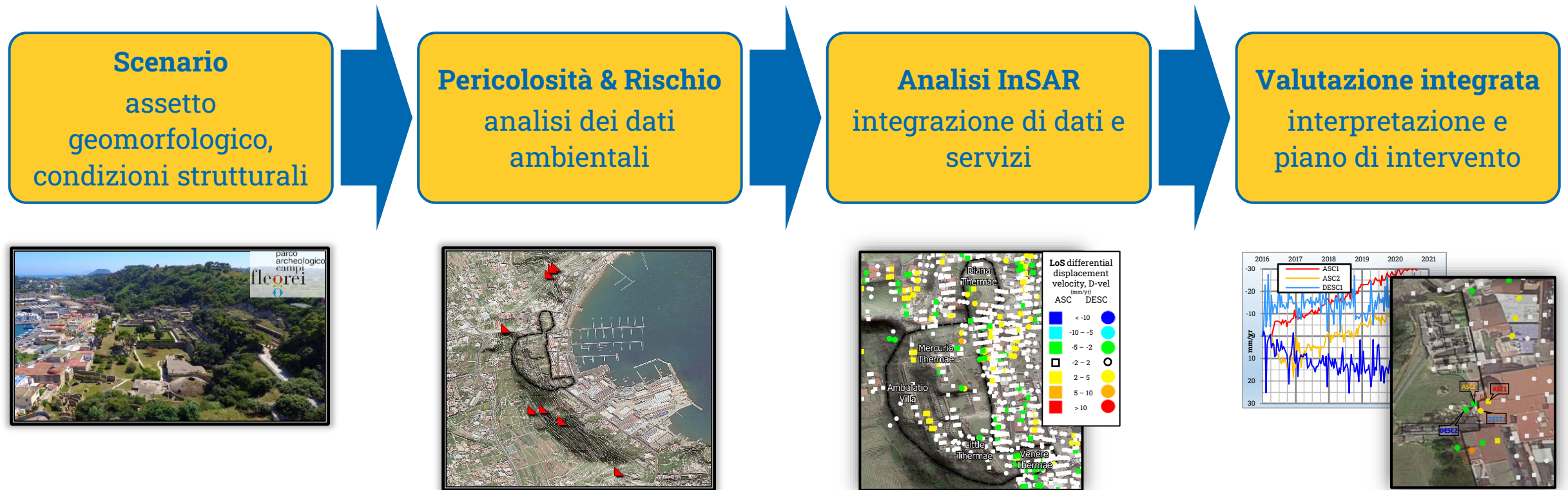


**ACTION 2020-2-21:
COPERNICUS
FOR CULTURAL HERITAGE**

GROUND MOTION AND CH

Leoni G., Menniti F., Spizzichino D.

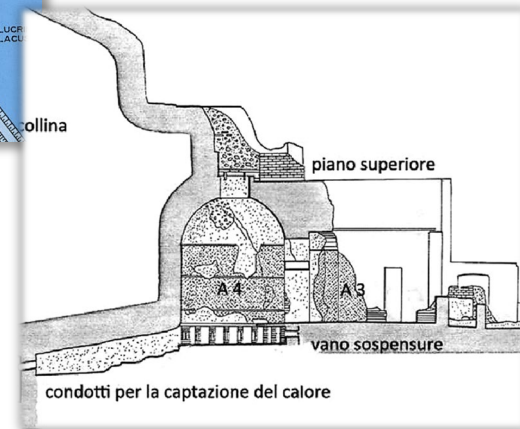
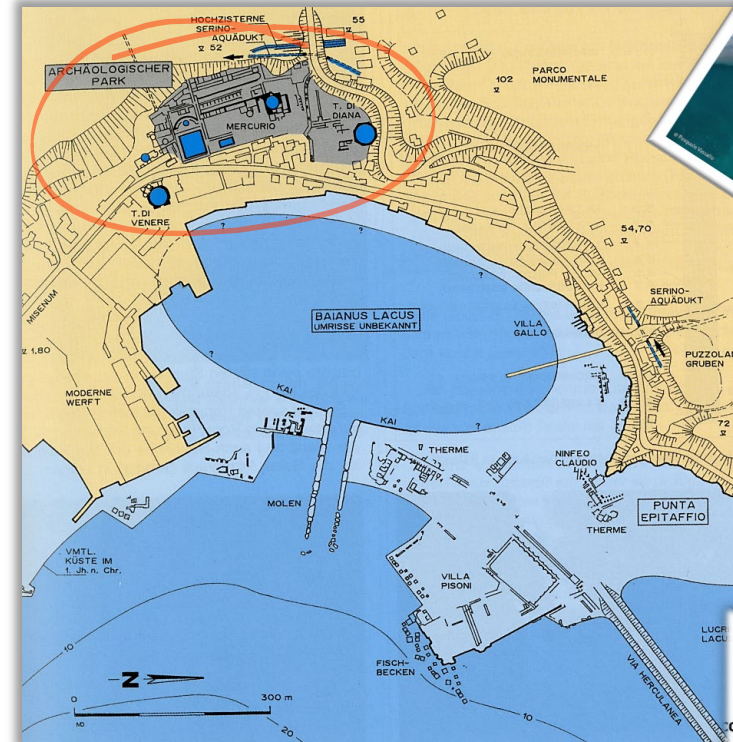
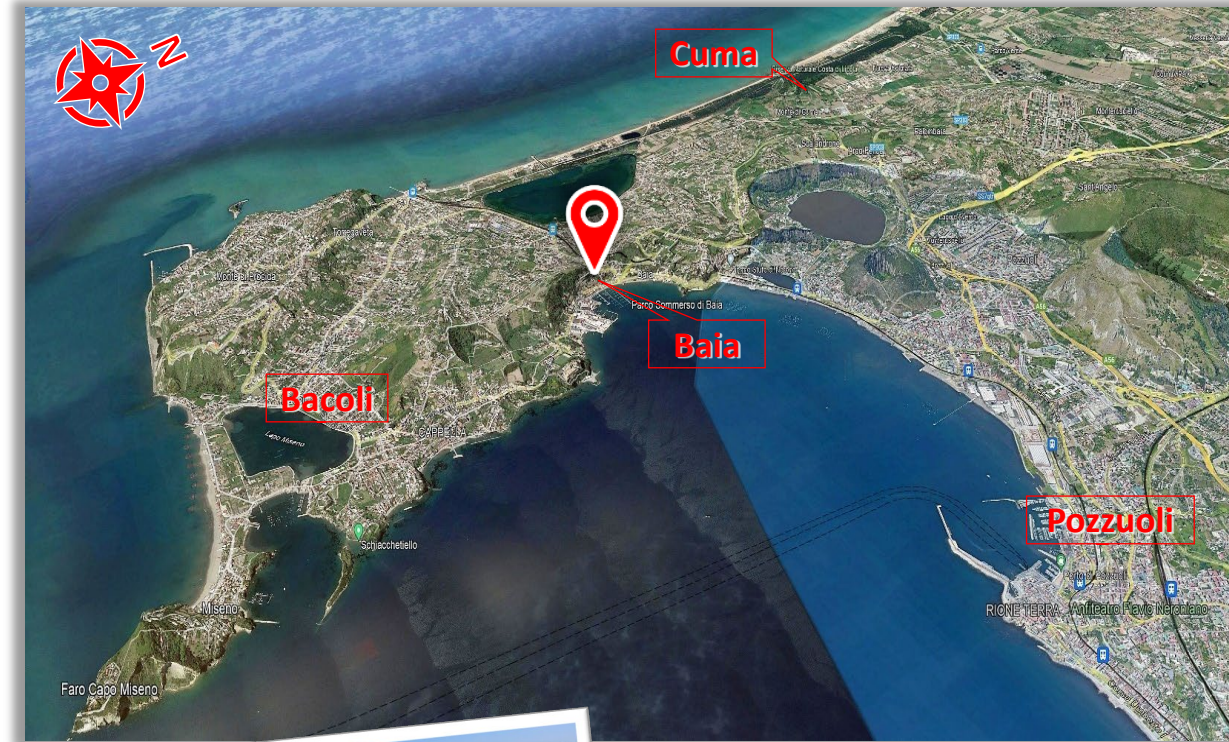
Metodologia di analisi



Le Terme romane di Baia (Campi Flegrei)



- *naturales sudationes*
- *calentes aquae*
- *siccus vapor*
- *vapor fervidus*



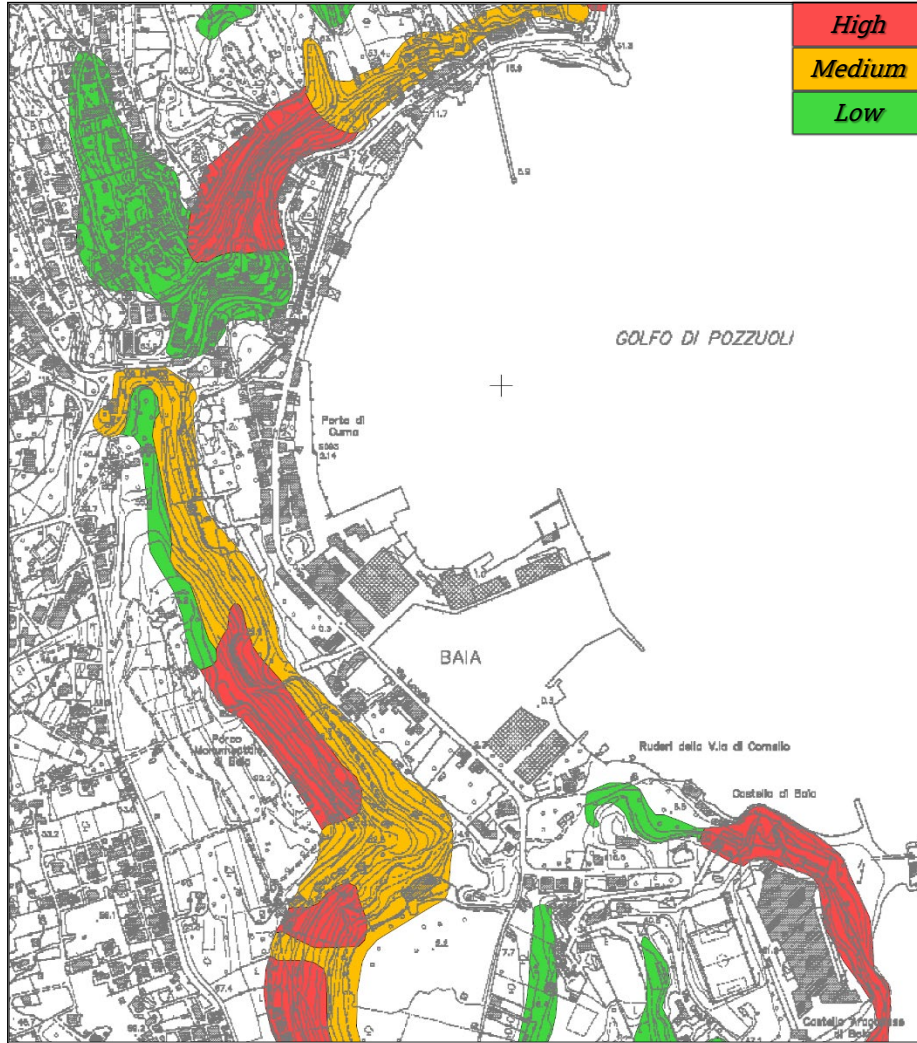
Le Terme romane di Baia sorgono sul bordo occidentale del complesso vulcanico dei Campi Flegrei. Le Terme sfruttavano il calore naturale prodotto dall'attività vulcanica che, attraverso un complesso sistema idraulico scavato nel fianco della collina, assicurava

l'efficienza degli impianti. Il bradisismo portò nei secoli successivi alla sommersione di gran parte degli edifici che si affacciavano sul *lacus baianus*, dando luogo all'attuale Parco Archeologico Sommerso di Baia.

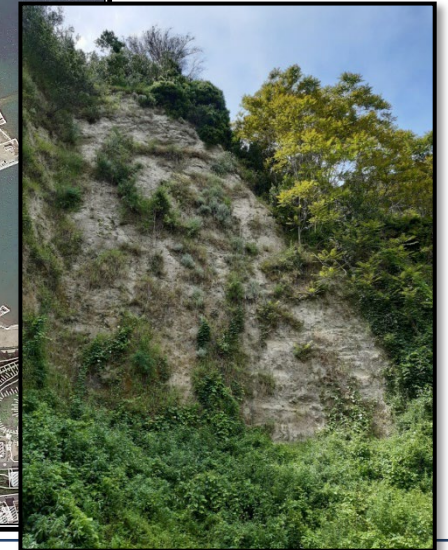
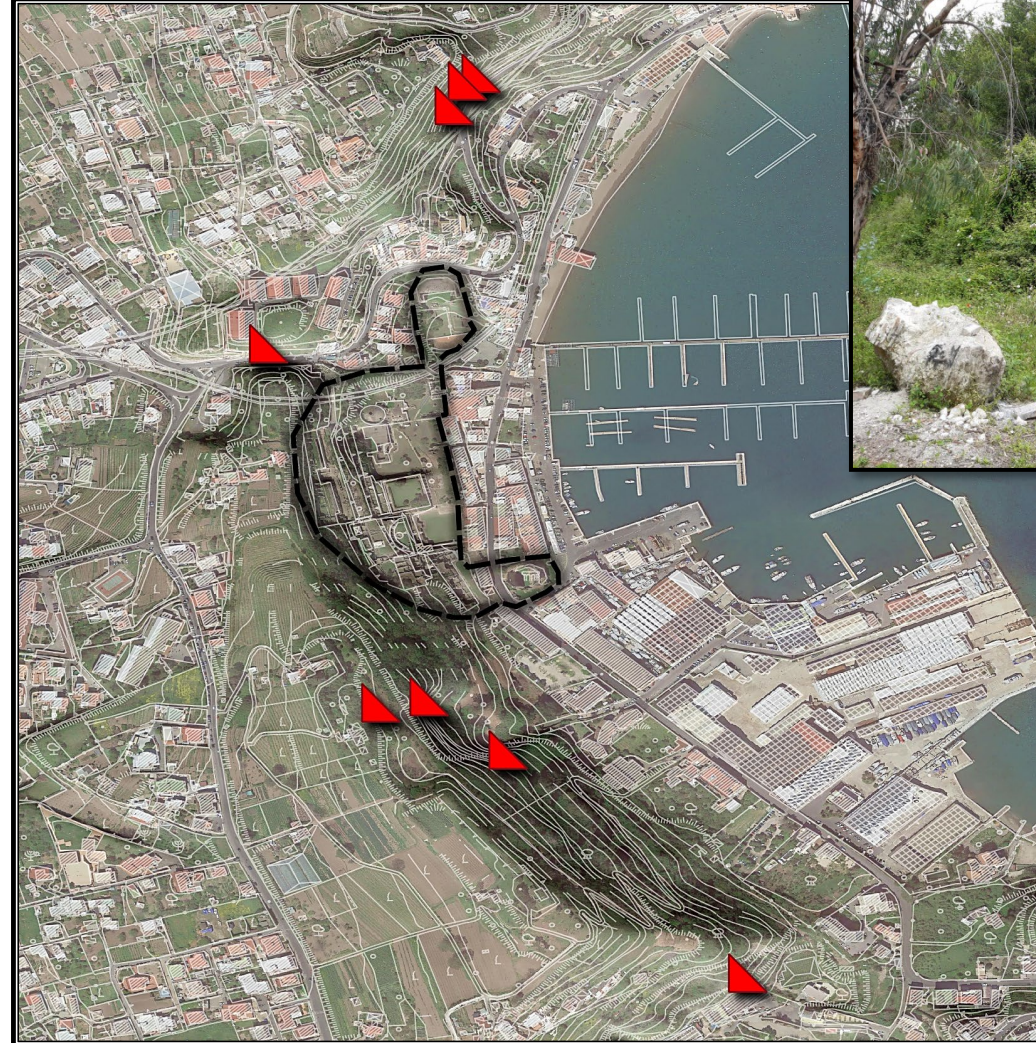


Assetto geologico - geomorfologico

Landslide susceptibility



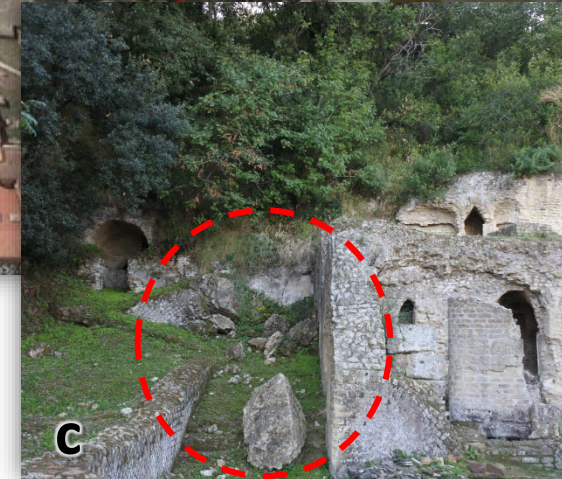
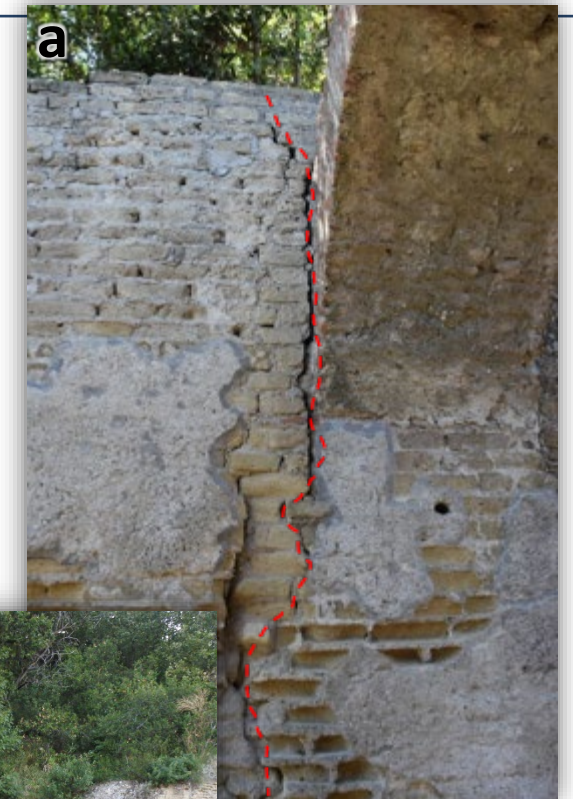
Landslide inventory



Quadro dei danni

Le emergenze principali riguardano:

- fratture (a,b);
- caduta di blocchi (c);
- vegetazione infestante (d).

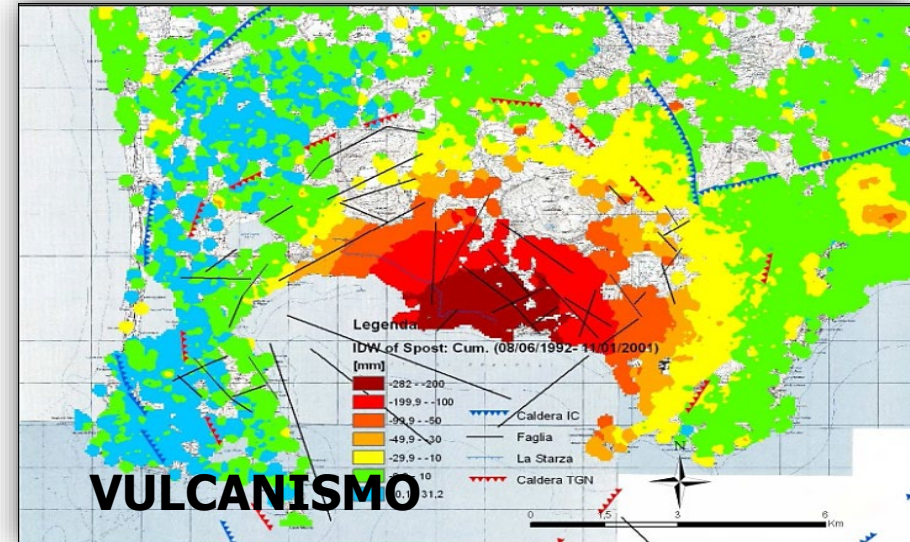
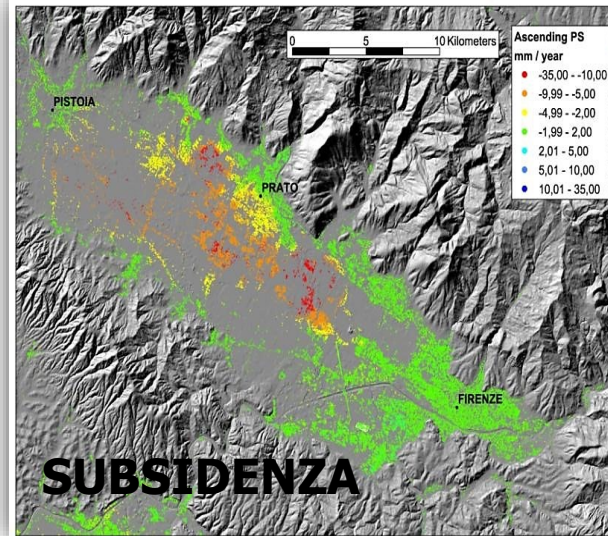
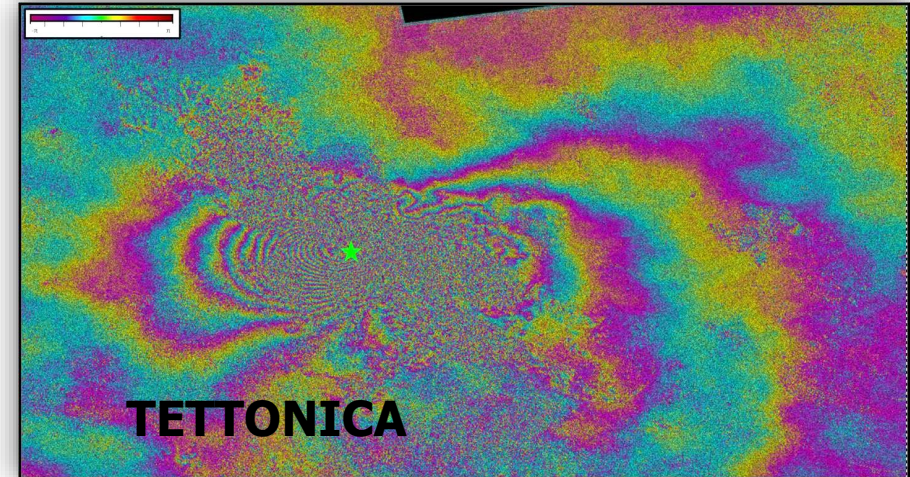
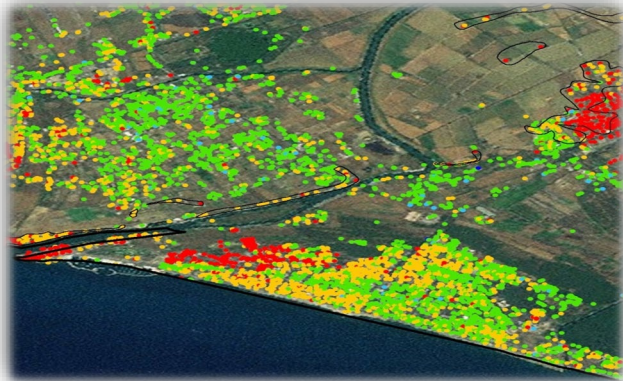
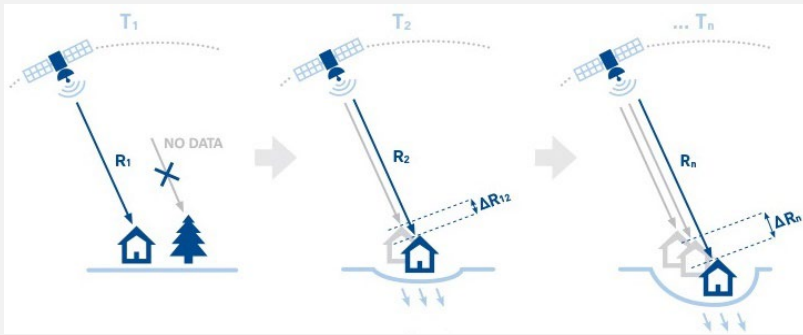


Servizi di Ground Motion

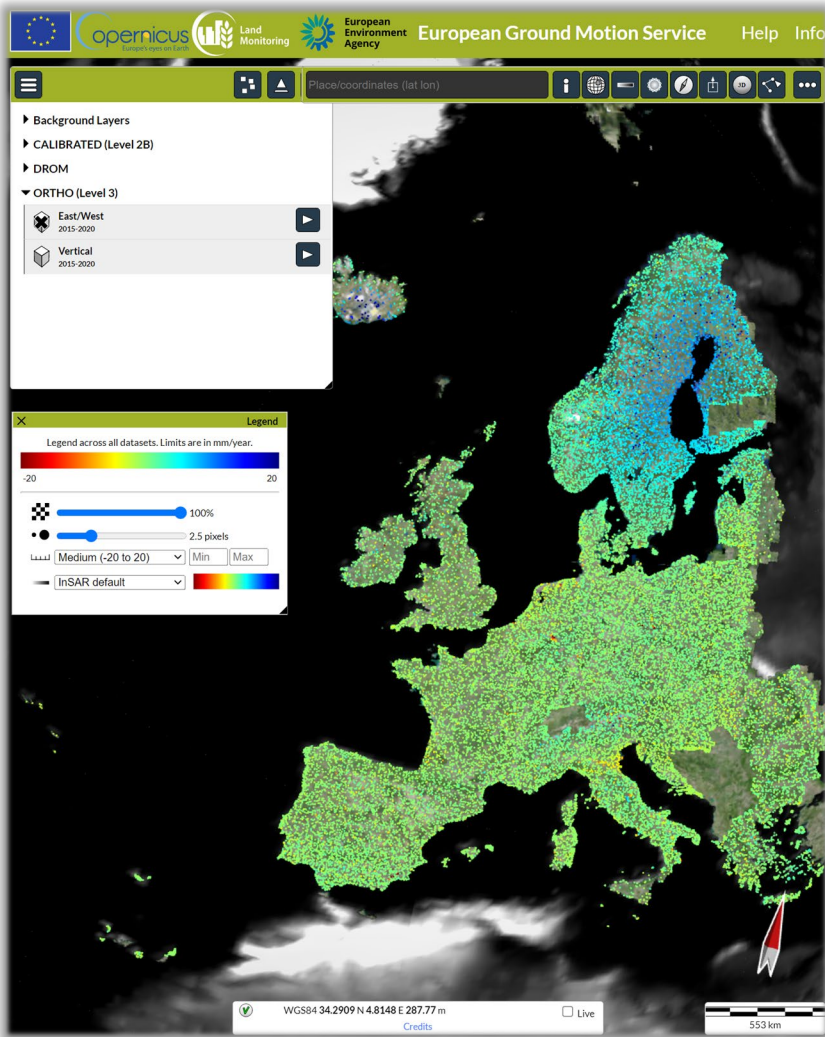
APPLICAZIONI

InSAR

interferometria radar satellitare



European Ground Motion Service



<https://egms.land.copernicus.eu>

Tools

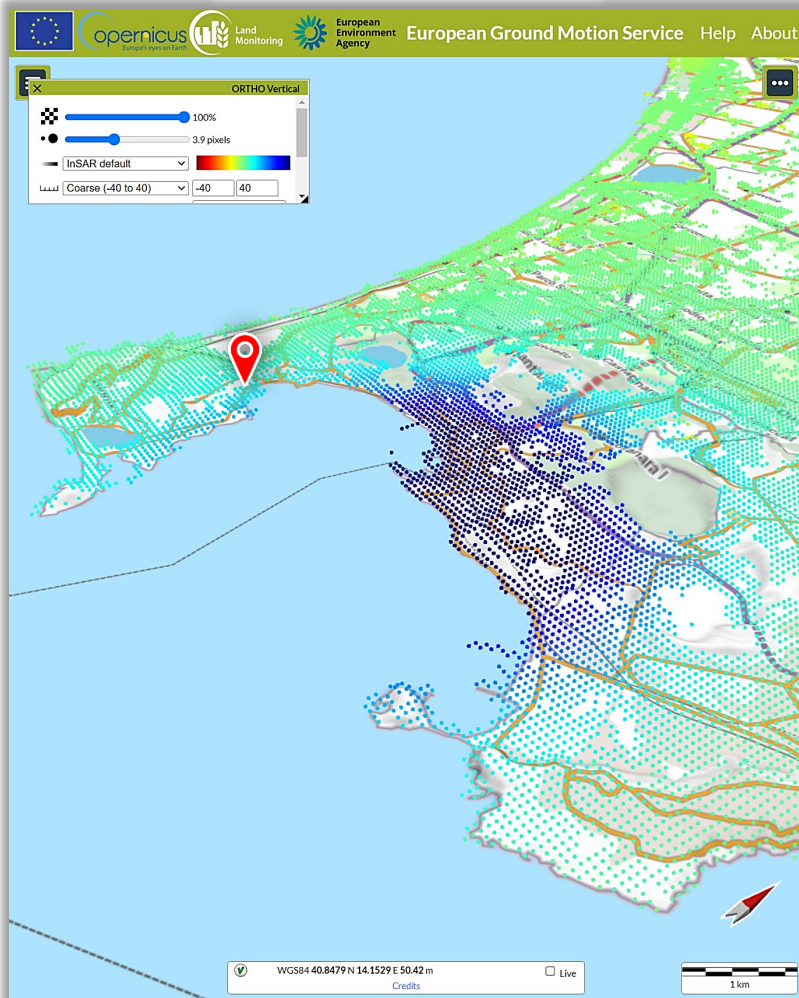
| Icon | Description |
|------|--|
| | Shows this window. |
| | Shows interface for adding WMS servers. |
| | Shows the legend window. |
| | Sets the direction of the light source to match your current view direction. |
| | Zooms the map to your current location. |
| | Generate a link you can use to share your current view with others. |
| | Shows the current mode. Click to toggle between 3D mode and 2D mode. |
| | Mean timeseries for points. Click to draw a polygon around the points of interest. Double-click to close the polygon. The mean timeseries appears in the plot window. |
| | Show the product archive search interface. |
| | Perform a geographical search of the product archive. Click to draw a polygon around the area of interest, then double-click to close the polygon and execute the product archive query. |

| Icon | Description |
|------|--|
| | Show the list of map layers. |
| | Show search results from the product archive. |
| | Raise the selected map layer. |
| | Lower the selected map layer. |
| | Pan and zoom the map to show the selected layer. |
| | Click the layer preview to toggle the layer on and off. Hold down the Option (Alt) key while clicking to toggle all layers within a group. |

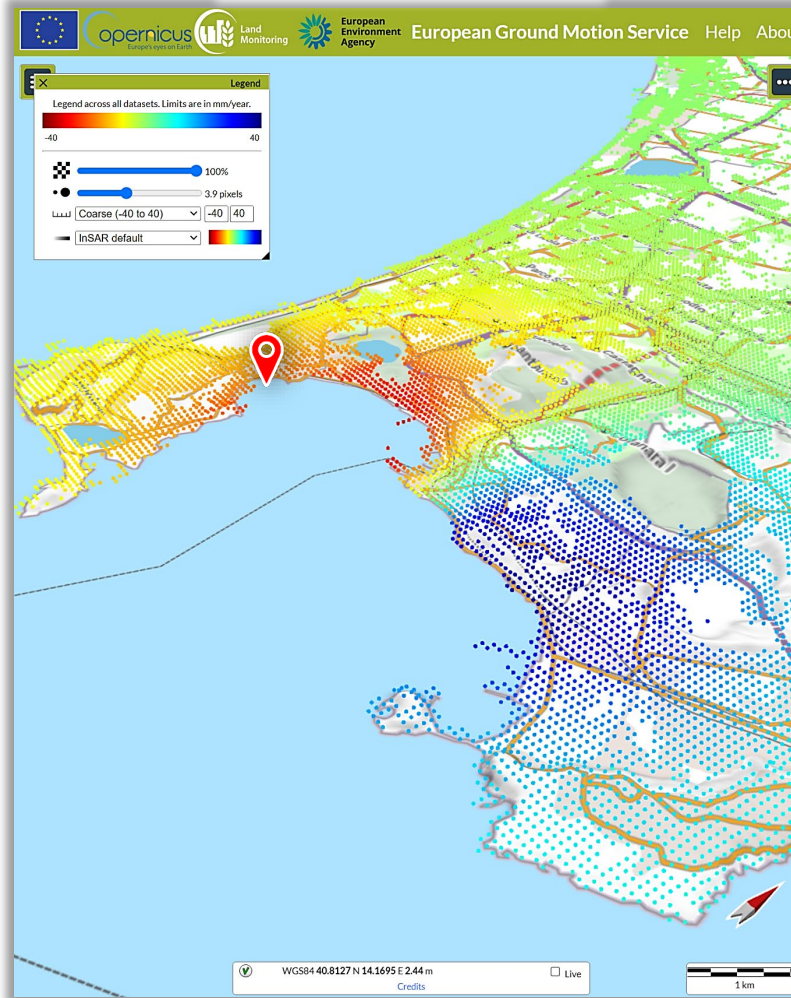
- Il servizio si focalizza sui movimenti del terreno, strutture e infrastrutture utilizzando dati provenienti da sensori radar satellitari.
- La tecnica InSAR e l'impiego dei satelliti Sentinel 1A e 1B permettono di ottenere una copertura vasta e una risoluzione spaziale relativamente alta: passando dalla scala globale alla singola struttura.
- L'ultimo rilascio di EGMS è dicembre 2022.
- È previsto un aggiornamento annuale.

Analisi PS InSAR - EGMS (ORTHO level) 2015-2020

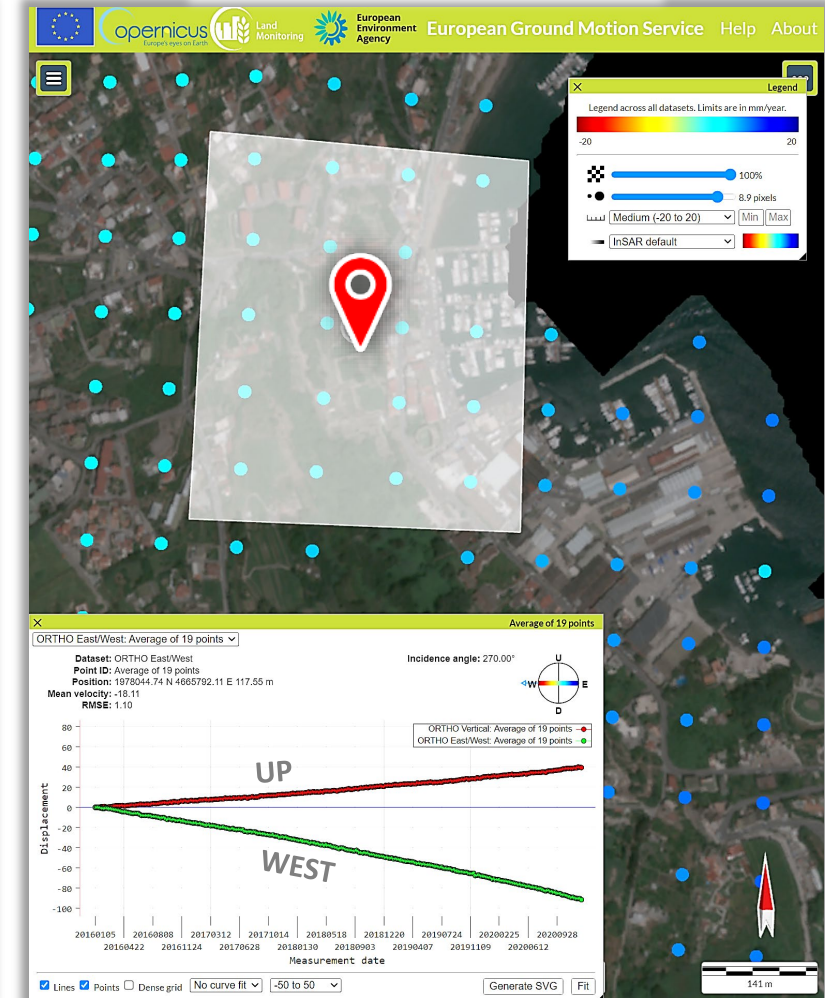
vertical (up)



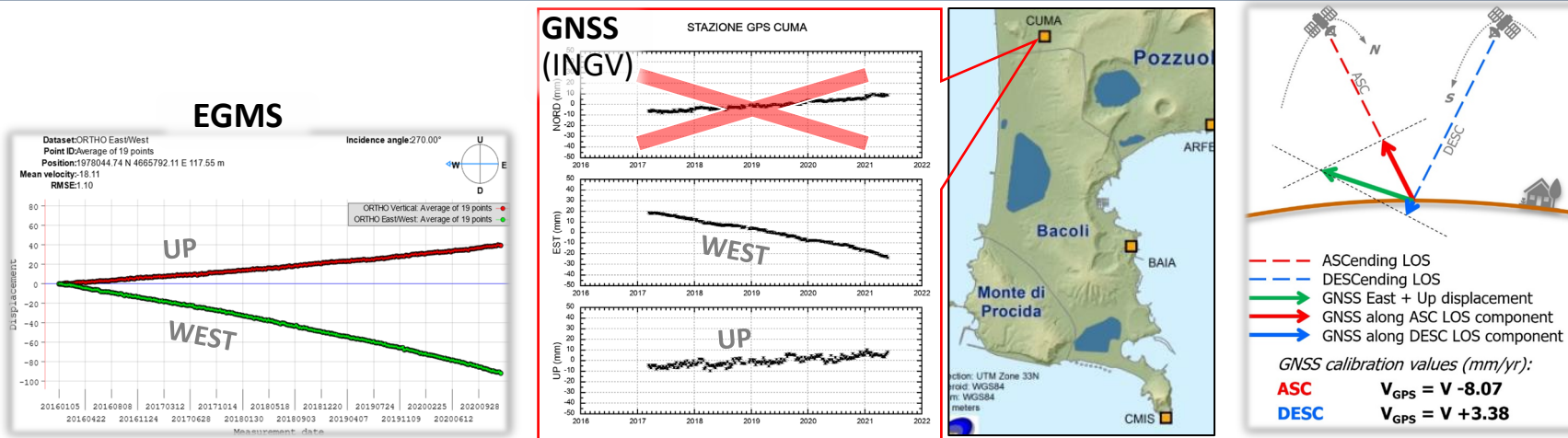
horizontal (E-W)



site analysis, 19 PS (time series)



Analisi PS InSAR - **ISPRA** Campi Flegrei



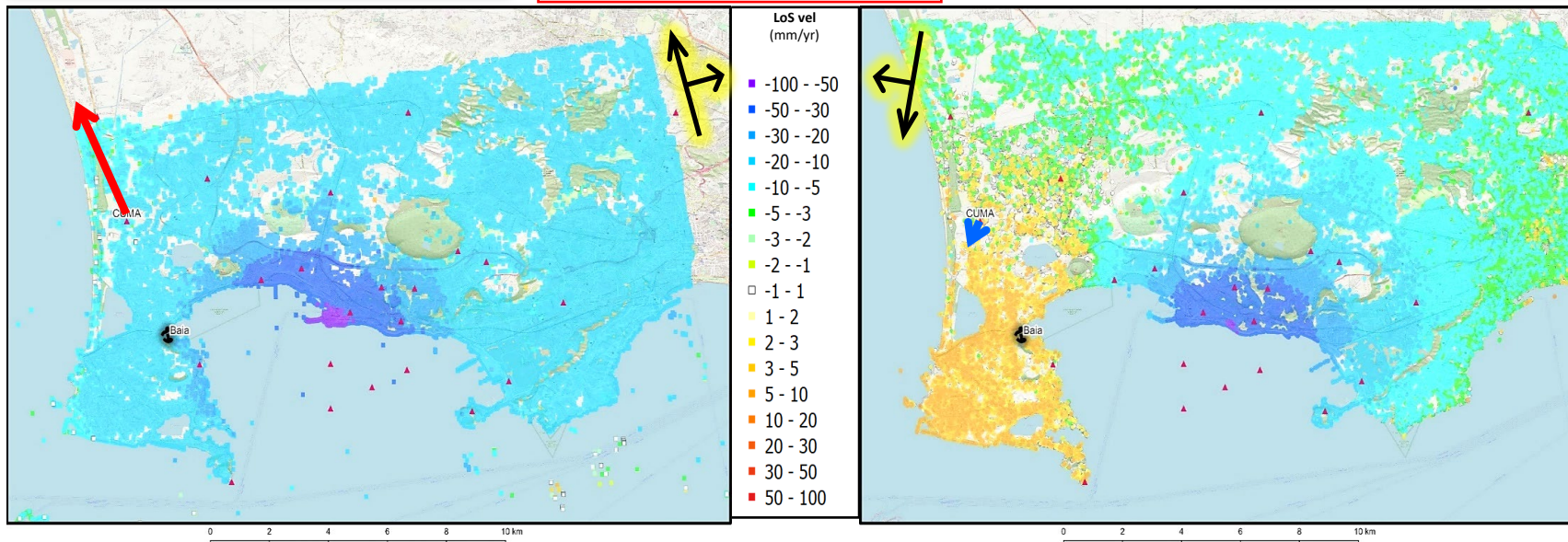
La stazione GPS di Cuma, appartenente alla rete di monitoraggio GNSS dell' Osservatorio Vesuviano (INGV), è la più vicina fra quelle esterne all'area vulcanica dei Campi Flegrei.

La componente N-S dello spostamento non viene rilevata dalla tecnica InSAR.

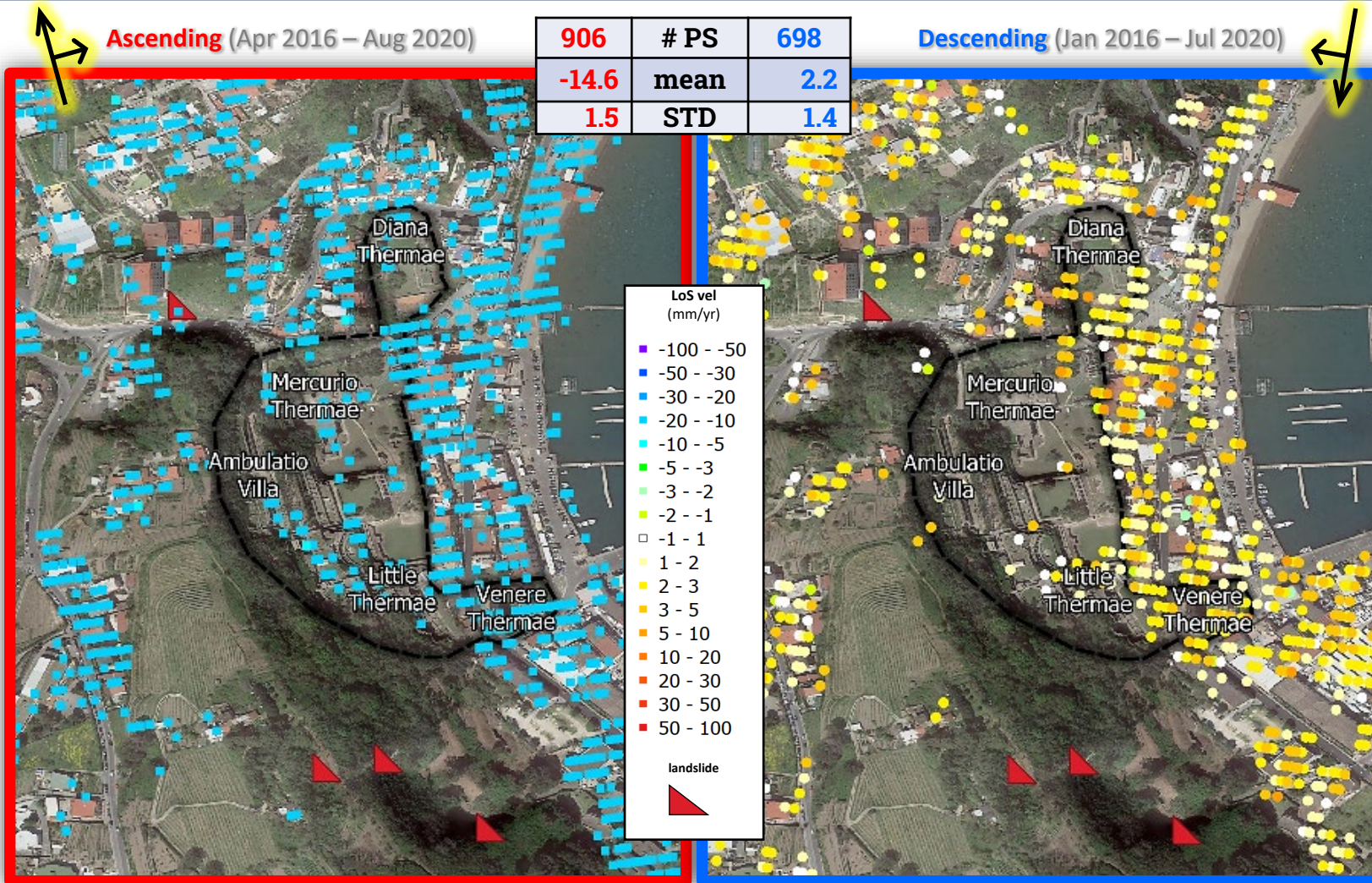
Il dato InSAR, spostamento lungo la LoS, viene corretto (calibrato) rispetto al trend di spostamento regionale.

ISPRA e INGV hanno elaborato un prodotto PS InSAR calibrato rispetto a dati GNSS, per le due distinte geometrie, ascendente e discendente, che mostra gli spostamenti lungo le rispettive LoS.

Questo prodotto è equivalente al *Level 2b* di EGMS.



Ground Motion: interpretazione dati PS InSAR di sito



L'interpretazione dei dati PS InSAR a scala di sito richiede la massima risoluzione disponibile.

Questa condizione è rappresentata dalla copertura di PS originale, per singola geometria **ascendente** e **discendente**.

Il confronto fra i PS rilevati da due punti di vista opposti mette in evidenza la componente orizzontale degli spostamenti, come avviene per i movimenti di versante.

A Baia la geometria **ascendente** è influenzata maggiormente dallo spostamento verso nordovest dell'area, con valori medi di "sollevamento" di circa 15 mm/anno.

La geometria **discendente** invece, per motivi di geometria di acquisizione, riflette di meno lo spostamento areale, quindi permette di evidenziare meglio gli spostamenti differenziali localizzati.

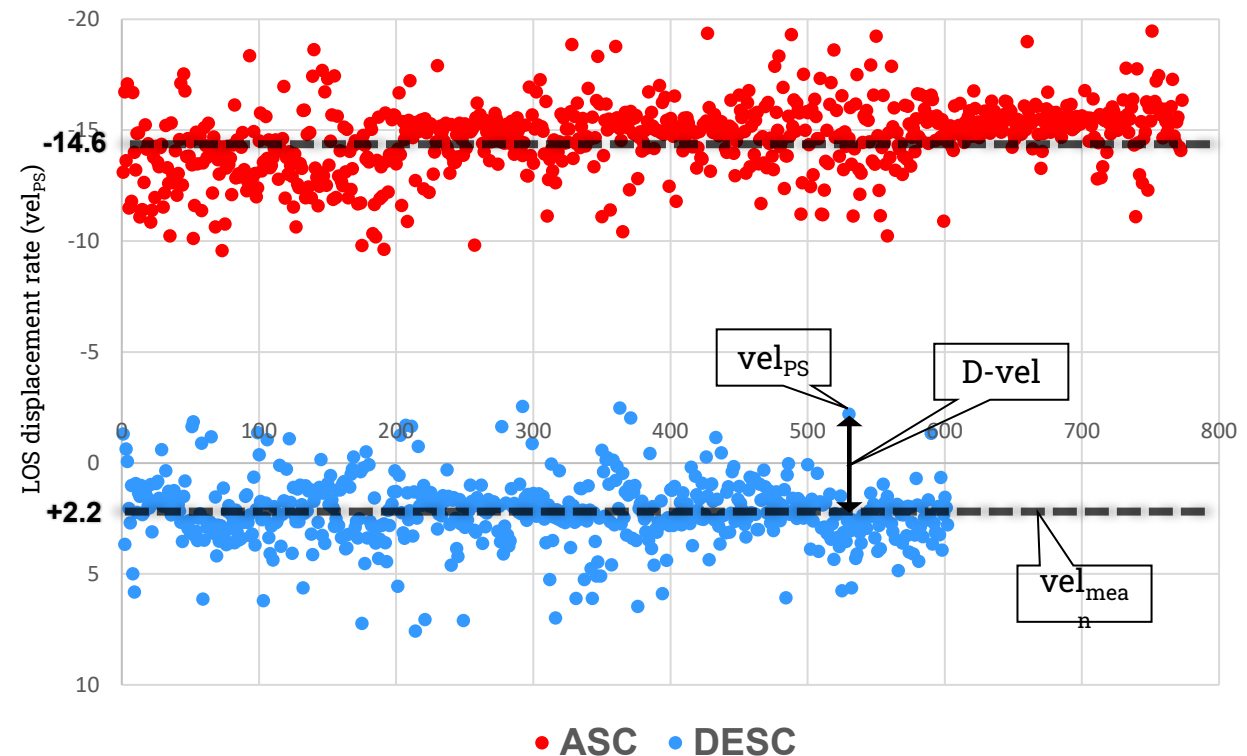
Spostamenti differenziali

L'area è soggetta ad alti tassi di deformazione, particolarmente evidenti in geometria ASCendente.

Quindi, per evidenziare i movimenti del terreno **differenziali** a scala di sito, è stata calcolata la differenza tra la velocità di spostamento di ogni punto di misura (PS) ed il valore medio del sito.

$$D\text{-vel} = \text{vel}_{\text{PS}} - \text{vel}_{\text{mean}}$$

| ASC | mean D-vel | DESC |
|-------|------------|------|
| -14.6 | mm/yr | 2.2 |

















Spostamenti differenziali (D-vel)

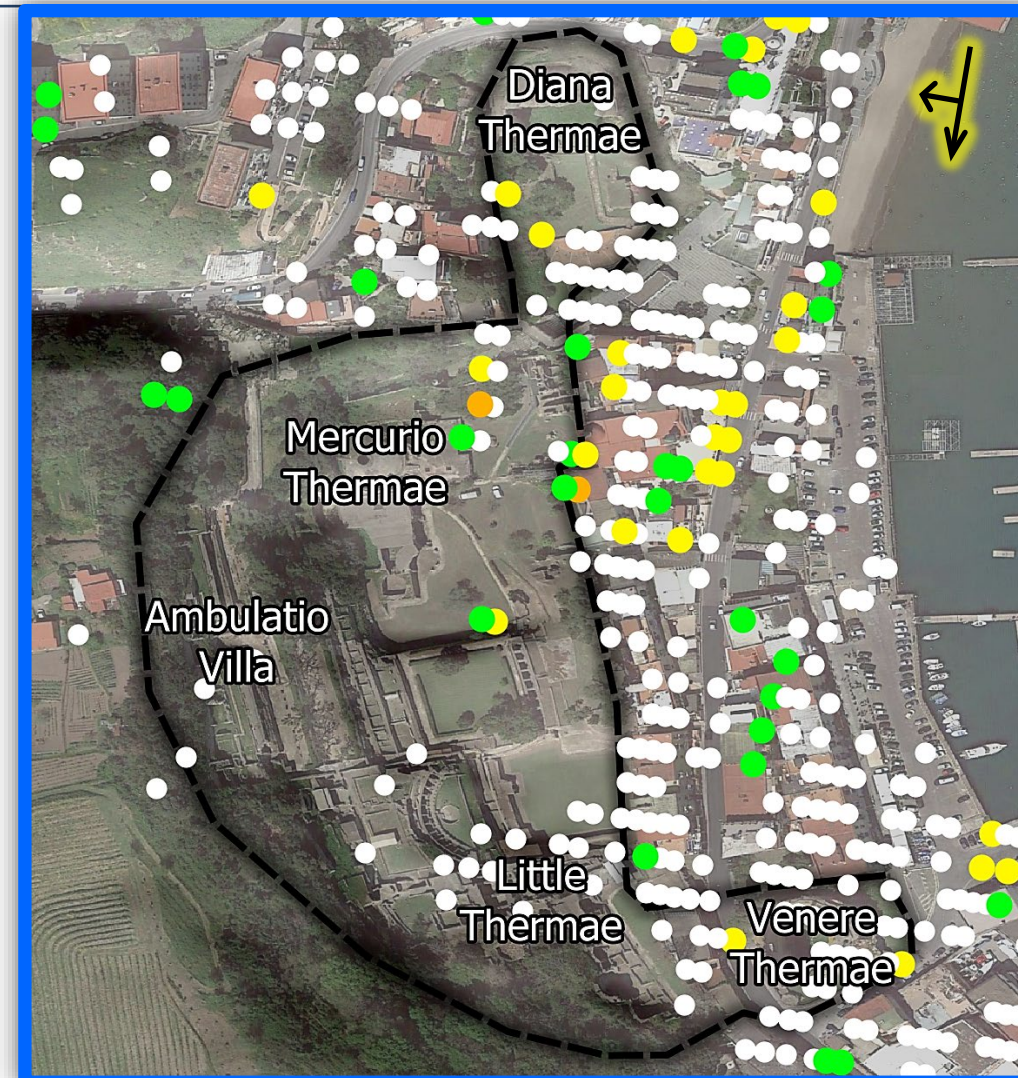
Ascending (Apr 2016 – Aug 2020)



LoS differential displacement velocity, D-vel (mm/yr)

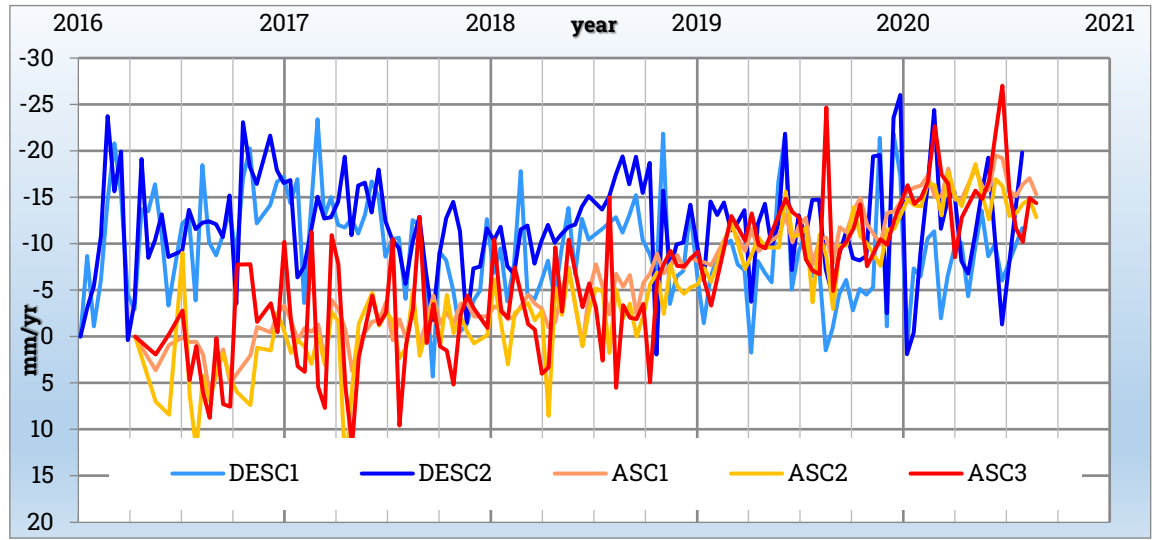
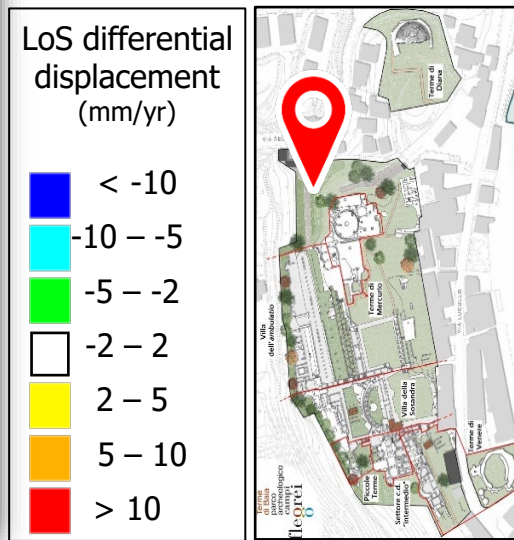
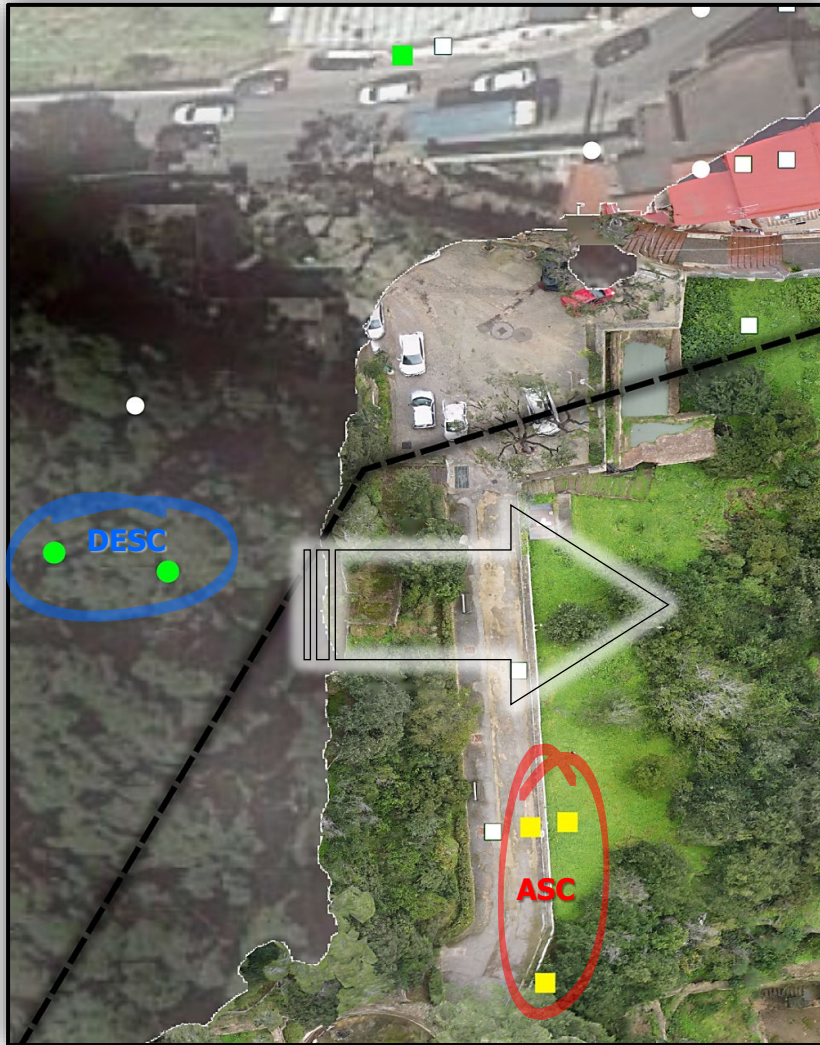
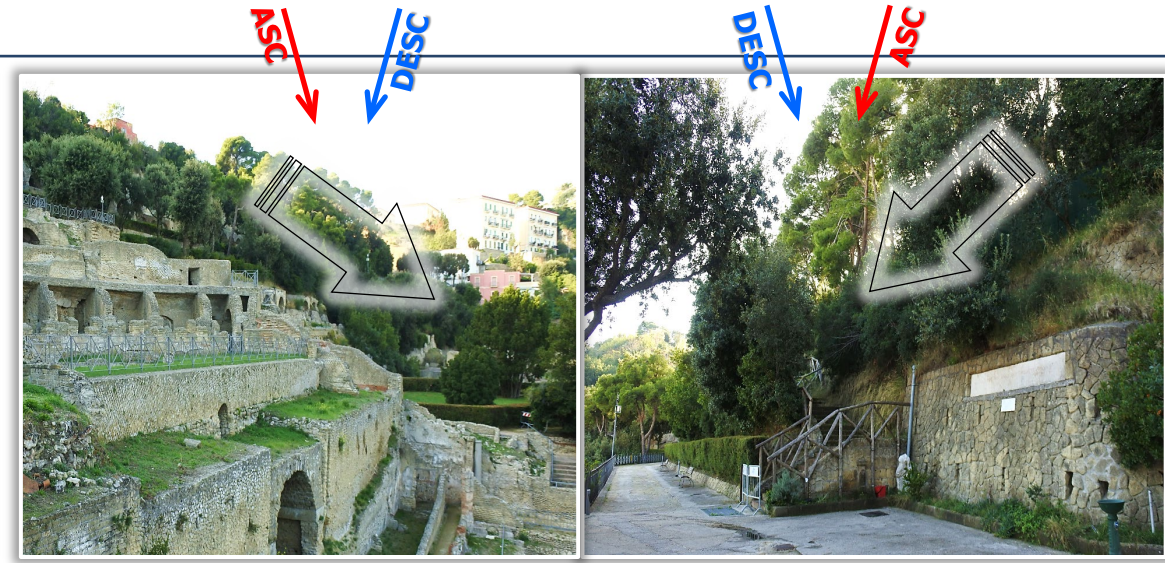
| ASC | DESC |
|--|---|
|  < -10 |  |
|  -10 – -5 |  |
|  -5 – -2 |  |
|  -2 – 2 |  |
|  2 – 5 |  |
|  5 – 10 |  |
|  > 10 |  |

Descending (Jan 2016 – Jul 2020)



Ground Motion: interpretazione dati PS InSAR di versante

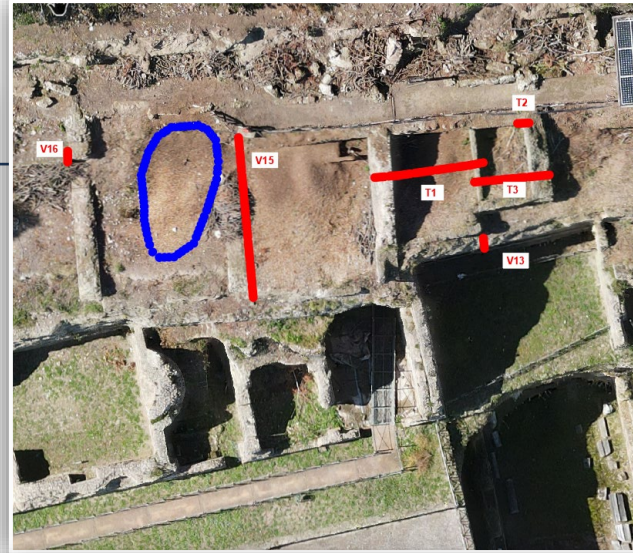
L'interpretazione combinata dei PS, in allontanamento dal satellite **ASC** e in avvicinamento al satellite **DESC**, evidenzia la prevalenza del movimento orizzontale di scivolamento lento del versante verso est, ovvero verso mare.



CH management



Rilievo 3D



Fotointerpretazione



Restituzione



Conclusioni

La metodologia proposta guida all'analisi di sito attraverso la valutazione integrata dei vari elementi che contribuiscono all'esposizione delle strutture ai pericoli naturali.



- Il primo passo consiste nel corretto inquadramento delle condizioni di **pericolosità naturale**.
- Si passa poi alla conoscenza diretta del sito, tramite **rilevamento diretto e remoto**, coinvolgendo gli esperti di altre discipline e gli amministratori.
- Quindi viene **analizzato il dataset InSAR** ed eventualmente corretto, per evidenziare i movimenti del terreno a scala di sito.
- Infine si valutano i risultati di monitoraggio particolari, evidenziati nei passi precedenti, per comprendere la reale **interazione fra i danni rilevati sulle strutture e gli effettivi movimenti del terreno**.



L'obiettivo finale è la realizzazione di:

- sistema di monitoraggio integrato,
- piano di mitigazione del rischio.

**ACTION 2020-2-21:
COPERNICUS
FOR CULTURAL HERITAGE**

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Leoni, Menniti, Spizzichino (ISPRA)