



LAVORI DI RICOSTRUZIONE DELLA EX-PISCINA COMUNALE CON
REALIZZAZIONE DI UNA STRUTTURA POLIVALENTE PER ATTIVITA'
SOCIALI O DI PROTEZIONE CIVILE

FEBBRAIO
2021

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO: Ing. Cristiano Farroni

PROGETTISTI:

SETTANTA7 Studio Associato

arch. Daniele Rangone arch. Elena Rionda



CESARETTI ENGINEERING s.r.l.

ing. Ugo Cesaretti

CESARETTI
ENGINEERING S.r.l.

Via Cavour n.16 - 60033 Chiaravalle (AN)
Reg. Impr. AN - C.F. P.IVA 02150760425

geol. Mirco Moreschi

arch. Laura Lova



PROGETTO DEFINITIVO

REVISIONE N°:

Sommario

1. PREMESSA	2
6.1 1.1 Normativa di riferimento relazione geologica-geotecnica.....	3
2 METODOLOGIA:	4
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO - GENERALITA':	5
3. VALUTAZIONI IDROLOGICHE e RAPPORTO CON IL PAI:	7
4. PARAMETRI MECCANICI:.....	9
5. CRITERI COSTRUTTIVI:.....	10
6. PROGETTAZIONE GEOTECNICA – D.M. 14/01/2008:	10
5.1 Vita nominale – classi d’uso – periodo di riferimento:	10
5.2 Progettazione geotecnica:.....	10
5.3 Carichi di esercizio:	11
10.5 Coefficiente di sottofondo:	12
7. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO	13
6.2 Microzonazione sismica comunale	13
6.3 VSeq – CATEGORIA DI SOTTOSUOLO, DM 17/01/2018	15
6.4 INDAGINE MASW	15
6.5 PROVA PASSIVA - HVSR.....	21
6.6 Risultati	23
8. PERICOLOSITA' SIMICA DI BASE - RISPOSTA SISMICA LOCALE (D.M. 17/01/2018).....	25
9. Confronto tra spettro derivante dalla MS comunale e spettro derivante dalla normativa (NTC 2018):	28
10. Risposta sismica locale mediante modellazione numerica 1d	30
6.1 Le coperture – caratterizzazione sismica	30
6.2 Il bed rock - Definizione dell'azione sismica.....	31
6.3 Procedura di analisi	31
11. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE	35
12. CONCLUSIONI - CRITERI DI INTERVENTO:	36



AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI VISSO

Largo G.B. Gaola Antinori 1
62039 VISSO (Macerata)

LAVORI DI RICOSTRUZIONE DELLA EX-PISCINA COMUNALE CON REALIZZAZIONE DI UNA STRUTTURA POLIVALENTE PER ATTIVITÀ SOCIALI O DI PROTEZIONE CIVILE NEL COMUNE DI VISSO

1. PREMESSA

Per conto dell'Amministrazione Comunale di Visso, abbiamo eseguito una indagine tecnico-geologica nell'area su cui ricadrà le strutture in esame.

Scopo dello studio sarà quello di definire, tenendo conto anche della nuova normativa sismica (D.M. 17/01/2018):

IL MODELLO GEOLOGICO:

- le condizioni geologiche del sito;
- la successione stratigrafica;

IL MODELLO GEOTECNICO:

- le proprietà meccaniche dei terreni interessati dagli interventi progettuali;
- i parametri meccanici necessari ad una esatta scelta della tipologia e al dimensionamento delle opere fondali;

LA CARATTERIZZAZIONE DELL'OPERA:

- il tipo di fondazione ottimale in base ai carichi di esercizio, e verificare che i cedimenti rientrino nei limiti di accettabilità richiesti dalla normativa.
- i criteri di sistemazione idrogeologica (regimazione delle acque superficiali).

dott. geol. Moreschi Mirco Chiaravalle 071/948958	E:\trasferire\SETTANTASETTE VISSO\RELAZIONE VISSO BOZZA REV01.doc	2
---	--	---

6.1 1.1 Normativa di riferimento relazione geologica-geotecnica

D.M. 17/01/2018

Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17/01/2018. Circolare 21 gennaio 2019.

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. All. al voto n. 36 del 27/07/2007

Eurocodice 8 (1998)

Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture

Parte 5: fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)

Eurocodice 7.1 (1997)

Progettazione geotecnica – Parte I: Regole Generali – UNI

Eurocodice 7.2 (2002)

Progettazione geotecnica: Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002).
UNI

Eurocodice 7.3 (2002)

Progettazione geotecnica: Parte II: progettazione assistita con prove in sito (2002). UNI

Leggi regionali in materia di pianificazione e di vincolo idrogeologico

Ordinanze Autorità di Bacino Nazionale, regionale o interregionale.

D.M. 11/03/1998

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.

2 METODOLOGIA:

L'indagine è finalizzata a definire la successione stratigrafica dei vari terreni presenti in zona, le caratteristiche meccaniche degli stessi, valutando i parametri geotecnici necessari alla progettazione dell'opera.

L'indagine è stata eseguita mediante:

- 1) rilevamento geologico e geomorfologico;
- 2) raccolta dati bibliografici;
- 3) N.1 sondaggio stratigrafico a carotaggio continuo della profondità di 20 metri
- 4) N.1 Indagine elettrica tomografica
- 5) N. 1 Indagine Tomografica Sismica
- 6) Dati da indagine preliminare sul sito ottobre 2018 con N. 1 Prova sismica passiva (HVSr), N.1 Prova sismica attiva (MASW), N. 2 Sondaggi Stratigrafici e N. 2 Prove Penetrometriche Pesanti (DPSH)
- 7) correlazione e interpretazione dati, stesura relazione finale.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO - GENERALITA':

L'area in esame fa parte della catena montuosa dei monti Sibillini in particolare si colloca nella sua parte centrale, in particolare nell'area il substrato è costituito dalla Formazione della Scaglia Cinerea, risulta affiorante lungo il versante opposto dell'area oggetto di intervento, mentre all'interno di essa, risulta ricoperto da una coltre di depositi continentali di natura alluvionale i quali, in tale sito, si sovrappongono e si interdigitano con i depositi di versante provenienti dalle falde orientali del monte Cardosa.

La giacitura con immersioni verso SSW e pendenze da suborizzontali a mediamente inclinate hanno vergenza appenninica.

Nello specifico l'area oggetto di intervento è ubicata all'interno di una piccola sinclinale secondaria, allungata in direzione NNW-SSE, compresa tra M. Careschio e M. Fema, incisa trasversalmente dal Fiume Nera. In particolare essa è ubicata, lungo il lato occidentale di una di una cresta allungata in direzione SE-NW, lungo il versante meridionale del Monte Cardosa all'attacco con la sottostante piana alluvionale dell'omonimo Torrente.

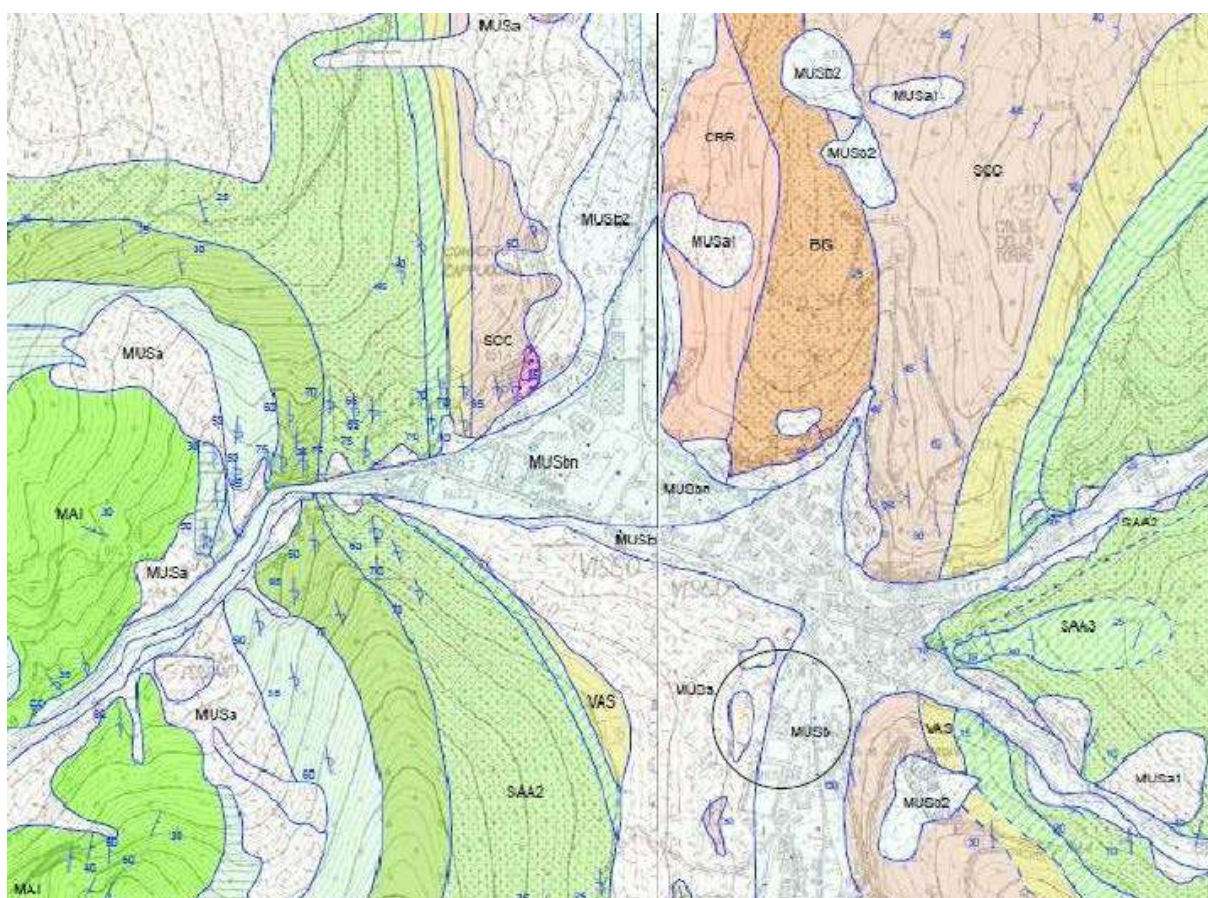


Figura 1 Estratto Cartografia CARG

La copertura detritica dei terreni è costituita dai depositi alluvionali alternati nella parte più superficiale con i detriti di versante del Monte Cardosa. I depositi si presentano colme un'alternanza di "ghiaie di varie dimensioni, scarsamente arrotondate, a tratti a spigoli vivi, in matrice sabbioso limosa che talora diviene predominante" e "Limi sabbiosi e sabbie limose localmente argillose". Isolatamente e per piccoli spessori (10-30 cm), si riscontrato livelletti e lenti di argille limoso sabbiose con raro ghiaietto.

L'area pressoché pianeggiante non presenta fenomeni di instabilità

In particolare, nella zona la stratigrafia locale può essere così schematizzata:

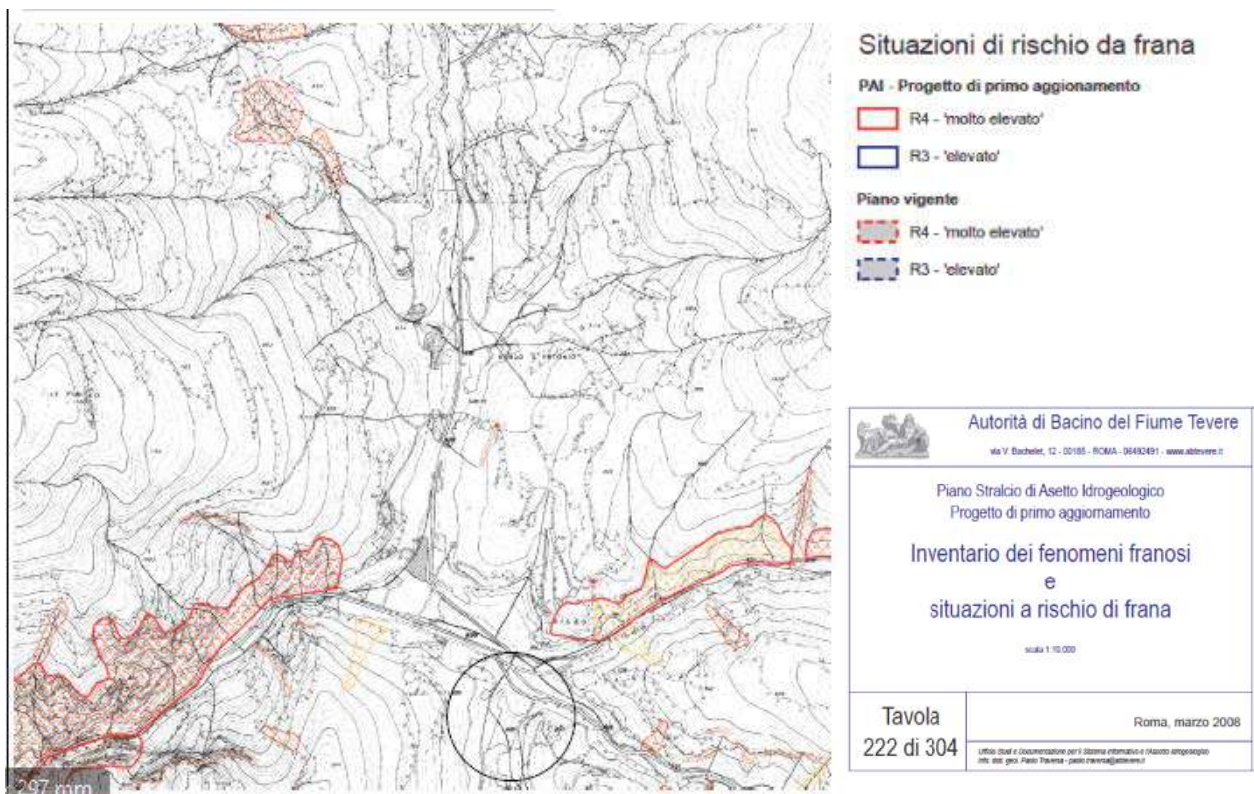
<i>A - dal p.c. a 1,80- mt.,</i>	<i>Terreno di riporto;</i>
<i>B - da 1,80 mt. a 5,00 mt.</i>	<i>Ciottoli e ghiaie calcaree di varie dimensioni in matrice limo sabbiosa alternate a livelli limo argillosi con spessori variabili (ALLUVIONI)</i>
<i>C- da 5,00 mt a 9,00 mt</i>	<i>sabbie limo argillose alternate a livelli sabbiosi con spessori variabili da 1-2 cm a 15 cm mediamente consistenti (ALLUVIONI)</i>
<i>D- da 9,00 mt a 15,00 mt</i>	<i>limi sabbiosi con inclusi ciottoli calcarei alternati a livelli con prevalenza di ciottoli calcarei a scarsa matrice limosa</i>
<i>E- da 15,00 mt 30,00 mt</i>	<i>ghiaie e ciottoli alternati a livelli sabbioso limosi (ALLUVIONI).</i>
<i>F -da 30,00 mt. a fine fori</i>	<i>Marne,e Marne Calcaree (SCAGLIA CINEREA);</i>

3. VALUTAZIONI IDROLOGICHE e RAPPORTO CON IL PAI:

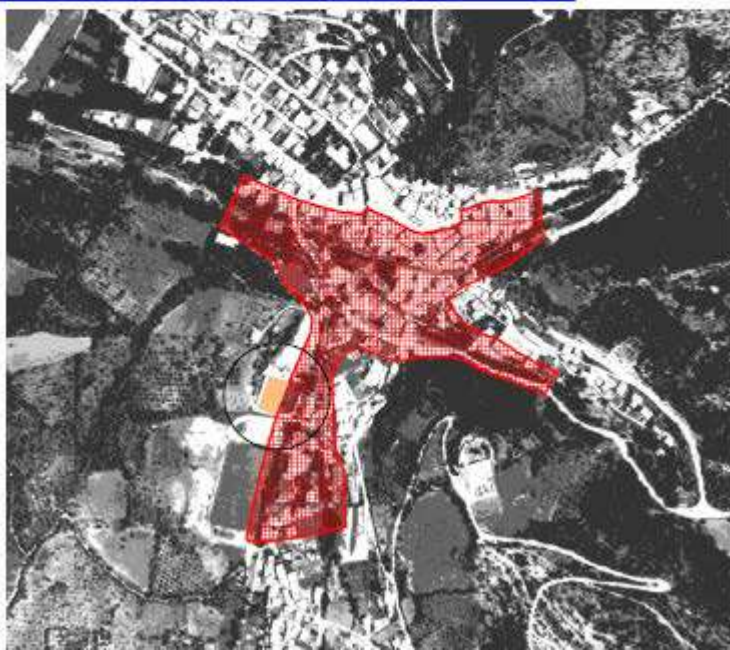
Per quanto riguarda la circolazione idrica profonda, nei terreni superficiali di natura detritica è presente una falda che può essere multistrato separata dai livelli argillosi di vario spessore.

Dalle indagini effettuate è stata riscontrata la presenza di una importante falda acquifera, il cui livello statico è stato misurato alla profondità di circa -1,50 m. dall'attuale p.c..

Il rapporto dell'area di intervento con il Piano stralcio di Assetto Idrologico del Fiume Tevere indica l'assenza nella zona di aree a dissesto idrogeologico legate a fenomeni franosi.



Nello stesso Piano di Assetto Idrogeologico vengono riportate le Aree a rischi esondabilità. La zona di intervento è posta al limite di un'area esondabile che include il centro abitato di Visso. Comunque il tratto del Torrente Cardosa limitrofo all'area è stato oggetto di lavori di rinforzo arginale a contenimento di eventuali piene



4. PARAMETRI MECCANICI:

Si riportano di seguito, nella tabella allegata, i parametri che caratterizzano le proprietà fisico-meccaniche dei terreni attraversati, dedotti dalle misure in sito delle resistenze meccaniche, da correlazione di tali dati con valori bibliografici.

La distinzione stratigrafica è riportata nello schema precedente (paragr. 2):

<i>LITOLOGIA</i>		ϕ (°)	γ (t/m ³)	E_d (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	C (Kg/cm ²)	C_u (Kg/cm ²)	V_s (m/sec)
<i>CIOTTOLI E GHIAIE</i>	B	29°-31°	1,95	51-60	34	0,00	0.60-0.80	250
<i>SABBIE LIMO ARGILLOSE</i>	C	28°-29°	1,90	45-50	32	0,00	0,40-0,60	250
<i>LIMI SABBIOSI CON INCLUSI CIOTTOLI</i>	D	24°-26°	1,90	30-45	33	0,00	0.60-0.80	290
<i>GHIAIE E CIOTTOLI</i>	E	29°-31°	1,95	51-60	45	0,00	1,1-1,2	390
<i>MARNE CALCAREE</i>	F	38°-40°	2,30	280-300	220	2,00-4,00	2,50-3,00	600

Legenda:

ϕ = angolo di attrito; γ = peso di volume;
 E= modulo elastico (Schmertmann); E_d = modulo edometrico
 C= coesione; C_u = Coesione non drenata

5. CRITERI COSTRUTTIVI:

Esaminata la successione stratigrafica locale, le caratteristiche costruttive dell'edificio in progetto l'area è edificabile mediante *fondazioni superficiali (platea o trave rovescia)*.

Il piano d'ipotesi delle fondazioni in progetto dovrà essere ad una profondità minima di 1,50 metri adottando o una fondazione a trave rovescia oppure a platea. Bisogna comunque tenere conto della struttura preesistente che verrà demolita, in particolare si dovranno evitare interferenze con le vecchie fondazioni. Nel caso della platea si dovrà preparare il piano di posa riportando terreni aridi compattati (tout venant).

6. PROGETTAZIONE GEOTECNICA – D.M. 14/01/2008:

5.1 Vita nominale – classi d'uso – periodo di riferimento:

Il progetto è finalizzato alla costruzione di un colombario (tipo di costruzione 2); la vita nominale delle strutture è pari a $V_n \geq 50$ anni; la classe d'uso in presenza di azioni sismiche è classe II con relativo coefficiente d'uso $CU = 1,0$. Il periodo di riferimento per l'azione sismica è $V_r = V_n \times CU = 50$ anni.

5.2 Progettazione geotecnica:

Sulla base della nuova normativa (D.M. 14/01/2008) si sono definiti i criteri per le verifiche di sicurezza agli stati limite ultimi (SLU) e le analisi alle condizioni di esercizio (SLE).

Si è valutato l'effetto delle azioni (A), delle resistenze (R) e dei parametri geotecnici del terreno (M) utilizzando i coefficienti parziali definiti nella legge. La combinazione dei coefficienti parziali dà luogo a 2 approcci progettuali (*Approccio 1 e Approccio 2*). L'approccio 2 scelto in questa fase, in accordo con l'ingegnere progettista, tiene conto di un dimensionamento sia strutturale che geotecnico:

Approccio 2: $(A1 + M1 + R3)$

Dove:

A1= coeff. parziali per le azioni

M1= coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

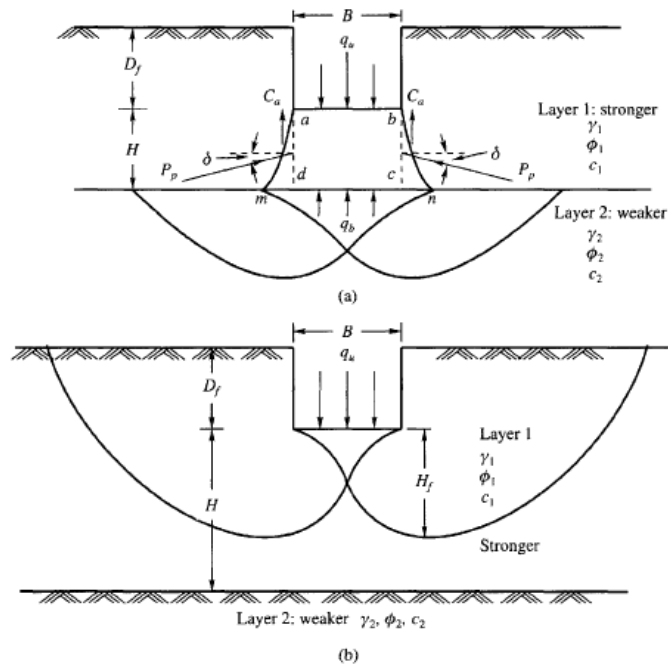
R3 = coeff. parziali per le verifiche agli stati limite ultimi

Tale scelta rappresenta un dato orientativo preliminare; sarà il progettista a confermare, in fase di calcolo esecutivo, tale scelta e definire un approccio definitivo.

5.3 Carichi di esercizio:

Nella figura è rappresentata una fondazione di larghezza B approfondita D_f in uno strato di terreno resistente (strato 1). Lo strato debole si trova a distanza H dal piano di posa della fondazione.

Se la distanza H non è sufficiente oppure in condizioni di carico eccezionali una parte di esso verrà trasferito oltre il livello mn . Questa condizione indurrà il formarsi di superfici di rottura anche nello strato più debole (strato 2). Se la distanza H è relativamente grande, le superfici di rottura si svilupperanno completamente nello strato 1 come evidenziato in Figura.



Il carico limite negli strati 1 e 2 può essere espresso dalle seguenti relazioni:

Strato 1

$$q_1 = c_1 \cdot N_{c1} + \frac{1}{2} \gamma_1 \cdot B \cdot N_{\gamma1}$$

Strato 2

$$q_2 = c_2 \cdot N_{c2} + \frac{1}{2} \gamma_2 \cdot B \cdot N_{\gamma2}$$

Dove:

$N_{c1}, N_{\gamma1}$ = fattori di capacità portante dello strato 1 con angolo di resistenza a taglio j_1

$N_{c2}, N_{\gamma2}$ = fattori di capacità portante dello strato 2 con angolo di resistenza a taglio j_2

Se il piano di posa della fondazione si trova ad una distanza D_f rispetto al piano campagna e la distanza H è relativamente grande l'espressione del carico limite è la seguente:

$$q_u = q_t = c_1 \cdot N_{c1} + q'_0 \cdot N_{q1} + \frac{1}{2} \gamma_1 \cdot B \cdot N_{\gamma1}$$

Se q_1 è molto maggiore di q_2 e se la distanza H non è sufficiente a formare una condizione di plasticizzazione completa nello strato 1, allora la rottura è legata alla spinta del terreno che si sviluppa dallo strato più debole allo strato più resistente. La formulazione per la stima del carico limite diventa:

$$q_u = q_b + \frac{2 \cdot (C_a + P_p \sin \delta)}{B} - \gamma_1 \cdot H$$

Dove:

q_b = carico limite nello strato 2

P_p = spinta passiva

C_a = adesione

d = inclinazione della spinta passiva rispetto all'orizzontale

$$P_p = \frac{\gamma_1 \cdot H^2}{2 \cos \delta} \left(1 + \frac{2D_f}{H} \right) K_p$$

In base a tali considerazioni si ottengono i seguenti valori:

Carico limite [Qult] = 2,25 kg/cm²

Resistenza di progetto [Rd] = 0,95 kg/cm²

10.5 Coefficiente di sottofondo:

Il coefficiente di sottofondo, necessario al calcolo delle fondazioni su suolo elastico e definito come la reazione del suolo su di un'area di 1 cmq. per un abbassamento di 1 cm., si può valutare mediante la relazione proposta da Bowles (1982) che fornisce:

$$k \text{ (kN/mc)} = 40 Q f_c$$

dove

f_c = 2.54/cedimento della fondazione (cm)

Q = carico per il quale è stato calcolato il cedimento (kPa).

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 16214,28 kN/m³ = 1,65 Kg/cm³

7. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO

6.2 Microzonazione sismica comunale

Il Comune di Visso è provvisto dello studio di Microzonazione Sismica di livello III. Tale studio, realizzato essenzialmente per coadiuvare e indirizzare le scelte di pianificazione urbanistica, fornisce anche degli indirizzi utili alla progettazione dei singoli interventi edificatori. In particolare l'ordinanza 55 del Commissario Straordinario per la Ricostruzione, indica la necessità di verificare in sede di progettazione, la coerenza della risposta sismica locale semplificata, effettuata secondo la normativa tecnica di cui al D.M. 17/01/2018, con le conclusioni dello studio di microzonazione sismica ricordato.

L'area in esame essendo inserita nel capoluogo comunale è stata sottoposta allo studio di MS di I e III livello con definizione delle cosiddette MOPS, ovvero microzone omogenee in prospettiva sismica (I livello) a cui sono successivamente stati attribuiti elementi che ne quantificano la risposta sismica locale (III liv.).

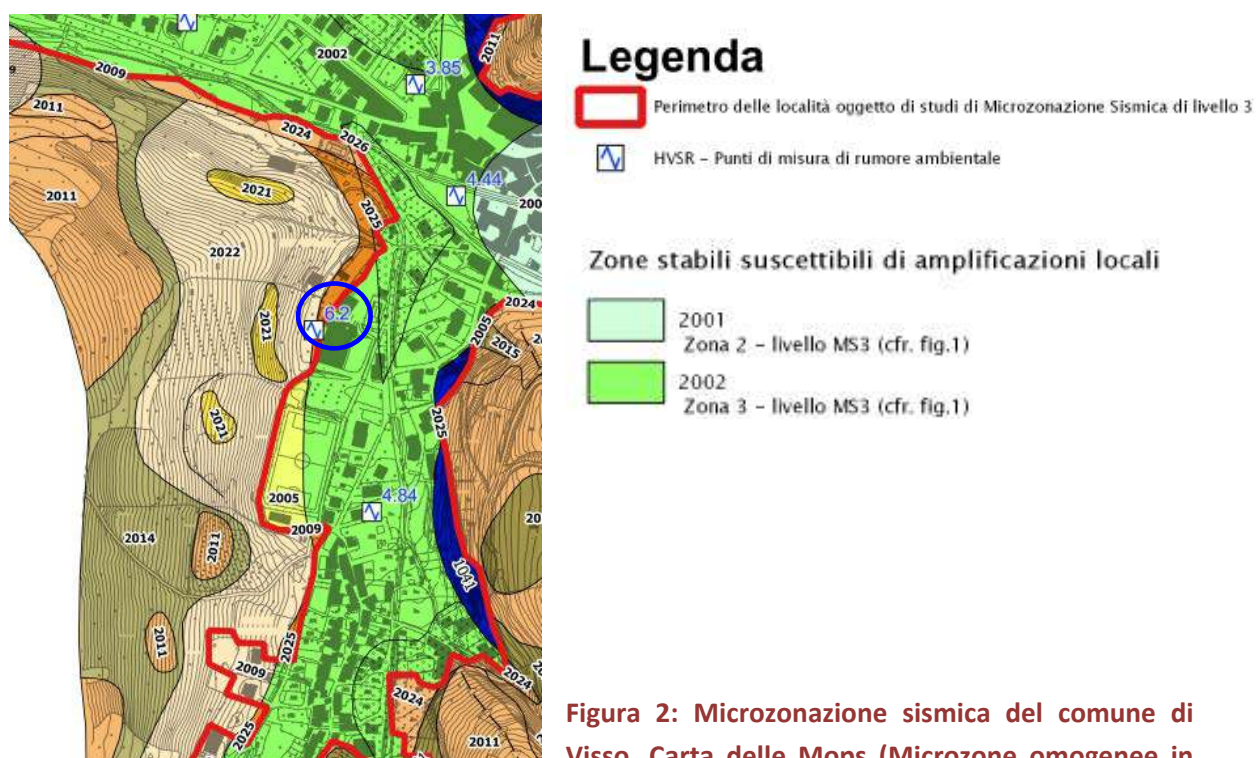
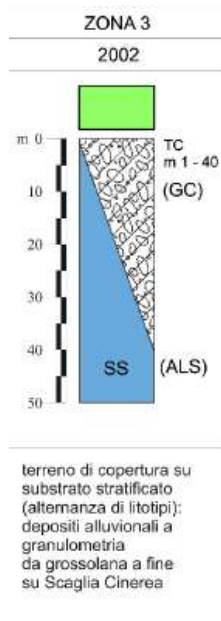


Figura 2: Microzonazione sismica del comune di Visso. Carta delle Mops (Microzone omogenee in prospettiva sismica). L'area in esame, indicata con circolo blu, è inserita nella MOPS 2002. In rosso il perimetro di microzonazione di livello III.



La classificazione indicata in figura evidenzia che l'area oggetto di studio è posta sismicamente in una zona con substrato geologico praticamente affiorante, ovvero in un'area sismicamente stabile suscettibile di amplificazione sismica locale in funzione delle caratteristiche sismo-stratigrafiche del sottosuolo ovvero della presenza di un substrato sismico a profondità variabili da 1 a 40 m (vedi colonna MOPS sottostante).

In particolare la MOPS di appartenenza è definita come **zona 3 (2002) dallo studio di III livello**:

La colonne stratigrafica rappresentativa delle microzone 2002 evidenzia che la MOPS 2002 (tipo_gt) è la più estesa e importante in quanto su questa insiste la maggior parte del tessuto urbano, sia residenziale che produttivo e di servizi. Trattasi di terreni di copertura alluvionali del F. Nera e dei suoi affluenti, come il Fosso della Valle di Visso (Il Fossato) ed il Fosso delle Rote; le litofacies di questi depositi, di spessore variabile da 1 a 40 metri, sono eterometriche, come mostrano i numerosi sondaggi da Villa Sant'Antonio a Borgo San Giovanni, con terreni da ghiaioso sabbiosi a sabbioso limosi, con limi sabbiosi, limi argillosi e argille grigie. I terreni di copertura sono in appoggio discordante sul substrato sismico con superficie di contatto inclinata al bordo delle valli, più piatta al

centro delle valli più larghe. Il substrato sismico corrispondente al substrato geologico stratificato (alternanza di litotipi con prevalenza di marne), per lo più riferibile a Scaglia Cinerea. La variabilità di spessore dei depositi di copertura dipende dalla morfologia della valle sepolta.

L'indagine geologica e geofisica specifica effettuata in sito **non conferma** la presenza di un substrato rigido a profondità compresa entro i primi 30 m, ma attesta per la presenza di un contrasto di impedenza nel sottosuolo a circa 15-20 m tra un litotipo con velocità di propagazione delle onde sismiche variabile in funzione probabilmente dell'esistenza di una formazione geologica costituita da alternanza di litotipi differenti e un litotipo con velocità di propagazione delle onde S che si attesta intorno ai 350 m/s.

Il substrato rigido in funzione dell'indagine effettuata è rinvenibile a profondità di circa 40 m.

Lo studio di **MS di III livello**, individua per la microzona suddetta, gli spettri di risposta in pseudo-accelerazione sottoindicati:

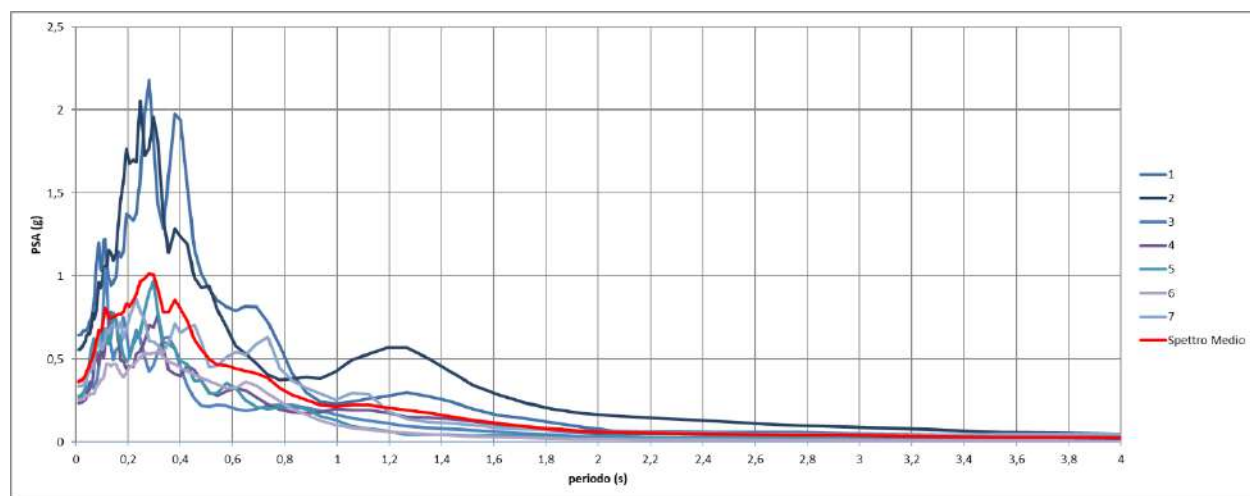
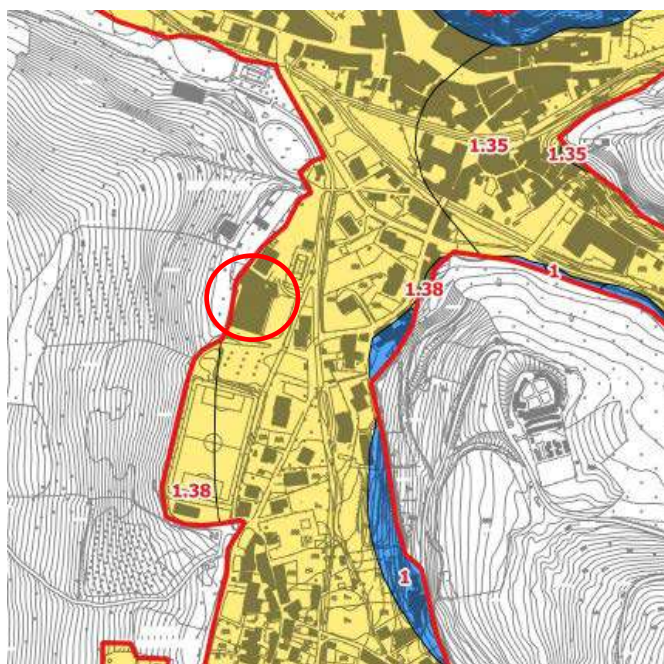


Figura 3: spettri di risposta in pseudo-accelerazione calcolati al suolo per la microzona omogenea 2002. In rosso lo spettro medio.



Lo spettro medio ivi calcolato e indicato con colore rosso (fig. 5) è stato preso come termine di confronto con lo spettro da normativa (NTC 2018) elaborato a partire dall'indagine sismica in sito specifica elaborata nel paragrafo successivo.

Figura 4: Stralcio carta di microzonazione di III livello del Comune di Visso – Fattori di amplificazione attesi in funzione del periodo proprio degli edifici = 0.1-0.5 s. L'area in esame è indicata con circolo rosso.

La carta di MZS di III livello sopra indicata individua per l'area oggetto di indagine e per strutture con periodi propri compresi tra 0,1 e 0,5 sec. una amplificazione sismica di circa 1,37. Tale valore utile alla pianificazione urbanistica non deve essere confuso con l'amplificazione stratigrafica sito specifica S_s determinato ai sensi delle NTC 2018.

6.3 VSeq – CATEGORIA DI SOTTOSUOLO, DM 17/01/2018

Con lo scopo di definire l'azione sismica locale, viene, quindi, individuata la categoria di sottosuolo in base alle suddivisioni previste della normativa di cui al D.M. 17/01/2018 (Tab. 3.2.II e Tab 3.2.III). La velocità delle onde S per la classificazione sismica del terreno, è stata ricavata mediante una doppia prova sismica, ovvero operando mediante MASW che permette l'analisi congiunta degli spettri di velocità derivati da prove sismiche attive effettuate in sito e da prove passive (tecnica HVSR) così da limitare fortemente il grado di incertezza del dato sperimentale.

6.4 INDAGINE MASW

Scopo dell'indagine MASW, eseguita mediante sismografo digitale, è la determinazione della categoria sismica del suolo per il calcolo dell'azione sismica di progetto in funzione del parametro Vseq (velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio nel rispetto di: D.M. 17/01/2018).

L'indagine sismica MASW eseguita presso l'area della Piscina Comunale, riguardante l'edificio che ospita la struttura, destinato alla ristrutturazione di fabbricati, danneggiati dalla crisi sismica iniziata il 24/08/2016.



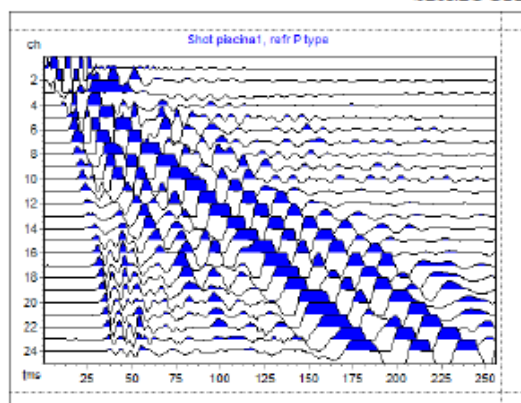
MODALITA' DI ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE

La strumentazione utilizzata è costituita da: un acquisitore a 24 canali della Dolang geophysical (modello JEA 247E500 Telemetry System 24 bitwaterproof, IP67) 24 geofoni verticali a frequenza di 4,5 Hz, una mazza battente per la generazione dell'impulso sismico da 10 Kg.

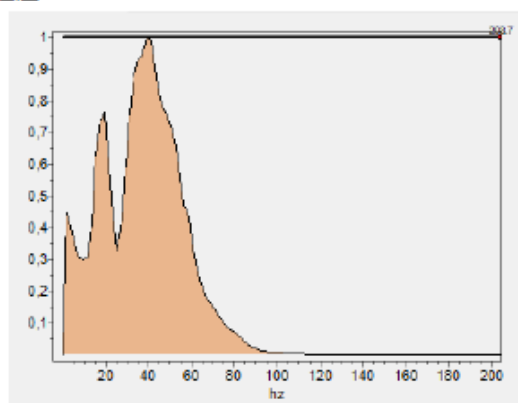
L'indagine MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è stata effettuata realizzando uno stendimento lineare di 46,0 m di lunghezza con orientamento 10° N, con i 24 geofoni equidistanziati di 2,0 m. Per l'acquisizione dei dati sono state effettuate energizzazioni disposte a distanze variabili, S1 a metà distanza intergeofonica tra G1 e G2, S2 a metà distanza intergeofonica tra G2 e G3, S3 a metà distanza intergeofonica tra G3 e G4, S4 a metà distanza intergeofonica tra G21 e G22, S5 a metà distanza intergeofonica tra G22 e G23, S6 a metà distanza intergeofonica tra G23 e G24 dal geofono numero 24 per un totale di 6 punti shot. (Fig.4) Per ogni punto di energizzazione sono stati generati 3-4 impulsi sismici. I dati sono stati elaborati con il software Zond ST2D Geophysical.

La curva di dispersione ottenuta è riportata in figura.

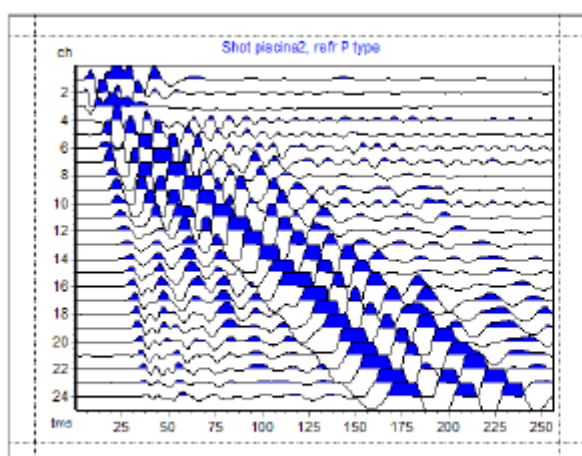
SISMOGRAMMI



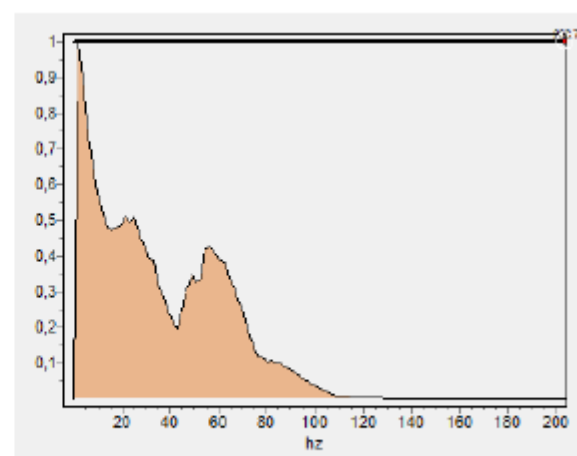
Shot n°1



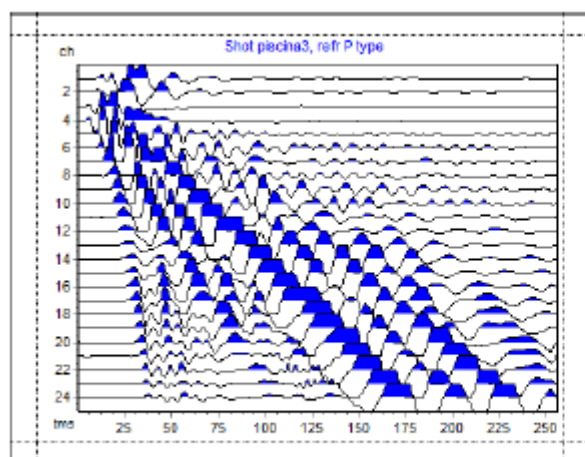
Spettro in frequenza Shot n°1



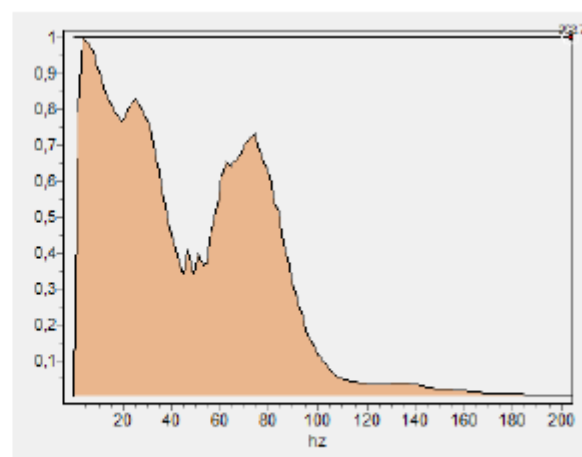
Shot n°2



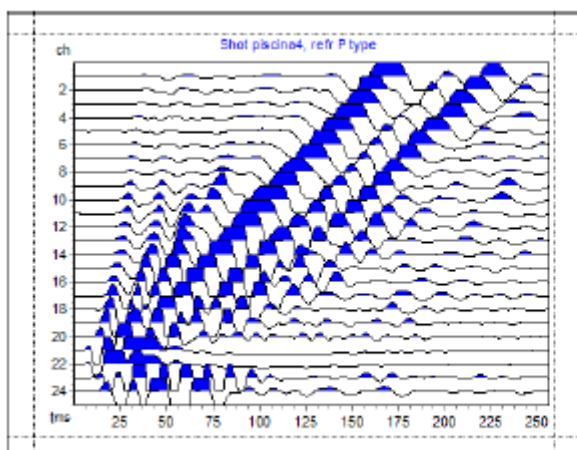
Spettro in frequenza Shot n°2



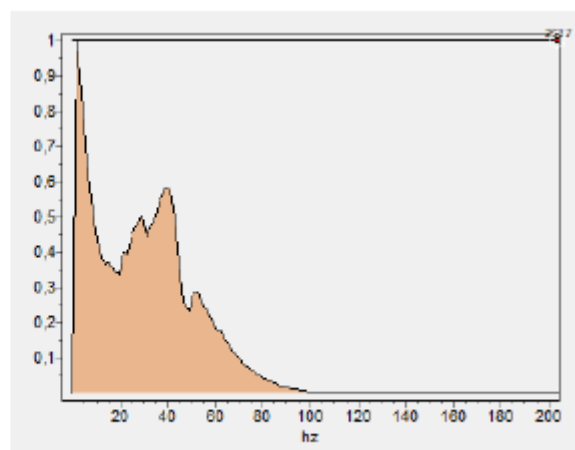
Shot n°3



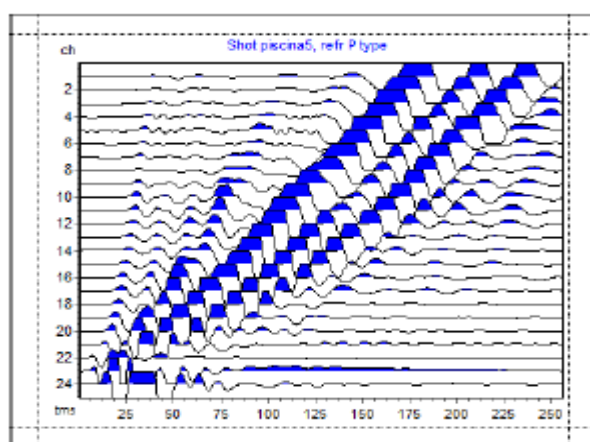
Spettro in frequenza Shot n°3



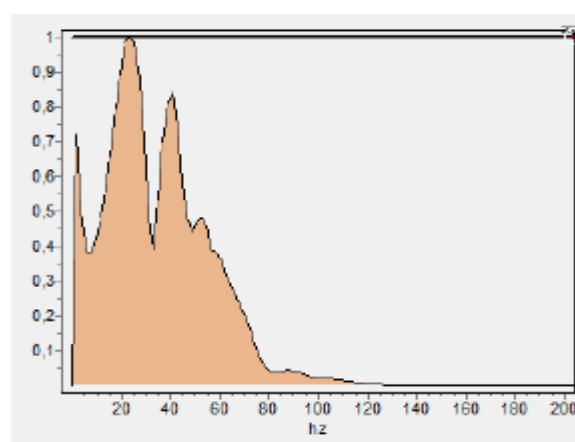
Shot n°4



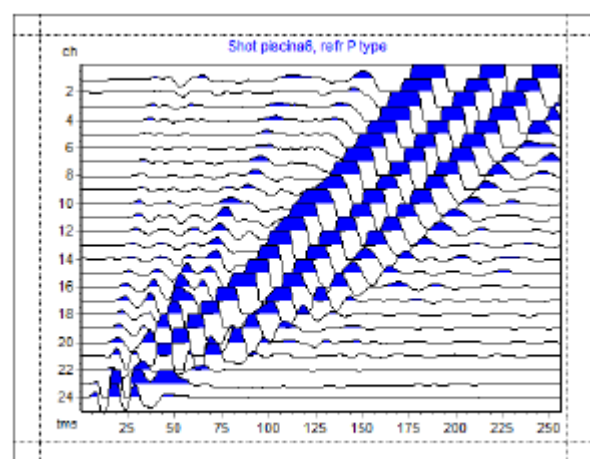
Spettro in frequenza Shot n°4



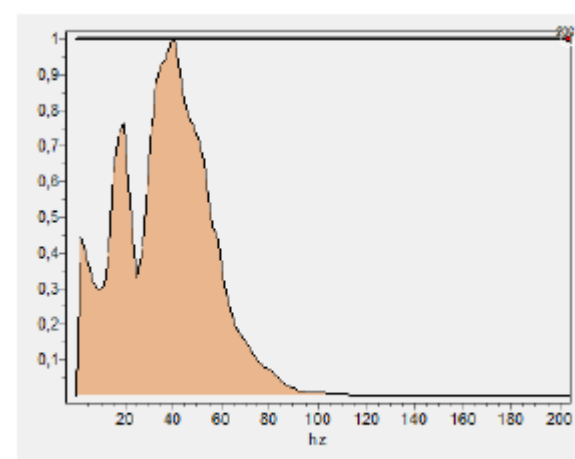
Shot n°5



Spettro in frequenza Shot n°5



Shot n°6



Spettro in frequenza Shot n°6

DISPERSIONE

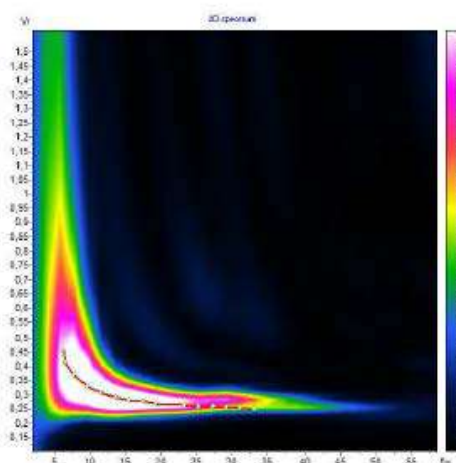


Fig. 5.a (dominio frequenze f-v)

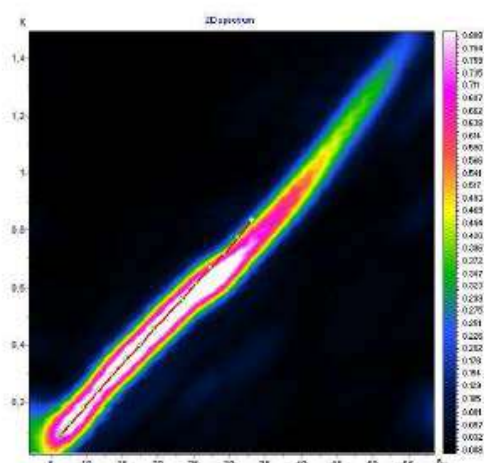


Fig. 5.b (dominio tempo f-k)

VELOCITA' DI FASE SPERIMENTALE - VELOCITA' DI FASE APPARENTE NUMERICA - PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO

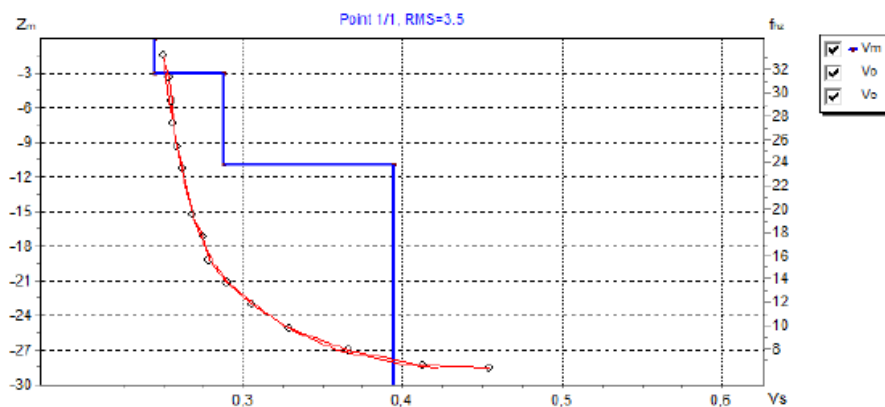


Fig.6

PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO

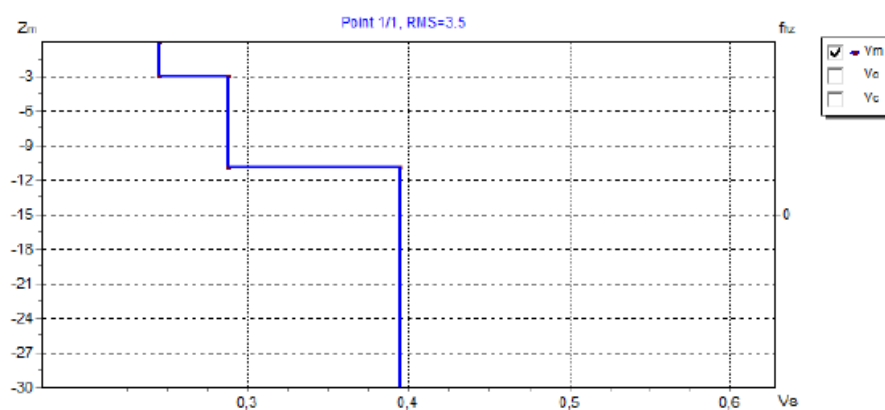


TABELLA DEL PROFILO DI VELOCITA'

N	Vs	PR	p	Z	H
1	250	0.40	2	0	3.0
2	290	0.39	2.1	3.0	7.9
3	390	0.37	2.3	10.9	19.1

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

$$V_{S,eq} = 340 \text{ m/s}$$

DETERMINAZIONE DEL PARAMETRO $V_{S,eq}$

Per la definizione dell'azione sismica di progetto ai sensi del nuovo D.M.17 gennaio 2018 integrato, la velocità di propagazione delle onde di taglio V_S , è calcolata con la seguente espressione.

con

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

h_i spessore dell'i-esimo strato;
 $V_{S,i}$ 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 V_S non inferiore a 800 m/s.

Nel caso in esame considerando l'intervallo di profondità di 30,0 m riferito al piano campagna, si ottiene, sostituendo:

$$V_{S,eq} = 340 \text{ m/sec}$$

Categoria	Descrizione
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

6.5 PROVA PASSIVA - HVSR

Le misure di microtremore ambientale, della durata minima di 14 minuti, sono effettuate con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento Tromino, 10 x 7 x 14 cm per 1,1 kg di peso) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V, fornito di GPS interno e senza cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

Comm: Amm.ne Com.le di Visso - Cant.: Ricostruzione Piscina Comunale

Cielo	Sereno	Vento	Assente	Precipitazioni	Assenti	Orientamento	0°N
-------	--------	-------	---------	----------------	---------	--------------	-----

Strumento: TEP-0040/01-09

Inizio registrazione: 22/09/18 07:49:37 Fine registrazione: 22/09/18 08:09:37

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Posizione GPS: 013°05.1431 E, 42°55.7227 N (607.0 m)

(tempo UTC sincronizzato al primo campione di registrazione): non disponibile in questo modo di acquisizione + 0 + 0 campioni

Num. satelliti: 04

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 83% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

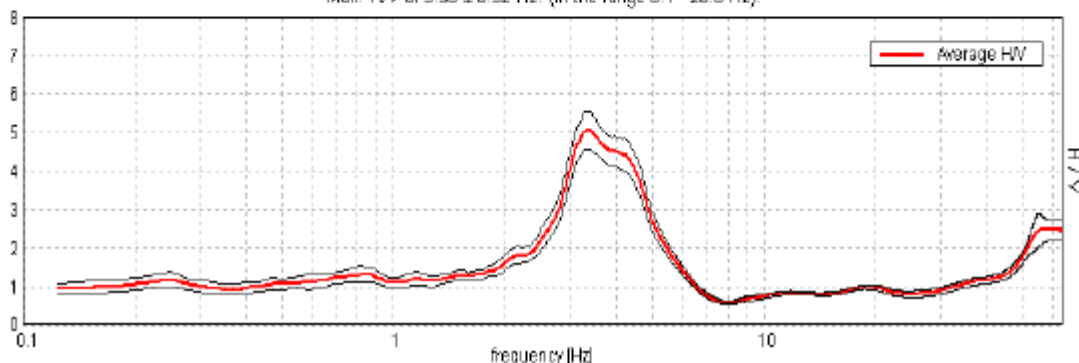
Lunghezza finestre: 20 s

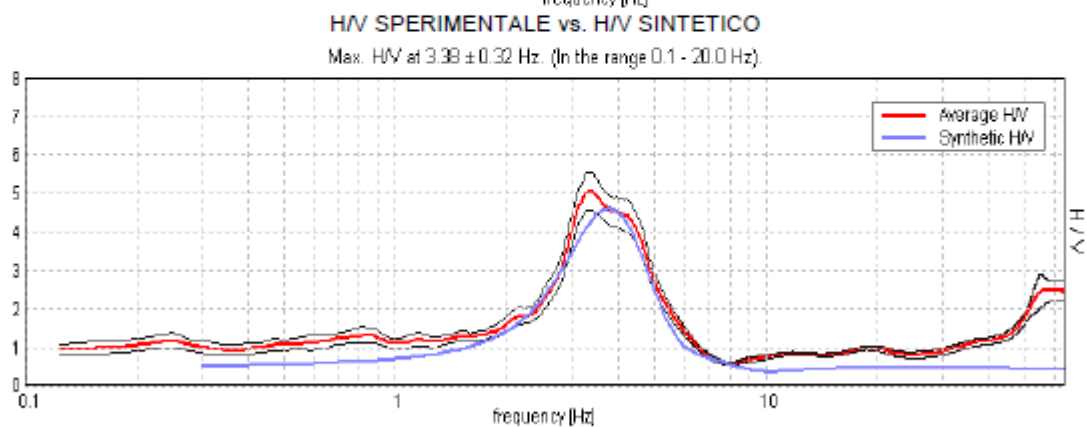
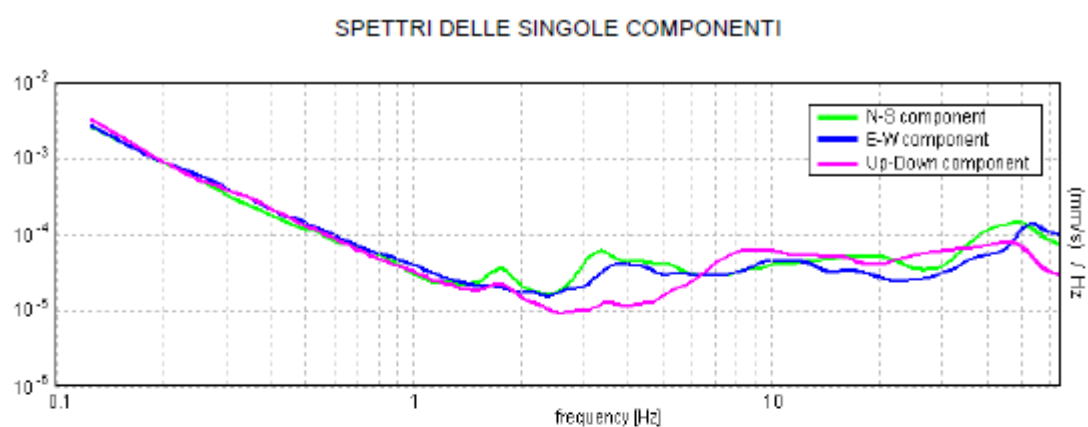
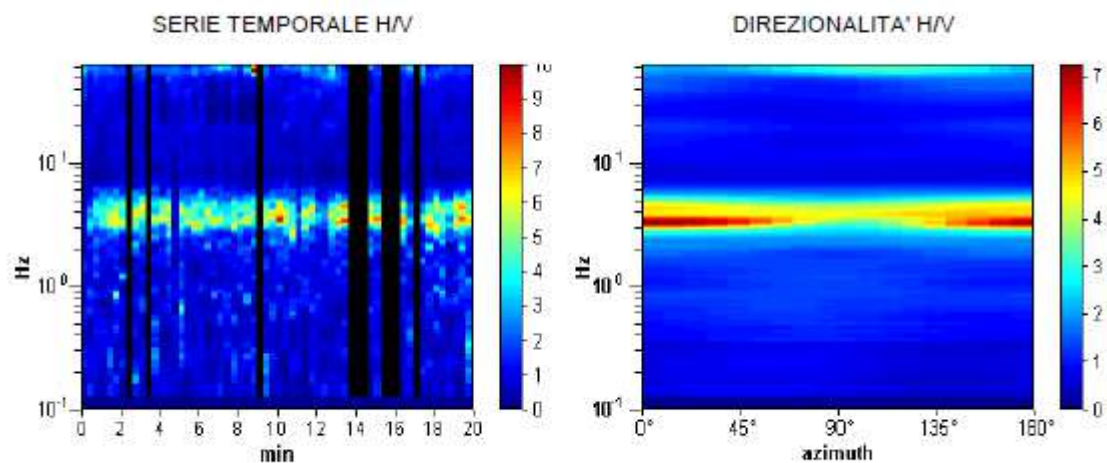
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 3.98 ± 0.32 Hz. (In the range 0.1 - 20.0 Hz).





Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
10.00	10.00	240	0.40
31.00	21.00	440	0.45
inf.	inf.	680	0.38

Per la definizione dell'azione sismica di progetto ai sensi del nuovo D.M.17 gennaio 2018 integrato, la velocità di propagazione delle onde di taglio V_s , è calcolata con la seguente espressione.

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$ 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 V_s non inferiore a 800 m/s.

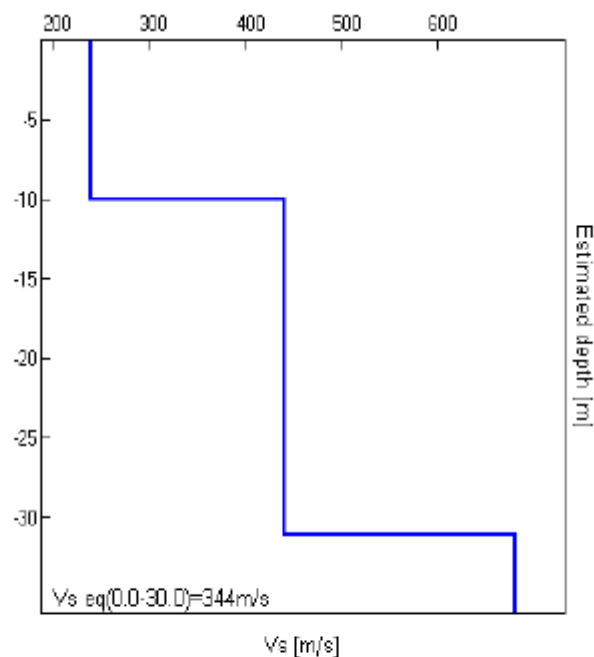
$$V_{s,eq}(0.0-30.0)=344\text{m/s}$$

6.6 Risultati

Commento sul profilo delle velocità.

L'analisi del profilo delle velocità mostra una successione di terreni caratterizzati da:

- **sismostrato 1:** ha uno spessore complessivo di m.31,00 correlabile alla copertura alluvionale.
- **sismostrato 2 :** da m. 31,00 caratterizzato da velocità delle onde progressivamente crescenti con la profondità fino ad un valore stimato di V_s pari a m/s 680, valore quest'ultimo, ascrivibile alla formazione in posto.



Categoria	Descrizione
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Figura 5: stratigrafia sismica

Dal profilo di velocità ottenuto e rappresentato in fig. 12, è stato calcolato il parametro V_{seq} . (velocità equivalente di propagazione entro 30 metri di profondità delle onde di taglio), parametro necessario per la definizione delle categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto. Sulla base dei dati descritti si è ottenuto un valore di $V_{seq} (0 - 30 \text{ m}) = 344 \text{ m/sec}$.

Il terreno presente nell'area in esame, appartiene alla Categoria "C": *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con profondità del substrato superiore a 30 m caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori del V_{seq} compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*

8. PERICOLOSITA' SIMICA DI BASE - RISPOSTA SISMICA LOCALE (D.M. 17/01/2018)

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate
☐ Ricerca per comune

LONGITUDINE: 13.08647 LATITUDINE: 42.92905

REGIONE: Marche PROVINCIA: Macerata COMUNE: Visso

Elaborazioni grafiche:
 Grafici spettri di risposta
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche:
 Tabella parametri

Reticolo di riferimento

Controlla sul reticolo:
☒ Sito esterno al reticolo
☐ Interpolazione su 3 nodi
☐ Interpolazione omessa

Interpolazione:
 media ponderata

Nodi del reticolo intorno al sito

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate (STAT) del comune per individuare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

Al fine di determinare l'azione sismica locale si sono utilizzate le procedure di calcolo relative alla pericolosità sismica di base propria del sito.

Il valore dell'accelerazione massima attesa su suolo rigido orizzontale a_g è stato determinato utilizzando il programma "Spettri_NTC ver.1.0.3.xls" del Consiglio Superiore dei LL.PP.; per il sito in esame si è ottenuto un valore di a_g pari a **0,248 g**, con tempi di ritorno pari a TR 475 anni (SLV) e pari a **0,098 g**, con tempi di ritorno pari a TR 50 anni (SLD)

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	30	0.077	2.389	0.272
SLD	50	0.098	2.380	0.282
SLV	475	0.248	2.366	0.326
SLC	975	0.318	2.390	0.342

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c' per i periodi di ritorno T_R in funzione dello Stato limite

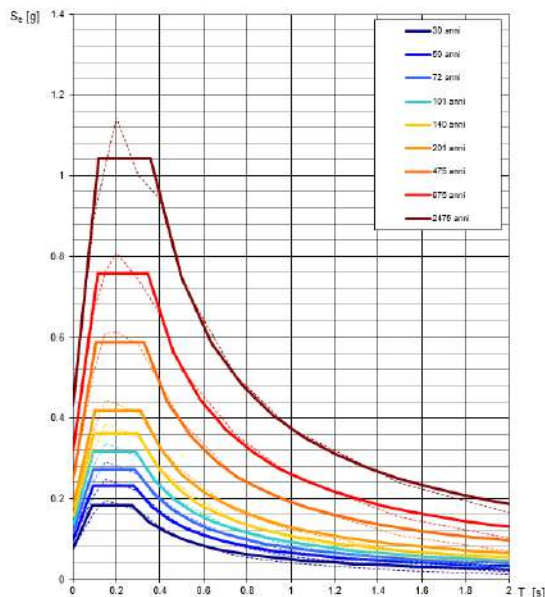


Figura 6: Spettri di risposta elastici per vari tempi di ritorno (T_R) su suolo rigido pianeggiante (A-T1)

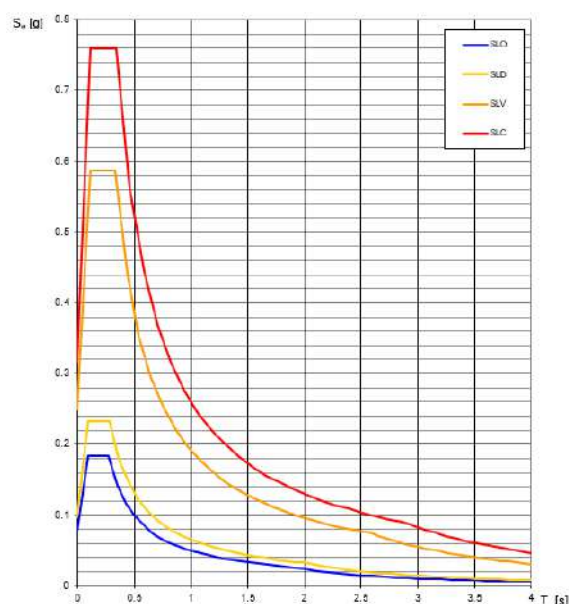
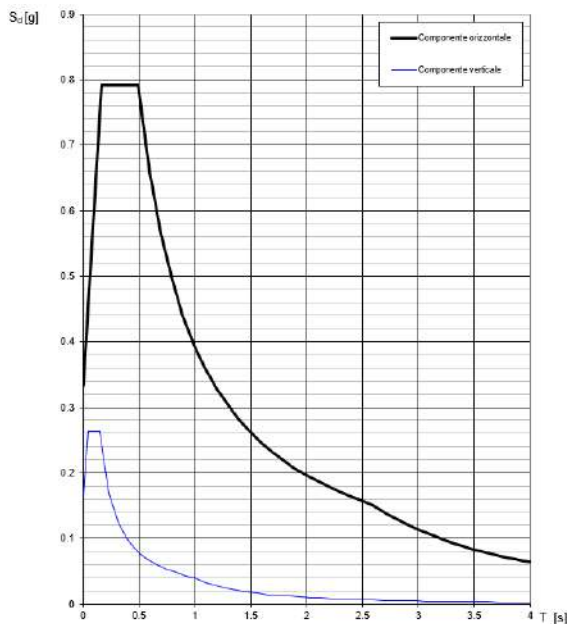


Figura 7: Spettri di risposta elastici in funzione dei diversi stati limite (suolo rigido e pianeggiante)



La **risposta sismica locale S** è data dal prodotto di due coefficienti S_S e S_T (tab. 3.2.V del DM 17/01/2018):

$$S = S_S \times S_T$$

dove:

S_S = coefficiente di amplificazione stratigrafica

S_T = coefficiente di amplificazione topografica

L'amplificazione stratigrafica è funzione della categoria di sottosuolo, l'amplificazione topografica è funzione della morfologia dei luoghi. In particolare la categoria di sottosuolo caratteristica dell'area in esame è la "**C**" [tab.3.2.II], mentre la categoria topografica è **T1** ("*superfici pianeggianti e pendii con inclinazione media < 15°*" [tab. 3.2.IV]), essendo

l'area posta in un versante che globalmente presenta una pendenza media di circa 11°.

**Figura 8: spettro di risposta elastico per il sito in esame –
Cat. Suolo C; cat. Topografica T1; SLV (Tr 475 anni)**

Di conseguenza i coefficienti S_S ($\leq 1,5$) da attribuire al terreno in esame sono:

(SLV) $S_S = 1.7 - 0.6 \cdot 2.366 \cdot (0.248 / 0.98) = 1.34$

(SLD) $S_S = 1.7 - 0.6 \cdot 2.380 \cdot (0.098 / 0.98) = 1.56$

Poiché il coefficiente di amplificazione stratigrafica per categoria T1 è pari a $S_T = 1,0$ (SLV e SLD)

Da cui si evince che $S = 1,34 \times 1,0 = 1,34$ (SLV)

$S = 1,56 \times 1,0 = 1,56$ (SLD)

Ne deriva che l'accelerazione massima attesa al sito con Tr di 475 anni allo stato limite SLV è:

$$a_{\max} = S \times a_g = 1,34 \times 0,248 = 0,332g$$

mentre l'accelerazione massima attesa al sito con Tr di 50 anni allo stato limite SLD è:

$$a_{\max} = S \times a_g = 1,55 \times 0,098 = 0,152g$$

Lo spettro di risposta in accelerazione rappresentato in fig. 15 non tiene evidentemente conto delle caratteristiche della struttura (fattore $q = 1$) ed è pertanto da considerarsi quale Spettro di Risposta Elastico specifico per il sito in esame secondo l'approccio semplificato previsto dalla normativa di riferimento (NTC 2018) ed è caratterizzato dai seguenti parametri:

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.335
$T_p \leftarrow$	0.165	0.792
$T_c \leftarrow$	0.496	0.792
	0.596	0.659
	0.696	0.564
	0.796	0.494
	0.895	0.438
	0.995	0.394
	1.095	0.359
	1.195	0.329
	1.295	0.303
	1.395	0.282
	1.495	0.263
	1.594	0.246
	1.694	0.232
	1.794	0.219
	1.894	0.207
	1.994	0.197
	2.094	0.188
	2.194	0.179
	2.293	0.171
	2.393	0.164
	2.493	0.157

$T_D \leftarrow$	2.593	0.151
	2.660	0.144
	2.727	0.137
	2.794	0.130
	2.861	0.124
	2.928	0.119
	2.995	0.113
	3.062	0.109
	3.129	0.104
	3.196	0.100
	3.263	0.096
	3.330	0.092
	3.397	0.088
	3.464	0.085
	3.531	0.082
	3.598	0.079
	3.665	0.076
	3.732	0.073
	3.799	0.071
	3.866	0.068
	3.933	0.066
	4.000	0.064

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.248 g
F_g	2.366
T_c	0.326 s
S_s	1.348
C_G	1.519
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.348
η	1.000
T_B	0.165 s
T_C	0.496 s
T_D	2.593 s

9. Confronto tra spettro derivante dalla MS comunale e spettro derivante dalla normativa (NTC 2018):

Al fine di definire lo spettro elastico di progetto, si è effettuato (ai sensi dell'ordinanza commissariale n. 55) il confronto tra lo spettro di risposta medio regolarizzato (vedi figura 5 e fig. 16) ottenuto dallo studio di MS3 relativo alla microzona 2002 con quello ottenuto con l'approccio semplificato previsto dalla normativa sismica (NTC 2018), per la categoria di sottosuolo ottenuta (cat. C) in corrispondenza del manufatto e per il tempo di ritorno di 475 anni (vedi fig. 15).

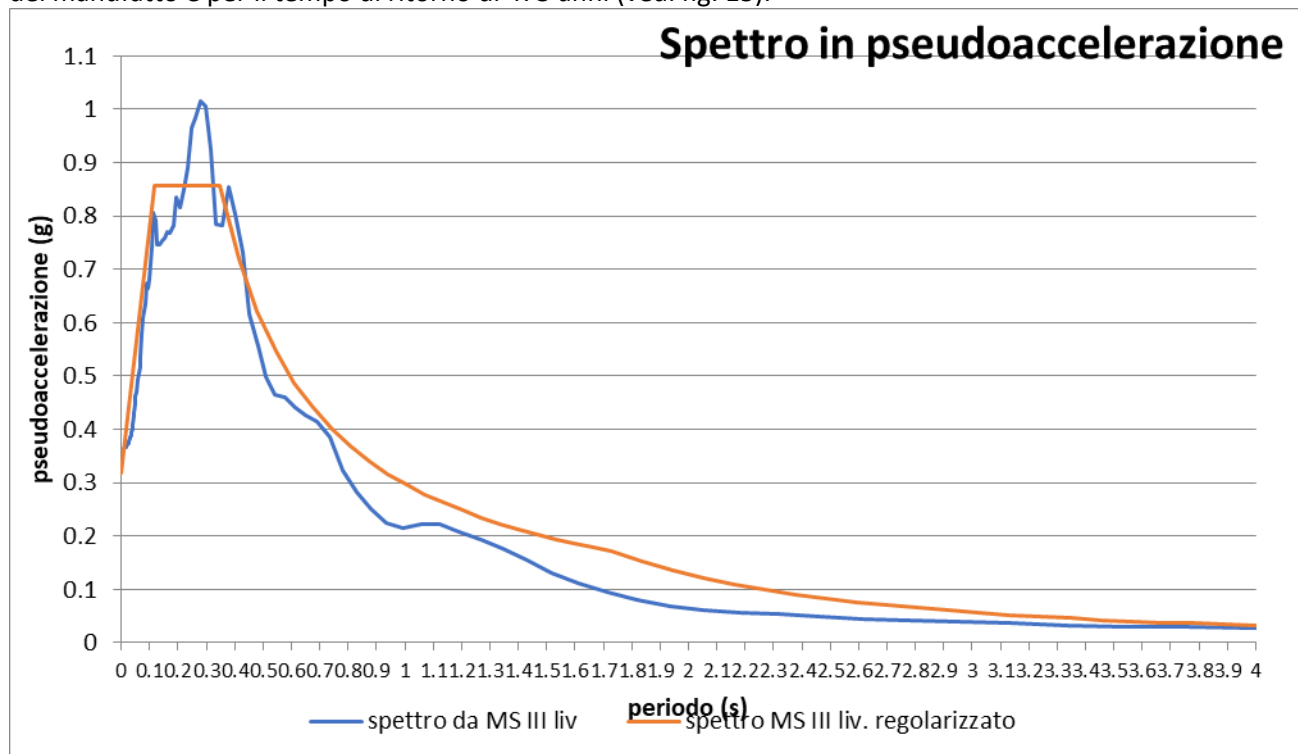


Figura 9: spettro elastico di risposta in pseudo accelerazione medio per la microzona 2002 del comune di Visso (blu) e relativa regolarizzazione (rosso) secondo quanto previsto dall'ordinanza commissariale 55

Il confronto è stato effettuato nell'intervallo di periodi compreso tra 0.09s e 0.54s tenendo conto che l'edificio in progetto, avrà periodi di vibrazione nelle due direzioni principali compresi tra 0,09 s e 0,27 s.

In questo intervallo si verificano le seguenti due condizioni (fig 17):

1. lo spettro di MS3 supera puntualmente lo spettro semplificato di norma in misura inferiore al 30%;
2. l'integrale dello spettro di MS3 è evidentemente (fig 17) inferiore all'integrale dello spettro semplificata da normativa e dunque certamente inferiore al valore del 20% rispetto al corrispondente integrale dello spettro semplificato di norma.

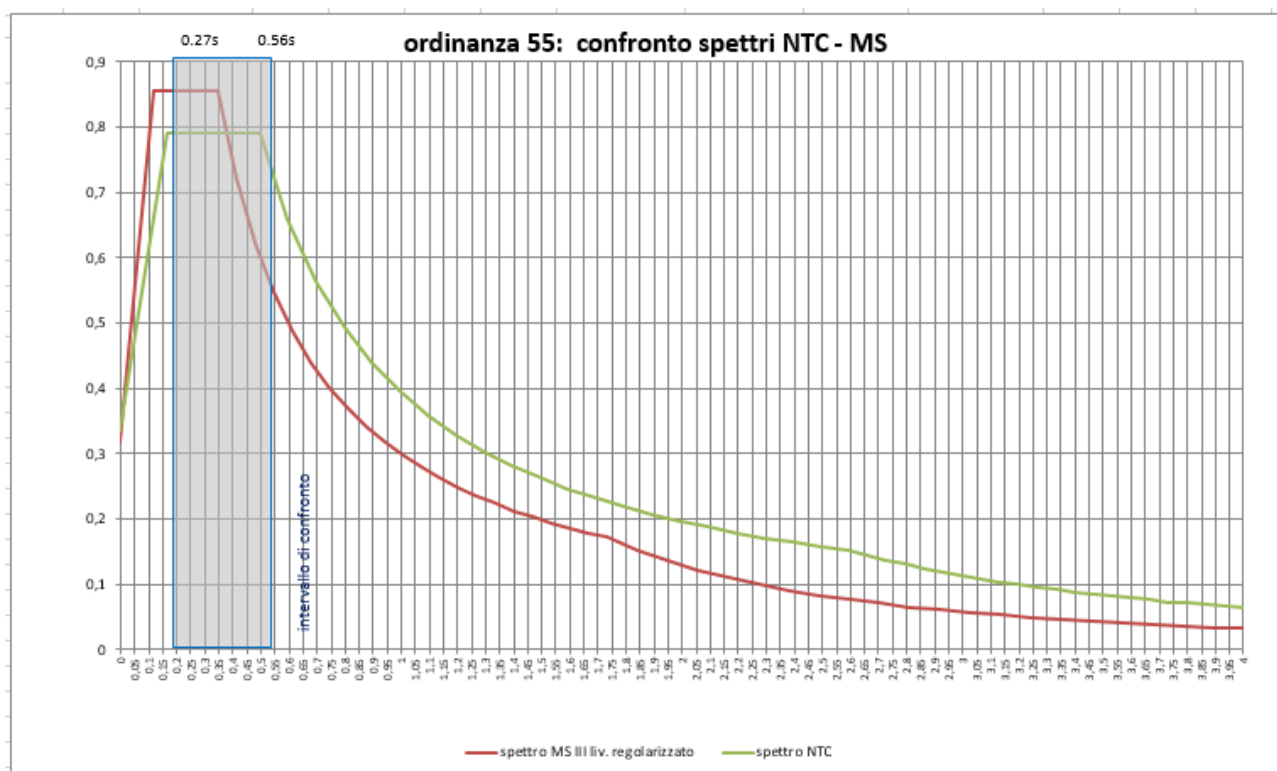


Figura 10: confronto tra spettro da MS3 e spettro da normativa. Lo spettro da MS3 non supera del 30% puntualmente lo spettro da normativa

In base a tali evidenze, al fine di definire lo spettro elastico di progetto non è necessario effettuare la Risposta Sismica Locale in quanto secondo l'ordinanza 55 può essere preso come riferimento di progetto lo spettro NTC. Viene comunque verificata la Risposta Sismica Locale che in funzione delle caratteristiche stratigrafiche e topografiche del sito può essere effettuata mediante analisi numerica monodimensionale.

10. Risposta sismica locale mediante modellazione numerica 1d

In considerazione del fatto che i terreni presenti a partire dal piano fondale dell'edificio in esame possono essere considerati come una sequenza di strati piani e paralleli e che il sito è caratterizzato da una superficie topografica con inclinazione inferiore a 15°, è stato possibile effettuare le analisi numeriche di Risposta Sismica Locale assumendo un modello stratigrafico monodimensionale (1D), in cui le proprietà dei materiali variano unicamente lungo la direzione verticale. Inoltre si è assunto che il campo d'onda sia costituito esclusivamente da onde di taglio con direzione di propagazione verticale e polarizzazione orizzontale (onde SH).

Il modello sismico del sottosuolo è stato definito ai cap. 14 sulla base di:

- Risultati di prove penetrometriche dinamiche e stratigrafiche eseguite in sito
- risultati di prove sismiche attive (MASW) e passive (HVSr) effettuate in sito.

6.1 Le coperture – caratterizzazione sismica

L'interpretazione del profilo sismico tenendo conto dei terreni più superficiali individua la presenza di 4 sismostrati al di sopra del bedrock sismico:

litotipo	d1	d1	gs1	FO
	Limi sabbiosi	Limi sabbiosi con inclusioni di detriti e ghiaie	Ghiaie e sabbie	Formazione dello Schlier Alterata
Velocità Vseq (m/s):	250	290	390	600
Spessore (m):	3	17	10	10

Sulla base delle valutazioni effettuate ai sensi della normativa vigente, i litotipi individuati al di sotto del piano campagna e al di sopra del substrato rigido è caratterizzato da velocità delle onde S comprese tra circa 250 e 600 m/s. La situazione compatibile con una copertura costituita da depositi detritici di spessore elevati sovrastanti un substrato geologico che solo a profondità di circa 40 m diviene sismicamente rigido.

Per descrivere la dipendenza del modulo di taglio e dello smorzamento dal livello di deformazione, si è fatto riferimento a curve di decadimento tratte dalla letteratura, provenienti dallo studio di MS comunale.

In particolare, considerando gli strati identificati sulla base di osservazioni di campagna, si sono utilizzate le seguenti curve di decadimento:

- curve di decadimento tratte dal lavoro di Microzonazione Sismica di liv. 3 del Comune di Visso – specifiche per depositi di materiali limo-argillosi di copertura (Materiali d1))
- curve di decadimento secondo Rollins 1998 per i materiali ghiaiosi (Materiali gs1)

- curve di decadimento secondo Marcellini - Costanzo idonee per substrato non rigido o alterato (Materiali FO)
- Curve di decadimento tratte dal lavoro di Microzonazione Sismica di liv. 3 del Comune di Camerino per substrato fratturato lineare (Materiali S_1-S_3)

6.2 Il bed rock - Definizione dell'azione sismica

Per valutare la RSL si è definita l'azione sismica da attribuire al substrato in funzione di un numero prefissato di registrazioni accelerometriche.

Si sono utilizzati gli accelerogrammi naturali (il numero minimo che consente di far riferimento ai valori medi dei risultati, secondo quanto prescritto dalle NTC 18) selezionati per la realizzazione dello studio di MS di 3 liv. del Comune di VISSO, dall'Unità Tematica Trasversale "Input Sismico" (UTIS, definita a seguito dell'Ordinanza n.24 del 12 Maggio 2017).

La ricerca degli accelerogrammi è stata fatta per il sito di coordinate geografiche con registrazioni free-field tutte caratterizzate da classi di sottosuolo A (EC2008), non scalati nel caso di SLV

169	☒	VISSO_475yrs\3A.MZ10..HNN.D.20161030.064018.C.ACC.ASC	Visso 1	Outcrop (2A)	0.40	43.18	1.00
170	☒	VISSO_475yrs\IT.ACC..HGE.D.20161030.064018.C.ACC.ASC	Visso 2	Outcrop (2A)	0.43	44.10	1.00
171	☒	VISSO_475yrs\IT.CLO..HGE.D.20161026.191806.C.ACC.ASC	Visso 3	Outcrop (2A)	0.18	12.31	1.00
172	☒	VISSO_475yrs\IT.CLO..HGN.D.20161026.191806.C.ACC.ASC	Visso 4	Outcrop (2A)	0.19	12.81	1.00
173	☒	VISSO_475yrs\IT.MMO..HGN.D.20161030.064018.C.ACC.ASC	Visso 5	Outcrop (2A)	0.19	11.41	1.00
174	☒	VISSO_475yrs\IV.T1212..HNE.D.20161026.171036.C.ACC.ASC	Visso 6	Outcrop (2A)	0.18	12.26	1.00
175	☒	VISSO_475yrs\IV.T1212..HNN.D.20161030.064018.C.ACC.ASC	Visso 7	Outcrop (2A)	0.28	24.65	1.00

Name	Description	Type	PGA (g)	PGV (cm/s)	Scale Factor
------	-------------	------	---------	------------	--------------

Le componenti orizzontali degli accelerogrammi utilizzati nelle analisi hanno determinato gli spettri di output illustrati in figura 18, mentre in figura 19 è rappresentato il confronto tra lo spettro da normativa (NTC 18) e quello medio di output da RSL.

6.3 Procedura di analisi

Le analisi si risposta sismica locale sono state effettuate con il programma STRATA (Albert Kottke-Ellen Rathje, Università del Texas, 2008), che fa riferimento ad un modello costitutivo del terreno di tipo viscoelastico lineare-equivalente (EQL).

Per ogni strato di terreno si è definito spessore, massa volumica e le curve che descrivono la diminuzione dei valori del modulo di taglio e dello smorzamento in funzione del livello di deformazione. Si ipotizza che il moto sismico, applicato al substrato, sia costituito da onde che si propagano in direzione verticale, perpendicolarmente alla direzione di giacitura degli strati.

Ciascuno degli accelerogrammi naturali è stato applicato al substrato roccioso e propagato attraverso il terreno di copertura prima descritto, al fine di determinare l'accelerazione prodotta sulla superficie libera dall'amplificazione dovuta alla stratigrafia del sito.

Il risultato dell'analisi è riportato nella figura 18 sottostante.

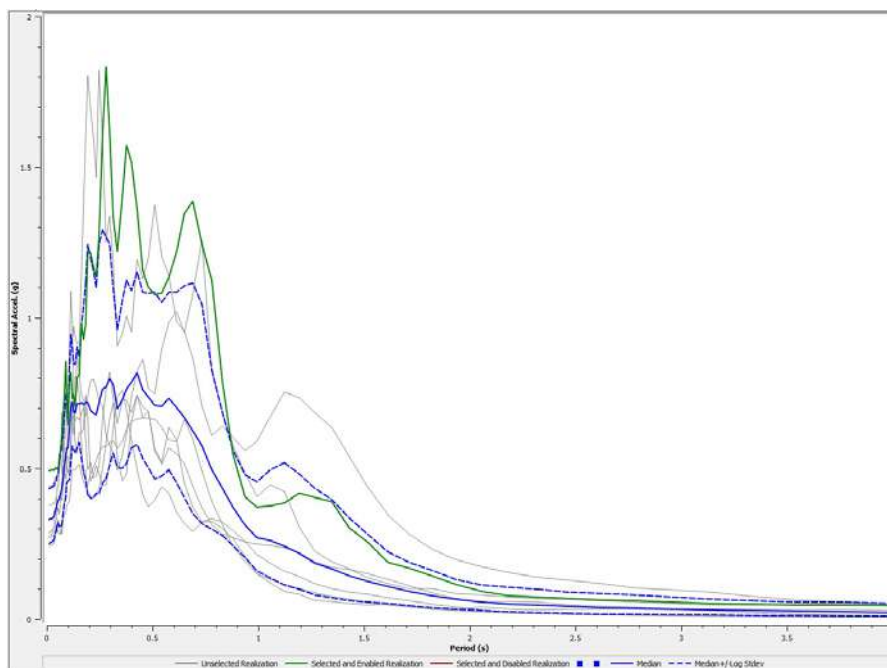


Figura 11: Spettri di risposta in accelerazione così come modificati dalle caratteristiche sismo stratigrafiche del sito (RSL) a partire da una settupla di accelerogrammi naturali spettrocompatibili.

Nella figura sottostante (fig. 19) è riportato il confronto tra lo spettro medio ottenuto in superficie attraverso modellazione numerica 1D (spettro da RSL) e lo spettro previsto dalle NTC 2018 per la componente orizzontale dell'azione sismica in categoria di suolo "C" e topografica "T1" per lo stato limite SLV come quello del sito in esame.

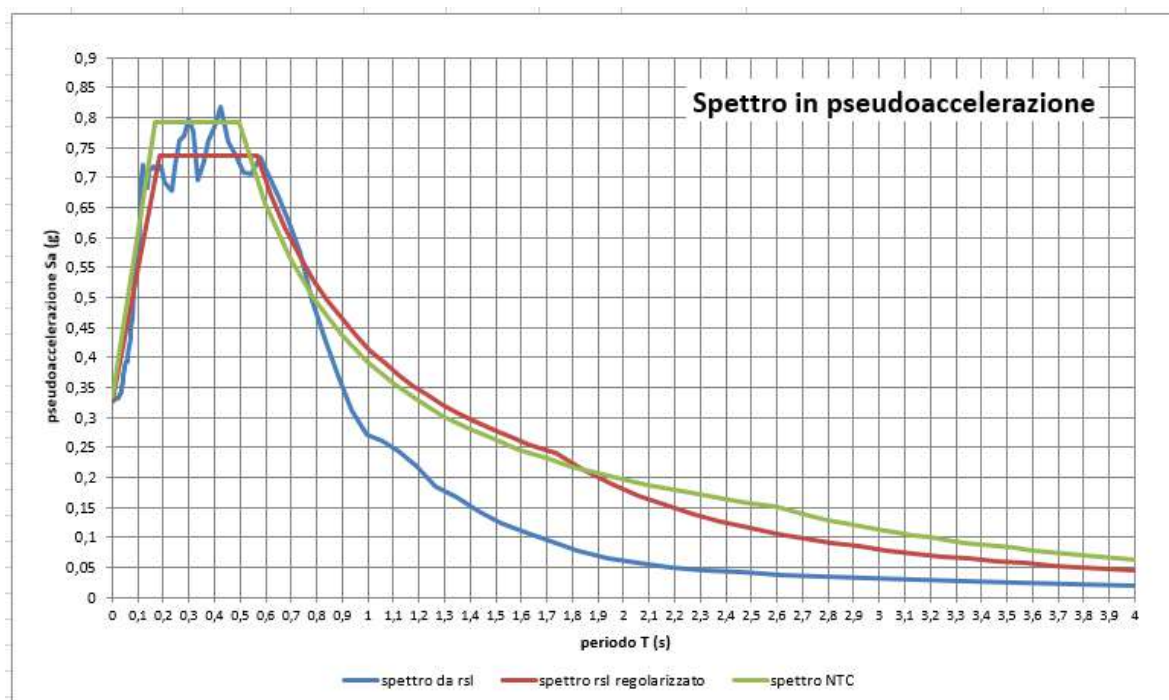


Figura 12: Spettri di risposta in accelerazione (componente orizzontale) sulla superficie libera da RSL e sua regolarizzazione a confronto con lo spettro di risposta da NTC 18 per la categoria di suolo C, secondo lo stato limite SLV

Dal raffronto tra i due spettri emergono le seguenti differenze:

- minore valore della PGA per lo spettro da RSL (**PGA = 0.328**)
- accelerazione spettrale massima maggiore per lo spettro da NTC
- spostamento del plateau relativo allo spettro da RSL verso periodi più alti
- maggiore intensità della risposta nel tratto a spostamento costante per lo spettro da RSL.

Nel complesso l'analisi di RSL propone una situazione derivante dallo spettro medio in accelerazione da analisi numerica meno gravosa per il sito in esame rispetto a quella derivante dallo spettro da NTC.

In calce alla presente relazione si forniscono i parametri fondamentali a definire lo spettro da RSL regolarizzato secondo i criteri espressi dall'ordinanza Commissariale 55.

spettro rsl regolarizzato		
periodo		accelerazione
TB TC	0	0.328436
	0.188287911	0.737674798
	0.564863732	0.737674798
	0.620539531	0.671489436
	0.67621533	0.61620274
	0.731891129	0.56932749
	0.787566928	0.529079783
	0.843242727	0.494146853
	0.898918526	0.463541164
	0.954594325	0.43650557
	1.010270124	0.412449829
	1.065945923	0.390907016
	1.121621722	0.371502915
	1.177297521	0.353934101
	1.23297332	0.337951952
	1.288649119	0.323350813
	1.344324918	0.309959099
	1.400000717	0.297632519
	1.455676516	0.286248858
	1.511352314	0.275703908
	1.567028113	0.265908273
	1.622703912	0.256784825
	1.678379711	0.248266669
TD	1.73405551	0.240295502
	1.841957629	0.212967024
	1.949859747	0.190048692
	2.057761866	0.170640221
	2.165663984	0.154059855
	2.273566103	0.139783678
	2.381468222	0.127403703
	2.48937034	0.116598406
	2.597272459	0.107111626
	2.705174577	0.098737253
	2.813076696	0.091307928
	2.920978814	0.084686624
	3.028880933	0.078760276
	3.136783052	0.073434927
	3.24468517	0.068631976
	3.352587289	0.064285266
	3.460489407	0.060338788
	3.568391526	0.056744874
	3.676293644	0.053462744
	3.784195763	0.050457351
	3.892097881	0.047698435
	4	0.045159763

Tc	0.564863732
a max	0.328436
TB	0.188287911
TD	1.73405551
F0	2.246022963
ag	0.328436

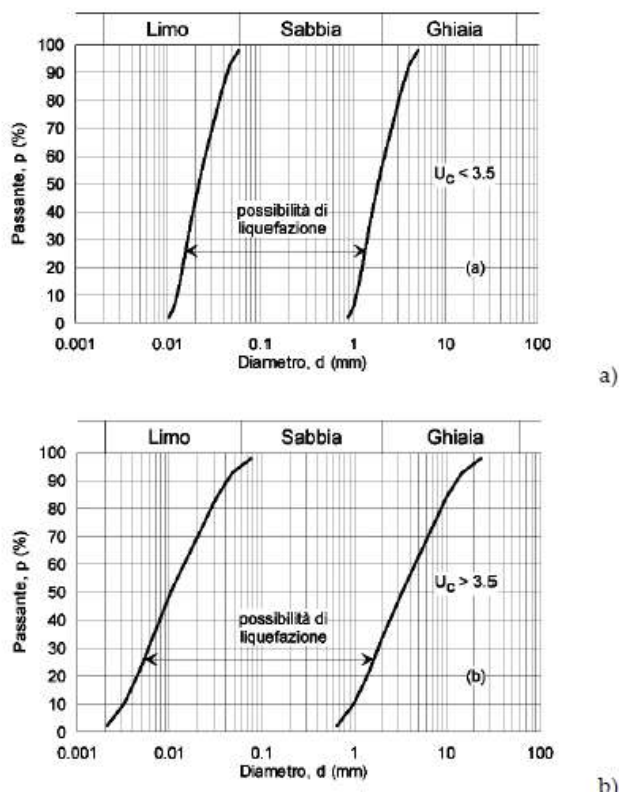
11. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

Per liquefazione del terreno si intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico dei liquidi. Il fenomeno, durante un evento sismico, è tipico dei terreni sabbiosi e sabbioso-limosi da sciolti a normalmente consolidati, a granulometria uniforme e saturi.

Nel D.M.17.01.2018 vengono elencati quattro criteri da impiegare come riferimento al fine di individuare la potenziale liquefacibilità dei terreni del sito indagato. Il primo riguarda il terremoto di progetto, i rimanenti tre la suscettibilità dei depositi sciolti. È sufficiente che uno solo di questi criteri sia soddisfatto per poter omettere ogni ulteriore tipo di verifica.

I criterio	Accelerazioni max attese in superficie in condizioni free field minori di 0,1 g;
II criterio	Profondità media stagionale della falda maggiore di 15 m dal p.c.;
III criterio	Sabbie pulite con $(N_1)_{60} > 30$ o $q_{c1N} > 180$;
IV criterio	Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella normativa (NTC 2018 – fusi granulometrici di Tsuchida, 1970)

In base alle indagini effettuate nel sito è possibile stabilire la presenza argille limose non sature dello spessore di circa 1-2 metri sovrastanti ghiaie e sabbie sature non soggette a liquefazione in quanto evidentemente esterne al fuso critico indicato dalla norma. (– fusi granulometrici di Tsuchida, 1970)



12. CONCLUSIONI - CRITERI DI INTERVENTO:

Nell'area di indagine è prevista la ricostruzione di una struttura polivalente nella stessa area di sedime dell'attuale piscina, danneggiata dell'evento sismico e che verrà demolita.

Le caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni presenti nell'area interessata dal progetto; le caratteristiche geomorfologiche presenti nel sito e nel contesto limitrofo; le caratteristiche idrografiche ed idrogeologiche locali, nonché quelle sismo-stratigrafiche dell'area, permettono di dare un giudizio positivo sulla fattibilità geologica degli interventi in progetto.

Esaminata la successione stratigrafica locale, le caratteristiche costruttive dell'edificio in progetto l'area è edificabile mediante fondazioni superficiali (platea o trave rovescia).

Il piano d'imposta delle fondazioni in progetto dovrà essere ad una profondità minima di 1,50 metri adottando o una fondazione a trave rovescia oppure a platea. Bisogna comunque tenere conto della struttura preesistente che verrà demolita, in particolare si dovranno evitare interferenze con le vecchie fondazioni. Nel caso della platea si dovrà preparare il piano di posa riportando terreni aridi compattati (tout venant).

In base a tali considerazioni si ottengono i seguenti valori:

Carico limite [Qult] = 2,25 kg/cm²

Resistenza di progetto [Rd] = 0,95 kg/cm²

Il modello geotecnico del volume significativo di terreno al di sotto dell'edificio in esame è stato indicato al capitolo 2.

L'analisi sismica del sito e dell'edificio ha fornito i seguenti risultati:

La velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, entro i primi trenta metri di terreno al di sotto del piano fondale, è pari a $V_{seq} = 344$ m/sec. Il terreno presente nell'area in esame, appartiene alla Categoria "C": Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori del V_{seq} compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

In base alla classificazione sismica presente nel DM 17-gennaio-2018, la categoria topografica del sito è la T1: zone sommitale adiacente a pendii con inclinazione media $<15^\circ$ [tab. 3.2.IV])

Dal confronto tra lo spettro di risposta in accelerazione da NTC e quello relativo alla MOPS di appartenenza derivante dallo studio di Microzonazione sismica Comunale si è verificato uno scostamento puntuale minore del 30% per i periodi di vibrazione di interesse. Si è comunque proceduto all'analisi di RSL.

L'analisi di Risposta Sismica Locale effettuata mediante modellazione numerica 1D con il codice di calcolo "Strata" ha fornito uno spettro di risposta in accelerazione più gravoso rispetto all'analogo spettro derivante da NTC 2018. Risulta pertanto opportuno far riferimento, per la progettazione, allo spettro di risposta derivante dalla RSL.

Le coordinate dello spettro da RSL regolarizzato ed i parametri fondamentali che lo descrivono sono indicati al capitolo 9 e 10 ed in allegato alla presente relazione.



REGIONE MARCHE

GIUNTA REGIONALE

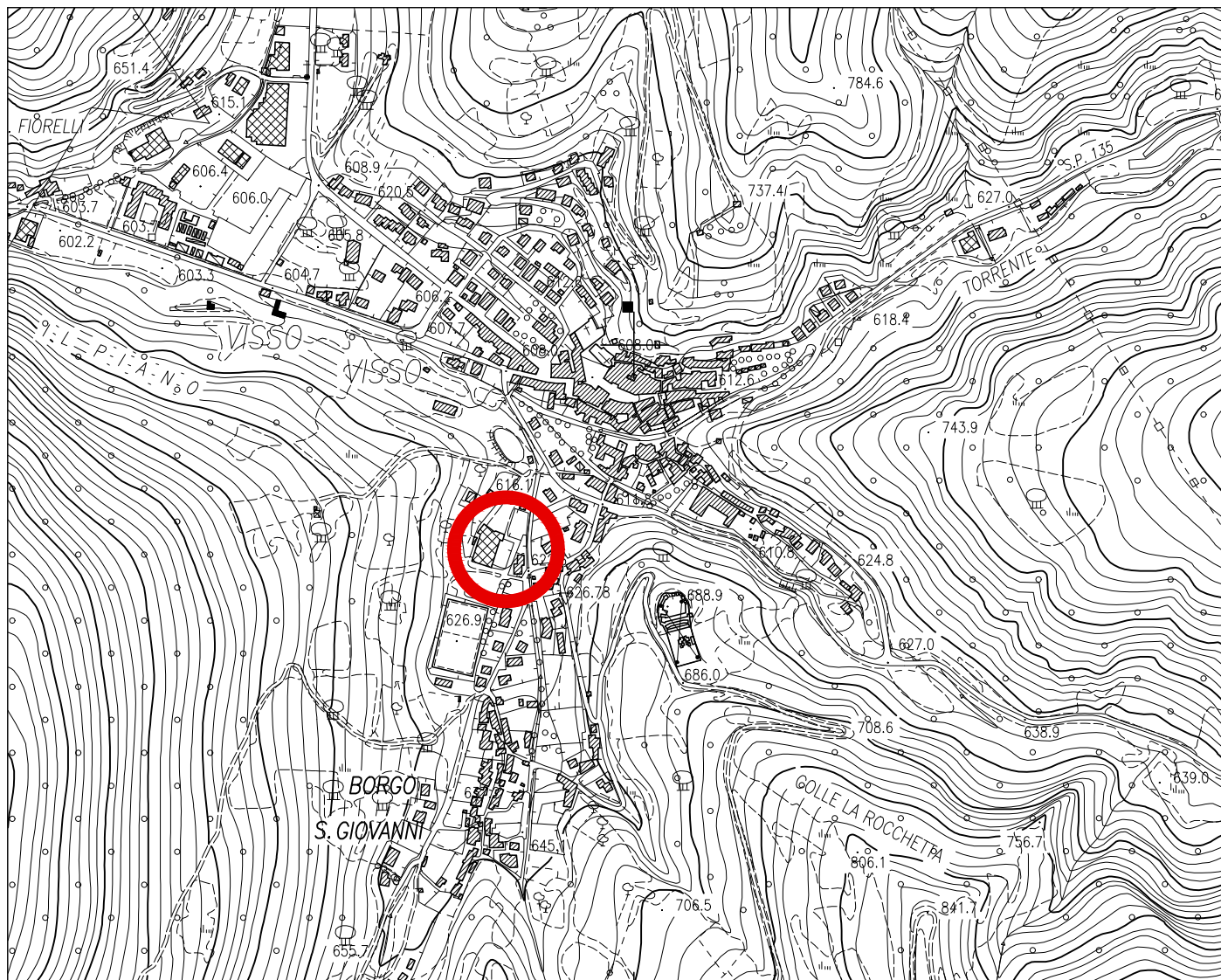
Ufficio Cartografia e Informazioni Territoriali

CARTA TECNICA REGIONALE

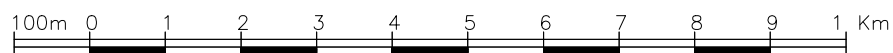
Sezione n° 325060
Visso



area in progetto

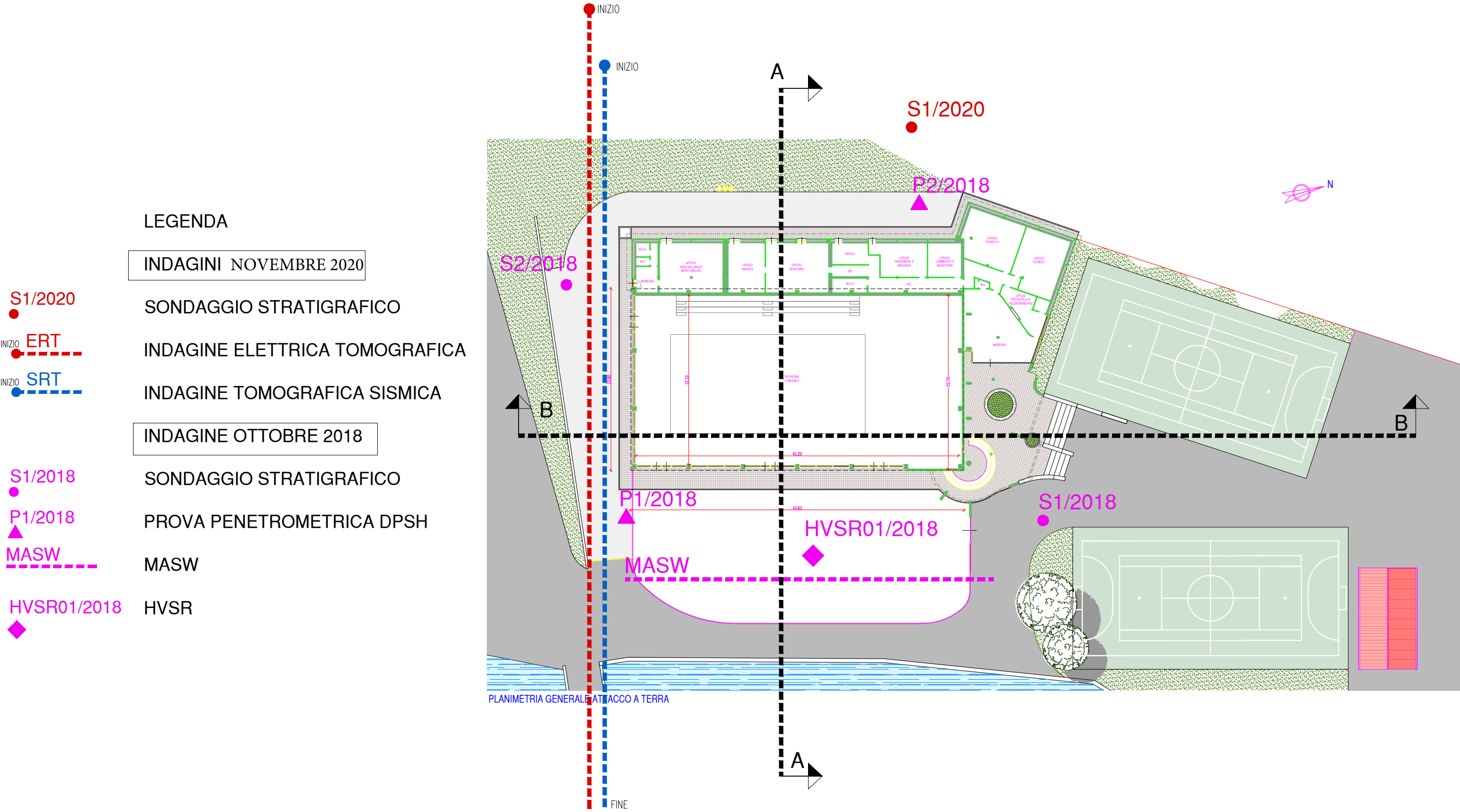


Scala 1:10000



L'equidistanza fra le curve di livello è di m 10 (per le curve ausiliarie, a tratti, di m 5)
L'altimetria, espressa in metri, è riferita al livello medio del mare (Mareografo di Genova)

PLANIMETRIA UBICAZIONE INDAGINI scala 1:500



INDAGINI NOVEMBRE 2020



Moreschi Mirco
geologo

SIGLA SONDAGGIO

SONDAGGIO N°1

Committente COMUNE DI VISSO

Lavoro RICOSTRUZIONE EX PISCINA

località VISSO

Sistema perforazione

Diametro

quota

rotazione

200mm

-

DATA

29/10/2020

profondità mt.	stratigrafia	campioni	prof. campioni	descrizione terreno	Cu kg/cmq	pocket penetrometer qu - kg/cmq										
						0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,30				Terreno vegetale	TERR. VEG											
1				ciottoli e ghiaie calcaree di varie dimensioni in matrice limo sabbiosa alternate a livelli limo argillosi con spessori variabili												
2																
3																
4																
5																
6				sabbie limo argillosa alternate a livelli sabbiosi con spessori variabili da 1-2 cm a 15 cm, mediamente consistenti												
7																
8																
9																
10				livello argillo limoso di colore marrone scuro												
11				argille limose di colore marrone chiaro di natura detritica, mediamente consistenti												
12				livello con ciottoli calcare in scarsa matrice sabbiosa												
13				limi sabbiosi con inclusi ciottoli calcare alternati a livelli con prevelanza di ciottoli calcare in scarsa matrice limosa												
14																
15																
16				sabbie limo argillosa alternate a livelli sabbiosi con spessori variabili da 1-2 cm a 15 cm, mediamente consistenti												
17																
18																
19																
				FINE SONDAGGIO												

NOTE

FALDA

INFILTRAZIONI IDRICHE

Committente COMUNE DI VISSO
Lavoro RICOSTRUZIONE EX PISCINA
località VISSO

Sistema perforazione
Diametro
quota

rotazione
200mm
-

DATA
29/10/2020

profondità mt.	stratigrafia	campioni	prof. campioni	descrizione terreno	Cu kg/cmq	pocket penetrometer qu - kg/cmq
0,30						0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						

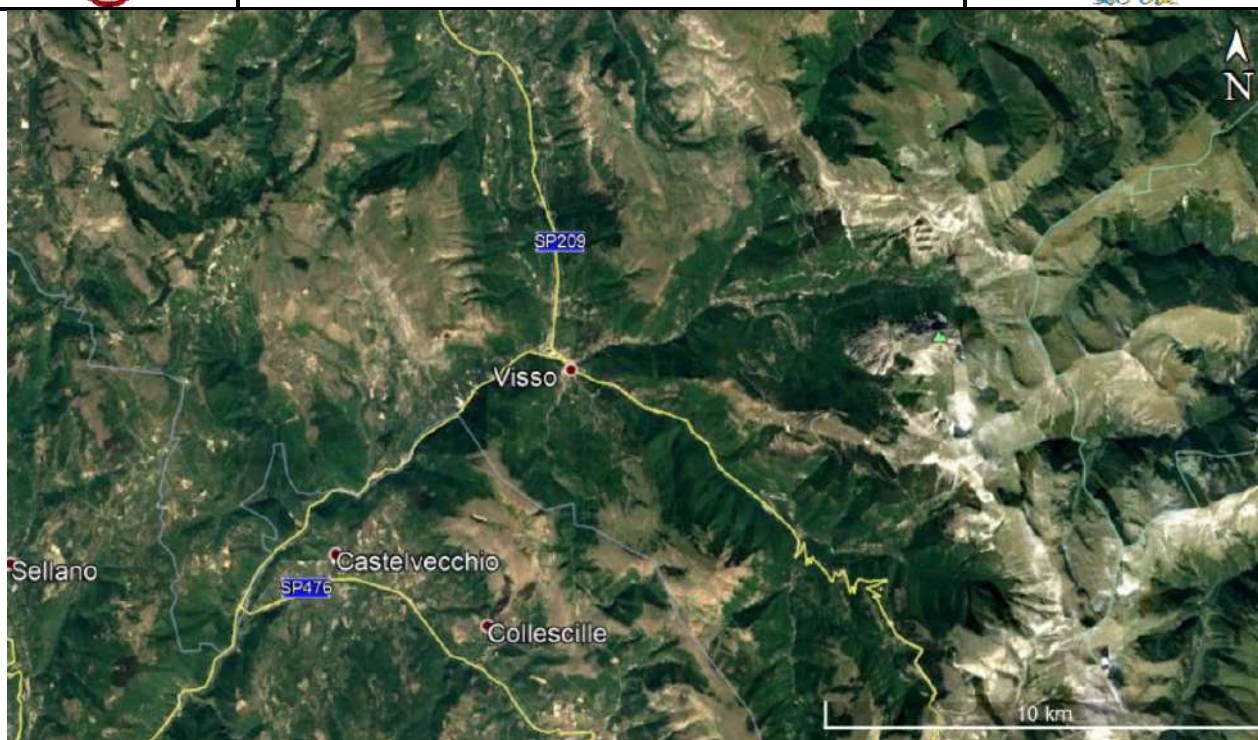
NOTE

FALDA

INFILTRAZIONI IDRICHE



COMUNE DI VISSO (MC)



LAVORO:

LAVORI DI RICOSTRUZIONE DELLA EX-PISCINA COMUNALE CON
REALIZZAZIONE DI UNA STRUTTURA POLIVALENTE PER ATTIVITÀ
SOCIALI O DI PROTEZIONE CIVILE - affidamento incarico relativo alle
indagini stratigrafiche sismiche e strutturali

RELAZIONE TECNICA SULLE INDAGINI

COMMITTENTE



Comune di Visso

PREPARATO

Dott. M. DELLI ROCIOLI

REVISIONE

Geol. C. CHILUFYA

APPROVATO

Geol. R. Di Pasquale

DATA

NOVEMBRE 2020

REVISIONE

00

STATO

Finale

RIF. LAV.: 064_2020

GGM S.r.l. Viale San Martino n. 30 – 65013 Città Sant'Angelo (PE) – P.iva: IT 01891900688
Tel: +39 0859506423 – Email: info@ggmsrl.it – Pec: ggm-srl@legalmail.it – Web: www.ggmsrl.it

 GGM geological & geophysical multiservice Viale San Martino, 30 - 65013 Città Sant'Angelo (PE) Tel./Fax: +39 0859506423 - P.iva: 01891900688 E-mail : info@ggmsrl.it - P.E.C. : ggm-srl@legalmail.it	Relazione tecnica sulle indagini	
	Revisione: REV 00	COMMITTENTE
	Data: Novembre 2020	

INDICE

PREMESSA.....	2
1. INDAGINE ELETTRICA TOMOGRAFICA – E.R.T.	4
1.1. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	7
1.2. ACQUISIZIONE DATI	9
1.3. ELABORAZIONE DATI.....	10
2. INDAGINE DI TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE 2D – S.R.T.	13
2.1. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	15
2.2. ACQUISIZIONE DATI	17
2.3. ELABORAZIONE DATI.....	18

ALLEGATI

ALLEGATO FOGLIO 1 – UBICAZIONE AREA DI INDAGINE

ALLEGATO FOGLIO 2 – INDAGINE DI TOMOGRAFIA DI RESISTIVITÀ ELETTRICA 2D – E.R.T.

ALLEGATO FOGLIO 3 – INDAGINI DI TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE – S.R.T.

 GGM geological & geophysical multiservice Viale San Martino, 30 - 65013 Città Sant'Angelo (PE) Tel./Fax: +39 0859506423 - P.iva: 01891900688 E-mail : info@ggmsrl.it - P.E.C. : ggm-srl@legalmail.it	Relazione tecnica sulle indagini	
	Revisione: REV 00	COMMITTENTE
	Data: Novembre 2020	

PREMESSA

Nel mese di Novembre 2020, su incarico del Comune di Visso è stata redatta la seguente relazione tecnica sulle indagini realizzate per uno studio inerente:

“LAVORI DI RICOSTRUZIONE DELLA EX-PISCINA COMUNALE CON REALIZZAZIONE DI UNA STRUTTURA POLIVALENTE PER ATTIVITÀ SOCIALI O DI PROTEZIONE CIVILE - affidamento incarico relativo alle indagini stratigrafiche sismiche e strutturali” in loc.tà San Giovanni nel Comune di Visso (MC).

Il presente lavoro è stato redatto in ottemperanza alle disposizioni contenute:

- ASTM D6429 - 99(2011) E1 - STANDARD GUIDE FOR SELECTING SURFACE GEOPHYSICAL METHODS;
- ASTM D6431 - 99(2010) - STANDARD GUIDE FOR USING THE DIRECT CURRENT RESISTIVITY METHOD FOR SUBSURFACE INVESTIGATION;
- ASTM D 5777 – 00(2011) E1 - STANDARD GUIDE FOR USING THE SEISMIC REFRACTION METHOD FOR SUBSURFACE INVESTIGATION.

Lo studio è stato realizzato attraverso le seguenti fasi operative:

1. esecuzione di indagini geofisiche, consistenti in:
 - n. 1 stendimento di tomografia di resistività elettrica 2D (E.R.T.) per la caratterizzazione elettro-stratigrafica del terreno;
 - n. 1 stendimento di tomografia di sismica a rifrazione 2D (S.R.T.) per la caratterizzazione sismo-stratigrafica del terreno;
2. elaborazione ed interpretazione dei dati ottenuti e scrittura del report.

 GGM geological & geophysical multiservice Viale San Martino, 30 - 65013 Città Sant'Angelo (PE) Tel./Fax: +39 0859506423 - P.iva: 01891900688 E-mail : info@ggmsrl.it - P.E.C. : ggm-srl@legalmail.it	Relazione tecnica sulle indagini	
	Revisione: REV 00	COMMITTENTE
	Data: Novembre 2020	

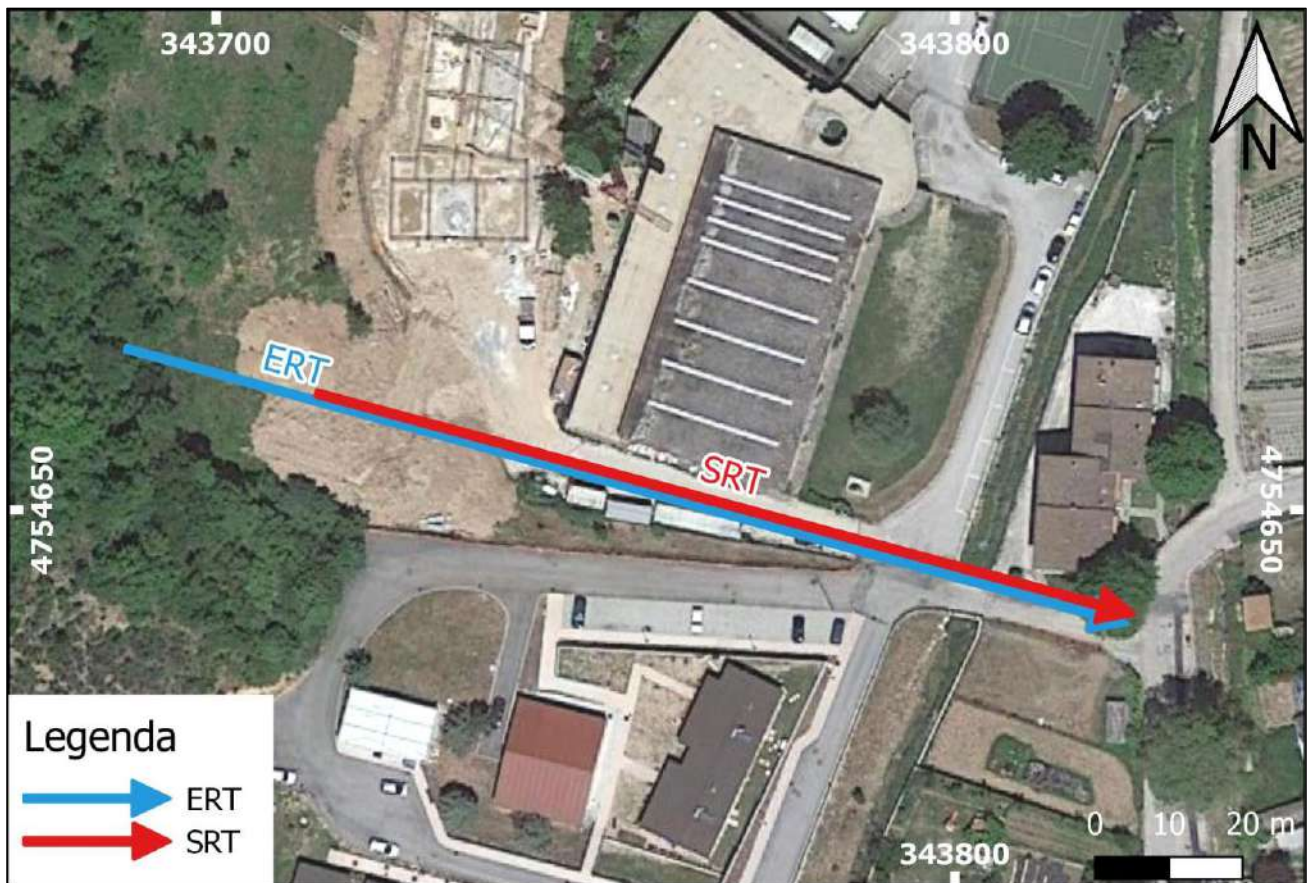


Fig. 1 – Ubicazione delle indagini eseguite.

Tutte le ubicazioni e i risultati delle indagini eseguite sono riportate all'interno della seguente relazione e nei documenti in allegato.

 GGM geological & geophysical multiservice Viale San Martino, 30 - 65013 Città Sant'Angelo (PE) Tel./Fax: +39 0859506423 - P.iva: 01891900688 E-mail : info@ggmsrl.it - P.E.C. : ggm-srl@legalmail.it	Relazione tecnica sulle indagini	
	Revisione: REV 00	COMMITTENTE
	Data: Novembre 2020	

1. INDAGINE ELETTRICA TOMOGRAFICA – E.R.T.

Con le prospezioni geoelettriche si determina il parametro fisico della resistività elettrica relativo alle formazioni che costituiscono il mezzo indagato. La resistività è un parametro indipendente dalle caratteristiche geometriche della formazione litologica cui si riferisce ed è definito come la resistenza elettrica per unità di volume. Mediante l'utilizzo di appropriate strumentazioni si immette corrente elettrica nel terreno e si esegue una successione di misure in superficie attraverso una serie di elettrodi opportunamente posizionati e infissi nei primi cm di terreno.

La strumentazione per la misura della resistività comprende (Fig. 1.1):

- un sistema per l'immissione di corrente nel terreno (batteria o generatore di corrente);
- una serie di elettrodi (minimo quattro: A e B elettrodi di corrente, M e N elettrodi di potenziale);
- un georesistivimetro per la misura dell'intensità di corrente immessa nel terreno mediante gli elettrodi A e B e per la lettura della differenza di potenziale tra i due elettrodi M e N.

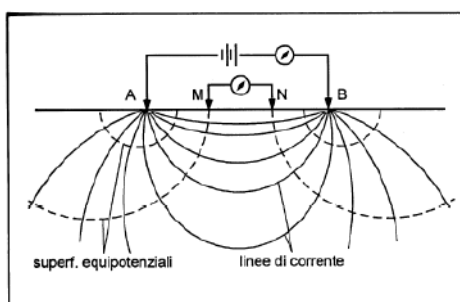


Fig. 1.1 - Disposizione spaziale dei punti di misura in configurazione bidimensionale.

I dati dei rilievi geoelettrici sono usualmente presentati in forma di valori di resistività apparente, questa è definita come la resistività di un semispazio elettricamente omogeneo ed isotropo che presenti gli stessi rapporti misurati tra la corrente applicata e la differenza di potenziale per una data disposizione e spaziatura degli elettrodi. Un'equazione che dia la resistività apparente in funzione di corrente applicata, distribuzione del potenziale e disposizione degli elettrodi può essere sviluppata attraverso l'esame della distribuzione di potenziale dovuta ad un singolo elettrodo di corrente; da questa, per sovrapposizione, può essere ricostruito l'effetto di una coppia di elettrodi o di ogni altra combinazione. La resistività del mezzo può quindi essere ricavata dai valori misurati di V (potenziale elettrico), I (intensità

 GGM geological & geophysical multiservice Viale San Martino, 30 - 65013 Città Sant'Angelo (PE) Tel./Fax: +39 0859506423 - P.iva: 01891900688 E-mail : info@ggmsrl.it - P.E.C. : ggm-srl@legalmail.it	Relazione tecnica sulle indagini	
	Revisione: REV 00	COMMITTENTE
	Data: Novembre 2020	

della corrente) e dal fattore geometrico K, funzione unicamente della disposizione elettroica. Nelle misure reali sul terreno, la notazione ρ relativa ad un mezzo fittizio è sostituita da ρ_a o resistività apparente ($\text{ohm} \cdot \text{m}$). L'indagine geoelettrica è realizzata misurando i valori del campo elettrico in corrispondenza di un allineamento di elettrodi di misura equi spazati. Il campo elettrico è generato da un dipolo di corrente posto all'interno della linea di misura che viene automaticamente spostato, all'interno della linea stessa, in maniera sequenziale. Le sezioni geoelettriche forniscono, quindi, una sezione verticale del terreno mediante una molteplicità di valori di resistività apparente riportabili su una maglia regolare di punti di misura. La resistività apparente è definita come rapporto fra differenza di potenziale al dipolo di misura e corrente immessa al dipolo di corrente, rapporto che viene moltiplicato per un opportuno fattore geometrico in funzione dalla posizione reciproca degli elettrodi. I valori di resistività apparente derivati da misure di campo in vari punti e con diverse configurazioni stimano la vera resistività dei diversi strati e consentono di ricostruire spazialmente i loro limiti al di sotto della superficie topografica. Una configurazione di elettrodi con spaziatura costante viene utilizzata per riconoscere variazioni laterali di resistività apparente che possono riflettere variazioni litologiche. Per indagare sui cambiamenti in profondità, si aumenta la spaziatura degli elettrodi.

Il risultato finale consiste nella rappresentazione della resistività ($\text{ohm} \cdot \text{m}$) per piani, volumi o sezioni indagate, secondo una scala cromatica prefissata che in genere va dal blu (basse resistività) al rosso (alte resistività). Quanto più il mezzo attraversato si oppone al passaggio della corrente elettrica tanto maggiore sarà la sua resistività caratteristica (es. rocce calcaree, mezzi fratturati, vuoti, ecc), mentre quanto più il mezzo attraversato non si oppone al passaggio della corrente elettrica tanto minore sarà la sua resistività (es. terreni argillosi, terreni con acqua, ecc.).

La resistività elettrica del mezzo investigato è controllata principalmente dai seguenti fattori:

- grado di saturazione dei pori,
- porosità,
- salinità del fluido, se presente nei pori,
- temperatura,
- eventuale presenza di sostanze organiche (idrocarburi, solventi, ecc.),
- presenza di argilla,
- presenza di minerali particolari (ad esempio le miche),

 GGM geological & geophysical multiservice Viale San Martino, 30 - 65013 Città Sant'Angelo (PE) Tel./Fax: +39 0859506423 - P.iva: 01891900688 E-mail : info@ggmsrl.it - P.E.C. : ggm-srl@legalmail.it	Relazione tecnica sulle indagini	
	Revisione: REV 00	COMMITTENTE
	Data: Novembre 2020	

- grado di compattazione.

La relazione empirica per il calcolo della resistività reale, proposta da Archie, è valida per suoli aventi scarsa componente argillosa (sabbie, ghiaie, ecc):

$$\rho_s = \rho_f a \Phi^{-n} S^{-m}$$

dove:

- ρ_s : resistività (ohm*m) del suolo parzialmente saturo di fluido,
- ρ_f : resistività (ohm*m) del fluido presente nei pori,
- S : frazione del volume di pori occupata dal fluido,
- m : coefficiente di saturazione (solitamente assunto essere pari a 2),
- a : costante empirica, detta di Winsaur (tipico per sabbia : 0.62)
- n : coefficiente empirico, detto di "tortuosità" (tipico per sabbia: 2.15),
- Φ : porosità del suolo .

Nel caso di presenza di argilla i cationi adsorbiti sulla superficie delle particelle di tale sostanza offrono cammini addizionali per la corrente elettrica e quindi aumentano la conducibilità dei sedimenti (abbassamento della resistività), in questo caso la conducibilità elettrica può aumentare (diminuzione di resistività) per la presenza di sedimenti limosi e/o di minerali argillosi residuo di alterazione del litotipo caratteristico della successione stratigrafica locale (rocce calcaree). Nella tabella seguente (Tab. 1.1) si riporta una stima di intervalli di resistività (dati bibliografici) che permettono di associare un possibile litotipo ai valori ricostruiti nelle tomografie eseguite (L. Hamill – F.G. Bell, Acque Sotterranee, 1992; Norinelli A., Elementi di Geofisica Applicata, 1996):

 GGM geological & geophysical multiservice Viale San Martino, 30 - 65013 Città Sant'Angelo (PE) Tel./Fax: +39 0859506423 - P.iva: 01891900688 E-mail : info@ggmsrl.it - P.E.C. : ggm-srl@legalmail.it	Relazione tecnica sulle indagini	
	Revisione: REV 00	COMMITTENTE
	Data: Novembre 2020	

Roccia / Sedimento	Resistività (Ohm*m)	Roccia / Sedimento	Resistività (Ohm*m)
Acqua di mare	0.18 ÷ 0.24	Calcari, Dolomie	70 ÷ 10000
Acqua di falda	10 ÷ 30	Calcari Marnosi	50 ÷ 300
Acqua di fiume	20 ÷ 60	Arenarie	30 ÷ 2000
Acqua di sorgente	50 ÷ 100	Arenarie quarzose	300 ÷ 10000
Torba e argilla	8 – 20	Cineriti e Tufi Vulcanici	10 ÷ 100
Suolo di copertura	150 ÷ 900	Lave	300 ÷ 15000
Sabbie e Ghiaie asciutte	1000 ÷ 6000	Gneiss e Graniti alterati	100 ÷ 1000
Sabbie di acqua dolce e ghiaie imbibite	50 ÷ 500	Gneiss e Graniti integri	1000 ÷ 10000
Sabbie e ghiaie imbibite di acqua salata	0.5 ÷ 5	Marne	20 ÷ 60
Argilla	1 ÷ 100	Gessi	4000 ÷ 12000

Tab. 1.1 – Valori tipici di resistività di alcune rocce e sedimenti.

Gli intervalli indicati forniscono una stima dei valori di resistività comunque variabile in funzione dell'associazione, della diversa percentuale e della diversa granulometria di litotipi presenti nell'area di studio. Inoltre, per la stima della resistività, è da tenere in considerazione, come accennato in precedenza, il "principio di equivalenza" secondo il quale, ad esempio, uno strato conduttore avente spessore di 50m ed una resistività di 1 Ohm*m è equivalente ad un altro con spessore di 100m e resistività di 2 Ohm*m.

1.1. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'acquisizione dati è stata eseguita utilizzando la seguente strumentazione:

- Sistema di acquisizione dati:
sistema computerizzato MAE X612-EM+ a 24 bit a 96 canali espandibile fino a 256, con le seguenti caratteristiche tecniche (Tab. 1.1.1);
- Sistema di ricezione:
costituito fino a 96 elettrodi in acciaio inox, gli elettrodi permettono l'immissione e misura della corrente e della differenza di potenziale nel mezzo indagato;
- Sistema di energizzazione:
la sorgente elettrica è costituita da una batteria da 12 V (power box);

 Viale San Martino, 30 - 65013 Città Sant'Angelo (PE) Tel./Fax: +39 0859506423 - P.iva: 01891900688 E-mail : info@ggmsrl.it - P.E.C. : ggm-srl@legalmail.it	Relazione tecnica sulle indagini	
	Revisione: REV 00	COMMITTENTE
	Data: Novembre 2020	

- **Sistema trasferimento segnale:**

il trasferimento del segnale dal sistema di ricezione (elettrodi) al sistema di acquisizione dati (georesistivimetro) è effettuato tramite cavi geoelettrici multipolari schermati, collegati mediante pinze tipo clip agli elettrodi.

SPECIFICHE TECNICHE - Georesistivimetro "MAE X612 EM+"	
	Generali: - Elettrodi gestibili: 48, 72 o 96 - Alimentazione: 12V DC - Assorbimento medio: 2.5A, 50A di picco - Condizioni ambientali di funzionamento: -20/90 °C
	Corrente in uscita: - Intensità massima: 10A a 50V - Tensioni di uscita: $\pm 50V$, $\pm 100V$, $\pm 250V$, $\pm 500V$, $\pm 800V$ - Potenza massima: 600W - Tempo di immissione: impostabile a partire da 0.25 sec - Precisione della misura: $\pm 0.2\mu A$ Misura di potenziale: - Misura simultanea su tutti i canali impostati e auto range - Filtro frequenza di rete: 50 Hz - Precisione della misura: $\pm 1.5\mu V$ nel range $\pm 25V$ - Riduzione del rumore: con media da 2 a 10 misure - Accuratezza della resistività misurata: $\pm 0.5\%$ - Caricabilità misurata su quattro finestre temporali di durata complessiva di 1.2 sec

Tab. 1.1.1- Specifiche tecniche del MAE X612- EM+.

La strumentazione utilizzata è conforme alle seguenti direttive e norme armonizzate:

- Direttiva macchine: 2006/42/CE;
- Direttiva: 2014/35/UE – 2014/30/UE;
- ISO 12100: 2012 Sicurezza del macchinario – Principi generali di progettazione;
- EN 61010 – 1:2010 Prescrizioni di sicurezza per apparecchi elettrici di misura, controllo e per utilizzo in laboratorio;
- EN 61326 – 1:2013 Apparecchi elettrici di misura, controllo e laboratorio – Prescrizioni di compatibilità elettromagnetica – Parte 1: Prescrizioni Generali.

 GGM geological & geophysical multiservice Viale San Martino, 30 - 65013 Città Sant'Angelo (PE) Tel./Fax: +39 0859506423 - P.iva: 01891900688 E-mail : info@ggmsrl.it - P.E.C. : ggm-srl@legalmail.it	Relazione tecnica sulle indagini	
	Revisione: REV 00	COMMITTENTE
	Data: Novembre 2020	

1.2. ACQUISIZIONE DATI

L'acquisizione dei dati geoelettrici è stata condotta mediante un allineamento di elettrodi (sensori) in superficie. Dopo aver posizionato gli elettrodi sul terreno si è proceduto a collegarli ai cavi multipolari tramite appositi morsetti ed infine a collegare i cavi al georesistivimetro. La fase di acquisizione è stata preceduta dalla verifica dei valori delle resistenze di contatto, ovvero quel valore di resistenza proprio non del mezzo da investigare ma dovuti all'interferenza elettrica data dal contatto elettrodo-terreno. La presenza di eventuali valori elevati di resistenza di contatto, che possono portare a misure "rumorose", può essere ovviata utilizzando soluzioni saline o acqua e sale versate in corrispondenza degli elettrodi. Dopo aver verificato il buon contatto elettrico tra gli elettrodi e il mezzo da investigare si è proceduto alla fase di acquisizione.

L'acquisizione delle misure è stata effettuata con georesistivimetro digitale multielettrodo e multicanale dotato di un sistema di gestione automatica degli elettrodi, in grado cioè di commutare gli elettrodi disposti lungo la sezione da investigare in elettrodi di immissione di corrente (punti di energizzazione del terreno) e in elettrodi di misura del potenziale elettrico con tutte le possibili combinazioni quadripolari scelte (es. Dipolo-Dipolo, Polo-Dipolo), Fig. 1.2.1.



Fig.1.2.1 - Esempio di disposizione spaziale 2D delle combinazioni dei quadripoli di misura.

Il rilievo geofisico è stato condotto mediante l'esecuzione di n. 1 profilo tomografico elettrico 2D (Allegato – Foglio 2), con geometrie di acquisizione e spaziatura elettrodica indicate nella seguente tabella:

 GGM geological & geophysical multiservice Viale San Martino, 30 - 65013 Città Sant'Angelo (PE) Tel./Fax: +39 0859506423 - P.iva: 01891900688 E-mail : info@ggmsrl.it - P.E.C. : ggm-srl@legalmail.it	Relazione tecnica sulle indagini	
	Revisione: REV 00	COMMITTENTE
	Data: Novembre 2020	



Fig. 1.2.2 – Acquisizione geoelettrica – E.R.T. 2D

Linea	Passo Elettrodic. [m]	Risoluz. spaziale [m]	N° Elettrodi	Lungh. [m]	Prof. d'indagine [m]	Geom. di acquisiz.	N° quadripoli	Coordinate Cartografiche UTM - WGS84 33N	
E.R.T.	3	1.5	48	141	40	Polo-Dipolo	1335	Inizio linea: 343687.60 m E 4754671.79 m N	Fine linea: 343823.57 m E 4754634.45 m N

Tab. 1.2.1– Dati riguardanti lo stendimento tomografico elettrico – E.R.T. 2D.

1.3. ELABORAZIONE DATI

L'elaborazione si è ottenuta attraverso inversione completa 2D dei dati acquisiti in campo e la visualizzazione grafica delle misure di campagna è stata effettuata con l'ausilio di software capaci di ricostruire la distribuzione di resistività reale in due dimensioni:

- il programma RES2DINV/RES3DINV (prodotto dalla Geotomo Software Sdn. Bhd.). Basato sul metodo di minimi quadrati con vincolo armonico (Smoothness-constrained least-squares method; degroot-Hedlin e Constable 1990, Sasaki 1992).
- il programma ERTLab™ e TomoLab™ (prodotto dalla Multi-Phase Technologies LLC e dalla Geostudi Aster Srl) utilizza il metodo degli elementi finiti (MORELLI, G., LABRECQUE, D.J., 1996).

 GGM geological & geophysical multiservice Viale San Martino, 30 - 65013 Città Sant'Angelo (PE) Tel./Fax: +39 0859506423 - P.iva: 01891900688 E-mail : info@ggmsrl.it - P.E.C. : ggm-srl@legalmail.it	Relazione tecnica sulle indagini	
	Revisione: REV 00	COMMITTENTE
	Data: Novembre 2020	

La finalità del calcolo è quello di determinare, in una griglia di dati, la resistività di blocchi rettangolari che produrranno una pseudo sezione di resistività apparente il più possibile congruente con le misure reali. Questo metodo riduce al minimo la differenza fra i valori calcolati di resistività apparente e quelli misurati, modificando la resistività dei blocchi che costituiscono il modello.

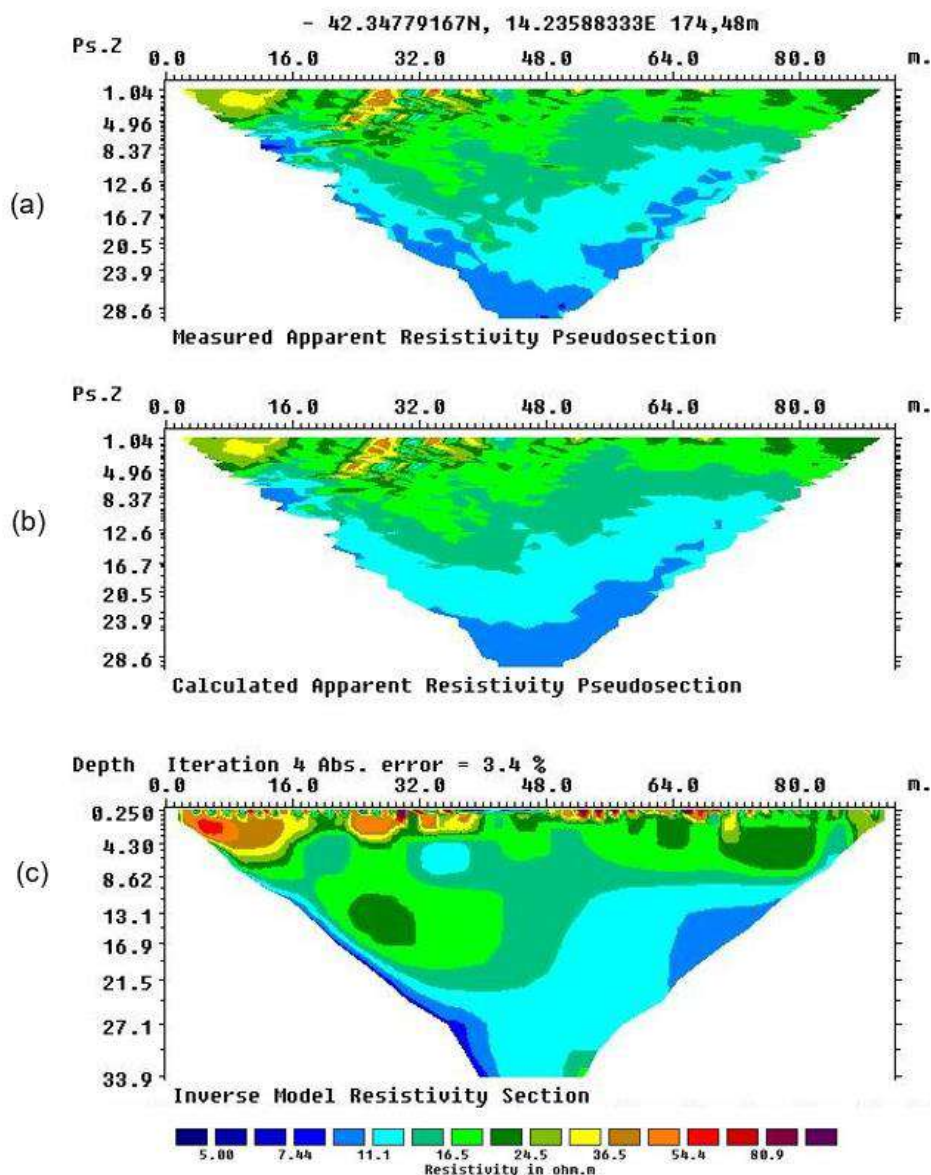


Fig. 1.3.1 – Modello 2D di: resistività apparente misurata (a) – resistività apparente calcolata (b) – resistività reale (c) con errore RMS ottenuta dal processo di inversione.

Una misura di questa differenza è data dall'errore quadratico medio (RMS). Tuttavia, è importante sottolineare come talora il modello con l'errore RMS più basso possibile può, a volte, mostrare grandi e poco realistiche variazioni nei valori di resistività del modello che potrebbe non risultare il modello "migliore" dal punto di vista geologico. Il modello 2D

 GGM geological & geophysical multiservice Viale San Martino, 30 - 65013 Città Sant'Angelo (PE) Tel./Fax: +39 0859506423 - P.iva: 01891900688 E-mail : info@ggmsrl.it - P.E.C. : ggm-srl@legalmail.it	Relazione tecnica sulle indagini	
	Revisione: REV 00	COMMITTENTE
	Data: Novembre 2020	

costituisce il risultato finale della procedura di inversione che, a partire dalle resistività apparenti misurate, produce un'unica sezione/modello di resistività reale per ogni stendimento superficiale eseguito.

Il risultato della prova eseguita viene illustrato nella figura 1.3.2 e in Allegato – Foglio 2.

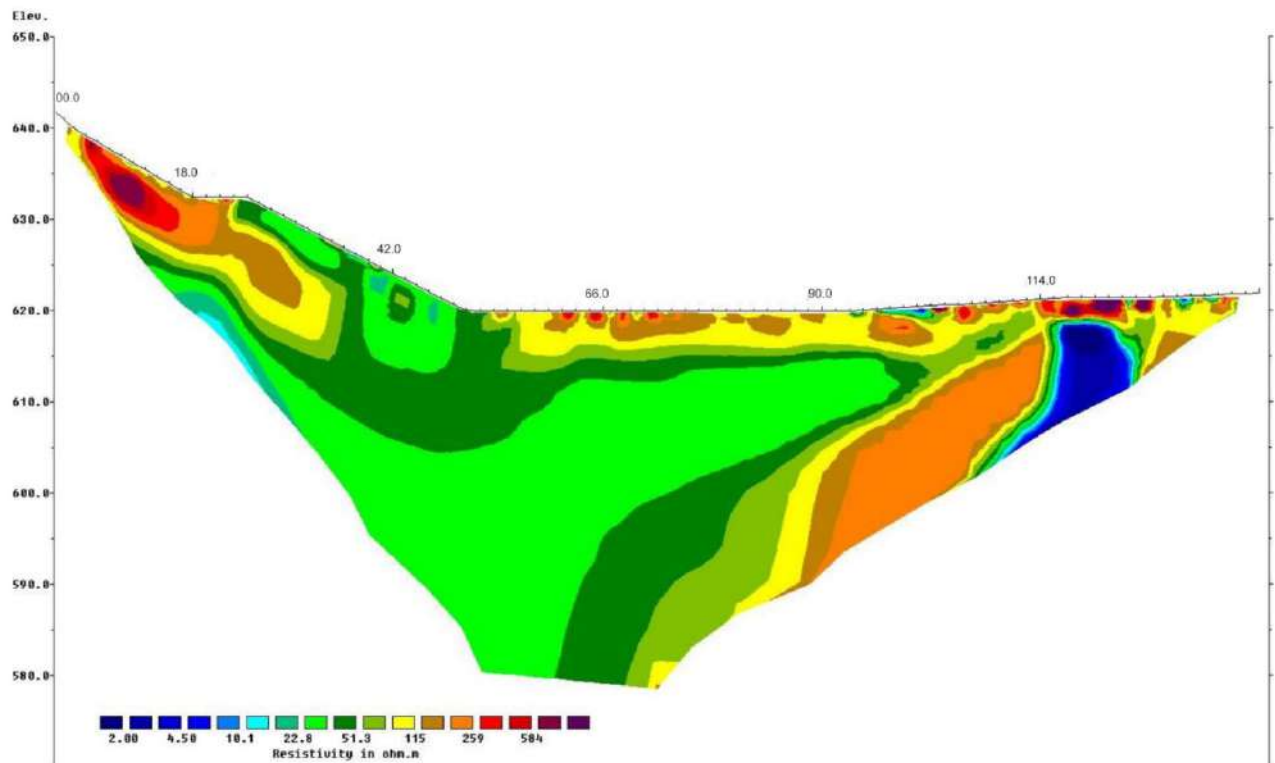


Fig. 1.3.2 - Modello 2D di resistività ottenuta dal processo di inversione – E.R.T.

 GGM geological & geophysical multiservice Viale San Martino, 30 - 65013 Città Sant'Angelo (PE) Tel./Fax: +39 0859506423 - P.iva: 01891900688 E-mail : info@ggmsrl.it - P.E.C. : ggm-srl@legalmail.it	Relazione tecnica sulle indagini	
	Revisione: REV 00	COMMITTENTE
	Data: Novembre 2020	

2. INDAGINE DI TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE 2D – S.R.T.

L'indagine consiste nel generare un'onda sismica di compressione o di taglio nel terreno attraverso una determinata sorgente di energia (colpo di mazza o di maglio, esplosivo etc.) e nel misurare il tempo impiegato da questa a compiere il percorso nel sottosuolo dal punto di energizzazione fino ai geofoni di ricezione seguendo le leggi di rifrazione dell'ottica (Legge di Snell), cioè rifrangendosi sulle superfici di separazione tra due strati sovrapposti di densità (o meglio di modulo elastico) crescente. L'apparecchiatura necessaria per le prospezioni è costituita da una serie di ricevitori (geofoni) che vengono spazati lungo un determinato allineamento (base sismica) e da un cronografo che registra l'istante di inizio della perturbazione elastica ed i tempi di primo arrivo delle onde a ciascun geofono. Così, osservando i primi arrivi su punti posti a distanze diverse dalla sorgente energizzante, è possibile costruire una curva tempo-distanza (dromocrona) rappresentante la variazione del minimo percorso in funzione del tempo. Attraverso metodi analitici si ricavano quindi le velocità delle onde elastiche longitudinali (V_p) o trasversali (V_s) dei mezzi attraversati ed il loro spessore. Il metodo della tomografia sismica a rifrazione è una tecnica di indagine geofisica che permette l'individuazione delle anomalie di propagazione delle onde sismiche con un alto potere risolutivo, offrendo la possibilità di ricostruire anomalie e discontinuità stratigrafiche anche particolarmente complesse. Questa metodologia fornisce l'immagine della distribuzione delle onde sismiche nel sottosuolo basata sui tempi di primo arrivo e sulla geometria di acquisizione. In tal modo si ricostruisce un modello di velocità che può essere migliorato attraverso successive iterazioni fino al raggiungimento di una sovrapposizione ottimale tra i tempi di arrivo misurati e quelli calcolati. Per le procedure di realizzazione d'immagini tomografiche è necessario utilizzare un maggior numero di sorgenti di energizzazione e di punti di ricezione delle onde sismiche al fine di una distribuzione dei raggi sismici omogenea e con una densità che viene predefinita in funzione del "target" da raggiungere. La tecnica operativa utilizzata prevede la disposizione dei trasmettitori (punti di scoppio) e dei ricevitori (geofoni) posizionati su un profilo rettilineo. Per la ricostruzione tomografica dell'immagine si utilizza una suddivisione dell'area di studio in celle elementari calcolando per ciascuna di queste un valore di velocità congruente con il tempo di tragitto medio relativo ai percorsi dei raggi sismici che le attraversano; la presentazione delle elaborazioni eseguite dà come risultato una mappa della distribuzione delle velocità sismiche in una sezione contenente le disposizioni delle sorgenti e dei geofoni. Il risultato finale

 GGM geological & geophysical multiservice Viale San Martino, 30 - 65013 Città Sant'Angelo (PE) Tel./Fax: +39 0859506423 - P.iva: 01891900688 E-mail : info@ggmsrl.it - P.E.C. : ggm-srl@legalmail.it	Relazione tecnica sulle indagini	
	Revisione: REV 00	COMMITTENTE
	Data: Novembre 2020	

consiste nella rappresentazione delle velocità (in m/s) per piani o sezioni indagate, secondo una scala cromatica prefissata che in genere va dal blu (basse velocità) al rosso (alte velocità). Quanto più il mezzo attraversato dalle onde sismiche è rigido e incompressibile tanto maggiore sarà la sua velocità caratteristica. Valori bassi della velocità mettono in evidenza la variazione negativa delle caratteristiche elastiche e meccaniche indicando la presenza di un possibile deterioramento della struttura interna del terreno. Nel presente studio sono state utilizzate le sole onde P (onde di volume, longitudinali, o di compressione). La velocità di propagazione delle onde elastiche nel suolo è compresa tra larghi limiti, per lo stesso tipo di roccia essa diminuisce col grado di alterazione, di fessurazione e/o di fratturazione; aumenta per contro con la profondità e l'età geologica. Sensibili differenze si possono avere, in rocce stratificate, tra le velocità rilevate lungo i piani di strato e quelle rilevate perpendicolarmente a questi. La velocità delle onde compressionali, diversamente da quelle trasversali che non si trasmettono nell'acqua, è fortemente influenzata dalla presenza della falda acquifera e dal grado di saturazione. Questo ad esempio comporta che anche litotipi differenti possano avere uguali velocità delle onde sismiche compressionali (ad esempio roccia fortemente fratturata e materiale detritico saturo con velocità V_p dell'ordine di 1400÷1700 m/sec), per cui non necessariamente l'interpretazione sismo-stratigrafica corrisponderà con la reale situazione geologico-stratigrafica. Di seguito si fornisce una tabella (Tab. 2.1) di interpretazione generale dei valori delle onde di compressione (P) e di taglio (S) che permette di avanzare correlazioni sufficientemente accurate tra valore delle velocità delle onde P e S in m/s e tipologia di terreno e/o roccia.

 GGM geological & geophysical multiservice Viale San Martino, 30 - 65013 Città Sant'Angelo (PE) Tel./Fax: +39 0859506423 - P.iva: 01891900688 E-mail : info@ggmsrl.it - P.E.C. : ggm-srl@legalmail.it	Relazione tecnica sulle indagini	
	Revisione: REV 00	COMMITTENTE
	Data: Novembre 2020	

Litotipo	Vp m/sec	Vs m/sec
Areato superficiale	300-800	100-250
Sabbia asciutta	500-1000	250 - 600
Sabbia umida	600-1800	300-800
Argilla	1800-2900	500-1000
Terreni alluvionali sciolti	400-2000	220-1100
Acqua	1450-1500	-
Lave	2500-4000	1200-200
Calcare	2350-5000	800-3000
Arenarie	2500-4500	700-3000
Graniti	4000-6000	2200-3500
Piroclastici coerenti (Tufo)	750-2450	400-1100
Piroclastici incoerenti (Pozzolana)	350-1000	100-400

Tab. 2.1 - Valori di velocità delle onde P e S caratteristici di vari litotipi comunemente studiati nelle indagini sismiche a rifrazione per Onde P e S.

2.1. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'acquisizione dati è stata eseguita utilizzando la seguente strumentazione:

- Sistema di acquisizione dati :
costituito da un sismografo digitale GEA 24 (prodotto dalla PASI) con risoluzione 24 bit a 24 canali, con le caratteristiche tecniche, riportate nella tabella 2.1.1.
- Sistema di ricezione :
costituito da geofoni verticali monocomponente del tipo elettromagnetico a bobina mobile a massa sospesa, con frequenza propria di 14.0 Hz. I trasduttori di velocità sono in grado di tradurre in segnale elettrico la velocità con cui il suolo si sposta al passaggio delle onde sismiche longitudinali e trasversali prodotte da una specifica sorgente.
- Sistema di energizzazione per le onde P :
la sorgente è costituita da una mazza del peso di 10 Kg battente verticalmente su una piastra metallica circolare del diametro di 25 cm posta direttamente sul piano campagna. Per ogni shot point viene preparata nel terreno una piazzola, asportando i primi centimetri di suolo vegetale scadente, in cui si posiziona la piastra; in questo modo si ottiene una migliore energizzazione sismica in termini di ampiezza e di spettro dell'impulso immesso, con un incremento del rapporto segnale/rumore.
- Sistema trigger :

 GGM geological & geophysical multiservice Viale San Martino, 30 - 65013 Città Sant'Angelo (PE) Tel./Fax: +39 0859506423 - P.iva: 01891900688 E-mail : info@ggmsrl.it - P.E.C. : ggm-srl@legalmail.it	Relazione tecnica sulle indagini	
	Revisione: REV 00	COMMITTENTE
	Data: Novembre 2020	

consiste in circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave colpisce la base di battuta consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati. In questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e fissare l'inizio della registrazione.

- Sistema trasferimento segnale:

il trasferimento del segnale dal sistema di ricezione (geofono) al sistema di acquisizione dati (sismografo) è effettuato tramite un cavo sismico, costituito da cavo elettrico bipolare schermato e collegato al geofono. Il segnale acquisito dai geofoni sarà trasferito al sistema di acquisizione senza nessuna perdita di informazione.

La strumentazione utilizzata è conforme alle seguenti norme:

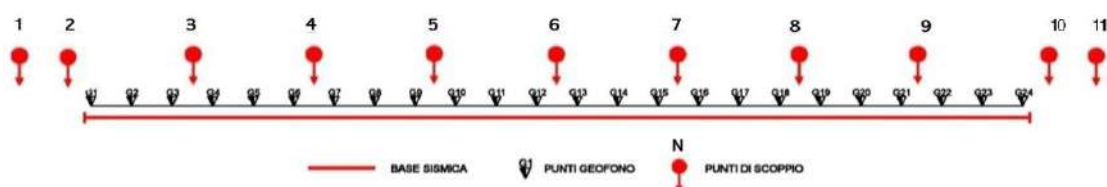
- Compatibilità elettromagnetica: 89 / 336 / CE
- Direttiva bassa tensione: 72/23 /CE.

CARATTERISTICHE TECNICHE SISMOGRAFO GEA 24 "PASI"																																																
																																																
	<table> <tr> <td>Numero di canali</td><td>24 can.+trigger (can. AUX) - 2 unità serializzabili per un tot. di 48 can.</td></tr> <tr> <td>Conversione Dati</td><td>Convertitore Analogico/Digitale Sigma-Delta 24 bit reali (compatibile con geofoni analogici a qualsiasi frequenza di risonanza)</td></tr> <tr> <td>Intervallo Campionamento</td><td>Acquisizioni "a pacchetto": - fino a 125 microsec (8000sps) con 24 can. - fino a 31.25 microsec (32000sps) con 6 can. Acquisizione continua: - fino a 4000 microsec (250sps) con 24 can. - fino a 500 microsec (2000sps) con 3 can.</td></tr> <tr> <td>Lunghezza Acquisizione</td><td>27500 campioni @ 24 can. (+aux) 174500 campioni @ 3 can. (+aux) Numero di campioni illimitato per acquisizioni continue</td></tr> <tr> <td>Guadagno Preamp.</td><td>0/52 dB, selezionabile via software</td></tr> <tr> <td>Stacking</td><td>Numero di stacking illimitato</td></tr> <tr> <td>Impedenza di ingresso</td><td>2MOhm // 22nF</td></tr> <tr> <td>Range Dinamico</td><td>144dB (sistema); >117dB (istantaneo, misurato @1ksps)</td></tr> <tr> <td>Distorsione</td><td>0.007% @16kHz</td></tr> <tr> <td>Largh.Banda -3dB</td><td>6.8kHz@32ksps - 0.21 kHz@1ksps</td></tr> <tr> <td>Largh.Banda +/- 0.1dB</td><td>3.5 kHz@32ksps - 0.11 kHz@1ksps</td></tr> <tr> <td>Filtri</td><td>Passa Basso:125-200-500-1000Hz Passa Alto: 10-20-30-40-50-70-100-150-200-300-400Hz</td></tr> <tr> <td>Filtri "Notch"</td><td>50-60Hz + armoniche</td></tr> <tr> <td>Trigger</td><td>Contatto normalmente chiuso, normalmente aperto (es. per uso con esplosivo), segnale analogico (geofono starter, starter piezoelettrico), trigger TTL. Sensibilità del trigger regolabile via software</td></tr> <tr> <td>Visualizzazione Tracce</td><td>Wiggle-trace (formato oscilloscopio) / area variabile</td></tr> <tr> <td>Noise-monitor</td><td>Tutti i canali + trigger</td></tr> <tr> <td>Canale AUX (ausiliario)</td><td>1x (per il trigger o qualsiasi altro segnale in ingresso)</td></tr> <tr> <td>Interfaccia comunicazione</td><td>1x USB 2.0 per PC esterno (di fornitura Cliente)</td></tr> <tr> <td>Formato Dati</td><td>SEG2, SAF (altri formati su richiesta)</td></tr> <tr> <td>Alimentazione</td><td>5VDC da USB, 0.25A</td></tr> <tr> <td>Temp.operativa/stoccaggio</td><td>-30°C to +80°C</td></tr> <tr> <td>Umidità</td><td>80% umidità relativa, non condensante</td></tr> <tr> <td>Dimensioni</td><td>24cm x19.5cm x11cm</td></tr> <tr> <td>Peso</td><td>2 Kg</td></tr> </table>	Numero di canali	24 can.+trigger (can. AUX) - 2 unità serializzabili per un tot. di 48 can.	Conversione Dati	Convertitore Analogico/Digitale Sigma-Delta 24 bit reali (compatibile con geofoni analogici a qualsiasi frequenza di risonanza)	Intervallo Campionamento	Acquisizioni "a pacchetto": - fino a 125 microsec (8000sps) con 24 can. - fino a 31.25 microsec (32000sps) con 6 can. Acquisizione continua: - fino a 4000 microsec (250sps) con 24 can. - fino a 500 microsec (2000sps) con 3 can.	Lunghezza Acquisizione	27500 campioni @ 24 can. (+aux) 174500 campioni @ 3 can. (+aux) Numero di campioni illimitato per acquisizioni continue	Guadagno Preamp.	0/52 dB, selezionabile via software	Stacking	Numero di stacking illimitato	Impedenza di ingresso	2MOhm // 22nF	Range Dinamico	144dB (sistema); >117dB (istantaneo, misurato @1ksps)	Distorsione	0.007% @16kHz	Largh.Banda -3dB	6.8kHz@32ksps - 0.21 kHz@1ksps	Largh.Banda +/- 0.1dB	3.5 kHz@32ksps - 0.11 kHz@1ksps	Filtri	Passa Basso:125-200-500-1000Hz Passa Alto: 10-20-30-40-50-70-100-150-200-300-400Hz	Filtri "Notch"	50-60Hz + armoniche	Trigger	Contatto normalmente chiuso, normalmente aperto (es. per uso con esplosivo), segnale analogico (geofono starter, starter piezoelettrico), trigger TTL. Sensibilità del trigger regolabile via software	Visualizzazione Tracce	Wiggle-trace (formato oscilloscopio) / area variabile	Noise-monitor	Tutti i canali + trigger	Canale AUX (ausiliario)	1x (per il trigger o qualsiasi altro segnale in ingresso)	Interfaccia comunicazione	1x USB 2.0 per PC esterno (di fornitura Cliente)	Formato Dati	SEG2, SAF (altri formati su richiesta)	Alimentazione	5VDC da USB, 0.25A	Temp.operativa/stoccaggio	-30°C to +80°C	Umidità	80% umidità relativa, non condensante	Dimensioni	24cm x19.5cm x11cm	Peso
Numero di canali	24 can.+trigger (can. AUX) - 2 unità serializzabili per un tot. di 48 can.																																															
Conversione Dati	Convertitore Analogico/Digitale Sigma-Delta 24 bit reali (compatibile con geofoni analogici a qualsiasi frequenza di risonanza)																																															
Intervallo Campionamento	Acquisizioni "a pacchetto": - fino a 125 microsec (8000sps) con 24 can. - fino a 31.25 microsec (32000sps) con 6 can. Acquisizione continua: - fino a 4000 microsec (250sps) con 24 can. - fino a 500 microsec (2000sps) con 3 can.																																															
Lunghezza Acquisizione	27500 campioni @ 24 can. (+aux) 174500 campioni @ 3 can. (+aux) Numero di campioni illimitato per acquisizioni continue																																															
Guadagno Preamp.	0/52 dB, selezionabile via software																																															
Stacking	Numero di stacking illimitato																																															
Impedenza di ingresso	2MOhm // 22nF																																															
Range Dinamico	144dB (sistema); >117dB (istantaneo, misurato @1ksps)																																															
Distorsione	0.007% @16kHz																																															
Largh.Banda -3dB	6.8kHz@32ksps - 0.21 kHz@1ksps																																															
Largh.Banda +/- 0.1dB	3.5 kHz@32ksps - 0.11 kHz@1ksps																																															
Filtri	Passa Basso:125-200-500-1000Hz Passa Alto: 10-20-30-40-50-70-100-150-200-300-400Hz																																															
Filtri "Notch"	50-60Hz + armoniche																																															
Trigger	Contatto normalmente chiuso, normalmente aperto (es. per uso con esplosivo), segnale analogico (geofono starter, starter piezoelettrico), trigger TTL. Sensibilità del trigger regolabile via software																																															
Visualizzazione Tracce	Wiggle-trace (formato oscilloscopio) / area variabile																																															
Noise-monitor	Tutti i canali + trigger																																															
Canale AUX (ausiliario)	1x (per il trigger o qualsiasi altro segnale in ingresso)																																															
Interfaccia comunicazione	1x USB 2.0 per PC esterno (di fornitura Cliente)																																															
Formato Dati	SEG2, SAF (altri formati su richiesta)																																															
Alimentazione	5VDC da USB, 0.25A																																															
Temp.operativa/stoccaggio	-30°C to +80°C																																															
Umidità	80% umidità relativa, non condensante																																															
Dimensioni	24cm x19.5cm x11cm																																															
Peso	2 Kg																																															
SISMOGRAFO GEA 24 "PASI"																																																

Tab. 2.1.1 - Caratteristiche tecniche del GEA 24 (PASI).

2.2. ACQUISIZIONE DATI

L'acquisizione dei dati sismici è stata condotta mediante un allineamento di geofoni superficiali. Dopo aver posizionato i geofoni sul terreno, e dopo il collegamento di questi ultimi ai cavi elettrici tramite appositi morsetti bipolari, per ogni acquisizione sono stati realizzati alcuni shots di prova allo scopo di tarare i parametri di acquisizione sul sismografo in termini di determinazione del livello del rumore di fondo e taratura delle amplificazioni dei singoli canali di registrazione. Compiuta la taratura della strumentazione si è proceduto alla prospezione sismica in modo tale che, dopo ogni energizzazione (o somma di energizzazioni) su ciascun punto d'impatto prestabilito, si è acquisito e registrato il segnale sul sismografo per la successiva elaborazione. L'istante di tempo zero, per l'avvio della registrazione, è stato inviato allo strumento da uno shock-sensor (trigger) posto direttamente sul terreno mentre, per una migliore acquisizione del segnale rispetto al rumore (noise sismico), si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di stacking). Le sorgenti per l'energizzazione sono state poste a delle distanze relative dai geofoni al fine di raggiungere un'ottimale copertura dell'area d'indagine. Lo schema di acquisizione della linea di tomografia sismica (lunghezza, posizione dei punti di energizzazione etc.) viene di seguito riportato:



Scoppi esterni	Scoppi interni	Distanza Geofoni
Numero: 4 (1,2,10,11)	Numero: 7 (2,3,4,5,6,7,8)	5 m
1:- 10 m da G1 (0 m) 2:- 2.5 m da G1 (0 m) 10:+ 2.5 m da G24 (115 m) 11:+ 10 m da G24 (115 m)	2: tra G3 e G4; 3: tra G6 e G7; 4: tra G9 e G10; 5: tra G12 e G13; 6: tra G15 e G16; 7: tra G18 e G19; 8: tra G21 e G22;	

Fig. 2.2.1 - Configurazione delle linee di tomografia sismica.

 GGM geological & geophysical multiservice Viale San Martino, 30 - 65013 Città Sant'Angelo (PE) Tel./Fax: +39 0859506423 - P.iva: 01891900688 E-mail : info@ggmsrl.it - P.E.C. : ggm-srl@legalmail.it	Relazione tecnica sulle indagini	
	Revisione: REV 00	COMMITTENTE
	Data: Novembre 2020	

Nello specifico è stata realizzata n°1 linea di tomografia sismica (Fig. 2.2.2), Allegato – Foglio 2, le cui caratteristiche geometriche e di configurazione sono riportate nella seguente tabella 2.2.2.



Fig. 2.2.2 – Acquisizione sismica S.R.T.

Linea	Passo Geofonico (m)	N.o Geofoni (n.)	Numero energizzazioni (n.)	Lunghezza stendimento (m)	Profondità indagine (m)	Coordinate Cartografiche UTM - WGS84 33N	
S.R.T.	5	24	11	115	40	Inizio linea: 343713.44 m E 4754665.73 m N	Fine linea: 343823.57 m E 4754634.45 m N

Tab. 2.2.2 - Caratteristiche geometriche e di configurazione.

2.3. ELABORAZIONE DATI

Per l'inversione dei dati sismici acquisiti è stato utilizzato il software Rayfract (distribuito dalla Intelligent Resource Inc.) che impiega le soluzioni Eikonali per il calcolo dei tempi di percorso e per la modellazione della diffrazione, la rifrazione e la trasmissione delle onde sismiche. Questo metodo fornisce un buon fitting iniziale tra i primi arrivi di campagna e quelli sintetici. Il modello iniziale viene quindi ottimizzato automaticamente mediante l'inversione tomografica 2D WET. Successivamente, per la fase di imaging, è stato utilizzato un software dedicato (Surfer 18). La sezione bidimensionale 2D costituisce il risultato finale della procedura di inversione che produce una unica sezione/modello di velocità V_p in m/s per ogni stendimento superficiale eseguito.

I dati acquisiti sono stati elaborati operando attraverso le seguenti fasi:

- determinazione dei tempi di primo arrivo (Piking) attraverso il software RAYFRACT operando prima con filtraggi e successivamente, con aggiustamenti manuali facendo particolare attenzione alle fasi d'onda ed alla loro evoluzione (Fig. 2.3.1);

 GGM geological & geophysical multiservice Viale San Martino, 30 - 65013 Città Sant'Angelo (PE) Tel./Fax: +39 0859506423 - P.iva: 01891900688 E-mail : info@ggmsrl.it - P.E.C. : ggm-srl@legalmail.it	Relazione tecnica sulle indagini	
	Revisione: REV 00	COMMITTENTE
	Data: Novembre 2020	

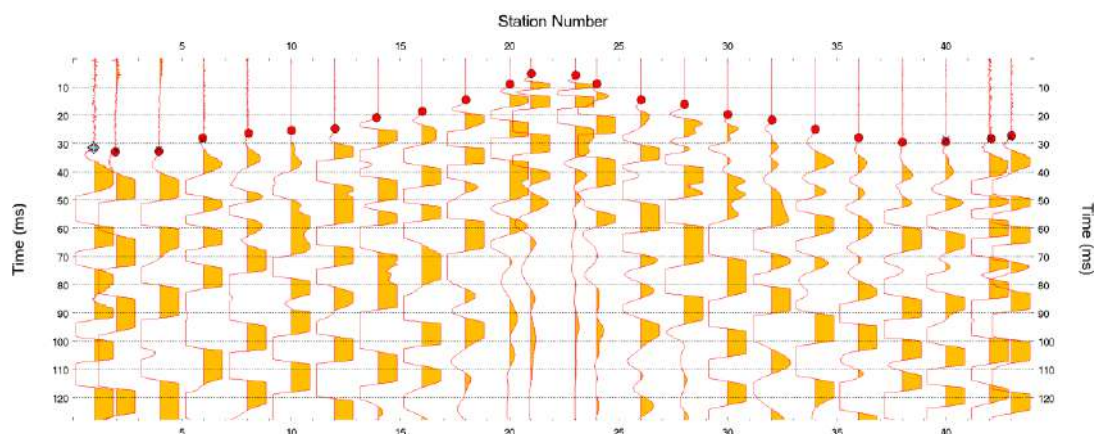


Fig. 2.3.1 – Determinazione dei tempi (ms) di primo arrivo delle onde P.

- formazione di un database contenente la geometria di acquisizione (posizione plano-altimetrica dei geofoni e degli scoppi) ed i tempi di arrivo per ciascun scoppio;
- inversione Delta t-V che permette di ottenere il gradiente del profilo monodimensionale 1D iniziale del tipo profondità/velocità (Fig. 2.3.2);

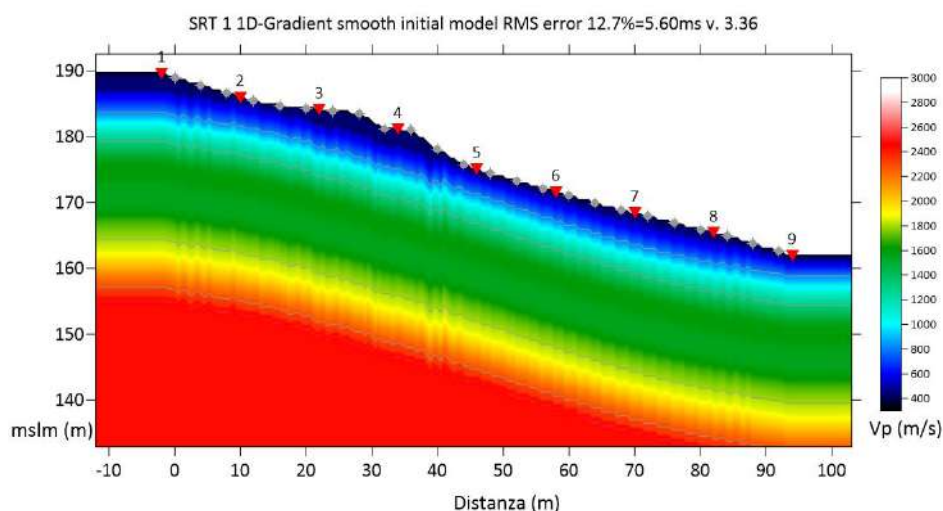


Fig. 2.3.2 - Modello iniziale 1D (profondità/velocità) in onde P e scala di velocità Vp (m/s).

- ottimizzazione del profilo per iterazioni successive, mediante inversione tomografica WET (Wave path Eikonal Traveltime), che permette il calcolo delle traiettorie d'onda (wave path) attraverso le soluzioni alle differenze finite dell'equazione che esprime le modalità di propagazione di un'onda in un mezzo isotropo (Fig. 2.3.3);

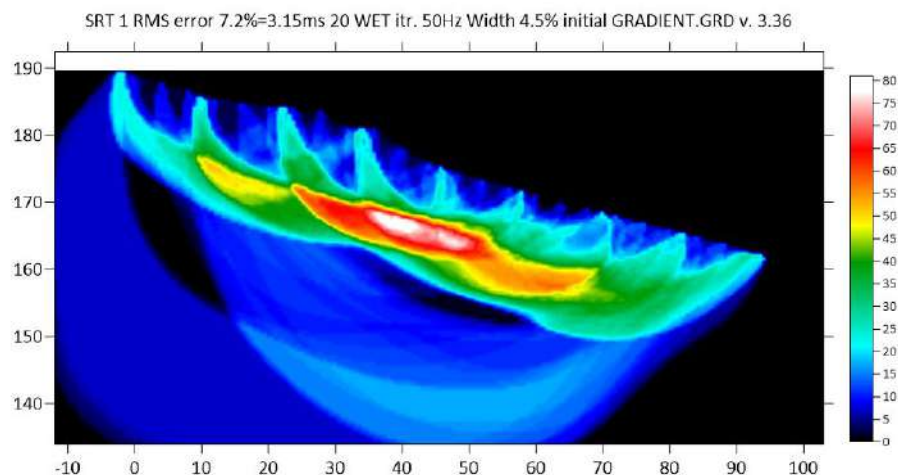


Fig. 2.3.3 – Modello 2D (WET) delle propagazioni e traiettorie delle onde P.

- controllo del “fitting” tra i tempi misurati e i tempi calcolati con eventuali reiterazioni del processo di inversione;
- modello finale della sezione tomografica di velocità 2D, ovvero il risultato dell'inversione numerica dei dati sperimentali acquisiti in sito, con l'opportuna scala cromatica che va a descrivere un modello sismo-stratigrafico (Fig. 2.3.4).

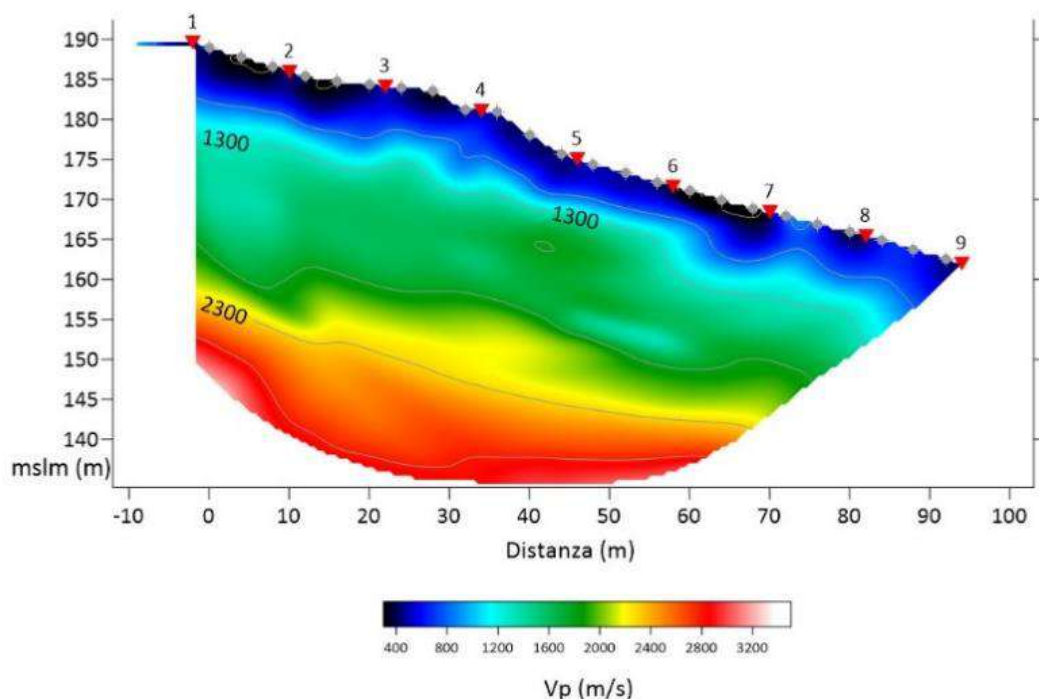


Fig. 2.3.4 – Esempio di modello 2D (SRT) di velocità in onde P ottenuti dall'inversione tomografica e relativa scala di velocità Vp (m/s).

 GGM geological & geophysical multiservice Viale San Martino, 30 - 65013 Città Sant'Angelo (PE) Tel./Fax: +39 0859506423 - P.iva: 01891900688 E-mail : info@ggmsrl.it - P.E.C. : ggm-srl@legalmail.it	Relazione tecnica sulle indagini	
	Revisione: REV 00	COMMITTENTE
	Data: Novembre 2020	

Il modello ottenuto dall'inversione numerica dei dati sperimentali acquisiti in sito, è riportato in Fig. 2.3.5 con l'opportuna scala cromatica che vanno a descrivere un modello sismo-stratigrafico.

Il risultato della prova eseguita viene riportato in figura 2.3.5 e Allegato – Foglio 2.

S.R.T.

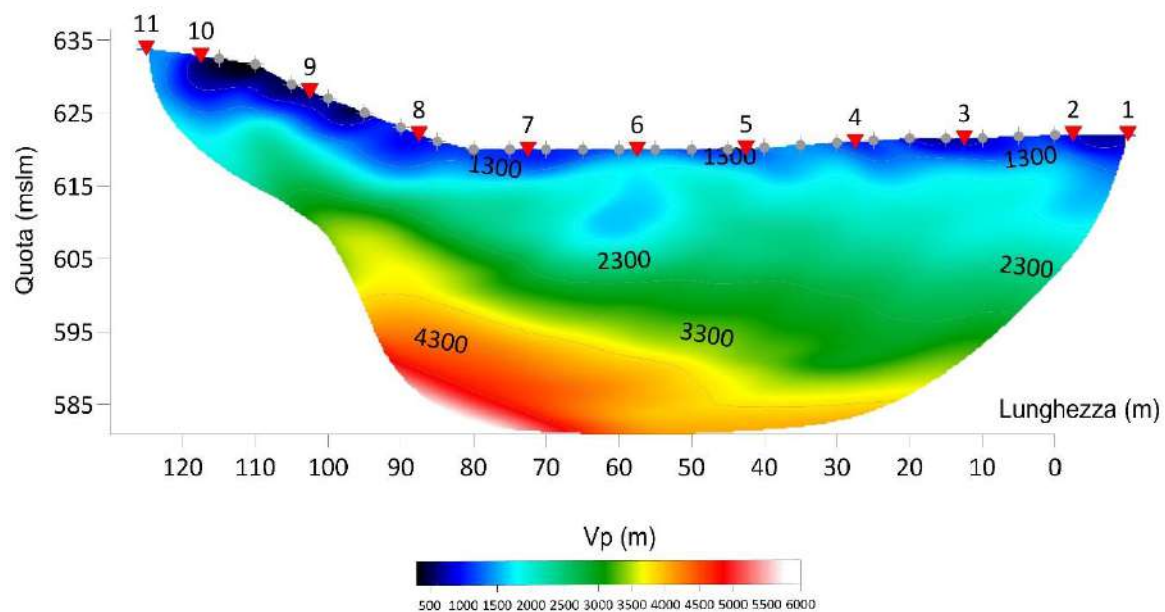


Fig. 2.3.5- Modello 2D di velocità in onde P ottenuti dall'inversione tomografica e scale di velocità V_p (m/s).

3. CONCLUSIONI

Per arrivare ad un modello riassuntivo finale sono stati analizzati i risultati di entrambe le metodologie geofisiche effettuate.

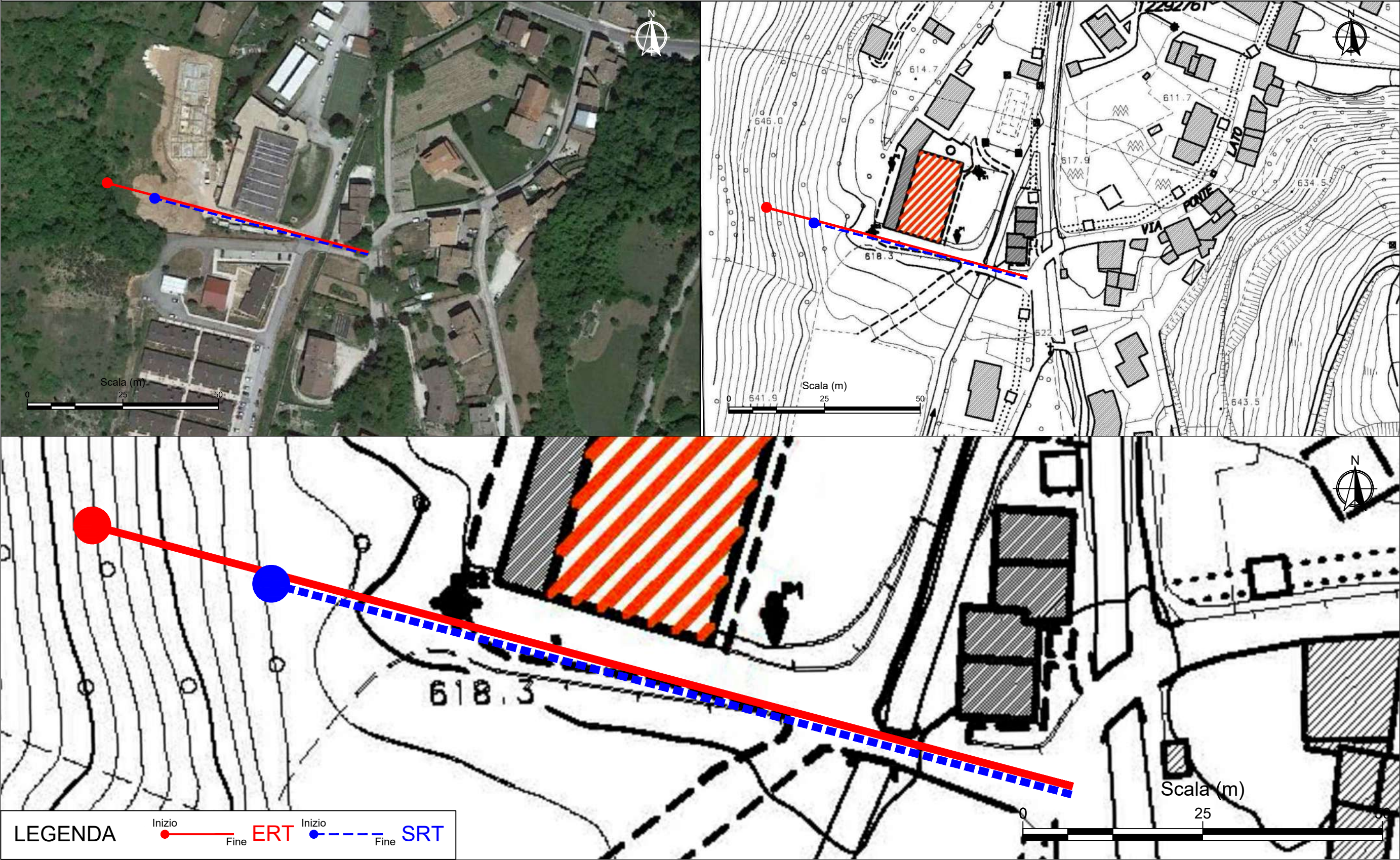
Il modello finale è riportato in Tav. 03 dove sono stati individuati n. 4 elettrostat/sismostrati finali.

Si rimane a disposizione per qualunque richiesta o chiarimento.

Novembre 2020

GGM S.R.L.
GEOLOGICAL & GEOPHYSICAL
MULTISERVICE
P.IVA P. : 01891900688
VIALE SAN MARTINO 30 - 65013 CITTÀ SANT'ANGELO (PE)
www.ggmsrl.it - info@ggmsrl.it - +39 08595452 (PE)

UBICAZIONE INDAGINI GEOFISICHE - E.R.T. - S.R.T.



LEGENDA

Inizio Fine ERT

Inizio Fine SRT



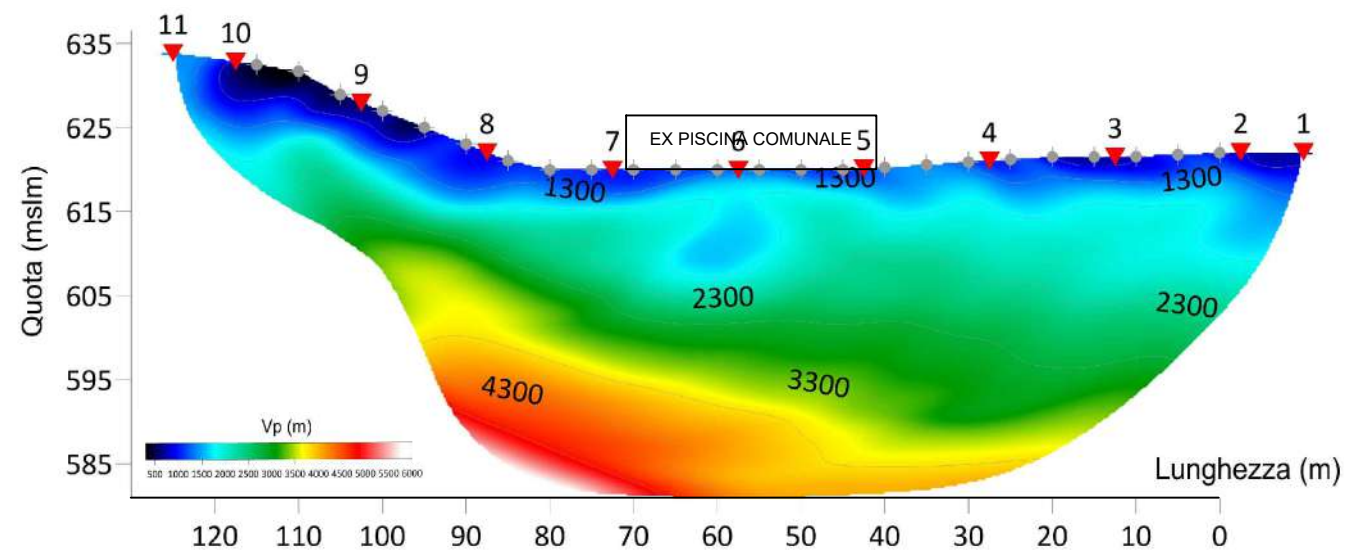
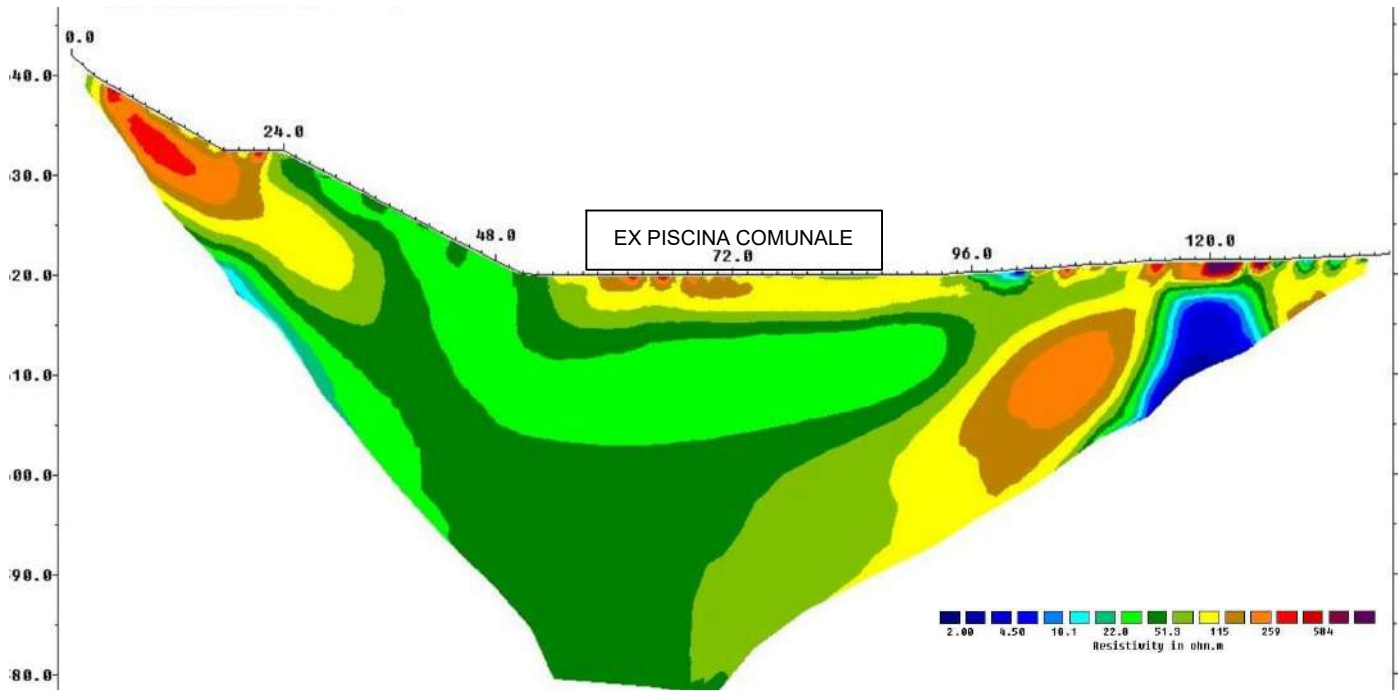
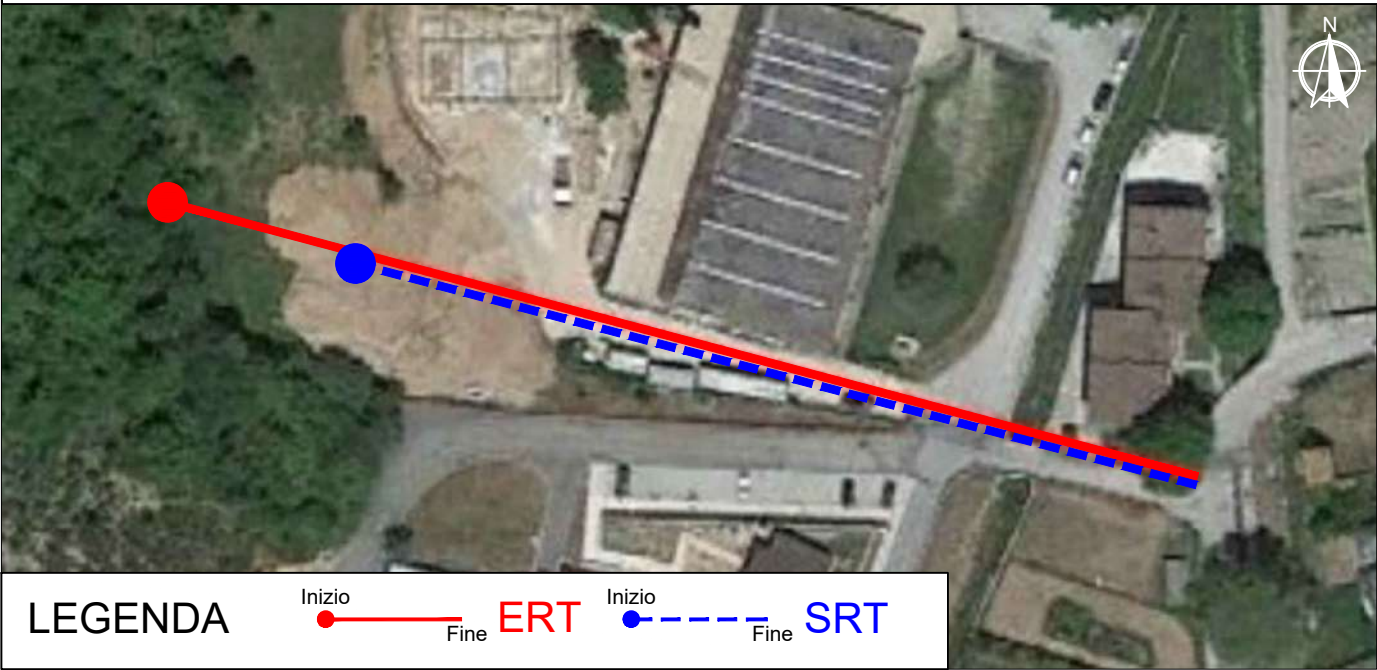
2				
1				
0	11-2020	Delli Rocioli M.	Chilufya C.	Di Pasquale R.
REV.	DATA (DATE)	REDATTO (DRWN.BY)	CONTROL. (CHK'D)	APPROVATO (APPR'D)

DENOMINAZIONE DOCUMENTO (DOCUMENT DESCRIPTION) **RELAZIONE TECNICA SULLE INDAGINI**

TITOLO (TITLE) **Lavori di ricostruzione della ex-piscina comunale con realizzazione di una struttura polivalente per attività sociali o di protezione civile – affidamento incarico relativo alle indagini stratigrafiche sismiche e strutturali**

ID DOC. (DOC. ID)	N. FOG. (SH. N.)	SEGUE (NEXT)
	1	2
SCALA (SCALE)	TOTALE FOGLI (LAST SHEET)	
--	3	

INDAGINE TOMOGRAFICA ELETTRICA E SISMICA - E.R.T. - S.R.T.



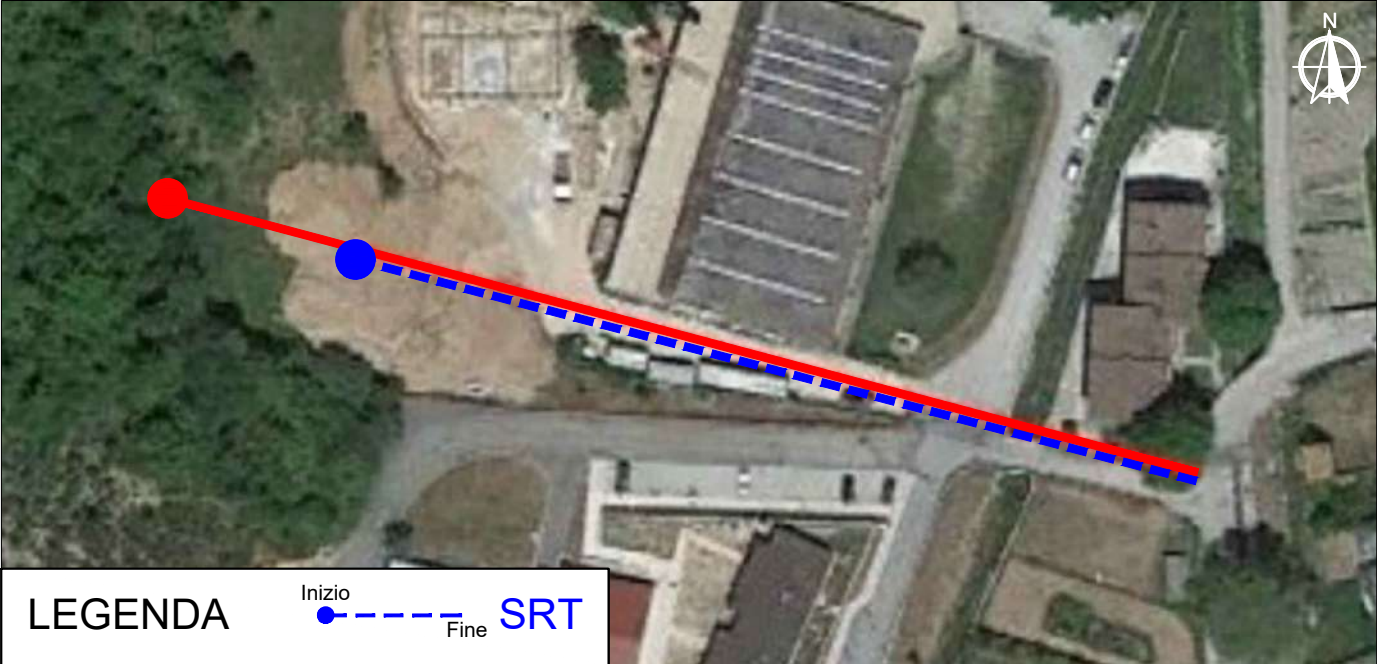
2				
1				
0	11-2020	Delli Rocioli M.	Chilufya C.	Di Pasquale R.
REV.	DATA (DATE)	REDATTO (DRWN.BY)	CONTROL. (CHK'D)	APPROVATO (APPR'D)

DENOMINAZIONE DOCUMENTO (DOCUMENT DESCRIPTION) **RELAZIONE TECNICA SULLE INDAGINI**

TITOLO (TITLE) **Lavori di ricostruzione della ex-piscina comunale con realizzazione di una struttura polivalente per attività sociali o di protezione civile – affidamento incarico relativo alle indagini stratigrafiche sismiche e strutturali**

ID DOC. (DOC. ID)	N. FOG. (SH. N.)	SEGUE (NEXT)
	2	3
SCALA (SCALE)	TOTALE FOGLI (LAST SHEET)	
--	3	

MODELLO RIASSUNTIVO - DIVISIONE IN ELETTROSTRATI E SISMOSTRATI

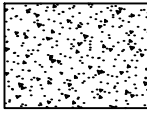


LEGENDA

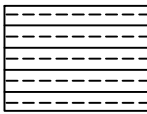
Inizio

Fine

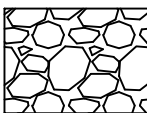
SRT



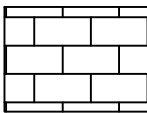
ELETTROSTRATO 1
SISMOSTRATO 1



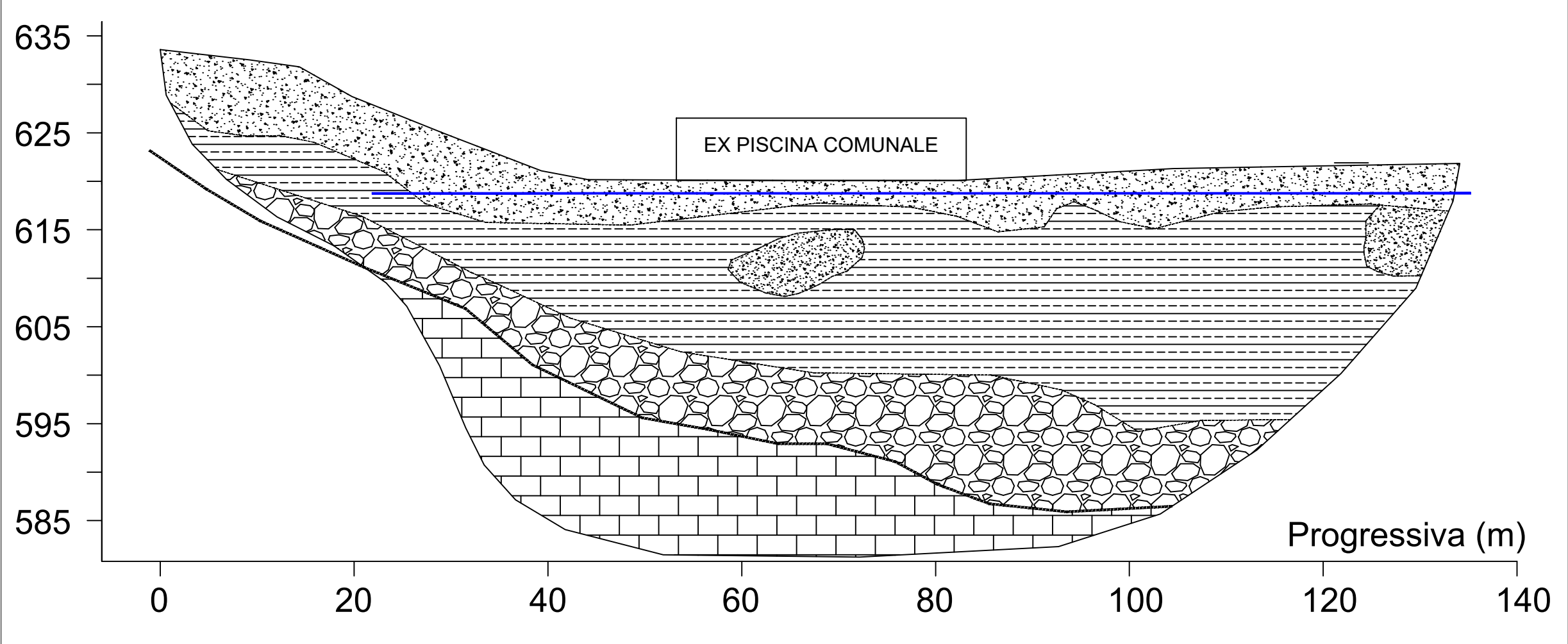
ELETTROSTRATO 2
SISMOSTRATO 2



ELETTROSTRATO 3
SISMOSTRATO 3



ELETTROSTRATO 4
SISMOSTRATO 4



INDAGINI DA RELAZIONE GEOLOGICA PRELIMINARE OTTOBRE 2018

Dott. Geol. Gian Luca Faustini
Fr. Morro, 13
62032 Camerino (MC)
mail. gianluca.faustini@tiscali.it
Tel. 3398642965

S1_1
SONDAGGIO GEOGNOSTICO
Committente: Comune di Visso
Data: 24.09.2018
Località: Piscina Comunale
(Comune di Visso)

Metodo di perforazione:
Carotaggio continuo fi 101 mm
Ditta esecutrice: CAM di Pesaro

* Percolazioni idriche

STRATIGRAFIA (m)	QUOTE (m)			LITOLOGIA	RP Kg/cmq	PL S	OSSERVAZIONI
	Falda Liv. Statico	P.C.	Parz.				
0,0				Limi sabbioso argillosi marroni	TERRENO DI RIPORTO		
1,0		0,30	0,30	Ghiaie di natura marnosa risate in matrice sabbioso limosa, molto addensate			
2,0		1,50	1,20	Ghiaie di piccole e medie dimensioni in matrice sabbioso limosa debolmente argillosa molto abbondante di colore avana	LITOTIPO A		
3,0		3,20	1,70	Limi sabbioso argillosi e sabbie limoso argillose di colore grigio avana con ghiaietto frammisto			
4,0					LITOTIPO B		
5,0		4,80	1,60	Ghiaie a spigoli vivi di piccole e medie dimensioni in matrice sabbioso limosa di colore grigio che talora diviene predominante	LITOTIPO A		
6,0		6,20	1,40	Limi sabbioso argillosi e sabbie limoso argillose di colore grigio avana con abbondante ghiaietto frammisto che a tratti diviene predominante			
7,0		7,40	1,20	Argille limoso sabbiose con raro ghiaietto frammisto. Presenza di frustilli vegetali e resti carboniosi Consistenza plastica	LITOTIPO B		
8,0		7,80	0,40	Ghiaie a spigoli vivi di piccole dimensioni in matrice sabbioso limosa di colore marrone rosato che talora diviene predominante			
9,0		8,70	0,90	Ghiaie di natura poligenica di piccole e medie dimensioni, scarsamente arrotondate in matrice sabbioso limosa, molto addensate	LITOTIPO A		
10,0		10,3	1,60	Argille limoso sabbiose con raro ghiaietto frammisto. Presenza di frustilli vegetali e resti carboniosi Consistenza plastica	LITOTIPO B		
11,0		11,1	0,80				

Dott. Geol. Gian Luca Faustini
Fr. Morro, 13
62032 Camerino (MC)
mail. gianluca.faustini@tiscali.it
Tel. 3398642965

S1_1
SONDAGGIO GEOGNOSTICO
Committente: Comune di Visso
Data: 24.09.2018
Località: Piscina Comunale
(Comune di Visso)

Metodo di perforazione:
Carotaggio continuo fi 101 mm
Ditta esecutrice: CAM di Pesaro

* Percolazioni idriche

STRATIGRAFIA (m)	QUOTE (m)			LITOLOGIA	RP Kg/cmq	SPT	OSSERVAZIONI	
	Falda Liv. Statico	P.C.	Parz.					
0,0				Limi sabbioso argillosi marroni	TERRENO DI RIPORTO			
1,0		0,30	0,30	Ghiaie di natura marnosa risate in matrice sabbioso limosa, molto addensate				
2,0		1,50	1,20	Ghiaie di piccole e medie dimensioni in matrice sabbioso limosa debolmente argillosa molto abbondante di colore avana	LITOTIPO A			
3,0		3,20	1,70	Limi sabbioso argillosi e sabbie limoso argillose di colore grigio avana con ghiaietto frammisto				
4,0					LITOTIPO B			
5,0		4,80	1,60	Ghiaie a spigili vivi di piccole e medie dimensioni in matrice sabbioso limosa di colore grigio che talora diviene predominante	LITOTIPO A			
6,0		6,20	1,40	Limi sabbioso argillosi e sabbie limoso argillose di colore grigio avana con abbondante ghiaietto frammisto cehe a tratti diviene predominante				
7,0		7,40	1,20	Argille limoso sabbiose con raro ghiaietto frammisto. Presenza di frustili vegetali e resti carboniosi Consistenza plastica	LITOTIPO B			
8,0		7,80	0,40	Ghiaie a spigili vivi di piccole dimensioni in matrice sabbioso limosa di colore marrone rosato che talora diviene predominante				
9,0		8,70	0,90	Ghiaie di natura poligenica di piccole e medie dmensioni, scarsamente arrotondate In matrice sabbioso limosa , molto addensate	LITOTIPO A			
10,0		10,3	1,60	Argille limoso sabbiose con raro ghiaietto frammisto. Presenza di frustili vegetali e resti carboniosi Consistenza plastica	LITOTIPO B			
11,0		11,1	0,80					

Dott. Geol. Gian Luca Faustini
Fr. Morro, 13
62032 Camerino (MC)
mail. gianluca.faustini@tiscali.it
Tel. 3398642965

S1_2 SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Committente: Comune di Visso
Data: 24.09.2018
Località: Piscina Comunale
(Comune di Visso)

Metodo di perforazione:
Carotaggio continuo fi 101 mm
Ditta esecutrice: CAM di Pesaro

* Percolazioni idriche

STRATIGRAFIA (m)	QUOTE (m)			LITOLOGIA	RP Kg/cmq	Sp	OSSERVAZIONI
	Falda Liv. Statico	P.C.	Parz.				
11,0		11,1	0,80	Ghiaie di natura mamosasi colore grigio azzurro in matrice sabbioso limosa molto addensate			
		11,5	0,40				
12,0				Ghiaie di piccole e medie dimensioni in matrice sabbioso limosa debolmente argillosa molto abbondante di colore avana			
13,0							
		13,7	2,20	Limi sabbioso argillosi e sabbie limoso argillose di colore grigio avana con ghiaietto frammisto			
14,0		14,0	0,30	Ghiaie di piccole e medie dimensioni in matrice sabbioso limosa debolmente argillosa molto abbondante di colore avana			
		14,6	0,60				
15,0				Limi sabbiosi debolmente argillosi argillosi di colore grigio avana con ghiaietto frammisto compatti			
16,0							
17,0		17,10	2,50	Ghiaie di piccole e medie dimensioni a spigoli vivi in matrice sabbioso limosa di colore avana			
18,0		18,10	1,00	Limi sabbiosi debolmente argillosi argillosi di colore grigio avana con ghiaietto frammisto compatti			
		18,70	0,70				
19,0				Ghiaie di piccole e medie dimensioni a spigoli vivi in matrice sabbioso limosa di colore avana			
20,0							
21,0							
22,0							

Dott. Geol. Gian Luca Faustini Fr. Morro, 13 62032 Camerino (MC) mail. gianluca.faustini@tiscali.it Tel. 3398642965			S1_3 SONDAGGIO GEOGNOSTICO Committente: Comune di Visso Data: 25.09.2018 Località: Piscina Comunale (Comune di Visso)			Metodo di perforazione: Carotaggio continuo fi 101 mm Ditta esecutrice: CAM di Pesaro * Percolazioni idriche			
STRATIGRAFIA (m)	QUOTE (m)		LITOLOGIA	RP Kg/cmq	SPT	OSSERVAZIONI			
	Falda Liv. Statico	P.C.					Parz.		
22,0									
23,0			23,0				4,30	Ghiaie di piccole e medie dimensioni a spigoli vivi in matrice sabbioso limosa di colore avana	LITOTIPO A
			23,2				0,20	Sabbie limoso argillose con ghiaie sparse	B
			23,6				0,60	Ghiaie di piccole e medie dimensioni a spigoli vivi in matrice sabbioso limosa di colore avana	A
			23,8				0,20	Sabbie limoso argillose con ghiaie sparse	B
24,0			24,1				0,30	Ghiaie di piccole e medie dimensioni a spigoli vivi in matrice sabbioso limosa di colore avana	A
			24,5				0,40	Sabbie limoso argillose con ghiaie sparse	B
			24,8				0,30	Ghiaie di piccole e medie dimensioni a spigoli vivi in matrice sabbioso limosa di colore avana	A
			25,0				0,20	Sabbie limoso argillose con ghiaie sparse	B
25,0			25,6				0,60	Ghiaie di piccole e medie dimensioni a spigoli vivi in matrice sabbioso limosa di colore avana	A
									LITOTIPO B
26,0			26,7				1,10	Sabbie limoso argillose con ghiaie sparse	A
			27,4				0,70	Ghiaie di piccole e medie dimensioni a spigoli vivi in matrice sabbioso limosa di colore avana	B
28,0			28,6				1,20	Sabbie limoso argillose con ghiaie sparse	A
									LITOTIPO A
29,0				Ghiaie di piccole e medie dimensioni a spigoli vivi in matrice sabbioso limosa di colore avana					
30,0									
31,0									
32,0		32,0		STOP					

Dott. Geol. Gian Luca Faustini
Fr. Morro, 13
62032 Camerino (MC)
mail. gianluca.faustini@tiscali.it
Tel. 3398642965

S2
SONDAGGIO GEOGNOSTICO
Committente: Comune di Visso
Data: 26.09.2018
Località: Piscina Comunale
(Comune di Visso)

Metodo di perforazione:
Carotaggio continuo fi 101 mm
Ditta esecutrice: CAM di Pesaro

* Percolazioni idriche

STRATIGRAFIA (m)	QUOTE (m)			LITOLOGIA	RP Kg/cmq	SPT	OSSERVAZIONI
	Falda Liv. Statico	P.C.	Parz.				
0,0		1,50	1,20	Limi sabbioso argillosi marroni	TERRENO DI RIPORTO		
1,0				Ghiaie di natura calcarea marnosa a spigoli vivi in matrice labbioso limosa argillosa di colore marrone			
2,0				Ghiaie poligeniche di medie e piccole dimensioni scarsamente arrotondate, in matrice limoso sabbiosa	DEPOSITI ALLUVIONALI		
3,0				Limi sabbioso argillosi mediamente plastici con ghiaietto frammisto di colore rossastro	LITOTIPO A		
4,0				Ghiaie a spigoli vivi, di natura marnoso calcarea in matrice sabbioso limosa	LITOTIPO B		
4,60				Limi sabbioso argillosi mediamente plastici con ghiaietto frammisto di colore rossastro	A		
5,0				Ghiaie a spigoli vivi, di natura marnoso calcarea in matrice sabbioso limosa	B		
5,70				Limi sabbioso argillosi mediamente plastici con ghiaietto frammisto di colore rossastro	A		
7,40				Ghiaie a spigoli vivi, di natura marnoso calcarea in matrice sabbioso limosa	LITOTIPO B		
7,80				Limi sabbioso argillosi mediamente plastici con ghiaietto frammisto di colore rossastro	A		
8,40	10,0	0,80		Ghiaie a spigoli vivi, di natura marnoso calcarea in matrice sabbioso limosa	DEPOSITI DI VERSANTE		
8,70				Limi sabbioso argillosi mediamente plastici con ghiaietto frammisto di colore rossastro			
9,50				Limi sabbioso argillosi compatti di colore verdastro con pezzame litico di natura marnosa (Eluvium della scaglia Cinerea)	A		
10,0					B		
11,0					LITOTIPO C		

CAROTE DI SONDAGGIO S1



CAROTE DI SONDAGGIO S2





Cerreto d'Esi, 29 settembre 2018

COMMITTENTE: Amm.ne Com.le di Viasso

CANTIERE: Ricostruzione Ex Pisinna

PROVA DPSH: SCHEDA TECNICA E LEGENDA

caratteristiche tecniche del penetrometro

Tipo di attrezzatura: DPSH penetrometro dinamico super pesante

Peso del maglio: 63,5 Kg

Altezza di caduta: 75 cm

Penetrazione standard: 20 cm

Dimensioni punta: area = 20 cm² angolo = 90°

Dimensioni aste: diametro = 32 mm lunghezza = 1,00 m

Peso aste: 6,15 Kg

Peso massa passiva: 4,2 Kg

legenda per la rappresentazione grafica

H = profondità

NC = numero di colpi

q_d = resistenza alla penetrazione dinamica

legenda per la caratterizzazione geomeccanica

NC_m = numero di colpi medio per quel determinato strato

C = coefficiente di correlazione fra il numero di colpi dello SPT e quelli del DPSH

N_{spt equiv} = numero di colpi dello SPT equivalenti ricavati per correlazione

Dr = densità relativa (Skempton, 1986)

φ = angolo di attrito interno (De Mello - Japanese National Railway)

E = modulo di elasticità (Schmertmann, Shultze-Menzenbach)

Ed = modulo edometrico (Stroud e Butler 1975, Mitchell e Gerdner)

γ = peso unità di volume

V_s = velocità delle onde di taglio (Iyisan, 1996)

K_o = modulo di reazione (Navfac)

ν = modulo di Poisson

C_u = coesione non drenata (Benassi - Vannelli - 1983, Schmertmann - 1975)

**Geodrill**

s.a.s.

Dr. Geol. Valeriano Bassani & C.

SERVIZI GEOLOGICI

Via Dante 9/D - Tel. 0732/677340

60043 Cerreto d'Esi (AN)

P.IVA: 02334920424

E-Mail: a_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, 29 settembre 2018

COMMITTENTE: Amm.ne Com.le di Viasso

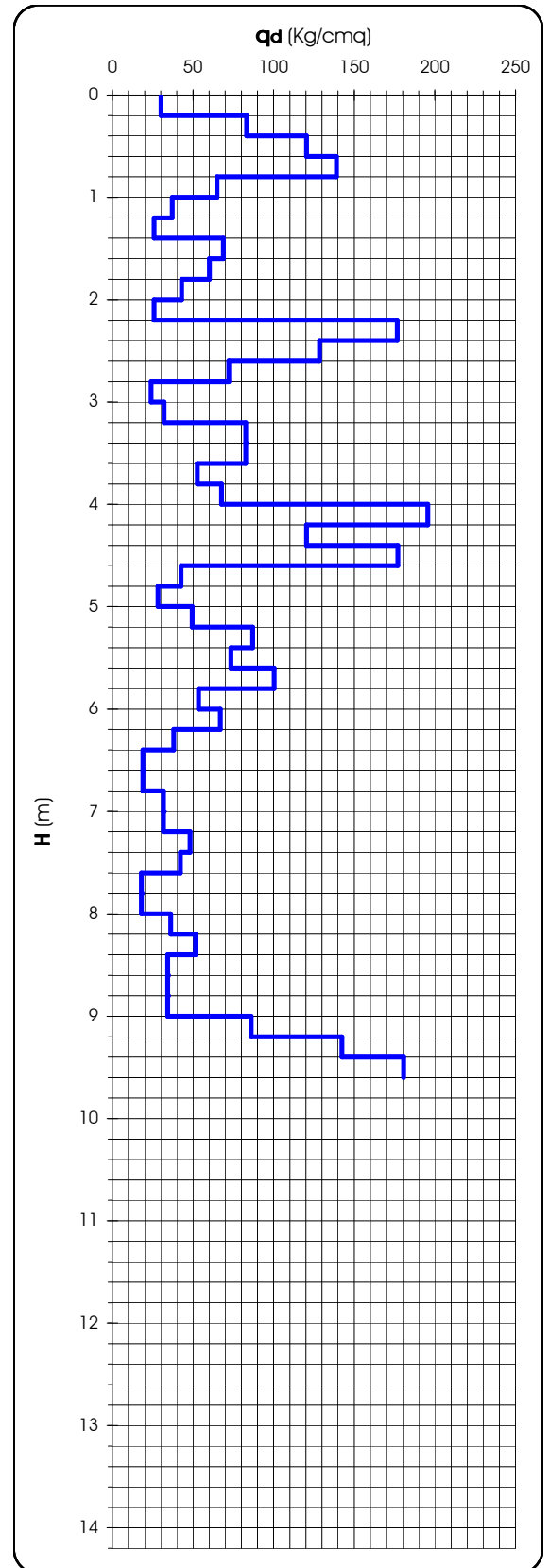
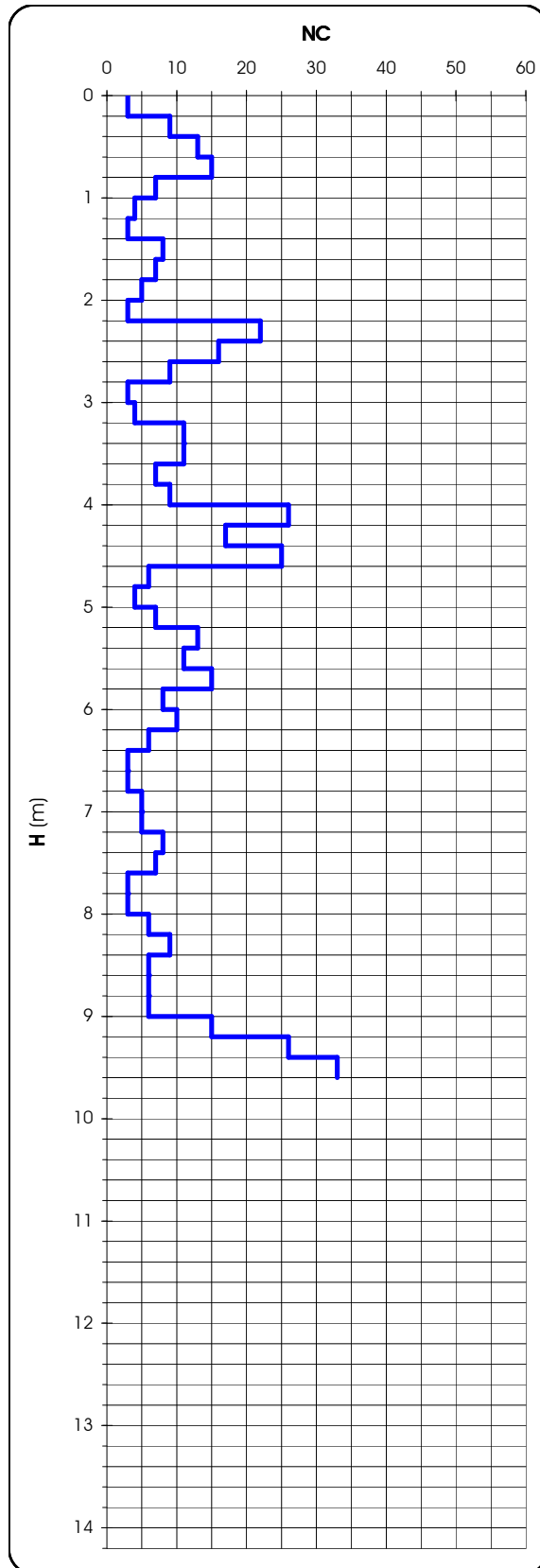
CANTIERE: Ricostruzione Ex Piscina

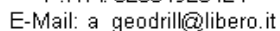
PROVA N.1 del 27/09/18

PROF.: 9,80 m

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA

H (m)	NC	q _d (Kg/cm ²)
0,2	3	30,10
0,4	9	83,36
0,6	13	120,41
0,8	15	138,94
1,0	7	64,84
1,2	4	37,05
1,4	3	25,80
1,6	8	68,81
1,8	7	60,21
2,0	5	43,01
2,2	3	25,80
2,4	22	176,62
2,6	16	128,45
2,8	9	72,25
3,0	3	24,08
3,2	4	32,11
3,4	11	82,79
3,6	11	82,79
3,8	7	52,69
4,0	9	67,74
4,2	26	195,69
4,4	17	120,43
4,6	25	177,10
4,8	6	42,50
5,0	4	28,34
5,2	7	49,59
5,4	13	86,98
5,6	11	73,60
5,8	15	100,36
6,0	8	53,53
6,2	10	66,91
6,4	6	38,03
6,6	3	19,02
6,8	3	19,02
7,0	5	31,69
7,2	5	31,69
7,4	8	48,18
7,6	7	42,15
7,8	3	18,07
8,0	3	18,07
8,2	6	36,13
8,4	9	51,62
8,6	6	34,41
8,8	6	34,41
9,0	6	34,41
9,2	15	86,03
9,4	26	142,34
9,6	33	180,66
9,8	rifiuto	
10,0		
10,2		
10,4		
10,6		
10,8		
11,0		
11,2		
11,4		
11,6		
11,8		
12,0		
12,2		
12,4		
12,6		
12,8		
13,0		
13,2		
13,4		
13,6		
13,8		
14,0		
14,2		



[illegible]



Geodrill s.a.s.

Dr.Geol.Valeriano Bassani & C.

SERVIZI GEOLOGICI

Via Dante 9/D - Tel.0732/677340

60043 Cerreto d'Esi(AN)

P.IVA: 02334920424

E-Mail: a_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, 29 settembre 2018

COMMITTENTE: Amm.ne Com.le di Viasso

CANTIERE: Ricostruzione Ex Piscina

PROVA N.1 del 27/09/18

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA





Cerreto d'Esi, 29 settembre 2018

COMMITTENTE: Amm.ne Com.le di Vlasso

CANTIERE: Ricostruzione Ex Pisinna

PROVA DPSH: SCHEDA TECNICA E LEGENDA

caratteristiche tecniche del penetrometro

Tipo di attrezzatura: DPSH penetrometro dinamico super pesante

Peso del maglio: 63,5 Kg

Altezza di caduta: 75 cm

Penetrazione standard: 20 cm

Dimensioni punta: area = 20 cm² angolo = 90°

Dimensioni aste: diametro = 32 mm lunghezza = 1,00 m

Peso aste: 6,15 Kg

Peso massa passiva: 4,2 Kg

legenda per la rappresentazione grafica

H = profondità

NC = numero di colpi

q_d = resistenza alla penetrazione dinamica

legenda per la caratterizzazione geomeccanica

NC_m = numero di colpi medio per quel determinato strato

C = coefficiente di correlazione fra il numero di colpi dello SPT e quelli del DPSH

N_{spt equiv} = numero di colpi dello SPT equivalenti ricavati per correlazione

Dr = densità relativa (Skempton, 1986)

φ = angolo di attrito interno (De Mello - Japanese National Railway)

E = modulo di elasticità (Schmertmann, Shultze-Menzenbach)

Ed = modulo edometrico (Stroud e Butler 1975, Mitchell e Gerdner)

γ = peso unità di volume

V_s = velocità delle onde di taglio (Iyisan, 1996)

K_o = modulo di reazione (Navfac)

ν = modulo di Poisson

C_u = coesione non drenata (Benassi - Vannelli - 1983, Schmertmann - 1975)



Geodrill s.a.s.

Dr.Geol.Valeriano Bassani & C.

SERVIZI GEOLOGICI

Via Dante 9/D - Tel.0732/677340

60043 Cerreto d'Esi(AN)

P.IVA: 02334920424

E-Mail: a_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, 29 settembre 2018

COMMITTENTE: Amm.ne Com.le di Viasso

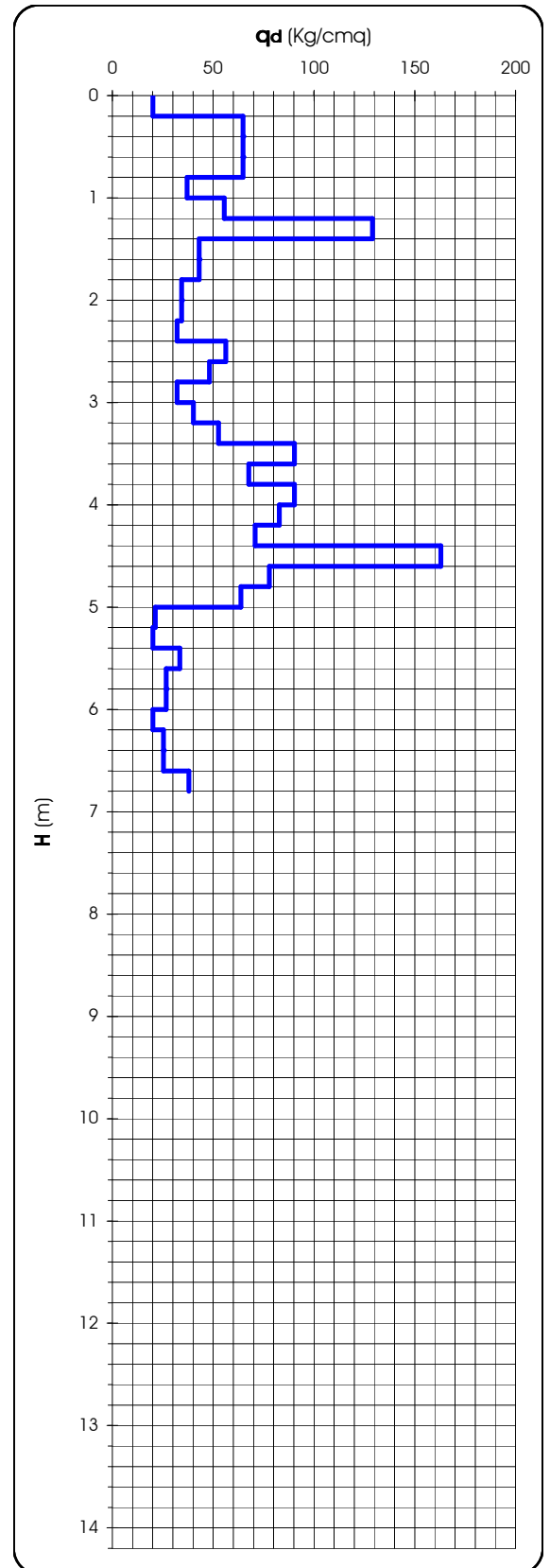
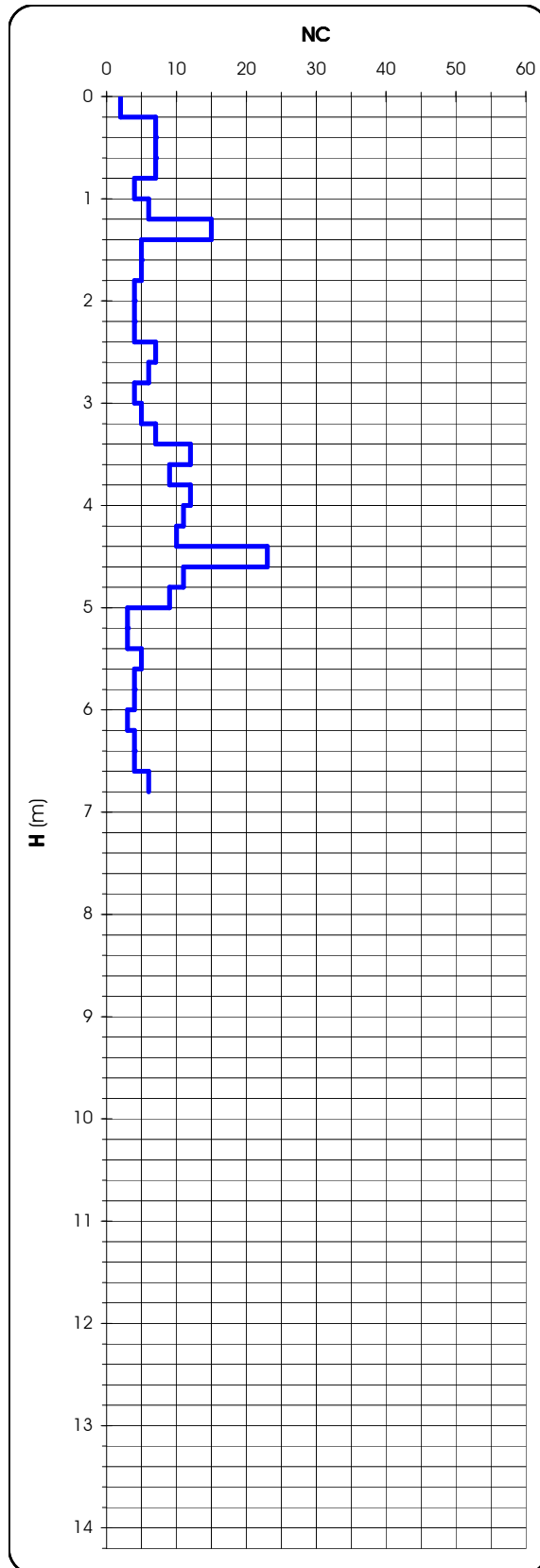
CANTIERE: Ricostruzione Ex Piscina

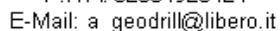
PROVA N.2 del 27/09/18

PROF.: 7,00 m

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA

H (m)	NC	q _d (Kg/cm ²)
0,2	2	20,07
0,4	7	64,84
0,6	7	64,84
0,8	7	64,84
1,0	4	37,05
1,2	6	55,58
1,4	15	129,02
1,6	5	43,01
1,8	5	43,01
2,0	4	34,41
2,2	4	34,41
2,4	4	32,11
2,6	7	56,20
2,8	6	48,17
3,0	4	32,11
3,2	5	40,14
3,4	7	52,69
3,6	12	90,32
3,8	9	67,74
4,0	12	90,32
4,2	11	82,79
4,4	10	70,84
4,6	23	162,93
4,8	11	77,93
5,0	9	63,76
5,2	3	21,25
5,4	3	20,07
5,6	5	33,45
5,8	4	26,76
6,0	4	26,76
6,2	3	20,07
6,4	4	25,36
6,6	4	25,36
6,8	6	38,03
7,0	rifiuto	
7,2		
7,4		
7,6		
7,8		
8,0		
8,2		
8,4		
8,6		
8,8		
9,0		
9,2		
9,4		
9,6		
9,8		
10,0		
10,2		
10,4		
10,6		
10,8		
11,0		
11,2		
11,4		
11,6		
11,8		
12,0		
12,2		
12,4		
12,6		
12,8		
13,0		
13,2		
13,4		
13,6		
13,8		
14,0		
14,2		





profondità (m)		litologia		NC _m (-)	C (-)	N _{spt equiv.} (-)	Dr (%)	φ (°)	E (Kg/cm²)	E _d (Kg/cm²)	V _s (m/s)	γ (g/cm3)	K _o (Kg/cm³)	C _u (Kg/cm³)	v
0,5	0,8		terreno vegetale e/o riporto												
1,0			 liv. H ₂ O	5,89	1,5	8,84	30	29,6	54		159	1,91	1,85		0,34
1,5															
2,0	2,4		limo sabbioso con ghiaia frammista	5,81	1,5	8,72	30	29,6	53		157	1,91	1,83		0,34
2,5															
3,0		3,4		sabbia e ghiaia	12,15	1,5	18,23	48	32,4	108		230	1,97	3,73	
3,5															
4,0															
4,5	5,0		limo sabbioso argilloso	4,01	1,5	6,02	23	28,8	37		130	1,89	1,22		0,34
5,0															
5,5															
6,0	6,8		roccia	rifiuto											
6,5															
7,0															
7,5															
8,0															
8,5															
9,0															
9,5															
10,0															
10,5															
11,0															
11,5															
12,0															
12,5															
13,0															
13,5															
14,0															



Geodrill s.a.s.
Dr.Geol.Valeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
Via Dante 9/D - Tel.0732/677340
60043 Cerreto d'Esi(AN)
P.IVA: 02334920424
E-Mail: a_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, 29 settembre 2018

COMMITTENTE:Amm.ne Com.le di Viasso
CANTIERE:Ricostruzione Ex Pisinna
PROVA N.2 del 27/09/18

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



I dati acquisiti vengono sottoposti ad una fase di *processing* che consente di stimare la curva di dispersione caratteristica del sito in oggetto ovvero, la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza. La metodologia di *processing* più diffusa è l'analisi spettrale in dominio f-k (frequenza-numero d'onda).

I dati sismici registrati vengono sottoposti ad una doppia trasformata di Fourier che consente di passare dal dominio x-t (spazio tempo) al dominio f-k. Lo spettro f-k del segnale consente di ottenere una curva di dispersione per le onde di Rayleigh, nell'ipotesi che nell'intervallo di frequenze analizzato le onde che si propagano con il maggiore contenuto di energia siano proprio le onde di Rayleigh, e se le caratteristiche del sito sono tali da consentire la propagazione delle onde superficiali e un comportamento dispersivo delle stesse. Si dimostra infatti che la velocità delle onde di Rayleigh è associata ai massimi dello spettro f-k; si può ottenere facilmente una curva di dispersione individuando ad ogni frequenza il picco spettrale, al quale è associato un numero d'onda k e quindi una velocità delle onde di Rayleigh V_R , determinabile in base alla teoria delle onde dalla relazione:

$$V_R(f) = 2\pi f/k$$

Riportando le coppie di valori (V_R, f) in un grafico, si ottiene la curva di dispersione utilizzabile nella successiva fase di inversione (Figura A.2). Il processo di inversione è iterativo: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati, ed eventualmente delle informazioni note a priori riguardo la stratigrafia, il problema diretto viene risolto iterativamente variando i parametri che definiscono il modello. Il processo termina quando viene individuato quel set di parametri di modello che minimizza la differenza fra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica).

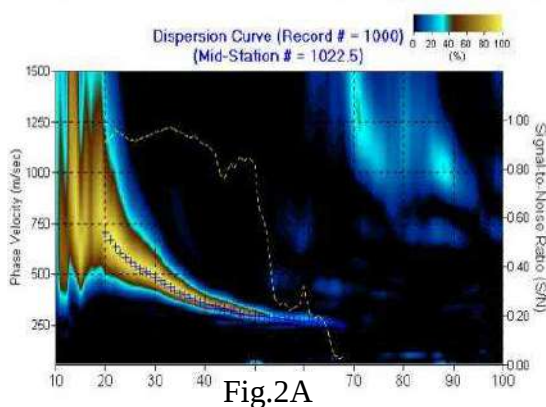


Fig.2A

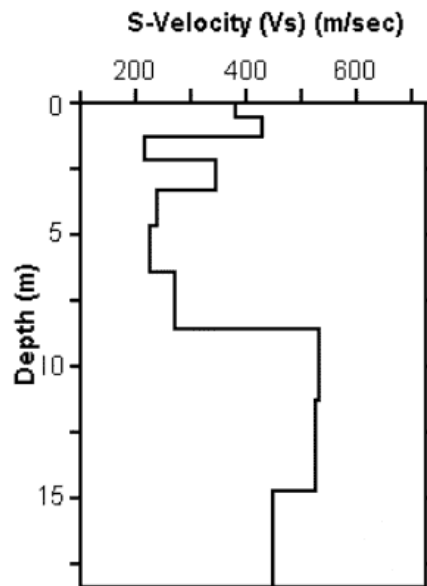


Fig.2B

Fig.2 – A- Esempio curva di dispersione della velocità Vs in funzione della frequenza e della velocità di Fase
B - Esempio del profilo di velocità

UBICAZIONE

La relazione illustra i risultati dell'indagine sismica MASW eseguita presso un'area nel territorio comunale di Visso (MC), presso la Piscina Comunale, riguardante l'edificio che ospita la struttura, destinato alla ristrutturazione di fabbricati, danneggiati dalla crisi sismica iniziata il 24/08/2016.



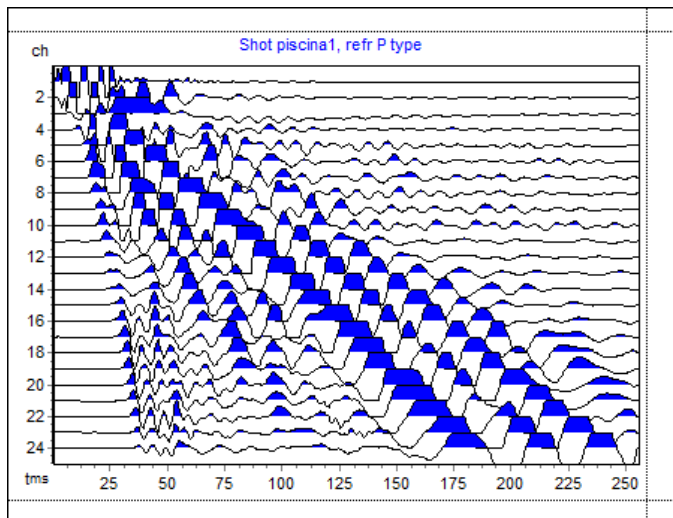
Fig.3 – Ubicazione stendimento —

MODALITA' DI ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE

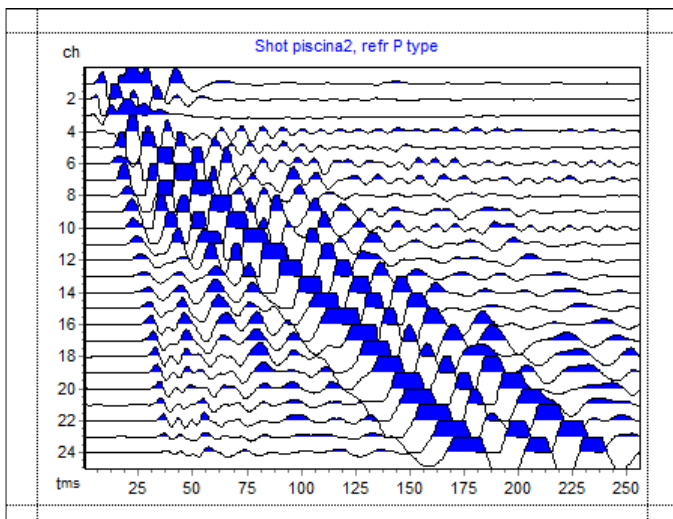
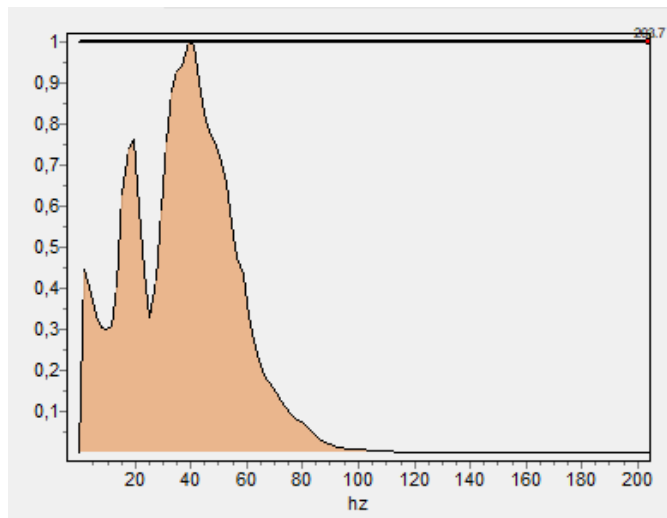
La strumentazione utilizzata è costituita da: un acquisitore a 24 canali della Dolang geophysical (modello JEA 247E500 Telemetry System 24 bitwaterproof, IP67) 24 geofoni verticali a frequenza di 4,5 Hz, una mazza battente per la generazione dell'impulso sismico da 10 Kg.

L'indagine MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è stata effettuata realizzando uno stendimento lineare di 46,0 m di lunghezza con orientamento 10° N, con i 24 geofoni equidistanziati di 2,0 m. Per l'acquisizione dei dati sono state effettuate energizzazioni disposte a distanze variabili, S1 a metà distanza intergeofonica tra G1 e G2, S2 a metà distanza intergeofonica tra G2 e G3, S3 a metà distanza intergeofonica tra G3 e G4, S4 a metà distanza intergeofonica tra G21 e G22, S5 a metà distanza intergeofonica tra G22 e G23, S6 a metà distanza intergeofonica tra G23 e G24 dal geofono numero 24 per un totale di 6 punti shot. (Fig.4) Per ogni punto di energizzazione sono stati generati 3-4 impulsi sismici. I dati sono stati elaborati con il software Zond ST2D Geophysical. La curva di dispersione ottenuta è riportata in figura.

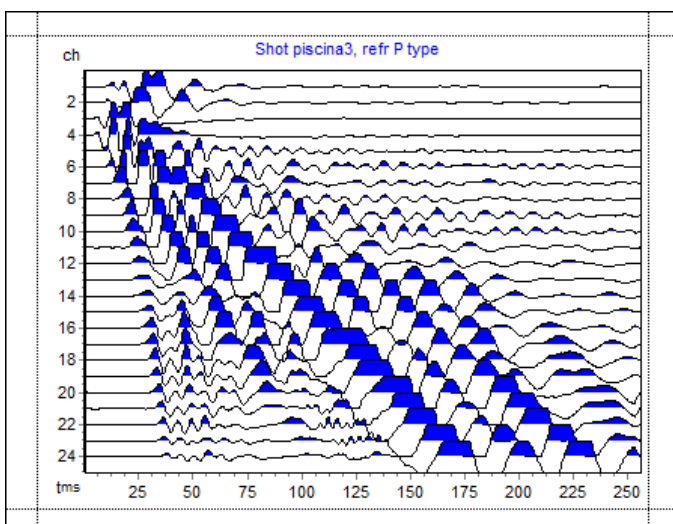
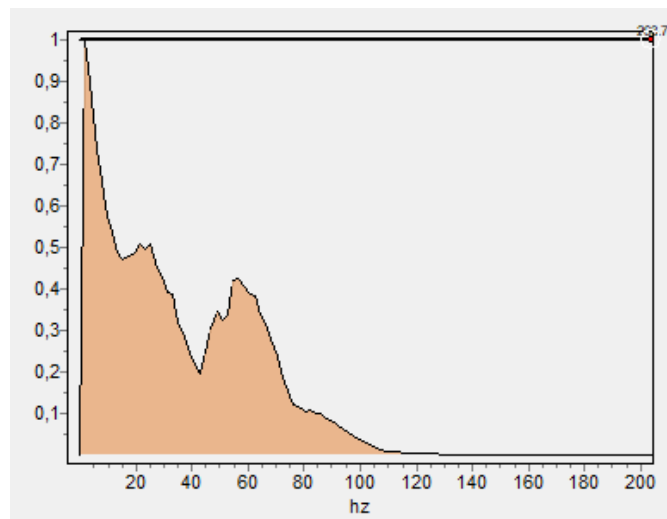
SISMOGRAMMI



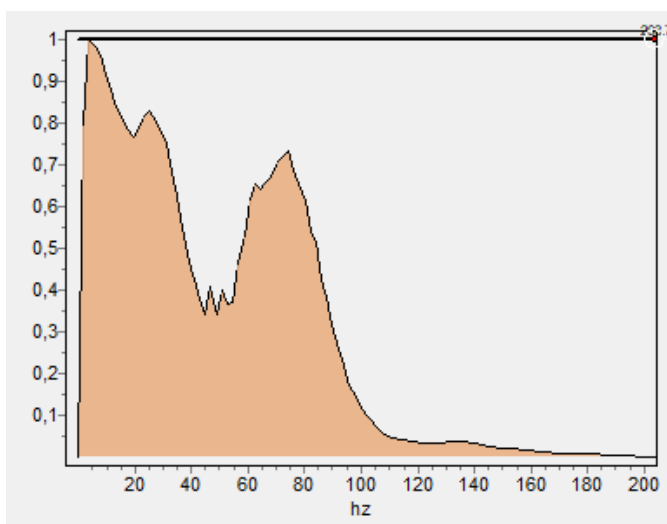
Shot n°1

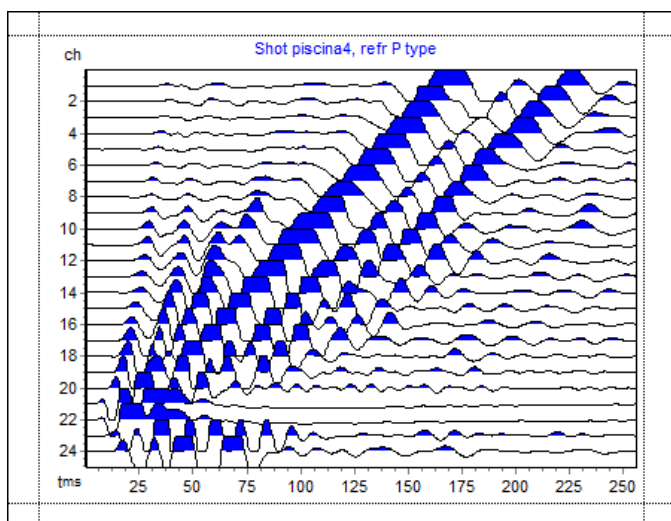


Shot n°2

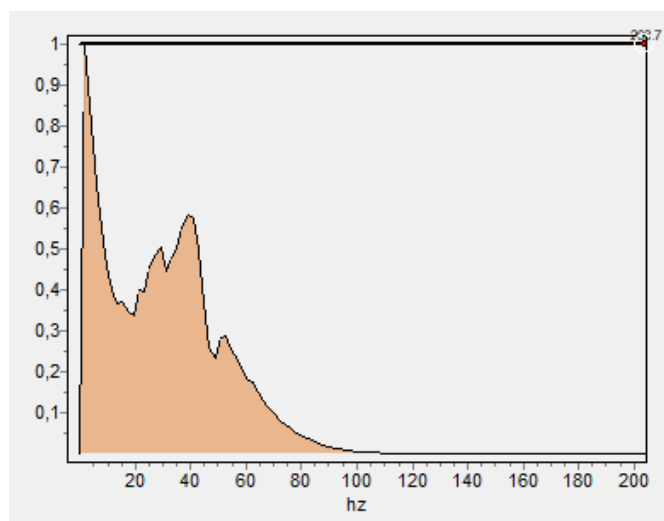


Shot n°3

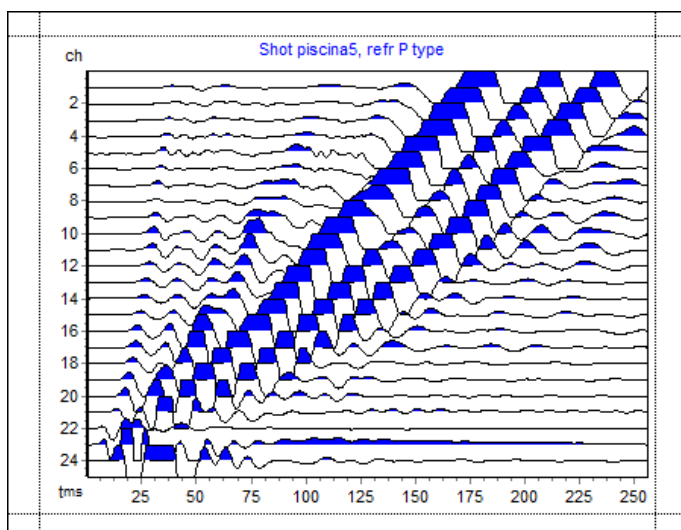




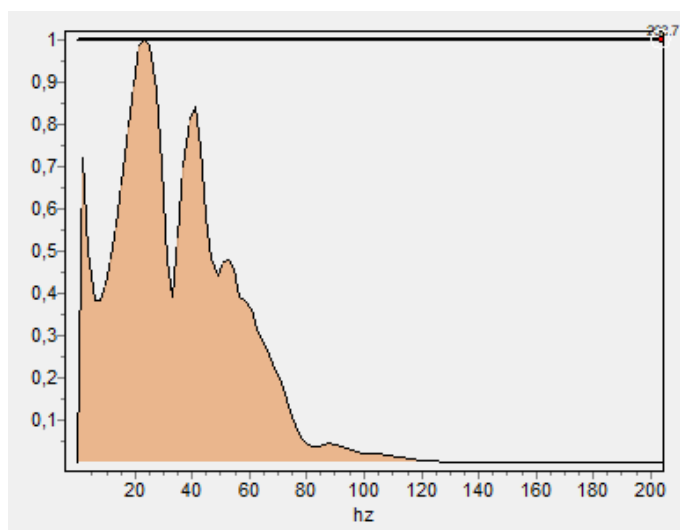
Shot n°4



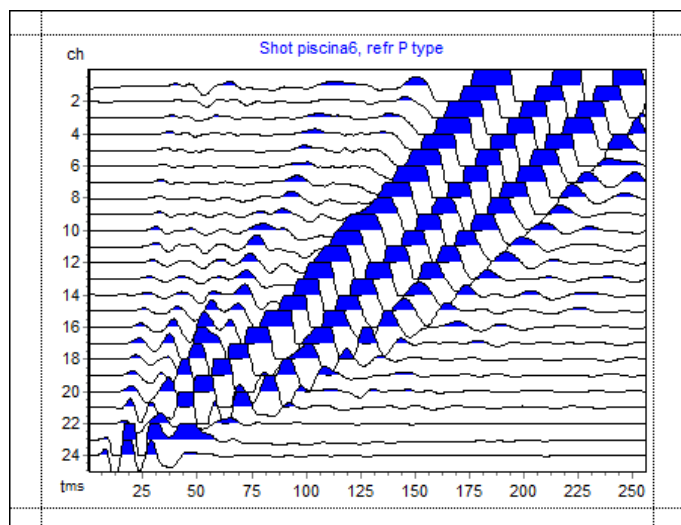
Spettro in frequenza Shot n°4



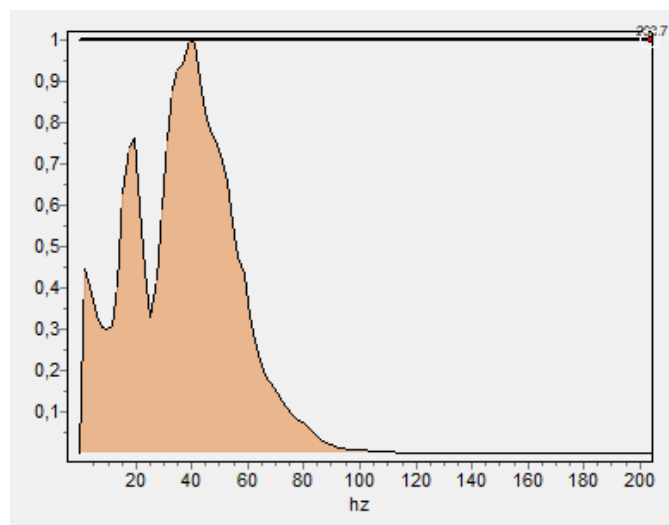
Shot n°5



Spettro in frequenza Shot n°5



Shot n°6



Spettro in frequenza Shot n°6

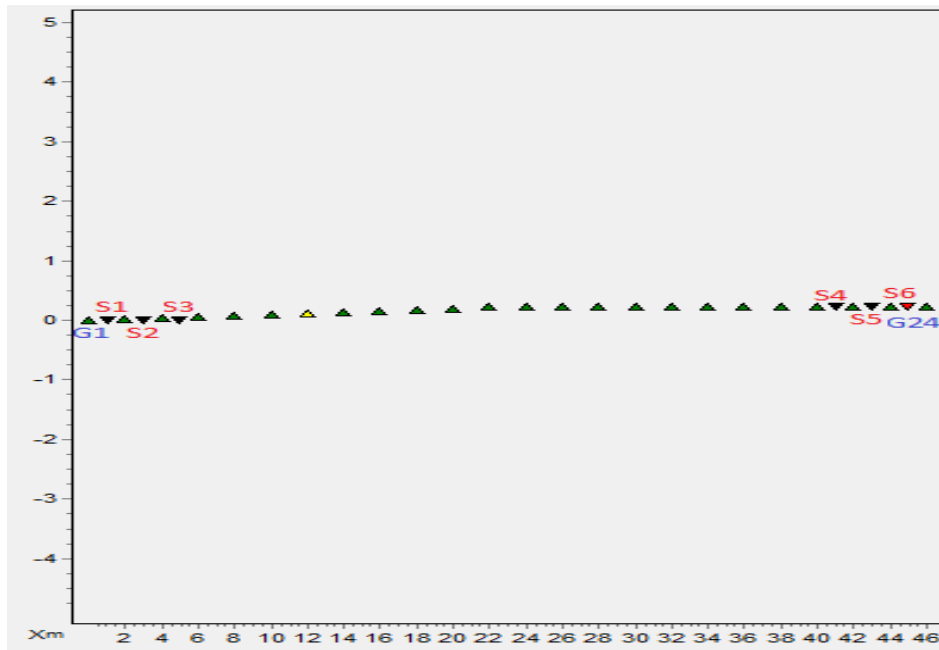


Fig. 4 – Geometria

DISPERSIONE

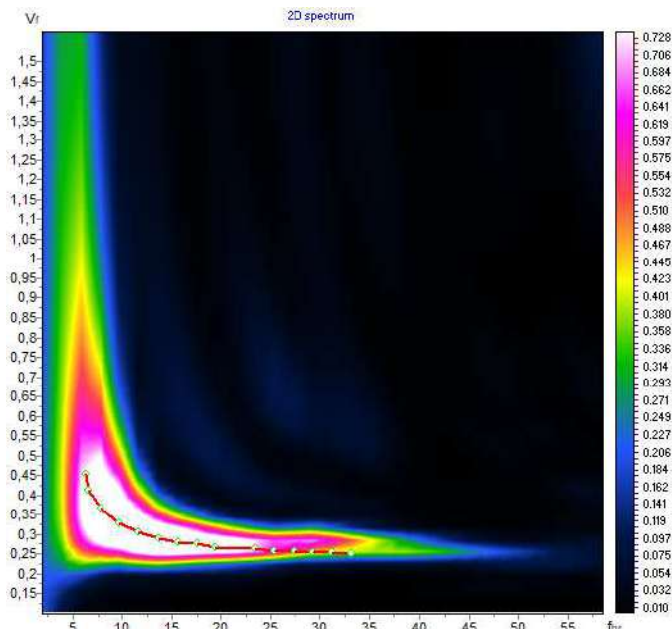


Fig. 5.a (dominio frequenze f-v)

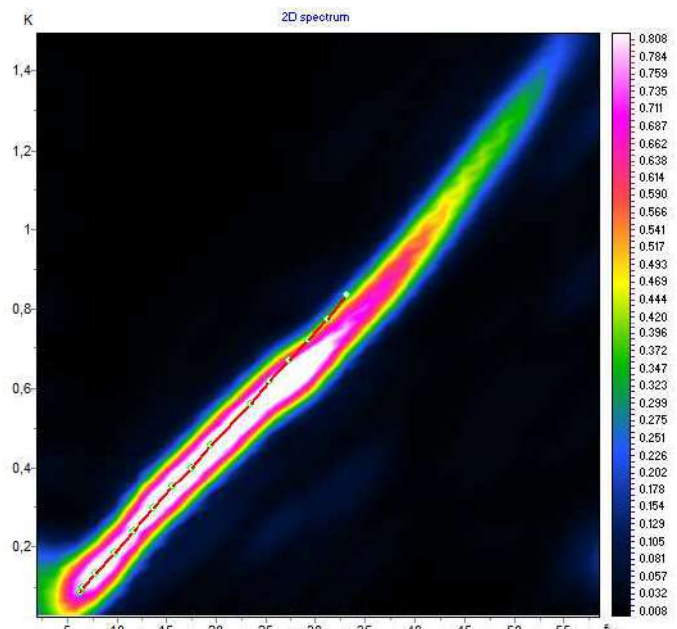
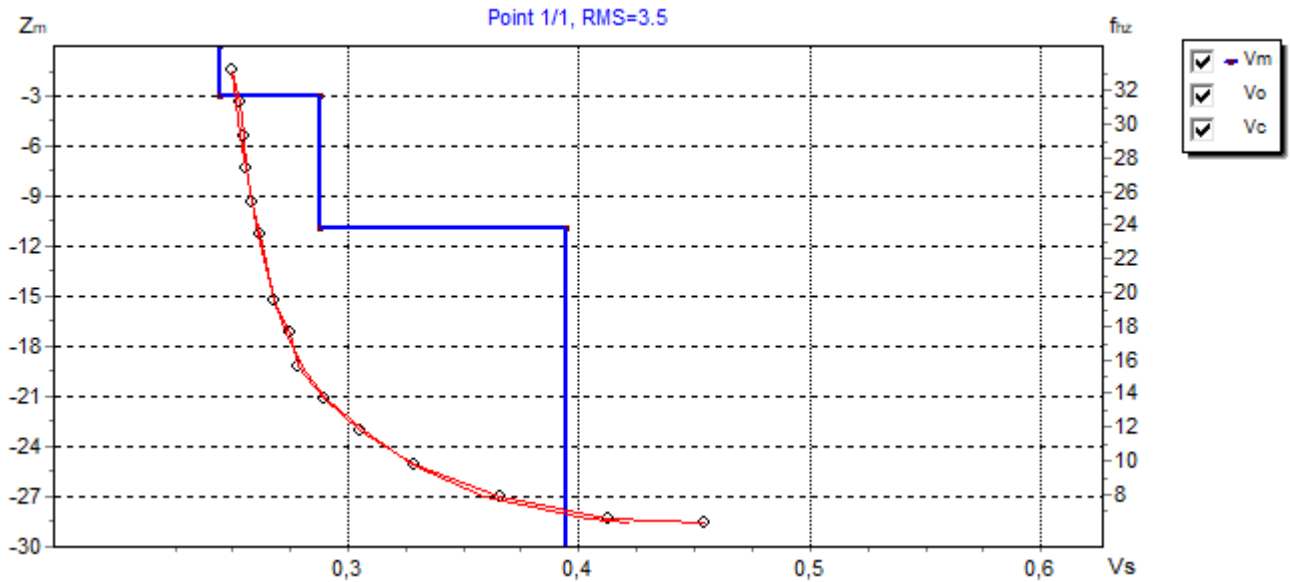


Fig. 5.b (dominio tempo f-k)

VELOCITA' DI FASE SPERIMENTALE - VELOCITA' DI FASE APPARENTE NUMERICA – PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO



PROFILO DI VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO

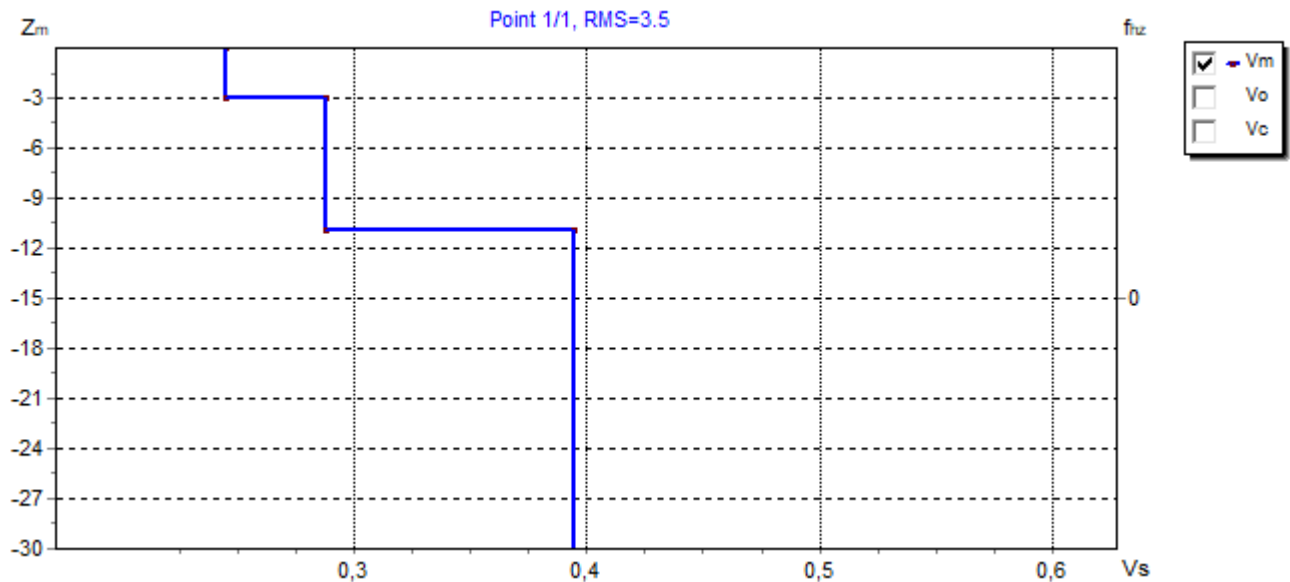


TABELLA DEL PROFILO DI VELOCITA'

N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	250	0.40	2	0	3.0
2	290	0.39	2.1	3.0	7.9
3	390	0.37	2.3	10.9	19.1

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

$$V_{S,eq} = 340 \text{ m/s}$$

DETERMINAZIONE DEL PARAMETRO $V_{S,eq}$

Per la definizione dell'azione sismica di progetto ai sensi del nuovo D.M.17 gennaio 2018 integrato, la velocità di propagazione delle onde di taglio V_s , è calcolata con la seguente espressione.

con

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$ 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 V_s non inferiore a 800 m/s.

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Nel caso in esame considerando l'intervallo di profondità di 30,0 m riferito al piano campagna, si ottiene, sostituendo:

$$V_{S,eq} = 340 \text{ m/sec}$$

Categoria	Descrizione
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Introduzione e riferimenti normativi

Scopo dell'indagine HVSR, eseguita mediante tromografo digitale, è la determinazione della categoria sismica del suolo per il calcolo dell'azione sismica di progetto in funzione del parametro V_{seq} (velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio nel rispetto di: D.M. 17/01/2018 (Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni)).

L'intero territorio nazionale è stato suddiviso in 4 zone sismiche individuate dal valore a_g dell'accelerazione di picco al suolo, normalizzata rispetto all'accelerazione di gravità. I valori di a_g (convenzionali), si riferiscono all'accelerazione di picco in superficie per suolo di tipo A (Tab.:1), in cui il moto sismico non subisce variazioni sostanziali, contrariamente a ciò che accade nei suoli di tipo B,C,D,E. I fattori che influenzano questo fenomeno sono l'intensità e la frequenza del moto stesso, le caratteristiche geotecniche, sismiche e lo spessore di suolo attraversato dal treno di onde per giungere in superficie.

L'indagine eseguita con tale metodologia MISURA DIRETTAMENTE le frequenze caratteristiche di sito permettendo così di effettuare un'analisi di amplificazione sismica locale al fine di ottenere una valutazione reale e diretta dello spettro di risposta del terreno, elemento di fondamentale importanza nello studio del fenomeno di doppia risonanza edificio-struttura descritto più avanti.

La Normativa, infatti, in assenza di una specifica analisi di amplificazione sismica locale introduce un fattore di amplificazione S e periodi T che definiscono lo spettro di risposta di un oscillatore semplice con smorzamento pari al 5%, per ricavare indirettamente quello stesso parametro che con la presente tecnica andiamo a misurare direttamente.

Cenni sulla tecnica utilizzata (tecnica dei rapporti spettrali)

La tecnica HVSR, (Horizontal to Vertical Spectral Ratio o tecnica di Nakamura), è una prospezione geofisica non invasiva che attraverso la misura del "rumore sismico", ovunque presente sulla superficie terrestre, fornisce dati sulle frequenze caratteristiche del sito investigato. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte da terremoti nel campo prossimo all'epicentro. Tale tecnica, essendo una misurazione sismica passiva, non richiede la produzione di impulsi generati ad hoc come nel caso di sismica attiva.

Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale e in assenza di vento, lo spettro in frequenza del rumore di fondo, in un terreno roccioso e pianeggiante, ha l'andamento illustrato in Fig.1, dove la curva blu rappresenta il rumore di fondo minimo di riferimento, mentre la curva verde rappresenta il massimo di tale rumore, e dove i picchi a 0.14 e 0.07 Hz sono prodotti dalle onde oceaniche sulle coste.

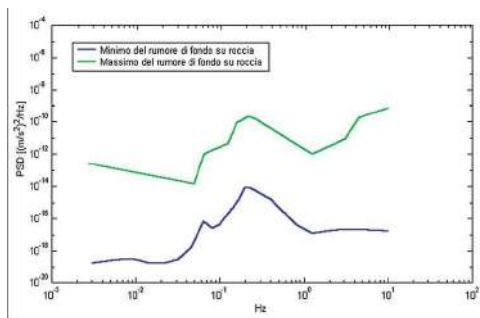


Fig.1: Modelli standard del rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra

Tali componenti spettrali vengono attenuate relativamente poco anche dopo tragitti di migliaia di chilometri per effetto di guida d'onda. A questo rumore di fondo, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ecc.) e naturali, che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce. I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S. In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossima a quella delle onde S, il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione dalla velocità di queste ultime.

Strumentazione impiegata

Le misure di microtremore ambientale, della durata minima di 14 minuti, sono effettuate con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento Tromino, 10 x 7 x 14 cm per 1,1 kg di peso) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V, fornito di GPS interno e senza cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

Stratigrafia sismica da indagini a stazione singola

Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto di *contrasto di impedenza*. Per *strato* si intende cioè un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso. Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo. Inizialmente, alcuni ricercatori, proposero di utilizzare anche l'ampiezza del picco come indicatore sintetico dell'amplificazione sismica locale, direttamente utilizzabile per la microzonazione.

Studi recenti hanno dimostrato che ulteriori picchi a frequenza maggiori di quelle del bedrock sono riconducibili a contrasti di impedenza interni alla copertura sedimentaria (es. Baumbach et al., 2002) e picchi a frequenze minori di quella del bedrock sono invece riconducibili a contrasti di impedenza interni al bedrock stesso (es. Guillier et al., 2005). Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo HVSR può essere, in linea di principio, usato come strumento stratigrafico.

Basi teoriche del metodo H/V

Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente semplici in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D). Consideriamo il sistema di Fig. 2 in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità (ρ_1 e ρ_2) e le diverse velocità delle onde sismiche (V_1 e V_2). Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati.

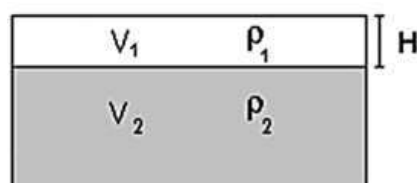


Fig. 2: **Mezzo a 2 strati caratterizzati da densità ρ e velocità di propagazione V**

L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (l) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato. La frequenza fondamentale di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde S (o P) è pari a:

$$(f_r) = V_{s1}/4H \quad (f_r) = V_{p1}/4H \quad [1]$$

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh. Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume, poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S. Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione [1]. L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per a) il contenuto in frequenza, b) la risposta strumentale e c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

La situazione, nel caso di un suolo reale, è spesso più complessa. Innanzitutto il modello di strato piano al di sopra del bedrock si applica molto raramente. Poi, la velocità aumenta con la profondità, possono esserci eterogeneità laterali importanti ed infine la topografia può non essere piana. L'inversione delle misure di tremore a fini stratigrafici, nei casi reali, sfrutta quindi la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli 'sintetici', cioè con quelli calcolati relativamente al campo d'onde completo di un modello 3D. L'interpretazione è tanto più soddisfacente, e il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati e quelli sintetici sono vicini. In questo lavoro i segnali sono stati analizzati non solo attraverso i rapporti spettrali H/V ma anche attraverso gli spettri delle singole componenti, e nei casi più significativi, le curve HVSR sono state invertite secondo la procedura descritta da Arai e Tokimatsu (2004).

Procedura di analisi dati

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati:

- le curve HVSR, ottenute col software Grilla in dotazione al tromografo TROMINO, con parametri:
 - ⇒ larghezza delle finestre d'analisi 20 s,
 - ⇒ lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale,
 - ⇒ rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine / media a lungo termine) superiore a 2,
 - ⇒ rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti.
- le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto (ottenute dopo analisi con gli stessi parametri del punto precedente).

Nei casi particolarmente semplici (copertura + bedrock o bedrock like) le profondità h delle discontinuità sismiche sono state ricavate tramite la formula seguente:

$$H = \left[\frac{V_0(1-a)}{4v_1} + 1 \right]^{1/(1-a)} - 1$$

in cui V_0 è la velocità al tetto dello strato, a un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.) e v la frequenza fondamentale di risonanza. Nei casi più complessi (la maggioranza) si sono invertite le

curve HVSR creando una serie di modelli teorici da confrontare con quello sperimentale, fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali. In questo lavoro per l'inversione delle curve HVSR si sono seguite le procedure descritte in Arai e Tokimatsu (2004), usando il modo fondamentale delle onde di Rayleigh e Love. Si fa notare che ai fini di questi modelli le V_p e la densità ρ dei mezzi sono quasi ininfluenti pertanto i valori di V_p e ρ che si sono impiegati vanno considerati come puramente indicativi.

La stima della frequenza di risonanza degli edifici

L'applicabilità pratica della semplice formula [1] per il calcolo delle frequenze fondamentali di risonanza dei suoli è stata dimostrata in molti studi sia nell'ambito della prospezione geofisica che nell'ambito ingegneristico. Dal punto di vista empirico, è noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, secondo la formula seguente:

$$\text{freq. naturale edificio} \approx 10 \text{ Hz} / \text{numero piani.} \quad [2]$$

È la coincidenza di risonanza tra terreno e struttura, espressa dalla relazione seguente:

$$\text{freq. naturale edificio} \approx \text{freq. naturale coperture} \quad [3]$$

ad essere particolarmente pericolosa, perché dà luogo alla massima amplificazione. La combinazione della [1], [2] e della [3] porta alla

$$10 \text{ Hz} / \text{numero piani} \approx V_s / (4H), \quad [4]$$

da cui si può ricavare una relazione di prima approssimazione tra il numero di piani dell'edificio e lo spessore delle coperture nel sito dell'edificio stesso che possono determinare situazioni pericolose e devono quindi essere oggetto di studi approfonditi. Se consideriamo, ad esempio, una fascia di velocità delle onde di taglio tipica dei terreni alluvionali medio-fini (200-300 m/s), possiamo riscrivere la [4] come:

$$10 \text{ Hz} / \text{numero piani} \approx 200-300 \text{ m/s} / (4H). \quad [5]$$

Recenti studi Italiani di Masi et al. (2007) cfr. Figura 3, effettuati su un gran numero di edifici in c.a. mettendo in relazione le frequenze di oscillazione caratteristiche con le altezze, hanno evidenziato alcune deviazioni rispetto alla [5].

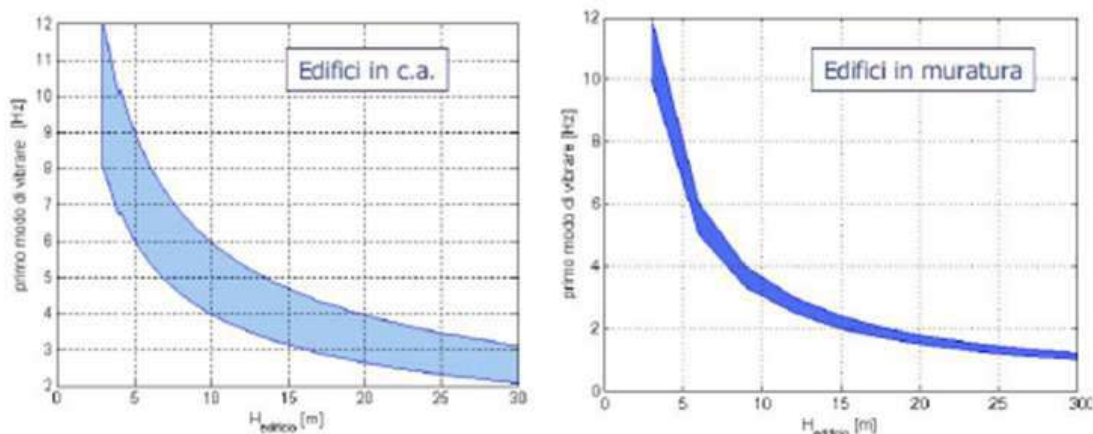


Fig 3:

Castellani e Faccioli (2000) definiscono la risonanza delle strutture tramite la relazione empirica $f_s = \frac{B^{0.5}}{C \times H}$

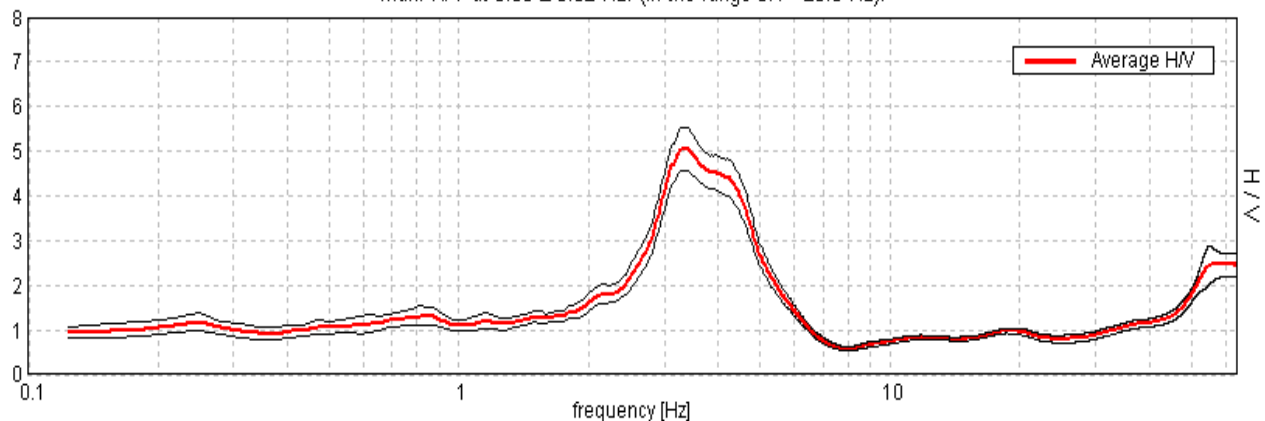
Comm: Amm.ne Com.le di Visso - Cant.: Ricostruzione Piscina Comunale

Cielo	<i>Sereno</i>	Vento	<i>Assente</i>	Precipitazioni	<i>Assenti</i>	Orientamento	0°N
--------------	---------------	--------------	----------------	-----------------------	----------------	---------------------	------------

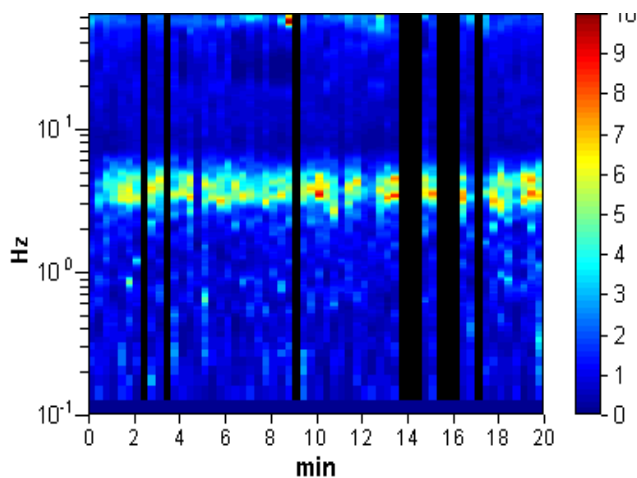
Strumento: TEP-0040/01-09
 Inizio registrazione: 22/09/18 07:49:37 Fine registrazione: 22/09/18 08:09:37
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 Posizione GPS: 013°05.1431 E, 42°55.7227 N (607.0 m)
 (tempo UTC sincronizzato al primo campione di registrazione): non disponibile in questo modo di acquisizione + 0 + 0 campioni
 Num. satelliti: 04
 Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 83% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 20 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

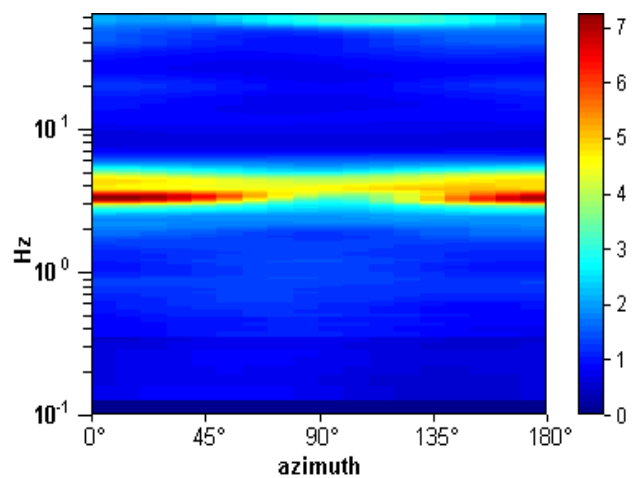
Max. H/V at 3.38 ± 0.32 Hz. (In the range 0.1 - 20.0 Hz).



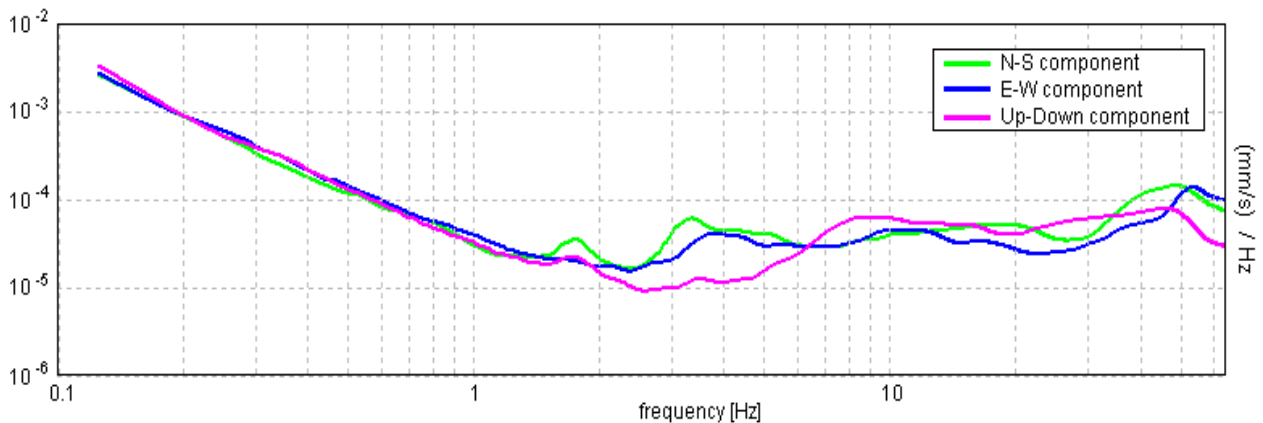
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V

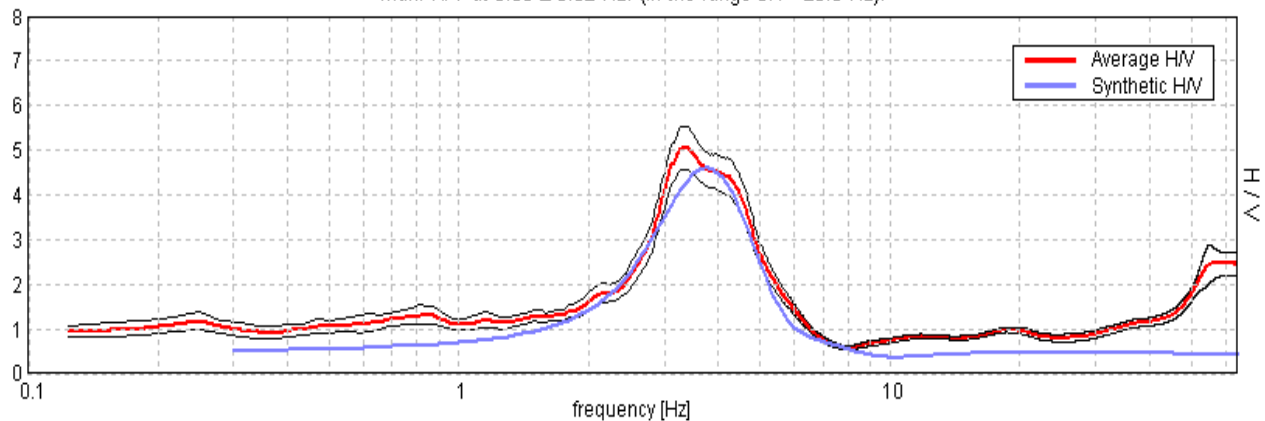


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 3.38 ± 0.32 Hz. (In the range 0.1 - 20.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
10.00	10.00	240	0.40
31.00	21.00	440	0.45
inf.	inf.	680	0.38

Per la definizione dell'azione sismica di progetto ai sensi del nuovo D.M.17 gennaio 2018 integrato, la velocità di propagazione delle onde di taglio Vs, è calcolata con la seguente espressione.

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con

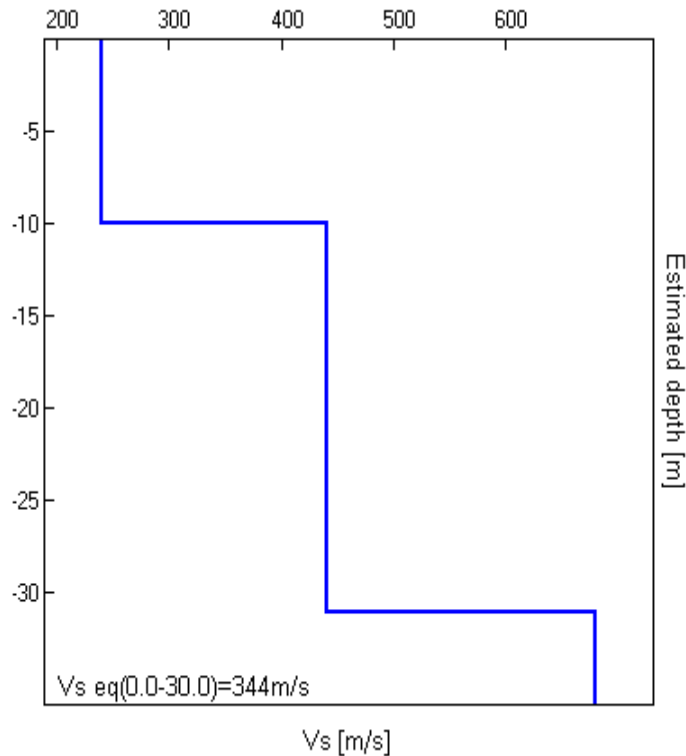
h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$ 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.

$$V_{S,eq} (0.0-30.0) = 344 \text{ m/s}$$



Categoria	Descrizione
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

NOTA: la categoria di sottosuolo viene stabilita in funzione del valore di V_{eq} calcolato a partire dalla quota del Piano Campagna

Commento sul profilo delle velocità.

L'analisi del profilo delle velocità mostra una successione di terreni caratterizzati da:

sismostrato 1: ha uno spessore complessivo di m.31,00 correlabile alla copertura alluvionale.

sismostrato 2: da m. 31,00 caratterizzato da velocità delle onde progressivamente crescenti con la profondità fino ad un valore stimato di V_s pari a m/s 680, valore quest'ultimo, ascrivibile alla formazione in posto.

Frequenza fondamentale di sito e frequenza di risonanza ai fini progettuali

Ogni sito è caratterizzato da una propria frequenza di risonanza fondamentale che può andare da millesimi di Hz a decine di Hz, in particolare in questo caso si è misurata una frequenza massima di picco pari a $Hz\ 2,72 \pm 0,35$.

L'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico standard è invece 0,5 - 10 Hz (corrispondenti alle frequenze principali di strutture approssimativamente da 30 a 1 piano). Essendo dunque l'intervallo di frequenze del sottosuolo più esteso di quello possibile per le strutture, alcune frequenze del sottosuolo possono essere trascurate ai fini della progettazione in zona sismica in quanto non comportano aggravii particolari per le strutture standard. In quest'ottica ad esempio non verranno segnalate le frequenze superiori a 20 Hz. **Nel caso in esame si evidenzia che l'area, sollecitata da input sismico, amplifica le onde di superficie con un fattore ≥ 2 nel range $2,44\ Hz \leq f \leq 5,56\ Hz$ con picco a 3,38 Hz.** Poiché la coincidenza di risonanze tra suolo e struttura comporta un aggravio nell'ampiezza dell'input sismico, la condizione ideale è che la frequenza della struttura sia inferiore rispetto a quella del sottosuolo, tuttavia quando questa condizione non può essere rispettata, è raccomandabile che la struttura venga progettata con frequenze proprie principali maggiori almeno il 40% dei valori segnalati per il sottosuolo. Qualora almeno una delle condizioni sopra indicate non possa essere rispettata la categoria di sottosuolo dovrà essere declassata alla categoria E.

[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 3.38 ± 0.32 Hz (nell'intervallo 0.1 - 20.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.38 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$3375.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 163	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.625 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	5.094 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$5.05 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.09442 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.31866 < 0.16875$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4938 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA E UBICAZIONE

