COMUNE DI TERNI

Provincia di Terni

OGGETTO:

Progetto di ampliamento di un immobile adibito a residenza protetta per anziani con realizzazione di un blocco di residenza servita autonomo Via della Sponga 25 - Terni - Loc. Papigno

Committente: SANITER S.r.l.

ELABORATO:

RELAZIONE GEOLOGICA

RELAZIONE GEOTECNICA (sulle indagini)

modello geologico del sottosuolo

COMMISSIONE COMUNALE PER LA QUALITA' ARCHITETTONICA ED IL PAESAGGIO
24 MAR. 2015
PARERE FAVOREVOLE

ALLEGATI:

- CARTA LITOLOGICA
- PLANIMETRIA DI PROGETTO con ubicazione dei sondaggi geognostici
- SONDAGGI PENETROMETRICI DINAMICI
- INDAGINE SISMICA M.A.S.W.

Il Committente:	IL TECNICO
SANITER S.r.l.	Dott. Geol. David Giammari

ORDINE DEI GEOLOGI DELLA REGIONE UMBRIA
GEOLOGO DAVID GIAMMARI
ALBO 196

STUDIO GEOLOGICO TECNICO - Dott. Geol. DAVID GIAMMARI
Voc. Vascigliano di Stroncone, 43 - 05039 - Stroncone (TR)
tel. 0744.608230 / 335.5938774 e-mail: davidgeo@libero.it
PEC: d.giammari@epap.sicurezzapostale.it

INDICE

1. *PREMESSA*
2. *RELAZIONE GEOLOGICA*
2.1 *Inquadramento Geologico, Geomorfologico ed Idrogeologico*
3. *RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI*
3.1 *Caratteristiche Geomeccaniche dei Terreni di Sedime modello geologico del sottosuolo*
4. *Coefficienti Sismici della zona (valutazione della pericolosità sismica di base e del sito)*
4.1 *Pericolosità sismica di base*
4.2 *Pericolosità sismica di sito*
5. *Conclusioni*

allegati:
CARTA LITOLOGICA
PLANIMETRIA DI PROGETTO CON UBICAZIONE INDAGINI
SONDAGGI PENETROMETRICI
INDAGINE MASW
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

COMUNE DI TERNI

Provincia di Terni

1. - Premessa

La presente relazione, commissionata dalla Saniter S.r.l. si riferisce al progetto di ampliamento di un immobile adibito a residenza protetta per anziani sito in Via della Sponga Terni.

L'area interessata dal progetto è rappresentata nella Sezione N° 347010 "Collestatte" (Scala 1:10.000) della Carta Tecnica Regionale redatta dalla Regione Umbria e nella Tavoletta F°. 138 I SO Labro della Carta d'Italia (I.G.M.)..

L'obiettivo di tale lavoro è stato quello di fornire un quadro dettagliato della situazione stratigrafica, idrogeologica e geotecnica dell'area di cui sopra, di proprietà della committenza.

Lo studio, pertanto, esteso anche nelle zone limitrofe a quelle dell'area in oggetto, è stato realizzato mediante:

- una ricerca cartografica e bibliografica, di studi tecnico-scientifici degli Autori che si sono interessati a questa zona del comprensorio ternano;
- l'analisi e l'interpretazione della cartografia geologica ufficiale, verificata direttamente sul posto con rilievi geologici e geomorfologici;
- lo sviluppo di una campagna geognostica che ha previsto l'esecuzione di sondaggi penetrometrici dinamici in situ e un'indagine sismica MASW.

I dati raccolti, dunque, sono stati elaborati e rappresentati in carte tematiche in idonea scala e grafici rappresentativi.

2. - RELAZIONE GEOLOGICA

Inquadramento geologico, geomorfologico, idrogeologico ed idraulico della zona

L'area in esame è ubicata subito ad Est del centro urbano della città di Terni in adiacenza alla località "Campomicciolo".

Dal punto di vista litologico l'area in oggetto è caratterizzata dalla presenza di depositi travertinosi terrosi costituiti da sabbie travertinose e limi calcarei, per uno spessore di oltre 10 metri, alternati a banchi di travertino litoide; la parte superficiale di tale sequenza è in genere costituita da uno strato di alterazione misto a suolo vegetale, di spessore variabile compreso tra 1 e 2 metri.

Nella tabella seguente si riporta un log. stratigrafico della stratigrafia di dettaglio dell'area in esame verificata mediante esecuzione di indagini in situ.

Stratigrafia di dettaglio dell'area in esame

Descrizione Litologica
Livello "A": Coltre di alterazione superficiale associata a suolo vegetale; spessore variabile compreso tra 0,5 e 1,5 metri.
Livello "B": depositi travertinosi terrosi costituiti da sabbie travertinose e limi calcarei alternati a banchi di travertino litoide; spessore variabile generalmente oltre 20 metri.

Dal punto di vista geomorfologico l'area in studio si colloca a ridosso del bordo orientale della Conca Ternana, in sinistra idrografica del fiume Nera.

In particolare l'area strettamente d'interesse è ubicata ad una quota di circa 195 m s.l.m.; l'andamento morfologico generale, dunque, anche in relazione alla litologia affiorante tipicamente continentale, è determinato da una morfologia pressoché pianeggiante con pendenze poco accentuate in direzione Ovest; sul lato nord del lotto si segnala la presenza di una scarpata

morfologica con parete sub-verticale alta circa 30 metri che coincide con un terrazzo fluviale del fiume Nera.
Dal punto di vista del dissesto morfologico, grazie anche alle buone caratteristiche tecniche dei terreni di sedime affioranti, nonostante la presenza di elementi morfologici importanti, nell'area in esame non si osservano fenomeni di dissesto in atto, pertanto sono da escludere fenomeni di instabilità geomorfologica.

Per quanto riguarda l'idrogeologia, le litologie prima descritte che caratterizzano l'area in studio e le sue zone limitrofe, in funzione della loro attitudine ad assorbire, immagazzinare e cedere per gravità le acque meteoriche, possono essere raggruppate in un unico complesso idrogeologico: il "Complesso dei Depositi Alluvionali".
I dati piezometrici riferiti alla zona in studio indicano la presenza di una prima falda idrica sotterranea, che satura i terreni a partire da una profondità di oltre 20 metri dal piano campagna.

3. - RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI

3.1 *Caratteristiche Geomeccaniche dei Terreni di Sedime modello geologico del sottosuolo*

La caratterizzazione fisico-meccanica della sequenza stratigrafica che caratterizza l'area in studio, è stata effettuata mediante esecuzione di sondaggi penetrometrici dinamici; per la determinazione della categoria del suolo di fondazione è stata effettuata un'indagine sismica MASW; tutte le indagini sono state eseguite nell'area di sedime destinata alla realizzazione delle opere progettuali; l'ubicazione delle indagini è riportata nell'allegato "Planimetria di Progetto con Ubicazione dei Sondaggi Geognostici"; nella tabelle seguente viene schematicamente riportato un log. stratigrafico rappresentativo della situazione stratigrafica e geotecnica locale

Situazione stratigrafica e geotecnica locale(valori caratteristici "k") (modello geologico del sottosuolo)

Descrizione Litologica	DR	φ_k	C_k	γ_k	Cu_k	E_{edk}	E_y	N_{SPT}
Livello "A": coltre di alterazione superficiale associata a suolo vegetale; spessore variabile compreso tra 0.3 e 1,0 metri	33%	20°	------	16,28	------	3	------	2
Livello "B": depositi travertinosi terrosi costituiti da sabbie travertinose e limi calcarei poco addensati; spessore variabile compreso tra 0.5 e 2,0 metri	47%	24°	-------	17	-------	4	-----	6
Livello "C": banchi di travertino ben addensati; spessore variabile generalmente oltre 30 metri.	>60%	30°	-------	18	----------	9	39	>25

φ_k = Angolo di attrito interno (° gradi)
Cu_k = Coesione non drenata (KPa)
E_y = Modulo di Young (Mpa)
DR (%) = densità relativa
γ_k= Peso di volume naturale (KN/m^3)
Nspt = numero di colpi medio prova STP
C_k = Coesione (KPa)
E_{edk}=Modulo Edometrico (Mpa)

I risultati completi delle prove effettuate sono riportati nell'allegato "Sondaggi Penetrometrici Dinamici"

4. *Coefficienti Sismici della zona*
(valutazione della pericolosità sismica di base ed del sito)

Il Comune dove è situata l'area in studio è stato inserito tra le località sismiche di seconda categoria con grado di sismicità $S = 9$.

Con la recente classificazione sismica del territorio provinciale (Ordinanza PCM n.3274 del 20/03/2003 - D.G.R. n. 852 del 18/06/2003) il comune è stato inserito in Zona Sismica 2 con un valore di $\mathbf{a_g = 0{,}25g}$.

Pertanto, si dovrà osservare quanto stabilisce il DM Infrastrutture 14 gennaio 2008 (Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni);

Ai fini della valutazione dell'azione sismica di progetto si definiscono i seguenti parametri sismici:

Coordinate Geografiche della Località in esame

Latitutine (WGS84):	42,5546900[°]
Longitudine (WGS84):	12,6770200[°]
Latitudine (ED50):	42,5556600[°]
Longitudine (ED50):	12,6779500[°]

Classe d'uso della struttura: Classe: II

Vita della Struttura

- Vita Nominale dell'Opera $V_N = 50$
- Coefficienet d'uso $C_U = 1$

Periodo di riferimento (V_R): $V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1 = 50$ anni

Caratteristiche sismiche del Sito

- Categoria Topografia: T1
- Coefficiente Topografico (S_T): 1,0
- Categoria del suolo di fondazione: 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 Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 maggiore di 50 nei terreni a grana grossa e cu30maggiore di 250 kPa nei terreni a grana fine)".*

Vs_{30} determinata = 570 m/sec

4.1 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Vita nominale (Vn):	50 [anni]
Classe d'uso:	II
Coefficiente d'uso (Cu):	1
Periodo di riferimento (Vr):	50 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLO:	30 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD:	50 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV:	475 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC:	975 [anni]
Tipo di interpolazione:	Media ponderata
Coordinate geografiche del punto	
Latitutine (WGS84):	42,5546900 [°]
Longitudine (WGS84):	12,6770200 [°]
Latitudine (ED50):	42,5556600 [°]
Longitudine (ED50):	12,6779500 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [km]
1	25629	42,532020	12,675890	2634,49
2	25630	42,532490	12,743720	5972,96
3	25408	42,582480	12,743130	6114,40
4	25407	42,582020	12,675220	5972,96

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,057	2,505	0,269
SLD	50	0,071	2,486	0,281
SLV	475	0,167	2,452	0,322
SLC	975	0,209	2,482	0,334

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,060	2,499	0,271
SLD	50	0,074	2,478	0,282
SLV	475	0,178	2,423	0,328
SLC	975	0,223	2,457	0,343

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,062	2,479	0,271
SLD	50	0,077	2,468	0,281
SLV	475	0,187	2,400	0,327
SLC	975	0,236	2,432	0,342

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,059	2,500	0,270
SLD	50	0,073	2,479	0,281
SLV	475	0,172	2,441	0,324
SLC	975	0,215	2,478	0,336

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,059	2,498	0,270
SLD	50	0,073	2,480	0,281
SLV	475	0,173	2,435	0,324
SLC	975	0,217	2,469	0,337

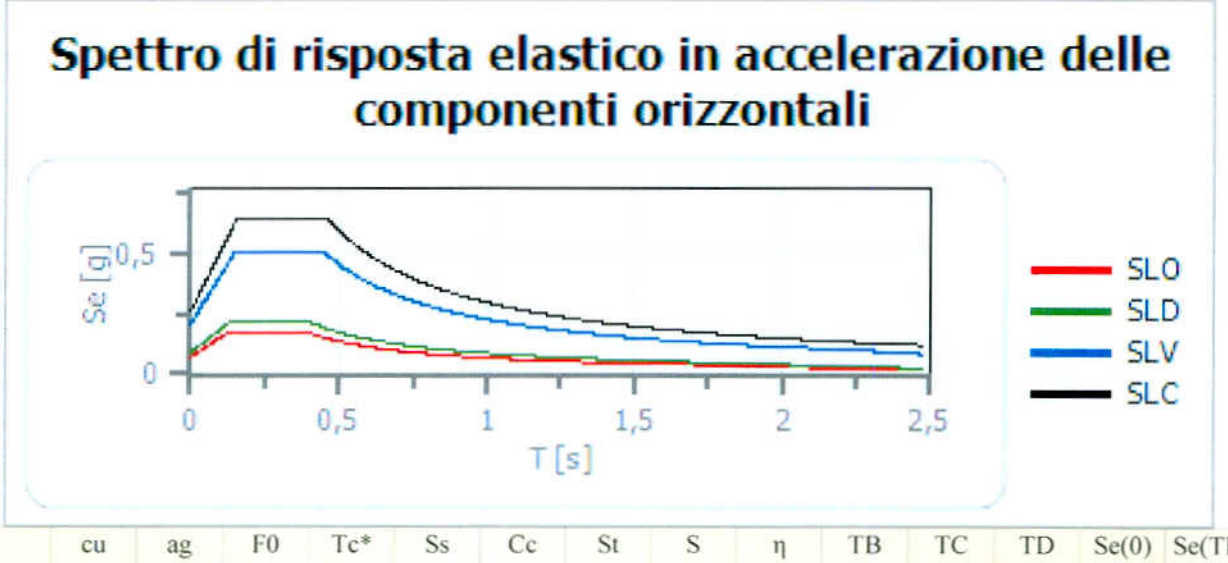
PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ: 5 %
Fattore di alterazione dello spettro elastico η=[10/(5+)ξ]^(1/2): 1,000
Categoria sottosuolo:
B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessorisuperiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 maggiore di 50 nei terreni a grana grossa e cu30maggiore di 250 kPa nei terreni a grana fine).
Categoria topografica:
T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,014	0,017	0,050	0,072
kv	0,007	0,009	0,025	0,036
Amax [m/s²]	0,691	0,858	2,039	2,536
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

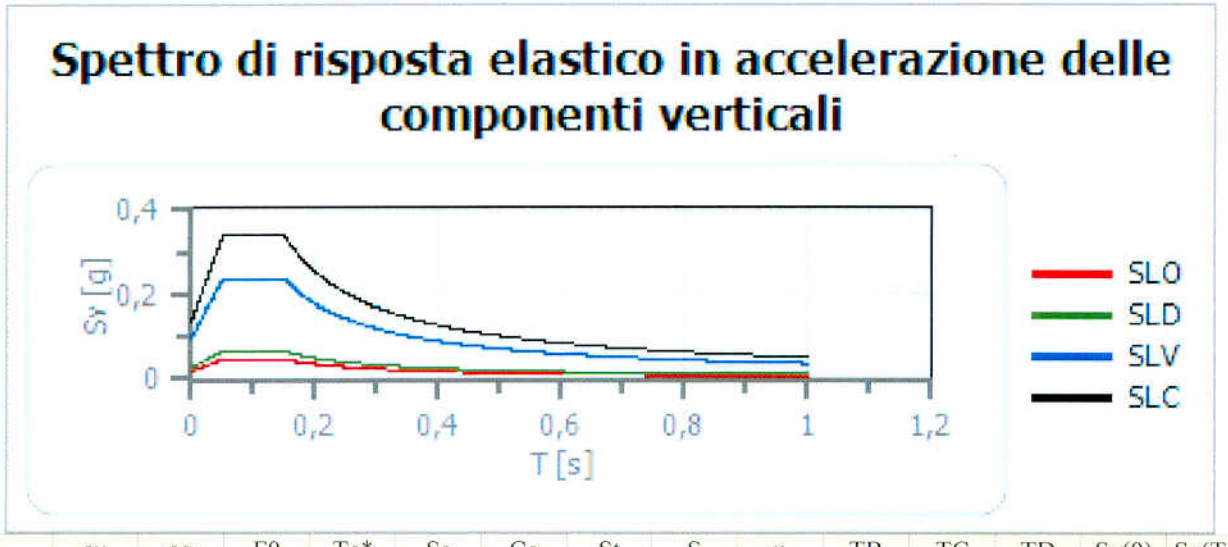
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1	0,059	2,498	0,270	1,200	1,430	1,000	1,200	1,000	0,129	0,386	1,835	0,071	0,176
SLD	1	0,073	2,480	0,281	1,200	1,420	1,000	1,200	1,000	0,133	0,399	1,892	0,087	0,217
SLV	1	0,173	2,435	0,324	1,200	1,380	1,000	1,200	1,000	0,149	0,448	2,293	0,208	0,506
SLC	1	0,217	2,469	0,337	1,190	1,370	1,000	1,190	1,000	0,154	0,462	2,469	0,259	0,638

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

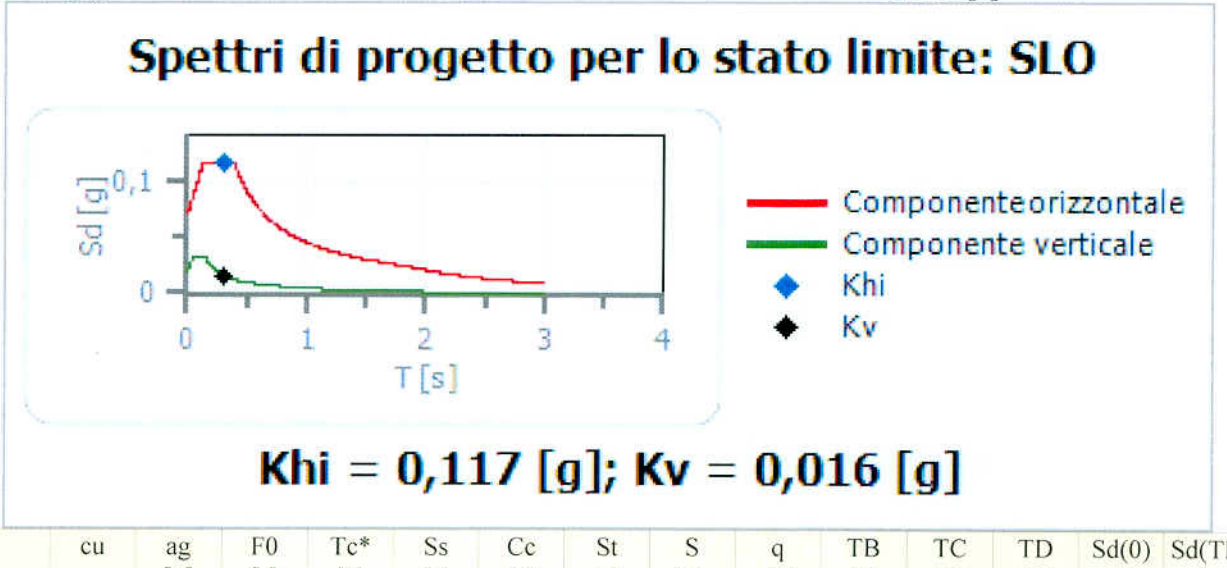
Coefficiente di smorzamento viscoso ξ: 5 %
Fattore di alterazione dello spettro elastico η=[10/(5+)ξ]^(1/2): 1,000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1	0,059	2,498	0,270	1,200	1,430	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,019	0,048
SLD	1	0,073	2,480	0,281	1,200	1,420	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,027	0,066
SLV	1	0,173	2,435	0,324	1,200	1,380	1,000	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,097	0,237
SLC	1	0,217	2,469	0,337	1,190	1,370	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,137	0,338

Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q:	1,5	
Fattore di struttura spettro verticale q:	1,5	
Periodo fondamentale T:	0,3	[s]
khi = Se(T) Orizzontale:	0,117	[s]
kv = Se(T) Verticale:	0,016	[s]



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	1	0,059	2,498	0,270	1,200	1,430	1,000	1,200	1,500	0,129	0,386	1,835	0,071	0,117
SLO verticale	1	0,059	2,498	0,270	1,200	1,430	1,000	1,000	1,500	0,032	0,150	1,000	0,019	0,117

5. *CONCLUSIONI*

- Dal rilevamento geologico di superficie, si veda la Carta Litologica allegata, risulta che l'area in oggetto è caratterizzata dalla presenza di depositi travertinosi terrosi costituiti da sabbie travertinose e limi calcarei alternati a banchi di travertino litoide; la parte superficiale di tale sequenza è in genere costituita da uno strato di alterazione misto a suolo vegetale, di spessore variabile compreso tra 0,5 e 1,5 metri.
- Per quanto riguarda la presenza di falda acquifera, i dati piezometrici della zona indicano la presenza di una falda generalmente impostata ad una profondità maggiore di 20 metri dal piano campagna; si esclude pertanto la possibilità che la falda possa interferire con il piano di posa di future opere di fondazione;
- comunque, in considerazione delle caratteristiche idrogeologiche della sequenza che caratterizza il sito in oggetto, lungo il perimetro del manufatto si consiglia di prevedere delle trincee drenanti che facilitino il defluire delle acque meteoriche di infiltrazione
- Dal punto di vista geomeccanico i parametri geotecnici della sequenza alluvionale che caratterizza l'area in esame, sono schematicamente riassunti nella tabella seguente:

Situazione stratigrafica e geotecnica locale(valori caratteristici "k")
(modello geologico del sottosuolo)

Descrizione Litologica	DR	φ_k	C_k	γ_k	Cu_k	E_{edk}	E_y	N_{SPT}
Livello "A": coltre di alterazione superficiale associata a suolo vegetale; spessore variabile compreso tra 0.3 e 1,0 metri	33%	20°	------	16,28	------	3	------	2
Livello "B": depositi travertinosi terrosi costituiti da sabbie travertinose e limi calcarei poco addensati; spessore variabile compreso tra 0.5 e 2,0 metri	47%	24°	-------	17	-------	4	-----	6
Livello "C": banchi di travertino ben addensati; spessore variabile generalmente oltre 30 metri.	>60%	30°	-------	18	----------	9	39	>25

φ_k = Angolo di attrito interno (° gradi)
Cu_k = Coesione non drenata (KPa)
E_y = Modulo di Young (Mpa)
DR (%) = densità relativa
γ_k= Peso di volume naturale (KN/m^3)
Nspt = numero di colpi medio prova STP
C_k = Coesione (KPa)
E_{edk}=Modulo Edometrico (Mpa)

- In base ai risultati emersi dall'indagine svolta la categoria del suolo di fondazione risulta essere di tipo "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 Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 maggiore di 50 nei terreni a grana grossa e cu30maggiore di 250 kPa nei terreni a grana fine)".*

  Vs_{30} determinata = 570 m/sec

Stroncone, Dicembre 2014

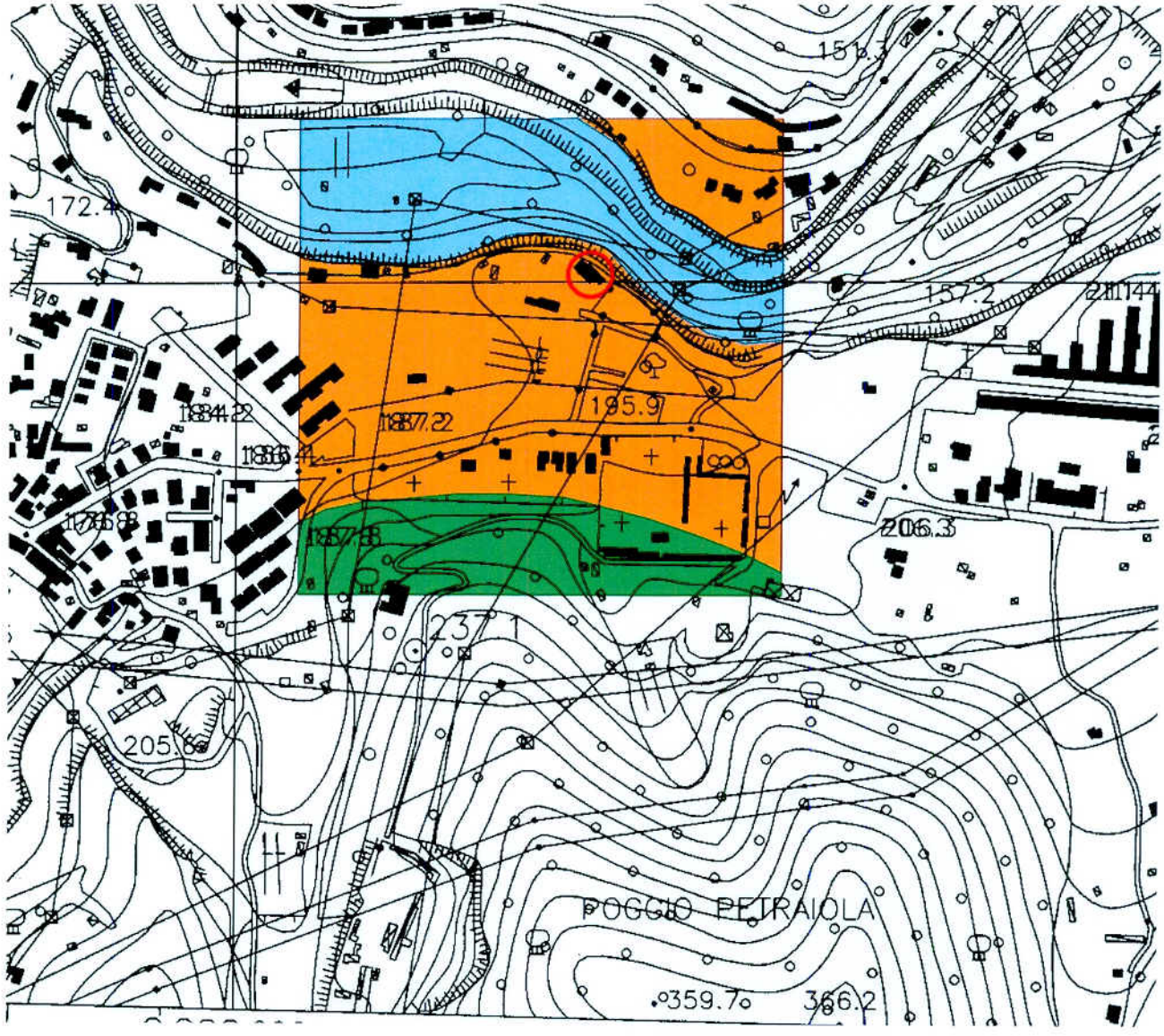
IL TECNICO
Dott. Geol. David Giammari

ORDINE DEI GEOLOGI DELLA REGIONE UMBRIA
GEOLOGO
DAVID GIAMMARI
ALBO
196

STUDIO GEOLOGICO TECNICO
Dott. Geol. David Giammari
Voc. Vascigliano di Stroncone, 43
05039 - Stroncone (TR)
Tel 0744-608230 // 335.5938774
e-mail: davidgeo@libero.it
PEC: d.giammari@epap.sicurezzapostale.it

ALLEGATI:

- CARTA LITOLOGICA
- PLANIMETRIA UBICAZIONI INDAGINI
- SONDAGGI PENETROMETRICI DINAMICI
- INDAGINE SISMICA
- DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



CARTA LITOLOGICA

Base topografica: C.T.R. Regione Umbria

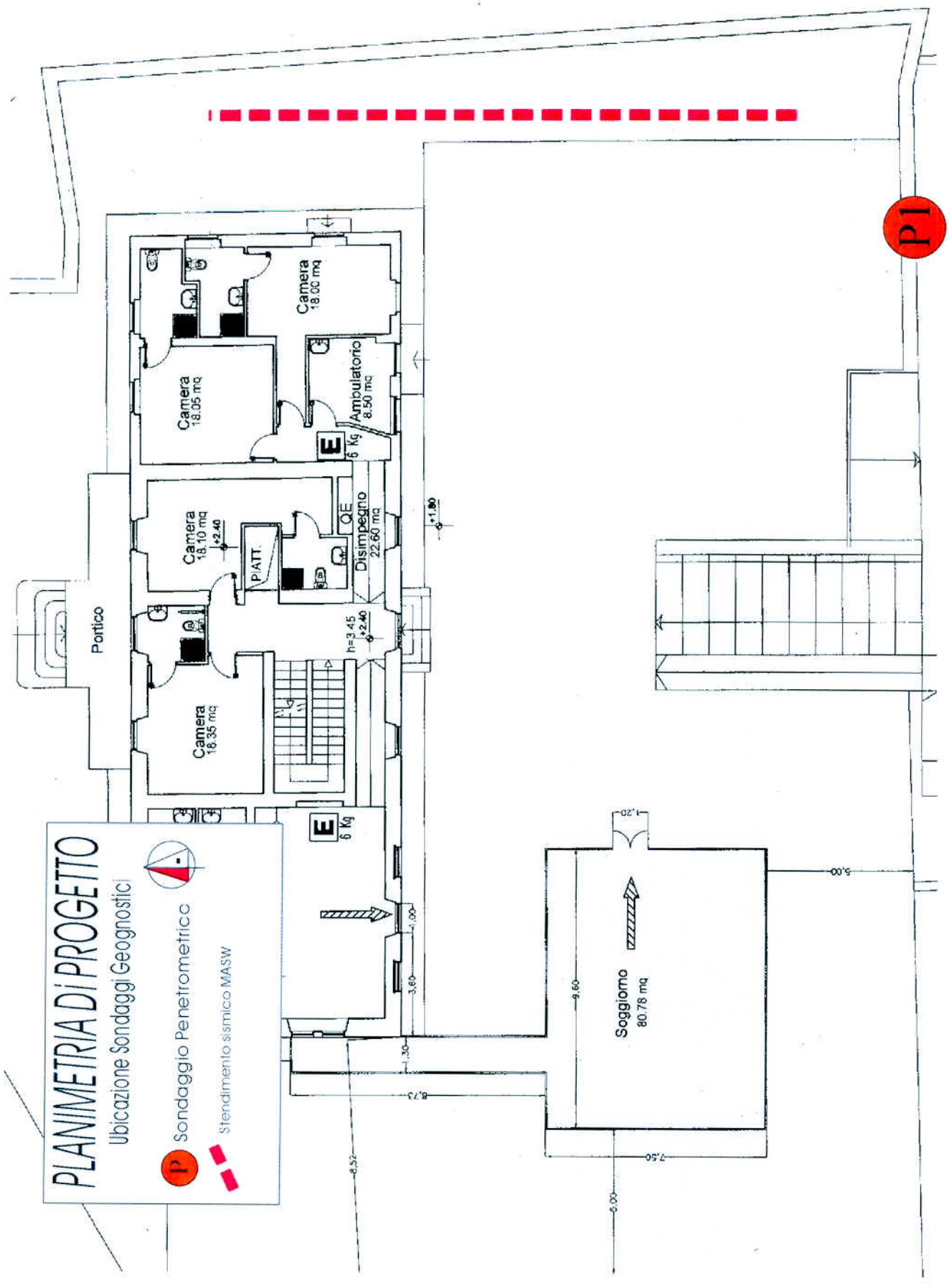
Area in esame

Depositi alluvionali (Olocene)

Depositi Travertinosi: sabbie e limi calcarei (travertini terrosi) alternati a banchi di travertini litoidi. (Pleistocene-Olocene)

Formazioni carbonatiche dell'appennino Umbro Marchigiano Sabino

SCALA 1:5.000


PLANIMETRIA DI PROGETTO
Ubicazione Sondaggi Geognostici
P Sondaggio Penetrometrico
Stendimento sismico MASW
P1
Portico
Camera 18.35 mq
Camera 18.10 mq
Camera 18.05 mq
Camera 18.00 mq
Ambulatorio 8.50 mq
Disimpegno 22.60 mq
QE
PIATT.
6 Kg
6 Kg
h=3.45
+2.40
+2.40
+1.80
Soggiorno 80.78 mq
1.20
5.00
9.60
1.00
3.60
1.30
8.73
8.52
7.50
6.00

INDAGINE SISMICA M.A.S.W.

Al fine di individuare la tipologia del suolo di fondazione secondo le nuove norme del NTC 2008 è stata eseguita un indagine sismica di tipo MASW. Lo stendimento è stato eseguito con l'utilizzo di 12 geofoni, posti con interdistanza di 1.5 m (lunghezza stesa complessiva pari a 16,5 m) con energizzazione ottenuta per mezzo di una mazza battente da 8 kg ed effettuata ad una distanza esterna alla stesa pari a 5 m.

Analisi multicanale delle onde superficiali

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva, che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh (onde che rappresentano più di due terzi dell'energia sismica totale generata nel corso di indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive), che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo (figura sotto).

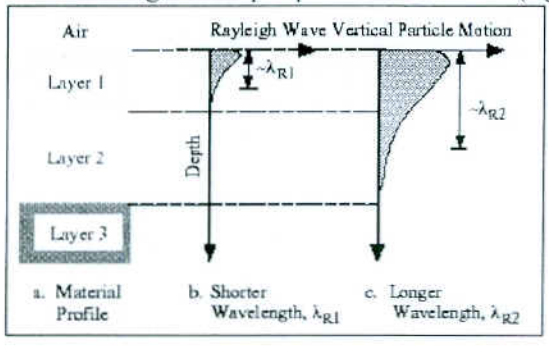


Illustrazione del concetto secondo cui onde di Rayleigh ad alta frequenza e piccola lunghezza d'onda interessano gli strati più superficiali del sito, invece a basse frequenze interessano anche gli strati più profondi.

Nel caso specifico la prova MASW e stata eseguita in modo attivo ovvero generando le onde superficiali a partire dal P.C. nel contempo misurate per mezzo sensori (geofoni) disposti lungo uno stendimento.

Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel *range* di frequenze compreso tra 5 e 100 Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30 m, in funzione della rigidezza del suolo.

L'intero processo comprende tre passi successivi (Roma, 2002):

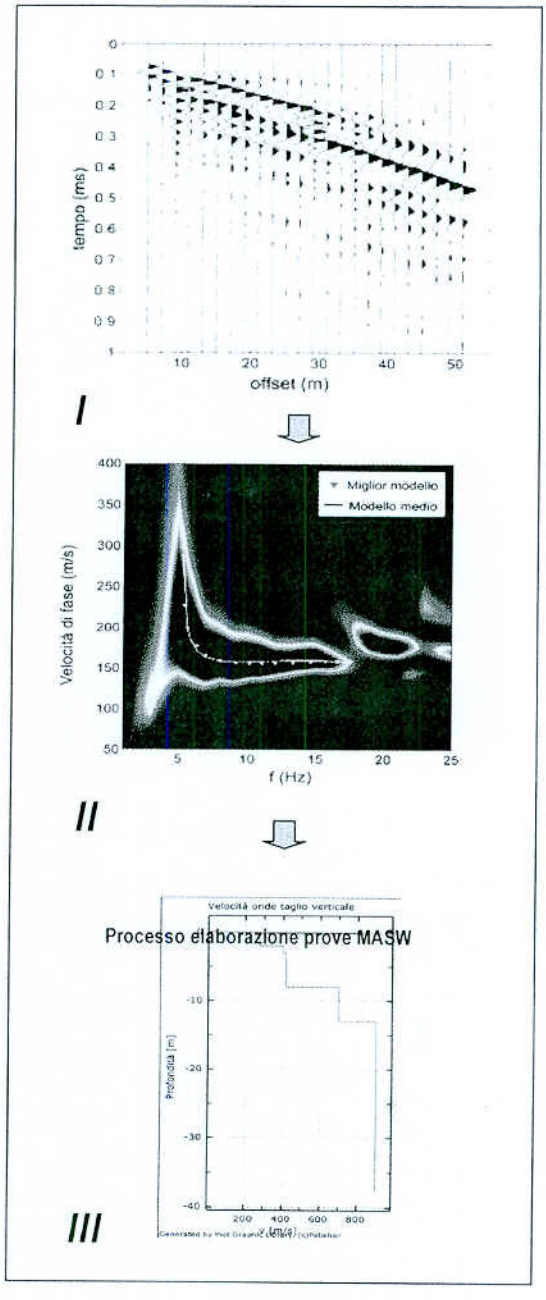
- L'acquisizione delle onde superficiali (ground roll); **(I)**
- La costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza); **(II)**
- L'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs; **(III)**

Nello specifico la terza fase consiste nel modificare opportunamente lo spessore h, le velocità delle onde di taglio Vs e di compressione Vp (o in maniera alternativa alle velocità Vp è possibile assegnare il coefficiente di Poisson u), la densità di massa r degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.

La definizione del modello geologico, e quindi il profilo di velocità delle onde di taglio verticali, che meglio descrive con le condizioni reali che si stanno investigando può essere individuato con procedura manuale, automatica o con una combinazione delle due. In questa sede si è adottata una combinazione fra la procedura automatica e quella manuale adottando il software dedicato *SURFSEYES 2*.

La strumentazione utilizzata è costituita da :

- sismografo MAE A 6000 S;
- 24 geofoni a 4.5 Hz;
- Mazza da 8 Kg;



Risultanze prova M.A.S.W.

Le risultanze della prova M.A.S.W. effettuata e i relativi elaborati grafici sono riportate fra gli allegati.

Il parametro delle Vs30 è stato calcolato utilizzando la stratigrafia delle Vs 30 ricavato dal Software *SURFSEYES 2* e applicando la seguente formula:

$$Vs_{30} = \frac{30}{\sum_{I=1,N} hi / Vi}$$ dove hi indicano lo spessore (in m);

Vi e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato i esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

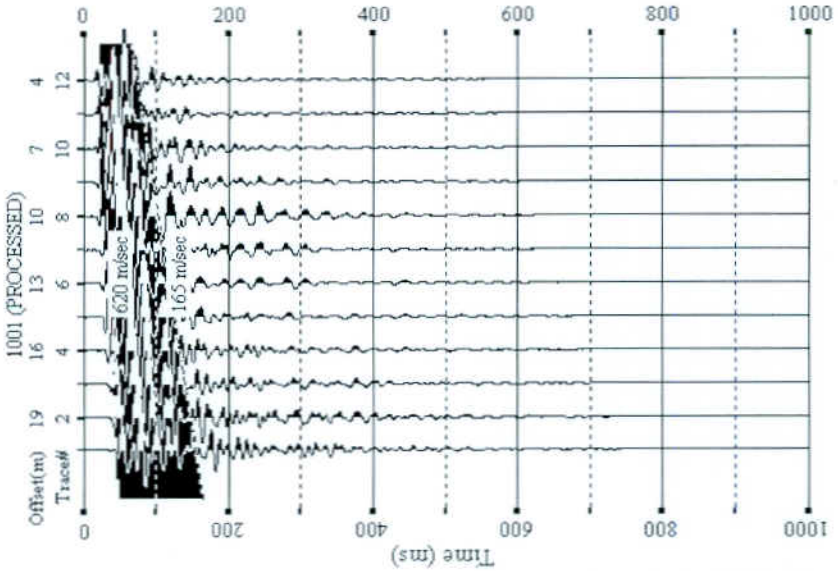
Il sito è stato poi classificato sulla base del valore di V_{S30} come riportato nella seguente tabella (OPCM 3274 e il DM 19/09/2005 e Eurocodice 8).

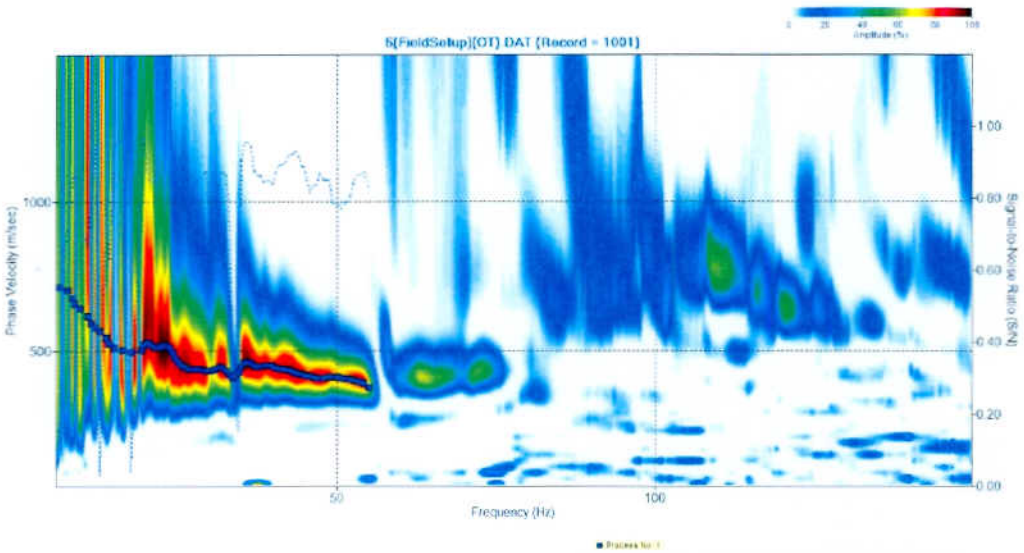
GRADO	CLASSE	VELOCITÀ SISMICA (m/s) E DESCRIZIONE DEI TERRENI
Molto buono	A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s. eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3.0 m.*
Buono	B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360m/s e 800m/s. (ovvero Nspt,30>50 nei terreni a grana grossa e cu,30>250 kPa nei terreni a grana fine).*
Discreto	**C**	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180m/s e 360m/s. (ovvero 15<Nspt,30<50 nei terreni a grana grossa e 70<cu,30<250 kPa nei terreni a grana fine).*
Sufficiente	D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180m/s (ovvero Nspt,30<15 nei terreni a grana grossa e cu,30<70 kPa nei terreni a grana fine).*
Insufficiente	E	*Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m posti sul substrato di riferimento con Vs30>800m/s.*
Molto scadente	S1	*Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10<cu,30<20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.*
Pessimo	S2	*Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.*

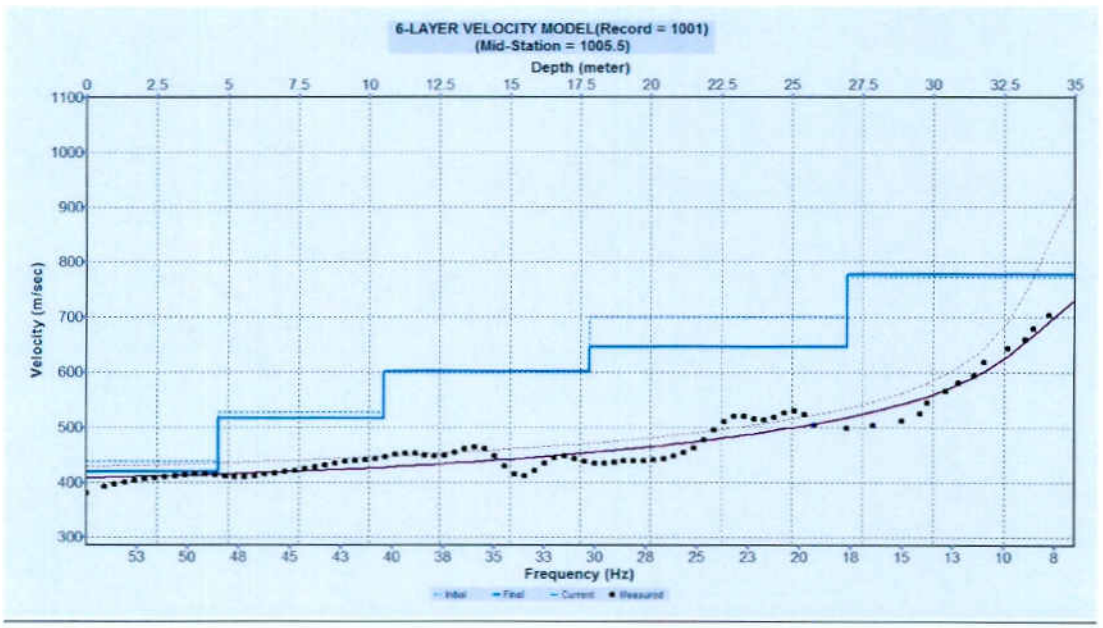
Dai risultati della prova MASW effettuata, si ottengono i valori di velocità delle onde S per i primi 30 metri:

Stesa 1 VS30 = 570 m/s

In base a questi risultati i terreni di sedime risultano di **CLASSE** B, identificati dal testo di legge come *"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 Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 maggiore di 50 nei terreni a grana grossa e cu30 maggiore di 250 kPa nei terreni a grana fine)".*


1001 (PROCESSED)
Offset(m)
Trace#
620 msec
165 msec
Time (ms)


5(FieldSetup)[OT] DAT (Record = 1001)
Phase Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)
Signal-to-Noise Ratio (S/N)


6-LAYER VELOCITY MODEL(Record = 1001)
(Mid-Station = 1005.5)
Depth (meter)
Velocity (m/sec)
Frequency (Hz)

SONDAGGI PENETROMETRICI

La prova consiste nell'infiggere un'asta a punta conica di acciaio alla profondità interessata battendo con un maglio di peso standard (30 kg) da un'altezza prestabilita (20 cm) e contando il numero di colpi necessari per far avanzare l'asta per intervalli di 10 cm (cfr. allegato). Il numero di colpi (N) permette di valutare, per l'intervallo di profondità desiderato, il valore della Resistenza dinamica alla punta (Rpd) che rappresenta il parametro geomeccanico puntuale più significativo per questa modalità d'indagine. Tramite l'utilizzo di correlazioni empiriche si stimano inoltre i parametri geotecnici del terreno, tra i quali: peso di volume (γ), angolo di attrito (φ) e coesione (c).

Le caratteristiche tecniche standard del penetrometro DL-30 sono riportate nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE TECNICHE DL – 30 (60°)

PESO MASSA BATTENTE	M	= 30.00 Kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H	= 0.20 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms	= 18.00 Kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D	= 35.70 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A	= 10.00 cm²
ANGOLO APERTURA PUNTA	α	= 60°
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La	= 1.00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma	= 6.00 Kg
PROF. GIUNZIONE 1^ ASTA	P1	= 0.80 m
AVANZAMENTO PUNTA	δ	= 0.10 m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N	= N(10) => relativo ad un avanzamento di 10 cm
RIVESTIMENTO/FANGHI	no	
ENERGIA SPECIFICA PER COLPO	Q	= (MH)/(Aδ) = 6.00 Kg/cm²
COEFF. TEORICO DI ENERGIA	βt	= Q/Qspt = 0.766
		[prova SPT : Qspt = 7.83 Kg/cm²]
		[teoricamente : Nspt = βt N]

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software.*

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Correlazione con Nspt

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi Nspt ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con Nspt. Il passaggio viene dato da:

$$Nspt = \beta_t N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Qspt è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M = peso massa battente;

M' = peso aste;

H = altezza di caduta;

A = area base punta conica;

δ = passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

$$Rpd = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

Rpd = resistenza dinamica punta (area A);
e = infissione media per colpo (δ N);
M = peso massa battente (altezza caduta H);
P = peso totale aste e sistema battuta.

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)
Prova eseguita in data 29/12/2014
Profondità prova 1.80 mt
Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.10	2	0	0.857	0.56	0.65	28.05	32.75
0.20	2	0	0.855	0.56	0.65	27.99	32.75
0.30	3	0	0.853	0.84	0.98	41.89	49.12
0.40	6	0	0.851	1.67	1.96	83.59	98.25
0.50	6	0	0.849	1.67	1.96	83.40	98.25
0.60	7	0	0.847	1.94	2.29	97.09	114.62
0.70	6	0	0.845	1.66	1.96	83.04	98.25
0.80	7	0	0.843	1.93	2.29	96.67	114.62
0.90	6	0	0.842	1.57	1.86	78.46	93.23
1.00	7	0	0.840	1.83	2.18	91.34	108.77
1.10	9	0	0.838	2.34	2.80	117.19	139.85
1.20	10	0	0.836	2.60	3.11	129.94	155.39
1.30	9	0	0.835	2.33	2.80	116.71	139.85
1.40	11	0	0.833	2.85	3.42	142.36	170.93
1.50	14	0	0.781	3.40	4.35	169.94	217.54
1.60	29	0	0.730	6.58	9.01	328.75	450.62
1.70	45	0	0.628	8.78	13.98	439.07	699.24
1.80	50	0	0.626	9.73	15.54	486.62	776.94

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

TERRENI INCOERENTI
Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Coltre d'alterazione	1.77	0.30	1.77	Gibbs & Holtz 1957	32.91
[2] - sabbia travertinosa	6.22	1.50	6.22	Gibbs & Holtz 1957	57.24
[3] - travertino litoide	31.45	1.80	31.45	Gibbs & Holtz 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Coltre d'alterazione	1.77	0.30	1.77	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	20.15
[2] - sabbia travertinosa	6.22	1.50	6.22	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	24.66
[3] - travertino litoide	31.45	1.80	31.45	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	36.72

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
[1] - Coltre d'alterazione	1.77	0.30	1.77	Terzaghi	---
[2] - sabbia travertinosa	6.22	1.50	6.22	Terzaghi	---
[3] - travertino litoide	31.45	1.80	31.45	Terzaghi	39.26

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
[1] - Coltre d'alterazione	1.77	0.30	1.77	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	3.05
[2] - sabbia travertinosa	6.22	1.50	6.22	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	3.95
[3] - travertino litoide	31.45	1.80	31.45	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	9.03

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI

[1] - Coltre d'alterazione	1.77	0.30	1.77	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - sabbia travertinosa	6.22	1.50	6.22	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[3] - travertino litoide	31.45	1.80	31.45	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (KN/m³)
[1] - Coltre d'alterazione	1.77	0.30	1.77	Meyerhof ed altri	13.63
[2] - sabbia travertinosa	6.22	1.50	6.22	Meyerhof ed altri	15.59
[3] - travertino litoide	31.45	1.80	31.45	Meyerhof ed altri	21.08

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (KN/m³)
[1] - Coltre d'alterazione	1.77	0.30	1.77	Terzaghi-Peck 1948-1967	18.34
[2] - sabbia travertinosa	6.22	1.50	6.22	Terzaghi-Peck 1948-1967	18.53
[3] - travertino litoide	31.45	1.80	31.45	Terzaghi-Peck 1948-1967	24.52

Modulo di reazione Ko

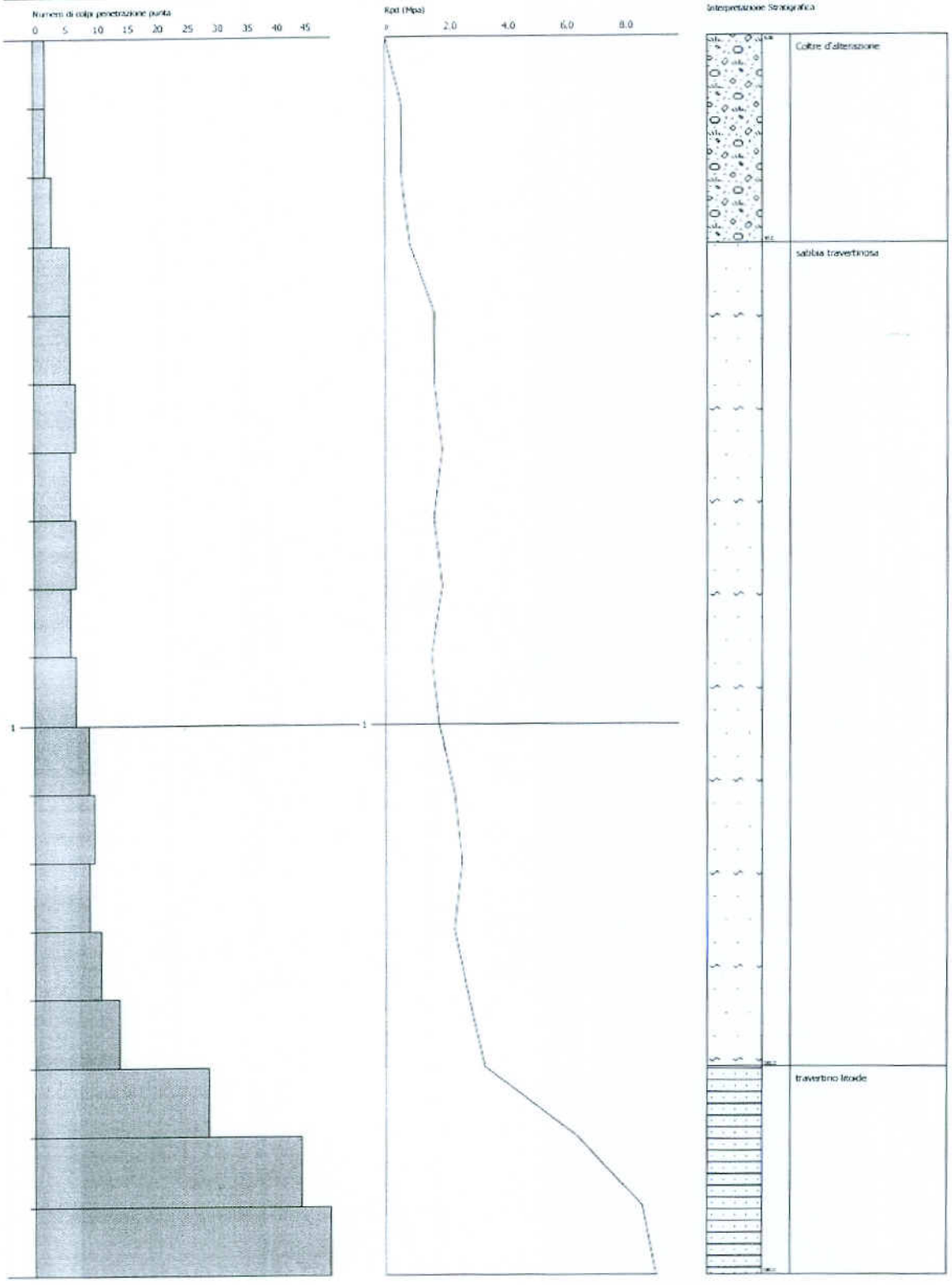
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm³)
[1] - Coltre d'alterazione	1.77	0.30	1.77	Navfac 1971-1982	0.21
[2] - sabbia travertinosa	6.22	1.50	6.22	Navfac 1971-1982	1.27
[3] - travertino litoide	31.45	1.80	31.45	Navfac 1971-1982	5.81

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Committente: SANITER srl
Cantiere: Via delle Spiange, 25
Località: Loc. Papigno, TERNI

Data: 20/02/2003

Scala 1:8



indagine penetrometrica

Indagine sismica