

REGIONE MARCHE  
PROVINCIA DI PESARO-URBINO



COMUNE  
Di FANO

PROPRIETA'

**AMMINISTRAZIONE  
COMUNALE DI FANO**

**STUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO DI UN'AREA  
DI PROPRIETÀ' COMUNALE SU CUI SI PREVEDE LA REALIZZAZIONE  
DI UNA STRUTTURA DI INTERESSE GENERALE PER LA CITTA'.**

**Ubicazione: Fano - Loc. Chiaruccia - Via T. Campanella**

# RELAZIONE GEOLOGICA

AI SENSI DELL'ART. 89 DEL D.P.R. 380/01

Elaborato

UNICO - RELAZIONE



**GEOCON**

STUDIO ASSOCIATO PER  
LA GEOLOGIA E LA SICUREZZA

Geol. Angelo Renzoni  
Geol. Michele Giaschera  
Geol. Walter Borghi

Via Gozzi 10/A 61032 FANO (PU)  
Tel. Fax 0721 861494 862875  
e-mail geocon@fastwebnet.it  
P.IVA 02229960410

Commessa **1527/18**

Data **AGOSTO 2018**

Doc. **01/Rel./All.**



# AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI FANO

**STUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO DI UN'AREA  
DI PROPRIETA' COMUNALE SU CUI SI PREVEDE LA REALIZZAZIONE  
DI UNA STRUTTURA DI INTERESSE GENERALE PER LA CITTA'.  
Ubicazione: Fano - Loc. Chiaruccia - Via T. Campanella**

# RELAZIONE GEOLOGICA

AI SENSI DELL'ART. 89 DEL D.P.R. 380/01

## SOMMARIO

1	SCOPO E MODALITA' DELL'INDAGINE	Pag. 2
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	Pag. 3
3	GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA	Pag. 4
4	INDAGINI GEOLOGICHE DI CAMPO	Pag. 7
5	MODELLAZIONE E CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEL SOTTOSUOLO	Pag. 12
6	PERICOLOSITA' GEOLOGICA	Pag. 21
	a – Pericolosità Idrogeologica	Pag. 21
	b – Pericolosità sismica a azioni sismiche	Pag. 21
	c – Liquefazione	Pag. 24
7	CONSIDERAZIONI FINALI	Pag. 25

## APPENDICE 1 CORRELAZIONI PER L'INTERPRETAZIONE DELLE PROVE PENETROMETRICHE

## ALLEGATI

ALLEGATO 1	CARTA TECNICA REGIONALE (CTR)
ALLEGATO 2	STRALCIO CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO (PAI)
ALLEGATO 3	CARTA GEOLOGICA
ALLEGATO 4	CARTA DELLA VULNERABILITA' DELLA FALDA
ALLEGATO 5	PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOLOGICHE E TRACCIA SCHEMA LITOSTRATIGRAFICO INTERPRETATIVO
ALLEGATO 6	STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO GEOGNOSTICO
ALLEGATO 7	CERTIFICATI E GRAFICI DELLE PROVE PENETROMETRICHE (CPT e DPSH)
ALLEGATO 8	SCHEMA LITOSTRATIGRAFICO INTERPRETATIVO AA
ALLEGATO 9	INDAGINE SISMICA ATTIVA MASW



## 1 - SCOPO E MODALITA' DELL'INDAGINE

Su incarico dell'Arch. Dott. Adriano Giangolini e per conto della **AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI FANO** è stato redatto il presente "Studio Geologico, Geomorfologico e Idrogeologico di un'area di proprietà comunale su cui si prevede la realizzazione di una struttura di interesse generale per la Città". La Relazione Geologica è stata eseguita ai sensi dell'Art. 89 del D.P.R. 380/01. L'area è ubicata nel comune di Fano, in località Chiaruccia, in via T. Campanella.

Lo studio è stato condotto mediante analisi bibliografiche, rilievi geologici di superficie e indagini dirette consistenti in quattro prove penetrometriche, in un sondaggio geognostico a carotaggio continuo eseguito con sonda a rotazione tipo Trivelsonda, in una analisi di laboratorio su un campione di terreno e in una in una prova sismica attiva MASW. Il tutto come dettagliatamente descritto in seguito.

Con riferimento al progetto previsto lo scopo è stato quello di definire:

- le caratteristiche geologiche, geostrutturali e geomorfologiche dell'area;
- le caratteristiche idrogeologiche e idrologiche dell'area;
- lo schema litostratigrafico del sottosuolo e le proprietà fisico-meccaniche dei terreni;
- le condizioni di pericolosità idrogeologica e sismica.

Vengono altresì eseguite alcune valutazioni di orientamento in merito alla categoria di sottosuolo ed al coeff. di amplificazione topografica previsti nel calcolo delle azioni sismiche di progetto di cui alle nuove norme tecniche per le costruzioni in zona sismica (NTC/2008).

Per la localizzazione e l'inquadramento dell'intervento si rimanda alle planimetrie riportate in allegato e più specificatamente:

ALLEGATO 1	CARTA TECNICA REGIONALE (CTR)
ALLEGATO 2	STRALCIO CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO (PAI)
ALLEGATO 3	CARTA GEOLOGICA
ALLEGATO 4	CARTA DELLA VULNERABILITA' DELLA FALDA
ALLEGATO 5	PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOLOGICHE E TRACCIA SCHEMA LITOSTRATIGRAFICO INTERPRETATIVO



## 2 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'indagine è stata effettuata ai sensi della vigente normativa con specifico riferimento a:

- ♣ D.P.R. 380/2001 e succ. mod. - Testo Unico per l'Edilizia - **Art. 89.**
- ♣ Decreto Ministeriale del 17/01/2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni)
- ♣ G.U. n° 42 del 20 Febbraio 2018 - Supplemento Ordinario n° 8.
- ♣ Norme di Attuazione del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico dei Bacini di rilievo Regionale delle Marche (PAI) approvato con delibera di Consiglio Regionale n° 116 del 21/01/2004.
- ♣ PRG Comune di Fano.
- ♣ Carta Geologica d'Italia 1:100.000 F° 110 - Senigallia.
- ♣ Cartografia PAI.



### 3 - GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA, IDROGEOLOGIA

L'area in oggetto è ubicata nei pressi della superstrada Fano-Grosseto, subito dopo lo svincolo per la s.p. n° 92, fra via T. Campanella, via strada comunale Petruccia e via Battelli, a quote topografiche intorno ai 23 – 24 metri s.l.m..

La morfologia della zona d'intervento si presenta perfettamente pianeggiante, senza soluzione di continuità, essendo assenti depressioni e scarpate.

Date le condizioni geomorfologiche dell'area e del suo intorno non sussistono pericoli per quanto concerne la stabilità dei terreni; ciò viene confermato anche dalla consultazione del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) e dalle indagini fatte a corredo degli strumenti urbanistici del PRG.

Dal punto di vista geologico i terreni dell'area oggetto di studio appartengono ai depositi alluvionali del III° ordine (f3) dei terrazzi del fiume Metauro.

La litologia di questi terreni è costituita, in linea di massima, da sabbie, ghiaie e limi argillosi e sabbiosi variamente intercalati fra loro.

Tali depositi alluvionali poggiano su un substrato geologico impermeabile di natura argilloso-marnosa, di origine marina e di età pliocenica (Carta Geologica d'Italia F° 110); si tratta di una successione stratificata di argille marnose sovraconsolidate, talora fratturate, di colore grigiastro e grigio-azzurro, localmente intercalate a strati e/o livelli arenaceo-sabbiosi; nella zona di interesse il complesso alluvionale ha spessori > 30 metri (dati bibliografici).

Stante la geologia dell'area, la circolazione idrica sotterranea trova la sua naturale collocazione all'interno del deposito alluvionale permeabile dando origine ad un acquifero caratterizzato da una falda freatica di sub-alveo (falda principale) sostenuta dal complesso impermeabile del substrato geologico pliocenico; localmente si rinvencono falde idriche sospese, poste a vari livelli, con quote piezometriche strettamente condizionate dalle variazioni del regime meteorico locale.

All'interno di queste alluvioni sono talora presenti falde idriche sospese poste a vari livelli; la più potente è quella che si rinviene al contatto con il substrato. In corso d'indagine, nelle prove geognostiche dirette, non è stata riscontrata presenza d'acqua, ma da misurazioni effettuate in un vicino pozzo idrico e dai dati bibliografici in possesso di questo Studio, risulta che nella zona è presente una prima falda freatica alla profondità di circa 15 - 17 metri dal piano campagna attuale.

Al fine di fornire una stima del grado di vulnerabilità della falda nell'area di interesse è stata effettuata una valutazione adottando il metodo di valutazione intrinseca GOD – *Groundwater occurrence, Overall lithology of aquifer, Depth to groundwater table or strike* - (Foster e Hirata, 1987). Si tratta di un metodo di valutazione parametrica semi-quantitativa basato sull'utilizzo di 3 parametri:

parametro G            tipologia della falda



parametro O tipo di acquifero  
parametro D soggiacenza della falda  
ai quali viene attribuito uno specifico punteggio come da Fig. 1.

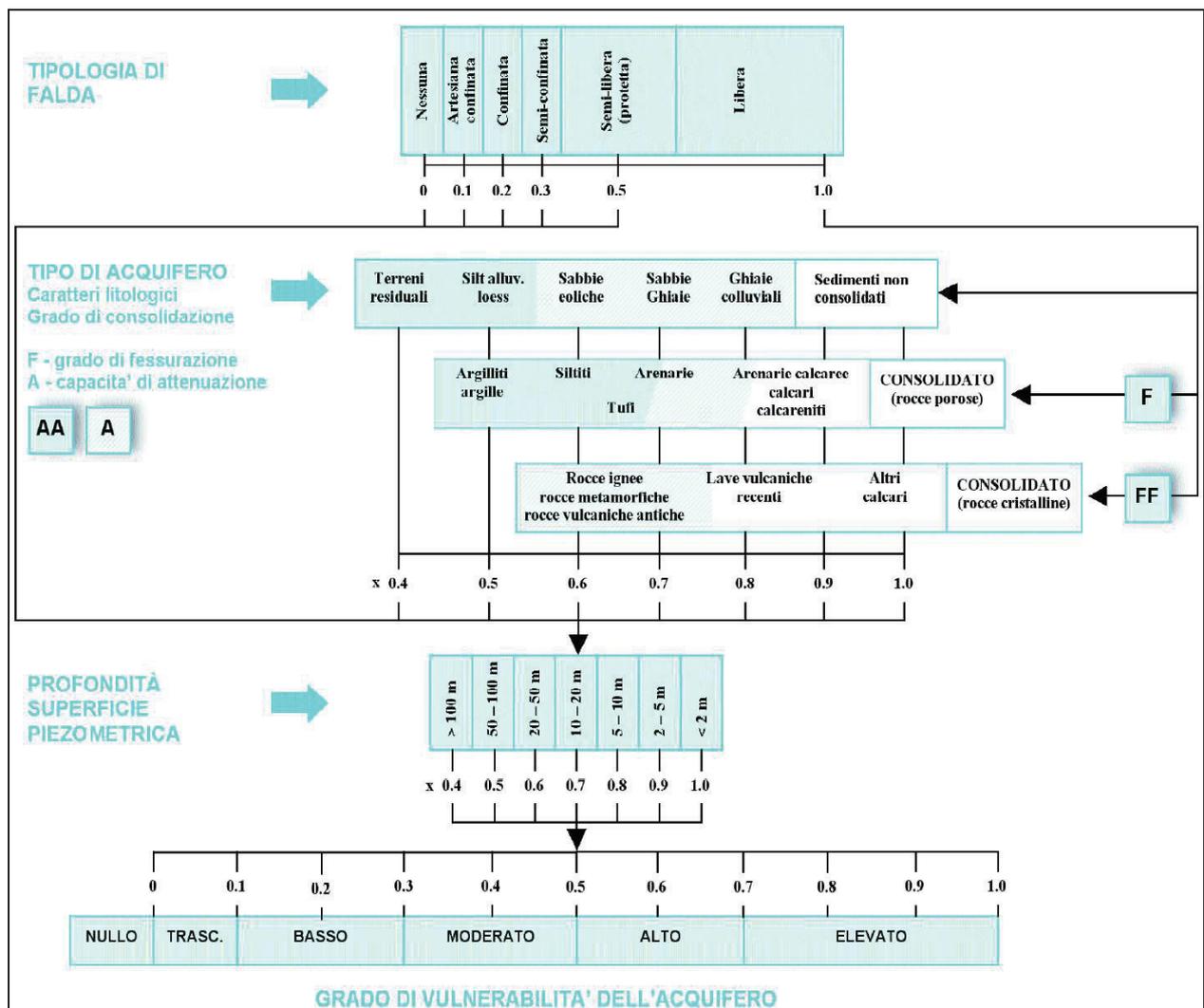
Per quanto riguarda il parametro G è stato assunto il valore più penalizzante pari a  $G = 1$  tipico di falde a pelo libero; si assume tale valore in considerazione del fatto che l'acquifero non è confinato.

Il parametro O è stato assunto pari a 0.7 in ragione del fatto che si tratta di depositi ghiaiosi e sabbiosi senza presenza, al tetto, di sedimenti fini argilloso-limosi.

A riguardo della soggiacenza della falda, il parametro D è stato assunto pari a 0.7 tipico di falde poste a profondità di 10-20 metri p.c. .

L'interazione dei tre parametri stima un grado di vulnerabilità  $V = 0.49$  tipico di aree con vulnerabilità definita dal metodo G.O.D. "moderato-alto".

**Fig. 1 - Metodo G.O.D. per la stima della vulnerabilità della falda**



Le acque di precipitazione meteorica vengono raccolte a nord-ovest dal F.so degli Uscenti, a sud dal F.so della Carrara, ad est dal Canale Albani, da un piccolo fosso situato subito ad est dello svincolo per via T. Campanella e da fossi artificiali limitrofi alle strade di comunicazione. Tutti i fossi naturali sopra menzionati convogliano le loro acque verso il Canale Albani.

Il fosso più vicino all'area d'interesse è quello che scorre subito ad est dello svincolo per via T. Campanella; esso è comunque ad una distanza di almeno 160 metri, è per lo più secco e si immette nel vicino Canale Albani.

Il Canale Albani (corso d'acqua artificiale) è il corso d'acqua di un certo rilievo più vicino all'area d'interesse; è da essa comunque ad una distanza di almeno 350 metri.

Data la distanza dell'area d'intervento dai corsi d'acqua sopra citati non si ravvedono pericoli di esondazione. Ciò viene confermato anche dalla consultazione del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) e dalle indagini fatte a corredo degli strumenti urbanistici del PRG.

Dal punto di vista tettonico, facendo riferimento al F° 110 della Carta Geologica d'Italia, si rileva che non esistono faglie del substrato in corrispondenza del sito in oggetto.



## 4 - INDAGINI GEOLOGICHE DI CAMPO

Lo studio è stato condotto mediante analisi bibliografiche, rilievi geologici di superficie e indagini dirette consistenti in:

- in un sondaggio geognostico a carotaggio continuo eseguito con sonda a rotazione tipo Trivelsonda (diam. 220 mm)
- n° 3 prove penetrometriche dinamiche pesanti DPSH
- n° 1 prova penetrometrica statica CPT
- n° 1 prova sismica attiva MASW
- n° 1 analisi di laboratorio su un campione di terreno

### Sondaggio geognostico

Il sondaggio geognostico (fig. 1) , identificato con la sigla S1 sulla carta planimetrica (all. 5), è stato eseguito il giorno 01/08/2018 dalla ditta **GRELLI PERFORAZIONI SNC** di Fossombrone con trivella a rotazione tipo Trivelsonda provvista di carotiere di diametro 220 mm fino ad interessare una profondità di 12 metri. Rimandando al profilo stratigrafico riprodotto in allegato 6 la stratigrafia del sottosuolo in corrispondenza delle verticali di prova è così schematicamente rappresentata:

- **da p.c. a - 0.90 m p.c.:** terreno vegetale color tabacco scuro;
- **da - 0.90 m a - 1.60 m p.c.:** limi sabbiosi bianco-giallastri poco addensati;
- **da - 1.60 m a - 2.20 m p.c.:** limi argillosi color tabacco scuro con abbondanti resti carboniosi;
- **da - 2.20 m a - 5.00 m p.c. :** ghiaie eterogranulari in matrice prevalentemente sabbioso-limosa più o meno abbondante;
- **da - 5.00 m a - 5.60 m p.c. :** limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi giallastro scuro e giallastri;
- **da - 5.00 m a - 12.00 m p.c. (termine sondaggio):** ghiaie eterogranulari in matrice prevalentemente sabbioso-limosa più o meno abbondante.

***Durante la perforazione non è stata riscontrata presenza di acqua.***



**Fig. 2- Sondaggio S1**





## Prove penetrometriche dinamiche DPSH

Le sei prove penetrometriche dinamiche pesanti DPSH sono state eseguite ad opera della ditta INTERGEO nell'area di intervento a partire dal p.c. attuale in data Luglio 2018 utilizzando un Penetrometro Dinamico Pesante DPSH. Le prove sono ubicate sulla carta planimetrica (all. 5).

Il coefficiente di correlazione che consente di determinare il valore  $N_{SPT}$  dal valore  $N_{20}$  della prova continua DPSH è pari a circa 1.5 ( $N_{SPT} = 1.5 \times N_{20}$ ).

Per la classificazione orientativa dello stato di consistenza e addensamento dei terreni si fa riferimento alle raccomandazioni AGI 1977 riportate nella seguente tabella 1.

**Tab. 1 - Classificazione orientativa dei terreni (Racc. AGI 1977)**

SABBIE	NSPT	STATO DI ADDENSAMENTO – RACC. AGI 1977
	0 – 4	sciolto
	4 – 10	poco addensato
	10 – 30	moderatamente addensato
	30 – 50	addensato
	> 50	molto addensato
ARGILLE	NSPT	STATO DI CONSISTENZA – RACC. AGI 1977
	< 2	privo di consistenza
	2 - 4	poco consistente (molle)
	4 – 8	moderatamente consistente
	8 – 15	consistente
	15- 30	molto consistente
	> 30	estremamente consistente (duro)



**Fig. 3 - Prova DPSH 1**





**Fig. 4 - Prova DPSH 2**





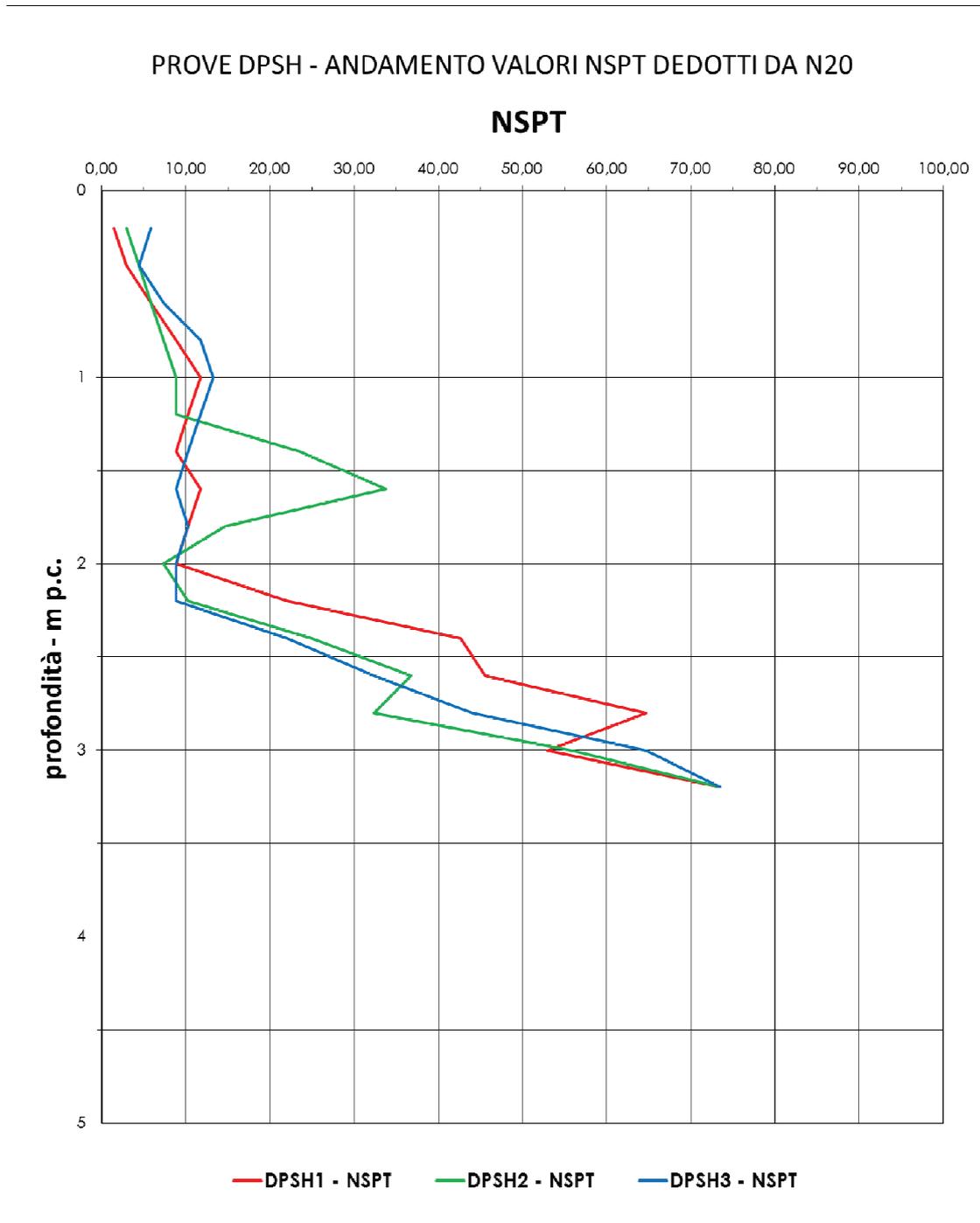
**Fig. 5 - Prova DPSH 3**



Si riporta di seguito il grafico comparato delle prove DPSH con i valori della resistenza  $N_{SPT}$ .



**Fig. 6 - Prove DPSH - VALORI  $N_{SPT}$**



I valori della resistenza dinamica  $N_{SPT}$  evidenziano favorevoli riscontri con la stratigrafia di sondaggio. Si riscontrano infatti terreni limoso-argillosi moderatamente consistenti e limoso-sabbiosi poco addensati, passanti a - 2.20-2.40 m p.c. a ghiaie eterogranulari da moderatamente addensate ad addensate fino a molto addensate alla profondità di rifiuto (3.20 m p.c.).



## Prove penetrometriche CPT

Nell'area è stata altresì eseguita una prova penetrometrica statica tipo CPT con punta meccanica ad opera della ditta INTERGEO (fig. 6) ; la prova è stata eseguita a partire dal p.c. attuale in data Luglio 2018 fino alla profondità di rifiuto (2.60 m p.c.) utilizzando un Penetrometro Dinamico Pagani TG 63 (200 KN). La prova è ubicata sulla carta planimetrica (all. 5).

I grafici di prova con i valori della resistenza specifica all'avanzamento della punta ( $Q_c$ ) i valori della resistenza specifica laterale ( $F_s$ ) e i valori del rapporto  $Q_c/F_s$  sono riportati nell'allegato 7.

Nelle figure che seguono si riportano:

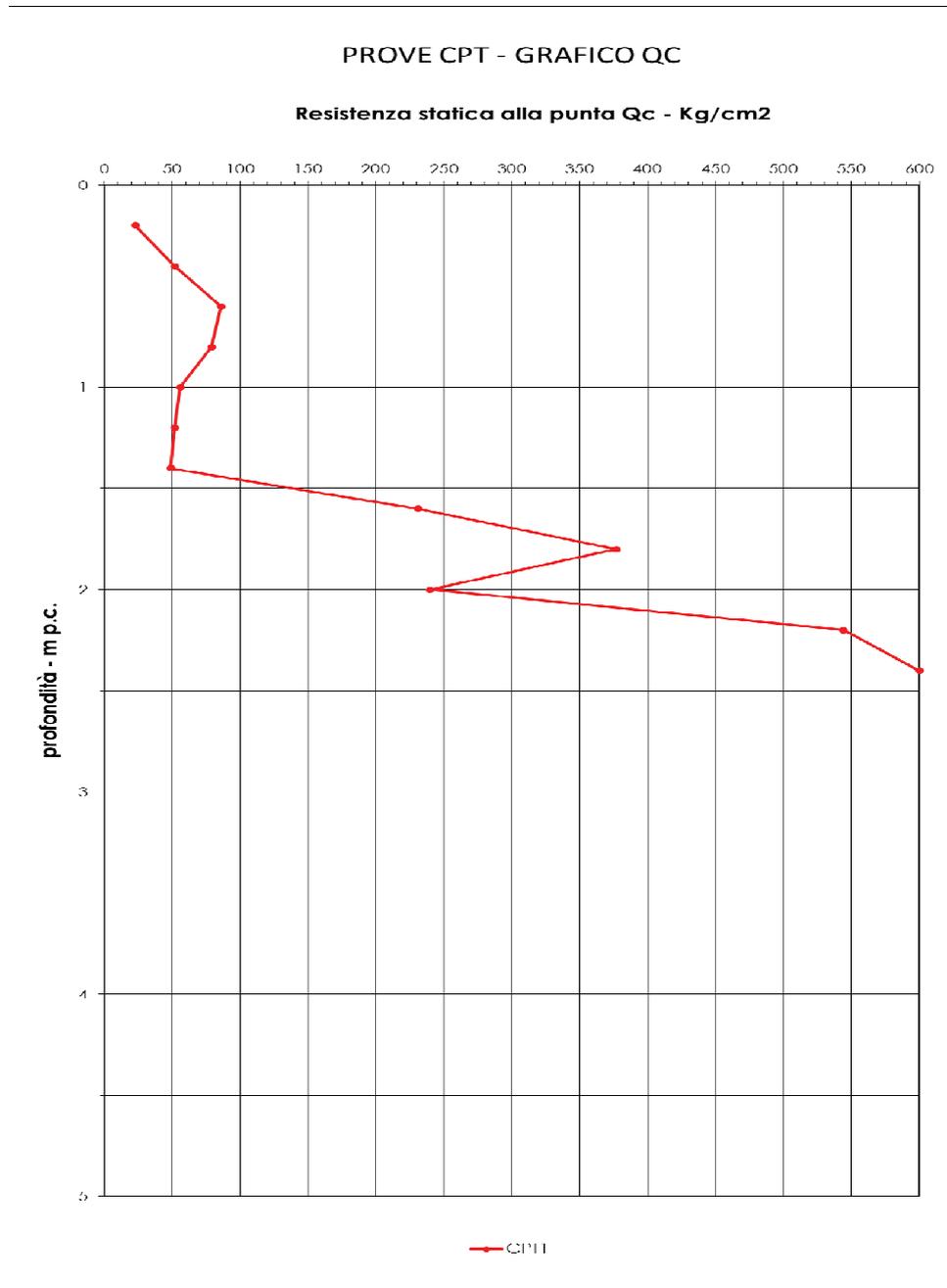
- Fig. 8) l'andamento della resistenza statica alla punta  $Q_c$ ;
- Fig. 9) il grafico del rapporto  $Q_c/F_s$  proposto per la classificazione litologica dei terreni sulla base delle correlazioni di Searle (1979) dove  $F_s$  rappresenta il valore della resistenza specifica laterale;

**Fig. 7 - Prova CPT**



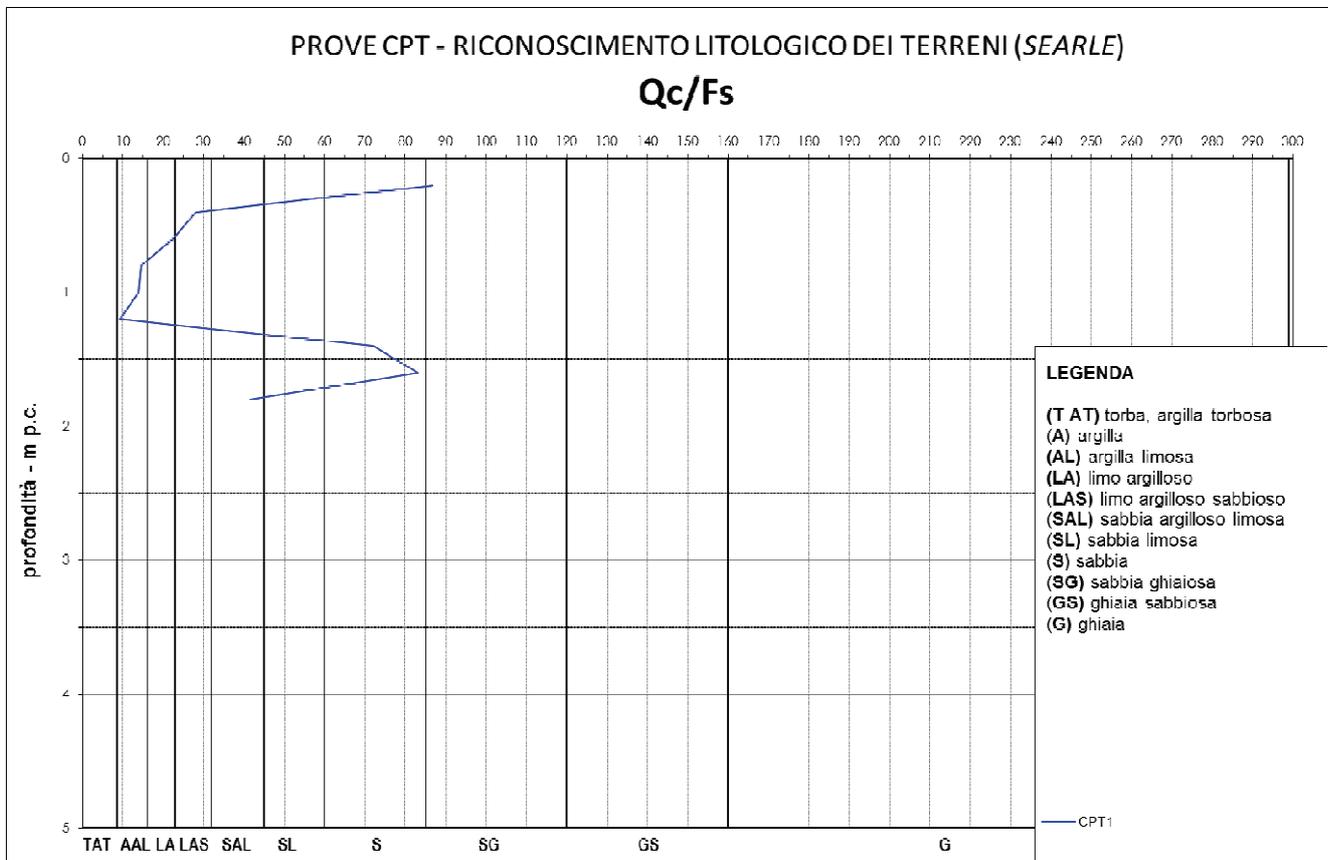


**Fig. 8 - Prova CPT – GRAFICO Qc**





**Fig. 9 - Prova CPT – Riconoscimento litologico (Searle)**



I valori della resistenza statica Qc evidenziano favorevoli riscontri con la stratigrafia di sondaggio. La prova va infatti a rifiuto alla profondità di - 2.40 m p.c. in corrispondenza dello strato ghiaioso più superficiale.

## Prove di laboratorio

Lo strato (lente) di 60 cm di spessore rinvenuto all'interno del deposito alluvionale ghiaioso è stato sottoposto a prove geotecniche di laboratorio c/o il laboratorio Geomeccanico di Pesaro provvisto di certificazione ministeriale. In particolare su di un campione prelevato in fase di sondaggio sono state eseguite le seguenti prove:

Campione S1C1  
Prof. 5.00-5.30 m p.c.  
Prove: prova edometrica  
Contenuto naturale d'acqua  
Peso di volume

**Gli esiti delle prove saranno integrati alla presente relazione non appena disponibili.**



## Prova sismica attiva MASW

Per le finalità previste dalla nuova normativa sismica e fornire indicazioni relative alla risposta sismica locale oltre alla classificazione del sottosuolo è stata eseguita una prova sismica MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) con stendimento ubicato come da planimetria allegata; la metodologia di prova consente di ricavare la velocità delle onde di taglio  $V_s$  mediante la misura della velocità di propagazione delle onde superficiali di *Rayleigh* in corrispondenza di geofoni posti sulla superficie del terreno lungo uno stendimento. Il metodo utilizzato è quello *attivo* ovvero con misura delle onde generate in un punto della superficie del suolo. E' stato utilizzato uno stendimento lineare di 46 m utilizzando 24 geofoni.

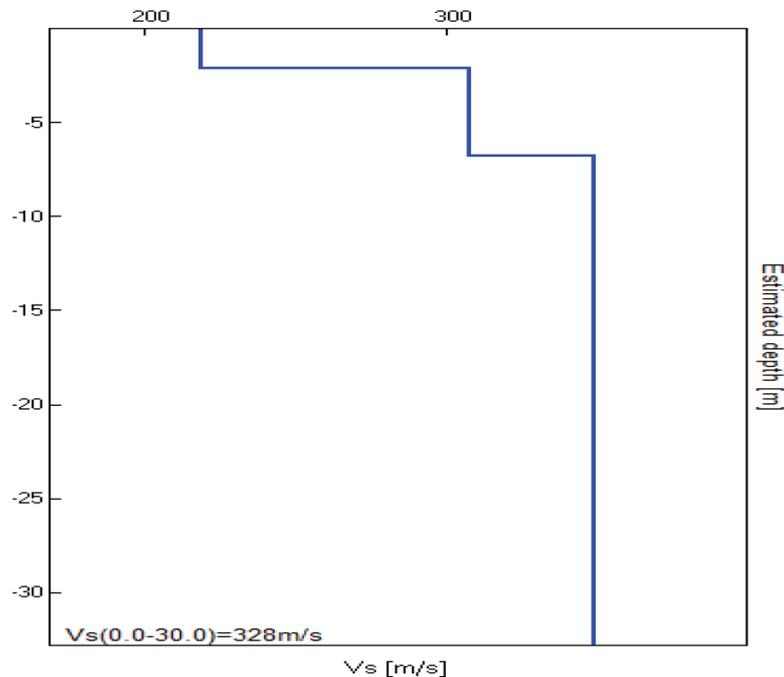
La prova è stata eseguita il 27 Luglio 2018. Nelle figure che seguono si riporta l'ubicazione e il profilo di velocità delle  $V_s$  fino a 30 m di profondità. L'elaborato completo è riprodotto nell'allegato 9.

**Fig. 10 - Ubicazione prova sismica attiva MASW**





**Fig. 11 - Grafico delle velocità Vs – MASW**



**Fig. 12 - Tabella delle velocità Vs - MASW**

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
2.10	2.10	219
6.80	4.70	308
inf.	inf.	349

$$V_s(0.0-30.0)=328\text{m/s}$$

L'andamento delle onde sismiche di taglio  $V_{s30}$  in profondità, associato alle diverse litologie riscontrate nel lotto, consente le seguenti considerazioni:

- i terreni riscontrabili nel sottosuolo sono caratterizzati da una velocità delle onde sismiche di taglio dell'ordine di  $V_s = 200-350$  m/sec; si tratta quindi di un sito che determina amplificazione stratigrafica;
- il profilo delle Vs evidenzia terreni con caratteristiche di rigidità progressivamente migliori con la profondità, senza riscontrare un substrato sismico ( $V_s > 800$  m/sec) fino alla profondità di 30 m p.c.;
- Il valore  $V_{s,eq}$  della velocità equivalente delle onde di taglio fino a 30 m di profondità è risultato pari a **328 m/sec**; in tal caso corrisponde al valore  $V_{s30}$  ed è tale da associare il terreno alla **categoria di suolo "C"** per le applicazioni previste dalle NTC/2018 (di cui si dirà in seguito).



## 5 - MODELLAZIONE E CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEL SOTTOSUOLO

Sulla base delle indagini svolte e con l'ausilio dei dati bibliografici riferibili a litotipi analoghi, è stato possibile ricostruire il modello geologico del sottosuolo e attribuire le principali proprietà fisico-meccaniche ai litotipi riscontrati.

Il sottosuolo dell'area di intervento può pertanto essere schematizzato da un modello geologico caratterizzato da 4 unità litostratigrafiche come di seguito descritto e graficamente rappresentate nelle sezioni litostratigrafiche interpretative riportate in allegato 8.

- **UNITA' 1 da p.c. a - 0.90 m p.c.:**  
terreno vegetale senza rilevanza geologica.
- **UNITA' 2 da - 0.90 m a - 1.60 m p.c.:**  
limi sabbiosi bianco-giallastri, poco addensati ( $N_{SPT} = 8-10$ );
- **UNITA' 3 da - 1.60 m a - 2.20 m p.c.:**  
limi argillosi moderatamente consistenti ( $N_{SPT} = 8-10$ ) di color tabacco scuro con abbondanti resti carboniosi,
- **UNITA' 4 da - 2.20 m a - 12.00 m p.c.:**  
ghiaie eterogranulari da moderatamente addensate al tetto ( $N_{SPT} = 20$ ) ad addensate ( $N_{SPT} = 30-50$ ) fino a molto addensate ( $N_{SPT} > 50$ ) in matrice prevalentemente sabbioso-limosa più o meno abbondante; uno strato (lente) limoso-argillosa di spessore pari a 60 cm si intercala alla profondità compresa fra 5.00-5.60 m p.c.

Il modello è stato ricostruito sulla base delle indagini eseguite; tenuto conto della naturale variabilità del deposito alluvionale sono tuttavia possibili variazioni laterali; il modello dovrà pertanto essere debitamente verificato in sede di progettazione esecutiva degli interventi.

Alle unità litostratigrafiche sono stati associati parametri fisico-meccanici indicativi stimati dalle correlazioni di cui alla citata appendice 1; in particolare, nel caso specifico, si è fatto riferimento ai seguenti autori:

- |                          |   |
|--------------------------|---|
| (1) Terzaghi-Peck        | Coesione non drenata per terre coesive : $C_u = 0.067 N_{spt}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )                |
| (2) Stroud-Butler (1975) | Modulo edometrico per terre coesive di media plasticità: $E = 5N_{spt}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )       |
| (3) Peck (1953)          | Angolo resistenza al taglio per terre incoerenti (sabbie): $\Phi' = 0.3 \times N_{spt} + 20$        |
| (4) Shioi-Fukuni (1982)  | Angolo resistenza al taglio per terre incoerenti (sabbie): $\Phi' = (15 \times N_{spt})^{0.5} + 15$ |
| (5) Shioi-Fukuni (1982)  | Angolo resistenza al taglio per terre incoerenti (sabbie ghiaie): $\Phi' = 0.3 \times N_{spt} + 27$ |
| (6) Farrent (1963)       | Modulo deformazione per terre incoerenti : $E = 7.1N_{spt}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )                   |

Nella seguente figura 13 sono riassunte le principali proprietà fisico-meccaniche dedotte dalle correlazioni di cui sopra.



**Fig. 13- STIMA DELLE PRINCIPALI PROPRIETÀ FISICO MECCANICHE DEL SOTTOSUOLO**

Unità Litostratigr.	NSPT	Angolo di resistenza al taglio efficace $\phi'$ (gradi)	Coesione non drenata $C_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico/ Deformazione $E'$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Peso di Volume $\gamma_n'$ (t/m <sup>3</sup> )
1					1.85
2	8	22-26	/	57	1.90-1.95
3	8	/	0.54	48	1.90-1.95
4	20/30	33-36	/	142-213	1.95-2.00
<b>Correlazione</b>		<b>(3) (4) (5)</b>	<b>(1)</b>	<b>(2) (6)</b>	
<b>Nota:</b> Riguardo all'unità 4 non si è tenuto conto dello strato limoso-argilloso di spessore 60 cm intercalato fra 5.00-5.60 m p.c.					



## 6 - PERICOLOSITA' GEOLOGICA

### a - Pericolosità Idrogeologica

A riguardo della pericolosità idrogeologica connessa ai rischi da frana e da esondazione si fa rilevare che l'area di studio è caratterizzata da condizioni geomorfologiche tali da non risultarne esposta: essa infatti è pianeggiante e al di fuori di ambiti di esondazione fluviale.

Il corso d'acqua di un certo rilievo più vicino all'area d'intervento è il Canale Albani (corso d'acqua artificiale), che comunque dista almeno 350 metri.

Inoltre, ad ulteriore garanzia, si rammenta che la realizzazione dello scolmatore all'altezza dell'aeroporto taglia eventuali portate critiche nei tratti più a valle.

Data la distanza dell'area d'intervento dai corsi d'acqua sopra citati non si ravvedono pericoli di esondazione. Ciò viene confermato anche dalla consultazione del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) e dalle indagini fatte a corredo degli strumenti urbanistici del PRG.

***L'area di sedime degli erigendi manufatti non è quindi attualmente interessata da fenomeni di dissesto idrogeologico.***

Ciò è confermato anche dalla cartografia del Piano Stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico della Regione Marche (PAI) riportata in allegato 2 e dagli studi condotti a corredo del PRG.

### b - Pericolosità sismica e azioni sismiche

L'area è caratterizzata da condizioni morfostratigrafiche locali per effetto delle quali è ragionevole attendersi fenomeni di amplificazione delle onde sismiche ; il sito ricade infatti all'interno di una zona di fondovalle alluvionale con presenza di terreni eterogranulari, talora poco consistenti; presenta quindi un certo grado di esposizione ai fenomeni di amplificazione dinamica delle onde sismiche, come peraltro evidenziato dalla prova sismica.

#### **Azioni Sismiche di cui al D.M. del 17/01/2018 e G.U. n° 42 del 20/02/2018**

Per le applicazioni previste dalla nuova normativa sismica risulta quanto segue:

#### **Zona Sismica**

il territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone (fig. 14) ciascuna delle quali contrassegnata da un diverso valore di accelerazione sismica massima orizzontale (ag) riferita a suolo rigido con valori di velocità delle onde di taglio  $V_{s30} \geq 800$  m/sec.

**Fig. 14**

Zona Sismica	Ag
1	0.35
2	0.25
3	0.15
4	0.05

L'area di studio ricade in Zona Sismica 2 con valori convenzionali  $ag = 0.25$

### Categoria di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto la norma contempla l'approccio semplificato qualora le caratteristiche dei terreni di sottosuolo siano chiaramente riconducibili alle categorie di sottosuolo indicate in figura (fig. 15).

L'approccio definisce cinque categorie di sottosuolo in base ai valori di velocità equivalente  $V_{s,eq}$  di propagazione delle onde di taglio nel sottosuolo.

**Fig. 15**

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Il calcolo della velocità equivalente  $V_{s,eq}$  deriva dalla applicazione della seguente relazione:



$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove

- hi spessore dello strato i-esimo
- Vsi velocità dell'onda di taglio nell'i-esimo strato
- N numero di strati
- H profondità del substrato definito come formazione rocciosa e di terreno rigido con Vs non inferiore a 800 m/sec

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal valore  $V_{S30}$  ponendo  $H = 30$  m nella suddetta formula, considerando quindi le caratteristiche dei terreni fino a 30 m

Nel caso specifico, stante l'assenza di un substrato rigido ( $V_s > 800$  m/sec) entro 30 m di profondità il valore equivalente della velocità delle onde di taglio è definito dal valore  $V_{S30}$ .

Facendo riferimento ai dati dedotti dalla prova simica MASW è risultato per una profondità di 30 m riferita al piano campagna attuale:

$$V_{S30} = 328 \text{ m/sec}$$

Si può pertanto preliminarmente stimare che l'area rientri nella seguente categoria di sottosuolo:

Categoria di sottosuolo	$V_{S30}$ (NTC/2008)
C	180-360 m/sec

### Coefficiente di amplificazione topografica

Il coefficiente di amplificazione topografica ST assume i valori di seguito riportati in funzione della morfologia e dell'ubicazione dell'intervento (fig. 16):

**Fig. 16**

Categoria topografica	Caratteristiche topografiche	Ubicazione opera	ST
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$	-	1.0
T2	Pendii con inclinazione media $> 15^\circ$	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ \geq$	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

Trattandosi di un intervento che ricade in area pianeggiante il coefficiente di amplificazione topografica sarà **ST = 1.00**.

### **c - Liquefazione**

Il fenomeno della liquefazione sismica durante i terremoti interessa in genere i terreni finemente sabbiosi e/o sabbioso limosi, sostanzialmente sciolti, a granulometria uniforme e saturi. In tali terreni le sollecitazioni indotte dal sisma possono determinare un aumento delle pressioni interstiziali fino ad eguagliare la pressione di confinamento, annullare la resistenza al taglio efficace e determinare, di conseguenza, una condizione di stato fluido.

La probabilità che un terreno raggiunga tale condizione dipende pertanto da diversi fattori fra i quali: il grado di addensamento, la granulometria, la profondità della falda, la magnitudo dell'evento sismico.

Dalle osservazioni in zone colpite da liquefazione si deduce che generalmente il fenomeno interessa aree caratterizzate da terremoti con magnitudo superiore o uguale a 5.0, con falda prossima al p.c. e spessori di terreno fino a circa 15 m di profondità.

Nel caso specifico, sulla base delle valutazioni preliminari dedotte dalle prove eseguite si può ragionevolmente escludere che l'area di intervento risulti fra quelle a rischio. Infatti la falda freatica è attualmente a profondità  $\geq$  di 15.00 m dal p.c. locale e i terreni del complesso alluvionale, sede dell'area di intervento, sono costituiti almeno nei primi 12.00 metri da ghiaie eterogranulari in matrice prevalentemente sabbioso-limosa più o meno abbondante con intercalate lenti limoso-sabbiose, lenti di limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi.



## 7 - CONSIDERAZIONI FINALI

I risultati dello studio hanno evidenziato che il sito non presenta problematiche tali da condizionare negativamente la fattibilità geologica dell'intervento: si tratta infatti di opere che saranno realizzate su un lotto pianeggiante, all'interno di un'area che non risulta interessata da condizioni di pericolosità idrogeologica.

Ciò risulta anche dalla consultazione della documentazione di cui agli studi condotti per il Piano Regolatore e degli elaborati del PAI.

**Data la natura dei terreni, per la struttura di interesse generale per la città che si vuol realizzare si potrà procedere anche con fondazioni dirette immorsate per lo più nell'Unità Litologica 4 caratterizzata da ghiaie eterogranulari da moderatamente addensate ad addensate, fino a molto addensate, in matrice prevalentemente sabbioso-limosa, più o meno abbondante. Una ente limoso-argillosa di spessore pari a 60 cm si intercala alla profondità compresa fra 5.00-5.60 m p.c.**

Riguardo alla profondità delle fondazioni superficiali si ricorda che in ogni caso i piani di posa dovranno comunque risultare a profondità tali da non risentire delle variazioni climatiche stagionali e/o cicliche del contenuto d'acqua al fine di evitare che i fenomeni di ritiro e rigonfiamento dei terreni, particolarmente evidenti in corrispondenza di litotipi più marcatamente argillosi superficiali, possano creare pregiudizio alla stabilità delle opere, dei fabbricati e manufatti in genere. A tal riguardo si fa presente che mediamente la fascia dei terreni superficiali (così detta zona attiva) particolarmente vulnerabile è di almeno m 1.50.

Per i calcoli della capacità portante dei terreni, per i cedimenti e per le azioni sismiche si dovrà fare riferimento ai parametri da noi stimati e riportati nei capitoli 4, 5 e 6.

Lo strato (lente) di 60 cm di spessore rinvenuto all'interno del deposito alluvionale ghiaioso è stato sottoposto a prove geotecniche di laboratorio c/o il laboratorio Geomeccanico di Pesaro provvisto di certificazione ministeriale. In particolare su di un campione prelevato in fase di sondaggio sono state eseguite le seguenti prove:

Campione S1C1  
Prof. 5.00-5.30 m p.c.  
Prove: prova edometrica  
Contenuto naturale d'acqua  
Peso di volume

**Gli esiti delle stesse saranno integrati alla presente relazione non appena disponibili.**

A riguardo della stabilità connessa ai fronti di scavo nei confronti di opere e/o manufatti adiacenti, si formulano le seguenti considerazioni:

- **per le opere e/o manufatti ricadenti all'interno del cuneo di spinta del terreno a tergo delle pareti di sbanco e comunque ubicati entro 5.00 metri dal perimetro di sbanco si**



**raccomanda di prevedere opere provvisionali preventive allo sbanco stesso al fine di garantire adeguate condizioni di sicurezza.**

In ordine alle modalità esecutive dello sbanco in assenza di manufatti in adiacenza o limitrofi, si raccomanda di adottare le normali precauzioni connesse alla esecuzione di sbancamenti avendo cura:

- di evitare sovraccarichi a ridosso del perimetro di sbanco;
- di evitare fronti di sbanco verticali;
- di prevedere adeguate opere di regimazione delle acque meteoriche al fine di evitare il deflusso idrico dall'esterno in direzione dello sbanco; contestualmente si suggerisce di proteggere con teli impermeabili le pareti di sbanco.

Si richiama l'attenzione sulla necessità inderogabile di mantenere in efficienza la rete di drenaggio delle acque meteoriche; in particolare le acque meteoriche (sia quelle cadenti sull'area che quelle provenienti dall'esterno) andranno correttamente raccolte e regimate convogliandole correttamente nella rete di scolo/drenaggio esistente.

In fase esecutiva si resta a disposizione per fornire assistenza per quanto di competenza in ordine agli interventi previsti al fine di:

- verificare, anche attraverso osservazioni e misure in corso d'opera, la validità delle ipotesi assunte;
- adeguare, eventualmente, le opere alle situazioni effettivamente riscontrate;
- valutare soluzioni d'intervento opportune per garantire adeguate condizioni di sicurezza e stabilità.

Fano, Agosto 2018



# APPENDICE 1

## CORRELAZIONI PER L'INTERPRETAZIONE DELLE PROVE IN SITO

### DEFINIZIONI

N <sub>SPT</sub>	numero colpi / 30 cm della prova penetrometrica SPT
Qc	resistenza statica alla punta della prova penetrometrica statica CPT
Fs	resistenza specifica laterale della prova penetrometrica statica CPT
Qt	resistenza statica alla punta corretta per effetto della pressione interstiziale
Pvo	pressione litostatica totale
P'vo	pressione litostatica efficace
P'c	pressione di consolidazione

### INTERPRETAZIONE LITOLOGICA

Racc. AGI 1977	Qc/Fs ≤ 15	Torba e Argilla Organica
	Qc/Fs = 15/30	Limi e Argille
	Qc/Fs = 30/60	Limi Sabbiosi / Sabbie Limose
	Qc/Fs > 60	Sabbie e Sabbie con Ghiaia
Searle 1979	Qc/Fs ≤ 6.0	Torba
	Qc/Fs = 6.0/8.5	Argilla Torbosa
	Qc/Fs = 8.5/12.0	Argilla
	Qc/Fs = 12.0/16.0	Argilla Limosa
	Qc/Fs = 16.0/23.0	Limo Argilloso
	Qc/Fs = 23.0/32.0	Limo Argilloso Sabbioso
	Qc/Fs = 32.0/45.0	Sabbia Argilloso Limosa
	Qc/Fs = 45.0/60.0	Sabbia Limosa
	Qc/Fs = 60.0/85.0	Sabbia
	Qc/Fs = 85.0/120.0	Sabbia Ghiaiosa
	Qc/Fs = 120/160	Ghiaia Sabbiosa
Qc/Fs = 160/450	Ghiaia	

### RAPPORTO Q<sub>c</sub>/N<sub>SPT</sub>

Robertson et Al. 1983	Qc/Nspt = 1-2	per Argille e Argille Limose
	Qc/Nspt = 2-3	per Limi argillosi, Limi sabbiosi
	Qc/Nspt = 3-4	per Sabbie limose
	Qc/Nspt = 4-5	per Sabbie fini e medio fini
	Qc/Nspt = 5-8	per Sabbie medie e grossolane



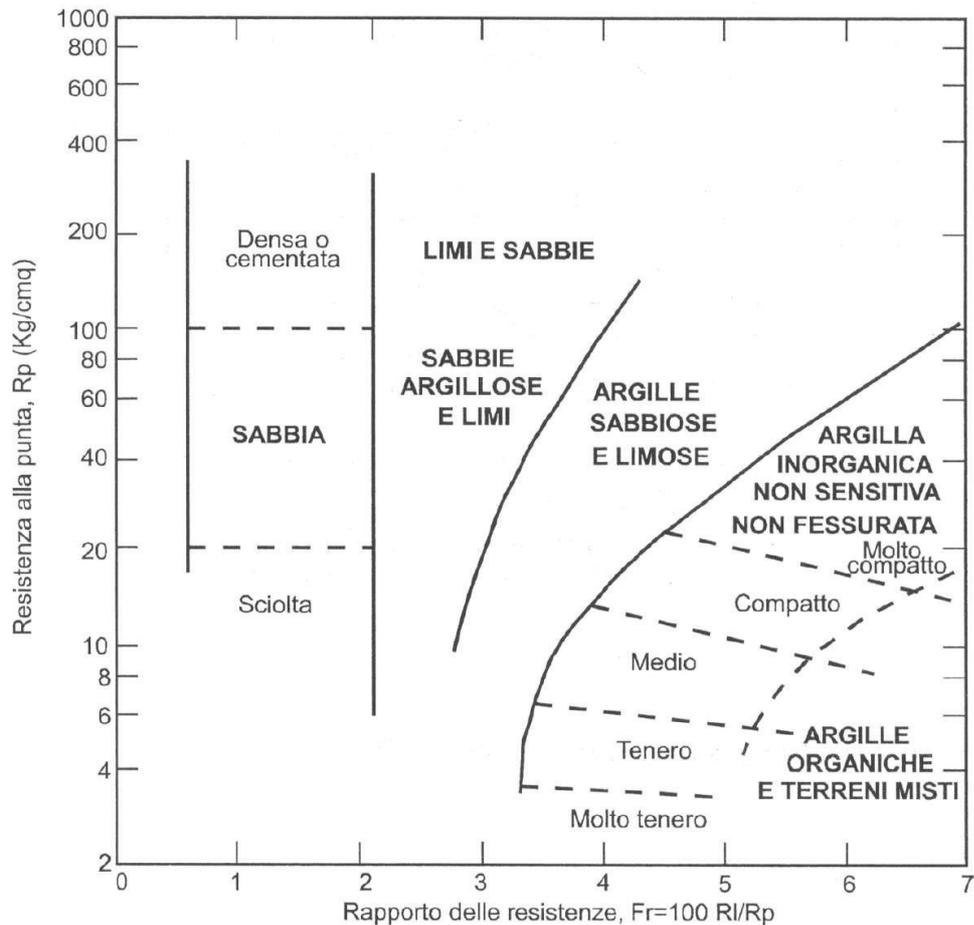
**CLASSIFICAZIONE ORIENTATIVA DEI TERRENI - RACC. AGI 1977**

SABBIE	NSPT	STATO DI ADDENSAMENTO
	0 - 4	sciolto
	4 - 10	poco addensato
	10 - 30	moderatamente addensato
	30 - 50	addensato
	> 50	molto addensato

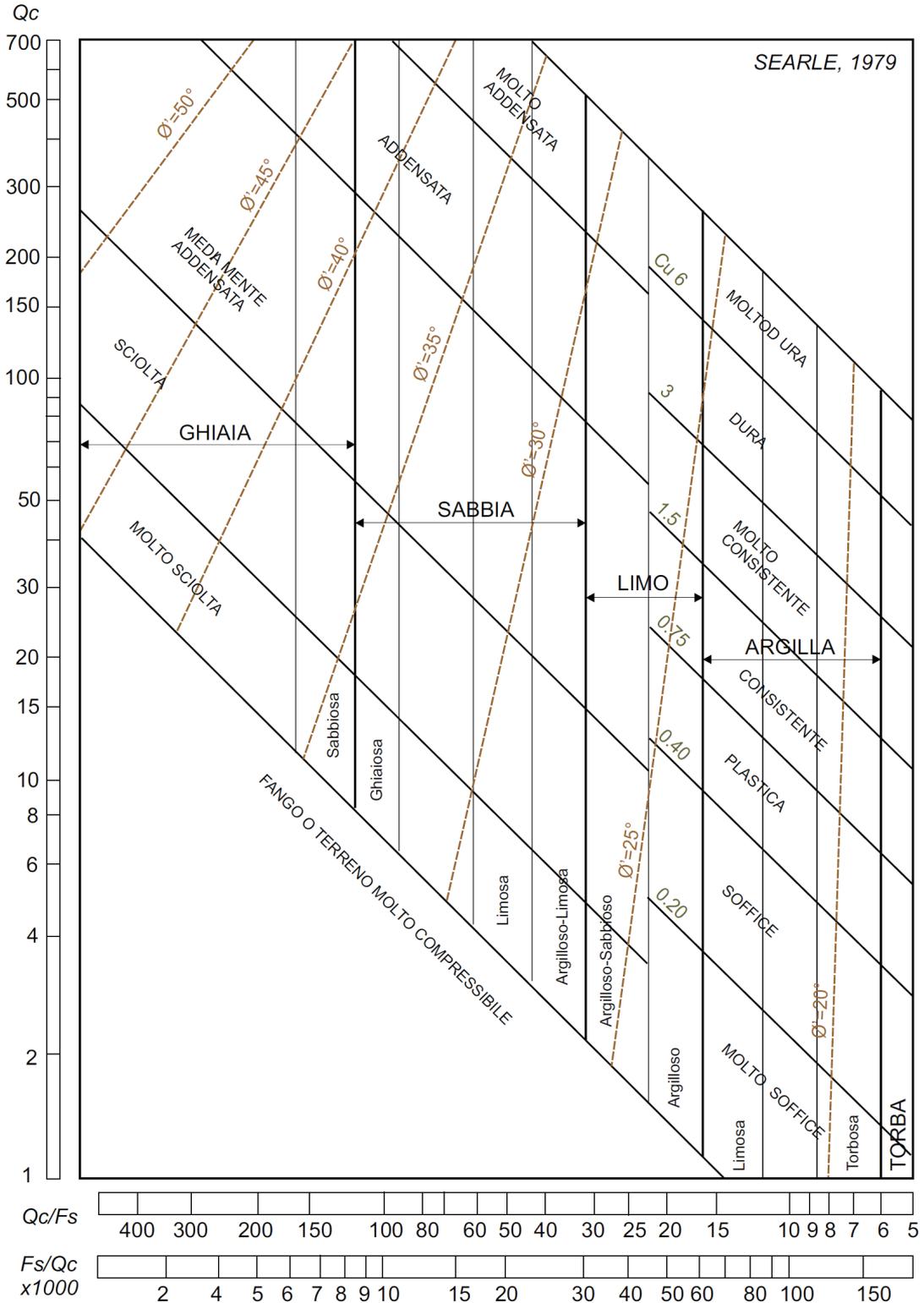
ARGILLE	NSPT	STATO DI CONSISTENZA
	< 2	privo di consistenza
	2 - 4	poco consistente (molle)
	4 - 8	moderatamente consistente
	8 - 15	consistente
	15- 30	molto consistente
	> 30	estremamente consistente (duro)

**GRAFICO DI SCHMERTMANN (1978)  
IDENTIFICAZIONE LITOLOGICA DA PROVE CPT**





### CORRELAZIONE GRAFICA DI SEARLE (1979) - PROVE CPT





## COESIONE NON DRENATA $C_u$ - TERRE COESIVE

Racc. AGI 1977	$C_u = Q_c / A$ $A = 15-25$	
Mayne – Kemper 1988	$C_u = Q_c - P_{vo} / A$ $A = 20$ $A = 15$	per punta meccanica per punta elettrica
Levadoux & Baligh 1980	$C_u = Q_c - P_{vo} / A$ $A = 14$ $A = 17+/- 5$ $A = 10-30$	per argille tenere per argille sovraconsolidate per argille fessurate
Stroud 1974	$C_u = F N_{SPT}$ $F = 3.5-6.5 \text{ KPa}$	(valore medio 4.4)
Terzaghi-Peck	$C_u = 0.067 N_{SPT}$	(Kg/cm <sup>2</sup> ) per argille di media plasticità
Shioi-Fukui 1982	$C_u = F N_{SPT}$ $F = 0.025$ $F = 0.05$	(Kg/cm <sup>2</sup> ) per argille di media plasticità per argille di alta plasticità

## MODULO EDOMETRICO (E) - TERRE COESIVE

Mitchell-Gardner 1975	$E = B \times Q_c$ $B = 1-2.5$ $B = 2-5$ $B = 3-8$ $B = 2-6$ $B = 1-3$ $B = 3-6$	per Argille CL con $Q_c > 2 \text{ MPa}$ per Argille CL con $Q_c = 0.7-2 \text{ MPa}$ per Argille CL con $Q_c < 0.7 \text{ MPa}$ per Argille e limi CH con $Q_c < 2 \text{ MPa}$ per Limi ML con $Q_c < 2 \text{ MPa}$ per Limi ML con $Q_c > 2 \text{ MPa}$
Mayne et Al. 1980	$E = 8.25 \times (Q_c - P_{vo})$	
Stroud – Butler 1975	$E = F N_{SPT}$ $F = 5$ $F = 6$	(Kg/cm <sup>2</sup> ) per argille di media plasticità per argille di bassa plasticità

## GRADO DI SOVRACONSOLIDAZIONE O.C.R. - TERRE COESIVE

Mayne & Kemper 1988	$OCR = 0.37 \times [(Q_c - P_{vo}) / P'_{vo}]^{1.01}$	
Kulhavy & Mayne 1990	$OCR = K \times [(Q_t - P_{vo}) / P'_{vo}]$	con $K = 0.2 \approx 0.3$



## ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO EFFICACE ( $\Phi'$ )

Peck-Hanson-Thorburn, 74	$\Phi' < 25^\circ$ $\Phi' = 25-30^\circ$ $\Phi' = 30-36^\circ$ $\Phi' = 36-41^\circ$ $\Phi' > 41^\circ$	per $N_{spt} < 4$ (sabbia molto sciolta) per $N_{spt} 4-10$ (sabbia sciolta) per $N_{spt} 10-30$ (sabbia media) per $N_{spt} 30-50$ (sabbia densa) per $N_{spt} > 50$ (sabbia molto densa)
Schmertmann 1977	$\Phi' = 28+0.14 Dr$ $\Phi' = 34+0.10 Dr$ $\Phi' = 38+0.08 Dr$	per sabbie fini uniformi per sabbie medie e grossolane per sabbie e ghiaie, ghiaietto
Road Bridge Specification	$\Phi' = (15xN_{SPT})^{0.5} + 15$	
Peck 1953	$\Phi' = 0.3 \times N_{SPT} + 20$	per sabbie N.C.
Sowers 1961	$\Phi' = 28 + 0.28 N_{SPT}$	Per sabbie prof. ott. < 4.0 m (sopra falda) prof. ott. < 7.0 m (sotto falda)
Owasaki & Iwasaki	$\Phi' = (20xN_{SPT})^{0.5} + 15$	Per sabbie medie, grossolane Ghiaiose
De Beer (1965/1967)	$\Phi' = 5.9 + 4.76 \times \ln (Q_c/P'v_0)$	per sabbie N.C.
Koppejan	$\Phi' = 5.8 + 5.21 \times \ln (Q_c/P'v_0)$	per sabbie N.C.
Caquot	$\Phi' = 9.8 + 4.96 \times \ln (Q_c/P'v_0)$	per sabbie N.C.
Searle 1979	Correlazione grafica	

## MODULO DI DEFORMAZIONE (E) - TERRE INCOERENTI

Trofimenkov 1974	$E = BxQ_c$	$B = 3.5$ (per sabbie)
Mitchell-Gardner 1975	$E = BxQ_c$	$B = 1.5-3.0$ (per sabbie)
Farrent 1963	$E = 7.1 N_{SPT}$	per sabbie (Kg/cm <sup>2</sup> )
Menzebach & Malcev	$E = CxN_{SPT} + 38$	$C = 3.54$ (sabbie fini) $C = 4.46$ (sabbie medie) $C = 10.46$ (sabbie e ghiaie) $C = 11.84$ (sabbia ghiaiosa)



## DENSITA' RELATIVA (Dr)

Terzaghi-Peck 1948

Gibbs-Holtz 1957

Dr = 0-15% Sabbia molto sciolta

(N<sub>SPT</sub> 0-4)

Dr = 15-35% Sabbia sciolta

(N<sub>SPT</sub> 4-10)

Dr = 35-65% Sabbia media

(N<sub>SPT</sub> 10-30)

Dr = 65-85% Sabbia densa

(N<sub>SPT</sub> 30-50)

Dr = 85-100% Sabbia molto densa

(N<sub>SPT</sub> > 50)

Harman

Dr =  $34.36 \times \ln \left( \frac{Q_c}{12.3 \times P'_{vo}{}^{0.7}} \right)$

per sabbie



## ALLEGATI

ALLEGATO 1	CARTA TECNICA REGIONALE (CTR)
ALLEGATO 2	STRALCIO CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO (PAI)
ALLEGATO 3	CARTA GEOLOGICA
ALLEGATO 4	CARTA DELLA VULNERABILITA' DELLA FALDA
ALLEGATO 5	PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOLOGICHE E TRACCIA SCHEMA LITOSTRATIGRAFICO INTERPRETATIVO
ALLEGATO 6	STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO GEOGNOSTICO
ALLEGATO 7	CERTIFICATI E GRAFICI DELLE PROVE PENETROMETRICHE (CPT e DPSH)
ALLEGATO 8	SCHEMA LITOSTRATIGRAFICO INTERPRETATIVO AA
ALLEGATO 9	INAGINE SISMICA ATTIVA MASW



**GEOCON**

STUDIO ASSOCIATO PER LA  
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

Geol. Angelo RENZONI  
Geol. Michele GLIASCHERA  
Geol. Walter BORGHI

Via Gozzi n. 10/A 61032 Fano (PU)  
Tel. 0721 861494/862875  
e-mail geocon@fastwebnet.it

**STUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO  
DI UN'AREA DI PROPRIETA' COMUNALE SU CUI SI PREVEDE  
LA REALIZZAZIONE DI UNA STRUTTURA DI INTERESSE  
GENERALE PER LA CITTA'**

**FANO - LOC. CHIARUCCIA - VIA T. CAMPANELLA**

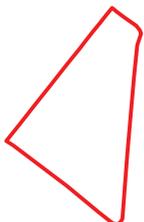
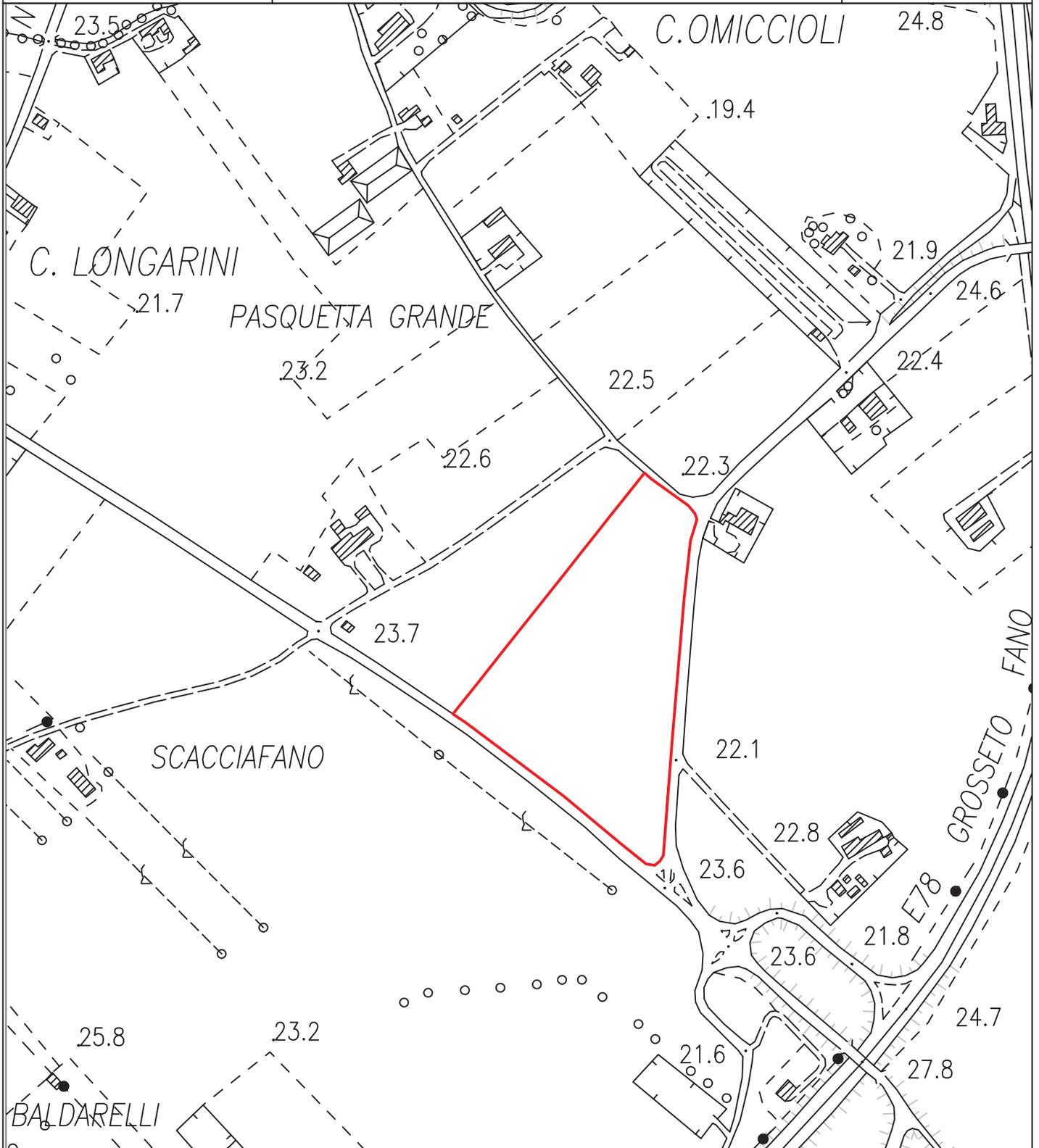
ALLEGATO

**1**

**CARTA TECNICA REGIONALE (CTR)**

SCALA 1:5.000

Data: AGOSTO 2018



**AREA DI INTERVENTO**



**GEOCON**

STUDIO ASSOCIATO PER LA  
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

**STRALCIO CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO (PAI)**

**Amm.ne Com.le di Fano - Loc. Chiaruccia - Fano**

**Commessa: 1527/18**

**Data: AGOSTO 2018**

# **ALLEGATO 2**





**GEOCON**

STUDIO ASSOCIATO PER LA  
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

Geol. Angelo RENZONI  
Geol. Michele GLIASCHERA  
Geol. Walter BORGHI

Via Gozzi n. 10/A 61032 Fano (PU)  
Tel. 0721 861494/862875  
e-mail geocon@fastwebnet.it

**STUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO  
DI UN'AREA DI PROPRIETA' COMUNALE SU CUI SI PREVEDE  
LA REALIZZAZIONE DI UNA STRUTTURA DI INTERESSE  
GENERALE PER LA CITTA'**

**FANO - LOC. CHIARUCCIA - VIA T. CAMPANELLA**

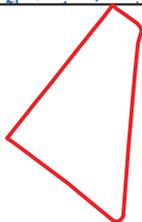
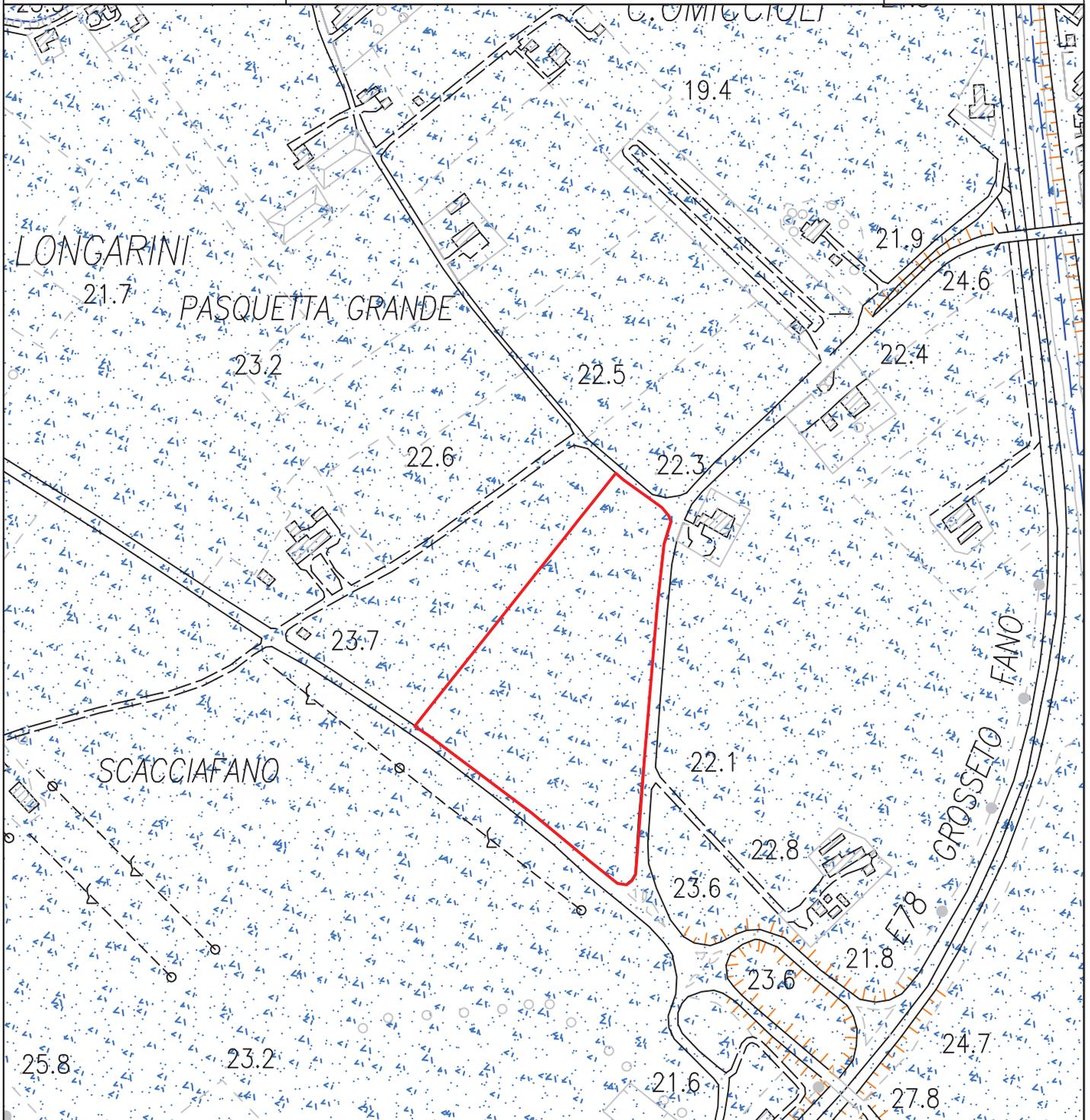
ALLEGATO

**3**

**CARTA GEOLOGICA**

SCALA 1:5.000

Data: AGOSTO 2018



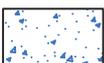
**AREA DI INTERVENTO**



**SCARPATE**



**RETICOLO IDROGRAFICO**



**ALLUVIONI E DEPOSITI LITORANEI, GHIAIOSI  
E TALORA PARZIALMENTE SABBIOSI, DEL III  
ORDINE DEI TERRAZZI A 10-30 M SUL  
FONDOVALLE**



**GEOCON**  
STUDIO ASSOCIATO PER LA  
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

Geol. Angelo RENZONI  
Geol. Michele GLIASCHERA  
Geol. Walter BORGHI

Via Gozzi n. 10/A 61032 Fano (PU)  
Tel. 0721 861494/862875  
e-mail geocon@fastwebnet.it

**STUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO  
DI UN'AREA DI PROPRIETA' COMUNALE SU CUI SI PREVEDE  
LA REALIZZAZIONE DI UNA STRUTTURA DI INTERESSE  
GENERALE PER LA CITTA'**

**FANO - LOC. CHIARUCCIA - VIA T. CAMPANELLA**

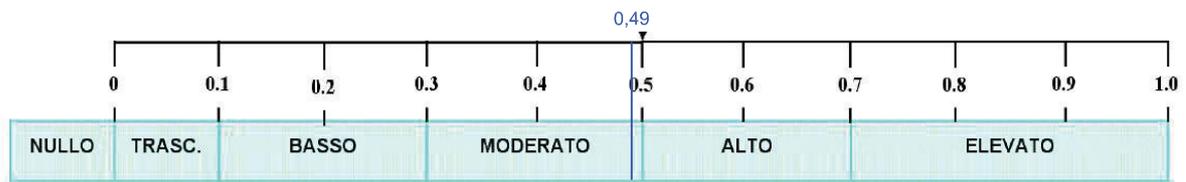
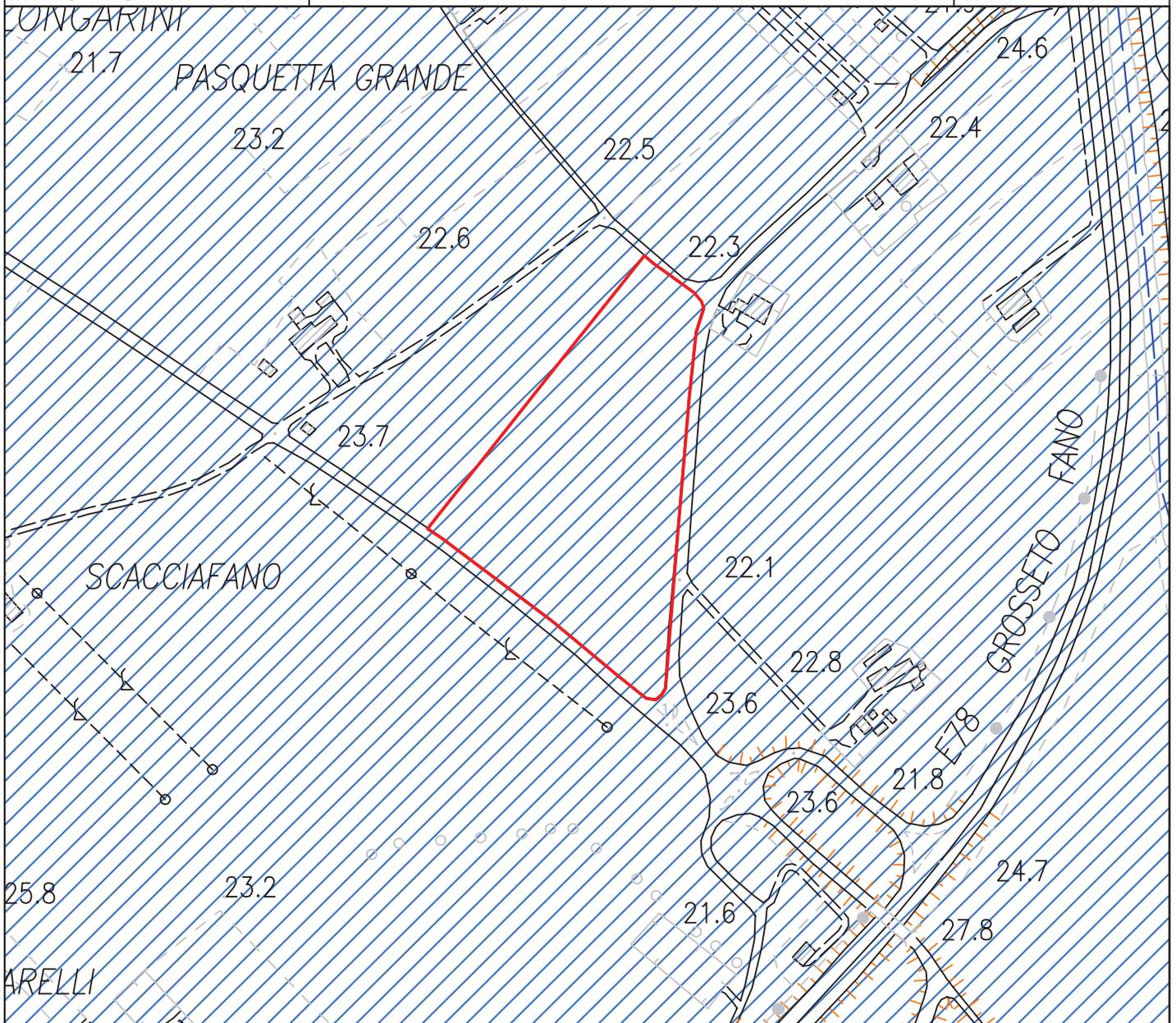
ALLEGATO

**4**

**CARTA VULNERABILITA' DELLA FALDA**

SCALA 1:5.000

Data: AGOSTO 2018



**GRADO DI VULNERABILITA' DELL'ACQUIFERO**



**VULNERABILITA' MODERATO - ALTO**

La vulnerabilità è stata calcolata con il metodo G.O.D.  
(Foster e Hirata, 1987)



**Area di intervento**



**GEOCON**

STUDIO ASSOCIATO PER LA  
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

Geol. Angelo RENZONI  
Geol. Michele GLIASCHERA  
Geol. Walter BORGHI

Via Gozzi n. 10/A 61032 Fano (PU)  
Tel. 0721 861494/862875  
e-mail geocon@fastwebnet.it

**STUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO  
DI UN'AREA DI PROPRIETA' COMUNALE SU CUI SI PREVEDE  
LA REALIZZAZIONE DI UNA STRUTTURA DI INTERESSE  
GENERALE PER LA CITTA'**

**FANO - LOC. CHIARUCCIA - VIA T. CAMPANELLA**

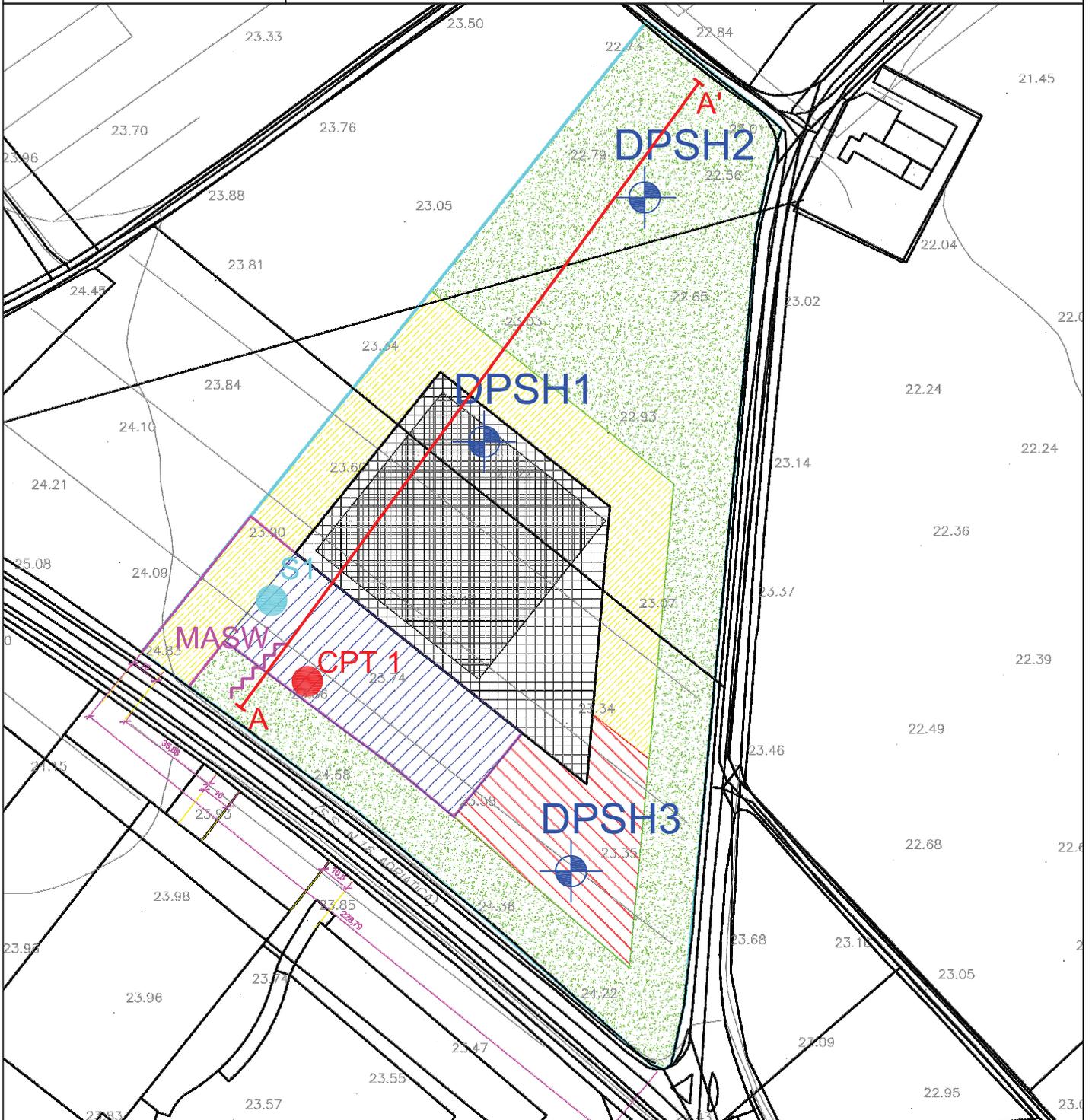
ALLEGATO

**5**

**PLANIMETRIA CON UBICAZIONE INDAGINI GEOLOGICHE  
E TRACCIA SCHEMI LITOSTRATIGRAFICI INTERPRETATIVI**

SCALA 1:2.000

Data: AGOSTO 2018





**GEOCON**

STUDIO ASSOCIATO PER LA  
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

## STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Amm.ne Com.le di Fano - Loc. Chiaruccia - Fano

Commessa: 1527/18

Data: AGOSTO 2018

# ALLEGATO 6

**GEOCON**STUDIO ASSOCIATO PER LA  
GEOLOGIA E LA SICUREZZAVia Gozzi 10/A Fano (PU)  
Tel. 0721 861494  
Fax 0721 862875  
geocon@fastwebnet.it**SONDAGGIO****S.1**Località:  
Fano - ChiarucciaDitta perforazione:  
GrelliData:  
1 agosto 2018Perforazione:  
carotaggio 220 mm

COMMITTENTE : Comune di Fano (PU)

Ø rivest. (mm) assente

Ø sonda (mm): 220

Pot. m	Prof. m	Litologia	Descrizione	P.P. <sub>2</sub> kg/cm	Rivest.	SPT 15-30-45	H <sub>2</sub> O	Piez.	Campioni
	0.9		Terreno vegetale color tabacco scuro						
	1.6		limi sabbiosi bianco giallastri						
	2.2		limi argillosi tabacco scuro con abbondanti resti carboniosi						
	5.0		ghiaie eterogranulari in matrice prevalentemente sabbioso-limosa, più o meno abbondante						
	5.6		limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi giallastro scuro e giallastri						
	12.0		ghiaie eterogranulari in matrice prevalentemente sabbioso-limosa, più o meno abbondante						
Assistenza tecnica:			Note:		LEGENDA CAMPIONI: C - DISTURBATO SH - INDISTURBATO SHELBY O - INDISTURBATO OSTERBERG M - INDISTURBATO MAZIER				



**GEOCON**

STUDIO ASSOCIATO PER LA  
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

**CERTIFICATI E GRAFICI DELLE PROVE PENETROMETRICHE**

**Amm.ne Com.le di Fano - Loc. Chiaruccia - Fano**

**Commessa: 1527/18**

**Data: AGOSTO 2018**

**ALLEGATO 7**

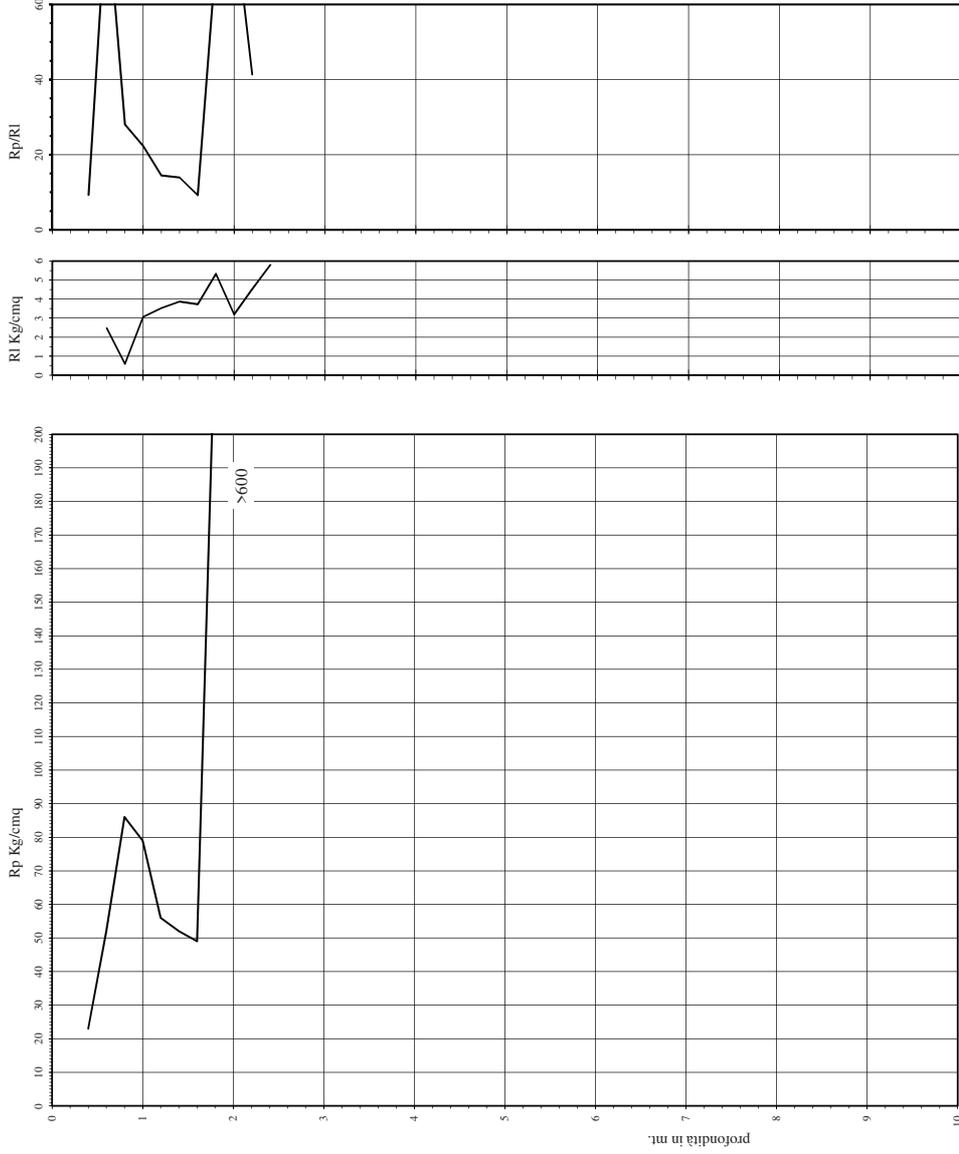
# Prova Penetrometrica Statica

Prova n.: CPT 1  
 Cantiere: Fano (PU) - Via Campanella  
 Data: Luglio 2018

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

Classificazione orientativa dei terreni (Schnerrmann - 1978)

										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)			
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	φ °	Dr	Cu Kg/cm²	Nspt	coefficiente di sicurezza		
0	M	T	M	C	M	S	L	S	D							
														n.l.	/	/
										0.4	/	1,15	/	1,89	/	/
										0.6	0,43	/	13	2,77	/	/
										0.8	0,60	28,04	21,5	n.l.	/	/
										1	79	3,07	22,36	n.l.	/	/
										1.2	56	3,53	14,48	n.l.	/	/
										1.4	52	3,87	13,93	n.l.	/	/
										1.6	49	3,73	9,19	n.l.	/	/
										1.8	231	5,33	72,19	57,75	/	57,75
										2	377	3,20	83,16	94,25	/	94,25
										2.2	240	4,53	41,38	60	/	60
										2.4	544	5,80		27,2	/	27,2
										2.6	600				/	
										2.8					/	
										3					/	
										3.2					/	
										3.4					/	
										3.6					/	
										3.8					/	
										4					/	
										4.2					/	
										4.4					/	
										4.6					/	
										4.8					/	
										5					/	
										5.2					/	
										5.4					/	
										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					/	



Cu media Kg/cm² | 6.69 | Nspt media n. colpi | 49.3

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  
 n.l. non liquefacibile

Caratteristiche strumento: penetrometro statico semovente, 200kN spina  
 Punta meccanica tipo Begemann - manico laterale superficie 150 cm²

---

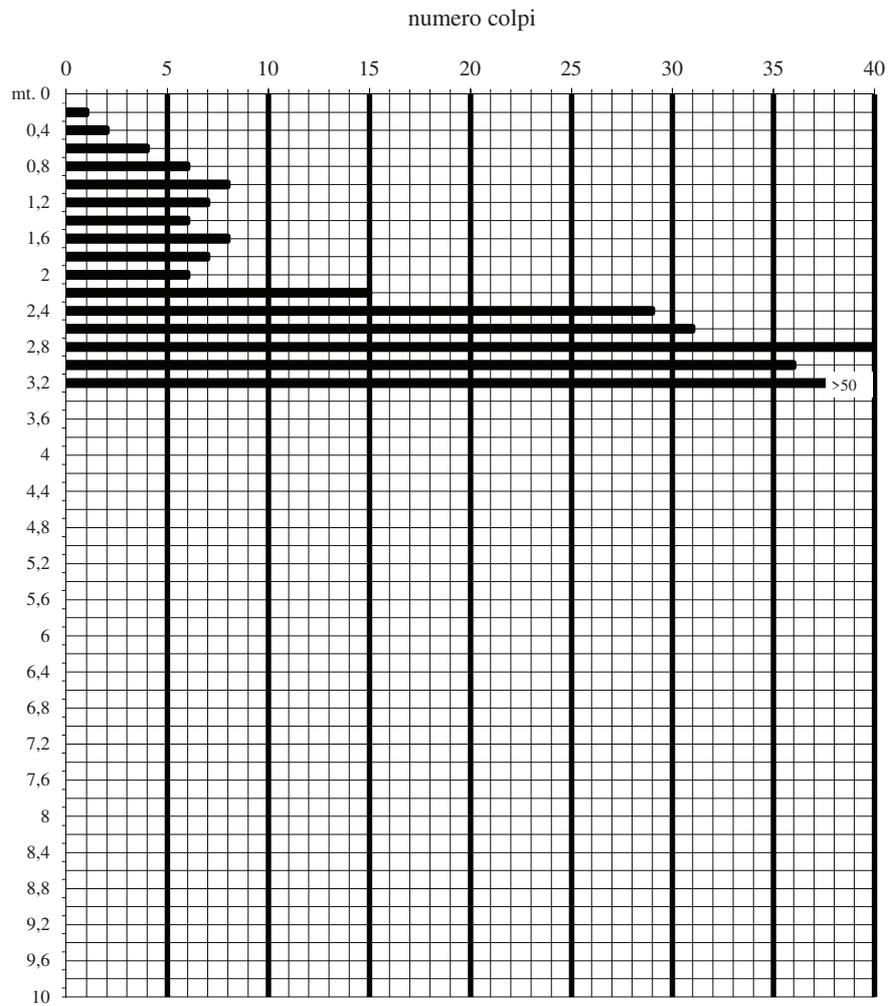
cantiere: Fano (PU)-Via Campanella  
quota inizio: piano campagna data: Luglio 2018  
prof. falda: assente

---

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE DPSH 2

Penetrometro dinamico pesante tipo "Emilia" :

Peso maglio:63.50 Kg. Caduta maglio:75cm. Sezione punta:20cmq. Peso aste:6.20Kg/ml.



---

cantiere: Fano (PU)-Via Campanella  
quota inizio: piano campagna data: Luglio 2018  
prof. falda: assente

---

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE

DPSH 3

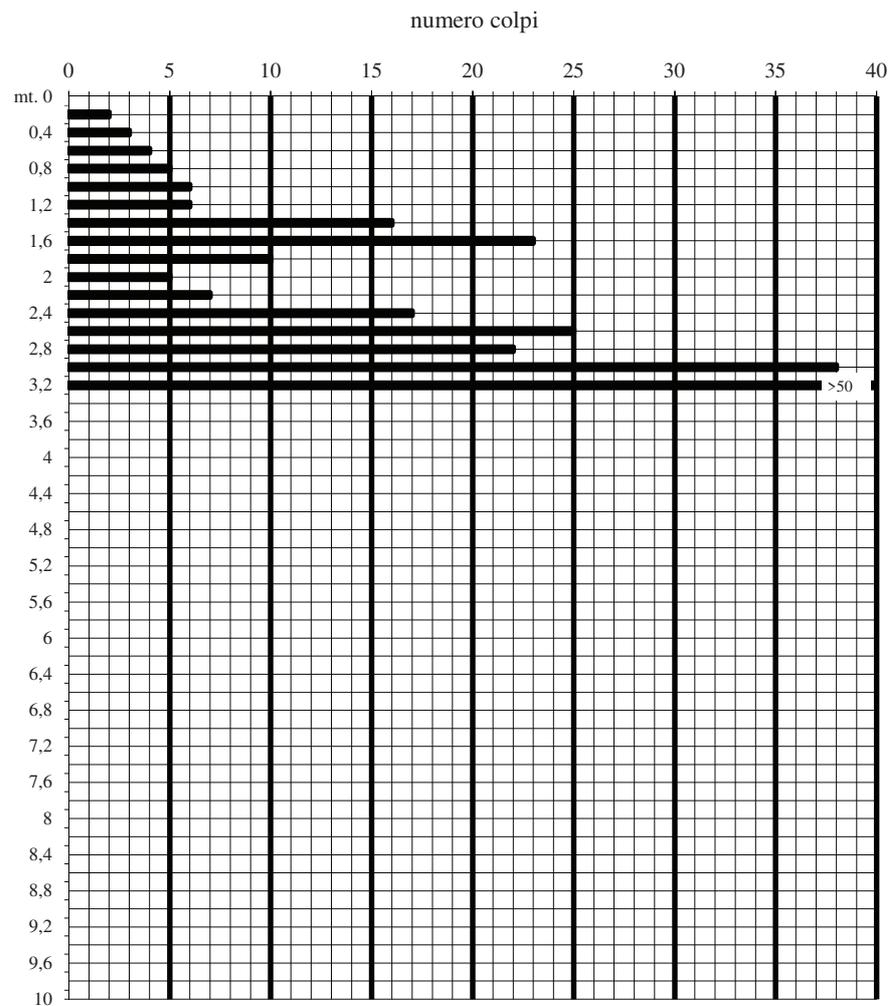
Penetrometro dinamico pesante tipo "Emilia" :

Peso maglio:63.50 Kg.

Caduta maglio:75cm.

Sezione punta:20cmq.

Peso aste:6.20Kg/ml.



---

cantiere: Fano (PU)-Via Campanella  
quota inizio: piano campagna data: Luglio 2018  
prof. falda: assente

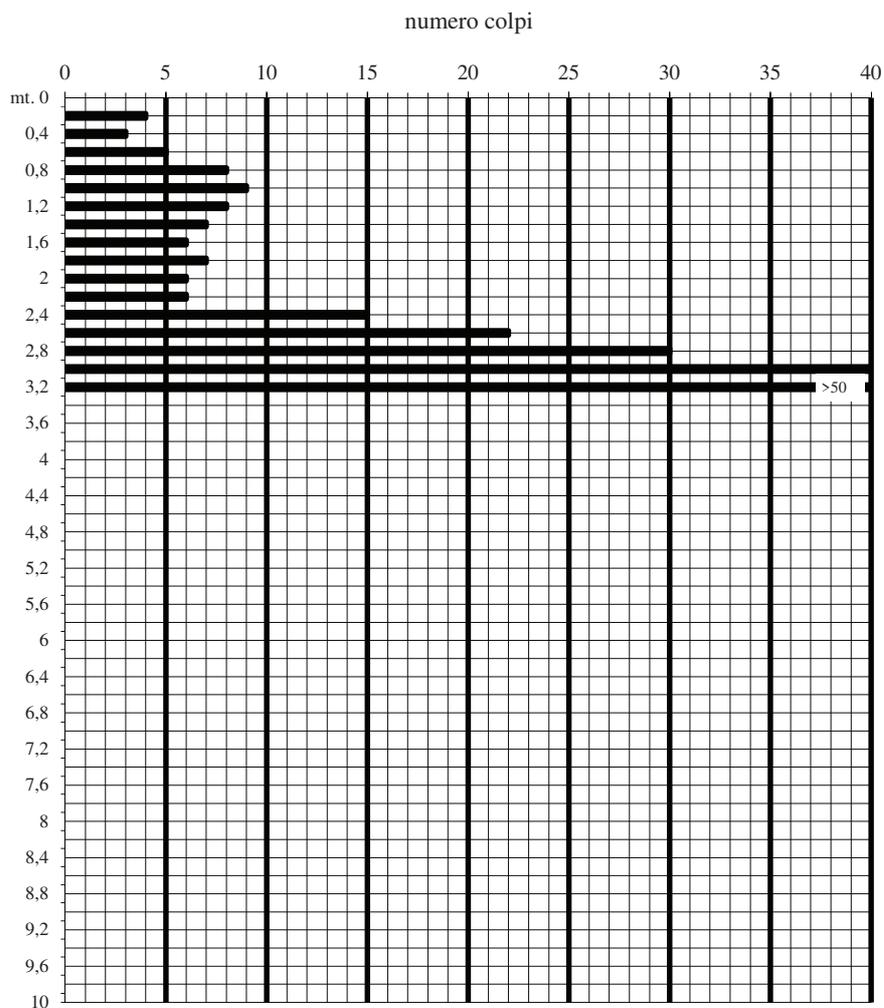
---

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE**

**DPSH 4**

Penetrometro dinamico pesante tipo "Emilia" :

Peso maglio:63.50 Kg. Caduta maglio:75cm. Sezione punta:20cmq. Peso aste:6.20Kg/ml.





**GEOCON**

STUDIO ASSOCIATO PER LA GEOLOGIA E LA SICUREZZA

Geol. Angelo RENZONI  
Geol. Michele GLIASCHERA  
Geol. Walter BORGHI

Via Gozzi n. 10/A 61032 Fano (PU)  
Tel. 0721 861494/862875  
e-mail geocon@fastwebnet.it

**STUDIO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO  
DI UN'AREA DI PROPRIETA' COMUNALE SU CUI SI PREVEDE  
LA REALIZZAZIONE DI UNA STRUTTURA DI INTERESSE  
GENERALE PER LA CITTA'**

**FANO - LOC. CHIARUCCIA - VIA T. CAMPANELLA**

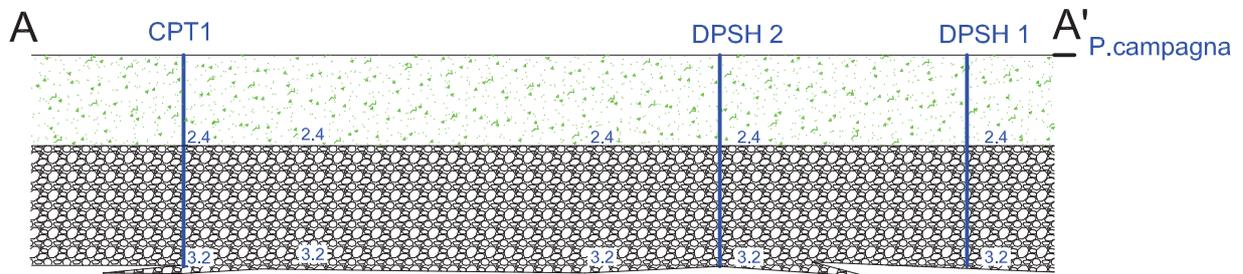
ALLEGATO

**8**

**SCHEMA LITOSTRATIGRAFICO INTERPRETATIVO**

SCALA

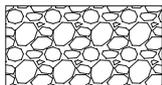
Data: AGOSTO 2018



SCALA DELLE ALTEZZE 1:200  
SCALA DELLE LUNGHEZZE 1:2000



Terreni limoso-argillosi moderatamente consistenti e limoso sabbiosi poco addensati



Ghiaie eterogranulari da moderatamente addensate ad addensate fino a molto addensate

DPSHn



Prove penetrometriche dinamiche pesanti



CPTn

A—A'

Traccia schema litostratigrafico

# **ALLEGATO 9**



**INTERGEO** s.r.l. - **Servizi Geologici**  
Strada Acquasalata, 9 47899 Serravalle - RSM  
Codice Operatore Economico - SM21197  
Tel. 333 2208376  
www.intergeosm.com - mail: info@intergeosm.com

---

**Località:**

**Fano (PU) - Via Campanella**

**Oggetto:**

**Prova MASW (multichannel analysis of surface waves)**

**Data:**

**Luglio 2018**

## PREMESSA

Il giorno 27/07/2018 a Fano (PU) - Via Campanella è stata eseguita un'indagine geofisica mediante una prova MASW (ubicazione fig. 1) per il calcolo del valore  $V_{S30}$ .

Lo scopo dell'indagine era di ottenere la stratigrafia delle velocità delle onde trasversali  $V_s$  da cui ricavare il parametro  $V_{S30}$ .

In questo cantiere è stata realizzata n. 1 prova MASW.

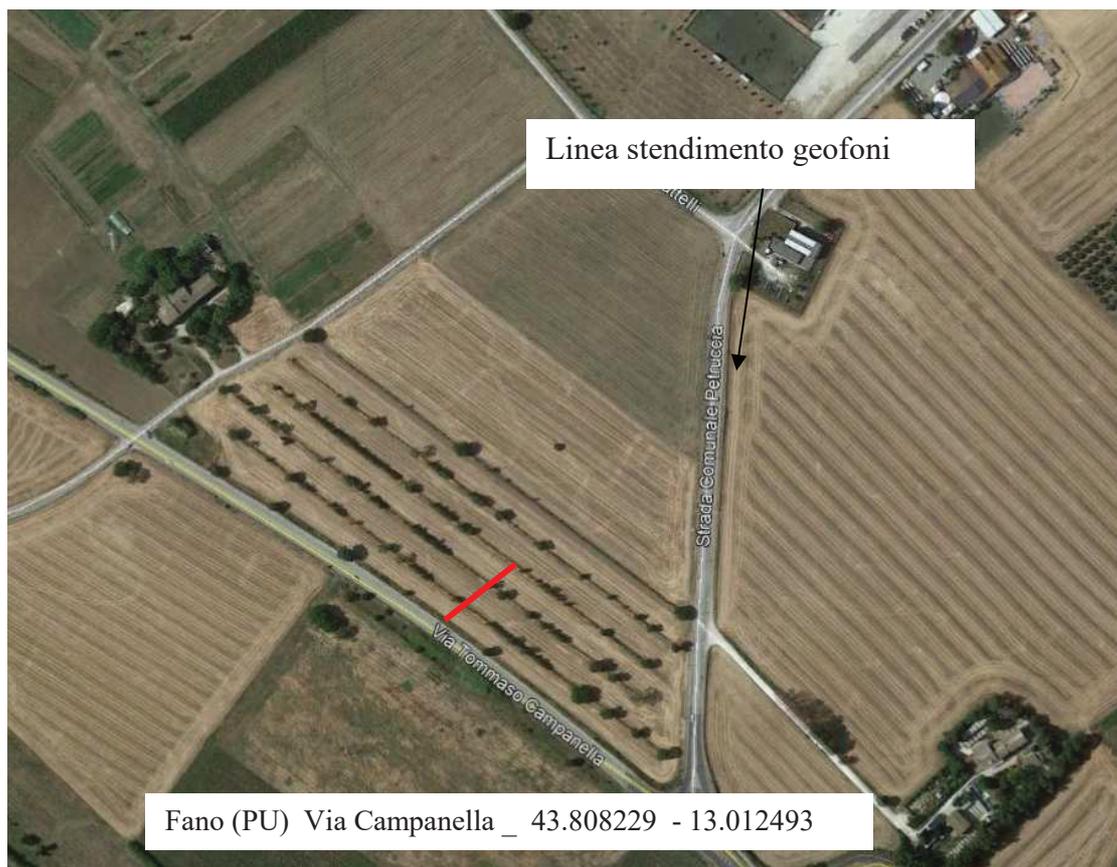


Fig. 1

Le caratteristiche della prova sono:

Nome	Stendimento geofonico (m)	Energizzaz.	Geofoni
Fano	46	3	24

## **ANALISI MULTICANALE DELLE ONDE SUPERFICIALI**

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali; questo viene interpretato con la metodologia MASW.

Questa pratica permette di utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali e di costruire un profilo verticale di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata utilizzando la curva ottenuta dalla modellazione diretta.

### **STRUMENTAZIONE UTILIZZATA**



fig. 2

La strumentazione utilizzata ( fig. 2) è costituita da:

un sismografo PASI 16S24P; processore Intel Celeron; Ambiente Operativo Windows Xp; Numero canali 24; Display VGA a colori LCD touch screen; Supporto memorizzazione Hard-Disk; Temperatura di funzionamento 0°-55°; Umidità 5% - 90%; 24 geofoni da 4.5Hz; una mazza da 8 Kg;

### **DESCRIZIONE GENERALE DELLA PROCEDURA MASW**

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- 1- acquisizione dei dati di campo;
- 2- estrazione della curva di dispersione;
- 3- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle  $V_s$  (profilo 1D) che descrive la variazione di  $V_s$  con la profondità.

## ELABORAZIONE E RISULTATI

In allegato sono riportati i risultati della prova MASW eseguita.

Nella prima figura (allegato 1) si osserva l'acquisizione delle onde generate in seguito all'energizzazione.

Segue (allegato 2) il piking effettuato sulla curva di dispersione per la modellazione delle  $V_s$ .

Infine viene mostrato il grafico delle  $V_s$  (allegato 3).

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione (Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 del 17/01/2018), con la seguente formula:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

$h_i$  : spessore dell' $i$ -esimo strato;

$V_{S,i}$  : velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;

$N$  : numero di strati;

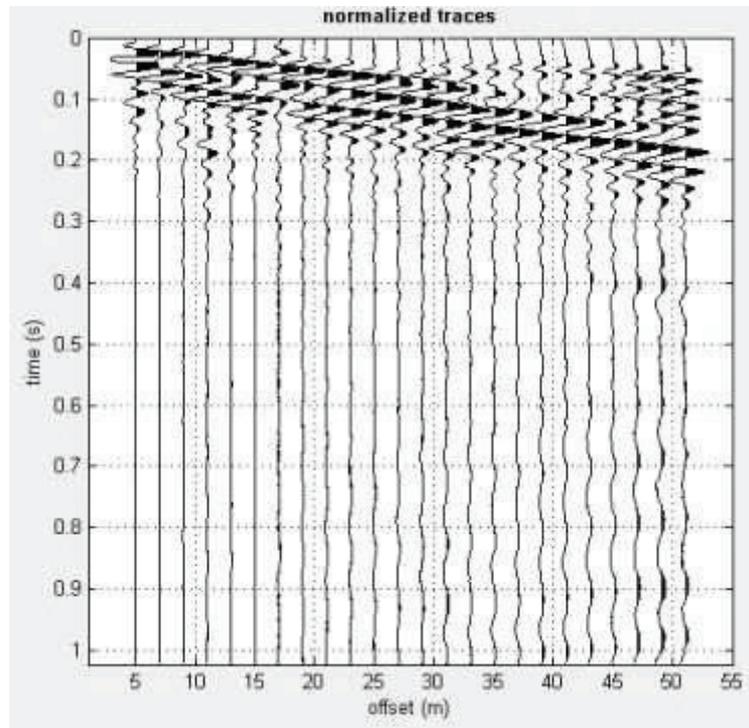
$H$  : profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

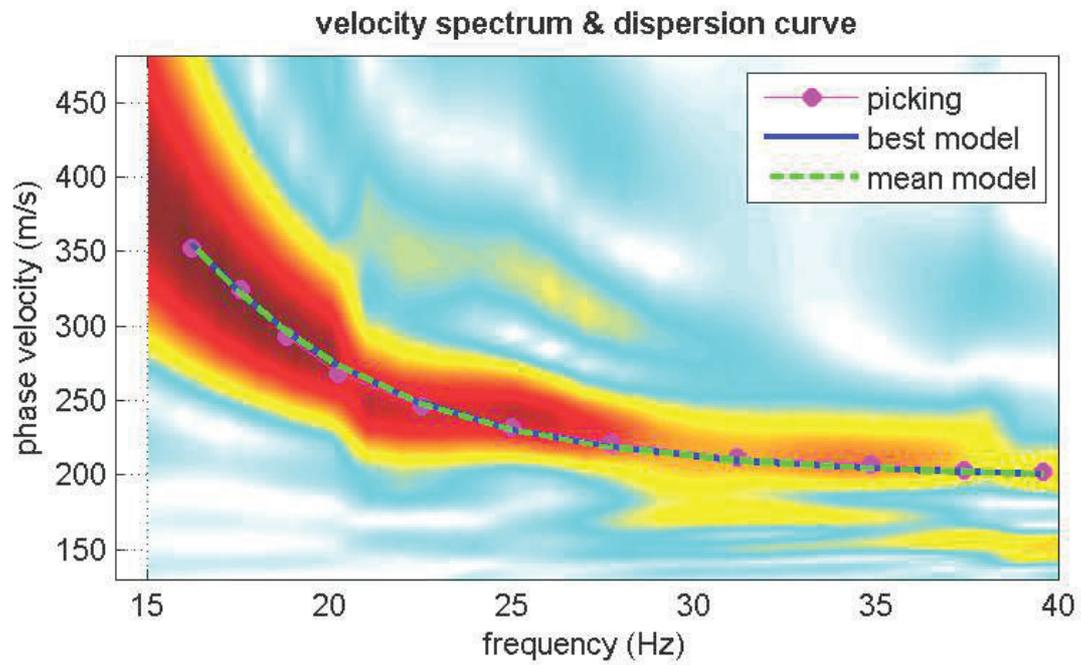
Con la determinazione delle onde di taglio Vs i terreni indagati vengono inseriti in una delle seguenti categorie di sottosuolo (N.T.C. 2018\_Tabella 3.2.II):

<b>Categoria</b>	<b>Caratteristiche della superficie topografica</b>
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

## ALLEGATO 1 - Acquisizione delle onde



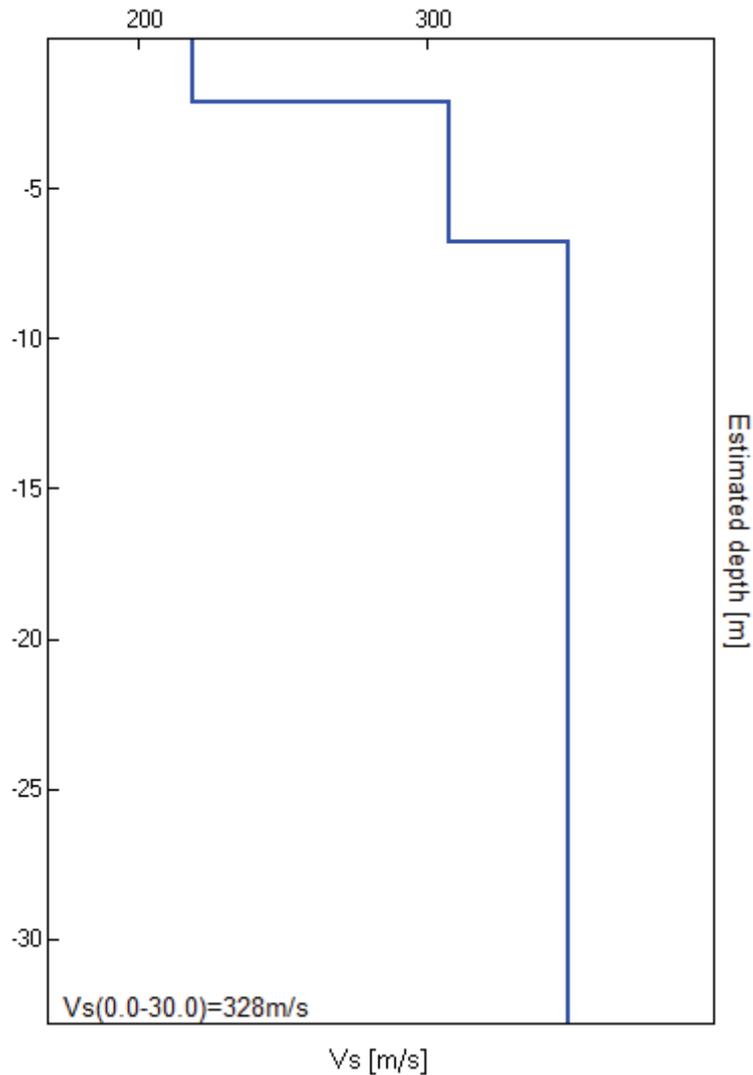
## ALLEGATO 2 - Picking della curva di dispersione



### ALLEGATO 3 - CALCOLO VS

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
2.10	2.10	219
6.80	4.70	308
inf.	inf.	349

Vs(0.0-30.0)=328m/s



Profondità di calcolo	Vs30 m/sec.	Categoria di suolo
0,00-30,00mt.	328	C
1,00-31,00mt.	335	C
2,00-32,00mt.	341	C
3,00-33,00mt.	343	C
4,00-34,00mt.	345	C