



**IMPIANTO PILOTA GEOTERMICO  
"CASA DEL CORTO"**

**[ID: 3212 - 3214] Risposte alle  
Richieste di Integrazioni**

***Allegato 9: Monitoraggio Subsidenza***

*Preparato per:*  
**Svolta Geotermica Srl**

Dicembre 2016

*Codice Progetto:*  
P16\_CAE\_021

Revisione: 0

**STEAM**  
**Sistemi Energetici Ambientali**  
Via Ponte a Piglieri, 8  
I – 56122 Pisa  
Telefono +39 050 9711664  
Fax +39 050 3136505  
Email : [info@steam-group.net](mailto:info@steam-group.net)



STEAM

Svolta Geotermica Srl

**IMPIANTO PILOTA GEOTERMICO  
“CASE DEL CORTO”**

**[ID: 3212 - 3214] Risposte alle  
Richieste di Integrazioni**

*Allegato 9: Monitoraggio Subsidenza*



Ing. Riccardo Corsi  
*Project Director*

Progetto	Rev.	Preparato da	Rivisto da	Approvato da	Data
P16_CAE_021	0	AF, PB, GB, LF	GB, PB, SD	RC	30/11/2016

## ***INDICE***

<b><i>1</i></b>	<b><i>MONITORAGGIO DELLA SUBSIDENZA</i></b>	<b><i>1</i></b>
<b><i>2</i></b>	<b><i>BIBLIOGRAFIA</i></b>	<b><i>3</i></b>

**MONITORAGGIO DELLA SUBSIDENZA**

In merito alla richiesta del MATTM di presentare una descrizione più dettagliata per quanto concerne il monitoraggio dei movimenti del suolo si precisa quanto segue.

1. La metodologia INSAR o meglio DINSAR (interferometria differenziale Radar ad apertura sintetica) non utilizza una specifica rete di rilevamento, ma si basa sull'analisi di immagini radar della superficie terrestre acquisite da satelliti, nel tempo e su una stessa area, e consente di misurare spostamenti millimetrici in corrispondenza di vari punti del terreno, noti come "Permanent Scatter" (PS), che costituiscono i riflettori al suolo dell'onda radar emessa dai satelliti.

2. In particolare, le più recenti tecniche interferometriche possono utilizzare come PS di misura affidabili i vari elementi antropici presenti sul territorio (edifici, manufatti, infrastrutture), ma anche elementi naturali quali rocce esposte e porzioni omogenee di terreno che consentono di restituire serie temporali di spostamento molto accurate. Dalla comparazione delle varie immagini tridimensionali della superficie terrestre acquisite su una stessa area nel tempo è possibile misurare la quota topografica in corrispondenza dei vari PS e calcolarne eventuali variazioni, evidenziando così l'entità della deformazione del suolo.

3. Sono disponibili archivi storici delle immagini, a partire dal 1992, acquisite da varie missioni satellitari, pregresse ed in corso, programmate dalle diverse Agenzie Spaziali nazionali ed Internazionali.

4. Pertanto, solo dopo aver individuato una società specializzata che può accedere ai suddetti archivi e alla quale affidare l'analisi delle immagini satellitari, sarà possibile definire con la stessa quale territorio può essere analizzato sulla base delle immagini disponibili.

5. Verrà eseguita una prima analisi, antecedentemente all'inizio delle attività di produzione geotermica, per uno studio del "bianco indisturbato" che utilizzerà, per omogeneità dei dati da analizzare, le immagini satellitari acquisite da uno stesso sistema satellitare almeno negli ultimi 3-anni.

6. In questa fase verrà anche valutata la copertura nell'area di interesse dei PS (riflettori al suolo) e, se necessario si valuterà la possibile integrazione con qualche PS artificiale appositamente realizzato e provvisto di sistema GPS. Come già indicato al punto 6.2 dell'Allegato 5 del documento "Progetto Definitivo e Programma Lavori" del Permesso di Ricerca per Impianto Pilota Geotermico "Casa del Corto", saranno comunque allestiti tre nuovi PS con sistema GPS.

7. In merito alle tecniche di elaborazione dati, avvalendosi di compagnie specializzate nel settore, ci si avvarrà sicuramente di tecnologie all'avanguardia nell'analisi di dati con metodologia differenziale PS-INSAR, così come indicate dalla compagnia di servizio incaricata.

In particolare l'elaborazione dei dati dovrà consentire di:

- ricostruire dinamiche degli spostamenti verticali pregresse, attraverso studi di archivi storici di immagini satellitari;
- misurare le deformazioni del suolo nell'ordine del mm;
- determinare le componenti verticali ed orizzontali della velocità di spostamento dei PS mediante analisi delle immagini acquisite (ascendenti-discendenti).

Per ulteriori approfondimenti si riportano, nel successivo *Capitolo 2*, alcune pubblicazioni disponibili e riportate in vari siti web alla voce "interferometria sar".

**BIBLIOGRAFIA**

BELL J. W., AMELUNG F., FERRETTI A., BIANCHI M., NOVALI F. (2008) Permanent Scatterer InSAR reveals seasonal and long-term aquifer system response to groundwater pumping and artificial recharge. *Water Resources Research*, Vol. 44, February 2008, pages 1-18.

BOZZANO F., ESPOSITO C., FRANCHI S., MAZZANTI P., PERISSIN D., ROCCA A. & ROMANO E. (2015). Understanding the subsidence process of a quaternary plain by combining geological and hydrogeological modeling with satellite InSAR data: the acque albule plain case study. *Remote Sensing of Environment*, 168C, 219-238, DOI: 10.1016/j.rse.2015.07.010.

BOZZANO F., ESPOSITO C., FRANCHI S., MAZZANTI P., PERISSIN D., ROCCA A., ROMANO E., (2015). Analysis of a Subsidence Process by Integrating Geological and Hydrogeological Modelling with Satellite InSAR Data. *Engineering Geology for Society and Territory*, Volume 5, Springer International Publishing, Switzerland, 155-159.

DE AGOSTINI ANNA. (2012). L'utilizzo dell'Interferometria Radar Satellitare nella caratterizzazione dei fenomeni franosi a differenti scale d'indagine. Tesi PHD, Scuola di Dottorato di ricerca in Scienze della Terra, Dipartimento di Geoscienze, Università di Padova.

FERRETTI A., PRATI C., ROCCA F. (2000) Nonlinear Subsidence Rate Estimation Using Permanent Scatterers in Differential SAR Interferometry. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 38, NO. 5, September 2000, Pages 2202 – 2212

KLEMM H., QUSEIMI I., NOVALI F., FERRETTI A., TAMBURINI A. (2010) Monitoring Horizontal and Vertical Surface Deformation over a Hydrocarbon Reservoir by PSInSAR™. *First Break*, Vol. 28, 2010.

LUZI G. (2010) Ground based SAR interferometry: a novel tool for Geoscience. *Geoscience and Remote Sensing New Achievements*, 1-26.

MASSONET D. & FIEGL K.L. (1998) Radar Interferometry and its application to changes in the earth's surface. *Reviews of Geophysics*, 36(4), 441-500.

MAZZANTI P. (2011) Displacement Monitoring by Terrestrial SAR Interferometry for Geotechnical Purposes. *Geotechnical instrumentation news* (Giugno 2011), 25-28.

PIGORINI A., RICCI M., SCIOTTI A., GIANNICO C., TAMBURINI A. (2010) La tecnica PSInSAR™ di telerilevamento satellitare applicata al progetto ed alla realizzazione delle infrastrutture ferroviarie. Ingegneria Ferroviaria anno LXV Ottobre 2010 numero 10 pag 729.

ROCCA A., PERISSIN D., MAZZANTI P., BOZZANO F., (2013). Monitoring ground instability in wide areas and single-building cases by means of satellite A-DInSAR. GEOTECHNICAL DIVISION 33RD ANNUAL SEMINAR "Geotechnical Aspects of Housing Supply and Development", Hong Kong, 31 May 2013, pp. 181-186.

