

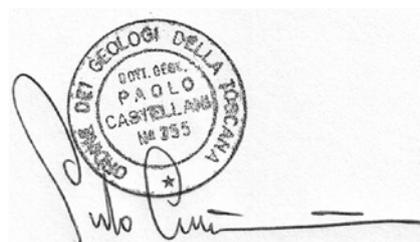
GEOLOGICA TOSCANA

STUDIO ASSOCIATO

Dott. Paolo Castellani - Dott. Stefano Nastasi - Dott. Damiano Guarguaglini - Dott. Annalisa Fontanelli - Dott. Andrea Castellani

AGENZIA DELLE ENTRATE

RELAZIONE GEOLOGICA DI PROGETTO E DI MODELLAZIONE SISMICA
PER LA REALIZZAZIONE DI TRE FOSSE PER L'ALLOGGIAMENTO DI ASCENSORI
E DELLE RELATIVE OPERE FONDALI
ALL'INTERNO DELL'IMMOBILE DEMANIALE DELL'AGENZIA DELLE ENTRATE
UBICATO IN LARGO LEOPARDI n° 5 A ROMA (RM)



GEOLOGICA TOSCANA
POGGIBONSI, 2015

Lavoro/Job n° 4.643

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

§ 1) PREMESSA

A seguito di procedura per l'affidamento di un incarico professionale per Geologo finalizzata alla realizzazione della fossa per tre ascensori (avviso pubblico prot. n° 1140 dell'8 gennaio 2015) e di successivo aggiudicamento, come risulta dal verbale di gara prot. n° 2225 del 12 febbraio 2015, abbiamo effettuato, su incarico e per conto dell'Agenzia delle Entrate (atto sottoscritto in data 18.03.2015), la presente indagine geologica presso l'immobile demaniale di proprietà dell'Ente committente ubicato in Largo Leopardi n° 5 a Roma (vedi figg. 1 e 2).

In tale area saranno realizzate tre fosse per l'installazione di tre diversi ascensori con la costruzione delle relative platee di fondazione, ubicate nel Municipio Roma 1 in una zona con classe sismica 3A.

Pertanto la pericolosità geologica dell'area d'intervento è di Tipo A, cioè a bassa pericolosità geologica, essendo una zona sismica 3A che contemporaneamente non è suscettibile di liquefazione, subsidenza, amplificazione sismica, frana ed esondabilità.

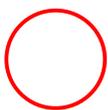
Questo studio intende caratterizzare l'area in esame dal punto di vista geologico, strutturale, geomorfologico ed idrogeologico, attraverso l'esecuzione di rilevamenti e sopralluoghi diretti eseguiti nell'area d'intervento; indica inoltre le indagini geognostiche e geofisiche realizzate nel sito in esame, finalizzate alla ricostruzione della stratigrafia, litologia e sismostratigrafia della zona.

In ottemperanza del D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni", il presente elaborato determina per l'area d'intervento l'azione sismica di sito con le relative accelerazioni di progetto e la categoria di suolo fondale.



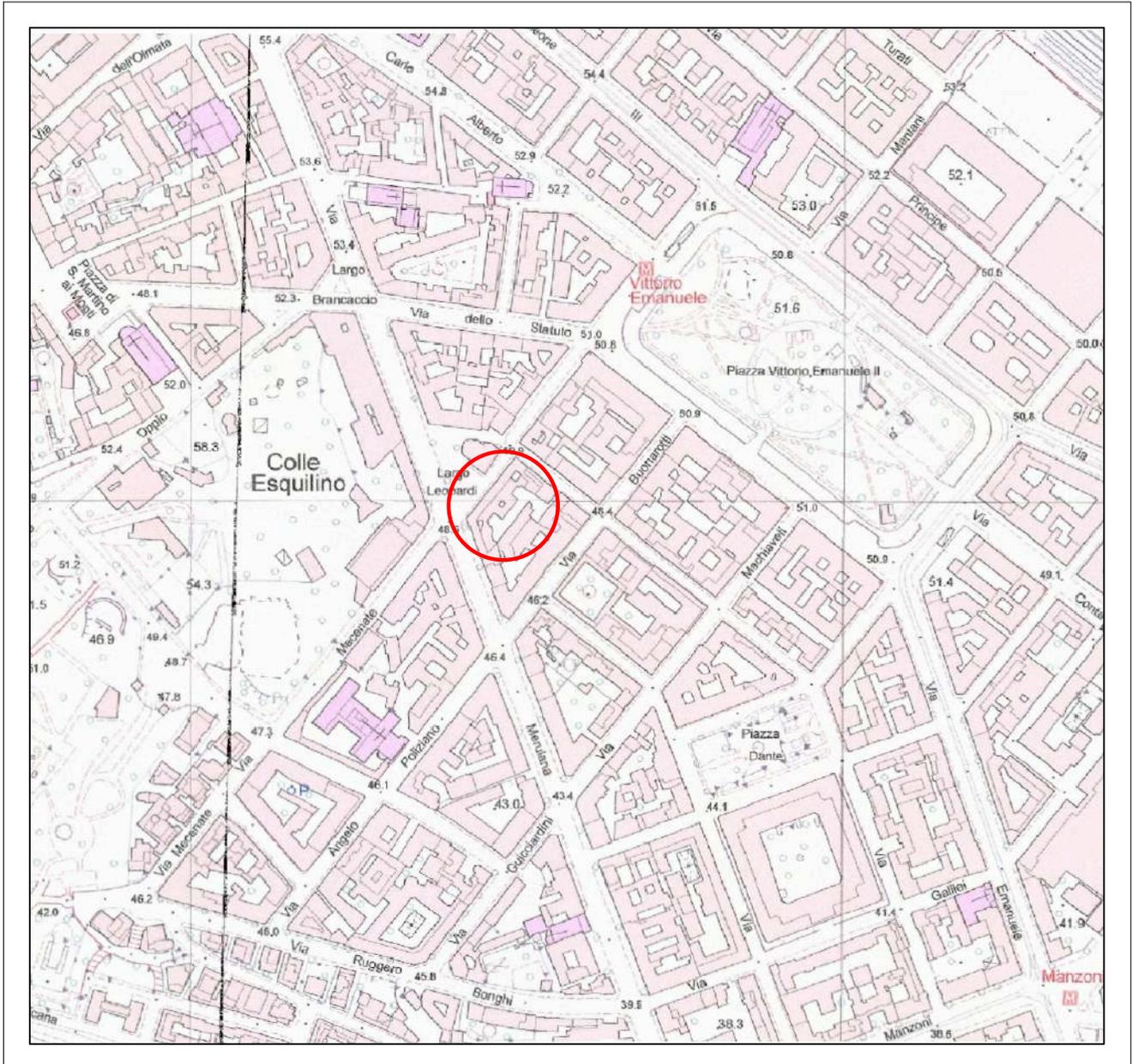
Scala 1:25.000

FIG. 1
UBICAZIONE DELL'AREA



AREA IN ESAME





Scala 1:5.000

FIG. 2
UBICAZIONE DELL'AREA DELL'EDIFICIO DELL'AGENZIA DELLE ENTRATE

 AREA D'INGOMBRO DELL'EDIFICIO DELL'AGENZIA DELLE ENTRATE



*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

I risultati delle indagini geologiche e geognostiche hanno infine consentito di proporre un modello geotecnico con la relativa parametrizzazione fisico-meccanica dei terreni, sulla cui base è possibile effettuare le verifiche ed i calcoli fondali agli SLU e agli SLE.

***La presente relazione è stata redatta in base alla seguente normativa:
D.M. 11/03/88 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”***

D.P.R. 380/01 “Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia”

D.G.R. Lazio 766/03 “Riclassificazione sismica del territorio della Regione Lazio”

D.M. II.TT. 04/02/08 - Circolare 2 febbraio 2009 , n. 617 Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.

§ 2) INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area in esame fa parte di una vastissima zona di affioramento di depositi piroclastici pleistocenici provenienti dai distretti vulcanici sabatino ed albano.

Nella fig. 3 è riportata la carta geologica regionale in scala 1:50.000 nella quale si nota come l'area d'intervento è costituita da tufi stratificati, cioè da una successione di alternanze di piroclastiti primarie cineritico-lapillose e di scorie grigie e pomice di ricaduta e livelli vulcanoclastici rimaneggiati con orizzonti pedogenizzati.

Dal rilevamento di superficie, effettuato in data 09 – 10 settembre 2015, è stata costruita la carta geologica di dettaglio in scala 1:5.000 riportata in fig. 4.

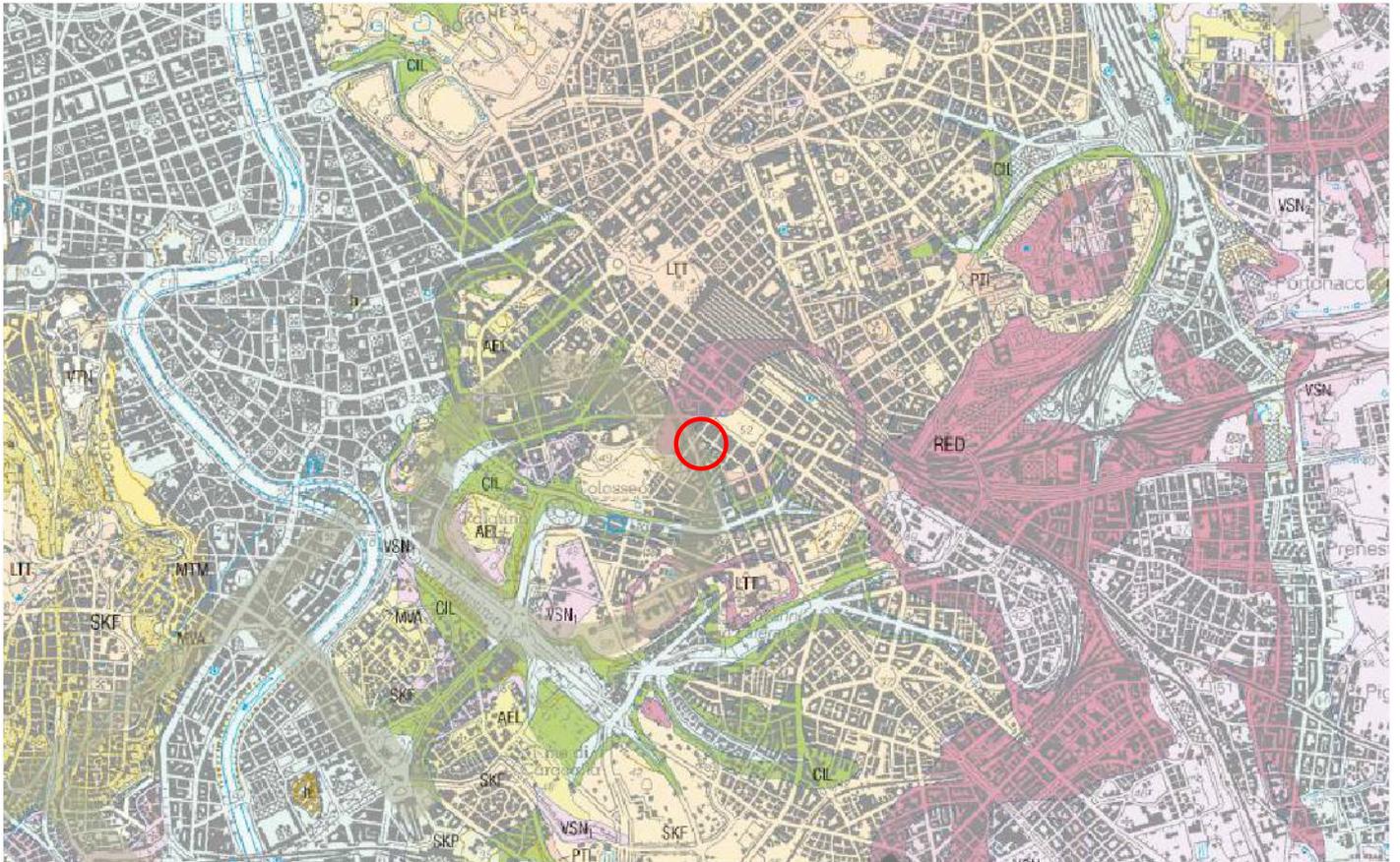
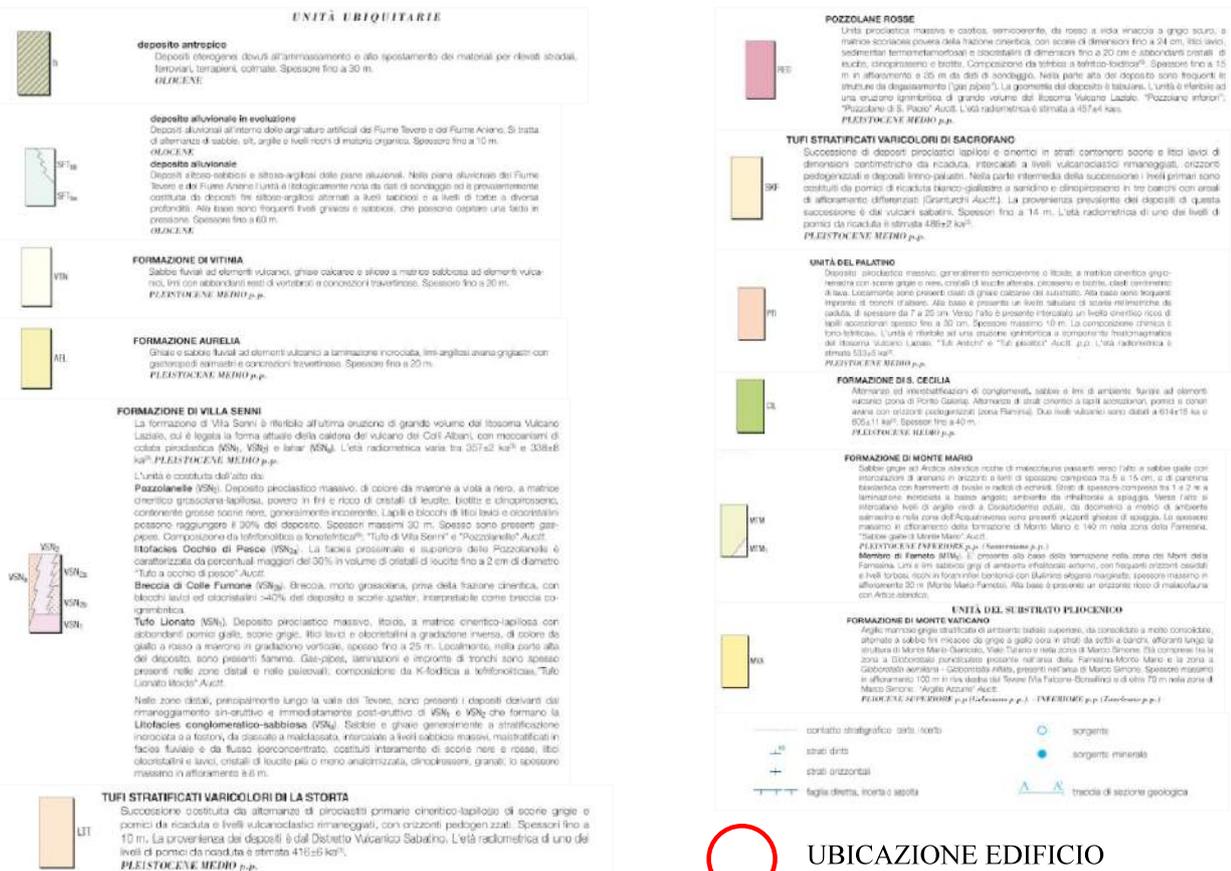
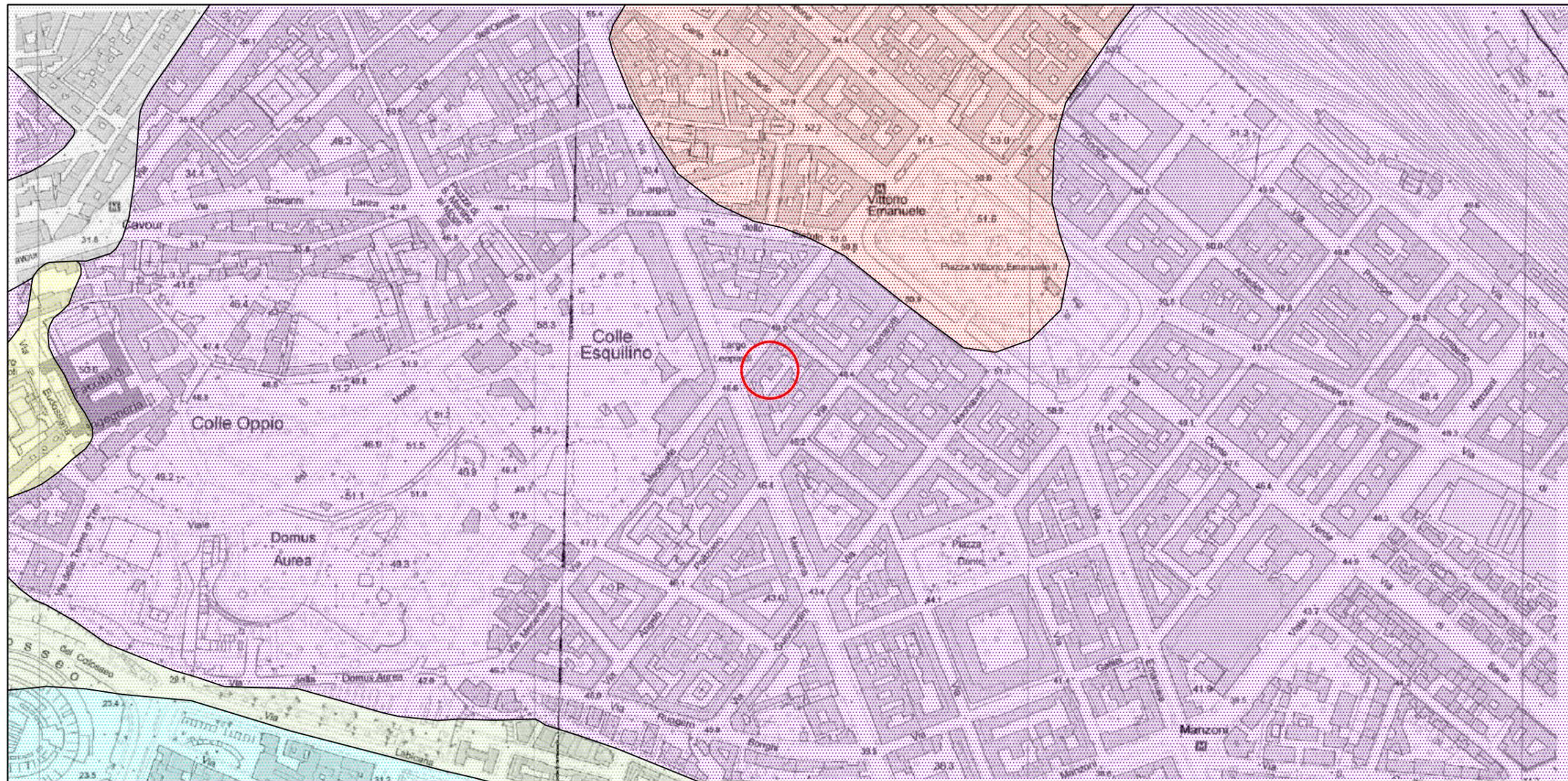


FIG. 3
INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

Scala 1:50.000





Scala 1:5.000

FIG. 4
CARTA GEOLOGICA DI DETTAGLIO

- DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI E ATTUALI - (OLOCENE)
 - COLATE PIROCLASTICHE IN GENERE MASSIVE, COSTITUITE DA SCORIE, POMICI E LITICI LAVICI - (PLEISTOCENE MEDIO)
 - IGNIMBRITI DI COLORI DAL GRIGIO AL ROSSO FORMATE DA SCORIE GRIGIASTRE (TUFI) - (PLEISTOCENE MEDIO)
 - UNITA' DI SAN PAOLO: DEPOSITI FLUVIO-LACUSTRI PREVALENTEMENTE ARGILLO-SABBIOSI - (PLEISTOCENE MEDIO)
 - UNITA' DELLE POZZOLANE ROSSE: COLATE PIROCLASTICHE DEL DISTRETTO VULCANICO ALBANO CON ALLA BASE LAPILLI DI RICADUTA - (PLEISTOCENE MEDIO)
 - TUFII STRATIFICATI DEL COMPLESSO DELLE VULCANITI DEI DISTRETTI SABATINO E ALBANO: PIROCLASTITI DI RICADUTA COSTITUITE DA ALTERNANZE DI LIVELLI CINERITICI, POMICEI O SCORIAI - (PLEISTOCENE MEDIO)
- AREA IN ESAME



*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

Essa conferma sostanzialmente la litologia riportata nella cartografia geologica regionale, in quanto l'area in esame è costituita da tufi stratificati del complesso delle vulcaniti dei distretti sabatino ed albano, costituiti da piroclastiti di ricaduta formate prevalentemente da alternanze di livelli cineritici, pomicei o scoriacei.

L'intensa antropizzazione dell'area urbana, sia attuale che storica, rende difficile in taluni casi riportare con esattezza i contatti geologici tra le varie formazioni, tuttavia non c'è alcun dubbio sulla natura piroclastica del sottosuolo, costituita dai tufi stratificati delle vulcaniti dei distretti sabino ed albano.

Essi sono sormontati, in direzione nord rispetto all'area d'intervento, dall'Unità delle Pozzolane rosse (Pleistocene medio), dovute alle colate piroclastiche del distretto vulcanico albano e in direzione sud-ovest dai depositi fluvio-lacustri dell'Unità di San Paolo (Pleistocene medio) e da depositi alluvionali recenti e attuali (Olocene).

L'area investigata è in gran parte ricoperta da depositi antropici della stratificazione storico-urbanistica dell'antica ed attuale città di Roma.

§ 3) GEOMORFOLOGIA

Le fosse per l'installazione degli ascensori in progetto verranno realizzate all'interno di un edificio esistente (il fabbricato dell'Agenzia delle Entrate di Largo Leopardi) posto ad una quota altimetrica di circa mt 46 – 47 slm, in un'area pressoché pianeggiante o con debole pendenza in direzione sud, comunque con acclività talmente irrilevante da non determinare alcun movimento gravitativo attivo o potenziale, tra l'altro su una litologia prevalentemente lapidea.

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

Anche le manifestazioni erosive sono completamente assenti, sia per la mancanza di pendenza del terreno che per la completa impermeabilizzazione dell'area.

La carta geomorfologica di fig. 5 mostra come in tutta l'area in esame siano assenti fenomeni morfogenici di qualunque tipo, tuttavia essa mostra anche come nell'area in esame possano essere presenti cavità o antiche escavazioni in sotterraneo, favorite dalla facilità con cui i tufi vulcanici si possono scavare e dalle loro caratteristiche di autoportanza.

§ 4) IDROGEOLOGIA

Il terreno dove saranno realizzate le fosse per i tre ascensori in progetto può essere classificato come un terreno a permeabilità molto variabile a seconda della litologia locale delle piroclastiti, cioè permeabilità bassa o bassissima dove la litologia è prevalentemente cineritica; permeabilità media dove il terreno è costituito prevalentemente da livelli vulcanoclastici rimaneggiati, da pomici e da lapilli e permeabilità medio-alta per fatturazione dove i depositi piroclastici sono prevalentemente litoidi fratturati.

Nella fig. 6 è riportata la carta idrogeologica dove è rappresentata in campitura con colori diversi la permeabilità delle varie zone.

Nell'area d'intervento la isopiezometrica è di poco superiore a mt 15 slm, pertanto essendo posto il fabbricato in esame ad una quota di circa mt 46 – 47 slm, la falda non dovrebbe soggiacere prima di 31 – 32 metri di profondità dal piano campagna.

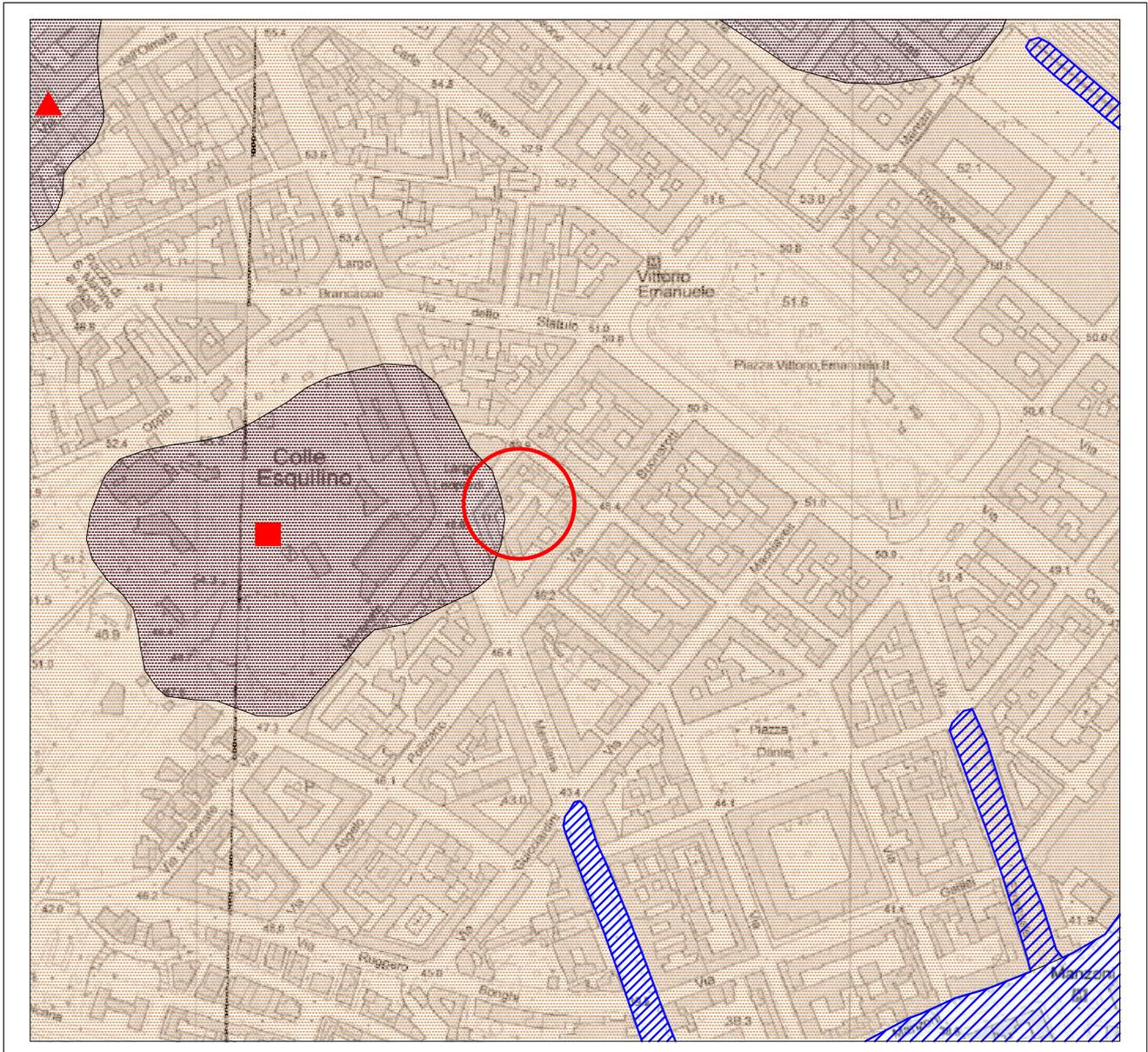


FIG. 5
CARTA GEOMORFOLOGICA

Scala 1:5.000

-  CUNICOLI E/O CAVITA' ISOLATE

 CAVE IN SOTTERRANEO DI MATERIALI DA COSTRUZIONI. GRUPPI DI CAVITA' ISOLATE
-  AREA DELL' EDIFICIO DELL'AGENZIA DELLE ENTRATE

 AREA INTERESSATA DA ALLAGAMENTI E DISSESTI CONNESSI SULLA BASE DELLE RILEVAZIONI DEGLI UFFICI TECNICI MUNICIPALI (COMUNE DI ROMA - UFFICIO EXTRADIPARTIMENTALE DI PROTEZIONE CIVILE, 2006 IN FASE DI AGGIORNAMENTO).

PROBABILITA' DI ESISTENZA DI CAVITA' SOTTERRANEE ARTIFICIALI (ANTICHE E RECENTI)

IN TERRENI VULCANICI (TUFI E POZZOLANE)

CRITERI DI DELIMITAZIONE DELLE AREE

-  LE INDICAZIONI DIRETTE E INDIRECTE E LE VALUTAZIONI DI CARATTERE GEOLOGICO-TECNICO FANNO RITENERE MOLTO PROBABILE CHE IN PASSATO QUESTE SIANO STATE INTERESSATE IN MODO Pervasivo DA ESCAVAZIONI IN SOTTERRANEO
-  LE INDICAZIONI DI CARATTERE GEOLOGICO-TECNICO FANNO RITENERE PROBABILE CHE IN PASSATO QUESTE SIANO STATE INTERESSATE IN MODO DISCONTINUO DA ESCAVAZIONI IN SOTTERRANEO



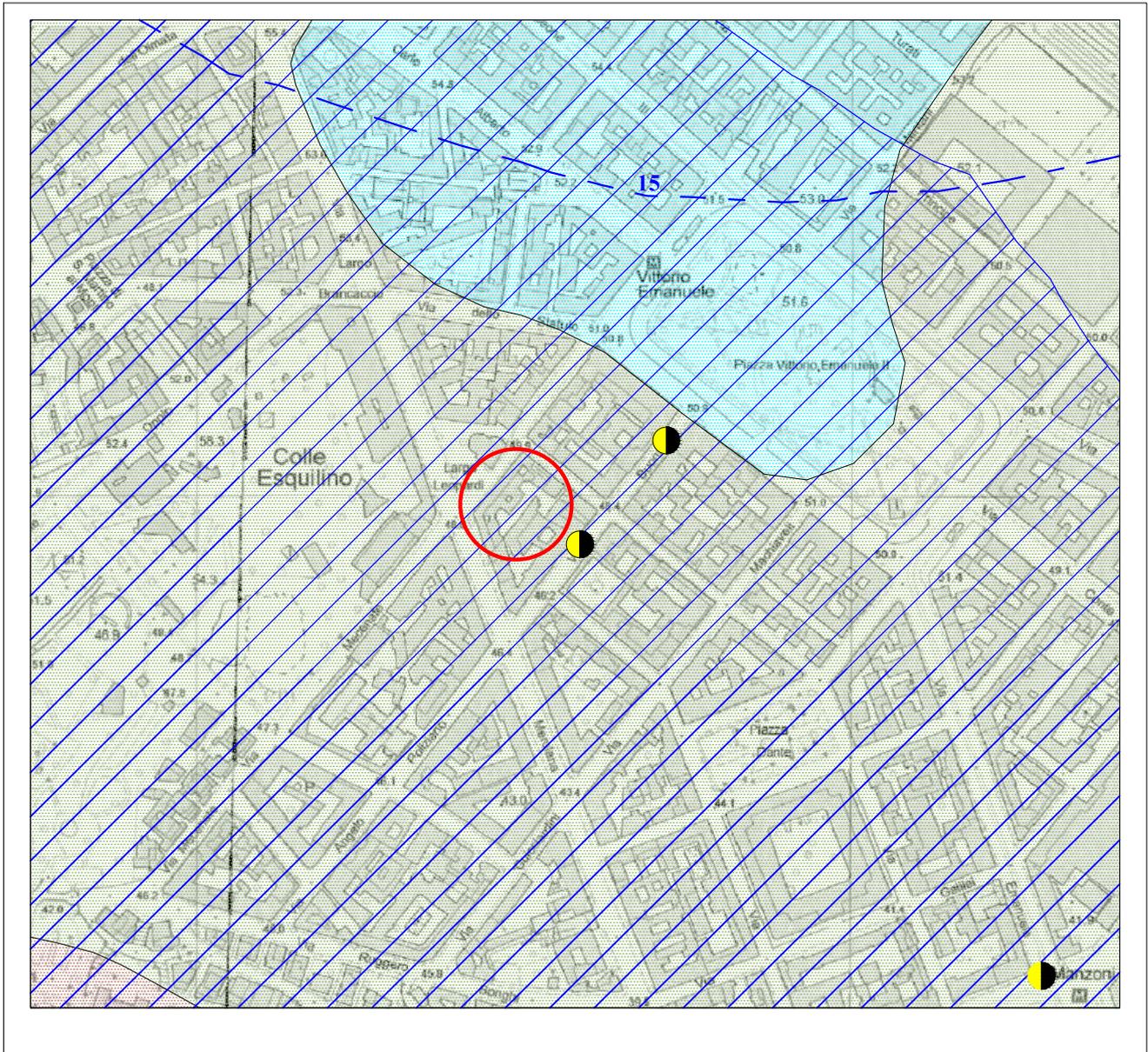


FIG. 6
CARTA IDROGEOLOGICA

Scala 1:5.000

-  POZZO GIÀ IN CONCESSIONE DETERMINATA (AUTORITA' DEL BACINO DEL FIUME TEVERE - AUTORITA' DEI BACINI REGIONALI - UNIVERSITA' DEGLI STUDI ROMATRE)
-  AREA DELL'EDIFICIO DELL'AGENZIA DELLE ENTRATE
-  ISOPIEZOMETRICA IN METRI s.l.m. DEGLI ACQUIFERI DEI DEPOSITI DEI DISTRETTI VULCANICI DEI COLLI ALBANI E DEI MONTI SABATINI (AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME TEVERE - AUTORITA' DEI BACINI REGIONALI - UNIVERSITA' DEGLI STUDI ROMA TRE - PIANO STRALCIO DELL'USO COMPATIBILE DELLA RISORSA IDRICA, PUC 2002)
-  AREA D'ATTENZIONE RISPETTO ALL'EMUNGIMENTO DELLA RISORSA IDRICA SOTTERRANEA CON TENDENZA A UN DEPAUPERAMENTO QUANTITATIVO MENO RILEVANTE (AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME TEVERE - AUTORITA' DEI BACINI REGIONALI - UNIVERSITA' DEGLI STUDI ROMA TRE, PIANO STRALCIO DELL'USO COMPATIBILE DELLA RISORSA IDRICA, PUC)
- DEPOSITI VULCANICI**
-  DEPOSITI PIROCLASTICI DEL DISTRETTO VULCANICO SABATINO. PERMEABILITA' 1) BASSISSIMA O BASSA PER POROSITA' (CINERITI, DEPOSITI LAPILLOSI E SCORIAICI INCOERENTI INTERESSATI DA PROCESSI DI ZEOLIZZAZIONE ORIZZONTI PEDOGENIZZATI E DEPOSITI LACUSTRI); 2) MEDIA (LIVELLI VULCANOCLASTICI RIMANEGGIATI, POMICI, LAPILLI); 3) MEDIO-ALTA PER FRATTURAZIONE (DEPOSITI PIROCLASTICI LITOIDI)
-  DEPOSITI PIROCLASTICI DEL DISTRETTO VULCANICO ALBANO. PERMEABILITA' VARIABILE PER POROSITA' DA MEDIA (CINERITI) A MEDIO-ALTA (DEPOSITI LAPILLOSI E SCORIAICI PREVALENTEMENTE INCOERENTI)
- DEPOSITI MARINI, DELTIZI E COSTIERI**
-  DEPOSITI DELL'UNITA' DI SAN PAOLO. PERMEABILITA' PER POROSITA' DA BASSISSIMA (ARGILLE) A MEDIA (SABBIE) AD ELEVATA PER FRATTURAZIONE (PIROCLASTITI LITOIDI)



*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

Infatti durante l'esecuzione delle prove penetrometriche (massima profondità d'esplorazione raggiunta mt 8,60) non è stata rilevata alcuna falda.

A seguito di questa situazione idrogeologica si può escludere che lo scavo per la fossa dei tre ascensori e le relative platee di fondazione interessino la falda e che quest'ultima possa influenzare il bulbo d'incidenza delle opere fondali.

§ 5) INDAGINI GEOGNOSTICHE

Trattandosi di un intervento di volumetria insignificante su un fabbricato esistente in un'area di Tipo A, cioè a bassa pericolosità geologica, per verificare la litologia del terreno e le caratteristiche geotecniche del sottosuolo abbiamo effettuato due prove penetrometriche sulla rampa di accesso ai garages del fabbricato in corrispondenza rispettivamente della scala B e della scala A, così come riportato in fig. 7.

E' necessario notare come le fosse degli ascensori in progetto, essendo poste nel piano seminterrato di un fabbricato esistente avente accessi solo pedonali e una distribuzione piuttosto angusta (stretti corridoi, porte, scale, ecc..), non sono raggiungibili con alcun mezzo meccanico, pertanto le prove penetrometriche sono state realizzate più vicine possibile all'area d'intervento.

Inoltre le prove penetrometriche sono risultate l'unico mezzo d'indagine geognostico possibile, non potendo in alcun modo realizzare sondaggi geognostici o saggi con escavatore meccanico, perché l'unico accesso disponibile ha una larghezza utile di circa mt 2,00, che pertanto non consente l'accesso e la manovra di sonde e attrezzature pesanti (vedi anche fig. 7).

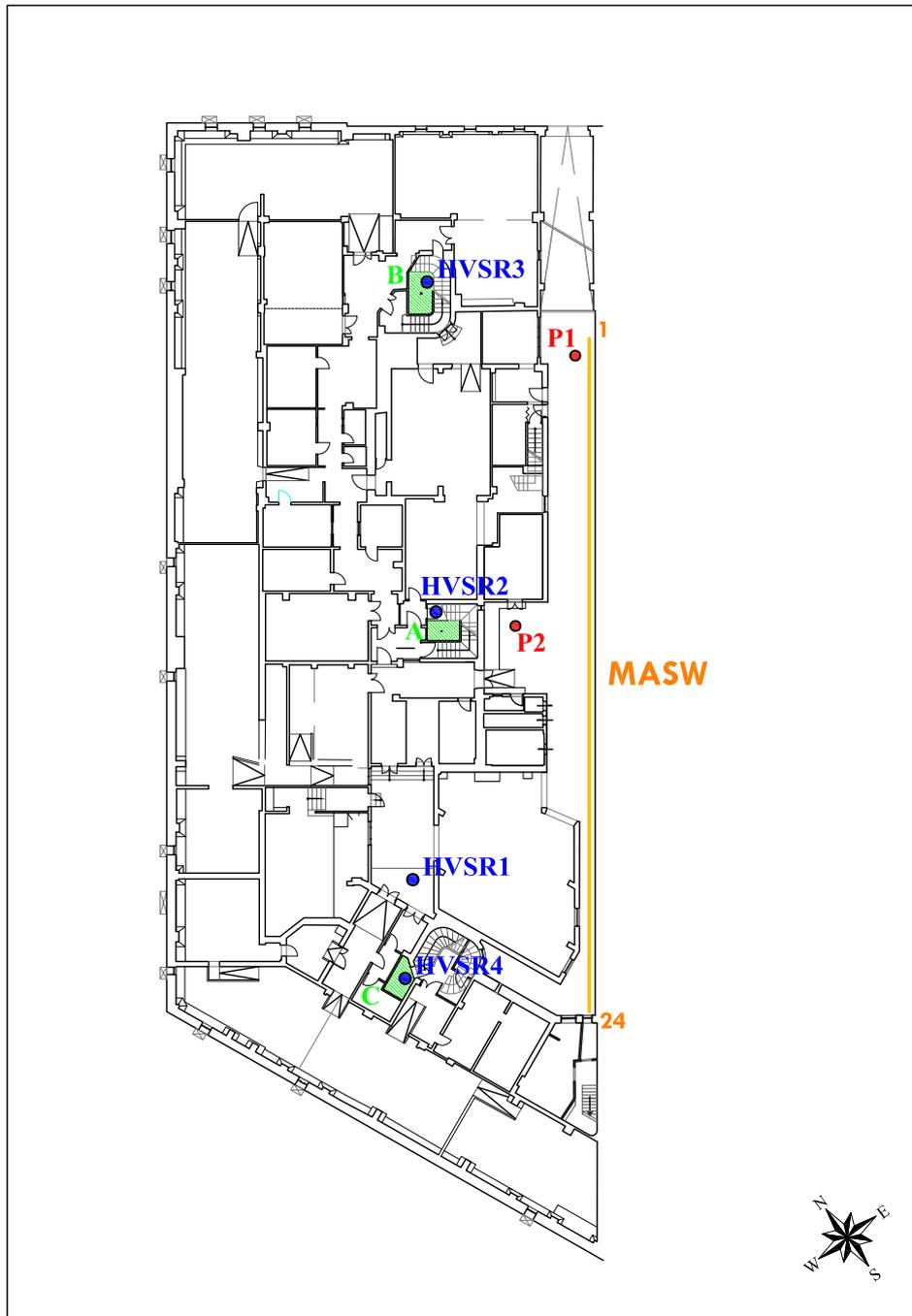


FIG. 7

Scala 1:500

UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

- **P1**
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA E RELATIVO NUMERO DI RIFERIMENTO
- MASW
1 ————— 24
STENDIMENTO DI SISMICA DI TIPO MASW
- **HVSR1**
PUNTO DI MISURA HVSR E RELATIVO NUMERO DI RIFERIMENTO
- C**
VANO ASCENSORE IN PROGETTO E RELATIVA LETTERA DI RIFERIMENTO

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

In ogni caso la Soprintendenza per i Beni Archeologici di Roma non avrebbe concesso alcuna autorizzazione a procedere con mezzi d'indagine invasivi.

5.1) Le prove penetrometriche

Le prove penetrometriche sono state eseguite con un penetrometro statico-dinamico Pagani TG 63 avente (con le modalità dinamiche) le seguenti caratteristiche:

- massa battente (M) 63,50 Kg
- altezza di caduta (h) 75 cm
- area della punta (A) 20,43 cmq
- angolo al vertice della punta 90°
- peso delle aste (P) 6,31 Kg/metro

E' stato misurato il numero di colpi (N) necessari per infiggere nel terreno le aste di 20 in 20 centimetri, procedendo nell'infissione senza rivestimento essendo trascurabile l'attrito laterale, in quanto la sezione della punta è maggiore di quella delle aste (durante le prove le aste si sono mantenute costantemente libere).

I risultati sono riportati in diagrammi numerici aventi in ordinate la profondità e in ascisse il numero di colpi, nonché l'elaborazione della resistenza dinamica alla punta sempre in rapporto alla profondità (vedi i grafici nell'allegato 1).

5.2) Esame dei risultati

L'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche è basata, quale che sia il procedimento seguito, sul numero di colpi (N) necessari all'infissione delle aste di 20 in 20 centimetri, oltre all'indispensabile e preventiva conoscenza geologica del sito in esame.

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

L'andamento del diagramma, unitamente al numero di colpi (N) che lo determina, consente di ricostruire una stratigrafia indiretta dello spessore attraversato, che viene di seguito riportata per ciascuna prova:

PROVA 1

da mt 0,00 a mt 0,34	pavimentazione della rampa e massetto di cemento;
da mt 0,34 a mt 3,00	terreno di riporto recente costituito da sabbie limose marroni scure scarsamente resistenti;
da mt 3,00 a mt 6,60	terreno di riporto di origine antropica mediamente consistente e con inclusi lapidei, probabilmente dell'antica stratificazione storica;
da mt 6,60 a mt 8,00	tufi stratificati ben resistenti o terreno antropico consistente dell'antica stratificazione storica;
da mt 8,00 a mt 8,20 e oltre	elementi lapidei indeformabili (muratura o piroclastiti molto resistenti).

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani***PROVA 2**

da mt 0,00 a mt 0,60	pavimentazione e cemento armato di fondazione;
da mt 0,60 a mt 2,20	terreno di riporto recente costituito da sabbie limose marroni scure scarsamente resistenti;
da mt 2,20 a mt 4,80	terreno antropico dell'antica stratificazione storica poco consistente;
da mt 4,80 a mt 6,80	tufi stratificati ben resistenti o terreno antropico consistente dell'antica stratificazione storica;
da mt 6,80 a mt 8,00	cavità;
da mt 8,00 a mt 8,40	terreno franato incoerente al piede della cavità;
da mt 8,40 a mt 8,60 e oltre	elementi lapidei indeformabili (muratura o piroclastiti molto resistenti).

5.3) Interpretazione dei risultati

Sempre in funzione del numero di colpi (N) necessari per infiggere nel terreno le aste di 20 in 20 centimetri, è stato possibile calcolare la resistenza dinamica alla punta (Rpd); essa rappresenta un parametro caratteristico dello stato di addensamento di un terreno incoerente e della consistenza di un terreno coesivo.

La Rpd è direttamente ricavabile dalla seguente formula:

$$Rpd = \frac{M^2 \cdot h}{A \cdot e \cdot (M + nP)}$$

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

Nel penetrometro dinamico Pagani TG 63 si ha:

- M = 63,50 (Kg)
- h = 75 (cm)
- A = 20,43 (cmq)
- e = 20/numero di colpi per ogni approfondimento di cm 20
- P = 6,31 (Kg/metro)
- n = numero delle aste infisse

§ 6) INDAGINI GEOFISICHE

Trattandosi di un piccolo intervento in un'area di Tipo A cioè a bassa pericolosità geologica, abbiamo realizzato un'apposita indagine sismica con due tipologie d'indagine, cioè con 4 punti HVSR (ciascuno in corrispondenza dei tre ascensori in progetto, oltre ad un secondo punto nei pressi della scala C, dove non è stato possibile l'accesso a prove geotecniche) e un'indagine tipo MASW.

Nella fig. 7 sono riportate anche le ubicazioni delle 4 prove HVSR e dello stendimento MASW.

6.1) Caratterizzazione sismica con microtremiti - HVSR o Nakamura

Il metodo dei rapporti spettrali H/V (rapporto fra gli spettri di ampiezza delle componenti orizzontali rispetto a quelle verticali del moto del suolo) o metodo di Nakamura (Nakamura, 1989) è stato utilizzato per stimare le frequenze di risonanza del sito in esame se presenti.

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

Esso è stato applicato in diversi campi d'indagine, quali la zonazione sismica in aree urbane (Lachet et al., 1996), lo studio dei bacini sedimentari (Al Yuncha & Luzon, 2000) e lo studio delle frequenze di risonanza delle strutture abitative (Mucciarelli & Monachesi, 1998; Mucciarelli et al., 2001; Nakamura et al., 2000).

L'ampio uso di tale metodologia ha evidenziato nelle diverse applicazioni numerosi punti di dibattito nell'ambito della comunità scientifica.

L'aspetto comune che può essere dedotto dai lavori presenti in letteratura è che la tecnica di Nakamura è in grado di stimare la frequenza di risonanza del sito in esame ma non è affidabile per la stima assoluta dell'amplificazione del moto del suolo (Mucciarelli et al., 2001).

Inoltre i numerosi lavori riguardanti l'applicazione del metodo H/V offrono spiegazioni non univoche circa alcune importanti assunzioni del metodo, quali la composizione del campo d'onda analizzato, le condizioni di registrazione del rumore sismico e la procedura di "pre - processing" dei dati di rumore.

Per l'utilizzo di tale metodo si assume che gli strati soffici siano piani e paralleli e che la componente verticale del moto non subisca amplificazioni all'interfaccia substrato sismico – strato soffice.

6.2) Strumentazione per microtremori

I dati sono stati acquisiti tramite un geofono tridimensionale a 4,5 Hz scegliendo 4 postazioni di misura all'interno del fabbricato da analizzare e misurando per ognuna di esse i microtremori per un tempo di circa 20 minuti.

Dopo aver posizionato il geofono tridimensionale in piano e allineato i suoi assi orizzontali con le direzioni nord-sud e est-ovest, abbiamo scelto come tempo di campionamento 2 msec ovvero una frequenza di campionamento di 500 Hz.

La durata di ciascuna registrazione è stata di circa 21,8 minuti acquisendo così circa 655.360 campioni.

6.3) Elaborazione dei dati microtremori - HVSR

I sismogrammi ottenuti sono stati opportunamente elaborati con il software WinMasw Academy 7.0 distribuito dalla ditta Eliosoft.

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

In particolare, dopo una visione generale delle registrazioni, sono state scelte le finestre temporali sulle quali eseguire i rapporti H/V.

E' stato scelto di usare finestre temporali fisse con t di 30 secondi dopo aver rimosso i possibili rumori antropici locali in modo da captare frequenze di risonanza minime dell'ordine di 0,5 Hz (se esistenti).

Inoltre il software è stato settato in modo da evitare fenomeni di triggering sul dato di campagna e ottenere uno smoothing triangolare dal 5% - 15% dei risultati finali.

Nella tabella seguente sono indicati i parametri derivati dalle misure H/V eseguite nelle aree oggetto d'intervento.

Tipo	f0 (Hz)	A0 (H/V)	Classe
HVSR1	17,9	2,5	B1
HVSR2	21,6	3,4	B1
HVSR3	23,3	3,3	B1
HVSR4	23	3,3	B1

HVSR1: l'indagine mette in luce picchi multipli di difficile interpretazione stratigrafica, soprattutto sopra i 10 Hz di frequenza. Il picco principale a 17,9 Hz crediamo sia dovuto ad un repentino cambiamento litologico abbastanza superficiale intorno ai 3 metri. Interessanti sono anche i picchi a circa 12 Hz e circa 15 Hz indicanti una stratificazione abbastanza risonante sotto il sensore.

L'attendibilità della misura viene meno sotto i 2 Hz dove il rapporto H/V pare poco stabile e con intervallo di confidenza molto ampio verso le frequenze più basse.

L'elaborazione è riportata nelle figure 8 e 9.

HVSR2: l'indagine mette in luce picchi multipli soprattutto sopra i 20 Hz di frequenza. Il picco principale a 21,6 Hz crediamo sia dovuto ad un repentino cambiamento litologico abbastanza superficiale intorno ai 2,5 metri.

Interessanti i picchi a 1 Hz e 2 Hz che mettono in luce, molto probabilmente, il passaggio tra il substrato e le coperture successive (ivi incluse le stratificazioni dell'antropizzazione archeologica).

L'elaborazione è riportata nelle figure 10 e 11.

HVSR1

DATE 16.04.2015	HOUR	PLACE
OPERATOR Geologica Toscana - Prospezioni Geofisiche S.n.c.		GPS TYPE and #
WGS84-UTM33N LATITUDE	WGS84-UTM33N LONGITUDE	ALTITUDE
STATION TYPE PASI 16SG24-N	SENSOR TYPE SENSHE 3D - 4,5 Hz	
STATION #	SENSOR #	DISK #
FILE NAME hvsr1-ag_SAF		POINT #
GAIN	SAMPL. FREQ 500 Hz	REC. DURATION 27 min 18,4 sec minutes seconds
WEATHER	WIND <input checked="" type="checkbox"/> none <input type="checkbox"/> weak (5m/s) <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> strong Measurement (if any): _____	
CONDITIONS	RAIN <input checked="" type="checkbox"/> none <input type="checkbox"/> weak <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> strong Measurement (if any): _____	
Temperature (approx): _____ Remarks _____		
GROUND	<input type="checkbox"/> earth (<input type="checkbox"/> hard <input type="checkbox"/> soft) <input type="checkbox"/> gravel <input type="checkbox"/> sand <input type="checkbox"/> rock <input type="checkbox"/> grass = (<input type="checkbox"/> short <input type="checkbox"/> tall)	
TYPE	<input type="checkbox"/> asphalt <input checked="" type="checkbox"/> cement <input type="checkbox"/> concrete <input type="checkbox"/> paved <input type="checkbox"/> other _____	
<input type="checkbox"/> dry soil <input type="checkbox"/> wet soil Remarks _____		
ARTIFICIAL GROUND-SENSOR COUPLING <input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> yes, type Pressione		
BUILDING DENSITY <input type="checkbox"/> none <input type="checkbox"/> scattered <input checked="" type="checkbox"/> dense <input type="checkbox"/> other, type _____		
TRANSIENTS	MONOCHROMATIC NOISE SOURCES (factories, works, pumps, rivers...) <input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> yes, type Attività antropiche	
cars	none	few
trucks	moderate	many
pedestrians	very dense	distance
other		
NEARBY STRUCTURES (description, height, distance) (trees, polls, buildings, bridges, underground structures...) Fabbricati		
OBSERVATIONS	FREQUENCY: _____ Hz (if computed in the field)	



Qualità della misura:

- Durata: rispettata
- Stazionarietà: rispettata
- Isotropia: rispettata
- Assenza di disturbi: non rispettata
- Plausibilità fisica: rispettata
- Robustezza statistica: rispettata

MISURA TIPO B1

HVSR1

Peak frequency (Hz): 17.9 (±7.1)

Peak HVSR value: 2.5 (±0.3)

==== Criteria for a reliable H/V curve =====

- #1. [f0 > 10/Lw]: 17.915 > 0.33333 (OK)
- #2. [nc > 200]: 40846 > 200 (OK)
- #3. [f0 > 0.5Hz; sigmaA(f) < 2 for 0.5f0 < f < 2f0] (OK)

==== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

- #1. [exists f- in the range [f0/4, f0] | AH/V(f-) < A0/2]: yes, at frequency 4.5Hz (OK)
- #2. [exists f+ in the range [f0, 4f0] | AH/V(f+) < A0/2]: yes, at frequency 19.4Hz (OK)
- #3. [A0 > 2]: 2.5 > 2 (OK)
- #4. [fpeak[Ah/v(f) ± sigmaA(f)] = f0 ± 5%]: (OK)
- #5. [sigmaf < epsilon(f0)]: 7.119 > 0.896 (NO)
- #6. [sigmaA(f0) < theta(f0)]: 0.327 < 1.58 (OK)

FIG. 8

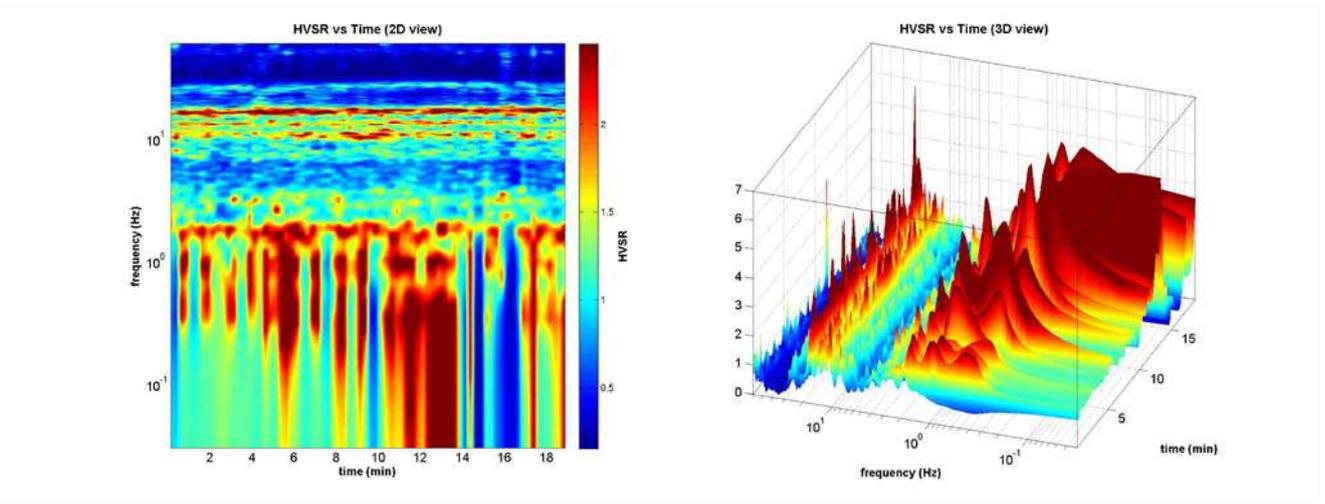
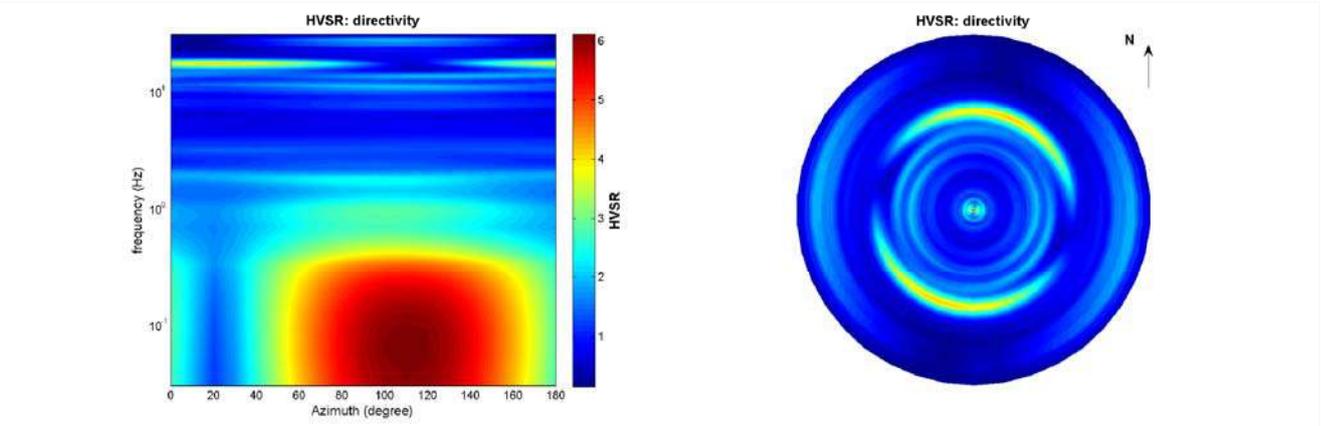
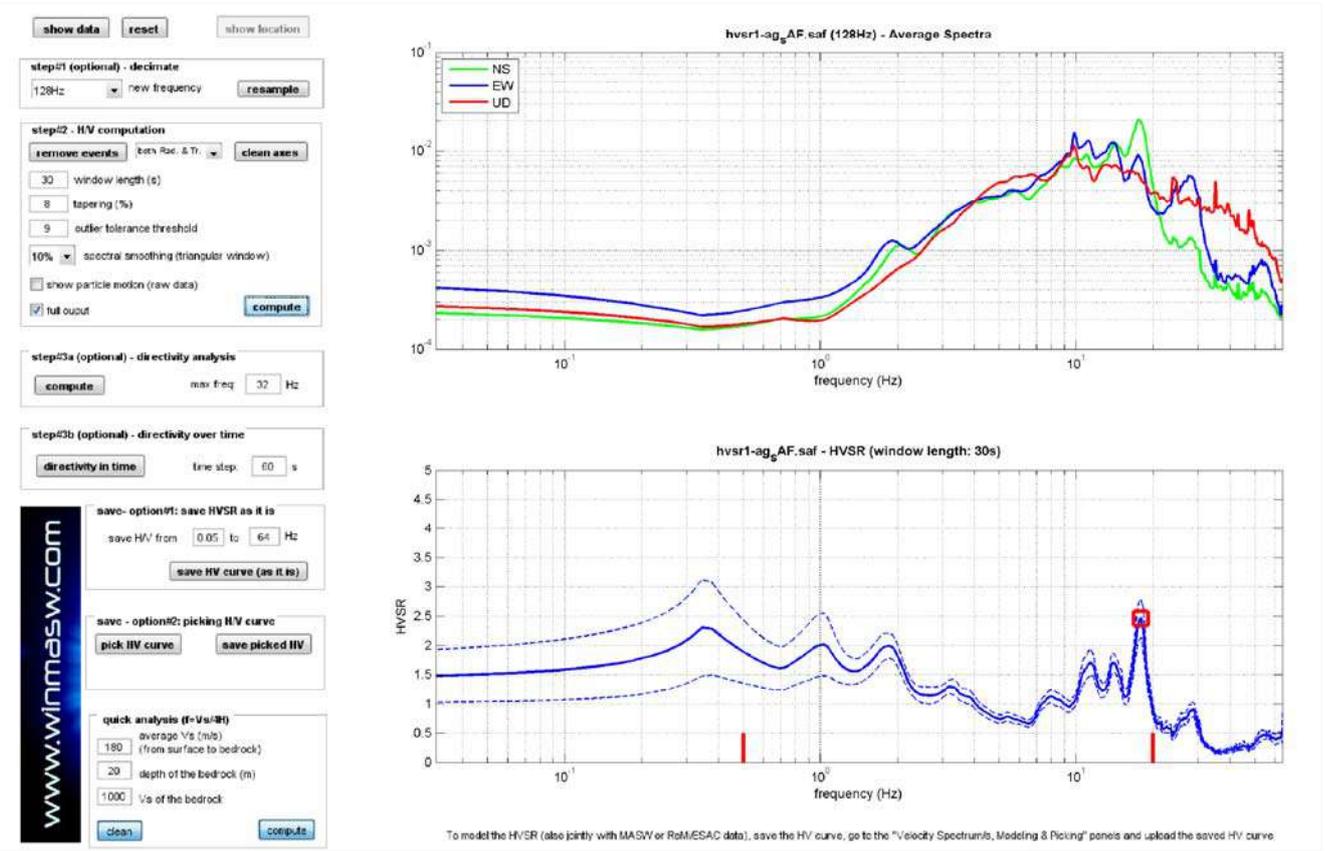


FIG. 9

HVSr2

DATE 16.04.2015		HOUR	PLACE																																				
OPERATOR Geologica Toscana - Prospezioni Geofisiche S.n.c.		GPS TYPE and #																																					
WGS84-UTM33N LATITUDE	WGS84-UTM33N LONGITUDE	ALTITUDE																																					
STATION TYPE PASI 16SG24-N	SENSOR TYPE SENSHE 3D - 4,5 Hz																																						
STATION #	SENSOR #	DISK #																																					
FILE NAME hvsr2-ag_SAF		POINT #																																					
GAIN	SAMPL. FREQ 500 Hz	REC. DURATION 27 min 18,4 sec	minutes seconds																																				
WEATHER	WIND <input checked="" type="checkbox"/> none <input type="checkbox"/> weak (5m/s) <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> strong	Measurement (if any): _____																																					
CONDITIONS	RAIN <input checked="" type="checkbox"/> none <input type="checkbox"/> weak <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> strong	Measurement (if any): _____																																					
Temperature (approx): _____ Remarks _____																																							
GROUND	<input type="checkbox"/> earth (<input type="checkbox"/> hard <input type="checkbox"/> soft) <input type="checkbox"/> gravel <input type="checkbox"/> sand <input type="checkbox"/> rock <input type="checkbox"/> grass = (<input type="checkbox"/> short <input type="checkbox"/> tall)																																						
TYPE	<input type="checkbox"/> asphalt <input checked="" type="checkbox"/> cement <input type="checkbox"/> concrete <input type="checkbox"/> paved <input type="checkbox"/> other _____																																						
<input type="checkbox"/> dry soil <input type="checkbox"/> wet soil Remarks _____																																							
ARTIFICIAL GROUND-SENSOR COUPLING <input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> yes, type Pressione																																							
BUILDING DENSITY <input type="checkbox"/> none <input type="checkbox"/> scattered <input checked="" type="checkbox"/> dense <input type="checkbox"/> other, type _____																																							
TRANSIENTS	<table border="1" style="font-size: small;"> <thead> <tr> <th></th> <th>none</th> <th>few</th> <th>moderate</th> <th>many</th> <th>very dense</th> <th>distance</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>cars</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>trucks</td> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>pedestrians</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>other</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		none	few	moderate	many	very dense	distance	cars				<input checked="" type="checkbox"/>			trucks		<input checked="" type="checkbox"/>					pedestrians	<input checked="" type="checkbox"/>						other							MONOCHROMATIC NOISE SOURCES (factories, works, pumps, rivers...) <input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> yes, type Attività antropiche		
	none	few	moderate	many	very dense	distance																																	
cars				<input checked="" type="checkbox"/>																																			
trucks		<input checked="" type="checkbox"/>																																					
pedestrians	<input checked="" type="checkbox"/>																																						
other																																							
NEARBY STRUCTURES (description, height, distance) (trees, polls, buildings, bridges, underground structures...) Fabbricati																																							
OBSERVATIONS		FREQUENCY: _____ Hz (if computed in the field)																																					



Qualità della misura:

- Durata: rispettata
- Stazionarietà: rispettata
- Isotropia: rispettata
- Assenza di disturbi: non rispettata
- Plausibilità fisica: rispettata
- Robustezza statistica: rispettata

MISURA TIPO B1

HVSr2

Peak frequency (Hz): 21.6 (±6.0)

Peak HVSr value: 3.4 (±0.4)

==== Criteria for a reliable H/V curve =====

- #1. [f0 > 10/Lw]: 21.604 > 0.33333 (OK)
- #2. [nc > 200]: 47313 > 200 (OK)
- #3. [f0 > 0.5Hz; sigmaA(f) < 2 for 0.5f0 < f < 2f0] (OK)

==== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

- #1. [exists f- in the range [f0/4, f0] | AH/V(f-) < A0/2]: yes, at frequency 5.4Hz (OK)
- #2. [exists f+ in the range [f0, 4f0] | AH/V(f+) < A0/2]: yes, at frequency 22.8Hz (OK)
- #3. [A0 > 2]: 3.4 > 2 (OK)
- #4. [fpeak[Ah/v(f) ± sigmaA(f)] = f0 ± 5%]: (OK)
- #5. [sigmaf < epsilon(f0)]: 5.955 > 1.080 (NO)
- #6. [sigmaA(f0) < theta(f0)]: 0.362 < 1.58 (OK)

FIG. 10

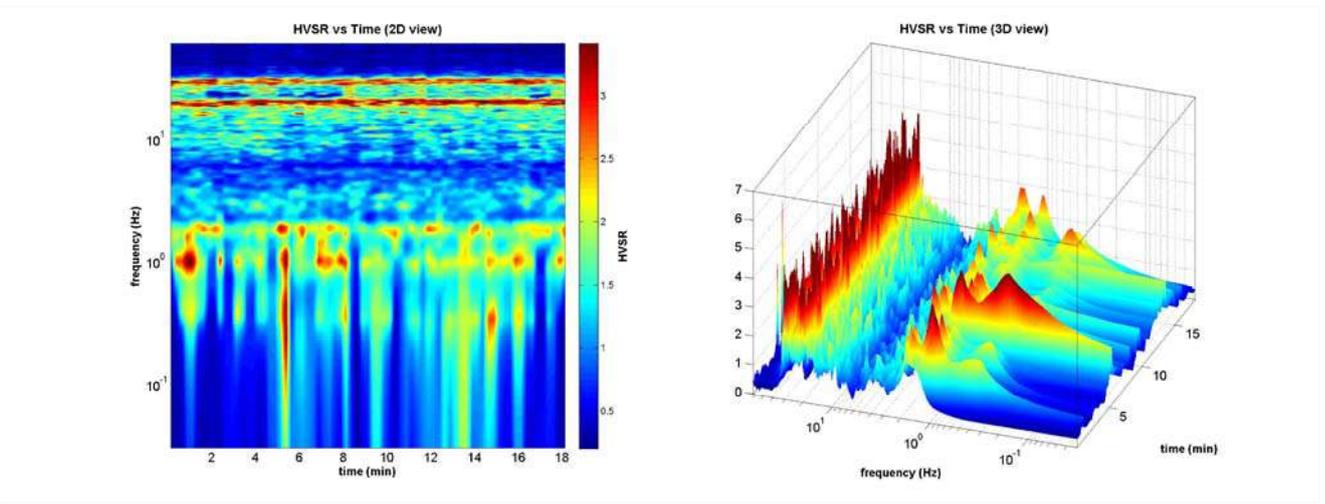
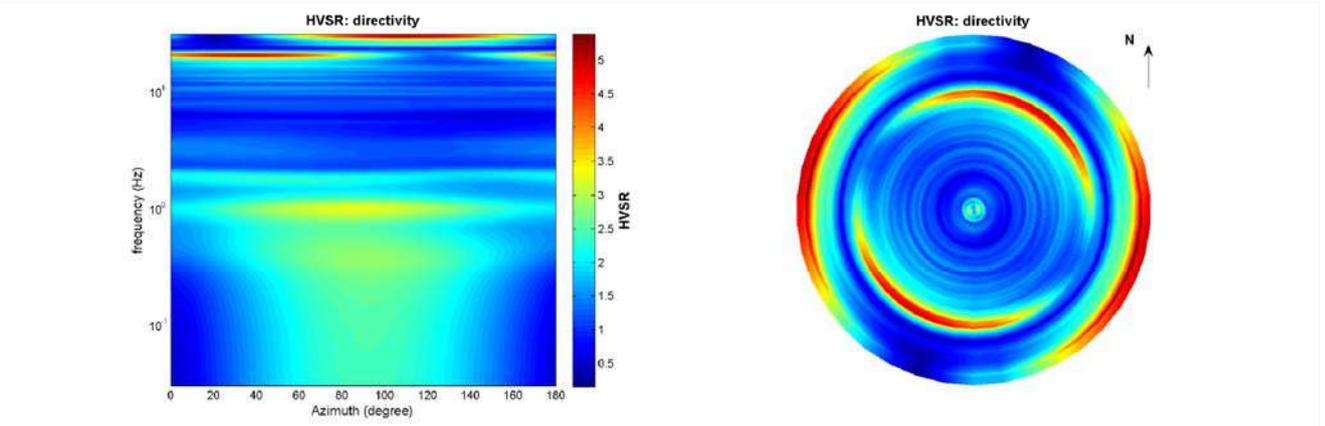
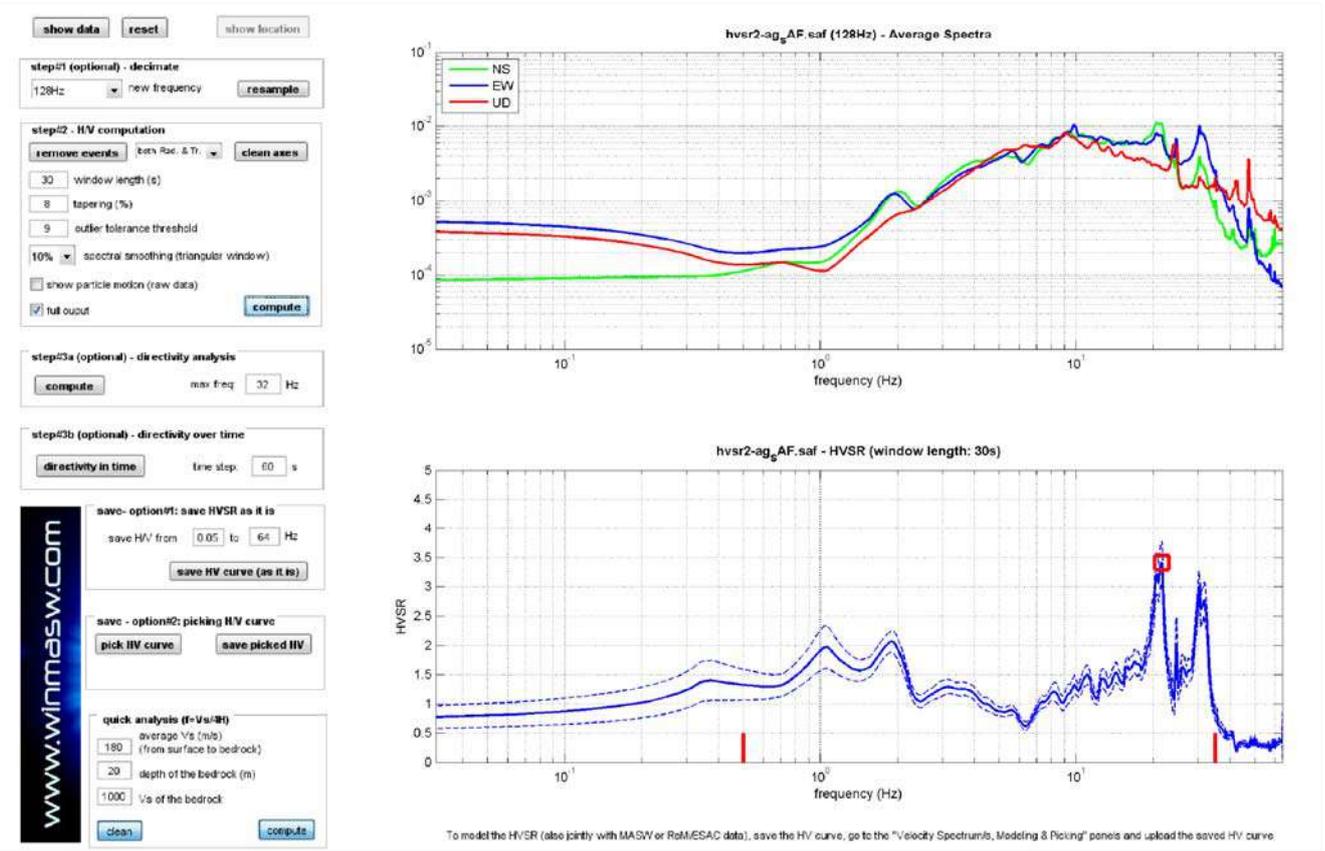
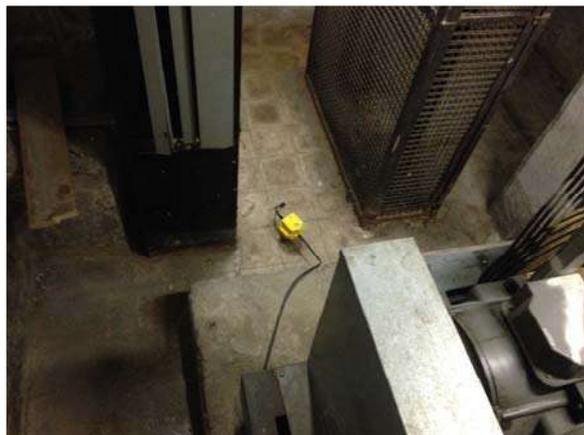


FIG. 11

HVSr3

DATE 16.04.2015		HOUR		PLACE																																				
OPERATOR Geologica Toscana - Prospezioni Geofisiche S.n.c.			GPS TYPE and #																																					
WGS84-UTM33N LATITUDE		WGS84-UTM33N LONGITUDE		ALTITUDE																																				
STATION TYPE PASI 16SG24-N		SENSOR TYPE SENSHE 3D - 4,5 Hz																																						
STATION #		SENSOR #		DISK #																																				
FILE NAME hvsr3-ag_SAF				POINT #																																				
GAIN		SAMPL. FREQ 500 Hz		REC. DURATION 27 min 18,4 sec <small>minutes seconds</small>																																				
WEATHER		WIND <input checked="" type="checkbox"/> none <input type="checkbox"/> weak (5m/s) <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> strong Measurement (if any): _____																																						
CONDITIONS		RAIN <input checked="" type="checkbox"/> none <input type="checkbox"/> weak <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> strong Measurement (if any): _____																																						
		Temperature (approx): _____ Remarks _____																																						
GROUND		<input type="checkbox"/> earth (<input type="checkbox"/> hard <input type="checkbox"/> soft) <input type="checkbox"/> gravel <input type="checkbox"/> sand <input type="checkbox"/> rock <input type="checkbox"/> grass = (<input type="checkbox"/> short <input type="checkbox"/> tall)																																						
TYPE		<input type="checkbox"/> asphalt <input checked="" type="checkbox"/> cement <input type="checkbox"/> concrete <input type="checkbox"/> paved <input type="checkbox"/> other _____ <input type="checkbox"/> dry soil <input type="checkbox"/> wet soil Remarks _____																																						
ARTIFICIAL GROUND-SENSOR COUPLING <input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> yes, type Pressione																																								
BUILDING DENSITY <input type="checkbox"/> none <input type="checkbox"/> scattered <input checked="" type="checkbox"/> dense <input type="checkbox"/> other, type _____																																								
TRANSIENTS		MONOCHROMATIC NOISE SOURCES (factories, works, pumps, rivers...)																																						
		<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> yes, type Attività antropiche																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>none</th> <th>few</th> <th>moderate</th> <th>many</th> <th>very dense</th> <th>distance</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>cars</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>trucks</td> <td></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>pedestrians</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>other</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			none	few	moderate	many	very dense	distance	cars				<input checked="" type="checkbox"/>			trucks		<input checked="" type="checkbox"/>					pedestrians	<input checked="" type="checkbox"/>						other							NEARBY STRUCTURES (trees, polls, buildings, bridges, underground structures...)		Fabbricati	
	none	few	moderate	many	very dense	distance																																		
cars				<input checked="" type="checkbox"/>																																				
trucks		<input checked="" type="checkbox"/>																																						
pedestrians	<input checked="" type="checkbox"/>																																							
other																																								
OBSERVATIONS																																								
				FREQUENCY: _____ Hz <small>(if computed in the field)</small>																																				



Qualità della misura:

- Durata: rispettata
- Stazionarietà: rispettata
- Isotropia: rispettata
- Assenza di disturbi: non rispettata
- Plausibilità fisica: rispettata
- Robustezza statistica: rispettata

MISURA TIPO B1

HVSr3

Peak frequency (Hz): 23.3 (±3.5)

Peak HVSr value: 3.3 (±0.4)

==== Criteria for a reliable H/V curve =====

- #1. [f0 > 10/Lw]: 23.324 > 0.33333 (OK)
- #2. [nc > 200]: 51779 > 200 (OK)
- #3. [f0 > 0.5Hz; sigmaA(f) < 2 for 0.5f0 < f < 2f0] (OK)

==== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

- #1. [exists f- in the range [f0/4, f0] | AH/V(f-) < A0/2]: yes, at frequency 5.8Hz (OK)
- #2. [exists f+ in the range [f0, 4f0] | AH/V(f+) < A0/2]: yes, at frequency 24.3Hz (OK)
- #3. [A0 > 2]: 3.3 > 2 (OK)
- #4. [fpeak[Ah/v(f) ± sigmaA(f)] = f0 ± 5%]: (OK)
- #5. [sigmaf < epsilon(f0)]: 3.485 > 1.166 (NO)
- #6. [sigmaA(f0) < theta(f0)]: 0.365 < 1.58 (OK)

FIG. 12

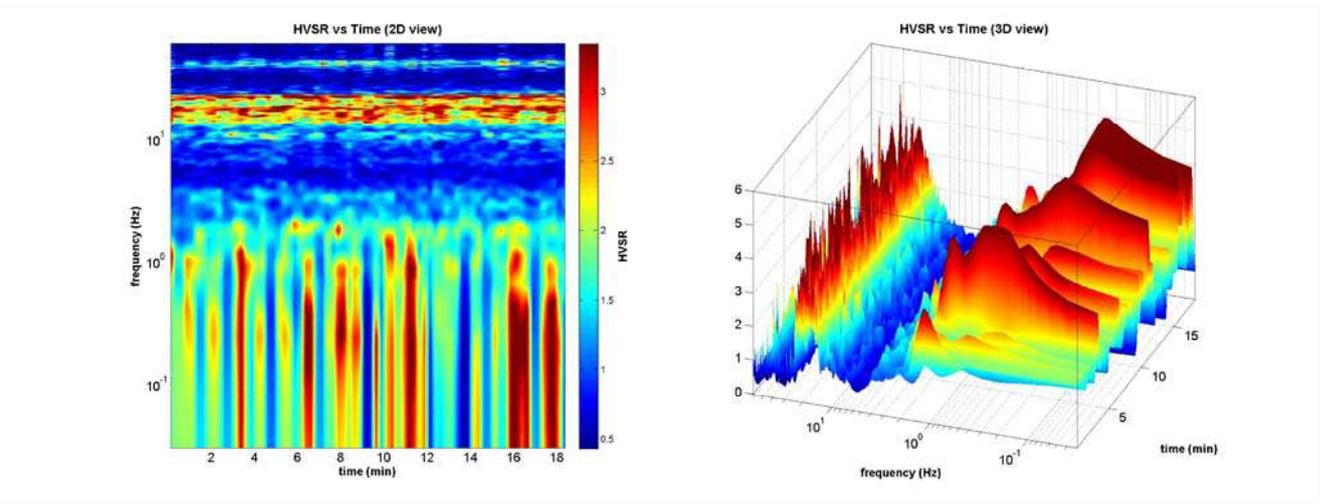
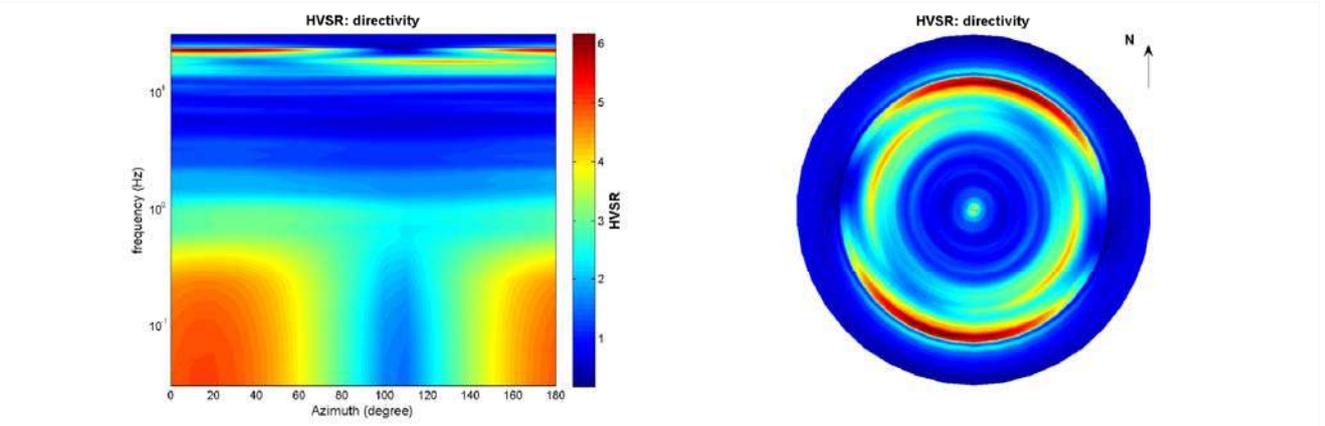
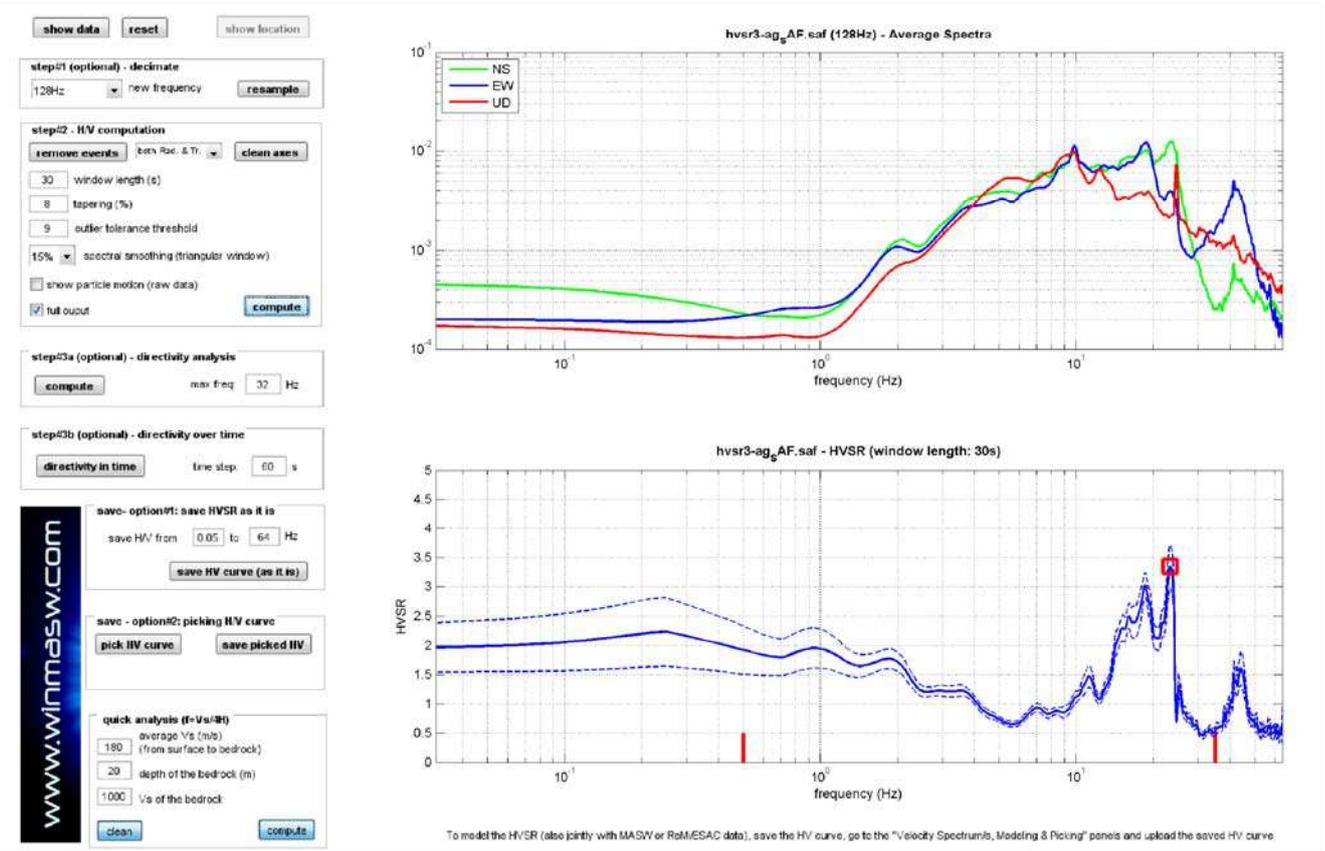
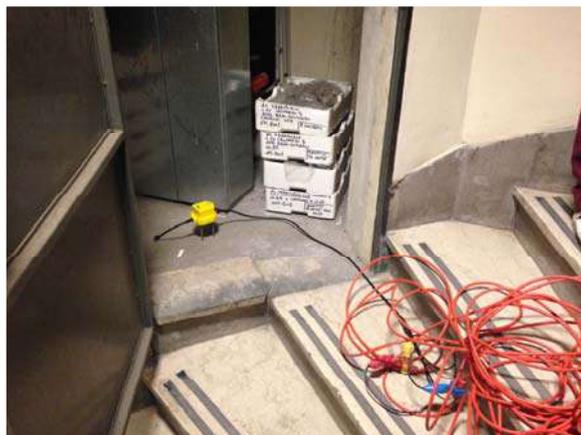


FIG. 13

HVSR4

DATE 16.04.2015		HOUR		PLACE	
OPERATOR Geologica Toscana - Prospezioni Geofisiche S.n.c.			GPS TYPE and #		
WGS84-UTM33N LATITUDE		WGS84-UTM33N LONGITUDE		ALTITUDE	
STATION TYPE PASI 16SG24-N		SENSOR TYPE SENSHE 3D - 4,5 Hz			
STATION #		SENSOR #		DISK #	
FILE NAME hvsr4-ag_SAF				POINT #	
GAIN		SAMPL. FREQ 500 Hz		REC. DURATION 27 min 18,4 sec <small>minutes seconds</small>	
WEATHER		WIND <input checked="" type="checkbox"/> none <input type="checkbox"/> weak (5m/s) <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> strong Measurement (if any): _____			
CONDITIONS		RAIN <input checked="" type="checkbox"/> none <input type="checkbox"/> weak <input type="checkbox"/> medium <input type="checkbox"/> strong Measurement (if any): _____			
		Temperature (approx): _____ Remarks _____			
GROUND		<input type="checkbox"/> earth (<input type="checkbox"/> hard <input type="checkbox"/> soft) <input type="checkbox"/> gravel <input type="checkbox"/> sand <input type="checkbox"/> rock <input type="checkbox"/> grass = (<input type="checkbox"/> short <input type="checkbox"/> tall)			
TYPE		<input type="checkbox"/> asphalt <input checked="" type="checkbox"/> cement <input type="checkbox"/> concrete <input type="checkbox"/> paved <input type="checkbox"/> other _____			
		<input type="checkbox"/> dry soil <input type="checkbox"/> wet soil Remarks _____			
ARTIFICIAL GROUND-SENSOR COUPLING		<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> yes, type Pressione			
BUILDING DENSITY		<input type="checkbox"/> none <input type="checkbox"/> scattered <input checked="" type="checkbox"/> dense <input type="checkbox"/> other, type _____			
TRANSIENTS		MONOCHROMATIC NOISE SOURCES (factories, works, pumps, rivers...)			
		<input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/> yes, type Attività antropiche			
		NEARBY STRUCTURES (description, height, distance) (trees, poles, buildings, bridges, underground structures...)			
		Fabbricati			
OBSERVATIONS		FREQUENCY: _____ Hz (if computed in the field)			



Qualità della misura:

- Durata: rispettata
- Stazionarietà: rispettata
- Isotropia: rispettata
- Assenza di disturbi: non rispettata
- Plausibilità fisica: rispettata
- Robustezza statistica: rispettata

MISURA TIPO B1

HVSR4

Peak frequency (Hz): 23.0 (±1.2)

Peak HVSR value: 3.3 (±0.2)

==== Criteria for a reliable H/V curve =====

- #1. [f0 > 10/Lw]: 23.011 > 0.33333 (OK)
- #2. [nc > 200]: 50395 > 200 (OK)
- #3. [f0 > 0.5Hz; sigmaA(f) < 2 for 0.5f0 < f < 2f0] (OK)

==== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

- #1. [exists f- in the range [f0/4, f0] | AH/V(f-) < A0/2]: yes, at frequency 5.8Hz (OK)
- #2. [exists f+ in the range [f0, 4f0] | AH/V(f+) < A0/2]: yes, at frequency 24.4Hz (OK)
- #3. [A0 > 2]: 3.3 > 2 (OK)
- #4. [fpeak[Ah/v(f) ± sigmaA(f)] = f0 ± 5%]: (OK)
- #5. [sigmaf < epsilon(f0)]: 1.207 > 1.151 (NO)
- #6. [sigmaA(f0) < theta(f0)]: 0.249 < 1.58 (OK)

FIG. 14

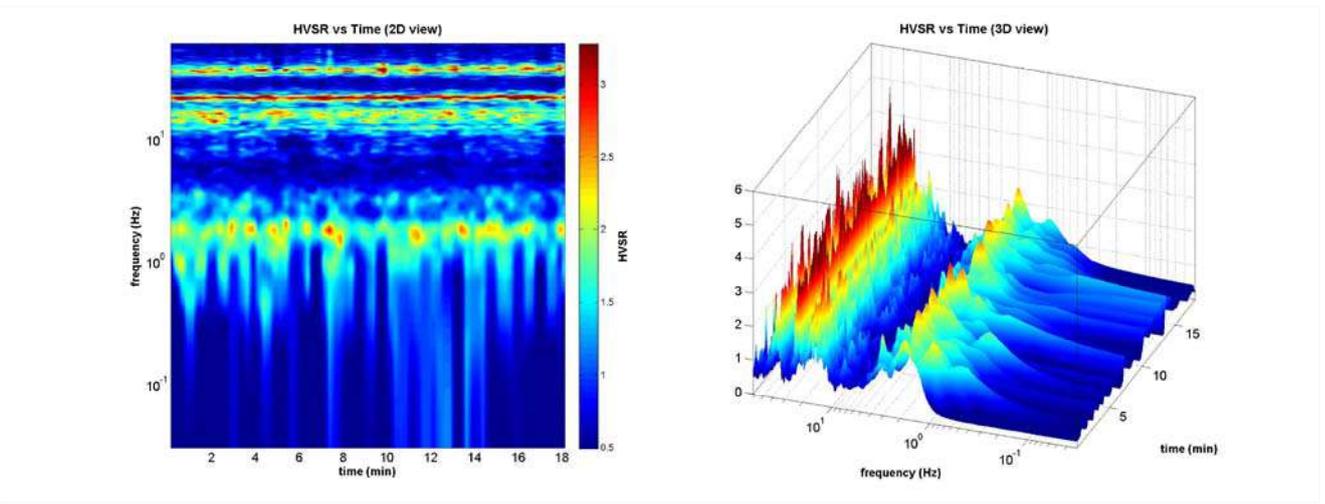
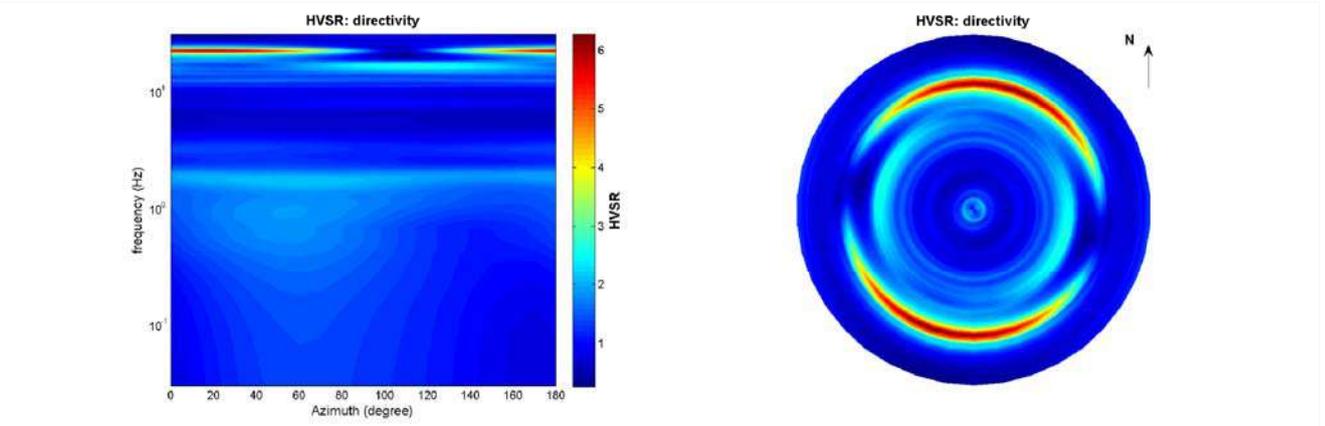
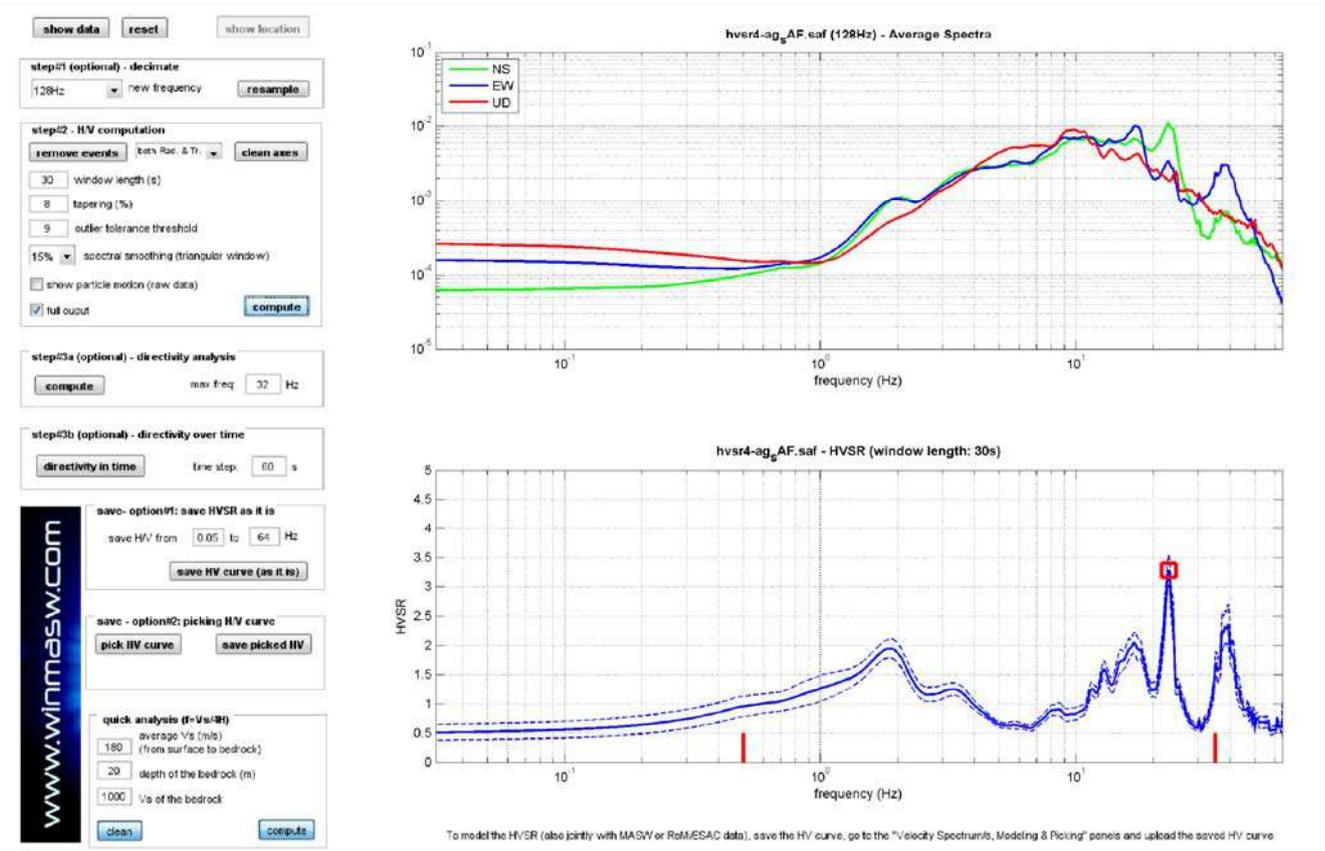


FIG. 15

Dott. Paolo Castellani
Dott. Stefano Nastasi
Dott. Damiano Guarguaglini
Dott. Annalisa Fontanelli
Dott. Andrea Castellani

HVSR3: l'indagine mette in luce picchi multipli, soprattutto sopra i 10 Hz di frequenza. Il picco principale a 23,3 Hz crediamo sia dovuto ad un repentino cambiamento litologico abbastanza superficiale intorno ai 2,5 metri. Interessante, anche se di scarsa ampiezza e quindi poco sfruttabile, è il picco intorno agli 11 Hz probabilmente indicante un passaggio stratigrafico tra i 7 e i 9 metri.

L'attendibilità della misura viene meno sotto i 2 Hz dove il rapporto H/V pare poco stabile e con intervallo di confidenza molto ampio verso le frequenze più basse.

L'elaborazione è riportata nelle figure 12 e 13.

HVSR4: l'indagine mette in luce picchi multipli, soprattutto sopra i 10 Hz di frequenza. Il picco principale a 23 Hz crediamo sia dovuto ad un repentino cambiamento litologico abbastanza superficiale intorno ai 2,5 metri, come del resto per tutte le altre misurazioni. Interessante il picco a 2 Hz e la zona tra i 12 Hz e i 18 Hz. Sono probabili due passaggi stratigrafici rispettivamente tra 6 e 8 metri e tra 32 e 38 metri dal piano campagna.

Questa misura, poiché pulita dal punto di vista della registrazione e di buon valore geofisico è stata usata nell'interpretazione del MASW procedendo ad un'analisi congiunta.

L'elaborazione è riportata nelle figure 14 e 15.

6.4) Indagine sismica a mezzo "MASW"

Il principio ispiratore della tecnica MASW è il carattere dispersivo delle onde di Rayleigh e di Love quando queste si propagano in un mezzo stratificato.

La dispersione consiste nella variazione della velocità di fase a diverse frequenze, con l'aumento della lunghezza d'onda (abbassamento di frequenza) la profondità coinvolta dalla propagazione dell'onda è via via maggiore.

È quindi possibile, impiegando onde di un certo intervallo di frequenza, caratterizzare le proprietà acustiche dei terreni sino ad una certa profondità.

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali.

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga.

Questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali.

Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.

L'intero processo comprende tre passi successivi:

- **L'acquisizione delle onde superficiali (ground roll);**
- **la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);**
- **l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s .**

Per ottenere un profilo V_s bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore.

Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi, in quanto l'inversione di tale curva viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

I valori preliminari per il rapporto di Poisson e per la densità sono necessari per ottenere il profilo verticale V_s dalla curva di dispersione e vengono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali.

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale, se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali quali fondazioni e muri di contenimento.

Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente.

Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno.

La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore, analizzando la fase e la frequenza in funzione della distanza dalla sorgente.

La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore durante l'acquisizione.

La scelta dei parametri di elaborazione così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggior accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale.

Una volta scomposto il sismogramma, un'opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza.

La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili (x ; y), il cui legame costituisce la curva di dispersione.

E' anche possibile determinare l'accuratezza del calcolo della curva di dispersione analizzando la pendenza lineare di ciascuna componente di frequenza delle onde superficiali in un singolo sismogramma.

In questo caso la prova MASW permette la miglior registrazione e separazione ad ampia banda ed elevati rapporti S/N.

Un buon rapporto S/N assicura accuratezza nel calcolo della curva di dispersione, mentre l'ampiezza di banda migliora la risoluzione e la possibile profondità di indagine del profilo V_s di inversione.

Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente.

Dott. Paolo Castellani

Dott. Stefano Nastasi

Dott. Damiano Guarguaglini

Dott. Annalisa Fontanelli

Dott. Andrea Castellani

In particolare l'analisi MASW è stata realizzata con il seguente tipo di acquisizione:

- **acquisizione ZVF** ossia con energizzazione verticale e acquisizione con geofoni verticali per l'analisi MASW della componente verticale delle onde di Rayleigh;

6.5) Strumentazione per sismica MASW

Le misure MASW sono state effettuate con strumento combinato PASI MOD.16SG24-N corredato da 12 geofoni a 4,5 Hz.

I profili sismici sono stati eseguiti energizzando artificialmente il terreno e registrando le vibrazioni prodotte mediante captatori, denominati geofoni, collegati ad un ricevitore (sismografo) attraverso un cavo multipolare.

I 12 geofoni, con frequenza minima di soglia di 4,5 Hz, sono stati posizionati ad una distanza definita l'uno dall'altro così da coprire una distanza orizzontale predeterminata in questo caso 46 metri.

L'energizzazione è avvenuta battendo una mazza da 11 Kg su una piastra in alluminio; al momento della battuta vengono generate artificialmente onde sismiche nel terreno ed ha inizio la registrazione (*trigger*) con campionamento costante e predeterminato del segnale da parte dei geofoni.

Per ogni scoppio abbiamo utilizzato la metodologia dello *stacking* che consiste nel ripetere più volte le misurazioni al fine di amplificare l'ampiezza del segnale sismico ed ottenere quindi sismogrammi di più facile lettura.

6.6) Elaborazione dei dati sismici MASW

Le tracce acquisite sono state elaborate attraverso il software di calcolo *winMASW Academy 7.0* (Eliosoft Geophysical Software).

E' stata quindi caricata la registrazione e verificato lo spettro di velocità.

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

Abbiamo quindi generato curve di dispersione artificiali da un modello sismostratigrafico immesso manualmente e progressivamente migliorato per far coincidere le curve di dispersione per i vari modi con lo spettro di velocità risultato dall'analisi. E' stato inoltre verificato che il modello immesso soddisfacesse quanto meglio possibile la curva H/V generata dall'HVSR4 in modo da avere un'interpretazione congiunta tra i due tipi di analisi (inversione "robusta").

E' stato eseguito poi il ripasso grafico dei massimi dello spettro di velocità (***picking***) così da ottenere dei binomi velocità – frequenza.

La fase successiva ha interessato l'inversione analitica di questi dati considerando come modello di partenza quello calcolato precedentemente in maniera manuale.

Il metodo d'inversione della curva di dispersione è basato su una tecnica di approssimazione particolarmente sofisticata (algoritmi genetici), che comunque non richiede necessariamente modelli di partenza.

Lanciata l'inversione il programma ha ricercato il modello medio e il modello migliore, tra i vari possibili nello spazio di ricerca che abbiamo precedentemente fissato.

La scelta dello spazio di ricerca è stata effettuata in modo oculato tenendo conto delle caratteristiche geologiche dell'area.

Nella fig. 16 sono riportati i risultati analitici e i grafici dello stendimento con la parametrizzazione del valore Vs30.

RISULTATI MASW

Mean model

Vs (m/s): 101, 151, 128, 162, 281, 495, 466

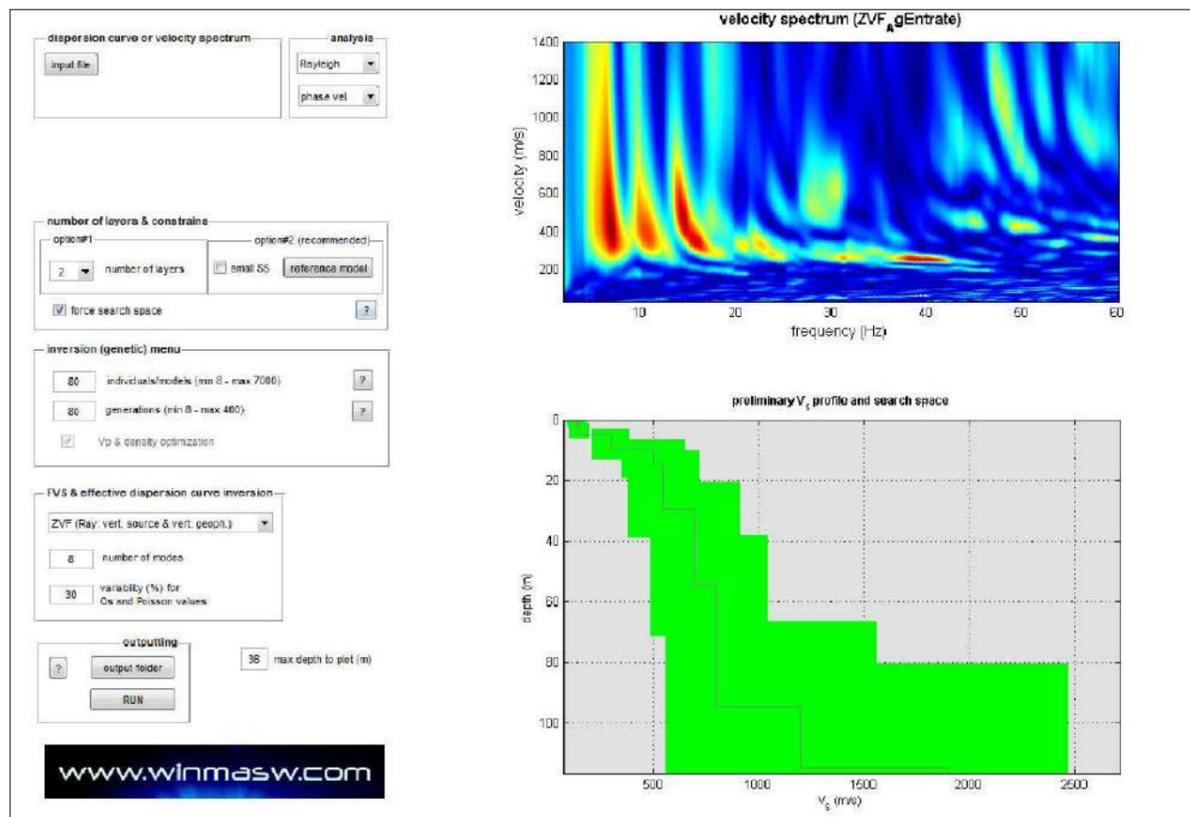
Spessore (m): 0.3, 0.6, 0.9, 2.7, 5.3, 5.0, 15.2

Densità (gr/cm³): 1.70, 1.75, 1.76, 1.80, 1.93, 2.06, 2.09

Modulo di taglio (MPa): 17, 40, 29, 47, 152, 505, 454

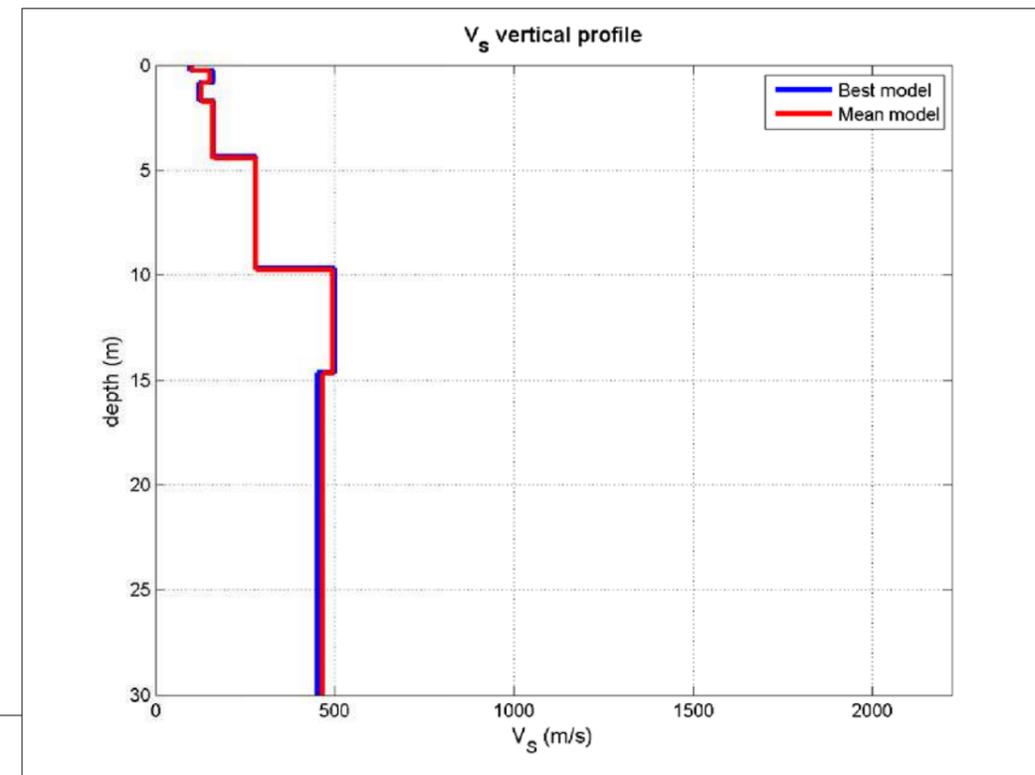
Analysis: Rayleigh Waves

VS30 (m/s): 327
Possibile Tipo di Suolo: C

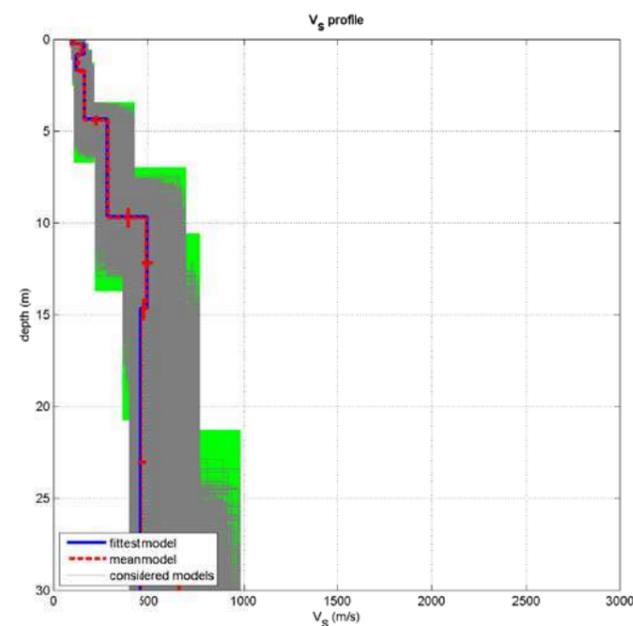
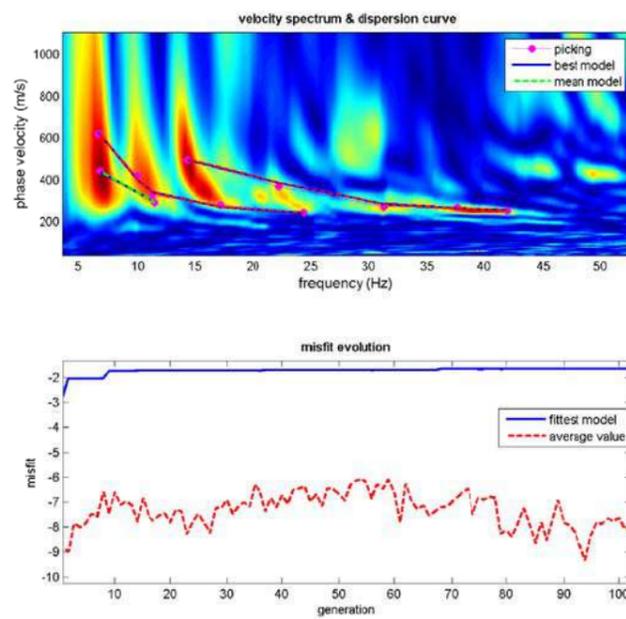


SPETTRO DI VELOCITA'

Committente: AGENZIA DELLE ENTRATE
LARGO LEOPARDI, 5 - ROMA



PROFILO DI VELOCITA'



dataset: ZVF_gEntrate.sgy
dispersion curve: picking.cdp
Vs30(best model): 324 m/s
Vs30(mean model): 327 m/s
Vs30 modello medio = 327 m/sec

INVERSIONE CURVA DI DISPERSIONE



FOTO DELLO STENDIMENTO

FIG. 16
RISULTANZE DELL'ANALISI SISMICA MASW

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

6.7) Interpretazione del MASW

Si nota la presenza di 8 sismostrati, la cui velocità “VS” aumenta mediamente in funzione della profondità.

Riconduciamo i primi sismostrati, di velocità inferiore ai 300 m/sec a terreni di copertura il cui spessore si aggira intorno ai 9 – 10 metri.

Sotto questa profondità notiamo che la velocità aumenta decisamente per attestarsi intorno ai 500 m/sec mantenendosi tale fino ai 30 metri di profondità.

Il passaggio tra 495 e 466 m/sec alla profondità di circa 15 metri non può considerarsi come una vera inversione di velocità in quanto il rapporto di impedenza acustica dei due sismostrati è troppo debole per essere considerato tale.

Da tutte queste valutazioni è possibile, con ragionevole certezza, attribuire al suolo fondale una categoria di tipo “C” con Vs30 = 327 m/sec.

§ 7) AZIONE SISMICA: ACCELERAZIONI DI PROGETTO E CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

Ai sensi del D.M. 14/01/08, le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito d’intervento.

La “pericolosità sismica di base” costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

Essa è definita in termini di accelerazione massima attesa “ag” in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , come definite nel § 3.2.1 delle NTC, nel periodo di riferimento VR, come definito nel § 2.4 delle NTC.

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g = accelerazione orizzontale massima al sito;

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T^*_c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale.

Come indicato nell'allegato A del D.M. 14/01/08, i valori dei parametri (a_g , F_0 , e T^*_c) propri del sito in esame sono ottenibili tramite una media pesata di 4 punti della griglia di accelerazioni (Tabella 1 in Allegato B) che comprendono l'area.

Vita Nominale $VN \geq 50$ anni

Classe d'uso IV (Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità...) → $cu = 2$

Nel caso specifico, attribuendo al nuovo fabbricato in progetto una vita nominale $VN = 50$ anni ed attribuendo ai manufatti una Classe d'uso IV (costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche...), si ottiene il seguente valore di riferimento VR per l'azione sismica:

$$VR = VN \cdot CU = 50 \cdot 2 = 100 \text{ anni}$$

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani*

La categoria del suolo di fondazione è stata desunta dalle misure sismiche sopra esposte: da esse risulta una Vs30 di 327 m/sec, pertanto il terreno viene classificato come **un suolo di CATEGORIA C** (Tabella 3.2. II delle NTC) corrispondente a *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Con l'ausilio del software Geostru PS - Parametri sismici è stata effettuata per il sito d'intervento la seguente caratterizzazione:

Coordinate sito d'intervento:

latitudine: 41,8946

longitudine: 12,5025

Classe d'uso: IV

Vita nominale: 50

Nodi griglia di riferimento (Tabella 1 in Allegato B – D.M. 14/01/08):

Sito 1 ID: 28512 Lat: 41,8804 Lon: 12,4829 Distanza: 2259,476

Sito 2 ID: 28513 Lat: 41,8810 Lon: 12,5501 Distanza: 4220,131

Sito 3 ID: 28291 Lat: 41,9310 Lon: 12,5493 Distanza: 5604,430

Sito 4 ID: 28290 Lat: 41,9304 Lon: 12,4821 Distanza: 4327,143

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 100 anni

Coefficiente cu: 2

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani***Operatività (SLO):**

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	60	[anni]
ag:	0,059	g
Fo:	2,501	
Tc*:	0,274	[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	101	[anni]
ag:	0,073	g
Fo:	2,521	
Tc*:	0,282	[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	949	[anni]
ag:	0,152	g
Fo:	2,610	
Tc*:	0,303	[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	1950	[anni]
ag:	0,187	g
Fo:	2,593	
Tc*:	0,314	[s]

COEFFICIENTI SISMICI**SLO:**

Ss:	1,500
Cc:	1,610
St:	1,000
Kh:	0,018
Kv:	0,009
Amax:	0,874
Beta:	0,200

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani***SLD:**

Ss:	1,500
Cc:	1,590
St:	1,000
Kh:	0,022
Kv:	0,011
Amax:	1,072
Beta:	0,200

SLV:

Ss:	1,460
Cc:	1,560
St:	1,000
Kh:	0,053
Kv:	0,027
Amax:	2,180
Beta:	0,240

SLC:

Ss:	1,410
Cc:	1,540
St:	1,000
Kh:	0,063
Kv:	0,032
Amax:	2,587
Beta:	0,240

MODELLAZIONE GEOTECNICA**§ 8) ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE E RELATIVO MODELLO
GEOTECNICO DEL TERRENO DI FONDAZIONE**

I tre ascensori in progetto verranno fondati su materiale scarsamente consistente probabilmente di riporto, costituito da sabbie limose fini di colore marrone scuro, che si presentano sempre debolmente addensate (vedi le sezioni geo-litologiche interpretative delle figg. 17 e 18).

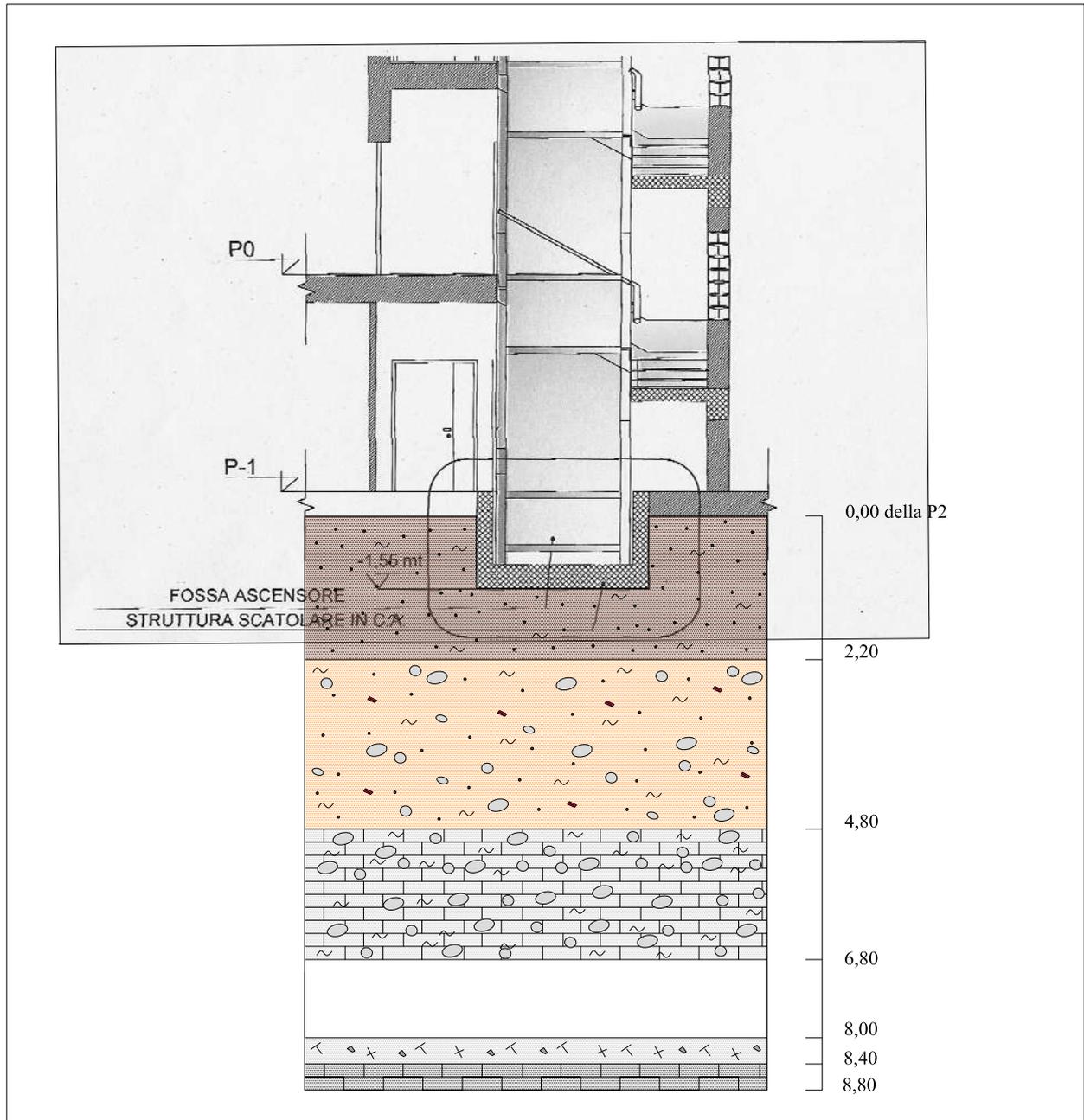
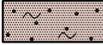


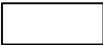
FIG. 17
SEZIONE GEO-LITOLOGICA SCALA A

Scala 1:100

- 
TERRENO DI RIPORTO RECENTE COSTITUITO DA SABBIE LIMOSE MARRONI SCURE SCARSAMENTE RESISTENTI

- 
TERRENO DI PROBABILE ORIGINE ANTROPICA SCARSAMENTE CONSISTENTE FORSE ORIGINATO DALL'ANTICA STRATIFICAZIONE STORICA

- 
TUFFI STRATIFICATI BEN RESISTENTI O TERRENO ANTROPICO CONSISTENTE DELL'ANTICA STRATIFICAZIONE STORICA

- 
CAVITA'

- 
TERRENO FRANATO INCOERENTE AL PIEDE DELLA CAVITA'

- 
ELEMENTI LAPIDEI INDEFORMABILI (MURATURA O PIROCLASTITI MOLTO RESISTENTI)

Dott. Paolo Castellani

Dott. Stefano Nastasi

Dott. Damiano Guarguaglini

Dott. Annalisa Fontanelli

Dott. Andrea Castellani

La ricostruzione stratigrafica è stata effettuata in base alle prove penetrometriche e ai risultati dell'indagine geofisica, soprattutto dei punti HVSR realizzati proprio sul posto di esecuzione delle fosse degli ascensori.

Tutti i risultati delle indagini concordano nell'evidenziare un primo stacco tra le profondità di circa mt 2,50 e circa mt 3,00 dal piano campagna, che corrisponde al contatto tra il terreno superficiale poco consistente (probabilmente di riporto) e il terreno più resistente sottostante e un secondo stacco tra le profondità di circa mt 6,00/7,00 e di circa mt 8,00/9,00 dal piano campagna, che probabilmente rappresenta il contatto tra i depositi antropici dell'antica Roma con le vulcaniti "in posto".

Pertanto anche in corrispondenza della scala C, dove non è stato possibile effettuare l'indagine geognostica per impossibilità di accesso a qualunque mezzo meccanico e per la quale quindi non possiamo rappresentare alcuna sezione geolitologica, appare ragionevole considerare una stratigrafia del tutto simile a quelle riportate per le scale A e B, in base all'omogeneità dei risultati delle prove HVSR.

Qui di seguito proponiamo una corrispondenza tra modello geologico-stratigrafico e modello geotecnico (sono indicati i valori geotecnici caratteristici " f_k ") del terreno interessato dalle opere fondali:

1° strato

(sabbie limose marroni scure scarsamente addensate, probabilmente di riporto)

peso di volume	$\gamma = 1,84 \text{ g/cm}^3$;
angolo d'attrito interno	$\phi' = 22^\circ$;
coesione	$c' = 0,04 \text{ kg/cmq}$;
modulo elastico	$E_y = 200 \text{ Kg/cmq}$.

*Dott. Paolo Castellani**Dott. Stefano Nastasi**Dott. Damiano Guarguaglini**Dott. Annalisa Fontanelli**Dott. Andrea Castellani***2° strato****(terreno di probabile origine antropica mediamente resistente)**

peso di volume	$\gamma = 1,86 \text{ g/cm}^3$;
angolo d'attrito interno	$\phi' = 24^\circ$;
coesione	$c' = 0,1 \text{ kg/cmq}$;
modulo elastico	$E_y = 230 \text{ Kg/cmq}$.

3° strato**(tufi stratificati ben resistenti o terreno antropico consistente dell'antica stratificazione storica)**

peso di volume	$\gamma = 1,93 \text{ g/cm}^3$;
angolo d'attrito interno	$\phi' = 31^\circ$;
coesione	$c' = 0,32 \text{ kg/cmq}$;
modulo elastico	$E_y = 270 \text{ Kg/cmq}$.

4° strato**(elementi lapidei indeformabili)**

peso di volume	$\gamma = 2,24 \text{ g/cm}^3$;
angolo d'attrito interno	$\phi' = 45^\circ$;
coesione	$c' = 3,2 \text{ kg/cmq}$;
modulo elastico	$E_y = 993 \text{ Kg/cmq}$.

Le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche della zona sono incompatibili con fenomeni di liquefazione in caso di sisma, sia per l'assenza di sabbie sciolte, che per la mancanza di una falda che possa saturare il sedimento fondale, tuttavia, visto che il terreno di fondazione è costituito da sabbie limose poco resistenti (probabilmente di riporto), consigliamo di prevedere una fondazione compensata.

Dott. Paolo Castellani
Dott. Stefano Nastasi
Dott. Damiano Guarguaglini
Dott. Annalisa Fontanelli
Dott. Andrea Castellani

§ 9) RISCHIO GEOLOGICO

9.1) Rischio idrogeologico

- **rischio di carattere idraulico:** nell'area d'intervento non esiste alcun problema, in quanto non c'è alcun rischio di esondazione e neppure di smaltimento di acqua di pioggia, trattandosi di interventi interni ad un fabbricato esistente. Inoltre non sono necessari drenaggi a causa dell'assenza di falda superficiale, che possa intercettare le opere in progetto.

- **rischio di carattere geologico:** non esiste alcun problema per frana, trattandosi di un'area completamente pianeggiante, tra l'altro con litologia sostanzialmente lapidea. E' invece possibile la presenza di cunicoli e cavità, che potrebbero determinare crolli o sprofondamenti, infatti è stata individuata una cavità nel corso della prova penetrometrica n° 2 (vedi la sezione geo-litologica di fig. 17), che presenta un'altezza di circa mt 1,20, ma essendo posta ad una profondità di circa mt 6,80 dal piano campagna e pertanto di oltre 5 metri al di sotto del piano fondazione, determina un rischio minimo di crollo a seguito del peso della nuova struttura. **Per evitare l'insorgenza di qualsiasi rischio di crollo a seguito del sovraccarico esercitato dai vani ascensori in progetto, ribadiamo la necessità di effettuare fondazioni compensate che non prevedano aumenti di carichi sul terreno. In tal modo si eviterà ogni possibile rischio di crollo o sprofondamento.**

9.2) Rischio sismico

Non esiste alcun rischio in quanto l'area in esame è classificata a bassa sismicità, corrispondente a zona sismica 3A.

Sebbene il fabbricato all'interno del quale si costruiscono i tre vani ascensori sia classificato in classe d'uso 4 (edificio sede di Uffici dello Stato) non è necessario lo studio di Risposta Sismica Locale (RSP) trattandosi di una struttura civile di tipo **e (sedi di Uffici dello Stato)**.

Dott. Paolo Castellani
Dott. Stefano Nastasi
Dott. Damiano Guarguaglini
Dott. Annalisa Fontanelli
Dott. Andrea Castellani

9.3) Classe di Rischio geologico

Trattandosi di un intervento in un edificio in classe d'uso 4 e ricadendo in classe di Pericolosità geologica di Tipo A, cioè bassa, corrispondente a zona sismica 3A, il rischio geologico ricade in rischio medio, tuttavia, siccome non si tratta della costruzione di un nuovo fabbricato, bensì di vani ascensori all'interno di un edificio già esistente, riteniamo che il rischio geologico possa essere valutato basso.

§ 10) CONCLUSIONI

La realizzazione delle tre fosse per gli ascensori in progetto con le relative opere fondali appare fattibile senza particolari condizioni, sia per la scarsa incidenza delle opere in progetto all'interno di un fabbricato esistente, sia per la situazione geomorfologica pianeggiante e completamente stabile.

Le caratteristiche litologico-stratigrafiche dell'area, con la presenza di terreno superficiale poco resistente e probabilmente di riporto antropico a seguito della stratificazione storica della città di Roma, nonché la presenza di una cavità in corrispondenza dell'ascensore della scala A, inducono a consigliare la realizzazione di fondazioni compensate, in modo da non prevedere alcun aumento di carico sul terreno e pertanto garantire l'assenza di cedimenti e una corretta fruibilità delle opere in progetto.

Poggibonsi, 24.09.2015



A handwritten signature in black ink is written over a circular professional stamp. The stamp contains the following text: 'PROV. DI SIENA' at the top, 'DOTT. GEOL. DELLA TOSCANA' around the inner edge, 'DOTT. GEOL. P. PAOLO CASTELLANI' in the center, and 'N° 395' at the bottom. A small star is visible at the bottom of the stamp.

Dott. Paolo Castellani
Dott. Stefano Nastasi
Dott. Damiano Guarguaglini
Dott. Annalisa Fontanelli
Dott. Andrea Castellani

ALLEGATO 1

Tabulati e grafici delle prove penetrometriche dinamiche

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 1

- indagine : Geologica Toscana
- cantiere : Roma (RM)
- località : Agenzia delle Entrate
- note : prova interrotta per rifiuto all'avanzamento

- data : 09/09/2015
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	21	220,7	---	1	4,20 - 4,40	10	77,4	---	5
0,20 - 0,40	7	73,6	---	1	4,40 - 4,60	7	50,8	---	6
0,40 - 0,60	3	28,9	---	2	4,60 - 4,80	7	50,8	---	6
0,60 - 0,80	4	38,6	---	2	4,80 - 5,00	6	43,5	---	6
0,80 - 1,00	3	28,9	---	2	5,00 - 5,20	5	36,3	---	6
1,00 - 1,20	3	28,9	---	2	5,20 - 5,40	5	36,3	---	6
1,20 - 1,40	2	19,3	---	2	5,40 - 5,60	5	34,2	---	7
1,40 - 1,60	3	26,7	---	3	5,60 - 5,80	7	47,8	---	7
1,60 - 1,80	2	17,8	---	3	5,80 - 6,00	8	54,7	---	7
1,80 - 2,00	3	26,7	---	3	6,00 - 6,20	8	54,7	---	7
2,00 - 2,20	3	26,7	---	3	6,20 - 6,40	8	54,7	---	7
2,20 - 2,40	2	17,8	---	3	6,40 - 6,60	8	51,7	---	8
2,40 - 2,60	2	16,6	---	4	6,60 - 6,80	12	77,5	---	8
2,60 - 2,80	2	16,6	---	4	6,80 - 7,00	16	103,3	---	8
2,80 - 3,00	2	16,6	---	4	7,00 - 7,20	16	103,3	---	8
3,00 - 3,20	4	33,1	---	4	7,20 - 7,40	21	135,6	---	8
3,20 - 3,40	7	58,0	---	4	7,40 - 7,60	18	110,2	---	9
3,40 - 3,60	7	54,1	---	5	7,60 - 7,80	17	104,1	---	9
3,60 - 3,80	7	54,1	---	5	7,80 - 8,00	22	134,7	---	9
3,80 - 4,00	9	69,6	---	5	8,00 - 8,20	70	428,5	---	9
4,00 - 4,20	10	77,4	---	5					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

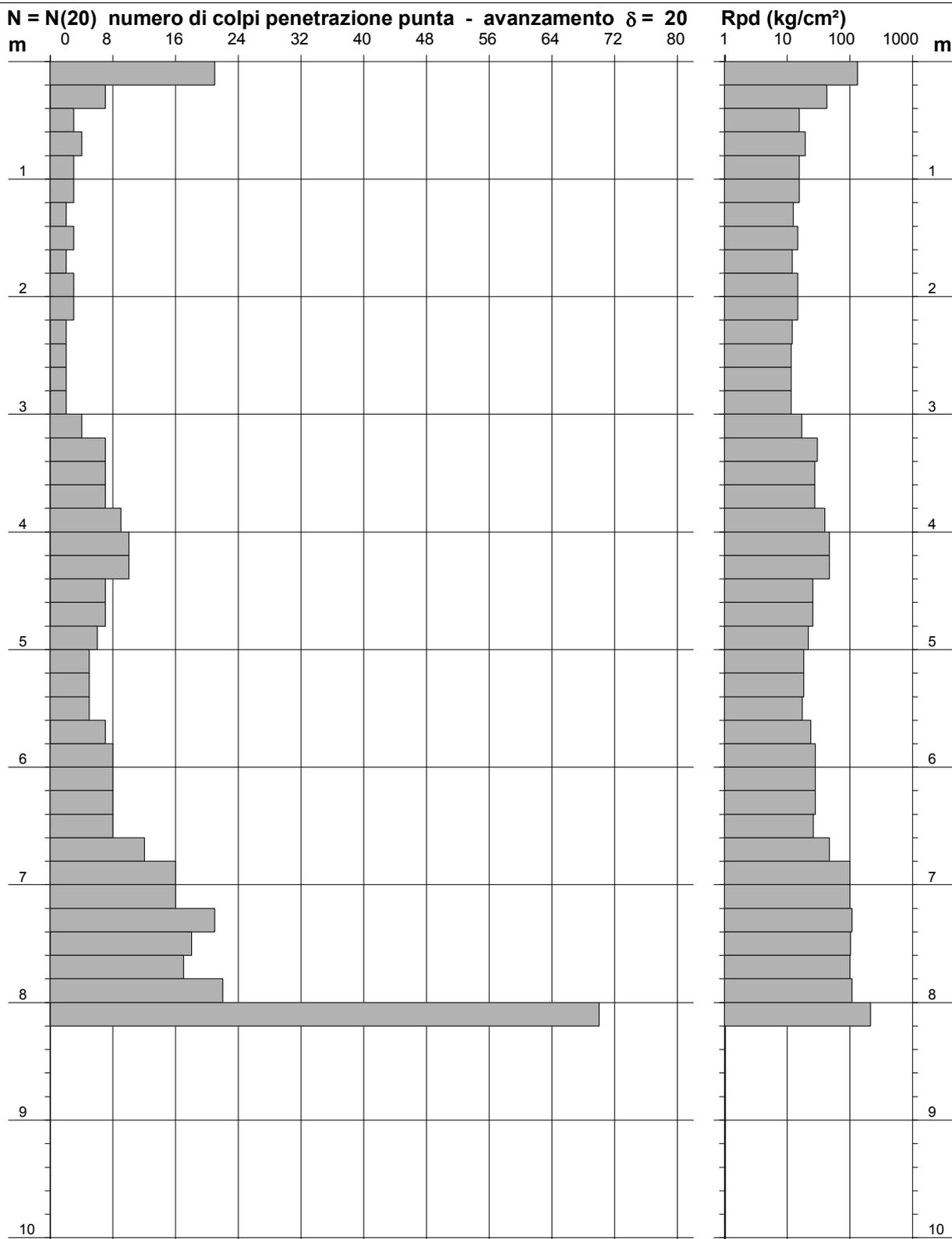
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 1

Scala 1: 50

- indagine : Geologica Toscana
- cantiere : Roma (RM)
- località : Agenzia delle Entrate

- data : 09/09/2015
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**
 - M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**
 - Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
ELABORAZIONE STATISTICA**

n° 1

- indagine : Geologica Toscana - data : 09/09/2015
- cantiere : Roma (RM) - quota inizio : piano campagna
- località : Agenzia delle Entrate - prof. falda : Falda non rilevata
- note : prova interrotta per rifiuto all'avanzamento - pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s				M+s
1	0,00	0,40	N	14,0	7	21	10,5	----	----	----	14	1,49	21
			Rpd	147,1	74	221	110,3	----	----	----	147		
2	0,40	3,00	N	2,6	2	4	2,3	----	2,0	3,3	3	1,49	4
			Rpd	23,9	17	39	20,2	6,9	17,0	30,8	28		
3	3,00	3,80	N	6,3	4	7	5,1	----	----	----	6	1,49	9
			Rpd	49,8	33	58	41,5	----	----	----	47		
4	3,80	4,40	N	9,7	9	10	9,3	----	----	----	10	1,49	15
			Rpd	74,8	70	77	72,2	----	----	----	77		
5	4,40	5,60	N	5,8	5	7	5,4	1,0	4,9	6,8	6	1,49	9
			Rpd	42,0	34	51	38,1	7,5	34,4	49,5	43		
6	5,60	6,60	N	7,8	7	8	7,4	----	----	----	8	1,49	12
			Rpd	52,7	48	55	50,3	----	----	----	54		
7	6,60	8,00	N	17,4	12	22	14,7	3,4	14,1	20,8	17	1,49	25
			Rpd	109,8	78	136	93,7	20,2	89,6	130,0	107		
8	8,00	8,20	N	70,0	70	70	70,0	----	----	----	70	1,49	104
			Rpd	428,5	429	429	428,5	----	----	----	429		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1,49$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 20$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.40		21	51.5	33.3	353	2.00	1.60	1.31	2.03	24	0.648
					4	15.0	27.6	222	1.87	1.39	0.25	1.80	42
2	0.40	3.00		9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	0.56	1.89	34	0.918
3	3.00	3.80		9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	0.56	1.89	34	0.918
4	3.80	4.40		15	42.5	31.5	307	1.96	1.54	0.94	1.96	29	0.773
5	4.40	5.60		9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	0.56	1.89	34	0.918
6	5.60	6.60		12	38.0	30.6	284	1.94	1.52	0.75	1.92	31	0.842
7	6.60	8.00		25	57.5	34.5	384	2.02	1.64	1.56	2.08	21	0.574
8	8.00	8.20		104	100.0	45.0	993	2.24	1.99	6.50	3.04	-06	-0.166

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 2

- indagine : Geologica Toscana
- cantiere : Roma (RM)
- località : Agenzia delle Entrate
- note : prova interrotta per rifiuto all'avanzamento

- data : 09/09/2015
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	16	168,1	---	1	4,40 - 4,60	2	14,5	---	6
0,20 - 0,40	7	73,6	---	1	4,60 - 4,80	3	21,8	---	6
0,40 - 0,60	8	77,1	---	2	4,80 - 5,00	5	36,3	---	6
0,60 - 0,80	4	38,6	---	2	5,00 - 5,20	6	43,5	---	6
0,80 - 1,00	4	38,6	---	2	5,20 - 5,40	8	58,1	---	6
1,00 - 1,20	5	48,2	---	2	5,40 - 5,60	10	68,3	---	7
1,20 - 1,40	5	48,2	---	2	5,60 - 5,80	14	95,7	---	7
1,40 - 1,60	6	53,5	---	3	5,80 - 6,00	12	82,0	---	7
1,60 - 1,80	5	44,6	---	3	6,00 - 6,20	14	95,7	---	7
1,80 - 2,00	5	44,6	---	3	6,20 - 6,40	24	164,0	---	7
2,00 - 2,20	5	44,6	---	3	6,40 - 6,60	23	148,5	---	8
2,20 - 2,40	4	35,6	---	3	6,60 - 6,80	34	219,6	---	8
2,40 - 2,60	4	33,1	---	4	6,80 - 7,00	---	---	---	8
2,60 - 2,80	5	41,4	---	4	7,00 - 7,20	---	---	---	8
2,80 - 3,00	3	24,8	---	4	7,20 - 7,40	---	---	---	8
3,00 - 3,20	3	24,8	---	4	7,40 - 7,60	---	---	---	9
3,20 - 3,40	2	16,6	---	4	7,60 - 7,80	---	---	---	9
3,40 - 3,60	2	15,5	---	5	7,80 - 8,00	---	---	---	9
3,60 - 3,80	2	15,5	---	5	8,00 - 8,20	7	42,8	---	9
3,80 - 4,00	4	30,9	---	5	8,20 - 8,40	6	36,7	---	9
4,00 - 4,20	5	38,7	---	5	8,40 - 8,60	70	407,2	---	10
4,20 - 4,40	2	15,5	---	5					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [$\delta = 20$ cm]

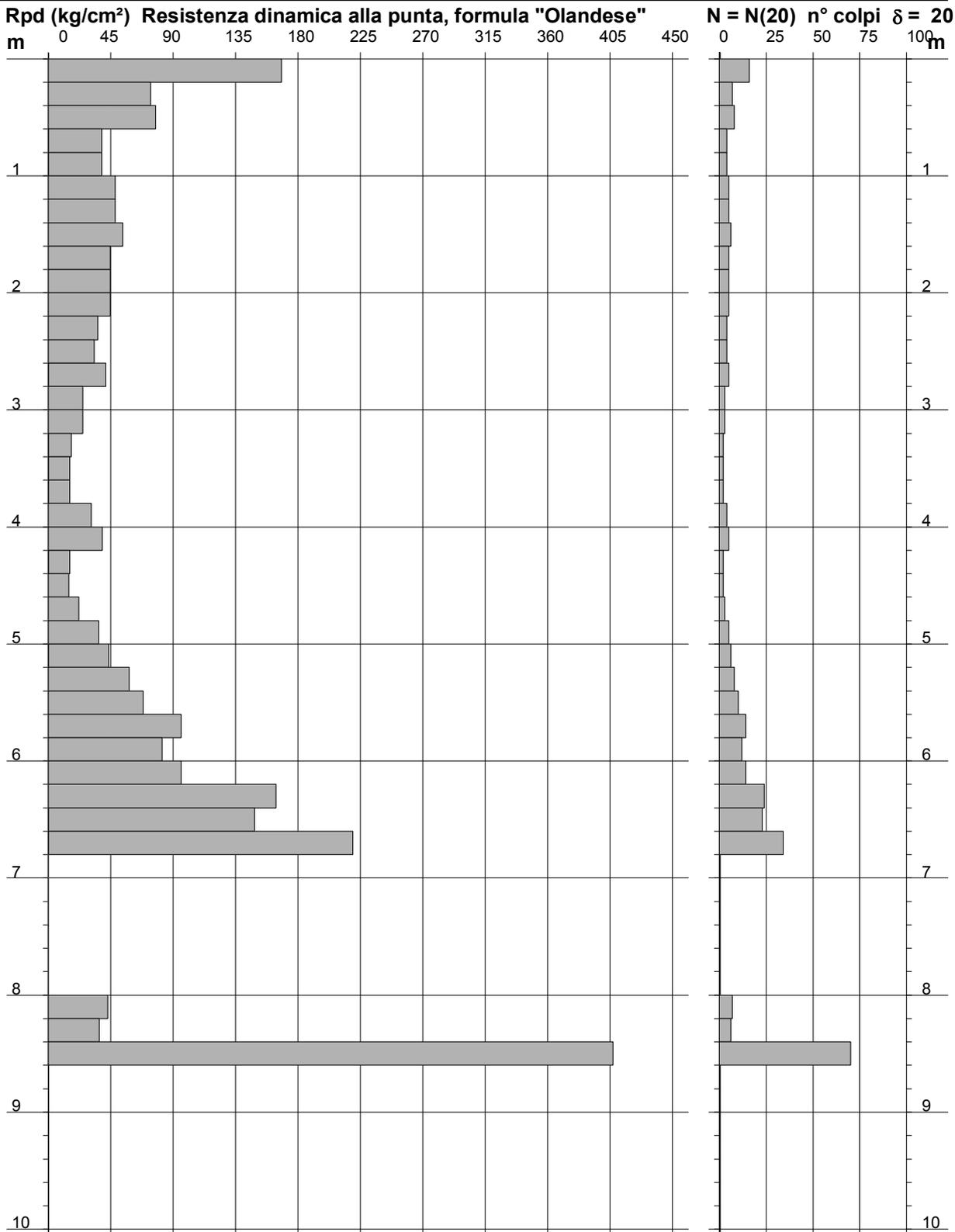
- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

n° 2
Scala 1: 50

- indagine : Geologica Toscana
- cantiere : Roma (RM)
- località : Agenzia delle Entrate

- data : 09/09/2015
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63 - 200**
 - M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**
 - Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
ELABORAZIONE STATISTICA**

n° 2

- indagine : Geologica Toscana - data : 09/09/2015
- cantiere : Roma (RM) - quota inizio : piano campagna
- località : Agenzia delle Entrate - prof. falda : Falda non rilevata
- note : prova interrotta per rifiuto all'avanzamento - pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s				M+s
1	0,00	0,60	N	10,3	7	16	8,7	----	----	----	10	1,49	15
			Rpd	106,3	74	168	89,9	----	----	----	103		
2	0,60	2,80	N	4,7	4	6	4,4	----	4,1	5,4	5	1,49	7
			Rpd	42,8	33	54	38,0	6,0	36,8	48,8	46		
3	2,80	3,80	N	2,4	2	3	2,2	----	----	----	2	1,49	3
			Rpd	19,4	16	25	17,5	----	----	----	16		
4	3,80	4,20	N	4,5	4	5	4,3	----	----	----	4	1,49	6
			Rpd	34,8	31	39	32,9	----	----	----	31		
5	4,20	5,60	N	5,1	2	10	3,6	3,1	2,1	8,2	5	1,49	7
			Rpd	36,9	15	68	25,7	21,1	15,8	57,9	36		
6	5,60	6,20	N	13,3	12	14	12,7	----	----	----	13	1,49	19
			Rpd	91,1	82	96	86,6	----	----	----	89		
7	6,20	6,80	N	27,0	23	34	25,0	----	----	----	27	1,49	40
			Rpd	177,4	149	220	163,0	----	----	----	177		
8	6,80	8,00	N	0,0	0	0	0,0	----	----	----	0	1,49	0
			Rpd	0,0	0	0	0,0	----	----	----	0		
9	8,00	8,40	N	6,5	6	7	6,3	----	----	----	6	1,49	9
			Rpd	39,8	37	43	38,3	----	----	----	37		
10	8,40	8,60	N	70,0	70	70	70,0	----	----	----	70	1,49	104
			Rpd	407,2	407	407	407,2	----	----	----	407		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta t = 1,49$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 20$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE				NATURA COESIVA				
					DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0,00	0,60		15	42.5	31.5	307	1.96	1.54	0.94	1.96	29	0.773
					7	25.0	28.8	245	1.90	1.45	0.44	1.86	36
3	2,80	3,80		3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194
					6	21.7	28.4	238	1.89	1.43	0.38	1.85	37
4	3,80	4,20		6	21.7	28.4	238	1.89	1.43	0.38	1.85	37	1.000
					7	25.0	28.8	245	1.90	1.45	0.44	1.86	36
6	5,60	6,20		19	48.5	32.7	338	1.98	1.58	1.19	2.01	26	0.687
					40	75.0	38.5	500	2.10	1.77	2.50	2.26	13
8	6,80	8,00		----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
					9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	0.56	1.89	34
10	8,40	8,60		104	100.0	45.0	993	2.24	1.99	6.50	3.04	-06	-0.166

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

Dott. Paolo Castellani
Dott. Stefano Nastasi
Dott. Damiano Guarguaglini
Dott. Annalisa Fontanelli
Dott. Andrea Castellani

A L L E G A T O 2

**Documentazione fotografica delle indagini geognostiche e geofisiche
eseguite nell'area d'intervento**



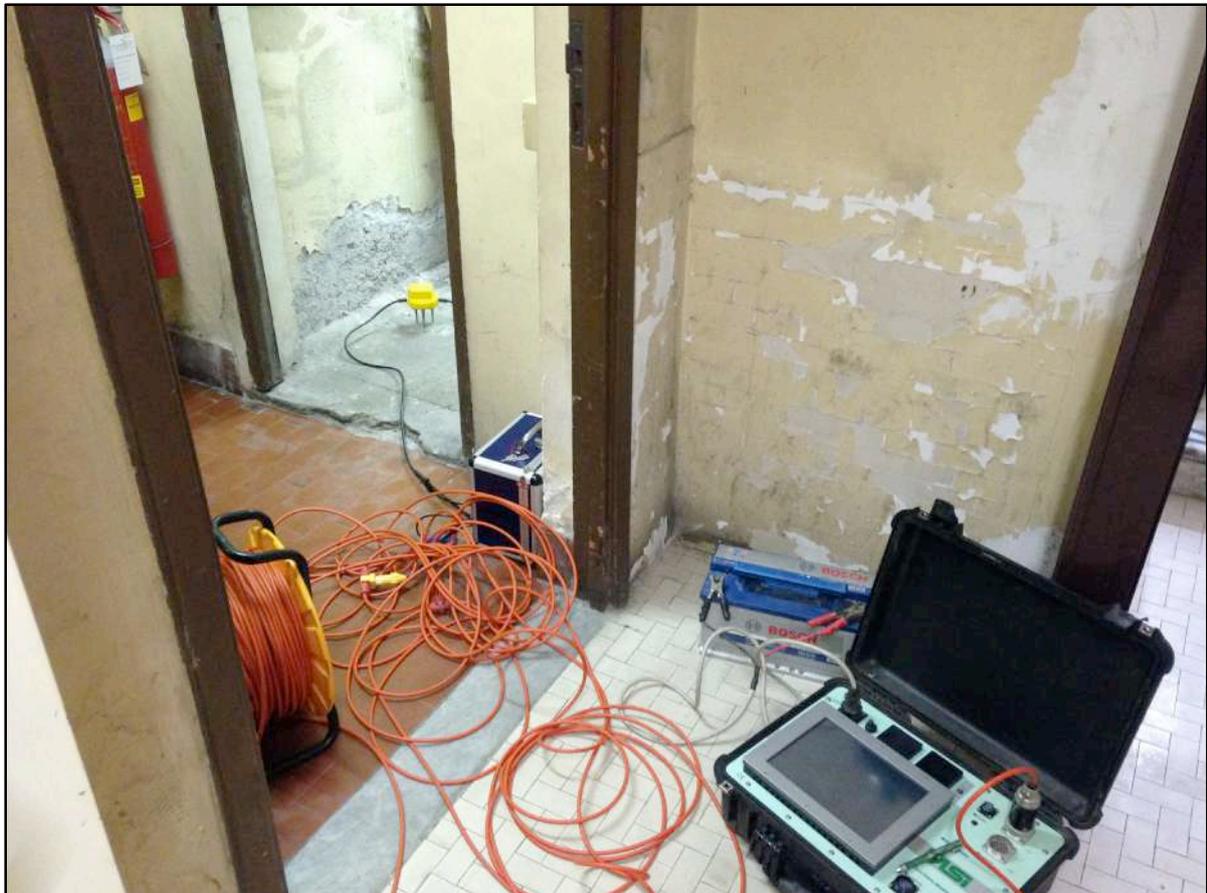
PROVA PENETROMETRICA N.1



PROVA PENETROMETRICA N.2



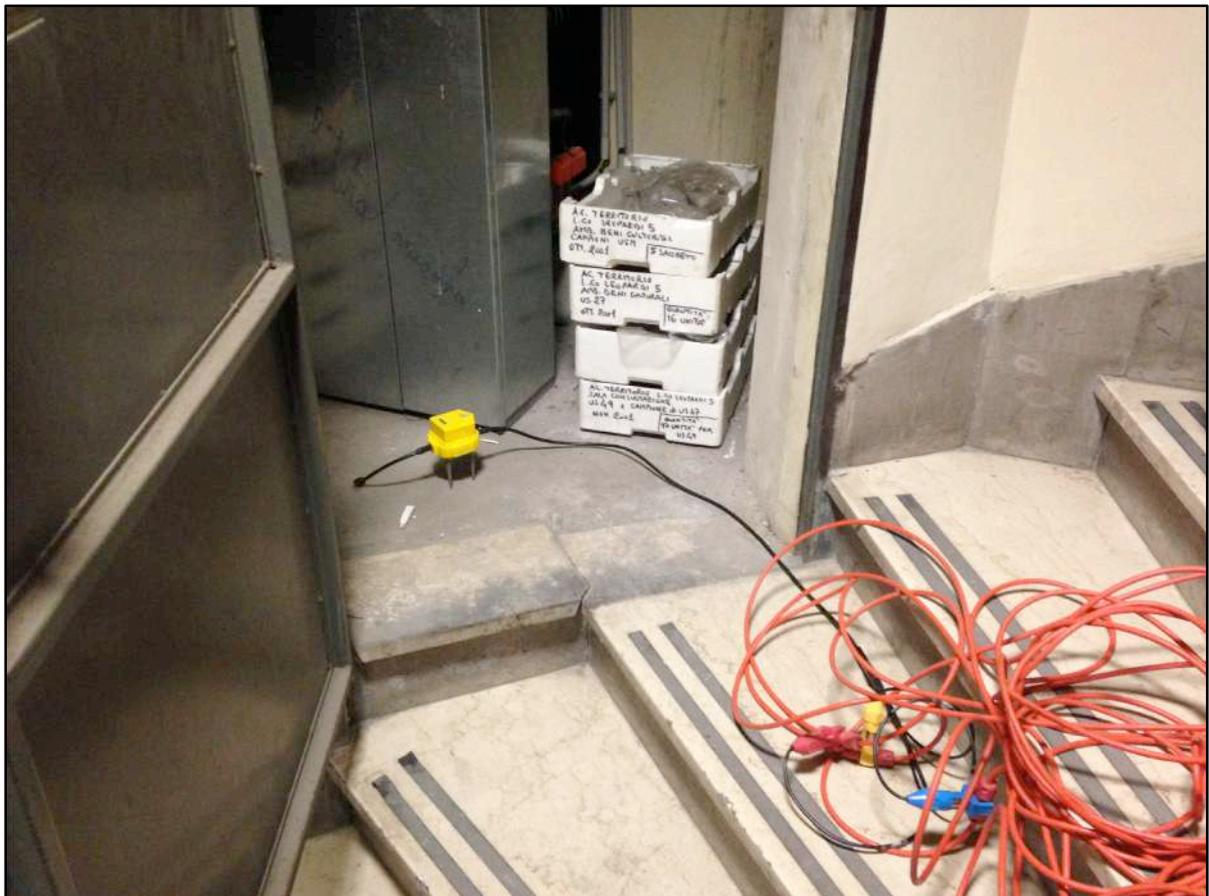
PUNTO HVSR 1



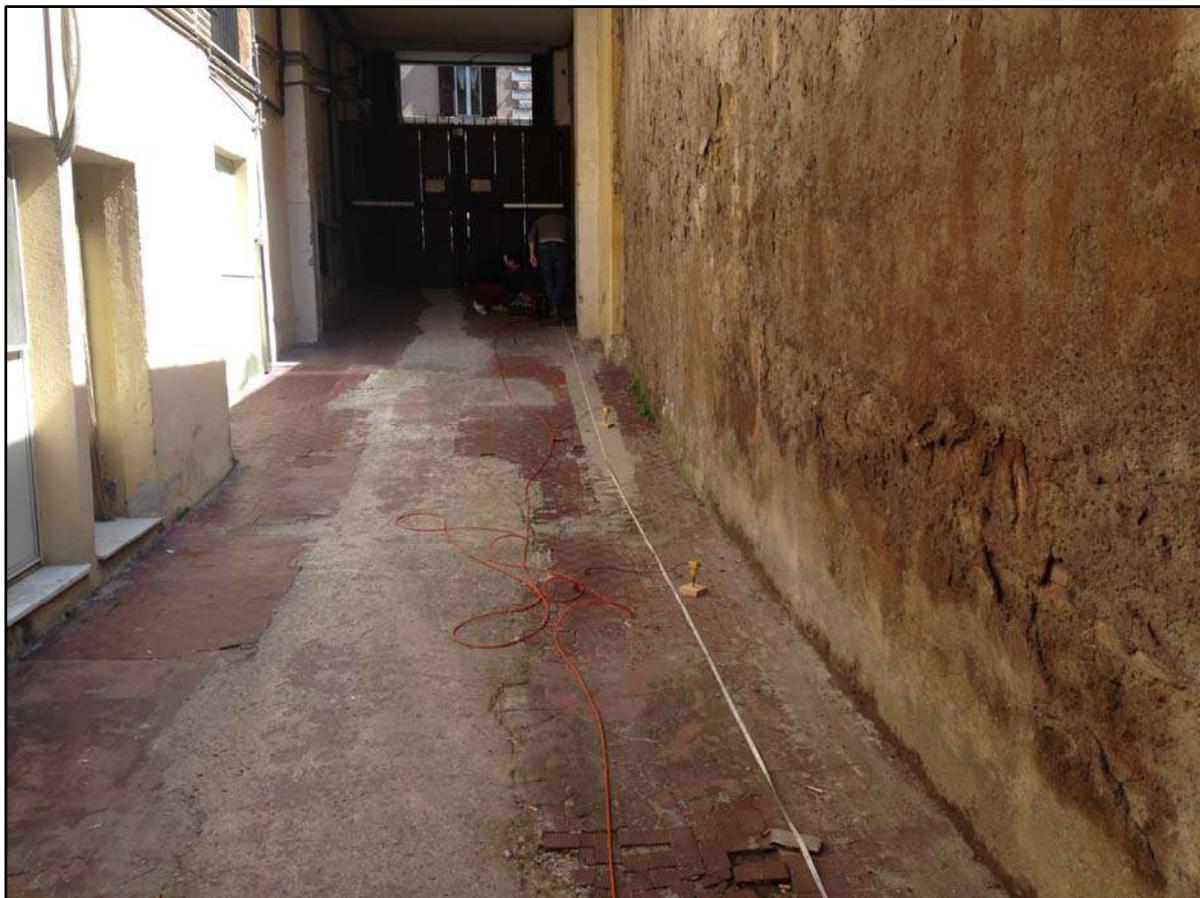
PUNTO HVSR 2



PUNTO HVSR 3



PUNTO HVSR 4



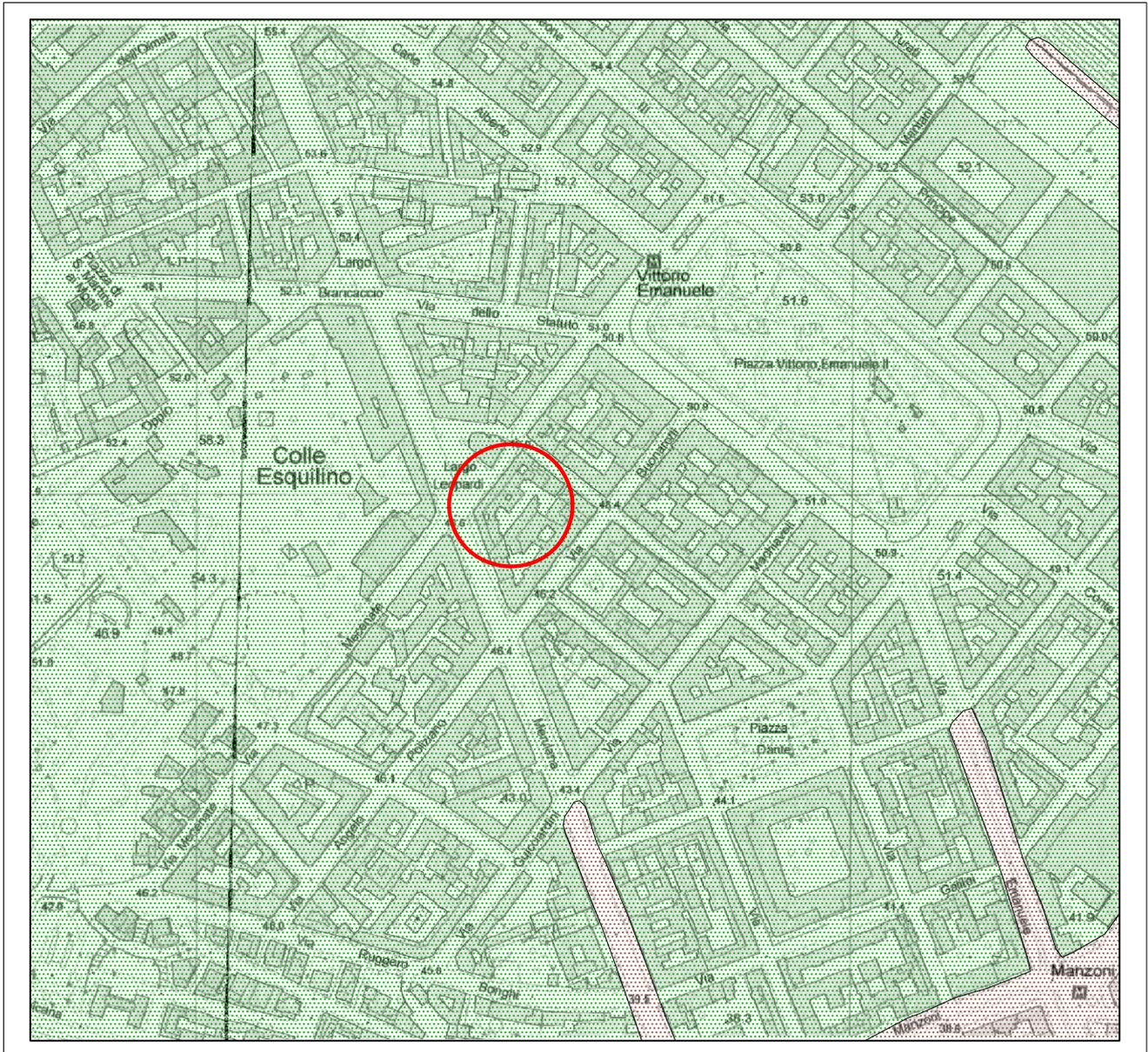
STENDIMENTO DI SISMICA DI TIPO MASW

Dott. Paolo Castellani
Dott. Stefano Nastasi
Dott. Damiano Guarguaglini
Dott. Annalisa Fontanelli
Dott. Andrea Castellani

A L L E G A T O 3

**Carta di Idoneità territoriale, stralcio della Carta di Microzonazione sismica*
e carta delle perimetrazioni dell'Autorità di Bacino**

***questa carta è assente**



CARTA DI IDONEITA' TERRITORIALE

Scala 1:5.000



AREA DELL'EDIFICIO DELL'AGENZIA DELLE ENTRATE

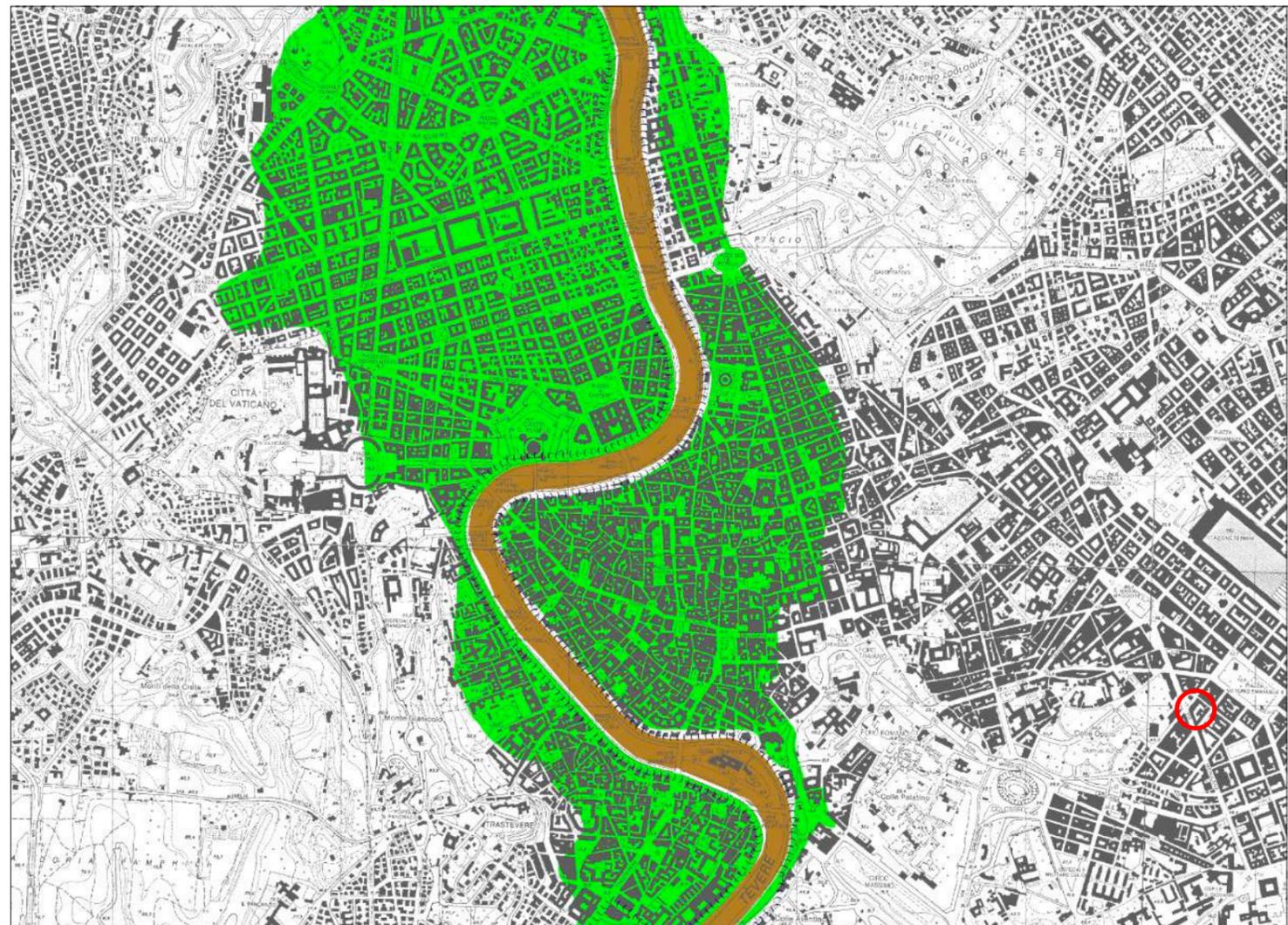


AREE GIUDICATE IDONEE RISPETTO AI CARATTERI GEOLOGICI E IDRAULICI:
Le caratteristiche geologiche, geotecniche e idrauliche del territorio sono congrue alla principale destinazione d'uso



AREE GIUDICATE NON IDONEE RISPETTO AI CARATTERI GEOLOGICI E IDRAULICI:
Le caratteristiche geologiche, geotecniche e idrauliche del territorio, comprendono uno o più aspetti di fondamentale importanza e/o uno o più vincoli, che sono in completo contrasto con la destinazione d'uso principale.





Scala 1:25.000

(((Perimetro del corridoio fluviale

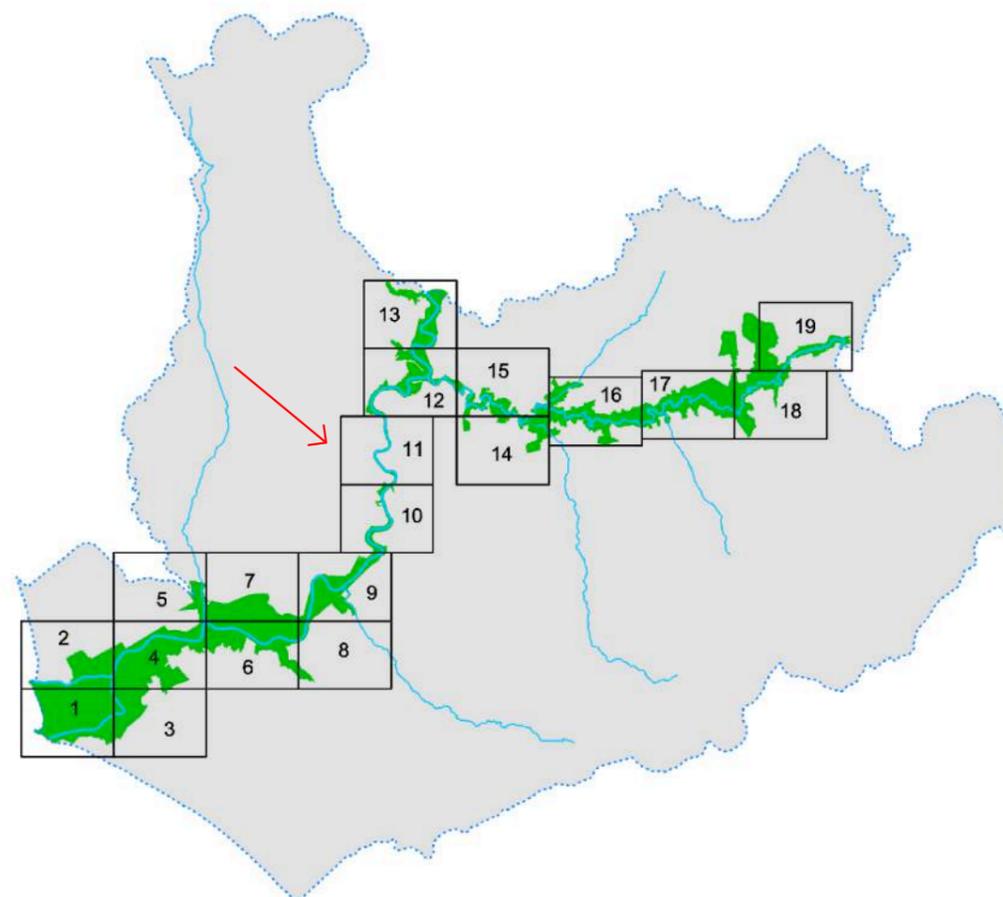


AREA IN ESAME

Fasce fluviali e zone a rischio

 Fascia A	 Zona a rischio R4
 Fascia AA	 Zona a rischio R3
 Fascia B	 Zona a rischio R2

INQUADRAMENTO TAVOLE



 Corridoio fluviale

 Confine PS5

