



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

il Direttore

**Istituto Nazionale di Geofisica  
e Vulcanologia**

**AOO INGV**

**Protocollo Generale - U**

N. 0019143

del 19/12/2019



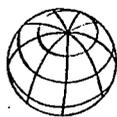
Gestione WEB

Ai Direttori di Dipartimento  
Ai Direttori di Sezione  
Al Responsabile del Centro Servizi Contabilità e Bilancio  
All'Ufficio Bilancio  
Al Responsabile del Centro Servizi per il Coordinamento delle Attività  
a Supporto della Ricerca  
Alla Dott.ssa Marta PISCHIUTTA

Oggetto: Pubblicità atti

Si notifica in copia l'allegata Delibera n. 282/2019 del 05/12/2019 – Allegato C al Verbale n. 11/2019 concernente: Convenzione tra l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) e la Città Metropolitana di Roma Capitale (CMRC).

Dott. Giovanni Torre



Delibera n. 282/2019

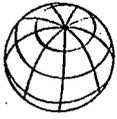
Allegato C al Verbale n. 11/2019

Oggetto: Convenzione tra l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) e la Città Metropolitana di Roma Capitale (CMRC).

### IL CONSIGLIO DI AMMINISTRAZIONE

- VISTO il Decreto legislativo 29 settembre 1999, n. 381, concernente la costituzione dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV);
- VISTO il Decreto Leg.vo 25/11/2016, n. 218, concernente "Semplificazione delle attività degli Enti Pubblici di Ricerca ai sensi dell'art. 13 della Legge 7/08/2015, n. 124";
- VISTO lo Statuto dell'INGV, approvato con Delibera del Consiglio di Amministrazione n. 372/2017 del 9 giugno 2017, come modificato con Delibere del Consiglio di Amministrazione n. 424/2017 del 15 settembre 2017 e n. 501/2017 del 21 dicembre 2017, pubblicato sul Sito WEB istituzionale (Avviso di emanazione pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana - Serie generale - n. 27 del 2 febbraio 2018), in particolare, l'art. 8, comma 6, lettera f), il quale prevede che il CdA "*omissis....delibera la partecipazione a società, fondazione e consorzi, nonché la stipulazione di accordi con organismi nazionali, europei e internazionali*";
- VISTO il Regolamento di Organizzazione e Funzionamento dell'INGV, emanato con Decreto del Presidente n. 45/2018 del 21/2/2018, pubblicato sul Sito WEB istituzionale, in particolare, l'art. 39 il quale disciplina le *Collaborazioni con soggetti esterni*, stabilendo al primo comma che: "*I rapporti di collaborazione nell'attività di ricerca tra l'Ente e soggetti pubblici e privati, italiani e stranieri sono regolati attraverso contratti aventi come riferimento di massima la seguente tipologia: protocolli d'intesa, accordi di programma quadro, convenzioni operative*";
- VISTO il Regolamento del Personale emanato con Decreto del Presidente n. 118/2018 del 14/5/2018, pubblicato sul Sito WEB istituzionale;
- VISTO il Regolamento di Amministrazione, Contabilità e Finanza, emanato con Decreto del Presidente n. 119/2018 del 14/5/2018, pubblicato sul Sito WEB istituzionale;
- TENUTO CONTO che le parti considerano di fondamentale importanza tale cooperazione, avente ad oggetto attività di collaborazione scientifica nell'Area Metropolitana di Roma Capitale;
- VALUTATA, dunque, l'opportunità di sottoscrivere la Convenzione con la Città Metropolitana di Roma Capitale (CMRC);
- CONSIDERATO che le Parti, con la presente Convenzione, realizzano una cooperazione tra Pubbliche Amministrazioni, ai sensi dell'articolo 15 della legge 7 agosto 1990, n. 241, avente a oggetto l'effettuazione di attività di ricerca su "*Caratterizzazione geologico-tecnica e geofisica di siti interessati da sinkholes, fenomeni franosi e altri fattori di rischio territoriale valutabili nell'ambito delle competenze degli attori dell'accordo, nell'area della Città metropolitana di Roma Capitale*";

ST CA



- VISTO il parere favorevole del Direttore di Sezione e del Direttore di Dipartimento competenti,

DELIBERA

L'approvazione dello schema della Convenzione tra l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) e la Città Metropolitana di Roma Capitale (CMRC), allegato alla presente quale parte integrante e sostanziale (all. 1).

Viene dato mandato al Presidente dell'INGV alla sottoscrizione definitiva dell'atto in questione.

Letto, approvato e sottoscritto seduta stante.

Roma, 05/12/2019

La segretaria verbalizzante  
(Sig.ra Silvana TUCCI)

*Silvana Tucci*

IL PRESIDENTE  
(Prof. Carlo DOGLIONI)

*CD*

**CONVENZIONE ATTUATIVA DELL'ACCORDO DI COLLABORAZIONE STIPULATO  
IN DATA 31/10/2018**

**TRA**

**l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia**, (di seguito anche "INGV"), con sede e domicilio fiscale in Roma, Via di Vigna Murata 605, C.F.: n. e P.IVA 06838821004, nella persona del suo legale Rappresentante pro-tempore, Prof. Carlo Doglioni,

**E**

la **Città Metropolitana di Roma Capitale** (nel seguito denominata "CMRC") C.F. 80034390585 con sede e domicilio fiscale in Roma, Via IV Novembre, 119/A, rappresentata dal Dirigente pro tempore del Servizio 3 "Geologico e difesa del suolo, protezione civile in ambito metropolitano" del Dipartimento VI "Pianificazione territoriale generale", Dott. Geol. Alessio Argentieri

**PREMESSO**

- che tra l'ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA (INGV) e la CITTÀ METROPOLITANA DI ROMA CAPITALE (CMRC) è in vigore dal 31 ottobre 2018, un Accordo di collaborazione (approvato dai due Enti rispettivamente con Delibera n. 510/2017 INGV e Decreto Sindaca Metropolitana n.5 del 09/01/2018), ai sensi dell'art. 15 comma 1 della Legge 241/90, per il quale le Pubbliche Amministrazioni possono concludere tra loro accordi per disciplinare lo svolgimento in collaborazione di attività di interesse comune;
- che in precedenza è stata data attuazione ad un precedente Protocollo d'Intesa di pari durata stipulato nel Dicembre 2012 (numero del protocollo di intesa 12476 del 4/12/12) e scaduto nel Dicembre 2017;
- che tale Accordo di collaborazione ha per oggetto l'effettuazione di attività di ricerca su "*Caratterizzazione geologico-tecnica e geofisica di siti interessati da sinkholes, fenomeni franosi e altri fattori di rischio territoriale valutabili nell'ambito delle competenze degli attori dell'accordo, nell'area della Città metropolitana di Roma Capitale*";
- che l'esperienza di collaborazione sinora svolta ha prodotto risultati molto soddisfacenti dal punto di vista sia scientifico, con produzione congiunta di pubblicazioni a livello internazionale e nazionale, sia tecnico e di gestione del territorio negli ambiti di competenza di CMRC;
- che il "Servizio Geologico, Difesa del Suolo e Protezione Civile in ambito metropolitano" della Città Metropolitana di Roma Capitale, nell'ambito delle proprie competenze istituzionali in materia di difesa del suolo svolge anche attività di studio, rilevamento ed elaborazione dati, redazione di pubblicazioni scientifiche e relativa divulgazione e collabora con gli altri Servizi tecnici della Città Metropolitana di Roma Capitale, gli Enti Locali e tutte le altre Istituzioni pubbliche che ne facciano richiesta;
- che la conoscenza del territorio e dello stato delle opere e infrastrutture è presupposto fondamentale per la prevenzione dei fenomeni calamitosi e per uno sviluppo delle attività umane sostenibile e compatibile con l'ambiente naturale;



- che tali attività conoscitive possono essere ricondotte nell'ambito delle attività di previsione e prevenzione dei rischi di competenza della Città Metropolitana in base alla normativa nazionale e regionale in materia di protezione civile;
- che a seguito della sequenza sismica dell'Appennino centrale (2016-17), risentita significativamente anche nel territorio metropolitano di Roma Capitale, la Città Metropolitana ha impostato una serie di attività finalizzate alla valutazione speditiva dello stato di edifici e infrastrutture di propria pertinenza;
- che in diversi siti del territorio della Città Metropolitana di Roma Capitale sono stati rilevati: (a) fenomenologie di superficie, denominate "Sinkhole", legate a processi geologici che costituiscono un fattore di rischio a causa della loro rapida ed improvvisa evoluzione e manifestazione in prossimità di infrastrutture urbane ed extraurbane (viabilità, insediamenti civili, ecc.); (b) fenomeni franosi incipienti e potenziali dei quali lo studio geofisico permette una migliore identificazione della reale estensione areale e profonda;
- che la CMRC ha un interesse specifico nel dotarsi di strumenti speditivi per la valutazione dello stato di fatto di edifici ed infrastrutture di propria pertinenza, in relazione alla loro risposta sismica ed il rischio che ne deriva, individuando un ordine di priorità delle situazioni di criticità;
- che le valutazioni citate consentirebbero dei significativi miglioramenti del quadro conoscitivo di edifici e infrastrutture di competenza in merito al comportamento sismico degli stessi al fine anche di identificare dei criteri di priorità per interventi di miglioramento e adeguamento sismico;
- che, nell'ambito dei programmi di previsione e prevenzione dei rischi di competenza della Città Metropolitana di Roma Capitale risulta pertanto opportuno e razionale effettuare una valutazione sui temi di cui ai punti precedenti, sia per lo svolgimento dei rispettivi compiti istituzionali connessi alla gestione di opere e infrastrutture varie, sia per l'ottimale funzionamento del sistema di protezione civile;
- che l'INGV, nell'ambito dei propri compiti statutari, realizza studi e ricerche sui processi di evoluzione del territorio attraverso indagini geofisiche per la caratterizzazione del sottosuolo e lo sviluppo di tecniche interpretative per la geofisica dell'Ambiente;
- che presso il "Servizio Geologico, Difesa del Suolo e Protezione Civile in ambito metropolitano" della Città Metropolitana di Roma Capitale esistono le attrezzature e le competenze per la realizzazione di indagini geoelettriche di superficie, indagini sismiche di superficie (MASV, misure di frequenza di sito), misure inclinometriche ed idrogeologiche;
- che presso il "Servizio Geologico, Difesa del Suolo e Protezione Civile in ambito metropolitano" della Città Metropolitana di Roma Capitale è disponibile una banca dati relativa ad indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche (indagini MASW, misure di frequenza di sito, prove geofisiche in foro di tipo Down-Hole) eseguite nell'ambito delle competenze istituzionali del Servizio per la caratterizzazione geologica, geotecnica e geofisica di siti di pertinenza della CMRC (viabilità provinciale, istituti di istruzione superiore e altre opere) da ditte appaltatrici;
- che presso l'INGV esistono le attrezzature e le competenze specifiche nell'ambito delle misure per la geofisica dell'Ambiente (es. magnetometria, radiometria, geoelettrica, indagini sismiche) e loro elaborazione e i laboratori per l'analisi dei campioni;
- che l'INGV e la Città Metropolitana di Roma Capitale intendono sviluppare la collaborazione, dando priorità a due progetti di ricerca specifici, che risultano prioritari per gli obiettivi di comune interesse per entrambe le Parti, di seguito descritti:
  1. ***"Progetto di ricerca per la caratterizzazione geofisica di siti soggetti a fenomeni di dissesto in corrispondenza di edifici, beni immobili o infrastrutture esistenti di pertinenza della Città Metropolitana di Roma Capitale"***
  2. ***"Progetto di ricerca per la caratterizzazione di siti rappresentativi tramite studi di risposta sismica locale (R.S.L.) in corrispondenza di alcuni edifici scolastici, beni immobili o***

***infrastrutture esistenti o in fase di progettazione, di pertinenza della Città Metropolitana di Roma Capitale***

- che l'art. 3 del vigente Accordo di collaborazione prevede tra l'altro che *“Le parti convengono di disciplinare con specifici atti congiunti eventuali attività che comportino impegni di spesa”*;
- che detta attività risulta compatibile, nei modi e nella misura, con i fini istituzionali dei due Enti.

Per quanto esposto in premessa ed in conformità all'accordo quadro vigente, con il presente atto

**SI CONVIENE**

che le attività di collaborazione scientifica nell'Area Metropolitana di Roma Capitale siano disciplinate in dettaglio dagli Allegati tecnico-scientifici dei seguenti progetti 1 e 2:

1. **“Progetto di ricerca per la caratterizzazione geofisica di siti soggetti a fenomeni di dissesto in corrispondenza di edifici, beni immobili o infrastrutture esistenti di pertinenza della Città Metropolitana di Roma Capitale”.**

Responsabili scientifici: per la Città Metropolitana di Roma Capitale dott. geol. Giovanni Rotella; per l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia dott. geol. Riccardo De Ritis.

2. **“Progetto di ricerca per la caratterizzazione di siti rappresentativi tramite studi di risposta sismica locale (R.S.L.) in corrispondenza di alcuni edifici scolastici, beni immobili o infrastrutture esistenti o in fase di progettazione, di pertinenza della Città Metropolitana di Roma Capitale”.**

Responsabili scientifici: per la Città Metropolitana di Roma Capitale dott. geol. Giovanni Rotella; per l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia dott.ssa geol. Marta Pischiutta.

Gli Allegati tecnico-scientifici, redatti dai responsabili scientifici incaricati per ciascuno degli Enti, costituiscono parte integrante del presente atto.

La collaborazione si articolerà per fasi come specificato negli Allegati tecnico-scientifici 1 e 2.

Le Parti convengono che le attività di collaborazione debbano essere svolte a condizione di reciprocità; a tal fine, le Parti si impegnano a mettere a disposizione le proprie risorse umane e strumentali e le banche dati territoriali funzionali al perseguimento degli obiettivi di comune interesse oggetto del presente accordo. In particolare, il Servizio 3 “Geologico e difesa del suolo, protezione civile in ambito metropolitano” si impegna a mettere a disposizione i dati relativi alle indagini geognostiche, prove di laboratorio geotecnico, indagini geofisiche (misure di frequenza di sito; prove MASW; prove Down-Hole), misure inclinometriche in proprio possesso per i siti oggetto delle attività.

I progetti attuativi di cui agli allegati 1 e 2 avranno durata di mesi 18 (diciotto) a decorrere dalla data di sottoscrizione del presente atto. Le parti redigeranno relazioni a firma congiunta dei responsabili scientifici a conclusione di ciascuna fase di attività svolte in collaborazione, l'ultima delle quali, alla scadenza dei progetti, avrà carattere riepilogativo dei risultati di ciascun progetto nel suo complesso.



La CMRC verserà all'INGV la quota complessiva di € 60.000,00 (euro sessantamila/00), a titolo di rimborso e a copertura delle spese specificate negli Allegati Tecnici, a valere sulle risorse assegnate in bilancio al Servizio 3 "Geologico e difesa del suolo, protezione civile in ambito metropolitano"- Dipartimento VI " Pianificazione territoriale generale", con le seguenti modalità:

Progetto 1: € 30.000,00 così ripartiti: € 10.000,00 alla conclusione della fase A; € 10.000,00 alla conclusione della fase B; € 10.000,00 al termine della fase C.

Progetto 2: € 30.000,00 così ripartiti: € 10.000,00 alla conclusione della fase A; € 10.000,00 alla conclusione della fase B; € 10.000,00 al termine della fase C.

Il tutto previa redazione delle relazioni illustrative da redigere al termine di ciascuna fase e conseguente emissione dalla parte dell'INGV di relative ricevute fuori campo applicazione IVA, ai sensi dell'art. 2 - c.3 lett. a - D.P.R. n. 633/72.

I risultati delle attività sviluppate in forza del presente atto saranno di proprietà comune. Eventuali pubblicazioni dei risultati ottenuti nell'ambito del rapporto di collaborazione, verranno effettuate previa intesa tra le Parti. In caso di risultati brevettabili, questi saranno di proprietà comune e verranno depositati congiuntamente, fatto salvo il diritto morale degli autori/inventori ai sensi delle vigenti leggi e nel rispetto dell'effettivo apporto inventivo.

Con appositi accordi successivi verranno disciplinati gli aspetti inerenti la co-titolarità, la gestione della proprietà intellettuale e le azioni e attività rivolte alla valorizzazione dei risultati. Le parti convengono di organizzare congiuntamente, a conclusione del progetto, un convegno di presentazione dei risultati conseguiti.

Ciascuna parte si uniformerà alle coperture assicurative di legge del proprio personale che, in virtù del presente accordo, verrà chiamato a frequentare le sedi di esecuzione delle attività. L'utilizzo degli spazi dell'INGV sarà disciplinato dalle disposizioni interne di tale Ente.

Il personale di entrambe le Parti contraenti è tenuto ad uniformarsi ai regolamenti disciplinari e di sicurezza in vigore nelle sedi di esecuzione delle attività attinenti alla presente convenzione, nel rispetto reciproco della normativa per la sicurezza dei lavoratori di cui al D. Lgs. 9 aprile 2008, n.81, osservando in particolare gli obblighi di cui all'art. 20 del Decreto citato, nonché le disposizioni del responsabile del servizio di prevenzione e protezione.

Il personale di entrambe le parti, compresi eventuali collaboratori esterni dalle stesse comunque designati, sarà tenuto, prima dell'accesso nei luoghi di pertinenza delle parti, sedi di espletamento delle attività, ad acquisire le informazioni riguardanti le misure di sicurezza, prevenzione, protezione e salute, rilasciando all'uopo apposita dichiarazione.

Gli obblighi previsti dall'art.26 del D. Lgs. 81/2008 e la disponibilità di dispositivi di protezione individuale (DPI), in relazione ai rischi specifici presenti nella struttura ospitante, sono attribuiti al soggetto di vertice della struttura ospitante. Tutti gli altri obblighi ricadono sul responsabile della struttura/ente di provenienza.

In caso di controversia nell'interpretazione o esecuzione del presente atto, la questione verrà in prima istanza definita in via amichevole. Qualora non fosse possibile, il foro competente sarà quello di Roma.

Le Parti dichiarano reciprocamente di essere informate che i dati personali forniti, anche verbalmente per l'attività precontrattuale o comunque raccolti in conseguenza e nel corso dell'esecuzione della presente convenzione, vengono trattati esclusivamente per le finalità della stessa, mediante consultazione, elaborazione, raffronto con altri dati e/o ogni ulteriore elaborazione manuale e/o automatizzata e inoltre, per fini statistici, con esclusivo trattamento dei dati in forma anonima, mediante comunicazione a soggetti pubblici, qualora ne facciano richiesta per il perseguimento dei propri fini istituzionali, nonché a soggetti privati, qualora lo scopo della richiesta sia compatibile con i fini istituzionali delle Parti contraenti, consapevoli che il mancato conferimento può comportare la mancata o la parziale esecuzione della convenzione.

Le Parti dichiarano infine di essere informate sui rispettivi diritti ed obblighi sanciti dal Regolamento UE 679/2016, recepito con D. Lgs 101/2018.

Roma, li XX/XX/2019

per la CMRC

*Il Dirigente del Servizio 3 Dip. VI  
Dott. Geol. Alessio Argentieri*

per l'INGV

*Il Presidente  
Prof. Carlo Doglioni*

*"Il presente atto viene letto, approvato articolo per articolo con le premesse e nel suo insieme e sottoscritto dalle Parti con firma digitale in segno di completa accettazione, ai sensi dell'art. 15, comma 2-bis, legge 7 agosto 1990 n. 241, nel rispetto dell'articolo 24 del decreto legislativo 7 marzo 2005, n. 82 (Codice dell'amministrazione digitale)."*



Città metropolitana  
di Roma Capitale



Istituto Nazionale di  
Geofisica e Vulcanologia

*ACCORDO DI COLLABORAZIONE PER ATTIVITA' DI RICERCA TRA CITTÀ  
METROPOLITANA DI ROMA CAPITALE E ISTITUTO NAZIONALE DI  
GEOFISICA E VULCANOLOGIA*

**Progetto di ricerca N° 1 per la caratterizzazione geofisica di siti soggetti a  
fenomeni di dissesto in corrispondenza di edifici, beni immobili o infrastrutture  
esistenti di pertinenza della Città Metropolitana di Roma Capitale**

**ALLEGATO TECNICO-SCIENTIFICO**

---

**Redattori:**

*per Dipartimento VI*

*Città Metropolitana di Roma Capitale*

*per l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia  
– INGV*

Dott. Geol. Giovanni Rotella

Dott. Geol. Riccardo De Ritis

Novembre 2019

---

**1. PREMESSA**

Nell'ambito delle attività previste dall'Accordo di collaborazione sottoscritto il 31/10/2018 tra l'INGV e il "Servizio Geologico, Difesa del Suolo e Protezione Civile in ambito metropolitano" della Città Metropolitana di Roma Capitale, avente per oggetto un rapporto di collaborazione per l'effettuazione di attività di ricerca su "*Caratterizzazione geologico-tecnica e geofisica di siti interessati da sinkholes, fenomeni franosi e altri fattori di rischio territoriale valutabili nell'ambito delle competenze degli attori dell'accordo, nell'area della Città metropolitana di Roma Capitale*", i due enti propongono, quale attività di previsione e prevenzione dei rischi geologici, lo studio della segnatura geofisica dei dissesti che colpiscono il territorio di competenza della Città Metropolitana di Roma Capitale. Tali dissesti rientrano nella categoria dei *sinkhole*, dei collassi in aree urbane (con particolare attenzione alle aree di

alta frequentazione) e delle frane, con particolare attenzione a quelli che si verificano in corrispondenza di edifici, beni immobili o infrastrutture di pertinenza della Città Metropolitana di Roma Capitale. L'obiettivo delle attività proposte è quello di studiare le diversità e/o le similarità della segnatura geofisica con particolare riferimento al contesto strutturale e ai meccanismi di innesco degli eventi parossistici. Lo studio verrà inoltre contestualizzato nell'ambito dell'analisi dei fenomeni deformativi regionali attraverso l'utilizzo dei dati di telerilevamento quali SAR e LiDAR.

A complemento del presente studio e ai fini della prevenzione viene contemplata una fase di applicazione delle informazioni ricavate e delle procedure di misura e studio a situazioni di emergenza contingenti che si potranno verificare durante la durata del progetto.

Le condizioni di sito sono estremamente variabili, anche all'interno di uno stesso contesto geologico. Questa situazione determina la specificità di ogni occorrenza che può quindi definire caratteristiche uniche. Esistono comunque delle condizioni al contorno che prescindono la specificità del sito (alternanza di vuoti e pieni, fratture, idrogeologia ecc.) che influenzano direttamente le proprietà fisiche dei terreni e possono caratterizzare il dissesto; l'obiettivo dello studio è quindi l'individuazione di queste condizioni e di come queste interagiscono con il contesto locale.

Esiste una consistente letteratura nazionale ed internazionale circa le indagini geofisiche e geotecniche necessarie nello studio delle *sinkhole prone area* e delle frane (Kaufmann et al., 2011; Caramanna et al., 2008; Mem. Descr. Carta Geol. d'It. 2015) ma una reale visione d'insieme ed una classificazione delle relazioni causa-effetto tra la segnatura geofisica e le caratteristiche geologiche, strutturali ed idrogeologiche (e loro variazioni dinamiche) manca. Uno studio comparativo può quindi aiutare a comprendere la relazione tra i diversi aspetti che giocano un ruolo in tali fenomenologie e le proprietà fisiche dei terreni, con il fine della previsione del rischio geologico e della pianificazione di sistemi di monitoraggio specifici.



Per quanto detto i due Enti si impegnano alla esecuzione di suddetto studio selezionando- tra le diverse tipologie di sinkhole (attivi o relitti), di collassi delle superficie topografica e di frane che insistono nel territorio di pertinenza della CMRC- i casi più significativi per gli obiettivi di progetto. Come parte integrante del programma di lavoro si intende iniziare a popolare un sistema informativo territoriale (SIT) con le informazioni relative alle occorrenze in studio e a quelle precedentemente analizzate nell'ambito del protocollo di intesa tra CMRC e INGV (numero del protocollo di intesa 12476 del 4/12/12). Tali livelli informativi mireranno a rendere disponibili e consultabili tutti gli aspetti necessari a comprendere la causa ed evoluzione dei dissesti, utili per pianificare interventi di protezione civile e a progettare sistemi di monitoraggio. Particolare attenzione verrà data al ruolo giocato dai fattori predisponenti, con particolare riguardo all'assetto geologico strutturale, nella enucleazione e sviluppo dei *sinkhole*, dissesti e frane.

Come scelta indicativa delle aree di lavoro verranno prese in considerazione in primo luogo le aree ove precedenti attività espletate nell'ambito della convenzione INGV-CMRC hanno individuato casi significativi che necessitino di ulteriori approfondimenti.

## 2. ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO

Il progetto si articola per fasi, come sintetizzato nella seguente tabella e specificato in dettaglio nei successivi paragrafi

Fasi
Fase A – Selezione dei siti di studio, sopralluoghi preliminari per la valutazione delle condizioni logistiche per la realizzazione delle misure, verifica della disponibilità delle serie storiche dei dati SAR (Synthetic Aperture Radar) e LiDAR.
Fase B - Raccolta dei dati geologici, idrogeologici, idrogeologici e meteorologici disponibili per le aree selezionate; definizione del modello di deformazione delle aree di studio con i dati SAR; realizzazione del modello digitale del terreno e analisi statistiche dei dati morfometrici in funzione della effettiva disponibilità dei dati. Definizione dei criteri per la realizzazione di un Sistema Informativo Territoriale (SIT) su piattaforma GIS del tipo ArcGis insieme al CMRC e “data entry”. Definizione delle strategie di misura e pianificazione delle indagini sulla base dei dati acquisiti e dell'esito dei sopralluoghi.
Fase C – Attività di formazione; esecuzione delle campagne di misura; elaborazione dei dati.



#### Fase A – Analisi preliminari e selezione di siti rappresentativi

In questa fase sarà realizzata la selezione dei siti di studio, e verranno effettuati sopralluoghi preliminari per la valutazione delle condizioni logistiche per la realizzazione delle misure. Tra i siti, oltre a situazioni conclamate di dissesto, verranno individuate anche aree che presentano manifestazioni embrionali di sviluppo di dissesti o concomitanza di fattori predisponenti che potrebbero dare luogo all'innescio di eventi calamitosi.

Verrà inoltre verificata la eventuale disponibilità delle serie storiche dei dati SAR (Synthetic Aperture Radar) e LiDAR in archivi pubblici e definizione del preventivo di spesa per quelli commerciali, ove esistenti. I dati SAR e LiDAR saranno utilizzati rispettivamente per la definizione dei fenomeni deformativi in atto nell'area vasta in cui si inseriscono i siti di studio e alla realizzazione dei modelli digitali del terreno ad alta risoluzione.

#### Fase B – Analisi ed elaborazione dei dati territoriali

In questa fase verrà effettuata la raccolta dei dati geologici, idrogeologici, idrogeologici e meteorologici disponibili per le aree selezionate; verrà definito il modello di deformazione delle aree di studio con i dati SAR e la relazione con l'assetto strutturale; verrà inoltre realizzato il modello digitale del terreno e verranno effettuate analisi statistiche dei dati morfometrici (questa ultima attività sarà in funzione della effettiva disponibilità dei dati). Verranno inoltre definiti i criteri per la realizzazione di un Sistema Informativo Territoriale (SIT) su piattaforma GIS del tipo ArcGis insieme al CMRC e "data entry". Infine, verranno definite le strategie di misura e pianificazione delle indagini sulla base dei dati acquisiti e dell'esito dei sopralluoghi.

#### Fase C – Realizzazione della campagna di misure e elaborazione, restituzione e interpretazioni dei dati

Nei siti campione selezionati saranno utilizzate tecniche di indagine geoelettrica capacitiva e altimetriche speditive, per la ricostruzione rispettivamente dell'andamento della resistività elettrica dei primi 5-10 m di profondità e del modello digitale del terreno in alta risoluzione. Le misure altimetriche saranno ricavate dalla fotogrammetria da drone, realizzate con GPS in configurazione differenziale post processing o in RTK. Le indagini prevedranno quindi: 1) la tomografia elettrica classica in 2-3D (ERT2D-ERT3D), 2) la prospezione magnetica e 3) il *ground penetrating radar* (GPR) per rilevare rispettivamente le variazioni della resistività, suscettività ed impedenza elettromagnetica. Queste proprietà dei terreni saranno utilizzate per la ricostruzione della stratigrafia in due e tre dimensioni,

ST 9



della presenza di vuoti, terreni residuali, fratture, discontinuità e le condizioni. In base alla logistica saranno utilizzate tutte o alcune delle suddette metodiche.

È prevista in questa fase una breve attività di formazione rivolta ad alcuni dipendenti della Città Metropolitana sulle procedure di analisi ed elaborazione dei dati raccolti o reperiti cioè nello specifico esecuzione di profili geoelettrici in sito. Lo scopo è di fornire quanto più possibile delle linee guida per stabilire la qualità e attendibilità di dati e risultati delle elaborazioni. Un'ulteriore attività di formazione riguarderà l'elaborazione dei dati acquisiti per la redazione di profili di tomografia elettrica 2D e 3D mediante il software RES2DINV (Geotomo) e Tomolab e EarthLAB (Geostudi Astier), su siti rappresentativi tra quelli studiati nell'ambito del progetto. Questa attività di formazione consentirà di procedere congiuntamente nell'elaborazione delle indagini, nella redazione dei profili di tomografia elettrica 2D e 3D e nella loro interpretazione in base alle conoscenze geologiche disponibili.

Nel caso in cui vengano individuati ai fini del presente progetto siti già attrezzati con tubi inclinometrici, sarà possibile effettuare misure inclinometriche utilizzando la strumentazione in dotazione al "Servizio Geologico, Difesa del Suolo e Protezione Civile in ambito metropolitano" della Città Metropolitana di Roma Capitale. Scopo del monitoraggio inclinometrico sarà controllare i movimenti e le deformazioni all'interno dei versanti esaminati.

La strumentazione di base, con cui verranno effettuate le misure, è composta dalle seguenti parti principali:

- 1. tubo inclinometrico in alluminio**, a sezione circolare (diametro di 60-80 mm), provvisto di quattro scanalature con funzione di guida per la sonda inclinometrica.
- 2. sonda testimone** per la verifica della corretta posa e agibilità della tubazione inclinometrica; tale sonda è costituita da un semplice carrello non strumentato, avente la stessa meccanica esterna della sonda inclinometrica, sostenuto da un apposito cavo d'acciaio.
- 3. sonda inclinometrica**, costituita da un corpo metallico cilindrico provvisto di 2 carrelli, di cui una posizionata in basso che costituisce la ruota di riferimento, che consentono di mantenere costante l'orientamento azimutale della sonda e quindi dei sensori in essa contenuti. I sensori, nel caso di sonde biassiali, misurano l'inclinazione in due piani ortogonali, uno dei quali è il piano delle ruote dei carrelli ed è convenzionalmente chiamato **asse A** mentre l'altro è chiamato **asse B**. Le misure sono puntuali, riferite cioè ad una precisa quota/distanza (generalmente ogni metro).
- 4. cavo di misura**, serve per calare la sonda in profondità e per effettuare il collegamento elettrico.

5. **centralina di misura**, permette di rilevare i valori inclinometrici (valori di inclinazione) alle varie quote nella forma più idonea per l'elaborazione.

Ai fini del presente progetto, verranno utilizzati sia i dati precedentemente raccolti durante le campagne di misura già effettuate a cura del "Servizio Geologico, Difesa del Suolo e Protezione Civile in ambito metropolitano" della Città Metropolitana di Roma Capitale, sia i dati acquisiti mediante specifiche campagne di misura.

A conclusione delle fasi di elaborazione e restituzione dei dati verrà effettuata in forma congiunta tra gli Enti l'interpretazione dei dati conseguiti.

### 3. RISORSE STRUMENTALI

STRUMENTAZIONE		INGV	Città Metropolitana Roma Capitale
Prospezioni geoelettriche	Sistema di acquisizione	SYSCAL PRO DELLA IRIS 10 CANALI E 72 ELETTRODI	Georesistivimetro X612EM72 della M.A.E. s.r.l. multicanale 72 elettrodi
	Cavi	6 cavi* a passo 10 metri e 2 prolunghe da 125 m 3 cavi passo 5 a 72 elettrodi 3 cavi a passo 1 a 72 elettrodi	3 stendimenti 24 prese intervallo 3 m
	Software di elaborazione	TOMOLAB-EARTHLAB	EMLab3D per la generazione di sequenze di misura multielettrodo 2D e 3D
Misure Magnetometriche	Acquisizione	MAGNETOMETRO A PROTONI DELLA GEM SYSTEM MAGNETOMETRO A SCALARE GEOMETRIX Inc G858	
	Software di elaborazione	OASIS MONTAJ (Geosoft)	



<b>Misure Georadar</b>	<b>Acquisizione</b>	GEORADAR HiMod con antenne a 200 mhz	
	<b>Software di elaborazione</b>	GRED HD	
<b>Misure di Goelettrica capacitiva</b>	<b>Acquisizione</b>	GEORESISTIVEMETRO OhmMapper DELLA GEOMETRIX Inc ad accoppiamento capacitivo	
	<b>Software di elaborazione</b>	Res2dINV	
<b>Misure inclinometriche</b>	<b>Acquisizione</b>		Datalogger portatile Archimede della Sisgeo s.r.l.; sonda inclinometrica digitale biassiale con sensore MEMS digitale; cavo inclinometrico 50 m
	<b>Software di elaborazione</b>		Klion



#### 4. RISORSE UMANE

<b>Personale INGV</b>		
Profilo professionale	Nominativi	Mesi persona
n.1 unità, profilo Ricercatore III livello, 3 fascia	Riccardo De Ritis	3
n.1 unità profilo Tecnologo III livello, 1 fascia	Valerio Materni	1.5
n.1 unità profilo Ricercatore III livello, 3 fascia	Claudia Spinetti	2
<b>TOTALE MESI PERSONA</b>		<b>6.5</b>
<b>Personale della Città Metropolitana di Roma Capitale</b>		
Profilo professionale		Mesi persona
Funzionario Tecnico Ambiente, D7	Giovanni Rotella	0.5
Funzionario Unità Operativa Servizi Tecnici, D7	Bruna Perniola	0.5

81

9



## 5. SPESE PER L'ATTUAZIONE

L'INGV e la Città Metropolitana si impegnano a mettere a disposizione le proprie risorse strumentali e le banche dati territoriali funzionali al perseguimento degli obiettivi di comune interesse oggetto del presente progetto. Sulla base della valutazione dei reciproci impegni di risorse di personale, le parti concordano nella necessità di bilanciare i costi. La Città Metropolitana provvederà a rimborsare all'INGV parte delle spese di personale, a compensazione dello squilibrio nell'impegno di risorse umane, come descritto nelle tabelle seguenti:

1. Costi del personale compensati (profili e costi aggiornati al 2019)		
Dettaglio	Mesi persona	Costo totale
n.1 unità, profilo Ricercatore III livello, 3 fascia	2	€ 9.569,82
n.1 unità profilo tecnologo III livello, 1 fascia	1,5	€ 6.245,88
n.1 unità profilo Ricercatore III livello, 3 fascia	2	€ 9.569,82
<b>Totale</b>		<b>€ 25.385,52</b>

Sarà corrisposto inoltre un rimborso per i seguenti costi:

<b>2. Spese per attività di campo</b> (Spese di missione, sopralluoghi, logistica, rilevamenti e controlli e materiale di consumo)	€ 1.500,00
<b>3. Costi per attività di formazione</b> Formazione sulla tecnica di misure di tomografia elettrica 2 e 3 D, elaborazione ed analisi dati.	€ 1.614,48
<b>4. Altro</b> Contributo per spese di gestione, pari al 5% del contributo complessivo	€ 1.500,00
<b>TOTALE COSTI RIMBORSATI</b>	<b>€ 30.000,00 (trentamila/00)</b>

### 3. RISULTATI ATTESI

I risultati delle indagini eseguiti porteranno alla integrazione di nuovi layer tematici e dati geofisici in una piattaforma GIS, alla definizione dei modelli geologici evolutivi dei siti di studio, alla definizione delle caratteristiche geofisiche comuni e specifiche di ogni sito rispetto agli altri in relazione ai contesti geologici di riferimento; alla pubblicazione e presentazione dei risultati della ricerca in riviste e congressi nazionali ed internazionali. A conclusione dei lavori verrà organizzato un convegno di presentazione dei risultati conseguiti. I risultati delle indagini e delle valutazioni svolte faranno parte di una banca dati comune che costituirà una base di riferimento per entrambe le parti per lo svolgimento dei rispettivi compiti istituzionali.

ST  
Q

*ACCORDO DI COLLABORAZIONE PER ATTIVITA' DI RICERCA TRA CITTÀ  
METROPOLITANA DI ROMA CAPITALE E ISTITUTO NAZIONALE DI  
GEOFISICA E VULCANOLOGIA*

**Progetto di ricerca N° 2 per la caratterizzazione di siti rappresentativi tramite studi di risposta sismica locale (R.S.L.) in corrispondenza di alcuni edifici scolastici, beni immobili o infrastrutture esistenti o in fase di progettazione, di pertinenza della Città Metropolitana di Roma Capitale**

**ALLEGATO TECNICO-SCIENTIFICO**

---

**Redattori:**

*per Dipartimento VI*

*Città Metropolitana di Roma Capitale*

*per l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia  
– INGV*

Dott. Geol. Giovanni Rotella

Dott.ssa Geol. Marta Pischiutta

Novembre 2019

---

**1. PREMESSA**

Nell'ambito delle attività previste dall'Accordo di collaborazione sottoscritto il 31/10/2018 tra l'INGV e il "Servizio Geologico, Difesa del Suolo e Protezione Civile in ambito metropolitano" della Città Metropolitana di Roma Capitale, avente per oggetto un rapporto di collaborazione per l'effettuazione di attività di ricerca su "*Caratterizzazione geologico-tecnica e geofisica di siti interessati da sinkholes, fenomeni franosi e altri fattori di rischio territoriale valutabili nell'ambito delle competenze degli attori dell'accordo, nell'area della Città metropolitana di Roma Capitale*", i due enti propongono, quale attività di previsione e prevenzione dei rischi territoriali, un approfondimento sugli studi di risposta sismica locale (RSL). Tali indagini consentono di determinare le variazioni apportate al moto sismico in termini di ampiezza, contenuto in frequenza e durata significativa dalle particolari condizioni morfologiche e lito-stratigrafiche presenti nel sito in oggetto. La valutazione della RSL viene effettuata



attraverso delle simulazioni numeriche a partire da un evento sismico di input e da un modello geomeccanico di sottosuolo definito per ogni sito di studio. I software che generano le simulazioni si distinguono attraverso i differenti approcci di calcolo basati sull'assunzione di comportamento monodimensionale e/o bidimensionale del modello di sottosuolo considerato.

Gli studi di RSL ricadono pertanto nell'ambito delle generali attività conoscitive per la previsione e prevenzione dei rischi di competenza della Città Metropolitana, in accordo alla normativa nazionale e regionale per le costruzioni in zone sismiche e in materia di Protezione Civile. Infatti, a seguito della sequenza sismica dell'Appennino centrale (2016-17), risentita significativamente anche nel territorio metropolitano di Roma Capitale, la Città Metropolitana ha impostato una serie di attività finalizzate alla valutazione speditiva dello stato di edifici e infrastrutture di propria pertinenza. In termini complementari rispetto alla individuazione di strumenti speditivi per la valutazione dello stato strutturale di edifici, beni immobili e infrastrutture che il Servizio 3- Dipartimento VI di CMRC sta portando avanti con omologhi progetti di ricerca, un significativo contributo può provenire dalla definizione della risposta sismica e dei potenziali effetti di sito. In tale modo si contribuirà alla valutazione del rischio connesso, individuando un ordine di priorità delle situazioni di criticità.

In particolare l'INGV e la Città Metropolitana di Roma Capitale intendono sviluppare, nell'ambito della collaborazione in essere, il presente *“Progetto di ricerca per la caratterizzazione di siti rappresentativi tramite studi di risposta sismica locale (R.S.L.) in corrispondenza di alcuni edifici scolastici, beni immobili o infrastrutture esistenti o in fase di progettazione, di pertinenza della Città Metropolitana di Roma Capitale”*.

Il progetto si avvarrà delle attrezzature e competenze specifiche di entrambi gli enti nell'ambito delle indagini sismiche (stazioni sismiche e array sismici per determinare la frequenza di risonanza e il profilo di velocità).

Poiché negli studi di RSL l'accuratezza nella descrizione del modello geomeccanico è cruciale per la produzione di risultati attendibili, il progetto si servirà della banca dati relativa ad indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche (indagini MASW, misure di frequenza di sito, prove geofisiche in foro di tipo Down-Hole) presente presso il “Servizio Geologico, Difesa del Suolo e Protezione Civile in ambito metropolitano” della Città Metropolitana di Roma Capitale. Saranno infine presi in considerazione i risultati delle prospezioni già eseguite dal citato Servizio in passato.

## 2. ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO

Il progetto si articola per fasi, come sintetizzato nella seguente tabella e specificato in dettaglio nei successivi paragrafi.

Fase
Fase A – Scelta di dieci (10) siti rappresentativi. Qualora, nonostante le indagini aggiuntive, non si riuscisse ad ottenere un modello geomeccanico attendibile, l'analisi RSL sarà effettuata a un numero minimo di sette (7) siti.
Fase B – Esecuzione di misure aggiuntive: campagna di misure HVSR a tutti i siti scelti; misure di velocità aggiuntive mediante array di superficie a un massimo di 5 siti.
Fase C – Attività di formazione e analisi di risposta sismica locale mono o bidimensionale (a seconda dell'assetto litostratigrafico e geomeccanico del sito).

### Fase A – *Analisi preliminari e selezione di siti rappresentativi*

In questa fase sarà realizzata una selezione di dieci (10) siti rappresentativi in prossimità di alcuni edifici scolastici, beni immobili o infrastrutture esistenti o in fase di progettazione di pertinenza della Città Metropolitana di Roma Capitale.

La selezione dei siti su cui procedere per l'analisi RSL sarà effettuata in considerazione di:

- pericolosità sismica di base, prediligendo i siti con pericolosità maggiore;
- numero e dettaglio dei sondaggi geognostici e qualità delle misure di velocità già presenti nella banca dati della Città Metropolitana;
- dati reperiti da letteratura e/o da banche date pubbliche, carte, articoli scientifici, relazioni geologico-tecniche, studi di microzonazione sismica, varie ed eventuali.
- rappresentatività e completezza delle indagini e dati complessivamente disponibili nella descrizione dell'assetto geologico del sito nella sua eventuale specifica complessità.

Per procedere alla modellazione della risposta sismica locale (RSL) è necessario la realizzazione di un modello geologico e geomeccanico attendibile e rappresentativo, in cui si riduca il più possibile il numero di assunzioni e incertezze. Si sottolinea quindi quanto sia fondamentale il dettaglio e l'accuratezza delle indagini considerate, nonché un'attenta valutazione della loro reale attendibilità ed utilizzo nell'analisi RSL. Ad esempio, nel caso in cui il sito ricadesse in un bacino sedimentario, è raccomandabile che il sondaggio, come anche che le misure di velocità in foro, abbiano effettivamente intercettato il *bedrock*. Un altro aspetto da controllare accuratamente nell'analisi dei dati *down hole* precedentemente acquisiti riguarda la variabilità del profilo di velocità in funzione del numero di strati



assunti, e dei vincoli sulle profondità inseriti in fase di inversione della curva dromocrona. Nelle misure di sismica attiva elaborate mediante tecnica MASW, è necessario determinare il *picking* della curva di dispersione sperimentale, l'inversione della curva di dispersione sperimentale per ottenere il profilo di velocità, e il *misfit* del profilo scelto.

Sulla base di tutte le considerazioni fin qui esposte, e in base alla completezza raggiunta ad ogni sito utilizzando dati pregressi e disponibili, verranno scelti dieci (10) siti su cui procedere con l'analisi RSL. Saranno eventualmente pianificate ulteriori misure di velocità da *array* di superficie, ad un massimo di cinque siti (5).

Qualora, nonostante le indagini aggiuntive, non si riuscisse ad ottenere un modello geomeccanico attendibile, l'analisi RSL sarà effettuata, seppur con un maggiore grado di variabilità e incertezza, a un numero minimo di sette (7) siti.

#### **Fase B – Esecuzione di misure aggiuntive**

In questa fase saranno eseguite a tutti i siti selezionati delle misure di rumore sismico utilizzando la strumentazione in possesso di entrambi gli enti, per verificare il grado di omogeneità/eterogeneità spaziale presenti su brevi distanze (decine di metri) nell'areale dei siti scelti. Le misure saranno effettuate mediante i sensori velocimetrici (di pertinenza INGV) con frequenza propria pari a 0.2Hz, più attendibili alle basse frequenze (<2Hz) rispetto ai sensori comunemente nella pratica professionale. Inoltre, i siti di misura saranno investigati contemporaneamente utilizzando anche i sensori presenti presso il "Servizio Geologico, Difesa del Suolo e Protezione Civile in ambito metropolitano" della Città Metropolitana di Roma Capitale, e rappresentati da velocimetri con frequenza propria pari a 2Hz, per confrontare i risultati, la risposta ottenuta e soprattutto verificarne la risposta a bassa frequenza.

Ogni misura avrà una durata minima di 45 minuti, e il numero di punti di misura sarà valutato sito per sito. L'analisi mediante tecnica HVSR si avvarrà dell'utilizzo di un algoritmo anti-trigger per selezionare le finestre meno affette da segnali impulsivi, generalmente di natura antropica.

Verrà così stimata ad ogni punto di misura la frequenza fondamentale di risonanza (se presente), nonché la presenza di ulteriori picchi, unitamente all'attendibilità della curva HVSR secondo gli standard indicati dal Progetto Europeo SESAME (2003).

Qualora si ritengano necessarie, verranno eseguite delle nuove misure di velocità mediante prospezioni MASW o tecniche *array*, da scegliere in base alla logistica e all'assetto geologico di ogni sito, a un massimo di cinque (5) tra i siti selezionati.



Le analisi ed elaborazioni su queste misure aggiuntive saranno effettuate con l'ottica di ottenere un'ulteriore validazione del profilo di velocità da inserire nell'analisi RSL, prevedendo ad esempio: inversione delle curve HVSR con vincoli sulle profondità dei vari orizzonti stratigrafici; inversione congiunta della curva HVSR e della curva di dispersione; confronto tra i profili di velocità ottenuti con le misure array di superficie e quelli down-hole rivisti e reinterpretati; utilizzo di ulteriori vincoli forniti da altre prospezioni geofisiche.

Si precisa che saranno utilizzate congiuntamente le strumentazioni in dotazione di entrambi gli enti, per validare l'affidabilità dei risultati ottenuti e valutare la sensibilità di strumenti e geometrie di acquisizione. Similarmente le misure saranno elaborate mediante i software in uso presso entrambi gli enti, per valutarne l'efficacia nel fornire risultati attendibili e ridurre l'incertezza associata.

#### Fase C – *Analisi di risposta sismica locale e attività di formazione*

E' prevista una breve attività di formazione per alcuni dipendenti della Città Metropolitana sulle procedure di analisi ed elaborazione dei dati raccolti o reperiti cioè nello specifico: prove sismiche *downhole*, MASW, misure di rumore e analisi HVSR. Lo scopo è di fornire quanto più possibile delle linee guida per stabilire la qualità e attendibilità di dati e risultati delle elaborazioni. Un'ulteriore attività di formazione riguarderà l'analisi di risposta sismica locale RSL monodimensionale mediante il software EERA e RSL-2D, su una porzione di siti rappresentativi tra quelli considerati nell'ambito del progetto. Questa attività di formazione consentirà di procedere congiuntamente nell'elaborazione delle indagini e nella redazione delle analisi di RSL.

L'analisi di risposta sismica locale sarà effettuata inizialmente in un'approssimazione monodimensionale (1D) con l'ausilio del codice EERA (Idis & Sun, 1992), utilizzando un modello stratigrafico ottenuto nelle fasi precedenti del progetto dallo studio di tutte le prove disponibili e del materiale reperito. Poiché nell'approssimazione 1D il sottosuolo si immagina costituito da strati piani paralleli, con il *bedrock* in giacitura orizzontale, è necessario inizialmente valutare con attenzione l'applicabilità di tale assunzione ai vari siti. Nel caso in cui siano presenti geometrie irregolari si procederà con la realizzazione di più simulazioni relative a diversi profili di velocità.

Nell'approccio utilizzato dal codice EERA, il profilo stratigrafico è inteso come un modello discreto a masse concentrate: i vari strati sono schematizzati come delle masse concentrate in prossimità dell'interfaccia e separate da molle e smorzatori viscosi in serie (modello reologico di Kelvin-Voigt). Per ciò che concerne la valutazione di dissipazione e rigidità, si prediligerà l'utilizzo di un modello visco elastico-lineare equivalente che permette una trattazione semplificata, in cui il modulo di taglio



G e il coefficiente di smorzamento D sono funzione dell'ampiezza della deformazione di taglio. Nel programma di calcolo, i moduli G e D si ottengono da iterazioni che sono funzione del livello di deformazione indotto in tutti gli strati, variando fino a convergenza, ovvero fino a raggiungere un valore compatibile con il livello di deformazione indotto dal sisma: il processo iterativo si interrompe nel momento in cui i valori di rigidità e smorzamento calcolati sono compatibili con quelli indotti dalle deformazioni iniziali. L'utilizzo dell'approccio lineare-equivalente è accettabile nel campo delle piccole deformazioni, e non consente di considerare le deformazioni permanenti, né di tenere conto del decadimento delle caratteristiche di rigidità dei terreni conseguente al processo di accumulo delle pressioni interstiziali. Quindi, qualora fosse preferibile adottare un approccio non lineare e siano disponibili informazioni reperite da analisi di laboratorio e eseguite su campioni prelevati in situ circa la degradazione di rigidità e dissipazione in funzione delle deformazioni (ad es. da prove triassiali cicliche, colonna risonante), verrà applicata un'approssimazione non lineare in cui sia G che D sono funzione anche del numero di cicli di carico e non solo della deformazione di taglio.

Infine, per ciò che concerne gli input sismici da utilizzare nelle analisi numeriche saranno considerati:

- almeno 7 accelerogrammi compatibili con lo spettro a pericolosità uniforme (UHS) della normativa (NTC-18);
- accelerogrammi di riferimento regionalizzati realizzati per le analisi numeriche e per gli studi di Microzonazione Sismica o di Risposta Sismica Locale dalla Regione Lazio;
- accelerogrammi al bedrock ricavati da studi di microzonazione, qualora disponibili.

Nei casi in cui la geometria dei corpi geologici in profondità non fosse assimilabile a strati piani paralleli e in caso di forti eteropie e contrasti laterali di velocità (ad esempio nel caso di bacini sedimentari, colate laviche, faglie) si procederà con un approccio bidimensionale (2D) mediante il software LSR 2D (Local Seismic Response 2D, <http://www.starec.com>). Poiché l'analisi bidimensionale presuppone la realizzazione di un profilo stratigrafico 2D, si precisa che l'utilizzo di tale approccio è subordinato alla effettiva possibilità di realizzare un attendibile profilo 2D utilizzando le indagini in nostro possesso in questa fase del progetto.

Il software LSR 2D consente una discretizzazione del dominio agli elementi finiti (mesh triangolare o quadrangolare), utilizzando un approccio viscoelastico lineare equivalente (modello reologico di Kelvin-Voigt) per il coefficiente di smorzamento D e il modulo di taglio G. La dimensione della mesh sarà attentamente valutata in modo tale da non eccedere nell'onere computazionale ma neppure diminuire eccessivamente l'accuratezza della soluzione (non modellando le alte frequenze). Una



particolare attenzione verrà prestata alla necessità di inserire smorzatori viscosi ai bordi del modello per simulare perdite per radiazione di energia ed evitare riflessioni artefatte.

Il moto sismico in input è applicato in termini di tensioni totali a tutti i nodi del bedrock sotto forma di onde di taglio e compressive in propagazione verticale, quindi all'intera mesh del dominio, fornendo in output le serie temporali e gli spettri di risposta in accelerazione.

## 1. RISORSE STRUMENTALI

STRUMENTAZIONE		INGV	Città Metropolitana Roma Capitale
Prospezioni sismiche	Sistema di acquisizione	Acquisitore geometrics GEODE 24 bit 72 geofoni Geometrics verticali 4.5 Hz 72 Geometrics geofoni orizzontali 4.5 Hz	Acquisitore DoReMi SARA electronic instruments 24 geofoni verticali 4.5 Hz
	Cavi	6 cavi* interdistanza 10 metri 3 cavi* interdistanza 3 m (*per 12 sensori)	2 cavi* interdistanza 3 m (*per 12 sensori)
	Sorgente	Massa battente, piastra verticale e orizzontale, cannoncino sismico.	Massa battente e piastra verticale
	Software di elaborazione	Open source - Geopsy	Licenziato – Easy Masw
Misure di rumore sismico e array	Acquisizione	8 Acquisitori Reftek 130-1 8 Sensori sismici Lennartz 3 componenti 5 s (Lennartz LE-5 s)	Geobox SS-20, sensore sismico velocimetrico 3 componenti prodotto dalla SARA electronic instruments.
	Software di elaborazione	Open source - Geopsy	Suite Geoploter fornito dalla SARA electronic intruments

## 2. RISORSE UMANE

<b>Personale INGV</b>		
<i>Profilo professionale</i>	<i>Nominativi</i>	<i>Mesi persona</i>
n.1 unità, profilo Tecnologo III livello, 1 fascia	Marta Pischiutta	5
n.1 unità profilo Ricercatore III livello, 4 fascia	Fabrizio Cara	0,5
n.1 unità profilo Primo Ricercatore II livello, 5 fascia	Giovanna Cultrera	0,5
n.1 unità profilo Primo Tecnologo II livello, 5 fascia	Giuliano Milana	0,5
<b>TOTALE MESI PERSONA</b>		<b>6.5</b>
<b>Personale della Città Metropolitana di Roma Capitale</b>		
<i>Profilo professionale</i>		<i>Mesi persona</i>
Funzionario Tecnico Ambiente, D7	Giovanni Rotella	0,5
Funzionario Unità Operativa Servizi Tecnici, D7	Bruna Perniola	0,5
<b>TOTALE MESI PERSONA</b>		<b>1</b>



## 5. SPESE PER L'ATTUAZIONE

L'INGV e la Città Metropolitana si impegnano a mettere a disposizione le proprie risorse strumentali e le banche dati territoriali funzionali al perseguimento degli obiettivi di comune interesse oggetto del presente preoprogetto. Sulla base della valutazione dei reciproci impegni di risorse di personale, le parti concordano nella necessità di bilanciare i costi. La Città Metropolitana provvederà a rimborsare all'INGV parte delle spese di personale, a compensazione dello squilibrio nell'impegno di risorse umane, come descritto nelle tabelle seguenti:

1. Costi del personale INGV compensati (profili e costi aggiornati al 2019)		
Dettaglio	Mesi persona	Costo totale
n.1 unità, profilo Tecnologo III livello, 1 fascia	4	€ 16.655,60
n.1 unità profilo Ricercatore III livello, 4 fascia	0,5	€ 2.555,00
n.1 unità profilo Primo Ricercatore II livello, 5 fascia	0,5	€ 3.695,70
n.1 unità profilo Primo Tecnologo II livello, 5 fascia	0,5	€ 3.695,70
<b>Totale</b>		<b>€ 26.602,00</b>

Sarà corrisposto inoltre un rimborso per i seguenti costi:

<b>2. Spese per attività di campo</b> (Spese di missione, rilevamenti e controlli e materiale di consumo)	€ 700,00
<b>3. Costi per attività di formazione</b> Formazione su procedura di analisi ed elaborazione utilizzando le prove sismiche condotte unitamente all'analisi di risposta sismica locale RSL utilizzando un selezionato numero di siti rappresentativi tra quelli scelti nell'ambito del progetto.	€ 1.200,00
<b>4. Costi indiretti</b> Contributo per spese di gestione, pari al 5% del contributo complessivo (costi indiretti).	€ 1.548,00

<b>TOTALE COSTI DA RIMBORSARE</b>	<b>€ 30.000,00 (trentamila/00)</b>
-----------------------------------	------------------------------------

### 3. RISULTATI ATTESI

Al termine del progetto verranno forniti ad ogni sito gli spettri di risposta in accelerazione, velocità e spostamento, parametro base della progettazione strutturale nonché le storie temporale delle accelerazioni in superficie, necessaria per una eventuale verifica dinamica di una struttura. Sarà valutata inoltre la variabilità in funzione dell'input utilizzato, dell'approccio utilizzato (mono o bidimensionale), e dell'incertezza sul modello geomeccanico. Dal rapporto tra spettri di risposta in output ed input (Protocolli MSZ III, 2017) saranno valutati i fattori di amplificazione.

Infine, i risultati delle indagini e delle valutazioni svolte faranno parte di una banca dati comune che costituirà una base di riferimento per entrambe le parti per lo svolgimento dei rispettivi compiti istituzionali.