



<b>Dott. Arch. REMIGIO BURSI</b> Sede: via Mura del Sangallo, 6 - 61032 FANO (PU) - Tel. 0721/803840 - mail: architetto.bursi@virgilio.it		<b>Geom. STEFANO ANTILLI</b> Sede: via Vanvitelli, 10 - 61032 FANO (PU) - Tel. 0721/804031 - mail: stefanoantilli@email.it	
<b>GEOLOGO:</b> <b>Dott. Geol. Laura Pelonghini</b> Via Alessandrini 3 - 61032 FANO (PU) Tel. 0721/1796562 - mail: laura.pelonghini@gmail.com			
<b>PROGETTISTI:</b>  Arch. Remigio Bursi    Geom. Stefano Antilli	<b>COMMITTENTE</b> <u>BARTOLINI GIANFRANCO</u> c.f. BRTGFR38M10D488L <u>BURASCA PAOLO</u> c.f. BRSPLA82S27D488J <u>BURASCA CARLO</u> c.f. BRSCRL82S27D488L Tutti residenti in via Fossa S.Orso n° 24 - Fano		
	<b>PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DEL COMPARTO RESIDENZIALE ST2_P18</b> in Via IV Novembre __ FANO		
<b>COLLABORATORE</b> Geom. Alex Terminesi Arch. Leda Landi		<b>ELABORATI:</b>  RELAZIONE GEOLOGICA RELAZIONE SISMICA	<b>TAVOLA</b>  <h1>1.5</h1>
<b>RIF.</b> M. via IV Novembre	<b>DATA</b> GIUGNO 2011	<b>AGG.</b>	<b>SCALA</b>

INDICE

<i>P R E M E S S A</i> .....	3
<i>INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO – GEOLOGICO - IDROGEOLOGICO</i> .....	4
<i>Topografia</i> .....	4
<i>Inquadramento geologico e geomorfologico</i> .....	6
<i>Inquadramento idrologico</i> .....	6
<i>Inquadramento climatico</i> .....	7
<i>Analisi dei vincoli e dei rischi presenti nell'area</i> .....	9
<i>Piano di assetto idrogeologico</i> .....	9
<i>Ppar</i> .....	10
<i>CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE</i> .....	11
<i>Descrizione delle sezioni stratigrafiche interpretative</i> .....	13
<i>Ricostruzione del modello geologico</i> .....	13
<i>CONSIDERAZIONI SULLA FATTIBILITA' DEL PROGETTO</i> .....	14
<i>Azione sismica</i> .....	14
<i>Compatibilità idrogeologica</i> .....	17
<i>Considerazioni sulla componente geologica del progetto</i> .....	17
<i>CONCLUSIONI</i> .....	18

## **PREMESSA**

La presente relazione viene redatta a supporto del progetto "Piano urbanistico attuativo del comparto residenziale ST2\_P18 in via IV novembre comune di Fano.

L'indagine svolta è stata indirizzata all'individuazione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e stratigrafiche dell'area in oggetto, al fine di accertare l'idoneità dell'area al Piano Attuativo di cui sopra.

Si premette che l'indagine è stata eseguita avvalendosi delle carte geologiche ufficiali, dell'ortofotocarta regionale, di studi per l'adeguamento al P.P.A.R. del P.R.G., integrati da una campagna di indagini geognostiche descritte in seguito.

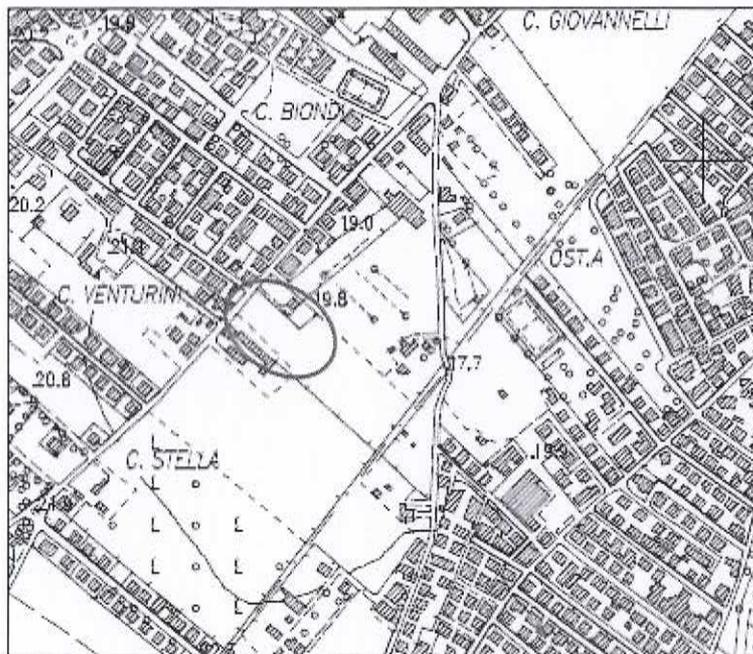
L'elaborato viene redatto in ottemperanza a quanto dettato dalla normativa vigente:

- OPCM n. 3274 del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"
- OPCM n. 3519 del 28/04/2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone"
- D.M. 14/01/2008 – Testo unitario "Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica"
- Circolare n. 617 del 02/02/2009 "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008"
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici-Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione del territorio nazionale;
- Ordinanze Autorità di Bacino nazionale, regionale o interregionale

## **INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO – GEOLOGICO - IDROGEOLOGICO**

### TOPOGRAFIA

L'area in oggetto risulta ubicata in Fano ed è posta ad una quota topografica di circa 19 m. s.l.m.m., come rappresentato nella allegata corografia ortofotogrammetrica, a scala 1:10.000, REGIONE MARCHE, foglio 269 (FANO) sez. n° 269130 - "FANO".



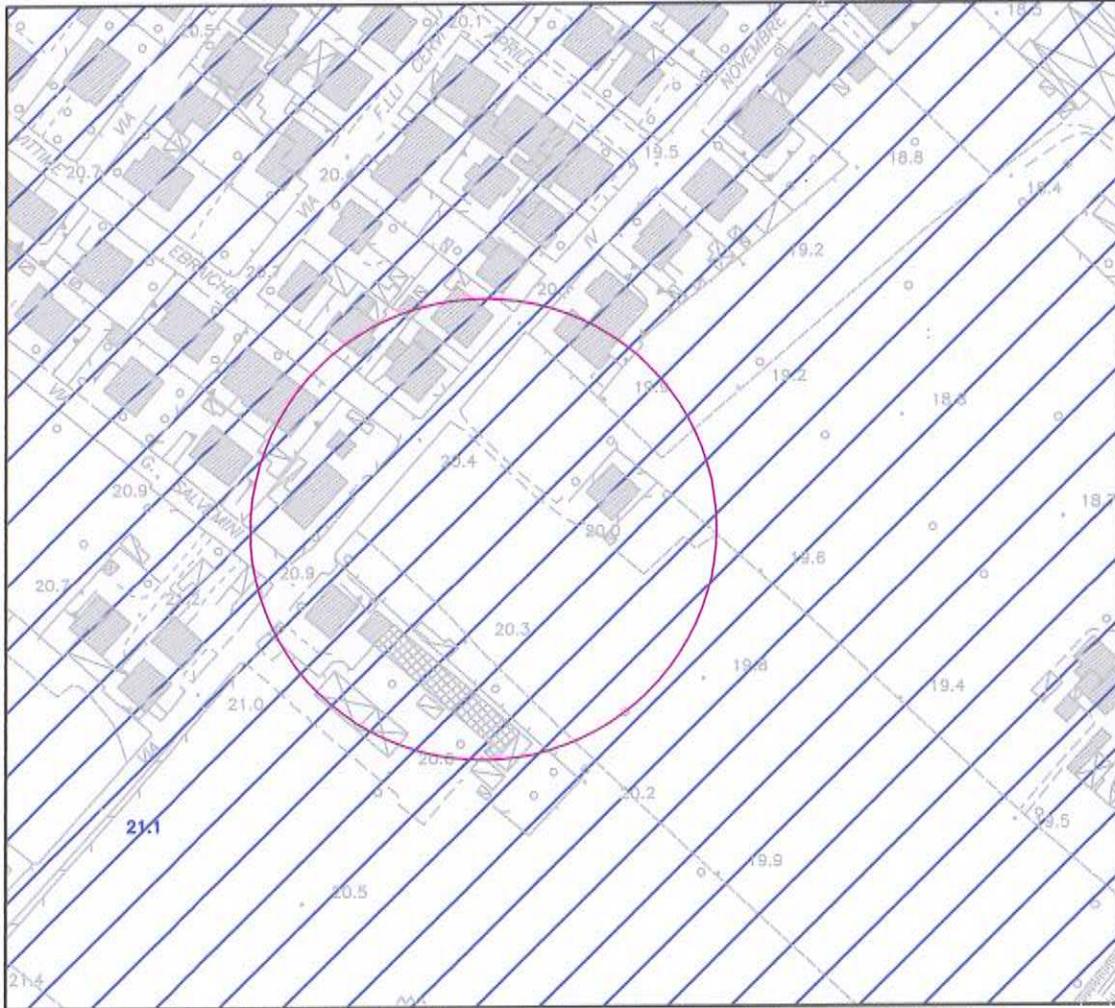
*Carta Tecnica Regionale – sezione 268160 "Carignano" stralcio*

L'area oggetto di studio è delimitata da via IV novembre su un lato e da proprietà private per il resto del perimetro.

L'area è attualmente libera da qualsiasi costruzione ed utilizzata a scopi agricoli e non sono presenti essenze arboree di alcun genere.

Si riportano di seguito lo Stralcio di P.R.G. Vigente, e lo Stralcio Catastale.





# CARTA GEOLOGICA

scala 1: 2.000



Alluvioni e depositi litoranei del III ordine dei terrazzi

### INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

A seguito di una prima fase conoscitiva tramite rilievi di superficie l'area insiste su terreni quaternari di deposito continentale rappresentati da alluvioni terrazzate del III ordine sedimentati dal Fiume Metauro lungo la sua sinistra idraulica e situati ad un'altezza compresa tra mt. 18-20 rispetto al livello medio del mare.

I terrazzi alluvionali la cui origine è legata alle oscillazioni climatiche verificatesi durante l'Era Quaternaria ed al sollevamento regionale, rappresentano ripiani morfologici modellati dalla corrente fluviale in seguito ad una successione di episodi di alterna erosione e sedimentazione.

Il terrazzo in oggetto è caratterizzato in questo tratto del bacino fluviale, da una notevole estensione, ed uniformità morfologica che si interrompe in prossimità dell'alveo per la presenza di alcuni gradoni che lo raccordano dapprima con le alluvioni del IV Ordine e, successivamente, con quelle attuali del letto fluviale.

Il corso d'acqua, orientato in direzione SW-NE, scorre al margine Sud – Orientale della pianura alluvionale quasi ai piedi di una serie di rilievi e dorsali collinari che formano la destra orografica del bacino; l'alveo ampio e ricco di materiali detritici che vi sono accumulati, è caratterizzato dalla presenza di frequenti isole fluviali formatesi in seguito alle divagazioni e diramazioni del corso d'acqua.

Per quanto riguarda la natura geologica del bacino idrografico, l'età ed i litotipi del substrato presentano caratteristiche differenti ai due lati delle depressioni; più precisamente lungo la destra orografica affiorano sedimenti pliocenici a facies argilloso-marnoso-sabbiosa, mentre lungo il fianco opposto (sinistra orografica) prevalgono terreni di età mio-pliocenica costituiti da marne, arenarie e talora calcari della formazione dello schlier (Miocene Medio).

L'attività tettonica, molto ridotta nei terreni Pliocenici, è stata particolarmente intensa nelle formazioni Mioceniche come testimoniato dalla presenza di frequenti dislocazioni che pongono a contatto anomalo le unità mio-plioceniche affioranti.

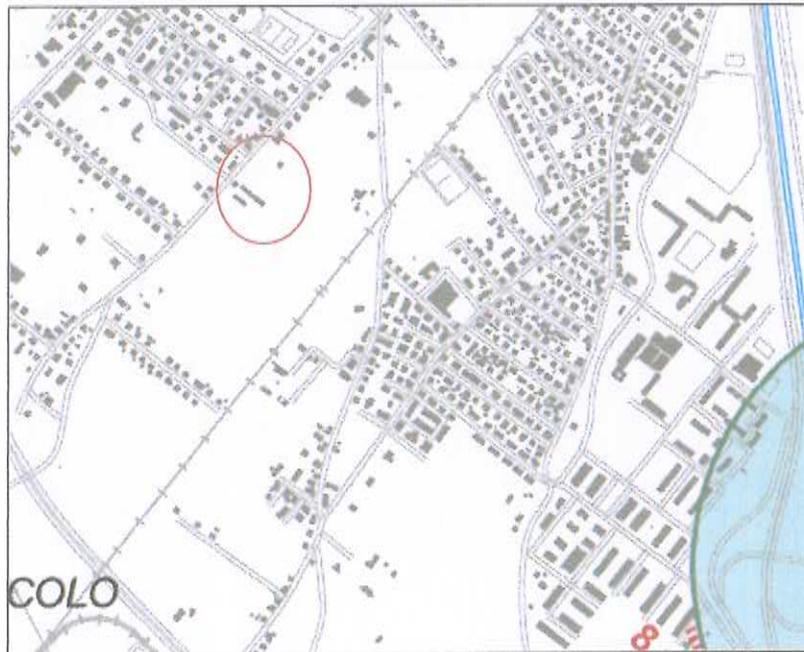
Litologicamente le alluvioni sono formate da ciottoli prevalentemente calcarei ed arenacei provenienti dallo smantellamento delle formazioni Giurassico - Mioceniche della dorsale appenninica affioranti più a monte del bacino del Metauro.

Tali alluvioni risultano più ghiaiose alla base e presentano verso l'alto frequenti livelli sabbiosi e argillo limosi.

### INQUADRAMENTO IDROLOGICO

All'interno dell'area non sono presenti fossi o torrenti oggetto di monitoraggio qualitativo da parte degli enti preposti, pertanto l'idrografia superficiale è rappresentata da fossi di scolo e fossi di guardia per la regimazione delle acque superficiali.

Dallo stralcio della Carta Zone di Rispetto e Protezione Pozzi Comunali l'area non risulta interessata dalle fasce di rispetto e di protezione dei pozzi comunali.



*Stralcio carta di rispetto pozzi comunali*

Per quanto riguarda l'idrografia profonda, la falda freatica è posizionata a quote oscillanti tra i -8 e -10 m dal piano campagna.

#### INQUADRAMENTO CLIMATICO

L'area è collocata nel bacino idrografico del Fiume Metauro. Sulla base del sistema di classificazione dei climi proposto da Wladimir Köppen, che è certamente il più condiviso dai climatologi moderni, il clima della zona rientra nella classe C (clima temperato), che comprende i climi con temperature medie annue inferiori a 20°, nei quali la temperatura del mese più caldo supera i 10° e quella del più freddo è compresa fra 18° e -3°.

La classe C, individuata dal Köppen sulla base di criteri termici, si suddivide in tre gruppi, indicati dalle lettere s, w e f, in base a precise caratteristiche pluviometriche, il gruppo d'interesse è:

- "f" (iniziale della parola tedesca fehlt = manca) indica la mancanza di un mese arido.

In questo terzo gruppo il nostro sito (Cf), in cui in nessun periodo dell'anno si registra un elevato grado di aridità.

Una ulteriore specificazione del clima sulla base della temperatura del mese più caldo ci porta ad aggiungere alla sigla precedente (Cf) la lettera "a", se questa è superiore a 22° o la lettera "b" se è inferiore a 22°, ma almeno cinque mesi hanno una temperatura media superiore a 10°.

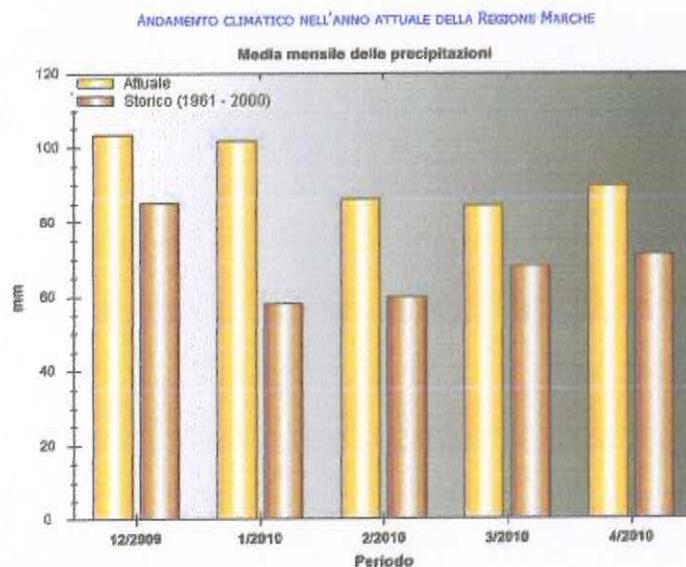
Pertanto il clima della zona è identificabile con la sigla Cfa.

In dettaglio il clima Cfa è caratterizzato da una temperatura media annua intorno ai 14°- 13°, da un'escursione termica moderata (circa 6°-7°) e da precipitazioni annue comprese fra i 737 mm di Fano ed i 988 di Fossombrone.

I dati relativi ai caratteri climatici ed idrologici dell'area oggetto di studio sono stati ripresi da "Ambiente Fisico Delle Marche".

*"Il regime pluviometrico è di tipo sublitoraneo appenninico con influenza marittima, è caratterizzato da due massimi e due minimi. Il massimo assoluto si registra nei mesi di Settembre Ottobre e Novembre; quello relativo nel mese di Maggio. Il minimo assoluto di precipitazioni viene registrato ad Agosto/Luglio quello relativo ad Aprile. L'andamento termometrico risulta caratterizzato da massimi di temperatura estiva nel mese di Luglio e minimi in Gennaio; l'escursione annuale media è di circa 19°C. Dall'elaborazione del bilancio idrologico risulta che il periodo "secco" in cui l'evapo- traspirazione è superiore alle precipitazioni ed il suolo tende a perdere il suo contenuto di acqua si verifica nei mesi di Luglio ed Agosto. Il regime idrologico dominante nella zona è pertanto caratterizzato da precipitazioni intense nel periodo tardo-estivo ed autunnale che fanno seguito al periodo secco estivo."*

Le precipitazioni del 2009- 2010 sono state piuttosto intense ed hanno superato il dato storico in tutti i mesi come si può vedere dal grafico e dalla tabella riportate di seguito.

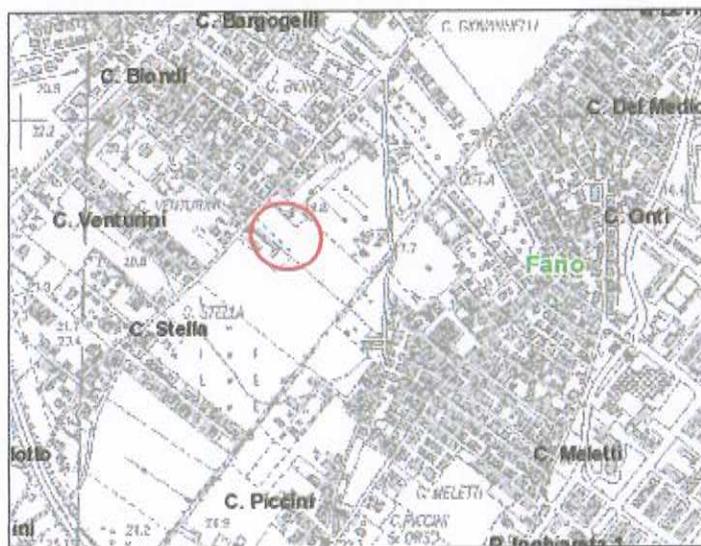


Periodo	Valore Attuale	Storico 1961-2000	Differenza tra Attuale e Storico
12/2009	103,5	85,3	18,2
1/2010	101,9	58,3	43,6
2/2010	86,1	59,9	26,2
3/2010	84,4	68,0	16,4
4/2010	89,6	71,3	18,3

**ANALISI DEI VINCOLI E DEI RISCHI PRESENTI NELL'AREA**

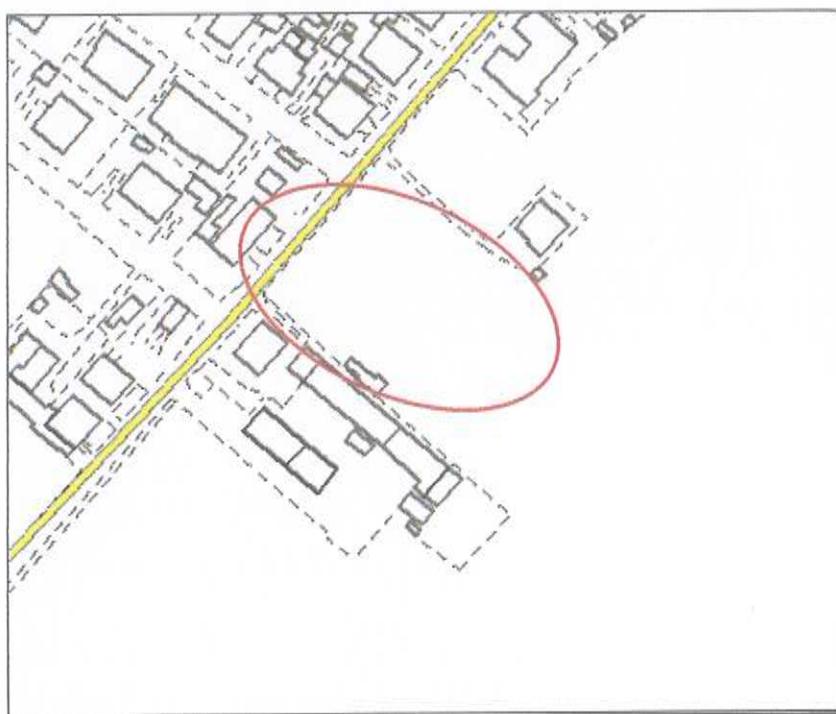
PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO

Il Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Marche non individua nell'area in oggetto dissesti in atto o potenziali come si evince dallo stralcio sotto riportato



PPAR

Ai sensi della normativa prevista dal PPAR l'area in variante, non viene ad essere interessata da alcun vincolo, sul confine NO del comparto è presente una linea di centuriazione normata dall'art. 20 delle NTA di PRG. Tale vincolo non infica in alcun modo il progetto presentato che si adegua alla norma.



All'interno dell'area non sono presenti altri vincoli.

### **CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE**

La stratigrafia di dettaglio è stata ricostruita grazie all'esecuzione di n. 2 prove penetrometriche CPT e di uno sismico che permesso la realizzazione di una prova a rifrazione e di una prova con tecnologia MASW. Per le informazioni tecniche riguardo alle ultime due tipologie d'indagine si rimanda alla allegata relazione sismica che fa parte integrante di questo elaborato.

Le prove penetrometriche sono state eseguite con sonda penetrometrica Pagani TG63 100KN con le seguenti caratteristiche:

- punta meccanica tipo Begemann O 35.7 mm = 63.5 kg
- area di punta = 10 cmq.
- apertura = 60°.
- manicotto laterale superficie = 150 cmq
- velocità avanzamento punta = 2 cm/s.
- avanzamento = 20 cm.

L'ubicazione dell'indagine viene indicata nella allegata planimetria, con indicazione della traccia di sezione stratigrafica interpretativa realizzata.



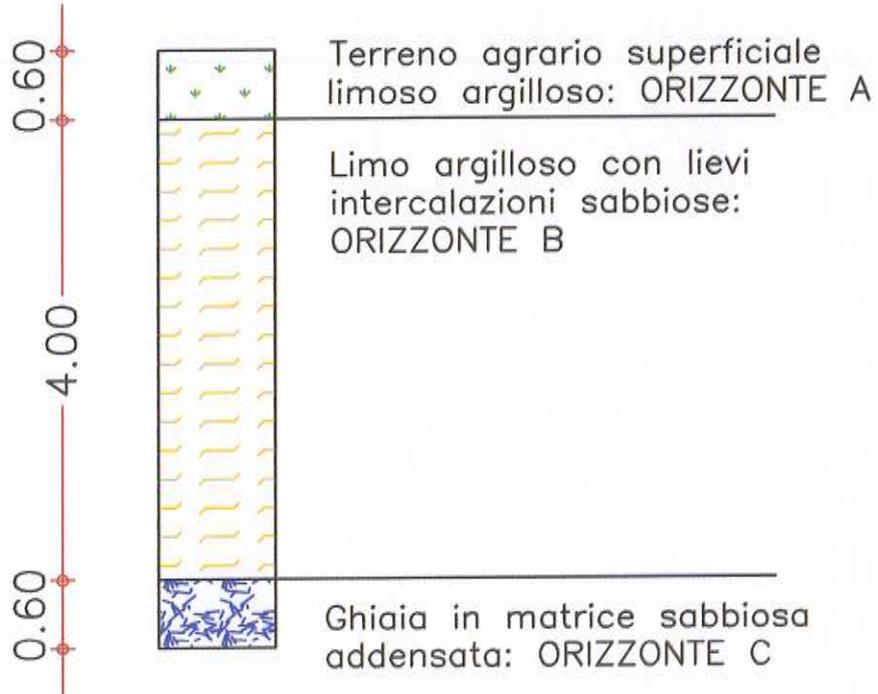
*Esecuzione CPT1*



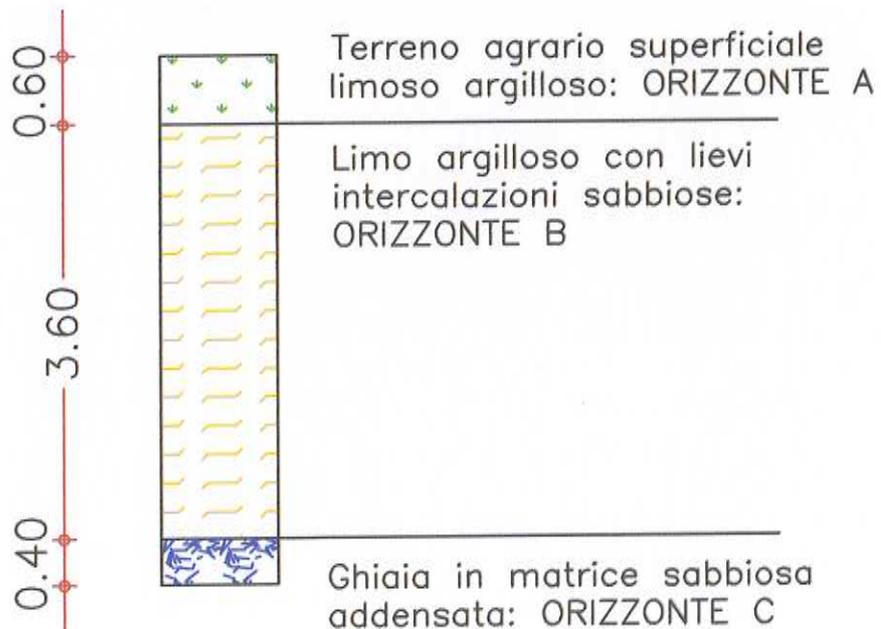
*Esecuzione CPT2*

Dai risultati delle prove penetrometriche si sono dedotte le seguenti stratigrafie:

# CPT1



# CPT2

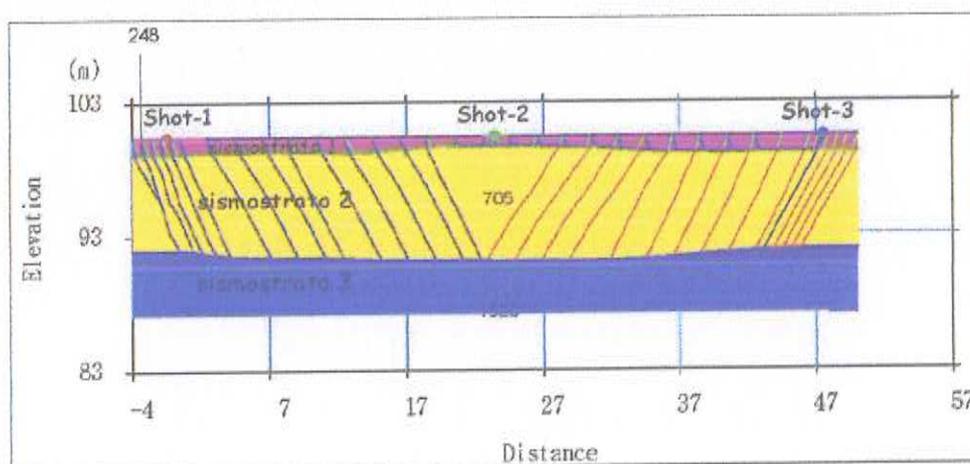


La stratigrafia dedotta da questa analisi è stata confermata dall'analisi sismica a rifrazione.

Il metodo sismico a rifrazione è un metodo non invasivo che si basa sulla misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche (P o SH) generate in superficie da una sorgente sismica e captate da ricevitori, anch'essi in superficie, disposti su un allineamento a diverse distanze dalla sorgente. I tempi di primo arrivo, correlati alle diverse distanze sorgente-ricevitore, permettono la stima delle geometrie del sottosuolo e delle velocità di propagazione delle onde sismiche. Tali onde vengono generate e si propagano nel terreno ogni qualvolta quest'ultimo viene sottoposto a sollecitazioni sia di tipo naturale che artificiale (esplosioni, mazze battenti, ecc.). La tecnica di prospezione sismica a rifrazione consiste nella misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche generate in un punto in superficie (punto di energizzazione) in corrispondenza di una molteplicità di punti disposti allineati sulla superficie topografica (geofoni). Lo studio della propagazione delle onde sismiche consente di valutare le proprietà meccaniche e fisiche dei terreni attraversati, di stimare il loro grado di consistenza e di ottenere informazioni sulla natura e sulla geometria del sottosuolo. Per una completa disamina teorica ed una descrizione della metodologia usata si rimanda all'allegata relazione sismica.

L'indagine sismica a rifrazione ha evidenziato, sino alle modeste profondità indagate connesse alla geometria dello stendimento, la presenza di due rifrattori che hanno pertanto permesso di individuare 3 distinti livelli caratterizzati da un discreto contrasto di rigidità, come di seguito descritto:

- 1) il primo sismostrato presenta spessori massimi dell'ordine del metro ed è caratterizzato da una velocità delle onde di compressione di 248 m/sec circa; tale livello a bassa velocità di propagazione delle onde di compressione è riferibile alla porzione più superficiale della locale successione stratigrafica a basso stato di addensamento/consistenza (areato); (ORIZZONTE A-B)
- 2) il secondo sismostrato, riferibile a litotipi di origine alluvionale, è caratterizzato da velocità delle onde di compressione dell'ordine di 705 m/sec. Tale livello è caratterizzato da spessori compresi tra 7,00 e 8,50 mt circa; (ORIZZONTE C)
- 3) il terzo sismostrato, riferibile a depositi alluvionali caratterizzati presumibilmente da uno stato di saturazione idrica, è caratterizzato da velocità delle onde di compressione dell'ordine di 1520 m/sec. Tale livello è stato rilevato a partire da profondità comprese tra 8,50 e 9,30 m circa dal p.c. (ORIZZONTE C SATURO).



### DESCRIZIONE DELLE SEZIONI STRATIGRAFICHE INTERPRETATIVE

Le sezioni ricostruite rilevano la presenza di una deposizione alluvionale caratterizzata da un primo intervallo di sedimenti fini con un buon grado di compattezza formati da litologie rientranti nel campo dei limi argilloso sabbiosi.

Dalla quote di circa 4.2-4.6 m dal piano campagna si incontra un primo livello ghiaioso che, alternato a orizzonti più o meno consistenti di limi argillosi prosegue sino a quote prossime a 27-30 m dal piano campagna. Le sezioni ricostruite riportano le stratigrafie individuate durante l'esecuzione delle indagini.

Nelle indagini CPT è stato raggiunto il tetto del materasso ghiaioso, mentre l'indagine sismica ha permesso di individuare il livello freatico che satura i sedimenti alluvionali ad una quota di circa 9 m dal piano campagna attuale.

### RICOSTRUZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO

Sulla base dei dati descritti nel precedente paragrafo sono state elaborate due sezioni stratigrafiche interpretative che forniscono indicazioni sull'andamento spaziale e sullo spessore dei litotipi. La prima sezione ricostruita è orientata in senso E-O e riporta le stratigrafie individuate durante il rilievo del sito e l'esame comparato della prova geofisica; analogamente la seconda sezione, orientata in senso S-N rielabora la sezione sismica precedentemente riportata.

Pertanto, esclusa la parte di copertura vegetale superficiale, si può ricostruire il seguente modello geologico del sito:

**ORIZZONTE B:** limi argilloso sabbiosi – DEPOSITI ALLUVIONALI

$$\gamma = 1,90-2,0 \text{ t/mq}$$

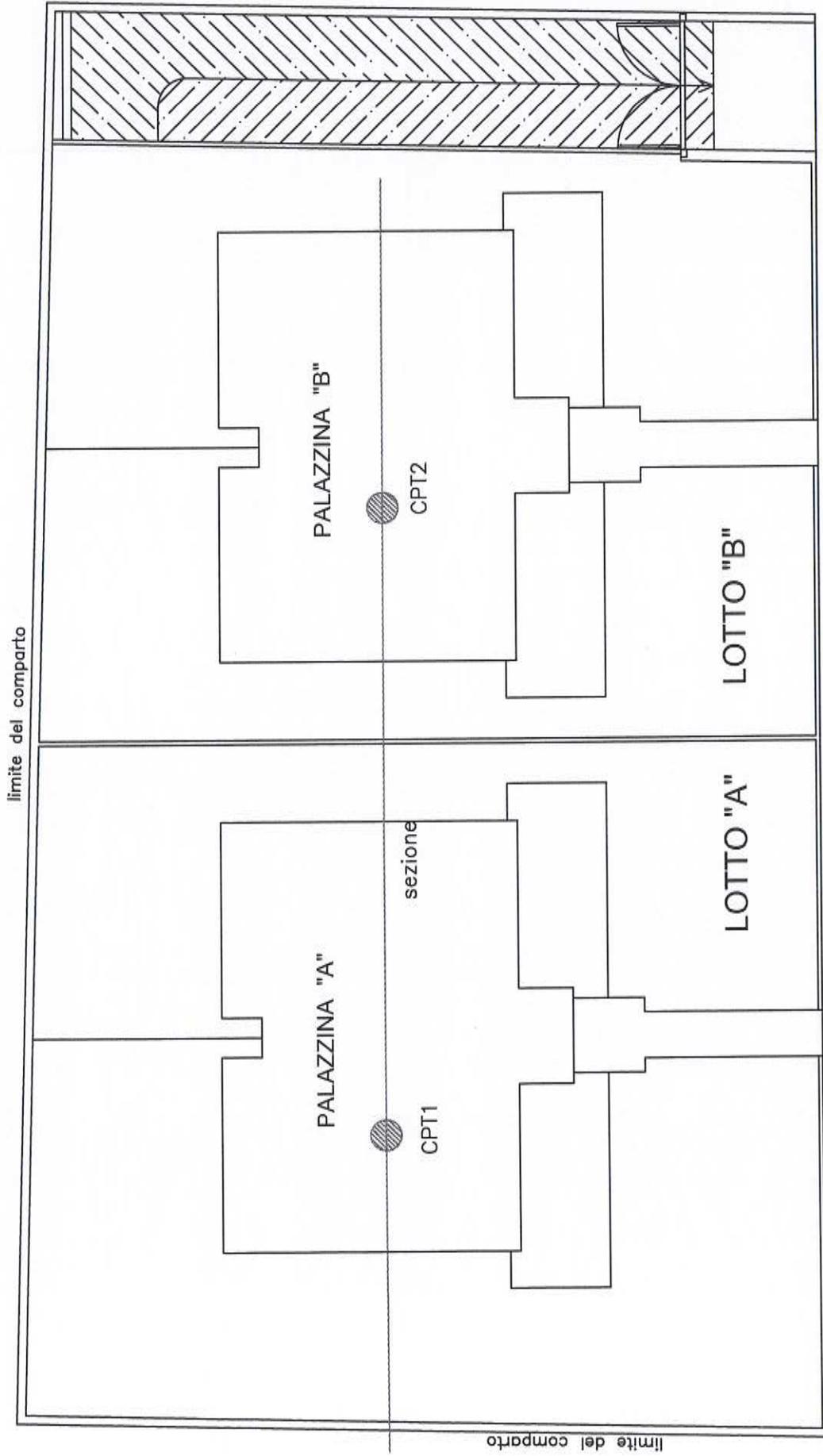
$$C_u = 6-10 \text{ t/mq}$$

**ORIZZONTE C:** ghiaia e sabbia ghiaiosa – DEPOSITI ALLUVIONALI

$$\gamma = 1,85-1,95 \text{ t/mq}$$

$$\varphi = 32^\circ-38^\circ$$

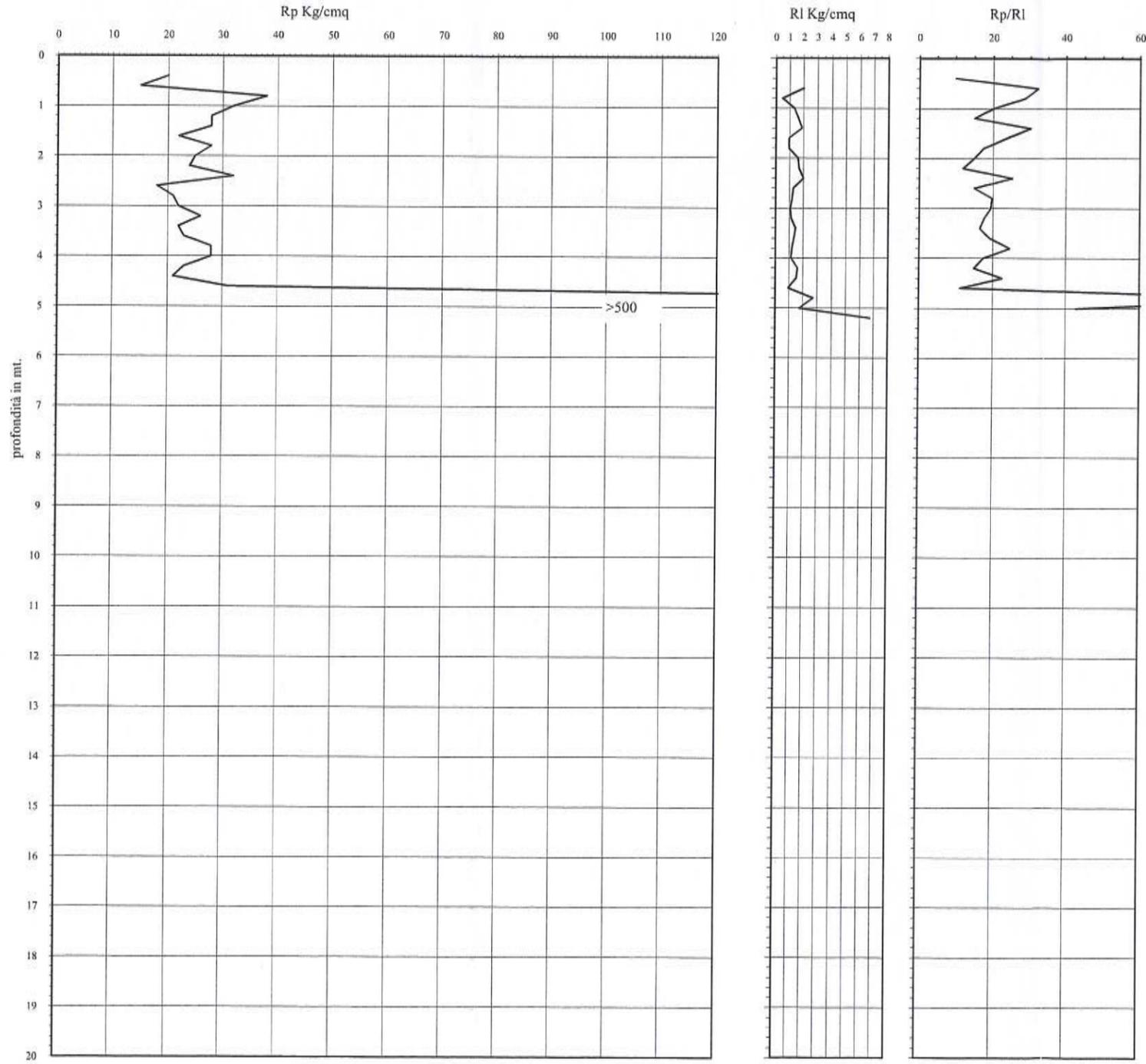
PLANIMETRIA UBICAZIONE INDAGINI E SEZIONE STRATIGRAFICA  
(scala 1:200)



# Prova Penetrometrica Statica

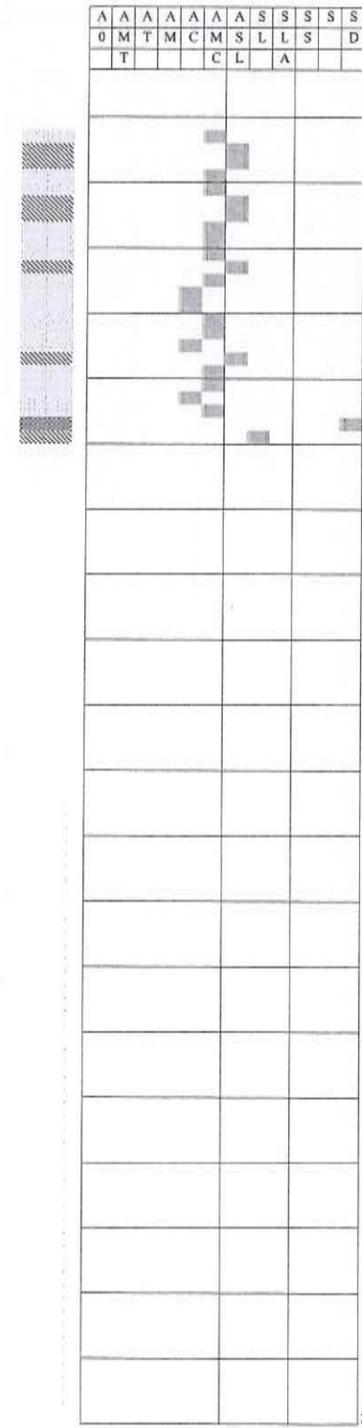
Prova n.: CPT1  
 Cantiere: Fano (PU), via IV Novembre  
 Data: Giugno 2011

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



Caratteristiche strumento: penetrometro statico semovente, 200kN spinta  
 Punta meccanica tipo Begemann - manicotto laterale superficie 150 cmq

## Classificazione orientativa dei terreni (Schmertmann - 1978)



Legenda:  
 argilla  
 sabbia limoso argillosa  
 sabbia

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;  
 SL sabbia e limo; SLA sabbia limoso argillosa  
 SS sabbia sciolta; S sabbia; SD sabbia densa

Angolo d'attrito interno, densità  
 relativa e coesione

Verifica alla liquefazione  
 magnitudo di 6 g  
 accelerazione massima al suolo 0,25 g  
 (Seed et al. 1985)

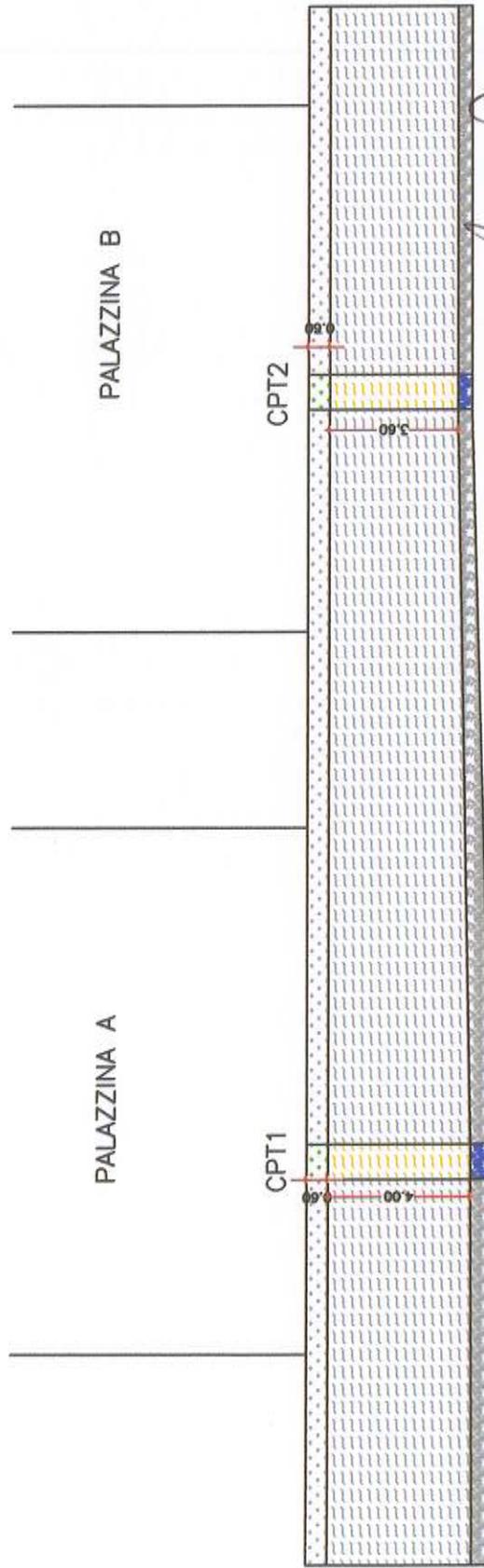
mt.	Rp	Rl	Rp/Rl	$\phi^\circ$	Dr	Cu Kg/cmq	Nspt
0.2							
0.4	20		10.00	/	/	1	/
0.6	15	2.00	32.14	/	/	0.75	/
0.8	38	0.47	28.50	/	/	1.9	/
1	32	1.33	20.00	/	/	1.6	/
1.2	28	1.60	15.00	/	/	1.4	/
1.4	28	1.87	10.00	/	/	1.6	/
1.6	22	0.93	23.57	/	/	1.1	/
1.8	28	0.93	17.50	/	/	1.4	/
2	25	1.60	15.00	/	/	1.25	/
2.2	24	1.67	12.00	/	/	1.2	/
2.4	32	2.00	25.26	/	/	1.6	/
2.6	18	1.27	15.00	/	/	0.9	/
2.8	21	1.20	19.69	/	/	1.05	/
3	22	1.07	19.41	/	/	1.1	/
3.2	26	1.13	17.73	/	/	1.3	/
3.4	22	1.47	16.50	/	/	1.1	/
3.6	23	1.33	19.17	/	/	1.15	/
3.8	28	1.20	24.71	/	/	1.4	/
4	28	1.13	17.50	/	/	1.4	/
4.2	23	1.60	15.00	/	/	1.15	/
4.4	21	1.53	22.50	/	/	1.05	/
4.6	31	0.93	11.34	/	/	1.55	/
4.8	181	2.73	104.42	44	0.75	/	45.25
5	288	1.73	42.77	/	/	/	72
5.2	392	6.73					
5.4	500						
5.6							
5.8							
6							
6.2							
6.4							
6.6							
6.8							
7							
7.2							
7.4							
7.6							
7.8							
8							
8.2							
8.4							
8.6							
8.8							
9							
9.2							
9.4							
9.6							
9.8							
10							
10.2							
10.4							
10.6							
10.8							
11							
11.2							
11.4							
11.6							
11.8							
12							
12.2							
12.4							
12.6							
12.8							
13							
13.2							
13.4							
13.6							
13.8							
14							
14.2							
14.4							
14.6							
14.8							
15							
15.2							
15.4							
15.6							
15.8							
16							
16.2							
16.4							
16.6							
16.8							
17							
17.2							
17.4							
17.6							
17.8							
18							
18.2							
18.4							
18.6							
18.8							
19							
19.2							
19.4							
19.6							
19.8							
20							

Cu media Kg/cmq 1,26136 58,625 Nspt media n. colpi

n.l. non liquefacibile



# SEZIONE STRATIGRAFICA INTEPRETATIVA (scala 1:200)



rilevata interpretata



Terreno superficiale



Limo argilloso sabbioso



Ghiaia e sabbia



## CONSIDERAZIONI SULLA FATTIBILITA' DEL PROGETTO

### Azione sismica

Per la determinazione dei parametri sismici, per la caratterizzazione del sottosuolo e la determinazione delle coltri di copertura sono state condotte indagini sismiche di tipo MASW con la collaborazione della ditta Servizi Sismici di Sassoferrato, la relazione sismica prodotta è riportata in allegato.



*Ubicazione dello stendimento sismico.*

L'indagine sismica di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) si basa sulla propagazione delle onde di superficie rayleigh. Si utilizza uno stendimento lineare di geofoni ed il terreno viene energizzato attivamente attraverso una massa battente.

Le caratteristiche degli strumenti utilizzati, la metodologia e l'acquisizione dei dati sono riportati in maniera esaustiva nel rapporto di indagine allegato alla presente relazione di cui fa parte integrante.

L'interpretazione geofisica individua il modello geofisico dell'area distinguendo le unità geofisiche, a cui si associano intervalli di valore di  $V_p$  e  $V_s$  e dei relativi parametri elastici.

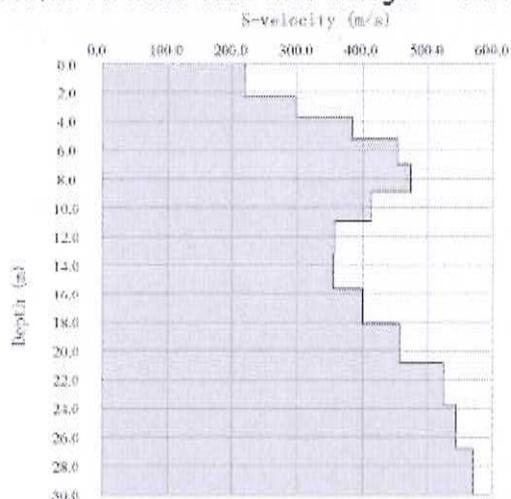
La velocità delle onde di massa dipende dai parametri elastici dei mezzi attraversati che sono a loro volta influenzati da numerosi fattori quali la compattezza o il grado di litificazione, la porosità, la tessitura, il grado di alterazione e/o fratturazione, la composizione mineralogica, il contenuto di fluidi, ecc.. Una corretta determinazione della velocità delle onde di massa ( $V_p$  e  $V_s$ ) consente

quindi di ricavare i moduli elastici dinamici che caratterizzano il mezzo in cui si propaga la perturbazione ed ottenere informazioni circa la sua natura e il tipo di risposta alle sollecitazioni dinamiche.

I risultati forniti dall'indagine sismica MASW effettuata permettono di caratterizzare al meglio l'area d'indagine. Gli stessi definiscono la categoria di suolo del sito, in base ai valori di VS30 calcolati a partire dal p.c. fino a 30 m di profondità. Ai fini della definizione della azione sismica di progetto, ai sensi del TU sulle Costruzioni D.M. 14/01/2008 (paragrafo 3.2.2 Categorie di sottosuolo), deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie.

Dal profilo verticale monodimensionale delle Vs sotto riportato si evince la presenza di un'evidente decremento della velocità di propagazione delle onde di taglio rilevabile nell'intervallo di profondità compreso tra 9,00÷16,00 mt circa dal p.c., oltre il quale si assiste ad un graduale incremento del valore di Vs con la profondità.

Profilo verticale delle onde di taglio - Shot 2



Profondità (mt)	hi (mt)	Vi (m/s)	hi/Vi	Vs30 (m/s)
0,00 + 1,07	1,07	220	0,0049	Vs <sub>30</sub> = 404 m/s  Categoria di sottosuolo "B"
1,07 + 2,31	1,24	218	0,0057	
2,31 + 3,71	1,40	298	0,0047	
3,71 + 5,27	1,57	385	0,0041	
5,27 + 7,01	1,73	453	0,0038	
7,01 + 8,90	1,90	474	0,0040	
8,90 + 10,96	2,06	413	0,0050	
10,96 + 13,19	2,23	356	0,0062	
13,19 + 15,58	2,39	355	0,0067	
15,58 + 18,13	2,56	401	0,0064	
18,13 + 20,85	2,72	456	0,0060	
20,85 + 23,74	2,89	524	0,0055	
23,74 + 26,79	3,05	544	0,0056	
26,79 + 30,00	3,21	570	0,0056	

$$\sum hi/Vi = 0,0742$$

**Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo**

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

L'area analizzata può essere inclusa nella CATEGORIA B.

Per quanto concerne eventuali influenze dell'assetto topografico sull'azione sismica le NTC distinguono le categorie sotto riportate.

**Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche**

<b>Categoria</b>	<b>Caratteristiche della superficie topografica</b>
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

La zona esaminata appartiene ad una CATEGORIA TOPOGRAFICA T1.

La pericolosità sismica di base con determinazione delle accelerazioni orizzontali massime attese dovrà essere calcolata in sede di relazione geologica per il conseguimento del PDC.

Nello stesso elaborato, con opportune indagini, dovrà essere verificato il potenziale di liquefazione del sito.

### Compatibilità idrogeologica

Il rischio idraulico, e più in generale i fattori della pericolosità idrogeologica si possono riferire ai seguenti aspetti:

- Pericolosità connessa al dissesto per fenomeni franosi
- Pericolosità connessa all'erosione fluviale

Considerato il contesto geomorfologico dell'area i fattori della pericolosità idrogeologica sono sostanzialmente assenti. L'ubicazione della superficie fratica a quote di circa 9.0 m dal p.c. la preserva inoltre da possibili contaminazioni.

Pertanto il progetto è compatibile idrogeologicamente con il sito in esame.

### Considerazioni sulla componente geologica del progetto

Le condizioni geologiche e geotecniche sono buone per la realizzazione delle opere in progetto: nell'area affiorano terreni a grana fine con medie caratteristiche geotecniche, per la parte più superficiale, seguiti da litologie ghiaiose in matrice limoso sabbiosa.

La superficie freatica è posta a circa -9 m dal piano campagna.

Per garantire un'adeguata ricarica della falda, vista la realizzazione di superfici impermeabili su un terreno attualmente adibito ad uso agricolo, si propone l'utilizzo di una vasca di laminazione che raccolga le acque dalle superfici impermeabilizzate e le rilasci gradualmente nel sottosuolo, fatte salvo le acque di prima pioggia che andranno direttamente in fogna.

Si consiglia di puntellare qualsiasi sbancamento con altezza superiore a 1.5 m.

Durante l'esecuzione dei lavori il terreno agrario superficiale potrà essere accantonato e utilmente riutilizzato per la sistemazione a verde della zona.

Non sono state riscontrate situazioni di pericolosità geologica e/o geomorfologia o sismiche.

## **CONCLUSIONI**

Le previsioni edilizie in progetto sono state valutate e risultano eseguibili senza limitazioni di fattibilità geologica.

Nella zona non sono presenti dissesti idrogeologici, fenomeni gravitativi attivi o quiescenti che possano interferire con le opere in progetto.

Per garantire il principio dell'invarianza idraulica, oltre al coefficiente di permeabilità stabilito dalle NTA del PRG sarà opportuno prevedere l'utilizzo di una vasca di laminazione che raccolga le acque dalle superfici impermeabilizzate e le rilasci gradualmente nel sottosuolo, fatte salvo le acque di prima pioggia che andranno direttamente in fogna.

Durante l'esecuzione delle indagini geognostiche realizzate a corredo di questo elaborato sono stati prelevati n. 2 campioni che verranno sottoposti ad analisi chimiche per la caratterizzazione delle terre e rocce da scavo ai sensi del D.Lgs 152/06 e s.m.i.

Al sensi della vigente normativa oltre alla determinazione delle Vs30, già effettuata, dovrà inoltre essere valutata la pericolosità sismica di base con determinazione delle accelerazioni orizzontali massime attese. Nello stesso elaborato, con opportune indagini, dovrà essere verificato il potenziale di liquefazione del sito.

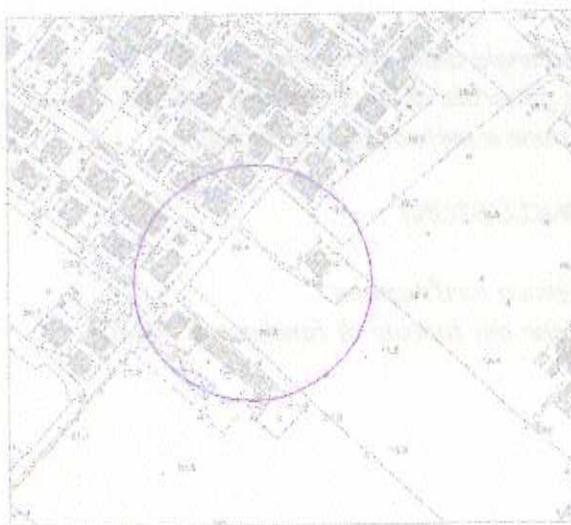
Fano, 10/06/2011



**REGIONE MARCHE  
PROVINCIA DI PESARO-URBINO  
COMUNE DI FANO**

**COMMITTENTE: DR. GEOL. LAURA PELONGHINI**

**INDAGINE SISMICA ESEGUITA NEL COMPARTO RESIDENZIALE  
ST2\_P18 SITO IN VIA IV NOVEMBRE NEL COMUNE DI FANO (PU)**



Sassoferrato, 8 giugno 2011

## 1 PREMESSA

Su incarico ricevuto dalla Dott.ssa Geol. Laura Pelonghini è stata eseguita un'indagine geofisica in un'area all'interno del Comparto residenziale ST2\_P18 sito in via IV novembre nel Comune di Fano (PU), come si evince dalla planimetria di seguito riportata. L'indagine è consistita nell'esecuzione di n°1 stendimento sismico con metodologia MASW per la determinazione del profilo verticale delle onde di taglio e del valore  $V_{s30}$  necessario per la classificazione dei terreni di fondazione degli interventi in progetto nelle categorie di suolo descritte al paragrafo 3.2.2 delle N.T.C. 2008 "D.M. 14/01/2008"; sulla stessa stesa geofonica è stata inoltre eseguita un'indagine sismica a rifrazione per la taratura dell'indagine MASW, per l'individuazione delle principali unità sismostratigrafiche e per l'ottenimento di informazioni sulla natura e sulla geometria del sottosuolo.

Ubicazione stendimento sismico



## 2 INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE

### 2.1 Generalità della metodologia

Il metodo sismico a rifrazione è un metodo non invasivo che si basa sulla misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche (P o SH) generate in superficie da una sorgente sismica e captate da ricevitori, anch'essi in superficie, disposti su un allineamento a diverse distanze dalla sorgente. I tempi di primo arrivo, correlati alle diverse distanze sorgente-ricevitore, permettono la stima delle geometrie del sottosuolo e delle velocità di propagazione delle onde sismiche. Tali onde vengono generate e si propagano nel terreno ogni qualvolta quest'ultimo viene sottoposto a sollecitazioni sia di tipo naturale che artificiale (esplosioni, mazze battenti, ecc.). La tecnica di prospezione sismica a rifrazione consiste nella misura dei tempi di primo



corrispondenti a frequenze di campionamento da 200 a 20000 Hz. La durata del campionamento è selezionabile fra 0.1 e 60 secondi. Elevata dinamica (96dB al convertitore, 155dB totale). Impedenza d'ingresso:  $>100k\Omega$ . La trasmissione digitale dei dati consente un'elevata silenziosità e immunità ai rumori.

Per la presente indagine si è adottato un intervallo di campionamento pari a 0,2 ms, una corrispondente frequenza di campionamento di 5000 Hz e una durata del campionamento pari a 0,25 secondi. Per l'acquisizione delle onde di superficie i sensori sono costituiti da una catena di 24 geofoni verticali Geo-space GS-11D da 10Hz 380 ohms del tipo elettromagnetico a bobina mobile equispaziati con interdistanza geofonica di 2,00 mt. Questi sono dei trasduttori di velocità in grado di tradurre in segnale elettrico la velocità con cui il suolo si sposta al passaggio delle onde sismiche prodotte da una specifica sorgente.

Le base sismica a rifrazione è stata eseguita con 3 punti di scoppio in linea secondo il seguente schema:

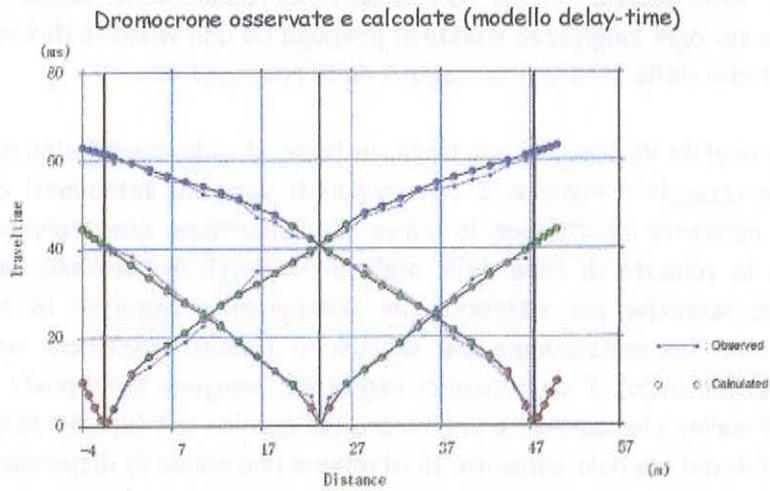
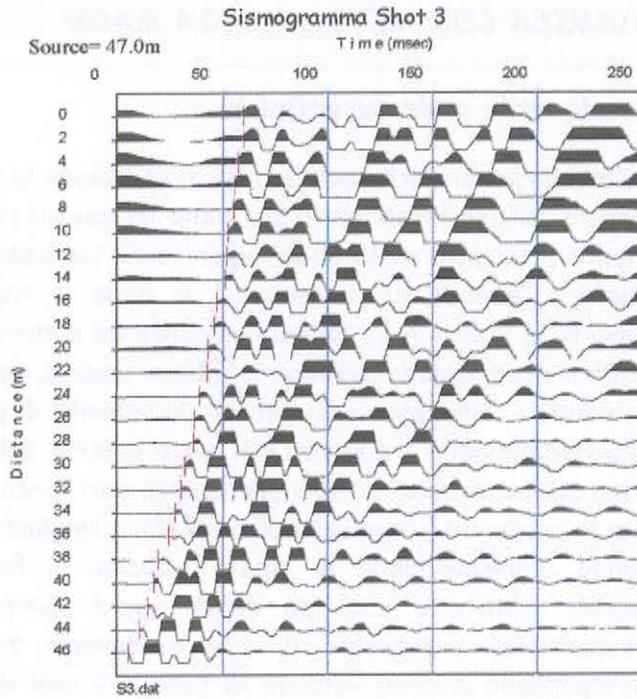


Nel dettaglio sono stati eseguiti n°2 end-shot posti ad una distanza di 1,00 mt dai geofoni esterni e n°1 shot al centro dello stendimento geofonico.

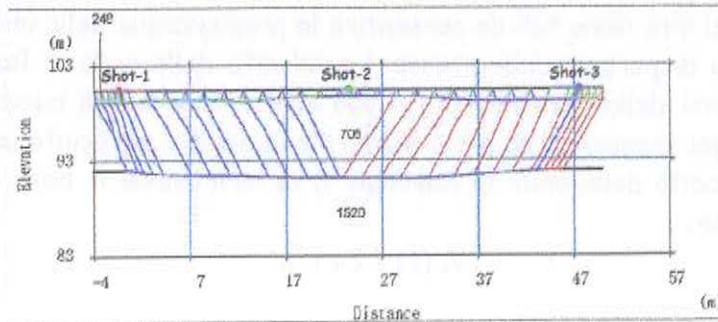
La generazione della perturbazione sismica è avvenuta mediante mazza battente del peso di 8 Kg su piastra metallica. L'istante di tempo zero (segnale di inizio registrazione) viene inviato allo strumento da un sensore di contatto posto all'estremità della stessa mazza di energizzazione. La morfologia del sito interessato dallo stendimento sismico risulta completamente pianeggiante.

### 2.3 Acquisizione e elaborazione dei dati

L'acquisizione di dati è avvenuta dopo le opportune verifiche di corretto funzionamento della strumentazione e del circuito di time-break. Il controllo della qualità dei dati acquisiti è stata verificata immediatamente dopo ogni energizzazione. Le fasi di acquisizione ed elaborazione dei dati sismici hanno permesso di ottenere i seguenti elaborati:

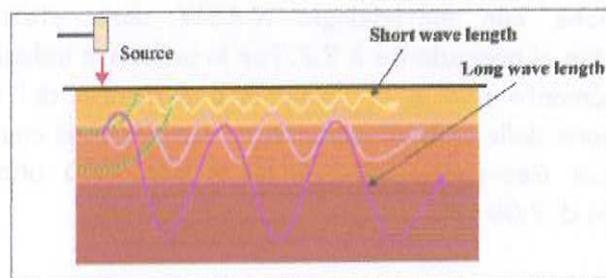


### Sezione bidimensionale delay-time con percorso raggi teorici (ray-tracing)





Riportando le coppie di valori  $V_r$ - $f$  in un grafico si ottiene la curva di dispersione utilizzabile nella successiva fase di inversione. La fase di inversione deve essere preceduta da una parametrizzazione del sottosuolo, che viene di norma schematizzato come un mezzo visco - elastico a strati piano paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati. Il processo di inversione è iterativo: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati, il problema diretto viene risolto diverse volte variando i parametri che definiscono il modello. Il processo termina quando viene individuato quel set di parametri di modello che minimizza la differenza tra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica). Il processo di inversione si basa su algoritmi di minimizzazione ai minimi quadrati che consentono di automatizzare la procedura.

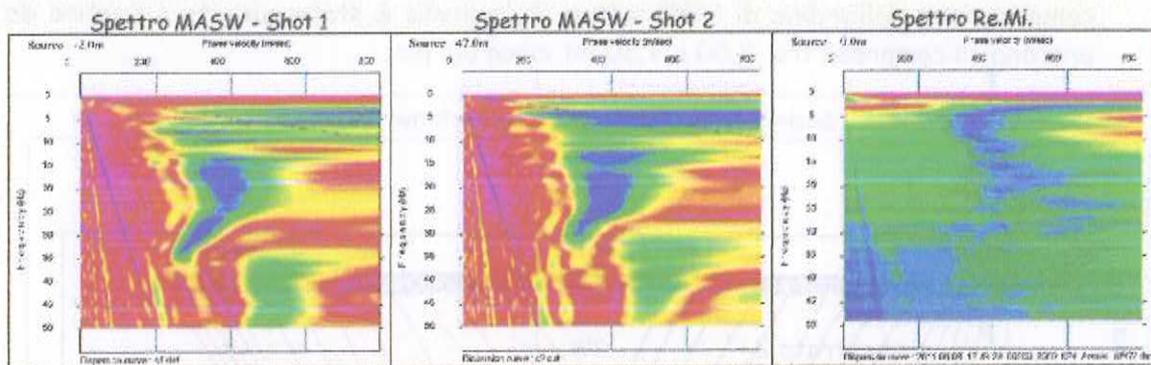


L'illustrazione mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte) hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S ( $V_s$ ) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

### 3.2 Descrizione generale della procedura MASW

La procedura MASW comprende tre passi successivi:

- 1 acquisizione delle onde superficiali (ground roll);
- 2 estrazione della curva di dispersione caratteristica del sito (grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
- 3 inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle  $V_s$  (profilo 1-D) che descrive la variazione di  $V_s$  con la profondità.



Le curve di dispersione così ottenute, riportate nella precedente figura, risultano fra loro simili confermando quindi l'applicabilità della metodologia MASW; il processo di inversione è stato eseguito sulla curva di dispersione ottenuta dallo Shot 2, posto ad una distanza di 1,0 mt dal geofono G24, meglio definita nell'intervallo di frequenze utilizzato e caratterizzata dal miglior rapporto segnale/rumore e dal minore errore sul fitting con la curva di dispersione sperimentale apparente.

La generazione della perturbazione sismica è avvenuta mediante mazza battente del peso di 8 Kg su piastra metallica. L'istante di tempo zero (segnale di inizio registrazione) viene inviato allo strumento da un sensore di contatto posto all'estremità della stessa mazza di energizzazione.

## 4 RISULTATI E CONCLUSIONI

### 4.1 Indagine sismica a rifrazione

L'indagine sismica a rifrazione di taratura eseguita nel sito oggetto di indagine ha evidenziato, sino alle profondità indagate connesse alla geometria dello stendimento, la presenza di due rifrattori che hanno permesso di individuare 3 distinti livelli caratterizzati da un discreto contrasto di rigidità, come di seguito descritto:

- 1) il primo simostrato presenta spessori massimi dell'ordine del metro ed è caratterizzato da una velocità delle onde di compressione di 248 m/sec circa; tale livello a bassa velocità di propagazione delle onde di compressione è riferibile alla porzione più superficiale della locale successione stratigrafica a basso stato di addensamento/consistenza (areato);
- 2) il secondo simostrato, riferibile a litotipi di origine alluvionale, è caratterizzato da velocità delle onde di compressione dell'ordine di 705 m/sec. Tale livello è caratterizzato da spessori compresi tra 7,00 e 8,50 mt circa;
- 3) il terzo simostrato, riferibile a depositi alluvionali caratterizzati presumibilmente da uno stato di saturazione idrica, è caratterizzato da velocità delle onde di



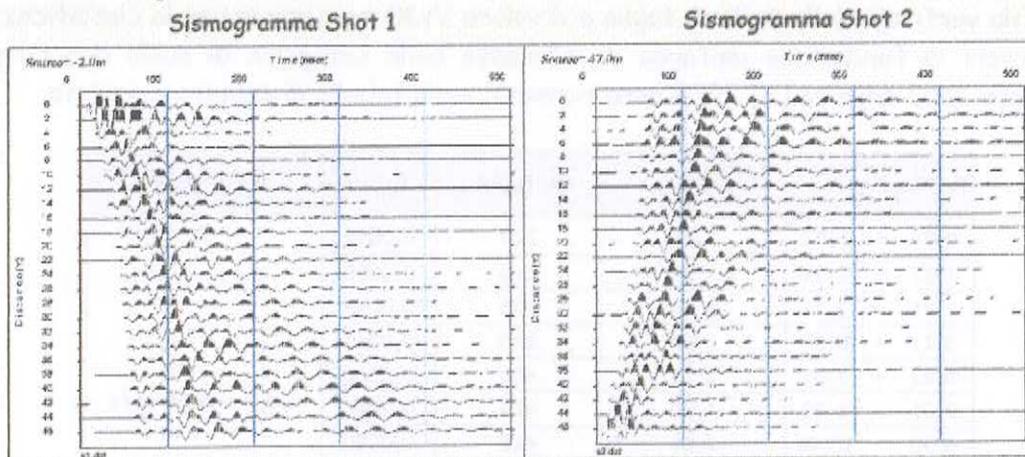
litificazione, la porosità, la tessitura, il grado alterazione e/o fratturazione, la composizione mineralogica, il contenuto di fluidi, la profondità, ecc.

Con  $V_{S30}$  si definisce la velocità media di propagazione nei primi 30 metri di profondità delle onde di taglio, il cui calcolo viene effettuato utilizzando la seguente espressione:

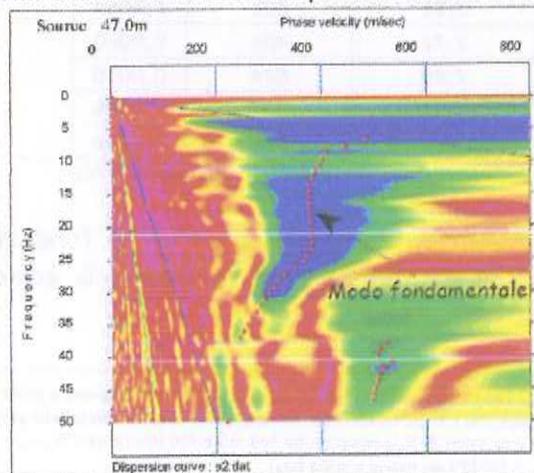
$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

Dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 metri superiori.

Le diverse fasi di acquisizione ed elaborazione dei dati sismici hanno portato alla creazione dei seguenti elaborati:

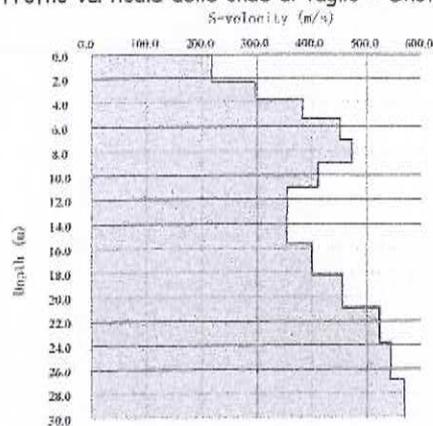


Spettro di velocità e curva di dispersione misurata - Shot 2





Profilo verticale delle onde di taglio - Shot 2



Dal profilo verticale monodimensionale delle Vs sopra riportato si evince la presenza di un'evidente decremento della velocità di propagazione delle onde di taglio rilevabile nell'intervallo di profondità compreso tra 9,00+16,00 mt circa dal p.c., oltre il quale si assiste ad un graduale incremento del valore di Vs con la profondità.

Sassoferrato, 8 giugno 2011

Servizi Sismici s.n.c.  
I Responsabili della prova

