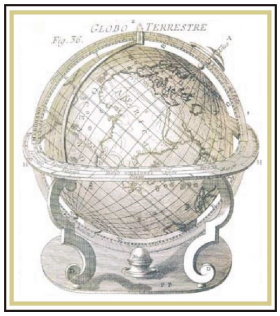
Studio di Geologia
Dottor Raffaele Achilli
Ordine Regionale Geologi N. 581

Codice Fiscale: CHL RFL 70E08 E783 I
Part. IVA n. 01361070434



PROGETTO PER LA DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DI UN EDIFICIO ED ANNESSO IN CONTRADA RICCIOLA

COMUNE DI RECANATI

RAPPORTO GEOLOGICO

Studi di Geologia, Idrogeologia, Geotecnica
Civitanova Marche
Tel 0733.81.49.89 / 0335.57.18.641

Dott. Raffaele Achilli
ORDINE DEI GEOLOGI DELLA REGIONE MARCHE
Achilli Raffaele
N° 581 Albo Prof.

INDICE

1. Premessa 3

2. UBICAZIONE E MORFOLOGIA 4

3. CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE 5

4. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE 6

5. CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI TERRENI 7

6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA 8

6.1 Categoria topografica 10

7. IMPIANTO DI SMALTIMENTO ACQUE REFLUE 10

8. CONCLUSIONI 11

APPENDICE:

Tav. 1 Corografia

Tav. 2 Planimetria

Tav. 3 Estratto Geologico

Elaborazioni prove penetrometriche

Elaborazione indagine sismica

Documentazione fotografica

Il presente elaborato ed i suoi allegati sono tutelati dalla Legge vigente come opera dell'ingegno. Sono vietati la copia e l'utilizzo dei contenuti senza il permesso scritto dell'autore.

1. Premessa

Nella presente relazione vengono esposti i risultati relativi ad una indagine geologica eseguita nella proprietà dei signori Lurgi, per un progetto di demolizione e ricostruzione di un edificio, ubicato in Contrada Ricciola e contraddistinta dalla particella n.69 del Foglio Catastale 11 del comune di Recanati (MC).

La presente indagine geologica ha lo scopo di fornire una caratterizzazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica dei terreni di fondazione dell'edificio e di un annesso e valutare le caratteristiche geomeccaniche dei terreni di sedime ove verranno realizzate le nuove costruzioni, con ingombri ed impronte similari agli edifici attualmente presenti, ora in stato di abbandono e decadimento, che verranno demoliti.

A tale scopo si sono eseguiti n°3 prove penetrometriche statiche ubicate come nella planimetria in appendice ed una indagine sismica di tipo HSRV. Si sono presi in considerazione anche i report di indagini eseguite in passato dal sottoscritto su terreni similari e vicinali.

2. UBICAZIONE E MORFOLOGIA

L'area di indagine è ubicata alla quota di circa 104 m s.l.m. al di sopra di una dorsale collinare leggermente immergente a sud, verso il "Vallone Cantalupo" affluente in destra idrografica del fiume Musone ed a nord col Fiume Musone stesso.

Dal rilevamento geomorfologico non sono emerse nella zona direttamente interessata dal progetto forme connesse a dissesti erosivi o gravitativi in atto o potenziali; alcune deformazioni superficiali sono presenti nei versanti a sud ed in quelli ad est.

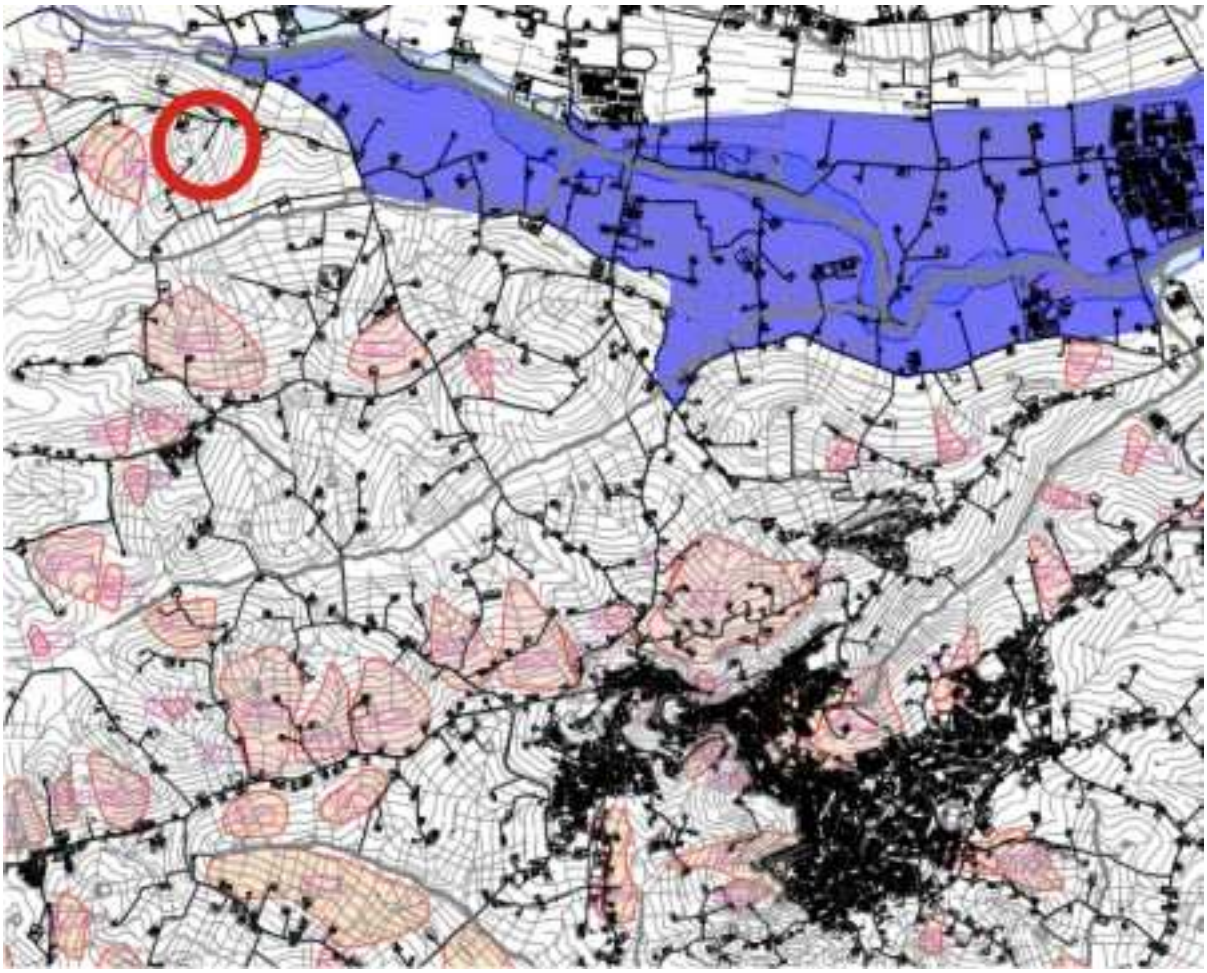


Figura 1) Nel cerchio rosso, l'area di interesse. Aree interessate da frane cartografate in retino rosso e da esondazione in retino blu.

Anche dall'esame del Piano di Assetto Idrogeologico delle Regione Marche (fig.1), l'area indagata risulta esterna ad ogni pericolosità geomorfologica. Si conferma quindi la stabilità dell'area di sedime del fabbricato in studio.

3. CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE

Dalla cartografia più aggiornata (Regione Marche, Progetto CARG) nell'area in studio risultano come affioranti i terreni della Formazione delle ARGILLE AZZURRE (tav.3 in appendice, con legenda descrittiva) riferibili al Pliocene inferiore - Pleistocene medio.

Il rilevamento geologico della zona e le prove geognostiche eseguite hanno messo in luce la presenza di terreni di copertura eluvio colluviali sempre presenti e di ricostruire la successione geolitologica dettagliata dei terreni circostanti la fondazione dell'edifico in esame, così riassumibile:

a) **COLTRE ELUVIO-COLLUVIALE**: limo argilloso giallastro e grigio anche con concrezioni calcaree biancastre e radici; l'unita, nella sua porzione più concrezionata, ha uno spessore variabile dal piano campagna fino a 3,0 m nella prova 1 ed 1,0 m nella prova 3 con resistenza alla penetrazione oscillanti tra 30 e 50 kg/cm^2. Il litotipo continua verso il basso fino alla profondità riscontrata in ogni prova e pressoché omogenea di 5,0 m dall'attuale piano campagna con resistenze molto più modeste (20÷25 kg/cm^2).

b) **FORMAZIONE** con diversi gradi di alterazione, costituita da peliti stratificate con sottili livelli sabbiosi.

- **b1- da molto alterata ad alterata**: argilla limosa beige scuro e grigia con numerosi giunti e fratture, essiccata, ossidata, con macule ocracee e talora puntinature nerastre; le fratture possono essere invase da radici sia capillari che di qualche cm di diametro. La struttura sedimentaria è difficilmente riconoscibile. Questa sotto unità geolitologica è stata individuata nelle prove penetrometriche dai 5,0 agli 8,0 di profondità circa rispetto al p.c. attuale.
- **b2- da poco alterata ad inalterata**: argilla limoso-marnosa beige-grigiastra stratificata, con sabbia grigio chiara, talora ossidata, umida, con minute puntinature nerastre. La stratificazione è piano parallela sub-orizzontale e si rinviene in tutte le prove da circa 8,0 m di profondità.

Il grado di alterazione è gradualmente decrescente con la profondità, le indagini non hanno raggiunto la formazione allo stato completamente inalterato. Per ulteriori dettagli si rimanda alle stratigrafie delle prove riportate in appendice ed alla documentazione fotografica dei sondaggi.

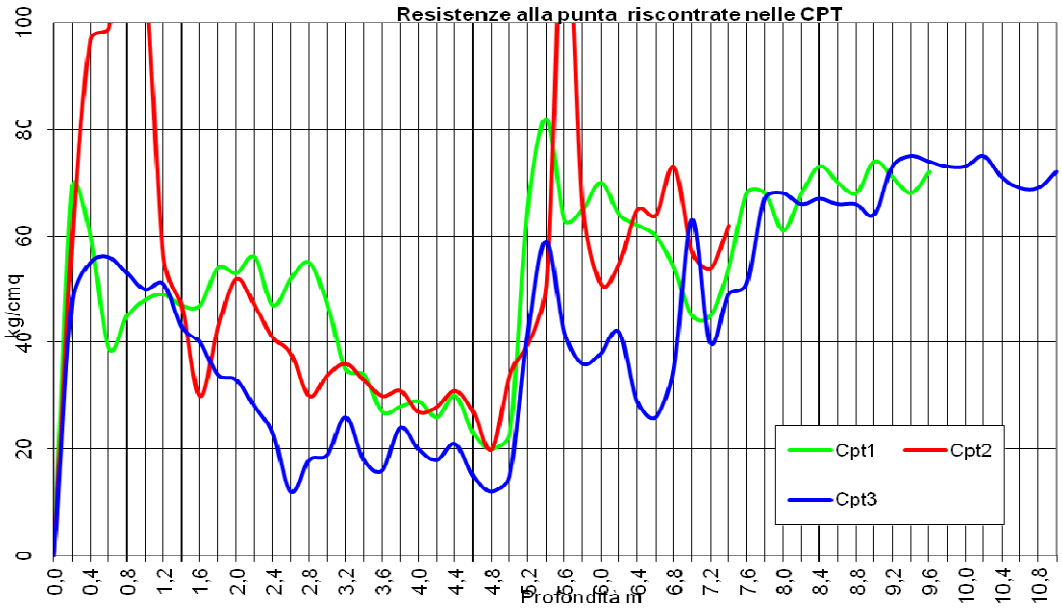


Figura 2) Grafico resistenza alla punta nelle penetrometriche effettuate

4. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Dal punto di vista della permeabilità, i litotipi individuati nell'area in studio possono essere così considerati:

- COLTRE ELUVIO-COLLUVIALE: mediamente permeabile. La diffusa presenza di radici, anche in profondità, ha un ruolo importante nella diffusione delle acque meteoriche di infiltrazione.
- FORMAZIONE: permeabilità primaria buona parallelamente alla stratificazione per la presenza di livelli sabbiosi; perpendicolarmente alla stratificazione si ha permeabilità secondaria, legata alla fratturazione dei materiali pelitici, in diminuzione con il diminuire dell'alterazione e con l'aumentare della profondità.

La esplorazione di un pozzo esistente e profondo circa 8,0 metri ha permesso di registrare la presenza di una falda freatica alla profondità di circa 2,80 rispetto al p.c. attuale.

L'entità e le caratteristiche della suddetta falda potranno essere valutate con studi successivi di emungimento e/o portata.

5. CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI TERRENI

Le prove penetrometriche statiche effettuate hanno permesso di valutare le caratteristiche geomeccaniche dei terreni, con misure dirette della resistenza dinamica alla punta e dell'attrito laterale sullo strumento. Le correlazioni usate dei vari autori disponibili, scelte dal sottoscritto in base ad esperienza maturata sui terreni indagati e simili, hanno permesso di dare una valutazione dei parametri geotecnici fondamentali dei terreni in oggetto.

I parametri geomeccanici possono quindi essere così schematizzati (vedi elaborazioni per esteso nelle tabelle in appendice):

COLTRE DI COPERTURA (LIMO SABBIOSO)		
Parametri	***Valori tipici medi***	***Valori caratteristici***
Peso di volume naturale [g/cmc]	1,8 ÷1,9	1,9
Coesione non drenata [kg/cm^2]	1,0-2,0	1,2
Angolo di resistenza al taglio [°]	20÷23	21

FORMAZIONE (ALTERNANZE DI SABBIE E ARGILLE MARNOSE)		
Parametri	***Valori tipici medi***	***Valori caratteristici***
Peso di volume naturale [g/cmc]	1,9 ÷2,2	2,0
Coesione non drenata [kg/cm^2]	2,0÷2,7	2,4
Angolo di resistenza al taglio [°]	23÷26	24

Scendendo in profondità le caratteristiche geomeccaniche migliorano sensibilmente.

6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Gli effetti della lito-stratigrafia sull'azione sismica sono riconducibili a:

- successione stratigrafica
- proprietà meccaniche dei terreni
- geometrie dei contatti tra gli strati

Tali effetti sono stimabili attraverso la valutazione della velocità delle onde di taglio (onde s) nei primi 30 metri di profondità a partire dal piano di imposta delle fondazioni:

$$V_{s,30} = 30/\Sigma_{i=1,N}\ (h_i / v_{s,i})$$

Nei casi in cui tale velocità non sia disponibile è consentito utilizzare, in modo semplificato, la resistenza penetrometrica dinamica equivalente $N_{SPT,30}$ o la resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$:

$$N_{SPT,30} = \Sigma_{i=1,M}\ (h_i) / \Sigma_{i=1,M}\ (h_i / N_{SPT,i})$$

$$c_{u,30} = \Sigma_{i=1,K}\ (h_i) / \Sigma_{i=1,K}\ (h_i / c_{u,i})$$

Si indica con:

h_i = spessore (in metri) dell'i-esimo strato compreso nei primi 30 metri di profondità;
$v_{S,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
$N_{SPT,i}$ = numero di colpi N_{SPT} nell'i-esimo strato;
$c_{u,i}$ = resistenza non drenata nell'i-esimo strato;
N = numero di strati compresi nei primi 30 metri di profondità;
M = numero di strati di terreni a grana grossa compresi nei primi 30 metri di profondità;
K = numero di strati di terreni a grana fine compresi nei primi 30 metri di profondità.

Attraverso la valutazione dei parametri sopra descritti è possibile classificare il sottosuolo investigato individuandolo in una delle categorie da A a E (o anche nelle categorie S1 e S2, relative a terreni liquefacibili o con alta possibilità di collasso dei terreni), riportate nel testo della vigente normativa sulle costruzioni (D.M. 14/1/2008), v. tabelle sottostanti.

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

Tabella 1: Categorie di sottosuolo secondo le NTC 2008

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tabella 2: Categorie aggiuntive di sottosuolo

Da quanto è emerso durante la presente indagine geologica, descritta nei capitoli precedenti, i terreni dell'area indagata risultano essere a granulometria media. La consistenza dei materiali è media, crescente con la profondità. Il substrato di riferimento presenta notoriamente velocità delle onde sismiche di taglio generalmente inferiori ad 800 m/s.

Dall'analisi della registrazione HVSR (eseguita con software Grilla vers.6.2beta, vedi allegati in appendice) per quello che concerne il Vs30, la ricostruzione mediante curva sintetica permette di individuare il seguente valore:

Vs30=352m/s

Con tale valore di Vs30 in base alla normativa vigente si può classificare l'area in oggetto come **tipo di suolo: C**

6.1 Categoria topografica

Dalle considerazioni topografiche e geomorfologiche descritte precedentemente emerge che l'area indagata si trova su un crinale. Sono state calcolate quindi le pendenze relative a entrambi i versanti. Entrambe risultano al di sotto dei 15°, per cui è possibile assegnare alla configurazione superficiale considerata *la* ***categoria topografica T1****.*

7. IMPIANTO DI SMALTIMENTO ACQUE REFLUE

Dall'analisi svolta si ritiene che lo smaltimento delle acque grigie e nere provenienti dall'abitazione possa avvenire direttamente sul suolo dopo che le sole acque nere abbiano subito depurazione in una fossa biologica. Questa procedura consente di evitare che le acque saponate possano impedire la fermentazione batterica dei liquami. Dal momento che l'Arpam, ai sensi del D.Lgs n. 152/06, dispone che le acque nere, saponose e oleose (opportunamente trattate) tutte riunite dovranno subire un trattamento di chiarificazione in fossa settica Imhoff, si ritiene che questa procedura vada comunque attuata in fase progettuale.

Sulla base delle risultanze fin qui emerse, si esprime l'idoneità geologica dell'area allo scarico delle acque reflue tramite la pratica della sub-irrigazione.

Gli elementi essenziali su cui si esprime detto parere, sono:

- l'area non è, attualmente, interessata da processi morfogenetici attivi (dissesto idrogeologico);
- non sono presenti manifestazioni idriche superficiali;
- nelle immediate vicinanze non esistono corsi d'acqua ne captazioni a scopo idropotabile.

Le acque reflue nel loro insieme (con le acque nere preventivamente depurate nelle fosse Imhoff) verranno smaltite nel terreno con un sistema di dispersione per

sub-irrigazione da realizzarsi in conformità a quanto dettato dalle Disposizioni del Ministero dei LL.PP. del 04-02-1977.

Possono altresì essere considerati impianti di smaltimento differenti tipo fitodepurazione.

Per il progetto dell'impianto e le caratteristiche tecniche dello stesso, si rimanda ad una successiva fase progettuale.

8. CONCLUSIONI

Sulla base dell'indagine svolta e sin qui esposta risulta che:

- il rilevamento geomorfologico non ha evidenziato nell'area e nelle zone immediatamente circostanti ad essa particolari fenomeni legati alla gravità e forme attribuibili ad erosione concentrata;
- nell'area è presente una falda con un andamento della piezometrica posto a circa 3,0 m dall'attuale piano campagna;
- le caratteristiche stratigrafiche e litotecniche dei terreni indagati mostrano una discreta omogeneità orizzontale e verticale;

Sarà compito del progettista valutare la scelta più adatta per la tipologia della fondazione e la possibilità di adottare delle fondazioni profonde (consigliate dal sottoscritto) per gli edifici da realizzare.

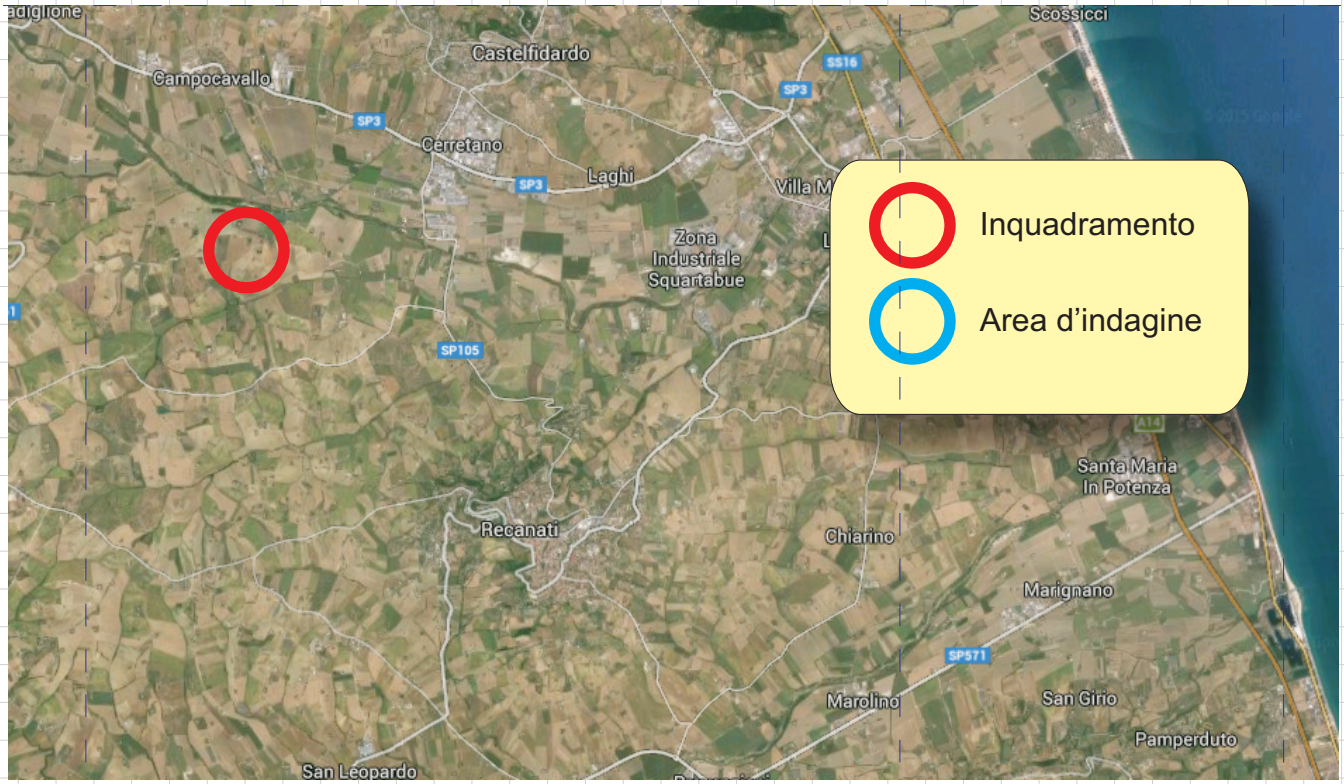
.Si raccomanda l'accurata raccolta, il rapido allontanamento e convogliamento in fogna delle acque meteoriche e di scarico. *Civitanova Marche, 4 agosto 2015*

Dott. Raffaele Achilli

ORDINE DEI GEOLOGI DELLA REGIONE MARCHE
Dott. Geol. Achilli Raffaele
N° 581 Albo Prof.

Ordine dei Geologi delle Marche n° 581

COROGRAFIA



Dott. Geol. Raffaele Achilli

Agosto 2015

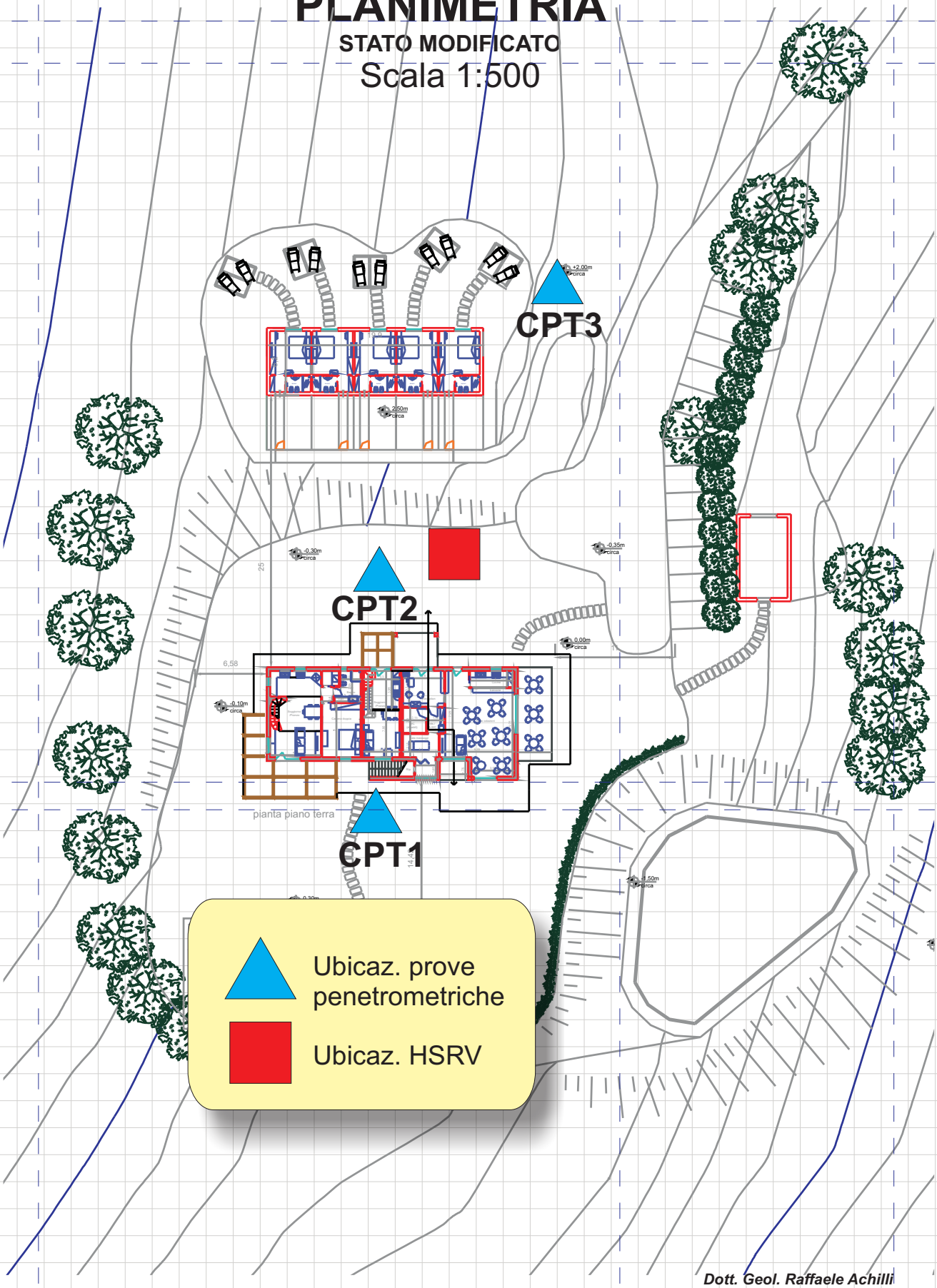
Tav. 1

COMMITTENTE: LURGI

PLANIMETRIA

STATO MODIFICATO

Scala 1:500



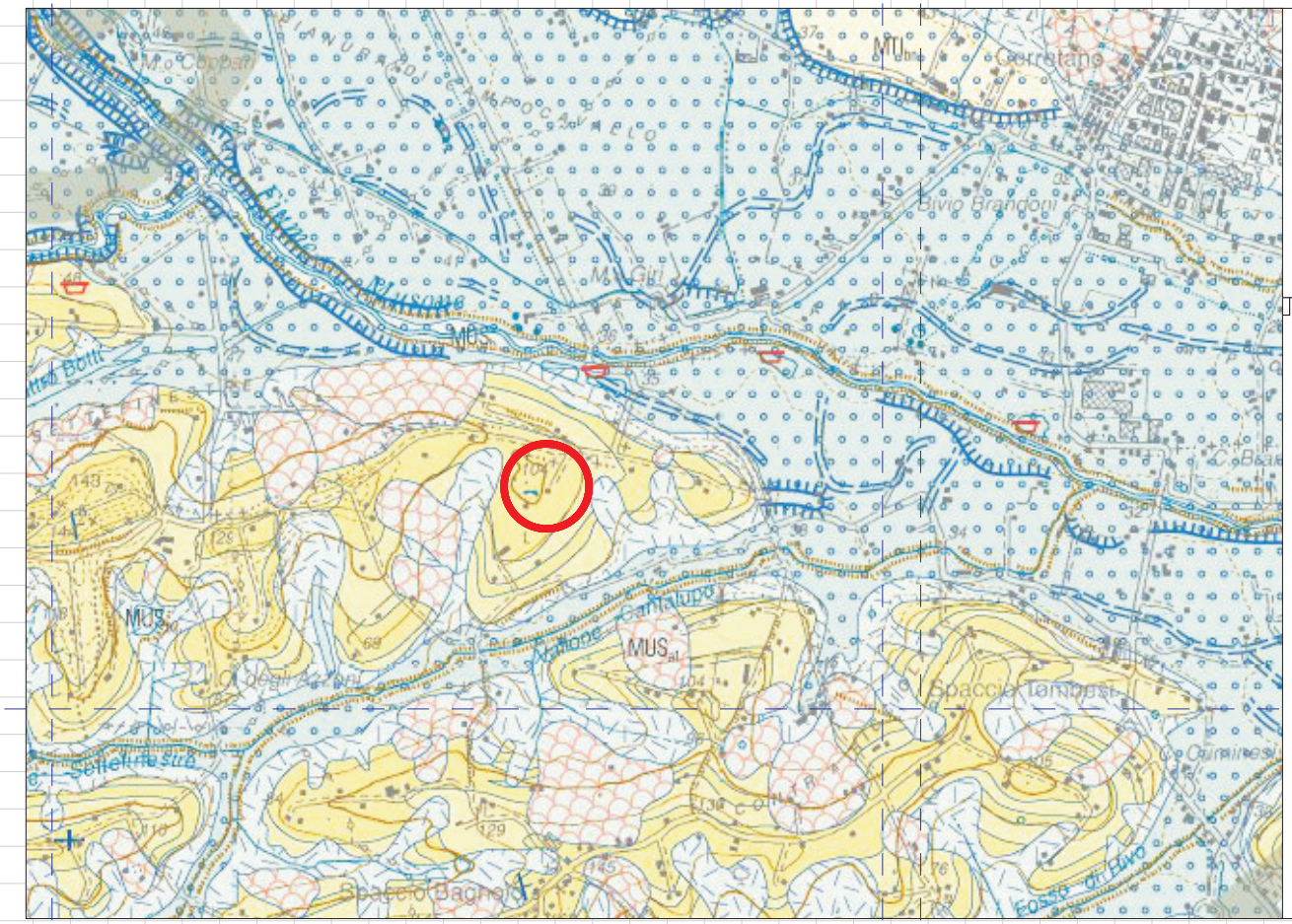
Dott. Geol. Raffaele Achilli

Agosto 2015

Tav. 2

COMMITTENTE: LURGI

SCHEMA GEOLOGICO



REGIONE MARCHE - FOGLIO GEOLOGICO
PROGETTO CARG
FOGLIO OSIMO n.293
(estratto da scala 1/50.000)

Pliocene inferiore - Pleistocene med

Litofacies arenaceo-conglomeratica (FEM$_a$)
Alternanza di sabbie in strati da sottili a spessi con geometrie lenticolari e laminazioni piano-parallele e incrociate a piccola e media scala e conglomerati medio-grossolani con clasti ben arrotondati, in strati spessi generalmente clinstratificati o con stratificazioni incrociate a truogolo. Localmente sono presenti facies ghiaioso-sabbiose con abbondanti resti organogeni a stratificazione piano-parallela o obiqua planare a bassisimo angolo. Nella parte sommitale sono presenti sottili alternanze di silt e argille scure e bluastre. Ambiente deposizionale di spiaggia da subtidale a supratidale, talora con ambienti deltizi. Spessore massimo 50 m.

ARGILLE AZZURE
Peliti in strati fino ad un metro di spessore sia massivi che sottilmente laminati con facies da neritiche ad epibatiali. La stratificazione, poco evidente, é marcata da sottili interstrati siltoso-sabbiosi. Sono inoltre presenti orizzonti a clasti isolati, talora anche grossolani, e tritume organogeno in lenti e livelli sottilissimi.
Spessore massimo osservato nel Pozzo Montefano 2 di circa 1750 metri.
Biozone MNN14, 15 e 16 per l'interva lo Pliocenico. L'intervallo Pleistocenico é invece caratterizzato dalle biozone MNN19b-d (zone a *C. macintyrei, H. sellii, Large Gephyrocapsa*) dello schema di Rio et al. (1990), corrispondenti ai piani dal Calabriano all'Emiliano del Pleistocene Inferiore, inequivocabilmente identificate nelle sole porzioni sommitali.
PLIOCENE INFERIORE (Zancleano) - PLEISTOCENE INFERIORE - MEDIO(?)

FAA
FAA$_a$
FAA$_b$

Litofacies arenaceo pelitica e pelitico arenacea (FAA$_a$)
Alternanze più o meno regolari di argille e argille marnose, massive o sottilmente stratificate e arenarie e sabbie da fini a medie generalmente massive o con rare laminazioni piano-parallele o incrociate a basso angolo. Ambiente neritico interno di transizione alla spiaggia. Spessore massimo di circa 100 m.

Litofacies arenacea (FAA$_b$)
Sabbie ed arenarie medie e fini, in strati a geometria complessa di spessore variabile da pochi decimetri ad oltre 1 metro. La stratificazione é piano-parallela o incrociata, sia concava che planare, più frequentemente hummocky, a piccola e grande scala. Si osservano riempimenti di piccoli canali e sottili livelli di tritume organogeno talora fortemente cementati.
Ambiente deposizionale di spiaggia esterna e litorale, di transizione tra il dominio subtidale e intertidale. Spessore massimo di circa 100 m.

IV

Orizzonte del Trave (IV)
Corpo tabulare di calcareniti grossolane, in strati da sottili a medi, a composizione organogena e biclastica ed arenacea quazoso-litica di ambiente di spiaggia. Spessore di circa 15 m.
PLIOCENE INFERIORE p.p. (Zancleano)

M. CONERO

Dott. Geol. Raffaele Achilli

Agosto 2015

Tav. 3

COMMITTENTE: LURGI

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

FOTO 1) esecuzione cpt1

FOTO 2) esecuzione cpt2

FOTO 3) materiale della formazione

FOTO 2) esecuzione cpt3

Dott. Geol. Raffaele Achilli

Agosto 2015

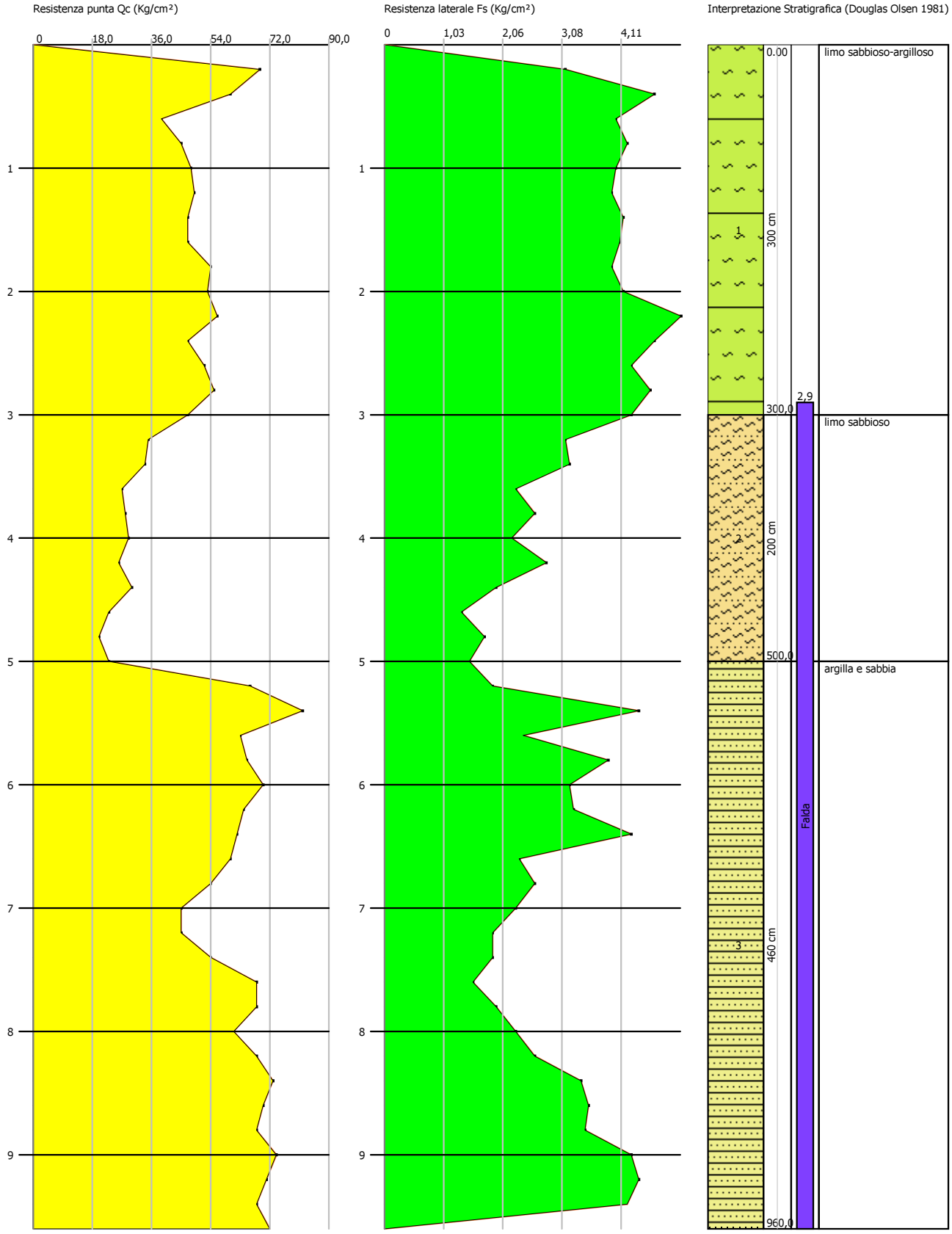
COMMITTENTE: LURGI

Interpretazione litostratigrafica proposta

Probe CPT - Cone Penetration Nr.1
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: Lurgi
Cantiere: C.da Ricciola
Località: Racanati

Data: 30/07/2015

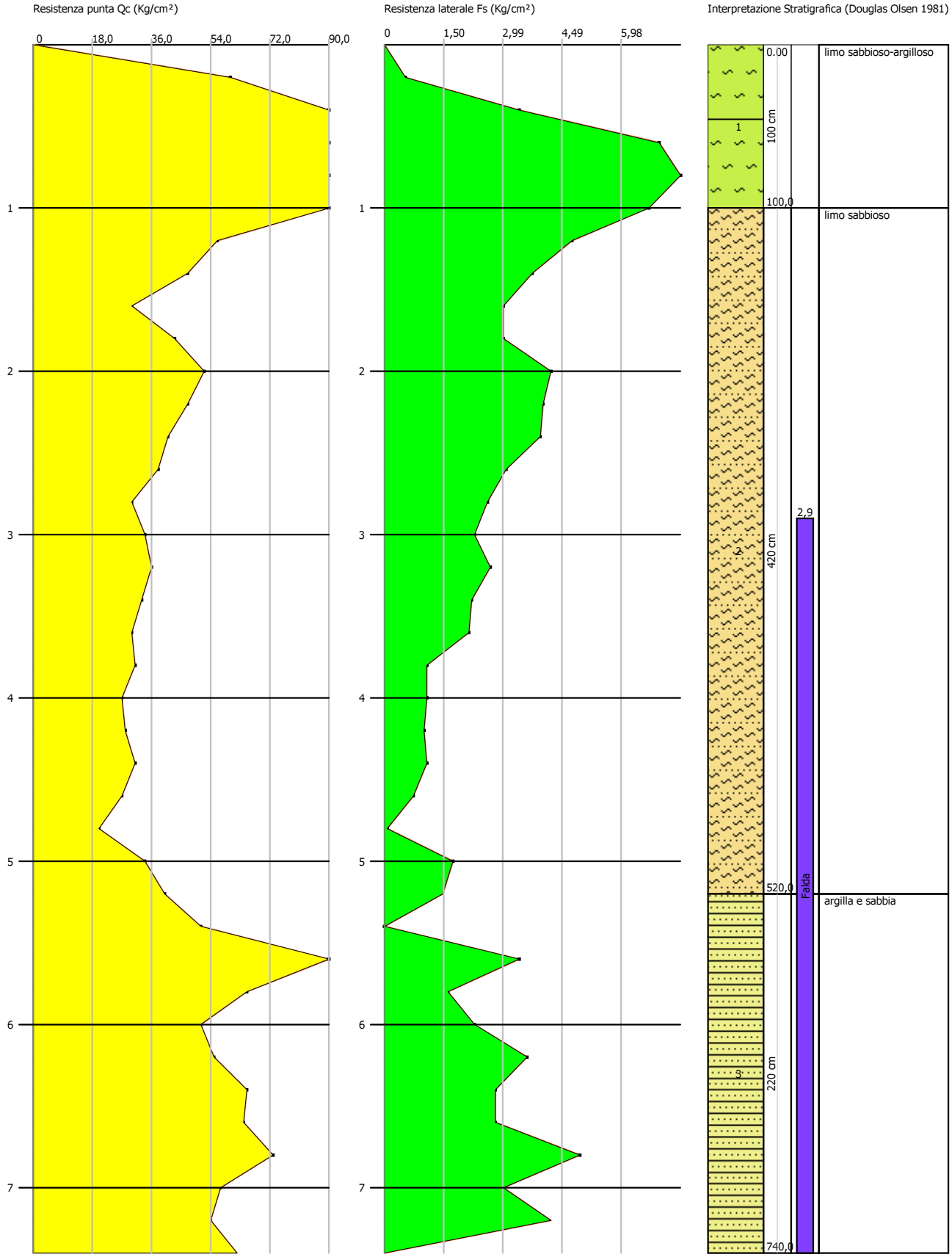


Interpretazione litostratigrafica proposta

Probe CPT - Cone Penetration Nr.2
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: Lurgi
Cantiere: C.da Ricciola
Località: Racanati

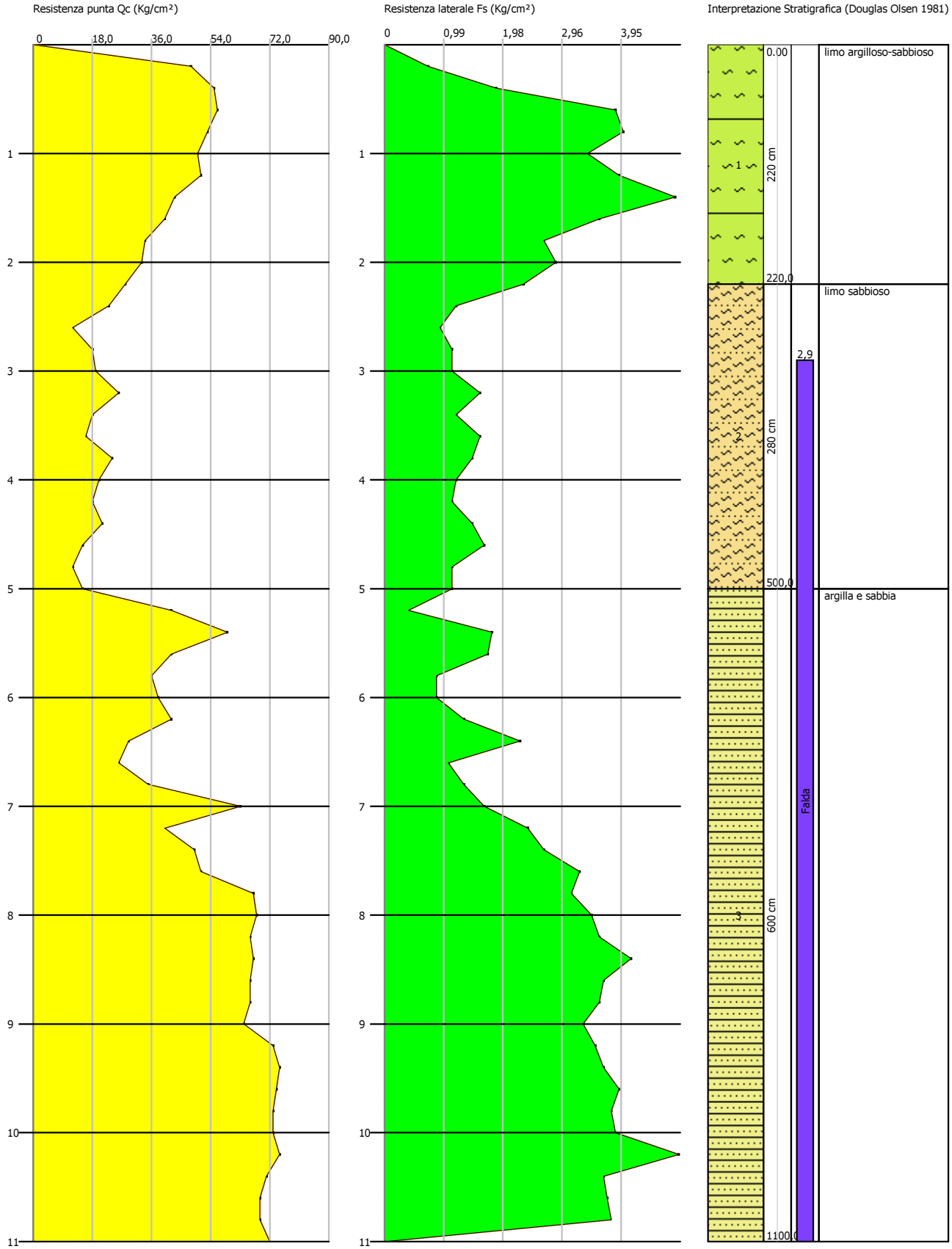
Data: 30/07/2015



Interpretazione litostratigrafica proposta

Probe CPT - Cone Penetration Nr.3
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente:	Lurgi	Data: 30/07/2015
Cantiere:	C.da Ricciola	
Località:	Racanati	



STRATI Indagini Geognostiche
Via Velluti 118 MACERATA
via Piave 5 CIVITANOVA M.
Tel. 0733 28 34 69 - 389 57 18 641
fax 0733 28 78 24 info@provepenetrometriche.it
www.provepenetrometriche.it

PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: Lurgi Cantiere: C.da Ricciola Località: Racanati	

Caratteristiche Strumentali PAGANI TG 63 (200 kN)

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

STRATI Indagini Geognostiche Civitanova Marche

PROVA ... Nr.1

Committente: Lurgi
Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
Prova eseguita in data: 30/07/2015
Profondità prova: 9,60 mt
Località: Recanati

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm²)	Lettura laterale (Kg/cm²)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	69,00	88,0	69,0	3,13	22,045	4,5
0,40	60,00	107,0	60,0	4,67	12,848	7,8
0,60	39,00	109,0	39,0	4,0	9,75	10,3
0,80	45,00	105,0	45,0	4,2	10,714	9,3
1,00	48,00	111,0	48,0	4,0	12,0	8,3
1,20	49,00	109,0	49,0	3,93	12,468	8,0
1,40	47,00	106,0	47,0	4,13	11,38	8,8
1,60	47,00	109,0	47,0	4,07	11,548	8,7
1,80	54,00	115,0	54,0	3,93	13,74	7,3
2,00	53,00	112,0	53,0	4,13	12,833	7,8
2,20	56,00	118,0	56,0	5,13	10,916	9,2
2,40	47,00	124,0	47,0	4,67	10,064	9,9
2,60	52,00	122,0	52,0	4,27	12,178	8,2
2,80	55,00	119,0	55,0	4,6	11,957	8,4
3,00	47,00	116,0	47,0	4,27	11,007	9,1
3,20	35,00	99,0	35,0	3,13	11,182	8,9
3,40	34,00	81,0	34,0	3,2	10,625	9,4
3,60	27,00	75,0	27,0	2,27	11,894	8,4
3,80	28,00	62,0	28,0	2,6	10,769	9,3
4,00	29,00	68,0	29,0	2,2	13,182	7,6
4,20	26,00	59,0	26,0	2,8	9,286	10,8
4,40	30,00	72,0	30,0	1,93	15,544	6,4
4,60	23,00	52,0	23,0	1,33	17,293	5,8
4,80	20,00	40,0	20,0	1,73	11,561	8,7
5,00	23,00	49,0	23,0	1,47	15,646	6,4
5,20	66,00	88,0	66,0	1,87	35,294	2,8
5,40	82,00	110,0	82,0	4,4	18,636	5,4
5,60	63,00	129,0	63,0	2,4	26,25	3,8
5,80	65,00	101,0	65,0	3,87	16,796	6,0
6,00	70,00	128,0	70,0	3,2	21,875	4,6
6,20	64,00	112,0	64,0	3,27	19,572	5,1
6,40	62,00	111,0	62,0	4,27	14,52	6,9
6,60	60,00	124,0	60,0	2,33	25,751	3,9
6,80	54,00	89,0	54,0	2,6	20,769	4,8
7,00	45,00	84,0	45,0	2,27	19,824	5,0
7,20	45,00	79,0	45,0	1,87	24,064	4,2
7,40	54,00	82,0	54,0	1,87	28,877	3,5
7,60	68,00	96,0	68,0	1,53	44,444	2,3
7,80	68,00	91,0	68,0	1,93	35,233	2,8
8,00	61,00	90,0	61,0	2,27	26,872	3,7
8,20	68,00	102,0	68,0	2,6	26,154	3,8
8,40	73,00	112,0	73,0	3,4	21,471	4,7
8,60	70,00	121,0	70,0	3,53	19,83	5,0
8,80	68,00	121,0	68,0	3,47	19,597	5,1
9,00	74,00	126,0	74,0	4,27	17,33	5,8
9,20	71,00	135,0	71,0	4,4	16,136	6,2
9,40	68,00	134,0	68,0	4,2	16,19	6,2
9,60	72,00	135,0	72,0	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm²)	fs Media (Kg/cm²)	Gamma Medio (t/m³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
3,00	51,2	4,209	2,1	Incoerente-Coesivo	limo sabbioso-argilloso
5,00	27,5	2,266	2,0	Incoerente-Coesivo	limo sabbioso
9,60	64,826	2,862	2,2	Incoerente-Coesivo	argilla e sabbia

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIV I

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
Strato 1	3,00	51,2	4,209	0,3	0,3	Sunda relazione sperimentale	2,6
Strato 2	5,00	27,5	2,266	0,8	0,7	Sunda relazione sperimentale	1,7
Strato 3	9,60	64,826	2,862	1,5	1,1	Sunda relazione sperimentale	2,9

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
Strato 1	3,00	51,2	4,209	0,3	0,3	Metodo generale del modulo Edometrico	102,4
Strato 2	5,00	27,5	2,266	0,8	0,7	Metodo generale del modulo Edometrico	55,0
Strato 3	9,60	64,826	2,862	1,5	1,1	Metodo generale del modulo Edometrico	129,6

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Eu (Kg/cm²)
Strato 1	3,00	51,2	4,209	0,3	0,3	Cancelli 1980	1908,2
Strato 2	5,00	27,5	2,266	0,8	0,7	Cancelli 1980	1004,2
Strato 3	9,60	64,826	2,862	1,5	1,1	Cancelli 1980	2389,9

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm²)
Strato 1	3,00	51,2	4,209	0,3	0,3	Imai & Tomauchi	310,1
Strato 2	5,00	27,5	2,266	0,8	0,7	Imai & Tomauchi	212,1
Strato 3	9,60	64,826	2,862	1,5	1,1	Imai & Tomauchi	358,2

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	3,00	51,2	4,209	0,3	0,3	P.W.Mayne 1991	9
Strato 2	5,00	27,5	2,266	0,8	0,7	P.W.Mayne 1991	6,07
Strato 3	9,60	64,826	2,862	1,5	1,1	P.W.Mayne 1991	9

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 1	3,00	51,2	4,209	0,3	0,3	Meyerhof	2,1
Strato 2	5,00	27,5	2,266	0,8	0,7	Meyerhof	2,0
Strato 3	9,60	64,826	2,862	1,5	1,1	Meyerhof	2,2

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	C	Crm
Strato 1	3,00	51,2	4,209	0,3	0,3	0,10511	0,01366
Strato 2	5,00	27,5	2,266	0,8	0,7	0,11536	0,015
Strato 3	9,60	64,826	2,862	1,5	1,1	0,10008	0,01301

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 1	3,00	51,2	4,209	0,3	0,3	Meyerhof	2,2
Strato 2	5,00	27,5	2,266	0,8	0,7	Meyerhof	2,1
Strato 3	9,60	64,826	2,862	1,5	1,1	Meyerhof	2,2

Velocità onde di taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	3,00	51,2	4,209	0,3	0,3	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	243,16
Strato 2	5,00	27,5	2,266	0,8	0,7	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	247,91
Strato 3	9,60	64,826	2,862	1,5	1,1	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	309,61

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	3,00	51,2	4,209	0,3	0,3	Harman	76,8
Strato 2	5,00	27,5	2,266	0,8	0,7	Harman	35,6
Strato 3	9,60	64,826	2,862	1,5	1,1	Harman	54,9

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	3,00	51,2	4,209	0,3	0,3	Schmertmann	23,0
Strato 2	5,00	27,5	2,266	0,8	0,7	Schmertmann	21,5
Strato 3	9,60	64,826	2,862	1,5	1,1	Schmertmann	25,3

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	3,00	51,2	4,209	0,3	0,3	Schmertmann	66,6
Strato 2	5,00	27,5	2,266	0,8	0,7	Schmertmann	35,8
Strato 3	9,60	64,826	2,862	1,5	1,1	Schmertmann	84,3

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	3,00	51,2	4,209	0,3	0,3	Buisman - Sanglerat	76,8
Strato 2	5,00	27,5	2,266	0,8	0,7	Buisman - Sanglerat	137,5
Strato 3	9,60	64,826	2,862	1,5	1,1	Buisman - Sanglerat	97,2

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	3,00	51,2	4,209	0,3	0,3	Imai & Tomauchi	310,1
Strato 2	5,00	27,5	2,266	0,8	0,7	Imai & Tomauchi	212,1
Strato 3	9,60	64,826	2,862	1,5	1,1	Imai & Tomauchi	358,2

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	3,00	51,2	4,209	0,3	0,3	Larsson 1991 S.G.I.	1,0
Strato 2	5,00	27,5	2,266	0,8	0,7	Larsson 1991 S.G.I.	<0.5
Strato 3	9,60	64,826	2,862	1,5	1,1	Larsson 1991 S.G.I.	2,1

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Ko
Strato 1	3,00	51,2	4,209	0,3	0,3	Kulhawy & Mayne (1990)	0,83
Strato 2	5,00	27,5	2,266	0,8	0,7	Kulhawy & Mayne (1990)	0,32
Strato 3	9,60	64,826	2,862	1,5	1,1	Kulhawy & Mayne (1990)	0,43

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	C	Crm
Strato 1	3,00	51,2	4,209	0,3	0,3	0,10511	0,01366
Strato 2	5,00	27,5	2,266	0,8	0,7	0,11536	0,015
Strato 3	9,60	64,826	2,862	1,5	1,1	0,10008	0,01301

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 1	3,00	51,2	4,209	0,3	0,3	Meyerhof	1,8
Strato 2	5,00	27,5	2,266	0,8	0,7	Meyerhof	1,8
Strato 3	9,60	64,826	2,862	1,5	1,1	Meyerhof	1,8

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 1	3,00	51,2	4,209	0,3	0,3	Meyerhof	2,1
Strato 2	5,00	27,5	2,266	0,8	0,7	Meyerhof	2,1
Strato 3	9,60	64,826	2,862	1,5	1,1	Meyerhof	2,1

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

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
Strato 2	5,00	27,5	2,266	0,8	0,7	Robertson & Wride 1997	5,136
Strato 3	9,60	64,826	2,862	1,5	1,1	Robertson & Wride 1997	18,699

Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	3,00	51,2	4,209	0,3	0,3	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	284,65
Strato 2	5,00	27,5	2,266	0,8	0,7	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	269,93
Strato 3	9,60	64,826	2,862	1,5	1,1	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	352,73

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	3,00	51,2	4,209	0,3	0,3	Piacentini-Righi 1988	1,00E-11
Strato 2	5,00	27,5	2,266	0,8	0,7	Piacentini-Righi 1988	1,00E-11
Strato 3	9,60	64,826	2,862	1,5	1,1	Piacentini-Righi 1988	6,92E-10

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm²/s)
Strato 1	3,00	51,2	4,209	0,3	0,3	Piacentini-Righi 1988	1,536E-06
Strato 2	5,00	27,5	2,266	0,8	0,7	Piacentini-Righi 1988	8,25E-07
Strato 3	9,60	64,826	2,862	1,5	1,1	Piacentini-Righi 1988	1,345572E-04

PROVA ... Nr.2

Committente: Lurgi
Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
Prova eseguita in data: 30/07/2015
Profondità prova: 7,40 mt
Località: Recanati

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm²)	Lettura laterale (Kg/cm²)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	60,00	199,0	60,0	0,53	113,208	0,9
0,40	97,00	105,0	97,0	3,4	28,529	3,5
0,60	99,00	150,0	99,0	6,93	14,286	7,0
0,80	119,00	223,0	119,0	7,47	15,93	6,3
1,00	108,00	220,0	108,0	6,67	16,192	6,2
1,20	56,00	156,0	56,0	4,73	11,839	8,4
1,40	47,00	118,0	47,0	3,73	12,601	7,9
1,60	30,00	86,0	30,0	3,0	10,0	10,0
1,80	43,00	88,0	43,0	3,0	14,333	7,0
2,00	52,00	97,0	52,0	4,2	12,381	8,1
2,20	47,00	110,0	47,0	4,0	11,75	8,5
2,40	41,00	101,0	41,0	3,93	10,433	9,6
2,60	38,00	97,0	38,0	3,07	12,378	8,1
2,80	30,00	76,0	30,0	2,6	11,538	8,7
3,00	34,00	73,0	34,0	2,27	14,978	6,7
3,20	36,00	70,0	36,0	2,67	13,483	7,4
3,40	33,00	73,0	33,0	2,2	15,0	6,7
3,60	30,00	63,0	30,0	2,13	14,085	7,1
3,80	31,00	63,0	31,0	1,07	28,972	3,5
4,00	27,00	43,0	27,0	1,07	25,234	4,0
4,20	28,00	44,0	28,0	1,0	28,0	3,6
4,40	31,00	46,0	31,0	1,07	28,972	3,5
4,60	27,00	43,0	27,0	0,73	36,986	2,7
4,80	20,00	31,0	20,0	0,07	285,714	0,4
5,00	34,00	35,0	34,0	1,73	19,653	5,1
5,20	40,00	66,0	40,0	1,47	27,211	3,7
5,40	51,00	73,0	51,0	-0,27	-188,889	-0,5
5,60	122,00	118,0	122,0	3,4	35,882	2,8
5,80	65,00	116,0	65,0	1,6	40,625	2,5
6,00	51,00	75,0	51,0	2,27	22,467	4,5
6,20	55,00	89,0	55,0	3,6	15,278	6,5
6,40	65,00	119,0	65,0	2,8	23,214	4,3
6,60	64,00	106,0	64,0	2,8	22,857	4,4
6,80	73,00	115,0	73,0	4,93	14,807	6,8
7,00	57,00	131,0	57,0	3,0	19,0	5,3
7,20	54,00	99,0	54,0	4,2	12,857	7,8
7,40	62,00	125,0	62,0	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm²)	fs Media (Kg/cm²)	Gamma Medio (t/m³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
1,00	96,6	5,0	2,2	Incoerente-Coesivo	limo sabbioso-argilloso
5,20	35,952	2,369	2,1	Incoerente-Coesivo	limo sabbioso
7,40	65,364	2,575	2,2	Incoerente-Coesivo	argilla e sabbia

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIV I

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
Strato 1	1,00	96,6	5,0	0,1	0,1	Sunda relazione sperimentale	3,6
Strato 2	5,20	35,952	2,369	0,7	0,6	Sunda relazione sperimentale	2,0
Strato 3	7,40	65,364	2,575	1,3	1,0	Sunda relazione sperimentale	2,9

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
Strato 1	1,00	96,6	5,0	0,1	0,1	Metodo generale del modulo Edometrico	193,2
Strato 2	5,20	35,952	2,369	0,7	0,6	Metodo generale del modulo Edometrico	71,9
Strato 3	7,40	65,364	2,575	1,3	1,0	Metodo generale del modulo Edometrico	130,7

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Eu (Kg/cm²)
Strato 1	1,00	96,6	5,0	0,1	0,1	Cancelli 1980	3618,4
Strato 2	5,20	35,952	2,369	0,7	0,6	Cancelli 1980	1324,2
Strato 3	7,40	65,364	2,575	1,3	1,0	Cancelli 1980	2413,5

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm²)
Strato 1	1,00	96,6	5,0	0,1	0,1	Imai & Tomauchi	457,1
Strato 2	5,20	35,952	2,369	0,7	0,6	Imai & Tomauchi	249,9
Strato 3	7,40	65,364	2,575	1,3	1,0	Imai & Tomauchi	360,0

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	1,00	96,6	5,0	0,1	0,1	P.W.Mayne 1991	9
Strato 2	5,20	35,952	2,369	0,7	0,6	P.W.Mayne 1991	7,2
Strato 3	7,40	65,364	2,575	1,3	1,0	P.W.Mayne 1991	9

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 1	1,00	96,6	5,0	0,1	0,1	Meyerhof	2,2
Strato 2	5,20	35,952	2,369	0,7	0,6	Meyerhof	2,1
Strato 3	7,40	65,364	2,575	1,3	1,0	Meyerhof	2,2

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	C	Crm
Strato 1	1,00	96,6	5,0	0,1	0,1	0,09475	0,01232
Strato 2	5,20	35,952	2,369	0,7	0,6	0,11525	0,01498
Strato 3	7,40	65,364	2,575	1,3	1,0	0,09993	0,01299

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 1	1,00	96,6	5,0	0,1	0,1	Meyerhof	2,3
Strato 2	5,20	35,952	2,369	0,7	0,6	Meyerhof	2,1
Strato 3	7,40	65,364	2,575	1,3	1,0	Meyerhof	2,2

Velocità onde di taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	1,00	96,6	5,0	0,1	0,1	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	230,63
Strato 2	5,20	35,952	2,369	0,7	0,6	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	255,45
Strato 3	7,40	65,364	2,575	1,3	1,0	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	305,76

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	1,00	96,6	5,0	0,1	0,1	Harman	100,0
Strato 2	5,20	35,952	2,369	0,7	0,6	Harman	47,6
Strato 3	7,40	65,364	2,575	1,3	1,0	Harman	57,3

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	1,00	96,6	5,0	0,1	0,1	Schmertmann	27,0
Strato 2	5,20	35,952	2,369	0,7	0,6	Schmertmann	22,3
Strato 3	7,40	65,364	2,575	1,3	1,0	Schmertmann	24,7

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	1,00	96,6	5,0	0,1	0,1	Schmertmann	125,6
Strato 2	5,20	35,952	2,369	0,7	0,6	Schmertmann	46,7
Strato 3	7,40	65,364	2,575	1,3	1,0	Schmertmann	85,0

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	1,00	96,6	5,0	0,1	0,1	Buisman - Sanglerat	144,9
Strato 2	5,20	35,952	2,369	0,7	0,6	Buisman - Sanglerat	107,9
Strato 3	7,40	65,364	2,575	1,3	1,0	Buisman - Sanglerat	98,1

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	1,00	96,6	5,0	0,1	0,1	Imai & Tomauchi	457,1
Strato 2	5,20	35,952	2,369	0,7	0,6	Imai & Tomauchi	249,9
Strato 3	7,40	65,364	2,575	1,3	1,0	Imai & Tomauchi	360,0

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	1,00	96,6	5,0	0,1	0,1	Larsson 1991 S.G.I.	<0.5
Strato 2	5,20	35,952	2,369	0,7	0,6	Larsson 1991 S.G.I.	2,3
Strato 3	7,40	65,364	2,575	1,3	1,0	Larsson 1991 S.G.I.	1,8

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Ko
Strato 1	1,00	96,6	5,0	0,1	0,1	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 2	5,20	35,952	2,369	0,7	0,6	Kulhawy & Mayne (1990)	0,42
Strato 3	7,40	65,364	2,575	1,3	1,0	Kulhawy & Mayne (1990)	0,46

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	C	Crm
Strato 1	1,00	96,6	5,0	0,1	0,1	0,09475	0,01232
Strato 2	5,20	35,952	2,369	0,7	0,6	0,11525	0,01498
Strato 3	7,40	65,364	2,575	1,3	1,0	0,09993	0,01299

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 1	1,00	96,6	5,0	0,1	0,1	Meyerhof	1,8
Strato 2	5,20	35,952	2,369	0,7	0,6	Meyerhof	1,8
Strato 3	7,40	65,364	2,575	1,3	1,0	Meyerhof	1,8

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 1	1,00	96,6	5,0	0,1	0,1	Meyerhof	2,1
Strato 2	5,20	35,952	2,369	0,7	0,6	Meyerhof	2,1
Strato 3	7,40	65,364	2,575	1,3	1,0	Meyerhof	2,1

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

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
Strato 2	5,20	35,952	2,369	0,7	0,6	Robertson & Wride 1997	16,361
Strato 3	7,40	65,364	2,575	1,3	1,0	Robertson & Wride 1997	18,536

Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	1,00	96,6	5,0	0,1	0,1	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	292,84
Strato 2	5,20	35,952	2,369	0,7	0,6	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	284,56
Strato 3	7,40	65,364	2,575	1,3	1,0	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	349,63

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	1,00	96,6	5,0	0,1	0,1	Piacentini-Righi 1988	1,00E-11
Strato 2	5,20	35,952	2,369	0,7	0,6	Piacentini-Righi 1988	1,00E-11
Strato 3	7,40	65,364	2,575	1,3	1,0	Piacentini-Righi 1988	1,70E-08

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm²/s)
Strato 1	1,00	96,6	5,0	0,1	0,1	Piacentini-Righi 1988	2,898E-06
Strato 2	5,20	35,952	2,369	0,7	0,6	Piacentini-Righi 1988	1,07856E-06
Strato 3	7,40	65,364	2,575	1,3	1,0	Piacentini-Righi 1988	3,336016E-03

PROVA ... Nr.3

Committente: Lurgi
Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
Prova eseguita in data: 30/07/2015
Profondità prova: 11,00 mt
Località: Recanati

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm²)	Lettura laterale (Kg/cm²)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	48,00	51,0	48,0	0,73	65,753	1,5
0,40	55,00	66,0	55,0	1,87	29,412	3,4
0,60	56,00	84,0	56,0	3,87	14,47	6,9
0,80	53,00	111,0	53,0	4,0	13,25	7,5
1,00	50,00	110,0	50,0	3,4	14,706	6,8
1,20	51,00	102,0	51,0	3,93	12,977	7,7
1,40	43,00	102,0	43,0	4,87	8,83	11,3
1,60	40,00	113,0	40,0	3,6	11,111	9,0
1,80	34,00	88,0	34,0	2,67	12,734	7,9
2,00	33,00	73,0	33,0	2,87	11,498	8,7
2,20	28,00	71,0	28,0	2,33	12,017	8,3
2,40	23,00	58,0	23,0	1,2	19,167	5,2
2,60	12,00	30,0	12,0	0,93	12,903	7,8
2,80	18,00	32,0	18,0	1,13	15,929	6,3
3,00	19,00	36,0	19,0	1,13	16,814	5,9
3,20	26,00	43,0	26,0	1,6	16,25	6,2
3,40	18,00	42,0	18,0	1,2	15,0	6,7
3,60	16,00	34,0	16,0	1,6	10,0	10,0
3,80	24,00	48,0	24,0	1,47	16,327	6,1
4,00	20,00	42,0	20,0	1,2	16,667	6,0
4,20	18,00	36,0	18,0	1,13	15,929	6,3
4,40	21,00	38,0	21,0	1,47	14,286	7,0
4,60	15,00	37,0	15,0	1,67	8,982	11,1
4,80	12,00	37,0	12,0	1,13	10,619	9,4
5,00	15,00	32,0	15,0	1,13	13,274	7,5
5,20	42,00	59,0	42,0	0,4	105,0	1,0
5,40	59,00	65,0	59,0	1,8	32,778	3,1
5,60	42,00	69,0	42,0	1,73	24,277	4,1
5,80	36,00	62,0	36,0	0,87	41,379	2,4
6,00	38,00	51,0	38,0	0,87	43,678	2,3
6,20	42,00	55,0	42,0	1,33	31,579	3,2
6,40	29,00	49,0	29,0	2,27	12,775	7,8
6,60	26,00	60,0	26,0	1,07	24,299	4,1
6,80	35,00	51,0	35,0	1,33	26,316	3,8
7,00	63,00	83,0	63,0	1,67	37,725	2,7
7,20	40,00	65,0	40,0	2,4	16,667	6,0
7,40	49,00	85,0	49,0	2,67	18,352	5,4
7,60	51,00	91,0	51,0	3,27	15,596	6,4
7,80	67,00	116,0	67,0	3,13	21,406	4,7
8,00	68,00	115,0	68,0	3,47	19,597	5,1
8,20	66,00	118,0	66,0	3,6	18,333	5,5
8,40	67,00	121,0	67,0	4,13	16,223	6,2
8,60	66,00	128,0	66,0	3,67	17,984	5,6
8,80	66,00	121,0	66,0	3,6	18,333	5,5
9,00	64,00	118,0	64,0	3,33	19,219	5,2
9,20	73,00	123,0	73,0	3,53	20,68	4,8
9,40	75,00	128,0	75,0	3,67	20,436	4,9
9,60	74,00	129,0	74,0	3,93	18,83	5,3
9,80	73,00	132,0	73,0	3,8	19,211	5,2
10,00	73,00	130,0	73,0	3,87	18,863	5,3
10,20	75,00	133,0	75,0	4,93	15,213	6,6
10,40	71,00	145,0	71,0	3,67	19,346	5,2

10,60	69,00	124,0	69,0	3,73	18,499	5,4
10,80	69,00	125,0	69,0	3,8	18,158	5,5
11,00	72,00	129,0	72,0	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm²)	fs Media (Kg/cm²)	Gamma Medio (t/m³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
2,20	44,636	3,104	2,1	Incoerente-Coesivo	limo argilloso-sabbioso
5,00	18,357	1,285	1,9	Incoerente-Coesivo	limo sabbioso
11,00	58,0	2,718	2,1	Incoerente-Coesivo	argilla e sabbia

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIV I

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
Strato 1	2,20	44,636	3,104	0,2	0,2	Sunda relazione sperimentale	2,4
Strato 2	5,00	18,357	1,285	0,7	0,7	Sunda relazione sperimentale	1,2
Strato 3	11,00	58,0	2,718	1,6	1,1	Sunda relazione sperimentale	2,7

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
Strato 1	2,20	44,636	3,104	0,2	0,2	Metodo generale del modulo Edometrico	89,3
Strato 2	5,00	18,357	1,285	0,7	0,7	Metodo generale del modulo Edometrico	45,3
Strato 3	11,00	58,0	2,718	1,6	1,1	Metodo generale del modulo Edometrico	116,0

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Eu (Kg/cm²)
Strato 1	2,20	44,636	3,104	0,2	0,2	Cancelli 1980	1665,2
Strato 2	5,00	18,357	1,285	0,7	0,7	Cancelli 1980	663,7
Strato 3	11,00	58,0	2,718	1,6	1,1	Cancelli 1980	2133,2

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica	Tensione litostatica	Correlazione	Modulo di deformazione

				totale (Kg/cm²)	efficace (Kg/cm²)		a taglio (Kg/cm²)
Strato 1	2,20	44,636	3,104	0,2	0,2	Imai & Tomauchi	285,2
Strato 2	5,00	18,357	1,285	0,7	0,7	Imai & Tomauchi	165,7
Strato 3	11,00	58,0	2,718	1,6	1,1	Imai & Tomauchi	334,7

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	2,20	44,636	3,104	0,2	0,2	P.W.Mayne 1991	8,73
Strato 2	5,00	18,357	1,285	0,7	0,7	P.W.Mayne 1991	3,82
Strato 3	11,00	58,0	2,718	1,6	1,1	P.W.Mayne 1991	9

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 1	2,20	44,636	3,104	0,2	0,2	Meyerhof	2,1
Strato 2	5,00	18,357	1,285	0,7	0,7	Meyerhof	2,0
Strato 3	11,00	58,0	2,718	1,6	1,1	Meyerhof	2,1

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	C	Crm
Strato 1	2,20	44,636	3,104	0,2	0,2	0,10866	0,01413
Strato 2	5,00	18,357	1,285	0,7	0,7	0,13945	0,01813
Strato 3	11,00	58,0	2,718	1,6	1,1	0,10228	0,0133

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 1	2,20	44,636	3,104	0,2	0,2	Meyerhof	2,2
Strato 2	5,00	18,357	1,285	0,7	0,7	Meyerhof	2,0
Strato 3	11,00	58,0	2,718	1,6	1,1	Meyerhof	2,2

Velocità onde di taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	2,20	44,636	3,104	0,2	0,2	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	225,75
Strato 2	5,00	18,357	1,285	0,7	0,7	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	227,14
Strato 3	11,00	58,0	2,718	1,6	1,1	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	304,22

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	2,20	44,636	3,104	0,2	0,2	Harman	79,5
Strato 2	5,00	18,357	1,285	0,7	0,7	Harman	23,8
Strato 3	11,00	58,0	2,718	1,6	1,1	Harman	50,7

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	2,20	44,636	3,104	0,2	0,2	Schmertmann	22,7
Strato 2	5,00	18,357	1,285	0,7	0,7	Schmertmann	20,8
Strato 3	11,00	58,0	2,718	1,6	1,1	Schmertmann	24,0

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	2,20	44,636	3,104	0,2	0,2	Schmertmann	58,0
Strato 2	5,00	18,357	1,285	0,7	0,7	Schmertmann	23,9
Strato 3	11,00	58,0	2,718	1,6	1,1	Schmertmann	75,4

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	2,20	44,636	3,104	0,2	0,2	Buisman - Sanglerat	133,9
Strato 2	5,00	18,357	1,285	0,7	0,7	Buisman - Sanglerat	91,8
Strato 3	11,00	58,0	2,718	1,6	1,1	Buisman - Sanglerat	87,0

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	2,20	44,636	3,104	0,2	0,2	Imai & Tomauchi	285,2
Strato 2	5,00	18,357	1,285	0,7	0,7	Imai & Tomauchi	165,7
Strato 3	11,00	58,0	2,718	1,6	1,1	Imai & Tomauchi	334,7

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	2,20	44,636	3,104	0,2	0,2	Larsson 1991 S.G.I.	0,9
Strato 2	5,00	18,357	1,285	0,7	0,7	Larsson 1991 S.G.I.	<0.5
Strato 3	11,00	58,0	2,718	1,6	1,1	Larsson 1991 S.G.I.	2,8

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Ko
Strato 1	2,20	44,636	3,104	0,2	0,2	Kulhawy & Mayne (1990)	0,93
Strato 2	5,00	18,357	1,285	0,7	0,7	Kulhawy & Mayne (1990)	0,26
Strato 3	11,00	58,0	2,718	1,6	1,1	Kulhawy & Mayne (1990)	0,40

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	C	Crm
Strato 1	2,20	44,636	3,104	0,2	0,2	0,10866	0,01413
Strato 2	5,00	18,357	1,285	0,7	0,7	0,13945	0,01813
Strato 3	11,00	58,0	2,718	1,6	1,1	0,10228	0,0133

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato 1	2,20	44,636	3,104	0,2	0,2	Meyerhof	1,8
Strato 2	5,00	18,357	1,285	0,7	0,7	Meyerhof	1,8
Strato 3	11,00	58,0	2,718	1,6	1,1	Meyerhof	1,8

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato 1	2,20	44,636	3,104	0,2	0,2	Meyerhof	2,1
Strato 2	5,00	18,357	1,285	0,7	0,7	Meyerhof	2,1
Strato 3	11,00	58,0	2,718	1,6	1,1	Meyerhof	2,1

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

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
Strato 2	5,00	18,357	1,285	0,7	0,7	Robertson & Wride 1997	1,299
Strato 3	11,00	58,0	2,718	1,6	1,1	Robertson & Wride 1997	12,492

Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	2,20	44,636	3,104	0,2	0,2	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	264,59
Strato 2	5,00	18,357	1,285	0,7	0,7	Baldi et. al.	241,17

						1989 Andrus et. al. 2001	
Strato 3	11,00	58,0	2,718	1,6	1,1	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	343,71

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	2,20	44,636	3,104	0,2	0,2	Piacentini-Righi 1988	1,00E-11
Strato 2	5,00	18,357	1,285	0,7	0,7	Piacentini-Righi 1988	1,00E-11
Strato 3	11,00	58,0	2,718	1,6	1,1	Piacentini-Righi 1988	1,59E-10

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm²)	fs (Kg/cm²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm²/s)
Strato 1	2,20	44,636	3,104	0,2	0,2	Piacentini-Righi 1988	1,33908E-06
Strato 2	5,00	18,357	1,285	0,7	0,7	Piacentini-Righi 1988	5,5071E-07
Strato 3	11,00	58,0	2,718	1,6	1,1	Piacentini-Righi 1988	2,760036E-05

INDAGINE GEOFISICA

REPORT D'INDAGINE HVSR

(HORIZZONTAL VERTICAL SPECTRAL RATIO)

Sismica a rifrazione
MASW
Downhole
Tromino
Microtremori
REMI

Tomografia Elettrica
Geoelettrica
Termografia IR

Misure Inclinometriche
Carotaggi geognostici
Monitoraggi strutturali
e ambientali

Analisi e consulenze
ambientali,
civili, archeologiche,
agronomiche
geologiche e geofisiche

Comune di Recanati (MC)

Oggetto: ristrutturazione di fabbricato, in Contrada Ricciola di Recanati.

committente: Geol. Raffaele Achilli

2015

GeA s.n.c.
Via del Commercio, 3 - Tel. 0736.344383
63100 ASCOLI PICENO
Partita IVA: 01 85221 044 0

G e A S.n.c.
INDAGINI GEOFISICHE

www.geasnc.it – info@geasnc.it
Tel/Fax 0736 344383
Via del Commercio, 3
63100 Ascoli Piceno
P.IVA/C.F. 01852210440
Reg.Imp.CCIAA 178609

DOTT. GEOL. MASSIMO LEONELLI

30/07/2015

PREMESSA

A seguito della richiesta del Dott. Geol. Raffaele Achilli di Macerata, alla scrivente GeA snc “Indagini Geofisiche” di Ascoli Piceno (AP) è stato dato l’incarico per l’esecuzione di una prospezione sismica passiva realizzata mediante un punto di misura tipo HVSR, eseguita nel territorio comunale di Recanati (MC), per il progetto di "ristrutturazione fabbricato" in contrada Ricciola (vedi ubicazione area in figura n.1). Alle operazioni di acquisizioni fa seguito il presente report d'indagine, a firma dello scrivente Dott. Geol. Massimo Leonelli.

L’indagine tipo HVSR è stata eseguita mediante tromometro digitale (modello Tromino©, stazione sismica passiva tridirezionale), effettuando una registrazione a stazione singola con tromino, della durata di 20 minuti, che permette la misura diretta della frequenza di risonanza del sito in studio: particolarmente utile in fase progettuale per verificare l’interazione dal punto di vista sismico del sistema terreno-struttura. La conoscenza della frequenza di risonanza del sottosuolo è un parametro fondamentale per il progettista, perché deve assolutamente evitare, in fase progettuale, situazioni di “doppia risonanza suolo-struttura”: cioè coincidenza delle frequenze di vibrazione proprie del sottosuolo con quelle degli edifici. Il verificarsi di tale sincronismo, o anche l’approssimarsi ad esso, comporterebbe situazioni problematiche dal punto di vista della vulnerabilità sismica. La successiva analisi della misura registrata, mediante software Grilla (vers.6.2beta - 2012), ha permesso poi di ricavare profili di Vs con successiva di stima del parametro Vs30, particolarmente utile nella progettazione geologico-tecnica per la definizione della categoria di suolo del sito in oggetto come da normativa sismica vigente. La campagna di indagine mediante HVSR è stata condotta in data 29 luglio 2015.

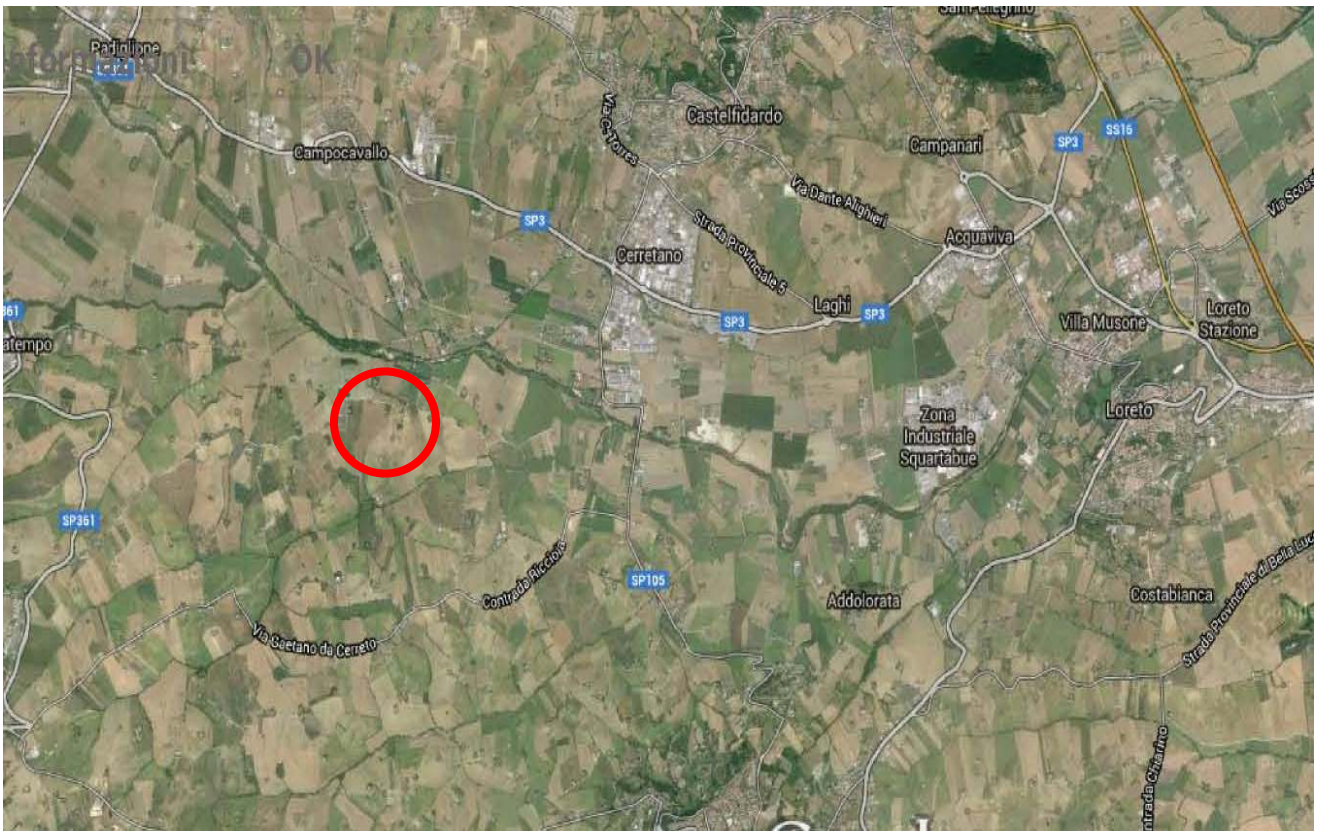


Figura 1- ubicazione area.

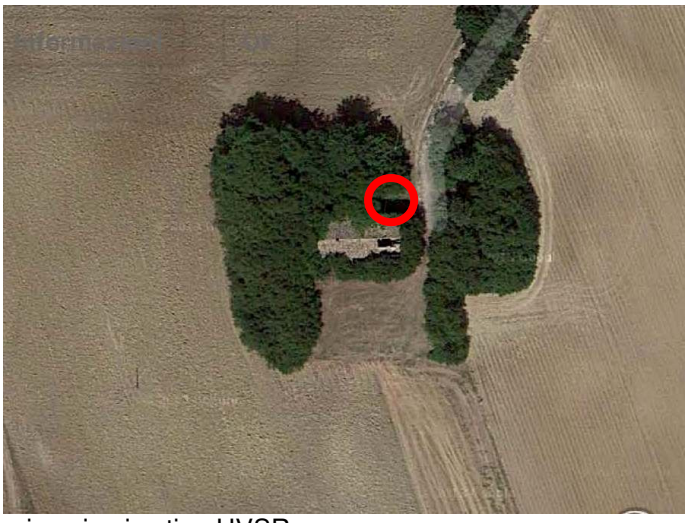
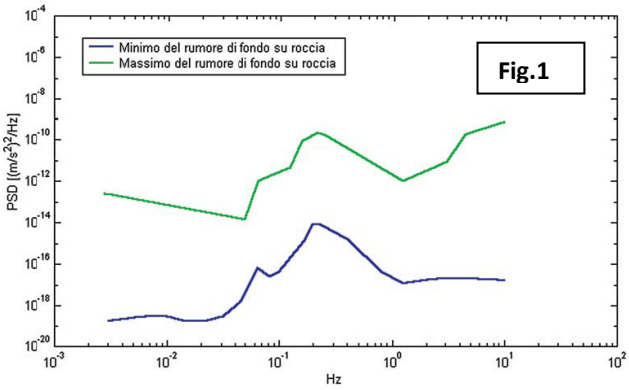


Figura 2 - ubicazione indagine sismica tipo HVSR.

SISMICA PASSIVA, MISURA DEL MICROTREMORE

La sismica passiva è il ramo della sismologia/sismica che si basa sull'analisi del microtremore sismico (rumore sismico) ossia sulla parte del segnale che veniva scartato dall'indagine sismica tradizionale
Il rumore sismico, generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica, è presente ovunque sulla superficie terreste. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo prossimo all'epicentro. Anche l'attività industriale o il traffico veicolare possono generare tremore sismico, soprattutto in alta frequenza (alcuni Hz), che si attenua rapidamente allontanandosi dalla sorgente. In aree prive di sorgenti locali di tremore, in assenza di vento o su basamenti rocciosi tabulari, lo spettro del tremore assume la forma mostrata in Figura 1: dove le curve blu e verdi indicano rispettivamente le ampiezze 'massima' e 'minima' assunte come standard per il rumore sismico di fondo dal Servizio Geologico degli Stati Uniti (USGS).
Lo spettro del rumore sismico diminuisce in corrispondenza delle alte frequenze e mostra due massimi a 0.14 e 0.07 Hz.
Questi massimi sono probabilmente legati al moto ondoso degli oceani i cui effetti si propagano a distanze anche dell'ordine delle migliaia di km dalla costa a causa delle particolari modalità di propagazione delle onde superficiali.
I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.
Durante un terremoto, se la frequenza di risonanza del sottosuolo coincide con quella degli edifici presenti, può avere luogo un fenomeno di accoppiamento fra le due modalità di vibrazione. Questo effetto di amplificazione sismica produrrà un grande aumento della sollecitazione sugli edifici.



L'amplificazione sismica è la prima causa dei danni indotti dal terremoto, anche più importante della dimensione del terremoto stesso.

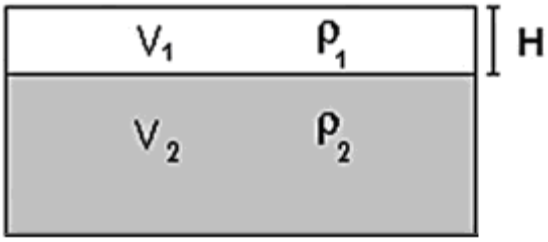
STRUMENTAZIONE
Le misura del microtremore ambientale, della durata minima di 10 minuti, è stata effettuata con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento (Tromino, 10 x 7 x 14 cm per 1,1 kg di peso) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V, fornito di GPS interno. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.
Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto di contrasto di impedenza. Per strato si intende cioè un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di

impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.
Le misura a stazione singola in campo aperto è stata orientata secondo il Nord.

ACQUISIZIONE DATI
Per l'acquisizione il Tromino viene posizionato sul terreno cercando di ottimizzare al meglio l'accoppiamento terreno strumento, più importante del livellamento.
Nel posizionamento è preferibile posizionare lo strumento con l'asse maggiore in direzione del Nord nelle misure su terreno, mentre per le misure su edifici viene posizionato lungo l'asse principale dell'edificio.
Una volta posizionato lo strumento, come precedentemente detto, si parte con l'acquisizione che ha una durata di circa 10 minuti.

BASI TEORICHE DEL METODO H/V
Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente semplici in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D).
Consideriamo il sistema di Figura in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità (r1 e r2) e le diverse velocità delle onde sismiche (V1 e V2). Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati.

L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (l) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato. La frequenza fondamentale di risonanza (fr) dello strato 1 relativa alle onde S (o P) è pari a:



$$(fr) = Vs1/4H \qquad (fr) = Vp1/4H \qquad [1]$$

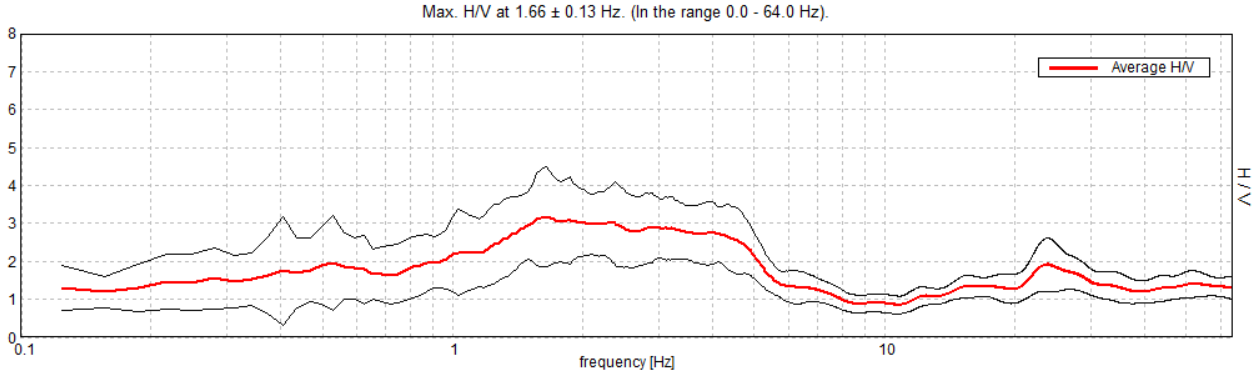
I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh. Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume, poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S.
Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1.
Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione [1].
L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per a) il contenuto in frequenza, b) la risposta strumentale e c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.
La situazione, nel caso di un suolo reale, è spesso più complessa. Innanzitutto il modello di strato piano al di sopra del bedrock si applica molto raramente. Poi, la velocità aumenta con la profondità, possono esserci eterogeneità laterali importanti ed infine la topografia può non essere piana. L'inversione delle misure di tremore a fini stratigrafici, nei casi reali, sfrutta quindi la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli 'sintetici', cioè con quelli calcolati relativamente al campo d'onde completo di un modello 3D. L'interpretazione è tanto più soddisfacente, e il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati e quelli sintetici sono vicini.
In questo lavoro i segnali sono stati analizzati non solo attraverso i rapporti spettrali H/V ma anche attraverso gli spettri delle singole componenti, e nei casi più significativi, le curve HVSR sono state invertite secondo la procedura descritta da Arai e Tokimatsu (2004).

PROCEDURA ANALISI DATI
Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati:
1. le curve HVSR, ottenute col software Grilla in dotazione al tromografo TROMINO, con parametri:
   - larghezza delle finestre d'analisi 20 s,
   - lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale,
   - rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine / media a lungo termine) superiore a 2
   - rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti.
2. le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto (ottenute dopo analisi con gli stessi parametri del punto 1).

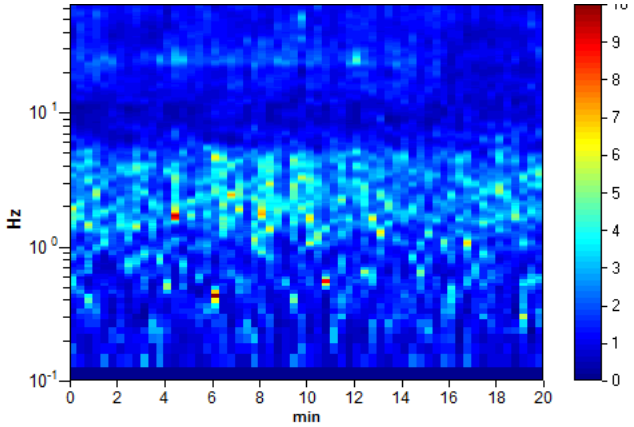
RISULTATO INDAGINE RECANATI (MC), C.DA RICCIOLA GEOL. ACHILLI

Strumento: TEP-0064/01-10
Inizio registrazione: 29/07/15 11:46:21 Fine registrazione: 29/07/15 12:06:22
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile
Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

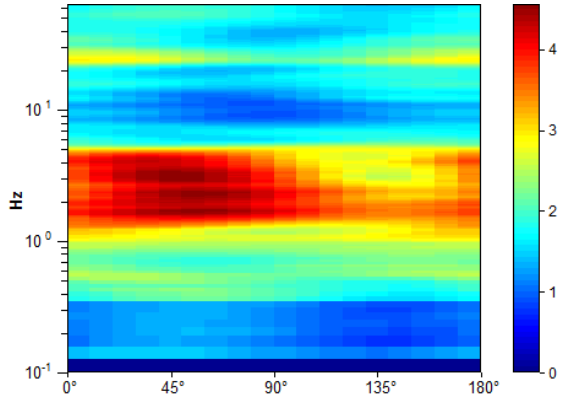
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



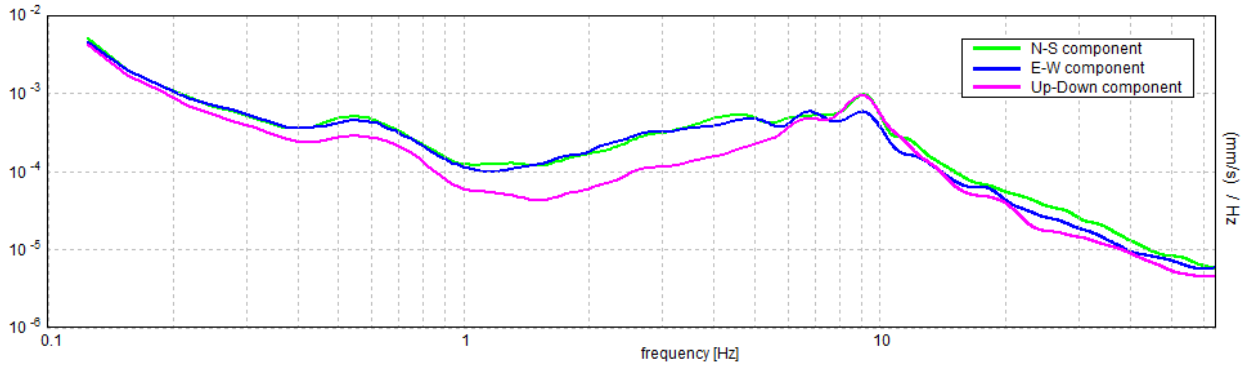
SERIE TEMPORALE H/V



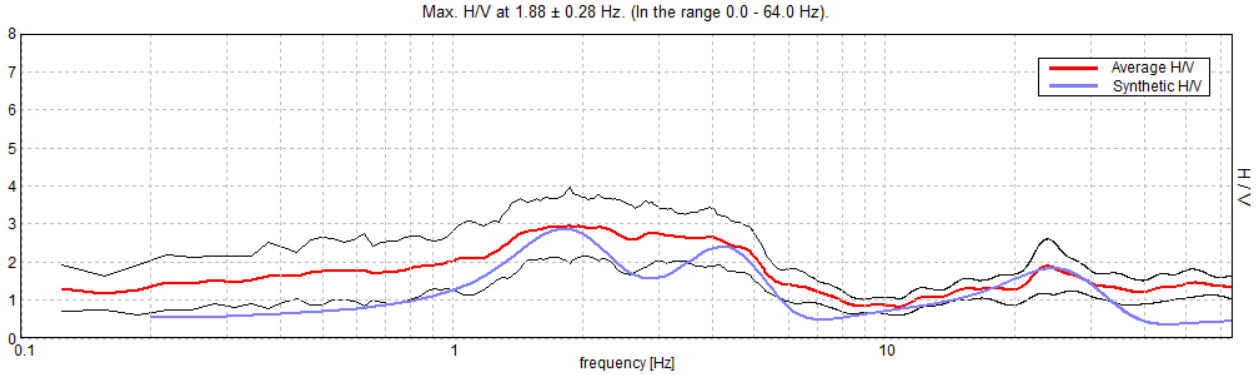
DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

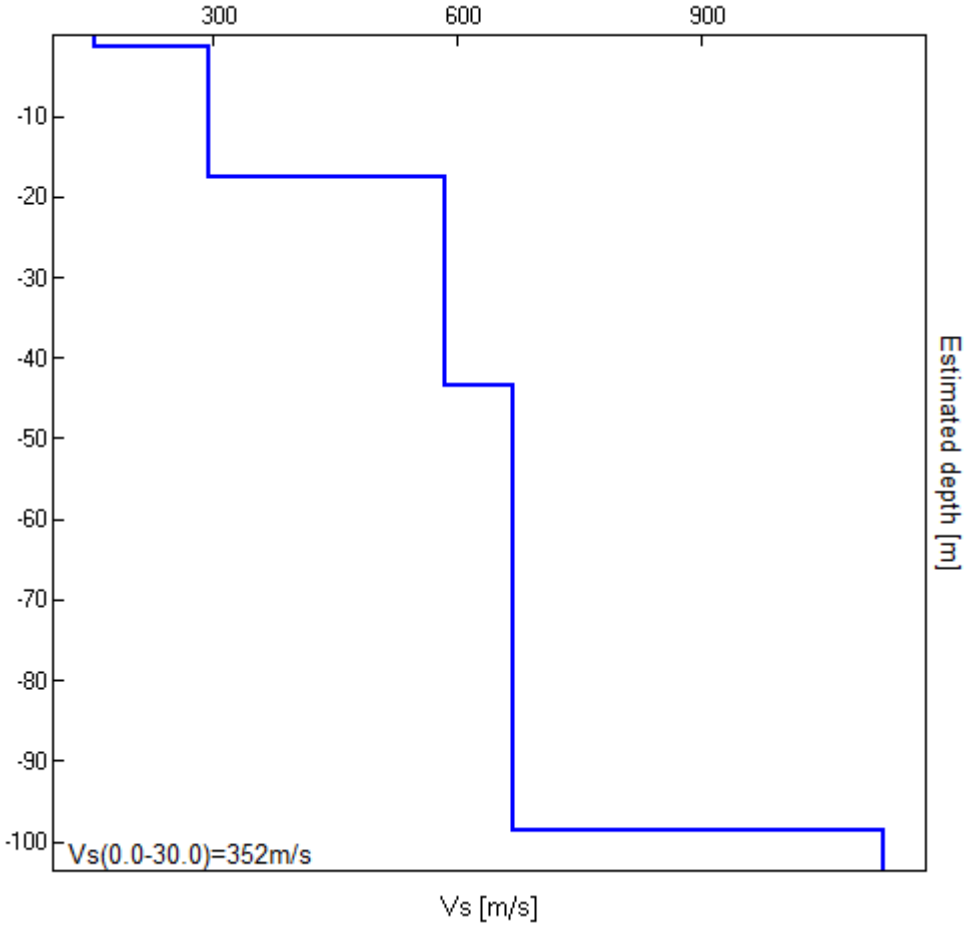


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.50	1.50	155	0.40
17.50	16.00	295	0.38
43.50	26.00	585	0.36
98.50	55.00	670	0.35
inf.	inf.	1125	0.34

Vs(0.0-30.0)=352m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

Max. H/V at 1.66 ± 0.13 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).			
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	1.66 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	1987.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$Hz**	Superato 0 volte su 80	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	5.469 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.17 > 2	OK	
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.07867| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.13029 < 0.16563	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.3223 < 1.78	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{logH/V}(f)$	deviazione standard della funzione log $A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ per $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Foto 1 - ubicazione indagine HVSR.

CONCLUSIONI

Dall'analisi della registrazione HVSR (eseguita con software Grilla vers.6.2beta - 2012) nello spettro H/V è possibile osservare che non esiste un picco massimo di frequenza, che soddisfa i criteri Sesame (2005) nella loro totalità.

La registrazione presenta picchi di frequenza con caratteristiche tali da soddisfare comunque la validità della registrazione ottenuta, e rispettare l'aspetto statistico del secondo gruppo dei criteri Sesame (2005).

Quindi dall'analisi dello spettro H/V è possibile osservare il seguente **picco massimo di frequenza**:

registrazione H1 a **1.66 ± 0.13** Hz;

Il relativo **periodo di oscillazione T** corrispondente è:

registrazione H1 a **0.6024 s**;

Per quello che concerne il Vs30, la ricostruzione mediante curva sintetica permette di individuare il seguente valore:

Vs_{30}	**352 m/s**

Con tale valore di Vs_{30} in base alla normativa vigente si può classificare l'area in oggetto come tipo di suolo:

tipo di suolo	**C**

Elaborazione - GeA S.n.c.
Dott. Geol. Massimo Leonelli

GeA s.n.c.
Via del Commercio, 3 - Tel. 0736.344383
63100 ASCOLI PICENO
Partita IVA: 01 85221 044 0