

RECUPERO SCARICO FOGNARIO DIRETTO VIA II GIUGNO - FRAZIONE PONTE A ELSA - EMPOLI



PROGETTO DEFINITIVO

Allegato	Titolo:	SCALA
R.G.1	RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA	DATA Dicembre 2018



Sede Firenze Via De Sanctis,49/51 - 50136 - Cod.Fisc. e P.I.V.A. 06111950488

Organizzazione con Sistema di Gestione Integrato Certificato in conformità alle normative ISO9001 - ISO14001 - OHSAS18001 - SA8000

PROGETTISTA : Ing. Giovanni SIMONELLI GEOLOGO : Dott. Geol. Nicola CEMPINI	COLLABORATORI : Ing. Beatrice SALANI Dott. Geol. Carlo FERRI Ing. Carmine MIULLI
CONSULENTI TECNICI: Ing. Robi Novelli Dott. Geol. Elena PARRI	COMMESSA IT: INGT-TPLPD-ACQFC696
COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE: Ing. Beatrice SALANI	CODICE COMMESSA COMMITTENTE: I18F2007
DIRETTORE TECNICO INGEGNERIE TOSCANE : Ing. MARIO CHIARUGI	RESPONSABILE COMMESSA I.T.: Ing. Beatrice SALANI RESPONSABILE COMMESSA ACQUE: Geom. LASTRAIOLI
	COMMITTENTE : ING. ROBERTO CECCHINI

REV.	Data	DESCRIZIONE/MOTIVO DELLA REVISIONE	REDATTO	CONTROLLATO / APPROVATO
00	21/12/2018	Prima emissione		Simonelli/Chiarugi

INDICE

1	PREMESSA	2
2	QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	3
3	CARATTERISTICHE GENERALI DELL'INTERVENTO	3
4	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO DI INTERVENTO	4
4.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
4.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	5
4.3	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	5
4.4	INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO GENERALE	9
5	PERICOLOSITA' DELL'AREA (S.U. COMUNALE VIGENTE E AUTORITA' DI BACINO DISTRETTUALE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE DEL FIUME ARNO)	10
6	CONSIDERAZIONI SULLA FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO	13
7	INDAGINI GEOGNOSTICHE	15
8	INDAGINI SISMICHE	16
9	CONCLUSIONI	16

FIGURE

Figura 1 – Carta della pericolosità geologica dello SU vigente (scala 1:10.000)

Figura 2 – Carta dei livelli idrometrici – Empoli Ovest (scala 1:10.000)

Figura 3 – Estratto cartografia PGRA (AdB) (scala 1:10.000)

Figura 4 - Carta della pericolosità idraulica dello SU vigente (scala 1:10.000)

Figura 5 – Carta delle MOPS dello SU vigente (scala 1:10.000)

Figura 6 – Carta della pericolosità sismica dello SU vigente (scala 1:10.000)

TAVOLE:

Tav.1 – Inquadramento generale

Tav.2 – Carta geomorfologica, geologica, geolitotecnica e Idrogeologica

Tav. 3 – Carta con ubicazione indagini geognostiche e sezione litostratigrafica schematica

1 PREMESSA

La presente relazione, redatta su incarico della Società Acque Spa, ha per oggetto lo studio geologico del sito in cui è prevista la realizzazione dell'intervento edilizio in progetto, posto lungo il corso di Via delle Medaglie d'oro della Resistenza, in Loc. Ponte a Elsa, nel Comune di Empoli (FI).

Più precisamente il progetto prevede la costruzione di una centralina di sollevamento in cls interrata, provvista di n°2 pompe, all'interno di un'area pubblica.

Per tutti i dettagli si rimanda alla relazione tecnica generale e agli elaborati progettuali a cura dei Progettisti.

La presente relazione considera il D.P.G.R. 25 Ottobre 2011, n. 53/R *"Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della Legge Regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche"* e rappresenta una sintesi delle conoscenze comprendente la raccolta della documentazione relativa al quadro conoscitivo esistente, come esso risulta in base al Piano Regolatore Generale (P.R.G.), al Piano Strutturale (P.S.), al Regolamento Urbanistico (R.U.) e alle cartografie dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (Bacino del Fiume Arno: P.A.I. e P.G.R.A.), per inquadrare le problematiche ed i vincoli presenti sul territorio.

Comprende inoltre l'inquadramento del progetto nel contesto delle cartografie tematiche di supporto ai regolamenti vigenti, nonché l'individuazione delle principali problematiche geotecniche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche inerenti l'intervento previsto.

Il Comune di Empoli (FI), con la D.G.R.T. n° 421 del 26.05.2014, è stato inserito fra i comuni sismici in Zona sismica 3.

Si fa presente inoltre che l'area in esame non è soggetta al Vincolo Idrogeologico (R.D. 3267/1923, L.R. 39/00 – D.P.G.R. 48/R del 08/08/2003 e s.m.i.).

2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

La presente nota è stata redatta in ottemperanza alla normativa vigente di seguito specificata:

- **D.M.LL.PP. dell'11 marzo 1988;**
- **D.P.G.R. 25 Ottobre 2011, n. 53/R** "Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della Legge Regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche;
- **D.P.C.M. 06/05/2005** - Piano di Bacino del Fiume Arno (P.A.I.) – Stralcio Assetto Idrogeologico;
- **Del. C.I. n° 235 del 3 marzo 2016** - Autorità di Bacino del Fiume Arno - Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.).
- **L.R. 21 maggio 2012** - Disposizioni urgenti in materia di difesa dal rischio idraulico idraulico e tutela dei corsi d'acqua
- **D.Lgs 10/02/2006 n. 152** - "Norme in materia di Ambiente";
- **Del. GRT n. 421 del 26/05/2014** - classificazione sismica del territorio regionale;
- **Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Firenze;**
- **Strumenti Urbanistici del Comune di Empoli (FI).**

3. CARATTERISTICHE GENERALI DELL'INTERVENTO

L'intervento in progetto, come accennato in premessa, riguarda la realizzazione di una centralina di sollevamento in cls prefabbricata, all'interno della quale sono presenti:

- n°1 vasca per l'alloggiamento di n°2 pompe di sollevamento, avente dimensioni 2,40 m x 2,50 m;
- n° 1 camera di manovra, con dimensioni 2,40 m x 1,50 m.

L'opera risulta completamente interrata.

Per tutti i dettagli si rimanda alla relazione tecnica generale e agli elaborati progettuali allegati.

4 – CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO DI INTERVENTO

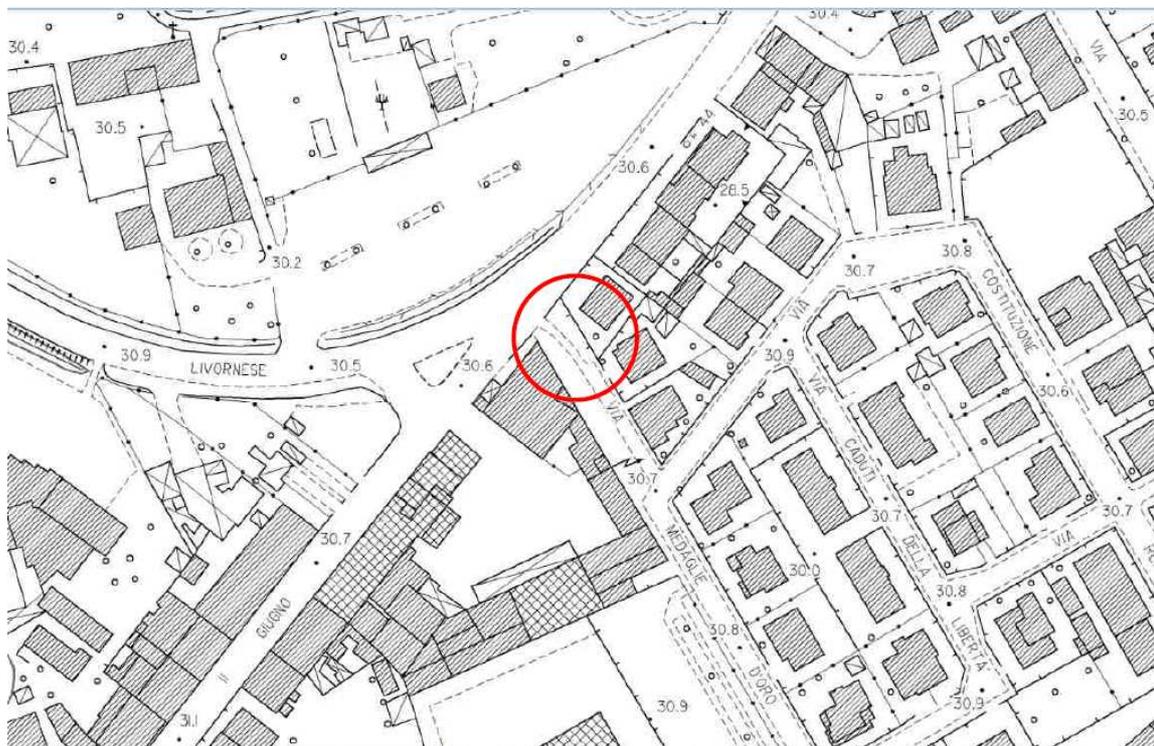
4.1 – INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il sito in studio (Tav.1) si colloca nel territorio comunale di Empoli (FI), ad una distanza di circa 3,60 Km in direzione W/SW dal centro urbano del suddetto Capoluogo, all'interno della frazione Ponte a Elsa.

Dal punto di vista fisiografico detta area si localizza nella pianura alluvionale del Fiume Elsa, in destra idrografica di detto corso d'acqua.

Il comparto d'intervento sorge lungo il corso di Via Medaglie d'Oro della Resistenza, nel settore territoriale delimitato a nord dal tracciato della S.P. n°10/Via 2 Giugno, a sud da Via della Costituzione Repubblicana e ad est dalla S.R. 429 (Via Senese Romana).

Il piano campagna del settore interessato dall'intervento, dalla cartografia disponibile a maggior dettaglio (CTR 1:2.000) presenta un'elevazione di circa 30 m s.l.m..



Estratto CTR in scala 1:2.000

L'area d'interesse è inquadrata nelle sezioni 274110 e 274111 della cartografia CTR in scala 1:10.000 e 1:5.000 rispettivamente, e nell'elemento 18I59_2002 in scala 1:2.000 reperibili sul sito *on-line* della RT.

4.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Dal punto di vista geologico l'area in esame è impostata sui depositi alluvionali recenti e attuali non terrazzati del fiume Arno e dei suoi tributari, con particolare riferimento al Fiume Elsa (Tav. 2).

In particolare il comparto di stretta pertinenza dell'intervento si colloca a una distanza di circa 230 m dalla sponda destra dell'Elsa e a circa 3,50 Km in direzione Sud dall'argine in sinistra idrografica del suddetto recettore principale.

I depositi alluvionali mostrano in superficie una composizione prevalentemente limoso-argillosa, con intercalazioni di limi sabbiosi, con eccezioni abbastanza rare e limitate alle zone di paleoalveo (Arnovecchio etc.), ove si rilevano livelli di ciottoli e ghiaie di potenza variabile. Si fa comunque presente che, anche procedendo in profondità, la frazione fine limosa e argillosa risulta preponderante su quella granulare. I dati stratigrafici disponibili indicano la presenza di materiali a comportamento prevalentemente coesivo fino a profondità variabili tra -15,00/-20,00 m, con un livello ciottoloso-ghiaioso con sabbia in matrice limoso-argillosa basale, avente in genere uno spessore massimo di circa 7/15 metri.

Ovviamente, trattandosi di una pianura alluvionale, la situazione sopra descritta può subire locali variazioni (eteropie di facies) in ragione della variabilità degli apporti detritici nel tempo da parte dei corsi d'acqua, correlata alle modifiche del loro regime idrodinamico. Una delle caratteristiche principali di tali sedimenti risulta essere la forte eterogeneità della granulometria e la possibile presenza di locali orizzonti contraddistinti da valori di compressibilità più elevati rispetto alle litologie predominanti.

Data la condizione antropizzata del comparto in esame i depositi alluvionali sopra descritti risultano localmente sormontati da materiali di riporto di composizione eterogenea e potenza variabile o da materiali rimaneggiati.

4.3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'inquadramento geomorfologico generale dell'area all'interno della quale si inserisce il sito in esame è stato ricostruito attraverso l'analisi della "Carta geomorfologica" dello Strumento Urbanistico vigente (Tav. 2), supportata da un rilievo

RELAZIONE GEOLOGICA
DI SUPPORTO AL PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI CENTRALINA DI SOLLEVAMENTO IN CLS
IN VIA MEDAGLIE D'ORO DELLA RESISTENZA, LOC. PONTE A ELSA,
NEL COMUNE DI EMPOLI (FI).

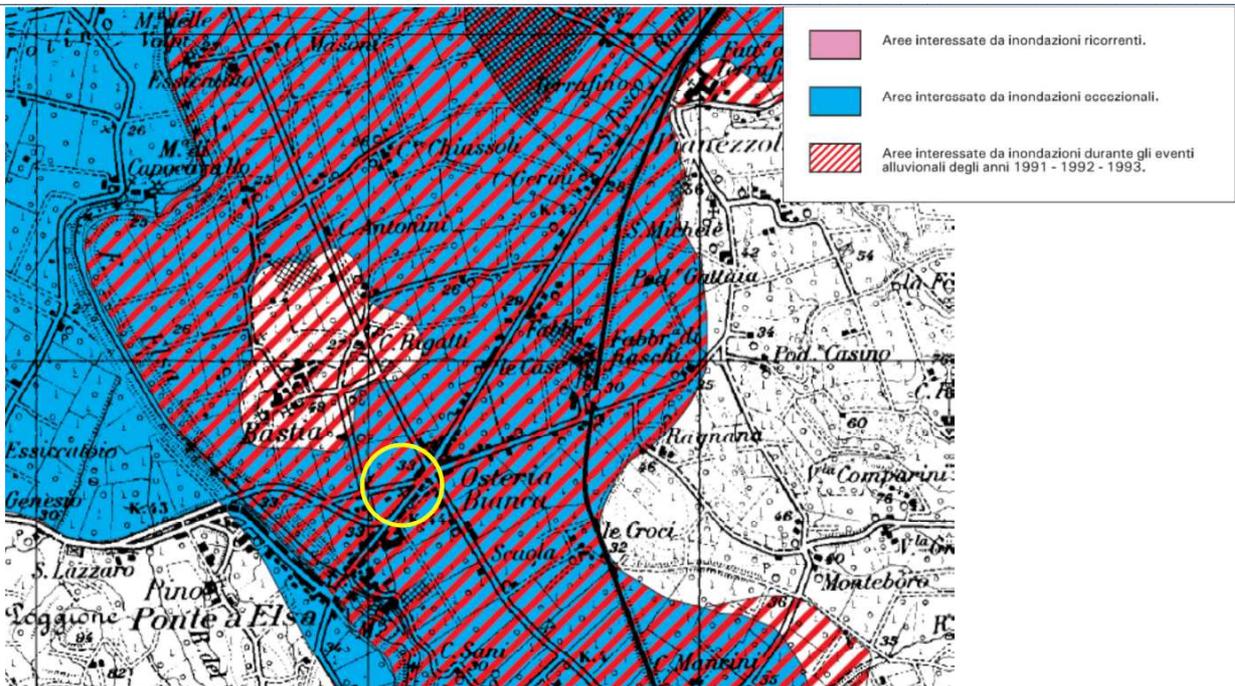
di campagna e dalle conoscenze ottenute con precedenti studi condotti in aree limitrofe a quella d'interesse.

Dal punto di vista geomorfologico, visto il carattere pianeggiante dell'area (pendenze <5%), non si segnalano particolari forme e/o processi degni di nota riferibili a processi di tipo gravitativo e/o a dissesti naturali, cartografate invece sui rilievi collinari prospicienti la vallata dell'Arno s.l..

Le forme tipiche della pianura alluvionale sono soprattutto legate a interventi di tipo antropico, come la costruzione di opere di difesa spondale (presenti lungo le sponde del Fiume Arno e lungo il Fiume Elsa), la realizzazione di fossi per svolgere il drenaggio delle acque superficiali nelle aree scarsamente urbanizzate e interventi di sbancamenti e riporti eseguiti favorire lo sviluppo delle vie di comunicazione e gli insediamenti umani, che danno luogo a numerose scarpate di limitata altezza. In particolare, in direzione Nord, si segnalano il rilevato ferroviario della linea Firenze-Pisa e i riporti connessi alla realizzazione della strada di grande comunicazione Firenze-Pisa-Livorno.

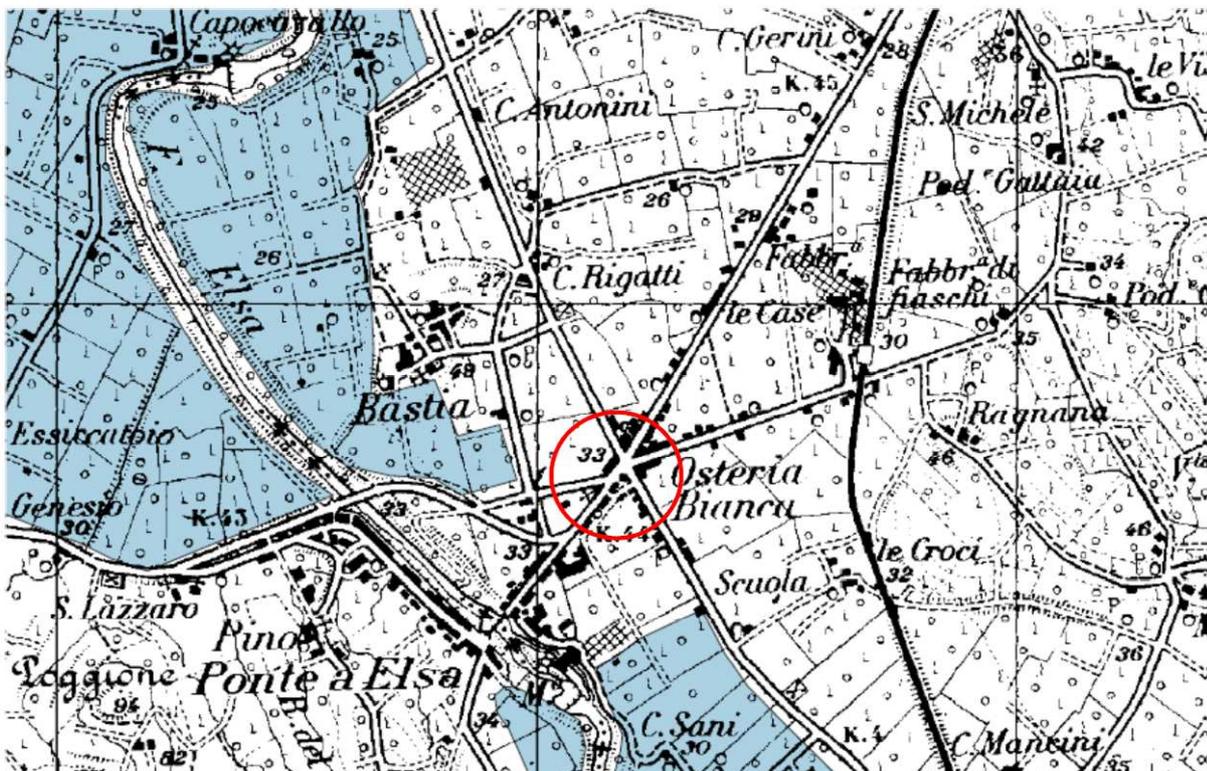
Nelle cartografie del P.A.I. dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno (Piano Stralcio Rischio Idraulico - Carta Guida delle aree Allagate) con particolare riferimento allo stralcio n°65 redatto in scala 1:25.000 - livello di sintesi, la porzione di pianura alluvionale di nostro interesse risulta caratterizzata da notizie storiche di esondazione relative agli eventi alluvionali del novembre 1966 e degli anni 1991,1992 e 1993 (stralcio sotto riportato).

RELAZIONE GEOLOGICA
DI SUPPORTO AL PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI CENTRALINA DI SOLLEVAMENTO IN CLS
IN VIA MEDAGLIE D'ORO DELLA RESISTENZA, LOC. PONTE A ELSA,
NEL COMUNE DI EMPOLI (FI).



Estratto Carta Guida delle Aree Allagate dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno (Scala 1:25.000)

Tale settore non fa parte delle aree di pertinenza fluviale dell'Elsa.



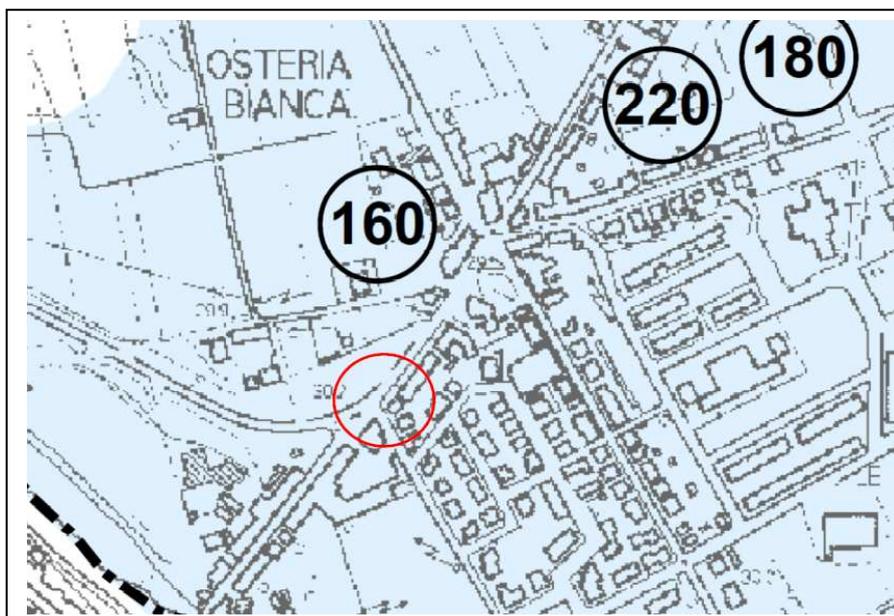
Estratto Carta delle aree di pertinenza fluviale dell'Arno e dei suoi affluenti dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno (Scala 1:25.000)

RELAZIONE GEOLOGICA
 DI SUPPORTO AL PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI CENTRALINA DI SOLLEVAMENTO IN CLS
 IN VIA MEDAGLIE D'ORO DELLA RESISTENZA, LOC. PONTE A ELSA,
 NEL COMUNE DI EMPOLI (FI).

Dalla "Carta delle aree allagate" redatta a supporto del vigente S.U. dall'Ufficio Tecnico del Genio Civile di Area Vasta Firenze-Prato-Pistoia-Arezzo congiuntamente ai tecnici comunali il comparto di intervento risulta inserito all'interno di un settore territoriale raggiunto dalle acque di esondazione durante il solo evento alluvionale del Novembre 1966, per il quale nella zona posta a nord della S.P. n°10 è indicato uno spessore di acqua registrato pari a circa 1,60 m rispetto al p.c..

Durante il 1966 l'area fu investita dall'esondazione dell'Elsa, con battenti che superarono in genere 1,50 m di altezza e che raggiunsero anche altezze massime di 2,90 m a Marcignana. L'evento è riconducibile alla rottura degli argini all'altezza degli abitati di Fontanella e S. Andrea.

L'episodio alluvionale del 1992, non interessante l'areale in esame, ha riguardato essenzialmente le campagne ad ovest di Empoli, tra l'Arno e la S.G.C. FI-PI-LI, il cui rilevato ha funzionato in parte da argine. La causa dell'esondazione è stata attribuita in buona parte al fatto che sarebbero rimaste chiuse le cateratte all'immissione in Arno dei vari corsi d'acqua minori, dando origine ai fenomeni di rigurgito che hanno prodotto le inondazioni delle aree più depresse e fenomeni di ristagno.



 REGIONE TOSCANA	 Comune di Empoli
Ufficio Tecnico del Genio Civile di Area Vasta Firenze-Prato-Pistoia-Arezzo	
STUDIO IDROLOGICO IDRAULICO DI SUPPORTO AL NUOVO REGOLAMENTO URBANISTICO DEL COMUNE DI EMPOLI L.R. n° 1/03/01/2005 - D.P.G.R. 25/11/2011 n° 53/R - D.P.C.M. 06/05/2005 e D.Lgs n° 49/23/02/2010	
Tavola 2 - Carta delle aree allagate	
Dirigente Ufficio Tecnico del Genio Civile Ing. G.Fianchisti	Comune di Empoli Dirigente Gestione del Territorio Arch. M.Carletti
Gruppo di Lavoro Ing. F.Baroni Ing. F.Martelli Geol. C. Simoncini	
Marzo 2013	

Legenda	
<p>Altezza acqua esondazioni</p> <p>○ Altezza dell'acqua (cm) sopra p.c. Novembre 1966</p> <p>□ Altezza dell'acqua (cm) sopra p.c. Ottobre 1993</p> <p>Rotture argini</p> <p>* Rottura argine 1966</p> <p>* Rottura argine 1993</p> <p>☐ uscita rii minori 1993</p> <p>--- Confini comunali</p>	<p>..... Limite delle aree allagate nell'evento del 1844</p> <p>▨ Aree soggette a ristagni localizzati secondo dichiarazioni pro-veritate dei proprietari del Dicembre 2002</p> <p>Aree allagate</p> <p>■ Aree allagate nel Novembre 1966</p> <p>▨ Aree allagate nel 1992</p> <p>▨ Aree allagate e/o di ristagno (1992/1993)</p>

*Estratto Carta delle Aree
 Allagate dello SU vigente (Scala
 originaria 1:12.500)*

4.4. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO GENERALE

L'idrografia della porzione territoriale di nostro interesse è marcata dalla presenza dei due assi drenanti principali, rappresentati dal Fiume Arno (a Nord) e dal suo tributario sinistro, il Fiume Elsa.

Nelle aree non edificate sono presenti fossi campestri che garantiscono il recapito delle acque superficiali e sub-superficiali verso i recettori principali sopra menzionati.

Dal punto di vista idrogeologico gli studi di carattere generale riguardanti la pianura alluvionale di Empoli individuano due distinti complessi acquiferi principali, le cui caratteristiche sono riportate schematicamente di seguito:

- **acquifero superiore (A1) costituito da livelli sabbiosi lenticolari a tratti ciottolosi e di spessore variabile.**

La falda superficiale si attesta a profondità comprese entro i -15,00 m dal p.c.. Si tratta di una falda sostanzialmente di tipo freatico che assume carattere semi-freatico in relazione alla locale presenza di una copertura limosa al tetto dell'acquifero. L'acquifero in questione presenta una permeabilità media valutata in 10^{-5} m/s. L'alimentazione è determinata oltre che dall'infiltrazione diretta meteorica anche dalla ricarica da parte dei corsi d'acqua della zona (Piovola, Orme, Arno);

- **acquifero inferiore (A2) costituito da terreni ghiaiosi-ciottolosi di base del ciclo sedimentario alluvionale.**

Si tratta di un acquifero localizzato all'interno di terreni di composizione ghiaioso-ciottolosa con matrice sabbiosa e confinato quasi sempre al tetto da terreni limoso-argillosi (acquitardo). L'acquifero è quello principale della piana dell'Arno e dei tributari minori, ed è sfruttato per usi idropotabili nel campo pozzi di Corniola. Il tetto della falda (confinata) si pone a circa -10,00/-20,00 m dal p.c. di riferimento e lo spessore è molto variabile, con una potenza massima di circa 10,00 m. Tra l'acquifero superiore e quello inferiore si pone un livello quasi continuo argilloso-limoso. I due acquiferi vengono in contatto solo lateralmente e in limitate zone ove si ritrovano solo limi sabbiosi. L'alimentazione avviene oltre che per via diretta dai corsi d'acqua, sia per infiltrazione diretta meteorica sia per apporti laterali dai sedimenti pliocenici. L'andamento delle piezometriche è molto influenzato dagli attingimenti acquedottistici e industriali.

Detti acquiferi non hanno andamento costante nella piana di Empoli, ma risentono in maniera sensibile dei vecchi paleoalvei dell'Arno e dei suoi tributari, quindi si possono ritrovare anche zone in cui non si rinvergono strati prettamente sabbiosi e ghiaiosi, mentre si ritrovano livelli limoso-sabbiosi che comunque contengono una falda da tenere presente negli interventi edilizi.

Dall'analisi della "Carta Idrogeologica" dello S.U. vigente (Variante al P.S. - maggio 2013) i terreni affioranti nell'area d'intervento e in un congruo intorno di essa, costituiti prevalentemente da sedimenti fini limosi e argillosi, mostrano nel complesso un basso grado di permeabilità (CLASSE 1).

Dall'esame di detta cartografia (Tav. 2), riportante anche la ricostruzione delle curve isopiezometriche, la falda è attesa alla quota di circa 26,5 m s.l.m., con una soggiacenza corrispondente a circa -3,50 m dal p.c. di riferimento, e con direzione di flusso strettamente dipendente dagli emungimenti dei campi pozzi di Terrafino e Castelluccio, posti a NE.

Il livello acquifero sopra menzionato, sulla base dei dati dello S.U. vigente, è soggetto a escursioni stagionali dell'ordine di 2-3 m.

Il quadro idrogeologico delineato indica la probabilità di presenza di acqua alle profondità interessate dalle operazioni di sbancamento. L'esecuzione dei lavori durante la stagione estiva, quando la falda assumerà i valori minimi, potrà ridurre sensibilmente la possibilità di presenza di acque nel fondo scavo.

A seguito delle indagini geognostiche puntuali si potranno avere informazioni più precise circa la profondità della falda.

5 – PERICOLOSITA' DELL'AREA (S.U. COMUNALE VIGENTE E AUTORITA' DI BACINO DISTRETTUALE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE DEL FIUME ARNO).

In riferimento alla pericolosità dell'area in studio sono stati analizzati i contenuti delle Indagini Geologico-Tecniche di supporto al vigente S.U. comunale, redatto ai sensi del D.P.G.R. 53/R del 2011.

Per quanto attiene le problematiche idrauliche territoriali esse sono state valutate mediante uno studio idrologico-idraulico redatto, a supporto del nuovo Regolamento

Urbanistico comunale, dai tecnici dell'Ufficio Tecnico del Genio Civile di Area Vasta Firenze-Prato-Pistoia-Arezzo, la cui collaborazione con il Comune di Empoli è disciplinata tramite apposita convenzione. Detto studio è stato inoltre finalizzato all'aggiornamento della pericolosità idraulica del Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno del territorio empolesse.

Il comparto d'intervento ricade nelle seguenti classi di pericolosità:

G.2 - Pericolosità geologica media (fig. 1)

Aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%.

I.2 - Pericolosità idraulica bassa (fig. 4)

Aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $200 < T_r \leq 500$ anni. Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici idraulici rientrano in classe di pericolosità media le aree di fondovalle per le quali ricorrano le seguenti condizioni:

- a) non vi sono notizie storiche di inondazioni;
- b) sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

Dallo studio idraulico sopra menzionato è stata consultata anche la "Carta dei Livelli - Empoli Ovest" (estratto in fig. 2), nella quale l'area in esame risulta inserita all'interno della cella idraulica VM-052g, per la quale non sono indicate le quote assolute del livello dell'acqua per eventi alluvionali relativi a tempi di ritorno duecentennali. Per lo studio sopra menzionato il comparto d'intervento è classificato come "area di potenziale esondazione".

Per definire la pericolosità dell'area sono stati, inoltre, presi in considerazione gli elaborati cartografici redatti dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (Bacino del Fiume Arno). Con l'adozione del P.G.R.A. (Piano di Gestione

RELAZIONE GEOLOGICA
DI SUPPORTO AL PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI CENTRALINA DI SOLLEVAMENTO IN CLS
IN VIA MEDAGLIE D'ORO DELLA RESISTENZA, LOC. PONTE A ELSA,
NEL COMUNE DI EMPOLI (FI).

del Rischio Alluvioni – approvato con seduta del Comitato Istituzionale n°235 del 3 marzo 2016 e redatto ai sensi della direttiva 2007/60/CE, D.lgs 152/06 e s.m.i., D.lgs 219/2010), il P.A.I. (Piano stralcio Assetto Idrogeologico) ha visto modificato in parte i propri contenuti. Per quanto riguarda il bacino dell'Arno, infatti, i temi relativi alla pericolosità e rischio idraulico, al fine di semplificarli e aggiornarli secondo i disposti europei (di cui alla direttiva "alluvioni" 2007/60/CE), sono trattati nel suddetto piano e nella relativa disciplina. Non vengono modificati i contenuti e le norme d'uso riguardanti la pericolosità e il rischio da frana nel bacino di cui al PAI "frane", che continua ad essere lo strumento del Piano di Bacino per l'individuazione delle aree a pericolosità da frana e impone agli strumenti pianificatori locali vincoli e condizioni per l'analisi del territorio. Le norme di PAI pertanto continuano a mantenere la loro operatività per quanto non espressamente in contrasto con la Disciplina di P.G.R.A. e in ogni caso per tutti gli articoli della normativa facenti riferimento a pericolosità e rischio da frana.

Detto questo, il comparto d'interesse non figura tra le aree a rischio frana riportate negli elaborati cartografici di cui alla "*Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante*" – Livello di sintesi in scala 1:25.000 redatti dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno (Piano Stralcio Assetto Idrogeologico - P.A.I. – approvato con DPCM del 06/05/05).

Dalla consultazione della cartografia del sopra menzionato P.G.R.A., con particolare riferimento allo stralcio n°396 in scala 1:10.000 della cartografia prodotta nel marzo 2016, il comparto d'intervento (fig. 3) ricade all'interno di un'area classificata come P1 a *pericolosità da alluvione bassa*, corrispondente ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni e comunque corrispondenti al fondovalle alluvionale.

In dette aree, normate dall'art. 11 della relativa disciplina di piano (SEZIONE I - Pericolosità da alluvione - Norme e indirizzi a scala di bacino), è consentito quanto segue:

"1) Nelle aree P1 sono consentiti gli interventi previsti dagli strumenti urbanistici garantendo il rispetto delle condizioni di mitigazione e gestione del rischio idraulico.

2. La Regione disciplina le condizione di gestione del rischio idraulico per la realizzazione degli interventi nelle aree P.1."

Alla luce di quanto sopra esposto si rileva che infine che l'intervento in progetto non ricade nell'ambito di applicazione della L.R. 21/2012, Artt. 1-2 (*disposizioni urgenti in materia di rischio idraulico e tutela dei corsi d'acqua in quanto si pone all'esterno della fascia di larghezza di 10 metri dei corsi d'acqua di cui al quadro conoscitivo del PIT e del PAI, e da Aree a Pericolosità Idraulica Molto Elevata di P.R.G. o di PAI*).

Dal punto di vista della pericolosità sismica locale nella cartografia dello S.U. vigente l'area in esame ricade all'interno delle zone interessate dallo studio di Microzonazione Sismica di 1° Livello, secondo i criteri definiti all'O.D.P.C.M.3907/2010. In particolare, come osservabile nell'estratto della carta delle MOPS redatta a supporto del vigente SU (all. 5), il settore territoriale all'interno del quale si inserisce l'intervento in progetto è classificato come Zona stabile suscettibile di amplificazioni (Z1) ed è classificato a pericolosità sismica locale media S2 (fig. 6).

Per gli aspetti relativi al rischio sismico la riclassificazione sismica regionale di cui alla Deliberazione G.R.T. n. 878 del 8/10/2012, aggiornamento redatto ai sensi dell'Ord. P.C.M. 3519/2006 al fine del recepimento delle novità introdotte dalle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008), inserisce il territorio comunale di Empoli (FI) nella zona 3.

6 –CONSIDERAZIONI SULLA FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO.

Alla luce di quanto esaminato e sulla base delle specifiche valutazioni sulle effettive problematiche dell'area in studio, eseguite a partire dalla documentazione geologica redatta a supporto dello S.U. vigente e dagli strumenti sovraordinati (abaco di fattibilità allegato alle NTA del RU), è emerso che all'intervento in progetto è possibile assegnare una classe di **fattibilità 2 con normali vincoli** in relazione alle problematiche di natura geologica, idraulica e sismica: **F.G.2/F.I.2/F.S.2..**

La Fattibilità 2 si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.

Fattibilità geologica F.G.2 – con normali vincoli

Nelle situazioni caratterizzate da pericolosità geologica media (G.2) possono non essere dettate condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere geologico.

In considerazione dell'entità degli scavi in progetto si dovrà procedere con la massima cautela operativa durante tutte le fasi realizzative. Durante le fasi di scavo la zona di spinta dovrà essere drenata e protetta da eventuali infiltrazioni di acque superficiali o di qualsiasi origine. Si raccomanda la preventiva verifica da parte dell'Ingegnere Strutturista, della profondità d'imposta delle opere fondazionali del muro di confine esistente, in modo da escludere che le operazioni di sbancamento in progetto possano alterare il cuneo di sostegno delle stesse, interferendo con le condizioni statiche del manufatto. Dovranno quindi essere eseguite opportune verifiche da parte di detta professionalità al fine di prevedere, se del caso, tutti gli accorgimenti tecnici ritenuti necessari a garantire la stabilità delle strutture esistenti e la sicurezza delle maestranze, nel rispetto del D.Lgs 81/2008. I materiali di risulta delle operazioni di scavo non dovranno essere accumulati neppure temporaneamente in prossimità del fronte di sbancamento. Lo stoccaggio definitivo e/o lo smaltimento di detti materiali dovranno essere gestiti nel rispetto della vigente normativa in materia (D.Lgs 152/06 e ss.mm.ii. e DPR 120/2017).

Fattibilità idraulica F.I.2 – con normali vincoli

Per quanto attiene i criteri generali di fattibilità nelle situazioni caratterizzate da pericolosità idraulica media per gli interventi di nuova edificazione e per le nuove infrastrutture possono non essere dettate condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere idraulico.

Dal punto di vista idraulico le opere in progetto risultano completamente interrato e la loro realizzazione non interferirà in alcun modo con il naturale deflusso delle acque. Data l'eventualità che l'area possa essere interessata dalle acque di divagazione in concomitanza di eventi esondativi, dovrà essere assicurata la tenuta idraulica delle strutture in progetto.

Fattibilità sismica F.S.2 – con normali vincoli

In questi casi non è necessario indicare le condizioni di fattibilità specifiche per la fase attuativa o per la valida formazione del titolo abilitativo dell'attività edilizia. Non sono necessarie prescrizioni specifiche dovute a limitazioni di carattere sismico.

RELAZIONE GEOLOGICA
DI SUPPORTO AL PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI CENTRALINA DI SOLLEVAMENTO IN CLS
IN VIA MEDAGLIE D'ORO DELLA RESISTENZA, LOC. PONTE A ELSA,
NEL COMUNE DI EMPOLI (FI).

Ottemperando a quanto sopra indicato l'intervento in progetto risulta compatibile con il locale assetto geologico, geomorfologico, idrologico-idraulico e sismico e conforme alla vigente normativa comunale e sovracomunale.

7. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Nel presente paragrafo si riassumono i risultati dell'indagine penetrometrica realizzata in corrispondenza della stazione di sollevamento di progetto.

PROVA CPT1 (PONTE A ELSA - VIA 2 GIUGNO)

PARAMETRI GEOTECNICI MEDI

Orizzonte	Descrizione litologica (profondità base strato – m da p.c.)	γ (g/cm ³)	ϕ (°)	c_u (kg/cm ²)	M_o (kg/cm ²)
1	Terreno di riporto/rimaneggiato (-1,40 m)	1,80	-	-	-
2	Limi argillosi e/o argille limose di bassa/medio-bassa consistenza (-4,00 m)	1,85	-	0,62	48
3	Limi argillosi e/o argille limose scarsamente consistenti (-5,20 m)	1,85	-	0,42	29
4	Limi sabbiosi e sabbie con intercalazioni argillose, da mediamente compatti a compatti (-6,40 m)	1,85	28,5	(1,10)	92
5	Limi argillosi e/o argille limose scarsamente consistenti (-12,00 m - termine prova)	1,85	-	0,38	26,5

PARAMETRI GEOTECNICI MINIMI

Orizzonte	Descrizione litologica (profondità base strato – m da p.c.)	γ (g/cm ³)	ϕ (°)	c_u (kg/cm ²)	M_o (kg/cm ²)
1	Terreno di riporto/rimaneggiato (-1,40 m)	1,80	-	-	-
2	Limi argillosi e/o argille limose di bassa/medio-bassa consistenza (-4,00 m)	1,85	-	0,45	38
3	Limi argillosi e/o argille limose scarsamente consistenti (-5,20 m)	1,85	-	0,30	9
4	Limi sabbiosi e sabbie con intercalazioni argillose, da mediamente compatti a compatti (-6,40 m)	1,85	27	(0,72)	54
5	Limi argillosi e/o argille limose scarsamente consistenti (-12,00 m - termine prova)	1,85	-	0,20	7

Aste asciutte all'estrazione

8. INDAGINI SISMICHE

Nel presente paragrafo si riassumono i risultati dell'indagine sismica masw realizzata all'interno dell'area di progetto.

I valori delle velocità (m/sec) delle onde P e di taglio SH evidenziano l'esistenza di un primo sismostrato tra p.c. e -8,00 m riferibile con ragionevole certezza a materiali rimaneggiati/di riporto/alterazione (onde SH: 192 m/s). Procedendo in profondità e fino a circa -20,00 m dall'analisi delle dromocrone si ricava un incremento delle velocità delle onde SH (230 m/s). Tra -20,00 e -24,00 m si registra un analogo trend, con incremento dei valori delle onde SH di circa 300 m/s. Da -24,00 a -38,00 si registra un modesto decremento delle onde SH, con valori rispettivamente 280 m/s, per poi crescere nuovamente fino alla profondità massima investigata.

Per tutti i dettagli si rimanda all'allegato 2.

9. CONCLUSIONI

L'intervento previsto risulta fattibile con le prescrizioni descritte nella relazione, il progetto dovrà utilizzare le soluzioni tecnico-costruttive e i percorsi autorizzativi coerenti col quadro di vincoli e prescrizioni gravanti sul sito.

Le opere in progetto, previste in area pianeggiante priva di dissesti di carattere geomorfologico, non modificano in alcun modo la condizione di buona stabilità generale dell'area.

L'opera in progetto non eserciterà carichi tali da far presupporre in prima analisi problematiche legate alla compressibilità dei terreni del sottosuolo d'interesse. La suddetta ipotesi sarà verificata con specifici approfondimenti conoscitivi in situ.

Dal punto di vista idraulico l'opera, risultando completamente interrata, non interferirà in alcun modo con il naturale deflusso delle acque.

Sarà necessario procedere alle operazioni di sbancamento con la massima cautela secondo quanto esposto nel precedente capitolo 6, lasciando lo scavo aperto per il minor tempo possibile e provvedendo quindi celermente alla realizzazione delle strutture definitive, in modo tale da non creare fenomeni di decadimento delle caratteristiche geotecniche dei terreni non interessati direttamente dallo scavo con possibili ripercussioni su eventuali manufatti presenti al contorno.

Poiché si ipotizzano possibili interferenze tra le profondità di sbancamento e livelli idrici la zona di spinta dovrà essere drenata e protetta da eventuali infiltrazioni di

RELAZIONE GEOLOGICA
DI SUPPORTO AL PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI CENTRALINA DI SOLLEVAMENTO IN CLS
IN VIA MEDAGLIE D'ORO DELLA RESISTENZA, LOC. PONTE A ELSA,
NEL COMUNE DI EMPOLI (FI).

acque superficiali o di qualsiasi origine. A seguito delle indagini geognostiche puntuali si potranno avere informazioni maggiori anche circa la copertura e la profondità della falda.

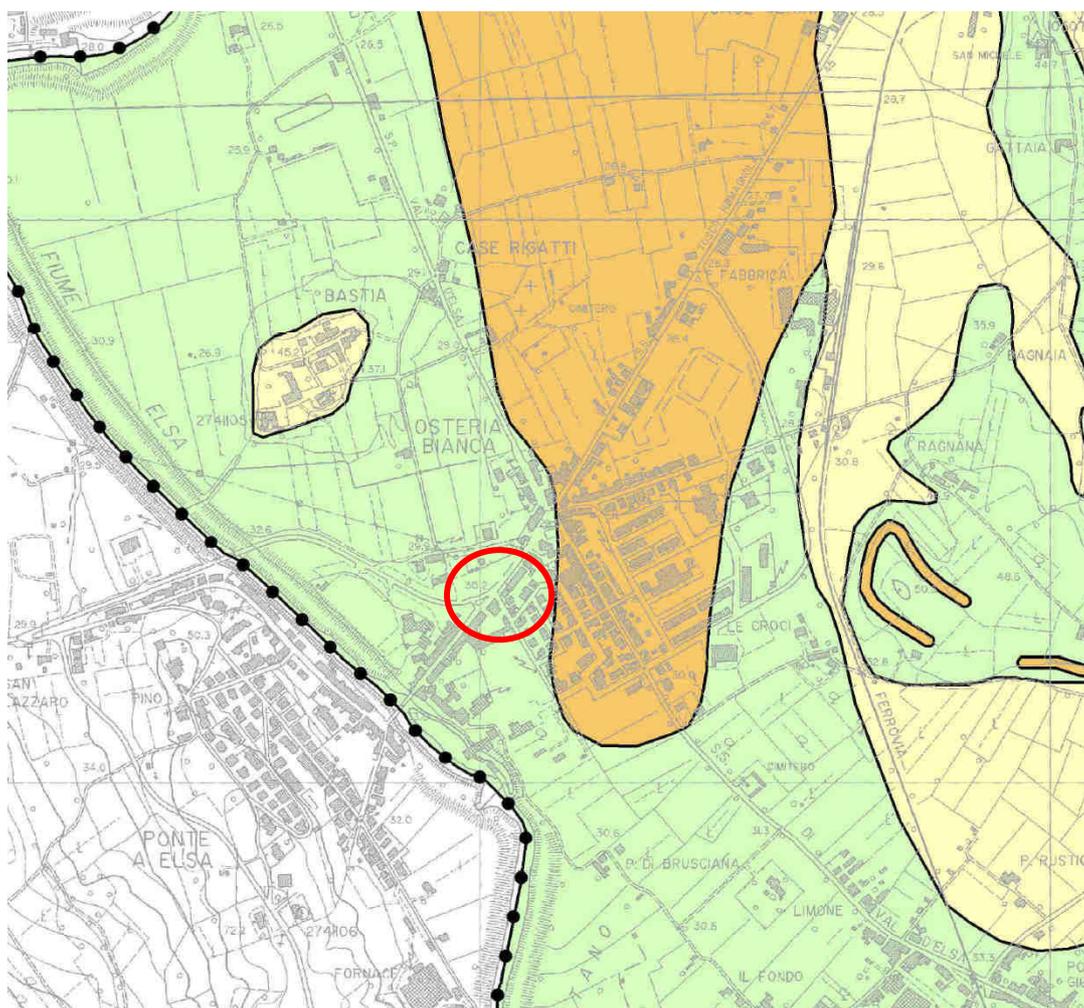
Nelle aree interessate dal progetto dovrà essere rispettata l'attuale regimazione delle acque superficiali e il deflusso ipodermico, per evitare fenomeni di ristagno superficiale.

In relazione a quanto sopra riportato, fatte salve le indicazioni ed i limiti precedentemente esposti, non si ravvedono motivi di impedimento alla realizzazione dell'intervento (così come riportato negli elaborati progettuali) e se ne afferma quindi la fattibilità geologica.

Dott. Geol. Nicola Cempini

FIGURE

RELAZIONE GEOLOGICA
DI SUPPORTO AL PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI CENTRALINA DI SOLLEVAMENTO IN CLS
IN VIA MEDAGLIE D'ORO DELLA RESISTENZA, LOC. PONTE A ELSA,
NEL COMUNE DI EMPOLI (FI).

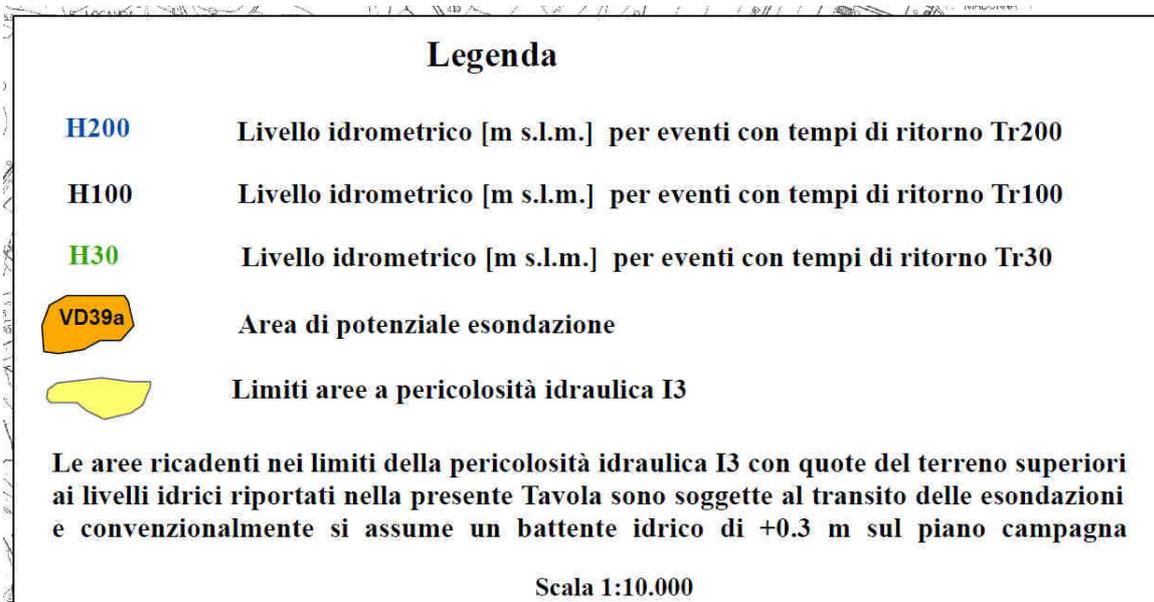
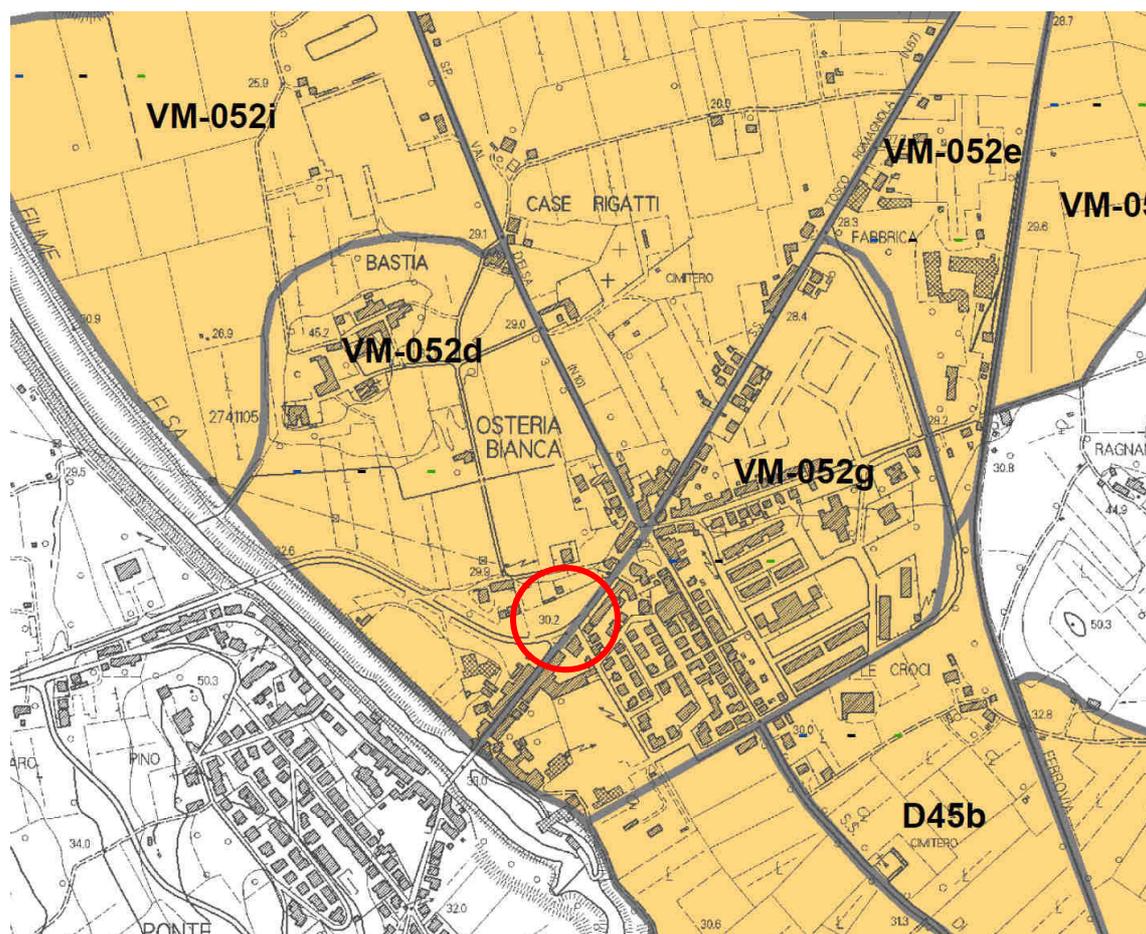


LEGENDA:		
	G1 PERICOLOSITA' GEOLOGICA BASSA	Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.
	G2 PERICOLOSITA' GEOLOGICA MEDIA	Aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 20%.
	G3 PERICOLOSITA' GEOLOGICA ELEVATA	Aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da subsidenza; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 20%.
	G4 PERICOLOSITA' GEOLOGICA MOLTO ELEVATA	Aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza, aree interessate da soliflussi e da intensi fenomeni erosivi.
	DISCARICA	
	CONFINE COMUNALE	

Estratto Carta della Pericolosità geologica del vigente S.U. (scala originaria 1:10.000)

Fig. 1

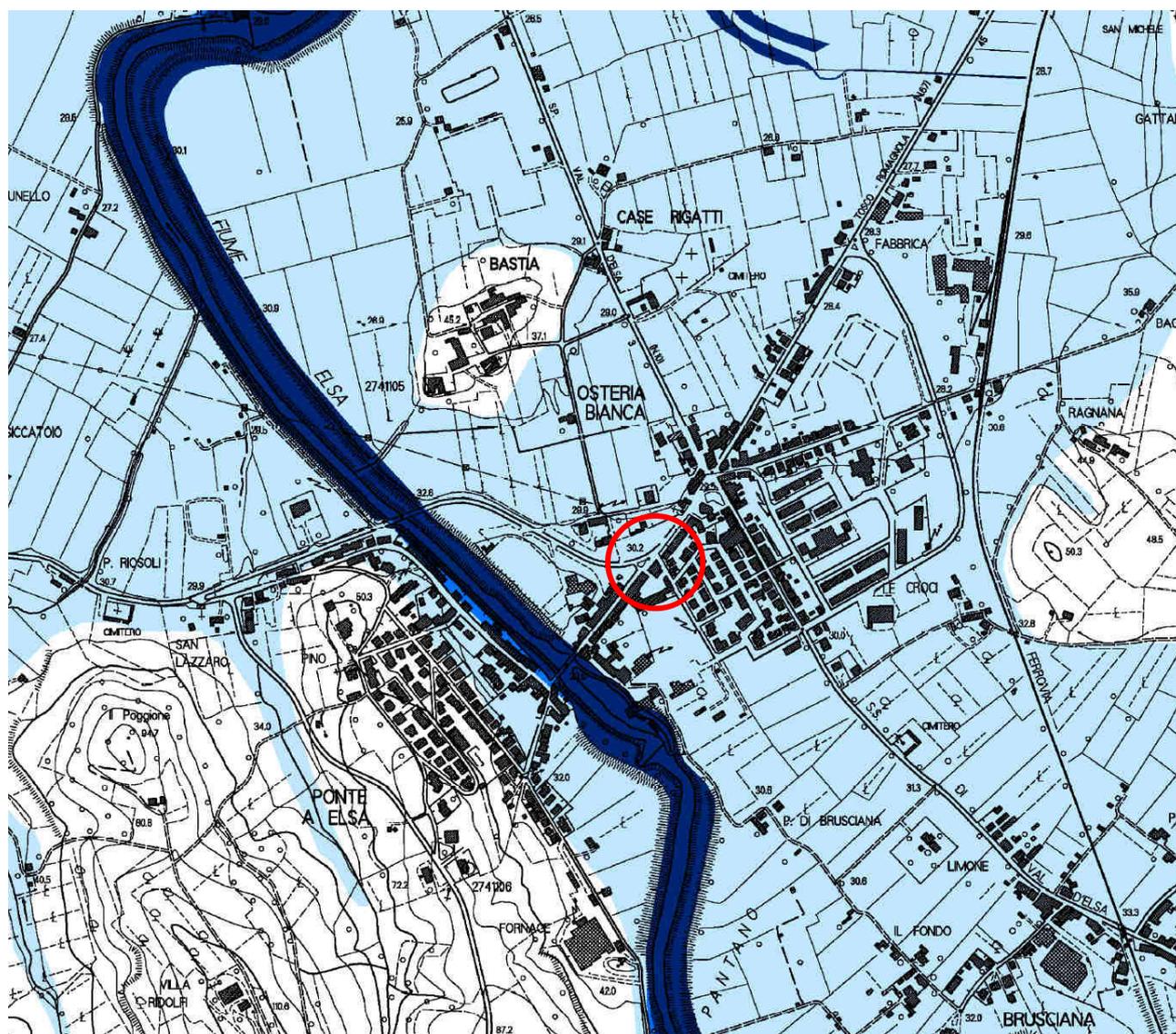
RELAZIONE GEOLOGICA
 DI SUPPORTO AL PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI CENTRALINA DI SOLLEVAMENTO IN CLS
 IN VIA MEDAGLIE D'ORO DELLA RESISTENZA, LOC. PONTE A ELSA,
 NEL COMUNE DI EMPOLI (FI).



Estratto Carta dei Livelli (Empoli Ovest) del vigente S.U. (scala originaria 1:10.000)

Fig. 2

RELAZIONE GEOLOGICA
DI SUPPORTO AL PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI CENTRALINA DI SOLLEVAMENTO IN CLS
IN VIA MEDAGLIE D'ORO DELLA RESISTENZA, LOC. PONTE A ELSA,
NEL COMUNE DI EMPOLI (FI).

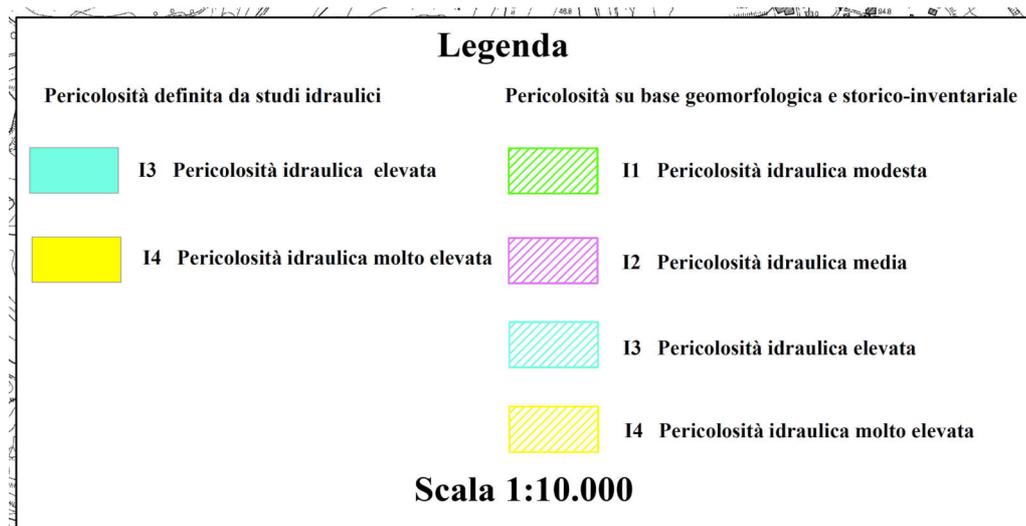
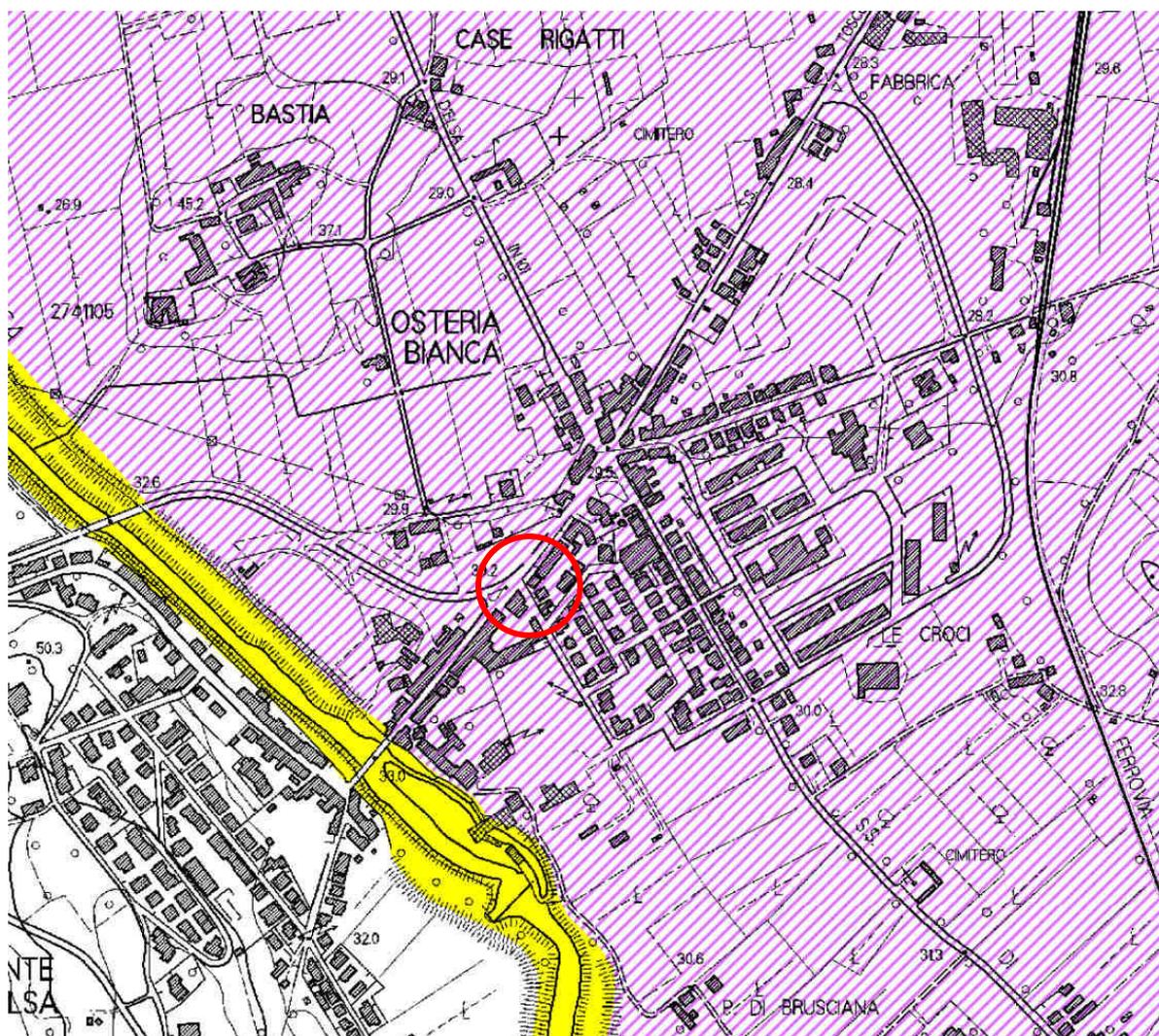


□ P1 □ P2 □ P3

Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni - Pericolosità Idraulica
Autorità di Bacino del Fiume Arno

Fig. 3

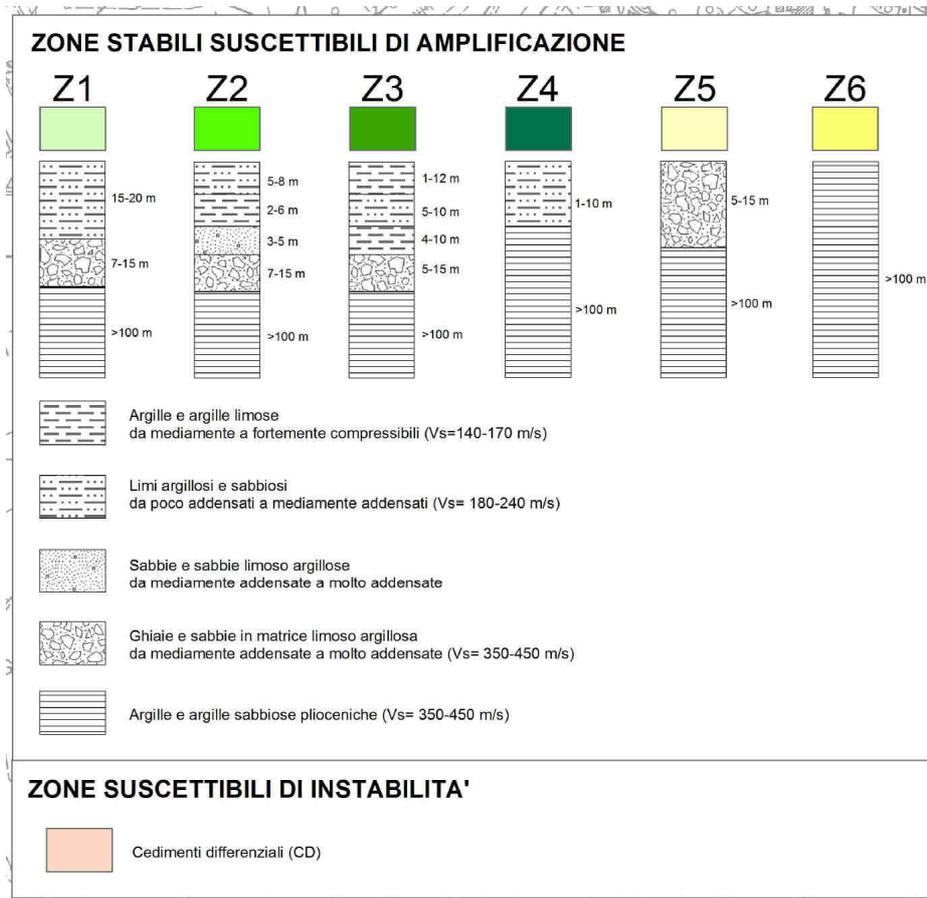
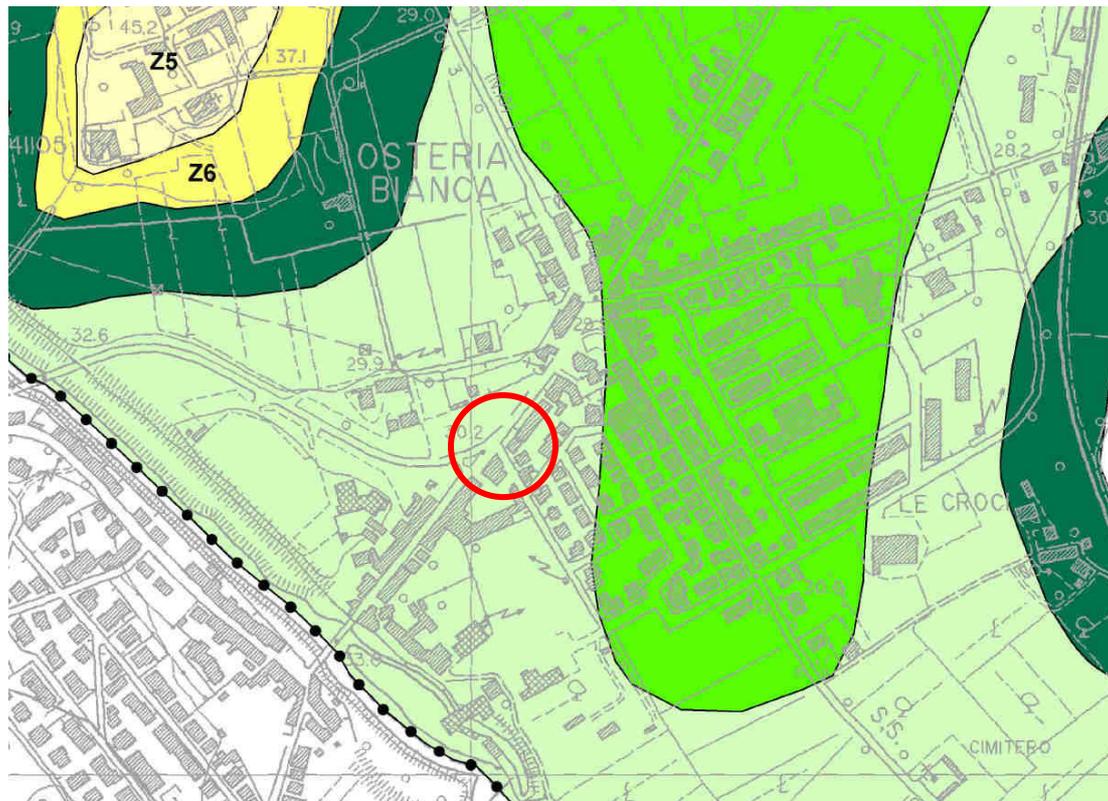
RELAZIONE GEOLOGICA
DI SUPPORTO AL PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI CENTRALINA DI SOLLEVAMENTO IN CLS
IN VIA MEDAGLIE D'ORO DELLA RESISTENZA, LOC. PONTE A ELSA,
NEL COMUNE DI EMPOLI (FI).



Estratto Carta della Pericolosità idraulica del vigente S.U. (scala originaria 1:10.000)

Fig. 4

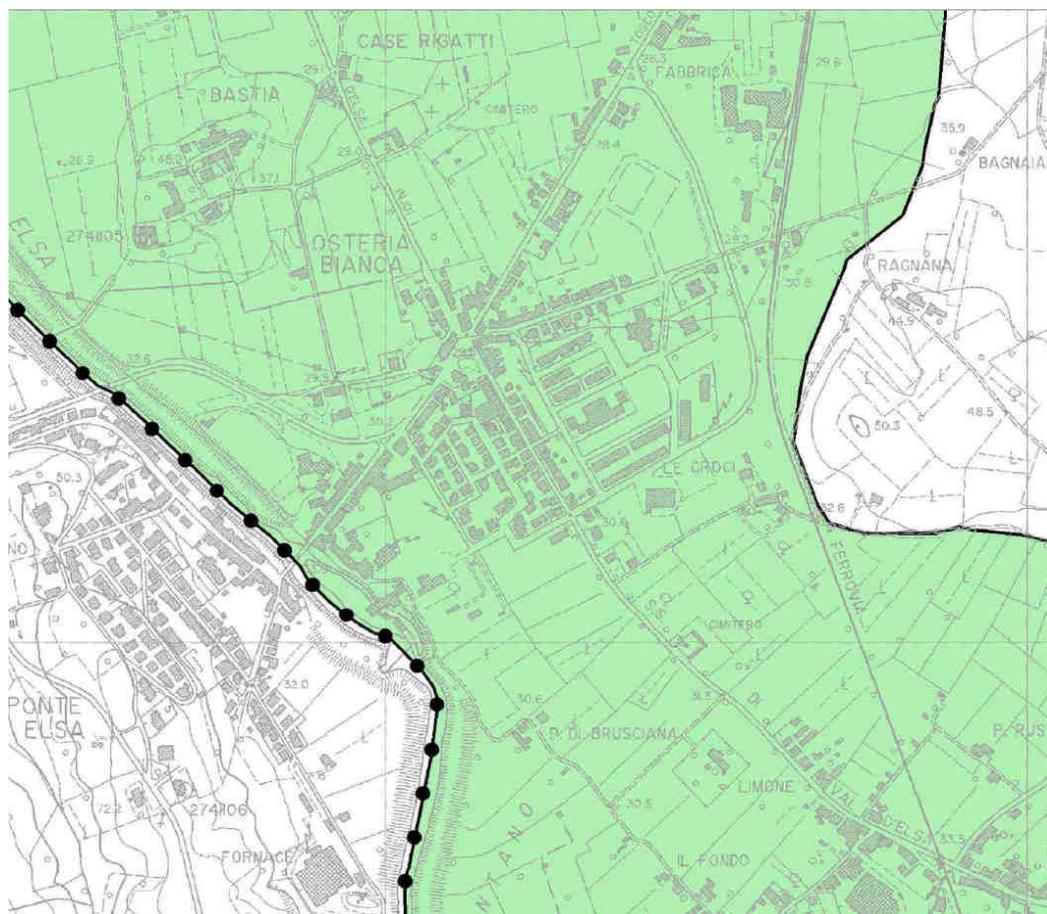
RELAZIONE GEOLOGICA
 DI SUPPORTO AL PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI CENTRALINA DI SOLLEVAMENTO IN CLS
 IN VIA MEDAGLIE D'ORO DELLA RESISTENZA, LOC. PONTE A ELSA,
 NEL COMUNE DI EMPOLI (FI).

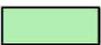


Estratto Carta delle MOPS del vigente S.U. (scala originaria 1:10.000)

Fig. 5

RELAZIONE GEOLOGICA
DI SUPPORTO AL PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI CENTRALINA DI SOLLEVAMENTO IN CLS
IN VIA MEDAGLIE D'ORO DELLA RESISTENZA, LOC. PONTE A ELSA,
NEL COMUNE DI EMPOLI (FI).



LEGENDA:	
 S2 PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE MEDIA	Zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe S3);
 S3 PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE ELEVATA	Zone suscettibili di instabilità di versante quiescente e che pertanto potrebbero subire riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; terreni suscettibili di liquefazione dinamica (per tutti tranne quelli classificati in Zona sismica 2); zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche significativamente diverse; aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e faglie capaci (faglie che potenzialmente possono dare deformazioni in superficie); zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri;
 S4 PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE MOLTO ELEVATA	Zone suscettibili di instabilità di versante attiva e che pertanto potrebbero subire un accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; terreni suscettibili di liquefazione dinamica in comuni classificati in Zona Sismica 2;
 CONFINE COMUNALE	

Estratto Carta della Pericolosità Sismica Locale del vigente S.U. (scala originaria 1:10.000)

Fig. 6

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT

Il presente certificato è composto da n. 5 pagine

norma di riferimento: Raccomandazioni AGI 1977
deviazioni dalla norma: Nessuna

verbale di accettazione n° **089/2018** del **07/06/2018**
certificato di prova n° **093/2018** del **08/06/2018**

Int. Certificati: **Ingegnerie Toscane**
Località: **via Medaglie d'Oro della Resistenza, Ponte a Elsa**
prova n° **1**

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA

penetrometro: Pagani TG 63-100/200 n. matricola P 001138
sistema di ancoraggio ϕ : 100 x 1000
sistema di misura: selettore con cella di carico e scheda elettronica acquisizione dati manuale
punta: conica meccanica

diametro 3.57 cm
area punta 10 cm²
angolo di apertura 60 °
area manicotto 150 cm²

DATI DI PROVA

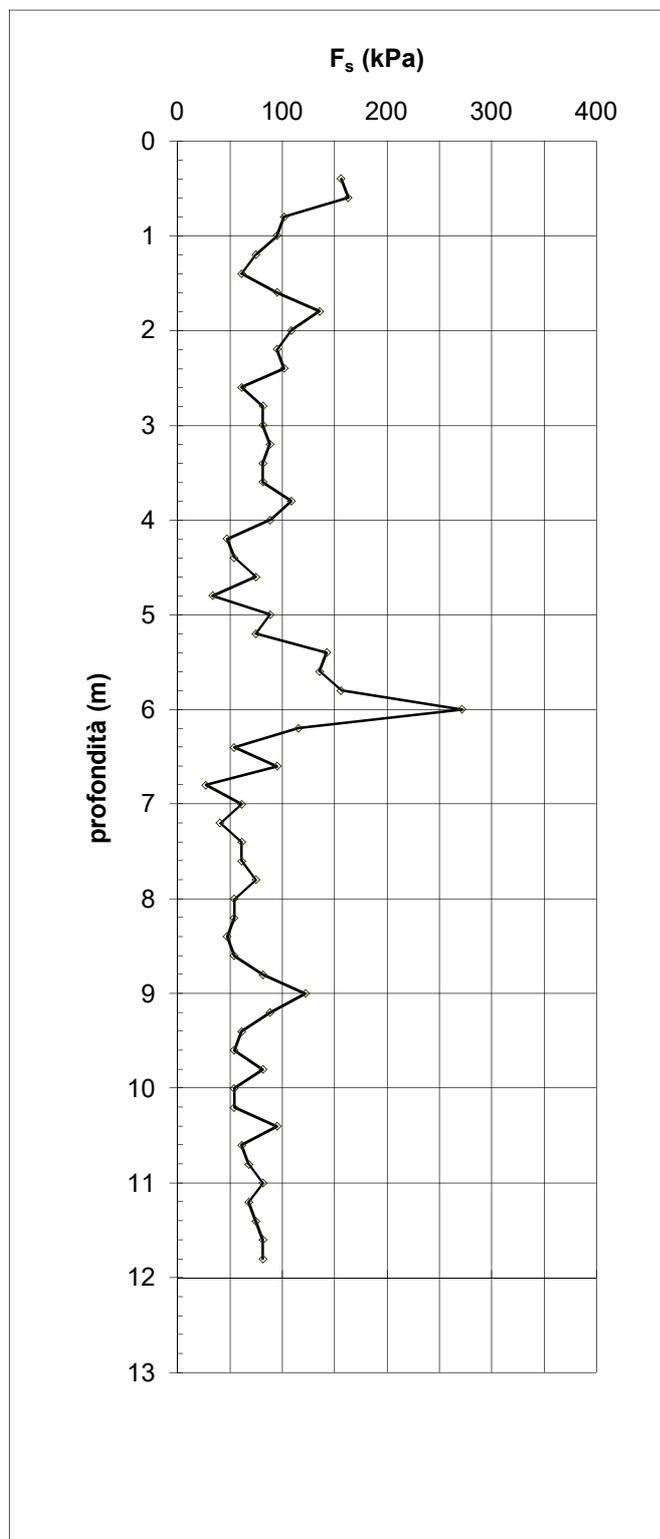
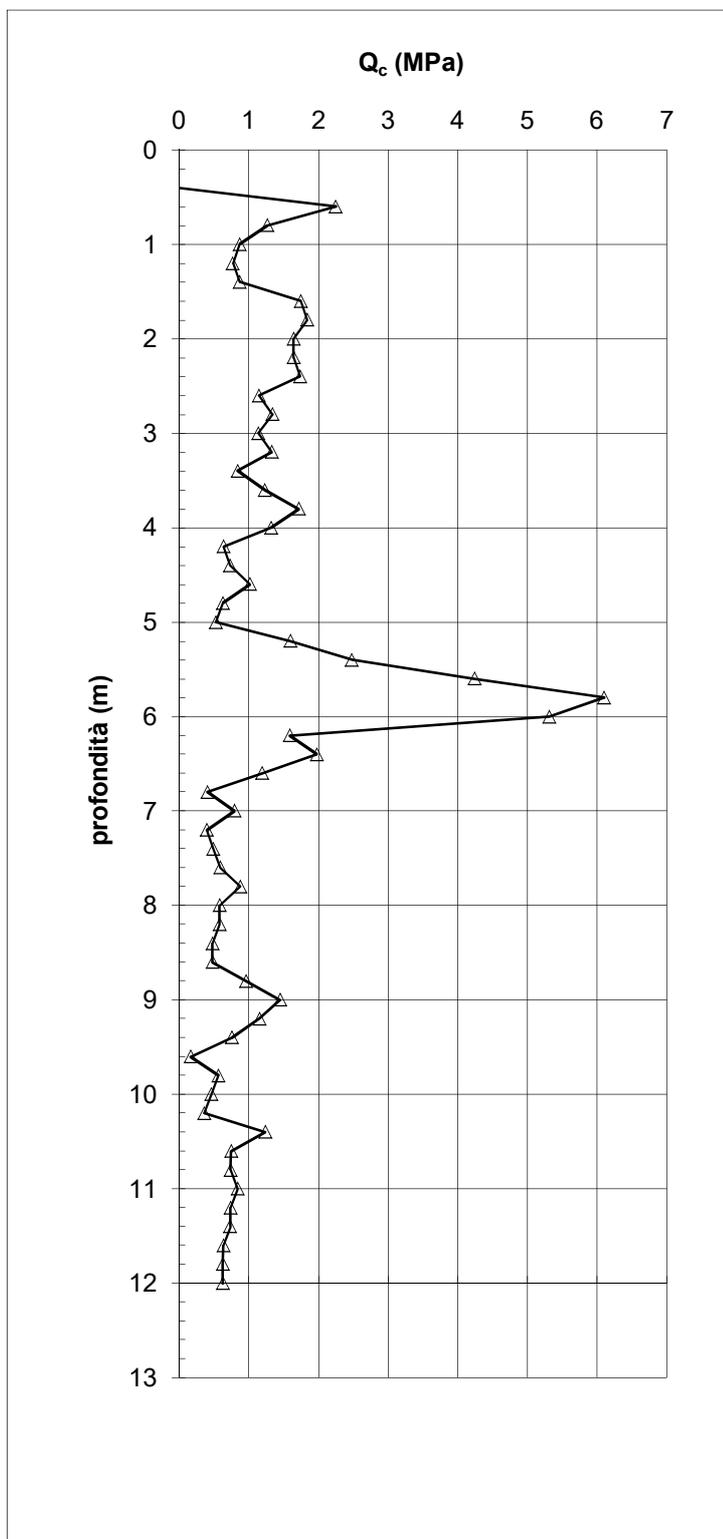
data inizio lavori: 07/06/2018 *prof. inizio prova (m):* - da p.c.
data fine lavori: 07/06/2018 *prof. fine prova (m):* - 12.00 da p.c.
Prescavo profondità metri *totale metri prova:* 12.00 m
Installato piezometro 9,0 metri *livello di falda (m):* da p.c.

profondità base strato da p.c. (m)	Lecture di campagna (kg/cm ²)		Forza assiale (kN)		Resistenza alla punta - q_c (MPa)	Attrito laterale unitario - f_s (kPa)	q_c/f_s	note
	punta	punta + manicotto	punta	punta + manicotto				
0.20						0.00	0.00	
0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.60	23.00	46.00	2.25	4.50	2.25	163.15	13.78	
0.80	13.00	37.00	1.27	3.62	1.27	101.97	12.41	
1.00	9.00	24.00	0.87	2.34	0.87	95.17	9.15	
1.20	8.00	22.00	0.77	2.14	0.77	74.78	10.30	

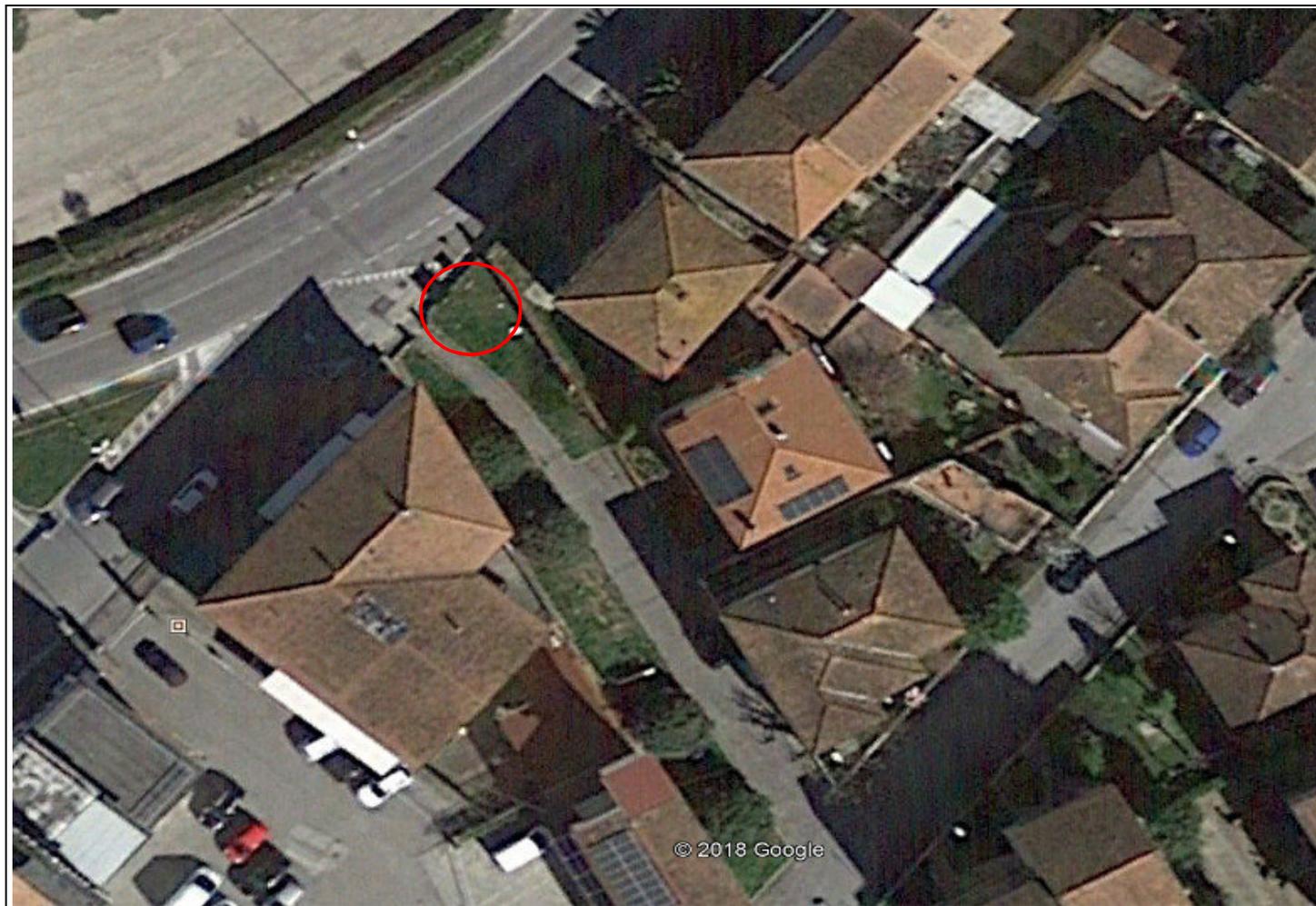
profondità da p.c. (m)	Lecture (kg/cm ²)		Forza assiale (kN)		Resistenza alla punta - q_c (MPa)	Attrito laterale unitario - f_s (kPa)	q_c/f_s	note
	punta	punta + manicotto	punta	punta + manicotto				
1.40	9.00	20.00	0.87	1.94	0.87	61.18	14.14	
1.60	18.00	27.00	1.75	2.63	1.75	95.17	18.34	
1.80	19.00	33.00	1.84	3.21	1.84	135.96	13.54	
2.00	17.00	37.00	1.64	3.60	1.64	108.77	15.10	
2.20	17.00	33.00	1.64	3.21	1.64	95.17	17.22	
2.40	18.00	32.00	1.73	3.11	1.73	101.97	17.01	
2.60	12.00	27.00	1.14	2.61	1.14	61.18	18.69	
2.80	14.00	23.00	1.34	2.22	1.34	81.58	16.39	
3.00	12.00	24.00	1.14	2.32	1.14	81.58	13.95	
3.20	14.00	26.00	1.33	2.51	1.33	88.38	15.07	
3.40	9.00	22.00	0.84	2.11	0.84	81.58	10.28	
3.60	13.00	25.00	1.23	2.41	1.23	81.58	15.06	
3.80	18.00	30.00	1.72	2.89	1.72	108.77	15.78	
4.00	14.00	30.00	1.32	2.89	1.32	88.38	14.95	
4.20	7.00	20.00	0.63	1.91	0.63	47.59	13.28	
4.40	8.00	15.00	0.73	1.41	0.73	54.38	13.38	
4.60	11.00	19.00	1.02	1.80	1.02	74.78	13.63	
4.80	7.00	18.00	0.62	1.70	0.62	33.99	18.37	
5.00	6.00	11.00	0.52	1.01	0.52	88.38	5.92	
5.20	17.00	30.00	1.60	2.87	1.60	74.78	21.39	
5.40	26.00	37.00	2.48	3.56	2.48	142.76	17.37	
5.60	44.00	65.00	4.24	6.30	4.24	135.96	31.20	
5.80	63.00	83.00	6.10	8.06	6.10	156.36	39.03	
6.00	55.00	78.00	5.32	7.57	5.32	271.92	19.55	
6.20	17.00	57.00	1.59	5.51	1.59	115.57	13.73	
6.40	21.00	38.00	1.98	3.64	1.98	54.38	36.33	
6.60	13.00	21.00	1.19	1.97	1.19	95.17	12.49	
6.80	5.00	19.00	0.40	1.77	0.40	27.19	14.77	
7.00	9.00	13.00	0.79	1.18	0.79	61.18	12.93	
7.20	5.00	14.00	0.40	1.28	0.40	40.79	9.72	
7.40	6.00	12.00	0.49	1.08	0.49	61.18	8.04	
7.60	7.00	16.00	0.59	1.47	0.59	61.18	9.60	
7.80	10.00	19.00	0.88	1.76	0.88	74.78	11.75	
8.00	7.00	18.00	0.58	1.66	0.58	54.38	10.70	
8.20	7.00	15.00	0.58	1.36	0.58	54.38	10.65	
8.40	6.00	14.00	0.48	1.26	0.48	47.59	10.06	
8.60	6.00	13.00	0.48	1.16	0.48	54.38	8.75	
8.80	11.00	19.00	0.96	1.75	0.96	81.58	11.81	
9.00	16.00	28.00	1.45	2.63	1.45	122.37	11.86	

profondità da p.c. (m)	Lecture (kg/cm ²)		Forza assiale (kN)		Resistenza alla punta - q _c (MPa)	Attrito laterale unitario - f _s (kPa)	q _c /f _s	note
	punta	punta + manicotto	punta	punta + manicotto				
9.20	13.00	31.00	1.15	2.92	1.15	88.38	13.06	
9.40	9.00	22.00	0.76	2.03	0.76	61.18	12.41	
9.60	3.00	12.00	0.17	1.05	0.17	54.38	3.10	
9.80	7.00	15.00	0.56	1.34	0.56	81.58	6.84	
10.00	6.00	18.00	0.46	1.63	0.46	54.38	8.41	
10.20	5.00	13.00	0.36	1.14	0.36	54.38	6.56	
10.40	14.00	22.00	1.24	2.02	1.24	95.17	12.99	
10.60	9.00	23.00	0.74	2.12	0.74	61.18	12.15	
10.80	9.00	18.00	0.74	1.62	0.74	67.98	10.90	
11.00	10.00	20.00	0.84	1.82	0.84	81.58	10.25	
11.20	9.00	21.00	0.74	1.91	0.74	67.98	10.82	
11.40	9.00	19.00	0.73	1.71	0.73	74.78	9.80	
11.60	8.00	19.00	0.63	1.71	0.63	81.58	7.75	
11.80	8.00	20.00	0.63	1.81	0.63	81.58	7.72	
12.00	8.00	20.00	0.63	1.80	0.63			
12.20								
12.40								
12.60								
12.80								
13.00								
13.20								
13.40								
13.60								
13.80								
14.00								
14.20								
14.40								
14.60								
14.80								
15.00								
15.20								
15.40								
15.60								
15.80								
16.00								
16.20								
16.40								
16.60								
16.80								
17.00								
17.20								

DIAGRAMMI



UBICAZIONE DELLA PROVA



PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 1

2.01PG05-077

- committente : Ingegnerie Toscane
- lavoro :
- località : via Il Giugno, Ponte a Elsa
- note :

- data : 08/06/2018
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 0,00 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	----	----	--	-----	----	6,20	17,0	57,0	17,0	1,13	15,0
0,40	----	----	--	1,53	----	6,40	21,0	38,0	21,0	0,53	39,0
0,60	23,0	46,0	23,0	1,60	14,0	6,60	13,0	21,0	13,0	0,93	14,0
0,80	13,0	37,0	13,0	1,00	13,0	6,80	5,0	19,0	5,0	0,27	19,0
1,00	9,0	24,0	9,0	0,93	10,0	7,00	9,0	13,0	9,0	0,60	15,0
1,20	8,0	22,0	8,0	0,73	11,0	7,20	5,0	14,0	5,0	0,40	12,0
1,40	9,0	20,0	9,0	0,60	15,0	7,40	6,0	12,0	6,0	0,60	10,0
1,60	18,0	27,0	18,0	0,93	19,0	7,60	7,0	16,0	7,0	0,60	12,0
1,80	19,0	33,0	19,0	1,33	14,0	7,80	10,0	19,0	10,0	0,73	14,0
2,00	17,0	37,0	17,0	1,07	16,0	8,00	7,0	18,0	7,0	0,53	13,0
2,20	17,0	33,0	17,0	0,93	18,0	8,20	7,0	15,0	7,0	0,53	13,0
2,40	18,0	32,0	18,0	1,00	18,0	8,40	6,0	14,0	6,0	0,47	13,0
2,60	12,0	27,0	12,0	0,60	20,0	8,60	6,0	13,0	6,0	0,53	11,0
2,80	14,0	23,0	14,0	2,13	7,0	8,80	11,0	19,0	11,0	0,80	14,0
3,00	12,0	44,0	12,0	0,80	15,0	9,00	16,0	28,0	16,0	1,20	13,0
3,20	14,0	26,0	14,0	0,87	16,0	9,20	13,0	31,0	13,0	0,87	15,0
3,40	9,0	22,0	9,0	0,80	11,0	9,40	9,0	22,0	9,0	0,60	15,0
3,60	13,0	25,0	13,0	0,80	16,0	9,60	3,0	12,0	3,0	0,53	6,0
3,80	18,0	30,0	18,0	1,07	17,0	9,80	7,0	15,0	7,0	0,80	9,0
4,00	14,0	30,0	14,0	0,87	16,0	10,00	6,0	18,0	6,0	0,53	11,0
4,20	7,0	20,0	7,0	0,47	15,0	10,20	5,0	13,0	5,0	0,53	9,0
4,40	8,0	15,0	8,0	0,53	15,0	10,40	14,0	22,0	14,0	0,93	15,0
4,60	11,0	19,0	11,0	0,73	15,0	10,60	9,0	23,0	9,0	0,60	15,0
4,80	7,0	18,0	7,0	0,33	21,0	10,80	9,0	18,0	9,0	0,67	13,0
5,00	6,0	11,0	6,0	0,87	7,0	11,00	10,0	20,0	10,0	0,80	12,0
5,20	17,0	30,0	17,0	0,73	23,0	11,20	9,0	21,0	9,0	0,67	13,0
5,40	26,0	37,0	26,0	1,40	19,0	11,40	9,0	19,0	9,0	0,73	12,0
5,60	44,0	65,0	44,0	1,00	44,0	11,60	8,0	19,0	8,0	0,80	10,0
5,80	68,0	83,0	68,0	1,53	44,0	11,80	8,0	20,0	8,0	0,80	10,0
6,00	55,0	78,0	55,0	2,67	21,0	12,00	8,0	20,0	8,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

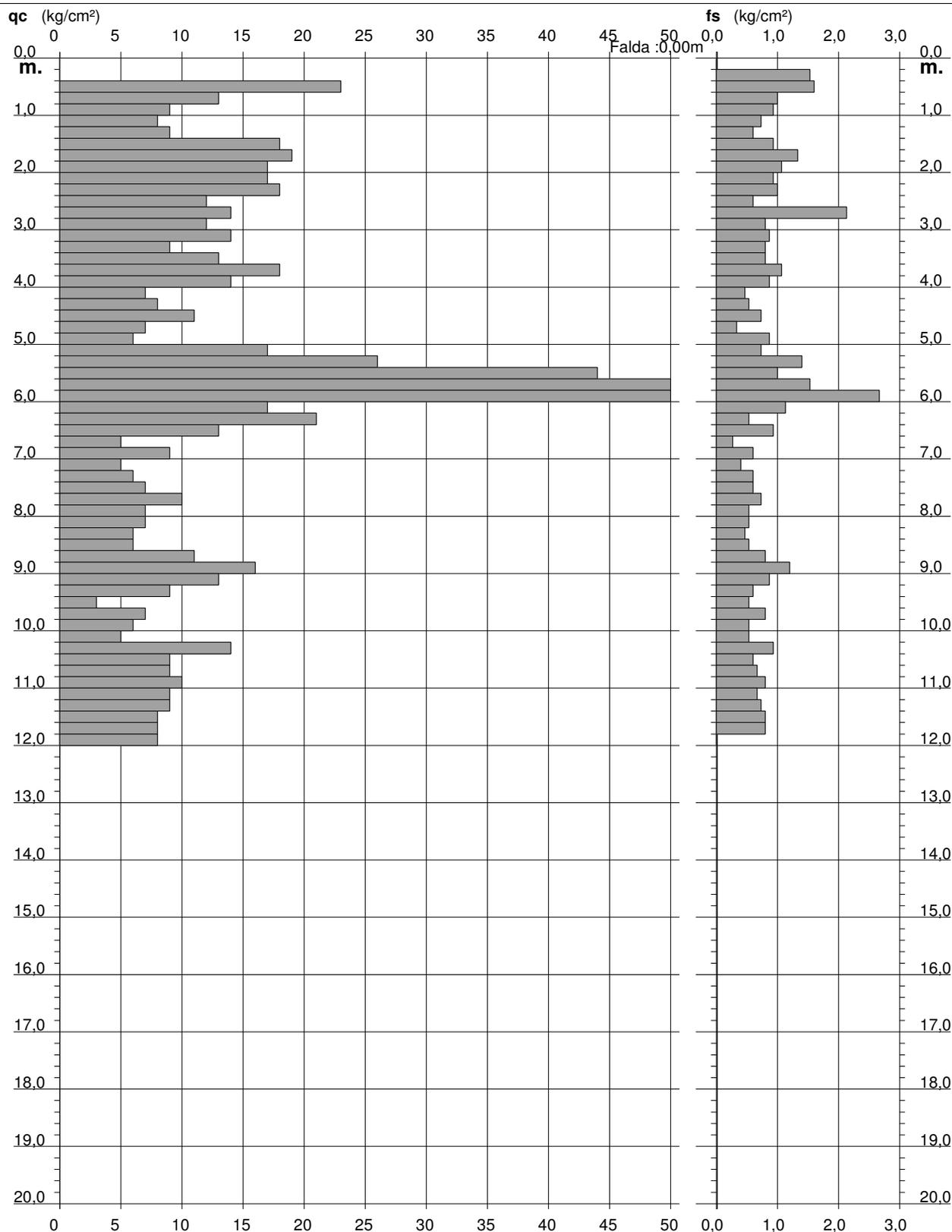
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.01PG05-077

- committente : Ingegnerie Toscane
 - lavoro :
 - località : via Il Giugno, Ponte a Elsa

- data : 08/06/2018
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 0,00 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100





IGETECMA s.n.c. Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Laboratorio autorizzato con D.M. n. 54143 del 07/11/2005 ai sensi della Circolare 08/09/10 n. 7618/STC
Esecuzione e certificazione prove geotecniche – settore A
Laboratorio autorizzato con D.M. n. 162 del 19/04/2011 ai sensi dell'art. 20 della L. n. 1086/71
Prove e controlli su strutture e materiali da costruzione – settore A

Rapporto di Prova n°394/18/S

Montelupo Fiorentino 22/11/2018

SETTORE: Geofisica – Multichannel Acquisition of Surface Waves, HVSR (Horizontal to vertical Spectral Ratio)

COMMITTENTE: INGEGNERIE TOSCANE S.R.L.

RICHIEDENTE: Geol. Ferri

CANTIERE: SCARICO FGN V. 2 GIUGNO PONTE A ELSA, San Miniato (PI)

RIFERIMENTO: R.P.E. n°361/18

Indice generale:

- 1 Premessa (Pag.2)
- 2 MASW (Multichannel Analysis of surface waves) (Pag.2)
 - 2.1 Principi teorici (Pag.2)
 - 2.2 Acquisizione ed elaborazione (Pag.2)
- 3 HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) (Pag.3)
 - 3.1 Principi teorici (Pag.3)
 - 3.2 Acquisizione ed elaborazione (Pag.5)
- 4 Presentazione dei dati (Pag.6)
- 5 Normativa sismica e calcolo del parametro VSeq (Pag.7)
- 6 Risultati dell'elaborazione (Pag.8)
- 7 Caratteristiche della strumentazione (Pag.8)

Il Direttore del Laboratorio
Ing. F. Politi

Il Tecnico
Geol. A. Farolfi

1 Premessa

Su incarico di INGEGNERIE TOSCANE S.R.L., n° 4800026893, è stata eseguita una indagine *Multichannel Acquisition of Surface Waves* (MASW) e una misure a stazione singola HVSR, finalizzate al calcolo della categoria di suolo ai fini della normativa sismica, presso lo SCARICO FGN V. 2 GIUGNO PONTE A ELSA, San Miniato (PI)

2 MASW (Multichannel Analysis of surface waves)

2.1 Principi teorici

La tecnica MASW si basa sulla registrazione e lo studio della curva di dispersione delle onde superficiali, il cui contributo predominante è caratterizzato dalle onde di Rayleigh che sono onde di superficie che si producono per riflessione di onde S (di taglio) alla superficie. Se il mezzo è omogeneo hanno velocità di fase pari al 92% di quella delle onde S che le hanno generate, altrimenti sono dispersive. I punti investiti da un'onda di Rayleigh si muovono descrivendo ellissi in modo retrogrado rispetto al moto dell'onda. L'ampiezza delle ellissi diminuisce con la distanza dalla superficie ovvero con la profondità. Partendo dall'assunzione di una variazione della velocità delle onde sismiche con la profondità (terreno stratificato orizzontalmente) il terreno, agendo da filtro, separa le varie componenti dell'onda di volume caratterizzate ciascuna da diversa velocità di propagazione (velocità di fase) e da diversa lunghezza d'onda. Tale comportamento delle onde si chiama dispersione e proprio sull'analisi della curva di dispersione delle onde di Rayleigh si basa la tecnica MASW per ottenere il profilo di velocità delle onde di taglio (V_s) con la profondità. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizza le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S (V_s) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione delle onde superficiali. Nella tecnica d'indagine MASW la profondità di investigazione è, in linea teorica, correlata alla lunghezza del profilo e inversamente correlata alla frequenza propria dei sensori usati, mentre la risoluzione verticale è direttamente correlata al numero di sensori utilizzati per registrare il campo d'onda sismico. Il limite principale del metodo è l'assunzione che siano minime le variazioni orizzontali dei parametri geofisici al di sotto dei sensori. Il maggior pregio è nella possibilità di ottenere buoni dati anche in condizioni in cui risulta difficile l'acquisizione diretta delle onde di taglio.

2.2 Acquisizione ed elaborazione

L'acquisizione dei dati è stata effettuata con un allineamento di 24 geofoni verticali, con spaziatura di 2 m per totali 46 m. Sono state utilizzate 8 registrazioni con offset (distanza fra il punto di scoppio ed il geofono più vicino) compreso tra 0 m e 40 m, eseguite lungo le due direzioni dello stendimento, con spaziatura di 0.5 m. Le energizzazioni sono state rimontate creando due registrazioni con 96 canali a spaziatura 0.5 m. Le energizzazioni, per ogni postazione, sono state

ripetute e sommate fino ad ottenere un sismogramma con un buon rapporto segnale rumore. Sono stati acquisiti anche 10 minuti di microtremori per eseguire l'analisi passiva al fine di aumentare la profondità di indagine.

La fase di elaborazione consiste nell'ottenere la curva di dispersione relativa ad ogni registrazione, ovvero la trasformazione delle serie temporali nel dominio della frequenza F e del numero d'onda K . Sullo spettro Frequenza (Hz) - Velocità di Fase (m/s) vengono individuati i punti di massimo spettrale di energia che consentono di risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh.

La velocità delle onde S viene stimata su un modello di strati del terreno che viene implementato con un processo iterativo fino a trovare la combinazione finale di velocità delle onde di taglio e spessori degli strati, tale da minimizzare gli scarti fra la curva di dispersione calcolata sul modello e quella misurata sullo spettro della dispersione delle onde superficiali. Essendo questo tipo di elaborazione un procedimento inverso, esso risente di tutti i problemi e delle limitazioni dovute alla convergenza dei metodi iterativi ed alla non unicità delle soluzioni.

Materiale	V P m/s	V SH m/s	
		VP/VSH 1.9 - 3.5	VP/VSH 1.9 - 3.5
Detrito superficiale alterato	300 - 600	86 - 158	171 - 316
Ghiaia, pietrisco, sabbia asciutta	500 - 900	143 - 263	257 - 474
Sabbia bagnata	600 - 1800	171 - 316	514 - 947
Argilla	900 - 2700	257 - 474	771 - 1421
Acqua	1430 - 1680	-	-
Arenaria	1800 - 4000	514 - 947	1143 - 2105
Scisti argillosi	2500 - 4200	714 - 1316	1200 - 2211
Calcere	2000 - 6000	571 - 1053	1714 - 3158
Sale	4200 - 5200	1200 - 2211	1486 - 2737
Granito	4000 - 6000	1143 - 2105	1714 - 3158
Rocce metamorfiche	3000 - 7000	857 - 1579	2000 - 3684

Tabella I – Velocità dei principali materiali.

3 HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)

3.1 Principi teorici

La tecnica dei rapporti spettrali deriva dal lavoro di Nakamura (1989). La frequenza fondamentale dei terreni è importante al fine di evitare, in caso di sisma, fenomeni di risonanza fra la frequenza degli edifici e la frequenza dei terreni su cui sono poggiati.

Il rapporto fra lo spettro delle componenti orizzontale e verticale dei tremori è una tecnica che permette di valutare alcune caratteristiche dei terreni, principalmente il periodo fondamentale. Nei terreni soffici la componente orizzontale del moto tende ad essere superiore alla componente

verticale, mentre in roccia le due componenti tendono ad avere la stessa ampiezza. Il picco di frequenza individuato sulle curve H/V è legato alla velocità delle onde di taglio dalla relazione:

$$f_0 = V_s / (4 * H)$$

dove f_0 è la frequenza, V_s la velocità delle onde di taglio e H lo spessore di sedimenti la cui frequenza di risonanza è f_0 .

La natura della sorgente di energia utilizzata, ovvero il rumore ambientale, non è direttamente riferibile ad un determinato tipo di onde, di compressione, di taglio, rayleigh, per cui va ricordato che non può essere utilizzato direttamente per il calcolo delle onde di taglio e del parametro Vs30 ai fini della categoria di appartenenza. Nel presente lavoro sono state seguite le specifiche definite dal progetto Europeo SESAME (Site Effects Assessment Using Ambient Excitations) che ha studiato in dettaglio l'uso delle vibrazioni dovute a rumori ambientali per capire gli effetti di sito collegati ad eventi sismici. Come ricordato nel lavoro del progetto SESAME, la caratteristica principale dei rapporti H/V è di essere sperimentali, quindi la scelta in fase di acquisizione dati ed elaborazione, può influenzare il risultato finale. Al fine di limitare questi effetti indesiderati il progetto SESAME ha definito una serie di linee guida per l'acquisizione e l'individuazione delle frequenze fondamentali sulle curve H/V. Di seguito si riporta la tabella di prescrizioni finalizzate alla corretta acquisizione di dati secondo le specifiche del SESAME.

Tipo di parametro	Raccomandazioni principali	
Durata delle registrazioni	Frequenza minima di interesse: 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 10.0	Tempo minimo di registrazione: 30' 20' 10' 10' 5' 2'
Densità spaziale delle misure	<u>Microzonazione</u> : iniziare con una maglia larga (circa 500 m) e in caso di variazioni laterali intensificare le misure fino a 250 m di spaziatura <u>Risposta di sito singola</u> : non usare mai una misura singola, ma almeno tre misure	
Parametri di registrazione	Livellare il sensore come raccomandato dal costruttore. Fissare il gain massimo possibile evitando la saturazione del segnale.	
Accoppiamento sensore terreno	Poggiare il sensore direttamente sul terreno tutte le volte che è possibile Evitare di poggiare il sensore su terreno soffice (fango, erba, etc..) o saturato dalla pioggia.	
Accoppiamento artificiale con il terreno	Evitare di poggiare il sensore su gommapiuma, cartone o simili. Su pendii che non consentono il livellamento del sensore utilizzare un ripiano fatto con sabbia per ottenere una	

	superficie piana. Su neve o ghiaccio utilizzare poggiare il sensore su una piastra metallica per evitare che si inclini a causa dello scioglimento della neve o del ghiaccio.
Prossimità di strutture	Evitare di effettuare le registrazioni in prossimità di strutture come edifici e alberi alti, soprattutto in caso di vento (con velocità superiore a 5 m/s), possono inserire picchi a bassa frequenza nelle registrazioni. Evitare di effettuare le registrazioni al di sopra di tubature o vani interrati.
Condizioni metereologiche	<u>Vento</u> : proteggere il sensore dal vento. <u>Pioggia</u> : evitare le registrazioni in caso di pioggia forte. <u>Temperatura</u> : controllare le indicazioni del costruttore riguardo gli shock termici. <u>Perturbazioni meteorologiche</u> : indicare se le registrazioni sono state effettuate in un periodo di bassa pressione.
Disturbi	<u>Sorgenti monocromatiche</u> : evitare di registrare in prossimità di macchine da cantiere, pompe idrauliche, generatori, etc... etc... <u>Transienti</u> : in caso di presenza di eventi transienti (traffico, pedoni, etc ...) si raccomanda di aumentare la durata delle registrazioni al fine di ottenere un numero sufficiente di finestre prive di transienti.

Tabella - II

3.2 Acquisizione ed elaborazione

Le acquisizioni del rumore ambientale sono state effettuate con una stazione singola composta da tre velocimetri, geofoni, con frequenza naturale di 2 Hz di cui uno verticale e due orizzontali, disposti in direzioni perpendicolari fra. Le registrazioni effettuate hanno avuto una durata di 40 m, per ovviare a qualsiasi perturbazione transiente, essendo stata effettuata in contesto antropizzato e non lontano da strade. Le registrazioni sono state poi suddivise in finestre della lunghezza di 60 s. Le finestre sono state poi filtrate per eliminare quelle con noise. Delle singole finestre è stato calcolato lo spettro di Fourier per le tre componenti. I singoli spettri sono stati liscati con il metodo di Konno & Homaci e successivamente è stato effettuato il rapporto fra le componenti orizzontali e quella verticale per ogni singola finestra. In relazione vengono riportate le registrazioni effettuate e le finestre scelte per l'elaborazione, i rapporti H/V per ogni singola finestra e la curva media risultante. Per ogni stazione è stato calcolato anche l'angolo di arrivo delle componenti del rumore, per valutare se il picco individuato è fonte di un rumore direzionale o se è generato da vibrazioni che provengono da tutte le direzioni.

Per valutare in maniera obiettiva il picco di frequenza e la sua qualità il progetto SESAME stabilisce una serie di criteri che devono essere rispettati:

<p>Criteria for a reliable H/V curve</p> <p>i) $f_0 > 10 / l_w$ <i>and</i></p> <p>ii) $n_c(f_0) > 200$ <i>and</i></p> <p>iii) $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ or $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$</p>	<ul style="list-style-type: none"> • l_w = window length • n_w = number of windows selected for the average H/V curve • $n_c = l_w \cdot n_w$. f_0 = number of significant cycles • f = current frequency • f_{sensor} = sensor cut-off frequency • f_0 = H/V peak frequency • σ_f = standard deviation of H/V peak frequency ($f_0 \pm \sigma_f$) • $\varepsilon(f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ • A_0 = H/V peak amplitude at frequency f_0 • $A_{H/V}(f)$ = H/V curve amplitude at frequency f • f = frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f) < A_0/2$ • f^* = frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$ • $\sigma_A(f)$ = "standard deviation" of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided • $\sigma_{\log H/V}(f)$ = standard deviation of the $\log A_{H/V}(f)$ curve, $\sigma_{\log H/V}(f)$ is an absolute value which should be added to or subtracted from the mean $\log A_{H/V}(f)$ curve • $\theta(f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ • $V_{s,av}$ = average S-wave velocity of the total deposits • $V_{s,surf}$ = S-wave velocity of the surface layer • h = depth to bedrock • h_{\min} = lower-bound estimate of h
<p>Criteria for a clear H/V peak <i>(at least 5 out of 6 criteria fulfilled)</i></p> <p>i) $\exists f \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$</p> <p>ii) $\exists f^* \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$</p> <p>iii) $A_0 > 2$</p> <p>iv) $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$</p> <p>v) $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$</p> <p>vi) $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$</p>	

Threshold Values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Frequency range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.20 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Tabella – III

4 Presentazione dei dati

Nella presente relazione vengono forniti i seguenti elaborati:

- MASW
 - profilo medio di velocità delle onde di taglio (V_s) con la profondità
 - profilo di velocità delle onde di taglio (V_s) con la profondità per ciascuna registrazione eseguita
 - curve di dispersione F-k per ciascuna registrazione eseguita
 - registrazioni di campagna
- HVSR
 - Registrazioni delle misure a stazione singola con suddivisione delle finestre di elaborazione
 - Curve dei rapporti H/V per tutte le finestre utilizzate
 - Curva media risultante con individuazione del picco di frequenza
 - Grafico ampiezza del rapporto H/V azimuth di provenienza

5 Normativa sismica e calcolo del parametro V_{seq}

Le norme NTC 2018 definiscono i criteri di classificazione del sottosuolo, che devono essere effettuati sulla base delle condizioni stratigrafiche (spessori e caratteristiche dei materiali) ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{seq} = H / \sum_{i=1,N} (h_i/Vs_i)$$

h_i spessore dell'i-esimo strato;

Vs_i velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

Le categorie di suolo sono riportate in tabella II.

Categorie di Suolo di Fondazione
A Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti, con spessore massimo pari a 3 m.
B Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Velocità Equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s
C Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tabella II – Categorie di suolo di fondazione

“Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche” (NTC 2018).

6 Risultati dell'elaborazione

Le curve di dispersione ricavate dalle registrazioni sono state elaborate separatamente e i profili verticali di velocità delle onde di taglio derivanti sono stati mediati fra loro per ottenere la curva che descrive l'andamento della Velocità delle onde S con la profondità: questo procedimento è stato effettuato per minimizzare gli errori dovuti a possibili variazioni laterali di velocità lungo il profilo. Il valore di V_{sEQ} calcolato per questo sito è 233 m/s. La misure HVSR ha mostrato la presenza di un picco a 0.98 Hz con un valore del rapporto H/V di circa 2.75 volte. Tale picco può essere ricondotto al substrato litoide profondo.

7 Caratteristiche della strumentazione

→ MASW

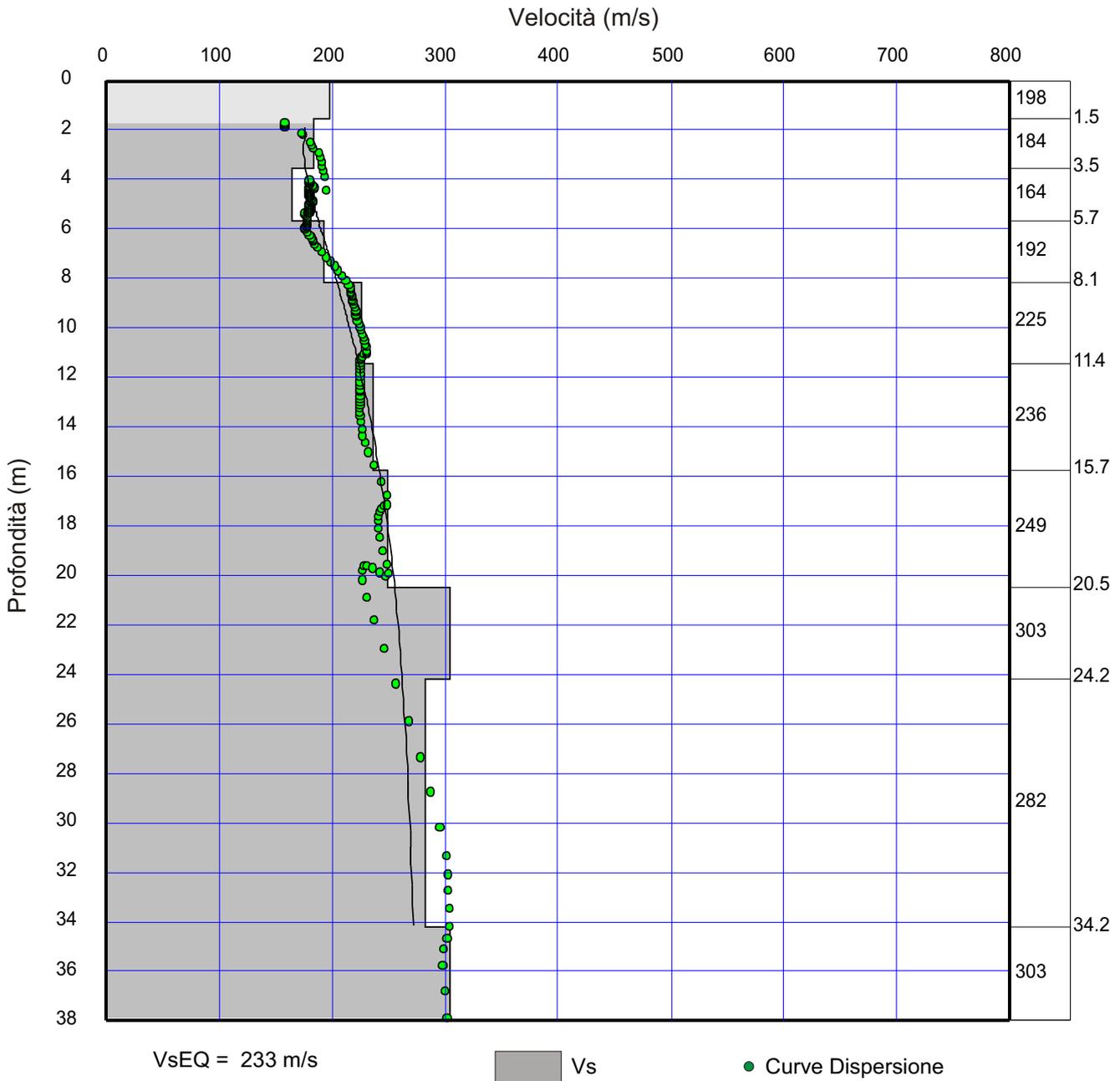
- Sismografo GEODE 48 canali (2 moduli a 24 canali) con Controller Stratavisor NZC:
- risoluzione segnale A/D 24 bit;
- escursione dinamica 144 dB, 110 dB istantanea a 2 ms;
- passo di campionamento da 0.02 a 16 ms indipendente dal tempo d'acquisizione;
- fino a 64.000 campioni per traccia;
- distorsione 0.0005% a 2ms, 1.75 – 208 Hz;
- amplificazione del segnale da 0 a 36 dB;
- filtri anti-aliasing a 90 dB della frequenza di Nyquist;
- filtri digitali low-cut, high-cut, notch;
- precisione trigger in sommatoria 1/32 del passo di campionamento;
- pre-trigger fino a 4096 campioni, delay sino a 1.000 ms;
- salvataggio dati in formato SEG-2 su hard-disk incorporato;
- sistema di starter (trigger) mediante accelerometro;
- energizzazione mediante mazza da 5 Kg, grave da 60 kg

→ HVSR

- Sistema di acquisizione modulare della SARA ELECTRONICS così configurato:
- Digitalizzatore 24 bit, 3 canali
- Range di ingresso 2 V peak-to-peak
- Filtro antialias 1 pole 8.8 Hz standard
- Soglia di rumore ≤ -124 dB @ 100 SPS
- Sensore composto da tripletta di geofoni con frequenza propria di **2 Hz**

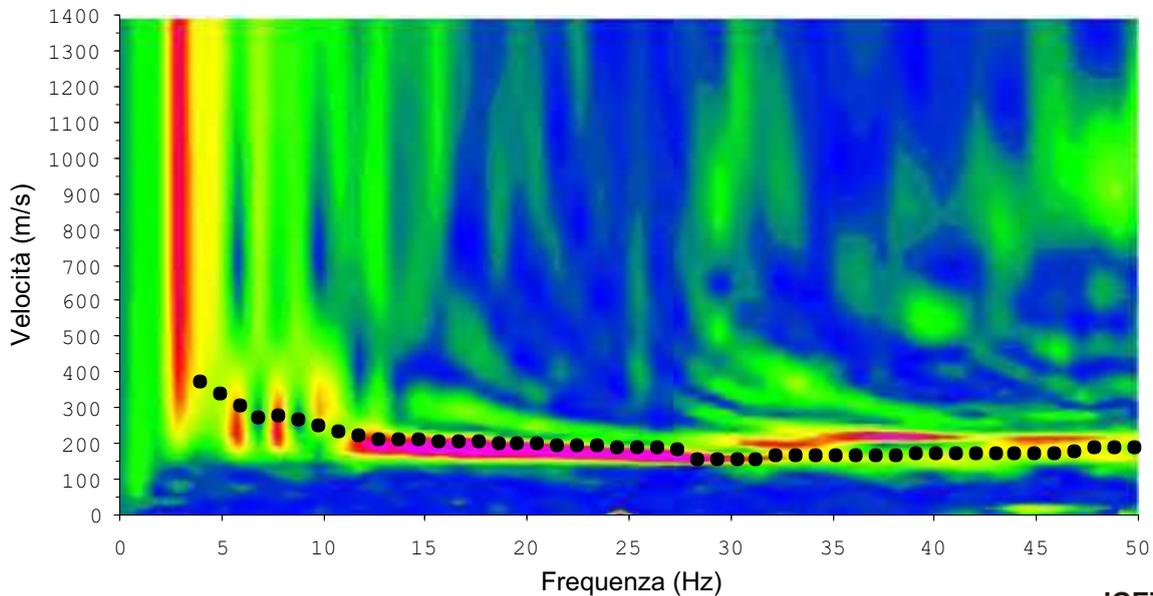
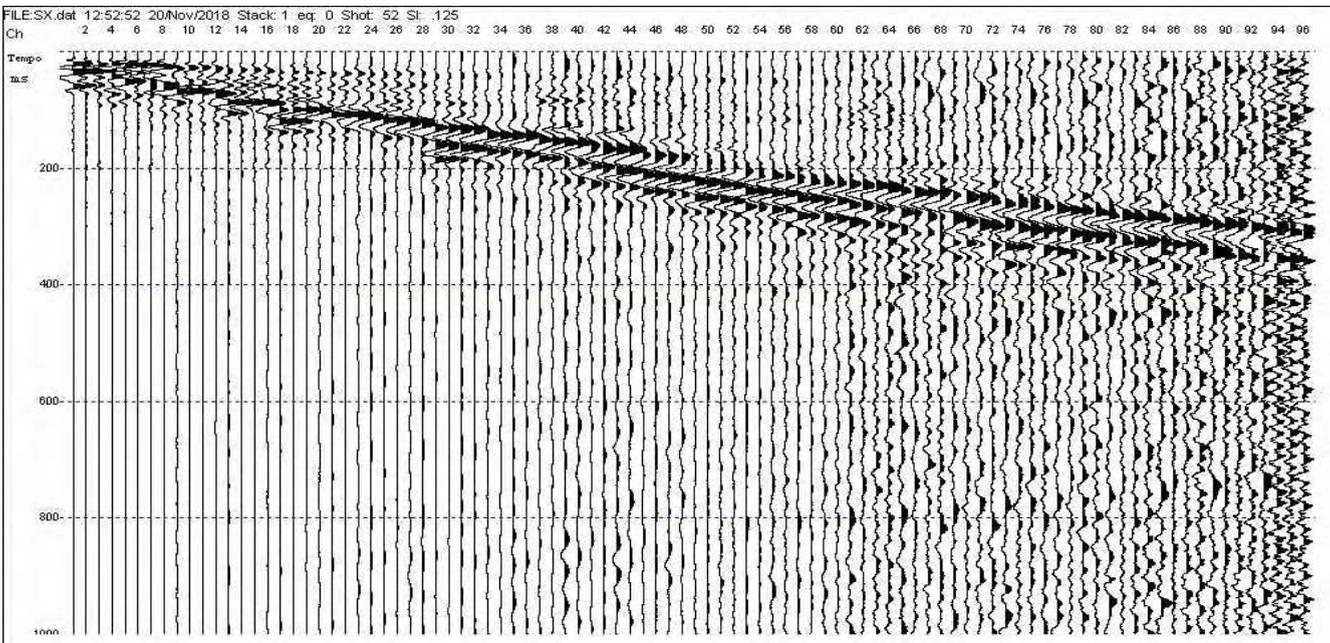
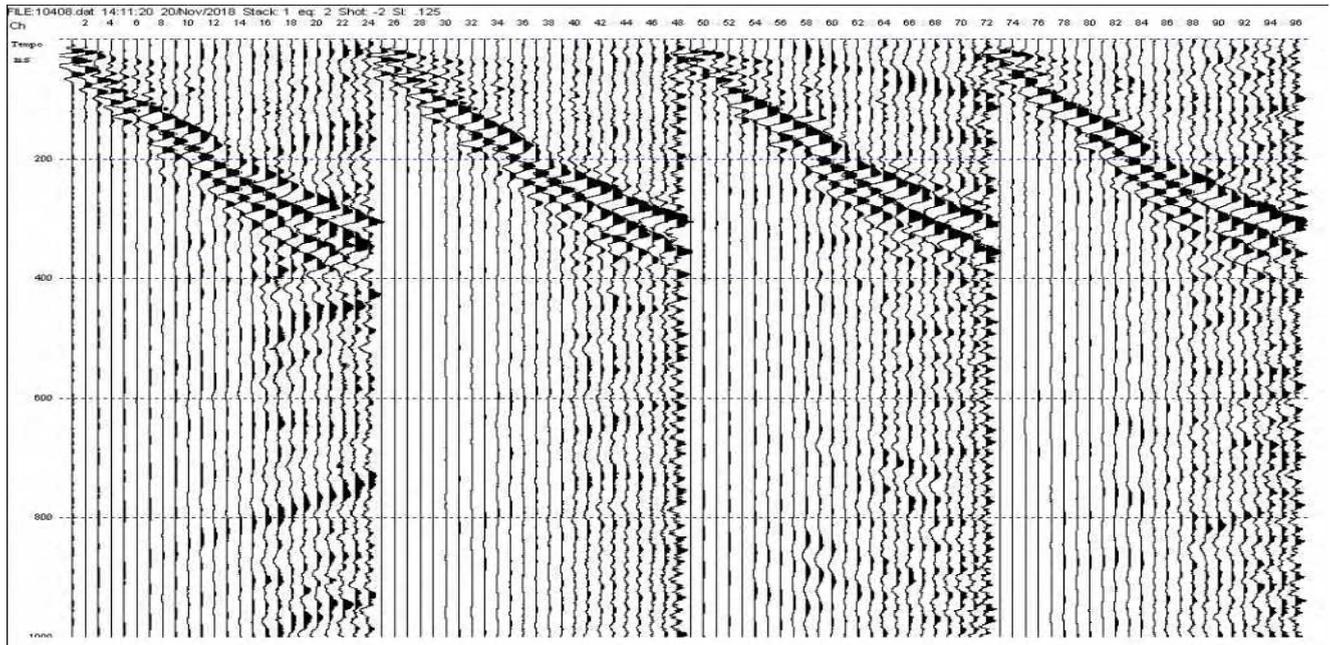
Ubicazione delle indagini



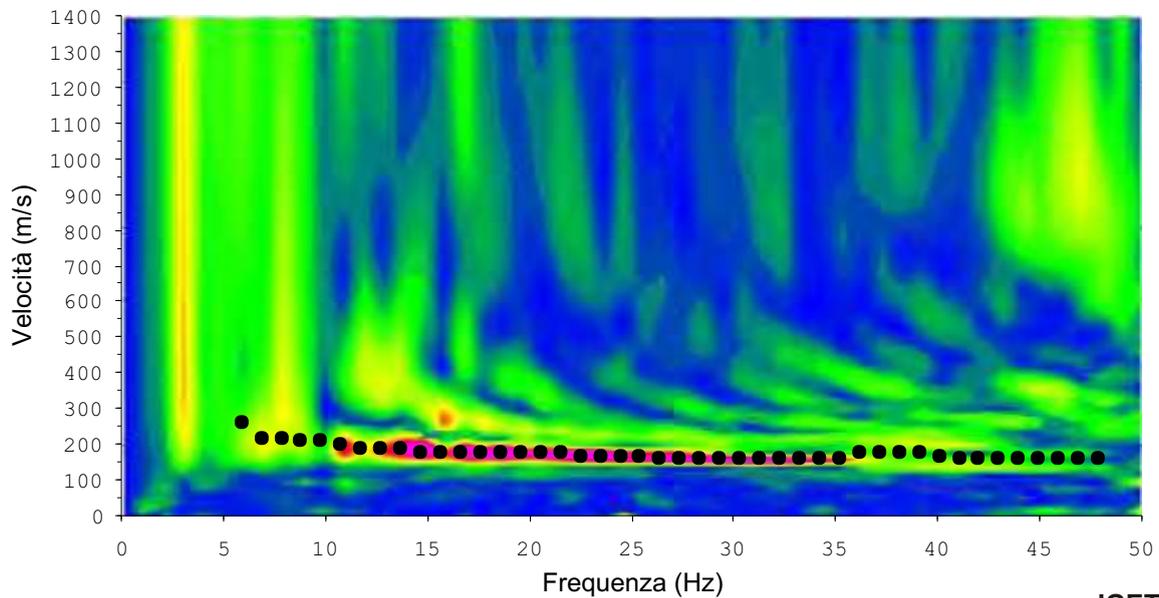
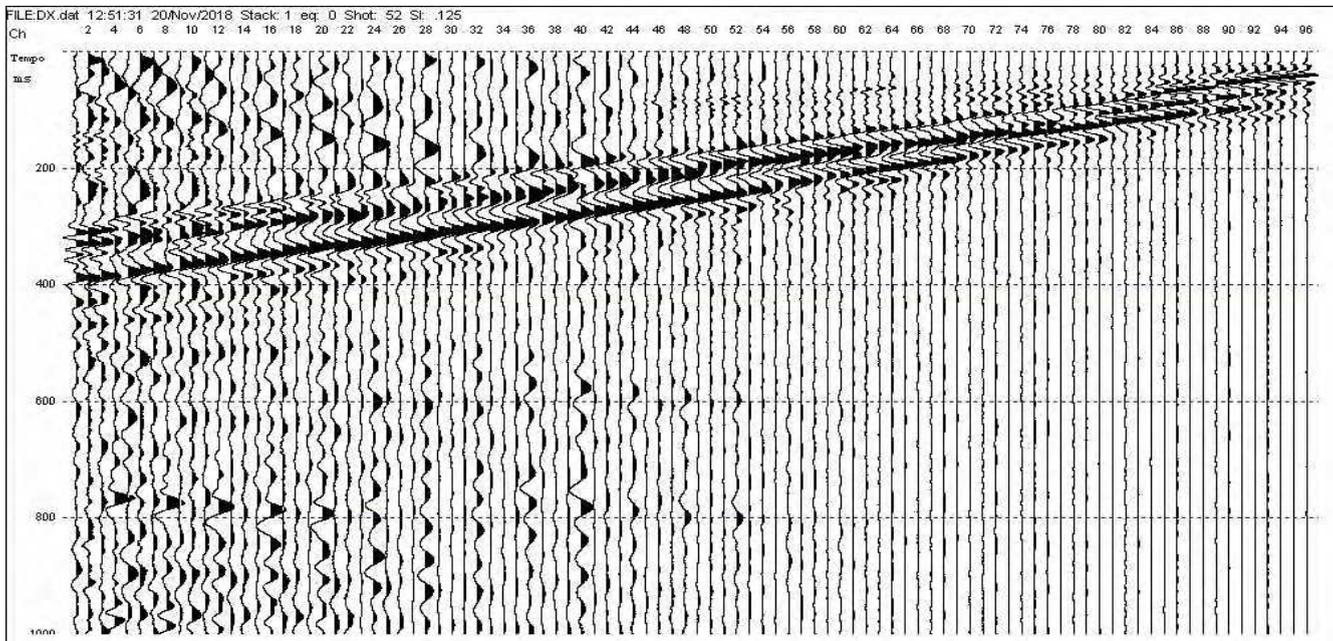
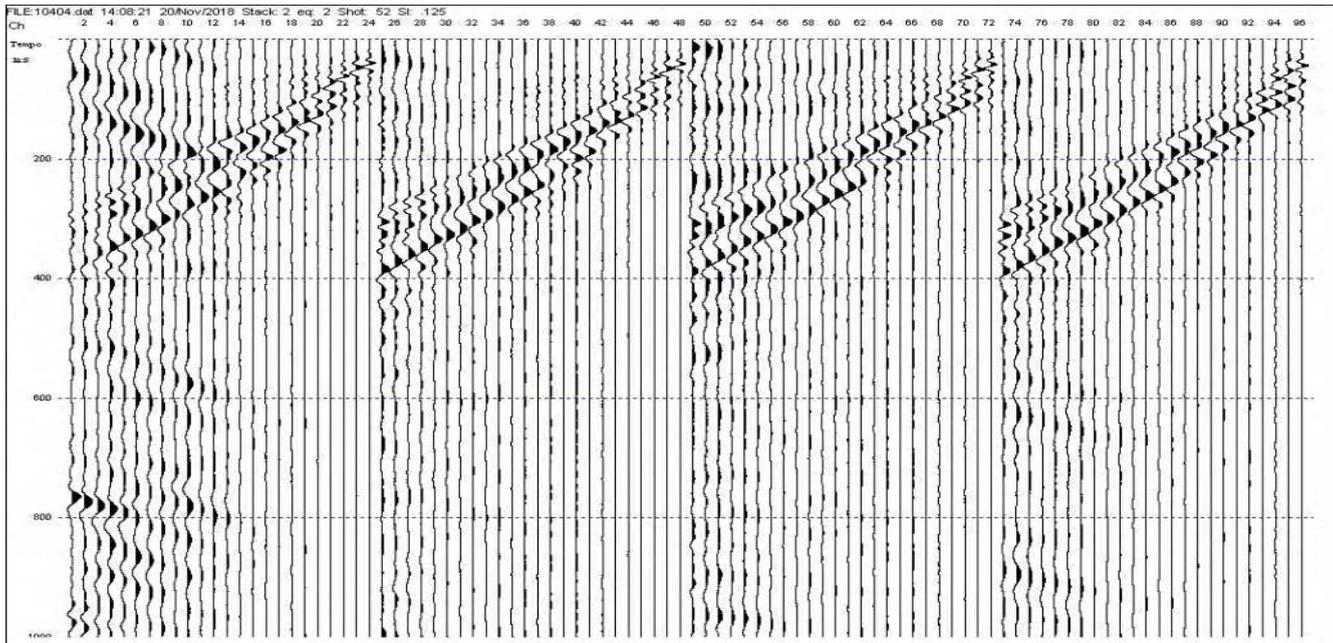


Masw attiva				Masw attiva				Masw attiva			
V (m/s)	Fq (Hz)	V (m/s)	Fq (Hz)	V (m/s)	Fq (Hz)	V (m/s)	Fq (Hz)	V (m/s)	Fq (Hz)	V (m/s)	Fq (Hz)
220	6.8	160	34.2	260	5.9	160	34.2	298	2.8	241	4.5
220	7.8	160	35.2	220	6.8	160	35.2	299	2.8	241	4.6
210	8.8	180	36.1	220	7.8	180	36.1	302	2.9	242	4.6
210	9.8	180	37.1	210	8.8	180	37.1	304	3.0	244	4.7
200	10.7	180	38.1	210	9.8	180	38.1	303	3.0	246	4.8
190	11.7	180	39.1	200	10.7	180	39.1	303	3.1	248	4.8
190	12.7	170	40.0	190	11.7	170	40.0	303	3.1	250	4.9
190	13.7	161	41.0	190	12.7	161	41.0	301	3.2	248	4.9
180	14.6	161	42.0	190	13.7	161	42.0	295	3.3	243	5.0
180	15.6	161	43.0	180	14.6	161	43.0	287	3.3	237	5.1
180	16.6	161	43.9	180	15.6	161	43.9	278	3.4	232	5.1
180	17.6	161	44.9	180	16.6	161	44.9	268	3.4	229	5.2
180	18.6	161	45.9	180	17.6	161	45.9	257	3.5	228	5.3
180	19.5	161	46.9	180	18.6	161	46.9	246	3.6	226	5.4
180	20.5	161	47.9	180	19.5	161	47.9	237	3.6	225	5.5
180	21.5	175	43.9	180	20.5	0	0.0	231	3.7	225	5.5
170	22.5	175	44.9	180	21.5	0	0.0	227	3.8	225	5.6
170	23.4	176	45.9	170	22.5	0	0.0	226	3.8	225	5.6
170	24.4	176	46.9	170	23.4	0	0.0	228	3.9	225	5.7
170	25.4	190	47.9	170	24.4	0	0.0	231	3.9	225	5.8
160	26.4	190	48.8	170	25.4	0	0.0	236	4.0	225	5.8
160	27.3	190	49.8	160	26.4	0	0.0	242	4.1	225	5.9
160	28.3	0	0.0	160	27.3	0	0.0	248	4.1	225	6.0
160	29.3	0	0.0	160	28.3	0	0.0	250	4.2	225	6.0
160	30.3	0	0.0	160	29.3	0	0.0	249	4.2	225	6.1
160	31.2	0	0.0	160	30.3	0	0.0	245	4.3	225	6.1
160	32.2	0	0.0	160	31.2	0	0.0	242	4.4	225	6.3
160	33.2	0	0.0	160	32.2	0	0.0	241	4.4	225	6.3

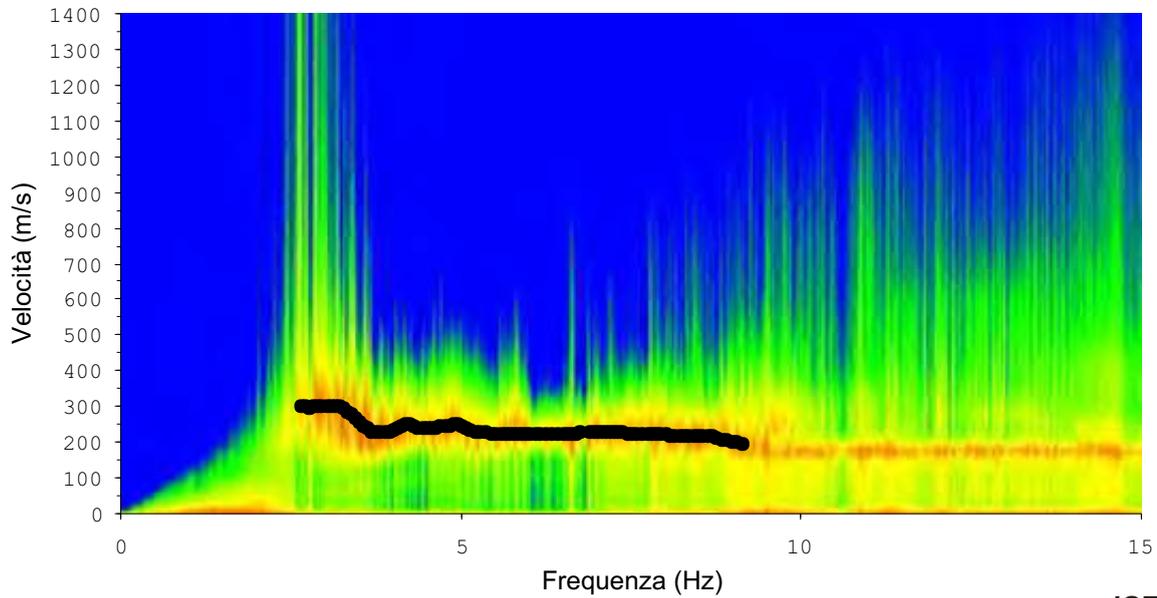
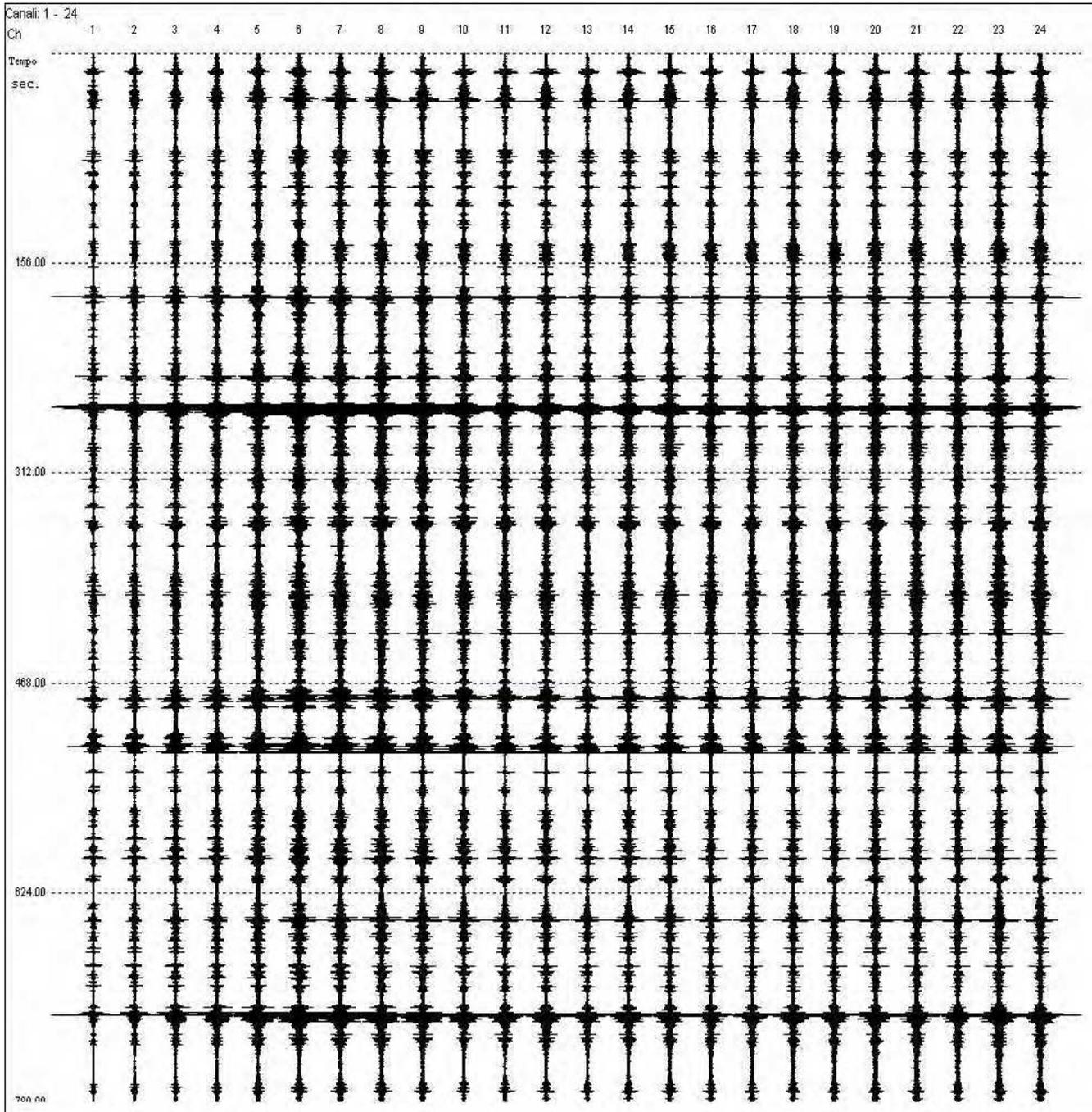
Masw attiva



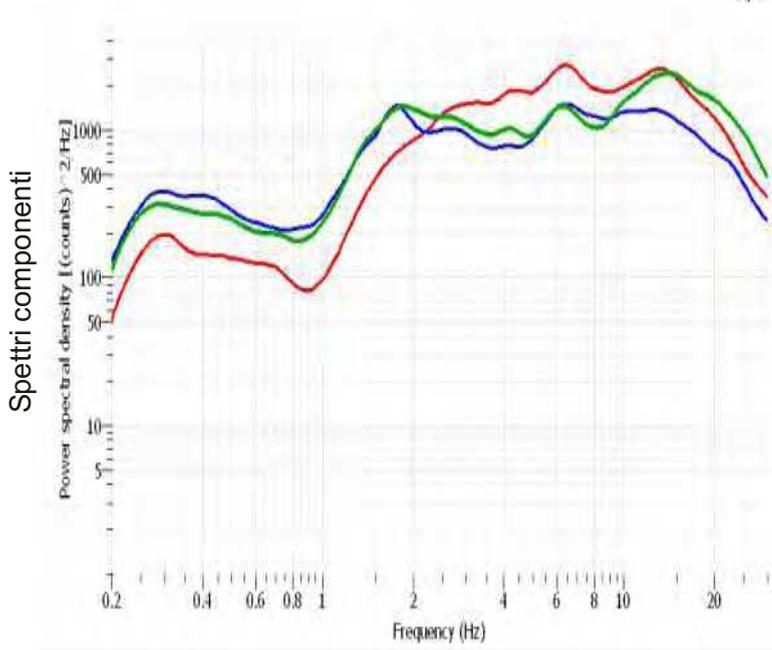
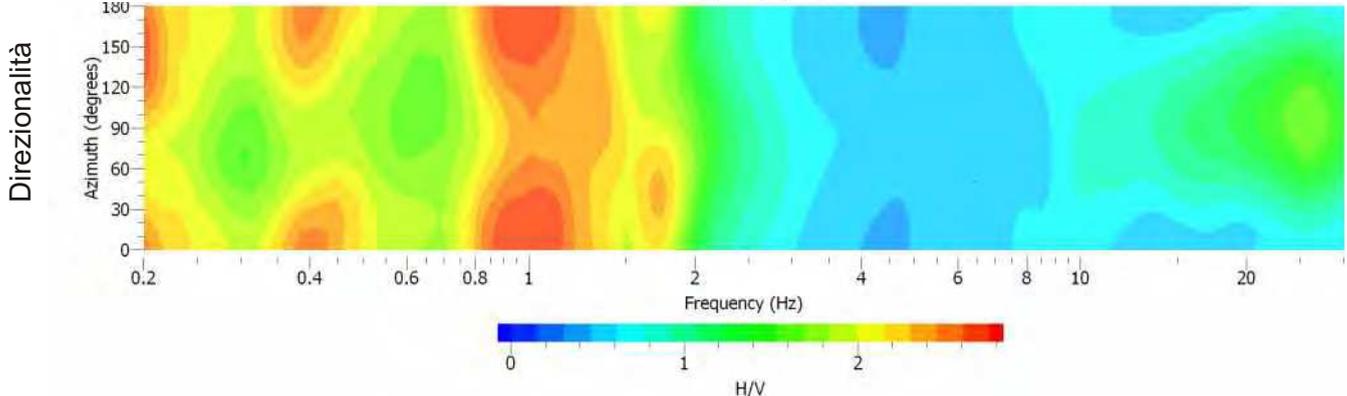
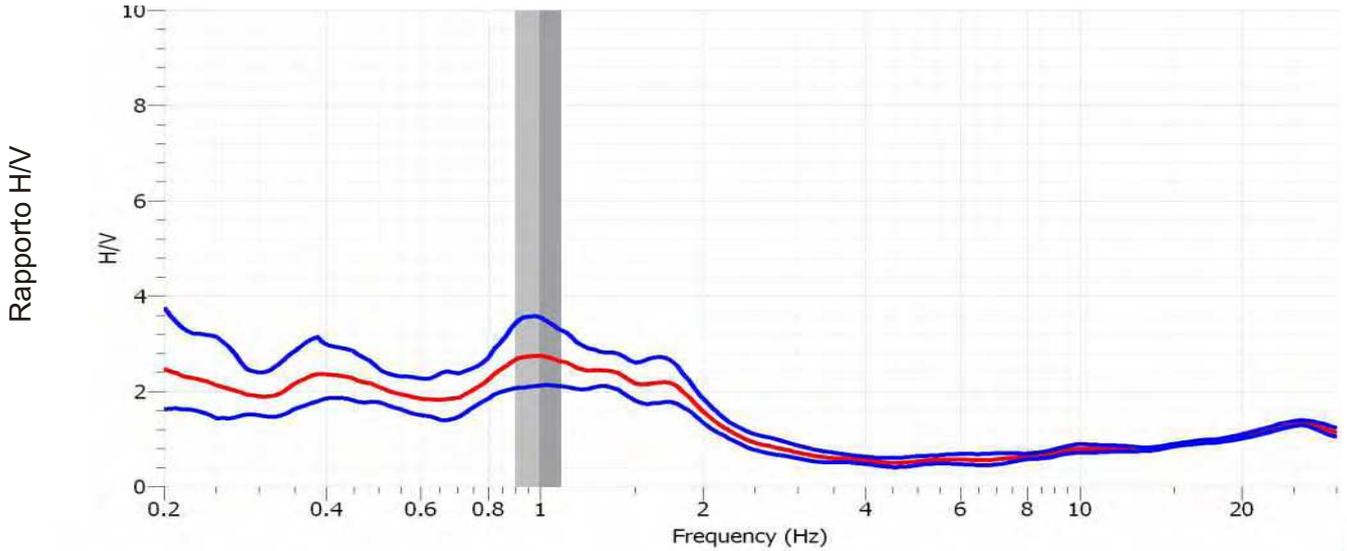
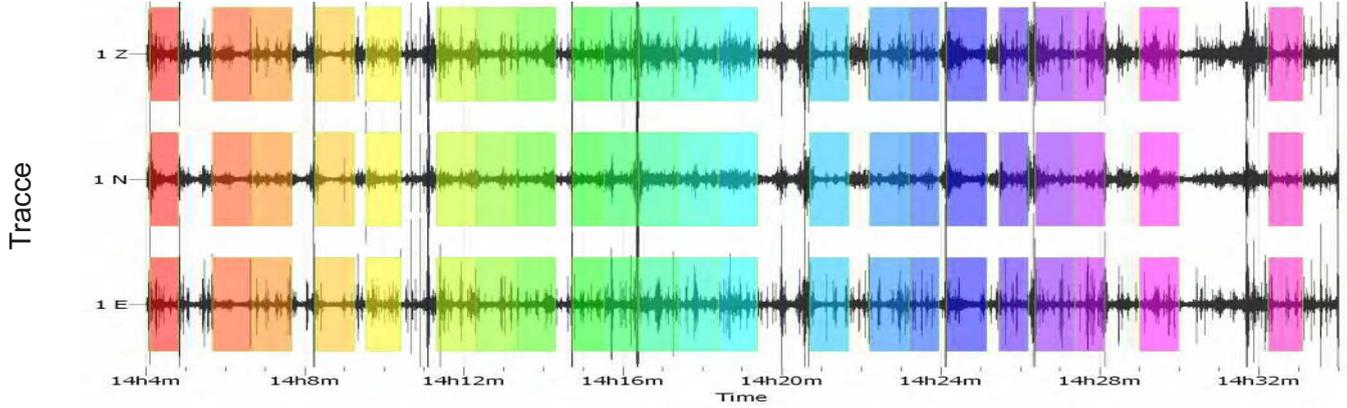
Masw attiva



Masw passiva



HVSR



Tempo di registrazione:	30 m	Num. Finestre - nw:	22
Lung. Finestra (s) - lw:	60	Campionamento (Hz):	200
f0 Massimo del rapporto H/V a		0.98	0.10 Hz
(tra 0.167 e 100 Hz)			
Affidabilità' (3 condizioni verificate)			
1	f0>20/lw	0.98	> 0.33 OK
2	lw*nw*f0>200	1290	> 200 OK
Massimo[(f)]<3 (per f0<0.5)			
3	Massimo[(f)]<2 (per f0>0.5)	1.31	< 2 OK
intervallo: 0.5*f0 < f < 2*f0		0.49	- 1.95
Chiarità almeno 5 condizioni verificate			
1	Esiste f- tale che A(f-)<A(f0)/2	0.00	NO
intervallo: f0/4 < f < f0		0.24	- 0.98
2	Esiste f+ tale che A(f+)<A(f0)/2	2.13	OK
intervallo: f0 < f < f0*4		0.98	- 3.9
3	A(f0)>2	2.75	> 2 OK
Fpicco[A(f) (f0)] = f0%		1.03	
4		0.98	NO
intervallo: f0% < f < f0%*		0.93	- 1.03
5	(f)< (f0)	0.10	< 0.147 OK
6	(f0)< (f0)	1.30	< 2.000 OK

Documentazione fotografica

