo caso è richiesto di individuare accuratamente ogni minima fonte di informazione contenuta nel dataset elaborato, facendo anche fronte alle condizioni poco favorevoli all'utilizzo del dato radar satellitare, quali le limitazioni di visibilità indotte dal manto nevoso e l'aspra topografia. Nel secondo caso, poiché il fenomeno oggetto di studio avviene su larga scala, non è necessario raggiungere la stessa densità di punti di misura per chilometro quadro e, inoltre, si opera in condizioni più semplici. Una elaborazione più speditiva è

quindi preferibile. Si distinguono di conseguenza analisi a carattere locale intensive da quelle a carattere regionale semiautomatiche.

## Densità dei PS

A seconda della tipologia di analisi e della quantità di dati analizzata, è possibile raggiungere in aree urbane densità di punti di misura superiori ai 1500 PS/Km<sup>2</sup> (utilizzo combinato di più dataset).

A titolo esemplificativo si riportano nella successiva tabella alcuni dati reali ottenuti in specifiche aree da analisi PSInSAR™ ad alta risoluzione spaziale.

	ERS [PS/km <sup>2</sup> ]	RADARSAT [PS/km <sup>2</sup> ]
area urbana <sup>1</sup>	565	730
area mista <sup>2</sup>	170	240
territorio regionale	85 <sup>3</sup>	150 <sup>4</sup>

<sup>1</sup>test condotto su area metropolitana (Roma), utilizzando un solo dataset.

<sup>2</sup>test condotto su area di 1000 km<sup>2</sup>, comprendente territorio montano, collinare e centri urbani minori.

<sup>3</sup>test condotto sull'intera estensione del territorio piemontese (25.000 km<sup>2</sup>).

<sup>4</sup>test condotto nelle province di Sondrio e Brescia, in Lombardia.

## Precisione delle stime di spostamento

Considerando l'elaborazione di un dataset di medie dimensioni per un'area di qualche centinaio di chilometri quadrati, si ottengono le seguenti precisioni:

- l'errore (deviazione standard) della misura di spostamento dei PS è tipicamente minore di 1 cm;
- l'errore (deviazione standard) della velocità media di spostamento può essere derivato come l'errore sullo spostamento diviso la durata del periodo in analisi. In casi favorevoli, dove sono presenti grandi quantità di dati, si raggiungono valori inferiori ad 1 mm/anno.
- L'errore (deviazione standard) di localizzazione dei PS entro 1-2 km dal punto di riferimento è generalmente dell'ordine dei ±6 m in direzione Est, ±3 m in direzione Nord e ±1,5 m sull'asse verticale (le accuratezze possono variare in funzione del numero di immagini SAR, della distribuzione delle *baseline* spaziali e temporali, del DEM di riferimento e delle caratteristiche della scena osservata).

Per distanze inferiori a 2 km dal punto di riferimento:

POSIZIONE	<b>direzione EST</b>	<b>direzione NORD</b>	<b>ALTEZZA</b>
Precisione (1σ)	5 m	2 m	1.5 m

SPOSTAMENTO (LOS)	<b>Tasso medio di spostamento</b>	<b>Singola misura</b>
Precisione (1σ)	0.5 mm/anno	5 mm



## Satelliti per analisi PSInSAR™

Oggi la tecnologia PSInSAR™ è in grado di utilizzare i dati dei seguenti sensori in orbita:

- *ERS1-ERS2*: satelliti per la Ricerca della Agenzia Spaziale Europea hanno acquisito dati con regolarità su tutto il territorio nazionale nel periodo 1992-2001;
- *ENVISAT*: attualmente in funzione, sostituto dei precedenti, acquisisce dati dal 2002 in diverse modalità e risoluzioni, a livello globale;
- *RADARSAT-1*: satellite canadese ad uso commerciale, acquisisce con regolarità dati su tutto il territorio italiano da marzo 2003, garantendo la possibilità di attivare progetti di analisi e monitoraggio. Per densità di dati e precisione risulta migliore dei precedenti.

In futuro saranno utilizzabili i dati delle seguenti missioni recentemente avviate, ma tuttora in fase di calibrazione e acquisizione:

- *Cosmo Sky-Med*: costellazione di quattro satelliti italiani; il primo è in orbita da Maggio 2007, il secondo è stato lanciato a Dicembre 2007. Garantiranno una densità di misure e una frequenza delle acquisizioni sul territorio italiano estremamente elevata, che aprirà nuovi scenari nelle possibili applicazioni;
- *TerraSAR-X*: missione dell'Agenzia spaziale tedesca paragonabile per caratteristiche del segnale radar alla precedente, opererà principalmente su applicazioni relative ad aree limitate;
- *RADARSAT-2*: sostituto di RADARSAT-1, in orbita da Dicembre 2007, proseguirà le acquisizioni sul territorio italiano dando continuità all'archivio già oggi esistente (2003-2007).