

COMUNE DI CASTELLANETA

(PROVINCIA DI TARANTO)

RELAZIONE GEOLOGICA

Committ.: **Comune di Castellaneta**

IL GEOLOGO

DOTT. DONATO PERNIOLA

1. PREMESSA

Con la presente relazione si illustrano i risultati di uno studio geologico condotto su di un'area sita nel territorio urbano di Castellaneta (TA) tra Via delle Spinelle e Via Giovanni Verga dove è ubicata la sede centrale dell'Istituto Comprensivo "Filippo Surico". Tale scuola è interessata dal progetto di abbattimento barriere architettoniche tramite realizzazione di un ascensore.

Lo studio in oggetto è stato commissionato allo scrivente, Dott. Geol. Donato PERNIOLA, iscritto all'albo Regionale dei Geologi della Puglia al n. 565, dal Comune di Castellaneta (TA) con Determina Dirigenziale n. 11 del 13 gennaio 2015.

Lo studio ha avuto lo scopo di caratterizzare l'intera area, dal punto di vista geologico, geomorfologico e idrogeologico.

Le informazioni sulle principali caratteristiche geologiche, litologico-stratigrafiche, morfologiche ed idrogeologiche dell'area interessata dall'intervento sono state preliminarmente desunte dai dati di letteratura, dalla cartografia ufficiale e dalle osservazioni compiute dallo scrivente in loco e in aree limitrofe.

Al fine di definire la classificazione sismica del suolo di fondazione, della struttura prevista in progetto, è stata condotta una indagine sismica di tipo MASW e due indagini di tipo HVSR eseguite direttamente dello scrivente.

Lo studio è stato condotto in ottemperanza a:

- Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto Ministero delle Infrastrutture 14/01/2008);

- Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008 (Circolare Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici del 02/02/2009 n. 617);
- Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale (Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Allegato al voto n. 36 del 27/07/2007).
- L.R. 20/00 - O.P.C.M. 3274/03 - Individuazione delle zone sismiche del territorio regionale e delle tipologie di edifici ed opere strategici e rilevanti (Deliberazione della Giunta Regionale della Puglia n. 153 del 2 marzo 2004, B.U.R. Puglia n. 33 del 18/03/2004).
- Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (Autorità di Bacino della Puglia: Delibera di adozione del PAI da parte del Comitato Istituzionale n. 25 del 15 dicembre 2004; Delibera di approvazione del PAI da parte del Comitato Istituzionale n. 39 del 30 novembre 2005).

2. GEOLOGIA DELL'AREA

L'area oggetto di studio si trova nell'abitato di Castellaneta, a una quota di circa 200 m sul livello del mare, essa è ubicata in corrispondenza di un'area sub pianeggiante degradante debolmente verso sud (Figura. 1). Essa ricade in un settore dell'Italia meridionale che si estende dal margine tirrenico a quello adriatico in cui è possibile individuare i tre domini che costituiscono un sistema orogenico: la catena (Appennino campano-lucano), l'avanfossa (Fossa bradanica) e l'avanpaese (Piattaforma apulo-garganica).

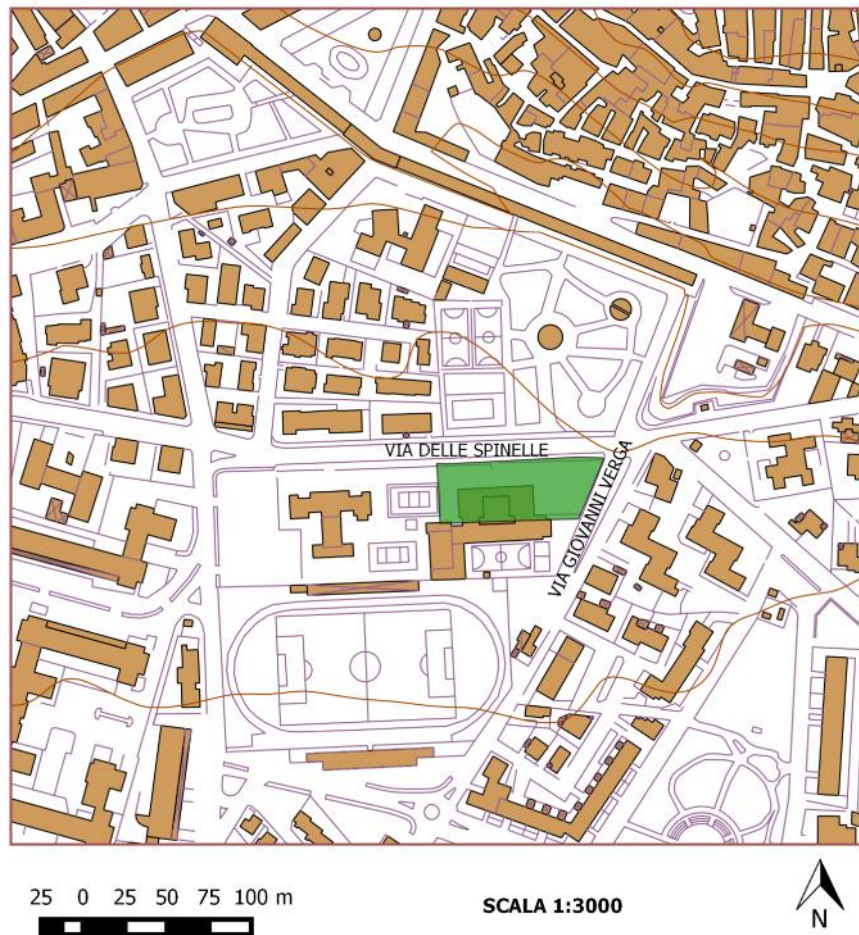
La catena ha una struttura a falde e si sovrappone alle successioni terrigene dell'avanfossa, che a loro volta poggiano in trasgressione sulle unità dell'avanpaese.

L'area di interesse rientra nel dominio di avanfossa, nella struttura geologica nota in Letteratura con il nome di Fossa Bradanica.

Dal punto di vista tettonico, questa parte della Fossa bradanica è caratterizzata da un sistema a horst e graben (rispettivamente "alto" e "basso" strutturale) dovuto alla presenza di una serie di faglie distensive, con direzione principale Nord-Ovest/Sud-Est.

Di seguito si descrivono con maggiore dettaglio, dalla più antica alla più recente, le unità geologiche affioranti nei dintorni dell'area di interesse. Il quadro geologico descritto in questo paragrafo è riassunto nella Figura 2 – Carta Geologica.

UBICAZIONE DELL'AREA

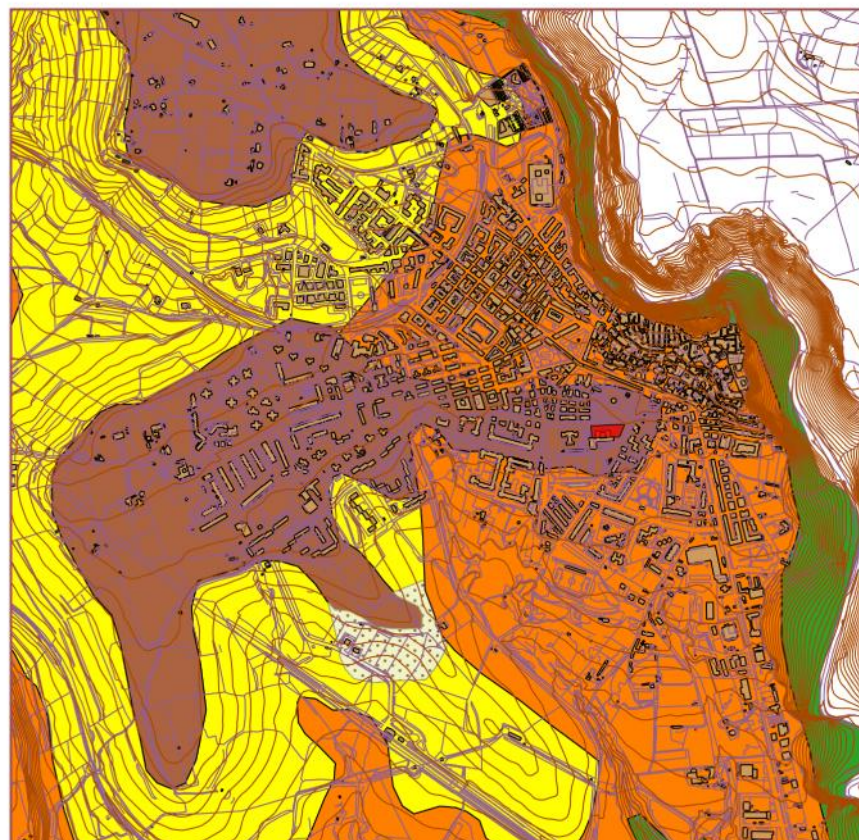


Legenda

- area di studio
- Carta Tecnica Regionale

Figura 1 –Ubicazione dell'area in studio.

UBICAZIONE DELL'AREA



150 0 150 300 450 600 m

SCALA 1:15000



Legenda

- area di studio
- Carta Tecnica Regionale
- FORMAZIONI GEOLOGICHE
- Calcare di Altamura
- Calcareni di Gravina
- Argille di Gravina
- Depositi marini terrazzati
- Detriti di falda e frane

Figura 2 – Carta geologica

2.1. Calcare di Altamura (in verde in Fig. 2)

Tale formazione è costituita da calcari bioclastici, bianchi o grigiastri di norma sub-cristallini e tenaci, a luoghi laminari, nei quali si intercalano livelli di calcari dolomitici e dolomie grigio-scure o nocciola. La percentuale di dolomia aumenta in genere gradualmente con la profondità.

Il Calcare di Altamura affiora diffusamente a Nord e ad Est dell'area studiata.

La stratificazione è sempre evidente con strati di spessore variabile da 20 a 50 cm, talora si rinvencono banchi fino a 1.5 metri, mentre le pendenze sono estremamente basse con angoli che raramente superano i 10°. Lo stile è caratterizzato da un andamento a pieghe ad ampio raggio di curvatura.

L'origine è biochimica per i calcari e secondaria per le dolomie. Per quanto riguarda il loro ambiente deposizionale, esso è di mare poco profondo, di piattaforma interna; inoltre, data l'elevata potenza della successione, appare chiaro che l'ambiente di sedimentazione ha potuto mantenersi pressoché immutato per effetto di una costante subsidenza.

2.2. Calcarenite di Gravina (In arancione in Fig. 2)

La Calcarenite di Gravina che localmente è conosciuta come "tufo", è costituita da una calcarenite a grana media e fine di colore biancastro o giallognolo, il suo aspetto è generalmente massiccio e la sua struttura è omogenea.

Le calcareniti poggiano in trasgressione, con discordanza angolare, sul Calcare di Altamura, e passano in continuità verticale e laterale alle Argille subappennine. Inoltre, soggiace ai Depositi marini terrazzati tramite una superficie netta di abrasione.

Il contenuto in macrofossili è rappresentato da: Echinidi, Pectinidi, Ostreidi, Dentalium e Bivalvi

Questa Formazione affiora in gran parte dell'area in studio e lo spessore supera i 10 metri, come è facile notare lungo il versante della gravina di Castellaneta posta nelle immediate vicinanze del sito di studio, dove si trovano alcune grotte scavate nella calcarenite (Foto 1).

Lungo il versante della gravina di Castellaneta è stato possibile individuare il contatto tra la Calcarenite di Gravina e il sottostante Calcarea di Altamura.

Da quanto è stato possibile accertare, la Formazione si presenta sufficientemente compatta, priva di piani di stratificazione e di sistemi di frattura.



Foto 1. – banchi calcarenitici osservabili nella vicina gravina S. Croce

2.3. – Argille Subappennine (in giallo in Fig. 2).

Questa Formazione è costituita da argille marnose e siltose di colore grigio-azzurro, giallo-verdastro per alterazione, a stratificazione indistinta. In alcuni casi è possibile riconoscere la stratificazione per la presenza di livelli cromaticamente distinti.

La Formazione poggia sulla Formazione delle Calcareni di Gravina (non affioranti nell'area in esame) ed è troncata al tetto da superfici di erosione su cui poggiano lembi di Depositi marini terrazzati.

Nell'area in esame, le Argille affiorano in corrispondenza dei versanti dell'alveo inciso dal Fiume Lato, anche se sono parzialmente coperte da uno spessore variabile costituito da terreno vegetale frammito a sabbie e ghiaie dilavate dai sovrastanti Depositi terrazzati e da lembi dei depositi alluvionali del Fiume Lato.

La sedimentazione di questa Formazione è avvenuta su fondali marini più o meno profondi e l'abbondante contenuto fossilifero indica che il periodo di formazione è riferibile al Calabriano.

Localmente, non è possibile stabilire lo spessore totale della Formazione, che dovrebbe comunque essere di alcune decine di metri.

2.4. – Depositi marini terrazzati (in marrone in Fig. 2).

Nel corso del Pleistocene, la generale regressione della linea di costa, alternata a brevi periodi di avanzata, ha determinato la deposizione, sulla Formazione delle Argille Subappennine, di una serie di depositi dovuti all'azione di abrasione e accumulo da parte del mare.

È possibile distinguere sette ordini di terrazzi, i cui orli presentano un andamento sub-parallelo all'attuale linea di costa. Il terrazzo del I ordine si rinvia a quote superiori ai 300 metri sul livello del mare; nell'area in studio si rinvencono i terrazzi del V, VI e VII ordine.

I Depositi Marini Terrazzati presentano caratteri estremamente variabili da luogo a luogo, sia in direzione verticale che orizzontale, do-

vuti al meccanismo di sedimentazione. Localmente sono costituiti da sabbie e ghiaie più o meno grossolane con una variabile componente limosa, talvolta cementate, di colore giallo-ocraceo e giallo-rossastro, conglomerati e calcareniti fini scarsamente cementate.

Il contenuto fossilifero non è indicativo e non permette una datazione dei singoli episodi; è stato possibile stabilire il solo ordine di comparsa. Lo spessore, localmente è di 10-20 metri.

3. GEOMORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA

L'area in studio ricade all'interno della formazione dei depositi marini terrazzati; la sua morfologia, è rappresentata da una superficie sub-pianeggiante debolmente degradante verso sud.

La porzione di costa ionica nella quale ricade l'area in studio, infatti, è caratterizzata dalla presenza di una serie terrazzi marini (sette ordini). Quelli del I ordine si rinvencono a una quota superiore a 300 m s.l.m., gli altri si rinvencono a quote decrescenti sino ad arrivare al VII ordine che si ritrova a quote di circa 10 m s.l.m. I relativi orli di terrazzo risultano circa-paralleli all'attuale linea di costa.

La genesi di questi terrazzi marini è da imputare alla regressione della linea di costa (durante il pleistocene), alternata a brevi periodi di avanzata, che ha determinato la deposizione, sulla formazione delle Argille Subappennine e/o Calcareni di Gravina, di una serie di depositi dovuti all'azione di abrasione e sedimentazione da parte del mare.

La continuità laterale dei terrazzi marini è interrotta da incisioni fluviali (denominati gravine o lame) che presentano andamento circa perpendicolare all'attuale linea di costa.

Nell'area oggetto di studio l'azione delle acque marine del pleistocene è stata più di erosione che di sedimentazione; il risultato è la presenza di una superficie sub-pianeggiante dove la roccia affiorante è rappresentata dalla calcarenite di Gravina e solo a tratti si rinvencono zone caratterizzate dai depositi di terrazzo, i quali sono più evidenti a poche centinaia di metri ad ovest dove poggiano sulle argille subappennine.

Allo stato attuale l'area risulta completamente urbanizzata. L'urbanizzazione di fatto limita fortemente l'azione erosiva degli agenti

atmosferici, ai quali, peraltro, i terreni ivi affioranti oppongono una buona resistenza. Pertanto, l'azione erosiva degli agenti atmosferici ha scarsissima incidenza sulla morfologia dell'area di interesse.

Si può concludere che l'evoluzione geomorfologica dell'area è praticamente inesistente, oppure è imputabile esclusivamente agli interventi antropici.

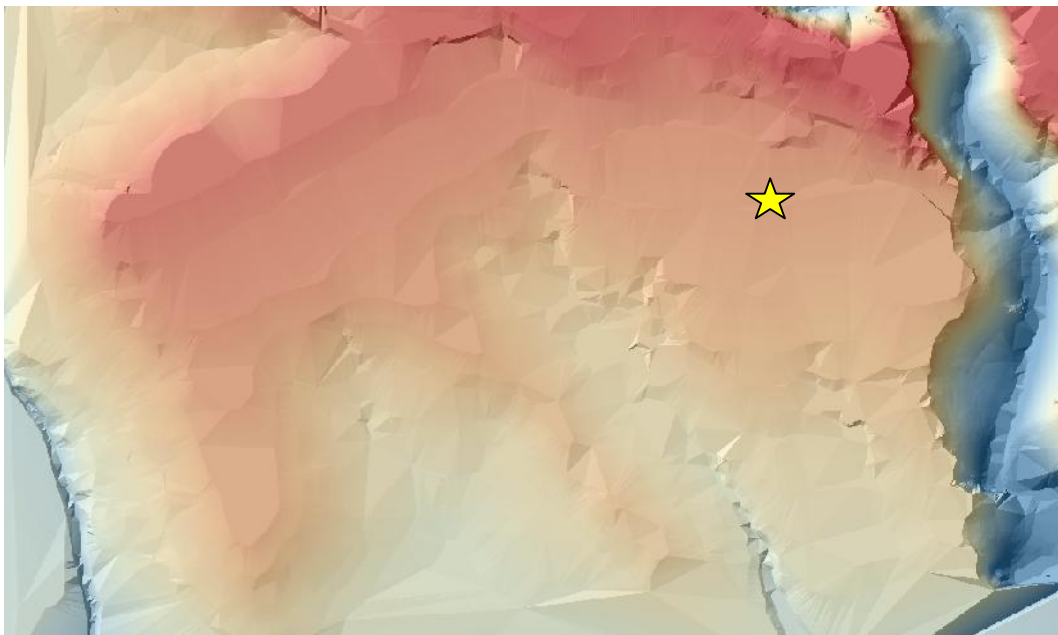


Figura 3 – Ricostruzione morfologica dell'area di studio ottenuta per sovrapposizione di immagini digitali tipo DEM e TIN. Il colore rosso rappresenta le quote più elevate mentre il colore blu rappresenta le quote più basse. La stella gialla rappresenta l'ubicazione della scuola Filippo Surico.

La circolazione al suolo delle acque di precipitazione è determinata dalla permeabilità dei materiali affioranti, dai loro spessori, dalla porosità, dal grado di fessurazione o da quello di fratturazione.

Come detto poco sopra, la rete idrografica superficiale è caratterizzata dalla presenza della gravina di Castellaneta ad est, profonda in quest'area diverse decine di metri, e la gravina di Santa Croce a ovest, le quali raccolgono velocemente le acque di precipitazione e ruscellamento.

La Formazione della Calcarenite di Gravina ha una bassissima permeabilità per porosità e diventa permeabile solo in presenza di frat-

ture o fessure. Da quanto rilevato, essa risulta pressoché integra e pertanto si esclude la presenza di una falda all'interno di questa Formazione.

Lo stesso si può dire della Formazione del Calcare di Altamura, che anzi risulta essere ancor meno permeabile, in quanto il suo grado di compattezza si avvicina molto all'unità.

L'unica falda accertata è rappresentata dalla falda profonda che ha sede nei calcari mesozoici, porosi per fratturazione, la cui profondità è di circa 200 metri dal piano campagna.

La consultazione della cartografia dell'Autorità di Bacino della Puglia, aggiornato al 28 gennaio 2015, esclude problemi di rischio idraulico e geomorfologico per l'area in studio (Fig. 4). La presenza di alcune zone a media pericolosità geomorfologica poste a circa 300 metri dall'area interessata dalle opere di progetto è legata alla presenza di alcune cavità antropiche riconosciute a sud (Cripta della Mater Christi) e sud ovest (complesso delle cripte del Padre Eterno); esse, pertanto, rappresentano un rischio puntuale limitato alla zona immediatamente vicina alle cavità.



Figura 4 – Stralcio della cartografia PAI redatta dall'AdB Puglia.

4. IL TERRENO DI FONDAZIONE

La presenza di scarpate di origine fluviale presenti nelle zone limitrofe alle aree interessate alla costruzioni in progetto, la conoscenza di dati stratigrafici relativi alla perforazione di pozzi nonché i risultati delle indagini MASW e HVSR hanno consentito di ricostruire in maniera abbastanza dettagliata la stratigrafia del terreno di fondazione. Questo risulta essere costituito da:

- Terreno agrario per uno spessore di circa 0.2 metri;
- Calcare di Gravina per uno spessore di circa 8 metri;
- Calcare di Altamura;

Dal punto di vista geomorfologico, l'area direttamente interessata dalle fondazioni occupa un pianoro debolmente degradante verso Sud.

4.1 Caratteri geotecnici del terreno di fondazione

Da quanto emerso dai rilievi e dalle osservazioni svolte nel corso dello studio condotto non si ritiene necessario eseguire prove di laboratorio sui campioni di roccia del substrato di fondazione. La definizione delle sue caratteristiche geotecniche, non essendo emerse problematiche particolari, può essere effettuata utilizzando i dati di letteratura. Il litotipo interessato dalle opere fondali risulta essere costituito da banchi calcarenitici, sufficientemente omogenei e discretamente diagenizzati, privi di sistemi di fratturazione, in cui non sono presenti fenomenologie di tipo carsico. Eventuali disomogeneità nell'ammasso calcarenitico saranno verificate durante le fasi di sbancamento per la realizzazione delle opere fondali.

Si tratta pertanto di un discreto terreno di fondazione la cui caratterizzazione geotecnica può essere effettuata mediante i seguenti range di valori:

- Carico ammissibile: da 7 Kg/cm² a 30 Kg/cm²;
- Coesione: 0 N/cm²;
- Angolo di attrito interno: da 32° a 35°.

In assenza di un campionamento e successiva caratterizzazione di laboratorio del substrato di fondazione è ragionevole, in via cautelativa, suggerire allo strutturista l'utilizzo dei valori più bassi tra quelli sopra indicati.

5. PROSPEZIONE SISMICA ATTIVA CON METODOLOGIA MASW

L'indagine sismica MASW (Multichannel Spectral Analysis of Surface Waves) permette, di valutare la velocità equivalente delle onde S relativamente al volume di suolo sotteso dallo stendimento realizzato (Foto 2).

Questa metodologia d'indagine si fonda sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh in un semispazio stratificato.

Le onde superficiali di Rayleigh si trasmettono sulla superficie della crosta terrestre e sono il risultato dell'interferenza tra le onde di pressione (P) e le onde di taglio (S).

Esse sono dispersive, ossia la loro velocità di fase dipende dalla frequenza di propagazione.

La natura dispersiva di queste onde fa sì che le onde ad alta frequenza si propagano negli strati più superficiali, mentre quelle a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi.

Nel caso in esame l'esecuzione dell'indagine sismica con metodologia MASW ha permesso, in primo luogo di valutare la velocità equivalente delle onde S per i primi 30 m dal piano campagna (VS30), necessario per definire la categoria di suolo di fondazione così come previsto dalle NTC 2008, ed in secondo luogo di stimare la sismostratigrafia rappresentativa nel semispazio sotteso dallo stendimento sismico.

Il metodo MASW è un metodo attivo e per la sua esecuzione è necessario eseguire uno o più scoppi ad uno dei vertici di uno stendimento lineare di geofoni, in modo da produrre un'onda che si propagerà nel suolo con una sua velocità di fase in un range di frequenze comprese tra 5 Hz e 70 Hz.



Figura 5 – Ubicazione delle indagini



Foto 2 – Stendimento MASW

L'elaborazione dei dati sperimentali in un'indagine MASW si sviluppa in due momenti: in un primo momento si effettua il calcolo della curva di dispersione sperimentale della velocità di fase (Figura 6), successivamente si calcola la velocità di fase numerica che fitta (approssima) meglio quella sperimentale (Figura7 e Tabbella1).

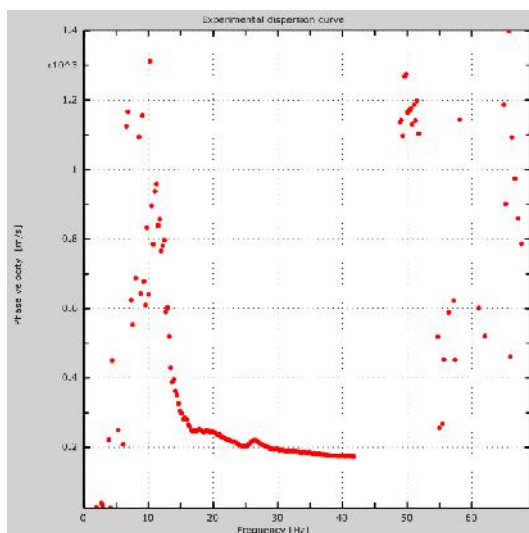


Figura 6 - Curva di dispersione sperimentale

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]
13.236	523.259
14.4401	349.201
15.625	285.714
19.043	250
22.4609	221.154
25.8789	217.213
29.2969	194.805
32.7148	188.202
36.1328	181.373
39.5508	174.569

Tabella 1 - Valori della curva di dispersione

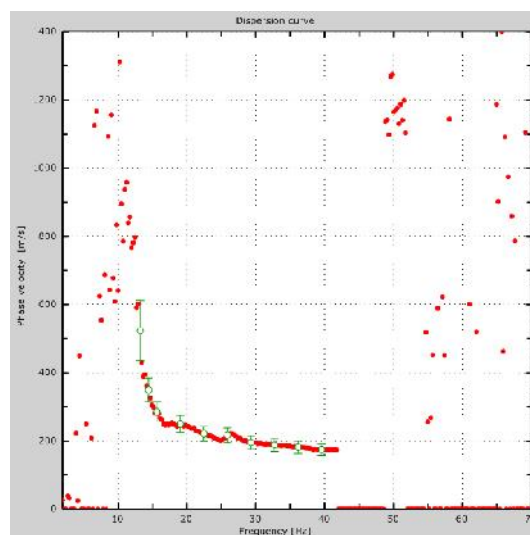


Figura 7 - Curva di dispersione

Questo processo si esegue attraverso un sistema di prove trial and error nel quale modificando opportunamente i parametri a contorno si minimizza l'errore e dunque si ottiene la migliore sovrapposizione tra le due curve a confronto (Figura 8) avvicinandosi il più possibile al valore reale.

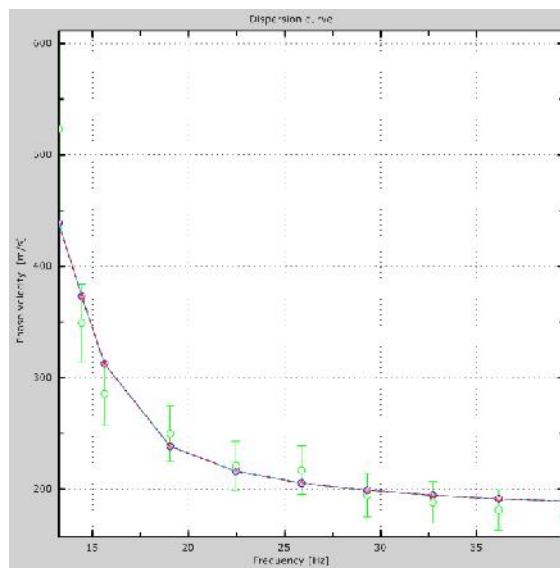


Figura 8 - Relazione tra la velocità di fase sperimentale e quella numerica

I processi indicati in precedenza permettono di effettuare una ricostruzione sismostratigrafica del semispazio sotteso dallo stendimento sismico (figura 9).

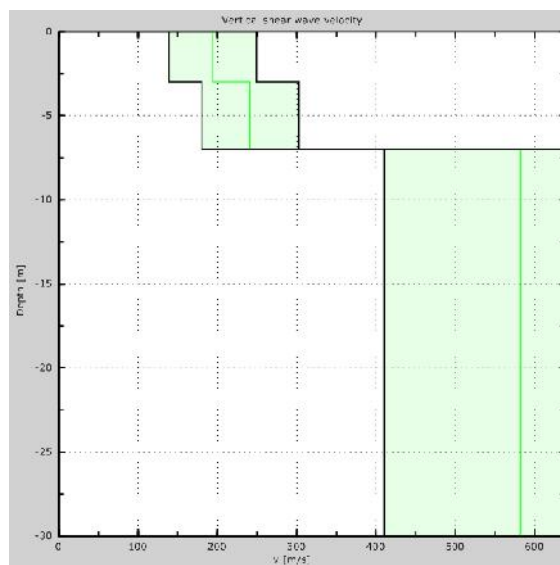


Figura 9 - Sismostratigrafia

Una sismostratigrafia rappresenta l'andamento della velocità delle onde sismiche con la profondità; un sismostrato rappresenta un corpo caratterizzato dalla stessa velocità delle onde sismiche. Pertanto in seno ad una stessa litologia possono distinguersi diversi sismostrati, ed allo stesso modo litologie differenti possono essere racchiuse in uno stesso sismostrato.

La registrazione in campagna è stata eseguita con un sismografo MAE Sysmatrack a 24 canali con risoluzione a 24 bit, come sensori di misura si è utilizzato un set di 24 geofoni da 4.5 Hz, il tempo di acquisizione è stato di 4 secondi con intervallo di campionamento di 1 millisecondo per un totale di 4000 campioni acquisiti.

Per una più corretta analisi dei dati sono stati effettuati 4 scoppi esterni allo stendimento con distanza 2,00 m dal primo geofono, degli scoppi effettuati è stato scelto per l'analisi quello più rappresentativo.

L'analisi dei dati registrati in campagna, è stata eseguita con il software di inversione MASW messo a punto dall'Ing. Roma.

5.1 Interpretazione dei dati acquisiti

L'indagine Masw in oggetto è stata eseguita utilizzando 24 geofoni da 4,5 Hz con distanza intergeofonica di 2,00 m per una lunghezza pari a 46 m.

Tale indagine ha fornito i seguenti risultati:

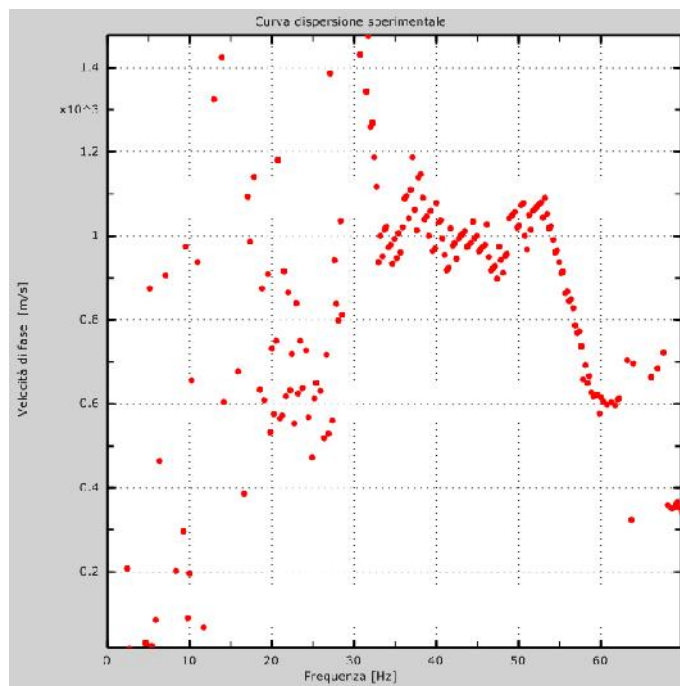


Figura 10 - Curva di dispersione sperimentale

Freq. [Hz]	V. fase [m / s]
29.124	1231.01
32.7148	1116.67
36.1328	1088.24
39.5508	964.286
42.9688	1000
46.3867	950
49.8047	1020
54.5553	968.111
56.6406	828.571
60.0586	615

Tabella 2 - Valori della curva di dispersione

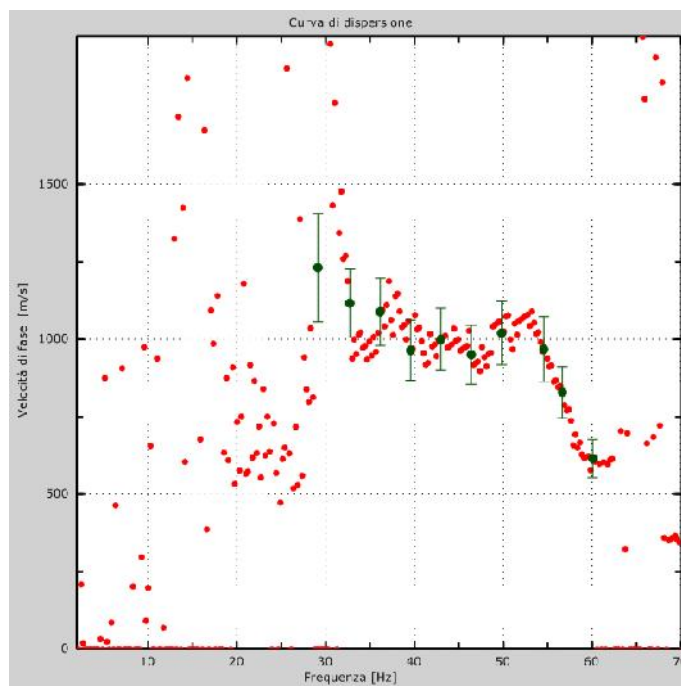


Figura 11 - Curva di dispersione

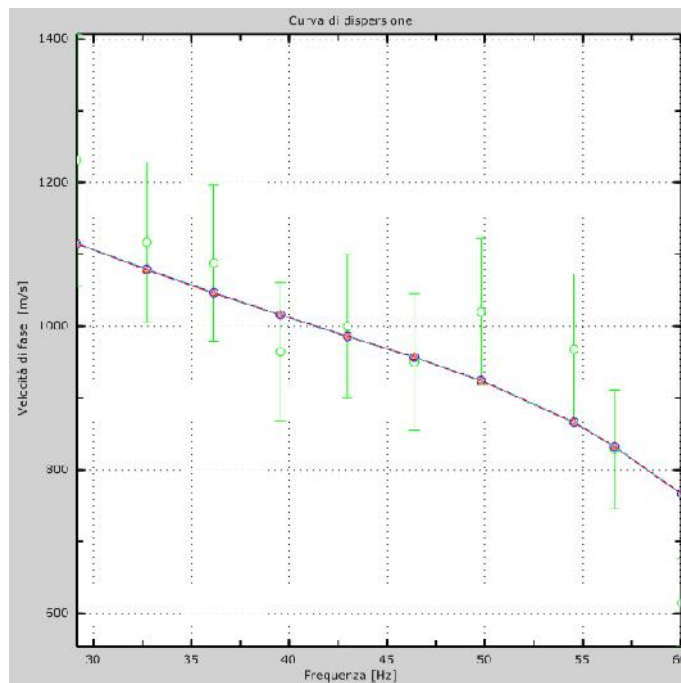


Figura 12 - Relazione tra la velocità di fase sperimentale e quella numerica

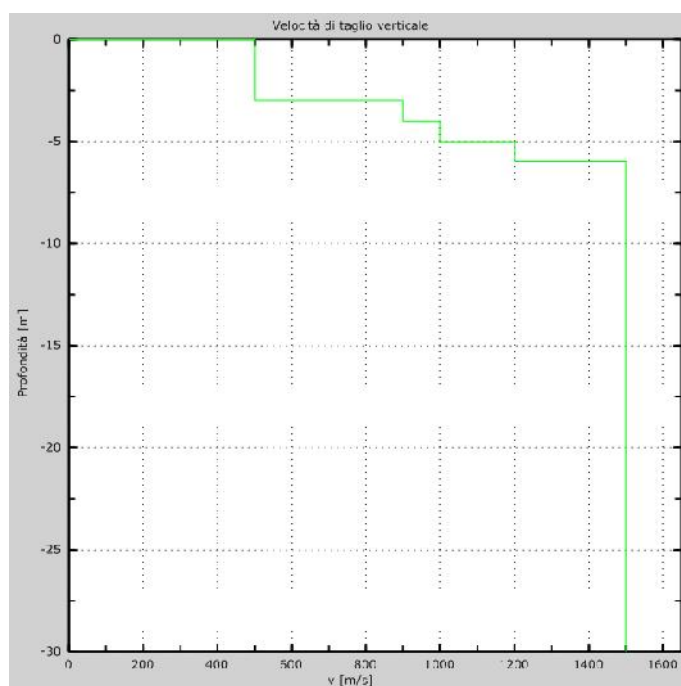


Figura 13 - Profilo delle velocità delle onde S

Di seguito si riassume la sismostratigrafia ottenuta dalla misura eseguita

STRATO	PROFONDITA' (m)	SPESSORE STRATO (m)	Vs (m / s)
1	3	3	500
2	4	1	900
3	5	1	1000
4	6	1	1200
5	INDEFINITA	-	1500

Tabella 3 - sismostratigrafia

Vista la sismostratigrafia ottenuta e visto quanto previsto dalle NTC 2008 il suolo in studio risulta di categoria A con una Vs30 pari a 1202 m/s.

6. PROSPEZIONE SISMICA HVSR IN CAMPO LIBERO

Le misure HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) rappresentano una metodologia geofisica, non invasiva e molto speditiva, che permette di verificare la presenza di effetti di amplificazione sismica locale e di definire la frequenza fondamentale di vibrazione del suolo oggetto di studio, attraverso l'analisi del rapporto spettrale fra la componente orizzontale e quella verticale del noise (rumore ambientale).

Questa indagine permette, inoltre, di stimare lo spessore di litotipi superficiali, quali riporti o terreni di copertura, posti su suoli rigidi con impedenza sismica importante.

Proprio su quest'ultima possibilità si è basata la scelta di effettuare questo tipo di indagine, che anche in spazi ristretti (come quelli ove verrà realizzata l'opera) permette di ottenere indicazioni utili sulle caratteristiche litologiche del sito in oggetto.

Sul sito in studio sono state eseguite n. 2 misure di microtremori HVSR le cui ubicazioni sono riportate in Fig. 5.

Le misure sono state effettuate con un TROMINO (figura 13), che dispone di tre canali analogici connessi a tre velocimetri disposti secondo tre direzioni ortogonali: NS, EW ed Alto-Basso.

Al fine di ottenere risultati quanto più precisi possibile, è necessario porre particolare cura nel posizionamento dello strumento: esso deve essere orientato in direzione Nord, cercando al contempo di renderlo il più possibile solidale col terreno.

Il rumore ambientale, viene amplificato e convertito in forma digitale per poi essere successivamente elaborato con il programma Grilla della Micromed S.p.A., secondo le direttive dal progetto di ricerca europeo SESAME.

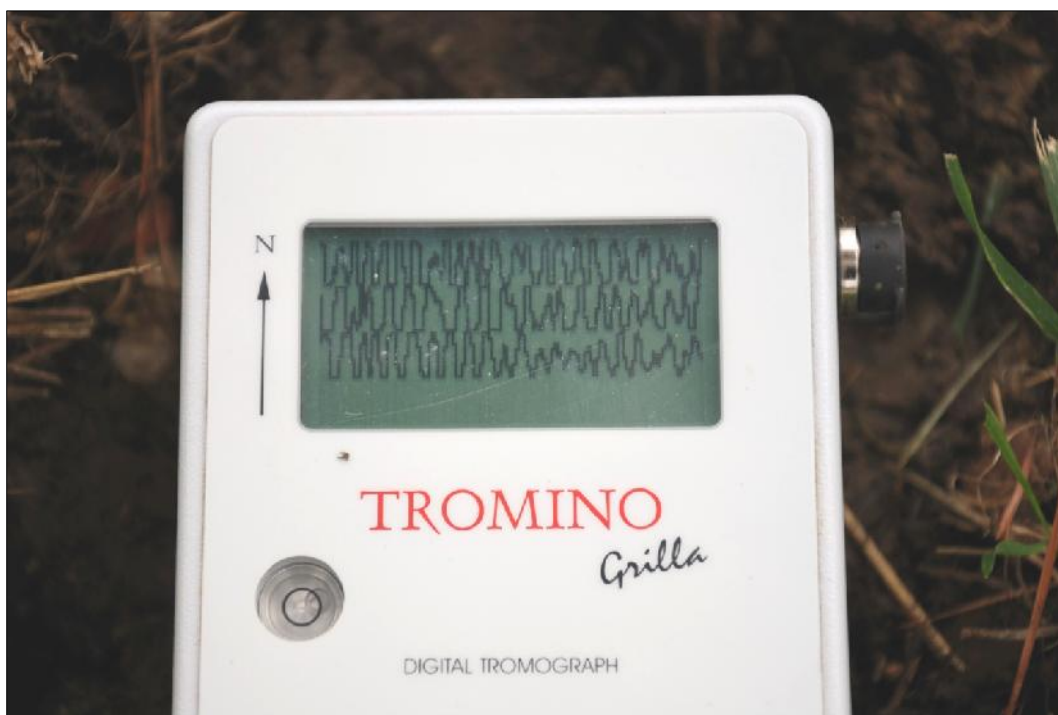


Figura 13 – Lo strumento utilizzato nella campagna d'indagine (Tromino).

Le misure sono state eseguite con una frequenza di campionamento di 128 Hz, e con tempo di acquisizione di 20 minuti. In fase di elaborazione è stata utilizzata una finestra di campionamento di 20 secondi, che è risultata la migliore in relazione al tempo totale di acquisizione.

Considerando che l'ascensore sarà realizzato nel cortile interno dell'edificio scolastico, ove vi è la concreta possibilità che siano presenti terreni riportati, si è deciso di effettuare due misure HVSR, una nel cortile interno (N1) ed una esterna all'edificio (N2), in modo da valutare per confronto eventuali differenze stratigrafiche.

Di seguito sono riportati i rapporti di prova e le relative interpretazioni grafiche.



Foto 3 – Indagine HVSR condotta nell'atrio interno della scuola.

HVSR, N1

Strumento: TEN-0003/01-06

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: n.a.

Inizio registrazione: 30/01/15 11:15:30 Fine registrazione: 30/01/15 11:35:31

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 80% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

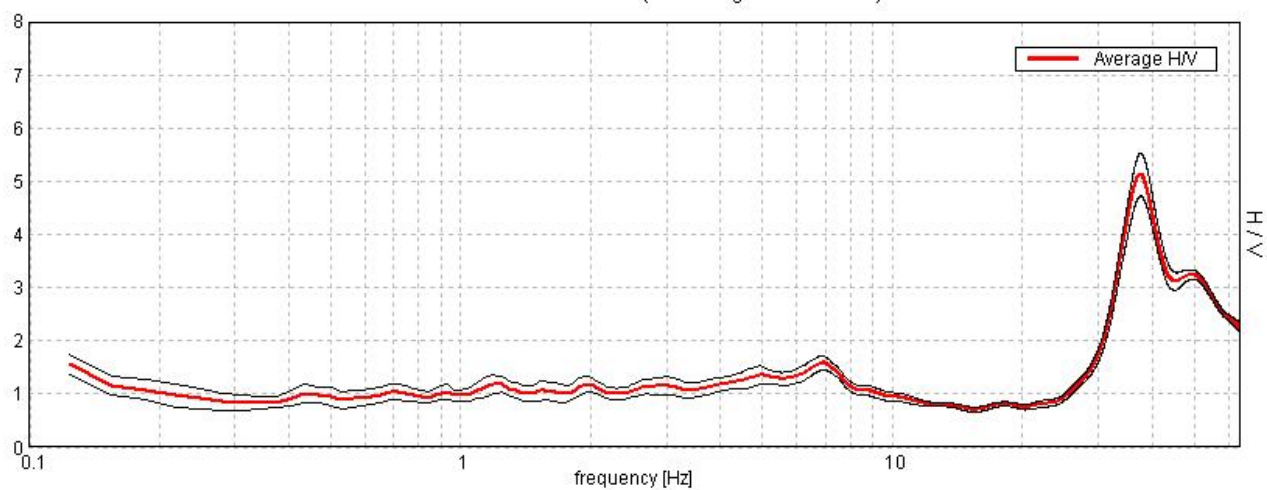
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

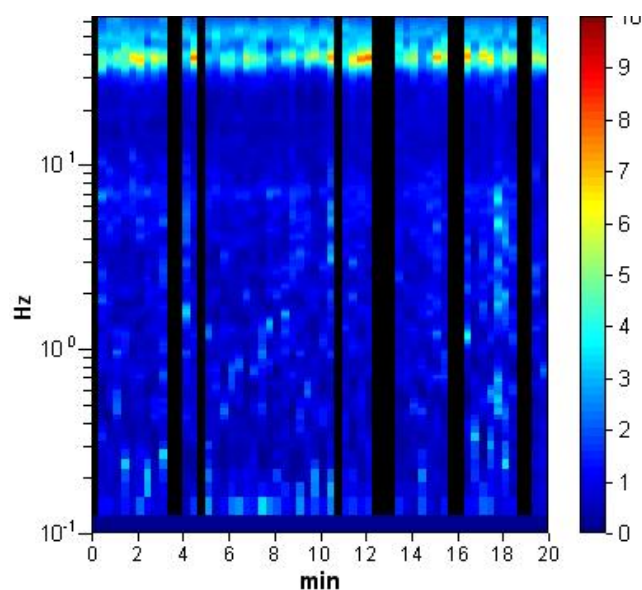
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

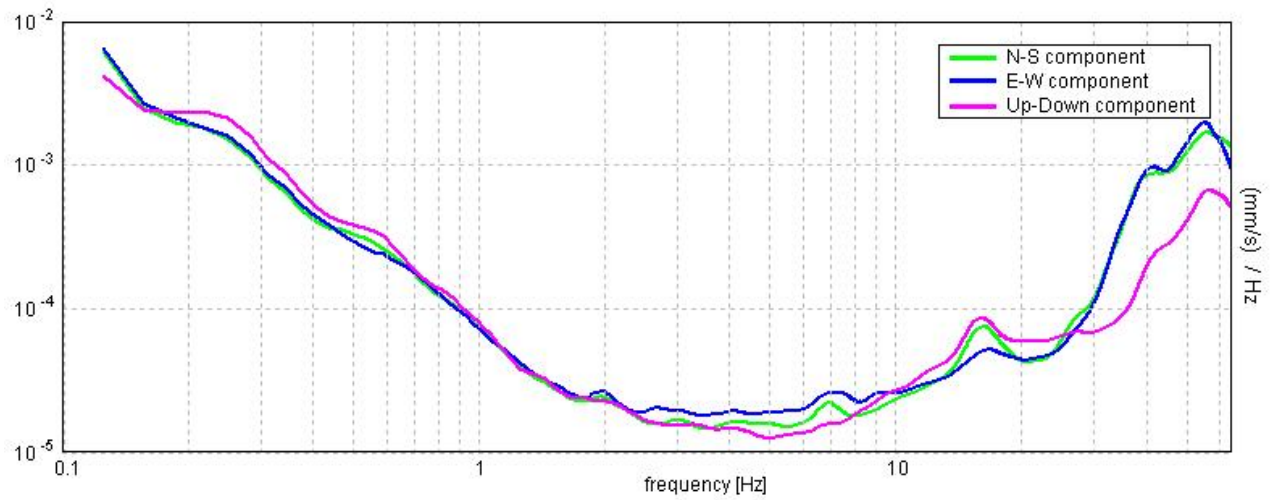
Max. H/V at 37.5 ± 0.46 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



SERIE TEMPORALE H/V

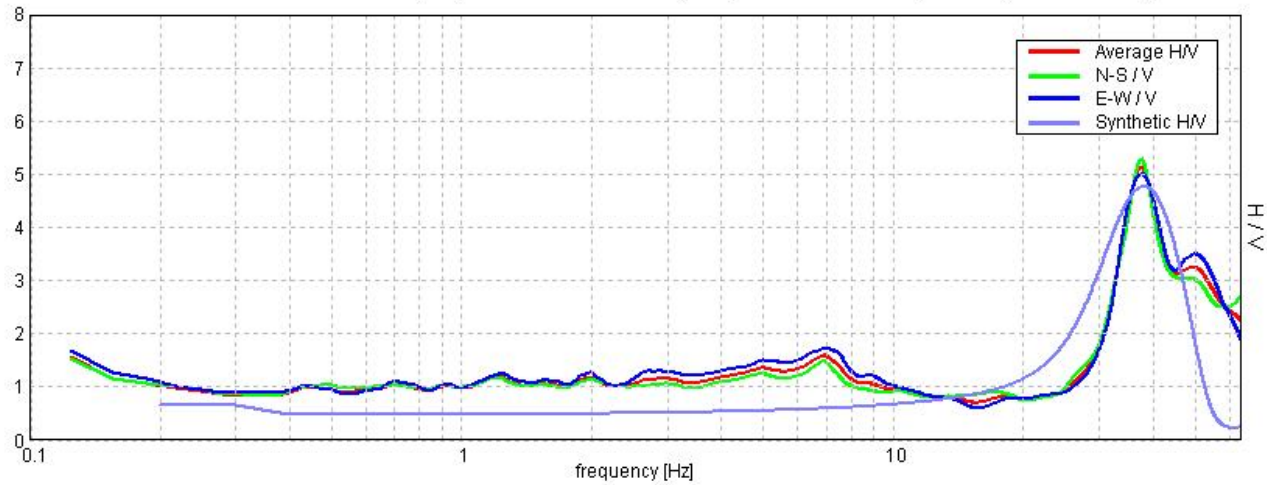


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 37.5 ± 0.46 Hz. Max. (N-S)/V: 37.5 ± 0.85 Hz. Max. (E-W)/V: 37.5 ± 0.67 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



**Profondità alla base
dello strato [m]**

1.40
inf.

Spessore [m]

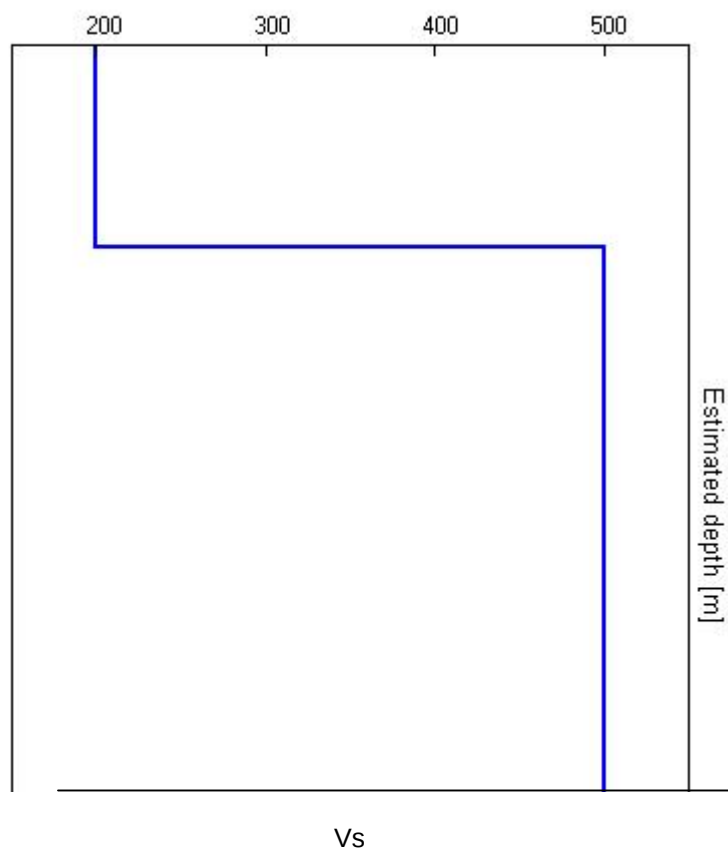
1.40
inf.

Vs [m/s]

200
500

Rapporto di Poisson

0.40
0.30



Sismostratigrafia

Picco H/V a 37.5 ± 0.46 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$37.50 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$36000.0 > 200$	OK	
$s_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $s_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1449	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	32.063 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	57.719 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$5.13 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm s_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01235 < 0.05$	OK	
$s_f < \varepsilon(f_0)$	$0.46299 < 1.875$	OK	
$s_A(f_0) < q(f_0)$	$0.4046 < 1.58$	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

HVSR, N 2

Strumento: TEN-0003/01-06

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: n.a.

Inizio registrazione: 30/01/15 11:41:44 Fine registrazione: 30/01/15 12:01:45

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 92% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

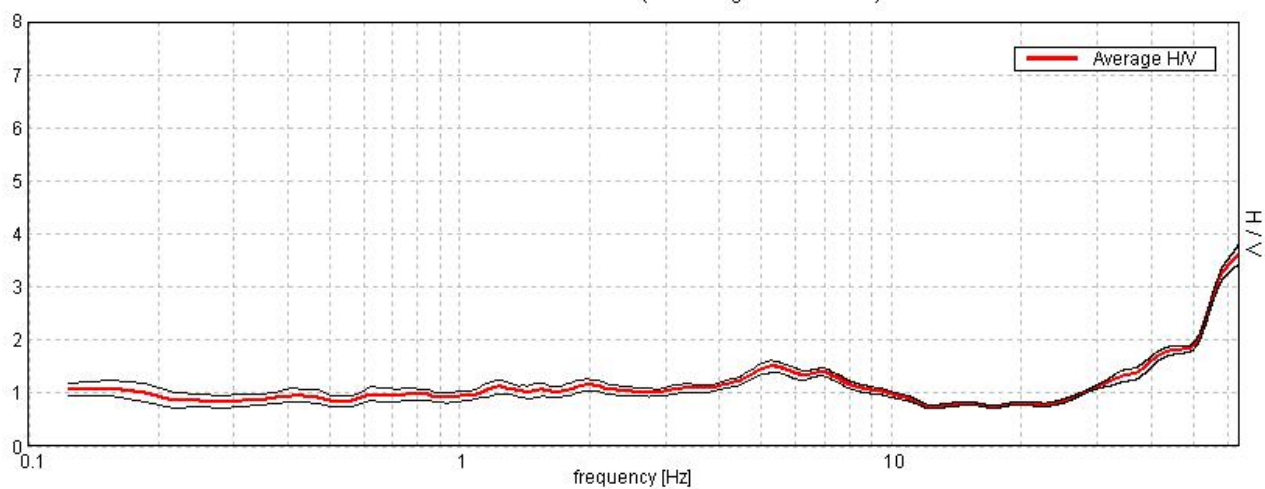
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

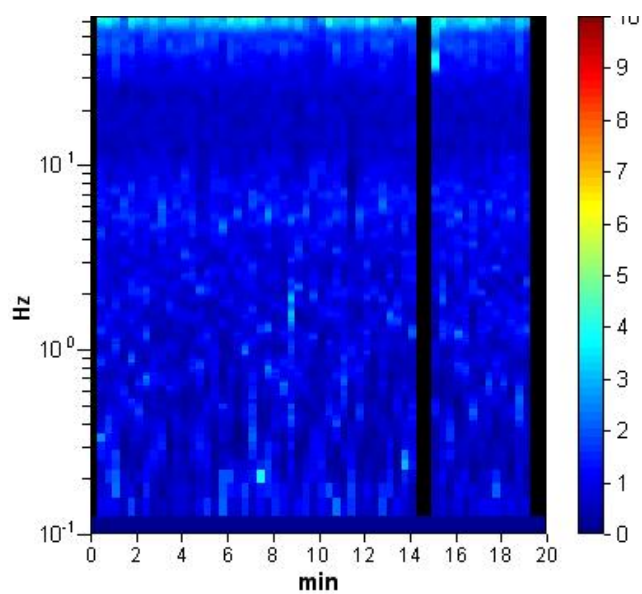
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

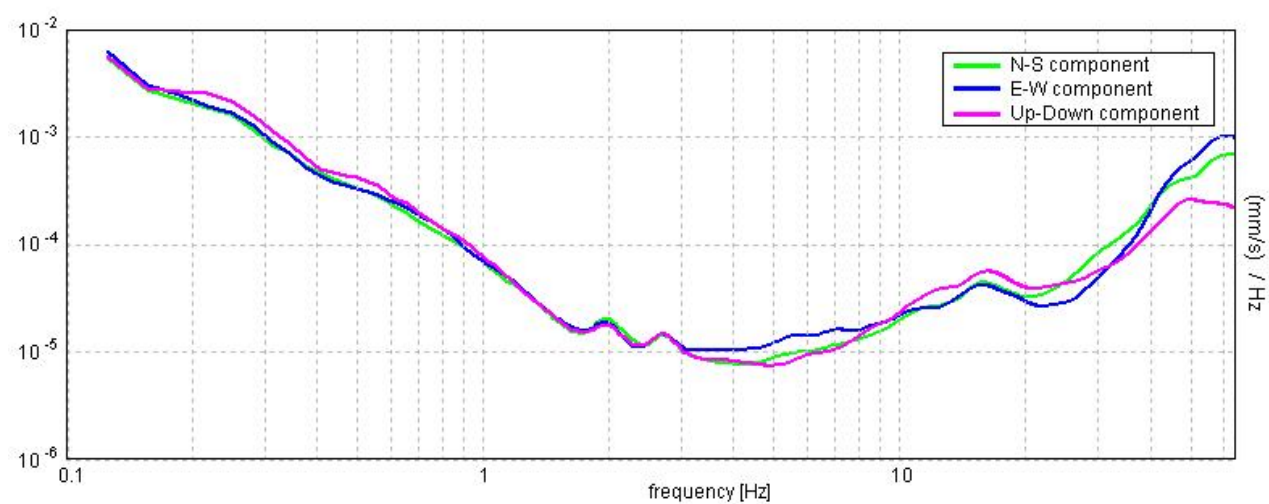
Max. H/V at 63.97 ± 0.0 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Picco H/V a 63.97 ± 0.0 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$63.97 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$70365.6 > 200$	OK	
$s_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $s_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1026	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	46.625 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$3.63 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm s_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0 < 0.05$	OK	
$s_f < \varepsilon(f_0)$	$0.0 < 3.19844$	OK	
$s_A(f_0) < q(f_0)$	$0.1912 < 1.58$	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

Osservando la misura N1, si evince la presenza di un picco accennato con frequenza pari a 37,5 Hz. Tale picco è dovuto alla presenza di terreno superficiale areato posto su suolo a maggiore rigidità. Lo spessore dello strato superficiale è pari a circa 1,40 m così come illustrato nella scheda riassuntiva dell'indagine N1.

Nella misura N2 si osserva un picco a circa 64 Hz che è dovuto ad un suolo superficiale di spessore pari a poche decine di centimetri.

Tali ricostruzioni si basano sulla seguente relazione:

$$f = \frac{V_s}{4H}$$

con

f - frequenza

V_s – velocità delle onde S dello strato superficiale

H - spessore dello strato

Da questa formula si evince che lo spessore dello strato è inversamente proporzionale alla frequenza.

L'ampiezza del picco è proporzionale alla impedenza sismica tra i suoli a contatto.

La velocità delle onde S per lo strato di riferimento è stato ipotizzato in base all'esperienza dello scrivente. La velocità del suolo sottostante è stato ricavato dall'indagine MASW eseguita all'esterno dell'edificio.

Dal punto dell'amplificazione sismica, il sito non presenta alcuna amplificazione, ciò conferma che la categoria di suolo è di tipologia A.

Il picco ottenuto nella misura N1 non rientra tra le frequenze di interesse ingegneristico che ricordiamo variare generalmente tra 1,0 Hz e 10,0 Hz.

7. AZIONE SISMICA LOCALE

Lo studio dell'azione sismica locale è stato eseguito con il foglio di calcolo SPETTRI NTC (fornito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici), attraverso il quale sono stati calcolati i parametri che definiscono gli spettri di risposta sismica dell'area riferiti alla struttura da realizzare.

Sito in esame

Coordinate ED 50:

- latitudine: 40,628497;
- longitudine: 16,937309;
- Classe edificio: 4 (Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti...);
- Vita nominale: 50 anni.

Parametri sismici

- Categoria sottosuolo: A;
- Categoria topografica: T1 (Superficie pianeggiante);
- Periodo di riferimento: 100 anni;
- Coefficiente c_u : 2,0.

Le NTC2008 prevedono la verifica della sicurezza e delle prestazioni di tutte le strutture agli Stati Limite durante la propria Vita Nominale. Gli Stati Limite da valutare sono:

- SLU Stato Limite Ultimo – che ha un carattere irreversibile;
- SLE Stato Limite di Esercizio – che può avere carattere sia reversibile che irreversibile.

In presenza di una azione sismica gli Stati Limite da considerare

sono:

per lo Stato Limite Ultimo SLU:

- SLV - Stato Limite di salvaguardia della Vita;
- SLC - Stato Limite di prevenzione del Collasso;

per lo Stato Limite di Esercizio SLE:

- SLO – Stato Limite di Operatività;
- SLD - Stato Limite del Danno.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella Tab. 4 (nella pagina seguente).

Stati Limite	P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Tabella 4 – Stati limite e probabilità di superamento (da Tab. 3.2.I delle NTC08).

L'analisi dei dati caratteristici elencati in precedenza ha permesso il calcolo dell'accelerazione orizzontale massima al sito di riferimento a_g , del valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale F_0 e del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T_c^* .

Ogni valore è riferito ad tempo di ritorno T_r associato ad uno stato limite. Il tempo di ritorno è calcolato sulla base della Probabilità di superamento del periodo di riferimento V_R (Tab. 5)

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	60	0,051	2,503	0,295
SLD	101	0,068	2,528	0,312
SLV	949	0,188	2,480	0,311
SLC	1950	0,240	2,474	0,319

Tabella 5 - Valori dei parametri a_g , F_o e T_c per i periodi di ritorno associati a ciascuno Stato Limite.

Di seguito si riportano i valori dei coefficienti sismici associati a ciascuno Stato Limite (Tab. 6) e gli spettri di risposta elastica per la componente orizzontale e verticale (Fig. 14).

STATO LIMITE	S_s	C_c	S_t	A_{max}
SLO	1,00	1,00	1,00	0,500
SLD	1,00	1,00	1,00	0,666
SLV	1,00	1,00	1,00	1,842
SLC	1,00	1,00	1,00	2,352

Tabella 6 - Coefficienti sismici associati a ciascuno Stato Limite.

con:

S_s = Coefficiente di amplificazione stratigrafica

C_c = Coefficiente funzione della categoria di sottosuolo

S_t = Coefficiente di amplificazione topografica

$A_{max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_t \cdot a_g$ (Accelerazione orizzontale massima attesa al sito)

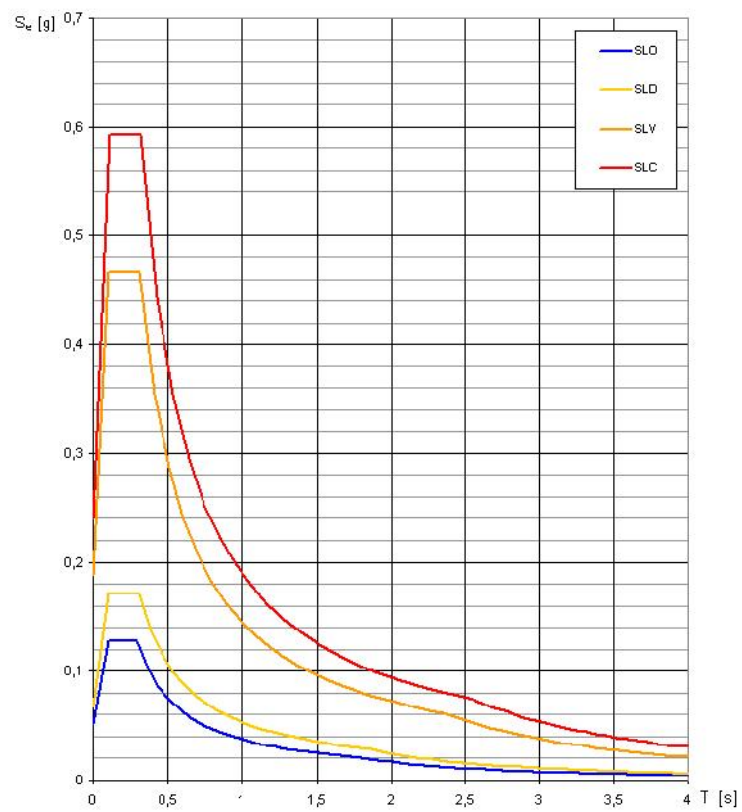


Figura 14 – Spettri di risposta elastici al bedrock per i diversi stati limite.

8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'insieme dei dati ottenuti dallo studio geologico-morfologico di superficie, delle informazioni sulla stratigrafia del sottosuolo desunte dalla bibliografia e integrate con la campagna di indagini appositamente predisposta, hanno permesso di ottenere la modellazione geologica del sito in esame.

Per quanto detto nei paragrafi precedenti, è possibile affermare che la situazione generale dell'area dal punto di vista geologico-morfologico, non presenta elementi tali da destare preoccupazioni sulla sua generale stabilità. L'intera zona, infatti, è urbanizzata; il litotipo affiorante, con spessori di circa 10 metri, è rappresentato dalla Calcarenite di Gravina. Tale formazione risulta essere scarsamente permeabile. Le pendenze rilevate, inoltre, sono molto basse (circa 1-2%) e non è stato possibile rilevare la presenza di segni riconducibili ad erosione superficiale.

Durante le indagini non è la presenza di una falda che possa interagire con il piano di fondazione delle opere previste.

L'indagine HVSr, condotta in prossimità del punto in cui verrà realizzato l'ascensore, ha evidenziato la presenza di terreno superficiale areato posto su suolo a maggiore rigidità. Lo spessore dello strato superficiale è compreso tra 60 e 150 cm. In fase di esecuzione dei lavori sarebbe opportuno rimuovere tale strato superficiale per impostare le fondazioni direttamente sul suolo sottostante più rigido.

La consultazione della cartografia elaborata dall'Autorità di Bacino della Puglia esclude problemi di rischio idraulico e geomorfologico per l'area in studio.

Geol Donato PERNIOLA

9. BIBLIOGRAFIA

- BOENZI F., RADINA B., RICCHETTI G., VALDUGA A., (1971) – Note illustrative della Carta Geologica d'Italia: Foglio 201 «Matera» – Servizio Geologico d'Italia, Roma.
- BOSELLINI A., MUTTI E., RICCI LUCCHI F. (1989) – Rocce e successioni sedimentarie – UTET, Torino.
- CARRARA E., RAPOLLA A., ROBERTI N. (1992) – Le indagini geofisiche per lo studio del sottosuolo: metodi geoelettrici e sismici – Liguori, Napoli.
- GeoSru Software (2011) – Geostru PS Parametri sismici – Bianco (RC)
- MARTINIS B., ROBBA E. (1971) – Note illustrative della Carta Geologica d'Italia: Foglio 202 «Taranto» – Servizio Geologico d'Italia, Roma.
- PIERI P., SABATO L., TROPEANO M. (1994) – Evoluzione tettonico-sedimentaria della Fossa bradanica a Sud dell'Ofanto nel Pleistocene – Guida alle escursioni, Congr. Soc. Geol. It., Bari, Quad. Bibl. Prov. Matera, 15.
- RICCI LUCCHI F. (1980) – Sedimentologia – CLUE, Bologna.
- ROVIDA A., CAMASSI R., GASPERINI P. e STUCCHI M. (a cura di, 2011) – CPTI11, versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>.
- SABATO L., TROPEANO M. (1994) – Cenni sul sistema catenavanfossa-avanpaese in Italia meridionale – Guida alle escursioni, Congr. Soc. Geol. It., Bari, Quad. Bibl. Prov. Matera, 15.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1969) – Carta Geologica d'Italia, Foglio 201 «Matera», II edizione – Libreria dello Stato, Roma.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1969) – Carta Geologica d'Italia, Foglio 202 «Taranto», II edizione – Libreria dello Stato, Roma.
- TERZAGHI K., PECK R. B. (1994) – Geotecnica – UTET, Torino.