



COMUNE DI JESI

REALIZZAZIONE DI NUOVI LOCULI PRESSO IL CIMITERO
CAPOLUOGO DI VIA S. LUCIA

RELAZIONE GEOLOGICA
- Relazione sulla Caratterizzazione Sismica -

Senigallia, maggio 2015

Geol. Gigliola Alessandroni

INDICE

1. PREMESSA	2
2. METODOLOGIA D'INDAGINE.....	5
2.1 INDAGINE GEOGNOSTICA	6
2.2 INDAGINE GEOFISICA.....	8
3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	11
4. CARATTERIZZAZIONE - MODELLAZIONE GEOLOGICA.....	14
4.1 ANALISI GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA	14
4.2 ANALISI LITOSTRATIGRAFICA E IDROGEOLOGICA	18
5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	21
5.1 PARAMETRI FISICO-MECCANICI	21
5.2 VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO	26
6. CARATTERIZZAZIONE - MODELLAZIONE SISMICA	28
6.1 RISULTATI INDAGINE GEOFISICA: RISPOSTA SISMICA LOCALE	34
6.2 PARAMETRI SISMICI	37
7. VERIFICHE DI STABILITA' ALLA LIQUEFAZIONE	41
8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	46
8.1 VALUTAZIONI E INDICAZIONI PROGETTUALI: CRITERI D'INTERVENTO.....	47
8.2 COEFFICIENTE DI REAZIONE VERTICALE.....	48
8.3 COEFFICIENTE DI REAZIONE ORIZZONTALE.....	48
9. BIBLIOGRAFIA	

ALLEGATI NEL TESTO

Planimetria di progetto, scala 1:200

Logs litostratigrafici, scala 1:100

Sezione geologica, scala 1:200

Certificati prove di laboratorio

Indagine sismica con metodologia MASW

Documentazione fotografica

1. PREMESSA

La presente relazione illustra i risultati dell'indagine geognostica, analisi geologica e sismica relativamente ai lavori per la costruzione di fabbricati da adibire a loculi, nel cimitero Capoluogo di Via S. Lucia, in Comune di Jesi.

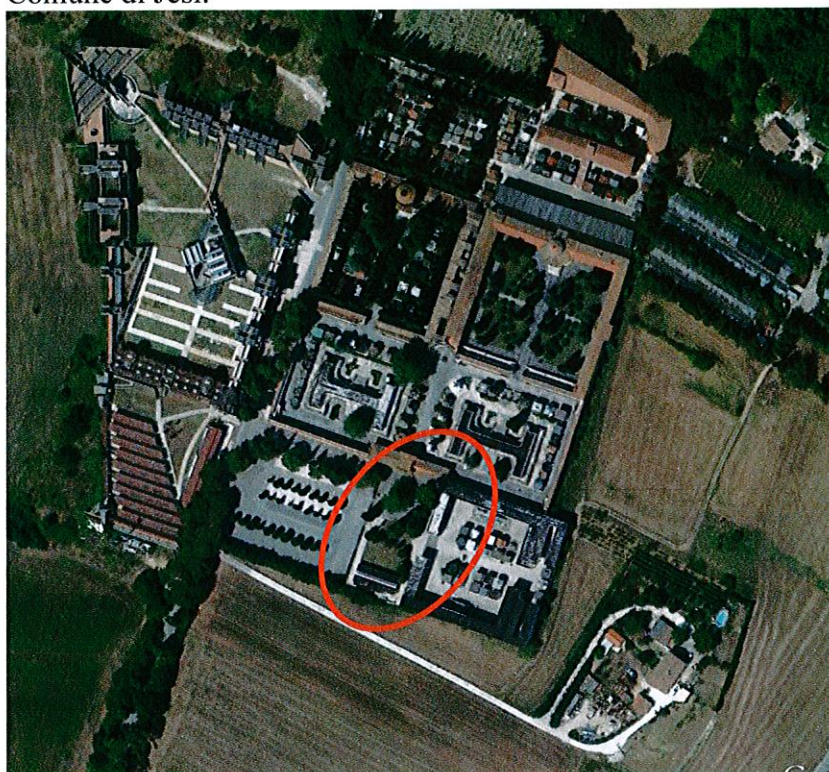


Figura 1 – *Area d'intervento*

L'intervento in progetto, da attuare nell'area prospiciente il parcheggio, prevede la costruzione di due fabbricati loculi in aderenza a quelli esistenti e di un fabbricato loculi in sopraelevazione rispetto al più recente corpo di fabbrica, previa demolizione delle superfetazioni esistenti sul lato della recinzione.

Il progetto comprende anche la realizzazione di locali di servizio, un vano scala e ascensore e la sistemazione dell'area antistante.

L'indagine geologica è stata impostata nel rispetto delle disposizioni delle normative vigenti per ciò che riguarda le verifiche prestazionali:

- ✓ *Ordinanza PCM n.3274 del 20 marzo 2003 “ Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”*
- ✓ *Ordinanza PCM n.3519 del 28 aprile 2006 “Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”.*
- ✓ *D.M. 14 gennaio 2008 “Norme tecniche per le costruzioni”*
- ✓ *Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n.617 del 2 febbraio 2009 “Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008”.*

L'indagine nel suo complesso è finalizzata alla raccolta degli elementi necessari alla modellazione geologica e sismica dell'immediato sottosuolo, in funzione della progettazione dei lavori previsti.

L'analisi è volta in particolare a tracciare il contesto geomorfologico, definire il quadro generale dell'assetto stratigrafico dell'immediato sottosuolo, identificare i principali litotipi, valutare le loro caratteristiche litologiche e fisico-meccaniche nonché la posizione di eventuali falde idriche, tramite indagine geognostica in sito, oltre alla caratterizzazione sismica in

ottemperanza al D.M. 14/01/2008, per ciò che riguarda le verifiche prestazionali delle opere in progetto.

La parte geotecnica della presente relazione comprende la caratterizzazione dei parametri fisico-meccanici dei terreni, rimandando alla relazione geotecnica redatta dal Progettista delle opere, per ciò che riguarda espressamente i contenuti della stessa, come da normativa sismica vigente.

Lo studio è completato dalle verifiche con la cartografia e le norme di attuazione del PAI (Piano di assetto idrogeologico – Del. CR n.116 del 21/01/2004), che forniscono indicazioni in merito alla pericolosità idraulica e geomorfologica, relativamente all'eventuale interferenza con aree a rischio idrogeologico.

2. METODOLOGIA D'INDAGINE

Lo studio si è articolato mediante sopralluoghi all'area, unitamente all'analisi d'inquadramento geologico generale derivato da informazioni attinte dalla cartografia e pubblicazioni geologiche, come riportato in bibliografia.

La seconda fase è rappresentata dall'impostazione dell'indagine geognostica e geofisica, sulla base delle caratteristiche del progetto edilizio in esame nonché in adempimento alla normativa vigente, a partire dal quadro conoscitivo desunto da studi di livello superiore.

In particolare sono stati approfonditi gli aspetti riguardanti la stratigrafia del sottosuolo, investigato fino a una profondità tale da consentire la caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo, delle proprietà geomeccaniche dei litotipi e delle condizioni idrogeologiche.

La normativa sismica vigente, come detto in precedenza, definisce l'azione sismica di progetto, sulla base della zona sismica di appartenenza del sito e la categoria sismica di suolo su cui sarà realizzata l'opera.

Le verifiche tecniche da attuarsi in base alle NTC, sono considerate a partire da una pericolosità sismica di base in condizioni ideali di sito di riferimento rigido, con superficie orizzontale (di categoria A nelle NTC).

Al fine di definire le azioni sismiche di progetto, è stato valutato l'effetto della risposta sismica locale, che tiene conto dei fattori geologici, morfologici e geotecnici che possono modificare il moto sismico atteso nel sito, rispetto a quello che si avrebbe su roccia affiorante.

Sono state quindi utilizzate due diverse metodologie investigative: di tipo diretto attraverso sondaggi geognostici e di tipo indiretto attraverso indagini sismiche di tipo MASW, con lo scopo di ricostruire l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (SH), fino alla profondità definita dalle NTC.

Le indagini sono state eseguite sotto la direzione tecnica della Scrivente e a cura della ditta "GeCo di Monte San Vito (AN)", incaricata dal Committente.

Nell'allegata planimetria sono riportati i punti di perforazione dei sondaggi, la linea dello stendimento MASW e la traccia della sezione geologica che illustra la ricostruzione dell'assetto stratigrafico dell'immediato sottosuolo dell'area d'intervento, mediante correlazione diretta e/o interpolazione dei dati litostratigrafici e di interpretazione del profilo sismico.

2.1 INDAGINE GEOGNOSTICA

L'indagine geognostica in sito di tipo diretto è costituita da n.3 sondaggi verticali, a rotazione a carotaggio continuo, con aste e carotieri semplici del diametro di 101 mm e rivestimento del diametro di 127 mm.

I sondaggi sono stati spinti fino a una profondità massima di 19,20 metri dal p.c. attuale, consentendo di estrarre carote di terreno che hanno permesso di ricostruire la successione litologica presente sulle rispettive verticali dei punti d'indagine.

I campioni estratti sono stati disposti all'interno di apposite cassette catalogatrici e, dopo essere stati fotografati, si è proceduto a un accurato rilievo, comprensivo della descrizione delle litologie presenti e delle caratteristiche geotecniche fondamentali riscontrate, quali la resistenza a compressione e la coesione o resistenza non drenata, misurate convenzionalmente a ogni metro di avanzamento della perforazione, rispettivamente con l'ausilio di un pocket penetrometer e di un vane test.

Nel corso delle perforazioni sono stati prelevati complessivamente n.2 campioni indisturbati, con campionatore a pressione a parete sottile di tipo aperto (Shelby), scelti in base alla rappresentatività della litologia in relazione all'intera situazione stratigrafica.

I campioni, paraffinati e sigillati, sono stati inviati in laboratorio per le programmate e specifiche analisi, relativamente alla determinazione dei parametri fisico-meccanici, valutati in funzione delle peculiarità tecniche dell'opera in progetto.

Nei terreni granulari è stata eseguita n.1 prova di resistenza alla penetrazione "SPT", per determinarne il grado di addensamento, utilizzando un'attrezzatura standard che consiste in un campionatore a pareti grosse, infisso a percussione, secondo le modalità di esecuzione indicate nelle *"Raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana"*.

Le osservazioni e i risultati di questa fase di indagine sono riportati nei logs litostratigrafici, in cui sono indicati, in apposite colonne, i valori della

misura in sito della resistenza a compressione semplice (P.P.) e della resistenza non drenata (T.V.) per i terreni coesivi (il relativo termine F.S. sta a indicare il raggiungimento del fondo scala dell'apparecchio dei parametri suddetti), la profondità dei campioni prelevati, profondità e risultati della prova SPT.

2.2 INDAGINE GEOFISICA

La prova MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) permette di determinare in dettaglio l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio in funzione della profondità, tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di superficie di Rayleigh, che viaggiano a una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessato dalla propagazione delle onde.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s), utilizza le proprietà dispersive delle onde di Rayleigh (fenomeno della dispersione geometrica), vale a dire ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde a una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che le onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta, si propagano negli strati più superficiali, mentre le onde a bassa frequenza raggiungono gli strati più profondi.

Il metodo di indagine MASW è di tipo attivo, poiché le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie dal suolo e misurate da uno stendimento lineare di sensori o geofoni, non essendo influenzate da fenomeni di inversioni di velocità o presenza di falde idriche superficiali.

La curva di dispersione ottenuta, elaborando i dati derivanti dall'indagine sismica è una curva sperimentale apparente, derivante dalla sovrapposizione delle curve relative ai vari modi di vibrazione, in funzione della rigidità del suolo e delle caratteristiche della sorgente, fornendo informazioni quindi nella parte del suolo compresa entro i primi 30 metri.

L'intero processo comprende tre passi successivi:

- ✚ l'acquisizione delle onde superficiali;
- ✚ la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
- ✚ l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s .

Le onde di superficie sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna, costituita da una massa battente del peso di 8 Kg, battente verticalmente su di una piastra circolare in acciaio del diametro di 25 cm, posta direttamente sul piano di campagna.

L'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando uno stendimento lineare di ricevitori di 46 metri, posizionando 24 geofoni verticali da 4,5 Hz, posti a distanza intergeofonica di 2 metri, con modalità di

acquisizione dati e sistema di risoluzione, riportate in dettaglio nella relazione tecnica allegata.

I dati sperimentali sono stati elaborati, trasformando i segnali registrati in uno spettro bidimensionale (*phase velocità-frequency, c-f*), che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica e quindi la curva di dispersione caratteristica, che permette di ottenere informazioni sul modello sismico del sottosuolo.

3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area in esame è contraddistinta nella Carta Tecnica Regionale al Foglio 292 Jesi, Sezioni 292070 Jesi e 292080 S. Maria de Piano.

I nuovi fabbricati loculi saranno realizzati, in aderenza e in sopraelevazione, di fabbricati esistenti nell'area antistante al parcheggio del cimitero Capoluogo in Via S. Lucia.

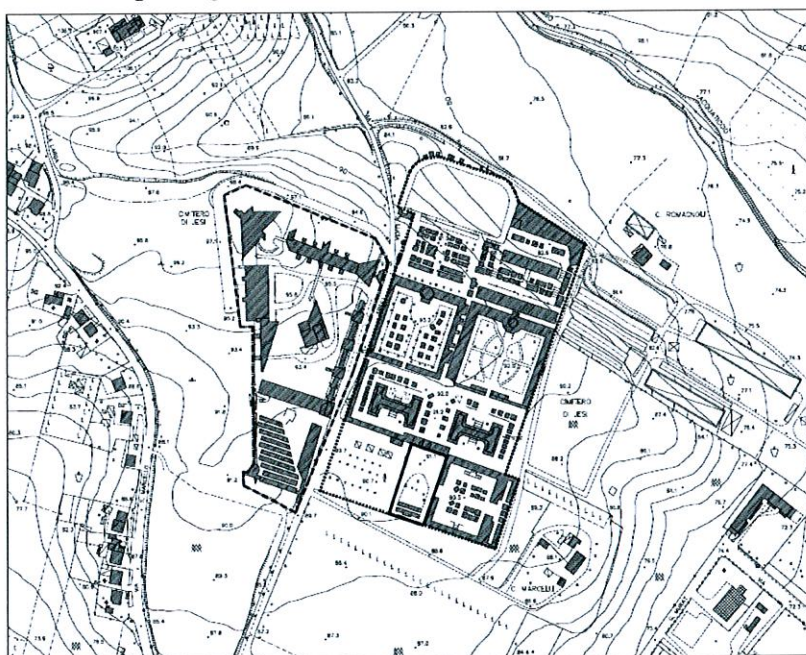


Figura 2 – stralcio da “CTR Sezione 292070 e Sezione 292080”

La verifica della compatibilità dell'area rispetto al PAI (Piano di Assetto Idrogeologico - delibera C.R. n.116 del 21/01/2004), è stata effettuata sulla base delle Tavole RI 30c e 30b,– Carta del Rischio Idrogeologico, aggiornate da ultimo al decreto del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino della Regione Marche n.01/SABN del 13/01/2015.

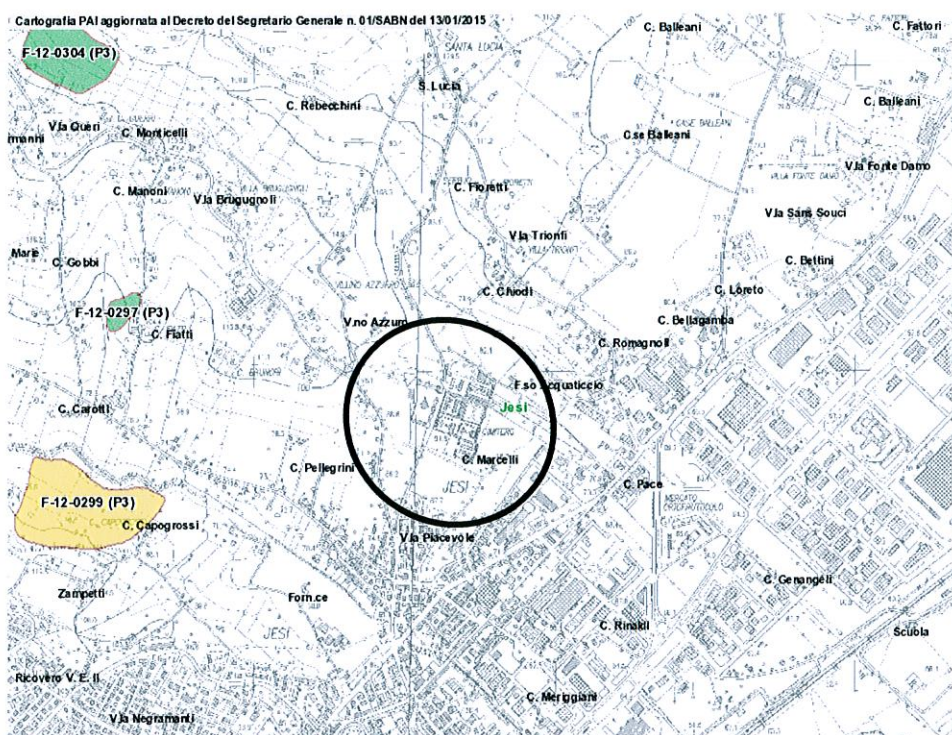


Figura 3 – Cartografia PAI aggiornata al Decreto del Segretario Generale
n.01/SABN del 13/01/2015

Il quadro normativo di riferimento fa capo alle:

- *Norme di Attuazione del Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico dei bacini di rilievo regionale (PAI), approvato con D.C.R. n.116 del 21/012004"*;
- *Circolare esplicativa per l'applicazione delle norme PAI dello 09/03/2004: "Prime indicazioni per l'applicazione delle Norme di Attuazione del Piano di stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico dei bacini di rilievo regionale (PAI), approvato con D.C.R. n.116 del 21/01200, emanata dall'Autorità di Bacino della Regione Marche; Piano straordinario dei*

*bacini idrografici colpiti dagli eventi alluvionali del 16-26 settembre 2006
(PS2006- D.Lgs.03/04/2006 n.152 “Norme in materia ambientale”)*

- *Piano straordinario dei bacini idrografici colpiti dagli eventi alluvionali del 16 – 26 settembre 2006 (D. Lgs.vo 3 aprile 2006 n.152; Del. C.I. n.47 del 08/04/2008).*

L'analisi della cartografia e della normativa citata esclude il sito in esame da ambiti di perimetrazioni a rischio idrogeologico, con riferimento sia al rischio di versante in dissesto sia idraulico.

4. CARATTERIZZAZIONE - MODELLAZIONE GEOLOGICA

La caratterizzazione e la modellazione geologica consiste nella ricostruzione dei caratteri geologici, geomorfologici, litologici e idrogeologici del sito, sulla base dei rilievi e delle prospezioni effettuate.

4.1 ANALISI GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Il complesso cimiteriale si sviluppa nell'ambito del bacino idrografico di 2° ordine del fosso Acquaticcio, affluente in sinistra idrografica dell'Esino.

Il contesto morfologico del bacino, nel suo insieme appare caratterizzato da versanti moderatamente acclivi, con pendenze più accentuate verso la sommità dei rilievi collinari, raccordati, nella parte inferiore, da pianori che rappresentano i resti di terrazzi alluvionali.

L'intera area cimiteriale si estende su un pianoro collocato al margine di versanti collinari che bordano la pianura del fiume Esino, compresa in una fascia altitudinale definita dalle isoipse di 82 e 96 metri s.l.m.

In particolare, l'area d'intervento si colloca in zona pianeggiante, antistante all'attuale parcheggio, alla quota di 91 metri s.l.m.

Gli aspetti geomorfologici che contraddistinguono l'insieme del contesto dell'area in oggetto, sono sostanzialmente quelli connessi all'azione della dinamica fluviale, in particolare del fiume Esino.

L'inquadramento generale e l'evoluzione dell'alveo, sono riferiti ai numerosi studi che hanno riguardato, sotto vari aspetti, il bacino del fiume

Esino (*Nanni & Vivalda, 1987; Coltorti & Nanni, 1987a; Coltorti et al. 1991, Nanni & Vivalda, 2009, ecc.*).

La valle dell'Esino viene denominata “valle di faglia”, impostata tra due faglie trasversali con direzione NE-SW, con profilo trasversale asimmetrico e caratterizzata da depositi alluvionali particolarmente estesi in sinistra idrografica.

L'Esino nel suo corso incide le unità carbonatiche della serie Umbro-Marchigiana e successivamente, quelle terrigene mio-plio-pleistoceniche, in una valle dapprima stretta e delimitata da versanti molto acclivi, che tende ad aprirsi in corrispondenza dei litotipi terrigeni più erodibili, assumendo nel contempo un andamento generalmente sinuoso e talora meandrante dirigendosi verso la foce.

La media valle presenta una marcata asimmetria con la migrazione dell'alveo verso il margine sud della propria pianura alluvionale, in conseguenza dei fenomeni neotettonici mentre l'ulteriore deviazione verso nord nel tratto terminale è connessa con il sollevamento differenziale delle anticlinali costiere a direzione appenninica.

La bassa valle è molto più ampia e pianeggiante, tale da permettere una divagazione del corso d'acqua ed è caratterizzata dai depositi alluvionali recenti e terrazzati, almeno quattro livelli, morfologicamente ben evidenziati, che ricoprono le formazioni mio-plio-pleistoceniche.

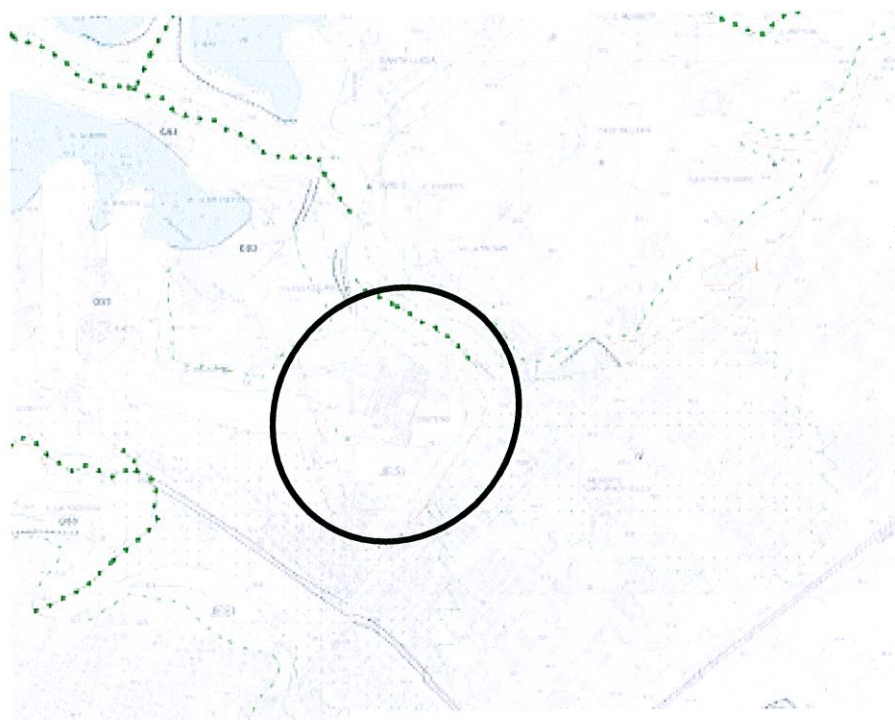


Figura 4 - stralcio da: "Carta geomorfologica regionale edizione CTR 291070 Jesi e 291080 S.Maria del Piano, Progetto CARG – ISPRA"

La formazione dei terrazzi è legata alle vicende climatiche quaternarie e alle variazioni indotte nei processi erosivi e sul livello marino, con l'alternarsi di periodi di erosione e di sedimentazione.

La tettonica regionale, combinata con la tendenza della corrente fluviale a erodere verso SE, in destra idrografica, ha fatto sì che nelle successive fasi di approfondimento, le preesistenti alluvioni venissero asportate solo parzialmente, emergendo così i lembi delle antiche pianure alluvionali separate da quelle attuali, da gradini o scarpate di raccordo.

I terreni affioranti nella zona in studio sono riferibili alla copertura continentale quaternaria, attribuita dalla più recente letteratura all'unità morfostatigrafica denominata “*Sintema di Selvatorita (ACF) – Pleistocene medio, parte sommitale*”, corrispondente al terrazzo di II ordine dell'edizione della Carta Geologica d'Italia Foglio 117 - Jesi del 1966.

I materiali che lo costituiscono sono rappresentati da ghiaie eterometriche, prevalentemente calcaree, alternate e/o ricoperte da argille, limi e livelli sabbiosi; i ciottoli calcarei sono ben arrotondati e con alto indice di appiattimento, mentre i clasti silicei sono generalmente angolosi.

La base del terrazzo è generalmente irregolare e gli spessori del deposito alluvionale variano da pochi metri fino a un massimo di 20 metri.

Nei rilievi collinari retrostanti affiora la “*Formazione delle Argille Azzurre*” (FAA) plio-pleistocenica, costituita prevalentemente da argille marnose talora localmente anche in facies pelitico-arenacea (“*Litofacies pelitico-arenitica di S. Maria Nuova, FAAe2*”).

La successione plio-pleistocenica che si è depositata in seguito a trasgressione marina, documentata in tutte le Marche, ha spessori molto consistenti, superiori a 1500 metri, come riportato in letteratura.

4.2 ANALISI LITOSTRATIGRAFICA E IDROGEOLOGICA

La situazione stratigrafia evidenziata dalle indagini introspettive, è rappresentata da una copertura alluvionale soprastante il substrato argillo-marnoso, raggiungibile a profondità variabili da 12,50 m in S3 a 17,20 m in S1 e 18 m in S2; in quest’ultimo caso la profondità deriva dall’analisi dell’indagine sismica, sulla base della velocità delle onde acquisite dal geofono corrispondente.

L'andamento della successione litologica viene di seguito sinteticamente descritto, rimandando per l'analisi di dettaglio ai logs litostratigrafici e alla sezione geologica.

La copertura più superficiale è rappresentata da terreno eterogeneo limoso-argilloso, con inclusi piccoli ciottoli ghiaiosi, di colore marrone, talora preceduto da un orizzonte di 10 - 25 cm di ghiaia medio-fine, per uno spessore complessivo di 0,80 ÷ 1,80 m.

Il deposito alluvionale inizia con il litotipo limoso-argilloso di spessore compreso tra 6,50 e 7,90 m, colore marrone nelle varie sfumature, intervallato da un orizzonte di limo di colore beige e spessore variabile da 0,30 a 0,90; si osservano tracce organiche scure e noduli globulari carbonatici biancastri.

Segue il litotipo ghiaioso, eterometrico, formato da ciottoli prevalentemente calcarei, di forma discoidale e lamellare, a spigoli tendenzialmente subarrotondati, con sporadiche schegge di selce rossastra sparse; la matrice è in percentuale abbondante, limosa, di colore variabile da nocciola a beige e spessore variabile da 3,10 a 4,00 m.

Nei sondaggi 1 e 2, sotto le ghiaie è presente il litotipo limoso-argilloso con sottili passaggi sabbiosi e sabbioso-limosi, talora con inclusi piccoli ciottoli ghiaiosi, colore nocciola anche con sfumature rossicce e spessore di 3,10 m in S1 e di 2,50 m in S2, vale a dire fino a termine sondaggio.

Nel sondaggio 1 il passaggio al substrato geologico (-17,60 m) è segnato da uno strato di limo sabbioso per uno spessore di 3,10 m, con inclusi piccoli ciottoli ghiaiosi e rare schegge selciose rossastre.

Nel sondaggio n.3 il substrato, a -12,50 m, è preceduto da un orizzonte di 50 cm di sabbia di colore nocciola, sottostante le ghiaie.

Il substrato è formato da argille marnose, stratificate e caratterizzate dalla tipica struttura concoide, colore grigio-azzurro, con sottili livelletti sabbiosi nei giunti di strato.

Sotto il profilo idrogeologico si osserva che i depositi costituiscono un complesso a permeabilità variabile, da medio-bassa a medio-alta in ragione delle differenti frazioni granulometriche presenti.

Lo schema idrogeologico generale è infatti rappresentato da una coltre di copertura formata dal litotipo limoso-argilloso, talora discretamente sabbioso e dal litotipo ghiaioso in matrice abbondante.

Il litotipo limoso-argilloso ha una permeabilità generalmente medio-bassa, anche con locali aumenti, determinati dalla frazione sabbiosa in cui si possono instaurare livelli idrici, discontinui, mentre il litotipo ghiaioso ha una buona permeabilità.

Il substrato argillo-marnoso ha una bassa permeabilità e funge da acquicluda per i livelli idrici contenuti nei depositi semipermeabili del tetto.

Al termine dei sondaggi 1 e 2 si sono rilevate delle infiltrazioni a profondità attorno a 14 metri dal p.c.

5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La caratterizzazione geotecnica intende rappresentare sulla base dello schema stratigrafico ricostruito, i principali parametri fisico-meccanici dei terreni compresi nel volume indagato.

Lo schema litostratigrafico è formato da:

- unità della copertura, comprendente il terreno eterogeneo e il deposito alluvionale, costituito da limi argillosi talora con sottili passaggi sabbiosi tendenti a sabbiosi in profondità, compatti e di consistenza variabile, con intercalate ghiaie, immerse in abbondante matrice, caratterizzate da un medio grado di addensamento;
- unità del substrato formata da argille marnose, molto compatte e consistenti, sovraconsolidate e caratterizzata dalla tipica struttura concoide.

5.1 PARAMETRI FISICO - MECCANICI

I principali parametri che definiscono le proprietà fisico-meccaniche dei principali litotipi individuati, sono dedotti dalle prove geotecniche in sito (pocket penetrometer che dà un valore assimilabile a una rottura a espansione laterale libera e vane test per la coesione non drenata) e da prove di laboratorio effettuate secondo le procedure standard, su campioni prelevati nel corso della perforazione e di cui si allegano i risultati (cfr. “*Certificati prove di laboratorio*”), oltre che da correlazioni con la consolidata letteratura tecnica per i litotipi granulari e del substrato.

Le prove di laboratorio sono state eseguite su n.2 campioni indisturbati prelevati a -3,20/3,70 m in S1 (S1Sh1) e a -6,00/6,50 m in S2 (S2Sh1), rappresentativo del litotipo limoso-argilloso, a cui è associabile anche il litotipo limoso talora con sottili passaggi sabbiosi.

Si precisa che per un mero errore materiale di scrittura, nei certificati delle prove di laboratorio il campione a -6,00 m è stato denominato S1Sh2, essendo viceversa stato prelevato nel sondaggio n.2 e identificabile dalla sigla S2Sh1.

Le prove relative alla classificazione del terreno consistono nelle caratteristiche volumetriche e limiti di Atterberg, particolari valori del contenuto d'acqua che caratterizza convenzionalmente i passaggi da una terra coesiva ai vari stati fisici (liquido, plastico, semisolido e solido).

Tabella 1 – *Valutazione dei parametri di resistenza da prove SPT in terreni incoerenti*

Stato di consistenza	Numero di colpi Nspt	Densità relativa	Angolo di attrito
Molto sciolto	< 4	< 20%	< 30°
Sciolto	4 - 10	20% - 40%	30 – 35°
Medio	10 -30	40% - 60%	35° - 40°
Denso	30 - 50	60% - 80%	40° - 45°
Molto denso	> 50	> 80%	> 45

Le prove di compressione a espansione laterale libera e di taglio diretto nel campione sono finalizzate alla determinazione dei parametri resistenza (coesione intercetta e angolo di resistenza al taglio), espressi in termini di tensioni efficaci.

Inoltre è stata effettuata una prova SPT in S1 da -11,00 a -11,45 m, rappresentativa del litotipo ghiaioso in matrice, i cui parametri sono stati derivati per correlazione dalla Tabella 1 precedente (*da Cestelli G., 1980*).

La caratterizzazione del sito è sintetizzata di seguito, escludendo dallo studio la parte più superficiale di terreno di riporto e rimandando alle certificazioni delle prove di laboratorio per il dettaglio dei dati geotecnici.

Unità della coltre: limo argilloso talora con sottili passaggi sabbiosi, compatto e di consistenza variabile.

Il peso di volume misurato in laboratorio varia da 1,93 a 1,99 Mg/m³.

I limiti di Atterberg, complessivamente definiti dal limite liquido, $LL = 45 \div 66\%$, dal Limite Plastico, $LP = 18 \div 23\%$ e dall'Indice di Plastico $IP = 27 \div 43\%$, indicano un grado di plasticità variabile da medio/basso ad alto, mentre il contenuto in umidità naturale ($W_n = 20 \div 30\%$) è inferiore dei rispettivi limiti liquidi.

Lo stato di consistenza è solido-plastico, con indice di consistenza I_c variabile da 0,8 a 0,9.

Secondo la classificazione U.S.C.S., il campione del sondaggio n.1 ha il comportamento delle argille inorganiche, a plasticità medio/bassa e delle argille

limose sabbiose (CL), mentre quello del sondaggio n.2 ha il comportamento delle argille inorganiche molto plastiche.

Il valore della resistenza a compressione a E.L.L. in sito varia da 0,5 Kg/cm² a 5,4 Kg/cm² (49,03 ÷ 529,56 kPa), mentre la coesione non drenata in sito varia da 0,2 a 2,2 Kg/cm² (19,61 ÷ 215,75 kPa).

Il modulo elastico o di Young, stimato dalla prova di compressione a espansione laterale libera è pari a 115,70 Kg/cm² (1.1338,71 kPa) per il campione S1Sh1 e 97,95 Kg/cm² (9.598,49 kPa) per il campione S2Sh1.

La prova di taglio in condizioni di picco, dà valori della coesione intercetta di 0,44 Kg/cm² (42,86 kPa) e angolo di resistenza al taglio di 20° per il campione S1Sh1, mentre per il campione S2 SH1 la coesione intercetta è di 0,51 Kg/cm² (49,86 kPa) e l'angolo di resistenza al taglio è di 19°.

Unità della coltre: limo sabbioso, compatto e di consistenza variabile.

Il peso di volume è mediamente di 1,90 Mg/m³.

Il valore della resistenza a compressione a E.L.L. in sito, varia da 0,5 Kg/cm² a 1,1 Kg/cm² (49,03 ÷ 107,87 kPa), mentre la coesione non drenata in sito varia da 0,2 a 0,5 Kg/cm² (19,61 ÷ 49,03 kPa).

Il modulo elastico o di Young stimato da valori tabellari è pari mediamente a 40 Kg/cm² (3992,68 kPa).

Unità della coltre: ghiaia immersa in abbondante matrice sabbiosa e limosa, mediamente addensata.

Il peso di volume varia da 1,90 a 2,00 Mg/m³.

La densità relativa varia da 40 a 60% e l'angolo di resistenza al taglio variabile da 30 a >45°.

In mancanza di determinazioni sperimentali, il modulo elastico o di Young è compreso tra 1020 e 2040 Kg/cm² (10002 ÷ 200056 kPa).

Unità del substrato: argilla marnosa, stratificata, estremamente compatta e consistente.

Il peso di volume varia da 1,94 Mg/m³ a 2,03 Mg/m³.

Il valore della resistenza a compressione a E.L.L. in sito è >6,0 Kg/cm², indicato con F.S. nei logs litostratigrafici, (> 588 kPa) e la coesione non drenata è >3,0 Kg/cm², indicato con F.S. nei logs litostratigrafici, (>294 kPa), mentre l'angolo di attrito varia da 25 a 27°.

La coesione intercetta derivata da prove di taglio su materiale analogo, dà generalmente valori di 0,28 Kg/cm² (26,06 kPa), mentre l'angolo di resistenza al taglio è di 26°.

In mancanza di determinazioni sperimentali il modulo elastico o di Young derivato da bibliografia varia da 510 a 1020 Kg/cm² (50014,17 ÷ 10028,34 kPa).

5.2 VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO

I dati sperimentali rilevati in campagna e quelli derivati dalle prove di laboratorio, sono stati trattati congiuntamente per ricostruire la caratterizzazione geotecnica del sito d'intervento, a partire dai valori nominali, riportati nel logs litostratigrafici e da quelli disaggregati, trasformati nei relativi valori caratteristici dei parametri geotecnici, come richiesto dal punto 6.2.2 delle NTC e della Circolare.

I valori minimi e massimi dei parametri di resistenza al taglio dei litotipi delle unità specificate al paragrafo precedente, hanno permesso di ricavare il valore medio, da cui è stato dedotto il rispettivo valore caratteristico di progetto (cfr. Tabella 2), inteso come la soglia al di sotto della quale si colloca non più del 5% dei valori desunti dalle prove.

Il valore caratteristico è stato ricavato, utilizzando le seguenti relazioni:
per terreni coesivi (1) e per terreni incoerenti (2):

$$C_{uk} = C_{um} (1 - 1,645 V C_{u^{\circ}}) \quad (1)$$

$$\varphi'_{k} = \varphi'_{m} (1 - 1,645 V \varphi^{\circ}) \quad (2)$$

C_{uk} = valore caratteristico della coesione non drenata

C_{um} = valore medio della coesione non drenata

$V C_{u^{\circ}}$ = rapporto tra lo scarto quadratico medio e la media dei valori

φ'_{k} = valore caratteristico dell'angolo di attrito interno

φ'_{m} = valore medio dell'angolo di attrito interno

$V \varphi^{\circ}$ = rapporto tra lo scarto quadratico medio e la media dei valori

$1,645$ = valore del parametro X che dipende dalla legge di distribuzione della probabilità e dalla probabilità di non superamento, adottata pari al 5%

Tabella 2 – Valori caratteristici dei parametri di resistenza al taglio

Litotipi	Valore medio $\varphi m, C_{um}$	Valore caratteristico φk	Valore caratteristico C_{uk}
Limo argilloso variamente sabbioso	1,4 Kg/cm ² (137,29 kPa)		1,1 Kg/cm ² (107,87 kPa)
Limo sabbioso	0,35 Kg/cm ² (34,32 kPa)		0,35 Kg/cm ² (34,32 kPa)
Ghiaia in matrice	37°	37°	
Argilla marnosa	3,0 Kg/cm ² (294,20 kPa)		3,0 Kg/cm ² (294,20 kPa)

6. CARATTERIZZAZIONE - MODELLAZIONE SISMICA

Le Marche sono da secoli interessate da una diffusa e frequente attività sismica, con massima intensità pari al X grado della scala MCS.

Nell'area marchigiana l'attività sismica è concentrata in fasce ben definite dal punto di vista geologico e fisiografico:

- una più interna corrispondente alla zona della catena appenninica, caratterizzata da terremoti frequenti e d'intensità pari al X grado della scala MCS;
- una fascia intermedia corrispondente alla zona pedeappenninica, caratterizzata da una blanda ma diffusa attività sismica;
- la fascia periadriatica caratterizzata da attività sismica generalmente moderata.

I terremoti che periodicamente colpiscono il territorio regionale sono espressione di un campo di sforzi tettonici ancora attivo.

Meccanismi focali di tipo distensivo e asse di massima distensione in direzione SW-NE, caratterizzano l'area appenninica che presenta il più alto livello di sismicità e dove l'attività sismogenetica avviene entro i primi 12 Km di profondità.

Meccanismi focali di tipo compressivo e trascorrente e asse di massima compressione in direzione SW-NE, sono tipici dell'area pedeappenninica e periadriatica e in particolare in quest'ultima l'attività sismica è limitata ai primi 10 Km di profondità.

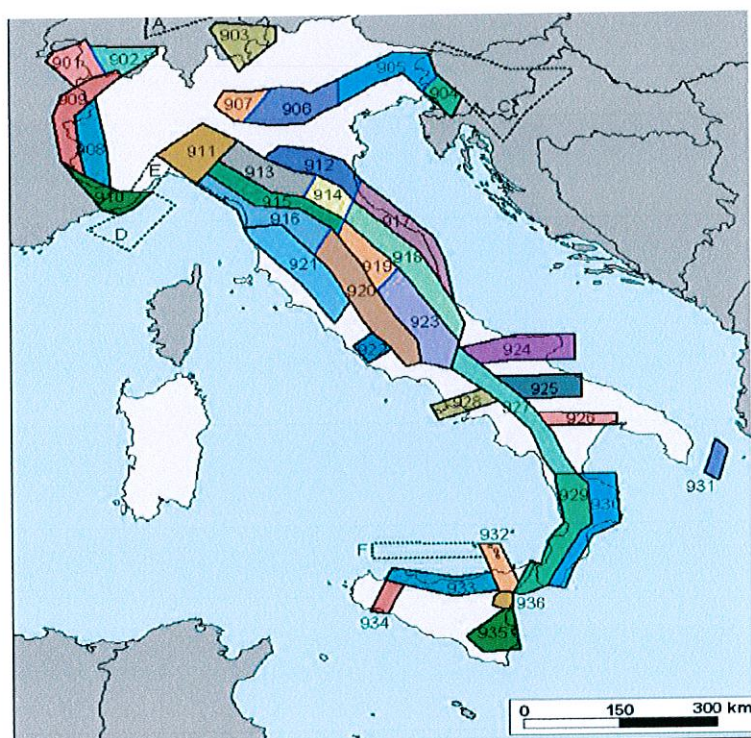


Figura 6 – Zona sismogenetica ZS9 (da: “Zonazione sismogenetica ZS9-App.2 al Rapporto Conclusivo, a cura di C. Meletti e G. Valensise, 2004”)

Il Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (OPCM n.3274 del 20.03.2003- INGV) ha proposto una zonazione sismogenetica ZS9 che integra i livelli informativi precedenti con gli ultimi sviluppi degli studi nel settore geologico-strutturale e sismogenetico.

Per l'area marchigiana orientale, zona 917, in cui ricade il territorio comunale di Jesi, il modello ZS9 individua un regime tettonico debolmente compressivo, le cui strutture sono allineate lungo la costa o verso mare e una classe di profondità efficace compresa tra 5 e 8 Km, rappresentativa della maggior parte degli eventi sismici.

L'analisi sulla sismicità storica del territorio comunale ha preso in considerazione i dati macrosismici presenti nel Database Macrosismico Italiano, ultima versione DBMI 2011 (<http://emidius.mi.ingv.it>), da cui sono stati selezionati gli eventi di maggiore rilevanza che hanno interessato il territorio di Jesi.

Nella lista sono evidenziati 48 eventi di riferimento a partire dal 1672, con indicati i parametri per l'area del catalogo, epicentro del sisma e per l'area del terremoto (I [MCS]), tra cui risalta l'evento del 26 maggio 1887 che ha avuto Jesi come area epicentrale, con $M_w = 4,58$ e $I = 6^\circ$.

Si segnalano gli eventi del 24 aprile 1741 nell'area epicentrale del Fabrianese (6,21 M_w) e del 30 ottobre 1930 nell'area epicentrale di Senigallia (5,81 M_w), che hanno fatto registrare un'intensità macrosismica, espressa in MCS, pari a 7° e gli eventi che hanno determinato un'intensità di 6° con area epicentrale nelle Marche Meridionali (1873), nell'Adriatico Centrale (1897) e nel Medio Adriatico (1972).

Storia sismica di Jesi [43.522, 13.245] Numero di eventi: 48

Effetti

In occasione del terremoto del:

I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
4	1672 04 14 15:45	Riminese	92	8 5.61 ± 0.21
5	1690 12 23 00:20	Anconetano	17	5.56 ± 0.19
7	1741 04 24 09:00	FABRIANESE	145	9 6.21 ± 0.13

Effetti		In occasione del terremoto del:		
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
5-6	<u>1781 06 03</u>	CAGLIESE	157	10 6.42 ± 0.13
5	<u>1870 02 08</u>	NUMANA	10	7 5.10 ± 0.54
6	<u>1873 03 12 20:04</u>	Marche meridionali	196	8 5.95 ± 0.10
5	<u>1875 03 17 23:51</u>	Romagna sud-orientale	144	5.93 ± 0.16
6	<u>1887 05 26</u>	JESI	19	5 4.58 ± 0.63
6	<u>1897 09 21</u>	ADRIATICO CENT.	44	7 5.46 ± 0.27
4	<u>1909 01 13 00:45</u>	BASSA PADANA	799	6-7 5.53 ± 0.09
4	<u>1911 02 19 07:18</u>	Romagna meridionale	181	7 5.28 ± 0.11
5	<u>1915 01 13 06:52</u>	Avezzano	1041	11 7.00 ± 0.09
5	<u>1916 05 17 12:49</u>	Alto Adriatico	132	5.95 ± 0.14
5	<u>1916 08 16 07:06</u>	Alto Adriatico	257	6.14 ± 0.14
3	<u>1916 11 16 06:35</u>	REATINO	40	8 5.53 ± 0.22
3-4	<u>1917 11 05 22:47</u>	NUMANA	26	6 5.07 ± 0.25
3	<u>1918 11 10 15:12</u>	Appennino romagnolo	187	9 5.88 ± 0.11
4	<u>1919 06 29 15:06</u>	Mugello	566	10 6.29 ± 0.09
NF	<u>1920 09 07 05:55</u>	Garfagnana	756	10 6.48 ± 0.09
4	<u>1922 06 08 07:47</u>	CALDAROLA	52	6 4.89 ± 0.19
5	<u>1924 01 02 08:55</u>	Medio Adriatico	76	7-8 5.36 ± 0.16
3	<u>1928 05 30 20:01</u>	Adriatico centrale	17	5 4.88 ± 0.28
7	<u>1930 10 30 07:13</u>	SENIGALLIA	263	8 5.81 ± 0.09
4-5	<u>1934 11 30 02:58</u>	Alto Adriatico	51	5.34 ± 0.17
3	<u>1936 10 18 03:10</u>	BOSCO CANSIGLIO	267	9 6.12 ± 0.09
4-5	<u>1950 09 05 04:08</u>	GRAN SASSO	386	8 5.68 ± 0.07

Effetti		In occasione del terremoto del:		
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
NF	1961 03 23 01:01	GUBBIO	22	7 4.54 ±0.28
NF	1962 01 23 17:31	Adriatico	49	5 4.52 ±0.25
3	1972 01 25 20:24	Medio Adriatico	24	4.58 ±0.18
6	1972 02 04 02:42	Medio Adriatico	75	4.86 ±0.29
6	1972 02 04 09:18	Medio Adriatico	56	4.58 ±0.29
4	1979 09 19 21:35	Valnerina	694	8-9 5.86 ±0.09
3	1980 11 23 18:34	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.89 ±0.09
NF	1983 11 09 16:29	Parmense	850	6-7 5.06 ±0.09
4	1984 04 29 05:02	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7 5.65 ±0.09
2	1984 05 07 17:49	Appennino abruzzese	912	8 5.89 ±0.09
NF	1984 05 11 10:41	Appennino abruzzese	342	5.50 ±0.09
2-3	1986 10 13 05:10	Appennino umbro-marchigiano	322	5-6 4.65 ±0.09
NF	1987 07 03 10:21	PORTO SAN GIORGIO	359	5.09 ±0.09
3	1993 06 05 19:16	GUALDO TADINO	326	6 4.74 ±0.09
4	1997 09 03 22:07	Appennino umbro-marchigiano	171	5-6 4.56 ±0.09
5	1997 09 26 00:33	Appennino umbro-marchigiano	760	5.70 ±0.09
5	1997 09 26 09:40	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9 6.01 ±0.09
4-5	1997 10 03 08:55	Appennino umbro-marchigiano	490	5.25 ±0.09
5	1997 10 06 23:24	Appennino umbro-marchigiano	437	5.46 ±0.09
4-5	1997 10 14 15:23	Appennino umbro-marchigiano	786	7-8 5.65 ±0.09
NF	2005 04 12 00:31	Maceratese	137	4-5 4.16 ±0.14
3-4	2006 04 10 19:03	Maceratese	211	5 4.51 ±0.10

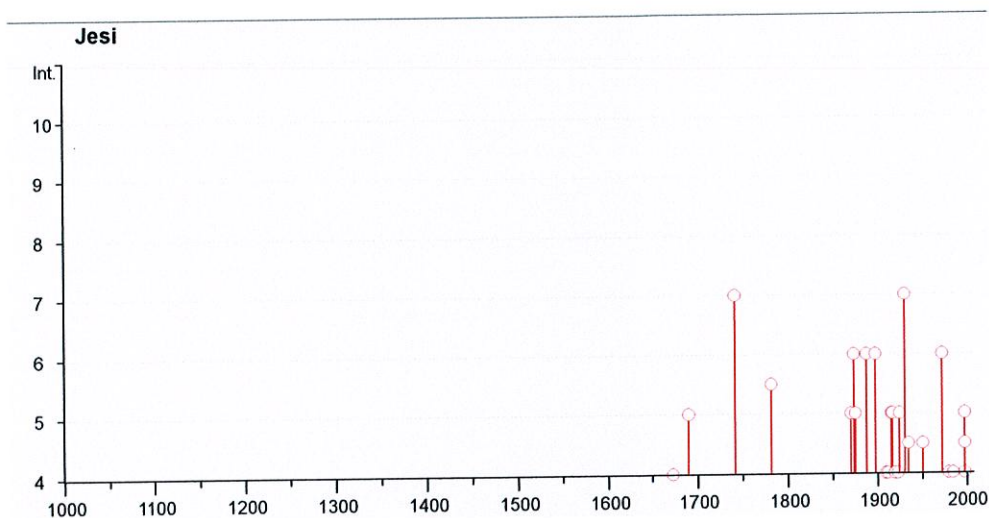


Figura 7 – Eventi sismici relativi al territorio di Jesi (da: DBMI 2011)

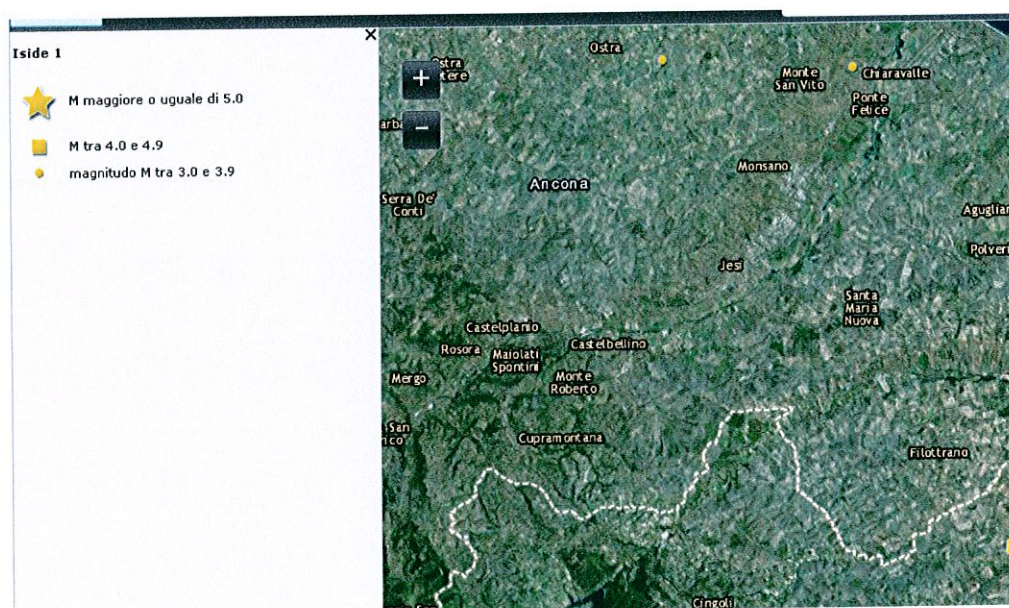


Figura 8 – Mappa dei terremoti dal 2005 al 2013 con magnitudo >3,0 (da: Dipartimento Nazionale di Protezione Civile-Le mappe interattive)

6.1 RISULTATI INDAGINE GEOFISICA: RISPOSTA SISMICA LOCALE

La normativa sismica vigente (*Norme tecniche per le costruzioni, D.M. 14/01/2008*) definisce l'azione sismica di progetto, sulla base della zona sismica di appartenenza del sito e la categoria sismica di suolo su cui sarà realizzata l'opera.

Le verifiche tecniche da attuarsi in base alle NTC 2008, sono valutate a partire da una pericolosità sismica di base in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie orizzontale (di categoria A nelle NTC).

La pericolosità sismica sarà valutata dal Progettista sulla base di quanto disposto dalle Tabelle A e B delle NTC 2008.

La risposta sismica locale viene definita mediante un approccio "sito dipendente", che tiene conto dei fattori geologici, morfologici e geotecnici che possono modificare il moto sismico atteso nel sito, rispetto a quello che si avrebbe su roccia affiorante.

In presenza di suoli di diversa categoria, il moto sismico in superficie in genere risulta modificato, in funzione dell'intensità e del contenuto in frequenza dell'input sismico, delle caratteristiche geotecniche-sismiche e dello spessore del suolo attraversato dalle onde sismiche per giungere in superficie.

La risposta sismica locale è l'azione sismica quale emerge in "superficie", vale a dire il piano di riferimento quale definito nel § 3.2.2. delle NTC 2008, a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite dalle onde sismiche, trasmettendosi dal substrato rigido.

Le modifiche sopra citate sono schematicamente riconducibili a effetti stratigrafici (modifiche dovute alla successione stratigrafica, proprietà meccaniche dei terreni, geometria del contatto tra substrato rigido e terreni sovrastanti, geometria dei contatti tra gli strati di terreno) ed effetti topografici (modifica dovuta alla focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta dei rilievi per i fenomeni di riflessione delle onde e l'interazione tra onde incidenti e onde diffratte).

La risposta sismica locale è stata analizzata con il metodo semplificato, separando gli effetti stratigrafici da quelli topografici.

Per valutare gli effetti stratigrafici si è attribuito il sito a una delle categorie di sottosuolo, definite nella tabella 3.2.II delle NTC 2008, dai valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio ricavati dall'interpretazione dei risultati della prova MASW.

L'elaborazione dei profili di velocità $V_{s,30}$ mostra una successione di terreni caratterizzati generalmente da aumento progressivo delle velocità con la profondità, che tuttavia non hanno raggiunto quelli tipici del substrato geofisico (≥ 800 m/s), evidenziando sei sismostrati principali:

- un primo sismostrato fino a -2 metri, con velocità delle onde P di 297 m/s e delle onde SH di 182 m/s, è associabile al terreno eterogeneo superficiale;
- un secondo sismostrato fino a -7 metri, con velocità delle onde P di 367 m/s e delle onde SH di 225 m/s, è associabile al litotipo limoso-argilloso più superficiale;

- un terzo sismostrato fino a -11 metri, con velocità delle onde P di 555 m/s e delle onde SH di 340 m/s, è associabile al litotipo ghiaioso immerso in abbondante matrice;
- un quarto sismostrato fino a -14 metri, con velocità delle onde P e SH lievemente inferiori del precedente, rispettivamente 446 m/s e 273 m/s, è associabile al litotipo limoso con passaggi sabbiosi;
- un quinto sismostrato fino a -18 metri, con velocità delle onde P di 575 m/s e delle onde SH di 352 m/s, è associabile al litotipo limoso-sabbioso;
- un sesto e ultimo sismostrato fino a -30 metri, con velocità delle onde P di 727 m/s e delle onde SH di 445 m/s, è associabile alle argille marnose del substrato.

La velocità equivalente delle SH entro 30 metri di profondità delle onde di taglio è stata calcolata secondo la seguente espressione:

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [m/s]$$

h_i = spessore (in metri) dell'i-esimo strato compreso nei primi 30 metri di profondità

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

N = numero strati compresi nei primi 30 metri di profondità

Il valore della $V_{S,30}$ pari a 318 m/s, pertanto la categoria del sottosuolo è tipo "C" (paragrafo 3.2.2), vale a dire "*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con*

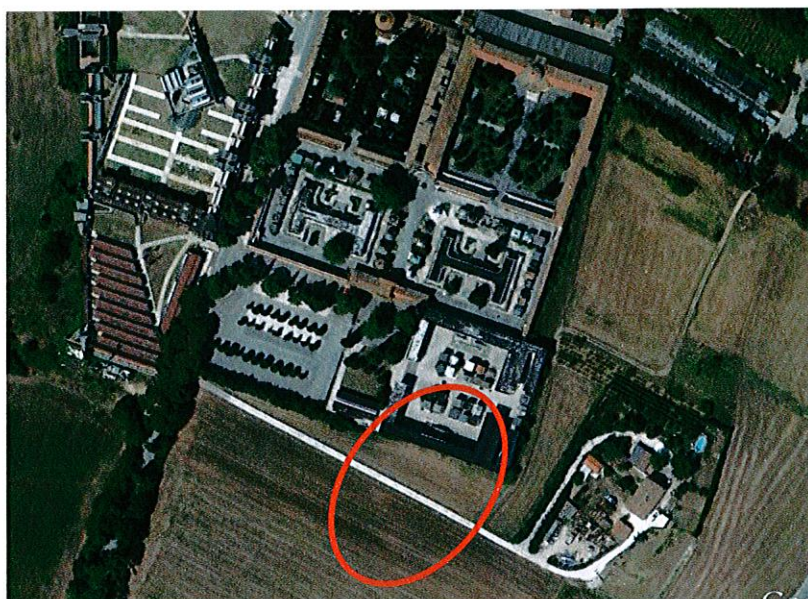
spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{w,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fine”).

Le condizioni topografiche sono riconducibili alla categoria “T1” della Tabella 3.2.IV delle NTC, “*Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$* ”.

6.2 PARAMETRI SISMICI

Il reticolo di riferimento del sito è stato individuato utilizzando il programma www.castaliaweb.com ed affinando le coordinate della latitudine e della longitudine, rispetto alla semplice ricerca per Comune in corrispondenza del sito d'intervento.

Ai fini della definizione dello spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali, nelle Tabelle 3 seguenti sono riportati i principali parametri, derivati dal programma “*Spettri di risposta ver.1.0.3*” (www.cslp.it), immettendo nel programma i dati della costruzione e quelli delle categorie, del sottosuolo e topografica, precedentemente definite, e rimandando per ogni ulteriore verifica alle competenze del Progettista.



Latitudine 43.53526496253031, Longitudine 13.250713348388672

Punti impiegati sulla maglia di riferimento:

1. ID = 21198 Lat = 43.5350 Long = 13.2830 distanza = 2.602826 Km
2. ID = 20976 Lat = 43.5850 Long = 13.2830 distanza = 6.111649 Km
3. ID = 20975 Lat = 43.5850 Long = 13.2140 distanza = 6.271795 Km
4. ID = 21197 Lat = 43.5350 Long = 13.2140 distanza = 2.959646 Km

Dati sulla costruzione:

Classe d'uso: 2

Vita nominale: ≥ 50 anni

Coefficiente d'uso: 1

Periodo di riferimento: ≥ 50 anni

Periodo di ritorno per la definizione dell'azione sismica T_R , per i vari stati limite di esercizio e stati limite ultimi

Parametri di risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Tabella 3.1 – Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale

STATO LIMITE	T_R (anni)	a_g (g)	F_o	T^*c (s)
SLO	30	0,051	2,415	0,278
SLD	50	0,066	2,466	0,286
SLV	475	0,184	2,478	0,312
SLC	975	0,243	2,484	0,319

Tabella 3.2 – Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale

STATO LIMITE	Categoria sottosuolo	S_s	C_c	S_t
SLO	C	1,500	1,601	1,0
SLD	C	1,500	1,587	1,0
SLV	C	1,426	1,543	1,0
SLC	C	1,337	1,531	1,0

L'accelerazione massima attesa al sito è pari a $a_{max} = 2,574 \text{ m/s}^2$
 $[0,262 \text{ ag(g)}]$ data dalla formula, relativamente allo stato limite ultimo SLV:

$$a_{max} = a_g S_s S_t$$

$ag(g) = 0,184 g$ valore nominale dell'accelerazione orizzontale massima attesa al sito, relativamente allo stato limite ultimo SLV

$S_s = 1,426$ coefficiente di amplificazione stratigrafica

$S_t = 1,0$ coefficiente di amplificazione topografica

7. VERIFICHE DI STABILITA' ALLA LIQUEFAZIONE

Il termine liquefazione indica generalmente la perdita di resistenza dei terreni saturi, sotto sollecitazioni di taglio cicliche o monotoniche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso.

Questo avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente, fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento, quando gli sforzi efficaci da cui dipende la resistenza al taglio si riducono a zero

Soprattutto i terreni sabbiosi sono terreni suscettibili di liquefazione, per fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio oppure per accumulo di deformazioni plastiche.

L'analisi dei dati storici disponibili ha evidenziato come Jesi sia stata epicentro di un terremoto nel 1887 con Mw di 5,21 ($4,58 + 0,63$) e pertanto si sono effettuate le verifiche di stabilità nei confronti della liquefazione, mettendo a confronto i metodi di Andrus e StoKoe (1997) e dell'Eurocodice SISM, sulla base dei valori della velocità delle onde di taglio misurate durante la prova sismica MASW, immesse nel programma "*lan.vers.10.01A-Aztecinformatica*".

I dati di input sono costituiti dalla stratigrafia del sito, con particolare riferimento al sondaggio n.1, caratteristiche geotecniche, profondità delle

infiltrazioni a -14 metri, spessori dei sismostrati e valori delle $V_{s,30}$ registrate per ognuno di essi.

La sicurezza alla liquefazione viene valutata a diverse profondità, calcolando il rapporto tra la resistenza alla liquefazione, $CRR = \tau_f / \sigma'_{vo}$ e la sollecitazione ciclica indotta dall'azione sismica, $CSR = \tau_{med} / \sigma'_{vo}$.

Il carico sismico, CSR , dipende dalla magnitudo M e dalla massima accelerazione in superficie, a_{max} ; per una magnitudo $M=7.5$, CSR è espresso dalla seguente relazione:

$$CSR = 0.65 * (a_{max}/g) * (\sigma_{v0} / \sigma'_{v0}) * r_d$$

a_{max} = picco di accelerazione orizzontale in superficie del terremoto

g = accelerazione di gravità

σ_{v0} e σ'_{v0} = tensione verticale geostatica totale ed efficace

r_d = coefficiente riduttivo delle tensioni

Per il coefficiente r_d si assumono i seguenti valori

$$r_d = 1.0 - 0.00765z \quad \text{per } z \leq 9.15 \text{ m}$$

$$r_d = 1.174 - 0.0267z \quad \text{per } 9.15 \leq z \leq 23 \text{ m}$$

$$r_d = 0.774 - 0.008z \quad \text{per } 23 < z < 30 \text{ m}$$

$$r_d = 0.5 \quad \text{per } z > 30 \text{ m}$$

Per terremoti con magnitudo diversa da 7.5 si applica un fattore correttivo, MSF , al valore di CSR precedentemente calcolato, secondo la seguente equazione:

$$MSF = \left(\frac{M}{7.5} \right)^{-3.3} \quad \text{per } M \leq 7.5$$

$$MSF = \frac{10^{2.24}}{M^{2.56}} \quad \text{per } M > 7.5$$

Entrambi i metodi si basano sulla determinazione del fattore di sicurezza, indicativo della propensione o meno del terreno a liquefare ed espresso da $Fs = CRR/CSR$; per entrambi i metodi il deposito sabbioso saturo è potenzialmente liquefacibile se risulta $Fs \leq 1,0$.

La valutazione della capacità di resistenza alla liquefazione (CRR) da prove sismiche a rifrazione (VS) viene stimata da Andrus con la seguente espressione:

$$CRR = 0.03 \cdot \left(\frac{V_{s1}}{100} \right)^2 + \frac{0.9}{V_{s1c} - V_{s1}} - \frac{0.9}{V_{s1c}}$$

dove

$$V_{s1} = V_s \cdot \left(\frac{1}{\sigma'_v} \right)^{0.25}$$

$$V_{s1c} = \begin{cases} 220 & FC < 5\% \\ 210 & FC = 20\% \\ 200 & FC > 35\% \end{cases}$$

V_s : velocità misurata dell'onda di taglio S espressa in [m/sec];

FC : frazione di fine contenuto nella sabbia espressa in [%].

σ'_v : pressione verticale efficace espressa in [kg/cm^2].

La valutazione della capacità di resistenza alla liquefazione (CRR) viene stimata secondo l'Eurocodice SISMm con la seguente correlazione:

$$C_N = (1/\sigma'_v)^{0.25} \leq 2,0$$

σ'_v = pressione verticale efficace espressa in [Kg/cm^2]

$$V_{SI} = C_N V_S$$

V_S = velocità misurata dell'onda di taglio S espressa in [m/sec]

Dati Situ: *Simbologia adottata*

M : Magnitudo dell'evento sismico;
 a_g : Accelerazione massima su sito di riferimento rigido;
 F_0 : Fattore di amplificazione spettrale;
 CdS : Categoria di sottosuolo;
 Ss : Coefficiente amplificazione stratigrafica;
 p_0 : Presenza di sovraccarico al piano campagna [kg/mq];
 z_w : Profondità della falda dal piano campagna [m].

M	a_g	F_0	CdS	Ss	p_0	z_w	a_{max} / g
5,21	1,805	2,478	C	1,43	1,426	14,00	0,262

Dati Stratigrafia: *Simbologia adottata*

$Nr.$: Indice dello strato;
 $Descrizione$: Descrizione strato;
 h : Spessore dello strato [m];
 γ : Peso di volume del terreno [kg/mc];
 γ_s : Peso di volume saturo del terreno [kg/mc];

Nr.	Descrizione	h	γ	γ_s
1	limo	7,8	1930	2123
2	ghiaia	3,1	1900	2090
3	limo	3,1	1930	2123
4	limosabbioso	3,1	1900	2090
5	argilla marnosa	12,4	1940	2134

Prova sismica Masw: *Simbologia adottata*

$Nr.$: Numero d'ordine dei valori delle misure della prova;
 z_i : Profondità alla quale viene effettuata la misura della prova [m];
 V_S : Velocità dell'onda S della prova sismica [m/sec]

Nr.	z_i	V_S
1	2,0	182
2	7,0	225
3	11,0	340
4	14,0	273
5	18,0	352
6	30,0	445

Risultati Analisi - Calcolo fattore di sicurezza: *Simbologia adottata*

$Nr.$: Numero d'ordine del risultato;
z_i	: Profondità alla quale viene calcolato il fattore di sicurezza [m];
σ'_v	: tensione verticale efficace calcolata alla profondità z_i [kg/cmq];
σ_v	: tensione verticale totale calcolata alla profondità z_i [kg/cmq];
r_d	: coefficiente correttivo di riduzione delle tensioni con la profondità z_i ;
MSF	: coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma;
CSR	: resistenza a taglio mobilitata, in termini di rapporto di tensione ciclica;
CRR	: sforzo di taglio indotto dal sisma, in termini di rapporto di resistenza ciclica;
F_s	: Fattore di sicurezza, come rapporto tra CRR e CSR;

Metodo ANDRUS

Nr.	z_i	σ'_v	σ_v	r_d	MSF	CSR	CRR	F_s
1	2,00	0,39	0,39	0,98	3,33	0,05	1000,00	19808,89
2	7,00	1,35	1,35	0,95	3,33	0,05	1000,00	20609,45
3	11,00	2,11	2,11	0,88	3,33	0,05	1000,00	22158,15
4	14,00	2,69	2,69	0,80	3,33	0,04	1000,00	24376,18
5	18,00	3,13	3,53	0,69	3,33	0,04	1000,00	24945,47
6	30,00	4,49	6,09	0,50	3,33	0,03	1000,00	28768,09

Indice di Liquefacibilità del deposito (I.L.): 0.00

Rischio di liquefazione : molto basso

Metodo EUROCODICE SISM

Nr.	z_i	σ'_v	σ_v	r_d	MSF	CSR	CRR	F_s
1	2,00	0,39	0,39	0,98	3,48	0,05	0,50	10,36
2	7,00	1,35	1,35	0,95	3,48	0,05	0,34	7,40
3	11,00	2,11	2,11	0,88	3,48	0,05	1,69	39,30
4	14,00	2,69	2,69	0,80	3,48	0,04	0,37	9,40
5	18,00	3,13	3,53	0,69	3,48	0,04	1,01	26,43
6	30,00	4,49	6,09	0,50	3,48	0,03	6,97	210,01

Indice di Liquefacibilità del deposito (I.L.): 0.00

Rischio di liquefazione : molto basso

L'elaborazione dei dati con entrambi i metodi ha confermato la stima qualitativa, con un indice nullo di liquefacibilità del deposito e rischio di liquefazione molto basso.

8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La modellazione geologica, geotecnica e sismica, ricostruita dallo studio dei vari aspetti geologici, geomorfologici, geognostici, geomeccanici e geofisici, dell'area interessata dal progetto di costruzione dei nuovi fabbricati loculi, ha messo in evidenza i seguenti punti salienti:

- l'intera area cimiteriale si estende su un pianoro collocato al margine di versanti collinari che bordano la pianura del fiume Esino, compresa in una fascia altitudinale definita dalle isoipse di 82 e 96 metri s.l.m e in particolare, l'area d'intervento si trova in zona pianeggiante, antistante all'attuale parcheggio, alla quota di 91 metri s.l.m.;
- l'area non ricade nell'ambito delle perimetrazioni delle aree a rischio idrogeologico, cartografate dal PAI (del. n.116 del C.R. del 21/01/2004);
- l'assetto litostratigrafico è caratterizzato dall'unità della copertura di origine alluvionale e dall'unità del substrato;
- l'unità della copertura comprende il terreno eterogeneo e il deposito alluvionale, costituito da limi argillosi talora con sottili passaggi sabbiosi tendenti a sabbiosi in profondità, compatti e di consistenza variabile, con intercalate ghiaie, immerse in abbondante matrice, caratterizzate da un medio grado di addensamento;
- l'unità del substrato è formata da argille marnose, molto compatte e consistenti, sovra consolidate e caratterizzata dalla tipica struttura concoide;

- nel corso delle perforazioni si sono rilevate infiltrazioni idriche tra -14 e -14,50 m;
- il sito ricade nell'ambito della categoria del sottosuolo "C" (Tabella 3.2.II NTC);
- le condizioni topografiche sono riconducibili alla categoria "T1" (Tabella 3.2.IV NTC);
- le verifiche alla liquefazione hanno dato risultati positivi, con l'indice di liquefacibilità del deposito nullo e rischio di liquefazione molto basso.

Il raffronto dei dati emersi dall'indagine geomorfologica, litologica e geotecnica, nonché le valutazioni sulle principali caratteristiche litologiche e fisico-meccaniche dei litotipi, permette di concludere che non sussistono elementi di vulnerabilità dell'area d'indagine, relativamente a fenomeni di rischio idrogeologico e condizioni geomeccaniche del sito.

8.1 VALUTAZIONI E INDICAZIONI PROGETTUALI: CRITERI D'INTERVENTO

La situazione geolitologica generale, variazioni di spessore della coltre, la sua composizione e caratteristiche geomeccaniche oltre alle diverse profondità del substrato, raffrontate con le modalità progettuali di realizzazione dei nuovi fabbricati, permettono di orientare la struttura di fondazione verso fondazioni profonde pali trivellati, armati e gettati in opera.

I pali si approfondiranno nel substrato argillo-marnoso che ha le caratteristiche geotecniche di strato portante e saranno adeguatamente

dimensionati in modo da rispondere alle verifiche di legge e debitamente collegati in testa.

8.2 COEFFICIENTE DI REAZIONE VERTICALE

Il coefficiente di reazione verticale è definito come la relazione esistente fra la pressione di contatto in ogni punto della fondazione e la deformazione del terreno sottostante.

Il valore del coefficiente riguardante le interazioni terreno-fondazione, per una piastra quadrata di 1 metro di lato in superficie, è valutato sulla base di valori tabellari (*Tab.2.IV – Ingegneria delle Fondazioni*), che considerano la resistenza a compressione semplice per i litotipi coesivi e la densità relativa per i litotipi incoerenti.

Il coefficiente K_v attribuibile al litotipo limoso-argilloso variamente sabbioso della coltre è pari a un valore medio di $2,18 \text{ Kg/cm}^3$.

8.3 COEFFICIENTE DI REAZIONE ORIZZONTALE

Il coefficiente di reazione orizzontale K_h per i litotipi della copertura, limo argilloso, limo argilloso con passaggi sabbiosi, limo sabbioso e ghiaia in matrice, è considerato linearmente crescente con la profondità secondo l'espressione di *Reese e Matlock (1956)*,

$$K_h = n h \times z/D$$

$nh = 0,35 \text{ Kg/cm}^3$ per i litotipi coesivi e prevalentemente coesivi (limo argilloso, limo argilloso con passaggi sabbiosi e limo sabbioso) (fonte: *Reese e Matlock, 1956*)

$nh = 1,79 \text{ Kg/cm}^3$ per il litotipo prevalentemente ghiaioso (fonte: *Reese e Matlock, 1956*)

D = diametro del palo

z = profondità

Il coefficiente di reazione orizzontale, per i terreni sovraconsolidati quali le argille marnose del substrato, è considerato costante per tutto lo spessore dello strato e valutato applicando la sottoindicata formula di *Skempton (1951)*:

$$Kh = Cf \times Cu / D$$

Cf = coefficiente assunto pari a 67 (Davisson, 1970)

Cu = coesione non drenata

D = diametro del palo

Le valutazioni di tipo geologico-applicativo sin qui esposte dovranno essere verificate dal Progettista, cui spetta la scelta definitiva sulla tipologia e dimensionamento della fondazione più idonea, compatibilmente con le verifiche previste dalla normativa vigente.

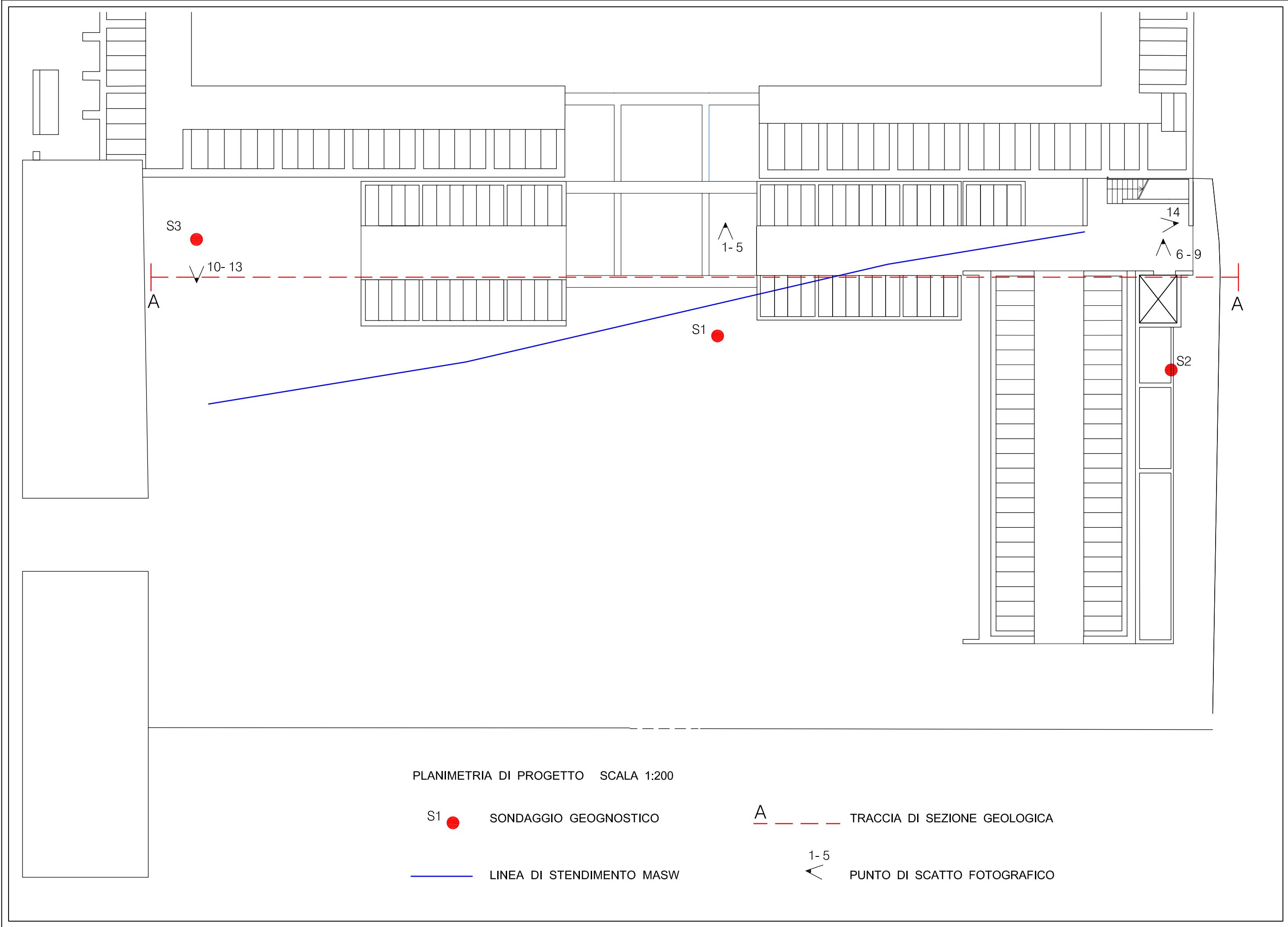
9. BIBLIOGRAFIA

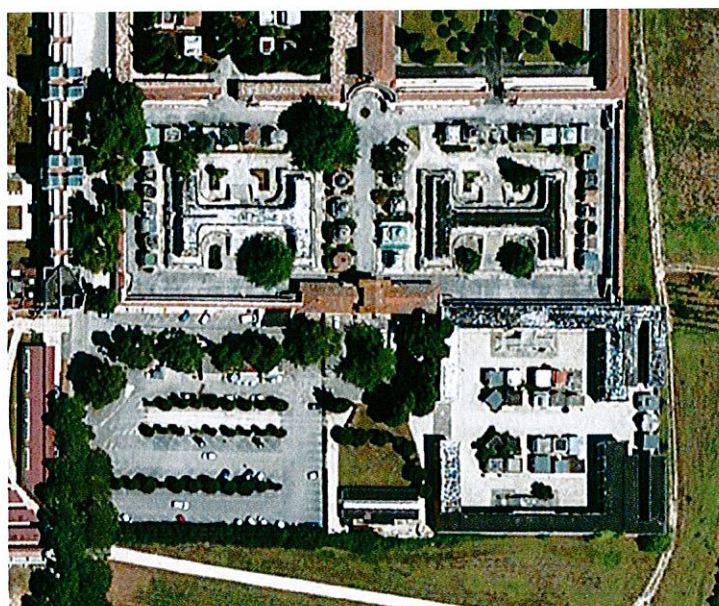
Carta Geologica d'Italia Foglio 117 - Jesi

M. Coltorti e T. Nanni (1987) - La bassa valle del Fiume Esino: Geomorfologia, Idrogeologia e Neotettonica

AA.VV. Regione Marche - Ambiente Fisico delle Marche

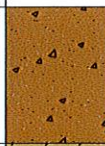


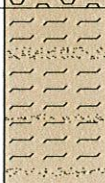






F. Guerrera, M. Tramontana (a cura di) (2011). Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, foglio 292 Jesi, ISPRA, Regione Marche
ISPRA – Progetto CARG, Foglio 292 Jesi, Carta Geologica Regionale Edizione CTR, Sezione 292070 Jesi e Sezione 292080 S. Maria del Piano;
Carta Geomorfologica Regionale Edizione CTR, Sezione 292070 Jesi e Sezione 292080 S. Maria del Piano.







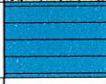


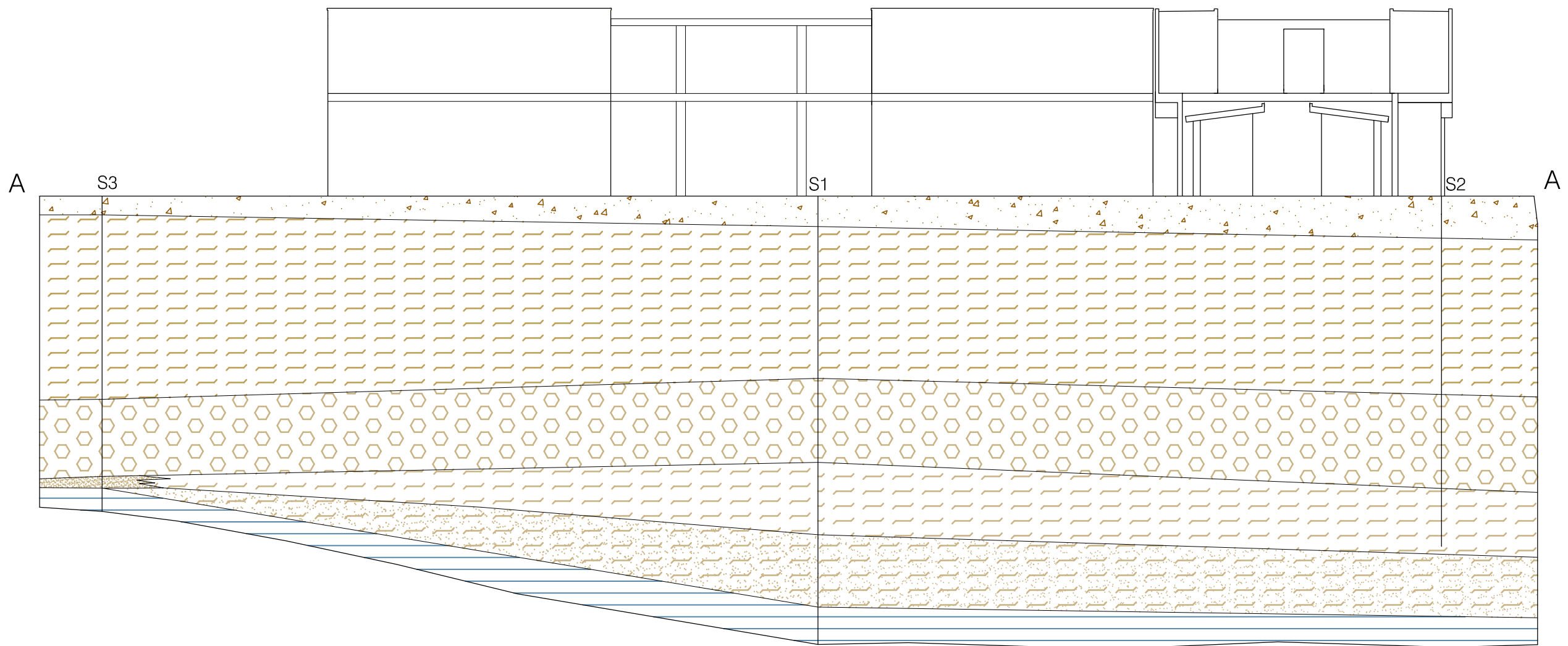
LOGS LITOSTRATIGRAFICI SCALA 1:100

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Dott. Gigliola Alessandrini Via Piave, 70 - Senigallia (AN)				Località: CIMITERO DI JESI, VIA S. LUCIA						
				Sondaggio N°: S1			Scala 1:100			
Committente: COMUNE DI JESI				Data 12/02/2015		Ø sonda (mm): 101				
Pot. m	Prof. m	Litologia A.G.I.	Descrizione della litologia	Livello falda	SPT 15 30 45			T.V. kg/cm ²	P.P. kg/cm ²	Campione
1.30	1.30 									

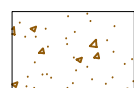
STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Dott. Gigliola Alessandrini Via Piave, 70 - Senigallia (AN)				Località: CIMITERO DI JESI, VIA S. LUCIA						
				Sondaggio N°: S2				Scala 1:100		
Committente: COMUNE DI JESI					Data 13/02/2015			Ø sonda (mm): 101		
Pot. m	Prof. m	Litologia A.G.I.	Descrizione della litologia	Livello falda	SPT 15 30 45			T.V. kg/cm ²	P.P. kg/cm ²	Campione
1.80	1.80		Terreno eterogeneo: ghiaia a granulometria medio-fine per 25 cm passante a limo argilloso con inclusi piccoli ciottoli ghiaiosi, colore marrone							S2 Sh1 -6.00/6.50
6.70			Limo argilloso con incluse tracce organiche scure e noduli globulari carbonatici biancastri da -4,90 m, colore marrone nelle varie sfumature; da -6,10 a -6,80 m si osserva un orizzonte limoso di colore beige							
4.00		Ghiaia eterometrica prevalentemente calcarea, con clasti di forma discoidale e lamellare, a spigoli tendenzialmente subarrotondati, in abbondante matrice limosa e sabbiosa di colore variabile da nocciola a beige; si osserva un orizzonte sabbioso-limoso da -9,00 a -9,20 m di colore nocciola								
2.50		Limo argilloso con sottili passaggi sabbiosi e sabbioso-limosi, colore nocciola con sfumature rossicce da -14,30 m e inclusi piccoli ciottoli ghiaiosi								
										
										
										
										
										
										

NOTE: Infiltrazione a -14.00 m da p.c.

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA Dott. Gigliola Alessandrini Via Piave, 70 - Senigallia (AN)				Località: CIMITERO DI JESI, VIA S. LUCIA								
				Sondaggio N°: S3				Scala 1:100				
Committente: COMUNE DI JESI					Data 16/02/2015			Ø sonda (mm): 101				
Pot. m	Prof. m	Litologia A.G.I.	Descrizione della litologia	Livello falda	SPT 15 30 45			T.V. kg/cm ²	P.P. kg/cm ²	Campione		
0.80	0.80		Terreno eterogeneo: ghiaia a granulometria medio-fine per 10 cm passante a limo argilloso, colore marrone									
7.90			Limo argilloso con incluse tracce organiche scure e noduli globulari carbonatici biancastri da -2,80 m, colore marrone nelle varie sfumature; si osserva una discreta percentuale di sabbia da -4,60 a -5,00, un orizzonte limoso di colore beige da -6,60 a -7,00 m e un orizzonte di ghiaia immersa in abbondante matrice limosa da -8,20 a -8,40 m								1.6	3.9
											1.5	3.8
											1.9	4.8
											2.2	5.4
											0.2	0.5
											2.2	5.4
8.70		Ghiaia eterometrica prevalentemente calcarea, con clasti di forma discoidale e lamellare, a spigoli tendenzialmente subarrotondati, in abbondante matrice limosa e sabbiosa di colore variabile da nocciola a beige; si osservano sporadici frammenti selciosi di colore generalmente rossastro	2.0								5.0	
			1.6								5.0	
3.30												
12.00												
0.50	12.50		Sabbia di colore nocciola									
2.50	13.50		Argilla mamosa di colore grigio-azzurro con sottili livelletti sabbiosi nei giunti di strato					F.S.	F.S.			



SEZIONE GEOLOGICA SCALA 1:200



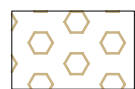
Terreno eterogeneo



Sabbia



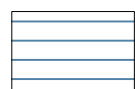
Limo argilloso a luoghi con sottili passaggi sabbiosi



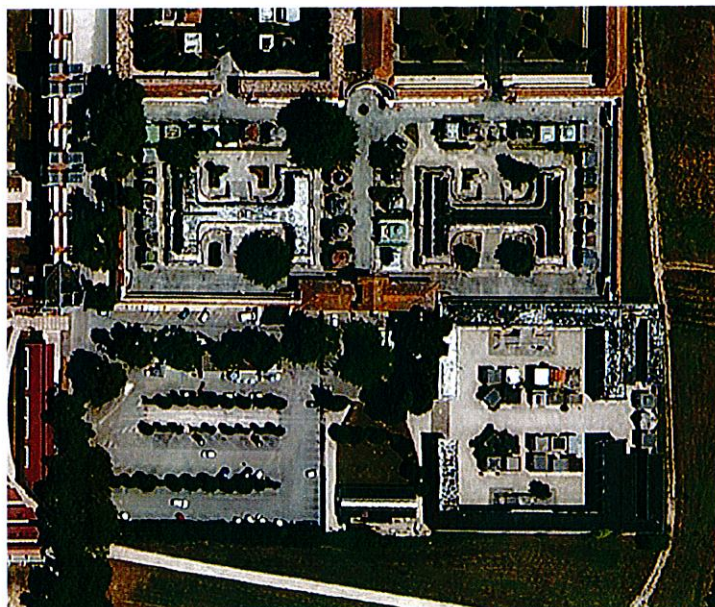
Ghiaia in abbondante matrice limosa e sabbiosa



Limo sabbioso



Formazione argillo-marnosa



CERTIFICATI PROVE DI LABORATORIO



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it

P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387



® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

SCHEDA GENERALE DEL CAMPIONE

COMMITTENTE: **GE.CO. S.n.c. - Via Selva, 132 - 60037 - Monte S. Vito (AN)**

CANTIERE: **Jesi (AN)**

CAMPIONE: **S1 Sh1 m 3.20 - 3.60**

COMMESSA: 14081/15

VERBALE ACC.: 060/15

DATA CONSEGNA: 19/02/2015

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

alto 3.20	P.P. kPa	T.V. kPa	LUNGHEZZA (cm): 40 GRADO DI QUALITA': AGI Q5
	480	200	DESCRIZIONE: Argilla con limo marrone grigiastro con concrezioni calcaree
			W naturale (%) 20.0
			γ naturale(Mg/m ³) 1.99
			γ secco (Mg/m ³) 1.66
			γ immerso (Mg/m ³) 1.04
	370	150	porosità (%) 39
			indice dei vuoti 0.63
			grado di saturazione (%) 86
			massa specifica (Mg/m ³) (Stimata) 2.700
			PROVE ESEGUITE
3.60 basso			Umidità Naturale SI Trassiale UU -
			Limiti Atterberg SI Trassiale CIU -
			Gran. Setacciatura SI Edometria -
			Gran. Sedimentazione SI Taglio Diretto SI
			Peso di Volume SI Espansione L.L. SI
			Peso Specifico - Trassiale Cicl. + C.M. -
			Analisi Chimica - Colonna Risonante - Taglio Torsionale Cicl. -
NOTE: -			

Io Sperimentatore:
dott.geol. Luciano Rossi

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it

® P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



UMIDITA' DI UNA TERRA

UNI CEN ISO/TS 17892-1

COMMITTENTE: **GE.CO. S.n.c. - Via Selva, 132 - 60037 - Monte S. Vito (AN)**

CANTIERE: **Jesi (AN)**

CAMPIONE: **S1 Sh1 m 3.20 - 3.60**

COMMESSA: **14081/15**

DURATA PROVE:

19/02 - 24/02/15

VERBALE ACC.: **060/15**

DATA CONSEGNA:

19/02/2015

GEO - CERT. n°: **G1501448**

rev.00 del:

27/02/15

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Argilla con limo marrone grigiastro con concrezioni calcaree

cod.bilancia 480

DETERMINAZIONE

1

2

TARA (g)

2.45

358.44

TERRA UMIDA (g)

88.82

838.28

TERRA ESSICATA* (g)

74.46

757.81

UMDITA' DETERMINATA (%)

19.9

20.1

UMIDITA' CALCOLATA (%)

=

20.0

* materiale essiccato in stufa a 105 - 110 °C, fino a massa costante.

Io Sperimentatore:

dott.geol. Luciano Rossi

Il Direttore del Laboratorio terre:

dott. geol. Massimo Romagnoli



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it

® P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



MASSA VOLUMICA APPARENTE

UNI CEN ISO/TS 17892-2

COMMITTENTE: **GE.CO. S.n.c. - Via Selva, 132 - 60037 - Monte S. Vito (AN)**

CANTIERE: **Jesi (AN)**

CAMPIONE: **S1 Sh1 m 3.20 - 3.60**

COMMESSA: 14081/15

DURATA PROVE:

19/02 - 24/02/15

VERBALE ACC.: 060/15

DATA CONSEGNA:

19/02/2015

GEO - CERT. n°: G1501449

rev.00 del:

27/02/15

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Argilla con limo marrone grigiastro con concrezioni calcaree

cod.bilancia 480

DETERMINAZIONE	1	2
TARA (g)	185.64	140.05
ALTEZZA (cm)	10.00	2.31
DIAMETRO (cm)	5.00	6.01
MASSA LORDA (g)	576.98	305.21
MASSA VOLUMICA (Mg/m ³)	1.99	1.98
MEDIA (Mg/m³)	=	1.99

Io Sperimentatore:

dott.geol. Luciano Rossi

Il Direttore del Laboratorio terre:

dott. geol. Massimo Romagnoli



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it

® P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



LIMITI DI ATTERBERG (norma UNI CEN ISO/TS 17892-12)

COMMITTENTE: **GE.CO. S.n.c. - Via Selva, 132 - 60037 - Monte S. Vito (AN)**

CANTIERE: **Jesi (AN)**

CAMPIONE: **S1 Sh1** m 3.20 - 3.60

COMMESSA: 14081/15 DURATA PROVE: 19/02 - 24/02/15

VERBALE ACC.: 060/15 DATA CONSEGNA: 19/02/2015

GEO - CERT. n°: G1501450 rev.00 del: 27/02/15

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

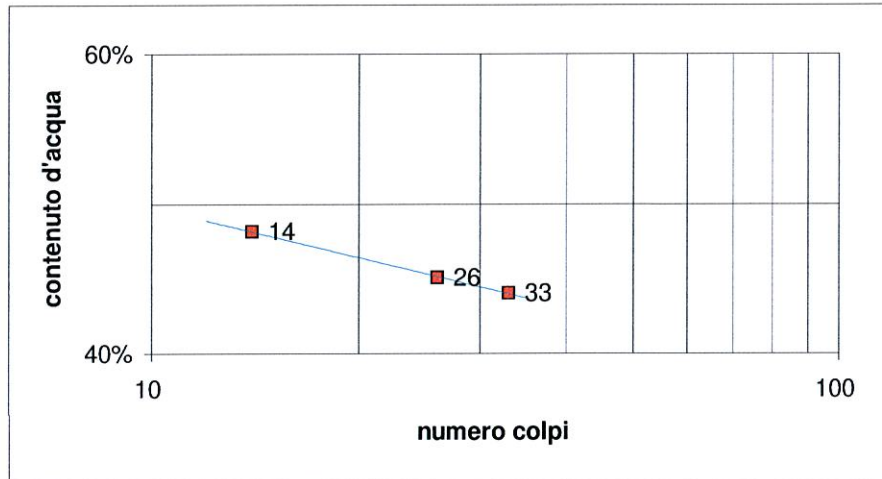
ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Argilla con limo marrone grigiastro con concrezioni calcaree

codice cucchiaino: 344; codice bilancia: 480.

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		UMIDITA'
	1	2	3	1	2	
impasto						
N° colpi	14	26	33			
massa umida+ tara (g)	22.59	27.20	18.47	13.86	14.42	88.82
massa secca+ tara (g)	16.05	19.55	13.55	12.11	12.51	74.46
acqua contenuta (g)	6.54	7.65	4.92	1.75	1.91	14.36
tara (g)	2.47	2.57	2.38	2.48	2.15	2.45
peso secco (g)	13.58	16.98	11.17	9.63	10.36	72.01
contenuto d'acqua	48.2%	45.1%	44.0%	18.2%	18.4%	19.9%

Umidità Naturale	Wn =	20%
Limite Liquido	LL =	45%
Limite Plastico	LP =	18%
Indice Plastico	IP =	27%



Io Sperimentatore:
dott.geol. Luciano Rossi

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli



elletipi s.r.l.

Sede legale ed operativa: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it

P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Ⓜ Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



ANALISI GRANULOMETRICA

(per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422

COMMITTENTE: **GE.CO. S.n.c. - Via Selva, 132 - 60037 - Monte S. Vito (AN)**

CANTIERE: **Jesi (AN)**

CAMPIONE: **S1 SH1 m 3.20 - 3.60**

COMMESSA: 14081/15 DURATA PROVE: 19/02 - 24/02/15

VERBALE ACC.: 060/15 DATA CONSEGNA: 19/02/2015

GEO - CERT. n°: G1501451 rev.00 del: 27/02/15

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Argilla con limo marrone grigiastro con concrezioni calcaree

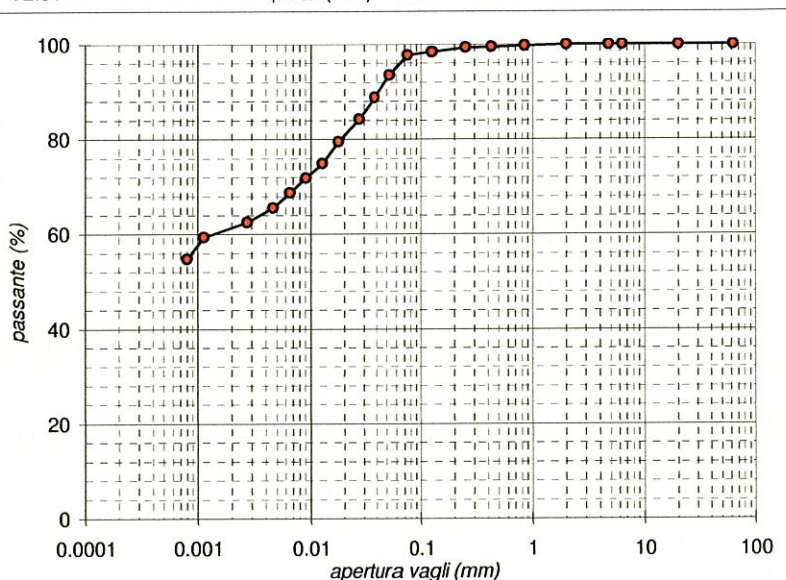
codici		vaglio (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
571	setaccio	63	0.00	0.00	0.00	100.00
572	setaccio	20	0.00	0.00	0.00	100.00
573	setaccio	6.3	0.00	0.00	0.00	100.00
290	setaccio	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
291	setaccio	2.0	0.00	0.00	0.00	100.00
292	setaccio	0.850	0.15	0.21	0.21	99.79
293	setaccio	0.425	0.21	0.29	0.50	99.50
282	setaccio	0.250	0.16	0.22	0.72	99.28
283	setaccio	0.125	0.58	0.81	1.53	98.47
286	setaccio	0.075	0.52	0.72	2.25	97.75
-	calcolato	0.0525	3.06	4.25	6.50	93.50
-	calcolato	0.0379	3.35	4.65	11.14	88.86
-	calcolato	0.0274	3.35	4.65	15.79	84.21
-	calcolato	0.0177	3.35	4.65	20.44	79.56
-	calcolato	0.0127	3.35	4.65	25.09	74.91
-	calcolato	0.0091	2.23	3.10	28.18	71.82
-	calcolato	0.0065	2.23	3.10	31.28	68.72
-	calcolato	0.0047	2.23	3.10	34.38	65.62
-	calcolato	0.0027	2.23	3.10	37.48	62.52
-	calcolato	0.0011	2.23	3.10	40.58	59.42
-	calcolato	0.0008	3.35	4.65	45.22	54.78
-	fondo		39.44	54.78	100.00	0.00
TOTALE			72.01		ϕ max (mm) = 1.0	

Passante effettivo setaccio 0.075 (g) in areometro		50.01
t° C	Tempo (s)	Letture
21	30	33.5
21	60	32.0
21	120	30.5
21	300	29.0
21	600	27.5
21	1200	26.5
21	2400	25.5
21	4800	24.5
21	14400	23.5
21	86400	22.5
21	172800	21.0
Rapporti granulometrici		
	USCS	UNI
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	0.0%	0.0%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,063 mm
	2.2%	4.3%
LIMO	> 2 μ	> 2 μ
	36.3%	34.2%
ARGILLA	< 2 μ	< 2 μ
	61.4%	61.4%

Soluzione disperdente preparata al momento

Io Sperimentatore:
dott.geol. Luciano Rossi

Il Direttore del Laboratorio:
dott. geol. Massimo Romagnoli



PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma ASTM D 3080)

COMMITTENTE:	GE.CO. S.n.c. - Via Selva, 132 - 60037 - Monte S. Vito (AN)		
CANTIERE:	Jesi (AN)		
CAMPIONE:	S1 Sh1 m 3.20 - 3.60		
COMMESSA:	14081/15	DURATA PROVE:	19/02 - 24/02/15
VERBALE ACC.:	060/15	DATA CONSEGNA:	19/02/15
GEO - CERT. n°:	G1501452	rev.00 del:	27/02/15

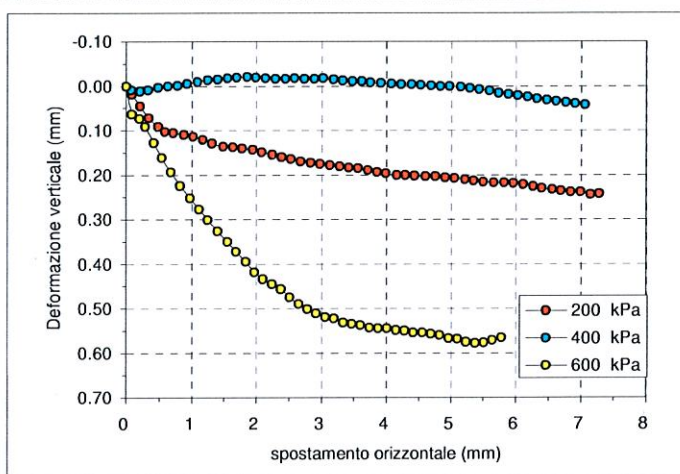
Il campione è stato conservato in vasca umidostatica

CODICI STRUMENTAZIONE: calibro 12; bilancia 480; trasduttori LVDT 540, 540, 543, 544; SG 539, 542.

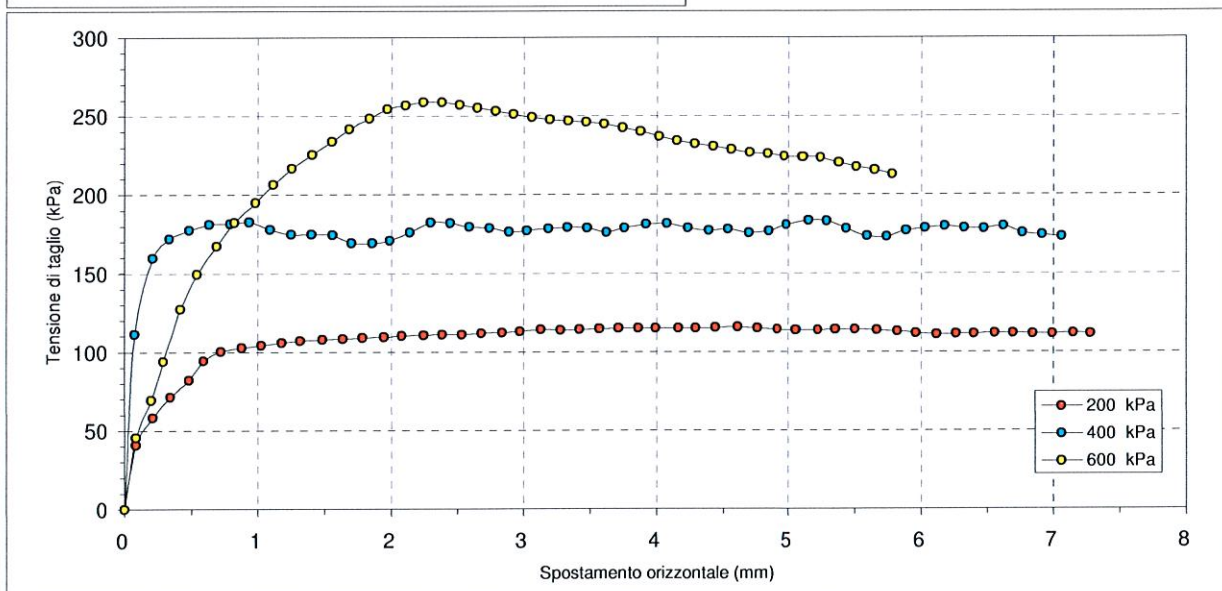
Macchina:	CONTROLS T206 Electronic/T207 Digital
Prova:	CONSOLIDATA DRENATA
Dimensioni provino:	$\phi \times h = 60 \times 30$ mm
Velocità prova:	0,004 mm/min

NATURA DEL CAMPIONE:

Argilla con limo marrone grigiastro con concrezioni calcaree

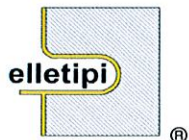


	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
σ_v (kPa)	200	400	600
W ini (%)	19.9	19.9	19.9
γ ini (Mg/m ³)	1.97	1.98	2.02
γ_d ini (Mg/m ³)	1.64	1.65	1.69
S ini (%)	84	85	89
W fin (%)	24.9	22.6	16.6
γ fin (Mg/m ³)	2.02	2.05	2.17
γ_d fin (Mg/m ³)	1.61	1.68	1.87
S fin (%)	100	100	100
G (Mg/m ³)	2.700 (stimata)		
H fine cons (mm)	22.777	22.308	22.011



Il Direttore del Laboratorio terre:
dott.geol. Massimo Romagnoli

Io Sperimentatore:
dott.geol. Luciano Rossi



elletipi s.r.l.

Sede legale ed operativa: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma ASTM D 3080)

COMMITTENTE:	GE.CO. S.n.c. - Via Selva, 132 - 60037 - Monte S. Vito (AN)		
CANTIERE:	Jesi (AN)		
CAMPIONE:	S1 Sh1 m 3.20 - 3.60		
COMMESSA:	14081/15	DURATA PROVE:	19/02 - 24/02/15
VERBALE ACC.:	060/15	DATA CONSEGNA:	19/02/15
GEO - CERT. n°:	G1501452	rev.00 del:	27/02/15

PROVINO 1 200 kPa			PROVINO 2 400 kPa			PROVINO 3 600 kPa		
Def.or. (mm)	Tensione (kPa)	Def.ver. (mm)	Def.or. (mm)	Tensione (kPa)	Def.ver. (mm)	Def.or. (mm)	Tensione (kPa)	Def.ver. (mm)
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.081	40.644	0.019	0.073	111.265	0.009	0.081	45.578	0.064
0.207	58.391	0.046	0.208	159.618	0.012	0.199	69.280	0.073
0.342	71.296	0.072	0.332	172.176	0.009	0.288	94.008	0.092
0.480	82.195	0.091	0.482	177.501	0.003	0.415	127.378	0.128
0.592	94.387	0.103	0.635	180.917	0.000	0.542	149.410	0.162
0.723	100.174	0.106	0.790	181.687	-0.001	0.687	167.164	0.194
0.877	102.778	0.110	0.932	182.733	-0.005	0.821	182.134	0.224
1.027	104.302	0.114	1.093	177.747	-0.009	0.979	194.965	0.252
1.177	105.787	0.121	1.250	174.731	-0.013	1.115	206.416	0.278
1.320	107.079	0.130	1.402	174.608	-0.015	1.254	216.641	0.301
1.486	107.600	0.136	1.557	174.177	-0.017	1.405	225.618	0.326
1.637	108.256	0.138	1.700	169.406	-0.019	1.556	233.771	0.351
1.785	108.951	0.141	1.857	169.191	-0.020	1.685	241.925	0.373
1.945	109.259	0.144	1.988	170.945	-0.019	1.836	248.296	0.395
2.082	110.089	0.149	2.141	175.869	-0.018	1.972	254.288	0.419
2.247	110.745	0.154	2.297	182.271	-0.016	2.108	256.850	0.434
2.384	111.053	0.160	2.445	181.933	-0.016	2.244	258.855	0.446
2.533	111.034	0.164	2.590	179.501	-0.017	2.380	258.855	0.456
2.680	111.671	0.170	2.743	178.701	-0.016	2.516	257.073	0.475
2.837	112.346	0.173	2.888	176.485	-0.016	2.652	255.068	0.490
2.973	113.137	0.176	3.026	176.978	-0.017	2.788	253.212	0.502
3.130	113.966	0.179	3.188	178.209	-0.014	2.924	251.318	0.511
3.279	113.889	0.181	3.328	179.070	-0.012	3.060	249.425	0.520
3.422	114.101	0.184	3.476	178.640	-0.010	3.196	247.531	0.523
3.568	114.660	0.186	3.622	175.931	-0.010	3.332	246.826	0.532
3.715	114.969	0.190	3.755	178.670	-0.007	3.468	246.157	0.535
3.860	115.046	0.194	3.917	181.071	-0.006	3.604	244.821	0.538
3.991	115.066	0.196	4.075	181.440	-0.005	3.740	242.370	0.544
4.161	114.776	0.200	4.230	178.670	-0.004	3.876	240.143	0.545
4.293	115.104	0.201	4.387	177.101	-0.003	4.012	236.801	0.545
4.437	115.336	0.202	4.533	177.778	-0.002	4.148	234.276	0.549
4.606	115.721	0.203	4.691	175.654	-0.001	4.284	232.383	0.551
4.754	114.776	0.204	4.836	176.947	0.000	4.420	230.489	0.554
4.908	114.333	0.206	4.981	180.794	0.001	4.556	228.596	0.554
5.053	113.619	0.208	5.143	183.410	0.002	4.692	226.702	0.558
5.214	113.542	0.211	5.286	182.918	0.005	4.828	225.885	0.560
5.350	113.947	0.213	5.431	178.270	0.008	4.964	224.326	0.567
5.499	114.082	0.216	5.590	173.623	0.010	5.100	223.881	0.569
5.663	113.927	0.217	5.738	173.284	0.016	5.236	223.435	0.576
5.823	112.828	0.218	5.885	177.316	0.019	5.372	220.539	0.578
5.962	111.651	0.219	6.032	178.824	0.022	5.508	217.643	0.577
6.118	111.130	0.222	6.179	179.748	0.025	5.644	215.415	0.572
6.266	111.343	0.226	6.326	178.824	0.028	5.780	212.965	0.566
6.400	111.439	0.230	6.473	178.516	0.031			
6.555	111.613	0.233	6.620	179.748	0.034			
6.694	111.786	0.235	6.767	175.746	0.037			
6.846	111.323	0.238	6.914	174.515	0.040			
6.994	111.497	0.239	7.061	173.284	0.043			
7.149	111.671	0.244						
7.277	111.246	0.243						

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott.geol. Massimo Romagnoli

lo Sperimentatore:
dott.geol. Luciano Rossi

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma ASTM D 3080)

COMMITTENTE:	GE.CO. S.n.c. - Via Selva, 132 - 60037 - Monte S. Vito (AN)		
CANTIERE:	Jesi (AN)		
CAMPIONE:	S1 Sh1 m 3.20 - 3.60		
COMMESSA:	14081/15	DURATA PROVE:	19/02 - 24/02/15
VERBALE ACC.:	060/15	DATA CONSEGNA:	19/02/15
GEO - CERT. n°:	G1501452	rev.00 del:	27/02/15

Consolidazione Provino 1

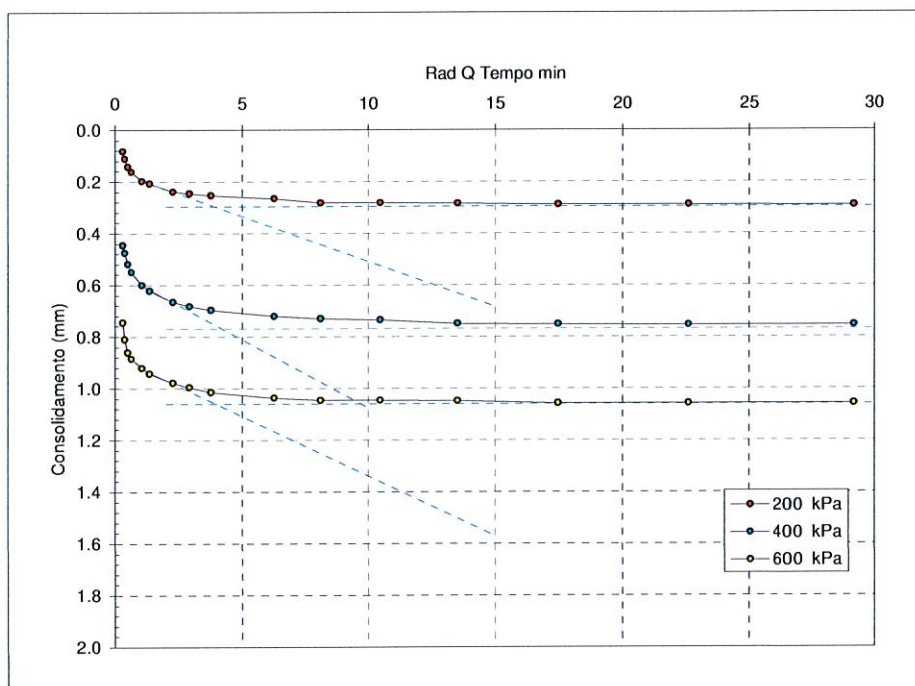
200 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.083
0.14	0.110
0.23	0.142
0.39	0.162
1.08	0.197
1.81	0.207
5.05	0.239
8.44	0.246
14.09	0.254
39.29	0.265
65.61	0.281
109.58	0.282
182.98	0.285
305.58	0.290
510.33	0.290
852.27	0.293

Consolidazione Provino 2

400 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.447
0.14	0.475
0.23	0.518
0.39	0.550
1.08	0.600
1.81	0.621
5.05	0.665
8.44	0.682
14.09	0.697
39.29	0.720
65.61	0.731
109.58	0.735
182.98	0.748
305.58	0.751
510.33	0.754
852.27	0.754

Consolidazione Provino 3

600 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.745
0.14	0.810
0.23	0.859
0.39	0.885
1.08	0.921
1.81	0.942
5.05	0.979
8.44	0.996
14.09	1.014
39.29	1.036
65.61	1.045
109.58	1.046
182.98	1.048
305.58	1.059
510.33	1.059
852.27	1.059



t_{100} min
(Bishop ed Henkel)

Provino 1

14.9

Provino 2

17.7

Provino 3

15.7

Il Direttore del Laboratorio terre:
 dott.geol. Massimo Romagnoli

lo Sperimentatore:
 dott.geol. Luciano Rossi



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387



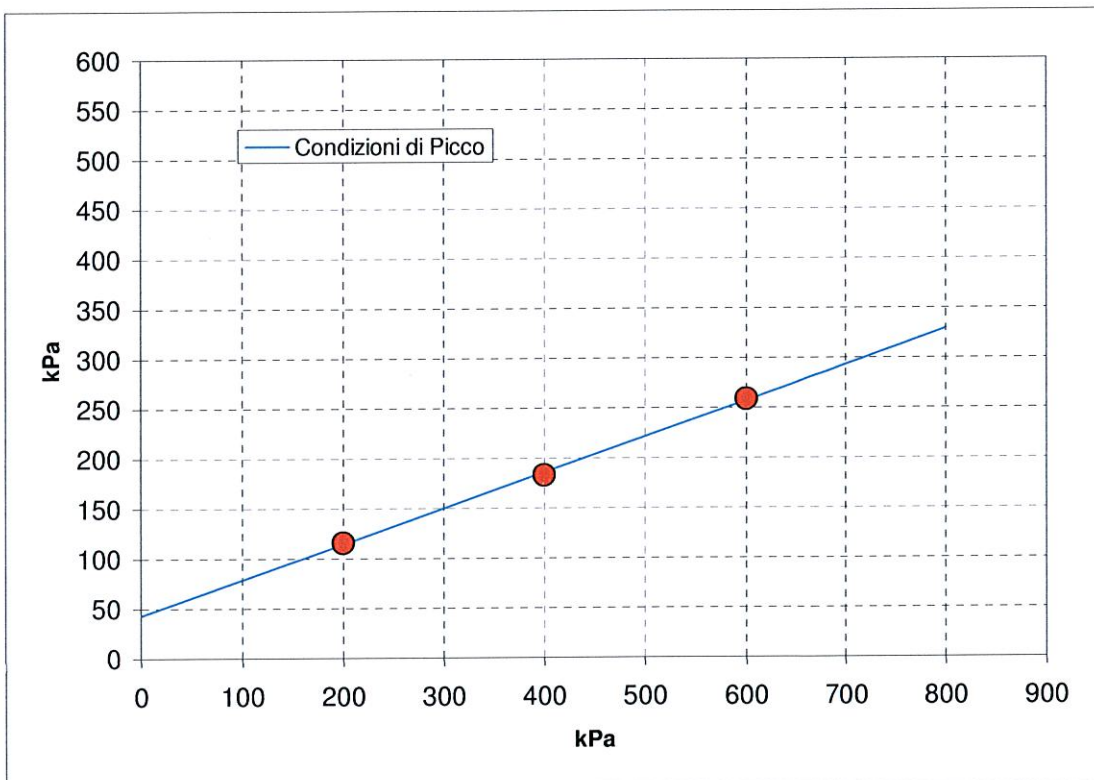
Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 9199 del 10/10/2011, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC e 7619/STC

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma ASTM D 3080)

COMMITTENTE:	GE.CO. S.n.c. - Via Selva, 132 - 60037 - Monte S. Vito (AN)		
CANTIERE:	Jesi (AN)		
CAMPIONE:	S1 Sh1 m 3.20 - 3.60		
COMMESSA:	14081/15	DURATA PROVE:	19/02 - 24/02/15
VERBALE ACC.:	060/15	DATA CONSEGNA:	19/02/15

Il presente elaborato non è parte del certificato di prova cui è allegato, è solo un'interpretazione soggettiva dei risultati di prova.

	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
Pressione verticale (kPa)	200	400	600
Tensione di taglio (kPa)	115.72	183.41	258.85
Condizioni di Picco	Coesione:	42.86 kPa	Angolo di attrito: 20°





elletipi s.r.l.

Sede legale, operativa, amm.va: via Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

P.IVA e Codice Fiscale n.00174600387

sito: www.elletipi.it - email: info@elletipi.it



Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA norma ASTM D 2166-91

COMMITTENTE: **GE.CO. S.n.c. - Via Selva, 132 - 60037 - Monte S. Vito (AN)**

CANTIERE: **Jesi (AN)**

CAMPIONE: **S1 Sh1 m 3.20 - 3.60**

COMMESSA: 14081/15 DURATA PROVE: 20/02/15

VERBALE ACC.: 060/15 DATA CONSEGNA: 19/02/15

GEO - CERT. n°: G1501453 rev.0 del: 27/02/15

Codici strumentazione: 775 - 419 - 536 - 929 - 952 - 708

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

NATURA DEL CAMPIONE:

Argilla con limo marrone grigiastro con concrezioni calcaree

Velocità della pressa:

1.00 mm/min

CARATTERISTICHE DEL PROVINO

Dimensioni provino : **h x ϕ = 100.00 x 50.00 mm**

Umidità naturale (%): **19.9**

Massa volumica apparente umida (Mg/m^3): **1.99**

Massa volumica apparente secca (Mg/m^3): **1.66**

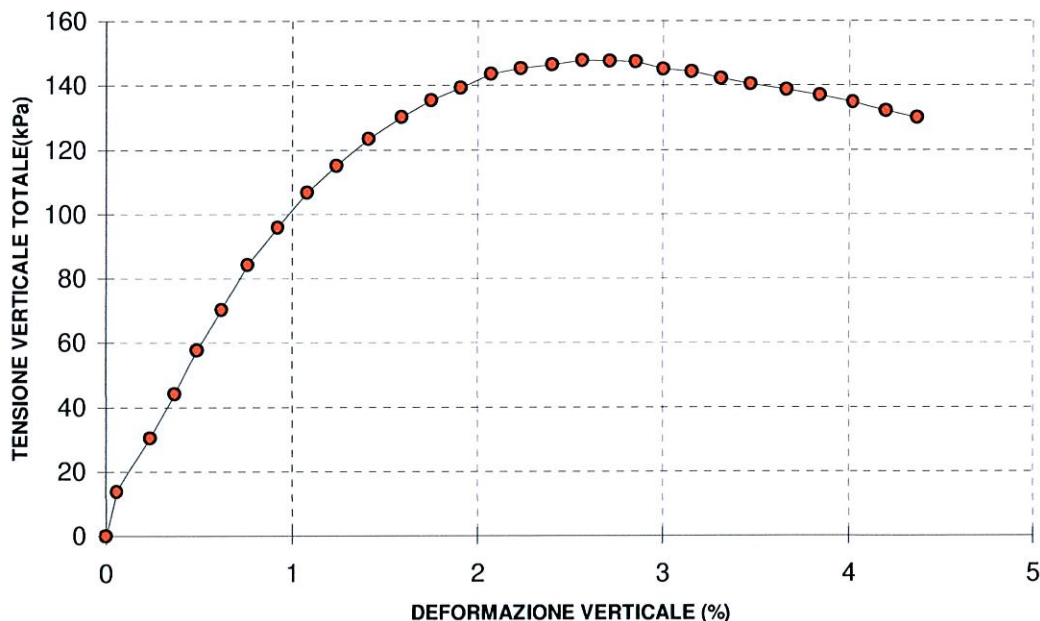
CONDIZIONI A ROTTURA*

Tensione verticale totale (kPa): **147.77**

* carico di rottura corrispondente allo sforzo massimo



def.vertic. (%)	tens.vertic. (kPa)
0.00	0.00
0.06	13.73
0.24	30.46
0.37	44.11
0.49	57.73
0.62	70.30
0.76	84.34
0.92	95.80
1.08	106.72
1.24	115.09
1.41	123.42
1.59	130.21
1.75	135.49
1.91	139.27
2.07	143.53
2.23	145.28
2.40	146.52
2.56	147.77
2.71	147.54
2.85	147.33
3.00	145.12
3.15	144.41
3.31	142.20
3.47	140.49
3.66	138.74
3.84	137.02
4.02	134.81
4.20	132.12
4.37	129.93



Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

Lo Sperimentatore:
dott. geol. Luciano Rossi



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it

P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387



® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC

SCHEDA GENERALE DEL CAMPIONE

COMMITTENTE: **GE.CO. S.n.c. - Via Selva, 132 - 60037 - Monte S. Vito (AN)**

CANTIERE: **Jesi (AN)**

CAMPIONE: **S1 Sh2 m 6.00 - 6.50**


COMMESSA: 14081/15

VERBALE ACC.: 060/15

DATA CONSEGNA: 19/02/2015

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

bilancia cod. 480 - stufa 567 - picnometro 545

alto 6.00	P.P. kPa	T.V. kPa	LUNGHEZZA (cm): 50 GRADO DI QUALITA': AGI Q5
	300	140	DESCRIZIONE: Argilla limosa da marroncino a marrone
			W naturale (%) 29.9
			γ naturale (Mg/m ³) 1.93
			γ secco (Mg/m ³) 1.49
			γ immerso (Mg/m ³) 0.94
			porosità (%) 45
			indice dei vuoti 0.81
			grado di saturazione (%) 99
			massa specifica (Mg/m ³) 2.700 (Stimata)
			PROVE ESEGUITE
6.50 basso	>600	>250	Umidità Naturale SI Trassiale UU -
			Limiti Atterberg SI Trassiale CIU -
			Gran. Setacciatura SI Edometria -
			Gran. Sedimentazione SI Taglio Diretto SI
			Peso di Volume SI Espansione L.L. SI
			Peso Specifico - Trassiale Cicl. + C.M. -
			Analisi Chimica - Colonna Risonante -
			Taglio Torsionale Cicl. -
			NOTE: -

Io Sperimentatore:
dott.geol. Luciano Rossi

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it

® P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



UMIDITA' DI UNA TERRA

UNI CEN ISO/TS 17892-1

COMMITTENTE: **GE.CO. S.n.c. - Via Selva, 132 - 60037 - Monte S. Vito (AN)**

CANTIERE: **Jesi (AN)**

CAMPIONE: **S1 Sh2 m 6.00 - 6.50**

COMMESSA: **14081/15**

DURATA PROVE:

19/02 - 24/02/15

VERBALE ACC.: **060/15**

DATA CONSEGNA:

19/02/2015

GEO - CERT. n°: **G1501454**

rev.00 del:

27/02/15

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Argilla limosa da marroncino a marrone

cod.bilancia 480

DETERMINAZIONE	1	2
TARA (g)	2.59	447.36
TERRA UMIDA (g)	123.22	879.05
TERRA ESSICATA* (g)	95.52	779.66
UMIDITA' DETERMINATA (%)	29.8	29.9
UMIDITA' CALCOLATA (%)	=	29.9

* materiale essiccato in stufa a 105 - 110 °C, fino a massa costante.

Io Sperimentatore:

dott.geol. Luciano Rossi

Il Direttore del Laboratorio terre:

dott. geol. Massimo Romagnoli



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it

® P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



MASSA VOLUMICA APPARENTE

UNI CEN ISO/TS 17892-2

COMMITTENTE: **GE.CO. S.n.c. - Via Selva, 132 - 60037 - Monte S. Vito (AN)**

CANTIERE: **Jesi (AN)**

CAMPIONE: **S1 Sh2 m 6.00 - 6.50**

COMMESSA: 14081/15

DURATA PROVE:

19/02 - 24/02/15

VERBALE ACC.: 060/15

DATA CONSEGNA:

19/02/2015

GEO - CERT. n°: G1501455

rev.00 del:

27/02/15

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Argilla limosa da marroncino a marrone

cod.bilancia 480

DETERMINAZIONE	1	2
TARA (g)	185.64	92.25
ALTEZZA (cm)	10.00	2.01
DIAMETRO (cm)	5.00	6.02
MASSA LORDA (g)	565.86	233.22
MASSA VOLUMICA (Mg/m ³)	1.94	1.93
MEDIA (Mg/m³)	=	1.93

Io Sperimentatore:

dott.geol. Luciano Rossi

Il Direttore del Laboratorio terre:

dott. geol. Massimo Romagnoli



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: elletipi@libero.it sito: www.elletipi.it

® P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



LIMITI DI ATTERBERG (norma UNI CEN ISO/TS 17892-12)

COMMITTENTE: **GE.CO. S.n.c. - Via Selva, 132 - 60037 - Monte S. Vito (AN)**

CANTIERE: **Jesi (AN)**

CAMPIONE: **S1 Sh2** m 6.00 - 6.50

COMMESSA: 14081/15 DURATA PROVE: 19/02 - 24/02/15

VERBALE ACC.: 060/15 DATA CONSEGNA: 19/02/2015

GEO - CERT. n°: G1501456 rev.00 del: 27/02/15

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

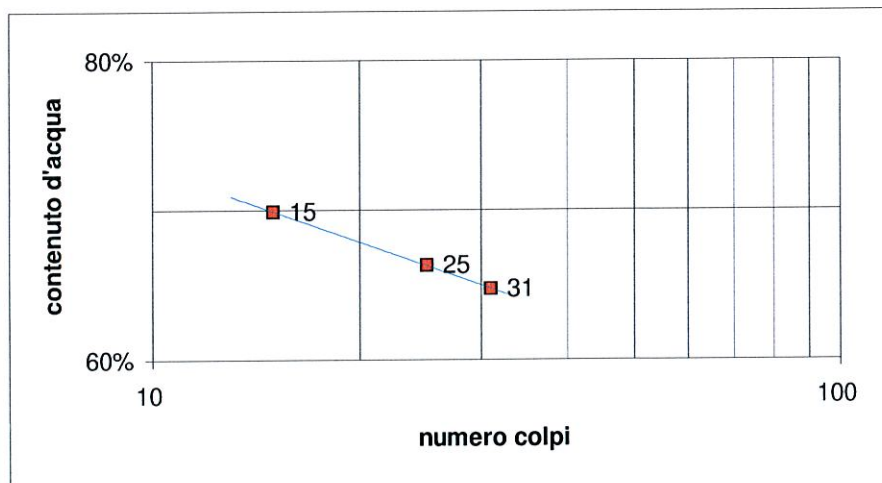
ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Argilla limosa da marroncino a marrone

codice cucchiaino: 344; codice bilancia: 480.

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		UMIDITA'
	1	2	3	1	2	
impasto						
N° colpi	15	25	31			
massa umida+ tara (g)	24.13	22.36	30.05	10.28	15.19	123.22
massa secca+ tara (g)	15.26	14.62	19.22	8.84	12.78	95.52
acqua contenuta (g)	8.87	7.74	10.83	1.44	2.41	27.70
tara (g)	2.57	2.95	2.49	2.61	2.20	2.59
peso secco (g)	12.69	11.67	16.73	6.23	10.58	92.93
contenuto d'acqua	69.9%	66.3%	64.7%	23.1%	22.8%	29.8%

Umidità Naturale	Wn =	30%
Limite Liquido	LL =	66%
Limite Plastico	LP =	23%
Indice Plastico	IP =	43%



Io Sperimentatore:
dott.geol. Luciano Rossi

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli



elletipi s.r.l.

Sede legale ed operativa: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it

P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

® Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



ANALISI GRANULOMETRICA

(per setacciatura e sedimentazione) norma A.S.T.M. D 422

COMMITTENTE: **GE.CO. S.n.c. - Via Selva, 132 - 60037 - Monte S. Vito (AN)**

CANTIERE: **Jesi (AN)**

CAMPIONE: **S1 Sh2 m 6.00 - 6.50**

COMMESSA: 14081/15 DURATA PROVE: 19/02 - 24/02/15

VERBALE ACC.: 060/15 DATA CONSEGNA: 19/02/2015

GEO - CERT. n°: G1501457 rev.00 del: 27/02/15

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica Codici strumentazione: bilancia 480, stufa 567, picnometro 151H, densimetro 348, mescolatore 432.

ASPETTO MACROSCOPICO DEL CAMPIONE:

Argilla limosa da marroncino a marrone

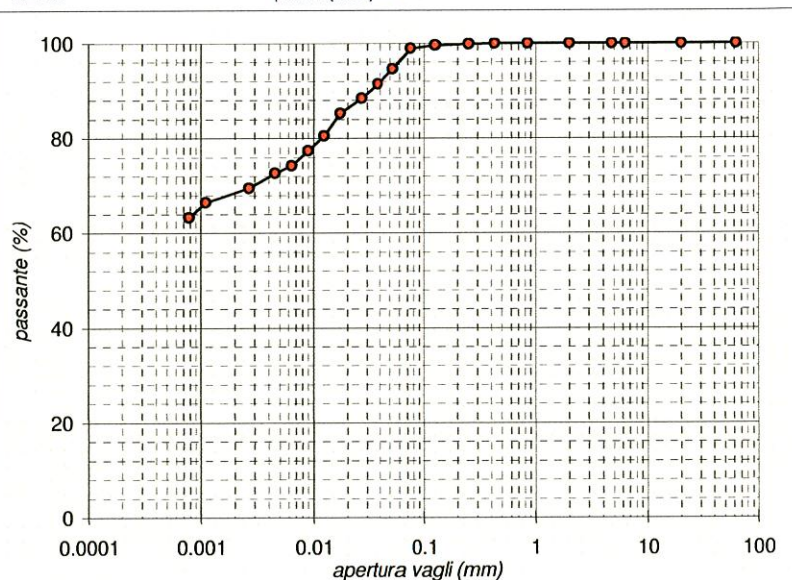
codici		vaglio (mm)	trattenuto (g)	trattenuto (%)	cum. tratt. (%)	passante (%)
571	setaccio	63	0.00	0.00	0.00	100.00
572	setaccio	20	0.00	0.00	0.00	100.00
573	setaccio	6.3	0.00	0.00	0.00	100.00
290	setaccio	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
291	setaccio	2.0	0.00	0.00	0.00	100.00
292	setaccio	0.850	0.00	0.00	0.00	100.00
293	setaccio	0.425	0.00	0.00	0.00	100.00
282	setaccio	0.250	0.08	0.09	0.09	99.91
283	setaccio	0.125	0.31	0.33	0.42	99.58
286	setaccio	0.075	0.60	0.65	1.07	98.93
-	calcolato	0.0525	3.98	4.28	5.34	94.66
-	calcolato	0.0377	2.91	3.14	8.48	91.52
-	calcolato	0.0270	2.91	3.14	11.62	88.38
-	calcolato	0.0173	2.91	3.14	14.75	85.25
-	calcolato	0.0125	4.37	4.70	19.46	80.54
-	calcolato	0.0089	2.91	3.14	22.59	77.41
-	calcolato	0.0064	2.91	3.14	25.73	74.27
-	calcolato	0.0046	1.46	1.57	27.30	72.70
-	calcolato	0.0027	2.91	3.14	30.44	69.56
-	calcolato	0.0011	2.91	3.14	33.57	66.43
-	calcolato	0.0008	2.91	3.14	36.71	63.29
-	fondo		58.82	63.29	100.00	0.00
TOTALE			92.93		ϕ max (mm) = 0.3	

Passante effettivo setaccio 0.075 (g) in areometro		50.00
1° C	Tempo (s)	Lettura
21	30	33.5
21	60	32.5
21	120	31.5
21	300	30.5
21	600	29.0
21	1200	28.0
21	2400	27.0
21	4800	26.5
21	14400	25.5
21	86400	24.5
21	172800	23.5
Rapporti granulometrici		
	USCS	UNI
GHIAIA	> 4,75 mm	> 2,00 mm
	0.0%	0.0%
SABBIA	> 0,075 mm	> 0,063 mm
	1.1%	3.2%
LIMO	> 2 μ	> 2 μ
	30.4%	28.3%
ARGILLA	< 2 μ	< 2 μ
	68.6%	68.6%

Soluzione disperdente preparata al momento

Io Sperimentatore:
dott.geol. Luciano Rossi

Il Direttore del Laboratorio:
dott. geol. Massimo Romagnoli



PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma ASTM D 3080)

COMMITTENTE:	GE.CO. S.n.c. - Via Selva, 132 - 60037 - Monte S. Vito (AN)		
CANTIERE:	Jesi (AN)		
CAMPIONE:	S1 Sh2 m 6.00 - 6.50		
COMMESSA:	14081/15	DURATA PROVE:	19/02 - 24/02/15
VERBALE ACC.:	060/15	DATA CONSEGNA:	19/02/15
GEO - CERT. n°:	G1501458	rev.00 del:	27/02/15

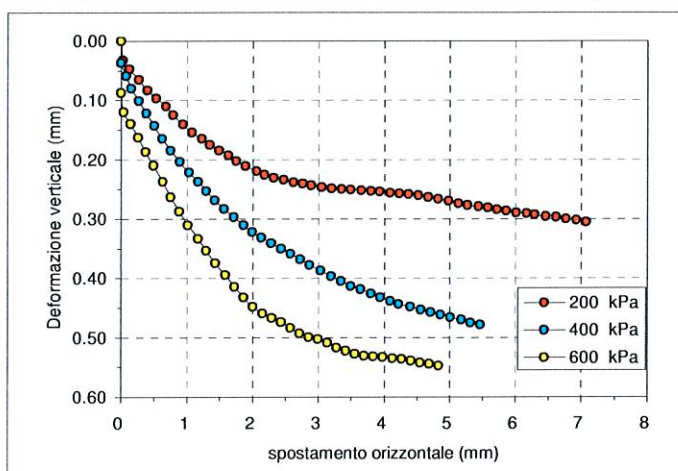
Il campione è stato conservato in vasca umidostatica

CODICI STRUMENTAZIONE: calibro 12; bilancia 480; trasduttori LVDT 540, 540, 543, 544; SG 539, 542.

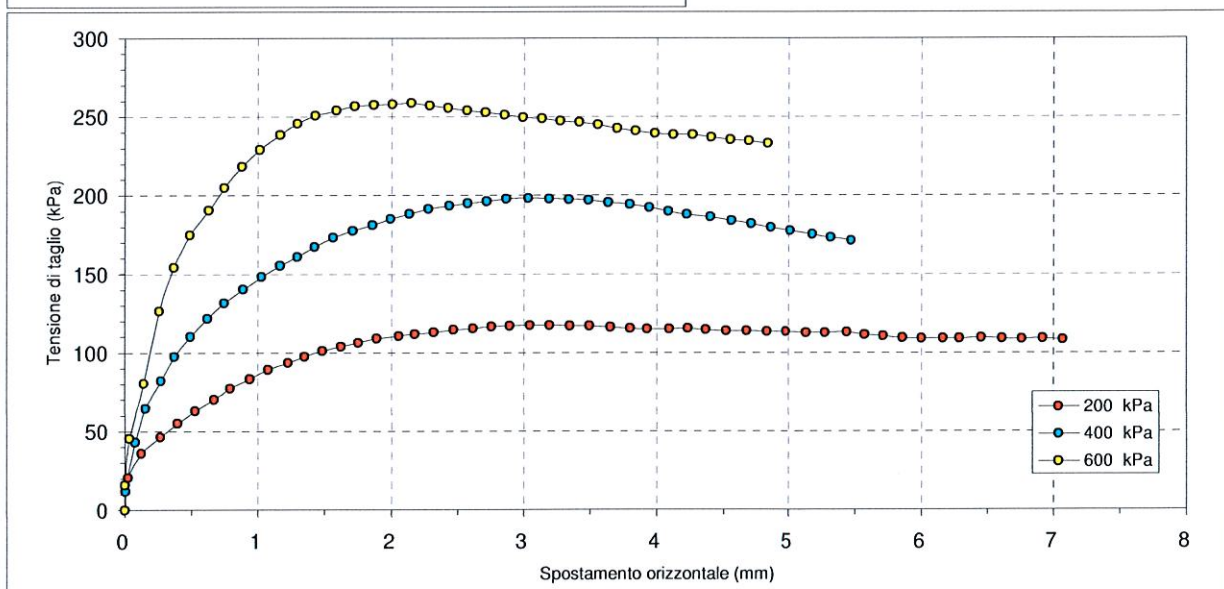
Macchina:	CONTROLS T206 Electronic/T207 Digital
Prova:	CONSOLIDATA DRENATA
Dimensioni provino:	$\phi \times h = 60 \times 30$ mm
Velocità prova:	0,004 mm/min

NATURA DEL CAMPIONE:

Argilla limosa da marroncino a marrone



	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
σ_v (kPa)	200	400	600
W ini (%)	29.8	29.8	29.8
γ ini (Mg/m ³)	1.94	1.92	1.93
γ_d ini (Mg/m ³)	1.49	1.48	1.49
S ini (%)	99	98	99
W fin (%)	26.3	21.2	17.0
γ fin (Mg/m ³)	2.00	2.08	2.16
γ_d fin (Mg/m ³)	1.58	1.72	1.85
S fin (%)	100	100	100
G (Mg/m ³)	2.700 (stimata)		
H fine cons (mm)	19.832	19.039	18.529



Il Direttore del Laboratorio terre:
dott.geol. Massimo Romagnoli

lo Sperimentatore:
dott.geol. Luciano Rossi

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma ASTM D 3080)

COMMITTENTE:	GE.CO. S.n.c. - Via Selva, 132 - 60037 - Monte S. Vito (AN)		
CANTIERE:	Jesi (AN)		
CAMPIONE:	S1 Sh2 m 6.00 - 6.50		
COMMESSA:	14081/15	DURATA PROVE:	19/02 - 24/02/15
VERBALE ACC.:	060/15	DATA CONSEGNA:	19/02/15
GEO - CERT. n°:	G1501458	rev.00 del:	27/02/15

PROVINO 1 200 kPa			PROVINO 2 400 kPa			PROVINO 3 600 kPa		
Def.or. (mm)	Tensione (kPa)	Def.ver. (mm)	Def.or. (mm)	Tensione (kPa)	Def.ver. (mm)	Def.or. (mm)	Tensione (kPa)	Def.ver. (mm)
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.025	20.774	0.032	0.003	11.833	0.037	-0.001	15.963	0.087
0.122	36.173	0.047	0.076	43.250	0.059	0.034	45.660	0.120
0.265	46.439	0.065	0.154	64.667	0.080	0.137	80.351	0.140
0.394	55.012	0.083	0.266	82.111	0.101	0.254	126.367	0.163
0.527	62.913	0.097	0.371	97.500	0.122	0.367	154.043	0.187
0.672	70.196	0.110	0.492	110.056	0.143	0.486	174.941	0.210
0.790	77.264	0.125	0.620	121.750	0.165	0.629	190.696	0.237
0.939	83.284	0.141	0.746	131.444	0.185	0.744	205.024	0.263
1.078	89.223	0.154	0.886	140.444	0.204	0.880	218.401	0.287
1.225	93.523	0.165	1.028	148.278	0.221	1.011	229.013	0.310
1.349	97.528	0.175	1.167	155.333	0.237	1.165	238.466	0.334
1.484	100.994	0.185	1.293	161.056	0.253	1.293	245.600	0.354
1.624	103.924	0.193	1.424	167.222	0.269	1.430	250.862	0.374
1.754	106.289	0.202	1.565	173.028	0.283	1.584	254.162	0.394
1.891	108.815	0.211	1.712	177.583	0.297	1.725	256.807	0.414
2.058	110.669	0.219	1.859	181.139	0.310	1.866	257.729	0.432
2.176	111.690	0.226	1.991	185.222	0.322	2.007	257.878	0.448
2.320	112.846	0.231	2.137	188.417	0.331	2.148	258.591	0.460
2.468	114.512	0.234	2.281	191.278	0.341	2.289	257.134	0.467
2.616	115.453	0.238	2.435	193.222	0.350	2.430	255.648	0.475
2.757	116.420	0.240	2.574	194.806	0.359	2.571	254.182	0.483
2.894	116.797	0.243	2.719	196.083	0.368	2.712	252.710	0.493
3.049	117.200	0.247	2.866	197.583	0.378	2.853	251.239	0.499
3.197	117.119	0.249	3.035	197.972	0.387	2.994	249.767	0.503
3.348	116.770	0.250	3.193	197.778	0.396	3.135	248.811	0.508
3.494	116.931	0.251	3.339	197.500	0.405	3.276	247.325	0.517
3.651	116.205	0.252	3.486	196.806	0.413	3.417	246.433	0.523
3.801	115.318	0.253	3.636	195.361	0.419	3.558	244.946	0.528
3.928	115.023	0.254	3.797	194.028	0.426	3.699	242.410	0.530
4.091	114.996	0.256	3.941	192.167	0.432	3.840	240.938	0.531
4.229	115.157	0.257	4.085	189.944	0.438	3.981	239.467	0.533
4.366	114.647	0.258	4.224	187.889	0.444	4.122	238.704	0.535
4.516	113.760	0.260	4.396	186.194	0.448	4.263	238.407	0.536
4.672	113.733	0.263	4.555	183.833	0.453	4.404	236.920	0.539
4.822	113.357	0.266	4.702	181.722	0.457	4.545	235.434	0.542
4.976	113.437	0.270	4.853	179.444	0.462	4.686	234.542	0.545
5.126	112.550	0.274	5.006	177.444	0.466	4.827	233.056	0.548
5.270	112.524	0.277	5.172	175.222	0.470			
5.432	112.765	0.279	5.311	173.083	0.475			
5.574	111.422	0.281	5.465	171.250	0.478			
5.713	110.562	0.284						
5.859	109.406	0.286						
6.004	108.976	0.289						
6.162	108.869	0.291						
6.288	109.003	0.293						
6.455	109.352	0.296						
6.614	109.164	0.297						
6.763	108.734	0.300						
6.920	108.869	0.302						
7.070	108.062	0.305						

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott.geol. Massimo Romagnoli

lo Sperimentatore:
dott.geol. Luciano Rossi

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma ASTM D 3080)

COMMITTENTE: **GE.CO. S.n.c. - Via Selva, 132 - 60037 - Monte S. Vito (AN)**

CANTIERE: **Jesi (AN)**

CAMPIONE: **S1 Sh2 m 6.00 - 6.50**

COMMESSA: 14081/15 DURATA PROVE: 19/02 - 24/02/15

VERBALE ACC.: 060/15 DATA CONSEGNA: 19/02/15

GEO - CERT. n°: G1501458 rev.00 del: 27/02/15

Consolidazione Provino 1

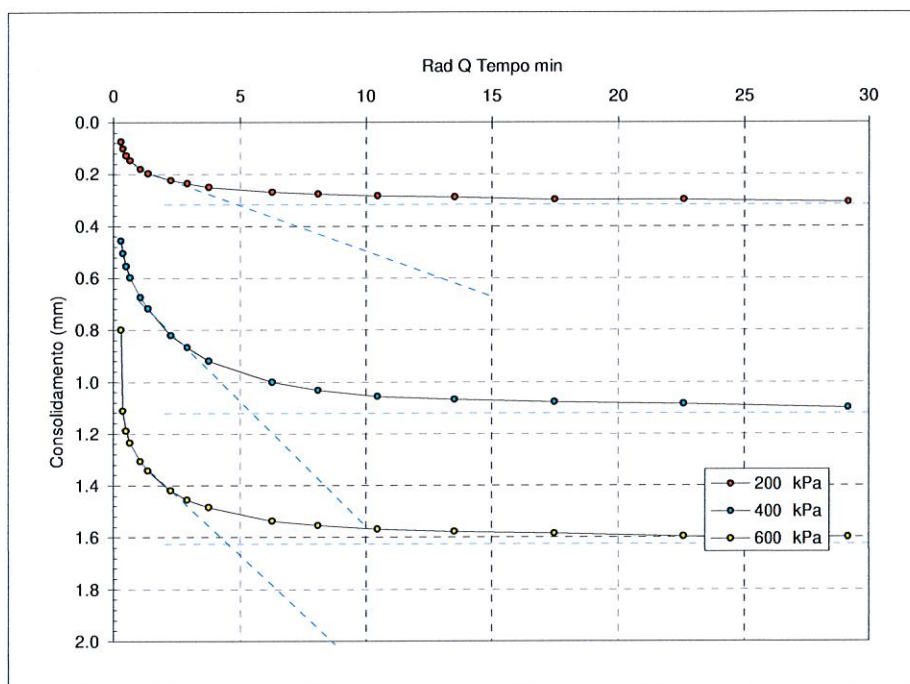
200 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.075
0.14	0.100
0.23	0.126
0.39	0.145
1.08	0.181
1.81	0.196
5.05	0.224
8.44	0.236
14.09	0.249
39.29	0.270
65.61	0.275
109.58	0.282
182.98	0.288
305.58	0.298
510.33	0.298
852.27	0.308

Consolidazione Provino 2

400 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.455
0.14	0.503
0.23	0.554
0.39	0.597
1.08	0.676
1.81	0.718
5.05	0.820
8.44	0.867
14.09	0.920
39.29	1.002
65.61	1.031
109.58	1.056
182.98	1.069
305.58	1.079
510.33	1.086
852.27	1.101

Consolidazione Provino 3

600 kPa	
Tempo (min)	Dh (mm)
H0	0.000
0.08	0.800
0.14	1.111
0.23	1.188
0.39	1.233
1.08	1.305
1.81	1.343
5.05	1.418
8.44	1.454
14.09	1.484
39.29	1.536
65.61	1.553
109.58	1.569
182.98	1.577
305.58	1.586
510.33	1.597
852.27	1.599



t₁₀₀ min
(Bishop ed Henkel)

Provino 1

24.0

Provino 2

30.1

Provino 3

20.3

Il Direttore del Laboratorio terre:
dott.geol. Massimo Romagnoli

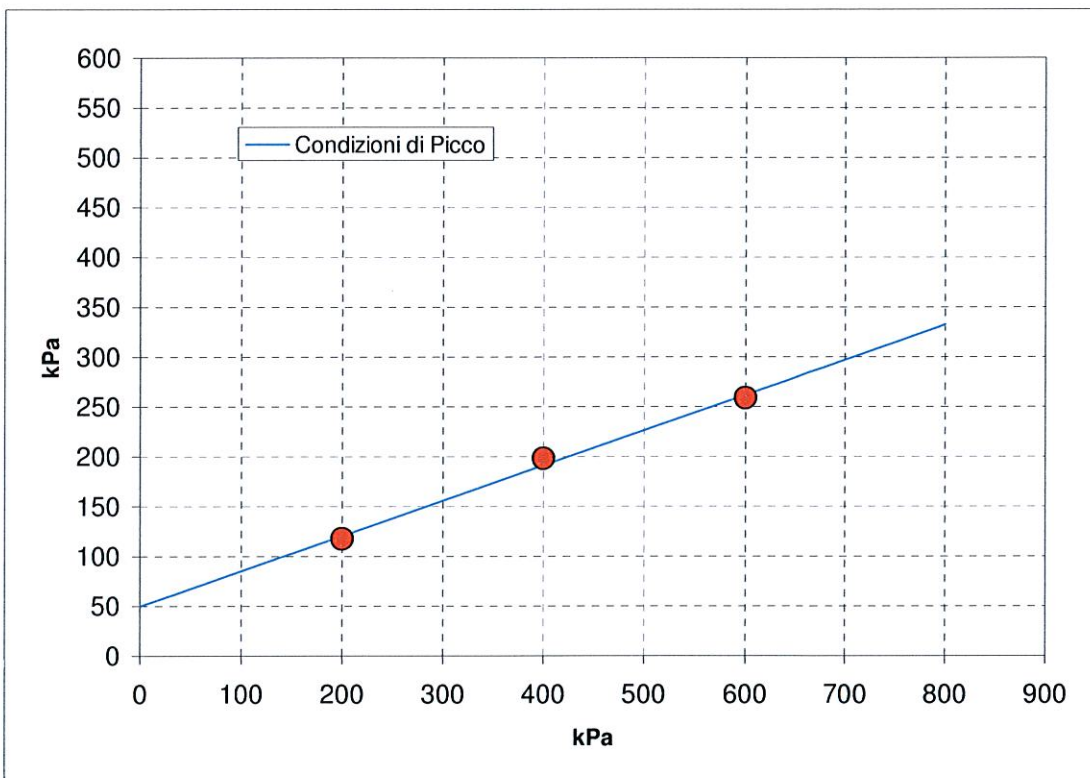
Io Sperimentatore:
dott.geol. Luciano Rossi

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (norma ASTM D 3080)

COMMITTENTE:	GE.CO. S.n.c. - Via Selva, 132 - 60037 - Monte S. Vito (AN)		
CANTIERE:	Jesi (AN)		
CAMPIONE:	S1 Sh2 m 6.00 - 6.50		
COMMESSA:	14081/15	DURATA PROVE:	19/02 - 24/02/15
VERBALE ACC.:	060/15	DATA CONSEGNA:	19/02/15

Il presente elaborato non è parte del certificato di prova cui è allegato, è solo un'interpretazione soggettiva dei risultati di prova.

	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
Pressione verticale (kPa)	200	400	600
Tensione di taglio (kPa)	117.20	197.97	258.59
Condizioni di Picco	Coesione:	49.86 kPa	Angolo di attrito: 19°



PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA norma ASTM D 2166-91

COMMITTENTE: GE.CO. S.n.c. - Via Selva, 132 - 60037 - Monte S. Vito (AN)
CANTIERE: Jesi (AN)
CAMPIONE: S1 Sh2 m 6.00 - 6.50
COMMESSA: 14081/15 **DURATA PROVE:** 20/02/15
VERBALE ACC.: 060/15 **DATA CONSEGNA:** 19/02/15
GEO - CERT. n°: G1501459 **rev.0 del:** 27/02/15

Codici strumentazione:

775 - 419 - 536 - 929 - 952 - 708

il campione è stato conservato in vasca umida termostatica

NATURA DEL CAMPIONE:

Argilla limosa da marroncino a marrone

Velocità della pressa:

1.00 mm/min

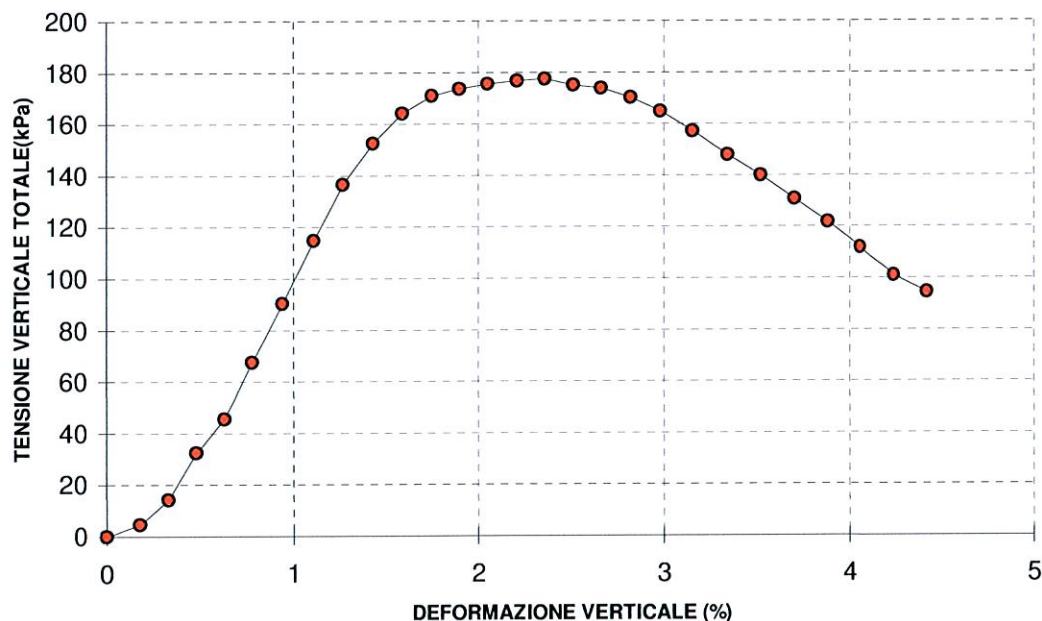
CARATTERISTICHE DEL PROVINO

Dimensioni provino :	$h \times \phi = 100.00 \times 50.00 \text{ mm}$
Umidità naturale (%):	29.8
Massa volumica apparente umida (Mg/m^3):	1.94
Massa volumica apparente secca (Mg/m^3):	1.49
CONDIZIONI A ROTTURA*	
Tensione verticale totale (kPa):	177.38

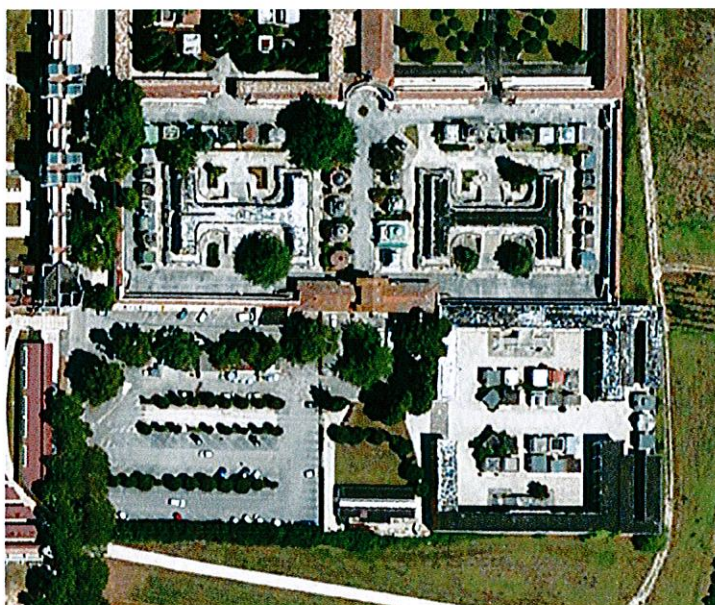
* carico di rottura corrispondente allo sforzo massimo



def.vertic. (%)	tens.vertic. (kPa)
0.00	0.00
0.18	4.57
0.33	14.20
0.48	32.41
0.63	45.51
0.78	67.66
0.94	90.23
1.11	114.74
1.27	136.66
1.43	152.49
1.59	164.26
1.75	170.99
1.90	173.73
2.05	175.46
2.21	176.66
2.36	177.38
2.51	175.13
2.66	173.87
2.82	170.12
2.98	164.90
3.15	157.22
3.34	148.06
3.52	139.93
3.70	130.85
3.88	121.80
4.06	111.80
4.24	100.87
4.42	94.36


Il Direttore del Laboratorio terre:
dott. geol. Massimo Romagnoli

Lo Sperimentatore:
dott. geol. Luciano Rossi



INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA MASW

INDICE

1. PREMESSA	3
1.1 GEOGNOSTICA	3
1.2 GEOFISICA	4
2. INDAGINE SISMICA TIPO MASW	4
2.1 Strumentazione utilizzata	4
2.2 Indagine MASW: metodologia ed acquisizione	4
2.3 Interpretazione dei risultati	6
2.4 Risultati delle analisi	6
2.5 Curva di dispersione	7
2.6 Profilo in sito	7
2.7 Considerazioni Conclusive	9

1. PREMESSA

Su incarico e per conto del Comune di Jesi, ai sensi del DD.MM. del 14 Gennaio 2008, è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche e geofisiche ad integrazione della relazione geologica eseguite in presso il Cimitero di Via Santa Lucia.

Le indagini sono state eseguite nei giorni compresi dall'11 al 16 Febbraio 2015 secondo il seguente programma:

1.1 GEOGNOSTICA

- esecuzione di n°3 sondaggi a carotaggio continuo, raggiungendo una profondità massima di 19.20 m dal p.c.;

Sond	Carotaggio Continuo		Campione Indisturbato	S.P.T.	Data
	da	a			
S1	0,00	19,20	SH1	SPT1	12/02/15
S2	0,00	15,00	SH2	-	13/02/15
S3	0,00	13,50			16/12/15

Tab.1 – Elenco Sondaggi geognostici.

- esecuzione di n° 1 prova geotecnica SPT;

Sond	S.P.T.	Profondità		Valori
		da	a	
S1	SPT1	11,00	11,45	12 – 11 – 12

Tab.2 – Elenco prove "SPT".

- prelievo di n.2 campioni indisturbati tipo Shelby i cui Certificati delle prove di Laboratorio sono visibili nell'Allegato al presente rapporto.

Sond	Camp. Ind.	Profondità	
		da	a
S1	SH1	3,20	3,60
S2	SH2	6,00	6,50

Tab.3 – Elenco campioni di terreno prelevati.

1.2 GEOFISICA

- esecuzione di n°1 indagini sismica tipo Masw;

n°	Stesa	Lunghezza	N° Scoppi	Data
1	Masw	46,00	6	11/02/15

Tab.2 – Elenco indagini geofisiche.

2. INDAGINE SISMICA TIPO MASW

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 VS, 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 (V. 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

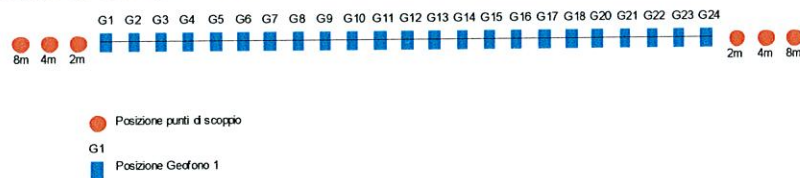


Fig.1 : Geometria di acquisizione ed ubicazione punti di energizzazione.

2.3 Interpretazione dei risultati

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.....	2m

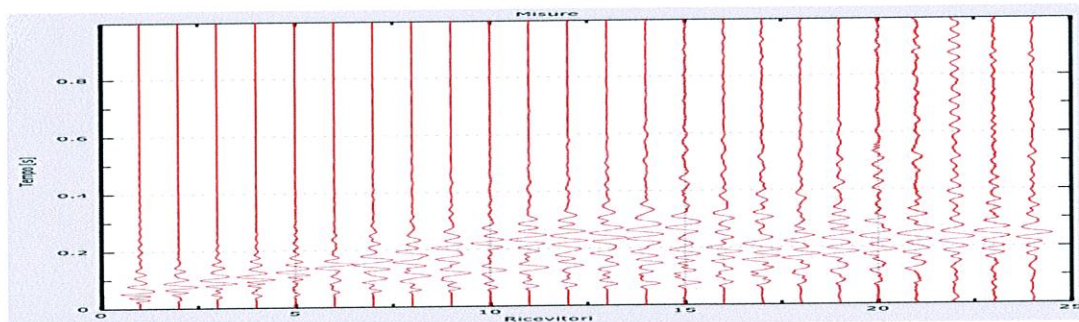


Fig. 2:Tracce sperimentali

2.4 Risultati delle analisi

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

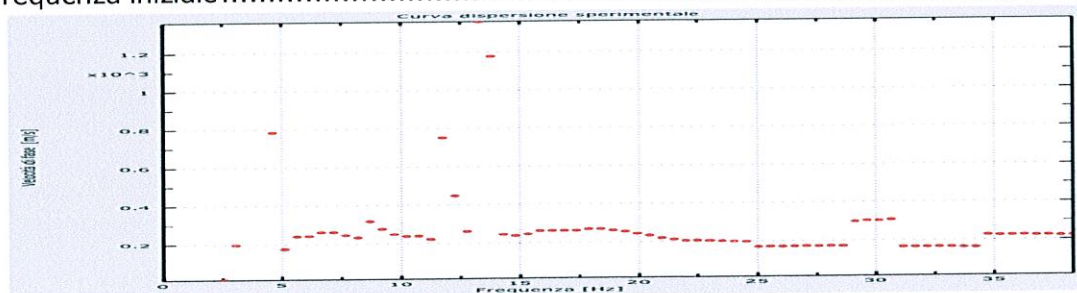


Fig. 3:Curva dispersione sperimentale

2.5 Curva di dispersione

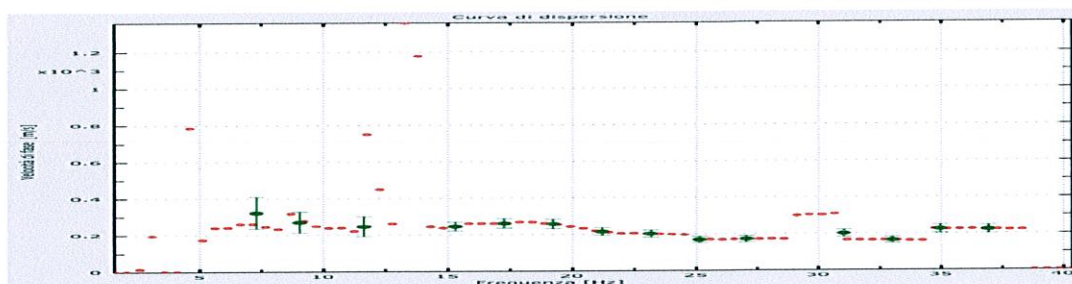


Fig. 4: Curva di dispersione.

2.6 Profilo in sito

Numero di strati	6
Spaziatura ricevitori [m].....	2
Numero ricevitori.....	24
Numero modi	5
Numero iterazioni	5
Errore tra curva e curva sperimentale [%]	15

Strato 1

h [m]	2
z [m]	-2
Vp [m/s]	297
Vs min [m/s]	91
Vs max [m/s].....	364
Vs fin.[m/s].....	182

Strato 2

h [m]	5
z [m]	-7
Vp [m/s]	367
Vs min [m/s]	112
Vs max [m/s].....	449
Vs fin.[m/s].....	225

Strato 3

h [m]	4
z [m]	-11
Vp [m/s]	555
Vs min [m/s]	136
Vs max [m/s].....	510
Vs fin.[m/s].....	340

Strato 4

h [m]	3
z [m]	-14
Vp [m/s]	446
Vs min [m/s]	136
Vs max [m/s].....	546
Vs fin.[m/s].....	273

Strato 5

h [m]	4
z [m]	-18
Vp [m/s]	575
Vs min [m/s]	150
Vs max [m/s]	528
Vs fin.[m/s].....	352

Strato 6

h [m]	12
z [m]	-30
Vp [m/s]	727
Vs min [m/s]	179
Vs max [m/s]	668
Vs fin.[m/s].....	445

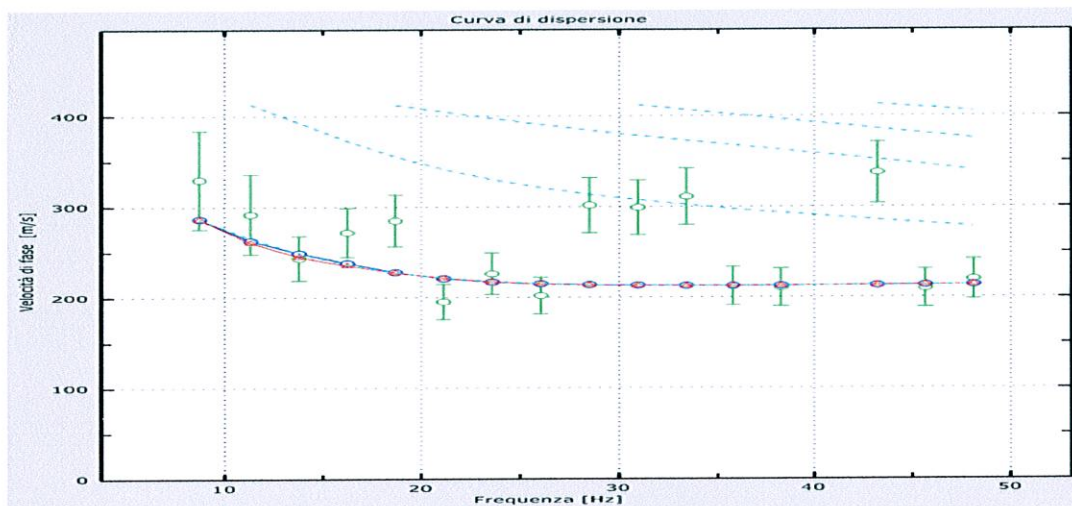


Fig. 5: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

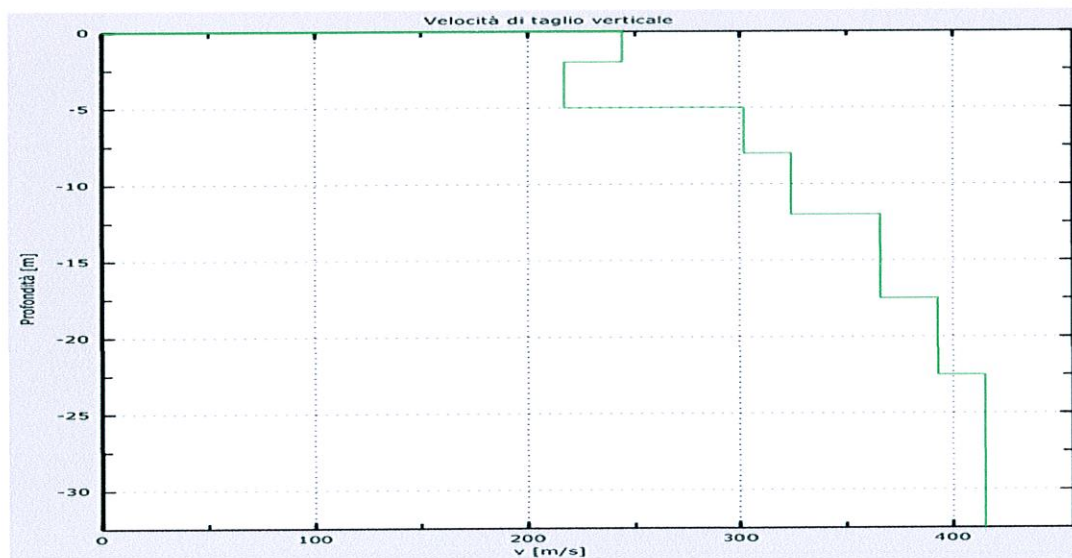


Fig. 6: Velocità (verde).

2.7 Considerazioni Conclusive

Su incarico e per conto del Comune di Jesi, ai sensi del DD.MM. del 14 Gennaio 2008, è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche e geofisiche ad integrazione della relazione geologica presso il Cimitero di Via Santa Lucia nel Comune di Jesi (AN).

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

$$V_{s30} = 318 \text{ m/sec.}$$

valore del parametro V_{s30} come previsto dalle Nuove NTC -D.M. 14 gennaio 2008 s.m.i..

La velocità delle onde "VS30" è stata calcolata dall'attuale piano campagna, non conoscendo la profondità esatta del piano di posa delle fondazioni.

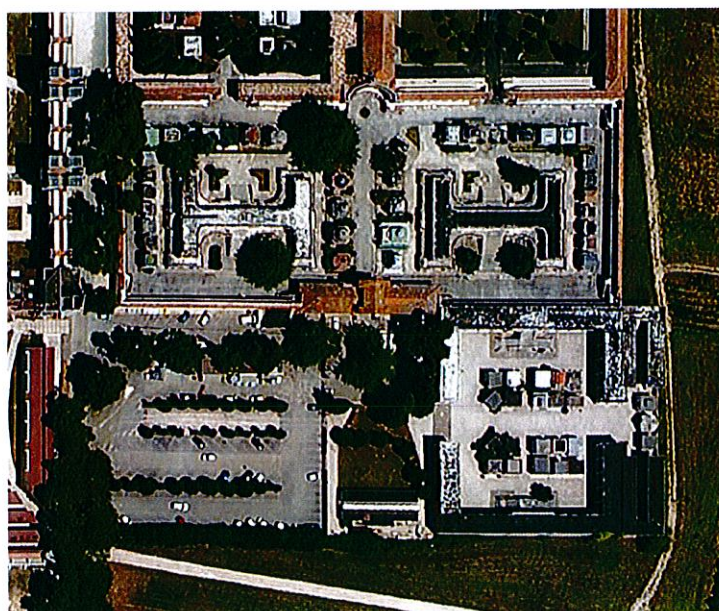
Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera.

CATEGORIA 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 $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Monte San Vito, li 04 Marzo 2015

Il Responsabile

(dott. Angelo Curatolo)



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Fotografia 1 - Esecuzione sondaggio geognostico n.1



Fotografia 2 - Stratigrafia S1 da 0.00 a -5.00 m da p.c., da - 3.20 a -3.60 campione indisturbato



Fotografia 3 - Stratigrafia S1 da -5.00 a -10.00 m



Fotografia 4 - Stratigrafia S1 da -10.00 a -15.00 m da -11.00 a -11.45 m SPT



Fotografia 5 - Stratigrafia S1 da -15.00 a -19.20 m da p.c.



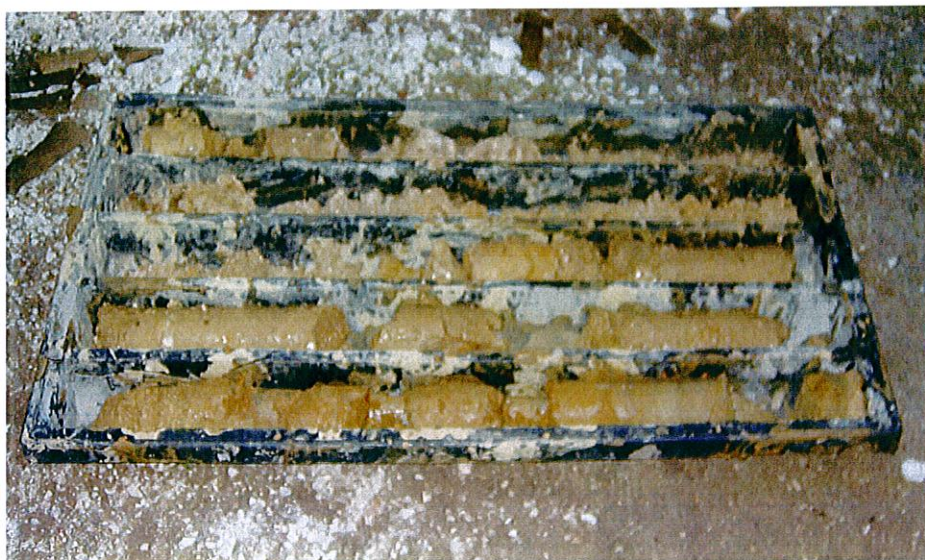
Fotografia 6 - Esecuzione sondaggio geognostico n.2



Fotografia 7 - Stratigrafia S1 da 0.00 a -5.00 m da p.c.



Fotografia 8 - Stratigrafia S2 da -5.00 a -10.00 m da - 6.00 a -6.50 campione indisturbato



Fotografia 9 - Stratigrafia S2 da -10.00 a -15.00 m



Fotografia 10 – Esecuzione sondaggio geognostico n.3



Fotografia 11 - Stratigrafia S3 da 0.00 a -5.00 m da p.c.



Fotografia 12 - Stratigrafia S3 da -5.00 a -10.00 m da p.c.



Fotografia 13 - Stratigrafia S3 da -10.00 a -13.50 m da p.c.



Fotografia 14 – Linea stendi mento per indagine geofisica MASW