

**COMUNE DI FANO**  
**PROVINCIA DI PESARO URBINO**

Proprietà: **AP IMMOBILIARE SRL**  
**MONTANI MATTEO**  
**TONUCCI ELISABETTA**  
**TONUCCI FILIPPO**

Oggetto:  
**INDAGINE GEOLOGICA - GEOGNOSTICA E SISMICA PRELIMINARI DI**  
**FATTIBILITA' PER LA REALIZZAZIONE DEL COMPARTO RESIDENZIALE**  
**ST\_2P21"VIA FANELLA" LOC. FANO DUE**

Elaborato  
**UNICO**  
**RELAZIONE - ALLEGATI CARTOGRAFICI -TABULATI**



Studio Geologico Ambientale Dott. Francesco Giambartolomei  
Via C. Cattaneo, 13 - 61032 Fano (PU) - Tel. e Fax. 0721.809323

Data: 11.05.2012

nome doc. : LOTT. "VIA FANELLA"

## INDICE

1. PREMESSA	pag.	3
2. UBICAZIONE	pag.	3
3. RILEVAMENTO AREA	pag.	3
3.1 Litologia – Morfologia	pag.	3
3.2 Idrologia ed idrogeologia	pag.	3
4. INDAGINI GEOGNOSTICHE	pag.	4
4.1 Stratigrafie	pag.	5
5. MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO	pag.	5
5.1 Situazione stratigrafica	pag.	5
5.2 Parametrizzazione unità litologiche	pag.	6
6. DATI METEO-CLIMATICI	pag.	7
6.1 Dati Istituto Idrografico	pag.	7
6.2 Dati Servizio Protezione civile	pag.	8
6.3 Valutazione ed interpretazione dei dati pluviometrici	pag.	10
7. MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO	pag.	12
7.1 Sismogenetica	pag.	12
7.2 Classificazione sismica	pag.	13
7.3 Categoria di sottosuolo	pag.	14
7.4 Categoria topografica del sito	pag.	15
7.5 Amplificazione stratigrafica	pag.	15
8. LIQUEFAZIONE	pag.	15
9. CONCLUSIONI	pag.	25

## ALLEGATI ALLA RELAZIONE:

• COROGRAFIA	SCALA	1:25.000
• CARTA TECNICA REGIONALE	SCALA	1:10.000
• CARTA GEOLOGICA	SCALA	1:100.000
• PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO		
• CATASTALE CON UBICAZIONE AREA	SCALA	1: 2.000
• UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE	SCALA	1: 2.000
• COLONNE STRATIGRAFICHE		
• TABULATI PROVE CPT E DATI GEOMECCANICI		
• RAPPORTO INDAGINE GEOFISICA		

## **1.0 – PREMESSA**

A seguito dell'incarico ricevuto dalla proprietà : AP Immobiliare srl; Montani Matteo; Tonucci Elisabetta; Tonucci Filippo , per la verifica di fattibilità costruttiva di un comparto residenziale ST2-\_P21 "Via Fanella", loc. FANO DUE, nel comune di Fano, è stato eseguito uno studio che si è svolto nelle seguenti fasi:

- rilevamento geologico, morfologico e idrogeologico della zona
- verifica della documentazione a disposizione e bibliografica
- esecuzione di indagini geognostiche per la caratterizzazione stratigrafica
- modellazione geologica del sito
- determinazione delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni presenti
- ricerca di dati meteo-climatici e loro elaborazione
- indagine sismica "Masw"
- modellazione sismica del sito

## **2.0 - UBICAZIONE**

L'area in studio è individuata al Catasto terreni del comune di Fano al Foglio n° 36, mappali n° 2220, 2221, 2226, 2363, 2412, 2413, 2416, 2420, 2423, 2424, 2427 ; come indicati in cartografia allegata.

L'area oggetto di studio ricade nel foglio 110, Tavoletta III N.O. della carta I.G.M. a scala 1:25.000 denominata "S. COSTANZO" e Tav. IV S.O. denominata "FANO".

## **3.0 RILEVAMENTO DELL'AREA**

### **3.1 Litologia - morfologia**

L'area in esame, dal punto di vista geologico e morfologico, ricade tra l'ampia valle alluvionale costituita dai depositi fluviali del fiume Metauro e la valle alluvionale del Torrente Arzilla, ad una quota variabile intorno ai 20 metri s.l.m..

Tale area non presenta caratteri morfologici di particolare rilievo essendo una piana omogenea. La litologia dell'area sulla quale andrà realizzato il comparto è costituita dalle alluvioni terrazzate del III ordine come risulta dalla cartografia ufficiale e dal rilevamento geologico da noi eseguito.

Questi depositi alluvionali (Pleistocene medio-sup.) sono rappresentati, in genere, da ghiaie, sabbie e limi sabbiosi e argillosi, frammisti tra loro in successione stratigrafica o lentiforme.

Anche dalla consultazione degli elaborati cartografici del P.R.G. e del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) non risultano fenomeni di rischio idrogeologico.

Tuttavia la natura dell'opera in progetto rende necessaria un'approfondita e puntuale indagine dei luoghi allo scopo di identificare le caratteristiche litostratigrafiche dei terreni, quelle idrogeologiche e quelle geomeccaniche per la fattibilità dell'intervento.

### **3.2 - idrologia - idrogeologia**

L'area d'indagine è compresa nel bacino idraulico del Torrente Arzilla , in destra idraulica, al limite con il bacino idraulico del Fiume Metauro, in area compresa tra il canale Albani e il Torrente Arzilla, sui depositi alluvionali di III ordine dei terrazzi fluviali.

L'idrologia generale è regolata dalla presenza dei corsi d'acqua principali, Torrente Arzilla e Fiume Metauro e da fossi collettori secondari che defluiscono in essi o nel canale Albani.

Nello specifico, essendo i suddetti fossi e canali un po' lontani, essa è regolata soprattutto dalle canalizzazioni e dalla rete fognaria delle infrastrutture ivi presenti (area intensamente edificata loc. FANO DUE).

La situazione idrogeologica è da ritenersi piuttosto semplice e dipendente dalla diversa permeabilità dei terreni presenti (ghiaie, sabbie, limi e argille limose).

La natura alluvionale dei litotipi presenti favorisce l'infiltrazione delle acque meteoriche ed il deflusso secondo linee preferenziali legate alla permeabilità.

Sin dalla porzione più superficiale risulta molto permeabile vista l'immediata presenza di ghiaia a matrice limo sabbiosa e argillosa. Sono presenti rari livelletti di limo-sabbioso e argilloso intervallati, con una permeabilità inferiore, tuttavia tali livelli non sono continui in quanto si presentano talora come lenti.

Al fine di una verifica dello stato fisico della falda, si correla l'attuale livello con una carta della tavola d'acqua realizzata per un precedente studio idrogeologico generale. Dal confronto con i livelli misurati nei sondaggi si riscontra una perfetta correlazione del livello odierno, probabilmente anche per le forti e prolungate precipitazioni verificatesi nei mesi invernali (consistenti precipitazioni nevose).

#### **4.0 - INDAGINI GEOGNOSTICHE**

L'indagine in oggetto, a carattere preliminare, è stata predisposta al fine dell'acquisizione di tutti quei dati geologici, idrogeologici, litostratigrafici, sismici e geo-meccanici, tesi a caratterizzare il sito per la realizzazione del piano in progetto.

Lo scopo è stato raggiunto con una verifica dei dati a disposizione e bibliografici nonché con un rilevamento geologico, geomorfologico ed idrogeologico speditivi nell'area specifica.

Sono state eseguite n° 2 prove CPT/SCPT (prove penetrometriche statiche di cui una conclusa con attrezzatura dinamica) che hanno permesso di ricostruire su tutta la profondità dell'indagine la successione litostratigrafica e ricavare le caratteristiche geomeccaniche dei terreni.

Contestualmente, in relazione alla normativa sismica in vigore, è stata eseguita una indagine geofisica di tipo sismico attivo, questa è stata realizzata dalla ditta Geos Geofisica S.n.c. con tecnica MASW (Multichannel Analysis Surface Waves) con un sismografo a 24 canali a cumulabilità di impulsi della Ditta Seismic Source, mediante energizzazione attraverso massa battente da 8 Kg e piastra metallica appoggiata sul terreno e la successiva registrazione degli eventi acquisiti da 24 geofoni a frequenza di 4,5 Hz in forma digitale attraverso un p.c.

Le caratteristiche della strumentazione utilizzata sono riportate nei tabulati allegati.

I dati ottenuti vengono utilizzati per la caratterizzazione dei sedimenti del sottosuolo, per una indicazione sommaria della tipologia di fondazione più idonea e del piano di immorsamento che verrà poi determinato in modo definitivo dal progettista sulla base di tutte le informazioni fornite per i singoli fabbricati in seguito ad approfondimenti successivi.

Il livello statico della falda freatica da misurazioni all'interno delle perforazioni si attesta intorno a – 12.0 m dal piano campagna corrispondente a circa – 8.0 m sul l.m.m.

#### 4.1 – stratigrafie

##### Sondaggio profondo ex pozzo comunale (Via Baccelli)

Dopo 3.0 m di terreno vegetale si rinvengono limi argilloso-sabbiosi sino a – 7.0 m, segue ghiaia a matrice limo sabbiosa sino a - 22.50 m dal p.c.; da qui a – 26.50 m si ha limo argilloso-sabbioso ed ancora ghiaia sino – 34.00 m d.p.c. .

Da qui a fine sondaggio, - 71.00 m d.p.c. si rinviene argilla pliocenica (substrato ). Il piano campagna di riferimento è 20.00 m s.l.m.

Sulla base delle prove CPT1/SCPT eseguite ed interpretate da Geoemme 2, correlate con dati noti si ottiene la seguente ricostruzione litostratigrafica

##### CPT1/SCPT

Dopo 0.60 m di terreno vegetale e limo sabbioso argilloso compatto si rinviene sino a – 12.60 m dal p.c. ghiaia a matrice limo sabbiosa e argillosa, molto addensata, talora alternata con livelletti limo sabbiosi-argillosi sempre compatti. Sino a - 13.20 si ha un livello limo sabbioso-argilloso compatto seguito sino a - 14.70 da ghiaia con abbondante matrice limo-sabbiosa e argillosa. Da qui a fine prova si ha nuovamente ghiaia a matrice limoso-sabbiosa e argillosa molto addensata. Dalla profondità di – 3.00 dal p.c. si utilizza attrezzatura dinamica in quanto l'avanzamento risulta impossibile.

##### CPT2

Dopo 0.60 m di terreno vegetale e limo sabbioso compatto si rinviene ghiaia a matrice limo-sabbiosa sino a – 6.0 m dal p.c. Dopo un livelletto limo sabbioso e argilloso si ripropone ghiaia in abbondante matrice limo-sabbiosa e argillosa e di seguito ancora ghiaia a matrice limo-sabbiosa molto addensata sino a – 7.00 m (fine prova) .

Le prove si interrompono per difficoltà di avanzamento e limite di resistenza dell'ancoraggio della macchina.

#### 5.0 - MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

##### 5.1 - Situazione stratigrafica

L'indagine geognostica eseguita sui terreni in oggetto ha messo alla luce una situazione stratigrafica piuttosto omogenea sia in verticale che arealmente, con il litotipo ghiaioso immediatamente presente rispetto al piano campagna.

Va messo in evidenza che in area adiacente il litotipo ghiaioso era preceduto da limo-sabbioso-argilloso molto compatto sino a circa -2.0 m dal p.c.

I sondaggi eseguiti hanno infatti rilevato, la presenza di depositi alluvionali, relativi al Fiume Metauro, e Torrente Arzilla, del Pleistocene medio-sup. costituiti da ghiaia eterometrica a matrice limo-argillosa e sabbiosa sino al substrato costituito dalle argille Plioceniche a profondità di circa - 34.0 m dal p.c.. Della profondità del substrato si ha riscontro da una stratigrafia nota, relativa ad un ex-pozzo comunale realizzato non lontano dall'area in oggetto. Sono presenti rari livelli limo-sabbiosi e argillosi di modesto spessore, mentre la ghiaia si dimostra continua sino in profondità.

**La litologia più superficiale rilevata presenta valori molto elevati di resistenza, che può indirizzare alla scelta di una fondazione diretta che permette una omogenea distribuzione dei carichi in assenza di cedimenti totali e differenziali.**

**Inoltre, se in presenza di sbancamenti per il piano cantinato si avranno ulteriori riduzioni dei carichi applicati in relazione al riequilibrio con il peso di terreno asportato .**

Con ciò il Progettista dovrà valutare la scelta del tipo fondazionale e del suo immersione sulla base sia delle caratteristiche geomeccaniche dei litotipi rilevati, che sulla base del possibile sbancamento per il piano cantinato oltre ovviamente alle caratteristiche strutturali del fabbricato. Verrà aiutato da una serie di verifiche geognostiche da effettuarsi puntualmente in fase esecutiva della progettazione .

Tuttavia l'immersione delle fondazioni nei litotipi presenti garantirà grande portanza.

### Modello litostratigrafico

Orizzonte	Descrizione
Orizzonte (1)	Ghiaia a matrice limo-sabbiosa argillosa molto addensata con rari livelli limo-sabbiosi e argillosi frammisti
Orizzonte (2)	Substrato argillo-marnoso Pliocenico

### 5.2 - Parametrizzazione unità litologiche

L'indagine geognostica svolta mediante prove penetrometriche statiche e dinamiche ha permesso la verifica a tutta profondità delle caratteristiche geomeccaniche dei litotipi attraversati.

Le elaborazioni riportate nei tabulati e le correlazioni effettuate con dati noti di altre verifiche hanno permesso di determinare i seguenti parametri geomeccanici caratteristici dei materiali presenti, (in allegato i tabulati delle prove eseguite).

#### Limo sabbioso argilloso compatto

$\phi' = 30^\circ - 32^\circ$  .....angolo di resistenza al taglio  
 $Y = 1,85/1,90 \text{ t/mc}$  .....peso unità di volume  
 $Y' = 0,85/0,90 \text{ t/mc}$  .....peso unità di volume immerso  
 $N_q = 18.40$  ;  $N_\gamma = 22.40$  ;  $N_c = 30.14$  .....( VESIC, 1975)

#### Ghiaie a matrice limo-sabbiosa e argillosa (da - 0.60 m a -15.60 m. d.p.c.) CPT1/SCPT

$\phi' = 35^\circ - 36^\circ$  .....angolo di resistenza al taglio  
 $Y = 1,95 \text{ t/mc}$  .....peso unità di volume  
 $N_q = 33.30$  ;  $N_\gamma = 48.03$  ;  $N_c = 46.12$  ..... ( VESIC, 1975)

## 6.0 - DATI METEO-CLIMATICI DEL SITO

Le caratteristiche climatiche (in particolare precipitazioni e temperature) hanno grande importanza sul regime idrologico e sulle caratteristiche dei litotipi.

La loro analisi fornisce informazioni sulle precipitazioni meteoriche e sulla loro concentrazione nel tempo; tali dati vanno elaborati al fine di calcolare le opportune opere di regimazione delle acque, per valutare le dimensioni delle condotte fognarie e della regimazione idraulica in genere.

Sono stati analizzati i dati del Servizio Idrografico nazionale relativi alla stazione pluviometrica di Fano nel periodo 1950 - 1969 e dal 1970 al 2005, essendo le più prossime all'area di interesse con una più completa disponibilità di dati meteo-climatici registrati.

### 6.1 - Dati Istituto idrografico - precipitazioni

In generale, per quanto riguarda le precipitazioni annue medie ( nel periodo 1950/1969 ; 1921/1950 ) per la Stazione di Fano si registrano rispettivamente 803 mm e 737 mm.

#### PRECIPITAZIONI METEORICHE MEDIE MENSILI in mm nel periodo 1950-1969 (Stazione di Fano)

<b>G</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>G</b>
74.9	55.2	64.3	62.1	57.4	52.2
<b>L</b>	<b>A</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>
53.1	51.5	80.3	79.4	90.7	82.2

Le precipitazioni medie stagionali hanno evidenziato quanto segue:  
le più alte precipitazioni medie si registrano durante la stagione autunnale con 250.4 mm mentre il massimo numero di giorni piovosi si registra nel periodo Autunno- Inverno, con 25 giorni.

Le precipitazioni medie più basse si hanno invece in estate con 156.8 mm, stagione in cui si registra anche il minor numero di giorni piovosi (16gg.) .

Per quanto riguarda le valutazioni legate ai fenomeni meteo-climatici è stata effettuata una raccolta di dati omogenei di un periodo abbastanza lungo che permette di effettuare calcoli, anche se indicativi, per risalire ai valori delle precipitazioni critiche a cui fare riferimento per la progettazione di condotte fognarie, drenaggi, sistemi di dispersione ecc.

## 6.2 Dati forniti dal Servizio protezione civile e sicurezza locale

Precipitazioni più intense registrate su 1,3,6,12,24 ore consecutive

Stazione di : FANO (PU)					
Quota (m s.l.m.) : 4		Numero di osservazioni : 32 N =			
Anno	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)
1970	48,00	60,00	32,00	32,00	32,00
1971	15,20	18,60	60,00	98,20	113,40
1972	17,20	27,60	34,80	46,40	53,00
1973	24,00	51,60	62,60	81,40	81,40
1974	17,20	22,40	42,60	47,80	49,20
1975	32,40	36,40	44,60	53,80	55,80
1976	32,00	36,40	61,80	65,40	65,40
1977	25,80	29,00	31,40	32,60	40,80
1978	27,00	52,80	30,60	40,60	53,40
1979	24,20	65,40	32,20	34,60	42,60
1981	23,60	25,60	46,80	46,80	47,20
1983	40,40	60,20	64,20	64,20	74,40
1984	17,40	19,20	25,20	36,20	42,60
1985	32,00	36,00	67,00	79,20	84,40
1986	31,40	33,00	23,60	31,40	40,40
1987	25,00	30,60	44,40	63,60	79,40
1990	28,00	38,60	38,60	40,20	40,20
1991	23,80	34,80	46,20	57,20	69,00
1992	10,20	17,40	24,80	26,80	31,60
1993	21,80	33,60	36,00	36,60	36,60
1994	13,00	27,00	42,20	58,20	66,40
1995	23,80	39,80	49,80	51,80	59,20
1996	40,60	56,20	74,60	87,40	98,80
1997	21,00	32,80	40,80	53,00	54,60
1998	20,20	38,60	55,00	66,80	84,00
1999	24,60	45,40	47,40	48,60	75,80
2000	27,20	40,60	46,20	85,00	85,60
2001	29,80	31,00	39,80	48,20	49,00
2002	21,60	35,60	37,00	37,00	37,00
2003	22,60	23,00	23,20	32,80	33,40
2004	22,40	25,20	29,20	37,20	39,80
2005	7,40	15,40	25,00	30,40	37,40
valore medio	24,71	35,62	42,49	51,61	57,93



Stazione di Fano Temperature massime e minime medie annuali (°C)		
Anno	Max	min
1950	18.2	10.5
1951	17.5	10.3
1952	16.7	9.7
1953	15.8	9.2
1954	15.9	9.2
1955	16.4	9.7
1956	15.7	8.8
1957	16.9	9.8
1958	17.5	10.1
1959	16.8	9.5
1960	17.1	9.6
1961	17.7	9.4
1962	16.7	9.0
1963	16.5	9.2
1964	16.5	9.5
1965	16.9	9.3
1966	18.1	10.6
1967	17.0	9.4
1968	16.8	9.2
1969	16.7	9.2
1970	17.3	9.5
1971		
1972	17.3	10.7
1973	17.5	10.5
1974	18.6	11.2
1975	17.5	11.0
1976	17.4	10.2
1977	20.0	13.1
1978	16.3	9.2
1979	18.8	11.4
1980	18.2	10.9
1981	17.9	10.6
1982	18.6	11.5
1983	18.8	10.9
1984	18.3	11.4
1985	18.4	11.1
1986		
1987		
1988	18.9	11.6
1989	18.4	10.6
1990	18.2	10.8
1991	17.3	10.0
1992	18.3	11.8
1993		
1994		
1995	18.3	10.5
1996	17.7	10.5
1997	18.2	10.7
1998	19.0	11.7
1999	19.1	11.6
2000	19.8	11.8
2001	19.8	12.0
2002	19.7	12.5
Media	17.72	10.42

La media complessiva per il periodo è 14.07° - Localmente la temperatura media annua rientra nella fascia compresa tra i 13° e 14° - si nota comunque un incremento della temperatura rispetto al passato.

Negli ultimi anni le precipitazioni meteoriche si vanno caratterizzando diversamente rispetto alle registrazioni più antiche a disposizione, tuttavia i dati di breve durata non sono significativi e quindi vanno presi come indicazione preliminare. Si registrano sempre più frequentemente precipitazioni di forte intensità e di breve durata. Tali eventi vanno considerati per le opere di regimazione e/o fognarie, in quanto sono queste precipitazioni concentrate che metteranno in difficoltà il sistema di collettamento, anche se ovviamente non possono essere considerati i valori di picco.

I valori medi del periodo considerato (1970 ÷ 2005) sono del tutto confrontabili con quelli più vecchi per cui le modificazioni meteo-climatiche notate dovranno essere verificate attentamente in tempi più lunghi, pur tenendo presente la tendenza che è quella di avere “forti e abbondanti precipitazioni concentrate in poco tempo” e riduzione del numero di giorni piovosi.

Analizzando le massime precipitazioni orarie annuali e confrontando i periodi per i quali si hanno informazioni, si nota un incremento dei valori negli ultimi anni che se verrà confermato nel tempo, potrà modificare non poco il dimensionamento delle canalizzazioni di regimazione e fognarie.

### **6.3 - Valutazione ed interpretazione dei dati pluviometrici**

#### **Valutazione delle massime precipitazioni attese - (curve di probabilità pluviometrica)**

Affinché si possano utilizzare i dati meteo riportati per il dimensionamento delle opere di regimazione idraulica e per il controllo delle sezioni dei fossi collettori, è necessario rappresentare i massimi valori delle precipitazioni in una curva segnalatrice di possibilità pluviometrica del tipo “  $h = a t^n$  ” dove “h” è la precipitazione in mm, “t” è la durata “a” ed “n” sono due parametri che dipendono dalle caratteristiche dell’area di rilevamento . Mentre “n” è un coefficiente che varia da 0.3 a 0.6; “a” corrisponde alla precipitazione nell’unità di tempo considerata.

Per determinare l’andamento della curva segnalatrice di possibilità pluviometrica si utilizza un grafico costruito appositamente, in cui sull’asse delle ascisse si riportano le durate e su quello delle ordinate le corrispondenti precipitazioni (valori massimi).

Tali serie di valori vanno depurati di eventi molto rari e per ciò si utilizzano vari metodi di regolarizzazione come “Fuller” e Gumbel”; la retta che compensa i valori così riportati rappresenta l’insieme dei dati pluviometrici possibili e probabili, rapportabili in tempi più lunghi di quelli verificati, anche se non bisognerebbe mai correlare valori per un tempo molto più lungo di quello relativo ai dati conosciuti.

Utilizzando il metodo statistico di Gumbel si ottengono valori di precipitazione meteorica che in teoria non si ripeteranno e non supereranno tale quantità per il tempo considerato; ad esempio, **partendo dai dati delle precipitazioni massime avvenute in un’ora** e rilevati nella stazione di FANO per il periodo di osservazione (1970-2005), si ottiene:

- Per un tempo di ritorno 10 anni - 37,00 mm
- Per un tempo di ritorno 20 anni - 43,00 mm
- Per un tempo di ritorno 50 anni - 50,00 mm
- Per un tempo di ritorno 100 anni – 55,00 mm
- Per un tempo di ritorno 200 anni – 60,00 mm

Tali **valori indicativi possono** essere utilizzati per il dimensionamento cautelativo di condotte e canalette di scolo e/o fogne ( Chezy) calcolando le portate di massima piena con i diversi metodi disponibili: (metodi empirici, semi-empirici, analitici, statistici ecc) .

**ANALISI STATISTICA DEI DATI PLUVIOMETRICI**

( Metodo di Gumbel )

**Tabella 1 -** Valori per ciascuna durata  $t$ , della media, dello scarto quadratico medio e dei due parametri della legge di Gumbel (prima legge del valore estremo "EV1")

N =	32	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
$\mu_{(ht)}$		24,71	35,62	42,49	51,61	57,93
$\sigma_{(ht)}$		9,64	14,57	15,80	21,07	23,71
$\alpha_t = 1,283/\sigma$		0,13	0,09	0,08	0,06	0,05
$U_t = \mu - 0,45\sigma$		20,38	29,07	35,38	42,13	47,27

**Tabella 2 -** Altezze massime di pioggia regolarizzate (mm)

Tr		t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
10 anni	hmax =	37,29	54,62	63,10	79,09	88,86
30 anni	hmax =	45,81	67,49	77,06	97,72	109,82
50 anni	hmax =	49,70	73,37	83,44	106,22	119,38
100 anni	hmax =	54,94	81,29	92,04	117,69	132,29
200 anni	hmax =	60,17	89,19	100,61	129,11	145,14

I valori sopra riportati sono riferiti ai valori delle precipitazioni critiche relative ai tempi di registrazione più lunghi e rapportati ai tempi di ritorno per i quali almeno una volta è previsto che tale evento si manifesti.

## 7.0 - MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

### 7.1 - Sismogenetica

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - ( INGV ) con il rapporto conclusivo 2004 ha riorganizzato la Zonazione Sismogenetica (ZS9) dell'Appennino Settentrionale, in cinque fasce parallele longitudinali alla catena, come riportato nella figura seguente. L'area costiera dei Comuni di Pesaro e Fano e l'entroterra ricade, secondo la suddetta classificazione, entro la zona 917 a stessa compatibilità cinematica.

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha quindi inserito le varie zone individuate in una tabella, di seguito riportata, dalla quale si evince che per la zona 917, corrispondente a quella in cui si trova il fabbricato in progetto, è prevista una magnitudo-durata Md massima attesa di 4,9 con una profondità efficace in questa zona, cioè la profondità alla quale presumibilmente avverranno i prossimi eventi sismici, indicata in 7 Km.

*Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20.03.03 n. 3274)  
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia*

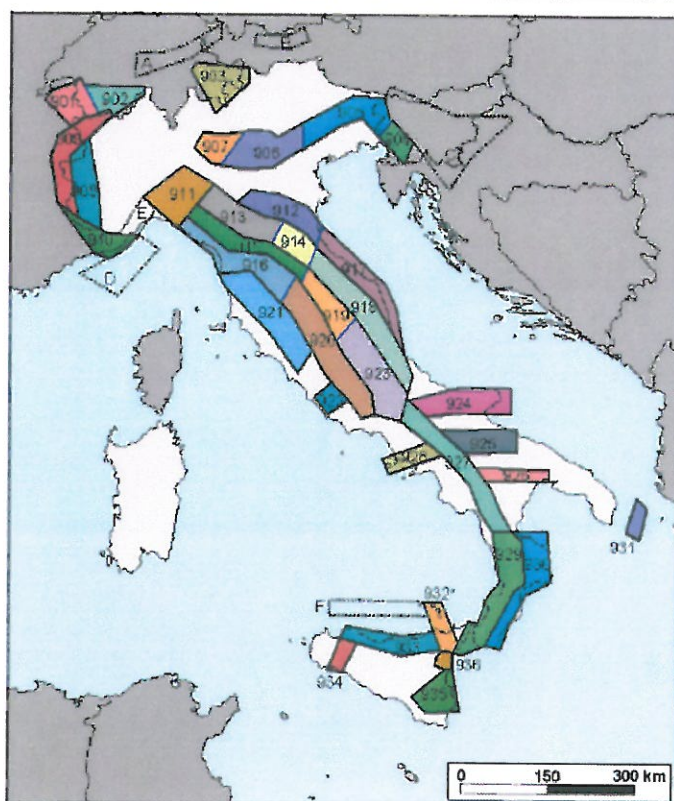
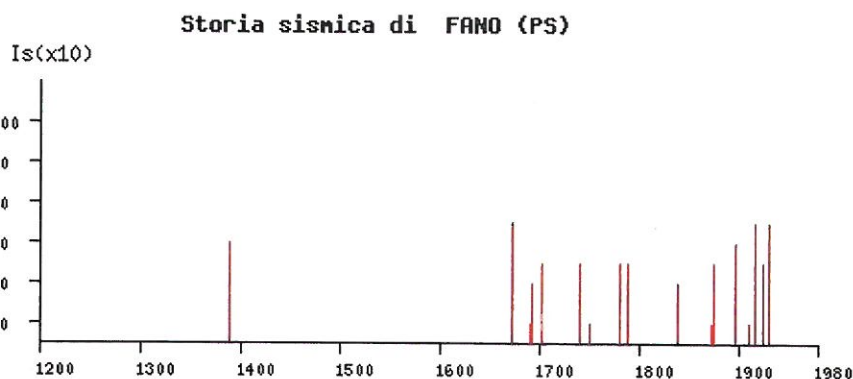


Figura 2 - Zonazione sismogenetica ZS9. Le diverse zone sono individuate da un numero; le zone indicate con una lettera non sono state utilizzate per la valutazione della pericolosità sismica. Il significato del colore (blu o nero) dei bordi delle zone è spiegato nel testo. Il colore delle zone non è invece significativo.

Zona	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
901	18	15	2	4.0	8-12	8
902	34	25	2	3.8	8-12	10
903	23	19	2	4.5	8-12	9
904	13	9	1	3.4	5-8	7 *
905	181	110	32	4.8	5-8	8 *
906	41	34	13	4.7	5-8	8 *
907	33	19	7	4.2	5-8	8 *
908	495	128	25	3.7	8-12	10
909	263	94	9	4.1	8-12	10
910	80	24	2	3.4	8-12	10
911	126	91	18	4.1	8-12	8
912	180	141	54	4.6	5-8	7
913	767	362	100	4.8	12-20	13
914	878	542	131	4.5	12-20	13
915	614	346	65	4.2	8-12	8
916	140	83	16	4.6	5-8	6 *
917	103	71	22	4.9	5-8	7
918	455	179	26	4.2	12-20	13
919	3001	1545	421	5.0	8-12	8
920	296	201	39	4.6	5-8	6 *
921	97	63	9	4.0	1-5	4 #
922	355	146	29	3.9	1-5	4 #
923	1195	663	139	5.4	8-12	9
924	442	308	65	4.4	12-20	13
925	41	24	5	3.9	12-20	13
926	85	55	15	5.0	12-20	13
927	1507	654	139	5.0	8-12	10
928	15	9	1	3.9	1-5	3 #
929	522	294	73	3.9	8-12	10
930	193	128	41	4.3	8-12	10
931	2	2	2	3.7	8-12	10 *
932	277	194	55	4.3	12-20	13
933	413	162	44	4.4	8-12	10
934	8	6	3	3.7	8-12	10
935	45	34	6	3.7	12-20	13
936	374	283	67	4.3	1-5	3 #

Tabella 1. Simboli: #: Valore fissato (zona di vulcanismo recente). \*: "Giudizio Esperto"

In particolare l'area di Fano è stata storicamente soggetta ad eventi sismici i cui eventi principali sono censiti dall'INGV e riportati nel grafico seguente che illustra la sismicità storica del comune.



## 7.2 - Classificazione sismica

La classificazione sismica del sito considerato, a seguito dell'OPCM n. 3519 del 28 Aprile 2006, ha inserito il Comune di FANO in 2° categoria, come già precedentemente classificato. Tale classificazione è effettuata in base al valore dell'accelerazione orizzontale massima convenzionale ( $a_g$ ) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico. Questo valore per la zona di 2° categoria è di 0,25 g.

### 7.3 - Categoria di sottosuolo

Il nuovo D.M. 14 Gennaio 2008 prevede la classificazione dei sottosuoli di riferimento nelle seguenti cinque categorie:

- 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 m.
- B**-Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m., caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT>50 nei terreni a grana grossa e Cu>250 Kpa nei terreni a grana fina).
- C**-Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m., caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15< NSPT<50 nei terreni a grana grossa e 70<Cu<250 Kpa nei terreni a grana fina).
- D**-Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m., caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT<15 nei terreni a grana grossa e Cu<70 Kpa nei terreni a grana fina).
- E**-Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m., posti sul substrato di riferimento ( con Vs>800 m/s).
- S1**-Depositati di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10<Cu<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.
- S2**-Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

In base a quanto disposto dalla nuova normativa, la classificazione sismica del sito è stata verificata attraverso una prova sismica con tecnica MASW (Multichannel Analysis Surface Waves) eseguita da una ditta specializzata. La strumentazione utilizzata è costituita da un acquirente di impulsi a 24 canali della Seismic Source (DAQLink III System) da 24 geofoni a frequenza di 4,5 Hz, una mazza da 8 Kg battente su una piastra rigida per la generazione dell'impulso sismico.

L'indagine MASW è stata effettuata realizzando uno stendimento lineare di 46 m di lunghezza con 24 geofoni equidistanziati di 2 m la cui ubicazione è riportata in allegato. Per l'acquisizione dei dati sono state effettuate energizzazioni disposte a varie distanze dal geofono più vicino. Per ogni punto di energizzazione sono stati generati tre impulsi simili.

I risultati della prova effettuata, riportati in allegato al presente studio, hanno indicato una effettiva velocità media di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 metri in 502 m/sec. Ciò consente di definire la categoria di sottosuolo del sito oggetto di intervento come "Categoria B" .

I rilievi effettuati hanno escluso la presenza di cavità e di zone a netta discontinuità meccanica.

#### 7.4 – Categoria topografica del sito

I rilevamenti e le misurazioni effettuate sul posto e quelle effettuate sulla cartografia disponibile del luogo indicano una situazione topografica abbastanza semplice con i fabbricati ubicati in area pianeggiante. In relazione a ciò il sito è classificabile come **“Categoria Topografica T1”** e quindi il **“Coefficiente di Amplificazione Topografica”** sarà **ST = 1**.

#### 7.5- Amplificazione stratigrafica

Il coefficiente di amplificazione stratigrafica potrà essere agevolmente ricavato dai progettisti, considerando la categoria di suolo “B” precedentemente determinata, attraverso l'utilizzo dei valori sismici di  $a_0-F_0-T_c$  caratteristici del sito sul quale si trova il fabbricato oggetto di intervento e riportati nella recente normativa antisismica D.M 14/01/2008.

#### 8.0 - LIQUEFAZIONE

I terreni incoerenti, sabbiosi e limo-sabbiosi, possono subire liquefazione sotto l'azione ciclica dell'onda sismica.

Il problema della liquefazione interessa quei litotipi rientranti in un particolare fuso granulometrico e soprattutto in quei casi in cui è presente omogeneità litologica, una granulometria mal classata, bassa densità ed immersione in falda.

**Nel presente caso la successione litostratigrafica costituita prevalentemente da ghiaia a matrice limo-sabbiosa e argillosa molto addensata non rientra nel fuso granulometrico a rischio.**

Va anche detto, inoltre che l'acqua è un fattore di grande incidenza sulla liquefazione dei terreni e nel presente caso la falda è ben lontana ed ininfluenza sui terreni di fondazione.

#### 9.0 - CONCLUSIONI

L'indagine generale effettuata e le verifiche geognostiche - litostratigrafiche portano alla definizione che l'area oggetto di studio si presenta idonea alla edificazione ..

Dalle verifiche effettuate e dall'analisi di tutti gli elementi acquisiti si può dedurre sinteticamente quanto segue:

- La situazione geologica dell'area presenta depositi alluvionali costituiti da ghiaie a matrice sabbiosa e rari livelli limo-sabbiosi e argillosi. La consistenza di tale litotipo e la sua omogeneità areale e verticale garantiscono grande portanza e stabilità
- L'area è caratterizzata da una morfologia completamente pianeggiante.
- Per quanto riguarda l'idrologia, le acque di deflusso superficiale saranno regolamentate secondo la normativa vigente raccogliendo ed inviando a depurazione le acque di prima pioggia; regimando e disperdendo con idonei sistemi le acque restanti.
- L'idrogeologia è caratterizzata dalla presenza di litotipi fortemente permeabili sin dal piano campagna; il livello freatico risulta alla profondità di circa - 12 metri dal p.c. attuale.
- Le verifiche geognostiche hanno rilevato la litostratigrafia descritta: depositi ghiaiosi a matrice limo-sabbiosa e argillosa molto addensati con rari livelli limo-sabbiosi e argillosi compatti sino alla profondità di fine sondaggio. Si conferma inoltre, sulla base di

stratigrafie note (ved. ex pozzo comunale) la presenza del substrato alla profondità di circa 34 m d.p.c. dove si rinviene la formazione di base integra (Argilla marnosa Pliocenica). In area vicina si è rilevata la presenza di uno spessore più consistente di limo-sabbioso-argilloso nella porzione superficiale, tuttavia le caratteristiche di resistenza sono elevate.

- Per quanto riguarda la possibilità di liquefazione dei litotipi, questo non si ritiene possibile in quanto il litotipo interessato dall'intervento è costituito da depositi ghiaiosi a matrice limo-sabbiosa e argillosa; inoltre il livello freatico si trova a – 12.0 m dal p.c..
- Per quanto concerne la caratterizzazione sismica dell'area, si fa riferimento alla relazione geofisica allegata. Sulla base della stessa il sottosuolo viene identificato in categoria "B" .
- Nelle zone di pertinenza del litotipo ghiaioso-sabbioso si prevedono alti valori della portanza; al fine della definitiva progettazione si preveda comunque una estensione delle indagini onde confermare ovunque la situazione verificata e garantire un corretto immersionamento delle fondazioni..

Si resta a disposizione per la necessaria assistenza nelle fasi successive della progettazione per i necessari approfondimenti specifici ed in fase esecutiva delle fondazioni.

Fano, 11.05.2012

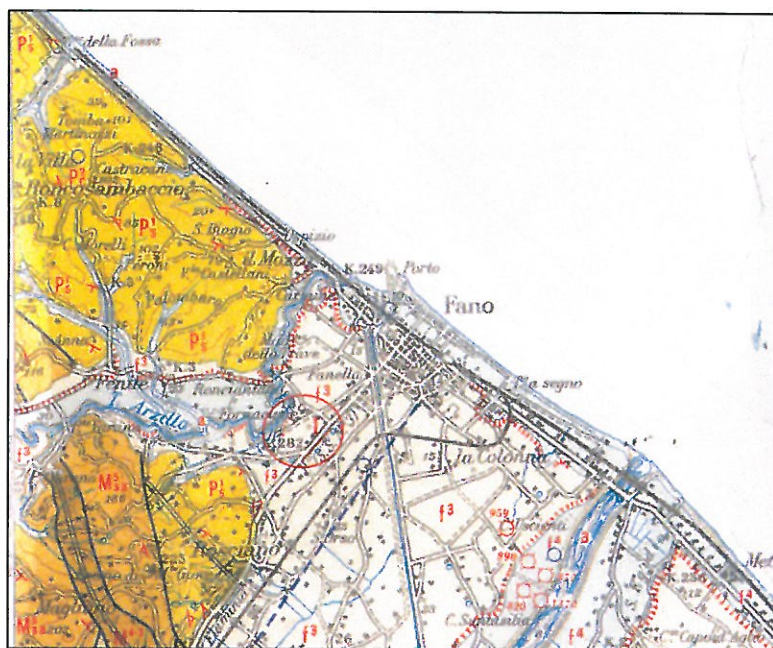
Dott. Geol. Francesco Giambartolomei








COMPARTO RESIDENZIALE “VIA FANELLA”  
VIA MARIANI – LOC. FANO DUE – COMUNE DI FANO  
CARTA GEOLOGICA D’ITALIA F. 110



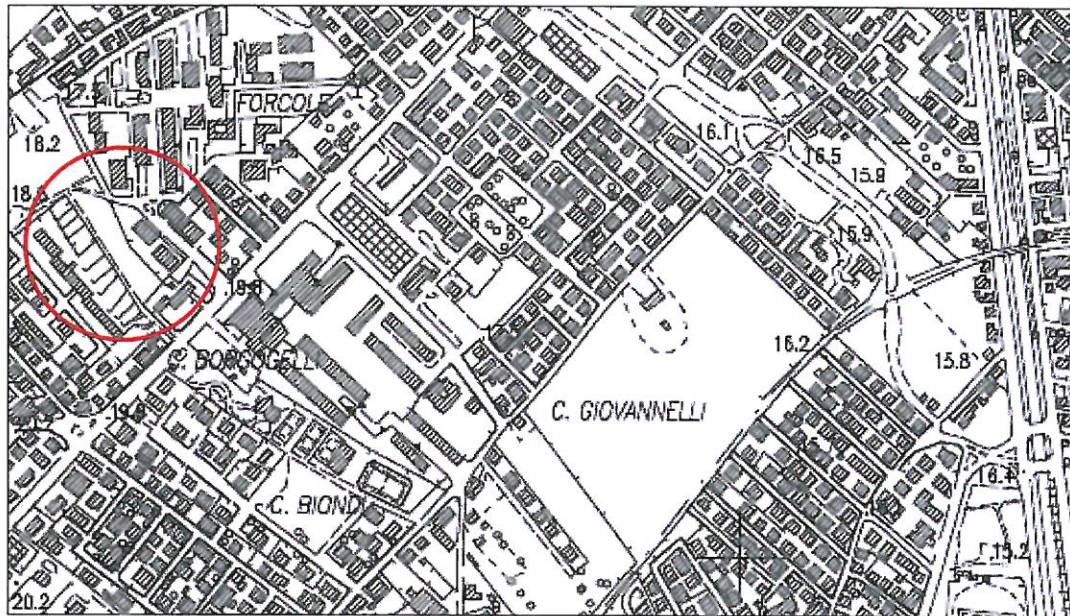
**LEGENDA**

- a Alluvioni recenti – Olocene
- F<sup>4</sup> Alluvioni ghiaioso sabbiose del IV ordine dei terrazzi fluviali  
(Pleistocene medio superiore)
- F<sup>3</sup> Alluvioni ghiaioso sabbiose del III ordine dei terrazzi fluviali  
(Pleistocene medio superiore)
- P<sup>1s</sup> Sabbie e arenarie talora debolmente cementate  
(Pliocene inferiore)
- M<sup>5</sup><sub>3</sub> a Arenarie debolmente cementate con frequenti intercalazioni argillose  
Formazione a Colombacci (Messiniano sup. e medio)
- M<sup>4-3</sup> Alternanza di marne, marne calcaree e calcari bianco-grigiastri  
Formazione dello Schlier (Tortoniano – Elveziano)

 Area in oggetto

INDAGINE GEOLOGICA DI FATTIBILITA'  
PER IL COMPARTO RESIDENZIALE "VIA FANELLA" IN LOC. FANO DUE  
VIA MARIANI COMUNE DI FANO

CARTA TECNICA REGIONALE SC. 1:10.000



AREA DI INDAGINE





COMPARTO RESIDENZIALE “VIA FANELLA”  
VIA MARIANI – LOC. FANO DUE – COMUNE DI FANO  
PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO - P.A.I.  
Carta di rischio idrogeologico TAV. RI 7c







Area in oggetto

## 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)

 Limite di Bacino Idrografico

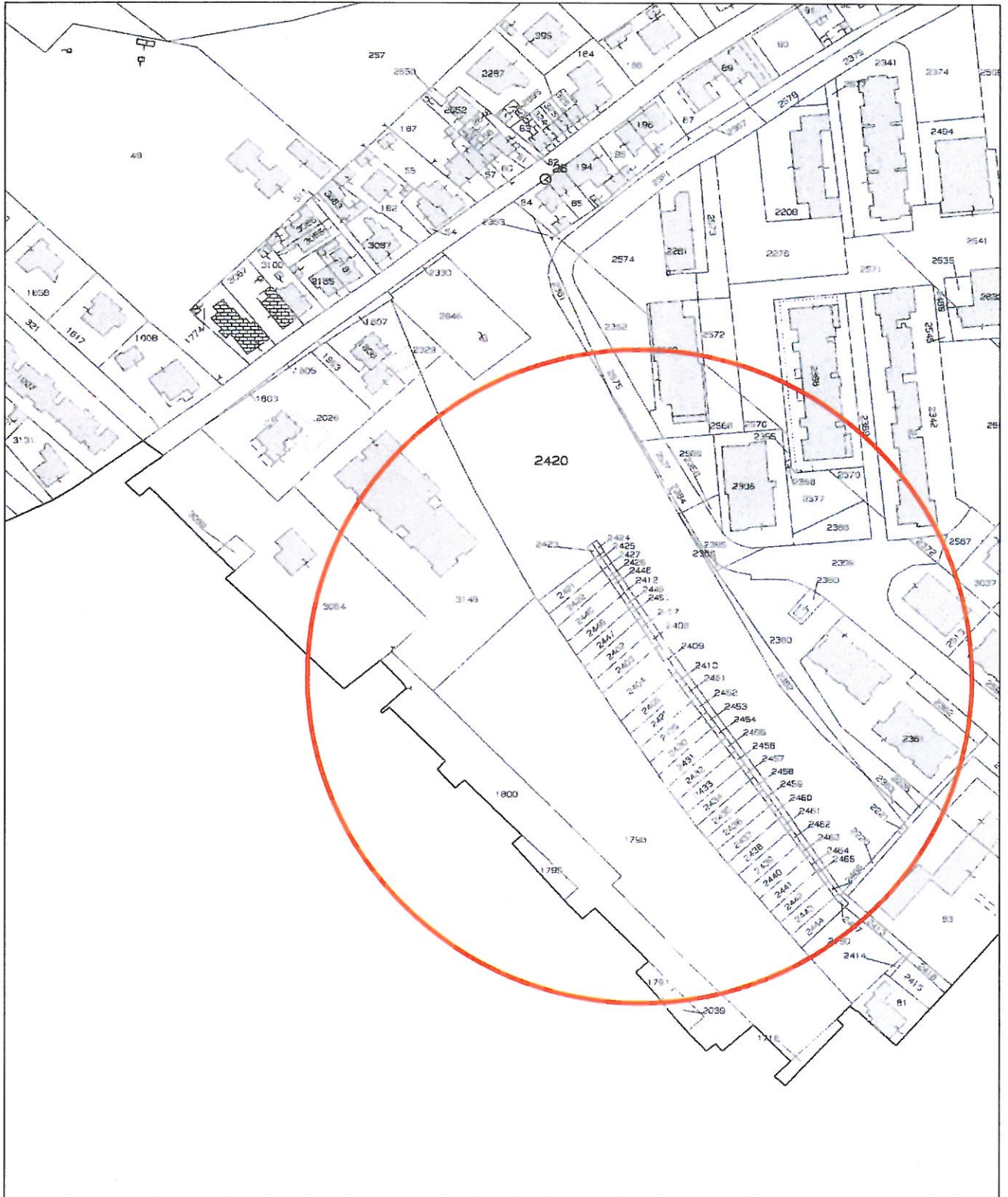
DESCRIZIONE CODICE LEGATO AI FENOMENI

— numero identificativo di bacino  
Z - XX - YYYY  
— numero progressivo fenomeno  
— iniziale tipo di rischio

**INDAGINE GEOLOGICA DI FATTIBILITA'  
PER IL COMPARTO RESIDENZIALE ST2\_P21“VIA FANELLA”  
IN LOC. FANO DUE - VIA MARIANI COMUNE DI FANO (PU)**

**Stralcio carta catastale scala 1: 2.000**

**F. n° 36 mapp.li 2220, 2221, 2226, 2363, 2412, 2413, 2416, 2420, 2423, 2424, 2427**

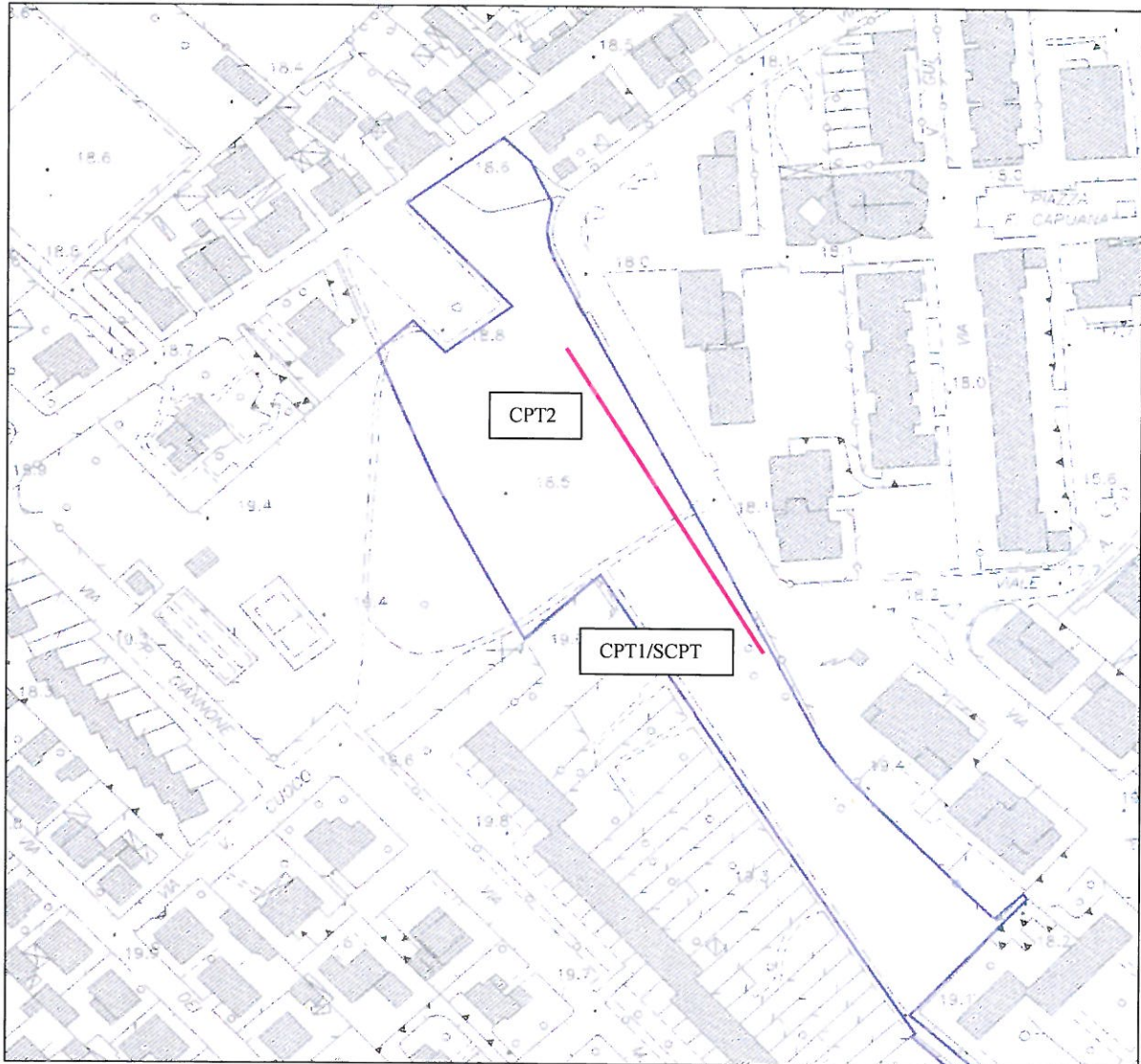


**Area oggetto dell'intervento**

**INDAGINE GEOLOGICA DI FATTIBILITA'  
PER IL COMPARTO RESIDENZIALE ST2\_P21“VIA FANELLA”  
IN LOC. FANO DUE - VIA MARIANI COMUNE DI FANO (PU)**

**Aerofotogrammetria scala 1:2.000**

**Ubicazione indagini geognostiche e sismiche**



□ Prove CPT/SCPT

— Traccia sezioni stratigrafiche







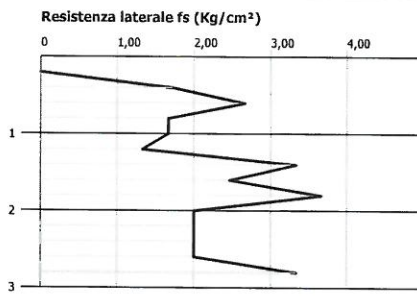
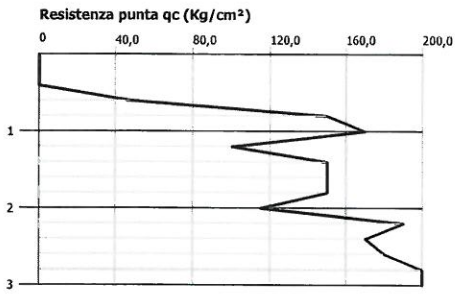


**Probe CPT - Cone Penetration Nr.1 (RIF. G12-57.A)**  
**Strumento utilizzato... PAGANI TG 73 (200 kN)**  
**Diagramma Resistenze qc fs**

Committente : A.P. IMMOBILIARE srl - Sig. MONTANI M. - Sig.ra TONUCCI E. - Sig. TONUCCI F.  
 Cantiere : COMPARTO RESIDENZIALE ST\_P21 " VIA FANELLA"  
 Località : FANO (PU)

Data :08/05/2012

Scala 1:100



Interpretazione Stratigrafica (Schmertmann 1978)

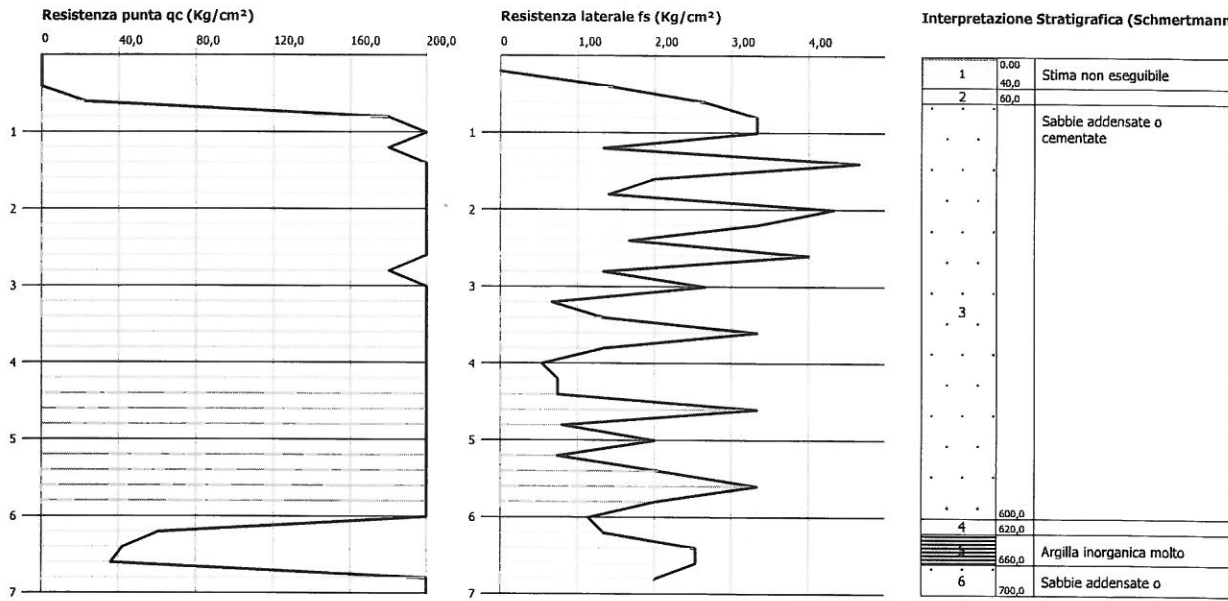
1	0,00	Stima non eseguibile
2	40,0	
3	60,0	Sabbie addensate o cementate
4	120,0	
5	140,0	
6	160,0	Sabbie addensate o cementate
7	180,0	
	300,0	

**Probe CPT - Cone Penetration Nr.2 (RIF. G12-57-A)**  
**Strumento utilizzato... PAGANI TG 73 (200 kN)**  
**Diagramma Resistenze qc fs**

Committente : A.P. IMMOBILIARE srl - Sig. MONTANI M. - Sig.ra TONUCCI E. - Sig. TONUCCI F.  
 Cantiere : COMPARTO RESIDENZIALE ST\_P21 " VIA FANELLA"  
 Località : FANO (PU)

Data :08/05/2012

Scala 1:100



# PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: A.P.Immobiliare srl – Montani Matteo – Tonucci Elisabetta – Tonucci Filippo  
Cantiere: COMPARTO RESIDENZIALE ST2\_P21 " VIA FANELLA"  
Località: FANO DUE – COMUNE DI FANO (PU)  
Rif.: G12-57.A

## Caratteristiche Strumentali PAGANI TG 73 (200 kN)

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica (mm)	35,7
Angolo di apertura punta (°)	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	10

**PROVA ... Nr.1 (RIF. G12-57.A)**

Strumento utilizzato...  
Prova eseguita in data

PAGANI TG 73 (200 kN)  
08/05/2012

Profondità prova

3,00 mt

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qc x 100 (Schmertmann)
0,20	0,0	0,0	0,0	0,0		
0,40	0,0	0,0	0,0	1,7333	0,0	
0,60	48,0	74,0	48,138	2,6667	18,05	5,54
0,80	150,0	190,0	150,138	1,6667	90,08	1,11
1,00	170,0	195,0	170,138	1,6667	102,08	0,98
1,20	100,0	125,0	100,276	1,3333	75,21	1,33
1,40	150,0	170,0	150,276	3,3333	45,08	2,22
1,60	150,0	200,0	150,276	2,4667	60,92	1,64
1,80	150,0	187,0	150,276	3,6667	40,98	2,44
2,00	115,0	170,0	115,276	2,0	57,64	1,73
2,20	190,0	220,0	190,414	2,0	95,21	1,05
2,40	170,0	200,0	170,414	2,0	85,21	1,17
2,60	180,0	210,0	180,414	2,0	90,21	1,11
2,80	270,0	300,0	270,414	3,3333	81,13	1,23
3,00	300,0	350,0	300,414	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gamma Medio (t/m <sup>3</sup> )	Comp. Geotecnico	Descrizione
0,40	0,0	0,8667	0,0		Stima non eseguibile
0,60	48,138	2,6667	2,12	Incoerente-Coesivo	Argille sabbiose e limose
1,20	140,184	1,5556	2,0	Incoerente	Sabbie addensate o cementate
1,40	150,276	3,3333	2,31	Incoerente-Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
1,60	150,276	2,4667	2,0	Incoerente	Sabbie addensate o cementate
1,80	150,276	3,6667	2,31	Incoerente-Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
3,00	204,5577	1,8889	2,0	Incoerente	Sabbie addensate o cementate

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI**

**TERRENI COESIVI**

**Coesione non drenata**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	0,60	48,138	2,6667	0,02	0,02	Lunne, Robertson and Powell 1977	2,53
Strato 4	1,40	150,276	3,3333	0,19	0,19	Lunne, Robertson and Powell 1977	7,9
Strato 6	1,80	150,276	3,6667	0,27	0,27	Lunne, Robertson and Powell 1977	7,89

### Modulo Edometrica

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	0,60	48,138	2,6667	0,02	0,02	Metodo generale del modulo Edometrico	96,27
Strato 4	1,40	150,276	3,3333	0,19	0,19	Metodo generale del modulo Edometrico	300,55
Strato 6	1,80	150,276	3,6667	0,27	0,27	Metodo generale del modulo Edometrico	300,55

### Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	0,60	48,138	2,6667	0,02	0,02	Cancelli 1980	1804,38
Strato 4	1,40	150,276	3,3333	0,19	0,19	Cancelli 1980	5628,39
Strato 6	1,80	150,276	3,6667	0,27	0,27	Cancelli 1980	5625,16

### Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	0,60	48,138	2,6667	0,02	0,02	Imai & Tomauchi	298,65
Strato 4	1,40	150,276	3,3333	0,19	0,19	Imai & Tomauchi	598,74
Strato 6	1,80	150,276	3,6667	0,27	0,27	Imai & Tomauchi	598,74

### Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 2	0,60	48,138	2,6667	0,02	0,02	P.W.Mayne 1991	9
Strato 4	1,40	150,276	3,3333	0,19	0,19	P.W.Mayne 1991	9
Strato 6	1,80	150,276	3,6667	0,27	0,27	P.W.Mayne 1991	9

### Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	0,60	48,138	2,6667	0,02	0,02	Meyerhof	2,12
Strato 4	1,40	150,276	3,3333	0,19	0,19	Meyerhof	2,31
Strato 6	1,80	150,276	3,6667	0,27	0,27	Meyerhof	2,31

**Fattori di compressibilità C Crm**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crm
Strato 2	0,60	48,138	2,6667	0,02	0,02	0,11	0,01
Strato 3	1,20	140,184	1,5556	0,1	0,1	0,09	0,01
Strato 4	1,40	150,276	3,3333	0,19	0,19	0,1	0,01
Strato 5	1,60	150,276	2,4667	0,23	0,23	0,1	0,01
Strato 6	1,80	150,276	3,6667	0,27	0,27	0,1	0,01
Strato 7	3,00	204,5577	1,8889	0,41	0,41	0,12	0,02

**Peso unità di volume saturo**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	0,60	48,138	2,6667	0,02	0,02	Meyerhof	2,2
Strato 4	1,40	150,276	3,3333	0,19	0,19	Meyerhof	2,39
Strato 6	1,80	150,276	3,6667	0,27	0,27	Meyerhof	2,39

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 2	0,60	48,138	2,6667	0,02	0,02	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	99,88
Strato 3	1,20	140,184	1,5556	0,1	0,1	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	100,0
Strato 4	1,40	150,276	3,3333	0,19	0,19	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	100,0
Strato 5	1,60	150,276	2,4667	0,23	0,23	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	98,44
Strato 6	1,80	150,276	3,6667	0,27	0,27	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	95,99
Strato 7	3,00	204,5577	1,8889	0,41	0,41	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	98,74

**Angolo di resistenza al taglio**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	0,60	48,138	2,6667	0,02	0,02	Meyerhof 1951	38,61
Strato 3	1,20	140,184	1,5556	0,1	0,1	Meyerhof 1951	45,0
Strato 4	1,40	150,276	3,3333	0,19	0,19	Meyerhof 1951	45,0
Strato 5	1,60	150,276	2,4667	0,23	0,23	Meyerhof 1951	45,0
Strato 6	1,80	150,276	3,6667	0,27	0,27	Meyerhof 1951	45,0
Strato 7	3,00	204,5577	1,8889	0,41	0,41	Meyerhof 1951	45,0

**Modulo di Young**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	0,60	48,138	2,6667	0,02	0,02	Robertson & Campanella 1983	96,28
Strato 3	1,20	140,184	1,5556	0,1	0,1	Robertson & Campanella 1983	280,37
Strato 4	1,40	150,276	3,3333	0,19	0,19	Robertson & Campanella 1983	300,55
Strato 5	1,60	150,276	2,4667	0,23	0,23	Robertson & Campanella 1983	300,55
Strato 6	1,80	150,276	3,6667	0,27	0,27	Robertson & Campanella 1983	300,55
Strato 7	3,00	204,5577	1,8889	0,41	0,41	Robertson & Campanella 1983	409,12

**Modulo Edometrico**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	0,60	48,138	2,6667	0,02	0,02	Robertson & Campanella da Schmertmann	80,69
Strato 3	1,20	140,184	1,5556	0,1	0,1	Robertson & Campanella da Schmertmann	84,4
Strato 4	1,40	150,276	3,3333	0,19	0,19	Robertson & Campanella da Schmertmann	85,68
Strato 5	1,60	150,276	2,4667	0,23	0,23	Robertson & Campanella da Schmertmann	86,18
Strato 6	1,80	150,276	3,6667	0,27	0,27	Robertson & Campanella da Schmertmann	86,69
Strato 7	3,00	204,5577	1,8889	0,41	0,41	Robertson & Campanella da Schmertmann	89,99

**Modulo di deformazione a taglio**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	0,60	48,138	2,6667	0,02	0,02	Imai & Tomauchi	298,65
Strato 3	1,20	140,184	1,5556	0,1	0,1	Imai & Tomauchi	573,84
Strato 4	1,40	150,276	3,3333	0,19	0,19	Imai & Tomauchi	598,74
Strato 5	1,60	150,276	2,4667	0,23	0,23	Imai & Tomauchi	598,74
Strato 6	1,80	150,276	3,6667	0,27	0,27	Imai & Tomauchi	598,74
Strato 7	3,00	204,5577	1,8889	0,41	0,41	Imai & Tomauchi	722,88



**Grado di sovraconsolidazione**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 2	0,60	48,138	2,6667	0,02	0,02	Stress-History	>9
Strato 3	1,20	140,184	1,5556	0,1	0,1	Stress-History	>9
Strato 4	1,40	150,276	3,3333	0,19	0,19	Stress-History	>9
Strato 5	1,60	150,276	2,4667	0,23	0,23	Stress-History	>9
Strato 6	1,80	150,276	3,6667	0,27	0,27	Stress-History	>9
Strato 7	3,00	204,5577	1,8889	0,41	0,41	Stress-History	>9

**Modulo di reazione Ko**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ko
Strato 2	0,60	48,138	2,6667	0,02	0,02	Kulhawy-Mayne (1990)	0,00
Strato 3	1,20	140,184	1,5556	0,1	0,1	Kulhawy-Mayne (1990)	0,00
Strato 4	1,40	150,276	3,3333	0,19	0,19	Kulhawy-Mayne (1990)	0,00
Strato 5	1,60	150,276	2,4667	0,23	0,23	Kulhawy-Mayne (1990)	0,00
Strato 6	1,80	150,276	3,6667	0,27	0,27	Kulhawy-Mayne (1990)	0,00
Strato 7	3,00	204,5577	1,8889	0,41	0,41	Kulhawy-Mayne (1990)	0,00

**Fattori di compressibilità C Crm**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crn
Strato 2	0,60	48,138	2,6667	0,02	0,02	0,10664	0,01386
Strato 3	1,20	140,184	1,5556	0,1	0,1	0,09469	0,01231
Strato 4	1,40	150,276	3,3333	0,19	0,19	0,09571	0,01244
Strato 5	1,60	150,276	2,4667	0,23	0,23	0,09571	0,01244
Strato 6	1,80	150,276	3,6667	0,27	0,27	0,09571	0,01244
Strato 7	3,00	204,5577	1,8889	0,41	0,41	0,11827	0,01537

**Peso unità di volume**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	0,60	48,138	2,6667	0,02	0,02	Meyerhof	1,8
Strato 3	1,20	140,184	1,5556	0,1	0,1	Meyerhof	1,9
Strato 4	1,40	150,276	3,3333	0,19	0,19	Meyerhof	1,8
Strato 5	1,60	150,276	2,4667	0,23	0,23	Meyerhof	1,9
Strato 6	1,80	150,276	3,6667	0,27	0,27	Meyerhof	1,8
Strato 7	3,00	204,5577	1,8889	0,41	0,41	Meyerhof	1,9

**Peso unità di volume saturo**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	0,60	48,138	2,6667	0,02	0,02	Meyerhof	2,1
Strato 3	1,20	140,184	1,5556	0,1	0,1	Meyerhof	2,2
Strato 4	1,40	150,276	3,3333	0,19	0,19	Meyerhof	2,1
Strato 5	1,60	150,276	2,4667	0,23	0,23	Meyerhof	2,2
Strato 6	1,80	150,276	3,6667	0,27	0,27	Meyerhof	2,1
Strato 7	3,00	204,5577	1,8889	0,41	0,41	Meyerhof	2,2

**Liquefazione - Accelerazione sismica massima (g)=0,25**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
Strato 3	1,20	140,184	1,5556	0,1	0,1	Robertson e Wride 1997	18,949
Strato 5	1,60	150,276	2,4667	0,23	0,23	Robertson e Wride 1997	29,268
Strato 7	3,00	204,5577	1,8889	0,41	0,41	Robertson e Wride 1997	41,886

**Permeabilità**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	0,40	0,0	0,8667	0,0	0,0	Piacentini-Righi 1988	*
Strato 2	0,60	48,138	2,6667	0,02	0,02	Piacentini-Righi 1988	1,00E-11
Strato 3	1,20	140,184	1,5556	0,1	0,1	Piacentini-Righi 1988	1,00E-03
Strato 4	1,40	150,276	3,3333	0,19	0,19	Piacentini-Righi 1988	8,90E-05
Strato 5	1,60	150,276	2,4667	0,23	0,23	Piacentini-Righi 1988	1,43E-03
Strato 6	1,80	150,276	3,6667	0,27	0,27	Piacentini-Righi 1988	2,68E-05
Strato 7	3,00	204,5577	1,8889	0,41	0,41	Piacentini-Righi 1988	1,00E-03

**Coefficiente di consolidazione**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm <sup>2</sup> /s)
Strato 1	0,40	0,0	0,8667	0,0	0,0	Piacentini-Righi 1988	--
Strato 2	0,60	48,138	2,6667	0,02	0,02	Piacentini-Righi 1988	1,44414E-06
Strato 3	1,20	140,184	1,5556	0,1	0,1	Piacentini-Righi 1988	--
Strato 4	1,40	150,276	3,3333	0,19	0,19	Piacentini-Righi 1988	--
Strato 5	1,60	150,276	2,4667	0,23	0,23	Piacentini-Righi 1988	--
Strato 6	1,80	150,276	3,6667	0,27	0,27	Piacentini-Righi 1988	--
Strato 7	3,00	204,5577	1,8889	0,41	0,41	Piacentini-Righi 1988	--

**PROVA ... Nr.2 (RIF. G12-57-A)**

Strumento utilizzato...  
Prova eseguita in data

PAGANI TG 73 (200 kN)  
08/05/2012

Profondità prova

7,00 mt

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,0	0,0	0,0	0,0		
0,40	0,0	0,0	0,0	1,4667	0,0	
0,60	23,0	45,0	23,138	2,6667	8,68	11,53
0,80	180,0	220,0	180,138	3,3333	54,04	1,85
1,00	300,0	350,0	300,138	3,3333	90,04	1,11
1,20	180,0	230,0	180,276	1,3333	135,21	0,74
1,40	330,0	350,0	330,276	4,6667	70,77	1,41
1,60	290,0	360,0	290,276	2,0	145,14	0,69
1,80	320,0	350,0	320,276	1,4	228,77	0,44
2,00	269,0	290,0	269,276	4,3333	62,14	1,61
2,20	250,0	315,0	250,414	3,3333	75,12	1,33
2,40	300,0	350,0	300,414	1,6667	180,24	0,55
2,60	375,0	400,0	375,414	4,0	93,85	1,07
2,80	180,0	240,0	180,414	1,3333	135,31	0,74
3,00	330,0	350,0	330,414	2,6667	123,9	0,81
3,20	360,0	400,0	360,552	0,6667	540,8	0,18
3,40	390,0	400,0	390,552	1,3333	292,92	0,34
3,60	330,0	350,0	330,552	3,3333	99,17	1,01
3,80	300,0	350,0	300,552	1,3333	225,42	0,44
4,00	350,0	370,0	350,552	0,5333	657,33	0,15
4,20	412,0	420,0	412,69	0,7333	562,78	0,18
4,40	449,0	460,0	449,69	0,7333	613,24	0,16
4,60	339,0	350,0	339,69	3,3333	101,91	0,98
4,80	400,0	450,0	400,69	0,8	500,86	0,2
5,00	358,0	370,0	358,69	2,0	179,35	0,56
5,20	420,0	450,0	420,828	0,7333	573,88	0,17
5,40	459,0	470,0	459,828	2,0667	222,49	0,45
5,60	369,0	400,0	369,828	3,3333	110,95	0,9
5,80	300,0	350,0	300,828	2,0	150,41	0,66
6,00	350,0	380,0	350,828	1,1333	309,56	0,32
6,20	60,0	77,0	60,966	1,3333	45,73	2,19
6,40	41,0	61,0	41,966	2,5333	16,57	6,04
6,60	35,0	73,0	35,966	2,5333	14,2	7,04
6,80	280,0	318,0	280,966	2,0	140,48	0,71
7,00	450,0	480,0	450,966	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gamma Medio (t/m <sup>3</sup> )	Comp. Geotecnico	Descrizione
0,40	0,0	0,7334	0,0		Stima non eseguibile
0,60	23,138	2,6667	2,0	Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
6,00	329,7806	2,1284	2,0	Incoerente	Sabbie addensate o cementate
6,20	60,966	1,3333	2,16	Incoerente-Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
6,60	38,966	2,5333	2,08	Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
7,00	365,966	1,0	2,0	Incoerente	Sabbie addensate o cementate

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI**

**TERRENI COESIVI**

**Coesione non drenata**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	0,60	23,138	2,6667	0,02	0,02	Lunne, Robertson and Powell 1977	1,22
Strato 4	6,20	60,966	1,3333	1,14	1,14	Lunne, Robertson and Powell 1977	3,15
Strato 5	6,60	38,966	2,5333	1,2	1,2	Lunne, Robertson and Powell 1977	1,99

**Modulo Edometrico**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	0,60	23,138	2,6667	0,02	0,02	Metodo generale del modulo Edometrico	46,28
Strato 4	6,20	60,966	1,3333	1,14	1,14	Metodo generale del modulo Edometrico	121,93
Strato 5	6,60	38,966	2,5333	1,2	1,2	Metodo generale del modulo Edometrico	77,93

**Modulo di deformazione non drenato Eu**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	0,60	23,138	2,6667	0,02	0,02	Cancelli 1980	866,93
Strato 4	6,20	60,966	1,3333	1,14	1,14	Cancelli 1980	2243,41
Strato 5	6,60	38,966	2,5333	1,2	1,2	Cancelli 1980	1416,04

**Modulo di deformazione a taglio**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	0,60	23,138	2,6667	0,02	0,02	Imai & Tomauchi	190,88
Strato 4	6,20	60,966	1,3333	1,14	1,14	Imai & Tomauchi	345,02
Strato 5	6,60	38,966	2,5333	1,2	1,2	Imai & Tomauchi	262,46

**Grado di sovraconsolidazione**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 2	0,60	23,138	2,6667	0,02	0,02	P.W.Mayne 1991	9
Strato 4	6,20	60,966	1,3333	1,14	1,14	P.W.Mayne 1991	9
Strato 5	6,60	38,966	2,5333	1,2	1,2	P.W.Mayne 1991	9

**Peso unità di volume**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	0,60	23,138	2,6667	0,02	0,02	Meyerhof	2,0
Strato 4	6,20	60,966	1,3333	1,14	1,14	Meyerhof	2,16
Strato 5	6,60	38,966	2,5333	1,2	1,2	Meyerhof	2,08

**Fattori di compressibilità C Crm**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crn
Strato 3	6,00	329,7806	2,1284	0,58	0,58	0,05	0,01
Strato 4	6,20	60,966	1,3333	1,14	1,14	0,1	0,01
Strato 6	7,00	365,966	1,0	1,29	1,29	0,06	0,01

**Peso unità di volume saturo**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	0,60	23,138	2,6667	0,02	0,02	Meyerhof	2,08
Strato 4	6,20	60,966	1,3333	1,14	1,14	Meyerhof	2,24
Strato 5	6,60	38,966	2,5333	1,2	1,2	Meyerhof	2,16

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 3	6,00	329,7806	2,1284	0,58	0,58	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	100,0
Strato 4	6,20	60,966	1,3333	1,14	1,14	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	49,94
Strato 6	7,00	365,966	1,0	1,29	1,29	Baldi 1978 - Schmertmann 1976	99,19

**Angolo di resistenza al taglio**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 3	6,00	329,7806	2,1284	0,58	0,58	Meyerhof 1951	45,0
Strato 4	6,20	60,966	1,3333	1,14	1,14	Meyerhof 1951	44,37
Strato 6	7,00	365,966	1,0	1,29	1,29	Meyerhof 1951	45,0

**Modulo di Young**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 3	6,00	329,7806	2,1284	0,58	0,58	Robertson & Campanella 1983	659,56
Strato 4	6,20	60,966	1,3333	1,14	1,14	Robertson & Campanella 1983	121,93
Strato 6	7,00	365,966	1,0	1,29	1,29	Robertson & Campanella 1983	731,93

**Modulo Edometrico**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 3	6,00	329,7806	2,1284	0,58	0,58	Robertson & Campanella da Schmertmann	95,68
Strato 4	6,20	60,966	1,3333	1,14	1,14	Robertson & Campanella da Schmertmann	53,96
Strato 6	7,00	365,966	1,0	1,29	1,29	Robertson & Campanella da Schmertmann	105,03

**Modulo di deformazione a taglio**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 3	6,00	329,7806	2,1284	0,58	0,58	Imai & Tomauchi	967,82
Strato 4	6,20	60,966	1,3333	1,14	1,14	Imai & Tomauchi	345,02
Strato 6	7,00	365,966	1,0	1,29	1,29	Imai & Tomauchi	1031,38

**Grado di sovraconsolidazione**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 3	6,00	329,7806	2,1284	0,58	0,58	Stress-History	>9
Strato 4	6,20	60,966	1,3333	1,14	1,14	Stress-History	1,24
Strato 6	7,00	365,966	1,0	1,29	1,29	Stress-History	6,62

**Modulo di reazione Ko**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ko
Strato 3	6,00	329,7806	2,1284	0,58	0,58	Kulhawy-Mayne (1990)	0,00
Strato 4	6,20	60,966	1,3333	1,14	1,14	Kulhawy-Mayne (1990)	0,40
Strato 6	7,00	365,966	1,0	1,29	1,29	Kulhawy-Mayne (1990)	1,20

**Fattori di compressibilità C Crm**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crm
Strato 3	6,00	329,7806	2,1284	0,58	0,58	0,0527	0,00685
Strato 4	6,20	60,966	1,3333	1,14	1,14	0,10126	0,01316
Strato 6	7,00	365,966	1,0	1,29	1,29	0,05789	0,00753

**Peso unità di volume**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 3	6,00	329,7806	2,1284	0,58	0,58	Meyerhof	1,9
Strato 4	6,20	60,966	1,3333	1,14	1,14	Meyerhof	1,8
Strato 6	7,00	365,966	1,0	1,29	1,29	Meyerhof	1,9

**Peso unità di volume saturo**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 3	6,00	329,7806	2,1284	0,58	0,58	Meyerhof	2,2
Strato 4	6,20	60,966	1,3333	1,14	1,14	Meyerhof	2,1
Strato 6	7,00	365,966	1,0	1,29	1,29	Meyerhof	2,2

**Liquefazione - Accelerazione sismica massima (g)=0,25**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
Strato 3	6,00	329,7806	2,1284	0,58	0,58	Robertson e Wride 1997	172,624
Strato 6	7,00	365,966	1,0	1,29	1,29	Robertson e Wride 1997	237,627

**Permeabilità**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	0,40	0,0	0,7334	0,0	0,0	Piacentini-Righi 1988	*
Strato 2	0,60	23,138	2,6667	0,02	0,02	Piacentini-Righi 1988	1,00E-11
Strato 3	6,00	329,7806	2,1284	0,58	0,58	Piacentini-Righi 1988	1,00E-03
Strato 4	6,20	60,966	1,3333	1,14	1,14	Piacentini-Righi 1988	1,74E-04
Strato 5	6,60	38,966	2,5333	1,2	1,2	Piacentini-Righi 1988	1,00E-11
Strato 6	7,00	365,966	1,0	1,29	1,29	Piacentini-Righi 1988	1,00E-03

**Coefficiente di consolidazione**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm <sup>2</sup> /s)
Strato 1	0,40	0,0	0,7334	0,0	0,0	Piacentini- Righi 1988	--
Strato 2	0,60	23,138	2,6667	0,02	0,02	Piacentini- Righi 1988	6,9414E-07
Strato 3	6,00	329,7806	2,1284	0,58	0,58	Piacentini- Righi 1988	--
Strato 4	6,20	60,966	1,3333	1,14	1,14	Piacentini- Righi 1988	--
Strato 5	6,60	38,966	2,5333	1,2	1,2	Piacentini- Righi 1988	1,16898E-06
Strato 6	7,00	365,966	1,0	1,29	1,29	Piacentini- Righi 1988	--



## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: A.P.Immobiliare srl – Montani Matteo – Tonucci Elisabetta – Tonucci Filippo  
Cantiere: COMPARTO RESIDENZIALE ST2\_P21 " VIA FANELLA"  
Località: FANO DUE – COMUNE DI FANO (PU)  
Rif.: G12-57.A

### Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: SCPT TG 73-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	73 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,01 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1,5 m
Peso aste a metro	5,1 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	1,15
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

## PROVA ... Nr.1 (RIF. G12-57.A)

Strumento utilizzato...  
 Prova eseguita in data  
 Profondità prova  
 Falda non rilevata

SCPT TG 73-200 PAGANI  
 08/05/2012  
 15,60 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,30	0	0,853	0,00	0,00	0,00	0,00
0,60	0	0,847	0,00	0,00	0,00	0,00
0,90	0	0,842	0,00	0,00	0,00	0,00
1,20	0	0,836	0,00	0,00	0,00	0,00
1,50	0	0,831	0,00	0,00	0,00	0,00
1,80	0	0,826	0,00	0,00	0,00	0,00
2,10	0	0,822	0,00	0,00	0,00	0,00
2,40	0	0,817	0,00	0,00	0,00	0,00
2,70	0	0,813	0,00	0,00	0,00	0,00
3,00	0	0,809	0,00	0,00	0,00	0,00
3,30	17	0,755	96,78	128,23	4,84	6,41
3,60	23	0,701	114,96	164,02	5,75	8,20
3,90	14	0,747	74,60	99,84	3,73	4,99
4,20	41	0,594	173,58	292,38	8,68	14,62
4,50	42	0,590	176,81	299,51	8,84	14,98
4,80	21	0,687	102,90	149,76	5,14	7,49
5,10	29	0,684	134,13	196,10	6,71	9,80
5,40	45	0,581	176,81	304,29	8,84	15,21
5,70	26	0,678	119,24	175,81	5,96	8,79
6,00	32	0,625	135,34	216,38	6,77	10,82
6,30	29	0,673	131,95	196,10	6,60	9,80
6,60	30	0,670	129,29	192,87	6,46	9,64
6,90	18	0,718	83,08	115,72	4,15	5,79
7,20	21	0,666	89,87	135,01	4,49	6,75
7,50	30	0,663	127,96	192,87	6,40	9,64
7,80	48	0,561	173,21	308,60	8,66	15,43
8,10	24	0,659	96,95	147,06	4,85	7,35
8,40	17	0,707	73,67	104,17	3,68	5,21
8,70	24	0,655	96,37	147,06	4,82	7,35
9,00	32	0,603	118,33	196,08	5,92	9,80
9,30	24	0,652	95,84	147,06	4,79	7,35
9,60	29	0,650	110,32	169,74	5,52	8,49
9,90	13	0,698	53,13	76,09	2,66	3,80
10,20	29	0,647	109,75	169,74	5,49	8,49
10,50	42	0,545	133,97	245,82	6,70	12,29
10,80	42	0,543	133,58	245,82	6,68	12,29
11,10	42	0,542	127,48	235,28	6,37	11,76
11,40	35	0,590	115,73	196,07	5,79	9,80
11,70	35	0,589	115,43	196,07	5,77	9,80
12,00	31	0,587	101,97	173,66	5,10	8,68
12,30	37	0,586	121,40	207,27	6,07	10,36
12,60	12	0,734	47,32	64,46	2,37	3,22
12,90	6	0,733	23,61	32,23	1,18	1,61
13,20	9	0,731	35,34	48,34	1,77	2,42
13,50	12	0,729	47,02	64,46	2,35	3,22
13,80	14	0,678	50,98	75,20	2,55	3,76
14,10	14	0,676	48,85	72,23	2,44	3,61
14,40	18	0,675	62,65	92,87	3,13	4,64
14,70	19	0,673	65,96	98,03	3,30	4,90
15,00	27	0,621	86,53	139,30	4,33	6,97
15,30	22	0,619	70,30	113,51	3,51	5,68
15,60	21	0,617	64,36	104,23	3,22	5,21

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1 (RIF. G12-57.A)

## TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M. S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
Strato 4	12,85	14,10	0,87	1,61	0,50	0,51	1,27	1,79	1,12	1,44	0,64	2,30	1,61
Strato 5	24,53	15,00	1,66	3,07	1,00	0,94	2,43	3,30	2,04	2,52	1,23	2,12	3,07

Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
Strato 4	12,85	14,10	58,96	--	132,85	128,50
Strato 5	24,53	15,00	112,54	--	251,98	245,30

Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
Strato 4	12,85	14,10	127,38	128,50
Strato 5	24,53	15,00	261,70	245,30

## Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 4	12,85	14,10	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato 5	24,53	15,00	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

## Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 4	12,85	14,10	Meyerhof ed altri	2,03
Strato 5	24,53	15,00	Meyerhof ed altri	2,11

## Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 4	12,85	14,10	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	--
Strato 5	24,53	15,00	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	2,21

## TERRENI INCOERENTI

## Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
Strato 2	31,53	10,20	71,03	100	0	65,02
Strato 3	43,37	12,30	80,64	100	0	75,03

## Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornbur n-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
Strato 2	31,53	10,20	31,53	36,01	29,01	36,83	0	40	42	32-35	36,75	36,46	32,08	40,11
Strato 3	43,37	12,30	43,37	39,39	32,39	40,14	0	41,9	42	35-38	40,51	40,01	33,29	44,45

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
Strato 2	31,53	10,20	31,53	400,80	252,24	372,75	416,48	232,65
Strato 3	43,37	12,30	43,37	470,07	346,96	512,47	505,27	291,85

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
Strato 2	31,53	10,20	31,53	189,18	92,23	223,86	178,62
Strato 3	43,37	12,30	43,37	260,22	116,55	307,93	231,43

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 2	31,53	10,20	31,53	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO
Strato 3	43,37	12,30	43,37	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	31,53	10,20	31,53	Meyerhof ed altri	2,15
Strato 3	43,37	12,30	43,37	Meyerhof ed altri	2,21

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	31,53	10,20	31,53	Terzaghi-Peck 1948-1967	---
Strato 3	43,37	12,30	43,37	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 2	31,53	10,20	31,53	(A.G.I.)	0,29
Strato 3	43,37	12,30	43,37	(A.G.I.)	0,27

**Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
Strato 2	31,53	10,20	31,53	1666,15	1029,51
Strato 3	43,37	12,30	43,37	2248,39	1250,93

**Velocità onde**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità (m/s)
Strato 2	31,53	10,20	31,53	Ohta & Goto (1978) Limi	178,884
Strato 3	43,37	12,30	43,37	Ohta & Goto (1978) Limi	209,521

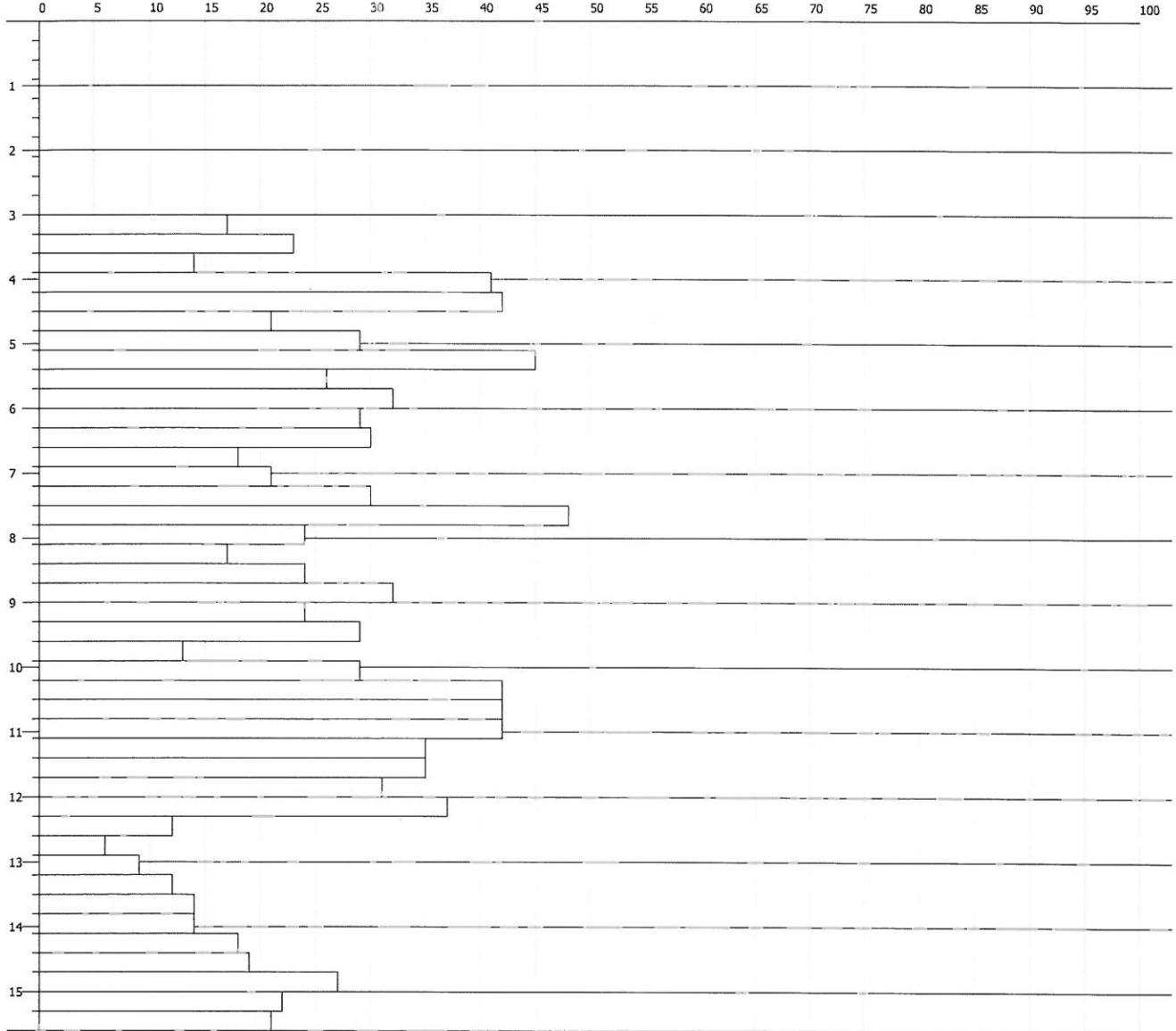
**Modulo di reazione Ko**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 2	31,53	10,20	31,53	Navfac 1971-1982	5,82
Strato 3	43,37	12,30	43,37	Navfac 1971-1982	7,31

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1 (RIF. G12-57.A)**  
**Strumento utilizzato... SCPT TG 73-200 PAGANI**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

Committente : A.P. IMMOBILIARE srl - Sig. MONTANI M. - Sig.ra TONUCCI Bata  
Cantiere : COMPARTO RESIDENZIALE ST2\_P21 "VIA FANELLA"  
Località : FANO (PU)

Numero di colpi penetrazione punta



**COMUNE DI FANO**  
**Provincia di Pesaro-Urbino**



**INDAGINE SISMICA MASW**  
**PROPOSTA DI COMPARTO RESIDENZIALE ST2\_P21 "VIA FANELLA"**  
**VARIANTE AI SENSI DELL'ART.15 COMMA 4 LEGGE REGIONALE 34/1992**

**RELAZIONE GEOFISICA**

*Committente: A.P. IMMOBILIARE s.r.l.*  
*Montani Matteo*  
*Tonucci Elisabetta*  
*Tonucci Filippo*

*Data : 08/05/2012*

*File/Rif. : 47\_FANELLA\_12*

*Allegato : Unico*

 **GEOS geofisica s.n.c.**  
del Dr. Geol. G. Napoleone e D. Gattini  
Largo Grammercato, 3 - 60035 JESI (AN)  
Tel. e Fax 0731.200260  
Partita IVA 01329540429



## Sommario

1	INTRODUZIONE.....	2
2	CENNI SULLA METODOLOGIA MASW .....	2
3	STRUMENTAZIONE MODALITA' DI ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE .....	4
4	DETERMINAZIONE DEL PARAMETRO $VS_{30}$ .....	4

In allegato:

Figure 1÷5



## 1 INTRODUZIONE

La relazione illustra i risultati dell'indagine sismica MASW eseguita per il progetto di proposta di comparto residenziale ST2\_P21 "via Fanella", variante ai sensi dell'art.15 comma 4 della Legge Regionale 34/1992, nel comune di Fano (PU).

Obiettivo dell'indagine è la definizione della categoria sismica dei terreni per il calcolo dell'azione sismica di progetto in ottemperanza alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M.14 gennaio 2008 integrato con la circ. 02/02/09 N° 617 C.S. LL.PP.

A tal scopo è stato realizzato un profilo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) per la determinazione del parametro Vs30. I risultati dell'indagine (illustrati nelle Figure 1-2-3-4), vengono di seguito illustrati e commentati.

## 2 CENNI SULLA METODOLOGIA MASW

Il metodo MASW è una tecnica di indagine che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali in corrispondenza dei geofoni posti lungo uno stendimento. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità 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). 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, mentre le onde a bassa frequenza raggiungono gli strati più profondi. Il metodo utilizzato nell'indagine è attivo, le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di geofoni. La metodologia MASW non è influenzata dai fenomeni di inversione di velocità o presenza di falde acquifere superficiali consentendo di individuare il profilo di velocità Vs anche in presenza di contrasti di rigidità tra gli strati del suolo. Il processo di caratterizzazione basato sul metodo delle onde superficiali, schematizzato in Figura A.1 e A.2, può essere suddiviso in tre fasi: 1) Acquisizione (Figura A.1); 2) Processing (Figura A.2); 3) Inversione (Figura A.3).

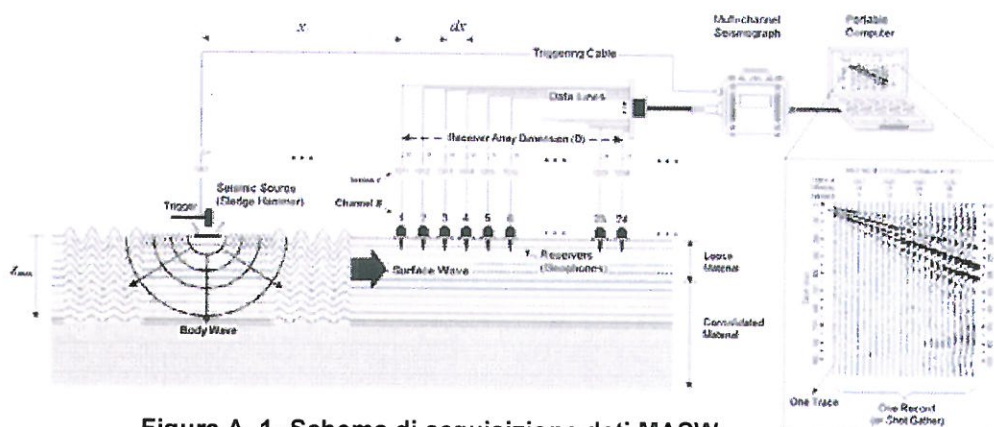


Figura A. 1- Schema di acquisizione dati MASW





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

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

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

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

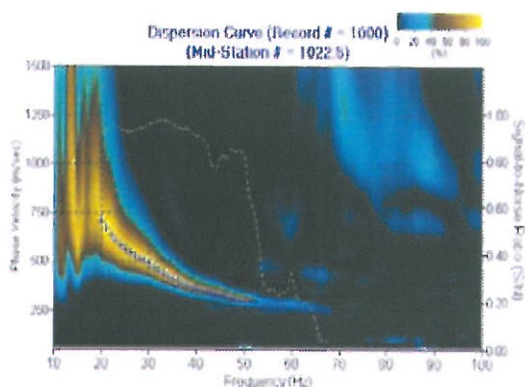


Figura A. 2 Esempio curva di dispersione della velocità  $V_s$  in funzione della frequenza e della velocità di fase

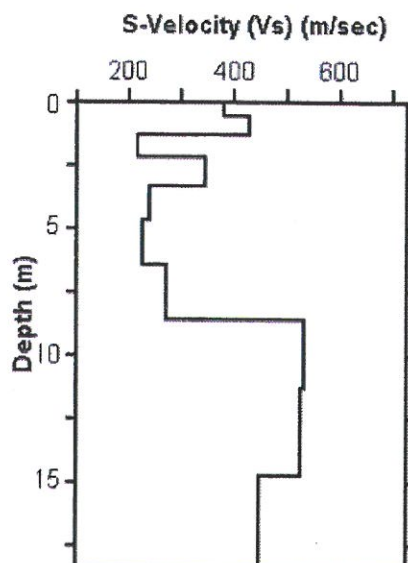


Figura A. 3 Esempio modello di propagazione delle velocità delle onde  $V_s$

### 3 STRUMENTAZIONE MODALITA' DI ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE

La strumentazione utilizzata è costituita da: un acquisitore a 24 canali della Seismic Source (DAQLink III System – 24 bit Acquisition System) 24 geofoni a frequenza di 4,5 Hz, una mazza battente per la generazione dell'impulso sismico da 8 Kg.

L'indagine MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è stata effettuata realizzando uno stendimento lineare di 34,5 m di lunghezza con 24 geofoni a 4.5 Hz equidistanziati di 1,5 m. Per l'acquisizione dei dati sono state effettuate energizzazioni disposte a varie distanze dal geofono più vicino. Per ogni punto di energizzazione sono stati generati 3 impulsi sismici. I dati sono stati elaborati con il software Surfseis V. 3.01 (Kansas University, USA). La curva di dispersione ottenuta è riportata in figura 2.

### 4 DETERMINAZIONE DEL PARAMETRO $V_{S30}$

Per la definizione dell'azione sismica di progetto ai sensi del nuovo D.M.14 gennaio 2008 integrato con la circ. 02/02/09 N° 617 C.S. LL.PP (Norme Tecniche per le Costruzioni), la velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$  nei primi 30 m di profondità, è calcolata con la seguente espressione.

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

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

$$V_{S30} = 502 \text{ m/sec}$$

Jesi, 08.05.2012

GEOS Geofisica s.n.c.

 **GEOS geofisica s.n.c.**  
del D<sup>ni</sup> Geol. G. Napoleone e D. Godini  
Largo Grammercato, 3 - 60035 JESI (AN)  
Tel. e Fax 0731.201284  
Partita IVA 01329540429



**PROPOSTA DI COMPARTO RESIDENZIALE ST2\_P21 "VIA FANELLA"**  
Ubicazione indagine MASW



Stendimento MASW

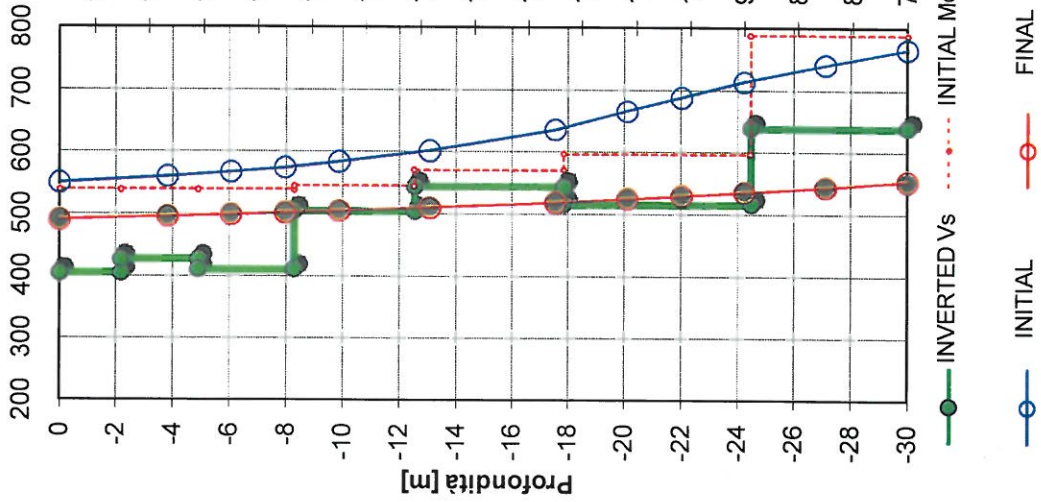


Committente:	A.P. IMMOBILIARE s.r.l. e altri
Progetto:	Indagine sismica MASW
Sito:	Fano (PU)
Data:	Maggio 2012
Relazione:	47/12
	Figura: 1

**PROPOSTA DI COMPARTO RESIDENZIALE ST2\_P21 "VIA FANELLA"**  
 Curva di dispersione e modello di velocità Onde Vs

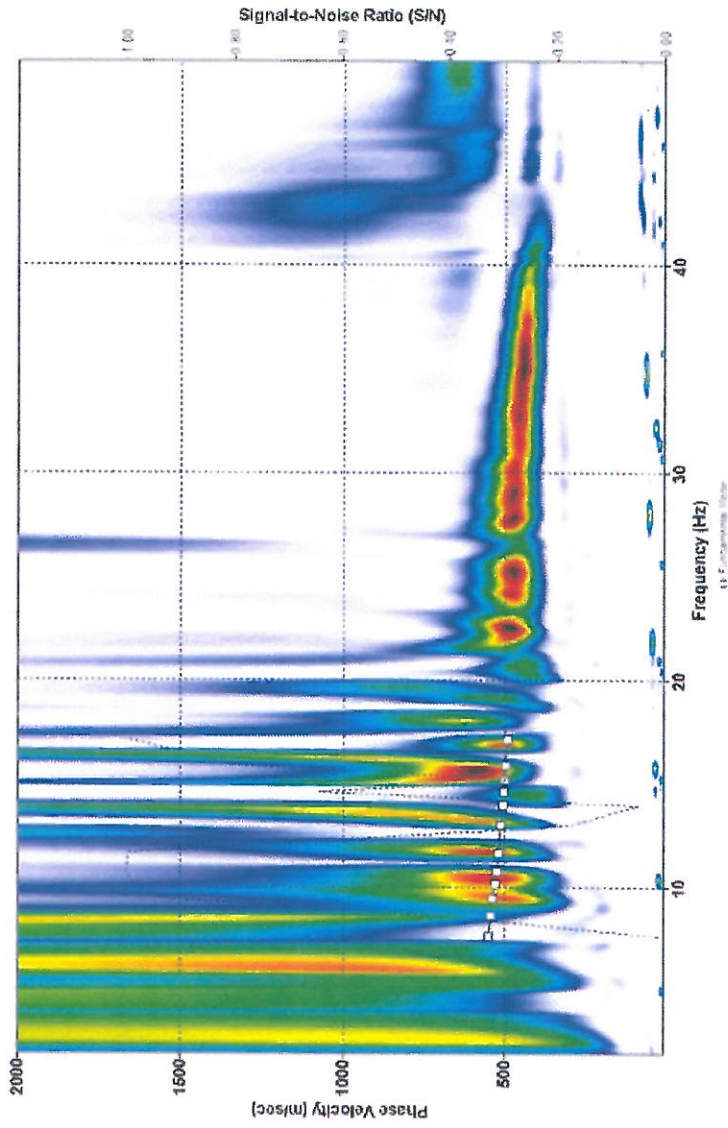
**Modello delle velocità**

Velocità onde di taglio Vs [m/s]

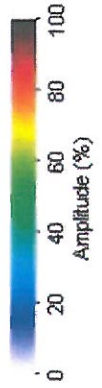


**Curva di dispersione**

..... Rapporto segnale-rumore [S/N]    - □ - Curva di dispersione modo fondamentale



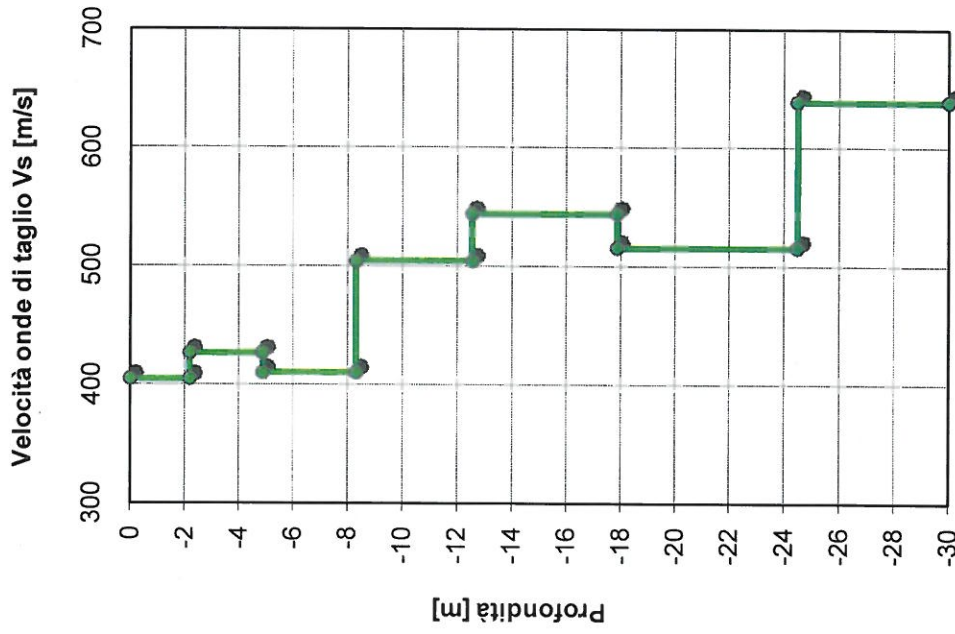
**Scala cromatica**



Committente:	A.P. IMMOBILIARE s.r.l. e altri
Progetto:	Indagine sismica MASW
Sito:	Fano (PU)
Data:	Maggio 2012
Relazione:	47/12
	Figura:
	2

# PROPOSTA DI COMPARTO RESIDENZIALE ST2\_P21 "VIA FANELLA"

Profilo di velocità – Onde Vs



Modello Profilo Vs a 10 strati		
Strato	Profondità	Vs
1	-2.17	404.68
2	-4.89	426.49
3	-8.29	410.25
4	-12.54	504.19
5	-17.84	543.84
6	-24.48	515.52
7	-30	638.68

**Vs<sub>30</sub> CALCOLATO**

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

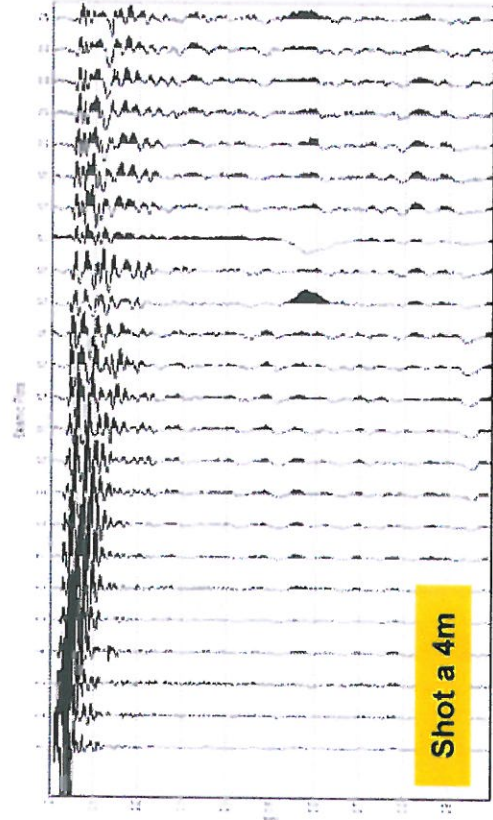
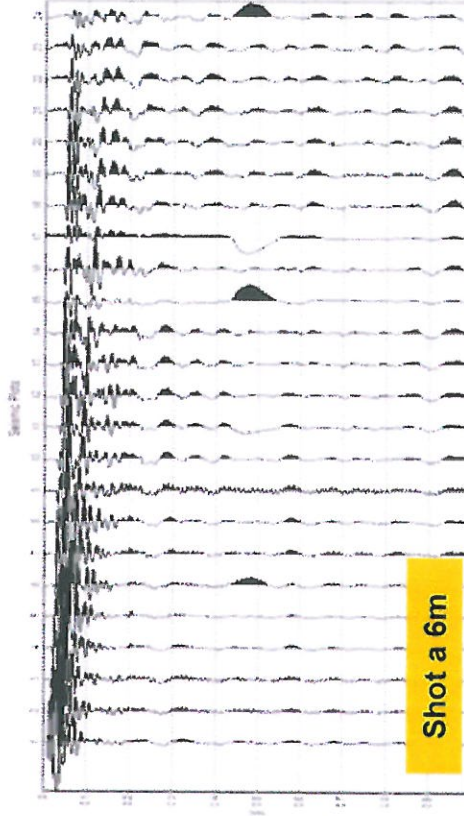
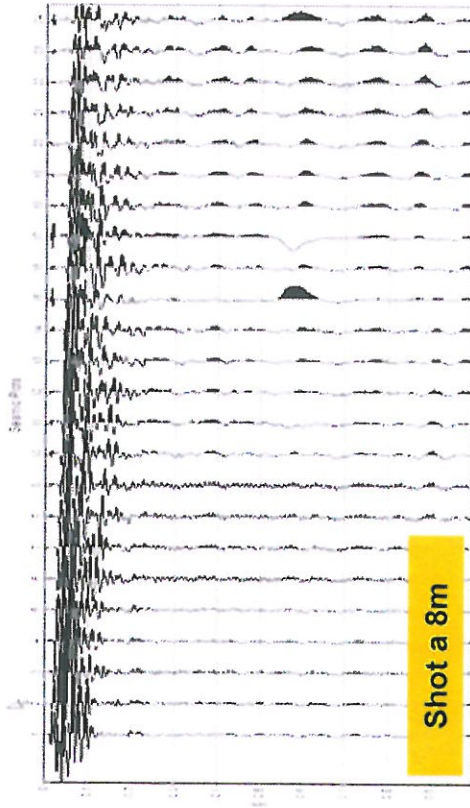
**502 m/sec**

(media pesata sugli spessori fino a 30 m)

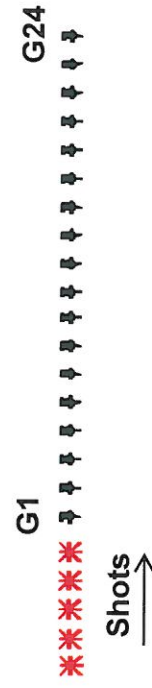


Committente:	A.P. IMMOBILIARE s.r.l. e altri
Progetto:	Indagine sismica MASW
Sito:	Fano (PU)
Data:	Maggio 2012
Relazione:	47/12
Figura:	3

**PROPOSTA DI COMPARTO RESIDENZIALE ST2\_P21 "VIA FANELLA"**  
Sismogrammi



**Schema di acquisizione**



Committente:	A.P. IMMOBILIARE s.r.l. e altri
Progetto:	Indagine sismica MASW
Sito:	Fano (PU)
Data:	Maggio 2012
Relazione:	47/12
	Figura:
	4