

PROGETTO SMARTCITIES CLARA - CARATTERIZZAZIONE DEL SOTTOSUOLO IN AREE URBANE: IL SITO TEST DI FERRARA

A. Affatato¹, L. Petronio¹, L. Baradello¹, A. Barbagallo¹, D. Sargo¹, R. Caputo¹, G. Santarato², M. Stefani², N. Abu Zeid², S. Bignardi², M. Maggini², V. Lapenna³, E. Rizzo³, S. Piscitelli³, L. Capozzoli³, G. De Martino³, J. Bellanova³, G. Morelli⁴, F. Fischanger⁴, L. Dall'Olio⁵

¹ Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale - OGS, Trieste, Italy

² Università di Ferrara, Italy

³ CNR-IMAA, Italy

⁴ Geostudi Astier srl, Italy

⁵ Comune di Ferrara, Italy

Introduzione. Il progetto CLARA - CLOUD platform and smart underground imaging for natural Risk Assessment è un progetto di ricerca multidisciplinare finanziato dal Ministero dell'Istruzione, Università e Ricerca che coinvolge ricerche nei diversi domini applicativi ed è finalizzato allo sviluppo di sensori, nuove tecnologie e sistemi innovativi per la diagnostica non invasiva del sottosuolo per la mitigazione di diversi fattori di rischio, con particolare riferimento al dissesto idrogeologico, rischio sismico e di frana. Il progetto, il cui valore si aggira complessivamente attorno ai 12 milioni di euro finanziati in gran parte con risorse del MIUR, vede quale soggetto promotore il CNR-IMAA ed un partenariato misto pubblico/privato (per un totale di n.17 soggetti promotori) che vede la partecipazione di Centri di Ricerca, Università, piccole e grandi imprese con forte propensione all'innovazione ed un sistema di stakeholders (Comune di Ferrara, Comune di Matera, Protezione Civile della Provincia di Enna) capace di esprimere una domanda "Intelligente" e con forti contenuti tecnologici.

L'idea progettuale proposta nell'ambito "Sicurezza del Territorio" e denominata CLARA prevede di sperimentare e promuovere l'utilizzo di sistemi innovativi ed integrati per la gestione dei rischi naturali in ambiente urbano e periurbano: uno nella Città di Ferrara, interessata a redigere un adeguato piano per prevenzione del rischio sismico e di salvaguardia di beni architettonici e monumentali, uno nella Città di Matera, interessata allo studio del sottosuolo urbano nel centro storico dei Sassi ed il terzo nell'area della Provincia di Enna per la mitigazione del rischio idrogeologico.

In tale contesto, uno degli obiettivi principali di CLARA è l'acquisizione di una maggiore conoscenza del territorio sulle problematiche ambientali che possono interessare i centri abitati, mediante lo sviluppo di smart technology, diffuse che consentano l'acquisizione, la gestione e la condivisione di informazioni complesse, quali le osservazioni dirette mediante "tecnologie di remote sensing" e di "monitoraggio in situ", di "modelli per la gestione del rischio idrogeologico e sismico e per la comprensione dell'interazione tra popolazione ed eventi calamitosi", di "Framework semantico per l'acquisizione e catalogazione di informazioni spazio-temporali", "Smart Application a supporto dell'implementazione di modelli sociali di Risk Governance" e di "sperimentazione presso le PPAA coinvolte" che possano permettere un miglioramento dell'efficienza nella gestione delle diverse matrici, nonché delle emergenze derivanti da catastrofi ambientali.

Tutte le Attività di Ricerca (AR) previste nel progetto sono organizzate in "Obiettivi Realizzativi" (OR1...-OR8) dove il soggetto responsabile dell'OR e i soggetti coinvolti in ogni OR, sono tenuti a sostenere lo sviluppo di nuove conoscenze, di tecnologie innovative e di nuovi sistemi integrati per "promuovere la sicurezza del territorio" presso i tre siti sperimentali.

Nell'ambito dell'OR3 - "Sviluppo ed integrazione di metodi innovativi per la tomografia 2D e 3D del sottosuolo in aree urbane ed industriali" mediante a) tecniche di remote sensing dal suolo, da aereo e da satellite per la caratterizzazione della superficie terrestre e mediante tecniche geofisiche b) per la diagnostica non invasiva, degli strati più superficiali (-10 m dal p.c.), di medie profondità (-100 m dal p.c.) e profondi del sottosuolo (-1000 m dal p.c.), per il sito test di Ferrara sono state compiute diverse campagne di acquisizione mirate ad approfondire il quadro conoscitivo geomorfologico e geologico del territorio. Nello stesso contesto, nella

prima fase progettuale, sono state eseguite campagne geofisiche per la caratterizzazione del sottosuolo fino agli strati profondi.

Inquadramento geologico sito test. La città di Ferrara si sviluppa all'interno di una pianura alluvionale, che rappresenta l'espressione superficiale del bacino tettonico attivo dell'Appennino settentrionale. La deformazione in corso delle unità mesozoica e terziaria induce deformità stratigrafiche e ampie variazioni di spessore delle successioni marine pliocenico-quadernarie a quelle continentali. La parte settentrionale dell'area urbana si trova in corrispondenza dell'anticlinale della rampa associata alla spinta frontale della porzione sepolta esterna dell'Appennino. La struttura anticlinale culmina al di sotto della periferia nord-occidentale della città, dove ospita un campo geotermico sfruttato attivamente (Casaglia). Una faglia trasversale separa questo culmine da una struttura anticlinale orientale, meno elevata, che si dirige assialmente verso est. La subsidenza differenziale influenzò la storia deposizionale del vicino sottosuolo e dei sedimenti affioranti, alimentati dai fiumi Po e Reno. L'evoluzione fluviale del Po ha largamente influenzato la storia urbana di Ferrara, anch'essa colpita da diversi terremoti, la più grave nell'anno 1570. Fenomeni di liquefazione e risposta sismica locale ampiamente controllata dall'architettura stratigrafica sotto-superficiale.

Attività sperimentali. Nell'ambito dell'OR3 – “Sviluppo ed integrazione di metodi innovativi per la tomografia 2D e 3D del sottosuolo in aree urbane ed industriali” mediante a) tecniche di remote sensing dal suolo, da aereo e da satellite per la caratterizzazione della superficie terrestre e mediante tecniche geofisiche b) per la diagnostica non invasiva, degli strati più superficiali (-10 m dal p.c.), di medie profondità (-100 m dal p.c.) e profondi del sottosuolo (-1000 m dal p.c.), per il sito test di Ferrara sono state compiute diverse campagne di acquisizione mirate ad approfondire il quadro conoscitivo geomorfologico e geologico del territorio. Nello stesso contesto, nella prima fase progettuale, sono state eseguite campagne geofisiche per la caratterizzazione del sottosuolo fino agli strati profondi.

- **Acquisizione sismica (dinamica) monocale ad alta risoluzione nei canali**
Per la caratterizzazione della parte più superficiale (< 100 m) sono stati acquisiti dati sismici monocale lungo il Canale Boicelli-Canale di Burana-tratto del Po di Volano. L'approccio utilizzato è quello che tradizionalmente viene impiegato nei rilievi marini: sorgente impulsiva boomer e streamer idrofonico. La sorgente boomer è caratterizzata da una piastra elettrodinamica e fornisce un'ondina con spettro compreso tra 400 e 6000 Hz che consente di ottenere risoluzioni decimetriche, adatte ad identificare le sequenze sedimentarie più superficiali.
- **Acquisizione sismica (statica) multicanale ad alta risoluzione nei canali**
È stata sperimentata un'acquisizione sismica a rifrazione/riflessione con cavo di idrofoni appoggiato sul fondo (in condizione statica) ed energizzazione con mud-gun (Masoli et al., 2015). L'obiettivo era quello di aumentare la penetrazione rispetto alla sorgente boomer con una geometria di acquisizione non convenzionale.
- **Acquisizioni sismiche a terra con onde SH**
A terra con obiettivi compresi tra pochi metri fino ad alcune decine di metri sotto la superficie è acquisita una line sismica di 145 m con sorgente vibrazionale in modalità onde SH.
- **Acquisizioni profonde di tipo geoelettrico**
Questa attività è consistita nell'eseguire una Tomografia Geoelettrica Profonda 2D di tipo DERT ed un'acquisizione 3D con metodo FullWaver. Il metodo geoelettrico DERT, adatto ad esplorazioni profonde (> 300 m), utilizza trasmettitori e ricevitori non collegati con cavi (sistema disaccoppiato) particolarmente adatti ad ambienti urbani e a distanze tra elettrodi elevate. Sono stati installati n.17 elettrodi collegati a 6 data logger per acquisire i valori di caduta di tensione. Gli stessi elettrodi, collegati ad un trasmettitore, sono stati utilizzati per inviare corrente elettrica continua nel terreno. Con l'utilizzo del sistema FULL WAYER della IRIS Instruments, costituito da un trasmettitore e 25 data logger

installati all'interno delle cinta muraria di Ferrara è stato possibile ottenere un'immagine 3D di georesistività al di sotto della città di Ferrara.

- **Acquisizione sismica con onde P per obiettivi profondi**
Per ottenere informazioni relativamente alle porzioni profonde (100 – 1000 m) è stata acquisita una linea sismica a riflessione di circa 2.5 Km sul lato orientale della città di Ferrara. Nel rilievo, che per garantire le migliori condizioni è stato eseguito durante la notte, è stata utilizzata una sorgente Vibroseis (MiniVib IVI T-2500). In considerazione del contesto di particolare pregio storico ed architettonico dell'area oggetto di indagine, oltre alle previste autorizzazioni, l'intero rilievo sismico è stato monitorato dal punto di vista vibrometrico al fine di garantire il non superamento delle soglie previste dalla vigente normativa.

Referenze

C. A. Masoli, Petronio L., E. Gordini, M. Deponete, D. Cotterle, R. Romeo, G. Böhm, A. Barbagallo, R. Belletti, S. Maffione, F. Meneghini, 2015. Marine geophysical and geological investigations in support to the construction of new harbour infrastructures: the Trieste Marine Terminal extension. Conference: NGGTS 34° Convegno Nazionale, At Trieste, Volume: Sessione 3.2: Geofisica applicata superficiale ISBN: 978-88-940442-7-0