

REGIONE MARCHE
PROVINCIA DI PESARO-URBINO



**COMUNE
Di FANO**

PROPRIETA'

**Bajocchi Giancarla
Bertulli Graziella - Bertulli Paolo
Bertulli Giovanna - Bertulli Luigi**

COMPARTO RESIDENZIALE DI RICUCITURA URBANA VIA GUINIZZELLI - ST2_P16

- PIANO ATTUATIVO -

RELAZIONE GEOLOGICA

D.M. 14/01/2008 E CIRC. LL.PP. N° 617/09

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

DOTT. GEOL. CRISTIAN COSTANZI
VIA EINAUDI 68
61032 F A N O (PU)

Commessa **1302/13**

Data **MAGGIO 2013**

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



Baiocchi Giancarla Bertulli Graziella - Bertulli Paolo Bertulli Giovanna - Bertulli Luigi

COMPARTO RESIDENZIALE DI RICUCITURA URBANA VIA GUINIZZELLI - ST2_P16

- PIANO ATTUATIVO -

RELAZIONE GEOLOGICA

D.M. 14/01/2008 E CIRC. LL.PP. N° 617/09

SOMMARIO

1	SCOPO E MODALITA' DELL'INDAGINE	Pag.	2
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	Pag.	3
3	GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA, IDROGEOLOGIA E IDROLOGIA	Pag.	4
4	INDAGINI GEOLOGICHE DI CAMPO	Pag.	7
5	MODELLO E CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEL SOTTOSUOLO	Pag.	17
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 IN SITO

ALLEGATI

ALLEGATO 1	CARTA TENICA REGIONALE – C.T.R.
ALLEGATO 2	CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA
ALLEGATO 3	STRALCIO CARTOGRAFICO PAI
ALLEGATO 4	CARTA DELLE PERICOLOSITA' GEOLOGICHE E SISMICHE
ALLEGATO 5	CARTA DELLA VULNERABILITA' DELLA FALDA
ALLEGATO 6	CARTA PLANOALTIMETRICA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOLOGICHE E TRACCIA DEGLI SCHEMI LITOSTRATIGRAFICI INTERPRETATIVI
ALLEGATO 7	CERTIFICATI E GRAFICI DELLE PROVE PENETROMETRICHE
ALLEGATO 8	SCHEMI LITOSTRATIGRAFICI INTERPRETATIVI
ALLEGATO 9	INDAGINE SISMICA MASW
ALLEGATO 10	STRALCI PROGETTUALI



1 - SCOPO E MODALITA' DELL'INDAGINE

Per conto dei Sigg. **Bajocchi Giancarla, Bertulli Graziella, Bertulli Paolo, Bertulli Giovanna e Bertulli Luigi** è stata redatta la presente Relazione Geologica al fine di fornire il supporto geologico al *Piano Attuativo* del "**Comparto Residenziale di Ricucitura Urbana Via Guinzelli - ST2_P16**".

L'intervento consiste nella costruzione di tre edifici residenziali e di uno misto (commerciale e residenziale) su quattro lotti con un SUL rispettivamente di m² 374 il primo, m² 220 il secondo, m² 300 il terzo e m² 280 il quarto. Per un maggior dettaglio si vedano gli stralci progettuali allegati (all. 10).

Per la localizzazione dell'area si rimanda agli allegati n° 1, 2 e 3 in calce alla presente Relazione.

Lo studio è stato condotto mediante analisi bibliografiche, rilievi geologici di superficie e indagini dirette consistenti in quattro prove penetrometriche statiche CPT, in una prova dinamica pesante DPSH eseguite con penetrometro Pagani TG 63 (200 KN) e in una prova sismica 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, sismica e di vulnerabilità della falda freatica.

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 – C.T.R.
- Allegato 2 Carta Geologica e Geomorfologica
- Allegato 3 Stralcio cartografico PAI
- Allegato 4 Carta delle pericolosità geologiche e sismiche
- Allegato 5 Carta della vulnerabilità della falda

 <p>GEOCON STUDIO ASSOCIATO PER LA GEOLOGIA E LA SICUREZZA</p>	<p>Commessa 1302/13 Bajocchi Giancarla Bertulli Graziella - Bertulli Paolo Bertulli Giovanna - Bertulli Luigi</p>	<p><u>RELAZIONE GEOLOGICA</u> <u>D.M. 14/01/2008 E CIRC. LL.PP. N° 617/09</u></p>	<p>Pag. 3 di 26</p>
--	---	--	---------------------

2 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa specifica di settore è sostanzialmente riferibile ai seguenti atti:

- ♣ D.P.R. 380/2001 e succ. mod. – Testo Unico per l'Edilizia;
- ♣ Decreto Ministeriale del 14 Febbraio 2008 “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n° 29 – Supplemento Ordinario n° 30;
- ♣ Circolare 2 Febbraio 2009 n° 617 – Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 Gennaio 2008.
- ♣ 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.

Pertanto, preso atto del quadro normativo vigente, per le finalità dello studio geologico si è quindi fatto specifico riferimento al D.M. 14/01/2008, tenendo altresì tenuto conto delle Norme di Attuazione PAI.



3 - GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA, IDROGEOLOGIA E IDROLOGIA

Il sito oggetto d'intervento si trova nella periferia su-ovest del centro abitato di Fano, a circa 1.500 Km di distanza dal suo centro storico, in via Guinizzelli, fra la stessa e via Pertini (Interquartieri), in un'area urbanizzata, a quote topografiche intorno ai 15-16 metri s.l.m..

La morfologia dell'area d'interesse si presenta perfettamente pianeggiante, senza soluzione di continuità essendo assenti depressioni o scarpate.

Date le condizioni geomorfologiche pianeggianti 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 P.R.G..

Dal punto di vista geologico i terreni dell'area oggetto di studio appartengono alla coltre di materiale alluvionale depositata dal fiume Metauro.

I materiali che costituiscono tale coltre alluvionale sono stati depositati in quattro momenti diversi e corrispondono a quattro ordini di terrazzi disposti a quote topografiche differenziate.

I terreni oggetto del presente lavoro sono situati in sinistra idrografica del fiume Metauro, sul terrazzo del III° ordine (f3) che è cronologicamente il penultimo ad essere stato depositato.

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 sovra consolidate, talora fratturate, di colore grigiastro e grigio-azzurro, localmente intercalate a strati e/o livelli arenaceo-sabbiosi; nella zona d'interesse il complesso alluvionale ha spessori superiori ai 30 metri (dati bibliografici).

Per quanto riguarda l'idrogeologia dell'area è presente una falda idrica più superficiale il cui livello statico, da misure effettuate nel pozzo idrico di proprietà della Committenza, risulta essere attualmente ad una profondità di circa - **10.20 metri rispetto al p.c. locale (28/03/2013)**. Durante le prove penetrometriche, spinte ad una profondità massima di m 10 non è stata infatti rinvenuta presenza d'acqua.

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.

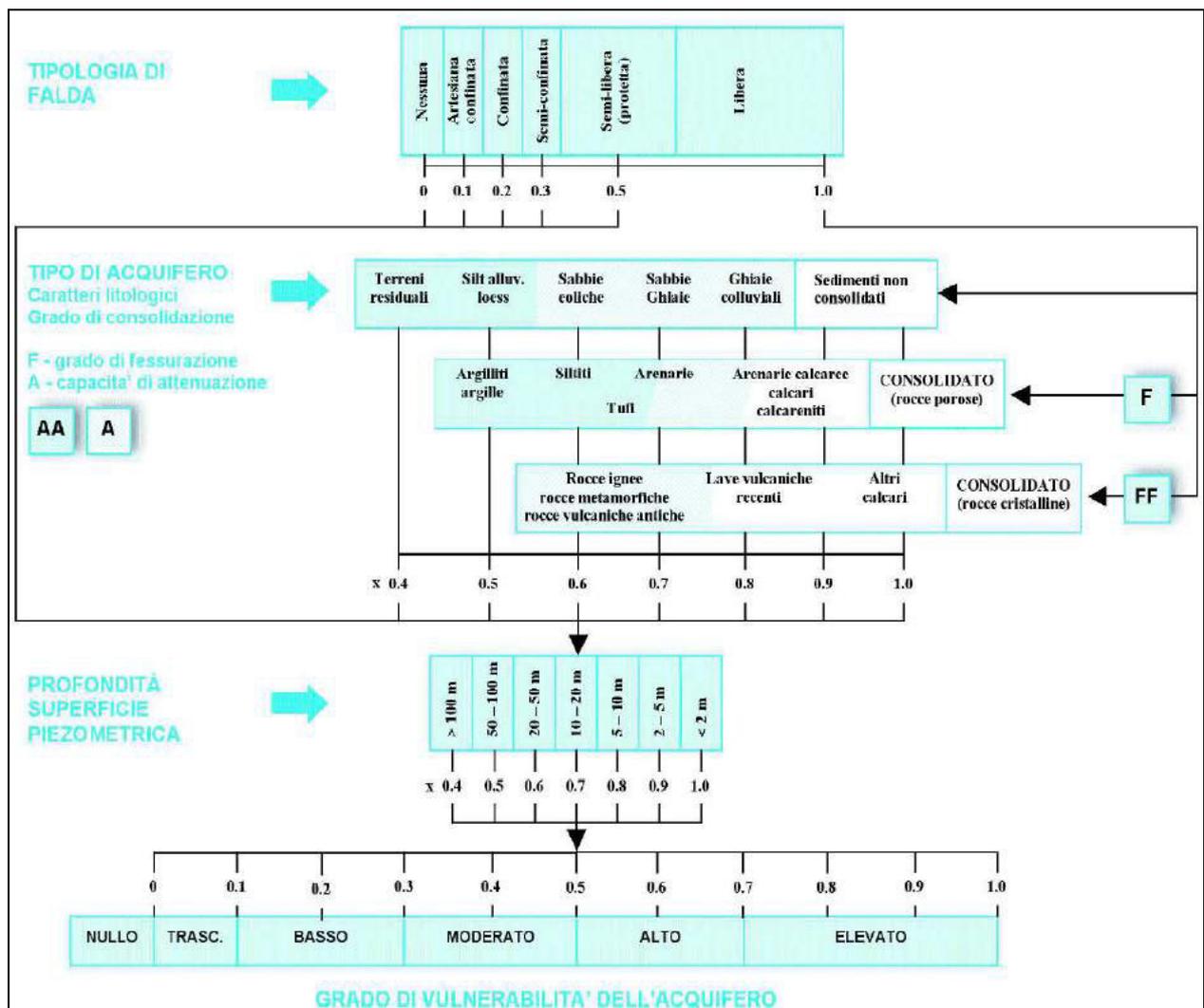
Per quanto riguarda il parametro G è stato assunto il valore più penalizzante pari a $G = 1$ tipico di falde a pelo libero; si assume tale valore in considerazione del fatto che l'acquifero non è da ritenersi confinato.

Il parametro O è stato assunto pari a 0.7 in ragione del fatto che la falda interessa i depositi ghiaiosi e sabbiosi.

A riguardo della soggiacenza della falda, il parametro D è stato assunto pari a 0.8 con considerato che il livello misurato è risultato a circa 10 m p.c. .

L'interazione dei tre parametri stima un grado di vulnerabilità $V = 0.56$ tipico di aree con vulnerabilità definita dal metodo G.O.D. "alta".

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



 GEOCON STUDIO ASSOCIATO PER LA GEOLOGIA E LA SICUREZZA	Commissa 1302/13 Bajocchi Giancarla Bertulli Graziella - Bertulli Paolo Bertulli Giovanna - Bertulli Luigi	RELAZIONE GEOLOGICA <u>D.M. 14/01/2008 E CIRC. LL.PP. N° 617/09</u>	Pag. 6 di 26
---	---	---	--------------

Dal punto di vista idrografico, analizzando un intorno significativo dell'area oggetto d'interesse, si rileva la presenza del corso d'acqua artificiale denominato canale Albani che scorre ad una distanza minima di circa 160 metri; il canale artificiale è impermeabilizzato ed ha una buona tenuta. Inoltre, per scongiurare possibili esondazioni, in un tratto del corso d'acqua posto più a monte, è stato realizzato uno scolmatore che taglia le eventuali portate critiche nei tratti più a valle.

Osservando gli elaborati del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) e le indagini fatte a corredo degli strumenti urbanistici del PRG non emerge il rischio di possibili esondazioni.

L'area in oggetto è inserita in un contesto urbanizzato e le acque di precipitazione meteorica sono raccolte e canalizzate nella rete fognaria.

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

PROVE PENETROMETRICHE

Per le finalità dello studio si è fatto ricorso all'uso di quattro prove penetrometriche statiche CPT e di una prova dinamica pesante DPSH eseguite con penetrometro Pagani TG 63 (200 KN); le prove sono state eseguite dalla ditta GEOLAND del Geol. Piagnani Giorgio di Assisi (PG) in data 4 Marzo 2013 e sono state spinte fino ad una profondità massima di 10 metri dal p.c. locale.

Le prove sono state ubicate con la sigla DPSH1, CPT1, CPT2, CPT3 e CPT4 sulla planimetria in allegato 6; i grafici con i valori di resistenza specifica sono esposti nell'allegato n° 7.

L'andamento della resistenza dinamica all'avanzamento della punta è sinteticamente riprodotto nelle figure 2A), 2B) e 2C) di seguito riportate.

Le caratteristiche del penetrometro utilizzato per le prove penetrometriche, così come fornite dalla ditta esecutrice, sono di seguito esposte:

CARATTERISTICHE TECNICHE : TG 63-200 ISM.C

PESO MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 0,63 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 51,00 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,43 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 6,31 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	P1 = 0,40 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,20$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) \Rightarrow Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A δ) = 11,66 kg/cm ² (prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm ²)
COEFF. TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,489$ (teoricamente : Nspt = β_t N)

Il coeff. di correlazione (così come fornito dalla ditta esecutrice) che consente di determinare il valore **NSPT** dal valore **N₂₀** della prova DPSH continua è pari a 1.489 e quindi tale per cui **NSPT = 1.489 x N₂₀**.

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
	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)

Si riportano di seguito:

- Fig. 2A) - Andamento comparato dei profili CPT della resistenza statica alla punta;
- Fig. 2B) - Andamento comparato del rapporto Q_c/F_s e la litologia associata sulla base delle correlazioni previste da Searle 1979 e Racc. AGI 1977;
- Fig. 2C) - Grafico del valore N_{20} della prova DPSH;
- Fig. 2D) - Foto prova CPT1
- Fig. 2E) - Foto prova CPT2
- Fig. 2F) - Foto prova CPT4
- Fig. 2G) - Foto prova DPSH1



Fig. 2A) - Andamento comparato dei profili CPT della resistenza statica alla punta

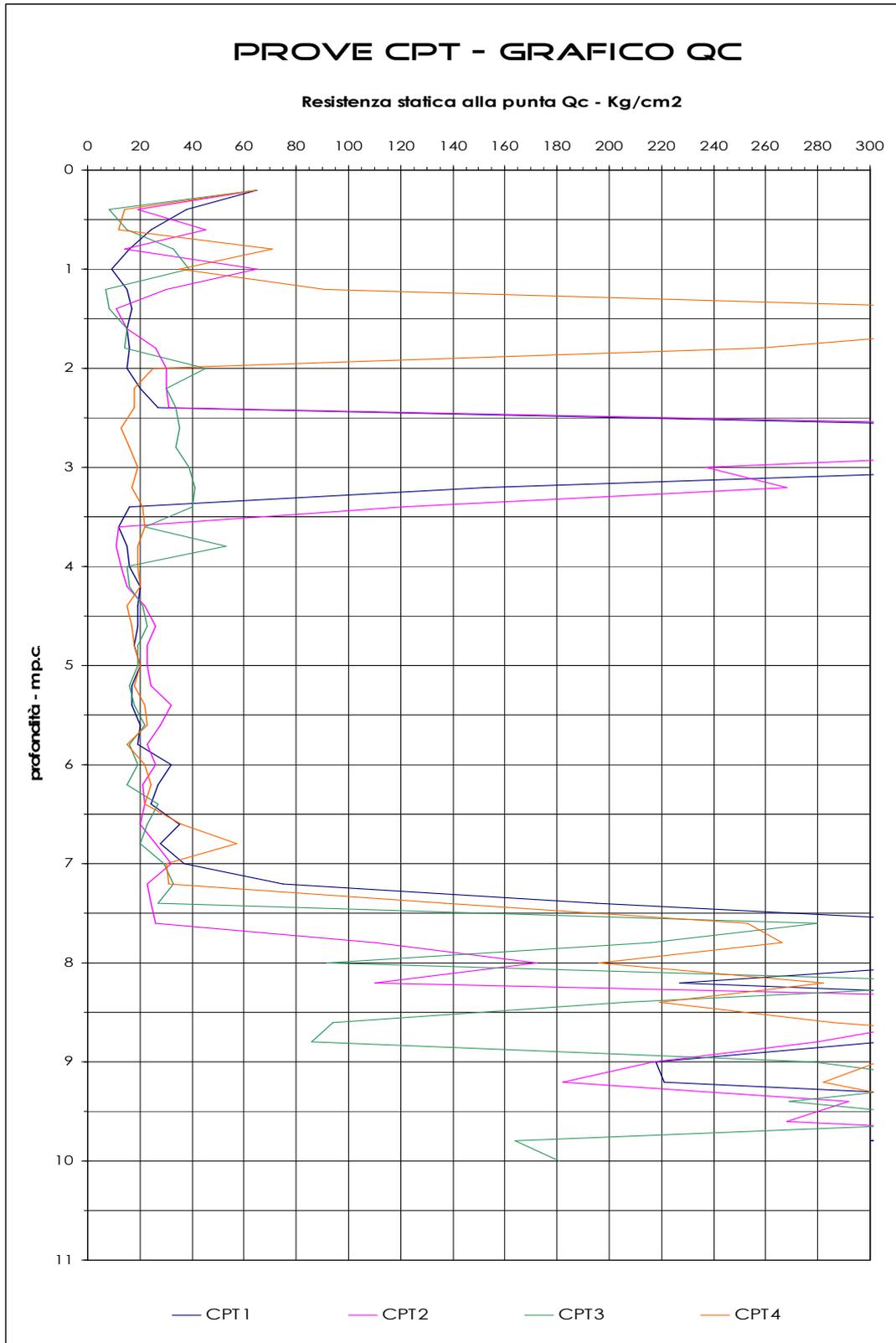




Fig. 2B) - Andamento comparato del rapporto Qc/Fs - Searle 1979 / AGI 1977

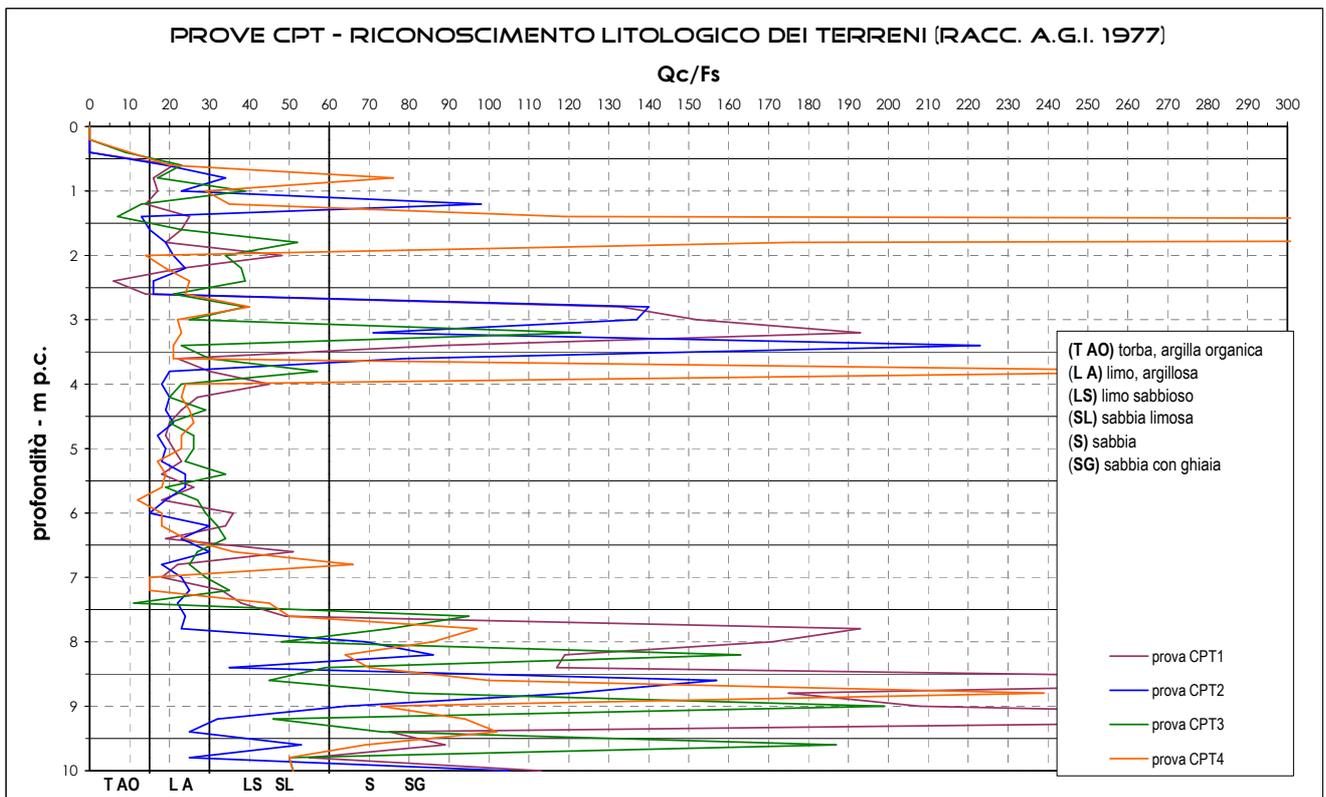
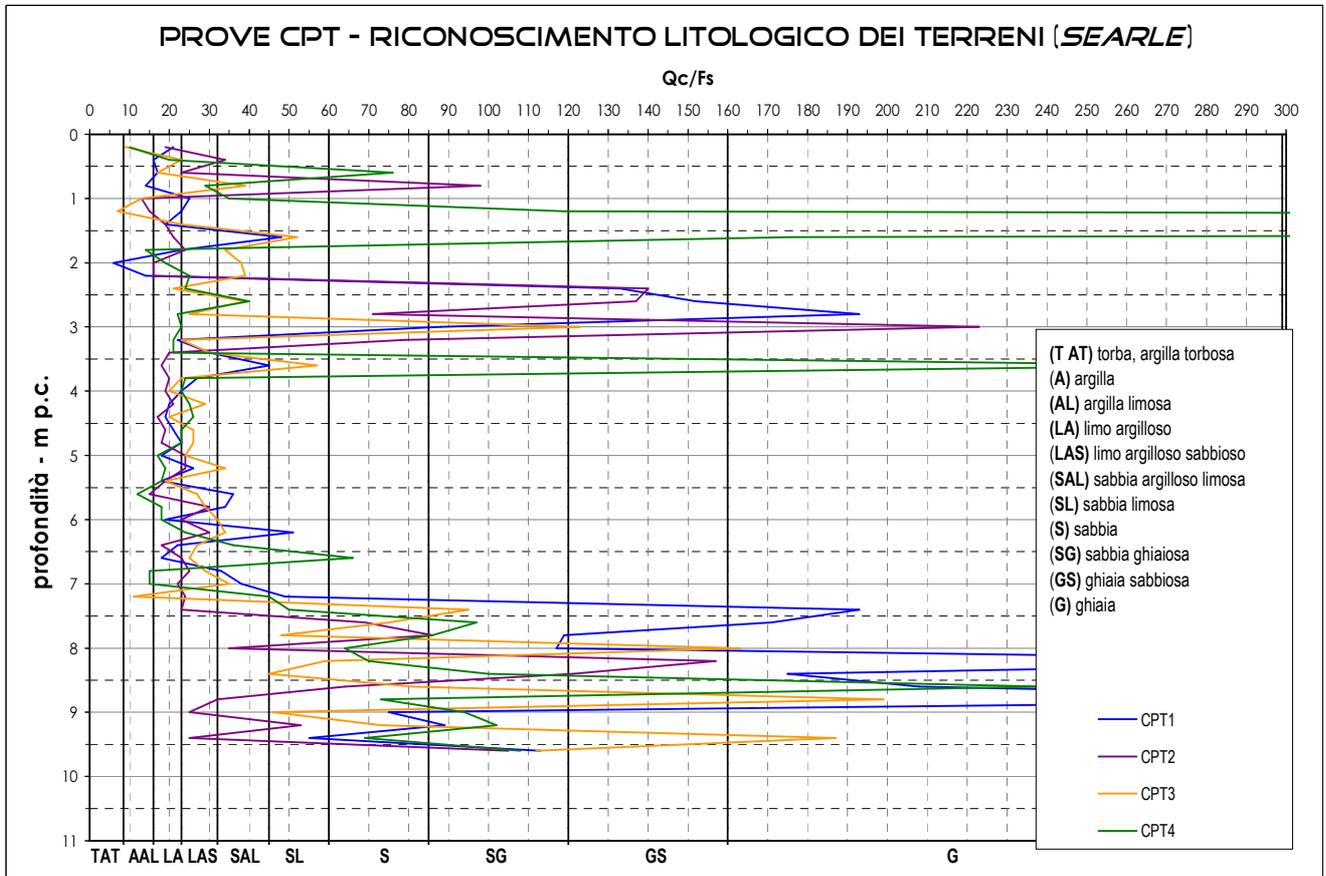




Fig. 2C) - Grafico del valore N20 della prova DPSH

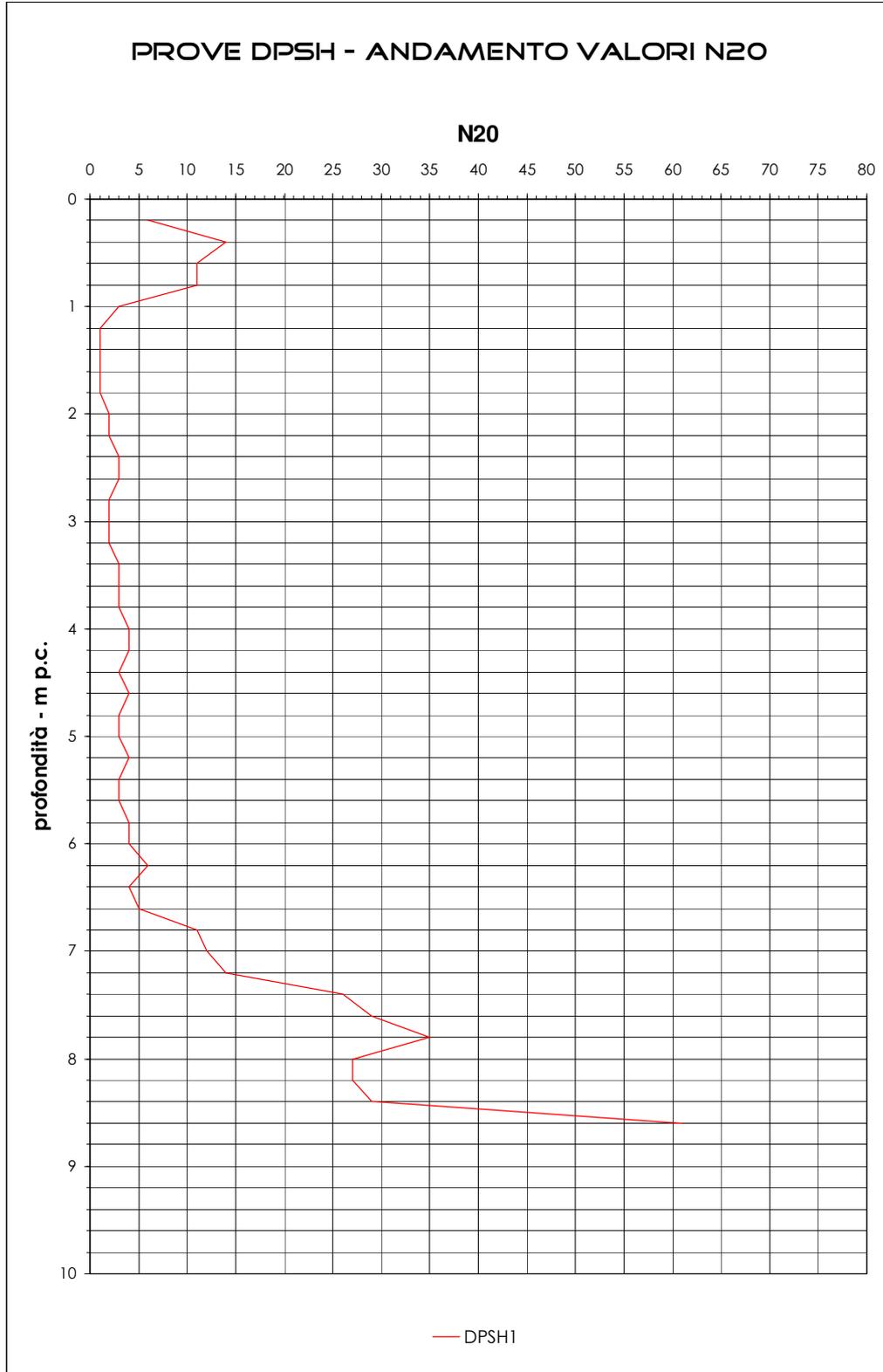




Fig. 2D) - Foto prova CPT1



Fig. 2E) - Foto prova CPT2





Fig. 2F) - Foto prova CPT4



Fig. 2G) - Foto prova DPSH1



 GEOCON STUDIO ASSOCIATO PER LA GEOLOGIA E LA SICUREZZA	Commessa 1302/13 Bajocchi Giancarla Bertulli Graziella - Bertulli Paolo Bertulli Giovanna - Bertulli Luigi	RELAZIONE GEOLOGICA D.M. 14/01/2008 E CIRC. LL.PP. N° 617/09	Pag. 14 di 26
---	---	--	---------------

Dagli esiti delle prove e fino alle profondità investigate si possono fare le seguenti considerazioni:

- l'area indagata è caratterizzata da sedimenti grossolani ghiaioso-sabbiosi e fini limoso-argillosi del complesso alluvionale del Fiume Metauro;
- i sedimenti ghiaioso-sabbiosi si riscontrano con una certa omogeneità in tutta l'area dalla profondità di 7.00-7.60 m p.c. fino alla quota di fine prova; localmente i sedimenti ghiaioso-sabbiosi si intercalano ai sedimenti fini che caratterizzano lo strato di terreno compreso fra il p.c. e la profondità di 7.00-7.60 m p.c.;
- i sedimenti ghiaioso-sabbiosi riscontrano elevati valori di resistenza statica alla punta; risultano infatti valori Q_c dell'ordine di 100-300 Kg/cm² indicativi di terreni addensati e mediamente addensati; i valori NSPT correlati ai valori N20 della prova DPSH risultano NSPT = 49.7 e sono analogamente indicativi di terreni addensati;
- i sedimenti fini che sovrastano i terreni ghiaioso-sabbiosi sono generalmente associabili a terreni limoso-argillosi e limoso-sabbiosi e sono caratterizzati da valori di resistenza statica alla punta generalmente compresi fra $Q_c = 10-30$ Kg/cm²; si tratta quindi di terreni da plastici a consistenti (nelle frazioni più coesive) e da sciolti a mediamente addensati nelle frazioni più sabbiose; i valori NSPT correlati ai valori N20 della prova DPSH risultano NSPT = 4.5 e sono indicativi di terreni poco consistenti, poco addensati e/o sciolti.

PROVA 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 Vs 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 a 4.5 Hz equidistanti 2.00 m.

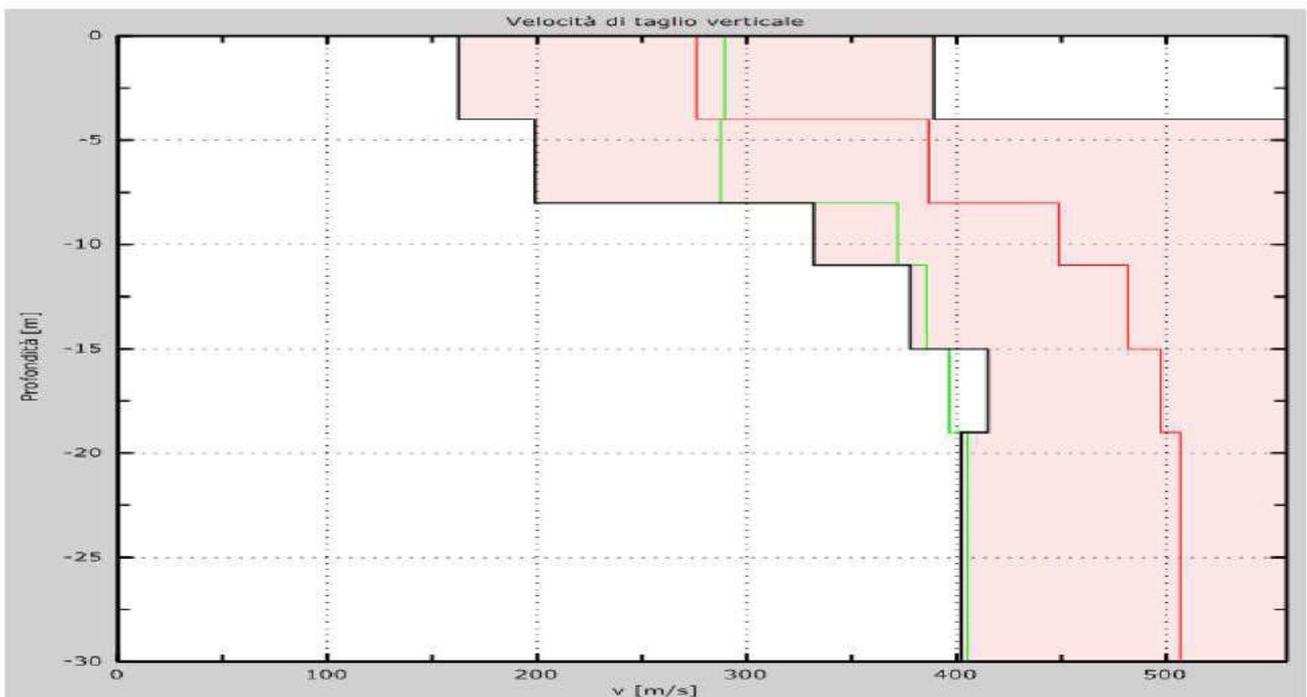
La prova è stata eseguita in data 11/03/2013; nelle figure che seguono si riporta l'ubicazione e il profilo di velocità delle Vs fino a 30 m di profondità; l'elaborato completo è riprodotto nell'allegato 9.



Fig. 3 - Ubicazione Prova MASW



Fig. 4 - Prova MASW
Profilo della velocità delle onde sismiche di taglio Vs



 <p>GEOCON STUDIO ASSOCIATO PER LA GEOLOGIA E LA SICUREZZA</p>	<p>Commessa 1302/13 Bajocchi Giancarla Bertulli Graziella - Bertulli Paolo Bertulli Giovanna - Bertulli Luigi</p>	<p>RELAZIONE GEOLOGICA <u>D.M. 14/01/2008 E CIRC. LL.PP. N° 617/09</u></p>	<p>Pag. 16 di 26</p>
--	---	---	----------------------

L'andamento delle onde sismiche di taglio Vs in profondità, associato alle diverse litologie riscontrabili nel lotto, consente le seguenti considerazioni:

- i terreni dell'area di indagine sono caratterizzati da un profilo di velocità delle onde sismiche di taglio fino a 30 m di profondità mediamente compreso fra Vs = 250-500 m/sec;
- nell'ambito di un profilo di Vs generalmente crescente con la profondità e quindi associabile a terreni con caratteristiche migliori, si osservano contrasti di impedenza evidenti nello strato di sottosuolo più superficiale fino a circa 10-12 m p.c.; tali contrasti sono associabili a possibili fenomeni amplificativi delle onde sismiche;
- il valore Vs₃₀ della velocità equivalente delle onde di taglio fino a 30 m di profondità è risultato pari a **431 m/sec**; il valore è tale da associare il terreno alla **categoria di suolo "B"** per le applicazioni previste dalle NTC/2008 (di cui si dirà in seguito).



5 - MODELLO E CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEL SOTTOSUOLO

Per le finalità dello studio geologico, sulla base dei risultati delle prove penetrometriche (CPT e DPSH), usufruendo delle principali correlazioni disponibili in letteratura (appendice 1) il sottosuolo può essere schematizzato mediante l'assunzione di 4 unità litostratigrafiche come di seguito indicato:

UNITA' LITOSTRATIGRAFICA 1

TERRENO VEGETALE e/o RIPORTO

Rappresenta lo strato più superficiale posto immediatamente al di sotto del p.c. attuale; il suo spessore è modesto, generalmente \leq m 1.00; non manifesta rilevanza geologica.

UNITA' LITOSTRATIGRAFICA 2

LIMI ARGILLOSI, TALORA SABBIOSI (da plastici a consistenti)

Si rinvencono al tetto dei sedimenti ghiaioso-sabbiosi (unità 3) caratterizzando, in tutte le prove CPT, lo strato di sottosuolo compreso fra 1.80 (CPT4) - 4.00 (CPT3) m p.c. e 7.00-7.60 m p.c.; nelle verticali CPT1 e CPT2 sono altresì presenti nello strato compreso fra 1.00-2.40 m p.c.. I valori Q_c sono mediamente compresi fra 10-30 Kg/cm². Nella prova DPSH lo strato di terreno compreso fra l'unità 1 e l'unità 3 che si rinviene alla profondità di 7.60 metri p.c. è correlabile all'unità 2 con valori NSPT = 4.5.

UNITA' LITOSTRATIGRAFICA 3

GHIAIE E SABBIE (addensate e mediamente addensate)

Si rinvencono in tutte le verticali CPT-DPSH a partire da 7.00-7.60 m p.c. e nello strato più superficiale in CPT1 da 2.40 a 3.20 m p.c., in CPT2 da 2.4 a 3.4 m p.c. e in CPT4 da 1.00 a 1.80 m p.c.). I valori Q_c sono mediamente compresi fra 100-300 Kg/cm². I valori NSPT correlati ai valori N20 della prova DPSH sono risultati pari a NSPT = 49.5 indicativi di terreni addensati.

UNITA' LITOSTRATIGRAFICA 4

LIMI SABBIOSI, TALORA ARGILLOSI E SABBIE LIMOSE (da sciolte a mediamente addensate)

Si rinvencono in CPT3 nello strato compreso fra 1.00 m p.c. e 4.00 m p.c. con valori Q_c mediamente compresi fra 10-30 Kg/cm².

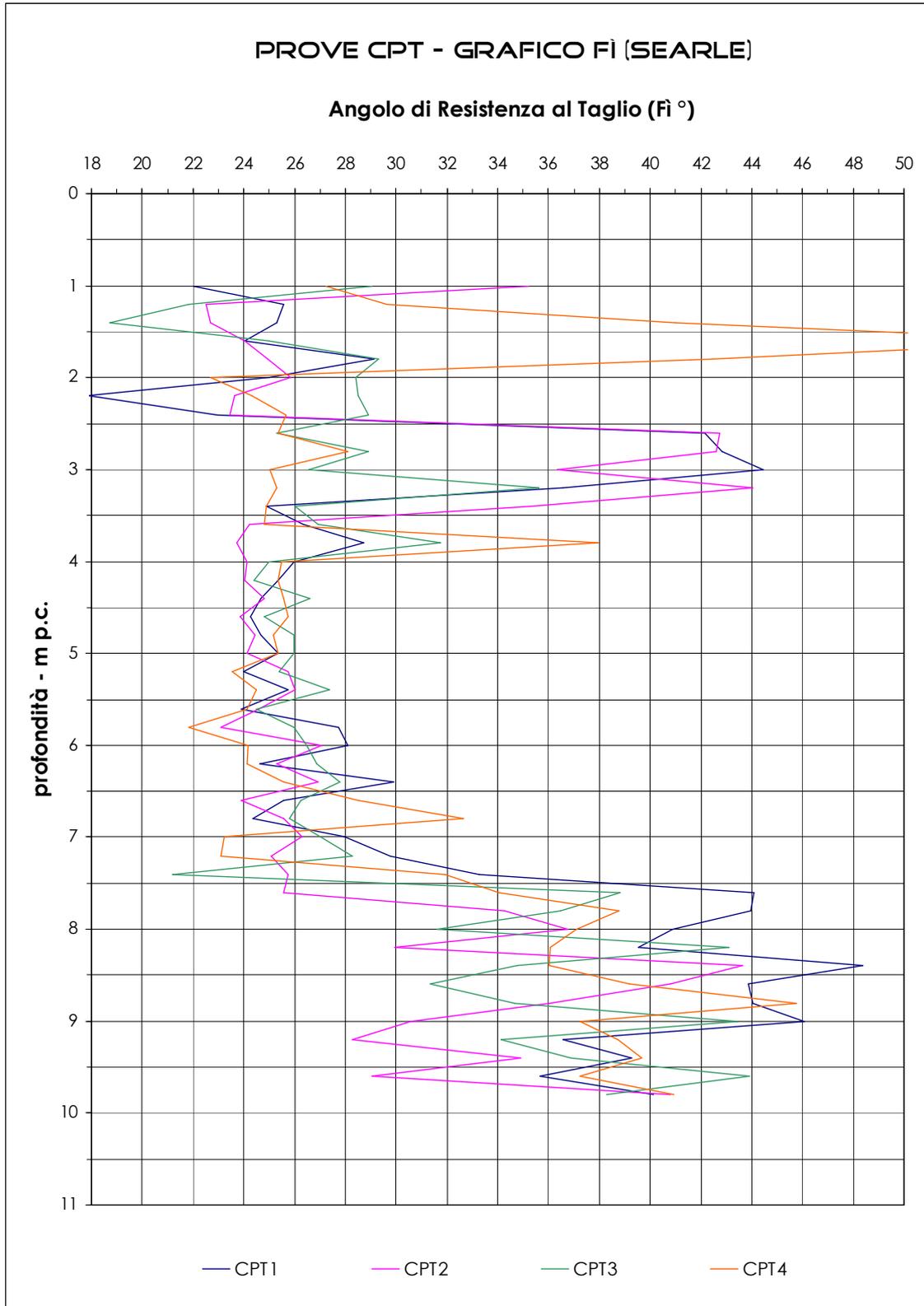
Sulla base della suddetta schematizzazione sono state elaborate le sezioni litostratigrafiche A-A', B-B' e C-C' riprodotte in allegato 8. Lo schema è stato ricostruito sulla base dei dati di indagine puntuali (prove DPSH) e pertanto deve essere verificato in fase esecutiva dei lavori come anche richiamato nelle considerazioni finali.

Alle unità litostratigrafiche sono stati associati parametri fisico-meccanici mediamente indicativi stimati dalle correlazioni tratte dalla bibliografia corrente (appendice 1); in particolare, nel caso specifico, si è fatto riferimento ai seguenti autori:

- **(1) Peck (1953)** per la stima dell'angolo di resistenza al taglio efficace dei terreni incoerenti (Φ') attraverso la seguente relazione: $\Phi' = 0.3NSPT + 20$;
- **(2) Searle (1979)** per la stima dell'angolo di resistenza al taglio efficace (ϕ') dei terreni stessi; nella fig. 6 viene proposto l'andamento del valore ϕ' stimato;
- **(3) Mayne-Kemper (1988) - Levadoux-Baligh (1980)** per la stima della resistenza al taglio non drenata (C_u) dei terreni coesivi ($\tau = C_u$) attraverso la relazione $C_u = Q_c - P_{vo} / A$ dove $A = 20-30$ (30 per terreni fessurati) e P_{vo} = pressione litostatica totale alla profondità considerata (nel caso specifico viene considerata la profondità media dello strato);
- **(4) Menzebach-Malcev** per la stima del Modulo deformazione del terreno incoerente attraverso la seguente relazione: $E = C N_{spt} + 38$ (Kg/cm²); C rappresenta un coefficiente correttivo associato alle diverse tipologie di terreno (in tal caso si è cautelativamente assunto $C = 3.54$ per sabbie);
- **(5) Mitchell-Gardner (1975)** per la stima del modulo di deformazione dei terreni sabbiosi e del modulo edometrico dei terreni argillosi (E_d) attraverso la relazione $E = B \times Q_c$ dove B rappresenta un coefficiente correttivo associato alle diverse tipologie di materiale.



Fig. 5 - Angolo di Resistenza al Taglio Efficace ("Searle" da prove PCPT)





Nel dettaglio si stima quanto segue:

UNITA' 2 - Stima delle principali proprietà fisico meccaniche del sottosuolo

Qc Kg/cm2	NSPT	Angolo attrito efficace Φ' (°)	Angolo attrito efficace Φ' (°)	Coesione non drenata Cu (Kg/cm2)	Mod. Edometrico/ Deformazione E' (Kg/cm2)	Peso di Volume Yn' (t/m3)
10-30		-	22-26	0.45-1.45	30-60	1.90-1.95
Correlazione		(1)	(2)	(3)	(5)	(-)

UNITA' 3 - Stima delle principali proprietà fisico meccaniche del sottosuolo

Qc Kg/cm2	NSPT	Angolo attrito efficace Φ' (°)	Angolo attrito efficace Φ' (°)	Coesione non drenata Cu (Kg/cm2)	Mod. Edometrico/ Deformazione E' (Kg/cm2)	Peso di Volume Yn' (t/m3)
100-300	49.5	35	30-40	-	213	1.95-2.00
Correlazione		(1)	(2)	(3)	(4)	

UNITA' 4 - Stima delle principali proprietà fisico meccaniche del sottosuolo

Qc Kg/cm2	NSPT	Angolo attrito efficace Φ' (°)	Angolo attrito efficace Φ' (°)	Coesione non drenata Cu (Kg/cm2)	Mod. Edometrico/ Deformazione E' (Kg/cm2)	Peso di Volume Yn' (t/m3)
10-30		-	25-27	-	30-60	1.90-1.95
Correlazione		(1)	(2)	(3)	(5)	



6 - PERICOLOSITA' GEOLOGICA

a - Pericolosità Idrogeologica

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

Per quanto concerne invece il rischio di esondazione si fa presente che, analizzando un intorno significativo dell'area oggetto d'interesse, si rileva che il corso d'acqua più vicino è il canale Albani; esso scorre ad una distanza minima di circa 160 metri ed impermeabilizzato ed ha una buona tenuta. Inoltre, per scongiurare possibili esondazioni, in un tratto del corso d'acqua posto più a monte, è stato realizzato uno scolmatore che taglia le eventuali portate critiche nei tratti più a valle.

Anche dall'osservazione degli elaborati del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) e dalle indagini fatte a corredo degli strumenti urbanistici del PRG non emergono rischi idrogeologici.

L'area di sedime dei manufatti da realizzare non è quindi attualmente interessata da fenomeni di dissesto idrogeologico.

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 ($F_a > 1.0$); il sito ricade infatti all'interno di una zona di fondovalle alluvionale con presenza di terreni incoerenti; presenta quindi un certo grado di esposizione ai fenomeni di amplificazione dinamica delle onde sismiche.

Azioni Sismiche di cui al D.M. 14/01/2008

Per le applicazioni previste dalla nuova normativa sismica riferibile al D.M. 14/01/2008 risulta quanto segue:

Zona Sismica

il territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone (fig. 6) ciascuna delle quali contrassegnata da un diverso valore di accelerazione sismica massima orizzontale (a_g) riferita a suolo rigido con valori di velocità delle onde di taglio $V_{s30} \geq 800$ m/sec.



Fig. 6

Zona Sismica	a_g
1	0.35
2	0.25
3	0.15
4	0.05

l'area di studio ricade in Zona Sismica 2 con valori convenzionali $a_g = 0.25$

Categoria di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto la norma definisce sette categorie di sottosuolo (fig. 7) in base ai valori di velocità equivalente V_{s30} di propagazione delle onde di taglio entro una profondità di 30 m.

Fig. 7

NTC/2008

Categorie di sottosuolo previste dalla adozione della procedura semplificata per la definizione della azione sismica di progetto

CATEGORIA A Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/sec eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione di spessore massimo di 3.0 m

CATEGORIA B Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori > 30 m caratterizzati da un graduale miglioramento delle caratteristiche meccaniche con la profondità e valori di V_{s30} compresi fra 360-800 m/sec ovvero: $N_{spt30} > 50$ per terreni a grana grossa - $Cu_{30} > 250$ KPa nei terreni a grana fine.

CATEGORIA C Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori > 30 m caratterizzati da un graduale miglioramento delle caratteristiche meccaniche con la profondità e valori di V_{s30} compresi fra 180-360 m/sec ovvero: N_{spt30} compreso fra 15-50 per terreni a grana grossa - Cu_{30} compreso fra 70-250 KPa nei terreni a grana fine.

CATEGORIA D Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti con spessori > 30 m caratterizzati da un graduale miglioramento delle caratteristiche meccaniche con la profondità e valori di $V_{s30} < 180$ m/sec ovvero: $N_{spt30} < 15$ per terreni a grana grossa - $Cu_{30} < 70$ KPa nei terreni a grana fine

CATEGORIA E Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m posti sul substrato di riferimento con valori di $V_{s30} > 800$ m/sec ovvero: $N_{spt30} < 15$ per terreni a grana grossa - $Cu_{30} < 70$ KPa nei terreni a grana fine

CATEGORIA S1 Depositati di terreni caratterizzati da valori di V_{s30} inferiori a 100 m/sec, che includono uno strato di almeno 8 m di terreno a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche ovvero: Cu_{30} compreso fra 10-20 KPa nei terreni a grana fine

CATEGORIA S2 Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Le categorie S1 e S2 sono categorie aggiuntive rispetto a quelle principali A/B/C/D/E; per tali categorie è necessario predisporre specifiche analisi per la determinazione delle azioni sismiche.

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{h_i}{V_i}}$$

h_i = spessore strato *i-esimo*;

V_i = velocità onda di taglio *i-esima*;

N = numero strati.

Dalla applicazione del metodo previsto dalla Norma NTC/2008 risulta che il valore V_{s30} è fortemente influenzato dagli strati meno rigidi presenti nei 30 m di sottosuolo; il calcolo di N_{spt30} e di Cu_{30} deriva dalla applicazione della formula suesposta avendo cura di sostituire V_i con i valori N_{spt} o Cu .

Nel caso specifico, per la definizione indicativa della categoria di sottosuolo ci si è riferiti:

- al valore V_{s30} direttamente calcolato con le prove sismiche MASW;
- alla profondità di 30 m a partire dal p.c. attuale.

IL valore equivalente della velocità delle onde di taglio V_{s30} ricavato dalla prova simica MASW sull'area di fondovalle è risultato:

$$V_{s30} = 431 \text{ m/sec}$$

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

Categoria di sottosuolo	V_{s30} (NTC/2008)
B	360-800 m/sec

Si tratta quindi di terreni che determinano fenomeni di amplificazione stratigrafica delle onde sismiche.

Coefficiente di amplificazione topografica

Il coefficiente di amplificazione topografica S_T assume i valori di seguito riportati in funzione della morfologia e dell'ubicazione dell'intervento (fig. 8):

Fig. 8

Categoria topografica	Caratteristiche topografiche	Ubicazione opera	S_T
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 $i > 30^\circ$	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

 <p>GEOCON STUDIO ASSOCIATO PER LA GEOLOGIA E LA SICUREZZA</p>	<p>Commessa 1302/13 Bajocchi Giancarla Bertulli Graziella - Bertulli Paolo Bertulli Giovanna - Bertulli Luigi</p>	<p>RELAZIONE GEOLOGICA <u>D.M. 14/01/2008 E CIRC. LL.PP. N° 617/09</u></p>	<p>Pag. 24 di 26</p>
--	---	---	----------------------

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

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 e 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 metri di profondità.

Nel caso specifico, poiché la falda freatica è alla profondità di 10 metri circa dal p.c. locale e poiché i terreni costituenti i primi 30 metri del sottosuolo (dati bibliografici) sono caratterizzati da materiali eterogranulari ghiaiosi e sabbioso-ghiaiosi, mediamente addensati e addensati con locali intercalazioni di limi argillosi e sabbie limose, si ritiene che non ci siano le condizioni affinché si verificino fenomeni di liquefazione dei terreni.



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 di un'area pianeggiante, all'interno di una zona che non risulta interessata da condizioni di pericolosità idrogeologica.

Anche in un intorno significativo non sono stati rilevati fenomeni di dissesto in atto o potenziale che possano coinvolgere direttamente o indirettamente la zona oggetto di indagine, come risulta anche dalla consultazione della documentazione di cui agli studi condotti per il Piano Regolatore e degli elaborati del PAI.

L'intervento consiste nella costruzione di tre edifici residenziali e di uno misto (commerciale e residenziale) su quattro lotti con un SUL rispettivamente di m² 374 il primo, m² 220 il secondo, m² 300 il terzo e m² 280 il quarto. Per un maggior dettaglio si vedano gli stralci progettuali allegati (all. 10).

Riguardo alla tipologia di fondazione, visto il modello geologico del sottosuolo, sono possibili fondazioni dirette. In merito alla loro profondità si ricorda che in ogni caso i piani di posa dovranno risultare comunque 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.

Riguardo alla nuova strada di lottizzazione, vista la natura dei terreni del sottosuolo, si raccomanda di realizzare un sottofondo di almeno 65 centimetri di spessore, costituito da pietrisco ben rullato e costipato, al fine di superare l'attuale strato di terreno vegetale e/o di riporto antropico poco consistente e avente uno spessore generalmente \leq m 1.00. In alternativa, previa verifica mediante pozzetti geognostici nello strato di terreno più superficiale, si potrà procedere con il trattamento a calce dei terreni superficiali, trattamento particolarmente efficace nei terreni coesivi, previo decorticamento di quello vegetale.

Dal punto di vista della pericolosità sismica l'area è caratterizzata da condizioni morfostratigrafiche locali per effetto delle quali è ragionevole attendersi fenomeni di amplificazione delle onde sismiche; per le applicazioni previste dalla vigente normativa sismica di cui al D.M. 14/01/2008 le indagini sismiche eseguite hanno consentito di definire un profilo di V_{s30} a partire dal p.c. attuale pari a **431 m/sec**, tale da associare il sottosuolo alla **categoria "B"** quindi *"Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori > 30 m caratterizzati da un graduale miglioramento delle caratteristiche meccaniche con la profondità e valori di V_{s30} compresi fra 360-800 m/sec ovvero: $N_{sp30} > 50$ per terreni a grana grossa - $Cu30 > 250$ KPa nei terreni a grana fine"*.

Si raccomanda inoltre:



- di porre la dovuta e necessaria attenzione alle acque meteoriche superficiali di apporto diretto e indiretto al fine di evitare l'infiltrazione nel sottosuolo e nei terreni di fondazione in corrispondenza dell'area di sedime dei nuovi manufatti e delle relative infrastrutture; dovranno quindi essere realizzate opere permanenti di regimazione idrogeologica delle acque meteoriche che consentano, sin dall'avvio della fase esecutiva e quindi della cantierizzazione dell'area, l'allontanamento delle acque al di fuori dell'area di pertinenza di tutte le opere in progetto;
- di mantenere inderogabilmente in efficienza la rete di scolo e drenaggio delle acque meteoriche.

Fano, Maggio 2013



GEOCON
STUDIO ASSOCIATO PER LA
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

Commessa 1302/13
Bajocchi Giancarla
Bertulli Graziella - Bertulli Paolo
Bertulli Giovanna - Bertulli Luigi

RELAZIONE GEOLOGICA
D.M. 14/01/2008 E CIRC. LL.PP. N° 617/09

Pag. 27 di 40

APPENDICE 1

CORRELAZIONI PER L'INTERPRETAZIONE DELLE PROVE IN SITO

**DEFINIZIONI**

N_{SPT}	numero colpi / 30 cm della prova penetrometrica SPT
Q_c	resistenza statica alla punta della prova penetrometrica statica CPT
F_s	resistenza specifica laterale della prova penetrometrica statica CPT
P_{vo}	pressione litostatica totale
P'_{vo}	pressione litostatica efficace

INTERPRETAZIONE LITOLOGICA

Racc. AGI 1977	$Q_c/F_s \leq 15$	Torba e Argilla Organica
	$Q_c/F_s = 15/30$	Limi e Argille
	$Q_c/F_s = 30/60$	Limi Sabbiosi / Sabbie Limose
	$Q_c/F_s > 60$	Sabbie e Sabbie con Ghiaia

Searle 1979	$Q_c/F_s \leq 6.0$	Torba
	$Q_c/F_s = 6.0/8.5$	Argilla Torbosa
	$Q_c/F_s = 8.5/12.0$	Argilla
	$Q_c/F_s = 12.0/16.0$	Argilla Limosa
	$Q_c/F_s = 16.0/23.0$	Limo Argilloso
	$Q_c/F_s = 23.0/32.0$	Limo Argilloso Sabbioso
	$Q_c/F_s = 32.0/45.0$	Sabbia Argilloso Limosa
	$Q_c/F_s = 45.0/60.0$	Sabbia Limosa
	$Q_c/F_s = 60.0/85.0$	Sabbia
	$Q_c/F_s = 85.0/120.0$	Sabbia Ghiaiosa
	$Q_c/F_s = 120/160$	Ghiaia Sabbiosa
$Q_c/F_s = 160/450$	Ghiaia	

RAPPORTO Q_c/N_{SPT}

Robertson et Al. 1983	$Q_c/N_{spt} = 1-2$	per Argille e Argille Limose
	$Q_c/N_{spt} = 2-3$	per Limi argillosi, Limi sabbiosi
	$Q_c/N_{spt} = 3-4$	per Sabbie limose
	$Q_c/N_{spt} = 4-5$	per Sabbie fini e medio fini
	$Q_c/N_{spt} = 5-8$	per Sabbie medie e grossolane

**COESIONE NON DRENATA (C_u) DELLE 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 ²) per argille di media plasticità
Shioi-Fukui 1982	$C_u = F N_{SPT}$ $F = 0.025$ $F = 0.05$	(Kg/cm ²) per argille di media plasticità per argille di alta plasticità

MODULO EDOMETRICO (E) DELLE 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 ²) per argille di media plasticità per argille di bassa plasticità

**ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO EFFICACE (Φ')**

Peck-Hanson-Thorburn, 74	$\Phi' < 25^\circ$ $\Phi' = 25-30^\circ$ $\Phi' = 30-36^\circ$ $\Phi' = 36-41^\circ$ $\Phi' > 41^\circ$	per Nspt < 4 (sabbia molto sciolta) per Nspt 4-10 (sabbia sciolta) per Nspt 10-30 (sabbia media) per Nspt 30-50 (sabbia densa) per Nspt > 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	$\Phi' = (15 \times N_{SPT})^{0.5} + 15$	
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	$\Phi' = (20 \times N_{SPT})^{0.5} + 15$	Per sabbie medie, grossolane Ghiaiose
De Beer (1965/1967)	$\Phi' = 5.9 + 4.76 \times \ln (Q_c/P'_{vo})$	
Searle 1979	Correlazione grafica	

MODULO DI DEFORMAZIONE (E) DELLE TERRE INCOERENTI

Trofimenkov 1974	$E = B \times Q_c$	B = 3.5 (per sabbie)
Mitchell-Gardner 1975	$E = B \times Q_c$	B = 1.5-3.0 (per sabbie)
Farrent 1963	$E = 7.1 N_{SPT}$	per sabbie (Kg/cm ²)
Menzebach & Malcev	$E = C \times N_{SPT} + 38$	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

Dr = 15-35% Sabbia sciolta

Dr = 35-65% Sabbia media

Dr = 65-85% Sabbia densa

Dr = 85-100% Sabbia molto densa

(N_{SPT} 0-4)(N_{SPT} 4-10)(N_{SPT} 10-30)(N_{SPT} 30-50)(N_{SPT} > 50)

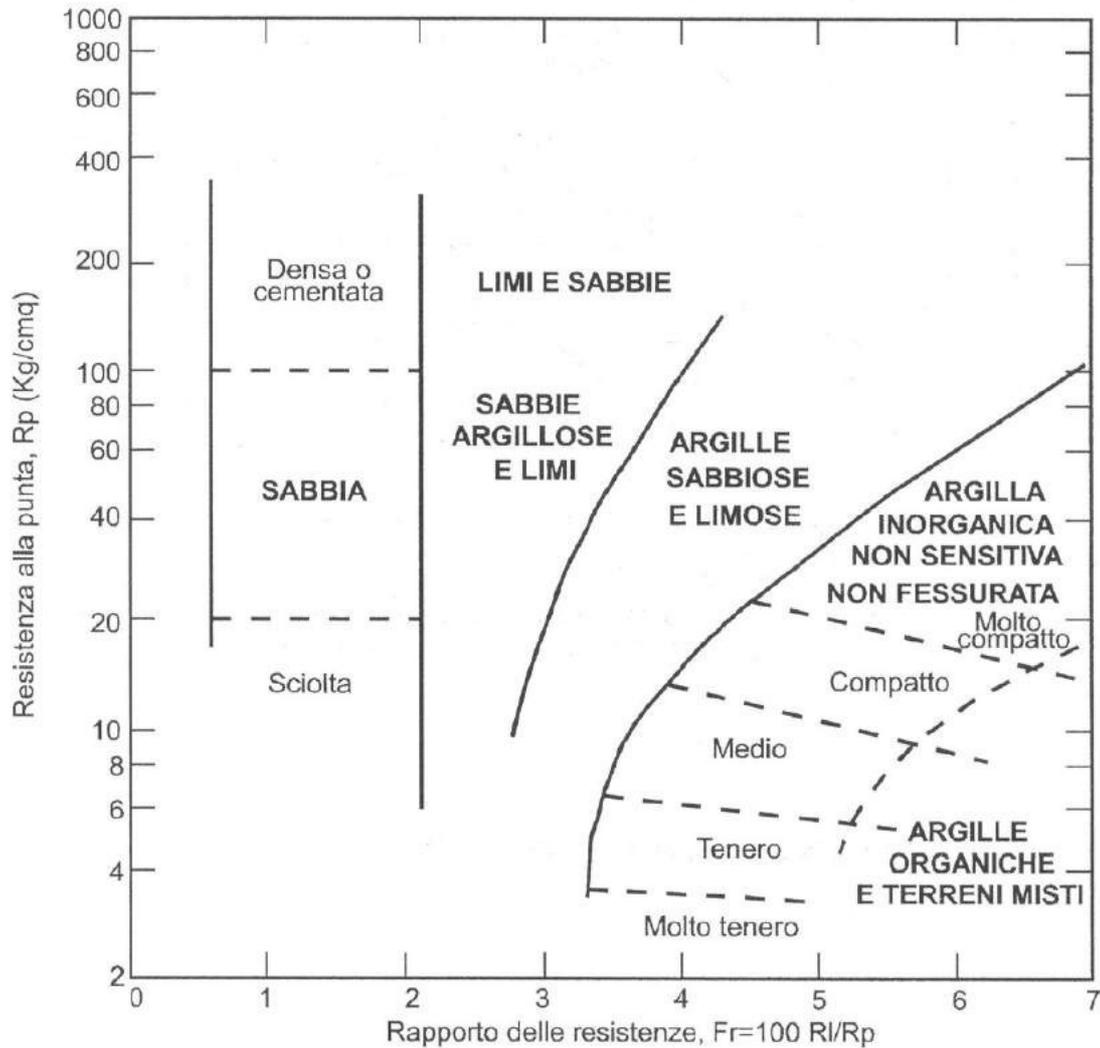
Harman

Dr = 34.36 x ln ((Qc/(12.3xP'vo^{0.7}))

per sabbie

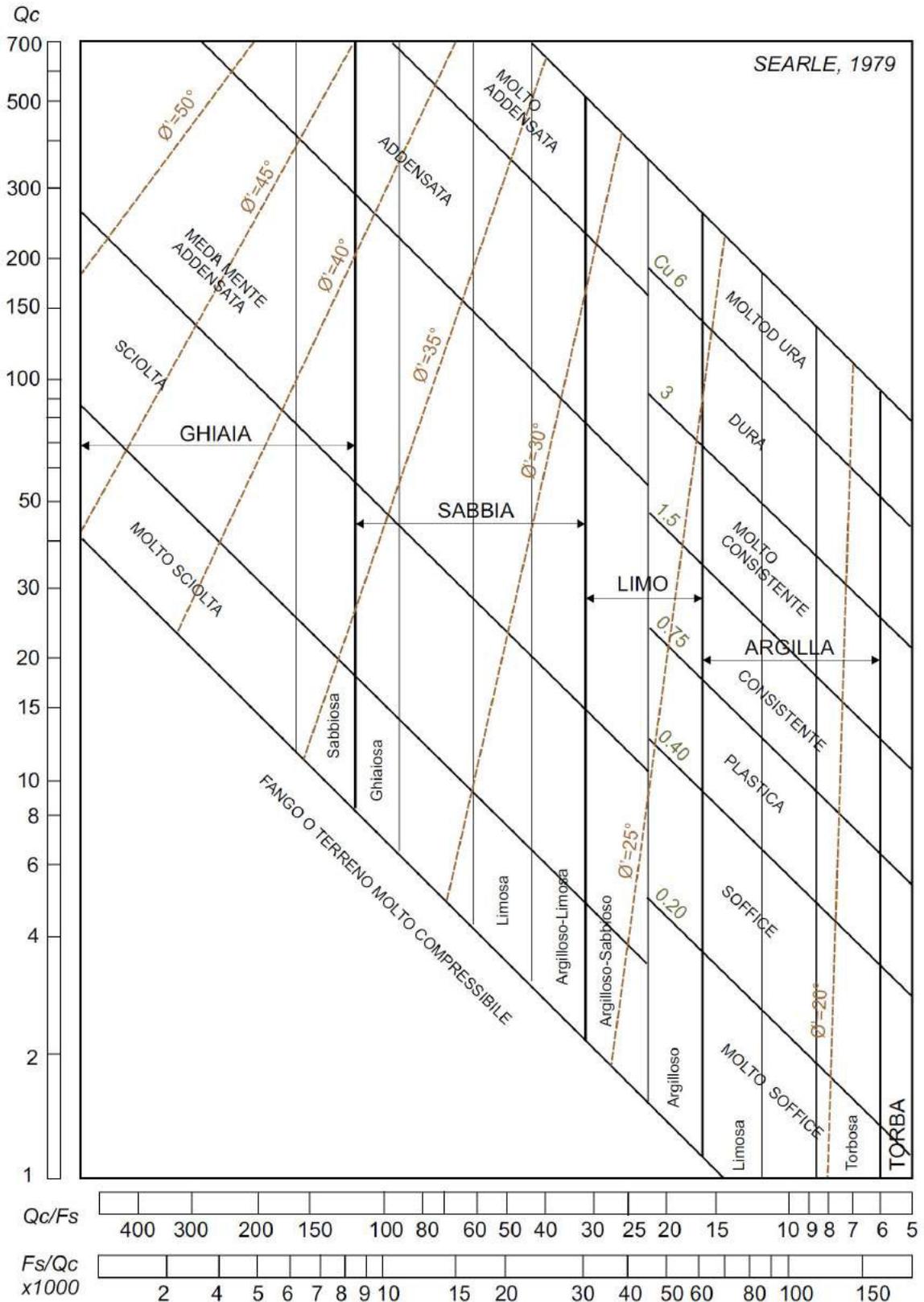


GRAFICO DI SCHMERTMANN (1978) PER L'IDENTIFICAZIONE LITOLOGICA DA PROVE CPT





CORRELAZIONE GRAFICA DI SEARLE (1979) PER PROVE CPT





GEOCON
STUDIO ASSOCIATO PER LA
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

Commessa 1302/13
Bajocchi Giancarla
Bertulli Graziella - Bertulli Paolo
Bertulli Giovanna - Bertulli Luigi

RELAZIONE GEOLOGICA
D.M. 14/01/2008 E CIRC. LL.PP. N° 617/09

Pag. 28 di 40

ALLEGATI



GEOCON
STUDIO ASSOCIATO PER LA
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

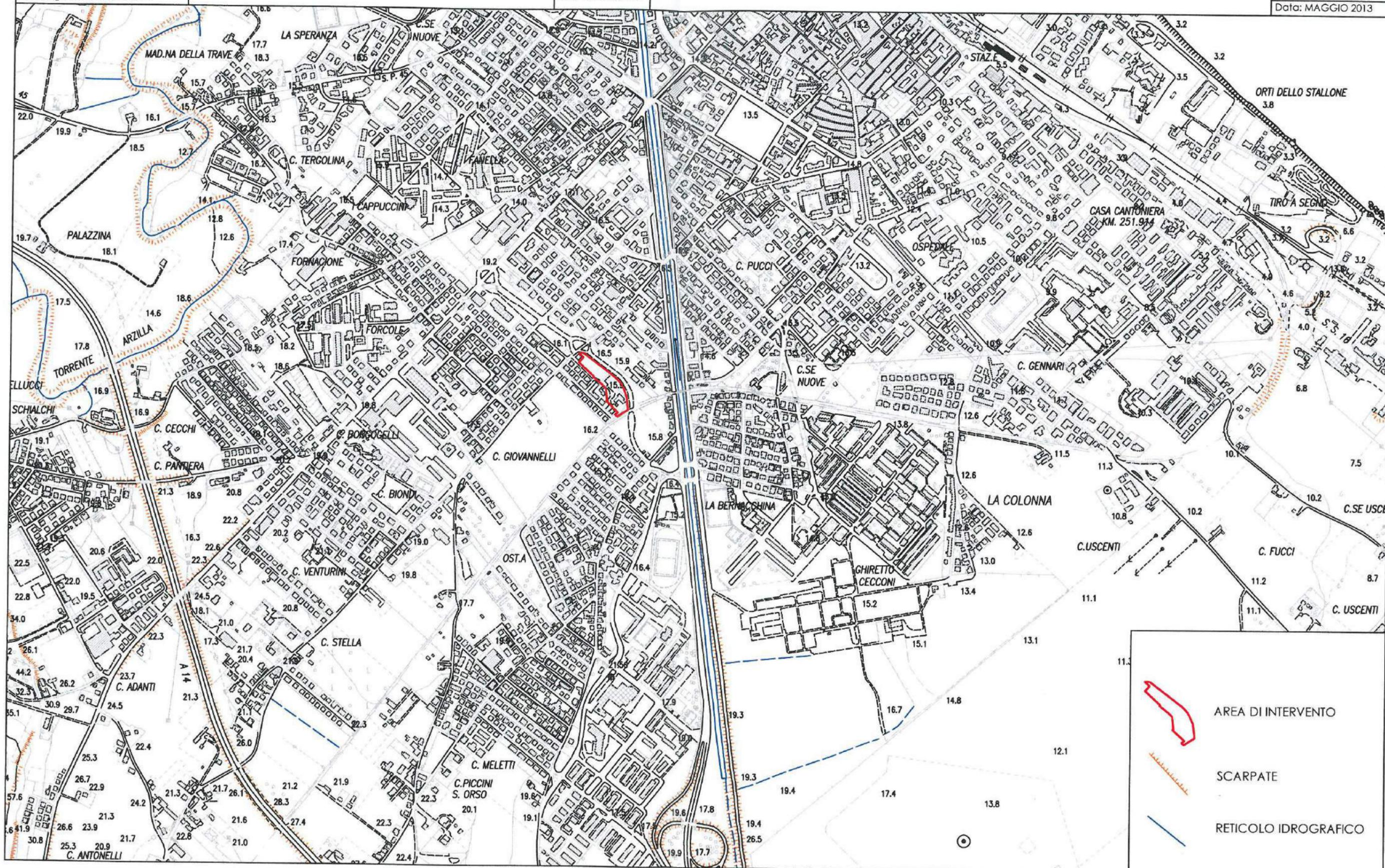
Commessa 1302/13
Bajocchi Giancarla
Bertulli Graziella - Bertulli Paolo
Bertulli Giovanna - Bertulli Luigi

RELAZIONE GEOLOGICA
D.M. 14/01/2008 E CIRC. LL.PP. N° 617/09

Pag. 29 di 40

ALLEGATO 1

CARTA TECNICA REGIONALE - C.T.R.





GEOCON
STUDIO ASSOCIATO PER LA
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

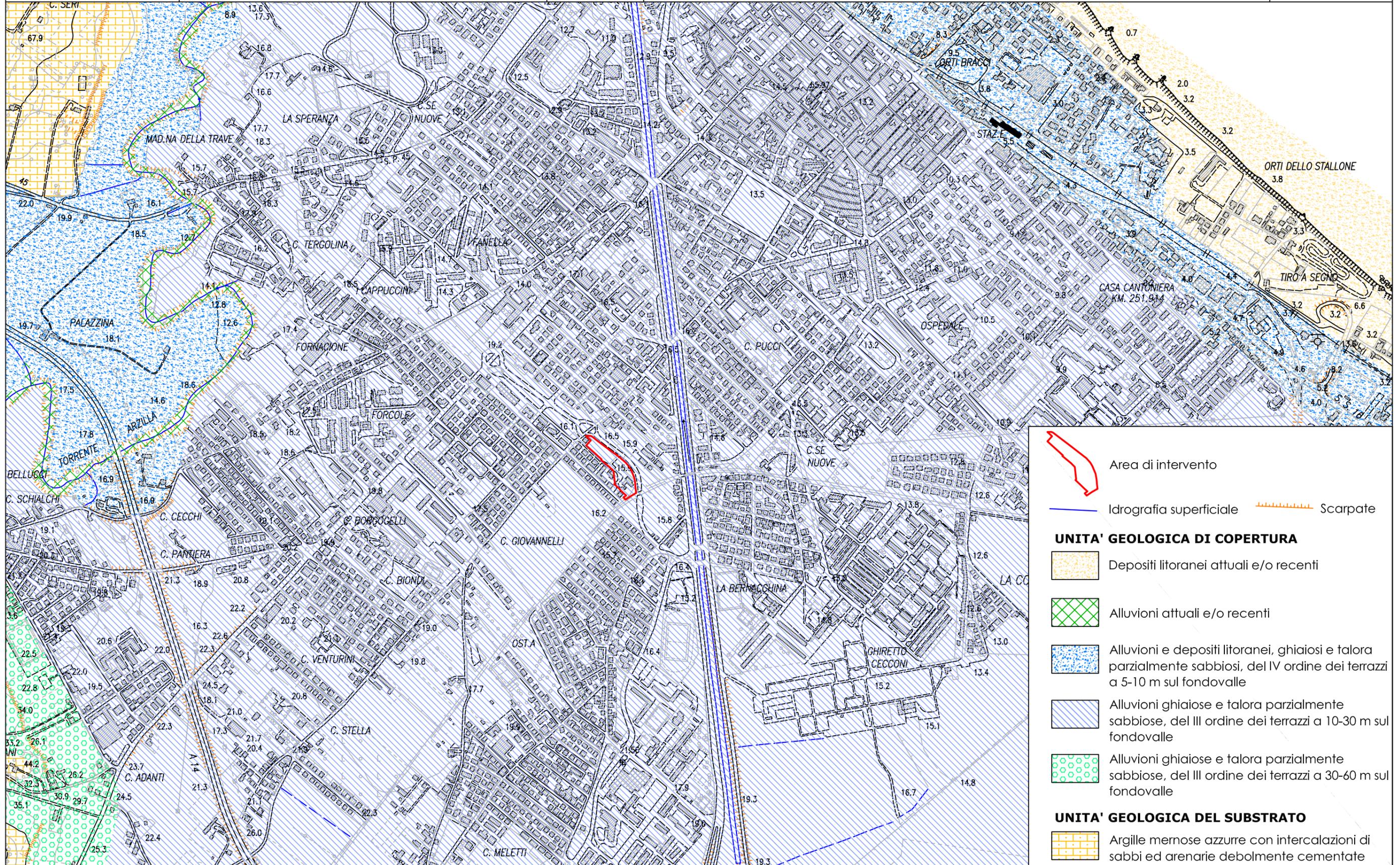
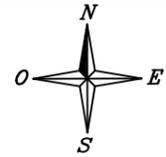
Commessa 1302/13
Bajocchi Giancarla
Bertulli Graziella - Bertulli Paolo
Bertulli Giovanna - Bertulli Luigi

RELAZIONE GEOLOGICA
D.M. 14/01/2008 E CIRC. LL.PP. N° 617/09

Pag. 30 di 40

ALLEGATO 2

CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA





GEOCON
STUDIO ASSOCIATO PER LA
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

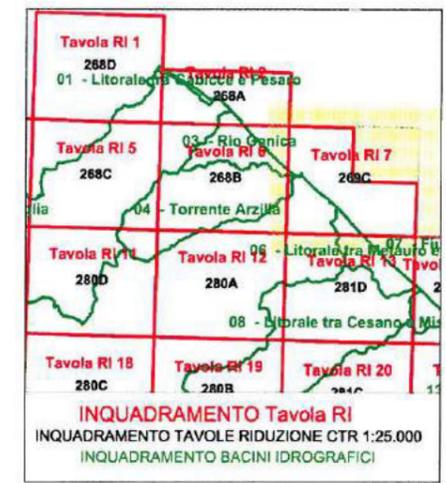
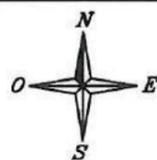
Commessa 1302/13
Bajocchi Giancarla
Bertulli Graziella - Bertulli Paolo
Bertulli Giovanna - Bertulli Luigi

RELAZIONE GEOLOGICA
D.M. 14/01/2008 E CIRC. LL.PP. N° 617/09

Pag. 31 di 40

ALLEGATO 3

STRALCIO CARTOGRAFICO PAI



LEGENDA

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

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

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

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

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

- Rischio molto elevato (R4)

Limite di bacino idrografico

DESCRIZIONE CODICE LEGATO AI FENOMENI

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

+ Limite Regionale

Limite Provinciale



GEOCON
STUDIO ASSOCIATO PER LA
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

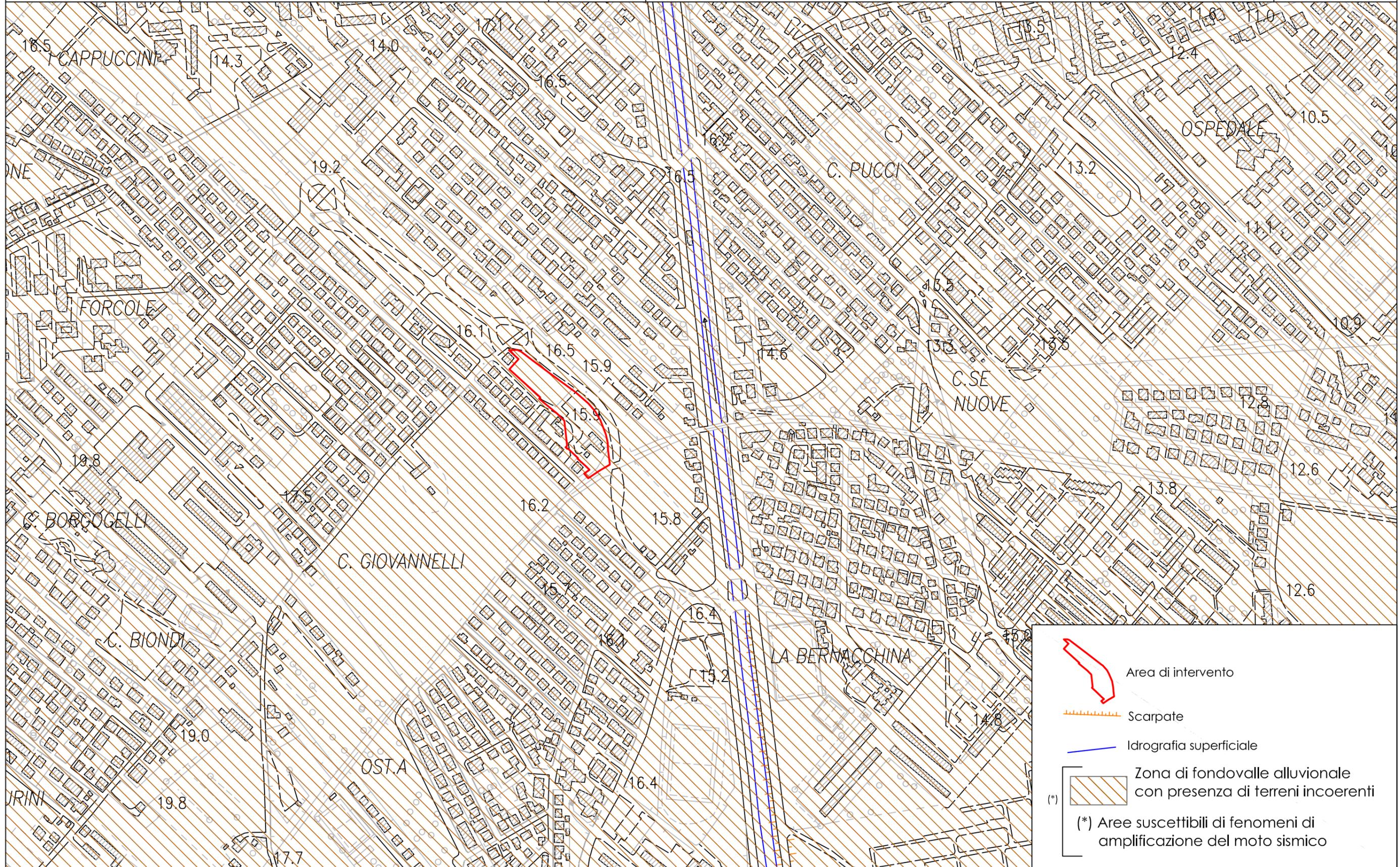
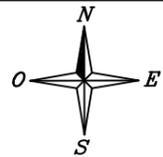
Commessa 1302/13
Bajocchi Giancarla
Bertulli Graziella - Bertulli Paolo
Bertulli Giovanna - Bertulli Luigi

RELAZIONE GEOLOGICA
D.M. 14/01/2008 E CIRC. LL.PP. N° 617/09

Pag. 32 di 40

ALLEGATO 4

CARTA DELLE PERICOLOSITA GEOLOGICHE E SISMICHE





GEOCON
STUDIO ASSOCIATO PER LA
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

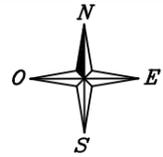
Commessa 1302/13
Bajocchi Giancarla
Bertulli Graziella - Bertulli Paolo
Bertulli Giovanna - Bertulli Luigi

RELAZIONE GEOLOGICA
D.M. 14/01/2008 E CIRC. LL.PP. N° 617/09

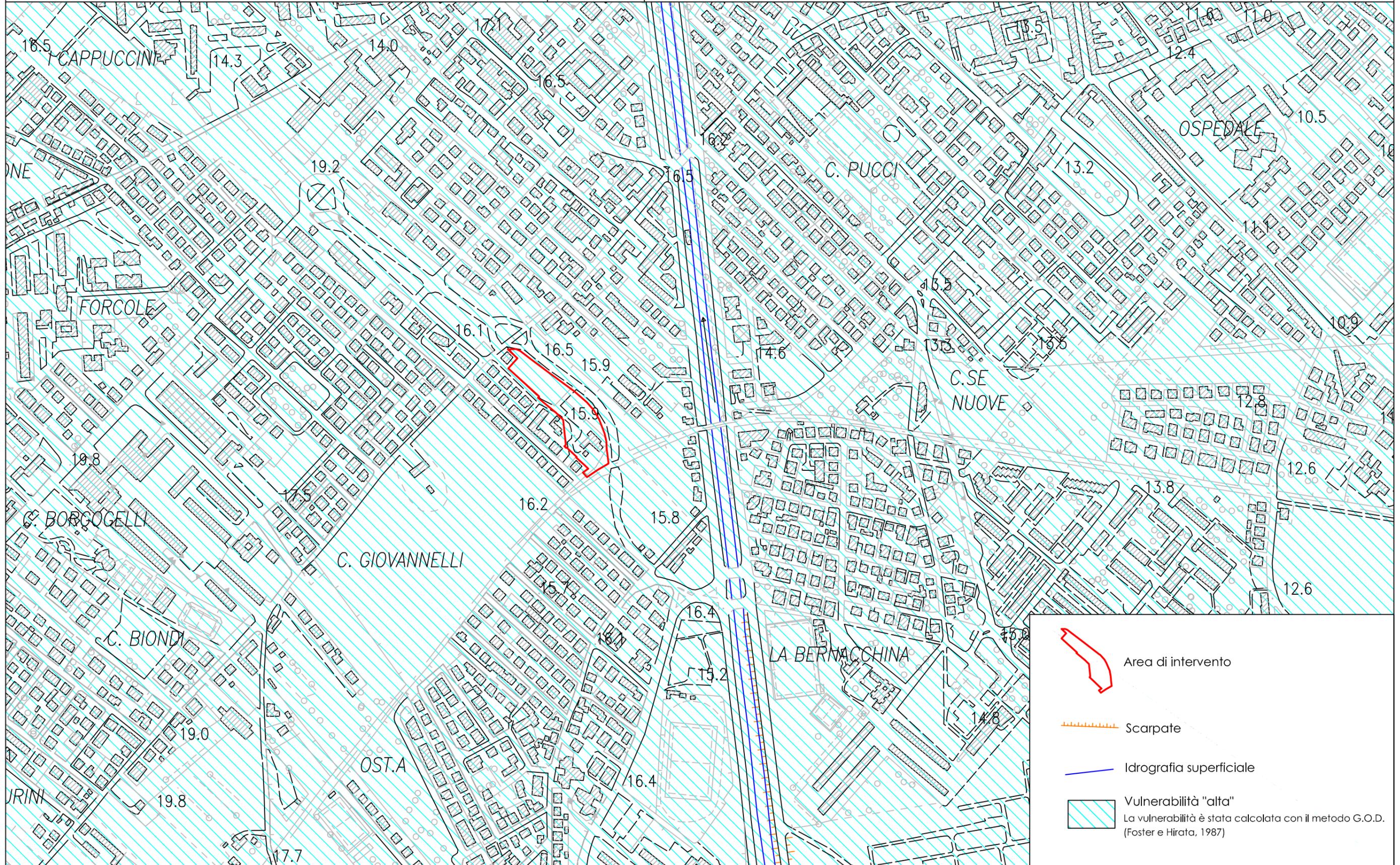
Pag. 33 di 40

ALLEGATO 5

CARTA DELLA VULNERABILITA' DELLA FALDA



CARTA DELLA VULNERABILITA' DELLA FALDA



-  Area di intervento
-  Scarpate
-  Idrografia superficiale
-  Vulnerabilità "alta"
La vulnerabilità è stata calcolata con il metodo G.O.D.
(Foster e Hirata, 1987)



GEOCON
STUDIO ASSOCIATO PER LA
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

Commessa 1302/13
Bajocchi Giancarla
Bertulli Graziella - Bertulli Paolo
Bertulli Giovanna - Bertulli Luigi

RELAZIONE GEOLOGICA
D.M. 14/01/2008 E CIRC. LL.PP. N° 617/09

Pag. 34 di 40

ALLEGATO 6

CARTA PLANOALTIMETRICA

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



GEOCON

STUDIO ASSOCIATO PER LA
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

Geol. Angelo RENZONI
Geol. Michele GLIASCERA
Geol. Walter BORGHI

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

COMPARTO RESIDENZIALE DI RICUCITURA
URBANA VIA GUINIZZELLI - STE_P16
COMUNE DI FANO

ALLEGATO

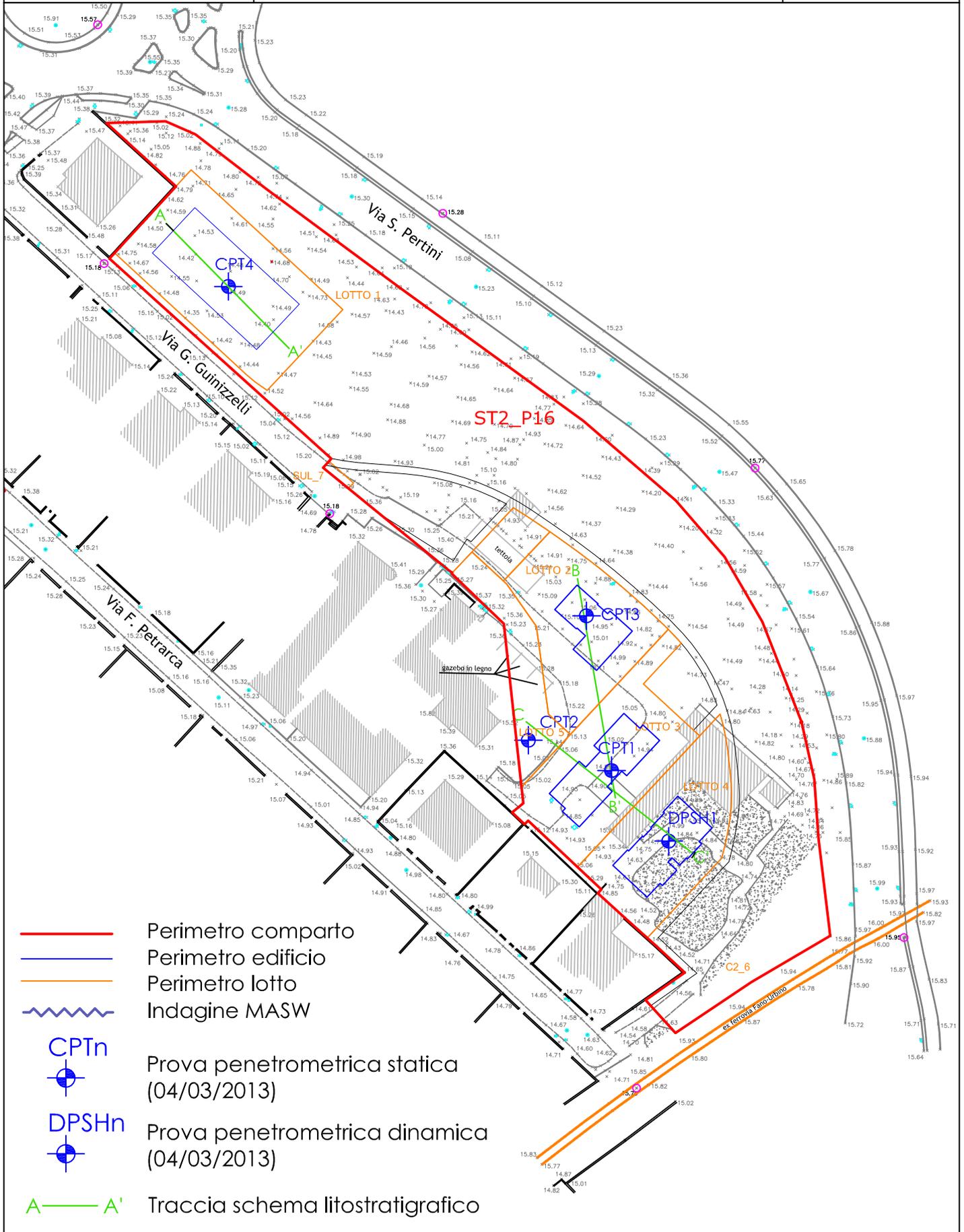
6

PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOLOGICHE E
TRACCIA SCHEMI LITOSTRATIGRAFICI INTERPRETATIVI

SCALA 1:1.000

Commessa:1302/13

Data: MAGGIO 2013





GEOCON
STUDIO ASSOCIATO PER LA
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

Commessa 1302/13
Bajocchi Giancarla
Bertulli Graziella - Bertulli Paolo
Bertulli Giovanna - Bertulli Luigi

RELAZIONE GEOLOGICA
D.M. 14/01/2008 E CIRC. LL.PP. N° 617/09

Pag. 35 di 40

ALLEGATO 7

CERTIFICATI E GRAFICI DELLE PROVE PENETROMETRICHE



GEOCON
STUDIO ASSOCIATO PER LA
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

Commessa 1302/13
Bajocchi Giancarla
Bertulli Graziella - Bertulli Paolo
Bertulli Giovanna - Bertulli Luigi

RELAZIONE GEOLOGICA
D.M. 14/01/2008 E CIRC. LL.PP. N° 617/09

Pag. 36 di 40

ALLEGATO 7a
CERTIFICATI E GRAFICI DELLA PROVA
PENETROMETRICA DINAMICA DPSH

- cantiere : BAJOCCHI GIANCARLA e Altri
- lavoro : Piano di Lottizzazione
- località : Fano (PU), via Guizzinelli

- data prova : 04/03/2013
- data emiss.: 06/03/2013

PENETROMETRO DINAMICO PAGANI: TG 63-200 ISM.C matricola P 000988

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla Certificato	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

CARATTERISTICHE TECNICHE : TG 63-200 ISM.C

PESO MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 0,63 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 51,00 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,43 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 6,31 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	P1 = 0,40 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,20$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) \Rightarrow Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A δ) = 11,66 kg/cm ² (prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm ²)
COEFF. TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,489$ (teoricamente : Nspt = β_t N)

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N

M = peso massa battente (altezza caduta H)
P = peso totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm² = 0.098067 MPa \approx 0,1 MPa
1 MPa = 1 MN/m² = 10.197 kg/cm²
1 bar = 1.0197 kg/cm² = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg



dott. Giorgio PIAGNANI - geologo

STUDIO GEOLAND - indagini geologiche ed ambientali

mail: geolandpg@tiscali.it - PEC: geolandpg@epap.sicurezza postale.it

SEDE LEGALE: P.zza I^o Maggio n. 5 - 06081 Assisi (PG)

SEDE OPERATIVA: Via V. Veneto n. 14 - 06083 Bastia Umbra (PG)
tel. & fax: 075.3723177 - mobile: 338.2940003

C.F. - P. IVA: PGNGRG72H16G478M - 02540680549

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- cantiere : BAJOCCHI GIANCARLA e Altri
- lavoro : Piano di Lottizzazione
- località : Fano (PU), via Guizzinelli

- data prova : 04/03/2013
- quota inizio : 0.00
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 06/03/2013

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0,00 - 0,20	6	63,0	1	4,40 - 4,60	4	29,0	6
0,20 - 0,40	14	147,1	1	4,60 - 4,80	3	21,8	6
0,40 - 0,60	11	106,1	2	4,80 - 5,00	3	21,8	6
0,60 - 0,80	11	106,1	2	5,00 - 5,20	4	29,0	6
0,80 - 1,00	3	28,9	2	5,20 - 5,40	3	21,8	6
1,00 - 1,20	1	9,6	2	5,40 - 5,60	3	20,5	7
1,20 - 1,40	1	9,6	2	5,60 - 5,80	4	27,3	7
1,40 - 1,60	1	8,9	3	5,80 - 6,00	4	27,3	7
1,60 - 1,80	1	8,9	3	6,00 - 6,20	6	41,0	7
1,80 - 2,00	2	17,8	3	6,20 - 6,40	4	27,3	7
2,00 - 2,20	2	17,8	3	6,40 - 6,60	5	32,3	8
2,20 - 2,40	3	26,7	3	6,60 - 6,80	11	71,0	8
2,40 - 2,60	3	24,8	4	6,80 - 7,00	12	77,5	8
2,60 - 2,80	2	16,6	4	7,00 - 7,20	14	90,4	8
2,80 - 3,00	2	16,6	4	7,20 - 7,40	26	167,9	8
3,00 - 3,20	2	16,6	4	7,40 - 7,60	29	177,5	9
3,20 - 3,40	3	24,8	4	7,60 - 7,80	35	214,2	9
3,40 - 3,60	3	23,2	5	7,80 - 8,00	27	165,3	9
3,60 - 3,80	3	23,2	5	8,00 - 8,20	27	165,3	9
3,80 - 4,00	4	30,9	5	8,20 - 8,40	29	177,5	9
4,00 - 4,20	4	30,9	5	8,40 - 8,60	61	354,9	9
4,20 - 4,40	3	23,2	5				10



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-200 ISM.C**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

- A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**



dott. Giorgio PIAGNANI - geologo

STUDIO GEOLAND - indagini geologiche ed ambientali

mail: geolandpg@tiscali.it - PEC: geolandpg@epap.sicurezza postale.it

SEDE LEGALE: P.zza I° Maggio n. 5 - 06081 Assisi (PG)

SEDE OPERATIVA: Via V. Veneto n. 14 - 06083 Bastia Umbra (PG)
tel. & fax: 075.3723177 - mobile: 338.2940003

C.F. - P. IVA: PGNGRG72H16G478M - 02540680549

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1

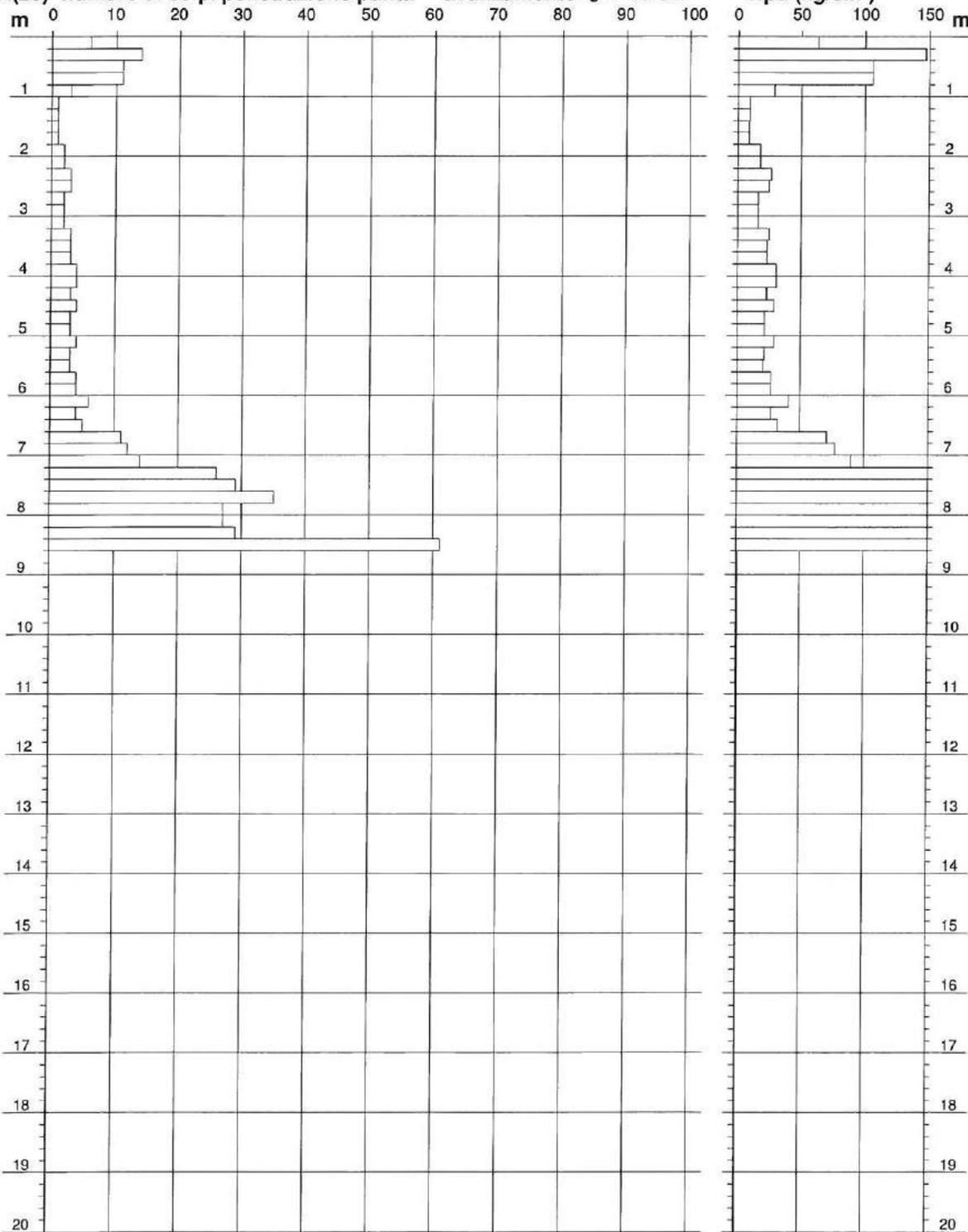
Scala 1: 100

- cantiere : BAJOCCHI GIANCARLA e Altri
- lavoro : Piano di Lottizzazione
- località : Fano (PU), via Guizzinelli

- data prova : 04/03/2013
- quota inizio : 0.00
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 06/03/2013

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm



dott. Giorgio PIAGNANI - geologo

STUDIO GEOLAND - indagini geologiche ed ambientali

mail: geolandpg@fiscali.it - PEC: geolandpg@epap.sicurezza postale.it

SEDE LEGALE: P.zza I° Maggio n. 5 - 06081 Assisi (PG)

SEDE OPERATIVA: Via V. Veneto n. 14 - 06083 Bastia Umbra (PG)

tel. & fax: 075.3723177 - mobile: 338.2940003

C.F. - P. IVA: PGNGRG72H16G478M - 02540680549



GEOCON
STUDIO ASSOCIATO PER LA
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

Commessa 1302/13
Bajocchi Giancarla
Bertulli Graziella - Bertulli Paolo
Bertulli Giovanna - Bertulli Luigi

RELAZIONE GEOLOGICA
D.M. 14/01/2008 E CIRC. LL.PP. N° 617/09

Pag. 37 di 40

ALLEGATO 7b

CERTIFICATI E GRAFICI DELLE PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT

- committente : BAJOCCHI Giancarla e Altri
- lavoro : Piano di Lottizzazione
- località : Via Guinizzelli - FANO (PU)
- note : Riferimento: Studio Geocon, Via Gozzi - Fani (PU)

- data esecuzione: 04/03/2013

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

**PENETROMETRO PAGANI TG 63-200 Kn STATICO OLANDESE tipo GOUDA (tipo meccanico)
Matricola n. P000988**

Caratteristiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35.7 mm, angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$, area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' (\varnothing 35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. Am. = 150 cm^2)
- velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm / sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm / sec}$)
- spinta max nominale dello strumento S_{max} variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione (lett. \Rightarrow Spinta) $C_t = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$

fase 1 - resistenza alla punta $q_c \text{ (Kg / cm}^2\text{)} = (\text{L. punta}) C_t / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale $f_s \text{ (Kg / cm}^2\text{)} = [(\text{L. laterale}) - (\text{L. punta})] C_t / 150$

fase 3 - resistenza totale $R_t \text{ (Kg)} = (\text{L. totale}) C_t$

$q_c / f_s = \text{'rapporto Begemann'}$

- L. punta = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta (fase 1)
- L. laterale = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- L. totale = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

N.B. : la spinta $S \text{ (Kg)}$, corrispondente a ciascuna fase, si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna L per la costante di trasformazione C_t .

N.B. : causa la distanza intercorrente (20 cm circa) fra il manicotto laterale e la punta conica del penetrometro, la resistenza laterale locale f_s viene computata 20 cm sopra la punta

CELLA DI CARICO: AEP transducers
Modello: TC4 20 ton
Numero seriale: TGAS11 - 202002
Capacità massima (kg): 20.000
Data ultima verifica calibrazione: 20 Aprile 2012



dott. Giorgio PIAGNANI - geologo

STUDIO GEOLAND - indagini geologiche ed ambientali

mail: geolandpg@tiscali.it - PEC: geolandpg@epap.sicurezza postale.it

SEDE LEGALE: P.zza I° Maggio n. 5 - 06081 Assisi (PG)

SEDE OPERATIVA: Via V. Veneto n. 14 - 06083 Bastia Umbra (PG)
tel. & fax: 075.3723177 - mobile: 338.2940003

C.F. - P. IVA: PGNRG72H16G478M - 02540680549

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

Valutazioni in base al rapporto: $F = (q_c / f_s)$

(Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977)

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

F = q_c / f_s	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
F < 15	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
15 < F ≤ 30	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
30 < F ≤ 60	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
F > 60	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di q_c e di $FR = (f_s / q_c) \%$:

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$ di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato (inalterato) , per depositi coesivi.

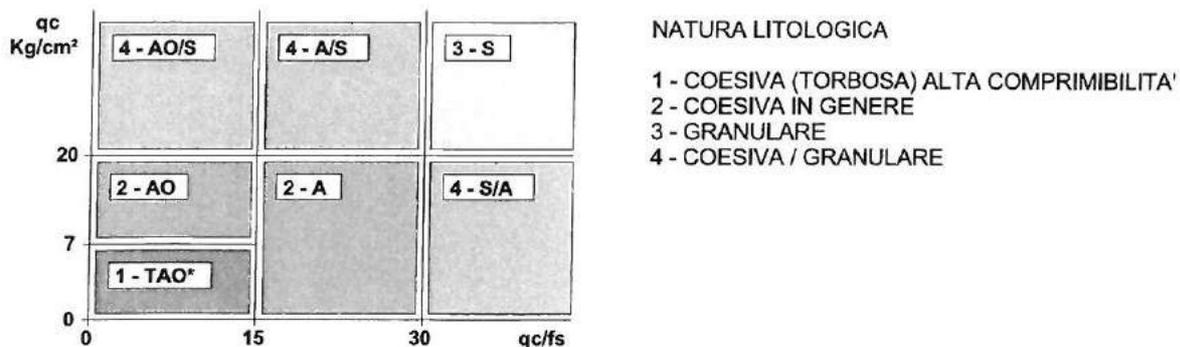
LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

SCELTE LITOLOGICHE (validità orientativa)

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto qc / fs (Begemann 1965 -Raccomandazioni A.G.I. 1977), prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

$qc \leq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni COESIVI anche se $(qc / fs) > 30$

$qc \geq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni GRANULARI anche se $(qc / fs) < 30$



PARAMETRI GEOTECNICI (validità orientativa) - simboli - correlazioni - bibliografia

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - qc - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 -Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - qc]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- E_u = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [correl. : E_u - C_u - OCR - I_p I_p = ind.plast.]
 E_{u50} - E_{u25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - qc]
 E'_{50} - E'_{25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza $F = 2 - 4$ rispettivamente)
(Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski et al. 1983)
- M_o = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : M_o - qc - natura]
(Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- D_r = densità relativa (terreni gran. N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : D_r - qc - σ'_{vo}] (Schmertmann 1976)
- ϕ' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : ϕ' - D_r - qc - σ'_{vo}]
(Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976)
 ϕ'_{1s} - (Schmertmann) sabbia fine uniforme ϕ'_{2s} - sabbia media unif./ fine ben gradata
 ϕ'_{3s} - sabbia grossa unif./ media ben gradata ϕ'_{4s} - sabbia-ghiaia poco lim./ ghiaietto unif.
 ϕ'_{dm} - (Durgunoglu & Mitchell) sabbie N.C. ϕ'_{my} - (Meyerhof) sabbie limose
- A_{max} = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)
(g = acc.gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (A_{max}/g) - D_r]

PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 1

2.01PG05-180

- committente : BAJOCCHI Giancarla e Altri
 - lavoro : Piano di Lottizzazione
 - località : Via Guinizzelli - FANO (PU)
 - note : Riferimento: Studio Geocon, Via Gozzi - Fani (PU)

- data : 04/03/2013
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	65,0	---	65,0	---	---	5,20	17,0	30,0	17,0	0,93	18,0
0,40	38,0	---	38,0	1,80	21,0	5,40	17,0	31,0	17,0	0,67	25,0
0,60	24,0	51,0	24,0	1,47	16,0	5,60	20,0	30,0	20,0	1,13	18,0
0,80	16,0	38,0	16,0	0,93	17,0	5,80	19,0	36,0	19,0	0,53	36,0
1,00	9,0	23,0	9,0	0,67	13,0	6,00	32,0	40,0	32,0	0,93	34,0
1,20	15,0	25,0	15,0	0,60	25,0	6,20	27,0	41,0	27,0	1,40	19,0
1,40	17,0	26,0	17,0	0,73	23,0	6,40	24,0	45,0	24,0	0,47	51,0
1,60	15,0	26,0	15,0	0,80	19,0	6,60	35,0	42,0	35,0	1,60	22,0
1,80	16,0	28,0	16,0	0,33	48,0	6,80	28,0	52,0	28,0	1,53	18,0
2,00	15,0	20,0	15,0	0,67	22,0	7,00	37,0	60,0	37,0	1,13	33,0
2,20	20,0	30,0	20,0	3,33	6,0	7,20	75,0	92,0	75,0	2,00	38,0
2,40	27,0	77,0	27,0	1,87	14,0	7,40	195,0	225,0	195,0	4,00	49,0
2,60	391,0	419,0	391,0	2,93	133,0	7,60	348,0	408,0	348,0	1,80	193,0
2,80	375,0	419,0	375,0	2,47	152,0	7,80	411,0	438,0	411,0	2,40	171,0
3,00	385,0	422,0	385,0	2,00	192,0	8,00	341,0	377,0	341,0	2,87	119,0
3,20	152,0	182,0	152,0	1,73	88,0	8,20	227,0	270,0	227,0	1,93	117,0
3,40	16,0	42,0	16,0	0,73	22,0	8,40	419,0	448,0	419,0	1,20	349,0
3,60	12,0	23,0	12,0	0,40	30,0	8,60	386,0	404,0	386,0	2,20	175,0
3,80	15,0	21,0	15,0	0,33	45,0	8,80	305,0	338,0	305,0	1,47	208,0
4,00	16,0	21,0	16,0	0,60	27,0	9,00	218,0	240,0	218,0	0,60	363,0
4,20	20,0	29,0	20,0	0,87	23,0	9,20	221,0	230,0	221,0	2,93	75,0
4,40	19,0	32,0	19,0	0,93	20,0	9,40	380,0	424,0	380,0	4,27	89,0
4,60	19,0	33,0	19,0	1,00	19,0	9,60	354,0	418,0	354,0	6,40	55,0
4,80	18,0	33,0	18,0	0,87	21,0	9,80	300,0	396,0	300,0	2,67	112,0
5,00	20,0	33,0	20,0	0,87	23,0	10,00	471,0	511,0	471,0	---	---

ORDINE DEI GEOLOGI
 BASTIA UMBRA
 ALBO
 PIAGNANI GIORGIO
 REGIONE UMBRA

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)



dott. Giorgio PIAGNANI - geologo

STUDIO GEOLAND - indagini geologiche ed ambientali

mail: geolandpg@tiscali.it - PEC: geolandpg@epap.sicurezza postale.it

SEDE LEGALE: P.zza I° Maggio n. 5 - 06081 Assisi (PG)

SEDE OPERATIVA: Via V. Veneto n. 14 - 06083 Bastia Umbra (PG)

tel. & fax: 075.3723177 - mobile: 338.2940003

C.F. - P. IVA: PGNGRG72H16G478M - 02540680549

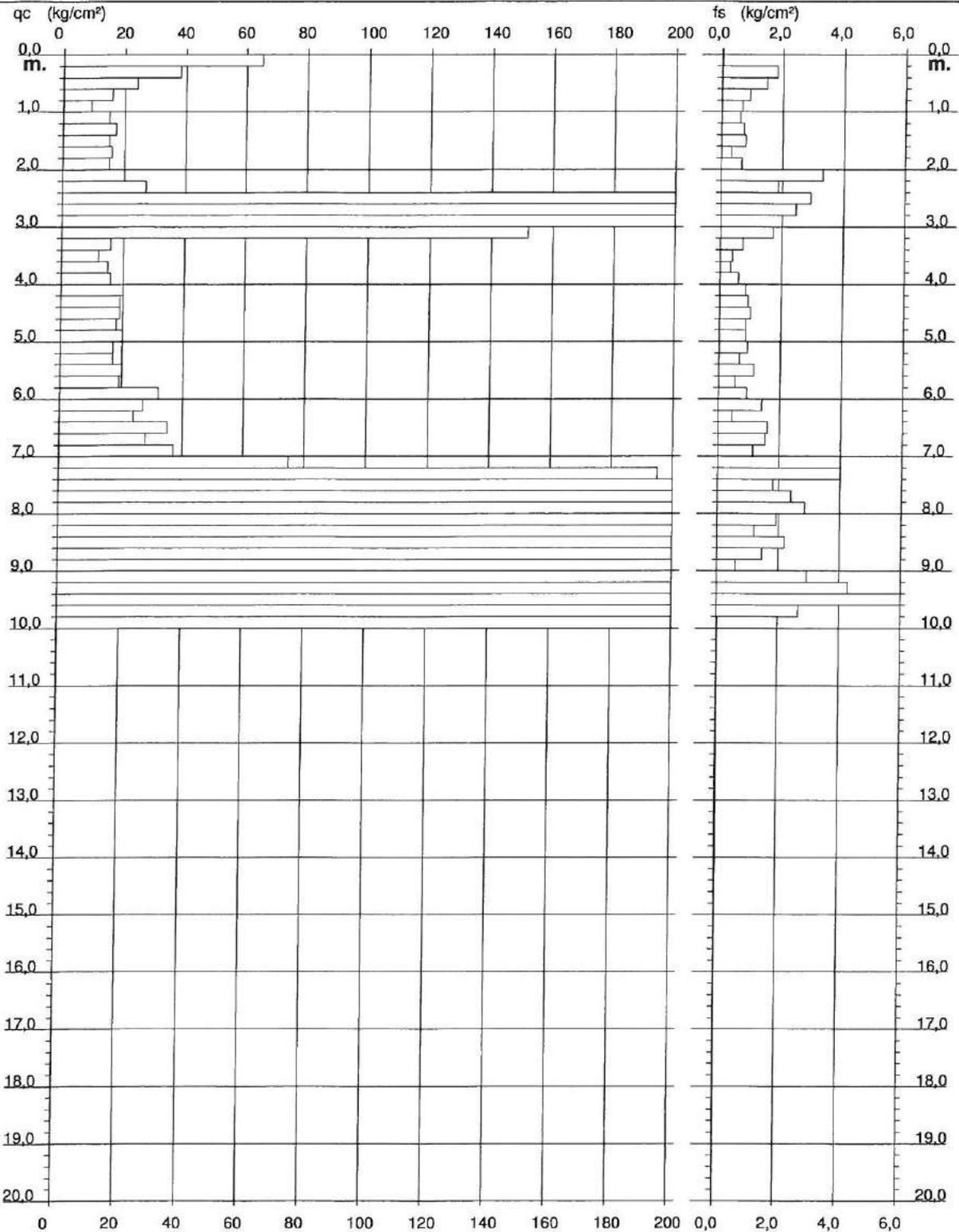
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.01PG05-180

- committente : BAJOCCHI Giancarla e Altri
 - lavoro : Piano di Lottizzazione
 - località : Via Guinizzelli - FANO (PU)
 - note : Riferimento: Studio Geocon, Via Gozzi - Fani (PU)

- data : 04/03/2013
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert.: 1 : 100



dot. Giorgio PIAGNANI - geologo

STUDIO GEOLAND - indagini geologiche ed ambientali

mail: geolandpg@tiscali.it - PEC: geolandpg@epap.sicurezza postale.it

SEDE LEGALE: P.zza 1° Maggio n. 5 - 06081 Assisi (PG)

SEDE OPERATIVA: Via V. Veneto n. 14 - 06083 Bastia Umbra (PG)
 tel. & fax: 075.3723177 - mobile: 338.2940003

C.F. - P. IVA: PGNGRG72H16G478M - 02540680549

PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 2

2.01PG05-180

- committente : BAJOCCHI Giancarla e Altri
 - lavoro : Piano di Lottizzazione
 - località : Via Guinizzelli - FANO (PU)
 - note : Riferimento: Studio Geocon, Via Gozzi - Fani (PU)

- data : 04/03/2013
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs
	punta	laterale					punta	laterale			
0,20	65,0	---	65,0	-----	---	5,20	24,0	43,0	24,0	1,00	24,0
0,40	19,0	---	19,0	1,00	19,0	5,40	32,0	47,0	32,0	1,33	24,0
0,60	45,0	60,0	45,0	1,33	34,0	5,60	28,0	48,0	28,0	1,47	19,0
0,80	14,0	34,0	14,0	0,60	23,0	5,80	23,0	45,0	23,0	1,53	15,0
1,00	65,0	74,0	65,0	0,67	97,0	6,00	26,0	49,0	26,0	0,87	30,0
1,20	30,0	40,0	30,0	2,27	13,0	6,20	21,0	34,0	21,0	0,93	22,0
1,40	11,0	45,0	11,0	0,73	15,0	6,40	22,0	36,0	22,0	0,73	30,0
1,60	15,0	26,0	15,0	0,80	19,0	6,60	20,0	31,0	20,0	1,13	18,0
1,80	26,0	38,0	26,0	1,27	21,0	6,80	26,0	43,0	26,0	1,13	23,0
2,00	30,0	49,0	30,0	1,27	24,0	7,00	32,0	49,0	32,0	1,27	25,0
2,20	30,0	49,0	30,0	1,87	16,0	7,20	23,0	42,0	23,0	1,07	22,0
2,40	31,0	59,0	31,0	2,00	16,0	7,40	24,0	40,0	24,0	1,00	24,0
2,60	420,0	450,0	420,0	3,00	140,0	7,60	26,0	41,0	26,0	1,13	23,0
2,80	421,0	466,0	421,0	3,07	137,0	7,80	110,0	127,0	110,0	1,60	69,0
3,00	237,0	283,0	237,0	3,33	71,0	8,00	172,0	196,0	172,0	2,00	86,0
3,20	268,0	318,0	268,0	1,20	223,0	8,20	110,0	140,0	110,0	3,13	35,0
3,40	121,0	139,0	121,0	1,53	79,0	8,40	439,0	486,0	439,0	2,80	157,0
3,60	12,0	35,0	12,0	0,60	20,0	8,60	322,0	364,0	322,0	2,67	121,0
3,80	11,0	20,0	11,0	0,60	18,0	8,80	280,0	320,0	280,0	4,40	64,0
4,00	13,0	22,0	13,0	0,67	19,0	9,00	217,0	283,0	217,0	6,73	32,0
4,20	15,0	25,0	15,0	0,80	19,0	9,20	182,0	283,0	182,0	7,40	25,0
4,40	22,0	34,0	22,0	1,07	21,0	9,40	292,0	403,0	292,0	5,47	53,0
4,60	26,0	42,0	26,0	1,53	17,0	9,60	268,0	350,0	268,0	10,73	25,0
4,80	23,0	46,0	23,0	1,20	19,0	9,80	425,0	586,0	425,0	4,07	105,0
5,00	23,0	41,0	23,0	1,27	18,0	10,00	326,0	387,0	326,0	-----	---

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
 - punta meccanica tipo Begemann $\sigma = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
 - manicotto laterale (superficie 150 cm²)



dott. Giorgio PIAGNANI - geologo

STUDIO GEOLAND - indagini geologiche ed ambientali

mail: geolandpg@tiscali.it - PEC: geolandpg@epap.sicurezzapostale.it

SEDE LEGALE: P.zza I° Maggio n. 5 - 06081 Assisi (PG)

SEDE OPERATIVA: Via V. Veneto n. 14 - 06083 Bastia Umbra (PG)
 tel. & fax: 075.3723177 - mobile: 338.2940003

C.F. - P. IVA: PGNGRG72H16G478M - 02540680549

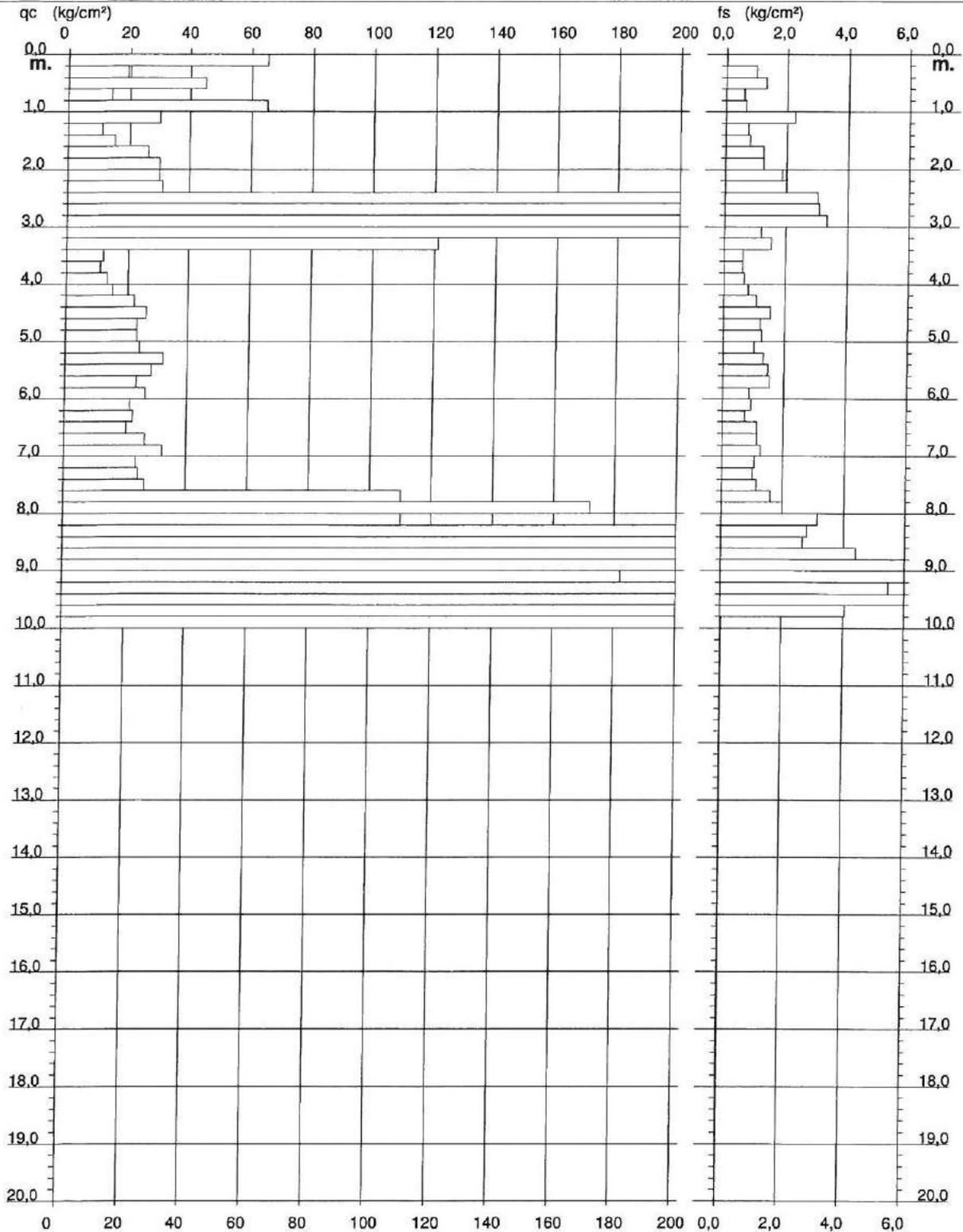
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

2.01PG05-180

- committente : BAJOCCHI Giancarla e Altri
 - lavoro : Piano di Lottizzazione
 - località : Via Guinizzelli - FANO (PU)
 - note : Riferimento: Studio Geocon, Via Gozzi - Fani (PU)

- data : 04/03/2013
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert.: 1 : 100



dott. Giorgio PIAGNANI - geologo

STUDIO GEOLAND - indagini geologiche ed ambientali

mail: geolandpg@tiscali.it - PEC: geolandpg@epap.sicurezza postale.it

SEDE LEGALE: P.zza I° Maggio n. 5 - 06081 Assisi (PG)

SEDE OPERATIVA: Via V. Veneto n. 14 - 06083 Bastia Umbra (PG)
 tel. & fax: 075.3723177 - mobile: 338.2940003

C.F. - P. IVA: PGNGRG72H16G478M - 02540680549

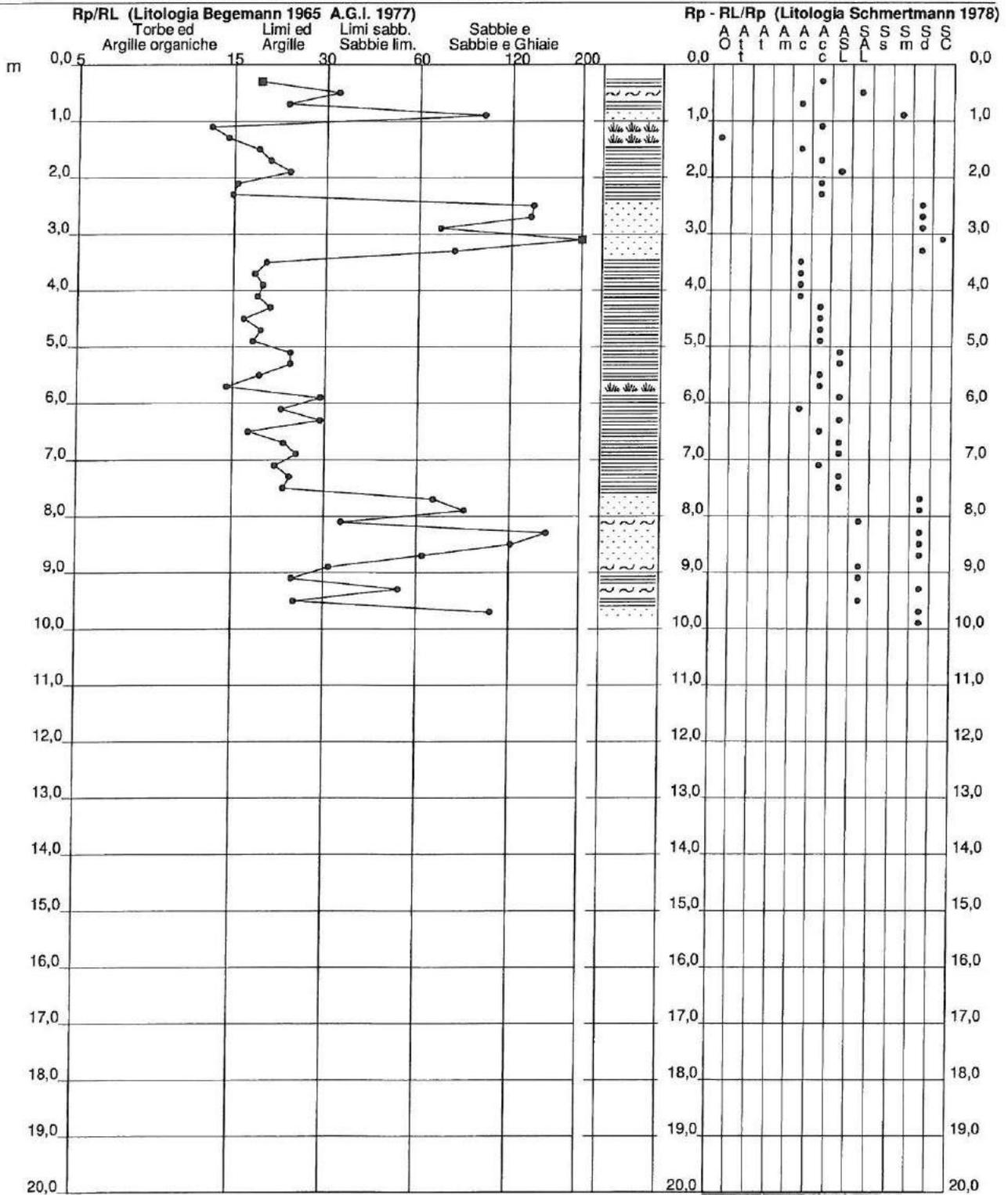
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 2

2.01PG05-180

- committente : BAJOCCHI Giancarla e Altri
 - lavoro : Piano di Lottizzazione
 - località : Via Guinizzelli - FANO (PU)
 - note : Riferimento: Studio Geocon, Via Gozzi - Fani (PU)

- data : 04/03/2013
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert.: 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 3

2.01PG05-180

- committente : BAJOCCHI Giancarla e Altri
 - lavoro : Piano di Lottizzazione
 - località : Via Guinizzelli - FANO (PU)
 - note : Riferimento: Studio Geocon, Via Gozzi - Fani (PU)

- data : 04/03/2013
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs
	punta	laterale					punta	laterale			
0,20	65,0	---	65,0	-----	---	5,20	16,0	27,0	16,0	0,67	24,0
0,40	8,0	---	8,0	0,87	9,0	5,40	18,0	28,0	18,0	0,53	34,0
0,60	15,0	28,0	15,0	0,67	22,0	5,60	22,0	30,0	22,0	1,13	19,0
0,80	33,0	43,0	33,0	1,93	17,0	5,80	16,0	33,0	16,0	0,60	27,0
1,00	39,0	68,0	39,0	1,00	39,0	6,00	19,0	28,0	19,0	0,67	28,0
1,20	7,0	22,0	7,0	0,53	13,0	6,20	15,0	25,0	15,0	0,47	32,0
1,40	8,0	16,0	8,0	1,13	7,0	6,40	27,0	34,0	27,0	0,80	34,0
1,60	15,0	32,0	15,0	0,67	22,0	6,60	23,0	35,0	23,0	0,87	27,0
1,80	14,0	24,0	14,0	0,27	52,0	6,80	20,0	33,0	20,0	0,80	25,0
2,00	45,0	49,0	45,0	1,33	34,0	7,00	29,0	41,0	29,0	1,00	29,0
2,20	30,0	50,0	30,0	0,80	37,0	7,20	33,0	48,0	33,0	0,93	35,0
2,40	34,0	46,0	34,0	0,87	39,0	7,40	27,0	41,0	27,0	2,53	11,0
2,60	35,0	48,0	35,0	1,67	21,0	7,60	280,0	318,0	280,0	2,93	95,0
2,80	34,0	59,0	34,0	0,87	39,0	7,80	216,0	260,0	216,0	2,87	75,0
3,00	39,0	52,0	39,0	1,53	25,0	8,00	92,0	135,0	92,0	1,93	48,0
3,20	41,0	64,0	41,0	0,33	123,0	8,20	358,0	387,0	358,0	2,20	163,0
3,40	40,0	45,0	40,0	1,73	23,0	8,40	206,0	239,0	206,0	3,47	59,0
3,60	22,0	48,0	22,0	0,73	30,0	8,60	94,0	146,0	94,0	2,07	45,0
3,80	53,0	64,0	53,0	0,93	57,0	8,80	86,0	117,0	86,0	1,07	81,0
4,00	15,0	29,0	15,0	0,67	22,0	9,00	278,0	294,0	278,0	1,40	199,0
4,20	16,0	26,0	16,0	0,80	20,0	9,20	339,0	360,0	339,0	7,40	46,0
4,40	21,0	33,0	21,0	0,73	29,0	9,40	269,0	380,0	269,0	3,67	73,0
4,60	23,0	34,0	23,0	1,13	20,0	9,60	349,0	404,0	349,0	1,87	187,0
4,80	19,0	36,0	19,0	0,73	26,0	9,80	164,0	192,0	164,0	1,47	112,0
5,00	19,0	30,0	19,0	0,73	26,0	10,00	181,0	203,0	181,0	-----	-----

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
 - punta meccanica tipo Begemann ø = 35.7 mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
 - manicotto laterale (superficie 150 cm²)



dott. Giorgio PIAGNANI - geologo

STUDIO GEOLAND - indagini geologiche ed ambientali

mail: geolandpg@tiscali.it - PEC: geolandpg@epap.sicurezza postale.it

SEDE LEGALE: P.zza I° Maggio n. 5 - 06081 Assisi (PG)

SEDE OPERATIVA: Via V. Veneto n. 14 - 06083 Bastia Umbra (PG)
 tel. & fax: 075.3723177 - mobile: 338.2940003

C.F. - P. IVA: PGNGRG72H16G478M - 02540680549

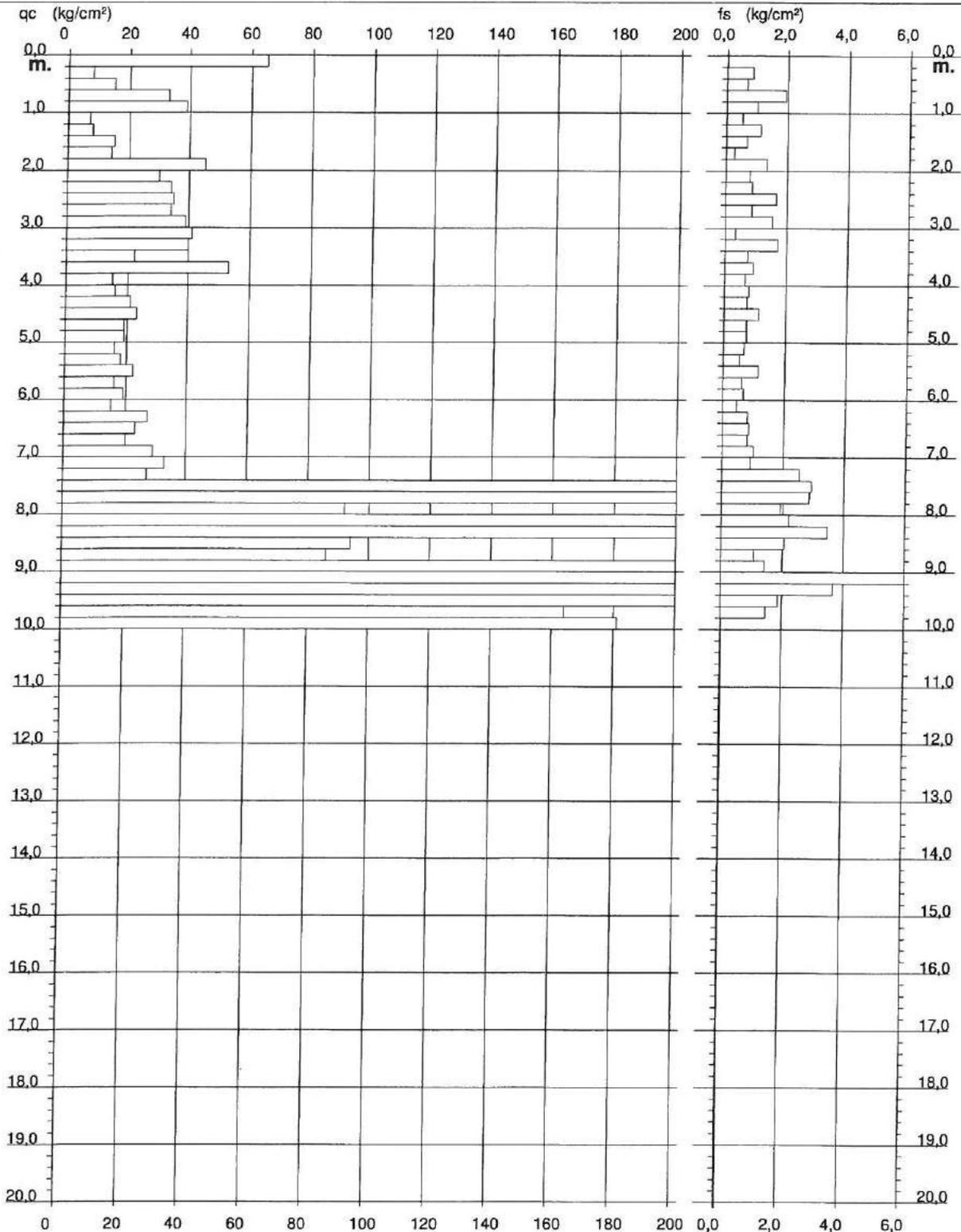
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 3

2.01PG05-180

- committente : BAJOCCHI Giancarla e Altri
 - lavoro : Piano di Lottizzazione
 - località : Via Guinzelli - FANO (PU)
 - note : Riferimento: Studio Geocon, Via Gozzi - Fani (PU)

- data : 04/03/2013
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert.: 1 : 100



dott. Giorgio PIAGNANI - geologo

STUDIO GEOLAND - indagini geologiche ed ambientali

mail: geolandpg@tiscali.it - PEC: geolandpg@epap.sicurezza postale.it

SEDE LEGALE: P.zza I° Maggio n. 5 - 06081 Assisi (PG)

SEDE OPERATIVA: Via V. Veneto n. 14 - 06083 Bastia Umbra (PG)
 tel. & fax: 075.3723177 - mobile: 338.2940003

C.F. - P. IVA: PGNGRG72H16G478M - 02540680549

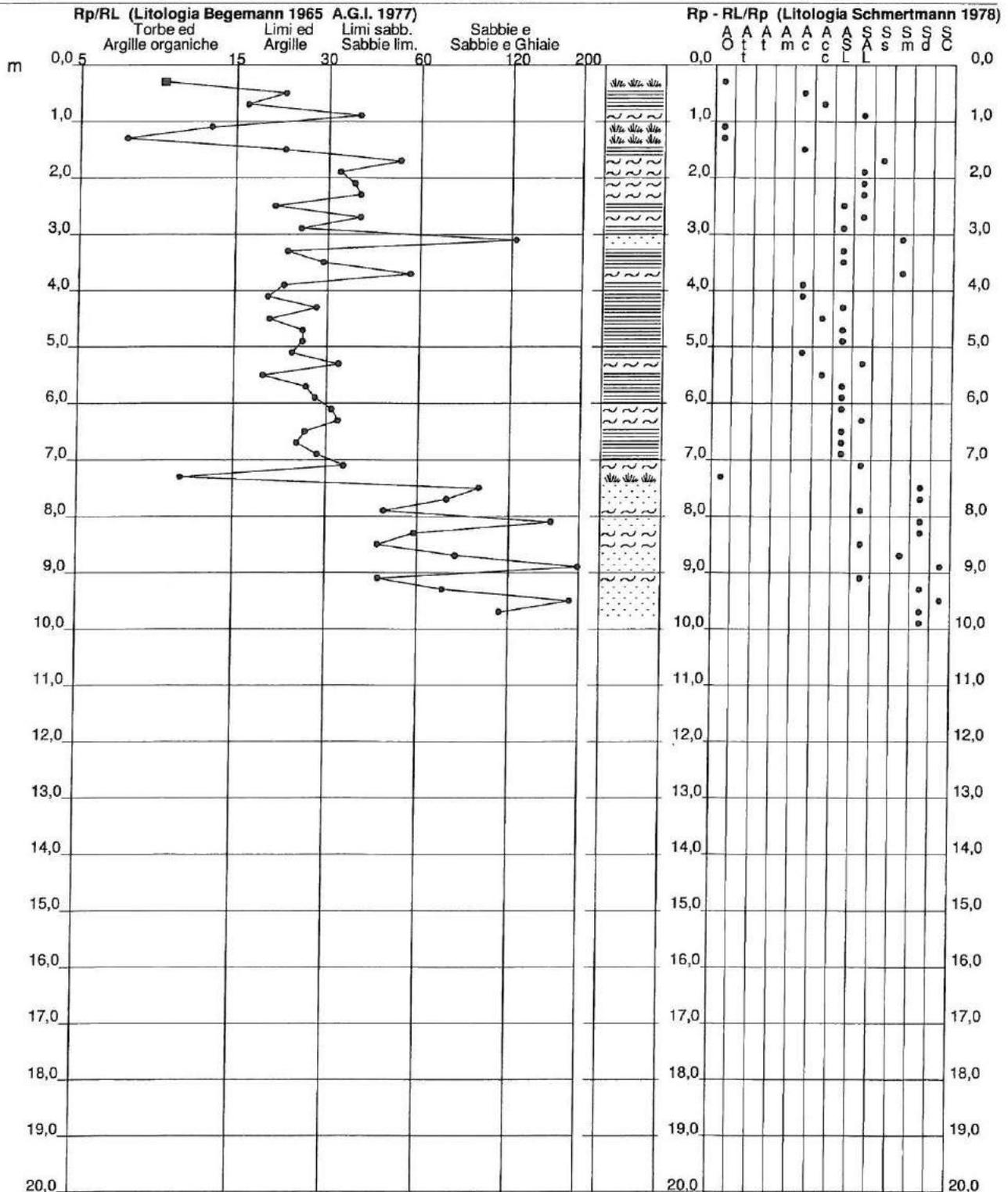
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 3

2.01PG05-180

- committente : BAJOCCHI Giancarla e Altri
 - lavoro : Piano di Lottizzazione
 - località : Via Guinizzelli - FANO (PU)
 - note : Riferimento: Studio Geocon, Via Gozzi - Fani (PU)

- data : 04/03/2013
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert.: 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 4

2.01PG05-180

- committente : BAJOCCHI Giancarla e Altri
 - lavoro : Piano di Lottizzazione
 - località : Via Guinizzelli - FANO (PU)
 - note : Riferimento: Studio Geocon, Via Gozzi - Fani (PU)

- data : 04/03/2013
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
0,20	65,0	---	65,0	-----	---	5,20	18,0	31,0	18,0	1,07	17,0
0,40	14,0	---	14,0	1,47	10,0	5,40	22,0	38,0	22,0	1,13	19,0
0,60	12,0	34,0	12,0	0,60	20,0	5,60	23,0	40,0	23,0	1,27	18,0
0,80	71,0	80,0	71,0	0,93	76,0	5,80	15,0	34,0	15,0	1,20	12,0
1,00	35,0	49,0	35,0	1,20	29,0	6,00	22,0	40,0	22,0	1,20	18,0
1,20	91,0	109,0	91,0	2,60	35,0	6,20	24,0	42,0	24,0	1,33	18,0
1,40	349,0	388,0	349,0	2,93	119,0	6,40	22,0	42,0	22,0	0,93	24,0
1,60	347,0	391,0	347,0	0,13	2602,0	6,60	36,0	50,0	36,0	1,00	36,0
1,80	258,0	260,0	258,0	1,47	176,0	6,80	57,0	72,0	57,0	0,87	66,0
2,00	25,0	47,0	25,0	1,80	14,0	7,00	30,0	43,0	30,0	2,00	15,0
2,20	18,0	45,0	18,0	0,93	19,0	7,20	31,0	61,0	31,0	2,13	15,0
2,40	18,0	32,0	18,0	0,73	25,0	7,40	137,0	169,0	137,0	3,07	45,0
2,60	13,0	24,0	13,0	0,53	24,0	7,60	253,0	299,0	253,0	5,07	50,0
2,80	16,0	24,0	16,0	0,40	40,0	7,80	266,0	342,0	266,0	2,73	97,0
3,00	19,0	25,0	19,0	0,87	22,0	8,00	196,0	237,0	196,0	2,27	86,0
3,20	17,0	30,0	17,0	0,73	23,0	8,20	282,0	316,0	282,0	4,40	64,0
3,40	21,0	32,0	21,0	1,00	21,0	8,40	219,0	285,0	219,0	3,13	70,0
3,60	22,0	37,0	22,0	1,07	21,0	8,60	286,0	333,0	286,0	2,87	100,0
3,80	19,0	35,0	19,0	0,07	285,0	8,80	383,0	426,0	383,0	1,60	239,0
4,00	19,0	20,0	19,0	0,80	24,0	9,00	303,0	327,0	303,0	4,13	73,0
4,20	20,0	32,0	20,0	0,87	23,0	9,20	282,0	344,0	282,0	3,00	94,0
4,40	15,0	28,0	15,0	0,60	25,0	9,40	319,0	364,0	319,0	3,13	102,0
4,60	17,0	26,0	17,0	0,67	25,0	9,60	347,0	394,0	347,0	5,00	69,0
4,80	18,0	28,0	18,0	0,80	22,0	9,80	412,0	487,0	412,0	3,80	108,0
5,00	20,0	32,0	20,0	0,87	23,0	10,00	384,0	441,0	384,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
 - punta meccanica tipo Begemann ø = 35.7 mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
 - manicotto laterale (superficie 150 cm²)



dott. Giorgio PIAGNANI - geologo

STUDIO GEOLAND - indagini geologiche ed ambientali

mail: geolandpg@tiscali.it - PEC: geolandpg@epap.sicurezza postale.it

SEDE LEGALE: P.zza I° Maggio n. 5 - 06081 Assisi (PG)
 SEDE OPERATIVA: Via V. Veneto n. 14 - 06083 Bastia Umbra (PG)
 tel. & fax: 075.3723177 - mobile: 338.2940003
 C.F. - P. IVA: PGNGRG72H16G478M - 02540680549

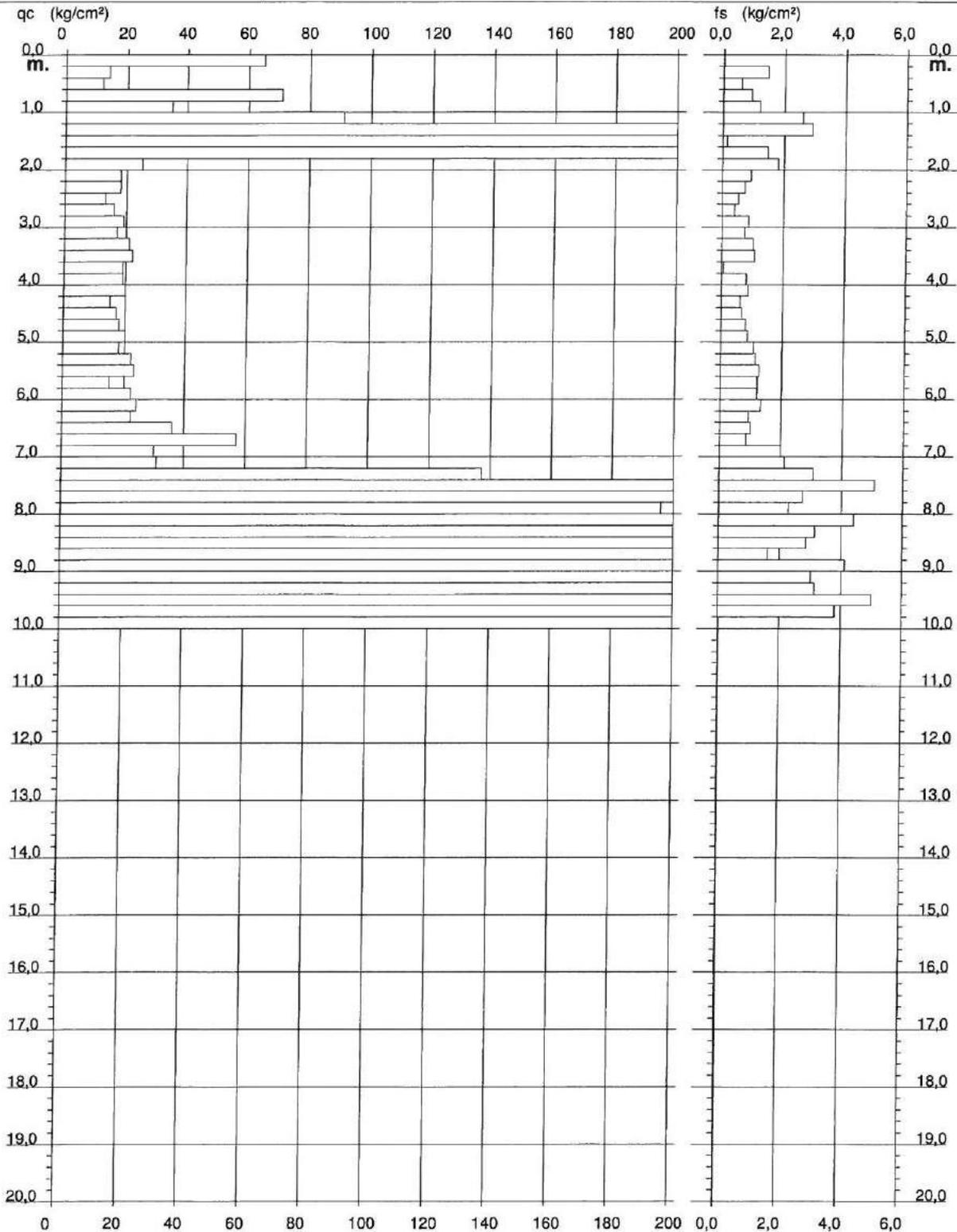
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 4

2.01PG05-180

- committente : BAJOCCHI Giancarla e Altri
 - lavoro : Piano di Lottizzazione
 - località : Via Guinizzelli - FANO (PU)
 - note : Riferimento: Studio Geocon, Via Gozzi - Fani (PU)

- data : 04/03/2013
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert.: 1 : 100



dott. Giorgio PIAGNANI - geologo

STUDIO GEOLAND - Indagini geologiche ed ambientali

mail: geolandpg@tiscali.it - PEC: geolandpg@epap.sicurezza postale.it

SEDE LEGALE: P.zza I° Maggio n. 5 - 06081 Assisi (PG)

SEDE OPERATIVA: Via V. Veneto n. 14 - 06083 Bastia Umbra (PG)
 tel. & fax: 075.3723177 - mobile: 338.2940003

C.F. - P. IVA: PGNGRG72H16G478M - 02540680549



GEOCON
STUDIO ASSOCIATO PER LA
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

Commessa 1302/13
Bajocchi Giancarla
Bertulli Graziella - Bertulli Paolo
Bertulli Giovanna - Bertulli Luigi

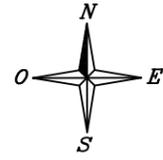
RELAZIONE GEOLOGICA
D.M. 14/01/2008 E CIRC. LL.PP. N° 617/09

Pag. 38 di 40

ALLEGATO 8

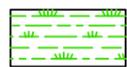
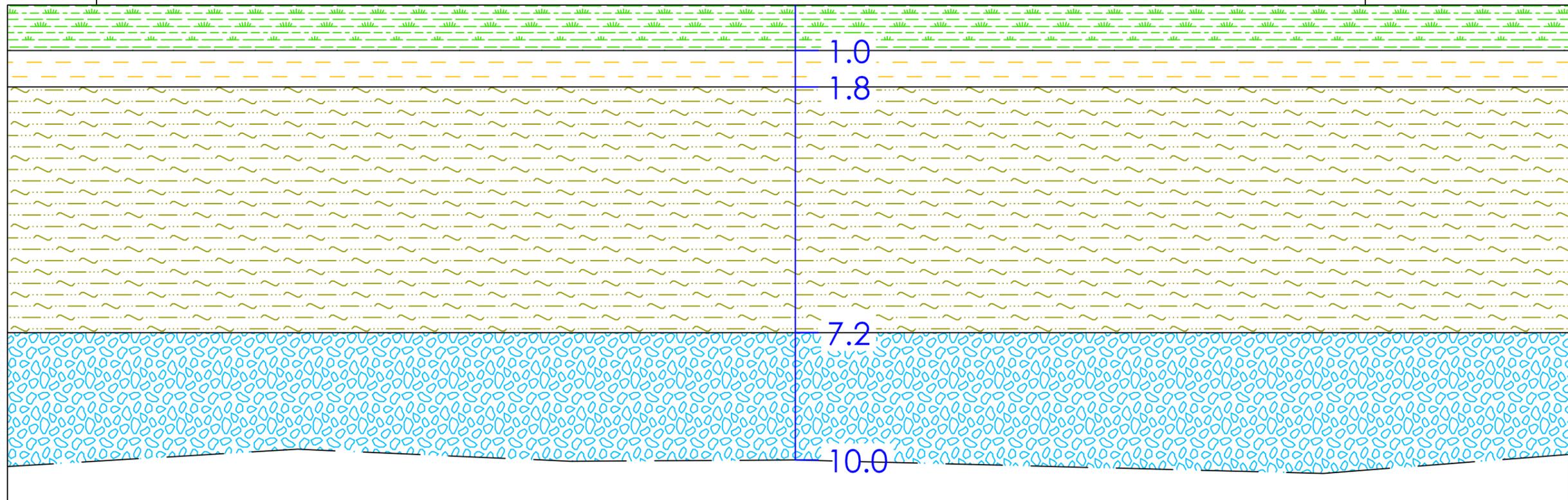
SCHEMI LITOSTRATIGRAFICI

INTERPRETATIVI

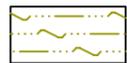


INGOMBRO EDIFICIO

CPT4



Terreno vegetale e/o riporto antropico



Limi argillosi, talora sabbiosi da plastici a consistenti



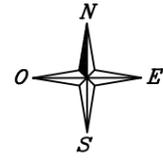
Ghiaie e sabbie addensate e mediamente addensate



Limi sabbiosi talora argillosi e sabbie limose da sciolta a mediamente addensate

CPTn

Prova penetrometrica statica
(04/03/2013)

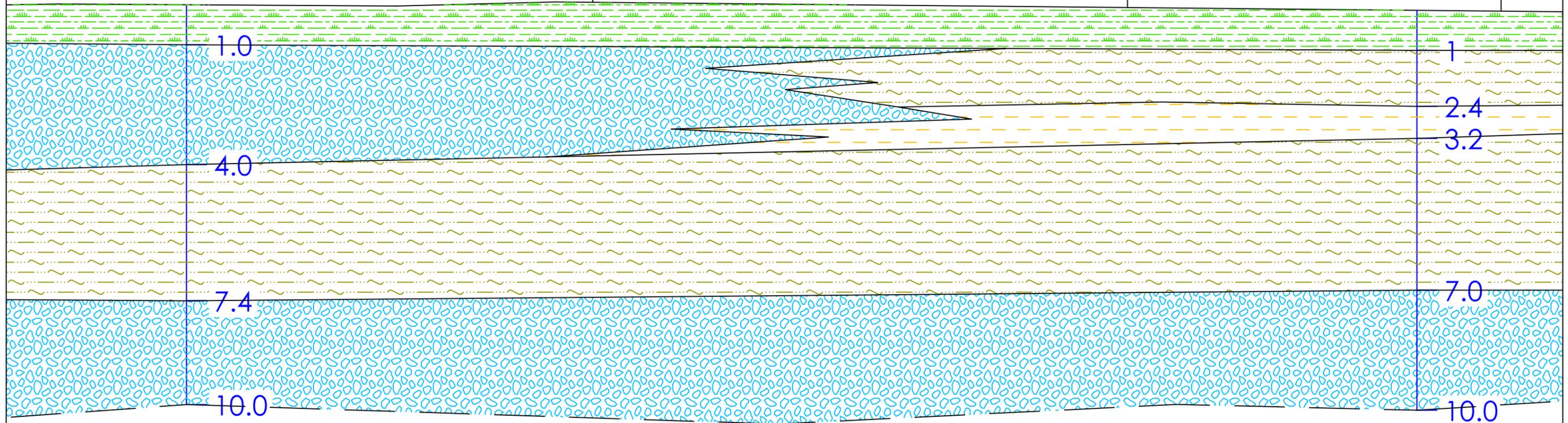


INGOMBRO EDIFICIO

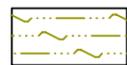
CPT3

INGOMBRO EDIFICIO

CPT1



Terreno vegetale e/o riporto antropico



Limi argillosi, talora sabbiosi da plastici a consistenti



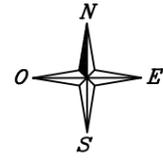
Ghiaie e sabbie addensate e mediamente addensate



Limi sabbiosi talora argillosi e sabbie limose da sciolta a mediamente addensate

CPTn

Prova penetrometrica statica
(04/03/2013)



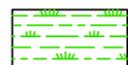
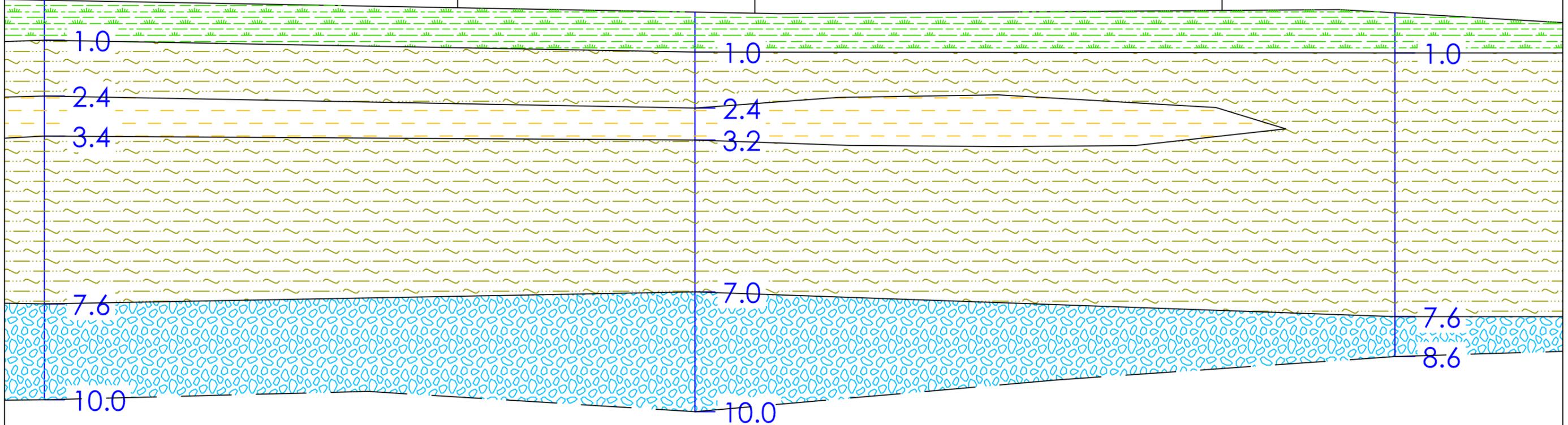
INGOMBRO EDIFICIO

INGOMBRO EDIFICIO

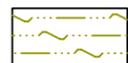
CPT2

CPT1

DPSH1



Terreno vegetale e/o riporto antropico



Limi argillosi, talora sabbiosi da plastici a consistenti



Ghiaie e sabbie addensate e mediamente addensate



Limi sabbiosi talora argillosi e sabbie limose da sciolta a mediamente addensate

CPTn

Prova penetrometrica statica
(04/03/2013)

DPSHn

Prova penetrometrica dinamica
(04/03/2013)



GEOCON
STUDIO ASSOCIATO PER LA
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

Commessa 1302/13
Bajocchi Giancarla
Bertulli Graziella - Bertulli Paolo
Bertulli Giovanna - Bertulli Luigi

RELAZIONE GEOLOGICA
D.M. 14/01/2008 E CIRC. LL.PP. N° 617/09

Pag. 39 di 40

ALLEGATO 9

INDAGINE SISMICA MASW



**INDAGINE GEOFISICA AD INTEGRAZIONE DELLA RELAZIONE GEOLOGICA ESEGUITA IN
VIA GIUINIZZELLI PRESSO IL COMUNE DI FANO (PU)**

Oggetto: Indagini geofisica con tecnica *MASW*.

Committente: Sig.ra Bajocchi Giancarla

Commessa: 051-13

Monte San Vito, lì 13 Marzo 2013

INDICE

1. PREMESSA	3
2. INDAGINE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	3
2.1 Strumentazione utilizzata.....	3
2.2 Indagine <i>MASW</i> : metodologia ed acquisizione	3
3. INTERPRETAZIONE E RISULTATI	5
3.1 Risultati delle analisi	5
3.2 Curva di dispersione	6
3.3 Profilo in sito.....	6
4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	8

TAVOLE

TAV.1 Ubicazione indagini geofisiche (scala 1:5.000)

1. PREMESSA

Su incarico dello Studio Associato Geocon e per conto della Sig.ra Bajocchi Giancarla è stata eseguita in data 11 Marzo 2013, una indagine geofisica mediante il metodo di analisi spettrale delle onde di superficie (*Rayleigh*) con tecnica *MASW*, in Via Guinizzelli presso il comune di Fano (PU). L'utilizzo di tale metodologia ha permesso di ricavare le velocità delle onde di taglio S, le quali sono state utilizzate per il calcolo del valore del parametro V_{S30} , necessario per la definizione della categoria di suolo di fondazione (Nuove NTC -D.M. 14 gennaio 2008 s.m.i.).

2. INDAGINE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per la ricostruzione del modello geofisico del sito è stata eseguita un'indagine di sismica superficiale mediante il metodo di analisi spettrale delle onde di superficie (*Rayleigh*) con tecnica *MASW*.

2.1 Strumentazione utilizzata

L'attrezzatura e la strumentazione utilizzata è costituita da:

- un sistema di energizzazione per le onde P: la sorgente è costituita da una mazza del peso di 8 Kg battente verticalmente su piastra circolare in acciaio del diametro di 25 cm posta direttamente sul p.c. per la generazione prevalentemente di onde P e secondariamente di onde SV, in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali;
- un sistema di ricezione: costituito da 24 geofoni verticali monocomponente del tipo elettromagnetico a bobina mobile a massa sospesa (peso della massa 12.2 gr) con frequenza propria 4.5 Hz (*Masw*), ovvero dei trasduttori di velocità in grado di tradurre in segnale elettrico la velocità con cui il suolo si sposta al passaggio delle onde sismiche longitudinali prodotte da una specifica sorgente;
- sistema di acquisizione dati: Sismografo Geometrix ES-2401 con memoria dinamica a 12 bit composto da 12 dataloggers a 2 canali ciascuno per un totale di 24 canali, n° 2 cavi sismici telemetrici di 60 m ciascuno, il sistema è in grado di registrare su memoria il segnale proveniente da ciascun canale dal sistema di ricezione;
- un sistema di trigger: consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la mazza colpisce la base di battuta (piastra metallica), consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e fissare l'inizio della registrazione.

2.2 Indagine *MASW*: metodologia ed acquisizione

Il metodo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio V_S , sulla base della

misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive (fenomeno della dispersione geometrica), cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. And Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

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

Il metodo di indagine MASW utilizzato è di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo (tramite energizzazione con mazza battente parallelamente all'array) e misurate da uno stendimento lineare di sensori. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 2-100Hz, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa tra i 10m ed i 50m, in funzione della rigidità del suolo e delle caratteristiche della sorgente e presenta una maggiore affidabilità per profondità di circa 20m. Il risultato finale del processo di elaborazione è il profilo verticale delle velocità delle onde S. I vantaggi della tecnica M.A.S.W. possono essere così riassunti:

- particolarmente indicata per terreni attenuanti ed ambienti rumorosi;
- è in grado di evidenziare inversioni di velocità nel profilo di velocità;
- buona risoluzione.

Schematicamente il processo di analisi è il seguente:

- Creazione dello spettro FK;
- Ricerca del miglior fitting fra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione teorica;
- Profilo di velocità delle onde s.

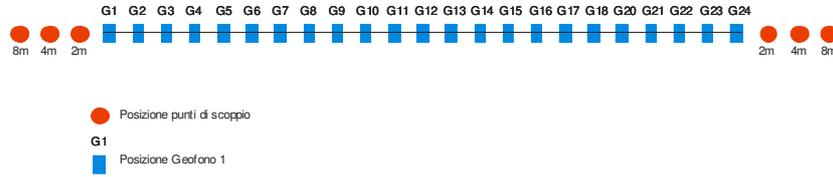
I limiti teorici del metodo MASW fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali ed omogenei, quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata sia dalla presenza di pendenze significative superiori a 20°. Nell'area indagata le condizioni sopra riportate sono quasi del tutto rispettate. Si rammenta in ogni caso che la valutazione delle velocità e degli spessori dei singoli strati viene effettuata con un margine di incertezza, insita proprio nei metodi geofisici, che si aggira generalmente attorno al 10-20 %.

La "copertura" dei tiri sulla base sismica è stata tale da consentire una corretta e dettagliata ricostruzione del campo di velocità locale fino alla profondità stabilita dall'indagine. L'elaborazione è stata eseguita tramite il software MASW (Roma, 2007). L'acquisizione è stata

eseguita posizionando i 24 geofoni da 4.5 Hz, secondo la seguente configurazione spaziale e temporale:

Lunghezza stendimento ricevitori: 46 m; n. geofoni: 24; distanza intergeofonica: 2m

n. punti di energizzazione: 6; offset sorgenti: 2 m, 4m e 8m; durata acquisizione: 1024 ms e 2048ms; intervallo di campionamento: 0.5 ms 1 ms



Schema 1 : geometria di acquisizione ed ubicazione punti di energizzazione.

3. INTERPRETAZIONE E RISULTATI

Nome del file delle tracce	4902
Numero di ricevitori	24
Numero di campioni temporali.....	1024
Passo temporale di acquisizione	0,5ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi.....	24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a.....	0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a	1024ms
Offset.....	8m
Coordinate Topografiche verticale MASW: 43° 50' 3.79" , 13° 0' 38.09"	

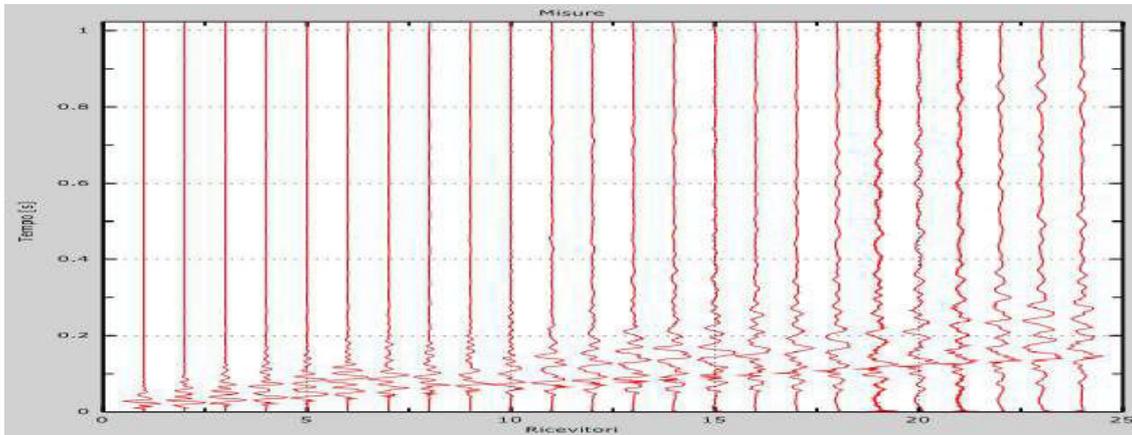


Figura 1: Tracce sperimentali

3.1 Risultati delle analisi

Frequenza finale.....	40Hz
Frequenza iniziale.....	02Hz

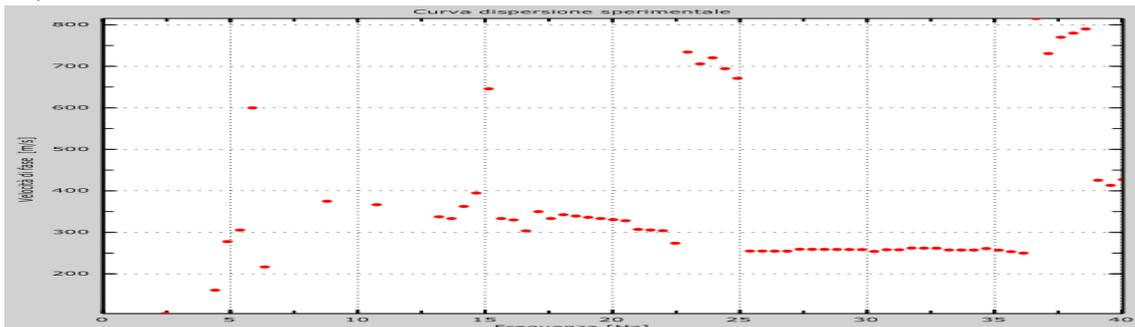


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3.2 Curva di dispersione

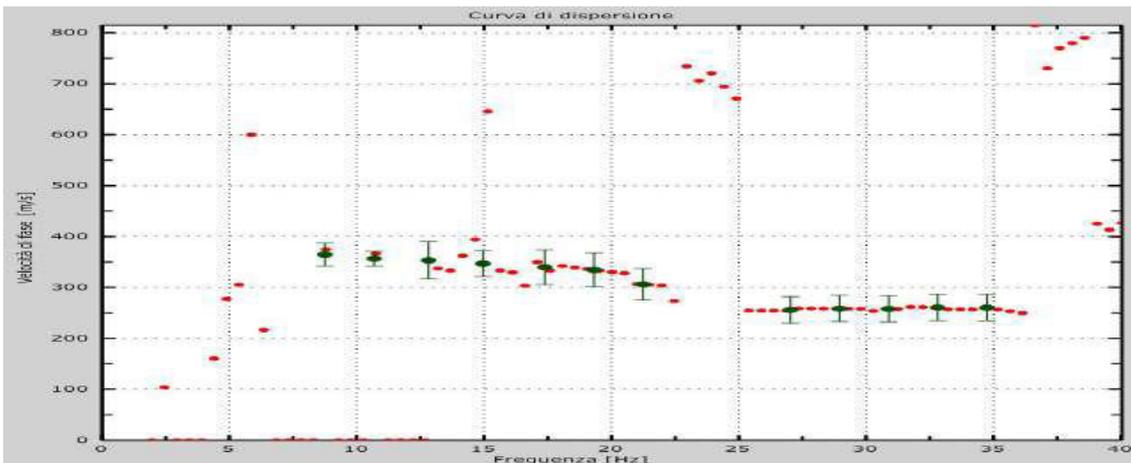


Figura 3: Curva di dispersione.

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
8.74748	364.697	342.348	387.045
10.681	356.715	342.348	371.082
12.818	353.522	316.807	390.238
14.955	347.137	321.596	372.678
17.3828	340	306	374
19.3115	334.626	301.164	368.089
21.2402	306.349	275.714	336.984
27.0264	256.25	230.625	281.875
28.9551	258.727	232.854	284.599
30.8838	258.164	232.347	283.98
32.8125	260.89	234.801	286.979
34.7412	260.446	234.402	286.491

Tabella 1: Curva di dispersione

3.3 Profilo in sito

Numero di strati	5
Numero modi	5
Numero iterazioni	5
Errore tra curva e curva sperimentale [%]	07

Strato 1

h [m]	4
z [m]	-4
Vp [m/s]	450.61
Vs min [m/s]	144.69
Vs max [m/s]	578.77
Vs fin.[m/s]	275.939

Strato 2

h [m]	4
z [m]	-8
Vp [m/s]	631.21
Vs min [m/s]	143.74
Vs max [m/s]	574.95
Vs fin.[m/s]	386.537

Strato 3

h [m]	3
z [m]	-11
Vp [m/s]	732.84
Vs min [m/s]	185.90
Vs max [m/s]	743.61
Vs fin.[m/s]	448.769

Strato 4

h [m]	4
z [m]	-15
Vp [m/s]	786.66
Vs min [m/s]	192.85
Vs max [m/s]	771.42
Vs fin.[m/s]	481.727

Strato 5

Strato 5

h [m]	4
z [m]	-19
Vp [m/s]	812.36
Vs min [m/s]	198.17
Vs max [m/s]	792.70
Vs fin.[m/s]	497.469

Strato 6

h [m]	11
z [m]	-30
Vp [m/s]	827.62
Vs min [m/s]	202.61
Vs max [m/s]	810.44
Vs fin.[m/s]	506.810

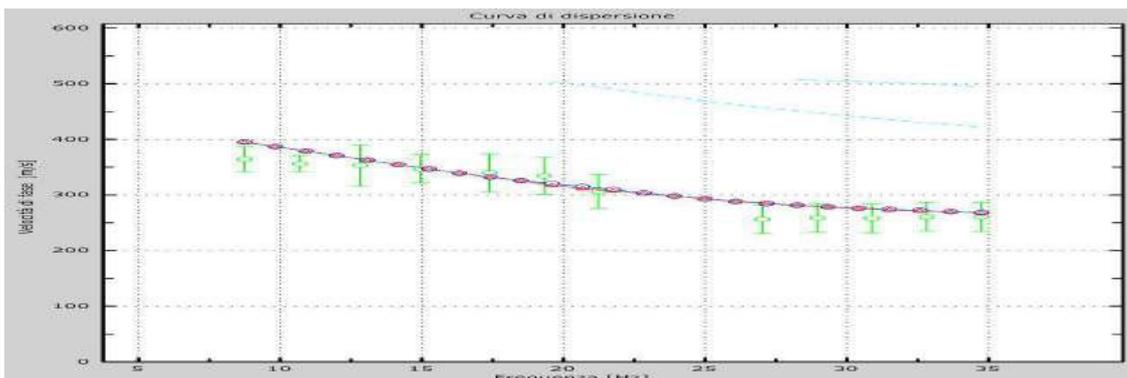


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)



Figura 5: Velocità (Rosso)

4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Tale indagine, scaturita da un'analisi comparativa su tutte le soluzioni disponibili, ha permesso di calcolare la velocità in V_{s30} compresa nei primi 30,00 metri di profondità:

$$V_{s30} = 431 \text{ m/ sec.}$$

- valore del parametro V_{s30} come previsto dalle Nuove NTC -D.M. 14 gennaio 2008 s.m.i..
- La velocità delle onde “ V_{s30} ” è stata calcolata dall'attuale piano campagna, non conoscendo la profondità esatta del piano di posa delle fondazioni.
- Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera.

CATEGORIA B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

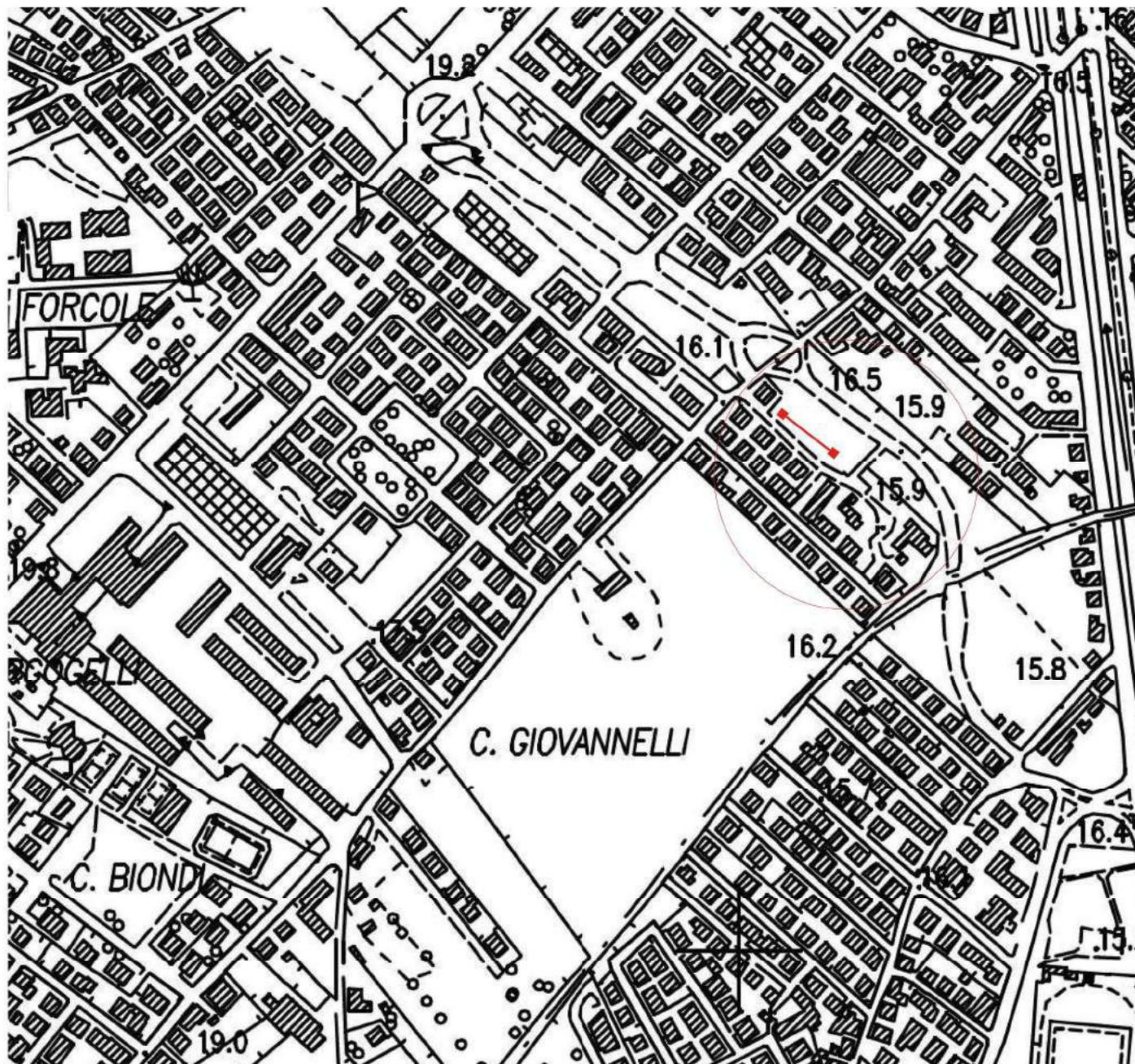
Monte San Vito, li 13 Marzo 2013

Dott. Geol. Marco Gaggiotti

UBICAZIONE INDAGINE GEOFISICA

Via Guinizzelli - Comune di Fano (PU)

Stralcio Sezione n°269130 C.T.R. Regione Marche

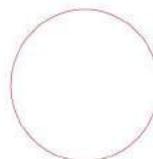


Legenda:

Scala 1:5.000



Ubicazione stendimento "MASW"



Area di indagine

TAVOLA 1



GEOCON
STUDIO ASSOCIATO PER LA
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

Commessa 1302/13
Bajocchi Giancarla
Bertulli Graziella - Bertulli Paolo
Bertulli Giovanna - Bertulli Luigi

RELAZIONE GEOLOGICA
D.M. 14/01/2008 E CIRC. LL.PP. N° 617/09

Pag. 40 di 40

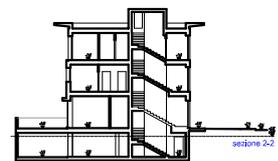
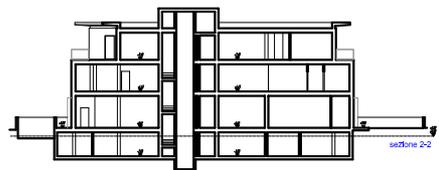
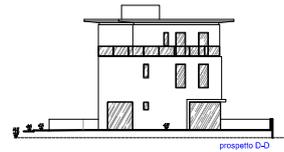
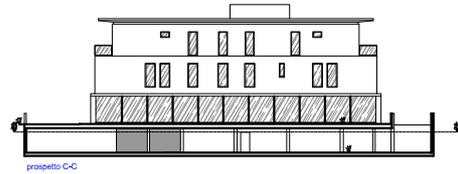
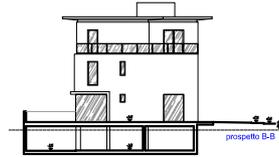
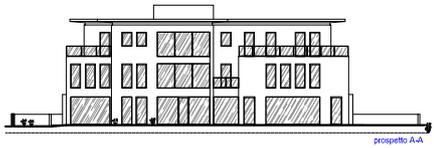
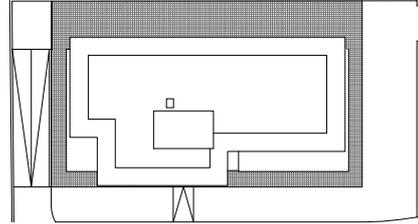
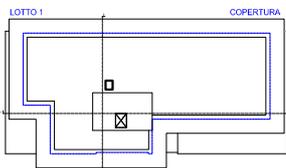
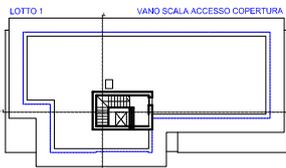
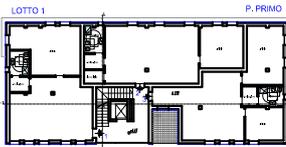
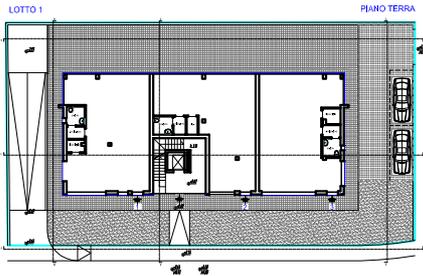
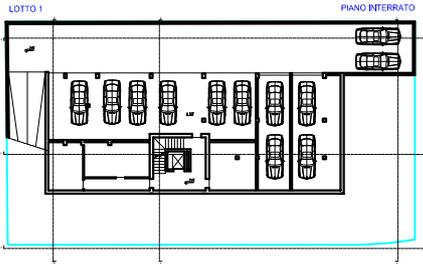
ALLEGATO 10

STRALCI PROGETTUALI

LOTTO 1

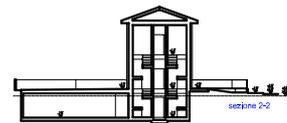
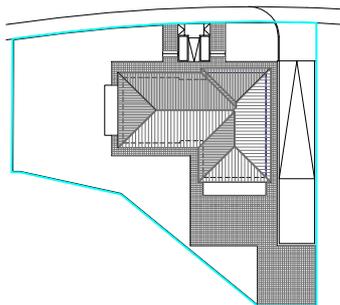
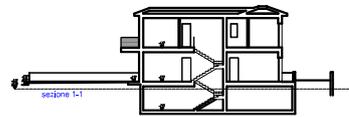
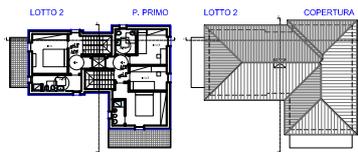
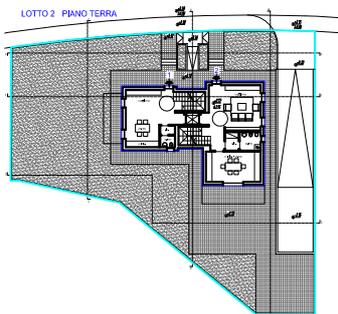
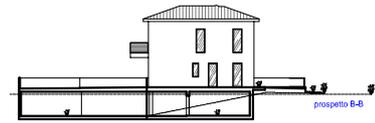
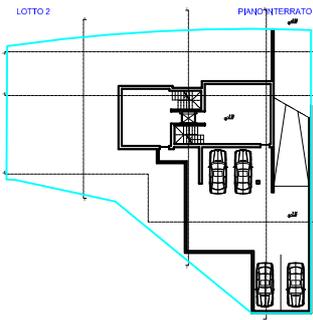
lotto mq 894,69

TOTALE SUL mq 791,00

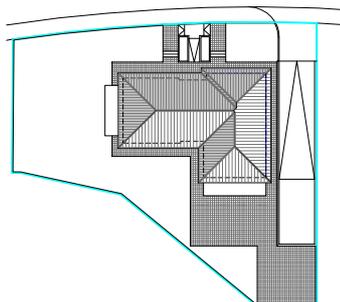


LOTTO 2

lotto mq 630,60 TOTALE SUL mq 220,00

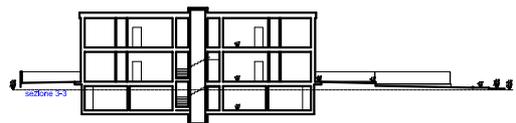
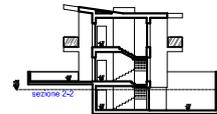
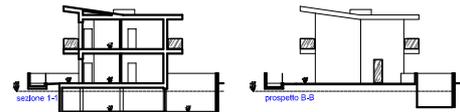
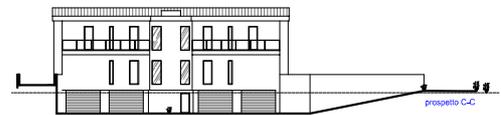
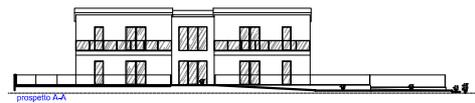
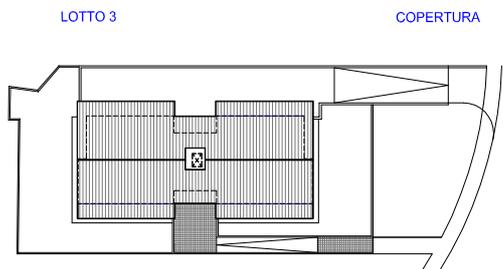
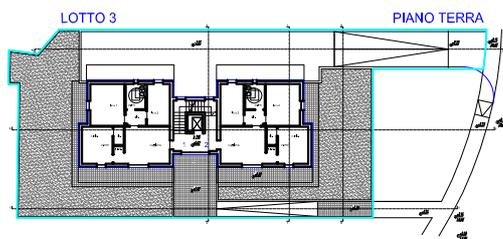
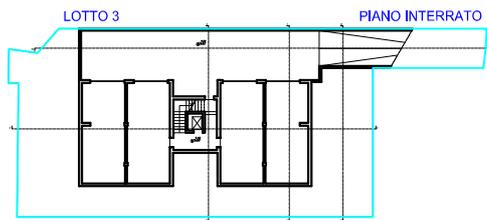


LOTTO 2 COPERTURA



LOTTO 3

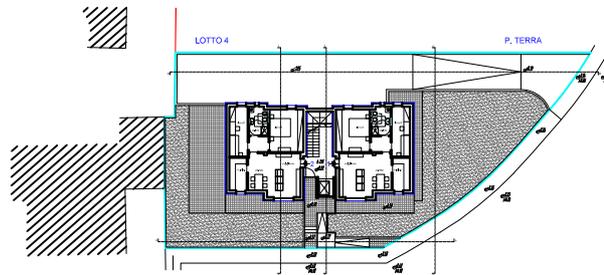
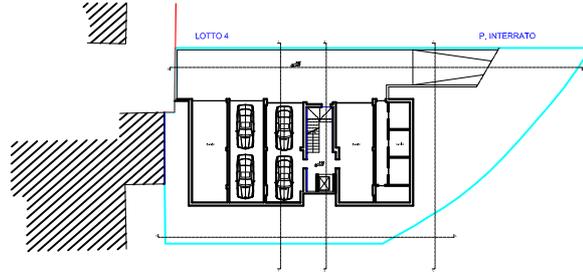
lotto mq 697,38
TOTALE SUL mq 300,00



LOTTO 4

lotto mq 651,27

TOTALE SUL mq 280,00



P. PRIMO



COPERTURA

