

GEOSTUDIO Geologi Associati
di Merlini - Monelli - Mattioli

42035 CASTELNOVO NE' MONTI (RE) Via Franceschini n.26
Tel. / Fax **0522 - 81 19 48**
e-mail: gstdmmm@libero.it

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Comune di Casina (RE)

Località : Capoluogo – Via Marconi / Via Roma

OGGETTO : 2° Variante P.S.C. / R.U.E. del Comune di Casina e 1° variante al P.O.C..
Ambito **ACR1** e aree contermini

Committente : Amministrazione Comunale di Casina (RE)

maggio 2019

Comune di Casina (RE)

Località : Capoluogo – Via Marconi / Roma

Committente : Amministrazione Comunale di Casina (RE)

Oggetto : 2° Variante P.S.C. / R.U.E. del Comune di Casina e 1° variante al P.O.C..
Ambito **ACR1** e aree contermini

STUDIO GEOLOGICO E SISMICO

maggio 2018

Per la GEOSTUDIO
Mattioli dr. Federico

INDICE

1. Riferimenti cartografici	pag. 1
2. Premessa	pag. 1
3. Geologia, geomorfologia ed idrogeologia dell'area	pag. 3
4. Indagine geognostica	pag. 4
4.1 Prove penetrometriche del 2008	pag. 5
4.2 Saggi esplorativi	pag. 6
4.2.1 Analisi di laboratorio sul campione di terreno prelevato	pag. 8
4.3 Prospezione sismica con tecnica MASW	pag. 9
5. Normativa sismica, risposta sismica locale (RSL) e microzonazione	pag. 9
6. Note conclusive	pag. 13

TAVOLE

Tavola 1a	Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) e Piano Territoriale di Coordinamento (P.T.C.P.)
Tavola 1b	Carta geologica e geomorfologica
Tavola 2	Estratto planimetria catastale ed ubicazione prove geognostiche
Tavola 3	Stratigrafie saggi esplorativi
Tavola 4	Microzonazione sismica vigente

ALLEGATI

- Allegato 1	Indagine penetrometrica effettuata nell'area nel febbraio 2008
- Allegato 2	Certificato dell'analisi di laboratorio effettuato sul campione di terreno (C1) prelevato nel saggio S1
- Allegato 3	Indagine geofisica tramite tecnica MASW

1. RIFERIMENTI CARTOGRAFICI

- Planimetria Catastale - scala 1:1.000
Comune di Casina (RE)
Foglio n. 40 Mappali n. 455-456-457-459-805 ed altri
- Carta Tecnica Regionale C.T.R. - scala 1:5.000
Elementi n. 218 062 - 218 073 Busanella - Casina
- Carta geologica d'Italia - scala 1:100.000
Foglio n. 86 Modena
- Carta geologica della Regione Emilia-Romagna - Servizio geologico, sismico e dei suoli - cartografia interattiva - scala 1:10.000 – Sezioni n. 218 060 - 218 070 Leguigno - Casina
- Carta del dissesto del P.T.C.P. vigente della Provincia di Reggio Emilia - parte integrante del Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dell'Autorità di Bacino del Fiume Po - scala 1:10.000 – Sezioni n. 218 060 - 218 070 Leguigno - Casina
- Banca dati della Regione Emilia-Romagna – Servizio geologico, sismico e dei suoli
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.) di Reggio Emilia, approvato con Delibera di Consiglio Prov.le n.124 del 17/06/2010 e successiva Variante Specifica approvata con Delibera di Consiglio Prov.le n.25 del 21/09/2018
- Piano Strutturale Comunale (P.S.C.) e Regolamento Urbanistico Edilizio (R.U.E.) del Comune di Casina (RE), approvati rispettivamente con Deliberazione del Consiglio Comunale n.33 del 28 marzo 2011 e n.36 del 28 agosto 2013

2. PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Casina (RE), è stata eseguita un'indagine geologica e sismica su di un'area situata nel centro dell'abitato di Casina, la cui precisa ubicazione è visibile nelle Tavole in allegato. Su detta area è prevista una variante urbanistica (compreso la relativa variante al P.O.C.) che riguarda l'ambito ACR1 del P.S.C. e del R.U.E. vigenti nel Comune di Casina. Tale variante è denominata *"2^a variante al PSC e RUE, inserito nel P.O.C. 2015 - 2020 tramite la 1^a variante specifica al Piano Operativo Comunale (P.O.C.)"*.

Con la 2^a variante al P.S.C. e conseguentemente al R.U.E., si prevede di:

- a) ridisegnare il perimetro dell'ambito ACR1 del P.S.C. vigente togliendo dallo stesso le aree del mappale 460 del Fg. 40 occupato dal centro socioculturale e biblioteca in corso di ristrutturazione e sul quale s'interviene per intervento diretto ed includendovi invece le aree a verde pubblico e a piazza alberata che lo connettono con Via Roma e Piazza IV Novembre di modo che l'estensione del comparto d'intervento si riduce da 3.980 m² a 3.415 m²;

- b) modificare la destinazione dell'ambito riducendo notevolmente la sua potenzialità edificatoria e prevedendo in luogo della destinazione residenziale - commerciale e per servizi pubblici originaria (per 3.334 m² di Superficie Utile; 10.000 m³; H max di 15 m) la destinazione a piazza mercato coperto e scoperto, parcheggi pubblici, percorsi ciclopedonali, area gioco bimbi, spazi di relazione e servizi pubblici con potenzialità edificatoria massima di 1000 m² di superficie utile e coperta (con H max di 9,5 metri) da utilizzare in maggior parte per il mercato coperto, realizzando un grande porticato su pilotis e la restante parte per altri contenitori edilizi da destinarsi a servizi pubblici costituiti da strutture leggere da precisare in sede di progettazione esecutiva.

Tutto quanto sopra finalizzato all'inserimento nel P.O.C. 2015 - 2020 delle aree investite dalla realizzazione di un articolato progetto di rigenerazione urbana che coinvolge, oltre all'ambito ACR1, le aree contermini di Piazza IV Novembre, Largo Tricolore - Via Roma e Via G. Marconi per le quali sono previsti interventi di ripavimentazione e rifacimento delle reti tecnologiche e di qualificazione dell'arredo urbano.

Scopo del presente studio è verificare l'idoneità geologica e sismica del sito ad ospitare le varianti in oggetto ed il carico urbanistico prospettato, ai sensi della L.R. 20/2000 (e succ. mod. ed int.), della Delibera di Giunta Regionale della Regione Emilia-Romagna n.2193 del 21/12/2015 "*Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica*", del D.M. 17/01/2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni), nonché in ottemperanza a quanto previsto nel P.S.C. / R.U.E. del Comune di Casina (RE) e nel P.T.C.P. vigente della Provincia di Reggio Emilia.

Il sito in esame non è perimetrato all'interno di zone a rischio idrogeologico nella Carta del Dissesto del P.T.C.P. della Provincia di Reggio Emilia, parte integrante del Piano per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Po (P.A.I.). A tal proposito si veda l'estratto della Carta del Dissesto riportato in Tavola 1a.

Va inoltre menzionato che negli elaborati vigenti della microzonazione sismica del P.S.C. / R.U.E. del Comune di Casina in scala 1:5.000, l'area in variante qui indagata è campita per la totalità con colore bianco (numero 9), che ne certifica il grado di rischio sismico (effetti attesi) minimo.

L'indagine è consistita nella raccolta di informazioni geologico-idrogeologiche di carattere generale sull'area (dagli elaborati del P.S.C. / R.U.E. del Comune di Casina, dal P.T.C.P. della Provincia di Reggio Emilia e dalla banca dati della Regione Emilia-Romagna – Servizio geologico, sismico e dei suoli), nel dettagliato rilievo delle condizioni geologiche e geomorfologiche della zona e nell'attenta osservazione dei lineamenti idrologici ed idrogeologici locali. Si sono inoltre utilizzati i risultati dell'indagine effettuata nel 2008 dalla Dott.ssa Geol. Chiara Filippi nella stessa area oggetto di variante (in cui era previsto all'epoca il Piano di Recupero denominato PR1); in tale occasione, sono state eseguite nell'area cinque prove penetrometriche dinamiche pesanti. Ad integrazione dei dati così raccolti, si è infine predisposta una campagna d'indagini consistente nell'esecuzione di una prospezione sismica con

tecnica MASW nella parte centrale dell'area e tre saggi esplorativi lungo il bordo della scarpata che delimita l'area d'intervento a Sud-Est. Lungo uno dei saggi esplorativi è stato prelevato un campione indisturbato di terreno inviato successivamente ad un laboratorio terre per la determinazione dei principali parametri geotecnici utili alla prevista sistemazione finale della scarpata con la tecnica delle "terre armate". I risultati dell'indagine testé descritta sono riportati nella presente relazione; essi sono interpretati e commentati nel testo della stessa.

3. GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA ED IDROGEOLOGIA DELL'AREA

L'ambito in oggetto è posto nel centro abitato di Casina, a circa 570 m sul livello del mare (vedi Tavole 1a e 1b); l'area fortemente antropizzata nasconde la precisa morfologia naturale della zona, caratterizzata ad ogni modo dalla presenza di un versante a dolce pendenza localmente esposto a Nord-Ovest. Il comparto in variante, con assetto sub-pianeggiante, ricade alla base di questo versante che dal rilievo su cui sorge la chiesa di Casina, a Sud, degrada dapprima rapidamente (pendenza dell'ordine di 25°-30°) e poi in modo dolce (12°-13°) verso Nord-Nord/Ovest, fino all'attuale centro urbano, dove confluiscono anche i versanti ed i rilievi su cui si è sorto e si è espanso nel tempo l'abitato di Casina (La Braglia, ecc.).

Il panorama geologico locale è caratterizzato dalla monotona presenza della Formazione di Bismantova, qui rappresentata dalla *litozona arenaceo-pelitica* del *membro di Pantano ABI_{4b}* e, marginalmente (un lembo a Sud-Ovest), dalla *litozona arenacea* sempre del *membro di Pantano ABI_{4a}*. Nell'ambito più vasto della tettonica regionale, la Formazione di Bismantova fa parte della "*successione epiligure*" costituita da sedimenti marini depositatisi nell'era terziaria su substrato in movimento, costituito dalle *unità liguri* in sovrascorrimento sulla *serie toscana*, mediante il meccanismo delle correnti di torbida. La sequenza così realizzatasi costituisce il settore meno disturbato tettonicamente e meno esposto a fenomeni di degrado idrogeologico in s.l. del medio appennino reggiano. La *litozona arenaceo-pelitica* del *membro di Pantano ABI_{4b}* della Formazione di Bismantova (*Formazione di Pantano PAT* secondo la carta geologica della Regione Emilia-Romagna), su cui ricade interamente l'area in variante, è costituita da areniti fini e/o siltiti marnose grigio chiare. In zona è presente soprattutto la litologia marnosa di colore grigio chiare con aspetto massivo, a stratificazione mal definita. Essa è direttamente osservabile nelle scarpate artificiali presenti nell'area (strade, ecc.) ed è sub-affiorante in tutta la zona. Sono state rilevate coperture detritiche superficiali degne di nota negli impluvi a margine dei versanti e rilievi presenti in zona (vedi Tavola 1b), comunque a notevole distanza dal sito in esame; esse vengono definite dagli autori come *depositi di versante s.l. a₃* o *depositi eluvio-colluviali a₄* e sono costituite da materiali detritici eterogenei ed eterometrici accumulati sui versanti (di genesi incerta) o prodotti dall'alterazione "in situ". La dinamica di queste fasce detritiche non influenza in alcun modo le condizioni geomorfologiche del sito in oggetto.

Dal punto di vista geomorfologico, l'area indagata si presenta infatti stabile e non si rilevano in essa fenomeni di degrado idrogeologico in atto o pregressi. Essa ha una conformazione sub-pianeggiante contornata a Sud-Est da una scarpata di 4-6 m di altezza e pendenza di 30°-35°, stabile nel tempo, che si raccorda dolcemente al

versante del rilievo su cui sorge la chiesa del paese. Tale versante non presenta segni particolari di dissesti ed ha un andamento regolare, senza contro-pendenze e/o mammellature pur essendo stato notevolmente modificato nel corso degli ultimi decenni (vedi per esempio la stessa area in oggetto e lo sbancamento effettuato oltre 50 anni fa per realizzare Via Marconi a Sud). Il rilievo della chiesa (da cui diparte il versante a monte dell'area in variante) ricade sulla linea displuviale principale che separa il bacino del torrente Crostolo (a Nord-Est) da quello del torrente Tassobbio (a Sud-Ovest). La locale giacitura della formazione di Bismantova è inoltre favorevole alla stabilità in quanto a franappoggio con pendenza maggiore del versante in oggetto (vedi Tavola 1b). Tali fatti, congiuntamente alla presenza del substrato roccioso massivo nei primi metri del sottosuolo, sono estremamente rassicuranti ai fini della stabilità dell'area, per cui si è ritenuto superfluo eseguire una verifica delle condizioni di stabilità del versante a monte dell'area mediante modello matematico (che restituirebbe risultati sicuramente favorevoli). Questi fattori permettono inoltre di escludere evoluzioni in senso negativo del favorevole quadro di stabilità locale.

Fatte queste considerazioni, si può affermare che il comparto in esame è stabile ed esente da rischi idrogeologici di qualsiasi tipo e gode di requisiti adeguati, da un punto di vista geologico e geomorfologico, ad un'edificazione scevra da particolari problemi tecnici. Del resto la situazione delineata alla Carta del Dissesto del P.T.C.P. vigente della Provincia di Reggio Nell'Emilia, parte integrante del Piano d'Assetto Idrogeologico del Bacino del Fiume Po (vedi Tavola 1a), non indica alcun elemento in tal senso.

4. INDAGINE GEOGNOSTICA

Per raccogliere informazioni sulle caratteristiche dei terreni presenti nel sottosuolo dell'area in oggetto, si sono utilizzati dapprima i risultati di varie indagini geognostiche e sismiche effettuate in zona dallo scrivente o da altri tecnici ed i dati del P.S.C. / R.U.E. del Comune di Casina, del P.T.C.P. della Provincia di Reggio Emilia e della banca dati della Regione Emilia-Romagna – Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli (penetrometrie, stratigrafie pozzi, MASW e Re.Mi., ecc.); in particolare, si sono utilizzati i risultati dell'indagine effettuata nel 2008 dalla Dott.ssa Geol. Chiara Filippi nella stessa area oggetto di variante (in cui era previsto all'epoca il Piano di Recupero denominato PR1); in tale occasione, sono state eseguite nell'area cinque prove penetrometriche dinamiche pesanti. Ad integrazione dei dati così raccolti, nel mese di maggio 2019, si è infine predisposta una campagna d'indagini consistente nell'esecuzione di una prospezione sismica con tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves - Analisi Multicanale di Onde Sismiche di Superficie) nella parte centrale dell'area e tre saggi esplorativi lungo il bordo della scarpata che delimita l'area d'intervento a Sud-Est. Lungo uno dei saggi esplorativi è stato prelevato un campione indisturbato di terreno inviato successivamente ad un laboratorio terre per la determinazione dei principali parametri geotecnici utili alla prevista sistemazione finale della scarpata con la tecnica delle "terre armate".

Per la terebrazione effettuate a suo tempo (2008) si è utilizzato un penetrometro pesante SCPT, le cui caratteristiche salienti sono riportate nell'allegato 1, i saggi esplorativi sono stati eseguiti con escavatore meccanico fornito dal Comune di Casina,

mentre la prospezione sismica (MASW) è stata eseguita con strumentazione JEA 24 bit a 12 canali (geofoni da 4,5 Hz) della Dolang di Genova in dotazione alla Geostudio. L'indagine geognostica così effettuata ha permesso di valutare le caratteristiche stratigrafiche, litomeccaniche e sismiche generali dei terreni costituenti il sottosuolo dell'area in oggetto (volume significativo).

L'ubicazione della prova penetrometrica, dei saggi esplorativi e della prospezione sismica (MASW) sono indicate alla Tavola 2. Le stratigrafie ottenute dai saggi esplorativi sono riportate alla Tavola 3, mentre il certificato dell'analisi di laboratorio effettuato sul campione di terreno (C1) prelevato nel saggio S1 è riportato nell'allegato 2. I risultati penetrometrici del 2008 sono riportati nell'allegato 1, mentre i risultati sismici (MASW) sono riportati nell'allegato 3.

4.1 PROVE PENETROMETRICHE

Le prove penetrometriche effettuate nell'area in variante (nel febbraio 2008) sono state condotte in modalità dinamica.

Le prove penetrometriche dinamiche (DP) consistono nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta d'acciaio, prolungabile con l'aggiunta di successive aste. L'infissione avviene per battitura, facendo cadere da un'altezza costante un maglio di dato peso. Si contano i colpi necessari per la penetrazione di ciascun tratto di lunghezza stabilita (30 cm nel caso). Solitamente si utilizzano i risultati penetrometrici in termini di *resistenza dinamica unitaria alla penetrazione* r_d , utilizzando la relazione detta "degli olandesi". Essa è del tipo:

$$r_d = K \times N$$

dove N è il numero di colpi per 30 cm d'infissione e K è una costante dipendente dalle caratteristiche dello strumento utilizzato e dalla profondità di prova. I valori di *resistenza dinamica* r_d (quelli ridotti per la perdita di energia da "svergolamento delle aste durante l'infissione") sono restituiti sotto forma di istogramma penetrometrico, in base alla profondità, nell'allegato 1; in tali tavole sono anche riportati il diagramma del numero di colpi/profondità ed un'interpretazione stratigrafica dei terreni dai risultati delle singole prove. Per le elaborazioni dei risultati penetrometrici si è utilizzato il software *Dynamic Probing* della Geostru Software. In allegato ai grafici delle prove sono riportati i valori numerici del numero di colpi e relativa resistenza dinamica (normale e ridotta) per ogni singola lettura (30 cm), oltre ai valori ottenuti di pressione ammissibile (non più utilizzabili nelle NTC).

Il parametro geotecnico più significativo che si ottiene dalle prove penetrometriche dinamiche ed in particolar modo dalla *resistenza dinamica* r_d è la resistenza alla rottura del terreno. E' possibile, inoltre, correlare i dati delle prove penetrometriche dinamiche con quelli delle prove SPT (N_{spt}), utilizzati tradizionalmente per determinare una vasta gamma di parametri geotecnici dei terreni; per i valori di N_{spt} ottenuti utilizzando la correlazione fornita dal software *Dynamic Probing* della Geostru, si rimanda alla specifica relazione della Dott. Geol. Chiara Filippi.

Altri parametri geotecnici ottenibili direttamente dai risultati delle prove penetrometriche dinamiche, in modo più o meno approssimato, sono:

- la *coesione non drenata* c_u (nei soli livelli di terreno coesivo); essa permette di ottenere, tramite la relazione di Terzaghi o equivalente, la resistenza alla rottura del terreno; inoltre permette una valutazione di massima della stabilità a breve termine degli sbancamenti e dei fronti di scavo;
- il *grado di preconsolidazione* OCR (nei soli livelli di terreno coesivo); esso restituisce una descrizione di massima della storia tensionale cui è stato sottoposto il terreno sondato;
- l'*angolo di attrito* Φ (nei soli livelli di terreno incoerente); esso permette di ottenere, tramite la relazione di Terzaghi o equivalente, la resistenza alla rottura del terreno; inoltre permette di valutare la stabilità degli sbancamenti e dei fronti di scavo;
- la *densità relativa* D_r (nei soli livelli di terreno incoerente); essa indica lo stato di addensamento delle particelle che costituiscono il terreno;
- il *modulo edometrico* E_{ed} ; esso viene utilizzato per la stima dei cedimenti a cui sarà soggetto il sottosuolo a seguito della realizzazione dell'opera.

Le altre finalità delle prove penetrometriche, oltre alla caratterizzazione geotecnica e stratigrafica dei terreni, sono state quelle di definire lo spessore dei materiali superficiali alterati e la profondità del tetto dei terreni rocciosi, nonché rilevare le eventuali forti disomogeneità litomeccaniche dei terreni costituenti il sottosuolo. Questi dati sono elementi fondamentali nell'analisi complessiva dell'interazione fondazione-terreno e del comportamento strutturale dei manufatti eventualmente previsti.

I dati salienti emersi dall'indagine penetrometrica sono in sintesi:

- le cinque prove penetrometriche sono state tutte interrotte a profondità comprese tra circa 1,8 m (prova P3) a circa 7,2 m (prova P1) dal piano campagna, per l'intercettazione di terreni rocciosi estremamente consistenti (substrato roccioso), invalicabili dalla strumentazione adottata;
- il tetto il substrato roccioso (marne appartenenti alla litozona arenaceo-pelitica del membro di Pantano della Formazione di Bismantova) è stato rinvenuto ad una profondità dal piano campagna attuale di circa 6,6 m lungo la prova P1, di circa 3,6 m lungo la prova P2, di circa 1,2 m lungo la prova P3 (effettuata nel cortile centro socioculturale e biblioteca), di circa 5,4 m lungo la prova P4 e di circa 2,4 m lungo la prova P5; dai dati bibliografici di geologia locale e considerazioni geomorfologiche, lo spessore della formazione rocciosa di Bismantova è in zona di parecchie decine di metri;
- il primo sottosuolo del sito d'intervento può quindi essere descritto con la semplice successione stratigrafica di due o tre distinti livelli; questi, procedendo dal piano campagna in profondità e con le dovute semplificazioni, sono (p.c. = piano campagna attuale):
 - riporto grossolano e/o fine, presente fino alla profondità di circa 0,6-1,2 m dal p.c.; è inadatto, per le intrinseche caratteristiche geotecniche, ad ospitare opere fondali d'alcun tipo;
 - terreni fini di copertura (coltre d'alterazione della formazione di Bismantova), presenti fino alla profondità massima di 1,2-6,6 m dal p.c.; sono costituiti prevalentemente da limi argillosi (in minima parte sabbiosi) da poco consistenti a moderatamente consistenti; presentano valori minimi di *resistenza dinamica* r_d di circa 11-12 Kg/cm² (solo un livelletto con circa 7 Kg/cm²) e medi dell'ordine dei 15-20 Kg/cm²; i valori minimi di *resistenza dinamica* r_d sono stati generalmente rilevati dopo i primi tre metri di sottosuolo, tranne lungo la prova P5 (rilevati nei primi due metri);
 - substrato roccioso (marne appartenenti alla formazione di Bismantova), presente al di sotto del livello precedente per parecchie decine di metri; è costituito in zona prevalentemente da marne grigie con valori resistenze alla penetrazione elevati, superiori a 100 Kg/cm²; la parte superficiale della compagine rocciosa (nei primi decimetri/metro) è spesso alterata e/o fratturata;
- nei fori di prova non è stata rinvenuta la presenza della falda idrica o di venute d'acqua.

4.2 SAGGI ESPLORATIVI

In funzione della progettazione e verifica della prevista opera di sistemazione della scarpata che delimita l'area a Sud-Est con la tecnica delle "terre armate", sono stati effettuati tre saggi esplorativi lungo il bordo della scarpata stessa. I saggi esplorativi hanno avuto la finalità primaria di ottenere una visione diretta della stratigrafia del sottosuolo lungo la scarpata e, mediante la raccolta di campioni, una caratterizzazione geomeccanica e geotecnica di massima in sito ed analitica in laboratorio. Infatti, sono

state eseguite direttamente sui campioni prelevati, ove possibile (nei livelli coesivi), le determinazioni di prassi della *resistenza alla compressione semplice* q_u mediante penetrometro tascabile (pocket penetrometer), da cui si può ottenere la *coesione non drenata* c_u tramite la semplice relazione $c_u = q_u / 2$. Sul campione portato in laboratorio è stata invece eseguita una prova di taglio c.d. (consolidata e drenata) che ha permesso di ricavare i valori di resistenza al taglio efficaci in condizioni drenate (angolo di attrito e coesione efficaci) ed una prova con picnometro per determinare il peso di volume dei granuli solidi del terreno da cui si ricavano le principali proprietà indice del terreno (porosità, indice dei vuoti, grado di saturazione, peso di volume naturale).

La stratigrafia dei terreni desunta dai saggi esplorativi è riportata alla Tavola 3, cui si deve far riferimento per ogni dettaglio. In sintesi essa è comunque data dalla successione di due o tre livelli, che, partendo dalla superficie (p.c.) ed andando in profondità, sono:

- terreno agrario o cordolo in c.l.s. con sottostante ghiaia di riporto – sono presenti nei primi decimetri del sottosuolo; in particolare lo strato agrario è stato rilevato nei soli saggi S1 ed S3 per uno spessore di circa 20-40 cm, mentre nel saggio S2 fino a circa 60 cm dal p.c. è stato rilevato la presenza di un cordolo in c.l.s. con sottostante strato di ghiaia di riporto;
- argilla-limosa consistente (antico riporto) – si è rinvenuto nel saggio S1 fino a fondo foro (circa 2,5 m dal p.c.) e per alcuni decimetri (circa 70-80 cm) lungo il saggio S2 (nel saggio S3 non è stato rilevato); tale livello è costituito da argille limose asciutte e compatte, di colore bruno-grigio; le misurazioni della *resistenza alla compressione semplice* q_u , effettuate con penetrometro tascabile (pocket penetrometer), hanno restituito valori medi compresi tra 1,5 Kg/cm² e 2,5 Kg/cm²; questo livello è ascrivibile ad antichi terreni di riporto messi in loco all'epoca della costruzione della vecchia scuola elementare presente nella parte di monte della scarpata (avvenuta oltre 50-60 anni fa), attualmente adibita a centro socioculturale e biblioteca comunale;
- limo argilloso con inclusi marnosi (coltre d'alterazione) – si è rinvenuto nei saggi S2 ed S3 fino alla profondità di circa 1,7-1,9 dal p.c.; tale livello è costituito da limi argillosi asciutti e molto compatti, di colore beige, con inclusi marnosi di varia pezzatura (da centimetrici a decimetrici) che tendono generalmente ad aumentare con la profondità; le misurazioni della *resistenza alla compressione semplice* q_u , effettuate con penetrometro tascabile (pocket penetrometer) sulla compagine fine, hanno restituito valori mai inferiori a 2,5-3,0 Kg/cm²; questo livello è ascrivibile alla coltre d'alterazione in posto della sottostante formazione rocciosa di Bismantova;
- marne grigio chiare (substrato roccioso) – si rinvengono al di sotto dei due-tre livelli precedenti (dalla profondità di circa 1,7-1,9 m dal p.c.) nei soli saggi S2 e S3 (nel saggio S1, spinto a circa 2,5 m dal p.c., non è stato raggiunto) per parecchie decine di metri; sono costituite prevalentemente da peliti marnose grigio chiare che tendono a sfaldarsi abbastanza facilmente soprattutto in superficie; i primi metri di tale compagine rocciosa è spesso alterata e/o

fratturata; è ascrivibile alla litozona arenaceo-pelitica della Formazione di Bismantova;

- lungo tutti i saggi esplorativi non è stata riscontrata la falda idrica o venute d'acqua.

4.2.1 ANALISI DI LABORATORIO SUL CAMPIONE DI TERRENO

Lungo il saggio esplorativo S1 è stato prelevato un campione indisturbato di terreno (C1) tra le profondità di 1,0 m e 1,3 m dal piano campagna, in corrispondenza del livello prevalentemente argilloso (antico riporto) descritto nel Capitolo precedente. I valori ottenuti sono pertanto cautelativi in quanto relativi ai terreni fini di riporto rilevati solo in parte della scarpata. Esso è stato successivamente inviato ad un laboratorio terre per la determinazione dei principali parametri fisici e di alcuni parametri geotecnici fondamentali in condizioni drenate. L'ubicazione del saggio esplorativo in cui è stato prelevato il campione di terreno è visibile in Tavola 2. Le prove di laboratorio sono state eseguite nel Laboratorio Terre Studio MM S.r.l. del Dr. Geol. Michele Mazzoni a Mamiano di Traversetolo (PR), cui è stato indirizzato in giornata il campione di terreno. Il certificato dell'analisi di laboratorio effettuato sul campione di terreno (C1) prelevato nel saggio S1 è riportato nell'allegato 2, a cui occorre far riferimento per ogni dettaglio. Nella seguente tabella (Tabella 1) sono riportate sinteticamente l'ubicazione del campione prelevato (saggio e profondità di prelievo) e le determinazioni di laboratorio eseguite su di esso.

Tabella 1 - Campioni e tipi di analisi eseguiti

Saggio	Campione	Profondità (m)	Prova con picnometro	Prova di taglio diretto c.d.
S1	C1	1,00-1,30	x	x

La prova con picnometro serve per determinare il peso di volume dei granuli solidi del terreno da cui si ricavano le principali proprietà indice del terreno (porosità, indice dei vuoti, grado di saturazione, peso di volume naturale), utili parametri fisici delle terre in molte prove-analisi per il riconoscimento e/o la determinazione delle caratteristiche meccaniche di un terreno e nelle varie verifiche geotecniche. In particolare, il *peso di volume del terreno* γ è risultato uguale a **1,91 daN/dm³**. Da tale prova si è inoltre ricavato:

- *Peso di volume secco* = 1,54daN/ dm³
- *Grado di saturazione iniziale* = 87%
- *Indice dei vuoti iniziale* e_0 = 0.75
- *Porosità (%)* = 42,9%

Dalla *prova di taglio diretto consolidata e drenata* sul campione prelevato si sono ottenuti i valori di picco in condizione drenata della *coesione* c' e dell'*angolo di attrito interno* Φ' efficace.

I valori di picco ottenuti sono¹:

$$c' = 0,16 \text{ daN/cm}^2$$

$$\Phi' = 23,6^\circ$$

I valori di *coesione* c' e dell'*angolo di attrito interno* Φ' efficace sono significativi da un punto di vista geotecnico per quel che riguarda la previsione delle condizioni di stabilità a lungo termine dei fronti di scavo e delle opere di sistemazione o consolidamento di scarpate o versanti, la stabilità globale dell'area e per le verifiche agli Stati Limiti Ultimi delle fondazioni in condizioni drenate, così come indicato nel D.M. 17/01/2018.

4.3 PROSPEZIONE SISMICA CON TECNICA MASW

È stato eseguito una prospezione sismica con tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves - Analisi Multicanale di Onde Sismiche di Superficie) nell'area in oggetto (Sism-1). Lo scopo del sondaggio sismico effettuato è stato quello di valutare la risposta sismica locale (RLS) ed effettuare la microzonazione sismica dell'area in variante sulla base della *velocità di propagazione delle onde di taglio* V_s nel sottosuolo, così come prevede il Cap. 4 della Delibera di Giunta Regionale della Regione Emilia-Romagna n.2193 del 21/12/2015 (che ha sostituito il D.A.L. 112/2007). Inoltre, della *velocità di propagazione delle onde di taglio* V_s nel sottosuolo si è ricavata la categoria di sottosuolo (A, B, C, D, ...), così come prevede nel caso il Cap. 3.2.2 del D.M. 14/01/2008.

Le caratteristiche della strumentazione utilizzata, il settaggio impostato ed i risultati ottenuti, sono riportati nello specifico allegato in fondo alla presente relazione. Per le elaborazioni dei dati è stato utilizzato il programma Easy Masw della Geostru.

5. NORMATIVA SISMICA, RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL) E MICROZONAZIONE

Il Comune di Casina (RE) nella normativa sismica è classificato in **Zona 3** (vedi Ordinanza del P.C.M. n.3274 del 20/03/2003 e succ. mod. ed int.) con un valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo (PGA) pari a circa **0,1583 g** ottenuto interpolando i punti della griglia con passo 0,05 gradi forniti dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna (vedi allegato A4 della Delibera di Giunta Regionale della Regione Emilia-Romagna n.2193 del 21/12/2015).

Secondo la *carta di microzonazione sismica* allegata al P.S.C. / R.U.E. del Comune di Casina – indagine integrativa del 2011 (vedi in Tavola 4 l'estratto dell'elaborato P12 - Tavola Sud), l'area in variante qui indagata è campita per la totalità con colore bianco (numero 9) che ne certifica il grado di rischio sismico (effetti attesi) minimo. Infatti, l'area non è potenzialmente soggetta ad effetti locali od è soggetta al limite alla sola

¹ I valori drenati, soprattutto la *coesione* c , sono comunque da considerarsi soprattutto in termini qualitativi, sia per la modalità di prova adottata (che impone una superficie di taglio predeterminata, tempi molto più ristretti che in condizioni naturali e non consente un adeguato controllo del drenaggio), che per l'esiguo numero di prove eseguite.

amplificazione per caratteristiche litologiche (in caso che la *velocità di propagazione delle onde di taglio* V_s sia minore di 800 m/sec come nel sito in esame): nel primo caso non è richiesto nessun approfondimento sismico, mentre nel secondo caso l'area è assoggetta al secondo livello di approfondimento sismico in base alla citata Delibera di Giunta Regionale della Regione Emilia-Romagna n.2193 del 21/12/2015. Tale scenario di pericolosità sismica è confermato dai risultati dell'indagine effettuata dal sottoscritto.

La prospezione sismica con metodologia MASW effettuata nella comparto, ha assegnato al substrato (peliti marnosi appartenenti alla Formazione di Bismantova) valori di *velocità di propagazione delle onde di taglio* V_s inferiori a 800 m/sec fino a ad oltre 30 m di profondità dal piano campagna (vedi risultati MASW nell'allegato 3 e paragrafi successivi). Di seguito vengono quindi attribuiti all'appezzamento in variante, considerato omogeneo da questo punto di vista (anche in base ai risultati dell'indagine geognostica) e pertanto con un'unica zona di pericolosità sismica locale, i coefficienti di amplificazione sismica calcolati seguendo le direttive contenute nella Delibera di Giunta Regionale della Regione Emilia-Romagna n.2193 del 21/12/2015 "*Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica*" che ha aggiornato la Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna n.112 del 02/05/2007.

Considerando uno *spessore dei terreni di copertura H* pari a circa 6 m (considerando come copertura, in via cautelativa, anche la parte superficiale della ammasso roccioso in quanto fratturato/alterato) ed un valore della *velocità di propagazione delle onde di taglio nei terreni di copertura* $V_{sH} \cong 189$ m/sec (vedi profilo delle velocità ottenuto dalla MASW nell'allegato 3 a fine relazione), i Fattori di Amplificazione (F.A.) desunti dalle Tabelle dell'allegato A2.1 della Delibera di Giunta Regionale della Regione Emilia-Romagna n.2193 del 21/12/2015 per l'ambito *APPENNINO (zone collinare e montane)* con substrato marino caratterizzato da $V_s < 800$ m/s e *spessori dei terreni di copertura H* maggiori di 2,5 m, in cui ricade l'area in oggetto, sono (vedi tabelle d'interesse riportate di seguito, estratte dall'allegato A.2.1.1 del D.G.R. n.2193/2015):

F.A. **P.G.A.** $\cong 2,2$ ($V_{sH} \cong 189$ m/s con $H \cong 6$ m)

F.A. INTENSITA' SPETTRALE **SI1** - $0,1s < T_0 < 0,5s \cong 2,0$

F.A. INTENSITA' SPETTRALE **SI2** - $0,5s < T_0 < 1,0s \cong 1,5$

Tabelle da utilizzare in caso di substrato non rigido ($V_s \ll 800$ m/s)

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2.3	2.0	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	
10	2.3	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.3	1.2	
15	2.2	2.2	2.1	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	
20	2.1	2.1	2.1	2.0	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	
25	2.1	2.1	2.1	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	
30		2.1	2.1	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	
35		2.1	2.1	2.0	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2
40		2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2
50		1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2

Fattori di Amplificazione **PGA**. Colonna 1 H (m), riga 1 V_{sH} (m/s)

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2.1	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	
10	2.6	2.3	1.9	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.3	
15	2.7	2.6	2.3	1.9	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	
20	2.6	2.6	2.4	2.1	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	
25	2.6	2.6	2.5	2.3	2.0	1.7	1.6	1.4	1.3	
30		2.4	2.4	2.3	2.1	1.8	1.6	1.5	1.3	
35		2.4	2.4	2.3	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2
40		2.2	2.2	2.2	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2
50		2.1	2.1	2.1	2.1	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3

Fattori di Amplificazione **SI1** ($0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$). Colonna 1 $H(m)$, riga 1 $V_{sH}(m/s)$

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	
10	1.8	1.6	1.4	1.4	1.3	1.4	1.3	1.3	1.3	
15	2.3	1.9	1.6	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	
20	2.9	2.6	1.9	1.6	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	
25	3.6	3.0	2.3	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	
30		3.3	2.7	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	
35		3.5	3.0	2.2	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.1
40		3.5	3.2	2.6	2.0	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2
50		3.3	3.3	3.0	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3

Fattori di Amplificazione **SI2** ($0.5s \leq T_0 \leq 1.0s$). Colonna 1 $H(m)$, riga 1 $V_{sH}(m/s)$

Tali fattori di amplificazione sono nettamente superiori (e quindi più cautelativa) di quelli indicati dal Dott. Geol. Gian Pietro Mazzetti nello studio di microzonazione sismica del P.S.C. di Casina per l'ambito ACR1.

Essendo l'area in variante sub-pianeggiante e posta alla base di un versante con un'inclinazione media inferiore a 15° (dell'ordine di 12°-13°, vedi Capitolo 3 e cartografia topografica allegata) gli effetti topografici possono essere trascurati (vedi allegato A2.2 della D.G.R. n.2193/2015).

I Fattori di Amplificazione (F.A.) così ottenuti rappresentano il rapporto fra lo scuotimento sismico, espresso con l'accelerazione di picco orizzontale (PGA) e l'intensità spettrale SI, valutato per la condizione geo-litologica specifica e il corrispondente scuotimento relativo alla categoria di sottosuolo A (così come definita nella Tabella 3.2.II del D.M. 14/01/2008, sostituito dal D.M. 17/01/2018).

Va detto che questi fattori d'amplificazione, in mancanza di una valutazione di risposta sismica locale mediante specifica analisi approfondita, hanno scarso significato nelle fasi successive attuative di edificazione dell'area. Essi sono prettamente indirizzati alla pianificazione urbanistica, anche se per ambiti aventi modeste estensioni e condizioni relativamente omogenee come quello in oggetto (pertanto con la stessa pericolosità sismica locale in ogni punto), estrapolati dal contesto generale dell'intorno del territorio, viene in qualche modo a mancar loro la funzione prioritaria che hanno nell'ambito degli strumenti urbanistici generali (P.T.C.P., P.S.C.), pur mantenendo comunque il ruolo di indicatori di situazioni più o meno "stabili" ai fini sismici. Di certo si può affermare che, in qualunque modo si vogliano elaborare i dati acquisiti nella presente campagna, i valori d'amplificazione previsti sono tra quelli medi del Comune di Casina e che non siamo di fronte ad un sito passibile di significativa amplificazione sismica. Per il progetto esecutivo del comparto, pertanto, è possibili far riferimento ai

valori d'amplificazione calcolati secondo la normativa sismica discendente dal D.M. 17/01/2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni). Infatti, nel conteso geologico-sismico descritto precedentemente e qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie (A, B, C, D ed E) definite nella Tabella 3.2.II del D.M. 17/01/2018, come nel sito in oggetto caratterizzato dall'assenza di significativi livelli di terreno a scadenti caratteristiche geomeccaniche o liquefacibili², la norma (Cap. 3.2.2 del D.M. 17/01/2018) prevede che per valutare l'effetto della risposta sismica locale, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si possa fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della *velocità di propagazione delle onde di taglio* V_S ³.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della *velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio* $V_{S,eq}$ (in m/s), come definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

- h_i *spessore dell'i-esimo strato*;
- $V_{S,i}$ *velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato*;
- N *numero di strati*;
- H *profondità del substrato*, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con *profondità H del substrato* superiore a 30 m, la *velocità equivalente delle onde di taglio* $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H = 30$ m nella precedente espressione (3.2.1) e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Dai risultati della prospezione sismica (MASW) effettuata nell'area d'intervento, il *substrato o bedrock sismico* (formazione con valori della *velocità di propagazione delle onde di taglio* $V_S > 800$ m/sec) è posto a profondità maggiori di 30 m dal piano campagna o di posa delle fondazioni (da dati bibliografici, in particolare da quelli dei limitrofi ambiti del P.S.C., si trova ad oltre 40 m dal p.c.), per cui la *velocità equivalente delle onde di taglio* $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$ (*velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità*). La *velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità* $V_{S,30}$ è risultata pari a circa **334.84** (per i risultati dell'indagine sismica si veda l'allegato a fine relazione)⁴. La stratigrafia del sito è costituita da una copertura prevalentemente fine a mediocre o discrete caratteristiche geomeccaniche

² Vedi i risultati dell'indagine effettuata nel sito d'intervento e gli studi effettuati in zona dal sottoscritto o da altri tecnici, che denotano l'assenza di rischio liquefazione (assenza di falda idrica e di significativi livelli sabbiosi o sabbioso-limosi poco addensati e saturi nei primi 10-20 m del sottosuolo) e la presenza, invece, di terreni prevalentemente rocciosi (a parte i terreni di copertura limoso-argillosi con spessori di pochi metri in cui è assente la falda idrica) con caratteristiche geomeccaniche generalmente ottime, che migliorano mediamente con la profondità. (vedi anche Capitolo 6 conclusivo).

³ In caso contrario, l'effetto della risposta sismica locale si deve valutare mediante specifica analisi da eseguire con le modalità indicate nel Cap. 7.11.3 del D.M. 17/01/2018.

⁴ Il valore di $V_{S,30}$ è stato determinato a piano campagna senza escludere, in via cautelativa, lo strato di terreno entro cui non devono essere alloggiate fondazioni, come invece prevedrebbe la norma (D.M. 17/01/2018). Nel calcolo del valore di $V_{S,30}$ si è considerata l'elaborazione che restituisce valori medi, in modo da compensare eventuali sovrastime o sottostime dovute a possibili errori strumentali e di elaborazione (che generalmente possono ammontare a circa $\pm 20\%$ del valore reale di $V_{S,30}$).

per uno spessore di un alcuni metri (5-6 m) con valori della *velocità di propagazione delle onde di taglio* V_S dell'ordine di 150-200 m/sec, seguita da terreni rocciosi di natura prevalentemente pelitico-marnosa con valori della *velocità di propagazione delle onde di taglio* V_S passanti da circa 350 m/sec ad oltre 500 m/sec in profondità. Visto che i terreni del sottosuolo sono caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e non sono suscettibili di liquefazione⁵, si può assegnare il sedime dell'area in oggetto alla categoria C di sottosuolo (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m*, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s). La categoria di sottosuolo così determinata risulta inferiore (e quindi più cautelativa) di quella indicata dal Dott. Geol. Gian Pietro Mazzetti nello studio di microzonazione sismica del P.S.C. / R.U.E. del Comune di Casina per l'ambito ACR1 (categoria B).

Dalla funzione di trasferimento ottenuta durante l'analisi dei dati della MASW si ricava un valore indicativo della *frequenze fondamentali* f_0 del sottosuolo dell'ordine di 10-11 Hz (da cui un *periodo fondamentale* $t_0 = 0,09-0,10$), leggermente superiori a quelli indicati dal Dott. Geol. Gian Pietro Mazzetti nello studio di microzonazione sismica del P.S.C. di Casina per l'ambito ACR1 ($f_0 = 4,5-8$ Hz e $t_0 = 0,22-0,125$).

6. NOTE CONCLUSIVE

Dall'indagine svolta e dalle considerazioni espone nei Capitoli precedenti emerge un parere favorevole, da un punto di vista geologico, geomorfologico e sismico, alla variante urbanistica prospettata (2° Variante P.S.C. / R.U.E. del Comune di Casina e 1° variante al P.O.C. – Ambito ACR1 e aree contermini).

La variante in oggetto riduce drasticamente il carico urbanistico prima previsto nell'ambito ACR1. Si prevede solo la realizzazione di un grande porticato ad uso mercato coperto ed altri contenitori edilizi per servizi pubblici costituiti da strutture leggere da progettare, il tutto per una superficie utile e coperta massima di 1.000 m² ed altezze non superiori a 9,5 m. Data la presenza in tutta l'area d'intervento di terreni di copertura limoso-argillosi a mediocri caratteristiche geomeccaniche, dello spessore variabile da 1-2 m a 5-6 m, che ricoprono il substrato roccioso di natura prevalentemente pelitico marnoso, nella successiva fase attuativa si dovrà effettuare un'indagine integrativa geologico-sismica e soprattutto geotecnica di supporto alla progettazione esecutiva dei nuovi manufatti previsti. Non si danno pertanto indicazioni riguardanti l'ubicazione dei volumi fabbricabili ne' rispetto alle caratteristiche stesse degli edifici (distribuzione dei carichi, presenza di piani interrati, ecc.) che saranno da valutare in concertazione tra i vari tecnici incaricati per approntare il progetto di edificazione (geologo, ingegnere, architetto, geometra, ecc.), così come per il tipo di fondazione, la capacità portante ed i parametri geotecnici dei terreni da adottare. L'unico accorgimento tecnico che si prescrive è quello di prevedere che i piani di posa delle fondazioni di ogni singolo manufatto strutturalmente indipendente siano

⁵ Vedi nota 2.

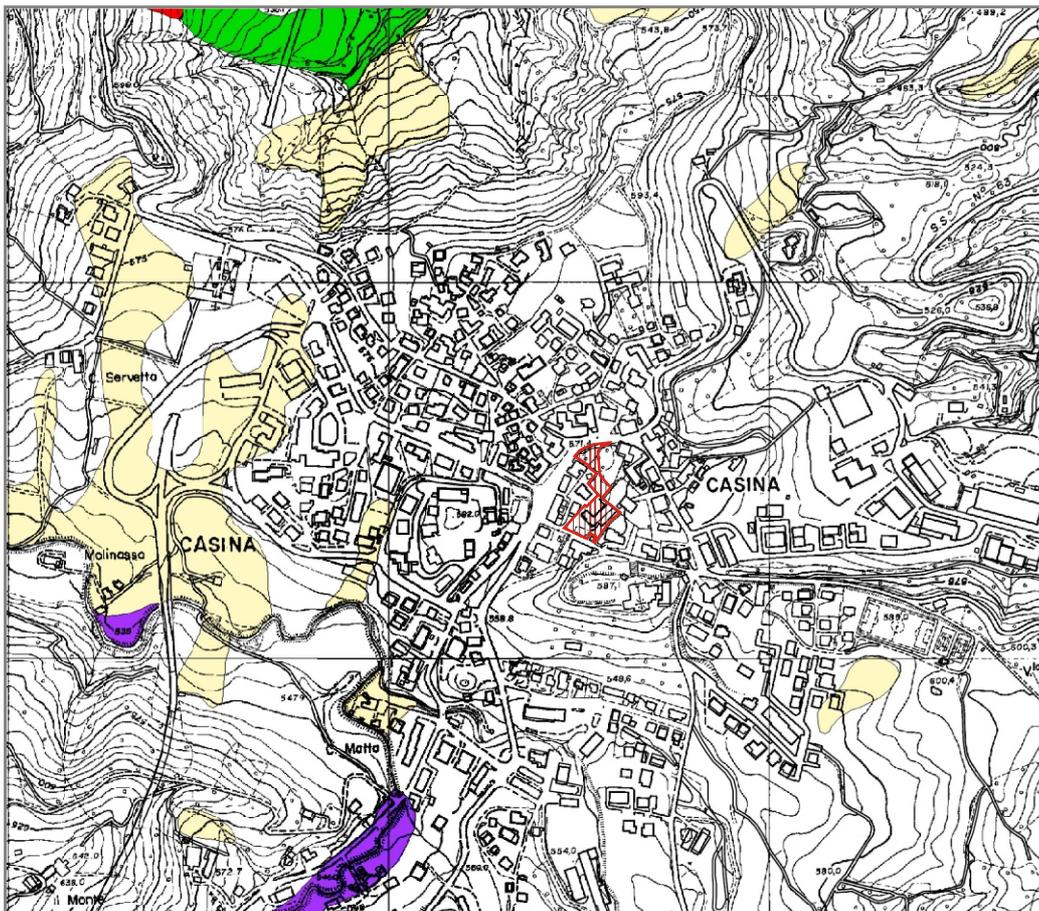
completamente alloggiati sui terreni di copertura oppure completamente incastrati nel substrato roccioso, per evitare assestamenti o cedimenti differenziali delle strutture.

Lungo il bordo superiore della scarpata che contorna a Sud-Est l'area in cui verrà realizzata la nuova piazza sono stati inoltre eseguiti tre saggi esplorativi in funzione della prevista sistemazione della scarpata stessa con la tecnica delle "terre armate". Oltre ad avere una visione diretta della stratigrafia del sottosuolo lungo la scarpa, in uno dei saggi è stato prelevato un campione indisturbato di terreno inviato successivamente ad un laboratorio terre per la determinazione di alcuni parametri geotecnici utili alla progettazione dell'opera (angolo d'attrito, coesione, peso di volume e proprietà indice). La scarpata che s'intende sistemare non mostra nessun segno di instabilità ed ha l'attuale assetto da oltre 50 anni. Essa è alta 4-6 m ed ha una pendenza di 30°-35°. Raccorda la zona in cui verrà realizzata la nuova piazza, a valle, con quella occupata dal centro socioculturale e biblioteca in corso di ristrutturazione. Lungo tale scarpata verranno inoltre realizzati dei percorsi pedonali di collegamento tra le due zone.

Per l'assenza di una falda idrica nei terreni di copertura e la presenza al di sotto di essi di litotipi rocciosi (marne) per alcune decine di metri (anch'essi tra l'altro privi di acquiferi, almeno nei primi metri), nonché dalle considerazioni svolte al Capitolo 5.1, si può escludere il rischio di liquefazione dei terreni di fondazione (vedi anche Capitolo 7.11.3.4.2 del D.M. 17/01/2018 e Delibera di Giunta Regionale della Regione Emilia-Romagna n.2193 del 21/12/2015).

Si assevera che la presente indagine è stata svolta in ottemperanza alle disposizioni contenute nella Legge n.64 del 02/02/1974 e succ. mod. ed int., alla Circ. Regionale n.1288 del 11/02/1983, in conformità al D.M. LL.PP. 11/03/1988, alla Circ. LL.PP. 24/10/1988 n.30483, alla Circ. LL.PP. 09/01/1996 n.218/24/3, al D.M. 16/01/1996, alla L.R. 20/2000 e succ. mod. ed int., alla Delibera di Giunta Regionale della Regione Emilia-Romagna n.2193 del 21/12/2015 (che ha aggiornato la Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna n.112 del 02/05/2007) ed al D.M. 17/01/2018 (che ha sostituito il D.M. 14/01/2008).

Estratto Carta del Dissesto
 Sezione n. 218 060 - 218 070 **LEGUIGNO - CASINA**



scala 1:10.000



Ambito **ACR1** in Variante al PSC / RUE



Area di frana attiva (a1)



Area di frana quiescente (a2)



Depositi di versante in s.l. (a3)



Depositi alluvionali terrazzati (b2)

**PIANO PER L'ASSETTO
 IDROGEOLOGICO (P.A.I.)
 E PIANO TERRITORIALE DI
 COORDINAMENTO (P.T.C.P.)**

data: maggio 2019

comm: Comune di Casina

dis:

**TAVOLA
 1a**

Estratto C.T.R.
Elementi 218 062 - 218 073 Busanella - Casina



scala 1:5.000



Ambito ACR1 in Variante
al PSC / RUE



Faglia certa / incerta



Depositi di versante s.l.



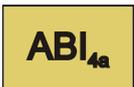
Orlo di terrazzo morfologico



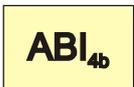
Depositi eluvio-colluviali



Giacitura degli strati (substrato)



FORMAZIONE DI BISMANOVA (Membro di Pantano - Litozona arenacea)
Formazione di Pantano - Membro di Santa Maria PAT4 secondo l'ultima versione
della carta geologica della Regione Emilia-Romagna



FORMAZIONE DI BISMANOVA (Membro di Pantano - Litozona arenaceo-pelitica)
Formazione di Pantano PAT secondo l'ultima versione della carta geologica della
Regione Emilia-Romagna

**CARTA GEOLOGICA
E GEOMORFOLOGICA**

data: maggio 2019

comm: Comune di Casina

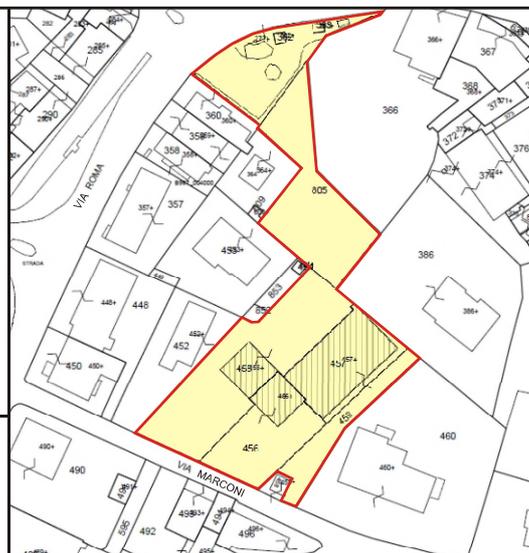
dis:

**TAVOLA
1b**

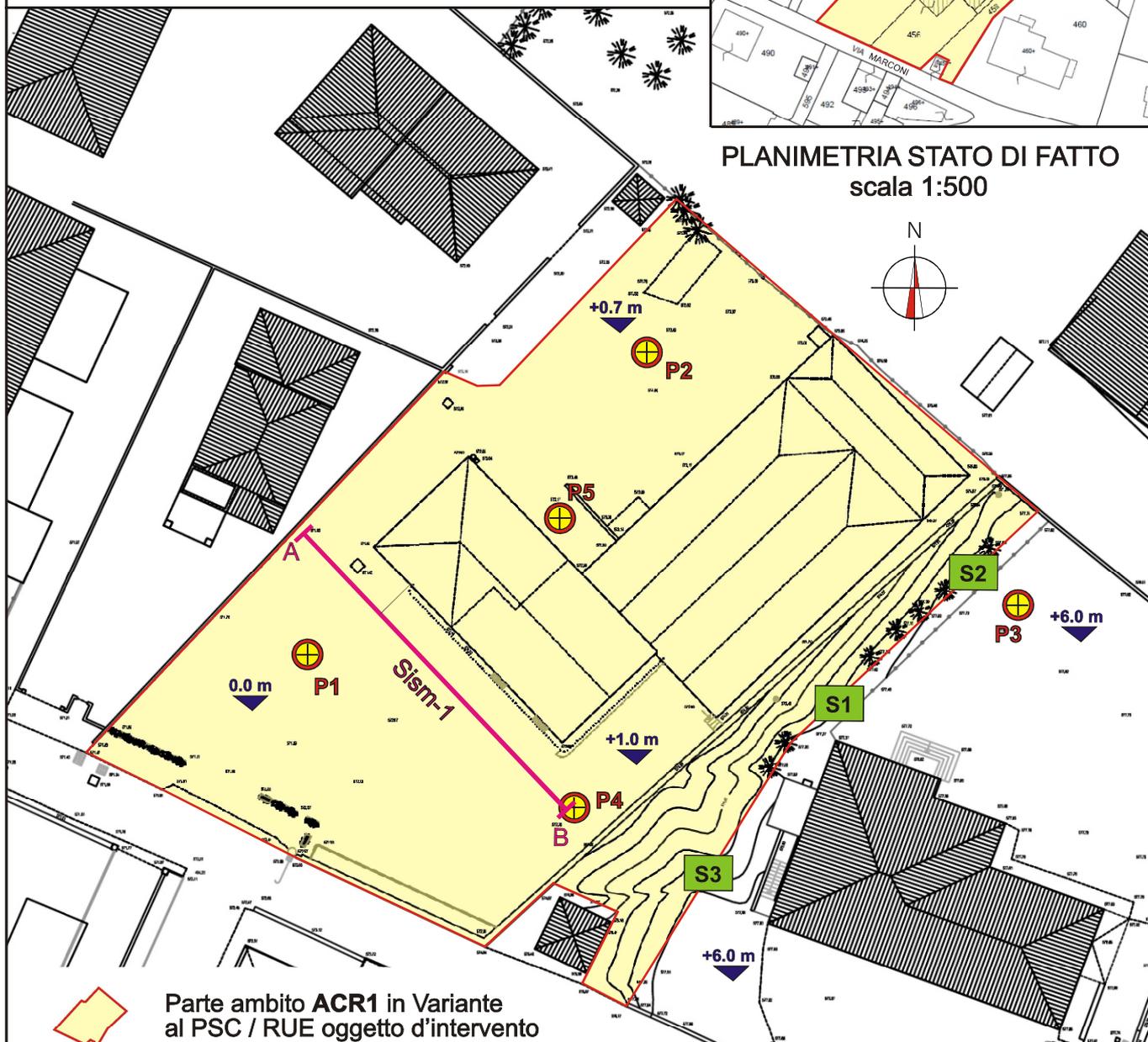
Comune di Casina (RE)
 Planimetria Catastale
 scala 1:2.000
 Foglio n.40
 Mappali n.455-456-457-459-805 ed al.



Ambito **ACR1** in Variante
 al PSC / RUE



PLANIMETRIA STATO DI FATTO
 scala 1:500



Parte ambito **ACR1** in Variante
 al PSC / RUE oggetto d'intervento

+4.0 m

Quote relative



Saggi esplorativi effettuati
 nel maggio 2019



Prove penetrometriche dinamiche
 effettuate nel febbraio 2008



Prospezione sismica (MASW)
 effettuata nel maggio 2019

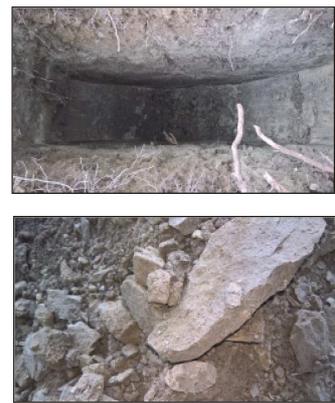
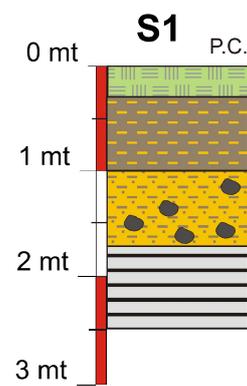
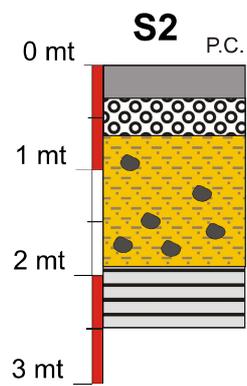
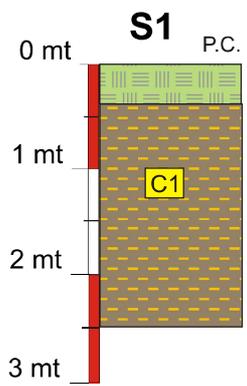
**ESTRATTO PLANIMETRIA
 CATASTALE ED UBICAZIONE
 PROVE GEOGNOSTICHE**

data: maggio 2019

comm: Comune di Casina

dis:

**TAVOLA
 2**



C1

Campione indisturbato (inviato a laboratorio terre per analisi geotecniche)



Cordolo in calcestruzzo (c.l.s.)



Suolo



Ghiaia di riporto



Vecchio riporto: argilla limosa bruno-grigia consistente ($q_u = 1,5-2,5 \text{ Kg/cm}^2$) e asciutta



Limo argillosa molto consistente ($q_u = 2,5-3,0 \text{ Kg/cm}^2$), di colore beige, asciutto con inclusi marnosi che aumentano con la profondità (oltre d'alterazione in posto)



Marna grigio chiara (substrato)

P.C. = piano campagna

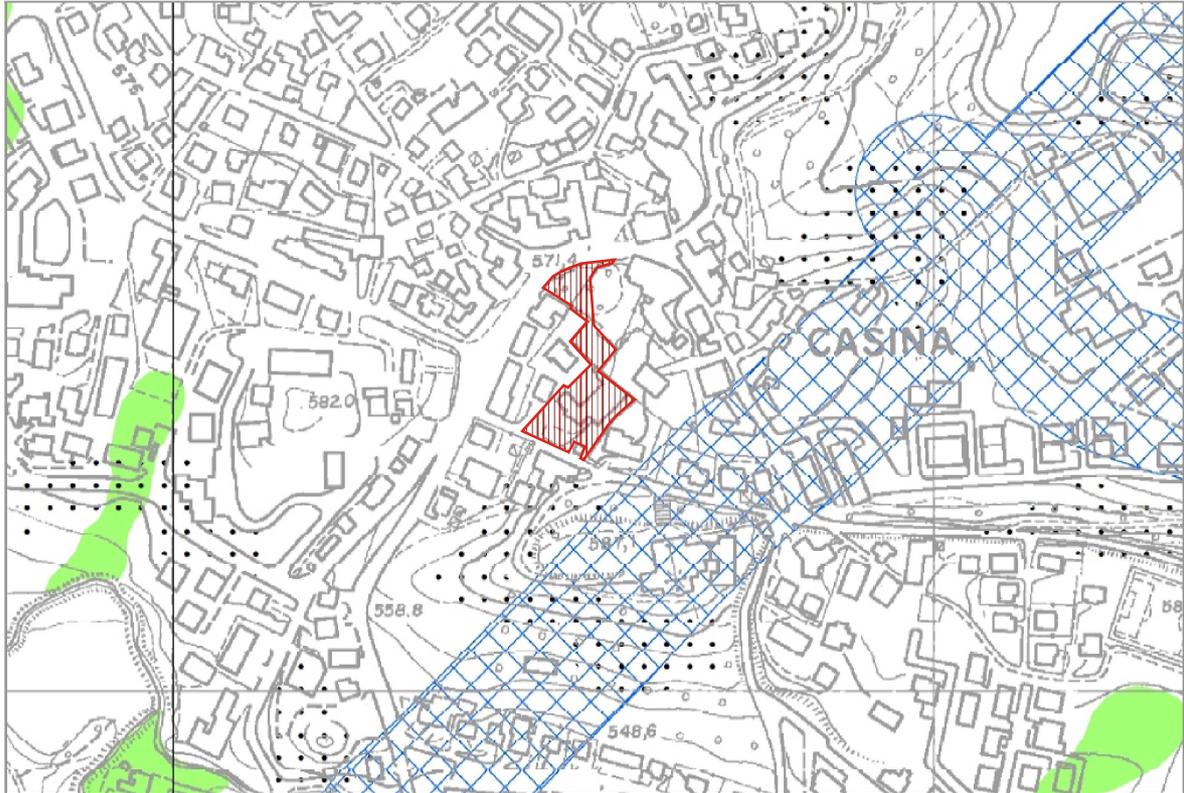
q_u = resistenza alla compressione semplice misurata con il pocket penetrometer

**STRATIGRAFIA
SAGGI ESPLORATIVI**

data: maggio 2019
comm: Comune di Casina
dis:

**TAVOLA
3**

Estratto Carta di Microzonazione Sismica - P12 (Tavola Sud)
del P.S.C. / R.U.E. del Comune di Casina (RE)



Scala 1:5.000



Ambito ACR1 in Variante al PSC / RUE

EFFETTI ATTESI	
1	Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche <i>studi</i> : valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi); <i>microzonazione sismica</i> : approfondimenti di III livello.
2	Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche <i>studi</i> : valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi); <i>microzonazione sismica</i> : approfondimenti di III livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.
(a)	3
(b)	
4	Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche <i>studi</i> : valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche; <i>microzonazione sismica</i> : (a) approfondimenti di II livello, (b) approfondimenti di III livello.
5	Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche <i>studi</i> : valutazione del coefficiente di amplificazione litologico; <i>microzonazione sismica</i> : approfondimenti di II livello.
6	Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche <i>studi</i> : valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico; <i>microzonazione sismica</i> : approfondimenti di II livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.
7	Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti e a potenziale densificazione <i>studi</i> : valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi; <i>microzonazione sismica</i> : sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima degli eventuali cedimenti, densificazioni.
8	Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti <i>studi</i> : valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione o dei cedimenti attesi; <i>microzonazione sismica</i> : approfondimenti di III livello.
9	Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali <i>studi</i> : indagini per caratterizzare V_{30} ; in caso V_{30} maggiore/uguale di 800 m/s non è richiesta nessuna ulteriore indagine, in caso V_{30} minore di 800 m/s è richiesta la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico; <i>microzonazione sismica</i> : non richiesta nel primo caso, nel secondo caso approfondimenti del II livello.
10	Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche topografiche <i>studi</i> : indagini per caratterizzare V_{30} e valutazione del coefficiente di amplificazione topografico; in caso V_{30} maggiore/uguale di 800 m/s è sufficiente la sola valutazione del coefficiente di amplificazione topografico; in caso V_{30} minore di 800 m/s occorre valutare anche il coefficiente di amplificazione litologico; <i>microzonazione sismica</i> : valutazione degli effetti della topografia, con particolare attenzione nelle aree prossime ai bordi di scarpate, negli ambiti immediatamente superiori ai settori soggetti ad amplificazione topografica, nelle zone con accentuato contrasto di pendenza; in caso V_{30} minore di 800 m/s valutazione anche del coefficiente di amplificazione litologico.
11	Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per intensa fratturazione <i>effetti attesi</i> : amplificazione degli effetti sismici; <i>microzonazione sismica</i> : approfondimenti di III livello.

**MICROZONAZIONE
SISMICA VIGENTE**

data: maggio 2019

comm: Comune di Casina

dis:

**TAVOLA
4**

ALLEGATO 1

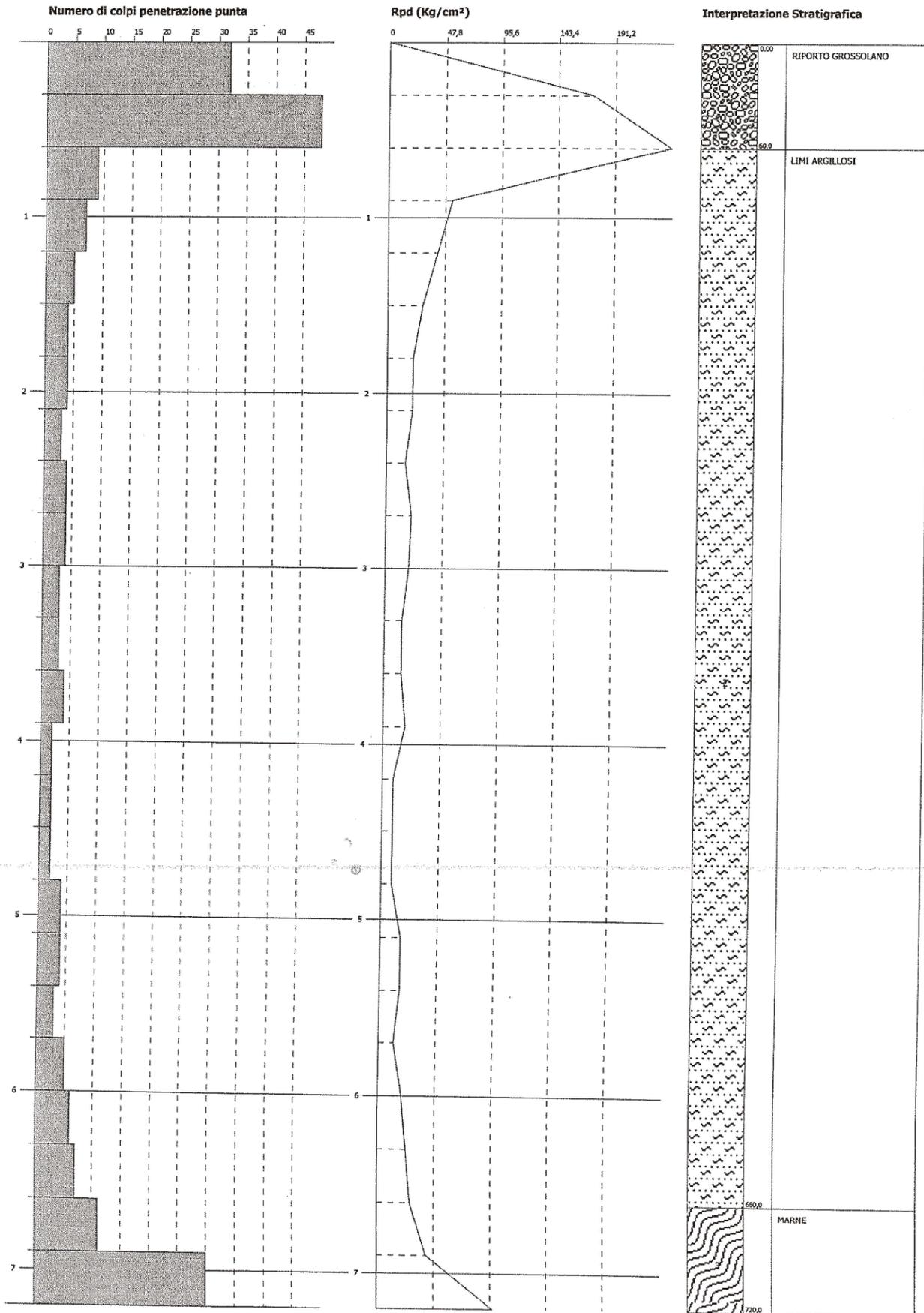
**INDAGINE PENETROMETRICA EFFETTUATA
NELL'AREA NEL FEBBRAIO 2008**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : FILIPPI TIZIANO
 Cantiere : PIANO DI RECUPERO
 Località : CASINA via Marconi

Data : 15/02/2008

Scala 1:32

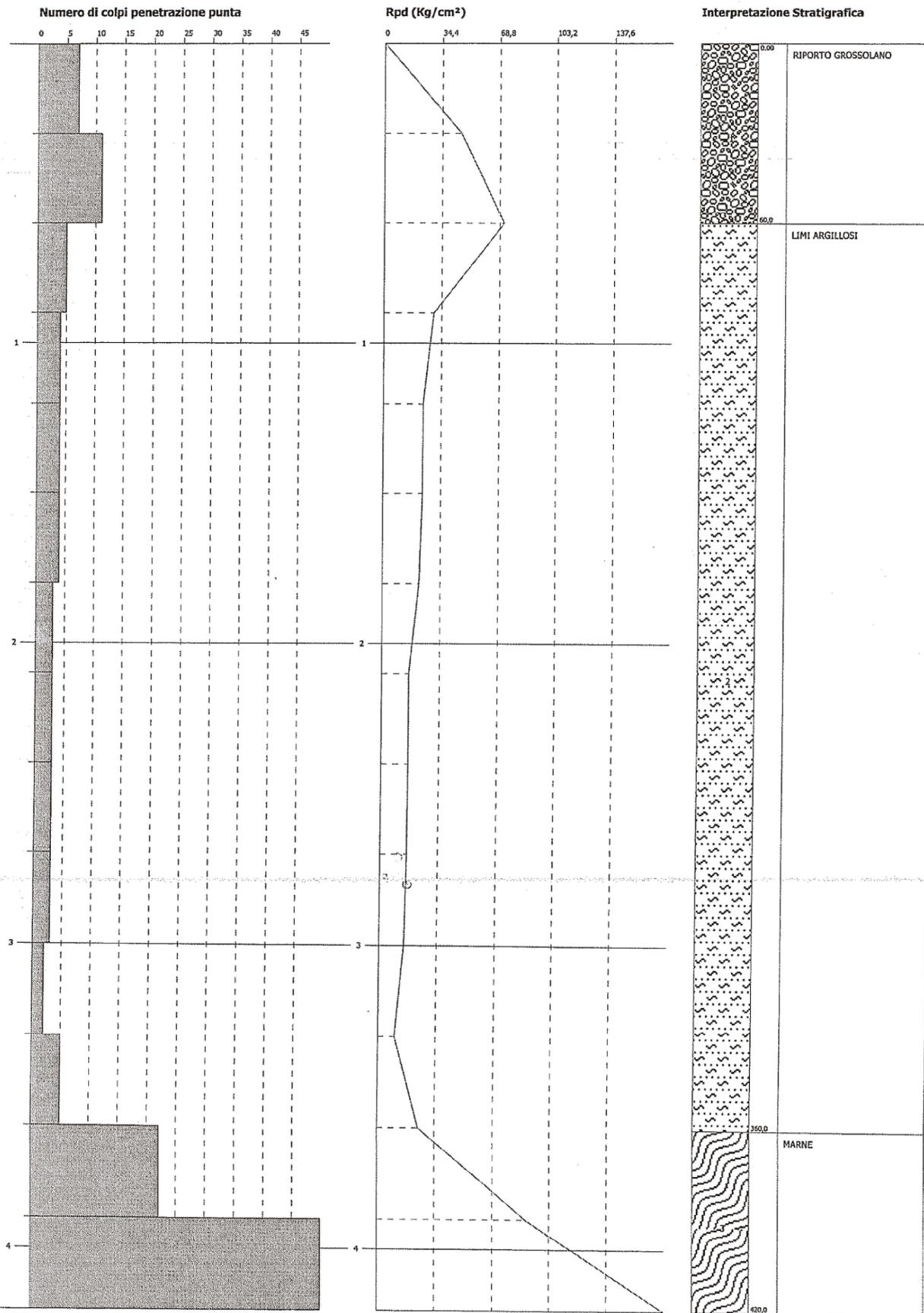


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : FILIPPI TIZIANO
 Cantiere : PIANO DI RECUPERO
 Località : CASINA via Marconi

Data :15/02/2008

Scala 1:19

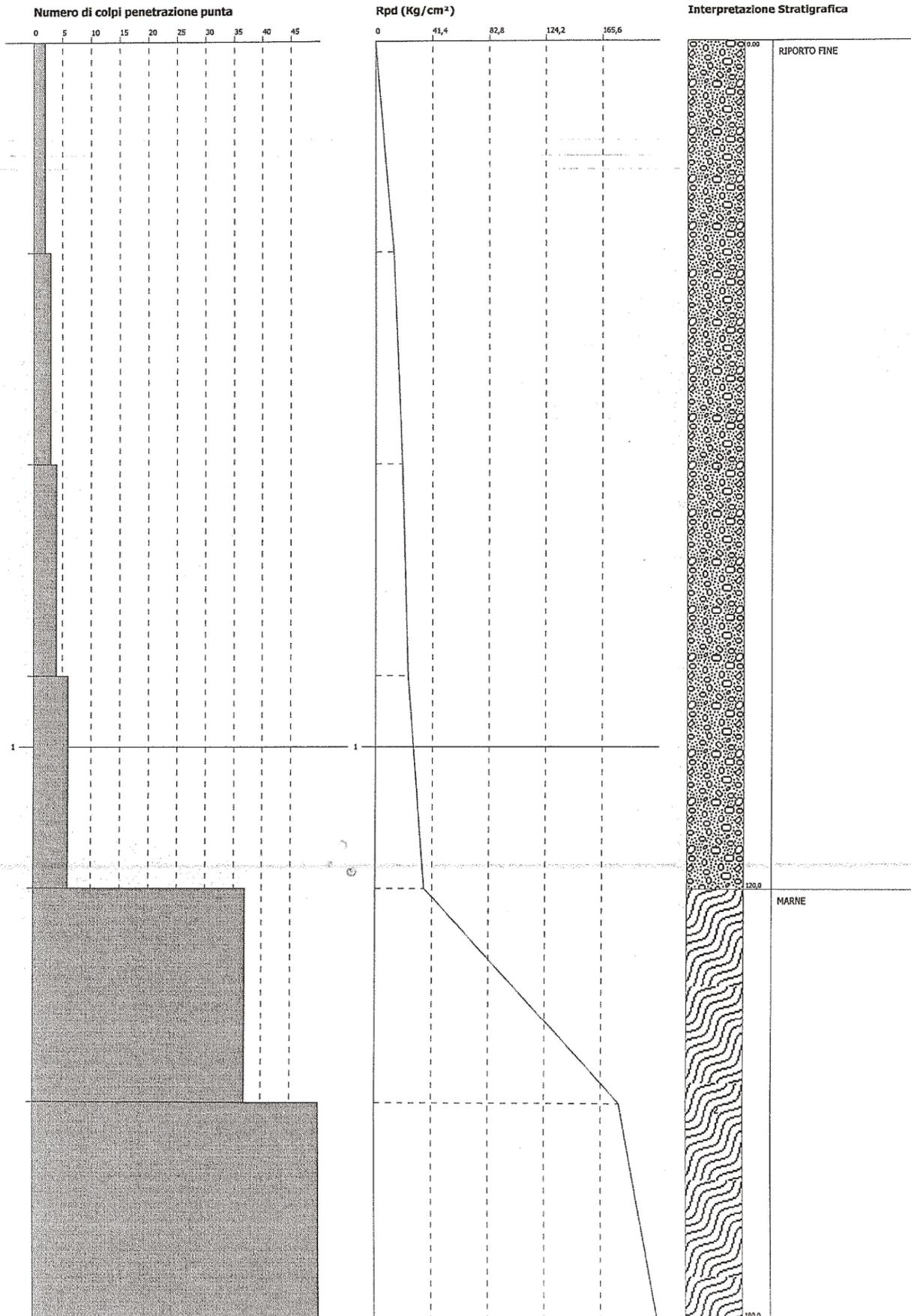


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3
Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : FILIPPI TIZIANO
Cantiere : PIANO DI RECUPERO
Località : CASINA via Marconi

Data :15/02/2008

Scala 1:8

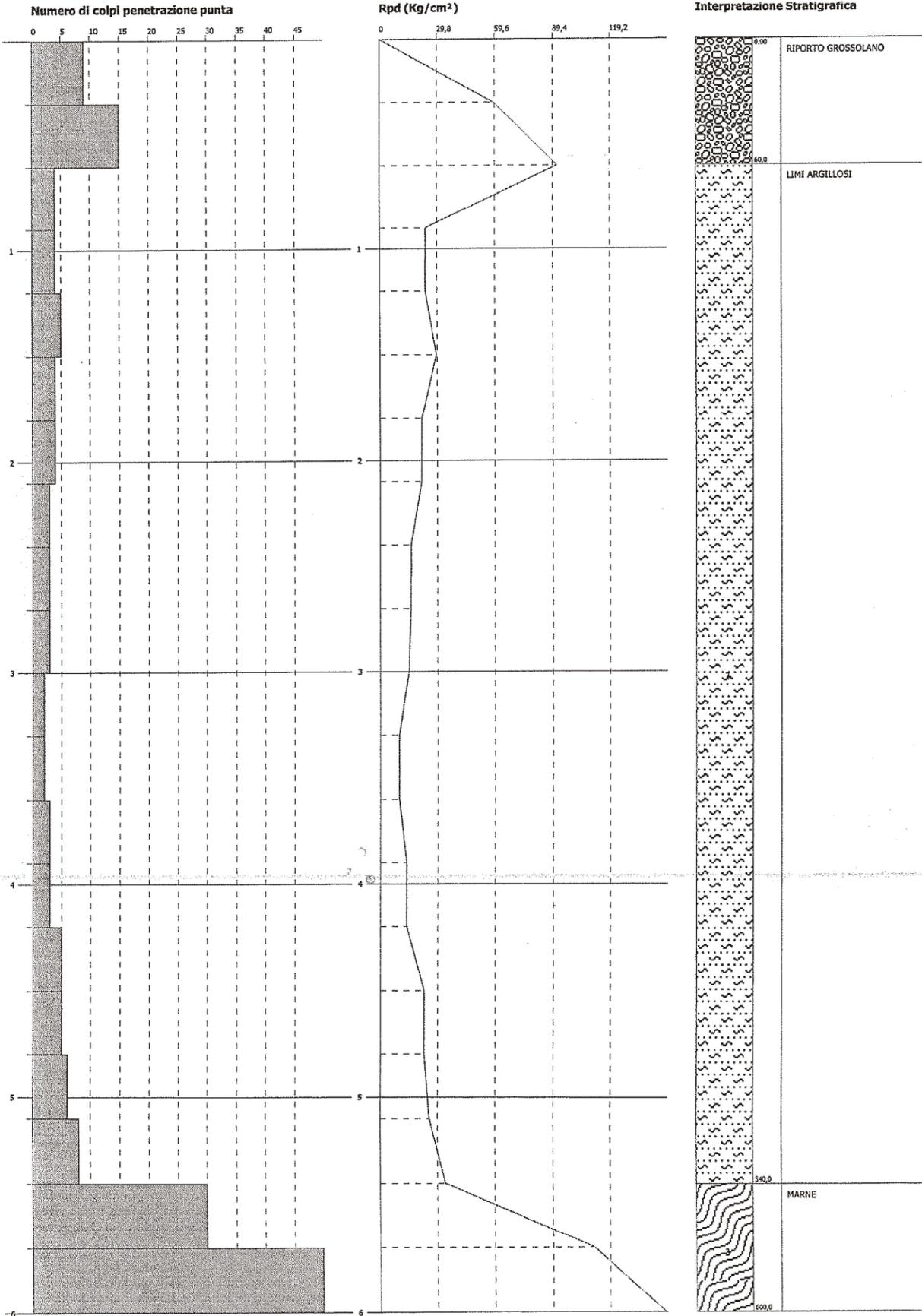


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4
Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : FILIPPI TIZIANO
 Cantiere : PIANO DI RECUPERO
 Località : CASINA via Marconi

Data :15/02/2008

Scala 1:27

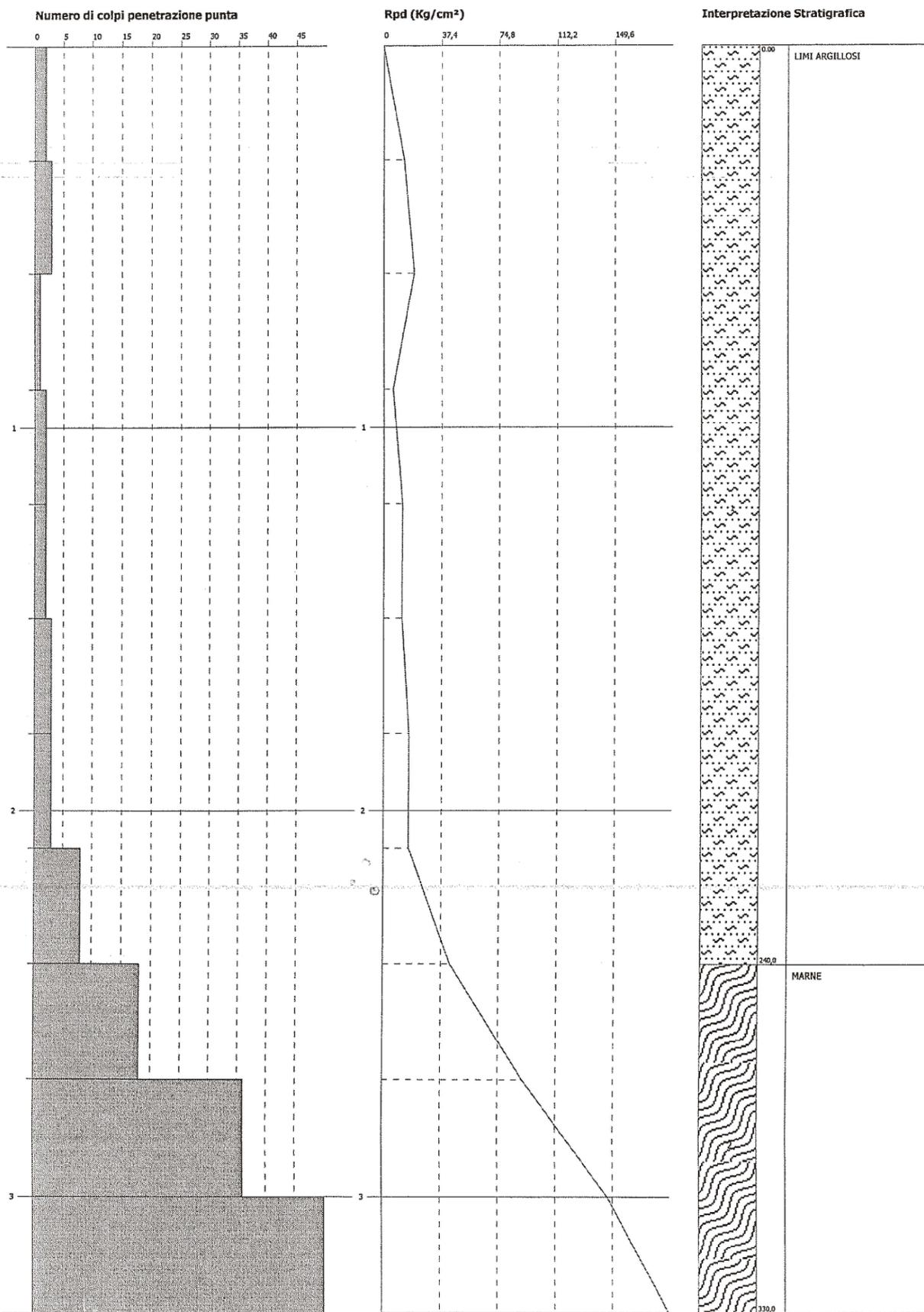


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.5
Strumento utilizzato... SCPT (Standard Cone Penetration Test)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : FILIPPI TIZIANO
 Cantiere : PIANO DI RECUPERO
 Località : CASINA via Marconi

Data : 15/02/2008

Scala 1:15



PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	72,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	6 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1,50 m
Peso aste a metro	7 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	1,15
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

PROVA Nr.1

Strumento utilizzato SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Prova eseguita in data 15/02/2008

Profondità prova 7,20 mt

Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,30	32	0,703	172,80	245,91	8,64	12,30
0,60	48	0,647	238,65	368,86	11,93	18,44
0,90	9	0,842	53,80	63,93	2,69	3,20
1,20	7	0,836	41,58	49,72	2,08	2,49
1,50	5	0,831	29,52	35,52	1,48	1,78
1,80	4	0,826	23,48	28,41	1,17	1,42
2,10	4	0,822	21,70	26,41	1,09	1,32
2,40	3	0,817	16,19	19,81	0,81	0,99
2,70	4	0,813	21,47	26,41	1,07	1,32
3,00	4	0,809	19,96	24,68	1,00	1,23
3,30	3	0,805	14,89	18,51	0,74	0,93
3,60	3	0,801	14,82	18,51	0,74	0,93
3,90	4	0,797	18,46	23,16	0,92	1,16
4,20	2	0,794	9,19	11,58	0,46	0,58
4,50	2	0,790	9,15	11,58	0,46	0,58
4,80	2	0,787	9,11	11,58	0,46	0,58
5,10	4	0,784	17,10	21,81	0,85	1,09
5,40	4	0,781	17,03	21,81	0,85	1,09
5,70	3	0,778	12,73	16,36	0,64	0,82
6,00	5	0,775	19,98	25,77	1,00	1,29
6,30	6	0,773	23,90	30,92	1,19	1,55
6,60	7	0,770	27,79	36,07	1,39	1,80
6,90	11	0,768	41,27	53,73	2,06	2,69
7,20	30	0,666	97,55	146,55	4,88	7,33

PROVA Nr.2

Strumento utilizzato SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Prova eseguita in data 15/02/2008

Profondità prova 4,20 mt

Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,30	7	0,853	45,87	53,79	2,29	2,69
0,60	11	0,847	71,60	84,53	3,58	4,23
0,90	5	0,842	29,89	35,52	1,49	1,78
1,20	4	0,836	23,76	28,41	1,19	1,42
1,50	4	0,831	23,62	28,41	1,18	1,42
1,80	4	0,826	23,48	28,41	1,17	1,42
2,10	3	0,822	16,28	19,81	0,81	0,99
2,40	3	0,817	16,19	19,81	0,81	0,99
2,70	3	0,813	16,10	19,81	0,81	0,99
3,00	3	0,809	14,97	18,51	0,75	0,93
3,30	2	0,805	9,93	12,34	0,50	0,62
3,60	5	0,801	24,70	30,85	1,24	1,54
3,90	22	0,697	88,79	127,35	4,44	6,37
4,20	50	0,594	171,84	289,44	8,59	14,47

PROVA Nr.3

Strumento utilizzato SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Prova eseguita in data 15/02/2008

Profondità prova 1,80 mt

Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,30	2	0,853	13,11	15,37	0,66	0,77
0,60	3	0,847	19,53	23,05	0,98	1,15
0,90	4	0,842	23,91	28,41	1,20	1,42
1,20	6	0,836	35,64	42,62	1,78	2,13
1,50	37	0,681	179,03	262,81	8,95	13,14
1,80	50	0,626	222,44	355,15	11,12	17,76

PROVA Nr.4

Strumento utilizzato SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Prova eseguita in data 15/02/2008

Profondità prova 6,00 mt

Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,30	9	0,853	58,97	69,16	2,95	3,46
0,60	15	0,797	91,87	115,27	4,59	5,76
0,90	4	0,842	23,91	28,41	1,20	1,42
1,20	4	0,836	23,76	28,41	1,19	1,42
1,50	5	0,831	29,52	35,52	1,48	1,78
1,80	4	0,826	23,48	28,41	1,17	1,42
2,10	4	0,822	21,70	26,41	1,09	1,32
2,40	3	0,817	16,19	19,81	0,81	0,99
2,70	3	0,813	16,10	19,81	0,81	0,99
3,00	3	0,809	14,97	18,51	0,75	0,93
3,30	2	0,805	9,93	12,34	0,50	0,62
3,60	2	0,801	9,88	12,34	0,49	0,62
3,90	3	0,797	13,84	17,37	0,69	0,87
4,20	3	0,794	13,78	17,37	0,69	0,87
4,50	5	0,790	22,88	28,94	1,14	1,45
4,80	5	0,787	22,78	28,94	1,14	1,45
5,10	6	0,784	25,65	32,72	1,28	1,64
5,40	8	0,781	34,07	43,62	1,70	2,18
5,70	30	0,678	110,94	163,58	5,55	8,18
6,00	50	0,575	148,28	257,66	7,41	12,88

PROVA Nr.5

Strumento utilizzato SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Prova eseguita in data 15/02/2008

Profondità prova 3,30 mt

Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,30	2	0,853	13,11	15,37	0,66	0,77
0,60	3	0,847	19,53	23,05	0,98	1,15
0,90	1	0,842	5,98	7,10	0,30	0,36
1,20	2	0,836	11,88	14,21	0,59	0,71
1,50	2	0,831	11,81	14,21	0,59	0,71
1,80	3	0,826	17,61	21,31	0,88	1,07
2,10	3	0,822	16,28	19,81	0,81	0,99
2,40	8	0,817	43,17	52,83	2,16	2,64
2,70	18	0,763	90,67	118,86	4,53	5,94
3,00	36	0,659	146,29	222,10	7,31	11,10
3,30	50	0,605	186,53	308,47	9,33	15,42

ALLEGATO 2

**CERTIFICATO DELL'ANALISI DI LABORATORIO EFFETTUATO
SUL CAMPIONE DI TERRENO (C1) PRELEVATO NEL SAGGIO S1**



APERTURA CAMPIONE INDISTURBATO (Racc. A.G.I. 1977)

	Accettazione N°	465/2019	
Committente	GEOSTUDIO GEOLOGI ASSOCIATI		
Descrizione campione	Terra – Campione indisturbato		
Identificazione campione	C.I. 1 (-1,00 ÷ -1,30)		
Cantiere/Opera	Scarpata nuova Piazza (ex PR1) di Casina – Comune di Casina (RE)		
Data ricevimento	Data apertura	Data esecuzione prova	Data emissione
09/05/2019	09/05/2019	09/05/2019	20/05/2019

DESCRIZIONE

Argilla limosa con sporadici calcinelli.
 Classificazione del campione (Racc.A.G.I. 1977): Q5.
 Lunghezza totale carota: 26cm

Resistenza alla penetrazione (pocket penetrometer)				Resistenza al taglio non drenata c_u (vane test)			
Valori (daN/cm ²)	3,2	4,0	3,4	Valori (daN/cm ²)	1,6	2,0	1,7
Posizione (cm da tetto carota)	6	15	20	Posizione (cm da tetto carota)	8	17	22



Particolari del campione e delle fasi analitiche

Lo Sperimentatore

Alex Orlandini
 Dott. Alex Orlandini

La Direzione Tecnica

Studio tecnologico M & M
 Consulenza materie prime e prove materiali
 Dott. Gen. Mazzoni Michele

Strumentazione utilizzata per la prova

Scissometro da Laboratorio - Tecnotest (Codice interno SC01)
 Penetrometro da Laboratorio - Eurolab (Codice interno PP01)



PESO DELL'UNITA' DI VOLUME DEI GRANULI SOLIDI (CNR UNI 10013:1964)

Rapporto di prova N°	GGA_465-2019_PS1	Accettazione N°	465/2019
Committente	GEOSTUDIO GEOLOGI ASSOCIATI		
Descrizione campione	Terra – Campione indisturbato		
Identificazione campione	C.I. 1 (-1,00 ÷ -1,30)		
Cantiere/Opera	Scarpata nuova Piazza (ex PR1) di Casina – Comune di Casina (RE)		
Data ricevimento	Data apertura	Data esecuzione prova	Data emissione
09/05/2019	09/05/2019	09/05/2019 – 20/05/2019	20/05/2019

Peso dell'unità di volume dell'acqua γ_w (daN/dm ³)	0,9788
---	--------

Campione	Identificazione campione	Metodo utilizzato	Massa del cestello/picnometro contenenti il campione di aggregato saturo	Massa del cestello immerso/picnometro saturo d'acqua, privi del campione	Massa secca	Peso dell'unità di volume dei granuli solidi
			P1 (g)	P2 (g)	P3 (g)	γ_s (daN/dm ³)
C11	A	picnometro	412,74	377,83	54,65	2,71
	B	picnometro	412,54	378,54	53,47	2,69

Lo Sperimentatore  Dott. Alex Orlandini	La Direzione Tecnica Studio tecnologico M & M Consulenza materie prime e prove materiali Dott. Geol. Mazzoni Michele
Strumentazione utilizzata per la prova:	Apparecchiature per massa volumica Picnometro Tecnotest (Codice interno MP01-2)

Note

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D 3080:2011, Racc. AGI/94)**

Rapporto di prova N°	GGA_465-2019_TD1	Accettazione N°	465/2019
Committente	GEOSTUDIO GEOLOGI ASSOCIATI		
Descrizione campione	Terra – Campione indisturbato		
Identificazione campione	C.I. 1 (-1,00 + -1,30)		
Cantiere/Opera	Scarpata nuova Piazza (ex PR1) di Casina – Comune di Casina (RE)		
Data ricevimento	Data apertura	Data esecuzione prova	Data emissione
09/05/2019	09/05/2019	09/05/2019 – 20/05/2019	20/05/2019

CONDIZIONI INIZIALI

Campione	Peso dell'unità di volume	Peso dell'unità di volume dei granuli solidi	Contenuto in acqua
	(daN/dm ³)	(daN/dm ³)	(%)
Provino1	1,91	2,70	23,7
Provino2	1,91	2,70	23,8
Provino3	1,91	2,70	24,3

CONSOLIDAZIONE

Provino	Tensione Verticale	Tempo di Consolidazione	Cedimento Finale
	(daN/cm ²)	(h)	(mm)
1	0,981	24	0,64
2	1,471	24	0,91
3	1,961	24	1,17

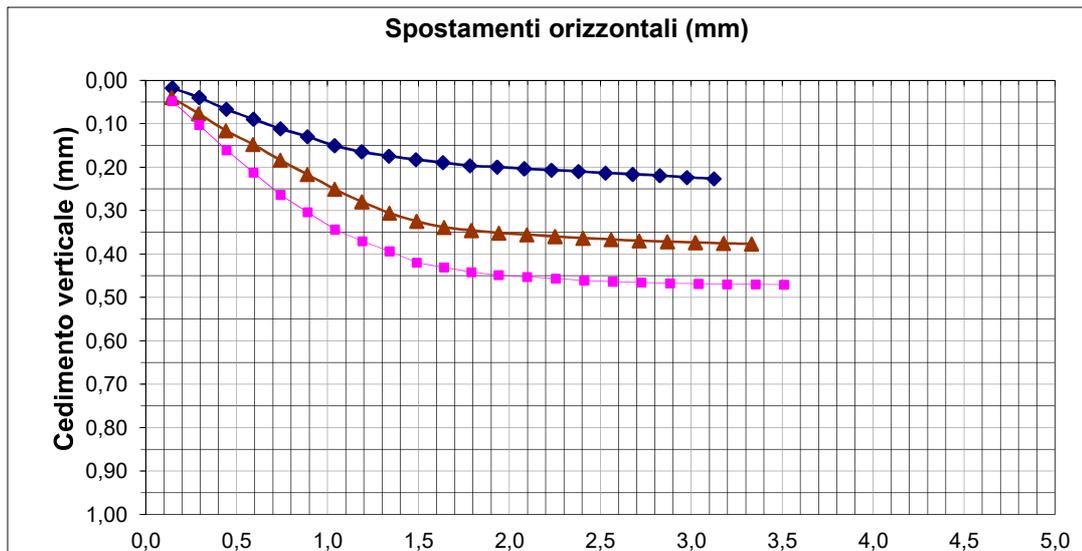
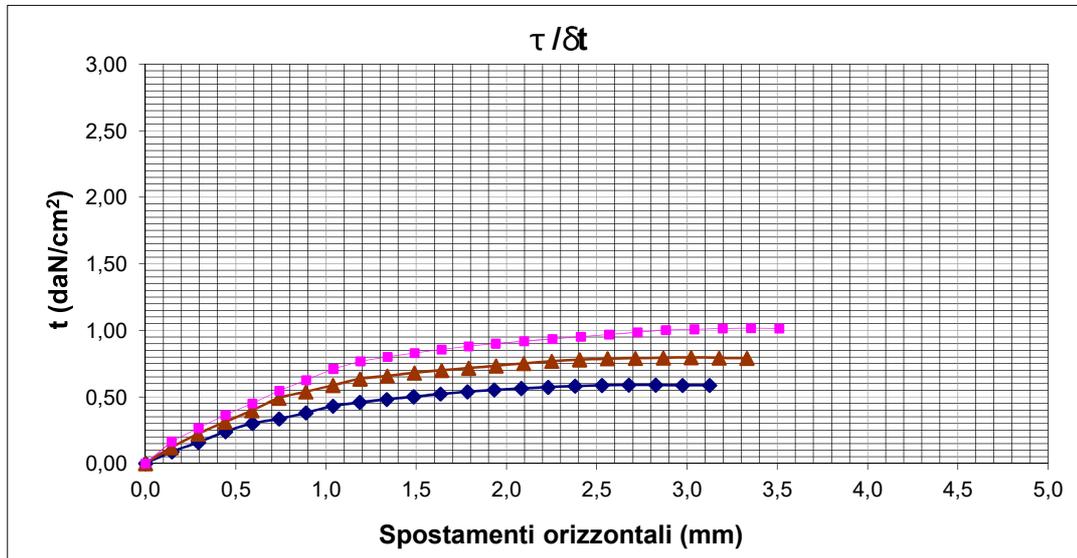


Rapporto di prova N°

GGA_465-2019_TD1

Data emissione

20/05/2019



Lo Sperimentatore

Alex Orlandini
Dott. Alex Orlandini

La Direzione Tecnica

Studio tecnologico M & M

Consulenza materie prime e prove materiali

Dott. Geol. Mazzoni Michele

NOTE:

Velocità di deformazione: 0,0025mm/min

Strumentazione utilizzata per la prova

Taglio diretto - Landi (Codice interno CC01-T)
Potenziometri - Leane (Codice interno PZ01-T, PZ02-T)
Apparecchiatura per prove di taglio diretto e mat. Accessorio
(Codice interno TD01)

NOTA TECNICA A COMMENTO DEL RAPPORTO DI PROVA:

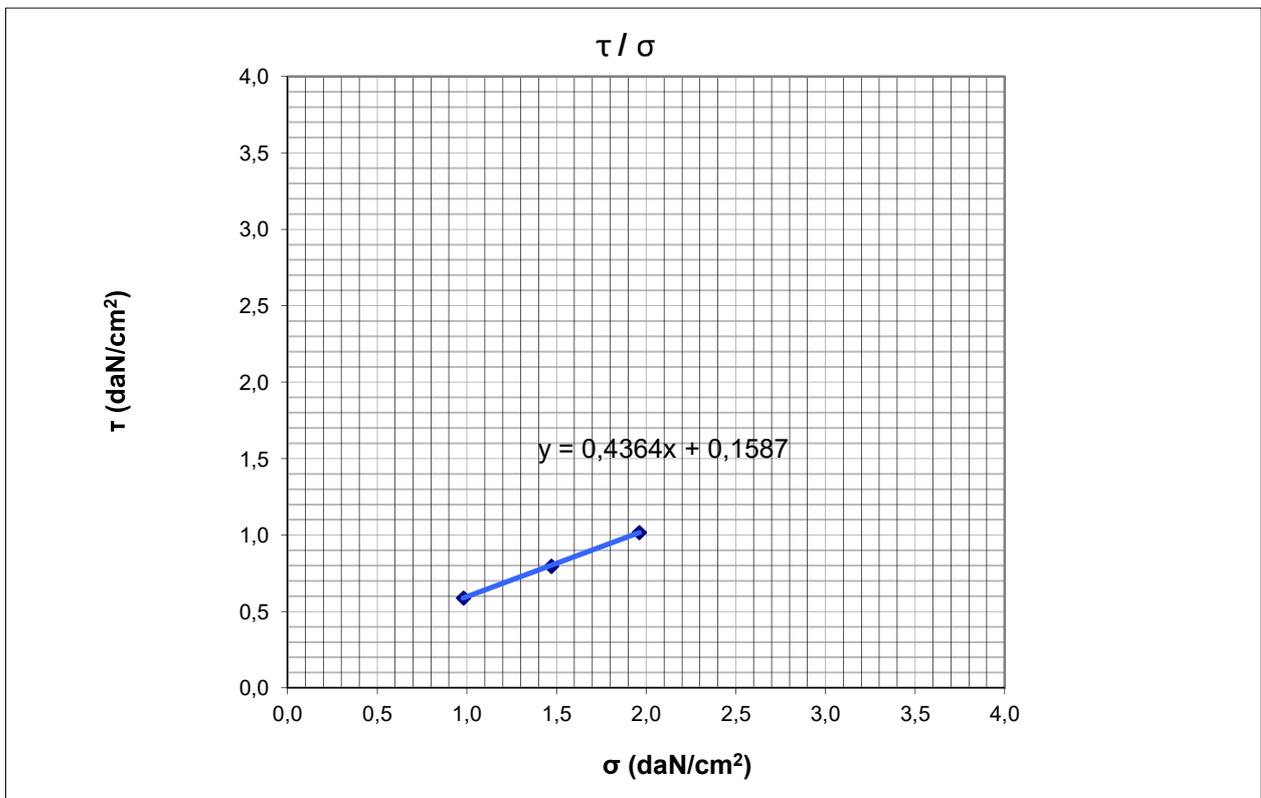
Rapporto di prova N°	GGA_465-2019_TD1	Data emissione	20/05/2019
-----------------------------	------------------	-----------------------	------------

In ottemperanza alle disposizioni della Circolare Ministeriale n°7618 Vi trasmettiamo i dati desumibili dai risultati di laboratorio.

ROTTURA

Provino	Sforzo di Taglio	Sforzo normale	Deformazione trasversale	Deformazione normale
	(daN/cm ²)	(daN/cm ²)	(mm)	(mm)
1	0,589	0,981	2,68	0,217
2	0,796	1,471	3,02	0,374
3	1,017	1,961	3,35	0,470

ANGOLO DI ATTRITO ϕ'	(gradi)	23,6
COESIONE C'	(daN/cm ²)	0,16



NOTE: I valori dello sforzo di taglio di picco riportati in tabella sono diagrammati in funzione dello sforzo di taglio normale applicato per la determinazione dei parametri geotecnici C' e ϕ' .
La retta blu nel grafico σ/τ rappresenta l'andamento dell'involuppo di rottura lineare nelle condizioni di taglio di picco.

ALLEGATO 3

INDAGINE GEOFISICA TRAMITE TECNICA MASW

**GEOSTUDIO Geologi Associati
di Merlini - Monelli - Mattioli**

C.F.: 01670340353
P.IVA: 01670340353

Via C. Franceschini, 26
42035 Castelnovo ne' Monti (RE)

Tel: 0522 811948

Fax: 0522 811948

e-mail: gstdmmm@libero.it

Data prova: 14 maggio 2019 ore 17.30

Committente: **Amministrazione Comunale di Casina (RE)**

Cantiere: **Via Marconi (Ambito ACR1 in Variante al PSC / RUE))**

Località: **Comune di Casina (RE)**

Il Tecnico: **Geol. Federico Mattioli**

Indice

Masw	2
Strumentazione adottata	3
Tracce	3
Analisi spettrale	4
Curva di dispersione	5
Inversione	6
Profilo di velocità	7
Risultati	7
Sismostratigrafia e funzione di trasferimento	8

MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P**-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S**-Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L**-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R**-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

Strumentazione adottata

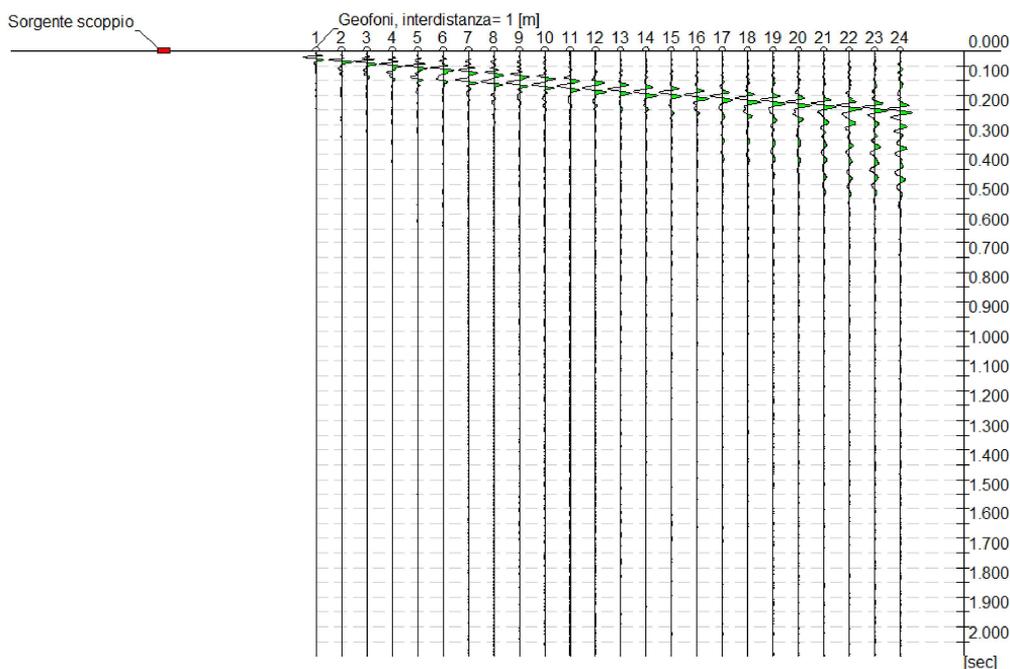
L'indagine è stata effettuata tramite sismografo 12 canali della Dolang di Genova (JEA 24 bit), gestito da computer, avente le seguenti caratteristiche:

- 12 canali a registrazione separata. Registrazione separata dei canali anche su computer
- Trattamento segnale a 24 bit
- Valore dell'intervallo tra un campione ed il successivo (sample rate) da 30 a 32000 microsecondi
- Frequenza di campionamento (inverso del sample rate) da circa 30 Hz a 32000 Hz
- Numero campionamenti per canale da 256 a 4096
- Durata del campionamento (numero campionamenti x sample rate) da 0,064 a circa 130 secondi

Sono state effettuati due stendimenti interposti con 12 geofoni da 4,5 Hz ciascuno. Per l'elaborazione dei dati è stato utilizzato il programma Esay Masw della Geostru.

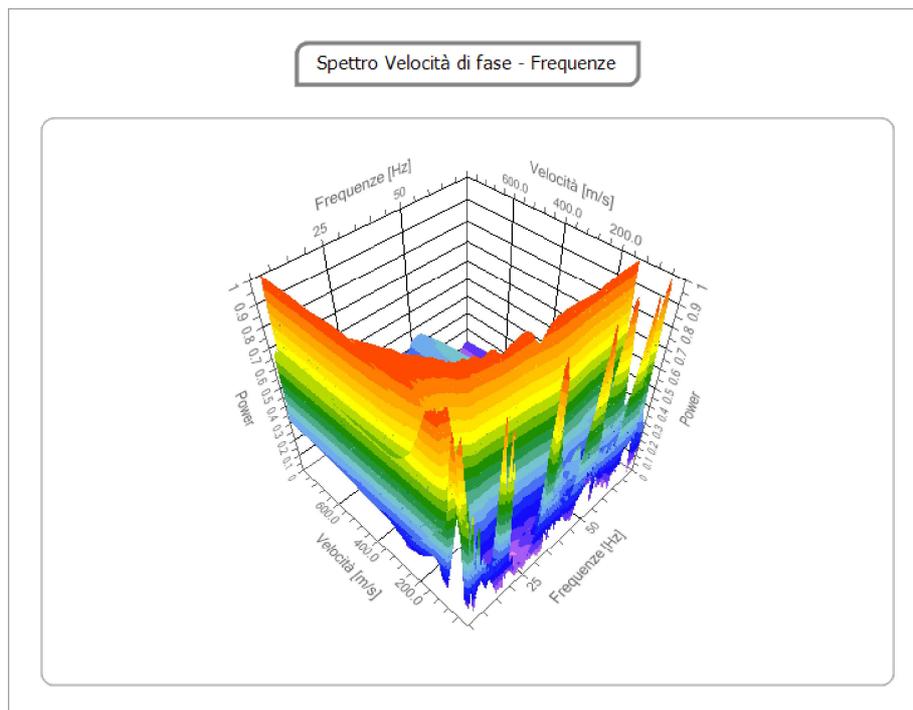
Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	2048.0
Interdistanza geofoni [m]	1.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



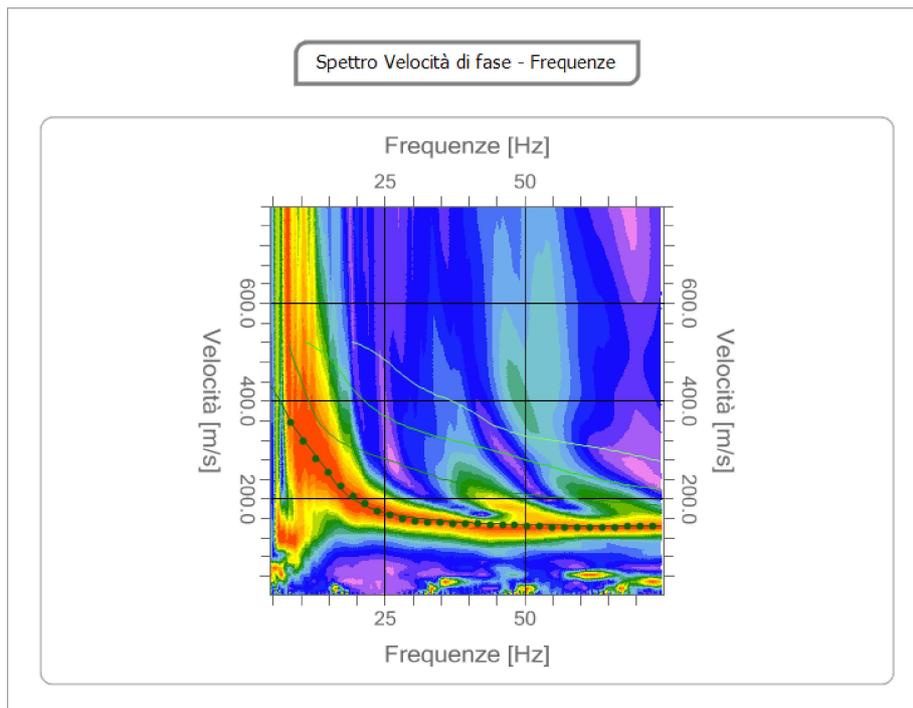
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	4.5
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	75
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	8.2	356.5	0
2	10.4	317.6	0
3	12.6	282.7	0
4	14.9	252.3	0
5	17.1	226.6	0
6	19.3	205.5	0
7	21.6	188.6	0
8	23.8	175.7	0
9	26.0	166.1	0
10	28.2	159.3	0
11	30.5	154.8	0
12	32.7	151.9	0
13	34.9	150.2	0
14	37.2	149.2	0
15	39.4	148.6	0
16	41.6	148.0	0
17	43.9	147.3	0
18	46.1	146.4	0
19	48.3	145.3	0
20	50.5	144.1	0
21	52.8	142.8	0
22	55.0	141.7	0
23	57.2	141.0	0
24	59.5	140.8	0
25	61.7	141.0	0
26	63.9	141.5	0
27	66.1	142.2	0
28	68.4	142.9	0
29	70.6	143.3	0
30	72.8	142.9	0



Inversione

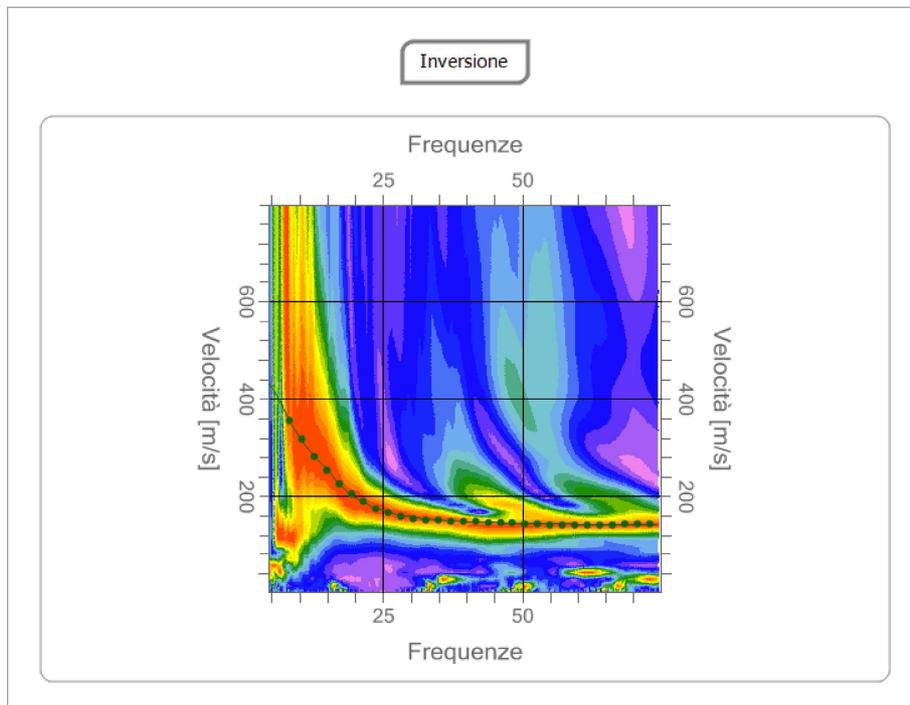
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		1.82	1.82	1900.0	0.40	No	366.5	149.6
2		2.97	1.15	1950.0	0.40	No	397.0	162.1
3		5.87	2.90	1950.0	0.40	No	569.8	232.6
4		14.11	8.24	2000.0	0.35	No	709.8	341.0
5		22.66	8.56	2100.0	0.35	No	895.1	430.0
6		∞	∞	2150.0	0.30	No	974.2	520.7

Percentuale di errore

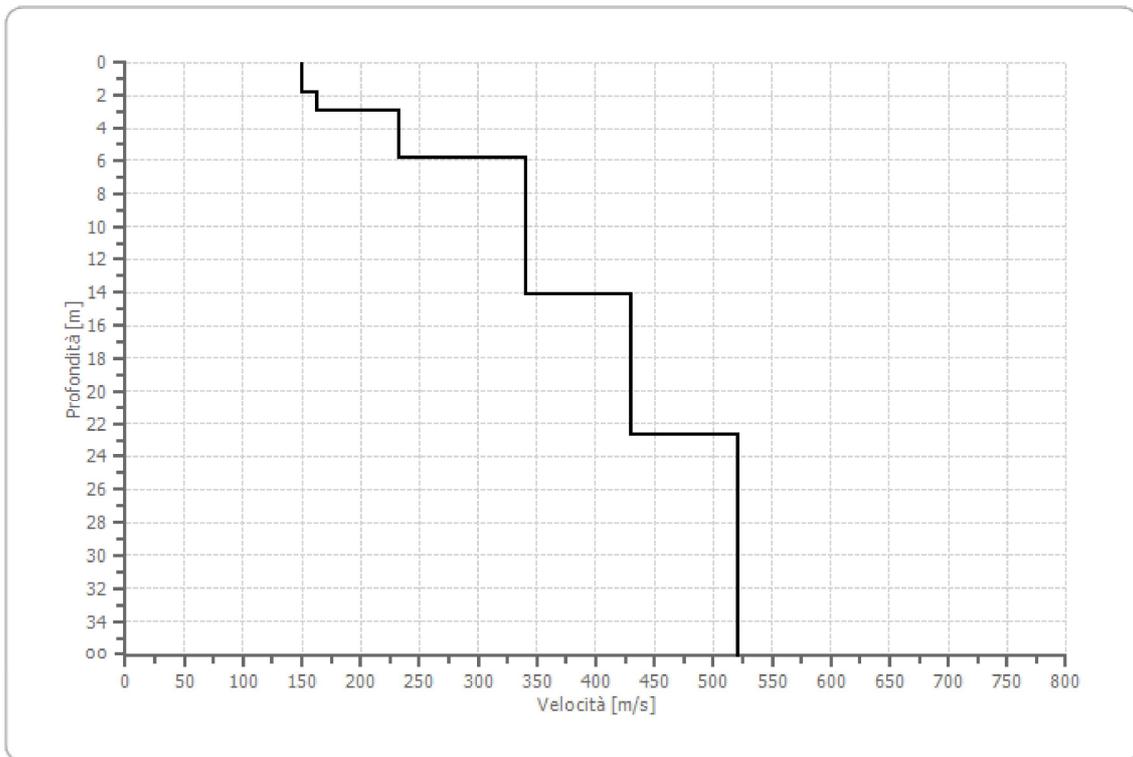
0.007 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.008



Profilo di velocità

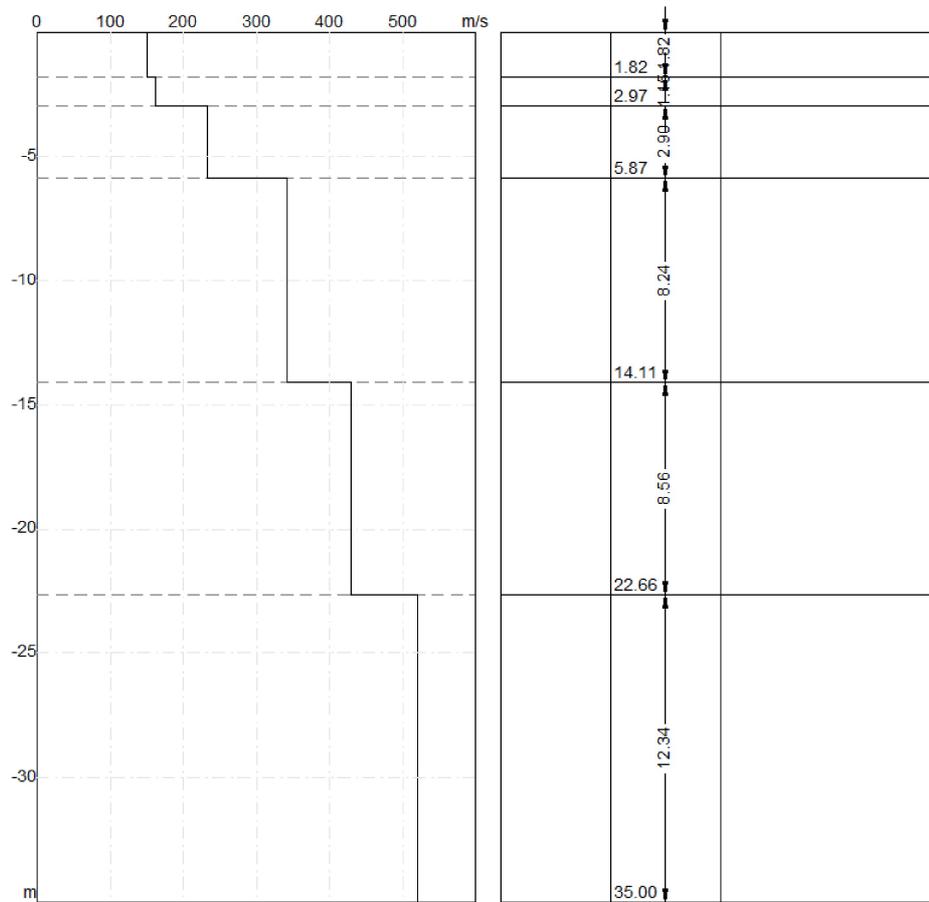


Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	334.84
Categoria del suolo	C

Sottosuolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Sismostratigrafia



Funzione di trasferimento

