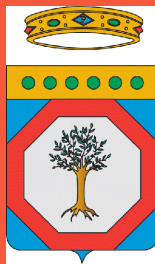




COMUNITA' EUROPEA



REGIONE PUGLIA



COMUNE DI COPERTINO



PROVINCIA DI LECCE

REGIONE PUGLIA

COMUNE DI COPERTINO (LE)

AQP "Benessere e Salute" - FSC 2007-2013 (Del. CIPE n. 72-92/2012)
Piano di investimenti per infrastrutture sociali e sociosanitarie

Del. G.R. n. 629 del 30/03/2015

Intervento di realizzazione di un centro polifunzionale per la disabilità

PROGETTO ESECUTIVO

Ubicazione intervento: via San Francesco di Paola, località Gelsi - 73043 Copertino (LE)

RELAZIONE GEOLOGICA

COMM. CCP	DOC. R 0 6	REV. 0	SCALA varie	FILE CCPR06
--------------	---------------	-----------	----------------	----------------

RTP

PMG ENGINEERING s.r.l. (capogruppo)

Ing. Paolo Mengoli
Ing. Giovanni Marcuccio

Arch. Ilaria PECORARO (mandante)

0	26 Settembre 2017	EMISSIONE	PMG ENGINEERING	ING. MENGOLI	ING. MENGOLI
REVISIONE	DATA	OGGETTO	REDATTO	VERIFICATO	AUTORIZZATO

G
e
o
p
r
o
v
e
S
a
s

Geoprove S.a.s.

P.iva 03940580750

sede legale
P.zza Libertà, 10
73049 Ruffano (Le)

sede operativa
Z. I. lotto n.26 - Ruffano (Le)

Tel 0833-692992
Fax 0833-1820673

e-mail
info@geoprove.eu



società autorizzata ad effettuare e
certificare prove su terre
con Decreto n° 7475

società autorizzata ad effettuare e
certificare prove su materiale da
costruzione con Decreto n° 3079

società autorizzata ad effettuare e
certificare prove su rocce e prove in
sito Con Decreto n° 5348



COMUNE DI COPERTINO

PROVINCIA DI LECCE

COMMITTENTE: AMM.NE COMUNALE

*PROGETTO DI ADEGUAMENTO
SISMICO DI UNA STRUTTURA
SOCIO-ASSISTENZIALE
SITA SU VIA CASOLE ANGOLO VIA
S. FRANCESCO DI PAOLA*

**INDAGINE GEOGNOSTICA, SIMICA E
RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA**

Ruffano, settembre 2015

IL DIRETTORE TECNICO

Dott. Geol. Marcello DE DONATIS



INDICE

PREMESSA.....	2
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	3
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE, GEOLITOLOGICHE E STRUTTURALI.....	4
IDROGEOLOGIA.....	8
INDAGINE GEOGNOSTICA	10
<i>Sismica con metodologia ReMi (Refraction Microtremor)</i>	10
<i>Sismica a rifrazione</i>	20
MODELLAZIONE GEOLOGICO-TECNICA DEL SOTTOSUOLO ..	22
CAPACITA' PORTANTE.....	24
CONCLUSIONI	28

PREMESSA

La società Geoprove s.a.s. di Ruffano, nella persona del direttore tecnico dott. Marcello De Donatis, è stata incaricata Amm.ne Comunale di Copertino, nel mese di settembre 2015, per eseguire un'indagine geognostica e sismica e redigere una relazione geologico-tecnica per l'adeguamento sismico di una struttura socio-sanitaria, sita su Via Casole ang. Via S. Francesco di Paola nel Comune di Copertino.

Lo studio geognostico si è articolato nel seguente modo:

- un rilievo geologico di superficie, i cui dati, integrati da quelli bibliografici sono riportati nella prima parte della relazione;
- esecuzione di un profilo sismico a rifrazione della lunghezza di 22 metri, per la ricostruzione dei caratteri litologici e meccanici del sottosuolo;
- esecuzione di un profilo sismico passivo, per individuare la categoria sismica del suolo di fondazione.

I risultati ottenuti dall'indagine geognostica, integrati dalle informazioni geologiche, dedotte da studi già effettuati in aree limitrofe, hanno consentito di ricostruire il modello geologico e sismico dell'area interessata dall'intervento.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area indagata è ubicata su Via Casole ang. Via S. Francesco di Paola nel Comune di Copertino.

La quota topografica è di 37 metri s.l.m.

L'area di indagine è individuata dalle seguenti coordinate geografiche:

- Latitudine: 40° 15' 55'' N
- Longitudine: 18° 02' 30'' E



Area di indagine, immagine da Google Earth ®

CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE, GEOLITOLOGICHE E STRUTTURALI

L'area indagata rientra nel foglio 214 della Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000, tavoletta Gallipoli.

Morfologicamente l'area è pianeggiante ed è posizionata ad una quota topografica di 37 metri s.l.m..

Strutturalmente l'area è stata interessata, a più riprese, da ripetute subsidenze, con generazioni di faglie ad andamento prevalentemente NO-SE, le quali hanno dislocato la formazione mesozoica, dando luogo a strutture tipo Horst e Graben e delineando nel contempo una serie di bacini. I litotipi affioranti appartengono a cicli sedimentari diversi, il più antico dei quali corrisponde alla successione calcareo-dolomitica mesozoica di ambiente di piattaforma carbonatica che costituisce i rilievi collinari noti localmente con la denominazione di "Serre, con caratteri di litofacies del tutto analoghi ai "Calcari delle Murge".

Dal rilievo geologico di superficie è stata evidenziata la seguente successione stratigrafica:

- Calcare di Altamura;
- Pietra Leccese.

Calcari di Altamura

I Calcari si rinvengono in profondità, sono costituiti da calcari bioclastici, bianchi o grigiastri di norma sub-cristallini e tenaci, a luoghi laminari, nei quali si intercalano calcari dolomitici e dolomie grigio scure e nocciola.

In alcune località la roccia è leggermente marnosa, a frattura concoide, altrove invece appare detritica a laminazione parallela.

La stratificazione è sempre evidente con strati di spessore variabile da 20 a 50 cm, talora si rinvengono banchi fino a 1.5 metri.

Presentano in generale un'immersione verso OSO con pendenze comprese fra 6 e 13°. Alcune piccole variazioni di immersione danno luogo a deboli ondulazioni.

In base ai dati forniti dall'AGIP, in seguito alla perforazione petrolifera vicino Ugento, lo spessore massimo si aggira intorno ai 640 metri. Alla base di tale formazione si rinvengono le "Dolomie di Galatina". Il passaggio fra le due formazioni avviene con molta gradualità, infatti con l'aumentare della profondità tende ad aumentare la percentuale di dolomia, fino a diventare prevalente nelle Dolomie di Galatina.

Per quanto riguarda il loro ambiente deposizionale, esso è di mare poco profondo, di piattaforma. Inoltre, dato che presenta spessori abbastanza potenti, appare chiaro che l'ambiente di sedimentazione ha

potuto mantenersi pressoché immutato per effetto di una costante subsidenza.

Pietra Leccese (Miocene)

La pietra Leccese affiora nell'area indagata si presenta marnosa, fossilifera, prevalentemente a grana fine, di colore paglierino e a luoghi verdognola per la presenza di Glauconite, di norma compatta e piuttosto tenera, a stratificazione indistinta generalmente in strati da 20 a 60 cm di spessore.

A diverse altezze stratigrafiche si rinvengono orizzonti a discreta permeabilità in corrispondenza di strati calcarenitici concrezionati e carsificati, di norma separati tra di loro da livelli di roccia compatta scarsamente o praticamente impermeabile.

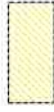
Il passaggio di essa verso la formazione sottostante avviene attraverso una trasgressione che è marcata da un livello conglomeratico di modesto spessore (in genere minore di 10 cm) e da un carsismo di interstrato.

L'ingressione si è realizzata nel Burdigaliano inoltrato e probabilmente in regime di subsidenza assai attiva, con la conseguente rapida sommersione dell'intera area. Correnti instauratesi in questa fase sono responsabili della dispersione del materiale più fine e della indiretta concentrazione di quello più grossolano. La ripresa della

CARTA GEOLOGICA



LEGENDA



CALCARENTI DI GRAVINA

Calcarenti bioclastiche a grana media, da grigio chiaro a giallastre di norma massicce, porose e tenere (tuffi calcarei). Occasionalmente orizzonti argillosi consentono, talvolta la presenza di piccole falde idriche sospese. (Pleistocene inferiore).



PIETRA LECCESE

Sedimenti carbonatici fini, bioturbati, con abbondante matrice, in banchi con gradazione e clinostatificazione a basso angolo, probabilmente accumulati in ambienti compresi fra spiaggia sommersa e la piattaforma aperta (Burdigalliano-Messiniano).



CALCARE DI ALTAMURA

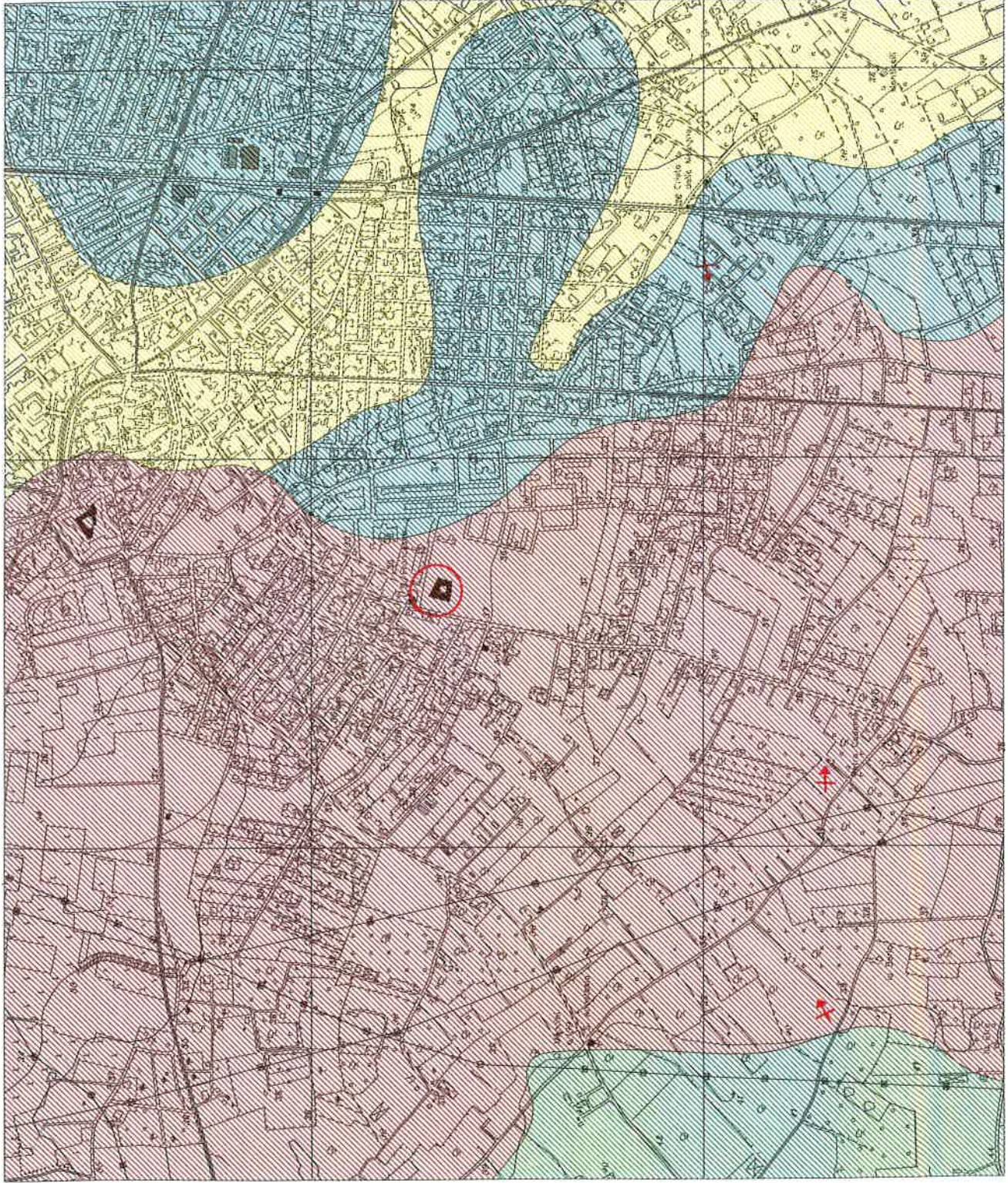
Calcarei dolomitici, compatti, tenaci, in strati e banchi, talora riccamente fossiliferi, cui si alternano livelli dolomitici di colore grigio. Corrispondono alla sedimentazione prodottasi essenzialmente nelle estese aree di laguna della piattaforma apula (Messiniano).



Strati con pendenza inferiore a 10°



Area indagata



sedimentazione deve essersi realizzata (sempre nel Burdigaliano) allorché le profondità hanno raggiunto valori rapportabili a quelli della parte più profonda della zona neritica esterna. La sedimentazione è stata poi accompagnata da un processo di fosfatizzazione (Bossio et alii).

Con il Langhiano la periodica attività delle correnti si è intensificata tanto da smantellare totalmente il livello fosforitico; nelle fasi di quiete o comunque di minore dinamica delle acque, gli organismi bentonici e/o le residue e più deboli correnti rimuovevano e ridistribuivano il restante materiale fosforitico, mescolandolo a quello in via di deposizione.

IDROGEOLOGIA

In base ai caratteri litologici delle formazioni, alle loro caratteristiche giaciture e ai rapporti di posizione, la circolazione idrica si esplica attraverso un livello localizzato nei calcari cretacei denominato "acquifero di base" in quanto la falda in esso contenuta è sostenuta dall'acqua marina di invasione continentale.

Il gradiente idraulico, come emerge dai numerosi rilievi effettuati sui pozzi esistenti, è di 2.5 metri e tende progressivamente a ridursi verso W con una cadente piezometrica dell'ordine dello 0.015 %, fino ad annullarsi del tutto sulla costa dove dà vita ad una serie di sorgenti sottomarine.

In condizioni di equilibrio lo spessore della falda d'acqua dolce è legato dalla legge di Ghyben-Hensberg con la sottostante acqua salata di intrusione continentale, ponendo:

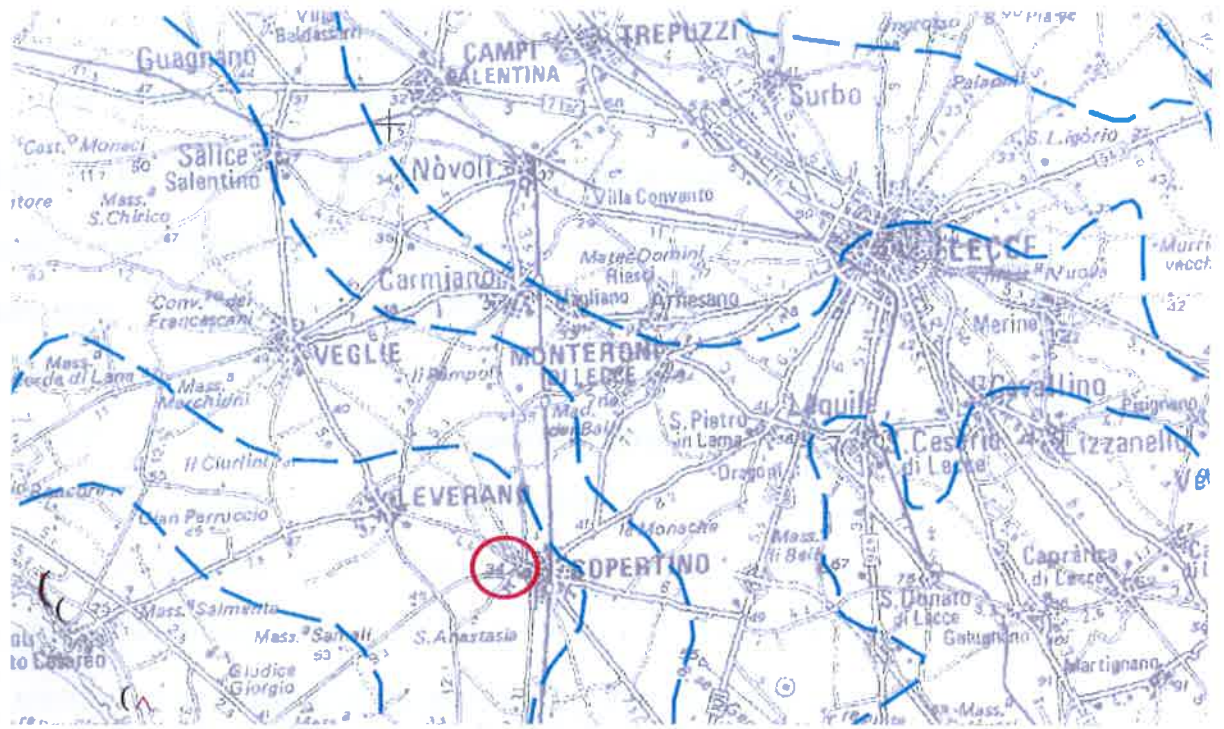
H = spessore della falda

h = gradiente idraulico

abbiamo:

$$H = 37 * h$$

La profondità di rinvenimento della falda è superiore a 35 metri, pertanto non interagisce con le opere fondali della struttura in esame.



Piano di tutela delle acque – Regione Puglia
Tav.6.2 “Distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi carsici della Murgia e del Salento

INDAGINE GEOGNOSTICA

L'indagine è stata effettuata in conformità al D.M. 14.01.2008 ed è stata finalizzata alla raccolta di dati qualitativi e quantitativi occorrenti per la previsione del comportamento dell'opera in rapporto alle caratteristiche del terreno.

L'indagine è consistita nell'esecuzione:

- un profilo sismico a rifrazione;
- un profilo sismico passivo.

Sismica con metodologia ReMi (Refraction Microtremor)

Per individuare la categoria sismica del suolo di fondazione è stata eseguita un'indagine di sismica passiva (ReMi).

Tale metodologia di indagine è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno con array lineare, a 12 geofoni; per ottenere una buona risoluzione in termine di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni con bassa frequenza di risonanza (4-14 Hz raccomandati), è indispensabile allungare il tempo di registrazione (15-30s) rispetto alla sismica a rifrazione tradizionale.

Si possono così registrare onde di superficie il cui contenuto in frequenza copre un range da 25-30Hz fino a 2 Hz che, in condizioni

ottimali, offre una dettagliata ricostruzione dell'andamento delle Vs relativamente ai primi cento metri di profondità.

Si tratta di una modellazione del sottosuolo mediante l'analisi delle onde di Rayleigh.

Per rilevare onde sismiche trasversali, anche la sorgente energizzante deve generare onde a prevalente componente di taglio.

Per tale motivo è stato utilizzato un sismografo della Geometrics "modello GEODE" con geofoni da 4.5 Hz.

Recenti studi hanno consentito di creare un modello matematico anche per trattare le onde S, cercando di godere del vantaggio della elevata energia associata a questo tipo di propagazione.

L'analisi delle onde S mediante tecnica **ReMi** viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, cioè a seguito di una trasformata di Fourier, che restituisce lo spettro del segnale. In questo dominio, detto dominio trasformato, è semplice andare a separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P, propagazione in aria, ecc.

L'osservazione dello spettro consente di notare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della frequenza dell'onda stessa, questo fenomeno è detto dispersione, ed è caratteristico di questo tipo di onde.

La teoria sviluppata suggerisce di caratterizzare tale fenomeno mediante una funzione detta curva di dispersione, che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. Tale curva è facilmente estraibile dallo spettro del segnale poiché essa approssimativamente posa sui massimi del valore assoluto dello spettro.

L'elaborazione del segnale consiste nell'operare una trasformata bidimensionale "slowness-frequency"(p-f) che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica e nel rappresentarne lo spettro di potenza su un grafico p-f.

Nell'immagine che si ottiene, è possibile un riconoscimento visivo delle onde di Rayleigh, che hanno carattere dispersivo.

A questo punto l'operatore, in maniera arbitraria ed in base all'esperienza, esegue un "picking" attribuendo ad un certo numero di punti una o più slowness (p o $1/\text{velocità}$ di fase) per alcune frequenze.

Tali valori vengono in seguito plottati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello diretto.

La curva di dispersione in realtà può non essere così facile da estrarre, questo perché dipende molto dalla pulizia dei dati e da quanto disturbano gli altri segnali presenti nel sismogramma. Ecco perché questa fase in realtà deve essere considerata una interpretazione, e per questo i migliori software di analisi di dati **ReMi** consentono di

modificare anche manualmente la curva di dispersione per soddisfare le esigenze dell'utente più esperto.

I dati selezionati dall'immagine p-f vengono plottati su un diagramma nel quale compare anche una curva di dispersione calcolata a partire da un modello di Vs che è modificabile dall'interprete. Variando il numero di strati, la loro velocità e la densità nel modello, la curva di dispersione calcolata viene adattata fino a farla aderire il più possibile a quella sperimentale ottenuta con il picking

La curva di dispersione calcolata, approssimativamente coincidente con la curva sperimentale, viene associata ad un modello sintetico.

Questa delicata seconda fase di interpretazione è comunemente detta fase di inversione, e dipendentemente dal software usato può anch'essa avvenire in maniera automatica e/o manuale.

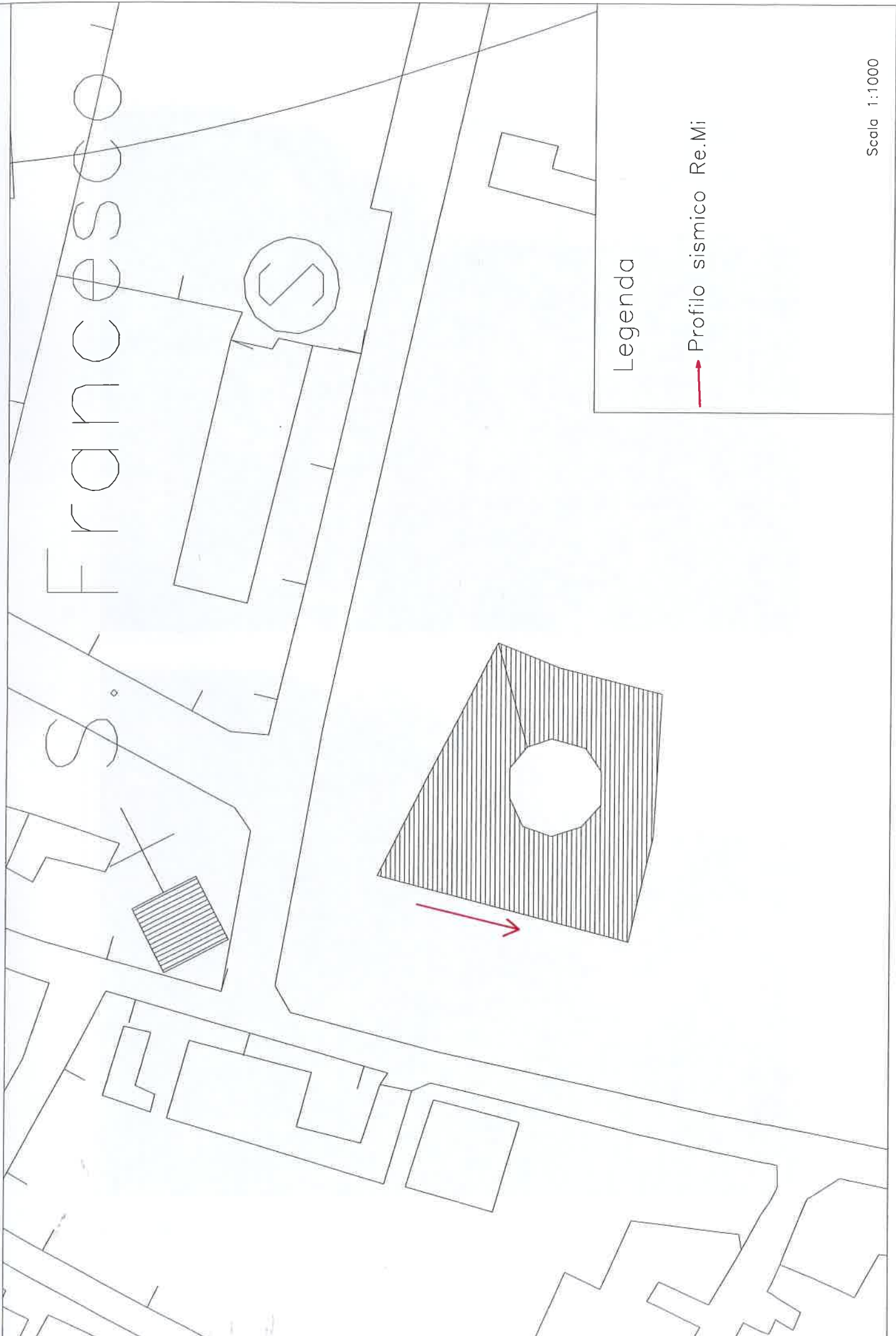
Entrambe le due fasi di interpretazione, per quanto debbano seguire le linee guida dettate dalla teoria, devono rigorosamente essere controllate accuratamente dall'utente poiché non è possibile affidarsi completamente ad un sistema automatico che lavora alla ricerca della soluzione matematicamente migliore.

La V_{s30} è stata calcolata con la seguente espressione

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum h_i/V_i}$$

Da tale relazione è emerso un valore di V_{s30} **1030** m/sec.

UBICAZIONE PROFILO SISMICO RE.MI



Legenda

→ Profilo sismico Re.Mi

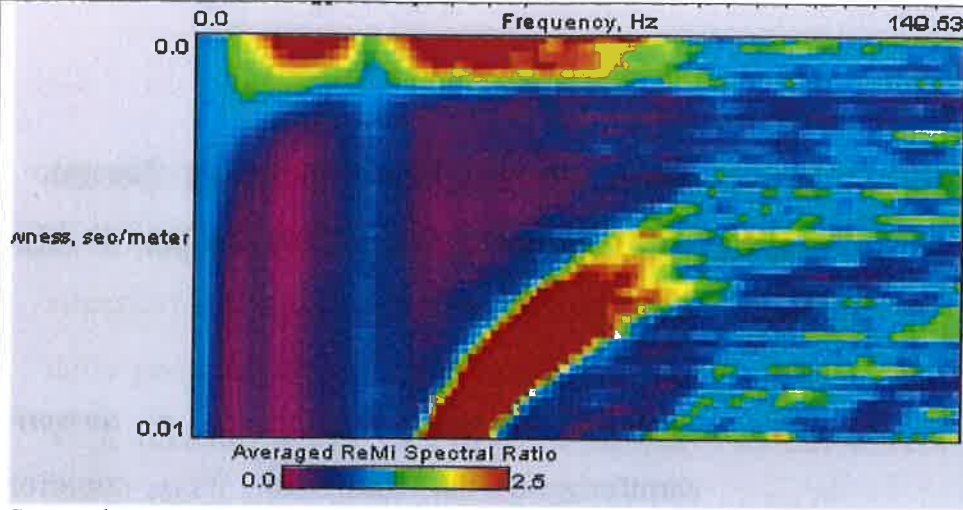
Scala 1:1000



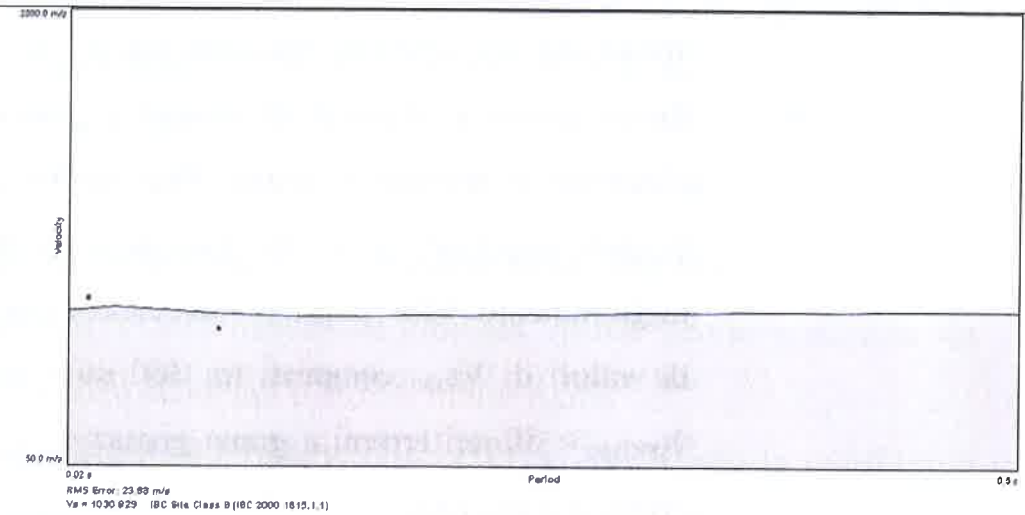
Esecuzione profilo sismico a rifrazione e sismica ReMi sullo stesso stendimento



Pre-processing



Spettro di Potenza p-f



Curva di dispersione

Depth (m)	Density (g/cc)	Shear Velocity (m/s)
30.0	2.0	1030.0
82.0	2.0	981.732
200.0	2.0	989.838

Modello del profilo Vs/profondità

Le categorie di suolo individuate dal Decreto Ministeriale 14 Gennaio 2008, recante "Norme Tecniche per le costruzioni" sono le seguenti:

- A) ***Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi*** caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m;
- B) ***Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*** con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina);
- C) ***Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*** con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina);

- D) **Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti**, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina)
- E) **Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m**, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Il suolo di fondazione rientra pertanto nella **categoria A** con valori di V_{s30} superiori a 800 m/sec; la litologia risulta perciò costituita da ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi.

La categoria topografica risulta la T1, considerando la morfologia pianeggiante.

I caratteri del moto sismico sono:

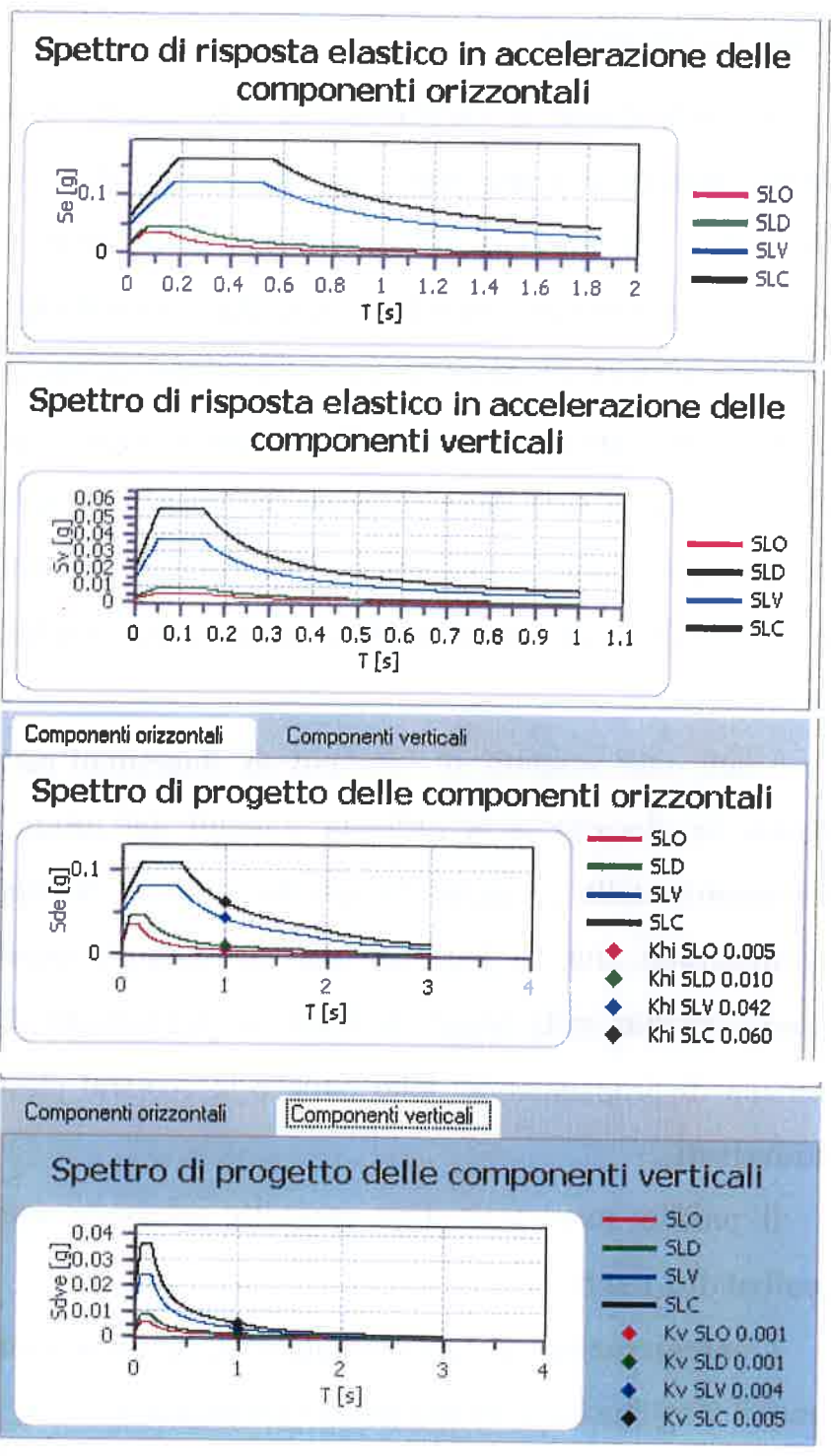
Stato Limite	Tr (anni)	Ag (g)	Fo	Tc (s)
Operatività (SLO)	30	0.015	2.379	0.158
Danno (SLD)	50	0.019	2.375	0.220
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.051	2.409	0.523
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.063	2.539	0.561
Periodo di riferimento per l'azione sismica	50			

Ag=accelerazione massima al sito; Fo=valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; Tc=periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Con i suddetti parametri si è proceduto al calcolo dei coefficienti sismici:

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss = amplificazione stratigrafica	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc = Coeff. Funz. Categoria	1.00	1.00	1.00	1.00
St = Amplificazione topografica	1.00	1.00	1.00	1.00

SLO= stato limite di immediata operatività; SLD= stato limite di danno SLV= stato limite di salvaguardia della Vita; SLC= stato limite di prevenzione collasso.



Sismica a rifrazione

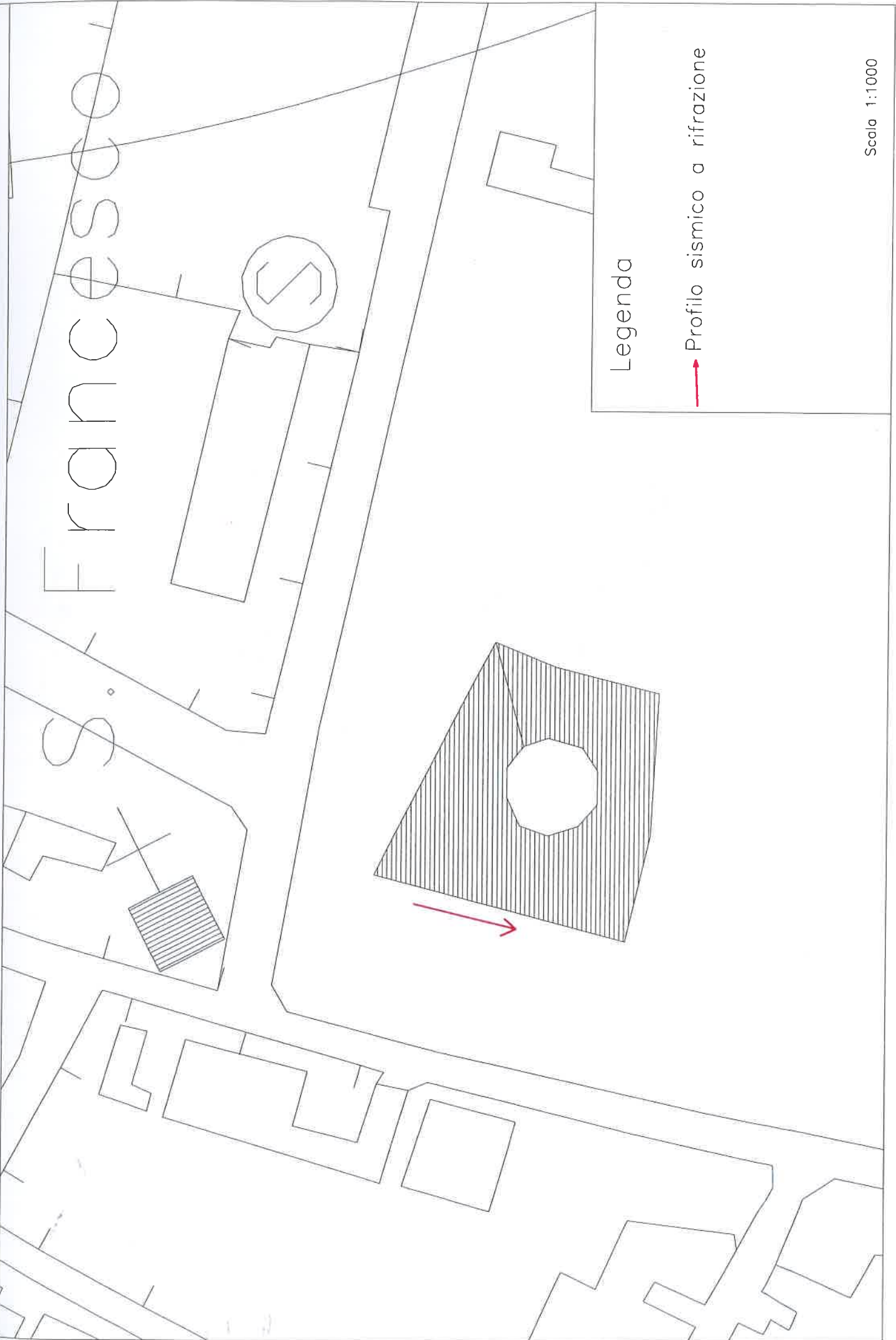
Per individuare le caratteristiche meccaniche e stratigrafiche del terreno fondale si è proceduti con l'esecuzione di un profilo sismico a rifrazione, che consiste nel provocare delle onde sismiche che si propagano nei terreni con velocità che dipendono dalle caratteristiche di elasticità degli stessi. In presenza di particolari strutture, possono essere rifratte e ritornare in superficie, dove, tramite appositi sensori (geofoni), posti a distanza nota dalla sorgente lungo la linea retta, si misurano i tempi di arrivo delle onde longitudinali (onde P), al fine di determinare la velocità (V_p) con cui tali onde coprono le distanze tra la sorgente ed i vari ricevitori.

I dati, così ottenuti, si riportano su diagrammi cartesiani aventi in ascissa le distanze e in ordinata i tempi dei primi arrivi dell'onda proveniente dalla sorgente. In questo modo si ottengono delle curve (dromocrone) che, in base ad una metodologia interpretativa basata essenzialmente sulla legge di Snell, ci permettono di determinare la velocità di propagazione delle onde e le costanti elastiche dei terreni attraversati.

Il profilo sismico è stato eseguito adottando una distanza tra i geofoni di 2 metri.

L'energizzazione è stata ottenuta utilizzando una mazza battente del peso di 5 kg che batte su una piastra rettangolare.

UBICAZIONE PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE

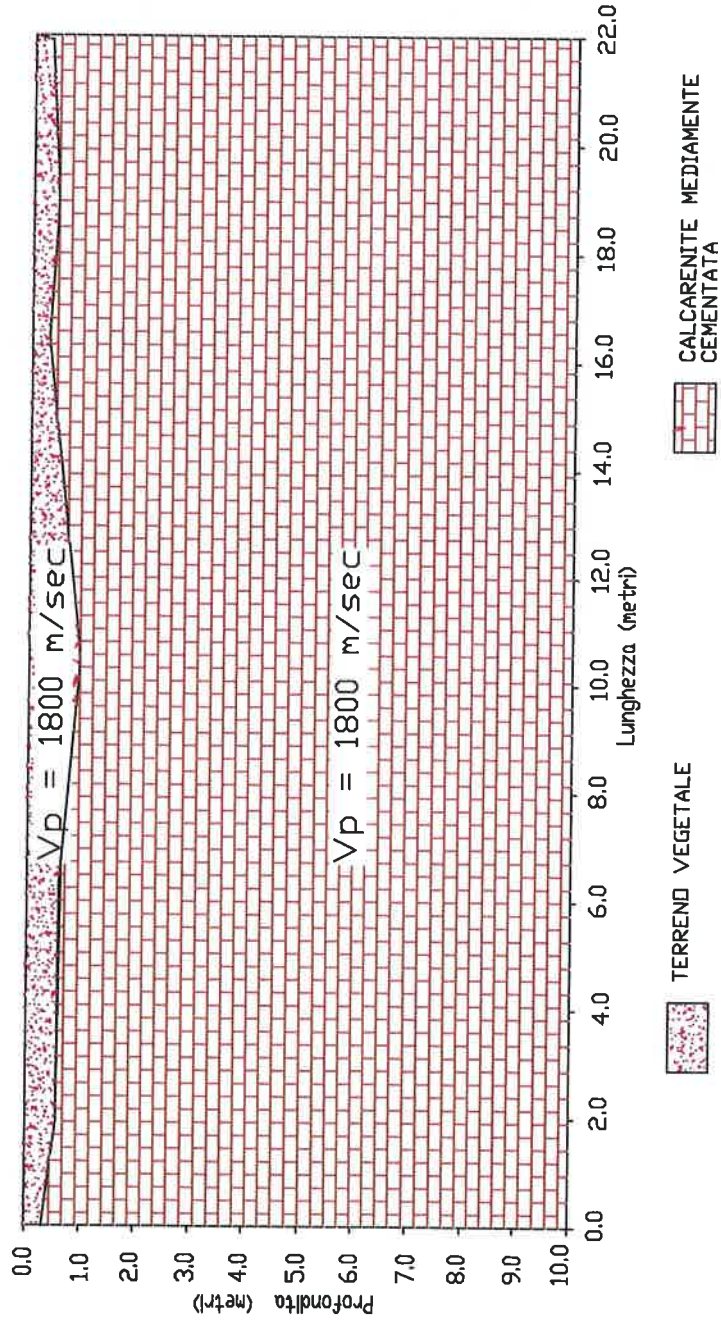


Legenda

→ Profilo sismico a rifrazione

Scala 1:1000

PROFilo SISMICO A RIFRAZIONE
LOCALITA': VIA CASOLE AN. S.F. DI PADLA - COPERTINO



Le onde così generate sono state registrate con un sismografo a 12 canali della GEOMETRICS mod Geode, il quale consente di ottenere le misurazioni dei tempi di arrivo delle onde sismiche che si propagano nel sottosuolo.

L'interpretazione dei dati di campagna è stata eseguita tramite l'applicazione congiunta e computerizzata del metodo di Palmer e delle intercette.

Dal profilo sismico n° 1 è stato evidenziato un modello a due sismostrati. In affioramento si rinviene del terreno vegetale per uno spessore di 0.2 – 0.8 metri ed una velocità di 400 m/sec, seguono delle calcareniti mediamente cementate caratterizzate da una velocità di 1800 m/sec.

Dalla determinazione delle velocità V_p e V_s , si è risaliti ai seguenti parametri.

Strato	V_p (m/sec)	V_s (m/sec)	ϕ (°)	C_u (kg/cmq)	γ (gr/cm ³)	E (Kg/cmq)	η
1	400	-	-	-	-	-	-
2	1800	735	35	0.125	1,8	3.290	0.38

V_p = vel. longit.; V_s = vel trasv.; ϕ = angolo di attrito; C_u = coesione non drenata; γ = peso per unità di volume; E = modulo elastico statico; η = coefficiente di poisson

MODELLAZIONE GEOLOGICO-TECNICA DEL SOTTOSUOLO

I parametri geotecnici del sottosuolo oggetto di indagine sono:

Strato	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	ϕ (°)	C (kg/cm ²)	γ (gr/cm ³)	E (Kg/cm ²)	η
1	400	-	-	-	-	-	-
2	1800	735	35	0.125	1,8	3.290	0.38

Vp = vel. longit.; Vs = vel trasv.; ϕ = angolo di attrito; C = coesione;
 γ = peso per unità di volume; E = modulo elastico statico; η = coefficiente di poisson

Le nuove norme tecniche ordinano che, nel metodo semiprobabilistico agli strati limite, per tener conto di eventuali indeterminazione, si devono dividere i valori dei parametri geotecnici, per i coefficienti parziali, indicati nella seguente tabella:

Parametro al quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_m	
	M1	M2
Tan ϕ'	$\gamma_{\phi'} = 1,00$	$\gamma_{\phi'} = 1,25$
C'	$\gamma_c = 1,00$	$\gamma_{c'} = 1,25$
γ	$\gamma_\gamma = 1,00$	$\gamma_\gamma = 1,00$
Cu	$\gamma_{cu} = 1,00$	$\gamma_{cu} = 1,40$

tan ϕ' = tangente dell'angolo di resistenza al taglio (°); γ = peso dell'unità di volume (g/cm³); c' = coesione efficace (kg/cm²); cu = resistenza non drenata.

Verranno, quindi, calcolati i valori delle risultanze ultime del terreno (Rd) utilizzando sia i coefficienti parziali della colonna M1 sia quelli della colonna M2.

Nel nostro caso risultano valori dei parametri corretti in sito rispettivamente pari a:

Parametro al quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_m	
	Calcareniti	
	M1	M2
Tan ϕ'	35	29
C'	1.25	1.0
γ	1.8	1.8

tan ϕ' = tangente dell'angolo di resistenza al taglio ($^{\circ}$);
 γ = peso dell'unità di volume (g/cmc); c' = coesione efficace (t/mq).

CAPACITA' PORTANTE

Per il calcolo della capacità portante è stato applicato l'approccio 1 combinazione 2 (M2 + A2 + R2), nel nostro caso per la determinazione della capacità portante dei terreni è stata utilizzata la relazione di BRINCH-HANSEN per fondazioni isolate, orizzontali e senza inclinazione di carico. La formula è la seguente:

$$q_{lim} = 0,5 B \gamma N_{\gamma} S_{\gamma} + C' N_c S_c d_c + q' N_q S_q d_q$$

dove N_{γ} , N_q , N_c = fattori di capacità portante, dipendenti dall'angolo di attrito efficace ϕ' ;

S_{γ} , S_c , S_q = fattori di forma della fondazione;

d_c , d_q = fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa.

Ai fattori di capacità portante sono stati assegnati i valori proposti da VESIC (1975).

Il valore dei fattori di forma è stato calcolato mediante le relazioni:

(DE BEER, 1967)

$$S_{\gamma} = 1 - 0,4 \frac{B}{L}$$

$$S_q = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \tan g \phi'$$

$$S_c = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \left(\frac{N_q}{N_c} \right)$$

con L = lunghezza della trave espressa in m

Nei casi reali la fondazione è posta sempre ad una certa profondità D al di sotto del p.c..

Ciò comporta:

a) un effetto stabilizzante dovuto alla presenza del sovraccarico $q' = \gamma D$ agente ai bordi della fondazione;

b) un effetto stabilizzante dovuto alla resistenza al taglio mobilitabile lungo la superficie di scorrimento.

Il primo è rappresentato nell'espressione q_{lim} dal termine $(q'Nq)$; il secondo è ricavabile dall'espressione approssimata (BRINCH-HANSEN, 1970):

$$dq = 1 + 2 \frac{D}{B} \tan g\phi' (1 - \sin \phi')^2$$

$$dc = dq - \frac{1 - dq}{Nc - \tan g\phi'}$$

Il carico di sicurezza, q_s , è stato ottenuto applicando alla capacità portante ultima (q_{lim}) un coefficiente pari a 1.8

CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE
J. Brinch Hansen (1970)

Dati sulla fondazione	
Angolo d'inclinazione del piano di campagna	β °
Angolo d'inclinazione del piano fondazione	α °
Rapporto componente orizzontale e verticale dei carichi	H/N
Coefficiente di sicurezza	Fs
Angolo che la risultante dei carichi forma con la verticale	δ °

Caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione	
Coesione	c t/m ²
Angolo di attrito interno	φ °
Peso di volume del terreno sottostante	γ t/m ³
Peso di volume del terreno laterale	γ_{sup} t/m ³

Comportamento del terreno di tipo rigido plastico

Criterio di rottura di Coulomb - Rottura di tipo generale - $Q_{lim} = Q_{lim} / F_s$

$$Q_{lim} = 0,5 \cdot \gamma \cdot (B - 2e) \cdot N_{\gamma} \cdot s_y \cdot d_y \cdot i_y \cdot b_y \cdot g_y + c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + \gamma_{sup} \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q$$

$$N_{\gamma} = 1,5 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \varphi =$$

$$N_q = e^{\pi \cdot \tan \varphi} \cdot \tan^2(45 + \varphi/2) =$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \varphi =$$

12.8405

16.4433

27.8604

Geometria della fondazione		Eccentricità		Fattori di Forma della fondazione		Fattori di Profondità del p.f.		Fattori di Inclinazione del carico		Fattori di Inclinazione del p.f.		Fattori di Inclinazione del p.c.		Capacità portante della fondazione						
Larg.	Lung.	Trasv.	Long.	S_γ	S_q	S_c	d_γ	d_q	d_c	i_γ	i_q	i_c	b_γ	b_q	b_c	g_γ	g_q	g_c	Q_{lim}	Q_{amm}
m	m	m	m																t/m^2	t/m^2
1.00	1.00	0.50	0.67	0.167	0.167	1.393	1.000	1.147	1.200	0.743	0.913	0.913	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	63.73	35.40

Il carico ammissibile con base di un metro risulta pari a:

$$Q_{amm} = Q_{limit} / 1.8 = 3.54 \text{ kg/cm}^2$$

CONCLUSIONI

Di seguito si relaziona quanto emerso dallo studio e dalle indagini, eseguite nel mese di settembre 2015 su Via Casole ang. Via S. Francesco di Paola nel Comune di Copertino a supporto del progetto di adeguamento sismico di una struttura socio sanitaria esistente.

Litologicamente affiorano depositi calcarenitici, riconducibili alla Formazione della Pietra Leccese.

Idrogeologicamente è stata rilevata una falda profonda localizzata in corrispondenza dei calcari cretacei ad una profondità tale da non interferire con le opere fondali della struttura in esame.

Dopo un rilievo geo-idro-morfologico di superficie sono state eseguite delle indagini geognostiche che hanno mirato alla caratterizzazione meccanica e sismica del terreno di fondazione.

Con l'indagine sismica è stato possibile ricostruire il modello sismostratigrafico dell'area e caratterizzare il terreno fondale; la stratigrafia risulta data da:

- | | |
|--------------------------|----------------------------------|
| - da 0.00 m a 0.2-0.8 m | Terreno vegetale |
| - da 0.2-0.8 m a 10.00 m | Calcarenite mediamente cementata |

Dalla misurazione delle velocità V_p e V_s si è risaliti ai moduli elastici e meccanici del terreno fondale.

Strato	V _p (m/sec)	V _s (m/sec)	φ (°)	C (kg/cmq)	γ (gr/cmc)	E (Kg/cmq)	η
1	400	150	21	0	1,4	50	0.5
2	1800	735	35	0.125	1,8	3.290	0.38

V_p = vel. longit.; V_s = vel trasv.; R.Q.D. = qualità della roccia; E = modulo di elasticità;

P = modulo di Poisson; γ = peso per unità di volume

I parametri geotecnici del sottosuolo oggetto di indagine sono:

Peso di volume	(gr/cmc)	1.8
Coesione	(t/mq)	12.5
Angolo di attrito	(°)	35

Le nuove norme tecniche ordinano che, nel metodo semiprobabilistico agli strati limite, per tener conto di eventuali indeterminazione, si devono dividere i valori dei parametri geotecnici, per i coefficienti parziali, che risultano pertanto pari a:

Parametro al quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ _m	
	M1	M2
Tan φ'	35	29
C'	12.5	10
γ	1.8	1.8

Tan φ' = tangente dell'angolo di resistenza al taglio (°);
γ = peso dell'unità di volume (g/cmc); c' = coesione efficace (t/mq).

Dall'indagine sismica Remi, è risultata una V_{s30} di 1030 m/sec, la categoria sismica del suolo è la A mentre la categoria topografica è la T1.

In considerazione dell'opera in progetto e dalle risultanze del presente studio, si consiglia di utilizzare fondazioni isolate e di utilizzare un carico ammissibile pari a 3.5 kg/cmq con B di 1.00 metri.

Ruffano, settembre 2015

Il direttore Tecnico della Geoprove s.a.s

Dott. geol. Marcello De Donatis

