

REGIONE MARCHE

PROVINCIA DI PESARO URBINO

COMUNE DI FANO

OGGETTO:

**INTERVENTO DI RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA CON CAMBIO
D'USO E AUMENTO D'UNITA' IMMOBILIARI DEL
FABBRICATO, SITO IN VIA G. DA SERRAVALLE**

Progett.ne:

**STUDIO ASSOCIATO
D'INGEGNERIA
FABIO TOMBARI
STEFANO ANSUINI
Via del Teatro n.8
61032 Fano (PU)**

Proprietà:

**Sig. DIAMBRINI UMBERTO
Via Dell'Arzilla n.37
61032 Fano (PU)**

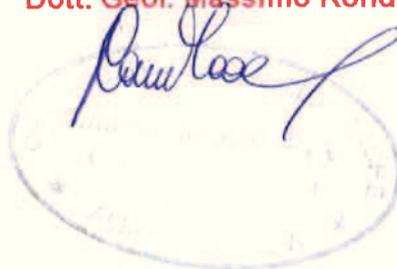
STUDIO GEOLOGICO

**Dott. Geol. MASSIMO RONDINA
Via Cimabue n.2/3 – 61030 Lucrezia (PU) - Tel. Fax 0721/899299
C.F. RNDMSM67R26D488U - P.I. 01309960415
e-mail: georondina@libero.it**

RELAZIONE GEOLOGICA

I Tecnici:

Dott. Geol. Massimo Rondina



Data:

Lucrezia li, 15 febbraio 2013

Il progettista.

Stampato su carta riciclata

Archivio: 130215

Indice

PREMESSA	3
<u>1.) RELAZIONE GEOLOGICA</u>	4
1.1.) UBICAZIONE	4
1.2.) LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI	4
1.3.) CARATTERI GEOSTRUTTURALI	5
1.4.) ORIGINE DEI TERREMOTI	5
1.5.) INDICAZIONI SULL'IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA	7
1.6.) INDAGINI ESEGUITE	8
1.7.) MODELLAZIONE GEOLOGICA	8
<u>2.) INDAGINE GEOTECNICA</u>	10
2.1.) DEFINIZIONI DELLE UNITA' LITOTECNICHE	10
2.2.) CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	11
2.3.) MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE DEL SITO	13
2.4.) RICERCA CAVITA' E RESTI MURARI NEL SOTTOSUOLO	14
2.5.) RISPOSTA SISMICA LOCALE	14
2.6.) POTENZIALI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE	17
<u>3.) CONCLUSIONI</u>	19

Allegati

Inquadramento Generale	sc.1:10.000
Carta Geologica e Geomorfologica	sc.1:5.000
Stralcio Carta delle Pericolosità Geologiche	sc.1:5.000
Stralcio Sintesi delle Pericolosità Sismiche	sc.1:5.000
Planimetria catastale con ubicazione indagini.....	sc.1:1.000
Stralcio P.A.I.	fuori scala
Calcoli parametri geotecnici	fogli n.3
Indagine sismica	fogli n.8
Indagine georadar	fogli n.9
Prove penetrometriche	fogli n. 2
Sezione stratigrafica	sc. 1:100

1.) RELAZIONE GEOLOGICA

1.1.) UBICAZIONE

L'area in studio è posta nell'abitato della città di Fano in una zona intensamente urbanizzata in dettaglio nel centro storico.

Nella carta topografica d'Italia, alla scala 1:25.000, essa occupa la parte nord della Tavoleta "FANO" Foglio 110 IV S.O.; nella Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000 la zona si ritrova nell'area nord-est della sezione 269130 Fano e nella CTR Comunale in scala 1:2.000 il sito è nel Foglio n.15.

Dal punto di vista catastale, il terreno oggetto d'intervento, si estende sul mappale n.1658, del foglio n.141, del Comune di Fano (PU).

Il sito geograficamente è ubicato in corrispondenza delle coordinate geografiche: latitudine 43°50'30,51" e longitudine 13°01'00,66", rilevate tramite GPS.

1.2.) LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI

La zona d'intervento è ubicata in corrispondenza delle alluvioni del III ordine.

L'area è ubicata nella città di Fano in una zona totalmente urbanizzata, nel centro storico, ad una distanza di ca. 820m dalla linea di costa.

Lo sviluppo dell'area avviene a una quota altimetrica di circa 14,5m s.l.m. in un areale totalmente pianeggiante.

In senso lato intorno all'area d'intervento sono presenti delle pendenze che oscillano tra lo 0,3-0,4% e zone totalmente pianeggianti con clivometria dello 0%, contribuiscono a creare un assetto omogeneo del territorio da un punto di vista morfologico.

Questo assetto morfologico della zona in esame fa sì che non sono rilevabili fenomeni gravitativi, essendo in un contesto urbano, la maggior parte delle superfici risultano essere antropizzate.

In dettaglio nell'area d'intervento non sono stati rilevati fenomeni franosi, non si osservano degradazioni e particolari forme d'erosione che possono interferire su eventuali progetti edilizi.

Si evidenzia che per fronteggiare situazioni atmosferiche intense si consiglia di eseguire idonee reti di raccolta e convogliamento delle acque piovane al fine di controllare fenomeni di ristagno e allagamento temporaneo.

Dall'esame della cartografia ufficiale, dai rilievi svolti, emerge che la zona in particolare è geologicamente caratterizzata da sedimenti alluvionali argillosi e ghiaiosi, talora parzialmente sabbiosi, depositi durante il Pleistocene medio-superiore.

Si sottolinea la presenza di un corso d'acqua artificiale denominato "Canale Albani" che scorre in direzione nord ad una distanza di ca. 400m dall'edificio in oggetto.

Il corso d'acqua scorre all'interno di sponde artificiali a luoghi in cemento armato, con regime idrico regolato e dopo ca. 1Km sfocia nel porto della città.

Per le sue caratteristiche idrologiche e dalla clivometria del luogo, il corso d'acqua non presenta un pericolo dal punto di vista delle esondazioni.

Tale situazione è stata desunta da sopralluoghi effettuati sull'area e avvalorata dalla presa visione della "Carta del Rischio Idrogeologico" (PAI) redatta dalla Regione Marche dalla quale si sottolinea l'assenza di potenziali movimenti franosi sulla zona e sulle aree limitrofe, evidenziando dunque un quadro morfologico non a rischio (vedi allegato).

1.3.) CARATTERI GEOSTRUTTURALI

L'area di studio geologicamente è situata nell'asse vallivo della valle del Fiume Metauro, in prossimità della zona costiera.

Durante la fase principale dell'orogenesi appenninica tutta l'area marchigiana è stata coinvolta nella tettonogenesi appenninica con conseguente formazione di alti strutturali con anticlinali bordate ad oriente da faglie inverse.

I caratteri geologico-strutturali generali evidenziati nella zona, rispecchiano l'andamento di carattere regionale, evidenziando un susseguirsi di anticlinali ampie e sinclinali strutture formatesi dalla spinta orogenetica appenninica verso la zona adriatica.

Le strutture geologiche a carattere regionale hanno il classico andamento appenninico NO-SE con presenza di faglie e diaclasi.

In dettaglio della bibliografia scientifica, nell'area non sono presenti segni evidenti di dislocazioni recenti o attuali che potrebbero influenzare le strutture in progetto.

Strutturalmente il sito si colloca nel bacino marchigiano esterno, nella zona costiera.

Tutto il territorio del Comune di Fano è classificato fino al 1984 dal D.M. 10.02.1983, come zona a grado di sismicità $S=9$, nel GdL del 1998 era indicato come territorio di seconda categoria.

Dalla nuova classificazione sismica del 2003 il Comune di Fano fa parte della Zona 2, rispecchiando quindi le catalogazioni vigenti in precedenza.

La suddivisione in zone sismiche è effettuata in base al diverso valore del parametro di accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo, il valore di a_g per la Zona 2 è pari 0,25g e perciò con livello di pericolosità medio.

Da un punto di vista macrosismico, in relazione alla zonazione ZS9, il sito è compreso nella Zona sismotettonica n.917, con magnitudo attesa di 4,9, classe di profondità 5-8km e in base alla mappa di pericolosità del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima al suolo (OPCM n. 3519 del 2006) tra 0,175-0,200.

1.4.) ORIGINE DEI TERREMOTI

L'areale d'interesse ricade nelle parte settentrionale della Regione Marche all'interno della Provincia di Pesaro-Urbino.

Dal punto di sismico tutta l'area è geologicamente giovane e si può considerare ai margini di una "mini zolla" dell'Appennino comprendente parte dell'Adriatico.

Le caratteristiche sismotettoniche della penisola italiana dipendono dalla struttura geologica attuale della crosta terrestre, dall'evoluzione cinematica della crosta stessa negli ultimi milioni di anni, dalla sismicità storica e recente.

Su di esso si basano, tra l'altro, i più moderni studi di zonazione sismica del territorio nazionale.

Le principali strutture geologiche della penisola italiana si possono raggruppare nel bacino estensionale del Tirreno in posizione di retroarco, la catena appenninica e l'avampaese padano-adriatico-ionico-siciliano sul cui margine interno sono sovrascorse le unità tettoniche che formano l'edificio appenninico.

Nell'ottica del modello sismotettonico della penisola italiana sopra descritto (Scandone et al., 1990; GNDT, 1998c), il bacino del Metauro attraversa più zone sismogenetiche.

Queste ultime sono tutte legate al margine interno della piastra padano-adriatico-ionica in subduzione sotto la catena appenninica.

L'area costiera metaurense è quindi collocata in una zona della penisola italiana nella quale i processi endogeni (le forze tettoniche) sono in piena attività e tendono incessantemente a modellare "dall'interno" la crosta terrestre e la sua superficie topografica.

Relativamente ad altre zone d'Italia, si può dire che il tasso di attività sismotettonica locale, quindi l'entità dei fenomeni geologici che ne derivano, risulta essere di medio grado.

Gli effetti più vistosi di questa attività sismotettonica locale sono: i terremoti grandi e piccoli che si verificano in queste zone.

Le strutture morfo-neotettoniche rilevabili su grande scala sono i rilievi montuosi geologicamente giovani, le superfici topografiche relitte, gli alvei di corsi d'acqua ringiovaniti e deviati, i lineamenti neotettonici superficiali, ecc. (Cencetti, 1988; Nesci et al., 1978).

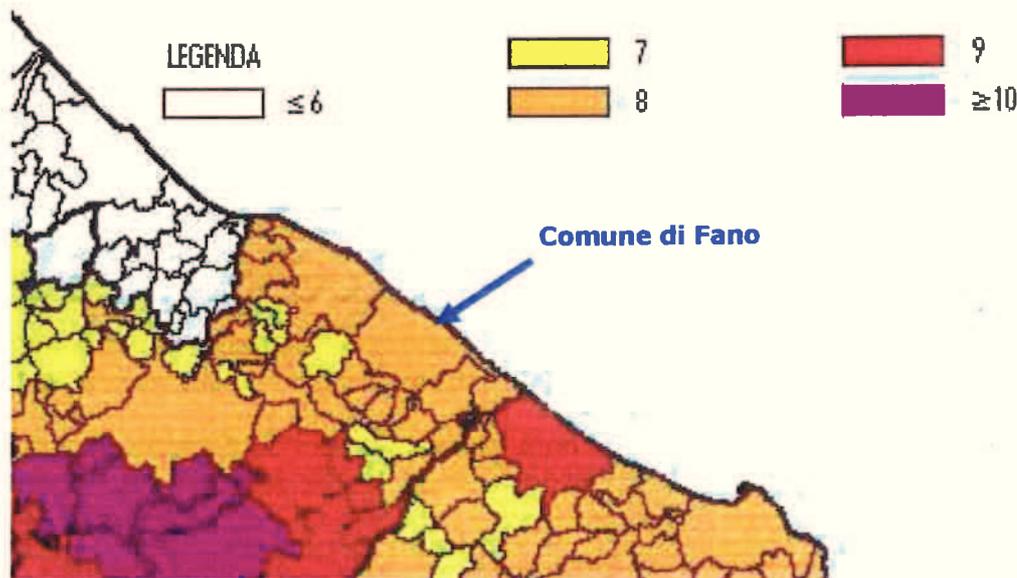
Per quanto concerne la pericolosità sismica della zona costiera del Bacino del Metauro in base alle informazioni raccolte sulla sismotettonica e sulla sismicità storica e recente, le caratteristiche della pericolosità sismica di questa zona possono essere riassunte nei seguenti punti:

- Il bacino è collocato nel contesto sismotettonico dell'Appennino centro settentrionale, all'interno di zone caratterizzate da un potenziale sismogenetico di medio grado rispetto al resto della penisola italiana.
- Relativamente agli ultimi 1000 anni non esiste documentazione di terremoti disastrosi che abbiano avuto epicentro nella zona del Metauro. In tale zona è comunque presente un'incessante attività sismica di medio grado, caratterizzata da terremoti di media e piccola magnitudo, pochi dei quali producono gravi effetti macrosismici sul territorio e sulle opere dell'uomo.
- La zona costiera ha comunque risentito molte volte in passato gli effetti di forti terremoti con epicentro in zone limitrofe o distanti. Data la distanza dall'epicentro, gli effetti sulle località metaurensi sono sempre stati di entità limitata e diffusi su aree ristrette.
- Gli epicentri dei principali terremoti che hanno colpito la zona costiera si collocano in più zone sismogenetiche: la fascia che si estende lungo il nucleo della catena appenninica umbro-marchigiana, la costa romagnola e la costa marchigiana settentrionale.
- Sono maggiormente esposte a questi terremoti le località metaurensi più vicine al nucleo della catena appenninica e quelle a ridosso della costa adriatica. Sono invece meno esposte ad essi le località collocate lungo il medio corso del fiume, perché poste a debita distanza da entrambe le fasce sismogenetiche.

Si può quindi concludere che il bacino del Metauro è caratterizzato da un livello di pericolosità sismica variabile lungo la valle.

Esso dipende prevalentemente dall'attività sismica di zone esterne o ai limiti del bacino, ed è (relativamente alla penisola italiana) medio-alto entro la catena appenninica, medio a ridosso della costa adriatica e medio-basso nella sua porzione intermedia.

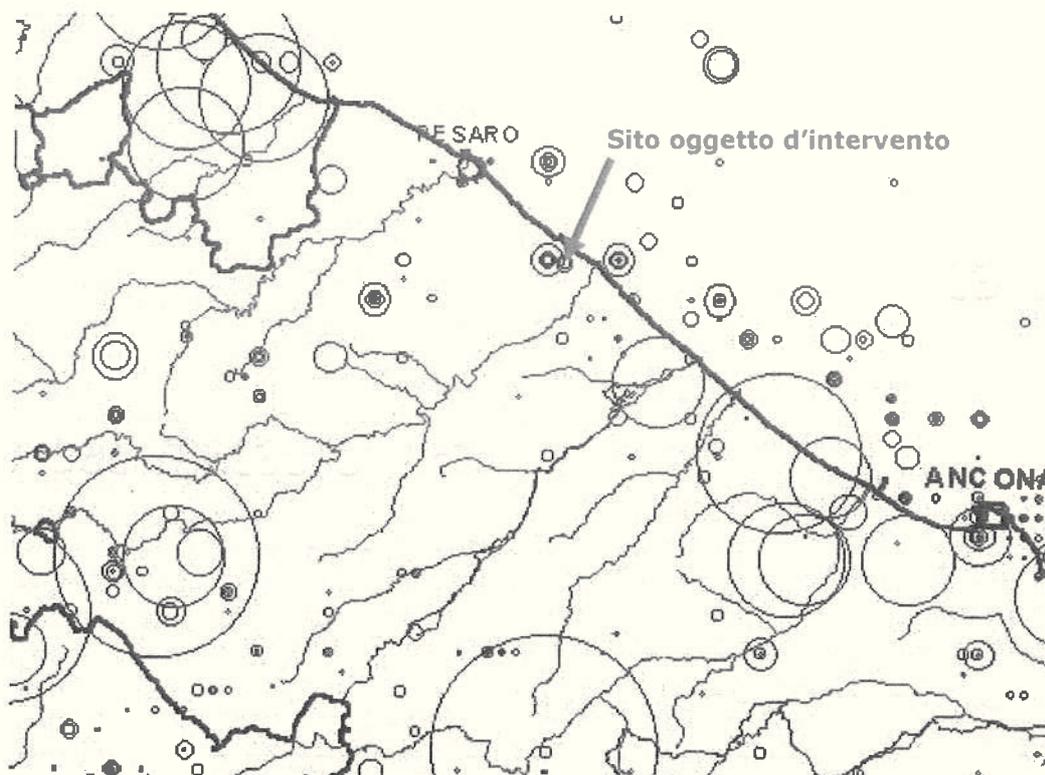
Tutti i Comuni della zona del Metauro, come quasi tutti i Comuni delle Marche e delle zone limitrofe, sono stati classificati, come detto in precedenza, in base alla normativa vigente, come zone sismiche di seconda categoria, cioè caratterizzate da una pericolosità sismica di medio grado rispetto alla penisola italiana.



Massime intensità risentite nelle Marche negli ultimi 1000 anni. La figura è stata tratta da SSN (1997).

Qui sotto viene riportata una mappa degli epicentri dei principali terremoti nella zona del Metauro, descritti in uno dei più recenti e aggiornati cataloghi sismici disponibili per la penisola italiana (GNDT, 1998a).

Sono stati inclusi per brevità solo i terremoti con intensità maggiore o uguale al VI grado MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg), cioè quelli che producono danni permanenti sulle opere dell'Uomo.



Mappa dei terremoti registrati nell'area del Metauro negli ultimi 1000 anni. Ogni terremoto è rappresentato da un cerchio centrato sull'epicentro del sisma e raggio proporzionale alla sua magnitudo. I dati sono stati tratti dai principali cataloghi sismici nazionali (PFG, 1985; ING, 1997; GNDT, 1998a)

Gian Luca Patrignani

1.5.) INDICAZIONI SULL'IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA

Il sito in esame si rinviene nel centro storico dell'abitato della città di Fano ove l'urbanizzazione è intensamente sviluppata con presenza di edifici storici, in tale contesto è presente la rete fognaria di deflusso delle acque meteoriche.

In dettaglio quindi nei pressi dell'area non si rilevano corsi d'acqua naturali, se non alla distanza di ca. 400m si rileva la presenza del "Canale Albani", corso d'acqua artificiale, il cui deflusso è controllato da una chiusa e che dopo ca. 1Km sfocia nel litorale fanese.

Il corso d'acqua per ubicazione e assetto idrologico non interagisce con la zona in oggetto

Quindi l'idrografia superficiale della zona è ben definita e poco complessa.

Da un punto di vista idrogeologico i terreni alluvionali, per la loro collocazione morfologica, per il loro spessore e in rapporto alla loro granulometria costituiscono la struttura di acquiferi per porosità primaria.

Il substrato litoide argilloso marmoso limoso (non raggiunto dalle indagini geotecniche) costituisce la base impermeabile della sede di circolazione idrica dei depositi alluvionali, nelle componenti più permeabili.

In relazione alla pendenza topografica e alla copertura urbana, le piogge che cadono sul terreno vengono intercettate dalla rete fognaria comunale.

Si sottolinea come durante le prove di investigazione non è stata rilevata la presenza di falda idrica, ma dalla consultazione di lavori svolti nell'area e da dati bibliografici si può attestare che la falda si possa rinvenire a ca. 11m dal p.c..

Il livello piezometrico della falda può essere soggetto a variazioni stagionali con massimo livello nel periodo primaverile e minimo nel mese di settembre.

Si evidenzia come in relazione alla sistemazione del sito e delle aree limitrofe non esistono problemi in relazione al deflusso delle acque, si consiglia comunque di regolare il deflusso delle acque meteoriche evitando il ruscellamento all'interno dell'area e l'infiltrazione nelle immediate vicinanze delle fondazioni.

1.6.) INDAGINI ESEGUITE

Con il presente lavoro s'intende studiare, dal punto di vista geotecnico, un terreno destinato a ricevere un intervento edilizio che mira alla ristrutturazione di un edificio esistente.

In base a quanto stabilito dal D.M. 14 gennaio 2008 per questa tipologia di costruzione in considerazione che si tratta di un intervento di ristrutturazione in una zona ampiamente urbanizzata e abbastanza conosciuta da un punto di vista geotecnico per effettuare la modellazione geotecnica ci si può basare su dati bibliografici e indagini dirette in sito.

Al fine di poter disporre degli elementi utili alla progettazione della ristrutturazione si è predisposto un programma d'indagini geognostiche di verifica puntuali e areali.

Tali indagini in sito hanno permesso la determinazione dei valori caratteristici delle grandezze fisiche e meccaniche dei terreni interessati dalle fondazioni e la costruzione del modello geotecnico del sito con definizione dello schema stratigrafico, del regime delle pressioni interstiziali, della caratterizzazione fisico meccanica dei terreni d'interesse e della presenza di cavità o resti murari nel sottosuolo.

In particolare si è provveduto ad eseguire n.2 prove Penetrometriche Statiche, tramite Penetrometro Statico semovente tipo Pagani con spinta di 20 ton., punta Begeman e manicotto laterale con superficie 150cm².

Le prove hanno raggiunto le seguenti profondità: CPT1=-10,8m e CPT2=-10,8m raggiungendo in entrambe il livello di ghiaie sabbiose.

E' stata eseguita, un'indagine di sismica passiva con stazione singola (HVSr) al fine di stimare il profilo della velocità delle onde di taglio (V_{s30}), avente dei sensori triassiali con orientamento NS-EW e verticali da 4,5Hz.

Questo tipo d'indagine ha dato la possibilità di acquisire il comportamento del terreno sotto l'azione di microtremiti dalla durata di 20', tale indagine è stata preferita all'esecuzione di una MASW sia in relazione alla tipologia dell'intervento (trattandosi di ristrutturazione di un edificio esistente) sia alla buona conoscenza del sottosuolo del sito.

E' stata inoltre eseguita una prova geofisica mediante l'utilizzo di un Georadar per la ricerca di eventuali cavità e resti murari in considerazione della storia del sito con acquisizione del segnale di qualità con un'antenna a frequenza di 300Hz e raggiungendo la profondità di circa 3,5m dal p.c..

Le indagini condotte direttamente, le informazioni raccolte e i dati bibliografici, forniscono un quadro sufficientemente circostanziato per quanto attiene la situazione stratigrafica del sottosuolo di volume significativo del terreno.

1.7.) MODELLAZIONE GEOLOGICA

Le indagini svolte, i dati bibliografici permettono una ricostruzione del modello geologico del sito in modo sufficientemente approfondito in relazione alla tipologia d'intervento in progetto, consentono d'inquadrare i problemi geotecnici specifici del sito e di definire il programma delle indagini geotecniche d'approfondimento e di dettaglio.

In conclusione il sito presenta un modello geologico rappresentato da una coltre di terreno rimaneggiato di riporto artificiale che sovrasta dei sedimenti di spiaggia al di sotto dei quali vi è un potente deposito alluvionale che poggiano su un substrato litoide pliocenico.

La circolazione idrica sotterranea avviene nei depositi alluvionali, nelle lenti ghiaioso sabbiose.

Da dati bibliografici e lavori precedentemente svolti, il livello piezometrico della falda si attesta alla quota di ca. -11m dal p.c. perciò non sono prevedibili interferenze con eventuali fondazioni superficiali.

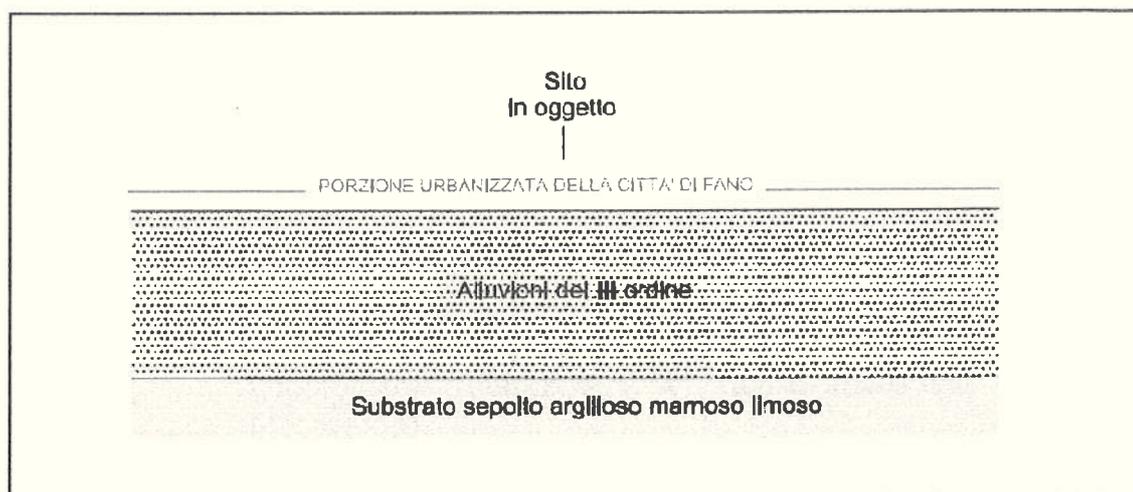
Da un punto di vista geomorfologico il sito è posto in una superficie pianeggiante.

L'area è caratterizzata da pendenze topografiche pianeggianti dell'ordine del 1%, dall'assenza di fenomeni gravitativi nelle vicinanze, dalla semplicità della successione stratigrafica del sottosuolo e dalla mancanza di elementi tettonici particolari e significativi.

Da un punto di vista geomorfologico non sono presenti elementi caratteristici che possono essere ritenuti pericolosi rispetto le aree circostanti.

In conclusione si può ritenere che la pericolosità geologica del sito è bassa.

SCHEMA MODELLO GEOLOGICO (fuori scala)



2.) INDAGINE GEOTECNICA

2.1.) DEFINIZIONI DELLE UNITA' LITOTECNICHE

I sondaggi eseguiti hanno messo in luce, dal p.c. fino alla quota di 0,4m di profondità, un livello di ghiaie (stabilizzato) che poggia su di un terreno rimaneggiato fino alle profondità di 2,6÷3,4m dal p.c..

Al di sotto di tale profondità si rinvencono depositi di spiaggia costituiti da un'alternanza di livelli sottili di argille limose e sabbie limose- sabbie ghiaiose con lenti di argille organiche fino alla profondità variabile di 6,6m dal p.c..

Tali depositi giacciono su dei sedimenti alluvionali formati da argille limose e argille sabbioso limose che si protrae fino alla profondità di 10,2m dal p.c..

Succeŝivamente si rinvencono depositi grossolani, costituiti da ghiaie sabbiose.

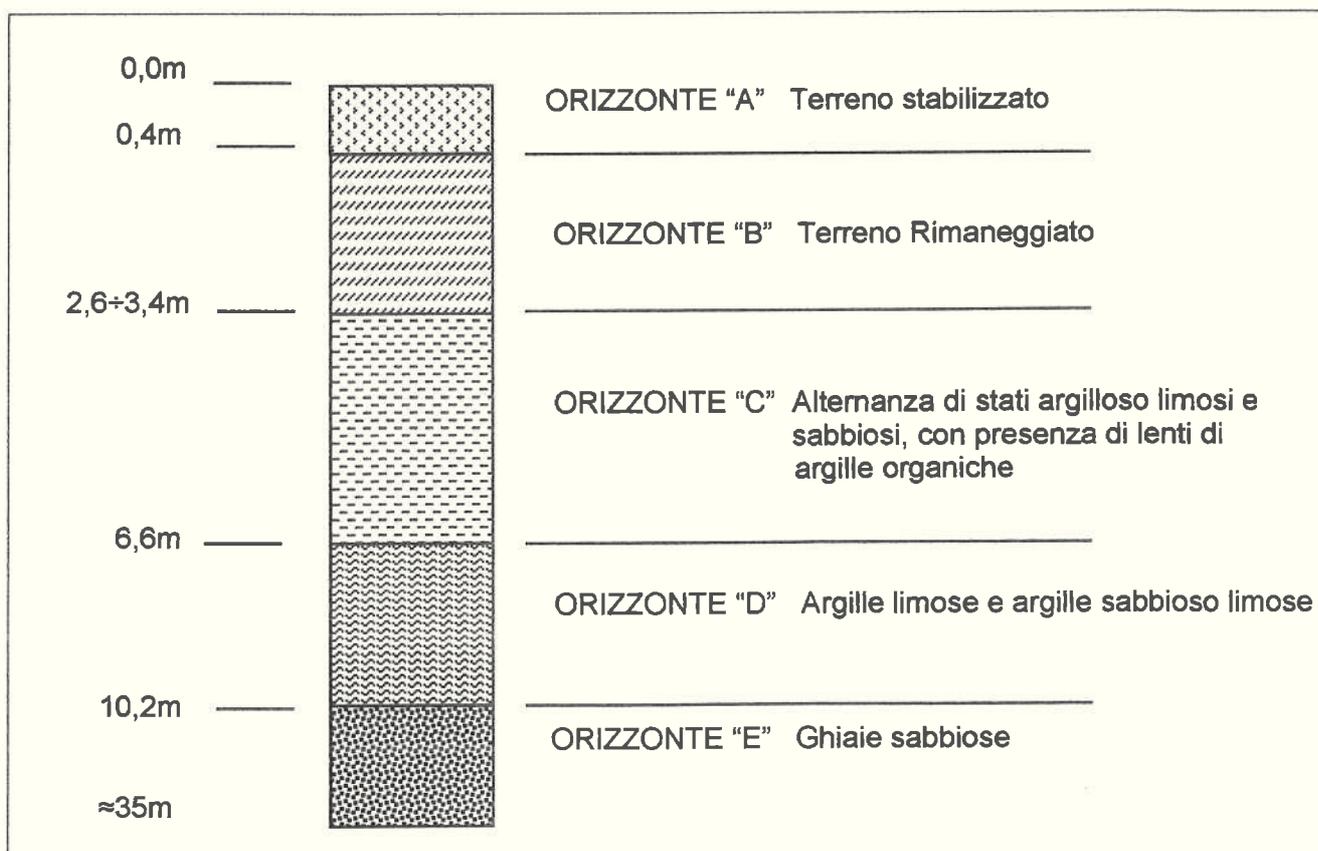
Le ghiaie sabbiose alluvionali presentano uno spessore notevole e poggiano sul substrato litoide argilloso mamoso a profondità di ca. 35m dal p.c. (non raggiunto dalle perforazioni).

Durante l'esecuzione degli accertamenti si è avuto modo di rilevare che il sottosuolo è caratterizzato da una giacitura sub-orizzontale con distribuzione omogenea e anisotropa.

Le indagini condotte, non hanno rilevato la presenza del livello piezometrico della falda, che comunque si ritiene essere presente alla profondità di ca. 11m dal piano di calpestio attuale.

Di conseguenza non si presenteranno interferenze (presenza di sovrappressioni) con la capacità portante del terreno di fondazione nel caso di utilizzo di fondazioni superficiali, mentre nel caso di fondazioni profonde trattandosi di terreni grossolani (ghiaie) non si evidenziano variazioni significative delle pressioni interstiziali all'interno dei terreni ghiaiosi.

La successione stratigrafica del luogo, derivante globalmente dalle indagini geognostiche effettuate, è schematizzata nella figura che segue:



2.2.) CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

I terreni formanti il sottosuolo, descritti nel capitolo precedente, evidenziano una stratigrafia omogenea e anisotropa.

Si riportano di seguito i vari parametri fisici e geomeccanici valutati tramite prove dirette in sito e da dati bibliografici svolti nell'area in terreni similari.

Superficialmente vi è un terreno di riporto ghiaioso "stabilizzato" (orizzonte "A"), al disotto si rinviene un terreno rimaneggiato argilloso (orizzonte "B") che giace su depositi di spiaggia, a granulometria variabile, caratterizzata da un'alternanza di sottili livelli di argille limose e sabbie limose.

A profondità superiori vi sono i depositi alluvionali costituiti da argille limose e argille sabbioso limose (orizzonte "C") che passano in profondità a ghiaie sabbiose (orizzonte "D").

Queste ultime sovrastano il substrato litoide (orizzonte "E") costituito da argille mamose sovraconsolidate e stratificate (Formazione Argille azzurre).

I terreni che costituiscono la parte superficiale del sottosuolo sono rimaneggiati (orizzonte "B") di non chiara origine (probabilmente antropica), sono terreni fini a comportamento coesivo, hanno uno stato di consistenza soffice, sono facilmente compressibili, parametri geotecnici scarsi, non sono soggetti a fenomeni di liquefazione e danno una risposta a eventi sismici di tipo plastico.

I terreni che costituiscono i depositi di spiaggia (orizzonte "C") sono un'alternanza di livelli sottili di argille limose e argille sabbioso limose con sabbie limose, sabbie limoso argillose e sabbie, hanno rispettivamente comportamento coesivo e granulare, i livelli coesivi possiedono uno stato di consistenza addensamento denso e molto denso, sono praticamente incompressibili, non sono soggetti a fenomeni di liquefazione e danno una risposta ad eventi sismici di tipo plastico.

Il substrato litoide argilloso mamoso (orizzonte "E") di natura litoide, è notevolmente sovraconsolidato e non rappresenta un substrato rigido di riferimento.

Da un punto di vista geotecnico, nell'area, si possono distinguere fino a n.4 unità a comportamento differenziato come di seguito riportato.

Nella tabella sono indicati i valori di resistenza non drenata, l'angolo di resistenza al taglio, numero colpi prova standard penetration test degli orizzonti di terreno che formano la successione stratigrafica del modello geotecnico del sottosuolo del sito.

Per la valutazione dei parametri caratteristici si riportano di seguito i valori disaggregati dei parametri geotecnici delle singole verticali d'ispezione per ogni singoli strati di terreno, ricavati dalle prove CPT eseguite in sito.

CPT1					
Unità geotecnica	Profondità base strato m	Resistenza di punta Q_c kg/cm ²	Numero colpi N_{SPT}	Resistenza non drenata C_u kg/cm ²	Angolo res. al taglio φ°
Terreno stabilizzato	0,4	43	10	--	--
Terreno rimaneggiato con presenza di argille organiche	2,6	11,54	6	0,51	--
Argille limose	2,8	16,0	--	0,8	--
Sabbie limose	3,0	20	5	--	25
Argille limose	3,2	21	--	1,05	--
Sabbie limose	3,4	38	10	--	28
Argille limose	3,8	16	--	0,8	--
Sabbie limose	4,4	34	8	--	28
Argille organiche	4,8	11,0	--	0,5	--
Argille limose	5,0	16	--	0,8	--
Sabbie limose	5,4	41,5	10	--	28
Argille limose	6,2	16,75	--	0,83	--
Sabbie limose	6,6	46,5	11	--	28
Argille limose e argille sabbioso limose	10,2	27,77	--	1,39	--
Ghiaie sabbiose	~35	369,33	56	--	47

CPT2					
Unità geotecnica	Profondità base strato m	Resistenza di punta Q_c kg/cm ²	Numero colpi N_{SPT}	Resistenza non drenata C_u kg/cm ²	Angolo res. al taglio φ°
Terreno stabilizzato	0,4	44	11	--	--
Terreno rimaneggiato con presenza di argille organiche	3,4	14,93	--	0,74	--
Argille limose	3,6	15	--	0,75	--
Sabbie limose	3,8	22	5	--	25
Argille organiche	4,2	7,5	--	0,37	--
Sabbie ghiaiose	4,8	193,66	42	--	48
Argille limose	5,2	17,5	--	0,87	--
Sabbie limose	5,6	50,5	12	--	32
Argille limose	6,2	16,33	--	0,81	--
Sabbie limose	6,6	46,5	11	--	35
Argille limose e argille sabbioso limose	10,2	35,38	--	1,26	--
Ghiaie sabbiose	≈35	301	27	--	32

Da un'analisi aritmetica si possono desumere i seguenti valori medi dei singoli parametri geotecnici per ogni unità geotecnica.

Unità geotecnica	Profondità base strato m	Numero colpi N_{SPT}	Resistenza non drenata C_u kg/cm ²	Angolo di resistenza al taglio φ°
Terreno di riporto "stabilizzato"	0,4	10	--	35-
Terreno rimaneggiato con presenza di argille organiche	2,6-3,4	6	0,62	--
Livelli di Argille limose	6,2	--	0,83	--
Livelli di Sabbie limose	6,6	9	--	28
Lenti di Argille organiche	4,2-4,8	--	0,43	--
Argille limose e argille sabbioso limose	10,2	--	1,32	--
Ghiaie sabbiose	>30	41	--	39

Per la determinazione dei parametri caratteristici geotecnici dei terreni si può adottare, in relazione al numero di parametri misurati in sito, un'analisi probabilistica, attraverso l'uso dei *quantili*.

Si può suddividere un distribuzione ordinata di dati in un determinato numero di distribuzioni parziali, ciascuna delle quali può essere genericamente detta quantile.

Il 5° percentile rappresenta il limite superiore di quella parte della distribuzione totale di dati che ne racchiude il 5%, mentre la distribuzione rimanente ne contiene il 95%.

L'uso dei percentili serve a individuare con quale probabilità il valore è rappresentativo e caratteristico di una determinata unità geotecnica.

Il valore del 5° percentile equivale ad assumere come ipotesi che vi è il 5% di probabilità di avere valori di un dato parametro geotecnico inferiore o uguale al valore del 5° percentile, o, allo stesso modo, di avere il 95% di probabilità che questo valore sia maggiore.

Quindi si terrà conto di ciascun valore minimo medio rilevato nelle due prove in ogni unità geotecnica.

Unità geotecnica	Profondità base strato m	Resistenza non drenata C_u kg/cm ²	Angolo di resistenza al taglio φ°
Terreno di riporto "stabilizzato"	0,4	--	--
Terreno rimaneggiato con presenza di argille organiche	2,0-2,6	0,22	--
Depositi argillosi limosi e sabbioso limosi con lenti di argille organiche	6,6	0,35	25*
Argille limose e argille sabbioso limose	10,2	0,91	--
Ghiaie sabbiose	≈35	--	27*

* Per motivi cautelativi dove non è stato possibile, il calcolo del percentile è stato riportato il valore rilevato più basso.

Le caratteristiche geomeccaniche dei vari orizzonti di terreno, ottenute in sito e dalla bibliografia, inquadrano in maniera attendibile le peculiarità fisiche degli stessi e forniscono una sufficiente ricostruzione del modello geotecnico del sito.

2.3.) MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE DEL SITO

Le caratteristiche geomeccaniche dei vari orizzonti di terreno, ottenute in sito e dalla bibliografia, inquadrano in maniera attendibile le peculiarità fisiche degli stessi e forniscono una sufficiente ricostruzione del modello geotecnico del sito.

Il modello geotecnico del sito in relazione al progetto edilizio è stato ampiamente descritto nei paragrafi che precedono e può essere schematizzato da n.4 unità geotecniche, con diverso comportamento geomeccanico e sismico:

- Terreno rimaneggiato costituiti da argille limose, argille sabbioso limose e argille organiche a comportamento coesivo, stato di consistenza soffice, con parametri geotecnici mediocri fino a 2,6÷3,4m di profondità dal piano campagna attuale;
- Depositi di alluvionali e di spiaggia costituiti da argille limose, sabbie limose, sabbie ghiaiose e lenti di argille organiche a comportamento rispettivamente coesivo e granulare, stato di addensamento sciolto, stato di consistenza plastico, con parametri geotecnici medio bassi, fino a profondità di 6,6m;
- Depositi alluvionali formati da argille limose e argille sabbioso limose aventi un comportamento coesivo, stato di consistenza compatto, mediamente compressibili fino alla profondità di 10,2m;
- Depositi alluvionali prevalentemente grossolani formati da ghiaie sabbiose con buoni parametri geotecnici, con stato di addensamento denso fino alla profondità di ca. 35m talora con lenti di argillose di ridotto spessore;
- Substrato argilloso mamoso sovraconsolidato e stratificato avente uno spessore maggiore di 200m e comportamento geomeccanico di tipo litoide.

Il sottosuolo può essere considerato come un mezzo omogeneo ed anisotropo e senza umento delle pressioni interstiziali generate dalla falda, infatti il livello piezometrico è situato a profondità maggiori di 8,5m dal p.c. e all'interno di questi terreni granulari.

Il modello geotecnico del sito è riportato nel seguente schema:

0,4m	$\gamma \approx 1,7 \text{g/cm}^3 - C_u = 0,22 \text{kg/cm}^2 - \varphi = 0^\circ$	Terreno rimaneggiato (Argille limose e argille organiche)
2,6÷3,4m	$\gamma \approx 1,8 \text{g/cm}^3 - C_u = 0,35 \text{kg/cm}^2 - \varphi = 25^\circ$	Terreni fini coesivi e incoerenti (Argille limose con sabbie limose e argille organiche)
6,6m	$\gamma \approx 1,85 \text{g/cm}^3 - C_u = 0,91 \text{kg/cm}^2$	Terreni fini coesivi (Argille limose e argille sabbioso limose)
10,2m	$\gamma \approx 2,05 \text{g/cm}^3 - C_u = 0,0 \text{kg/cm}^2 - \varphi \approx 27^\circ$	Terreni grossolani (Ghiaie sabbiose)
>30m		

2.4.) RICERCA CAVITA' E RESTI MURARI NEL SOTTOSUOLO

Il sito oggetto d'intervento edilizio si trova nel centro storico della città di Fano, tra la linea delle mura Romane e la linea delle mura Malatestiane e perciò in un contesto fortemente antropizzato fin da tempi antichi.

L'esperienza di indagini svolte nello stesso contesto cittadino evidenzia la possibilità di presenza nel sottosuolo di cavità, cunicoli e resti murari di edifici.

Al fine di mettere in evidenza eventuali presenze di tale genere è stata eseguita una dettagliata indagine con georadar.

La prospezione tramite Georadar si basa sull'utilizzo di onde elettromagnetiche per rilevare interfacce tra livelli dotati di differente comportamento (resistività, costante dielettrica, ecc) ed individuare variazioni di tali proprietà, utilizzabili tramite interpretazione dei risultati, per definire parametri sia geometrici che fisici dello spazio indagato.

I principi alla base della metodologia prevedono che un impulso elettromagnetico della durata di pochi nano-secondi venga inviato nel mezzo tramite un'antenna trasmittente.

Tale segnale, durante il suo tragitto all'interno del mezzo, viene in parte riflesso dalle interfacce tra livelli con caratteristiche elettromagnetiche differenti e in parte trasmesso nei livelli sottostanti.

I segnali oggetto di riflessione vengono captati in superficie tramite un'antenna ricevente.

La metodologia, la strumentazione, il software, l'elaborazione e i risultati dell'indagine georadar sono riportati in allegato a cui si rimanda per maggiori dettagli.

Sono stati eseguiti profili di georadar longitudinali e trasversali al fine di formare una maglia con distanze che permettano di localizzare le cavità e il loro sviluppo come riportato nella planimetria in allegato.

In funzione dell'attenuazione del materiale che forma il terreno è stato possibile raggiungere i 3,5m di profondità con un'antenna di 300+500Mhz e visualizzare le cavità presenti e perciò l'indagine può essere ritenuta esaustiva visto che la presenza di cavità e resti murari è da ricondurre allo livello di terreno rimaneggiato (bottom a 2,6+3,4m di profondità dal p.c.) e non al terreno geologico in posto non modificato da attività antropiche.

I risultati evidenziano una serie di frequenti e piccole anomalie superficiali presenti a profondità di 0,2-0,3-0,6m dal piano del pavimento esistente da ricondurre a sottoservizi e strutture fondali dell'edificio.

L'anomalia più vistosa è stata rilevata nella stanza 1 dove è presente un'anomalia planare ad 1m di profondità da ricondurre alla presenza di una fontana da giardino realizzata negli anni '50 e sepolta con la realizzazione dell'edificio artigianale.

La seconda anomalia di tipo planare è presente in corrispondenza del passaggio tra la stanza 1 e la stanza 2 dove è presente una serie di anomalie, da collegare tra loro, a profondità 0,6-0,9m dal piano di calpestio attuale.

Tale anomalie sono da ricondurre alle strutture di fondazione del muro portante presente tra la stanza 1 e la stanza 2, e ha qualche frammento di materiale edilizio derivante dall'attività edilizia per la costruzione del fabbricato artigianale esistente.

Nelle stanze 2, 3 e 4 sono presenti alcune anomalie a sviluppo lineare a profondità variabili tra 0,3-0,9m dal piano di calpestio attuale, queste sono da interpretare come sottoservizi e residui dell'attività edilizia per la costruzione dell'edificio attuale.

Si esclude perciò la presenza di cavità di rilievo nel sottosuolo fino alle massime profondità investigate dall'indagine georadar e l'assenza di resti murari con datazione storicamente significativa.

2.5.) RISPOSTA SISMICA LOCALE

Le azioni sismiche di progetto che saranno eseguite dalla disciplina dell'ingegneria civile per la verifica dei vari stati limite si basa sulla pericolosità sismica di base del sito oggetto d'intervento.

Per la definizione delle azioni sismiche di progetto è necessario valutare l'influenza delle condizioni stratigrafiche, litologiche, geotecniche e geomorfologiche locali.

Al fine di valutare le caratteristiche del sottosuolo dell'area in oggetto, la successione stratigrafica può essere schematizzata da una coltre di materiale alluvionale a comportamento plastico che sovrasta il substrato litoide di natura argilloso mamoso.

La normativa introduce per le condizioni litologiche geotecniche una classificazione delle categorie di suolo in funzione della velocità media delle onde sismiche di taglio (V_s) in base a misure dirette oppure sul Numero di colpi della standard penetration test (N_{spt}) ottenuto da prove penetrometriche dinamiche per terreni a granulari, o ancora sulla resistenza non drenata (c_u) per terreni coesivi.

Nel caso specifico per le condizioni litologiche geotecniche la classificazione delle categorie di sottosuolo è stata effettuata tramite misure delle velocità medie delle onde sismiche di taglio ($V_{s,30}$).

Dai risultati dell'indagine geofisica (HVSr) eseguita in sito si è ottenuto un valore di $V_{s,30} = 343\text{m/s}$ (calcolato da $-0,0\div-30,0\text{m}$ dal p.c.) e perciò per i calcoli relativi alle strutture in progetto dell'ampliamento, si può **classificare il sottosuolo nella categoria C**.

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati e terreni grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori di $V_{s,30}$ compresi tra $180\div360\text{m/s}$.

Per quanto riguarda le **categorie topografiche** in senso generale il sito si colloca in corrispondenza di una zona pianeggiante con inclinazioni irrilevanti che non superano mai 1% ; è possibile quindi attribuire alla zona una **categoria T1** corrispondente a "superfici pianeggianti".

La valutazione dell'azione sismica in base allo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali in base alla categoria di sottosuolo C, dovrà tenere conto del coefficiente stratigrafico e del coefficiente topografico $S = S_S \times S_T = [1,7 - 0,6 \times F_o \times (a_g/g)] \times 1,0$ e dei parametri relativi ai periodi che separano i diversi rami dello spettro secondo le formule $T_C = C_C \times T_C^*$ dove $C_C = 1,05 \times (T_C^*)^{-0,33}$, $T_B = T_D/3$, $T_D = 4,0 \times (a_g/g) + 1,6$.

La valutazione dell'azione sismica in base allo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali in base alla categoria di sottosuolo C, dovrà tenere conto del coefficiente stratigrafico $S_S = 1,0$, del coefficiente topografico $S_T = 1,0$ e dei parametri relativi ai periodi che separano i diversi rami dello spettro secondo i valori: $T_B = 0,05$, $T_C = 0,15$ e $T_D = 1,0$.

Per lo spettro di risposta elastico in spostamento delle componenti orizzontali secondo la categoria di sottosuolo C il parametro T_E di riferimento è pari a 6,0 e T_F è = 10,0.

Lo spostamento orizzontale massimo del terreno previsto si può stimare con la formula $d_g = 0,025 \times a_g \times S \times T_C \times T_D$, mentre la velocità orizzontale massima attesa può essere valutato secondo l'espressione $V_g = 0,16 \times a_g \times S \times T_C$.

In relazione alle coordinate geografiche del luogo oggetto d'intervento ($13^\circ 01' 00,66''$ – $43^\circ 50' 30,51''$) si è proceduto all'identificazione degli spettri di risposta secondo la fase 1, per l'individuazione delle pericolosità del sito, in base al documento SPRETTTRI-NTC ver.1.0.3.

Di seguito sono riportati i grafici degli spettri di risposta e la tabella dei parametri.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:

LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:

PROVINCIA:

COMUNE:

Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione creata

Interpolazione:

Elaborazioni grafiche

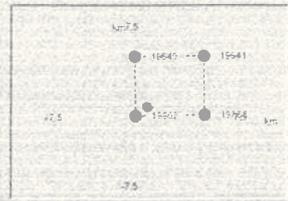
[Grafici spettri di risposta](#)

[Variabilità dei parametri](#)

Elaborazioni numeriche

[Tabella parametri](#)

Nodi del reticolo intorno al sito



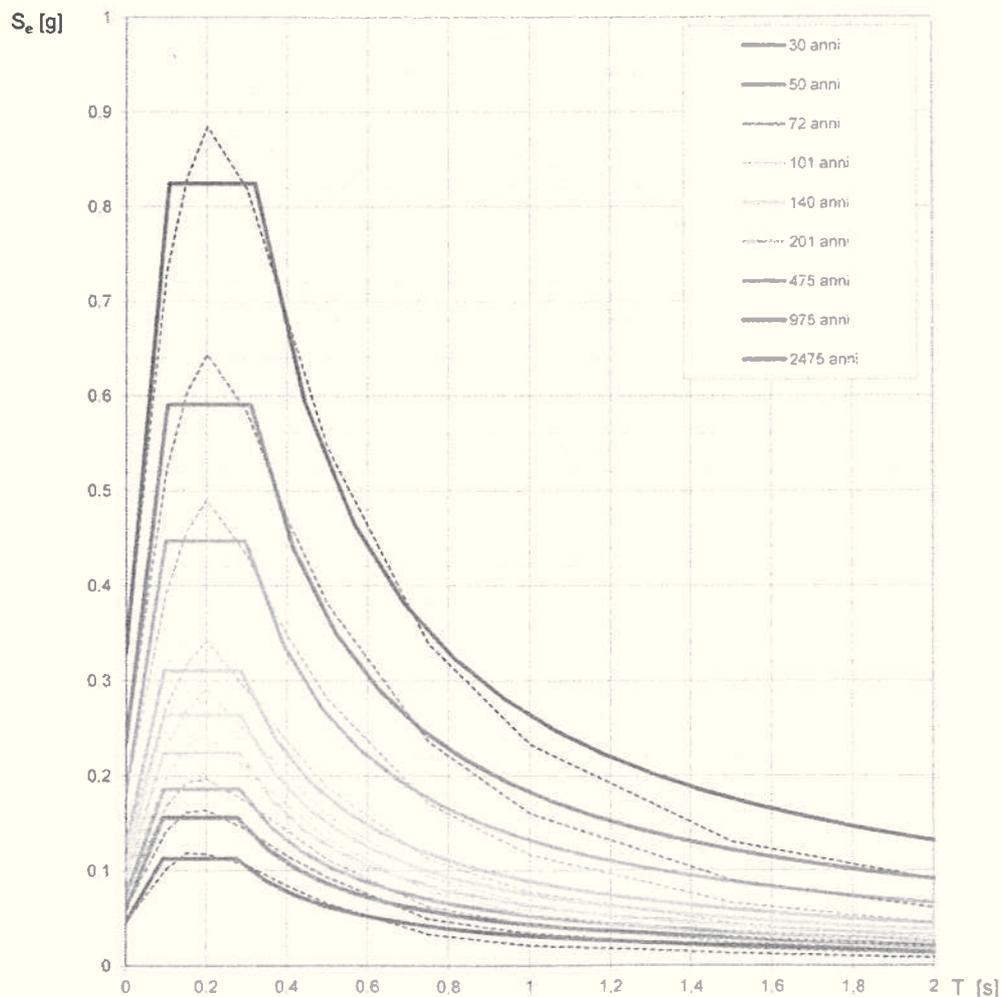
La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia quindi la "Ricerca per coordinate".

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver.1.0.2"

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c [s]
30	0,046	2,432	0,275
50	0,060	2,582	0,276
72	0,075	2,482	0,282
101	0,092	2,439	0,282
140	0,107	2,466	0,284
201	0,127	2,444	0,286
475	0,181	2,469	0,296
975	0,235	2,509	0,309
2475	0,330	2,498	0,319

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver.1.0.2"

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento

NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

2.6.) POTENZIALI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE

Sono state eseguite delle indagini di dettaglio sottosuperficie finalizzate alla caratterizzazione geotecnica dei terreni al fine di fornire tutti gli elementi utili per poter eseguire la valutazione della verifica alla liquefazione dei terreni.

I terreni che formano il sottosuolo del sito sono stati caratterizzati tramite le verifiche eseguite con i risultati delle Cone Penetration Test realizzate (CPT1 e CPT2).

Dalle Prove Penetrometriche Statiche si evidenzia la presenza di terreni rimaneggiati sciolti a comportamento coesivo fino a profondità di 2,6÷3,4m, fino a 6,6m dal p.c. si trova un'alternanza di argille limose e sabbie limose a comportamento rispettivamente coesivo e incoerente.

A profondità maggiori ci sono argille limose e argille sabbioso limose coesive, mentre da 10,2m di profondità sono presenti ghiaie sabbiose incoerenti.

Il livello piezometrico della falda non è stato intercettato nelle prove eseguite fino alle massime profondità investigate, da studio idrogeologici svolti nell'area è desumibile che sia a profondità di circa 11m.

Solo i depositi ghiaioso sabbiosi presenti in profondità sono in stato di saturazione, mentre i terreni sovrastanti rappresentano il non saturo.

I livelli sabbiosi e sabbioso limosi non hanno un'elevata continuità laterale e spesso presentano una deposizione di tipo lenticolare e sono compresi nella zona non satura del terreno.

Il coefficiente di sicurezza minimo ottenuto dalle verifiche di liquefazione è pari a 1,11 nel livello sabbioso situato in corrispondenza della CPT2 a profondità di 6,2÷6,4m dal p.c..

Per quanto riguarda i terreni attraversati dalle prove i valori dei coefficienti di sicurezza sopra riportati (*Seed e Idris 1982*) sono stati calcolati ogni 20 cm di avanzamento in ciascuna prova penetrometrica.

Il coefficiente di liquefazione è stato calcolato per eventi sismici di magnitudo 6g e accelerazione massima al suolo 0,25g (*Seed et al. 1985*), tali valori sono maggiori dei valori di magnitudo attesa e di accelerazione massima al suolo identificati per il sito in oggetto.

La restante litologia del sottosuolo è costituita da argille limose e argille sabbioso limose a comportamento coesivo, non soggette a potenziali fenomeni di liquefazione.

Per quanto riguarda i terreni attraversati dalle prove CPT di seguito si riporta la tabella con i valori dei coefficienti di sicurezza calcolati (*Seed e Idris 1982*) ogni 20 cm di avanzamento di ciascuna prova penetrometrica statica estrapolando gli N_{SPT} corrispondenti.

Profondità in m	Nspt CPT1	Coefficiente di sicurezza	Nspt CPT2	Coefficiente di sicurezza
0,2-0,4	10	2,77	11	2,77
2,0-2,2	6	1,46	--	--
2,8-3,0	5	1,30	--	--
3,2-3,4	9	2,26	--	--
3,6-3,8	--	--	5	1,34
3,8-4,0	4	1,14	--	--
4,0-4,2	6	1,39	--	--
4,2-4,4	15	2,18	27	2,77
4,4-4,6	--	--	67	2,77
4,6-4,8	--	--	51	2,77
5,0-5,2	15	2,77	--	--
5,2-5,4	5	1,22	13	1,55
5,4-5,6	--	--	12	1,30
6,2-6,4	12	2,42	10	1,11
6,4-6,6	10	1,84	12	1,31
8,0-8,2	6	1,23	--	--
10,2-10,4	56	2,77	27	2,77

Non si prevedono perciò problematiche di rilievo derivanti da fenomeni di liquefazione.

3.) CONCLUSIONI

In base alle indagini geotecniche, geologiche e all'elaborazione dei risultati ottenuti, si evidenzia:

- che il sottosuolo è costituito litologicamente da:
 - 0m fino a 2,6÷3,4m da terreno rimaneggiato costituito da argille, argille sabbioso limose e argille organiche;
 - da 2,6÷3,4m fino a 6,6m da depositi alluvionali e di spiaggia costituiti da argille limose, argille sabbioso limose, sabbie limoso argillose, sabbie con lenti di argille organiche;
 - da 6,6m fino a 10,2m da depositi alluvionali formati da argille sabbioso limose e argille limose;
 - da 10,2m a profondità >30m da depositi alluvionali rappresentati da ghiaie sabbiose;
- che in relazione ai mediocri parametri geotecnici del terreno rimaneggiato presenti in superficie eventuali carichi strutturali derivanti dall'intervento di ristrutturazione edilizia dovranno essere nulli o trascurabili se trasferiti al terreno rimaneggiato;
- che il livello piezometrico della falda idrica è posto a circa 11m di profondità dal p.c.;
- come nel sottosuolo non sono presenti anomalie interpretabili come cavità di rilievo e vi sono solo locali e ridotte anomalie riconducibili a sottoservizi e resti murari, tali anomalie sono state rilevate solo nel primo metro di profondità, e perciò sono correlabili all'intervento di costruzione del fabbricato esistente;
- da un punto di vista sismico si classifica il sottosuolo come categoria C ($V_{s30}=343\text{m/s}$), ossia: Terreni mediamente consistenti con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori di V_{s30} compresi tra 180÷360m/s;
- che la frequenza caratteristica di risonanza del terreno sito specifica è 7,15Hz e perciò è necessario progettare la struttura edilizia con frequenze fondamentali di oscillazione ben lontane da tale valore;
- da un punto di vista topografico il sito ha pendenze inferiori al 1%, la zona rientra nella categoria T1 e il coefficiente di amplificazione topografica è $S_T=1,0$;
- che la valutazione del coefficiente di sicurezza alla liquefazione dei livelli sabbiosi fornisce valori minimi pari a 1,11 a profondità di 6,2÷6,4m dal p.c. (CPT2) e di 1,14 a profondità di 3,8÷4,0m (CPT1);
- la necessità di raccogliere e allontanare adeguatamente le acque di pioggia al fine di evitare ristagni, accumuli e infiltrazioni nelle vicinanze dell'edificio e delle fondazioni;
- che durante l'arco di vita nominale dell'opera è necessario monitorare il buon funzionamento del sistema di raccolta e allontanamento delle acque piovane.

Evidenziando che il modello geotecnico preliminare illustrato andrà verificato al momento dell'esecuzione dell'opera da realizzare, lo studio esprime la disponibilità per eventuali chiarimenti, precisazioni, sopralluoghi ed a svolgere l'assistenza geologica in fase esecutiva.

Il tecnico
Dott. Geol. Massimo Rondina

Lucrezia li, 15 febbraio 2013.

INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Sezione n° 269130 Fano

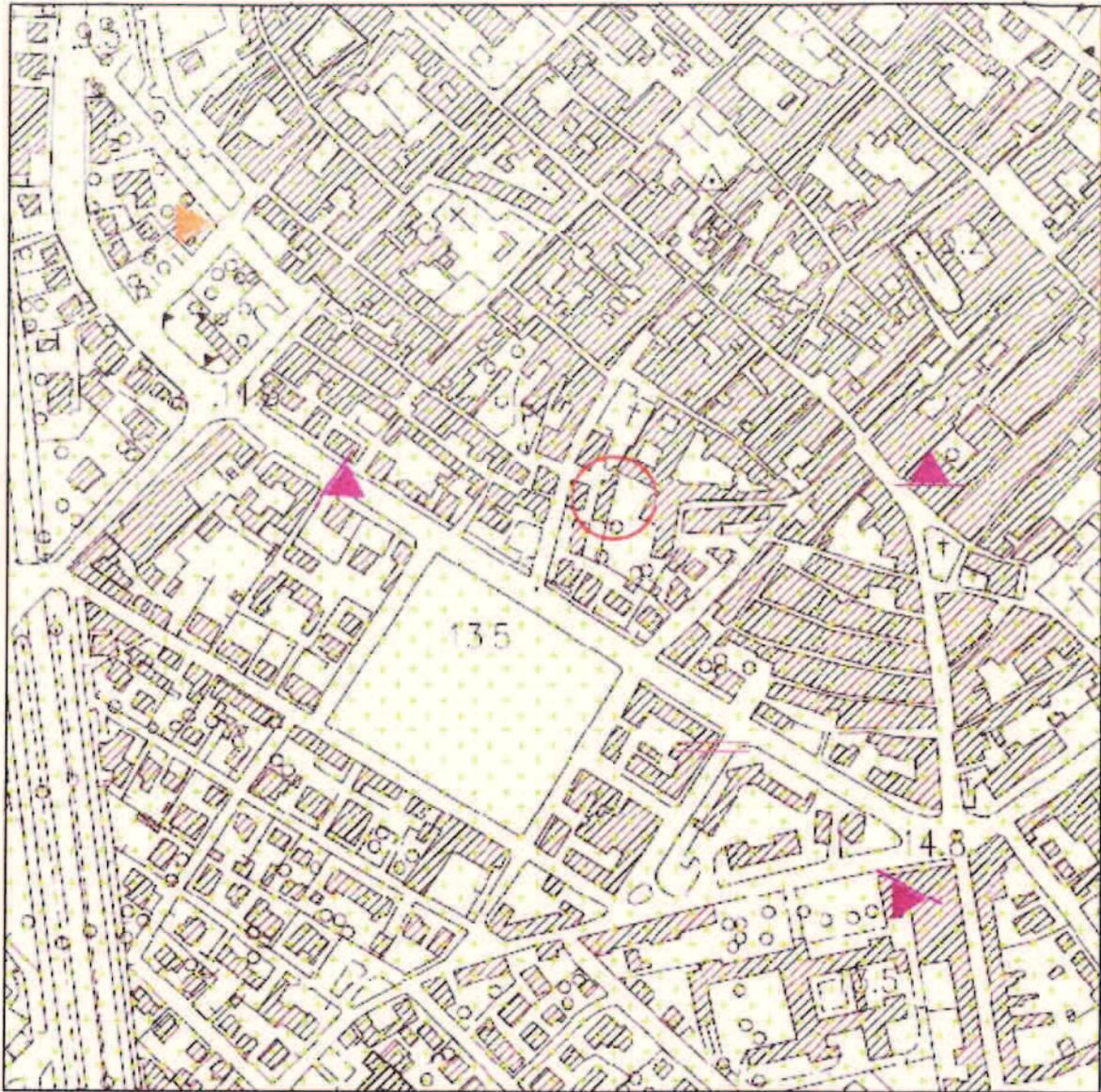
SCALA 1:10.000



○ Area oggetto d'intervento

CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

SCALA 1:5.000



LEGENDA:



Alluvioni terrazzate del III ordine, Pleistocene

CLIVOMETRIA



Area con pendenza 0%



Area con pendenza <1%



Area con pendenza 1% - 2%



Area oggetto d' intervento

STRALCIO CARTA PERICOLOSITA' GEOLOGICHE

(Tav. S1_005 Indagine Geologica e Geomorfologica PRGC di Fano)



Legenda



Area instabile



Area potenzialmente instabile



Area con pendenza > 30%



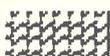
Area esondabile probabile



Area esondabile in eventi eccezionali



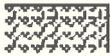
Piazza e sorgente comunale



Area di rispetto dell'acquifero (200 m)



Area di protezione dell'acquifero



Area a valle di invaso artificiale in zona di pendio



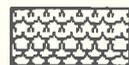
Area a ridosso di scarpata con altezza > 10 m

STRALCIO CARTA SINTESI DELLE PERICOLOSITA' SISMICHE

(Tav. S2_005 Indagine Geologica e Geomorfologica PRGC di Fano)



Legenda



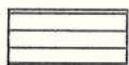
Area instabile



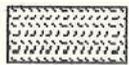
Area potenzialmente instabile



Area con pendenza > 30%



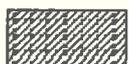
Area caratterizzata da terreni granulari grossolani con falda acquifera a profondità ≤ 5 m. oppure da terreni granulari fini



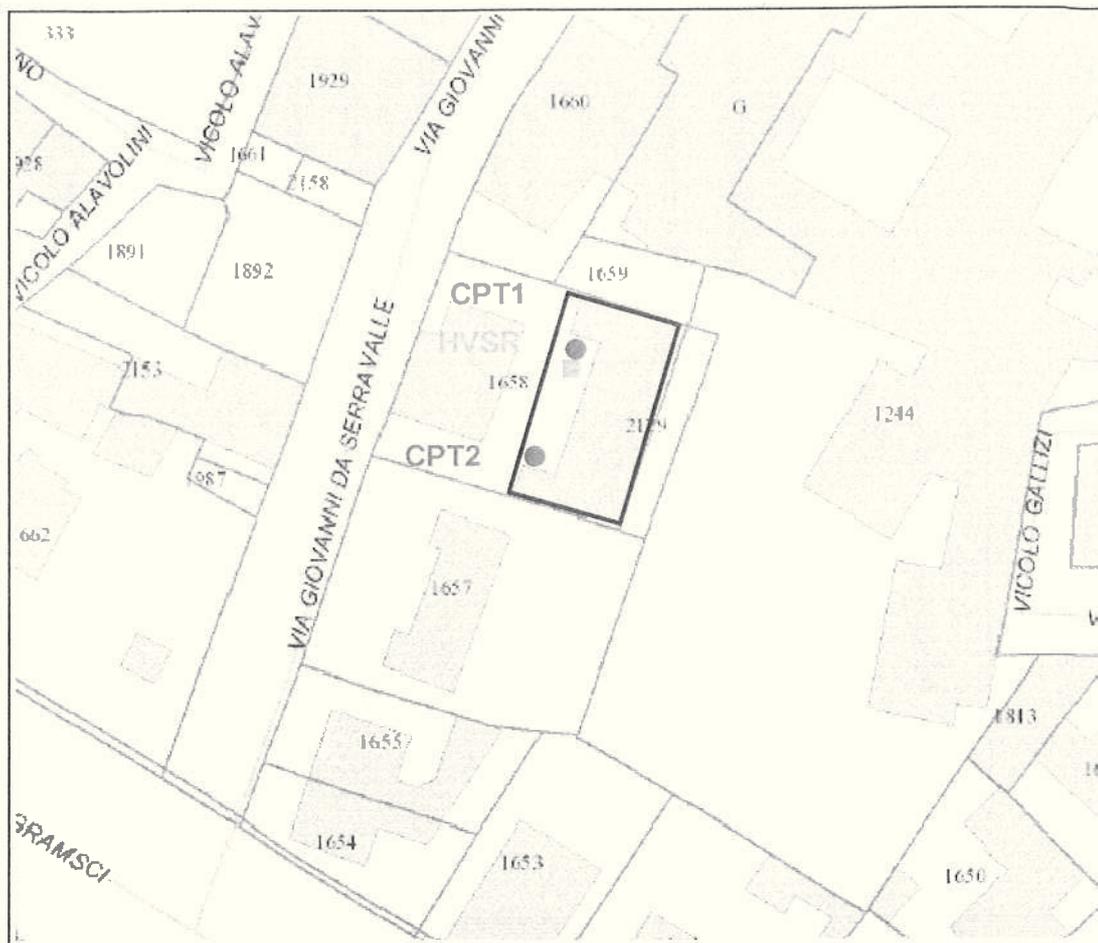
Area a ridosso di scarpata con altezza > 10 m.



Area di cresta rocciosa, dorsale o cocuzzolo



Area di contatto tra litipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse



**PLANIMETRIA CATASTALE
CON UBICAZIONE INDAGINI**

SCALA 1:1000

Foglio 4 mappale 1658

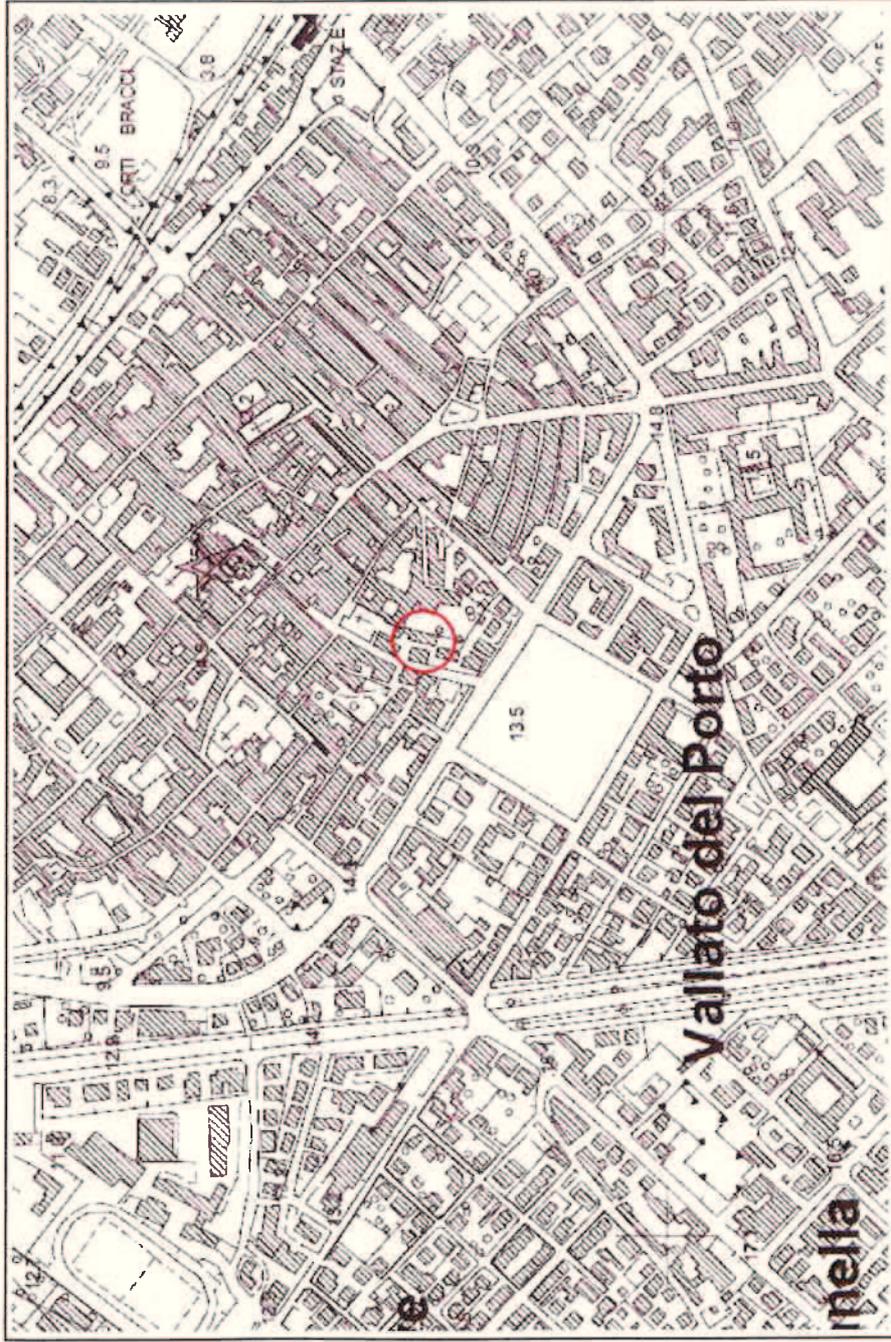
Prova penetrometrica statica

Prova Sismica HVSr



Indagine georadar

Piano Assetto Idrogeologico (PAI) CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO



○ Area d'intervento

LEGENDA

Aree a rischio frana
(codice F-xx-yyyy)

-  Rischio moderato (R1)
-  Rischio medio (R2)
-  Rischio elevato (R3)
-  Rischio molto elevato (R4)

Aree a rischio esondazione
(codice E-xx-yyyy)

-  Rischio moderato (R1)
-  Rischio medio (R2)
-  Rischio elevato (R3)
-  Rischio molto elevato (R4)

Aree a rischio valanga
(codice V-xx-yyyy)

-  Rischio molto elevato (R4)

DESCRIZIONE CODICE LEGATO AI FENOMENI

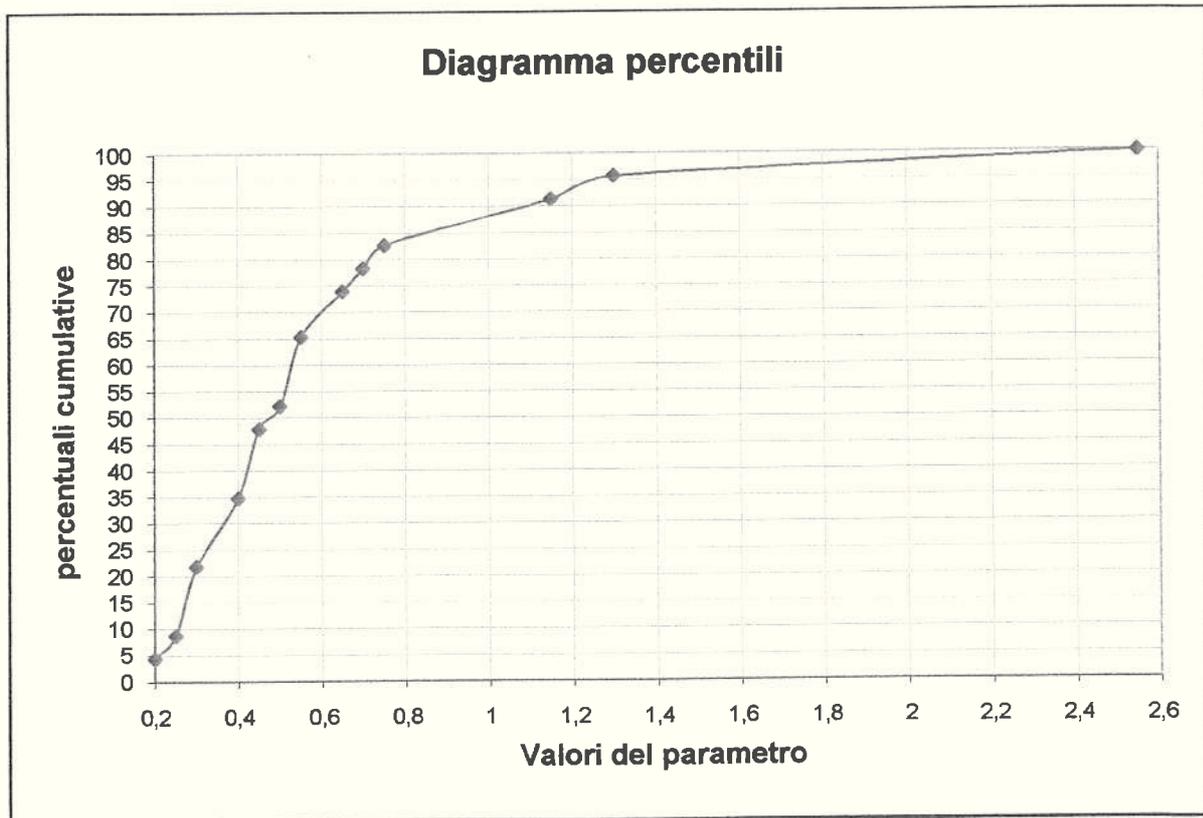
┌─── numero identificativo di fenomeno

Z - XX - YYYY

└─── numero progressivo fenomeno
ripartito da rischio

CALCOLI PARAMETRI GEOTECNICI

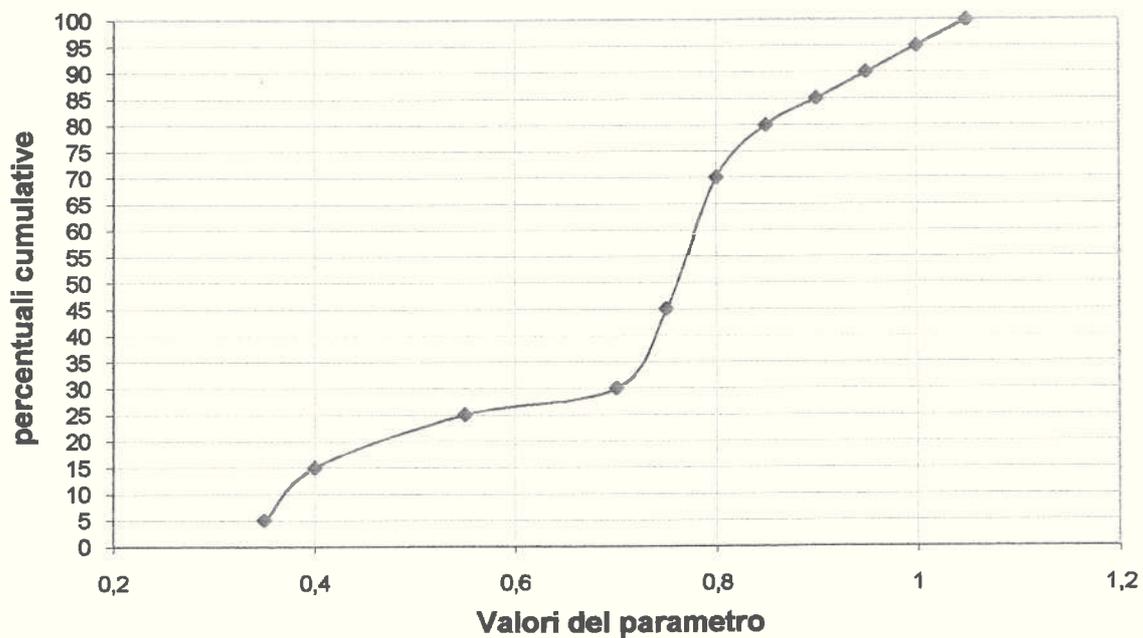
TERRENO RIMANEGGIATO					
valori Cu	frequenza	freq cum	Freq %	valori Cu	Freq %
0,2	1	1	4,3	0,2	4,3
0,25	1	2	8,7	0,25	8,7
0,3	3	5	21,7	0,3	21,7
0,4	3	8	34,8	0,4	34,8
0,45	3	11	47,8	0,45	47,8
0,5	1	12	52,2	0,5	52,2
0,55	3	15	65,2	0,55	65,2
0,65	2	17	73,9	0,65	73,9
0,7	1	18	78,3	0,7	78,3
0,75	1	19	82,6	0,75	82,6
1,15	2	21	91,3	1,15	91,3
1,3	1	22	95,7	1,3	95,7
2,55	1	23	100,0	2,55	100,0



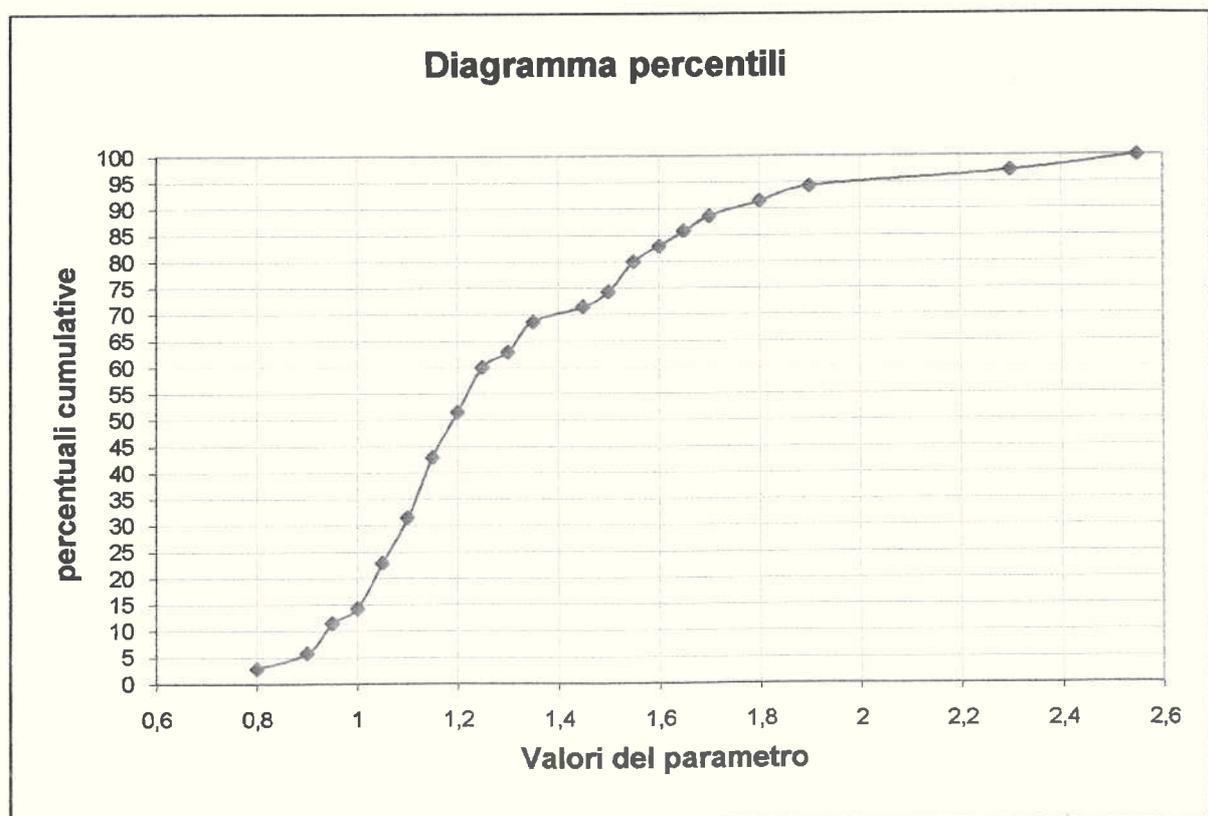
LIVELLI ARGILLOSO LIMOSSI E ARGILLOSO SABBIOSO LIMOSSI

valori Cu	frequenza	freq cum	Freq %	valori Cu	Freq %
0,35	1	1	5,0	0,35	5,0
0,4	2	3	15,0	0,4	15,0
0,55	2	5	25,0	0,55	25,0
0,7	1	6	30,0	0,7	30,0
0,75	3	9	45,0	0,75	45,0
0,8	5	14	70,0	0,8	70,0
0,85	2	16	80,0	0,85	80,0
0,9	1	17	85,0	0,9	85,0
0,95	1	18	90,0	0,95	90,0
1	1	19	95,0	1	95,0
1,05	1	20	100,0	1,05	100,0

Diagramma percentili



ARGILLE LILOSE E ARGILLE SABBIOLO LIMOSE					
valori Cu	frequenza	freq cum	Freq %	valori Cu	Freq %
0,8	1	1	2,9	0,8	2,9
0,9	1	2	5,7	0,9	5,7
0,95	2	4	11,4	0,95	11,4
1	1	5	14,3	1	14,3
1,05	3	8	22,9	1,05	22,9
1,1	3	11	31,4	1,1	31,4
1,15	4	15	42,9	1,15	42,9
1,2	3	18	51,4	1,2	51,4
1,25	3	21	60,0	1,25	60,0
1,3	1	22	62,9	1,3	62,9
1,35	2	24	68,6	1,35	68,6
1,45	1	25	71,4	1,45	71,4
1,5	1	26	74,3	1,5	74,3
1,55	2	28	80,0	1,55	80,0
1,6	1	29	82,9	1,6	82,9
1,65	1	30	85,7	1,65	85,7
1,7	1	31	88,6	1,7	88,6
1,8	1	32	91,4	1,8	91,4
1,9	1	33	94,3	1,9	94,3
2,3	1	34	97,1	2,3	97,1
2,55	1	35	100,0	2,55	100,0



INDAGINE SISMICA



**INDAGINE SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA
MEDIANTE TECNICA DEI RAPPORTI SPETTRALI O HVSR
ESEGUITA IN VIA SERRAVALLE
PRESSO IL COMUNE DI FANO (PU).**

Oggetto: Indagine sismica passiva a stazione singola HVSR.

Committente: Dott. Geol. M. Rondina

Commessa:

Monte San Vito, lì 13 Febbraio 2013

La presente relazione è ad uso esclusivo della pratica in oggetto. La pubblicazione integrale o di una sua parte è vietata senza il consenso dell'Autore.

I N D I C E

1	PREMESSA.....	2
2	STRUMENTAZIONE IMPIEGATA.....	3
3	PROCEDURE DI ANALISI DATI PER STAZIONI SINGOLE H/V.....	4
3.1	Stazione singola Geo1 - Dati di Input.....	4
3.2	Rapporto spettrale H/V.....	5
3.3	Modello stratigrafico.....	6
4	CONCLUSIONI.....	7

1 PREMESSA

Su incarico e per conto del dott. Geol. M. Rondina è stata eseguita in data 01 Febbraio 2013, una indagine geofisica mediante la tecnica dei rapporti spettrali o HVSR, in via Serravalle presso il Comune di Fano (PU).

Lo scopo di questa indagine è la caratterizzazione sismica del sottosuolo e, in particolare, l'individuazione delle discontinuità sismiche nonché la ricostruzione della profondità del locale sub-strato geologico (o meglio *bedrock* geofisico). Con tale metodo viene stimata la velocità di propagazione delle onde di taglio (V_{s30}) come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 Gennaio 2008. L'indagine geofisica proposta si avvale della metodologia basata sulla tecnica di *Nakamura* e sul rapporto spettrale H/V. La tecnica dei rapporti spettrali o HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque.

I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

- la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale, in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare manufatti aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi in caso di sisma;
- la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In quanto risulterà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la velocità media delle onde di taglio V_s calcolata tramite un apposito codice di calcolo. E' necessario in questo caso, per l'affidabilità del risultato conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio geognostico ecc..) e riconoscibile nella curva H/V. Dai dati è possibile calcolare la V_{s30} e la relativa categoria del suolo di fondazione come esplicitamente richiesto dal DM 14/01/08 a partire dal piano fondale;
- la sismo-stratigrafia del sottosuolo con un *range* di indagine compreso tra 0.0 e 40 mt. circa di profondità.

Il principio su cui si basa la presente tecnica, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

2 STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

Le misure di microtremore ambientale sono state eseguite per mezzo di un sismografo digitale portatile progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico.

Per tale scopo viene utilizzato un sismografo 24 bit GEOBOX prodotto dalla ditta Sara Instruments Srl (frequenza di risonanza 0.45 Hz).

Lo strumento (GeoBox - Sara Instrument) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati secondo le direzioni NS, EW e verticalmente, ad alta definizione, alimentato a batterie, senza cavi esterni.

3 PROCEDURE DI ANALISI DATI PER STAZIONI SINGOLE H/V

Sui terreni di sedime è stata condotta, un'indagine geofisica attraverso l'acquisizione di n.1 registrazione a stazione singola, denominata **Geo1**.

Dalla registrazione del rumore sismico ambientale in campo libero si ricava la curva H/V, secondo la procedura descritta in Castellaro et al. (2005), avendo utilizzato i seguenti parametri:

- larghezza delle finestre d'analisi 20 s,
- lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari a 10% della frequenza centrale;
- rimozione dei transetti sulla serie temporale degli H/V.

La curva H/V viene riprodotta creando una serie di modelli sintetici (che contemplano la propagazione delle onde di *Rayleigh* e di *Love* nel modo fondamentale e superiori in sistemi multistrato), fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali.

Tale operazione è possibile esclusivamente in presenza di un vincolo che può essere la profondità, nota tramite prove dirette (Sondaggi eseguiti in situ), di un riflettore sismico il cui *marker* sia riconoscibile nelle curve H/V (Castellaro e Mulargia, 2008) o la velocità delle onde di taglio (V_s) del primo strato nota da altre indagini.

3.1 Stazione singola Geo1 - Dati di input

Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	1200 s
Frequenza di campionamento:	300,00 Hz
Numero campioni:	360000
Direzioni tracce:	Nozd-Sud; Est-Ovest; Verticale.
Numero totale finestre selezionate:	37
Numero finestre incluse nel calcolo:	37
Dimensione temporale finestre:	27,307 s
Tipo di lisciamento:	Triangolare proporzionale
Percentuale di lisciamento:	10,00 %

Grafici tracce con finestre selezionate:

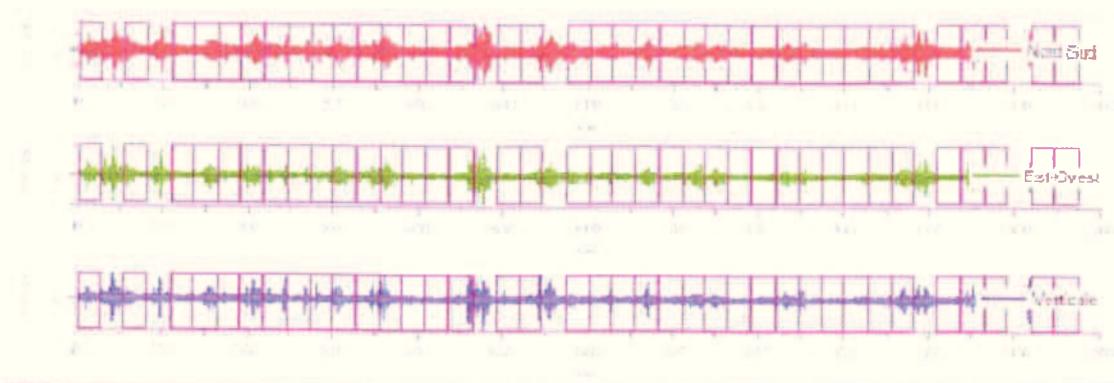


Fig.1: Traccia e finestre selezionate in direzione N-S, E-W e Verticale.

Grafici degli spettri

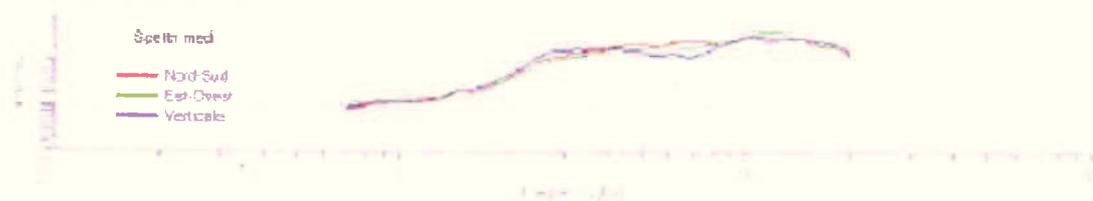


Fig.2: Spettri medi nelle tre direzioni.

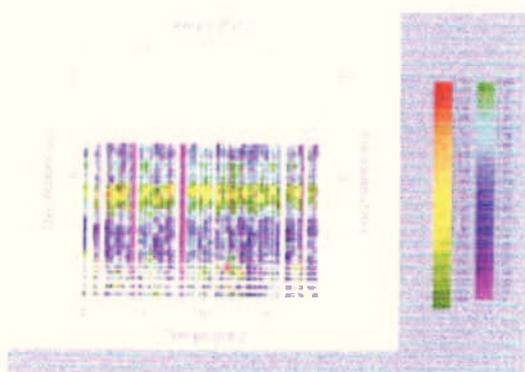


Fig.3: Mappa della stazionarietà degli spettri.

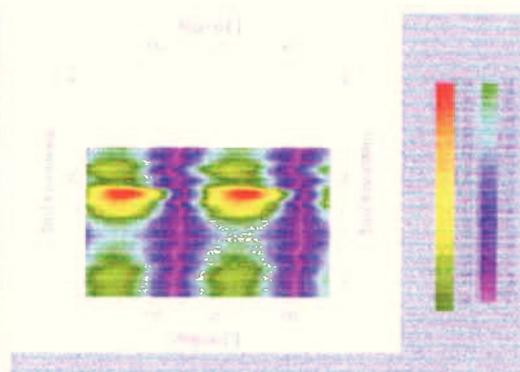


Fig.4: Mappa della direzionalità degli spettri.

3.2 Rapporto spettrale H/V

Dati riepilogativi:

Frequenza massima:	20,00 Hz
Frequenza minima:	0,70 Hz
Passo frequenze:	0,15 Hz
Tipo lisciamiento::	Triangolare proporzionale
Percentuale di lisciamiento:	10,00 %
Tipo di somma direzionale:	Media aritmetica

Grafico rapporto spettrale H/V

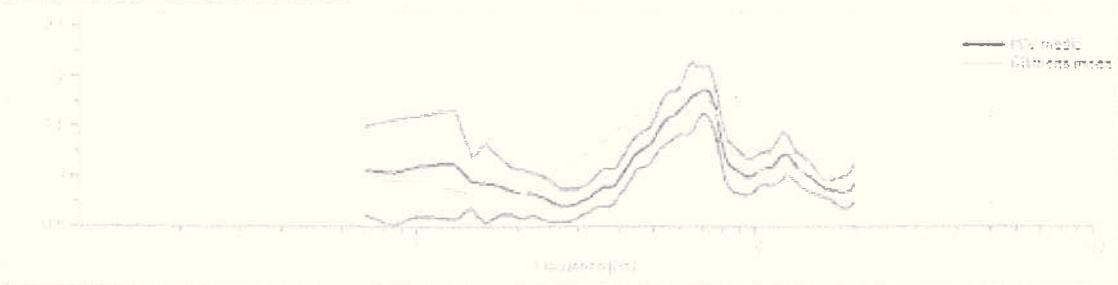


Fig.5: Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia.

Verifiche SESAME:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 7.15 Hz \pm 0.13 Hz

Affidabilità curva H/V	
$f_0 \geq 10\% H$	OK
$n_c(f_0) \geq 200$	OK
$\sigma_A(f) \leq 2$ per $0,5f_0 < f \leq 2f_0$ se $f_0 \geq 0,5H$	OK
$\sigma_A(f) \leq 3$ per $0,5f_0 < f \leq 2f_0$ se $f_0 < 0,5H$	

Tab.1: Sesame - Affidabilità della curva H/V.

Affidabilità picco	
Exist f^* in $[f_0/4, f_0]$ $A_{AV}(f^*) \leq A_v/2$	Ok
Exist f^* in $[f_0, 4f_0]$ $A_{AV}(f^*) \leq A_v/2$	Ok
$A_p \geq 2$	No
$f_{\text{picco}} [A_{AV}(f) = \sigma_A(f)] = f_0 = 5\%$	Ok
$\sigma_f \leq \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) \leq \theta(f_0)$	OK

Tab.2: Sesame - Affidabilità del picco.

3.3 Modello stratigrafico

Dati della stratigrafia:

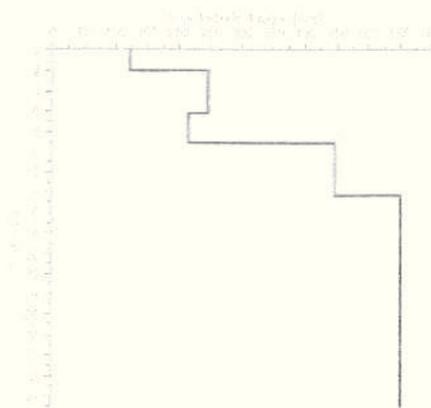


Fig. 6: Modello di velocità delle onde di taglio per il sito in oggetto.

Sismostrato (N°)	Profondità (m)	Spessore (m)	Velocità Media Onde S (m/s)
1	2.0	2.0	123
2	6.2	4.2	245
3	9.2	3.0	215
4	14.3	5.1	446
5	30.0	15.7	550

Tab. 3: Modello di sottosuolo per il sito in oggetto.

E' stato quindi possibile stimare la V_{s30} , tramite la formula:

$$V_s = \frac{H}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{v_i}}$$

dove:

v_s = valore di velocità delle onde di taglio (m/s)

H = profondità (m) alla quale si desidera stimare v_s (30 metri in caso di v_{s30})

h_i = spessore dello strato i - esimo (m)

la velocità delle onde V_s a 30,0 m dal piano di fondazione, nel caso di fondazioni dirette, come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 14/01/2008,

calcolata con gli strati suddetti è pari a:

$HV1$	V_{s30} (HVSR)	=	343 m/s
-------	------------------	---	---------

4 CONCLUSIONI

Nel caso specifico, il calcolo della velocità delle onde " V_{s30} " è indicativo.

Non conoscendo la profondità esatta del piano di posa delle fondazioni, esso è stato calcolato dal piano campagna, attraverso l'esecuzione di n° 1 stazione singola mediante tecnica dei rapporti spettrali o HVSR, che ha dato un valore di V_{s30} pari a 343 m/sec, pertanto alla luce dei risultati della sismica effettuata e tenendo conto anche delle risultanze delle prove geotecniche eseguite in situ, il suolo di fondazione in oggetto può essere assimilato, facendo riferimento alla normativa vigente (DM 14/01/08) ad una categoria di suolo di tipo "C".

Ovviamente sarà cura del progettista, al fine di evitare pericolosi fenomeni di doppia risonanza in caso di sisma, progettare una struttura con frequenze fondamentali di oscillazione lontane (superiori per un fattore di moltiplicazione di

almeno 1.4, o meglio, minori) da quelle tipiche del terreno nel sito specifico di edificazione.

E' da tenere presente che le frequenze dei modi di vibrare delle strutture dipendono principalmente dalla loro altezza. Per edifici standard in c.a. relazioni tipiche sono date in Figura 7 relativamente al primo modo di vibrare.

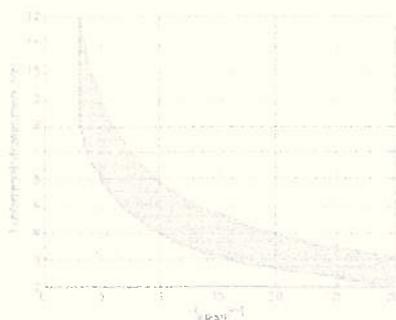


Fig. 7 - Relazione tra altezza e frequenze di vibrazione in edifici in c.a.

Monte san Vito, li 13 Febbraio 2013

Il Responsabile

(Prof. Angelo Curatolo)

INDAGINE GEORADAR



INDAGINE GEORADAR (G.P.R.) ESEGUITA IN VIA SERRAVALLE NEL COMUNE DI FANO (PU)

Oggetto: Indagine georadar.

Committente: Dott. Geol. Massimo Rondina

Commessa: 028-13

Monte San Vito, li 15 Febbraio 2013

La presente relazione è ad uso esclusivo della pratica in oggetto. La pubblicazione integrale o di una sua parte è vietata senza il consenso dell'Autore.

INDICE

1. PREMESSA.....	3
4.GEORADAR.....	3
4.1 Cenni teorico metodologici _____	3
4.2 Descrizione della strumentazione _____	6
4.3 Pre processing _____	7
4.4 Processing _____	7

TAVOLE

TAV. 1 planimetria con ubicazione profili georadar.

TAV. 2 Radargrammi stanza 1

TAV. 3 Radargrammi stanza 2-3-4

1. PREMESSA

Su commissione del Dott. Geol. Massimo Rondina è stata eseguita una campagna di indagini geofisiche in Via D. Alighieri n. 42 presso il Comune di Fano (PU). L'indagine è stata finalizzata alla verifica o meno di cavità all'interno di un vecchio fabbricato da ristrutturare.

Nel dettaglio l'indagine ha previsto l'esecuzione di n. 24 profili radar eseguiti secondo una griglia stabilita sul posto con il committente. I risultati dello studio sono esposti nella Tavola allegata al presente rapporto tecnico.

4. GEORADAR

4.1 Cenni teorico metodologici

La prospezione tramite Georadar si basa sull'utilizzo di onde elettromagnetiche per discriminare interfacce tra livelli dotati di differente comportamento (resistività, costante dielettrica, ecc) ed individuare variazioni di tali proprietà, utilizzabili tramite interpretazione dei risultati, per definire parametri sia geometrici che fisici dello spazio indagato.

I principi alla base della metodologia prevedono che un impulso elettromagnetico della durata di pochi nano-secondi venga inviato nel mezzo tramite un'antenna trasmittente. Tale segnale, durante il suo tragitto all'interno del mezzo, viene in parte riflesso dalle interfacce tra livelli con caratteristiche elettromagnetiche differenti ed in parte trasmesso nei livelli sottostanti. I segnali oggetto di riflessione vengono captati in superficie tramite un'antenna ricevente; la quale può essere la stessa utilizzata per la trasmissione (configurazione monostatica) o separata da questa di una certa distanza (configurazione bistatica) Fig. 2.

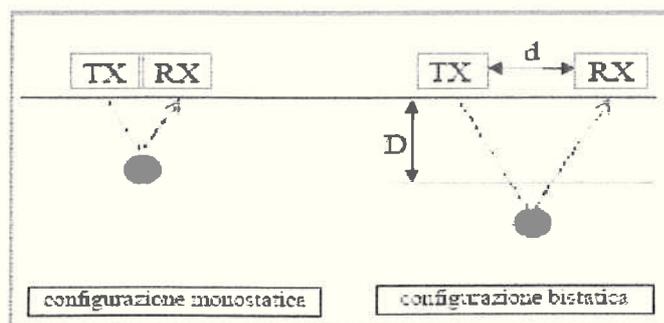


Fig. 2 configurazione delle antenne

La scelta tra le configurazioni possibili, influenzando la profondità d'indagine ed il livello di definizione spaziale, viene fatta in virtù degli obiettivi da indagare. Di notevole importanza è inoltre la scelta della frequenza dell'antenna, infatti, ad una bassa frequenza corrisponde una maggiore penetrazione del segnale in profondità ma con uno scarso dettaglio delle anomalie riscontrabili (risoluzione bassa), diversamente a frequenze maggiori corrisponde una risoluzione più alta ma una minore penetrazione del segnale in profondità.

Nei sistemi Georadar più comuni, e nello strumento utilizzato per la presente prospezione, i segnali a radiofrequenza vengono generati da un'unità centrale, e la loro trasmissione attraverso il mezzo da indagare è operata da una o più antenne che vengono movimentate lungo la superficie dello stesso.

I dati raccolti, opportunamente elaborati, sono memorizzati e rappresentati sull'unità di controllo. Eventuali discontinuità, o oggetti isolati presenti al di sotto delle superfici indagate generano immagini radar ("o radargrammi") con caratteristiche peculiari, di cui sono un esempio le forme iperboliche illustrate in Fig. 3.

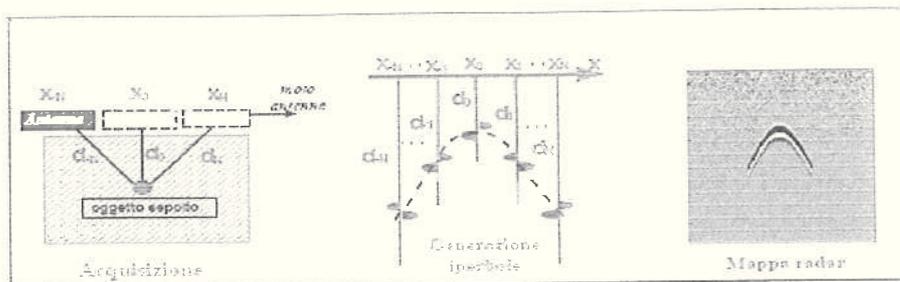


Fig. 3 generazione di una mappa radar

I profili vengono in genere acquisiti lungo reticoli con direzioni ortogonali e distanze variabili, consentendo la ricostruzione spaziale dell'andamento dei livelli e degli oggetti dotati di differenti caratteristiche elettromagnetiche, tramite sezioni verticali radar-stratigrafiche Fig. 4.

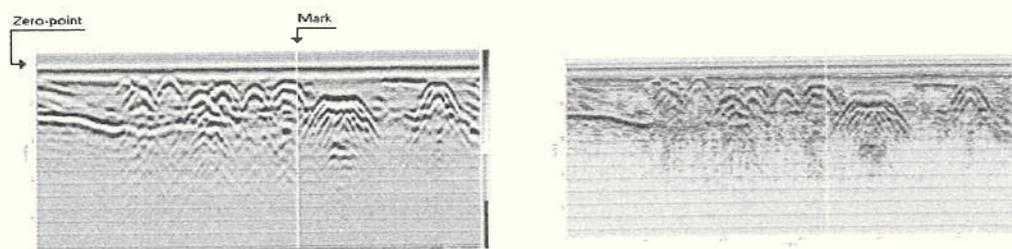


Fig. 4: Sezione radar

Un'altra caratteristica fondamentale della propagazione delle onde elettromagnetiche all'interno dei mezzi, è l'assorbimento delle stesse, il quale avviene in misura dipendente dalle caratteristiche elettriche. In generale un mezzo omogeneo è definibile in linea di massima, da un punto di vista elettrico, dalla seguente coppia di valori:

- costante dielettrica relativa (ϵ_r)
- conducibilità (σ)

Da questi valori è possibile prevedere alcune caratteristiche della propagazione delle onde elettromagnetiche all'interno del mezzo.

Analizzando in dettaglio il processo di generazione del radargramma, si ha che: il trasmettitore (TX) genera un segnale di tipo impulsivo con una determinata frequenza di ripetizione. La successione di questi impulsi genera un segnale di durata dell'ordine dei nano-secondi che viene irradiato nel mezzo da un'antenna a larga banda.

La forma dell'impulso trasmesso è opportunamente calibrata in modo da ottenere una distribuzione spettrale di tipo gaussiano, dove il valore centrale rappresenta la frequenza caratteristica o frequenza centrale dell'antenna, che corrisponde alla frequenza dominante dell'impulso. (La frequenza centrale dell'antenna determina le caratteristiche di risoluzione e di massima profondità d'esplorazione).

Il segnale elettromagnetico ricavato è caratterizzato da una serie di picchi. La loro ampiezza dipende principalmente da tre fattori:

- natura del riflettore;
- natura del mezzo tra riflettore ed antenna;
- curva di guadagno applicata.

Nella pratica delle prospezioni, il principale fattore che limita la trasmissione del segnale, e quindi la possibilità di acquisire bersagli sub superficiali, è l'assorbimento.

L'onda elettromagnetica passando in un qualsiasi materiale perde energia. Questo fenomeno si manifesta con l'attenuazione del segnale. Nei suoli, l'attenuazione per frequenze al di sopra dei 100MHz aumenta notevolmente con l'avvicinamento alla frequenza di rilassamento dell'acqua (oltre i 10 Ghz). Da ciò, al aumentare della frequenza utilizzata aumenta l'attenuazione. La suddetta attenuazione si misura in decibel per metro (dB/m), dall'osservazione della seguente tabella Davis & Annan ('89) si può vedere come l'acqua marina assorba moltissimo. Un altro materiale "assorbente" è l'argilla. Empiricamente si osserva che a (assorbimento) è direttamente proporzionale alla conducibilità ed inversamente proporzionale alla radice della permittività. Fattore fondamentale nei suoli è la presenza dell'acqua, che ridisciogliendo i sali presenti, alza la conducibilità ed il conseguente assorbimento.

Materiale	a (dB/m)
Air	0
Distilled water	-3×10^{-3}
Fresh water	0.1
Sea water	3×10^3
Dry sand	0.01
Saturated sand	0.03-0.3
Limestone	0.4-1
Shales	1-100
Silts	1-100
Clays	1-300
Granite	0.01-1
Dry salt	0.01-1
Ice	0.01

Tab. 1: Assorbimento

4.2 Descrizione della strumentazione

L'indagine è stata eseguita utilizzando un'unità centrale di acquisizione Zond 12e prodotta dalla Radar Systems, controllata tramite un pc portatile. ed operante secondo il seguente diagramma semplificato:

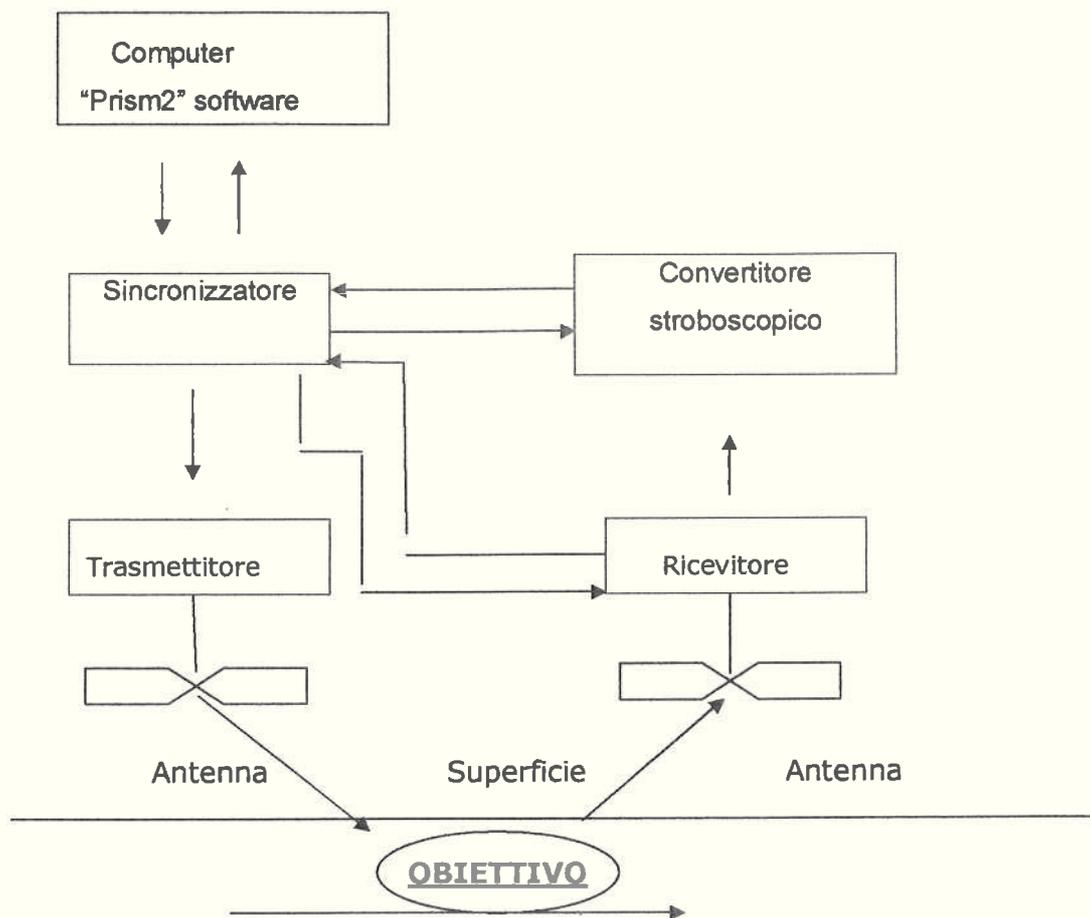


Fig. 5. schema strutturale semplificato Georadar.

- **Caratteristiche tecniche:**

- Conversione A/D 16 bits
- N° canali 2
- Time Range 1-2000 ns (con passo 1 ns)
- Scan rate 100/s
- Campioni per scansione 512
- Trasferimento dati tramite porta Ethernet
- Software di acquisizione/elaborazione Prism2.5 (OS Win/XP)
- Antenne 300 Mhz; 500 Mhz;

4.3 Pre processing

Durante la fase di acquisizione in campagna, si è preferito applicare ai dati i soli filtri passa alto necessari alla rimozione dei disturbi principali, preferendo rimandare alla successiva fase di elaborazione la determinazione dei parametri ottimali.

Allo scopo di migliorare il rapporto segnale rumore, si è utilizzata una procedura di somma di campioni spinta fino a 4 campioni per ogni impulso acquisito; anche le finestre temporali sono state adeguate alla presenza di segnali utili in profondità ed alla penetrazione del segnale fino a circa 50/60 nS.

4.4 Processing

La strategia di processing è stata adeguata ai singoli profili ed ha visto l'utilizzo di alcune fasi comuni, di seguito elencate:

- Rimozione rumore di fondo
- Analisi caratteristiche di attenuazione
- Applicazione guadagno
- Dove ritenuto necessario sono stati utilizzati filtraggi in frequenza, passa banda e passa alto/basso.

I profili acquisiti mediante antenna a frequenza centrale di 300 mhz sono stati opportunamente processati al fine di ottenere sezioni che potessero essere oggetto di interpretazione.

La maggior parte delle sezioni mostra segnale radar utile al fino a 50/60 ns, corrispondenti in base alle stime fatte a circa 2.5/3.0 m.

I profili sono stati acquisiti secondo le geometrie del fabbricato, numerando le stanze, dalla 1 alla 4 e discriminando tra longitudinali (secondo l'asse maggiore del fabbricato) e trasversali, nella direzione ortogonale.

Nella quasi totalità dei profili si riconosce la presenza di un elemento fortemente riflettente nei primi 15-30 cm dal piano di indagine, presumibilmente dovuto alla presenza di un reticolato di elementi metallici strutturali.

Le anomalie maggiormente significative ai fini della indagine, sono rappresentate in Tavola 1, e sono posizionate nella porzione di sinistra della stanza 1, nel collegamento tra la stanza 1 e la 2 e nello spigolo in alto a destra di stanza 1.

L'anomalia planare indicata in tavola, si trova ad una profondità stimata di circa un metro dal piano di calpestio e appare limitata alla sua destra da un confine trasversale rispetto agli assi della costruzione, il limite a sinistra non è evidente in quanto i profili terminano in corrispondenza di arredi inamovibili e del muro di confine. Il segnale registrato appare compatibile con la presenza di manufatti preesistenti e/o un netto passaggio tra materiali a comportamento dielettrico molto differente.

La zona anomala presentata tra la stanza 1 e la 2 è caratterizzata da numerosi segnali iperbolici, che si riconoscono tra i 60 e i 90 cm dal piano di calpestio, proprio per la loro superficialità e caratteristica tale anomalia può essere attribuibile alla presenza della fondazione. Tale zona è presumibilmente derivante dalla presenza di blocchi e/o manufatti isolati.

I segnale presente in alto a destra nella stanza 1 è isolato, e dalla geometria iperbolica, presumibilmente un oggetto lineare, porzione di tale o l'evidenza di una fondazione profonda ad una profondità di circa 1,2 m dal piano di calpestio.

I restanti segnali registrati appaiono derivanti da linee di servizio ed elementi fondali, in corrispondenza del passaggio al di sopra di travi rovesce, in corrispondenza di porte ed architravi. La profondità contenuta di tali elementi, lascia escludere la loro ascrivibilità a preesistenze e ambienti ipogei.

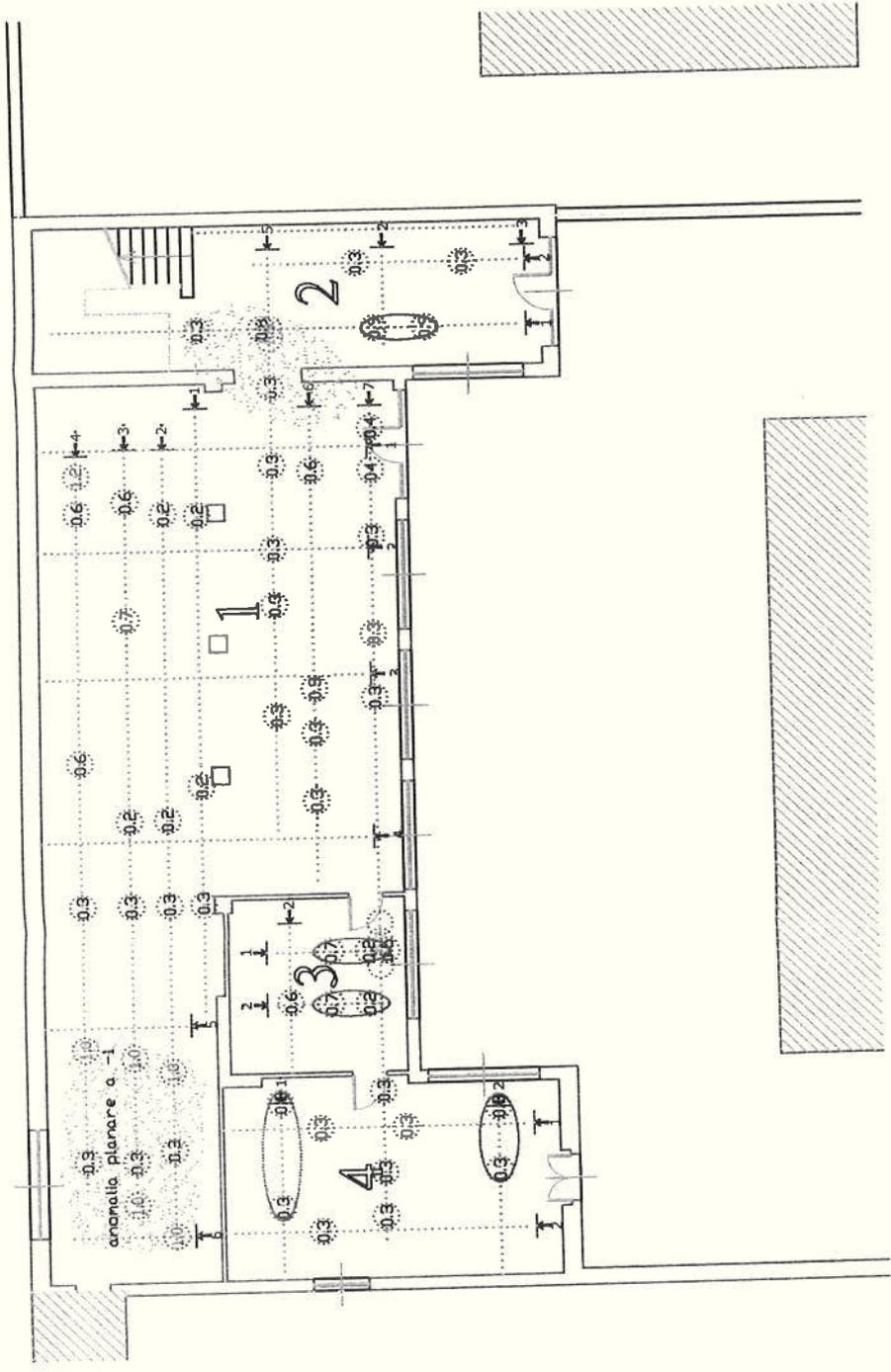
Per quanto concerne la natura dei materiali di sedime, la presenza di un reticolo di ferri, limita di molto la possibilità di discriminare le caratteristiche di attenuazione del segnale e la interpretabilità in tali termini dei radargrammi.

In generale le gran parte delle anomalie risultano avere un diametro inferiore al mezzo metro, per cui si esclude la presenza di cavità significative, fino alla profondità di circa 3,00m, nel sito indagato.

Monte San Vito, Il 15 Febbraio 2013

Dott. Geol. Marco Gaggiotti





	partenza e sviluppo sezione radar
	area di anomalie planari
	sviluppo indicativo anomalie
	anomalie puntuali e relative profondità
	numero di riferimento stanza

TAVOLA 2
stanza 1

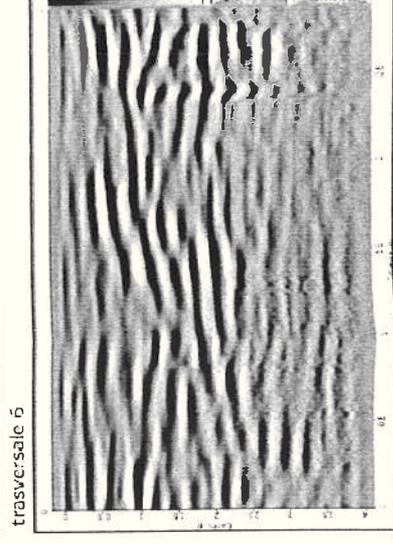
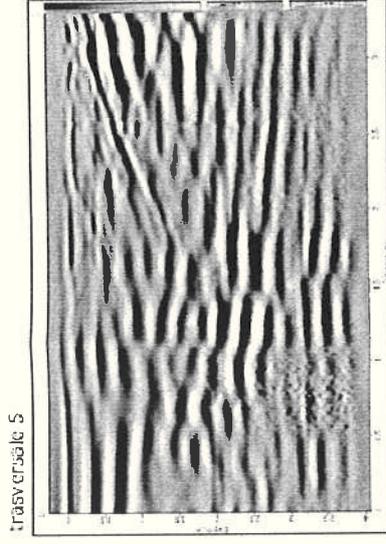
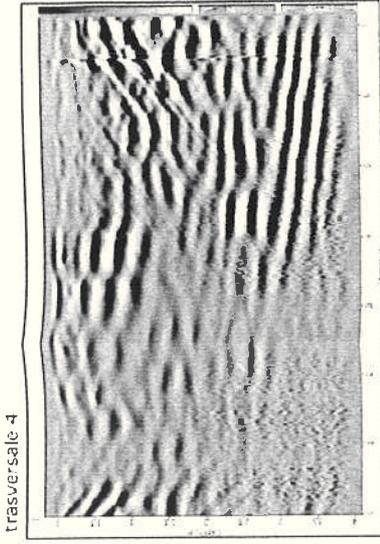
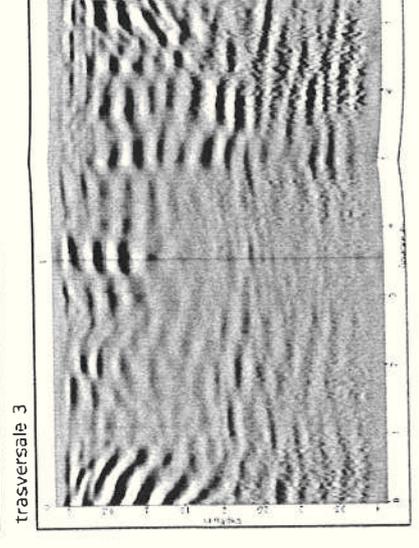
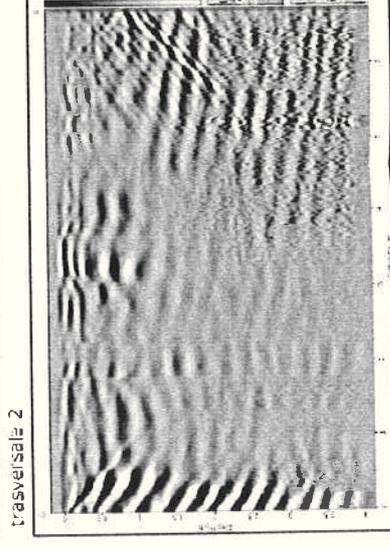
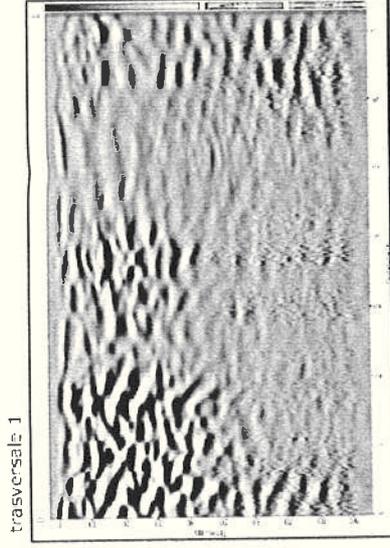
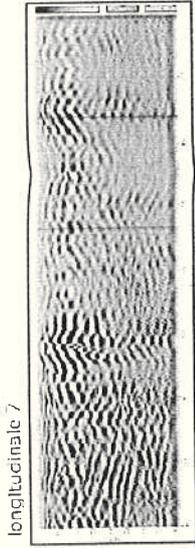
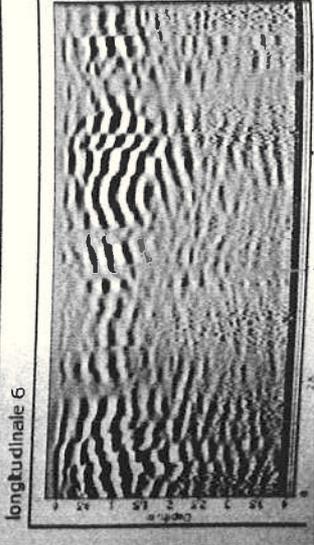
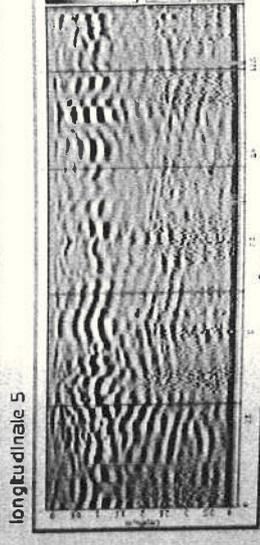
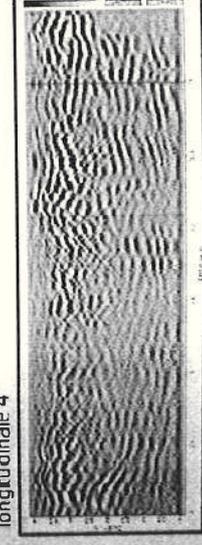
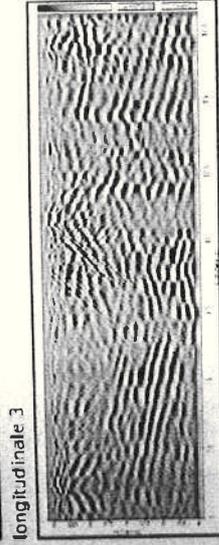
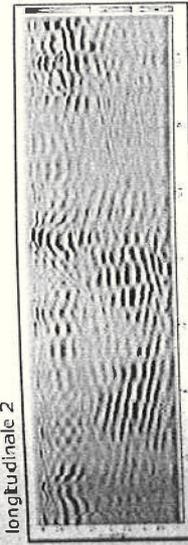
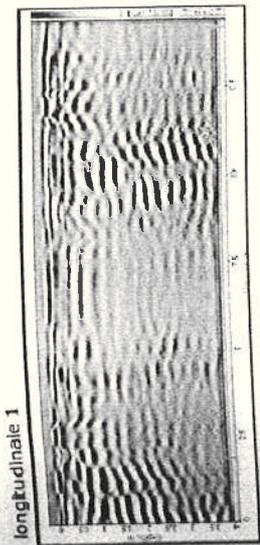
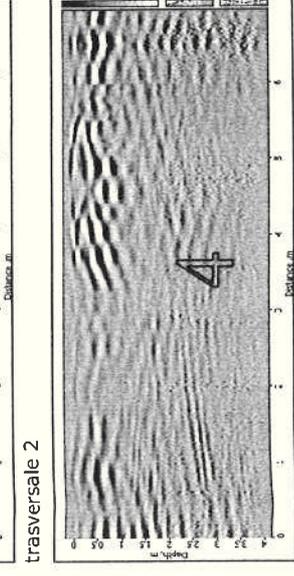
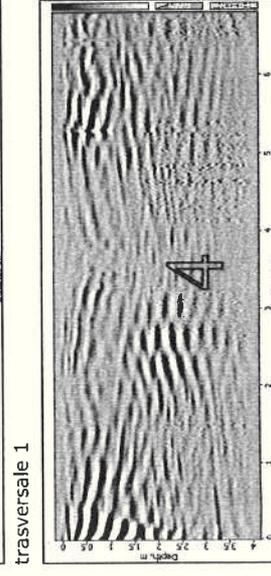
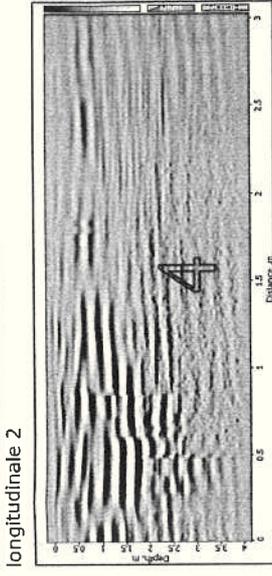
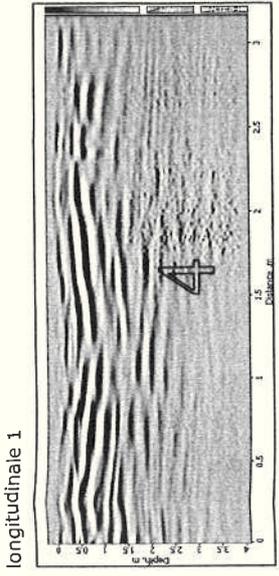
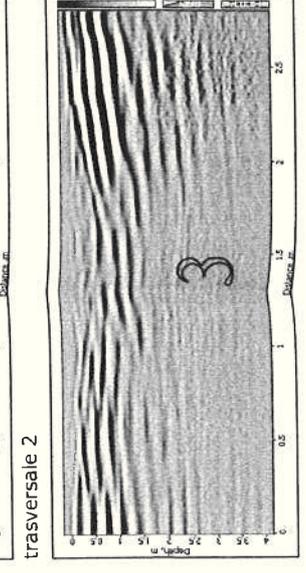
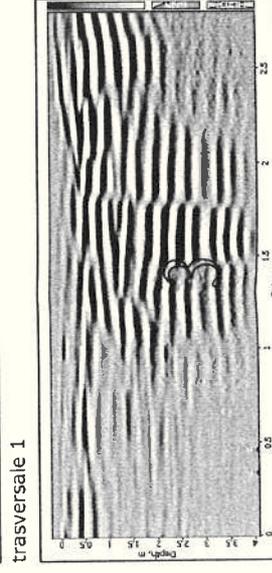
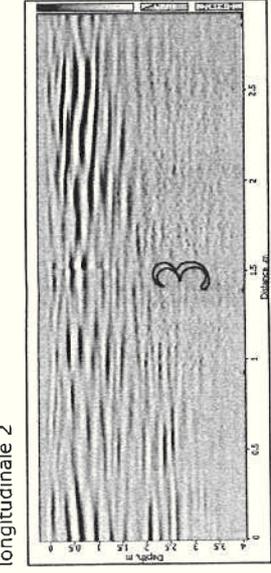
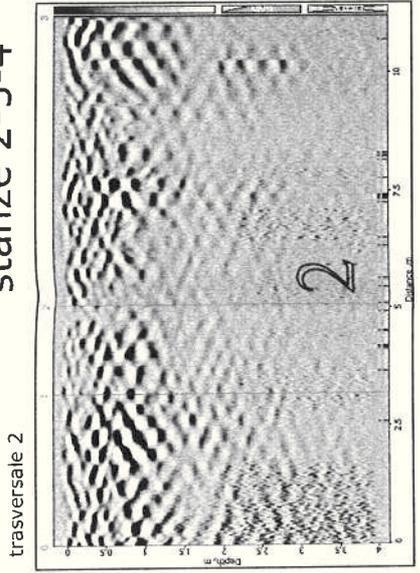
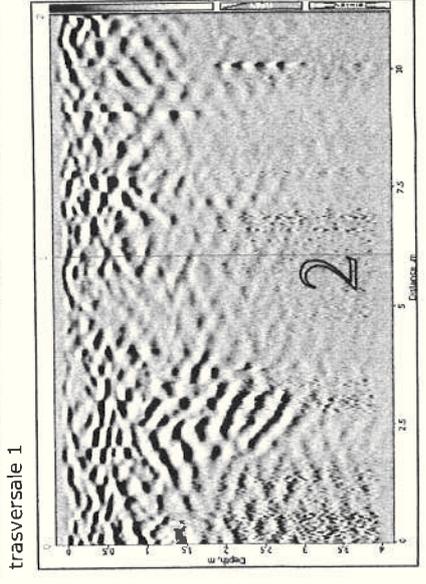
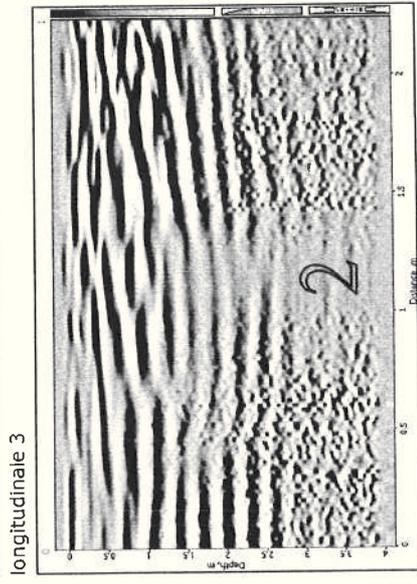
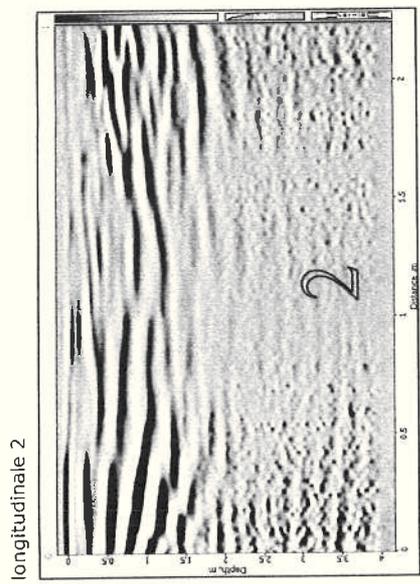


TAVOLA 3
stanze 2-3-4



Prova Penetrometrica Statica

Prova n.: CPT 1
 Cantiere: Fano (PU) - Via G. Da Serravalle 9
 Data: Gennaio 2013

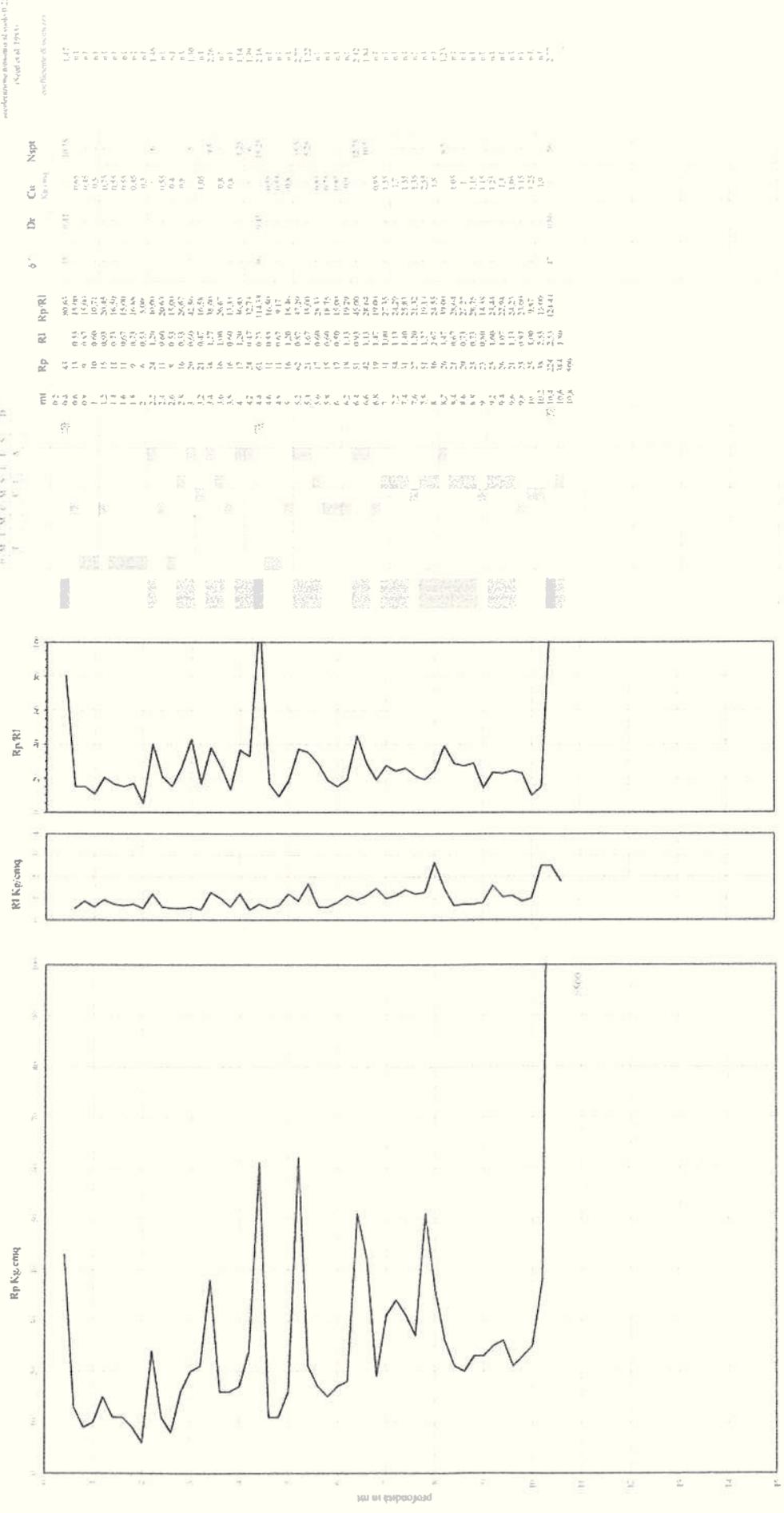
Quota inizio: piano campagna
 Liv. falda: assente
 Note:

Classificazione orientativa dei terreni (Schmertmann - 1978)

Verifica della profondità:
 in metri da 0 a 6
 accelerazione minima (valore 0.25)
 (Noid et al. 1983)

Verifica dell'angolo interno, almeno
 in circa 50 centimetri

Verifica della profondità:
 in metri da 0 a 6
 accelerazione minima (valore 0.25)
 (Noid et al. 1983)



Legenda:
 Cu media Kg/cm² 0.99 12.558 Npqr media n corpi

Caratteristiche: sismico/penetrometro casco serbo-vene, 200N, spina
 Punta meccanica tipo Bergamo - mantecole laterale superficie 150 cmq

AO: argilla organica e tempi ridotti; AMT: argilla molle (terzi);
 AT: argilla tenera; AM: argilla media; AC: argilla compatta;
 AMC: argilla molto compatta; ASI: argilla sabbiosa; limosa;
 SI: sabbia fine; SI-A: sabbia limosa; argillosa;
 SS: sabbia sabbia; S: sabbia; SD: sabbia sabbia.

Prova Penetrometrica Statica

Prova n.: CPT 2
 Cantiere: Fano (PU) - Via G. Da Serravalle 9
 Data: Gennaio 2013

Intergeo s.r.l. - Servizi Geologici - info@intergeosm.com

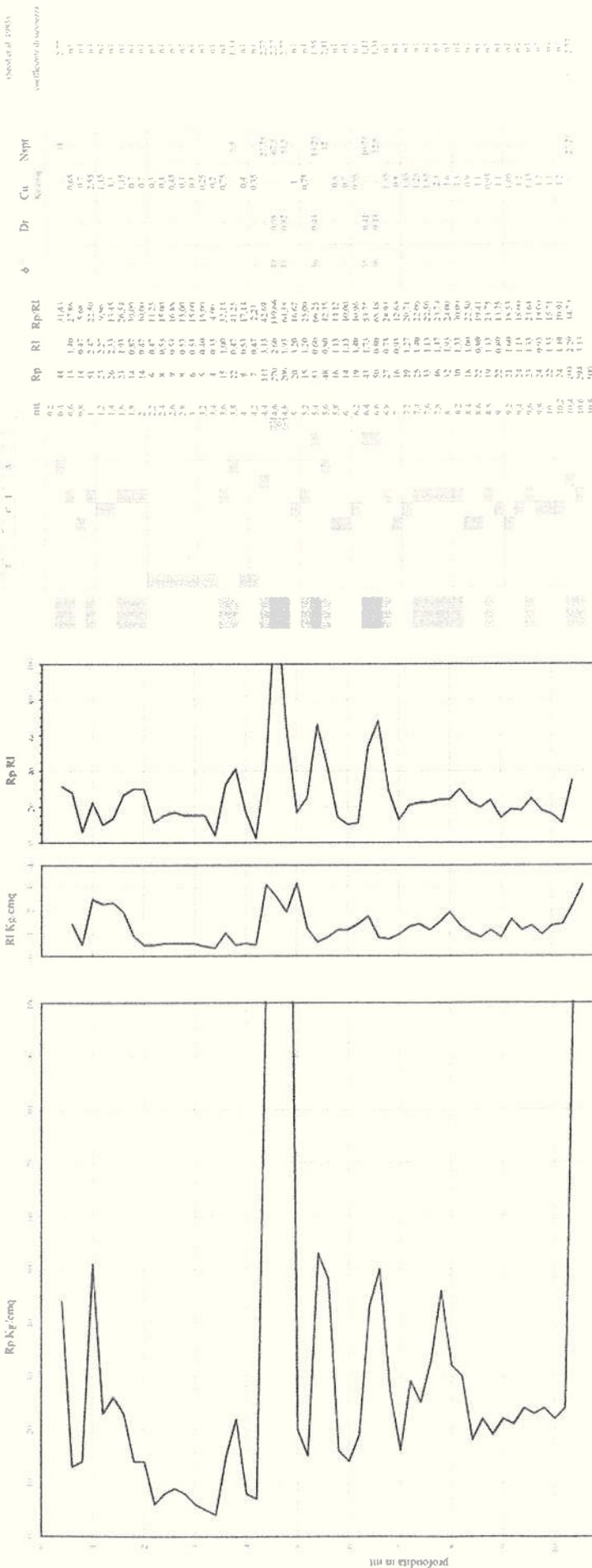
Quota inizio: piano campagna
 I.v. falda: assente
 Note:

Classificazione orientativa dei terreni (Schmertmann - 1978)

Verifica tipografica
 magnifico 6 g
 waldemare mazzoni la scala 02/14
 ASD ed. 1983

Argilla, limo, sabbia, ghiaia
 (classificazione)

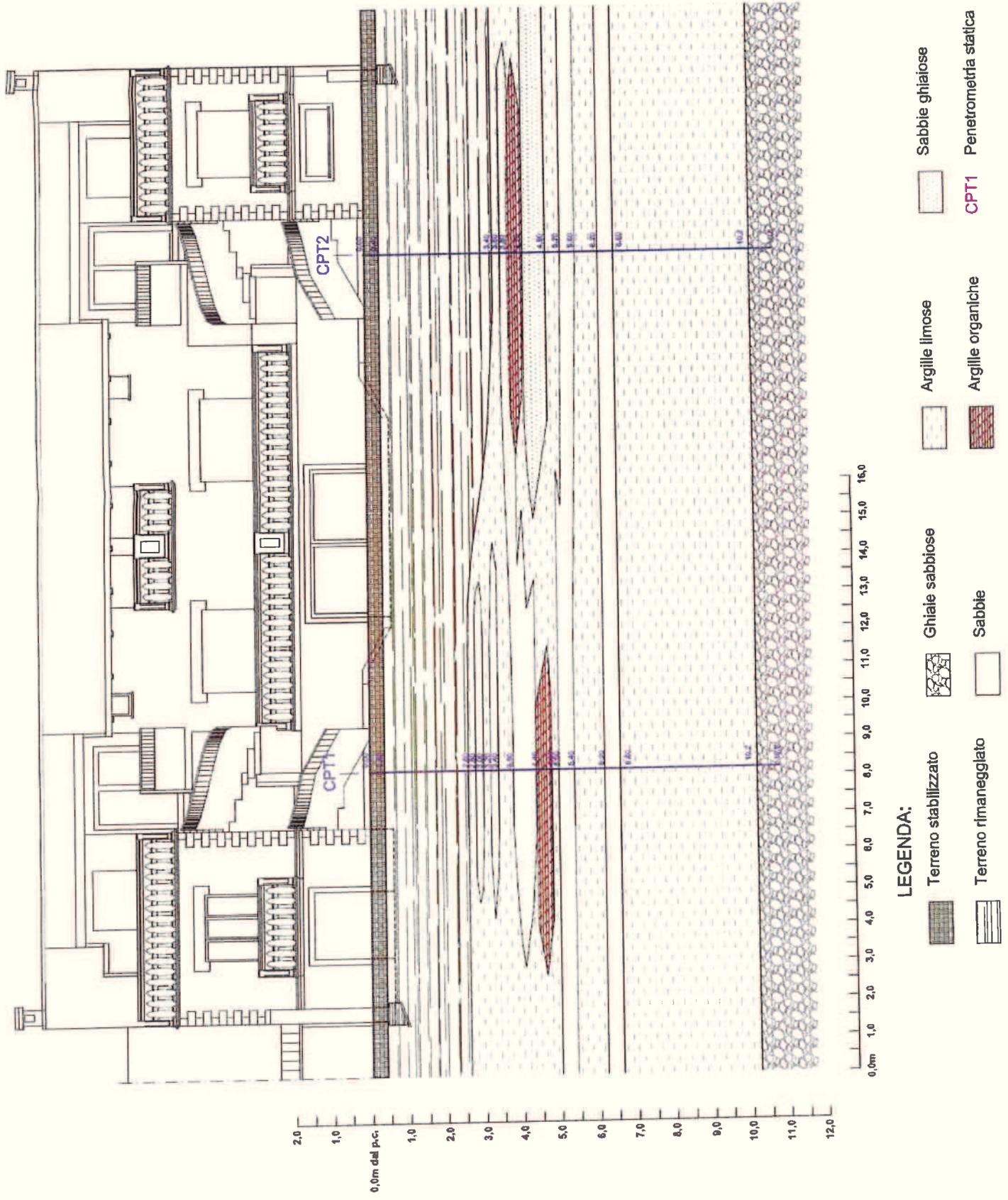
A A A A A A A A A A S S S S S S
 M M T T M C M M S S S S S S S S
 S S S S S S S S S S S S S S S S



Legenda:
 argilla
 sabbia limosa argillosa
 sabbia
 Cu media Kg/cm²
 Np/Ri
 Snp media in centri
 n. l. non liquefacibile
 n. l. non liquefacibile
 AO argilla organica e terreni misti; AMT argilla molto tenera;
 AT argilla tenera; AM argilla media; AC argilla compatta
 AMC argilla molto compatta; ASL argilla sabbiosa limosa;
 SI sabbia e limo; SLA sabbia limosa argillosa
 SS sabbia sabbiosa; SD sabbia limosa

Caratteristiche vincenti/penetrometro stato sereno emic. 200kN, spina
 Punta meccanica tipo Bognarno - mantecato laterale superficie 140 cm²

SEZIONE "PROSPETTO A" SCALA 1:100



LEGENDA:

-  Terreno stabilizzato
-  Terreno rimaneggiato
-  Ghiaie sabbiose
-  Argille limose
-  Argille organiche
-  Sabbie ghiaiose
-  Penetrometria statica

2,0
1,0
0,0m dal p.c.
1,0
2,0
3,0
4,0
5,0
6,0
7,0
8,0
9,0
10,0
11,0
12,0

0,0m 1,0 2,0 3,0 4,0 5,0 6,0 7,0 8,0 9,0 10,0 11,0 12,0 13,0 14,0 15,0 16,0