

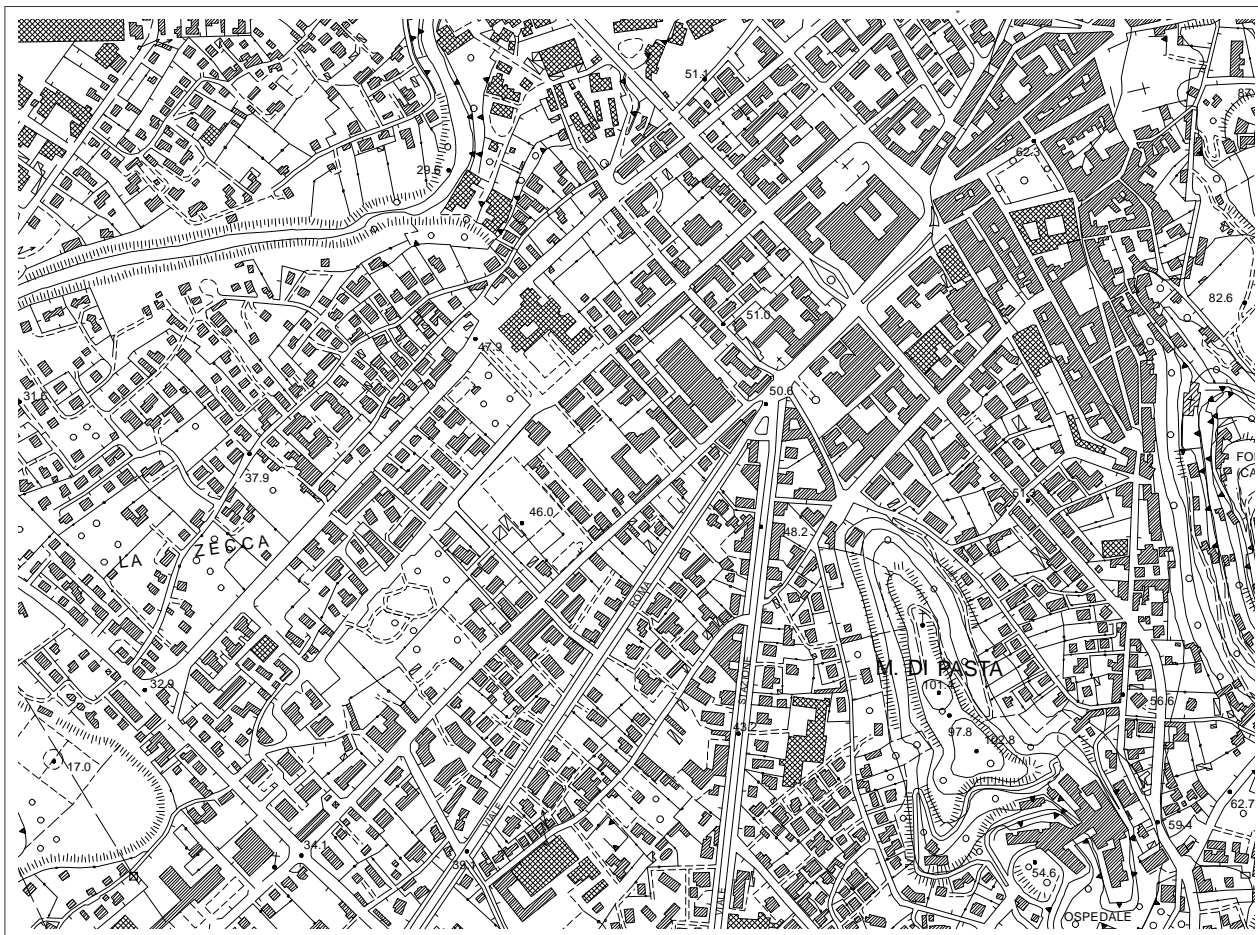


PROVINCIA DI MASSA - CARRARA

MODELLO GEOLOGICO, GEOTECNICO E SISMICO
A SUPPORTO DEL PROGETTO
DI TENSOSTRUTTURA IN LEGNO LAMELLARE
AD USO DI PALESTRA SCOLASTICA CON LOCALI DI SERVIZIO INTERRATI
IN VIA GALILEO GALILEI NEL COMUNE DI MASSA

RELAZIONE GEOLOGICA E SULLE INDAGINI GEOTECNICHE

Committente: Provincia di Massa - Carrara



STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA
GEOL. ANDREA PICCININI

Il tecnico: dott. geologo Andrea Piccinini

Tel. Fax 0585-499437
Cell. 349 8192000

e-mail geopiccinini@interfree.it
p. IVA 01041990456

Indice

1 - Premessa	3
1.1. Metodologia e finalità.....	3
2 - Analisi dei vincoli gravanti sul sito e pericolosità dell'area	4
2.1. Vincoli gravanti sul sito	4
2.2. Pericolosità dell'area	4
2.3. Fattibilità dell'intervento	5
3 - Relazione geologica	6
3.1. Inquadramento geologico e geomorfologico	6
3.2. Elementi geomorfologici di rilievo	7
3.3. Caratteristiche idrogeologiche dei terreni indagati	8
4 - Indagini dirette ed indirette sull'area di studio	9
4.1. Premessa	9
4.2. Sondaggio geognostico	10
4.3. Prove S.P.T. eseguite all'interno del foro di sondaggio S1	10
4.4. Prove penetrometriche statiche dinamiche	11
4.4.1 Caratterizzazione litostratigrafica ricavate dalle prove penetrometriche	13
4.5. Sismica a rifrazione	13
4.5.1 Descrizione della sezione Via Galileo Galilei 1-1'	14
4.6. Misura del livello di falda.....	14
5 - Modello geotecnico	15
6 - Condizioni sismiche	18
7 - Misure per il contenimento dell'impermeabilizzazione del suolo	25
8 - Conclusioni.....	26

Allegati

- All. n° 1** - Inquadramento aerofotogrammetrico (scala 1:10.000);
- All. n° 2** - Carta geologica e geomorfologica (scala 1:5.000);
- All. n° 3** - Carta della pericolosità geologica (scala 1:5.000);
- All. n° 4** - Carta della pericolosità sismica (scala 1:5.000);
- All. n° 5** - Carta della pericolosità idraulica allo stato attuale (scala 1:5.000);
- All. n° 6** - Carta delle indagini geologiche (scala 1:200);
- All. n° 7** - Sezione geologica interpretativa A-A' (scala 1:100);
- All. n° 8** - Sezione geologica interpretativa B-B' (scala 1:100);
- All. n° 9** - Log stratigrafico;
- All. n° 10** - Documentazione fotografica;
- All. n° 11** - Parametri sismici.

Allegati fuori testo

All. n° 12 - Indagine geognostica, consistente in uno stendimento di sismica a rifrazione con onde SH e due prove penetrometriche dinamiche superpesanti, eseguita in un'area posta lungo Via Galileo Galilei, in cui è prevista la costruzione di una palestra (Geognostica Apuana snc).

1 - Premessa

Su incarico dell'Amministrazione della Provincia di Massa - Carrara è stato eseguito uno studio geologico, geomorfologico ed idrogeologico finalizzato alla definizione del modello geologico, geotecnico e sismico relativo al progetto di tensostruttura in legno lamellare ad uso palestra scolastica con locali di servizio interrati sito in via Galileo Galilei nel Comune di Massa (MS).

La relazione tecnica che segue è stata redatta in conformità con la vigente legislazione in materia ed in particolare con quanto disposto dal D.M. 14/01/2008 e dalla relativa circolare applicativa (Circolare LL.PP. n° 617 del 02/02/2009 "Istruzioni per l'applicazione delle NTC di cui al D.M.14 gennaio 2008") sulle "Norme tecniche per le costruzioni".

Ai sensi del DPGR n.36/R del 9/7/2009 (Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico) il progetto può essere assimilato ad un intervento edilizio che rientra nella classe di indagine 3, comportando un aumento di volume compreso tra 1500 m³ e 6000 m³.

Il presente studio è stato redatto sulla base delle conoscenze geologico tecniche, geomorfologiche ed idrogeologiche di superficie, ha previsto l'esecuzione di n°1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo, n°3 indagini SPT in foro e n°2 prove penetrometriche statiche/dinamiche super-pesanti (CPT/DPSH) per determinare le caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni. Inoltre è stato realizzato n°1 stendimento con sismica a rifrazione con onde SH che ha consentito, unitamente alle informazioni desunte da indagini condotte in prossimità dell'area in esame, di valutare lo spessore e le geometrie degli orizzonti presenti, ricavare indicazioni sulle caratteristiche elastiche dei terreni indagati ed individuare la categoria di sottosuolo del sito in oggetto.

1.1. Metodologia e finalità

La metodologia applicata per la stesura della presente relazione è in accordo con le normative sopra citate ed è stata sviluppata attraverso le seguenti fasi:

- ricerca bibliografica di studi a contenuto geologico-tecnico, geomorfologico ed idrogeologico, afferenti l'area di intervento;
- inquadramento geologico, geomorfologico di dettaglio su una congrua superficie nell'intorno dell'area di interesse;
- esecuzione di n° 1 sondaggio geognostico;
- esecuzione di n° 3 prove spt;

- esecuzione di n° 2 indagini penetrometriche statiche/dinamiche super-pesanti;
- esecuzione di n° 1 stendimento con sismica a rifrazione con onde SH;
- elaborazione di tutte le notizie ricavate;
- caratterizzazione e modellazione geologica del sito (§ 6.2.1 NTC/2008 e § C6.2.1 (Circolare 2 Febbraio 2009, n°617 - C.S.LL.PP.);
- caratterizzazione e modellazione sismica del sito (§ 3.2 NTC/2008 e § C3.2 Circolare 2 Febbraio 2009, n°617 - C.S.LL.PP.).

2 - Analisi dei vincoli gravanti sul sito e pericolosità dell'area

2.1. Vincoli gravanti sul sito

Come risulta dall'analisi della "Carta dei vincoli e delle salvaguardie sovracomunali", tratta dal Piano Strutturale, il sito in oggetto non risulta assoggettato al vincolo idrogeologico ai sensi del R.D. n°3267 del 30/12/1923.

Nella "Carta della Tutela del Territorio" del Piano di Assetto Idrogeologico, predisposta dal Bacino Regionale Toscana Nord, il sito in esame non risulta incluso nelle aree a pericolosità geomorfologica.

Nella carta della "Pericolosità Idraulica" del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni predisposta dal Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale il sito in esame risulta incluso nelle aree a pericolosità da alluvione fluviale bassa - P1, che corrisponde ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni e comunque corrispondenti al fondovalle alluvionale.

Si rileva inoltre che l'area in studio non ricade all'interno del Sito di Interesse Regionale istituito con D.M. 29/10/2013.

2.2. Pericolosità dell'area

Nel 2015 con l'aggiornamento del quadro conoscitivo del Piano Strutturale del Comune di Massa, ai sensi del D.P.G.R. n. 53/R del 25 ottobre 2011, sono state redatte la "Carte della pericolosità Geologica", la "Carta della pericolosità Sismica" e la "Carta della pericolosità Idraulica".

Dall'esame della "Carta della pericolosità Geologica" (Allegato n°3), si osserva che l'area di studio ricade all'interno della "G.1_Pericolosità bassa": Aree in cui i processi geomorfologici e

le caratteristiche litologiche e giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi, Aree di conoide del F. Frigido senza condizionamenti d'ordine geologico in senso lato.

Dall'esame della "Carta della pericolosità Sismica" (Allegato n°4), si osserva che l'area di studio ricade all'interno della "S.2_Pericolosità sismica media": zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3.

Dall'esame della "Carta della pericolosità Idraulica" (Allegato n°5), si osserva che l'area di interesse ricade all'interno della "I.1_Pericolosità idraulica bassa": aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni: non vi sono notizie storiche di inondazioni; sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda).

2.3. Fattibilità dell'intervento

L'intervento in progetto denominato "*Realizzazione di tensostruttura in legno lamellare ad uso palestra scolastica con locali di servizio interrati*" ai sensi del R.U. adottato si può configurare come "Nuova edificazione (Ne) in zone esterne alle aree PIME, PIE, PFME e PFE superiore a 50 mq", pertanto è possibile definire le tre tipologie di Fattibilità (geologica, idraulica e sismica) tramite la Matrice 1 della Fattibilità unita in Allegato 1 alle Norme Tecniche Geologiche di Attuazione, come riportato nel seguente schema matriciale.

	CLASSE DI PERICOLOSITA'	CLASSE DI FATTIBILITA'
Pericolosità geologica	G1	F2g
Pericolosità idraulica	I1	F1i
Pericolosità sismica	S2	F2s

Agli art. 33, 38 e 43 delle Norme Tecniche Geologiche di Attuazione a supporto del R.U., sono riportate le prescrizioni per tali classi di fattibilità.

Si conferma la fattibilità del progetto in esame (Realizzazione di tensostruttura in legno lamellare ad uso palestra scolastica con locali di servizio interrati) senza particolari prescrizioni dal punto di vista geotecnico, idrogeologico-idraulico e dal punto di vista sismico.

3 - Relazione geologica

3.1. Inquadramento geologico e geomorfologico

La pianura costiera apuana in cui è ubicato l'area di interesse presenta la morfologia tipica delle pianure costiere, essendo suddivisa in quattro fasce fisiografiche longitudinali a diversa natura:

- Una spiaggia sabbiosa continua attualmente in forte erosione tra il porto di Carrara e Marina di Massa;
- Una zona litoranea, dove è ubicato il sito di interesse, formata da depositi eolici e di spiaggia con resti di cordoni dunari. I cordoni dunari in realtà ad oggi sono in parte stati smantellati dall'intensa urbanizzazione della zona;
- Una fascia intermedia depressa, originariamente costituita da aree paludose e palustri attualmente in gran parte bonificata. Tale fascia occupa una zona retrodunale caratterizzata da un livello eterometrico di limi sabbiosi e argillosi con resti organici che sono il risultato della deposizione in queste aree dei materiali fini portati in sospensione dai corsi d'acqua minori;
- Una zona interna, dove è ubicato il sito di interesse, formata da depositi alluvionali per lo più limosi attuali e recenti che si raccorda ai rilievi apuani tramite i depositi di ghiaie terrazzati dei grandi coni di deiezione del Fiume Frigido, del Torrente Carrione e del Torrente Ricortola e dei coni minori relativi alle aste idriche che solcano le colline del Candia ad occidente e quelle del Monte Belvedere ad oriente. Questa zona è caratterizzata da forte urbanizzazione.

L'area in esame è posta ad una quota media di circa 47 m sul livello del mare in sinistra idrografica del Fiume Frigido in una zona con lieve pendenza verso Sud-Est (Allegato n°1). Tale pendenza è attribuibile al fatto che il sito in studio è ubicato nella parte medio-alta della conoide alluvionale del Fiume Frigido. La pendenza del grande cono del Frigido è modesta, dato che la sua culminazione è posta a quota 65 m s.l.m. circa in località S. Lucia e il bordo più esterno, attualmente visibile, si trova a circa 3.500 m di distanza a circa 2 Km dalla costa. La formazione della conoide alluvionale è da ricondurre alle azioni, di diverso tipo, esercitate in diversi momenti e fasi dalle acque del Fiume Frigido. Infatti se consideriamo l'evoluzione della zona apuana a partire dal Pliocene, si nota che, in quel periodo, il mare lambiva le Apuane fino ad arrivare a bagnare, più a sud, le pendici dell'Appennino, formando un ampio golfo. Successivamente, durante il Quaternario, questo golfo andava a poco a poco interrandosi, per il graduale depositarsi dei materiali terrigeni che il Fiume Frigido prendeva

in carico erodendo, oltre che i rilievi, anche i recenti terreni pliocenici e determinando così il graduale trasformarsi dell'ambiente marino in ambiente litorale di delta e di laguna.

In periodi più recenti, in relazione a cambiamenti climatici, il Fiume Frigido è entrato in una fase erosiva causando l'incisione dei depositi di conoide che hanno così assunto l'attuale morfologia terrazzata.

Dal punto di vista litologico, come evidenziato dalla cartografia allegata (Allegato n°2), il sito in esame si colloca all'interno dei depositi alluvionali terrazzati pleistocenici (bnb).

I depositi alluvionali terrazzati pleistocenici che formano i grandi conoidi di deiezione del Fiume Frigido e del Torrente Carrione, e dei corsi d'acqua minori, sono costituiti da un'associazione eterogenea di ciottoli e ghiaie derivanti dallo smantellamento dei rilievi collinari e montani che bordano la pianura di Massa e Carrara tra i quali predominano i litotipi di composizione calcarea (marmi, grezzoni, calcari selciferi) provenienti dalle Unità Metamorfiche oltre a ciottoli calcarei ed arenacei non metamorfici appartenenti alla Falda Toscana ed alle Liguridi. I depositi alluvionali inoltre si presentano con variazioni granulometriche notevoli sia orizzontalmente che verticalmente e a partire da alcuni metri dal piano campagna risultano a tratti caratterizzati da livelli di ghiaia cementata che si sono formati in periodi climatici particolarmente freddi, in seguito alla percolazione di acque ricche di carbonato di calcio. Lo spessore di tali depositi alluvionali, per la subsidenza che interessa il litorale Apuano, è molto elevato e si stima possa essere dell'ordine di circa 200 m.

3.2. Elementi geomorfologici di rilievo

A più grande scala l'area oggetto di studio è inserita in un contesto dove diversi sono gli elementi geomorfologici particolarmente significativi; in particolare ci si riferisce alla ripa marina, situata a Sud del nostro sito, che rappresenta una paleolinea di massima ingressione olocenica, rilevata durante l'analisi aerofotogrammetrica.

Tale ripa, descritta per la prima volta dal Sestini nel 1950, è da attribuirsi ad un'azione erosiva del mare che nel corso dell'Olocene ha determinato lo scalzamento dell'unghia delle imponenti conoidi di deiezione originate dal Fiume Frigido e dal Torrente Carrione (figura 1). Questo lineamento morfologico rappresenta pertanto la porzione superiore di una paleofalesia al cui piede dovrebbe essere posta l'effettiva linea di riva della massima ingressione del mare olocenico succeduta ad una fase di massima espansione delle alluvioni ciottolose trasportate dal Fiume Frigido e dal torrente Carrione.

Ad oggi è ancora visibile un tratto di "ripa visibile", con sviluppo planimetrico di circa 400 m, situato in località San Leonardo in un'area ristretta delimitata da Via Massa Avenza a Nord e

il tracciato dell'autostrada A12 a Sud. In quest'area la ripa, che oggi si presenta artificialmente terrazzata, ha una altezza variabile da 7 a 10 m.

Sono stati inoltre cartografati tratti di ripa, sia ad est di Avenza che in sinistra idrografica del torrente Ricortola, a diverso sviluppo planimetrico, attualmente quasi completamente obliterati dall'azione antropica ma ancora identificabili con l'ausilio delle foto aeree. Tali tratti, secondo la definizione data dal Sestini, identificano la posizione probabile della costa nella fase finale dello scolpimento della riva.

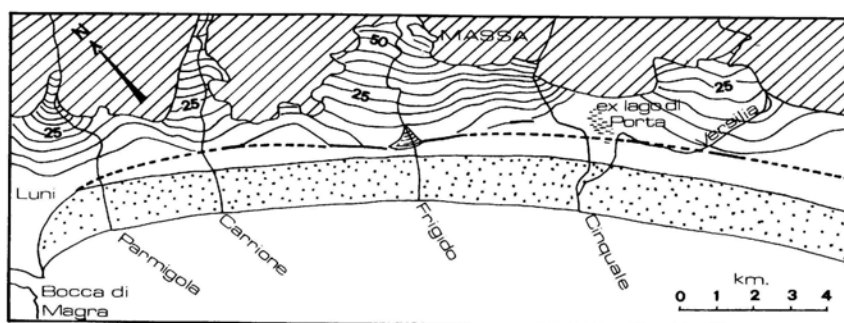


figura 1. Tratto da Sestini (1950)

LEGENDA — tratti di ripa visibile
 - - - - - posizione probabile della costa
 nella fase finale di scolpimento
 della ripa

Vi sono poi delle aree, comprese nella fascia depressa intermedia descritta nel precedente paragrafo, che conservano ancora i caratteri di “zone umide” ed in particolare se ne osserva una, ubicata in sinistra idrografica del torrente Ricortola, in cui si possono osservare i caratteri tipici dell'ambiente di acquitrino essendo ricoperta da una fitta vegetazione di tipo igrofilo.

La fascia litoranea era inoltre un tempo caratterizzata da cordoni dunari. Oggi le strutture dunarie sono quasi completamente oblite a causa dall'intensa urbanizzazione che ha interessato la zona a partire dagli ultimi 50 anni.

3.3. Caratteristiche idrogeologiche dei terreni indagati

L'area si trova in sinistra idrografica del fiume Frigido, posto ad Ovest, ad una distanza minima di circa 400 metri.

L'area di nostro interesse ricade come detto su una pianura costituita principalmente da materiale alluvionale depositato in ambiente subsidente dai corsi d'acqua che l'attraversano.

La pianura costiera compresa fra le Alpi Apuane e il Mar Ligure è distinta in tre fasce principali che caratterizzano l'andamento della falda.

- La prima è la fascia delle conoidi alluvionali dei corsi d'acqua discendenti dalle Alpi Apuane in cui si osserva un flusso dominante della falda dai monti verso il mare con andamento della superficie piezometrica che, se non alterato da fattori esterni, assume la tipica forma a ventaglio. E' in questa prima fascia che ha sede l'area di interesse;

- La seconda fascia, depressa rispetto alle altre, è la zona dei terreni limo-argillosi di origine palustre e lacustre, oggi ormai bonificata; in questa zona la falda risulta depressa ed abbastanza piatta con gradienti nettamente inferiori alla zona pedemontana;
- Infine, la terza fascia, coincidente con la zona litorale, è formata da sabbie debolmente rialzate in cordoni di dune (attualmente spianate dall'azione antropica) e presenta talvolta degli alti piezometrici a causa della notevole infiltrazione delle acque meteoriche in un terreno molto permeabile.

I maggiori apporti alla falda idrica sono dovuti dalle acque che defluiscono nel sub-alveo dei fiumi che si trovano ai lati della più vasta Zona Industriale Apuana. Un contributo inferiore deriva dalla fascia pedemontana e dall'alta pianura poiché sono formate da depositi detritici-colluviali in cui la frazione limosa e argillosa abbassano il grado di permeabilità.

La natura dei depositi che compongono la pianura apuana permettono l'instaurarsi di una struttura acquifera caratterizzata da una falda di tipo freatico, con livelli caratterizzati da diversa permeabilità e quindi diversa attitudine ad essere attraversata dalle acque. Tuttavia la falda può essere descritta come un unico grande acquifero monostrato in quanto i livelli impermeabili non hanno mai una continuità tale da separare più falde, se non localmente e limitatamente.

Nella zona di interesse l'acquifero può essere considerato senza margini di errore "libero", senza alcuna caratteristica di artesianità. Dai dati riportati nella "Carta Idrogeologica" allegata alla Variante Generale al P.S. Comunale, si evidenzia che nell'area in esame è accertata la presenza da una falda acquifera che si attesta oltre i 20 m di profondità dal p.c. sia nel periodo di magra che nel periodo di morbida.

In considerazione di quanto sopra si può affermare che il fabbricato oggetto di studio non interagisce in nessun modo con la falda idrica sottostante il sito e che tale considerazione vale per qualsiasi momento dell'anno.

4 - Indagini dirette ed indirette sull'area di studio

4.1. Premessa

Per la caratterizzazione stratigrafica, geotecnica e sismica dei terreni presenti nell'area di interesse è stata eseguita una campagna geognostica consistente in:

- n°1 sondaggio geognostico;
- n°3 indagini SPT nel foro del sondaggio;
- n°2 prove penetrometriche statiche-dinamiche super-pesanti (CPT-DPSH);

- n°1 prospezione sismica a rifrazione con SH;
- misurazioni della falda.

L'ubicazione delle indagini è riportata in Allegato n°6 - Carta delle indagini geologiche.

4.2. Sondaggio geognostico

Il sondaggio a carotaggio continuo, eseguito dalla Ditta "Geotirreno s.r.l." di Massa, è iniziato e terminato il giorno 13 giugno 2017, utilizzando la sonda Massenza M.I. 6. E' stato utilizzato un carotiere semplice ϕ 101mm e tubazione di rivestimento provvisorio ϕ 127mm esterno e ϕ 111mm interno ed ha raggiunto la profondità massima di 10 m.

Le caratteristiche del sondaggio sono riassunte nella seguente tabella:

Sondaggio n.	Profondità m	Carotaggio continuo	Spt n.
S1	10	0-10 m	3

La situazione litostratigrafica può essere come di seguito riassunta:

- dal p.c. fino a 0.50 m, si trova un livello di terreno di riporto costituito dalla pavimentazione in cls di color grigio chiaro (0.00-0.15 m) sovrastante uno strato di riporto di ciottoli e ghiaia immersi in matrice limoso-sabbiosa (0.15-0.50 m);
- da questa profondità fino a 1.60 m è presente uno strato di limo argilloso-sabbioso di colore marrone scuro con inclusi clasti centimetrici sub-arrotondati di colorazione verdastra;
- da 1.60 m a 10.00 m è presente un deposito alluvionale eterometrico e poligenico di ciottoli e ghiaia immersi in una matrice limo-sabbiosa di colore nocciola.

Tutte le informazioni ricavate durante l'esecuzione del sondaggio geognostico sono riassunte nel log stratigrafico allegato (Allegato n°9) mentre la documentazione fotografica delle cassette catalogatrici è riportata in Allegato n°10.

4.3. Prove S.P.T. eseguite all'interno del foro di sondaggio S1

Durante l'esecuzione del sondaggio S1 sono stati realizzati n.3 prove S.P.T. utilizzando una punta conica chiusa con le seguenti caratteristiche:

Punta conica chiusa	
Diametro esterno	$\varphi=51\text{mm}$
Angolo di apertura	60°
Tipo di maglio e dispositivo di sgancio	Maglio da 63.5 kg a sgancio automatico
Altezza di caduta libera	76.2 cm

La prova STANDARD PENETRATION TEST consiste nel far cadere un maglio da 63.5 kg da un'altezza di 76.2 cm su una batteria di aste che possiedono nella parte terminale un campionatore cilindrico.

A causa della natura prevalentemente ghiaiosa del terreno il campionatore cilindrico è stato sostituito con una punta conica chiusa avente angolo di 60° e diametro esterno di 51 mm.

L'esecuzione della prova consiste nel registrare il numero di colpi necessario ad ottenere una penetrazione del tubo campionatore o della punta conica nel terreno di 15 cm (N_1).

Se tale valore risulta inferiore a 50, si prosegue la prova registrando il numero di colpi N_2 , necessari per ottenere l'infissione dei 15 cm successivi ed il numero N_3 necessari per ottenere un avanzamento di altri 15 cm.

In questo caso i primi 15 cm di affondamento si trascurano, in quanto si considerano di assestamento e si assume come numero di colpi caratteristico dei 30 cm indagati il valore $N_{SPT}=N_2+N_3$.

Nella seguente tabella sono riassunte le profondità alle quali sono state eseguite le prove e il numero di colpi N_1 , N_2 , N_3 .

Sondaggio	Prova S.P.T. e profondità da p.c.	N_1	N_2	N_3	$N_{spt}=N_2+N_3$
S1	SPT1 – 1.5-1.95m	5	19	20	39
	SPT2 – 3.0-3.45m	13	21	15	36
	SPT3 – 6.0-6.45m	10	Rif		50

4.4. Prove penetrometriche statiche dinamiche

Le prove penetrometriche sono state eseguite all'interno del lotto di interesse in cui sarà realizzata la tensostruttura adibita a palestra, dalla società Geognostica snc utilizzando un penetrometro statico-dinamico, idraulico, autoguidato, a punta conica PAGANI TG 63-100 EML.C.

Sono state realizzate n.2 prove penetrometriche dinamiche super-pesanti una delle quali è stata iniziata in modalità statica per parametrizzare la parte di terreno più superficiale di natura prevalentemente limo sabbiosa.

Sono stati predisposti due perfori, di profondità ca. 60-80 cm dal p.c, per attraversare la pavimentazione ed uno strato di riporto sottostante presente nell'area; le prove hanno raggiunto rispettivamente la profondità di 2.6 m (CPT1/DPSH1) e 2.4 m (DPSH2) dal p.c..

Le caratteristiche e le profondità raggiunte delle prove penetrometriche sono riassunte nella seguente tabella:

Prova penetrometrica n.	Data di esecuzione (m)	Profondità in modalità statica (m)	Profondità in modalità dinamica (m)
CPT1/DPSH1	15/06/2017	0.6 - 1.2	1.2 - 2.6
DPSH2	15/06/2017	-	0.8 - 2.4

La prova di tipo statico (CPT) consente di rilevare, mediante una centralina elettronica, i valori della Resistenza di punta (Q_c) e della Resistenza laterale locale (f_s). Dal valore dei parametri Q_c e f_s è possibile ricavare il "Rapporto Begemann" (Q_c/f_s), con il quale è possibile risalire alla granulometria dei terreni attraversati e ai principali parametri geomeccanici del terreno; in particolare il valore dell'angolo di attrito (ϕ), per gli orizzonti prevalentemente incoerenti (limi, sabbie e ghiaie), quello della coesione non drenata (C_u), per gli orizzonti prevalentemente coerenti (torbe, argille) e il coefficiente di compressibilità volumetrica (m_v), inverso del modulo edometrico (M_o), che consente la valutazione dei cedimenti indotti dalla presenza di sovraccarichi.

La prova penetrometrica di tipo dinamico super-pesante (DPSH) consiste nell'infiggere a percussione una punta troncoconica standardizzata nel terreno, valutando ogni 20 cm il numero dei colpi (N20) necessari all'avanzamento; successivamente, in base al numero di colpi N20 equiparati al valore standardizzato NSPT, viene calcolato il valore dei principali parametri geomeccanici (ϕ =angolo di attrito; E =modulo edometrico; γ =peso in volume del terreno). Non è possibile tuttavia ricavare informazioni dettagliate sulle caratteristiche granulometriche (ghiaie, sabbie, limi, argille).

Le risultanze delle prove penetrometriche eseguite unite al sondaggio a carotaggio continuo realizzato (Allegato n°9) confermano quanto riportato nella descrizione geologica dell'area oggetto del presente studio.

Per le caratteristiche tecniche dettagliate del penetrometro usato e per la visione dei diagrammi e dei tabulati delle prove eseguite, si rimanda al relativo allegato (Allegato n°12).

4.4.1 Caratterizzazione litostratigrafica ricavate dalle prove penetrometriche

Le prove penetrometriche hanno permesso di individuare una situazione caratterizzata dalla presenza di terreni a diverso grado di addensamento.

In particolare la situazione litostratigrafica può essere di seguito riassunta:

Prova penetrometrica statica/dinamica CPT1/DPSH1

- da 0.6 m fino a 1.4 m di profondità è stata riscontrata la presenza di un livello di limo argilloso-sabbioso con inclusi clasti centimetrici “moderatamente consistente”;
- da 1.4 m fino a 2.4 m di profondità, è presente un deposito alluvionale eterometrico e poligenico costituito da ciottoli e ghiaie immersi in una matrice limo-sabbiosa “moderatamente addensato”.

Prova penetrometrica dinamica DPSH2

- da 0.8 m fino a 1.6 m di profondità è stata riscontrata la presenza di un livello di limo argilloso-sabbioso con inclusi clasti centimetrici “moderatamente consistente”;
- da 1.4 m fino a 2.4 m di profondità, è presente un deposito alluvionale eterometrico e poligenico costituito da ciottoli e ghiaie immersi in una matrice limo-sabbiosa “moderatamente addensato”.

4.5. Sismica a rifrazione

Lungo il lato sud-ovest di un terreno posto a valle del lotto in cui è prevista la realizzazione della struttura, è stato eseguito ad opera della Geognostica Apuana s.n.c. n.1 stendimento di sismica a rifrazione con onde SH (profilo sismico Via Galileo Galilei 1-1'), per determinare lo spessore e le geometrie degli orizzonti presenti, e ricavare indicazioni sulle caratteristiche elastiche dei terreni indagati ed individuare la categoria di sottosuolo del sito in oggetto.

Lo stendimento Via Galileo Galilei 1-1' è stato realizzato utilizzando 23 geofoni orizzontali, posti ad una distanza intergeofonica di circa 3.0 metri, per una lunghezza complessiva dello stendimento, compresi i colpi agli estremi, di 69.0 metri.

L'indagine di sismica a rifrazione ha permesso di individuare 3 strati a differente comportamento elastico.

Lo strato più superficiale (**Strato 1**) presenta una velocità delle onde SH di 215 m/s ed è costituito da “Terreno di riporto e limo debolmente argilloso, con rari ciottoli”.

Il secondo strato intermedio (**Strato 2**) presenta una velocità delle onde SH di 430 m/s ed è costituito da “Depositi alluvionali del Fiume Frigido”.

Il terzo strato (**Strato 3**) presenta una velocità delle onde SH di 630 m/s ed è costituito “Depositi alluvionali del Fiume Frigido maggiormente addensati”.

4.5.1 Descrizione della sezione Via Galileo Galilei 1-1'

Lo spessore dello strato 1 è risultato pressoché costante, variando da 1.6 m nel tratto compreso tra i geofoni n.17 e n.21 a 1.2m in corrispondenza dei geofoni n.6 e n.7.

Lo strato 2 presenta un andamento variabile con uno spessore massimo di 5.9 m individuato sotto i geofoni n.1 e n.2 e minimo di 4.2 m individuato sotto i geofoni n.21 e n.23.

Lo strato 3 presenta un tetto posto a profondità che diminuisce gradualmente da 7.2 m nella parte iniziale dello stendimento fino a 5.7 m in quella finale (Allegato n°12).

4.6. Misura del livello di falda

Effettuate le prove, per verificare l'eventuale presenza di acqua nel terreno, sono stati installati, all'interno dei fori delle indagini penetrometriche, tubi piezometrici in materiale plastico, opportunamente fenestrati, che non hanno rilevato la presenza di acqua alle profondità raggiunte dalle prove.

5 - Modello geotecnico

Tutte le indagini eseguite sul sito, il sondaggio geognostico, le indagini SPT, le prove penetrometriche e la stesa sismica a rifrazione con onde SH unitamente alle informazioni ricavate da precedenti indagini svolte in aree limitrofe a quella in studio hanno consentito di ricostruire il modello geotecnico dell'area di intervento che risulta costituito da n°4 strati (vedi sezioni geologiche tecniche interpretative A-A' e B-B' in Allegato n°7 e n°8):

- lo strato 1 si identifica con il terreno di riporto;
- lo strato 2 identifica un limo argilloso-sabbioso con inclusi clasti centimetrici sub-arrotondati “moderatamente consistente”;
- lo strato 3 si identifica con il deposito alluvionale eterometrico e poligenico costituito da ciottoli e ghiaie immersi in una matrice limo-sabbiosa “moderatamente addensato”;
- lo strato 4 si identifica con il deposito alluvionale eterometrico e poligenico costituito da ciottoli e ghiaie immersi in una matrice limo-sabbiosa “addensato”.

Il peso di volume è stato ricavato principalmente dalla letteratura geotecnica, l'angolo di attrito interno è stato ricavato sulla base della correlazione proposta da Peck-Hanson, la coesione non drenata è stato stimata tramite la relazione di Terzaghi e Peck (1948-1967), il coefficiente di compressibilità di volume è stato stimata tramite la relazione di Schultze-Menzenbach.

“Limo argilloso-sabbioso con inclusi clasti centimetrici sub-arrotondati moderatamente consistente” (strato 2 - da 0.50 a 1.40 ÷ 1.60m dal p.c.)

Peso di volume naturale	γ_k	1,80	t/m ³
Peso di volume saturo	$\gamma_{k\,sat}$	1,90	t/m ³
Angolo di attrito interno	ϕ_k	28,0	° gradi
Coesione non drenata	c_u	0,30	kg/cmq
Modulo edometrico	M_o	73	Kg/cm ²
Coefficiente di compressibilità volumetrica	mv	0,013	cm ² /Kg
Velocità onde di taglio	V_{SH}	215	m/s

“Deposito alluvionale eterometrico e poligenico costituito da ciottoli e ghiaie immersi in una matrice limo-sabbiosa “moderatamente addensato” (strato 3 - da 1,40 ÷ 1,60 m a 6,30 ÷ 7,20 m dal p.c.)

Peso di volume naturale	γ_k	1,90	t/m ³
Peso di volume saturo	$\gamma_{k\ sat}$	2,00	t/m ³
Angolo di attrito interno	ϕ_k	35,0	° gradi
Modulo edometrico	Mo	330	Kg/cm ²
Coefficiente di compressibilità volumetrica	mv	0,003	cm ² /Kg
Velocità onde di taglio	V _{SH}	430	m/s

Per lo strato 1 (Terreno di riporto) possono essere considerati, cautelativamente, i parametri assegnati allo strato 2.

Per lo strato 4 (“Deposito alluvionale eterometrico e poligenico costituito da ciottoli e ghiaie immersi in una matrice limo-sabbiosa “addensato”) possono essere considerati, cautelativamente, i parametri assegnati allo strato 3.

A partire dal 01/07/2009 le nuove Norme Tecniche per le costruzioni, in relazione ai parametri geotecnici, prevedono di calcolare i valori caratteristici e di progetto partendo da quelli medi rilevati in situ.

Valori medi (V_m) \Rightarrow Valori caratteristici (V_k) \Rightarrow Valori di Progetto (V_p).

Nelle istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni”, predisposte dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici” (Circolare 2 Febbraio 2009, n°17 - C.S.LL.PP.), viene esplicitato che “Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti”.

Dai valori caratteristici, utilizzando gli stati limite GEO, per ricavare i valori di progetto è necessario dividerli per un coefficiente riduttivo parziale γ_M , secondo quanto indicato nella Tabella 6.2. II colonna M2 delle Norme Tecniche.

I valori di progetto (V_p) dei parametri di resistenza al taglio ϕ'_p e γ_p risultano quindi:

$$tg \phi'_p = \frac{tg \phi'_k}{1.25} \quad ; \quad c_{up} = \frac{c_{uk}}{1.4} \quad ; \quad \gamma_p = \frac{\gamma_k}{1}$$

I calcoli eseguiti forniscono i seguenti risultati:

“Limo argilloso-sabbioso con inclusi clasti centimetrici sub-arrotondati moderatamente consistente” (strato 2 - da 0.50 a 1.40 ÷ 1.60m dal p.c.)

Peso dell'unità di volume (t/m^3)

(γ_m) medio = 1,80	(γ_k) caratteristico = 1,80	(γ_p) di progetto = 1,80
---------------------------	------------------------------------	---------------------------------

Coesione non drenata (kg/cm^2)

(c_{um}) medio = 0,30	(c_{uk}) caratteristico = 0,30	(c_{up}) di progetto = 0,21
-------------------------	----------------------------------	-------------------------------

Angolo di attrito interno

(ϕ_m) medio = 28,0	(ϕ'_k) caratteristico = 28,0	(ϕ'_p) di progetto = 23,0
-------------------------	-----------------------------------	--------------------------------

“Deposito alluvionale eterometrico e poligenico costituito da ciottoli e ghiaie immersi in una matrice limo-sabbiosa “moderatamente addensato” (strato 3 - da 1,40 ÷ 1,60 m a 6,30 ÷ 7,20 m dal p.c.)

Peso dell'unità di volume (t/m^3)

(γ_m) medio = 1,90	(γ_k) caratteristico = 1,90	(γ_p) di progetto = 1,90
---------------------------	------------------------------------	---------------------------------

Angolo di attrito interno

(ϕ_m) medio = 35,0	(ϕ'_k) caratteristico = 35,0	(ϕ'_p) di progetto = 29,2
-------------------------	-----------------------------------	--------------------------------

6 - Condizioni sismiche

Il Comune di Massa, con D.M. 19/03/1982, ai sensi e per gli effetti della L. n° 64 del 02/02/1974, è stato dichiarato sismico con grado di sismicità $S=9$ ed inserito in II Categoria.

Successivamente la Regione Toscana, con la Deliberazione n.94 del 12/02/1985, ha provveduto ad un'ulteriore suddivisione in tre classi dei comuni classificati in II categoria.

Il Comune di Massa è stato inserito in Classe 3 e per questa classe è stata considerata un'accelerazione convenzionale massima $a_{max} = 0.20g$.

La riclassificazione sismica del territorio nazionale, intervenuta a seguito dell'emanazione della O.P.C.M. n.3274 del 20 Marzo 2003 e delle successive proroghe, ha definito il territorio del Comune di Massa sismico inserendolo in Zona 2.

Questa classificazione è stata convalidata in ambito regionale con Del. G.R. n. 604/2003, nella quale viene confermata la zona 2 per tutta la Provincia di Massa Carrara. Questo comporta che per essa sia considerata un'accelerazione orizzontale massima uguale a 0.25 g. Successivamente una nuova ordinanza, O.P.C.M. n. 3519 del 28 Aprile 2006, ha stabilito i nuovi criteri per l'individuazione delle zone sismiche in ambito nazionale.

La Regione Toscana, recependo tale indirizzo, con la Del. G.R. n. 431 del 19 giugno 2006, ha fatto passare il Comune di Massa da una zona a sismicità superiore ad una inferiore ed ha istituito una nuova zona, denominata Zona 3S.

In tale zona non viene diminuito il livello di protezione precedente e le costruzioni devono essere progettate con le azioni sismiche della Zona 2.

Per rafforzare quanto stabilito per le zone 3S, la Regione ha promulgato la legge n. 24 del 21/06/2006, nella quale all'art. 1, comma 1, viene esplicitamente evidenziato che i comuni interessati dal passaggio da una zona a sismicità superiore ad una minore, devono comunque applicare la normativa tecnica prescritta per quella a sismicità maggiore.

Considerata la nuova classificazione del territorio regionale, approvata con D.G.R.T. n.878 del 08.10.2012, pubblicata sul BURT parte II n. 43 del 24.10.2012, il Comune di Massa risulta classificato sismico e collocato in "zona 3".

Con Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008, pubblicato sulla GU n.29 del 04/02/2008, sono state approvate le "Norme tecniche per le costruzioni" che recepiscono ed integrano le indicazioni contenute nell'O.P.C.M. n.3274 modificando l'approccio alla classificazione sismica del territorio.

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "*pericolosità sismica di base*" del sito di costruzione, che è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo ("periodo di riferimento" V_R espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità

almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata “Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento” P_{VR} .

La valutazione della “*pericolosità sismica di base*” è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria A), con superficie topografica orizzontale (categoria T1) e risulta adesso definita mediante un approccio sito dipendente e non più zona dipendente così come adottato dalle precedenti normative.

Per il generico sito in esame la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene infatti effettuata utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (riportato nella Tabella 1 dell'Allegato B del D.M.).

Le forme spettrali sono definite per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g = accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

Relativamente al sito in esame, nella seguente tabella vengono riportati i parametri suddetti con i relativi periodi di ritorno, ricavati tramite media pesata rispetto ai quattro vertici del reticolo di riferimento all'interno del quale si trova l'opera (tab.1).

Valori dei parametri a_g/g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento			
T_R [anni]	a_g/g	F_0	T_c^* [s]
45	0,053	2,507	0,247
75	0,066	2,509	0,263
712	0,158	2,390	0,296
1462	0,199	2,381	0,306

Tabella 1

Utilizzando i valori sopra riportati si ricava lo spettro di risposta elastico in accelerazione valido per il sito in oggetto su suolo rigido (suolo di categoria A con $V_{s,30} > 800$ m/s).

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si rende necessario valutare l'effetto della **risposta sismica locale** del sito in esame. La risposta sismica locale di un determinato sito dipende dalle condizioni stratigrafiche e topografiche del sito in oggetto, in quanto entrambe questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa sul sito rigido di riferimento con superficie orizzontale. La risposta sismica locale esprime quindi l'azione sismica quale emerge in “superficie” a seguito delle modifiche in

ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite nel percorso dal substrato rigido al sito in oggetto.

In assenza di analisi più dettagliate si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione della categoria di sottosuolo del sito in oggetto (tab. 2 e 3).

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

Tabella 2 - Categorie di sottosuolo (Tabella 3.2.II tratta dal § 3.2.2. del D.M. 14/01/2008)

Ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità.

La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata. Nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (*Standard Penetration Test*) $N_{SPT,30}$ nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$ nei terreni prevalentemente a grana fina.

Per sottosuoli appartenenti alle ulteriori categorie **S1** ed **S2** di seguito indicate (tab. 3) è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno.

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

Tabella 3 - Categorie aggiuntive di sottosuolo (Tabella 3.2.III tratta dal § 3.2.2. del D.M. 14/01/2008)

Le categorie sono definite sulla base della velocità delle onde di taglio SH nei primi trenta metri di sottosuolo, che si calcola con la seguente espressione:

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

dove:

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

Per determinare la categoria di sottosuolo si è proceduto ad eseguire sul sito indagato uno stendimento di sismica a rifrazione con onde Sh; dai calcoli svolti si ricava un valore di Vs30 di circa 520 m/s a partire dal p.c..

Per tale motivo il Progettista incaricato delle verifiche strutturali, ai fini della definizione delle azioni sismiche di progetto, potrà assumere come categoria di sottosuolo la **B**.

Categoria B Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

Nello spettro di risposta di progetto le caratteristiche specifiche del sito sono introdotte tramite un coefficiente S che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la seguente relazione:

$$S = S_s \times S_T$$

dove S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica e S_T è il coefficiente di amplificazione topografica.

Per il sottosuolo di categoria A il coefficiente S_s vale 1; per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E il coefficiente S_s può essere calcolato, in funzione dei valori di F_o e T^*c relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella tabella 4, nelle quali g è l'accelerazione di gravità.

Categoria di sottosuolo	S_s
A	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot ag/g \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot ag/g \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot ag/g \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot ag/g \leq 1,60$

Tabella 4 - Espressioni di S_s (Tabella 3.2.V tratta e semplificata dal § 3.2.3.2.1 del D.M. 14/01/2008)

Relativamente al coefficiente di amplificazione topografica S_T , per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori riportati nella tabella 5, in funzione delle categorie topografiche e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	Coefficiente topografico S_T
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1,0
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1,2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1,2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	1,4

Tabella 5 - Categorie topografiche (Tabella 3.2.IV tratta dal § 3.2.2. del D.M. 14/01/2008)

Nel caso in oggetto, ipotizzando che lo stato limite d'interesse sia lo S.L.V. con $T_R = 712$ anni (si specifica che la scelta dello stato limite sarà comunque sempre in capo al progettista strutturale), il coefficiente stratigrafico S_S è uguale a 1.20, quello topografico S_T a 1.00, per cui il coefficiente $S = 1.20$.

Nel § C7.11.5.3.1 della Circolare 2 Febbraio 2009 n°617 (C.S.LL.PP.) vengono definite le modalità di esecuzione delle verifiche di fondazioni superficiali, in condizioni sismiche, con metodi pseudostatici.

L'azione del sisma si traduce in accelerazioni nel sottosuolo (effetto cinematico) e nella fondazione, per l'azione delle forze d'inerzia generate nella struttura in elevazione (effetto inerziale). Nell'analisi pseudo-statica, modellando l'azione sismica attraverso la sola componente orizzontale, tali effetti possono essere portati in conto mediante l'introduzione di coefficienti sismici rispettivamente denominati k_{hi} e k_{hk} , il primo definito dal rapporto tra le componenti orizzontale e verticale dei carichi trasmessi in fondazione ed il secondo funzione dell'accelerazione massima attesa al sito. Il valore del **coefficiente intensità sismico terreno** k_{hk} è valutato facendo riferimento ai valori di normativa specificati per i pendii (coefficiente sismico orizzontale k_h).

Nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLU), il valore del coefficiente intensità sismico terreno k_{hk} può essere valutato mediante l'espressione:

$$k_h = k_{hk} = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$

dove β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (vedi Tab. 6);

a_{\max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa al sito, ipotizzando un tempo di ritorno di 712 anni corrispondente allo stato limite S.L.V., può essere valutata con la relazione:

$$a_{\max} = S \times a_g = S_S \times S_T \times a_g = 1,854 \text{ m/s}^2.$$

Nel caso in esame, essendo la categoria di sottosuolo la B, dalla seguente tabella (tab. 6).

	Categoria di sottosuolo	
	A	B,C,D,E
	β_s	β_s
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

Tabella 6 - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (Tabella 7.11.I tratta dal § 7.11.3.5.2 del D.M. 14/01/2008)

si ricava che $\beta_s = 0.24$ e quindi:

$$k_h = k_{hk} = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g} = 0.24 \times \frac{S_S \times S_T \times a_g}{g} = 0.045.$$

Nelle verifiche il progettista calcolatore se farà riferimento allo stato limite S.L.V. considerato dovrà utilizzare quale coefficiente orizzontale intensità sismico terreno $k_{hk} = 0.045$. In alternativa in Allegato n°11 si riportano i coefficienti sismici orizzontali correlati ai vari stati limite.

Nella tabella seguente (tab. 7) vengono riportati i parametri sismici e i coefficienti sismici per ciascun stato limite dinamico avendo ipotizzato per la fondazione speciale di progetto una vita nominale V_N pari a 50 anni, una Classe d'uso III, quindi un coefficiente d'uso c_u pari a 1,5 e un conseguente periodo di riferimento V_R pari a 75 anni.

Parametri sismici	
Tipo di elaborazione:	Fondazioni
Classe:	III
Vita nominale:	50
Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1
Periodo di riferimento:	75 anni

Coefficiente cu:	1,5
Coefficienti sismici	
SLO	
kh	0,013
kv	0,006
Amax [m/s ²]	0,629
Beta	0,200
SLD	
kh	0,016
kv	0,008
Amax [m/s ²]	0,775
Beta	0,200
SLV	
kh	0,045
kv	0,023
Amax [m/s ²]	1,854
Beta	0,240
SLC	
kh	0,057
kv	0,029
Amax [m/s ²]	2,345
Beta	0,240

Tabella 7 - Parametri sismici e i coefficienti sismici per ciascun stato limite dinamico.

7 - Misure per il contenimento dell'impermeabilizzazione del suolo

Nell'estratto delle norme tecnico geologiche di attuazione del Regolamento Urbanistico del Comune di Massa (Art. 21), si prescrive inoltre il rispetto del "Principio di invarianza idraulica", secondo il quale la trasformazione di un'area deve essere tale da non provocare un aggravio della portata di piena del corpo idrico ricevente dai deflussi superficiali originati dall'area stessa, implicando l'adozione di opere di mitigazione che servano a bilanciare l'impermeabilizzazione in modo da mantenere inalterate le prestazioni idrauliche del bacino di riferimento su cui si interviene.

Tutte le trasformazioni comportanti la realizzazione di superfici impermeabili o parzialmente permeabili, devono prevedere l'infiltrazione, oppure la ritenzione, anche temporanea, delle acque meteoriche prevedendo la realizzazione di vasche volano e/o di altri idonei accorgimenti.

Dato che l'intervento verrà realizzato su una superficie già impermeabilizzata e che di conseguenza non comporta aumenti delle superfici impermeabili o parzialmente permeabili, non saranno necessarie misure per il contenimento dell'impermeabilizzazione del suolo.

8 - Conclusioni

Sulla base delle indagini svolte e delle considerazioni svolte, si possono trarre le seguenti conclusioni:

- il terreno di fondazione dell'intervento in oggetto è rappresentato da depositi alluvionali terrazzati pleistocenici, con buone caratteristiche geotecniche;
- il sondaggio geognostico, le prove spt e le prove penetrometriche eseguite hanno consentito di ricostruire la situazione litostratigrafica e di individuare i principali parametri geotecnici dell'area di studio;
- la stesa sismica a rifrazione con onde SH ha consentito di determinare lo spessore e le geometrie degli orizzonti presenti, di ricavare indicazioni sulle caratteristiche elastiche dei terreni indagati e di individuare la categoria di sottosuolo del sito in oggetto;
- in base alla nuova normativa sismica il profilo stratigrafico del terreno di fondazione dell'area di studio appartiene alla categoria di sottosuolo "B";
- sono stati calcolati i parametri sismici e i coefficienti sismici per ciascun stato limite dinamico;
- In fase esecutiva dei lavori è consigliabile l'assistenza geologica di cantiere da parte di Tecnico abilitato al fine di verificare le ipotesi litostratigrafiche e idrogeologiche fatte ed apporre se necessario le eventuali modifiche.

Si può pertanto affermare che le condizioni geologiche, geomorfologiche, idrografiche e idrogeologiche dell'area indagata e del suo intorno, e le condizioni stratigrafiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione, sono compatibili con l'intervento edilizio in progetto.

Massa, 21 Giugno 2017

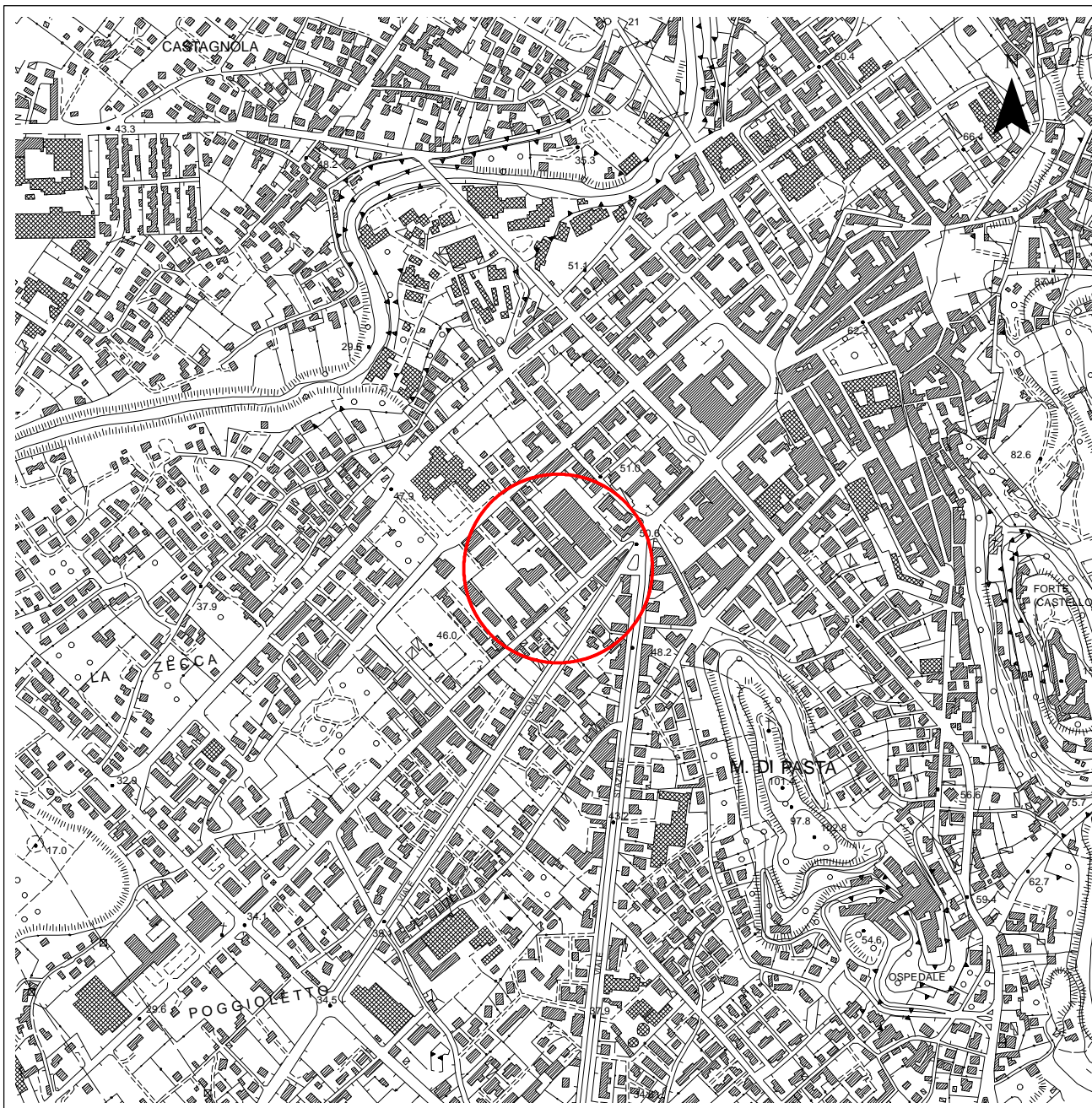
dott. Geol. Andrea Piccinini

INQUADRAMENTO AEROFOTOGRAMMETRICO

Località: Massa - Via Galileo Galilei

Allegato: n°1

scala 1:10.000



LEGENDA



CTR 1:10.000 n°D249140



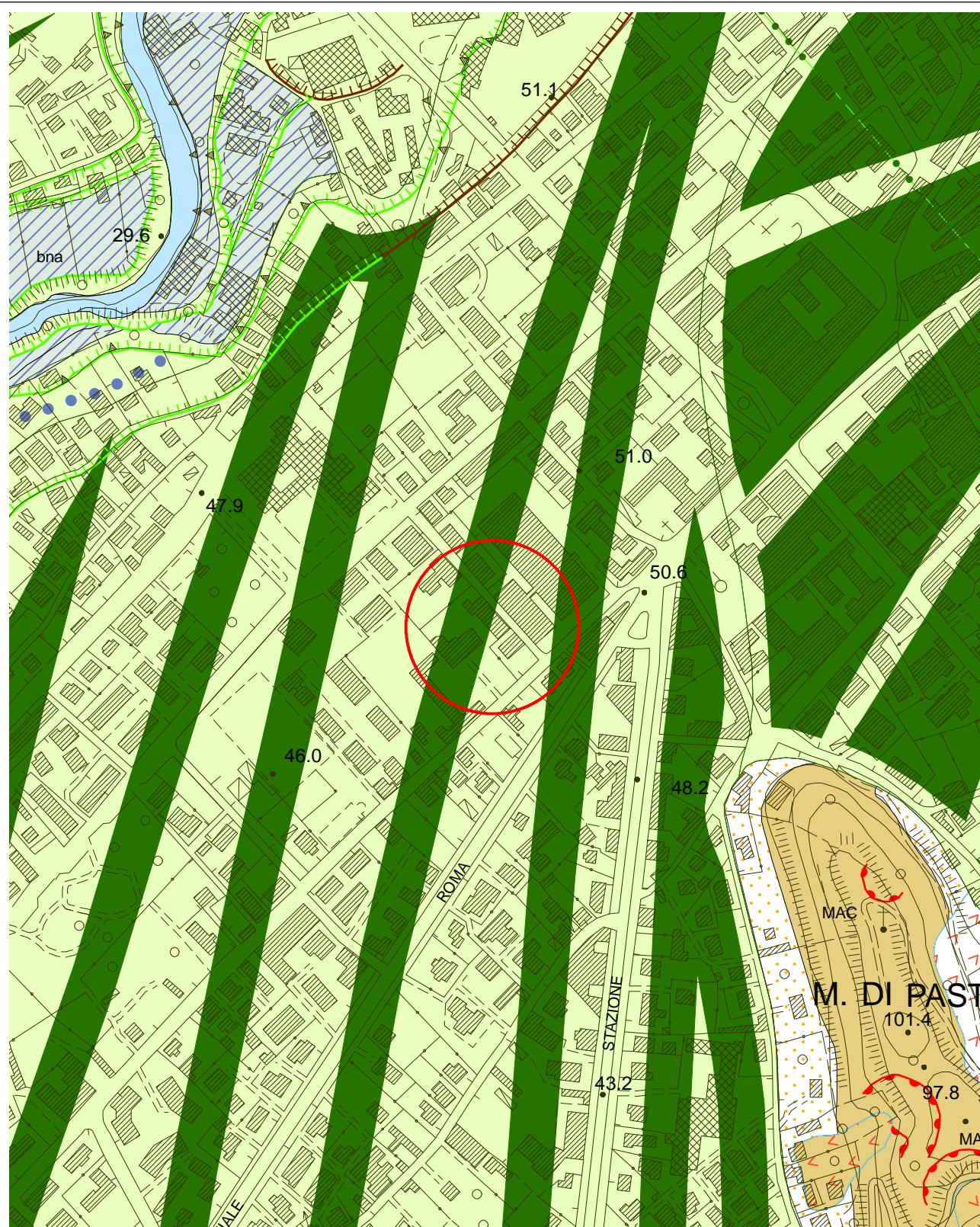
Ubicazione del sito oggetto di intervento

CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA


Località: Massa - Via Galileo Galilei

Allegato: n°2


scala 1:5.000




FORME DI VERSANTE




Orlo di scarpata di degradazione o di erosione




Orlo di scarpata di frana




Crepacciature e/o avvallamenti



Orlo di scarpata di cava e/o di degradazione artificiale



Frana o gruppo di frane di dimensioni non cartografabili



Rotolamento o scivolamento massi




a1cma



a1cmq

Corpo di frana complessa attiva (a1cma) e quiescente (a1cmq)



a1sa



a1sq

Corpo di frana di scorrimento attiva (a1sa) e quiescente (a1sq)



a1coa



a1coq

Corpo di frana di colamento attiva (a1coa) e quiescente (a1coq)




a1ca




a1cq

Corpo di frana di crollo o ribaltamento attiva (a1ca) e quiescente (a1cq)




Vsi

Corpo di frana o settore di versante oggetto di recenti interventi di sistemazione idro-geomorfologica (Vsi)



di

Detrito incanalato (di)



dim

Detriti e terreni di copertura in condizioni di instabilità morfologica potenziale (dim)



a3a


Detriti di falda (a3a)



aa


Detrito di versante s.l./depositi eluvio-colluviali (aa)

Deformazioni gravitative profonde di versante (DGPV)



DGPV

a)



DGPV

b)

DGPV a) tipo Sackung e b) tipo Block Slide

Elementi morfologici associati alle DGPV



Orlo di scarpata di DGPV



Trincea di DGPV




Orlo di gradino di DGPV




Orlo di gradino di DGPV e relativa contropendenza


FORME FLUVIALI



a)



b)



c)

Orlo di scarpata di erosione fluviale o di terrazzo attivo (a), inattivo (b) e documentato su base morfologica e/o storica (c)



af

Alveo fluviale attuale naturale e/o antropico (af)



afa

Alveo fluviale abbandonato artificialmente (afa)



Paleoalveo




dis

Tratti di corsi d'acqua e impluvi interessati e/o soggetti a fenomeni di sovralluvionamento (dis)



Marmitte dei giganti



st

Superficie di terrazzo e/o ripiano di erosione fluviale (st)




Ruscellamento diffuso




Ruscellamento e/o erosione concentrata

Forme di accumulo



a)



b)


Conoide alluvionale di deiezione olocenica a) e pleistocenica b)

FORME CARSICHE



Inghiottitoi

FORME E DEPOSITI ARTIFICIALI



h5

Terreni di riporto (h5)



Discariche di rifiuti urbani e/o speciali

Strutture antropiche



Briglia



Rilevato stradale o ferroviario

Opere marine e lacuali



Scogliere e soffolte

Cave e miniere



ae

Principali aree interessate da attività estrattiva (ae)



Cave attive



Cave in sottterraneo attive



Saggio di cava



h3

Ravaneti (h3)



Depositi di origine antropica



Tratti di corsi d'acqua tombati



Trincea artificiale per strade o ferrovie



Lago artificiale



Cave inattive



Cave in sottterraneo inattive



Miniere inattive

FORME E DEPOSITI GLACIALI



Orlo di circo glaciale e/o nicchia di nivazione



c1

Till indifferenziato (c1)



c8

Deposito di versante periglaciale (c8)


FORME, PROCESSI E DEPOSITI DOVUTI ALLA DINAMICA MARINA

Paleoripa marina


Evidenza morfologica di antica linea di costa (geotopo). Linea di massima ingressione olocenica (Trasgressione Versiliana)




a) Tratti di ripa visibile



b) Evidenza morfologica della posizione della costa nella fase finale dello scolpimento (Olocene)




1)



2)

c) Tratto originato dall'erosione fluviale operata dal Fiume Frigido, visibile (1) e tracciato su base morfologica (2)



Linea di costa in erosione




g2a

Spiaggia recente ed attuale (g2a)



Cresta di cordone sabbioso litoraneo



e3

Depressione palustre (e3)
Aree umide relitte



MAC

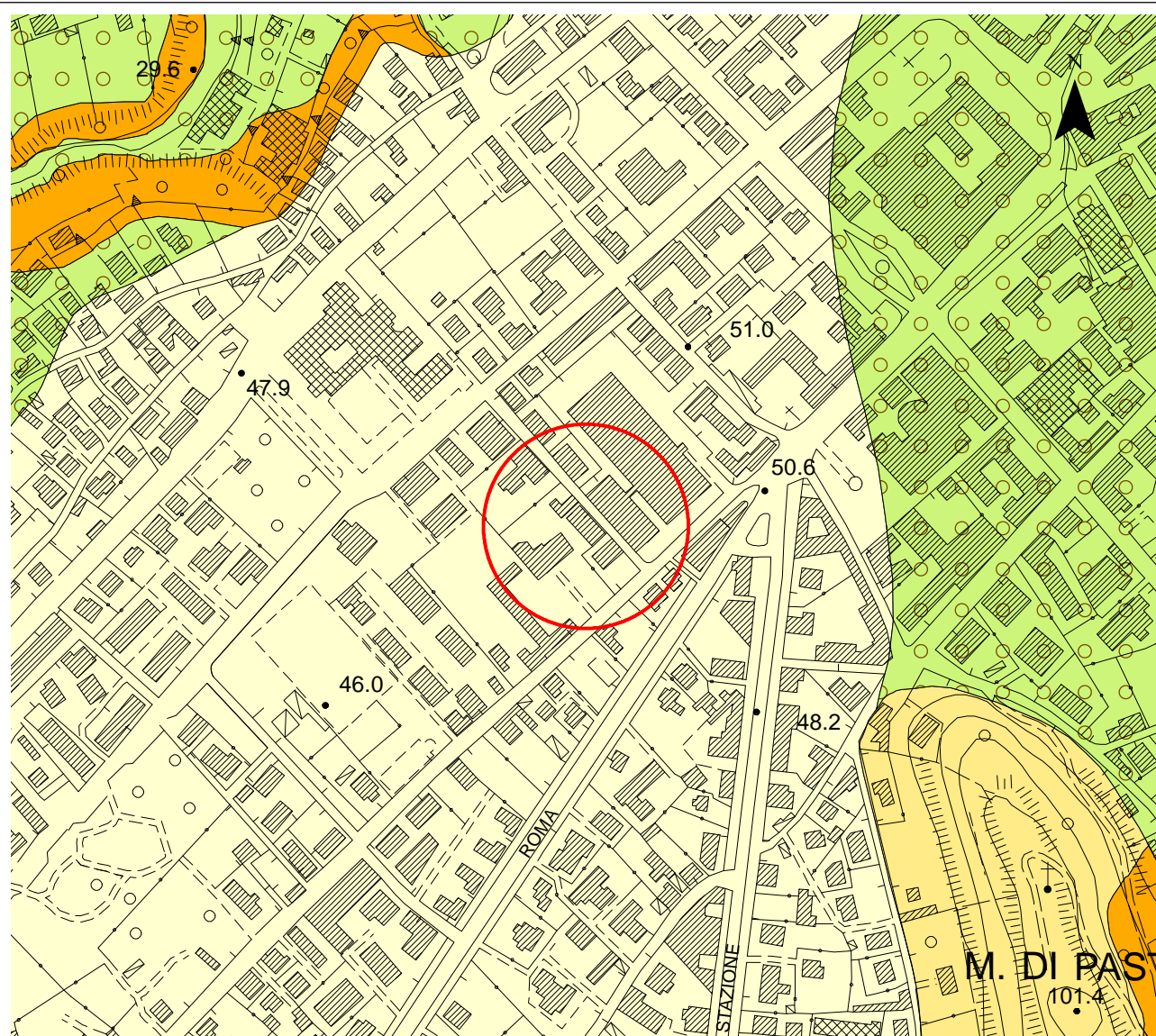
Macigno

CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA









Località: Massa - Via Galileo Galilei

Allegato: n°3

scala 1:5.000



LEGENDA

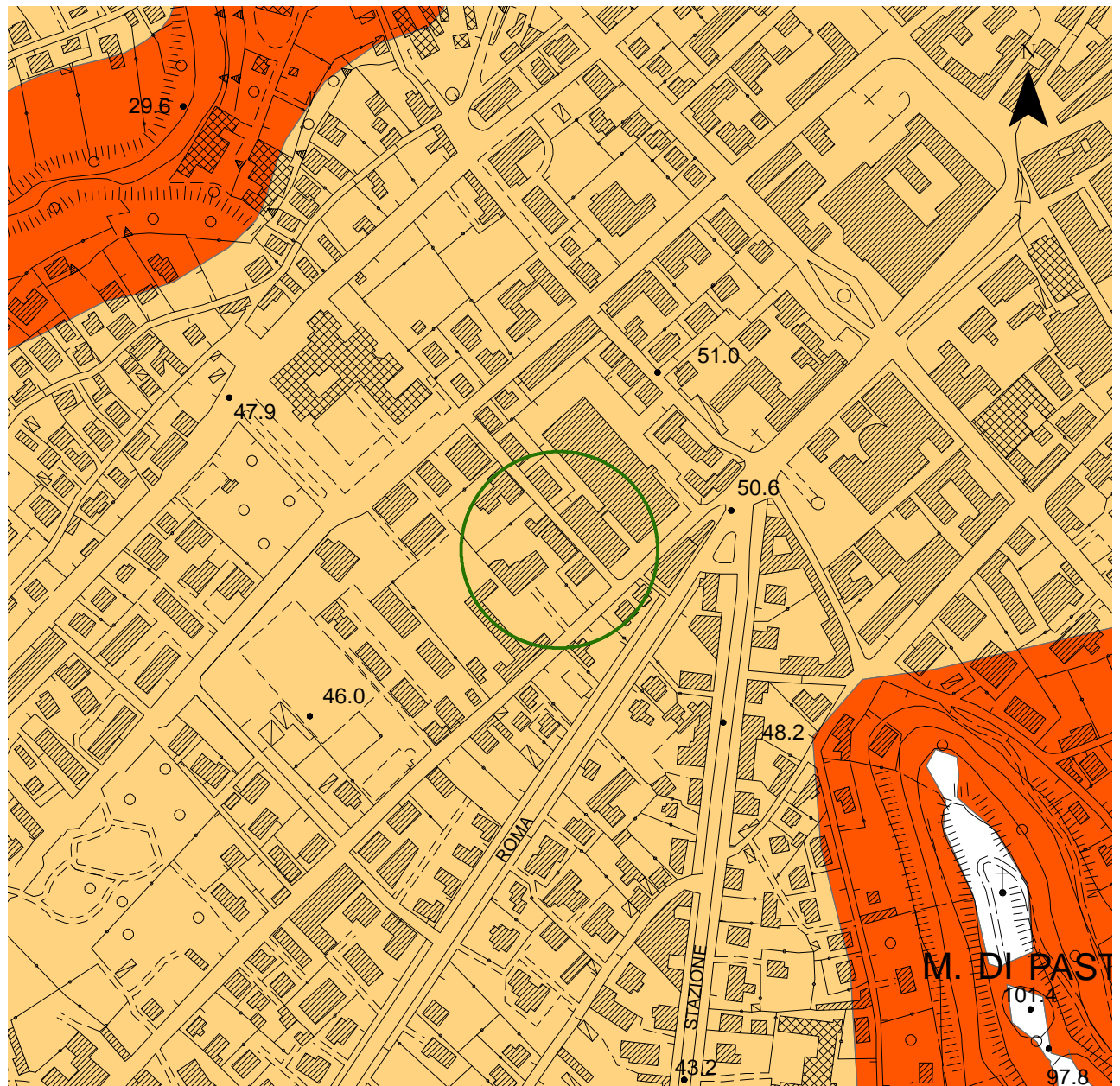
	G.1 Pericolosità Bassa		G.3s Pericolosità medio elevata per propensione alla subsidenza
	G.2 Pericolosità media		G.3l Pericolosità medio elevata per caratteristiche geotecniche
	G.3.a Pericolosità medio elevata		G.4 Pericolosità molto elevata Corrispondente alla classe P.F.E. del P.A.I. dell'Autorità di Bacino Toscana Nord
	G.3.b Pericolosità elevata Corrispondente alla classe P.F.E. del P.A.I. dell'Autorità di Bacino Toscana Nord		Sito oggetto di intervento

CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

Località: Massa - Via Galileo Galilei

Allegato: n°4

scala 1:5.000



LEGENDA



Sito oggetto di intervento



S1 Pericolosità Sismica Bassa



S2 Pericolosità Sismica Media



S3 Pericolosità Sismica Elevata



S4 Pericolosità Sismica Molto Elevata

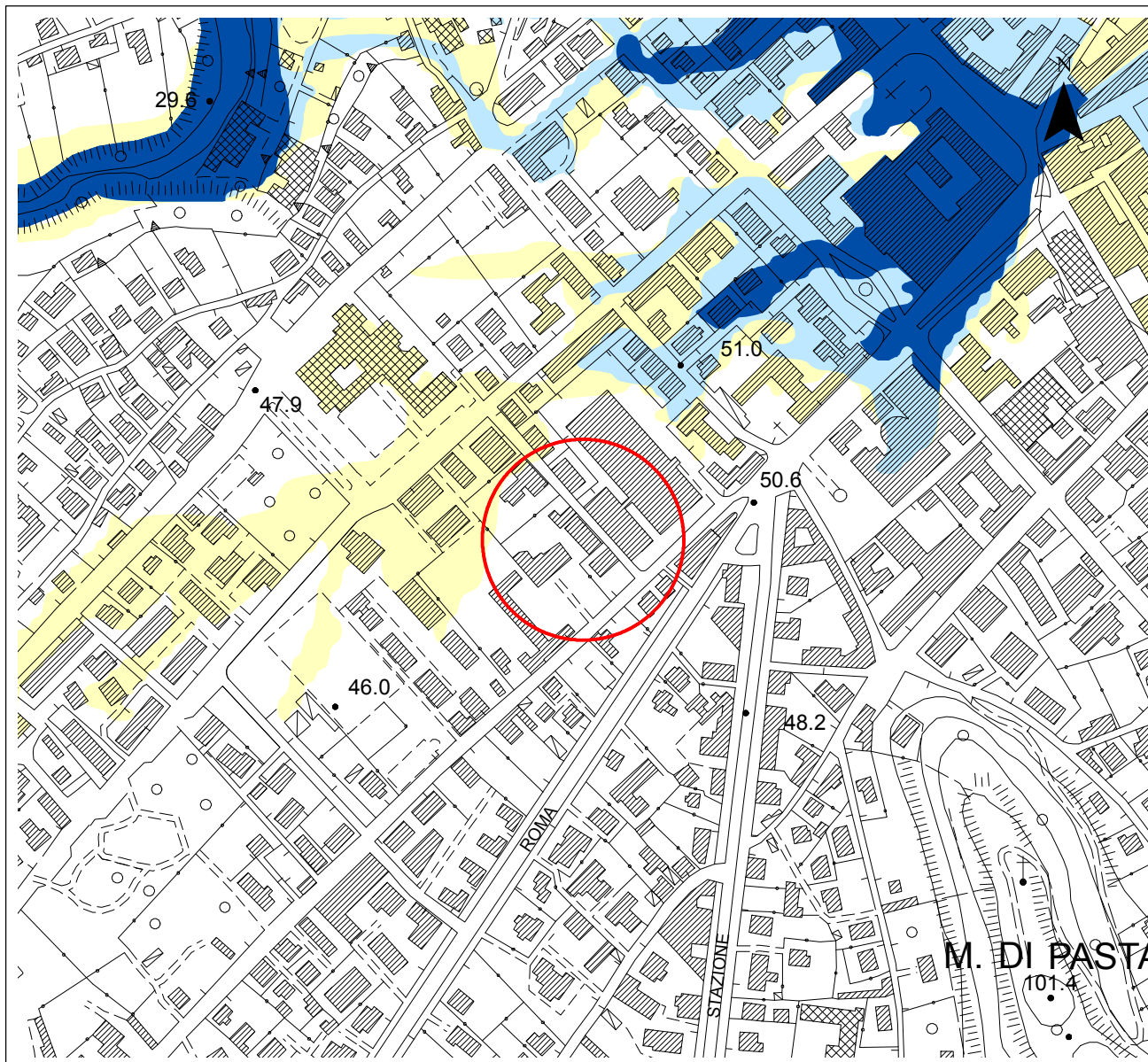
"CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA ALLO STATO ATTUALE"

DA STUDIO IDRAULICO ING.SETTESOLDI NOVEMBRE 2014 APPROVATO CON D.C.C. N°34 DEL 12/05/2015

Località: Massa - Via Galileo Galilei

Allegato: n°5

scala 1:5.000



LEGENDA



Sito oggetto di intervento

Aree a pericolosità idraulica ai sensi del D.P.G.R.T. n°53/R ottenute sulla base delle verifiche idrauliche condotte dal Dott. Ing. David Settesoldi (Novembre 2014)

I.2

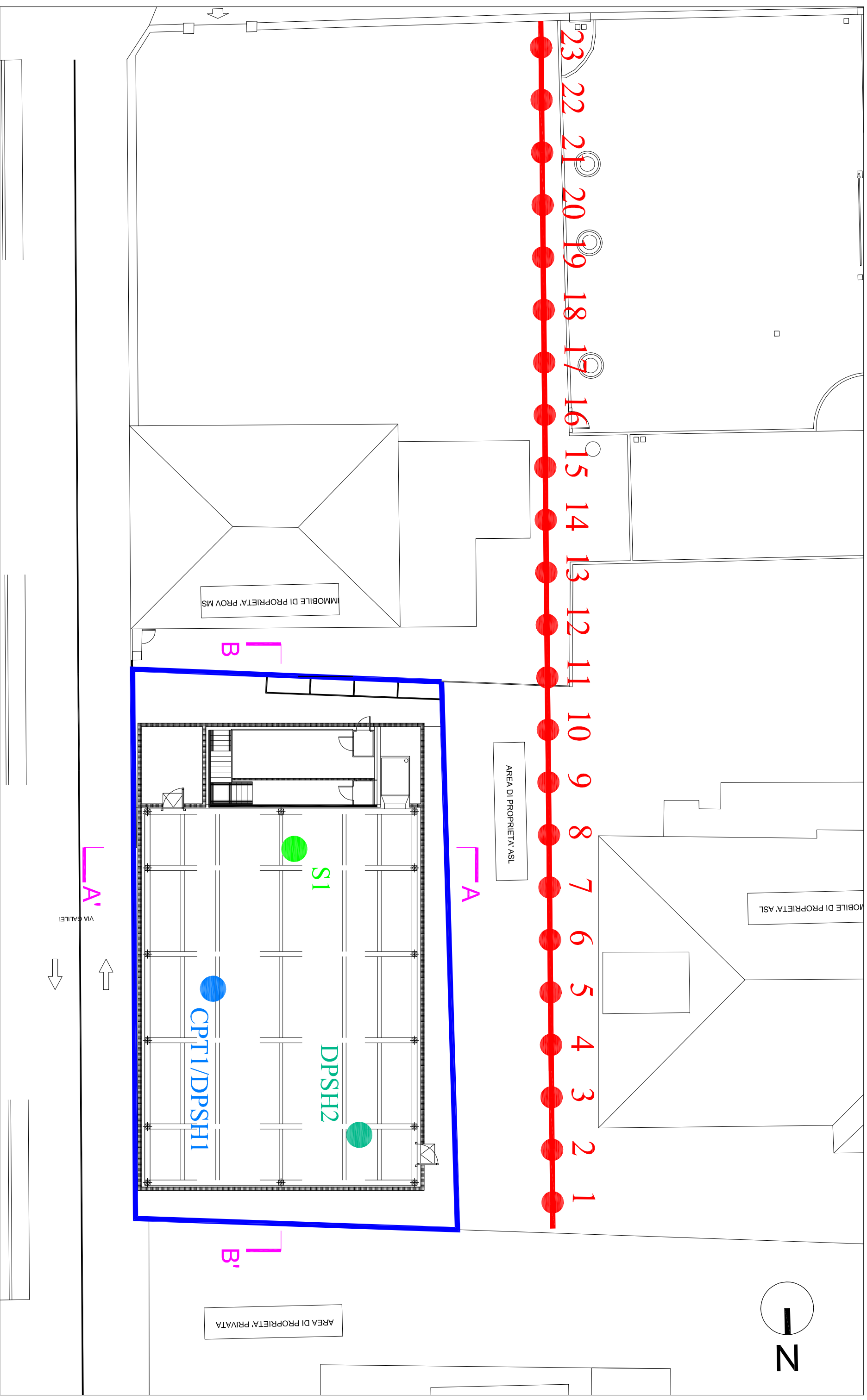
Classe I.2: pericolosità idraulica media
Aree interessate da allagamenti per
eventi compresi tra
200<Tr≤500 anni

I.3

Classe I.3: pericolosità idraulica elevata
Aree interessate da allagamenti per
eventi compresi tra
30<Tr≤200 anni

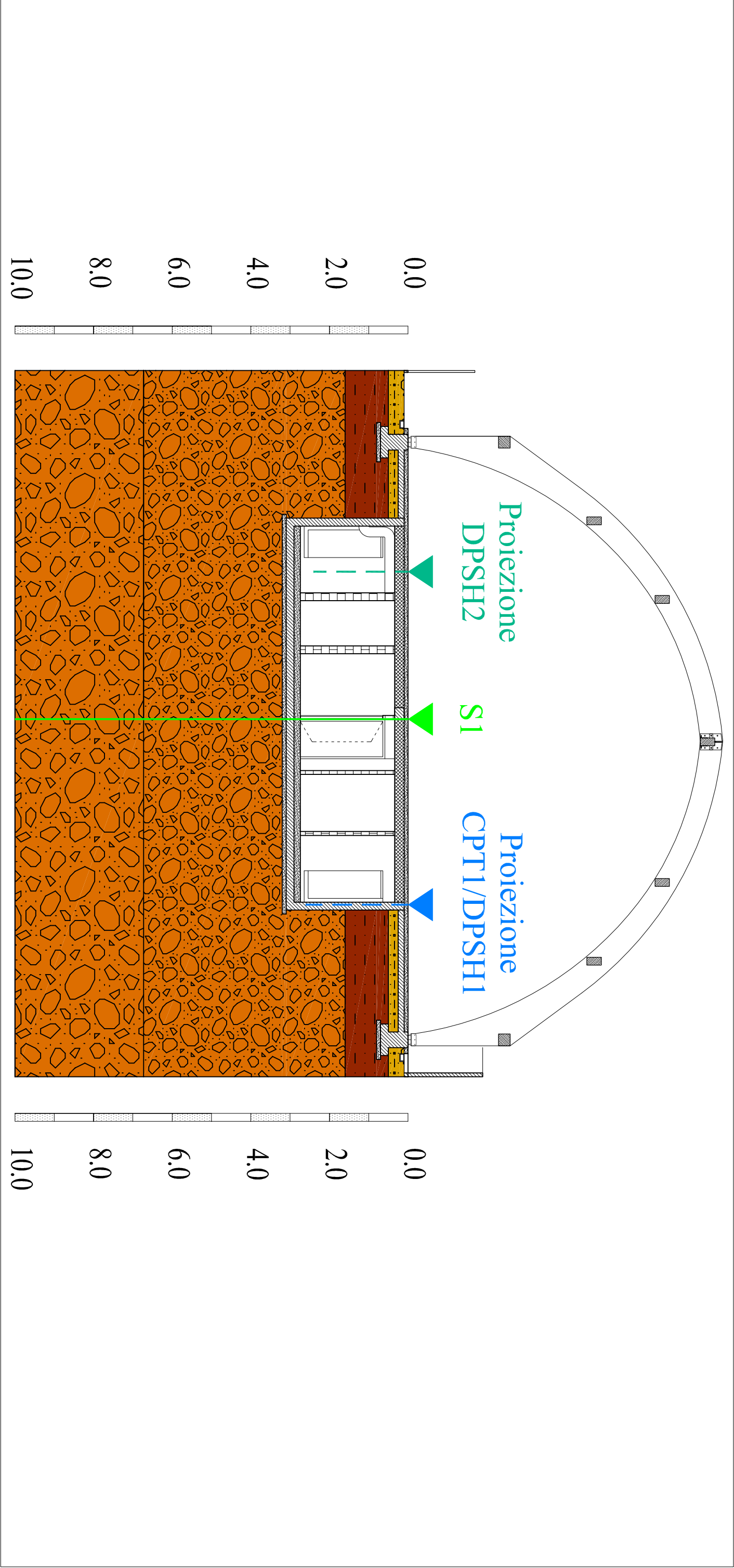
I.4

Classe I.4: pericolosità idraulica molto elevata
Aree interessate da allagamenti per
eventi con Tr≤30 anni



LEGENDA

S1 Sondaggio geognostico CPT1/DPSH1 ● Prova penetrometrica statica-dinamica
DPSH2 ● Prova penetrometrica dinamica super-pesante
1 ✂ Stessa sismica a rifrazione con onde SH
L-A Traccia delle sezioni geologico-tecniche
 Area di studio



LEGENDA

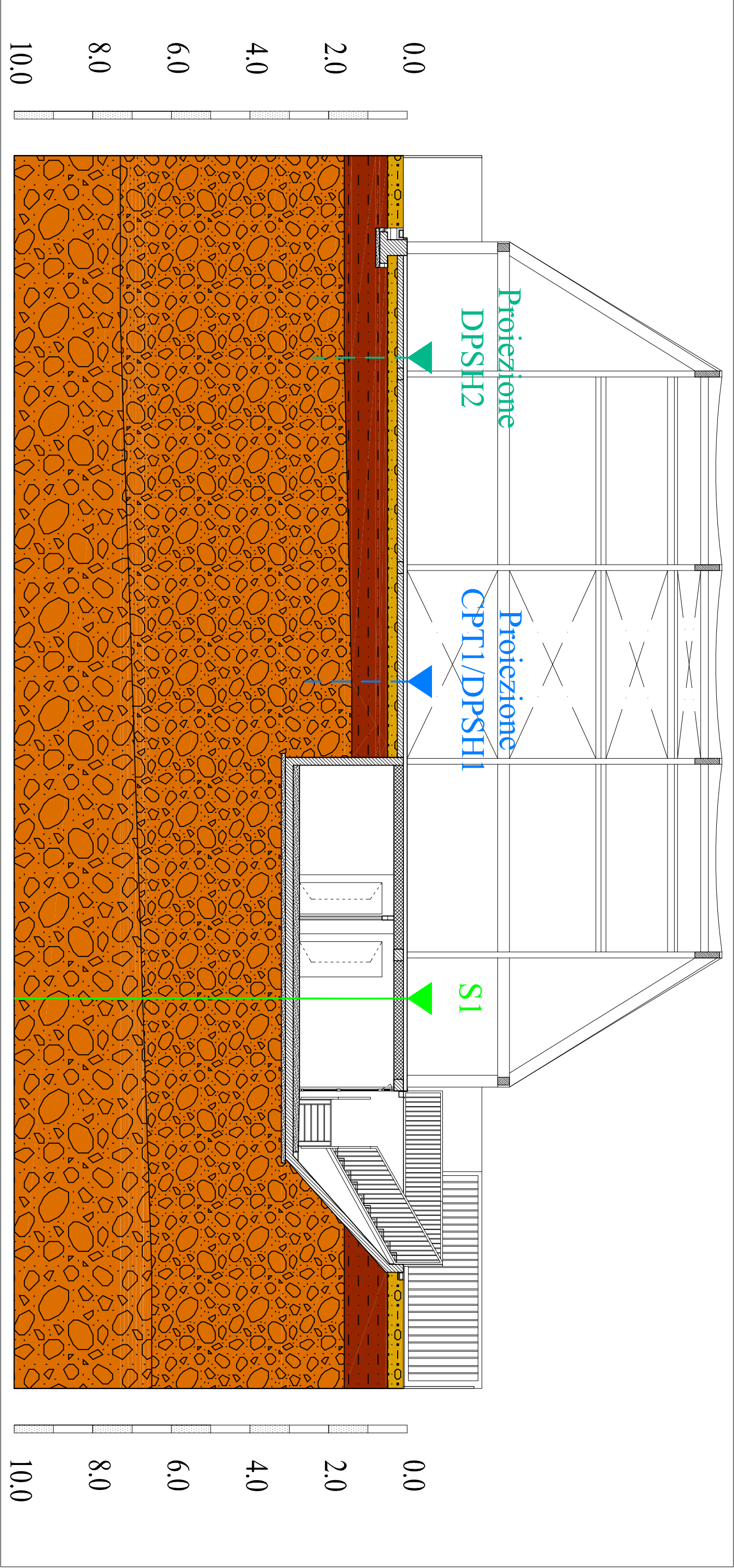
- Terreno di riporto
 $(\gamma_k=1.80 \text{ t/m}^3; \gamma_{ks}=1.90 \text{ t/m}^3; \phi_k=28.0^\circ; mv=0.013 \text{ cm}^2/\text{Kg}; Mo=73 \text{ Kg/cm}^2)$
- Limo argilloso-sabbioso con inclusi clasti centimetrici sub-arrotondati moderatamente consistente
 $(\gamma_k=1.80 \text{ t/m}^3; \gamma_{ks}=1.90 \text{ t/m}^3; \phi_k=28.0^\circ; cu_k=0.30 \text{ Kg/cm}^2; mv=0.013 \text{ cm}^2/\text{Kg}; Mo=73 \text{ Kg/cm}^2)$
- Deposito alluvionale eterometrico e poligenico costituito da ciottoli e ghiaie immersi in una matrice limo-sabbiosa "moderatamente addensato"
 $(\gamma_k=1.90 \text{ t/m}^3; \gamma_{ks}=2.00 \text{ t/m}^3; \phi_k=35.0^\circ; mv=0.003 \text{ cm}^2/\text{Kg}; Mo=330 \text{ Kg/cm}^2)$
- Deposito alluvionale eterometrico e poligenico costituito da ciottoli e ghiaie immersi in una matrice limo-sabbiosa "addensato"
 $(\gamma_k=1.90 \text{ t/m}^3; \gamma_{ks}=2.00 \text{ t/m}^3; \phi_k=35.0^\circ; mv=0.003 \text{ cm}^2/\text{Kg}; Mo=330 \text{ Kg/cm}^2)$

- S1





Sondaggio geognostico
- CPT1/DPSH1




Prova penetrometrica statica/dinamica super-pesante
- DPSH2

Prova penetrometrica dinamica super-pesante



LEGENDA

- 
 Terreno di riporto
 $(\gamma_K=1.80 \text{ t/m}^3; \gamma_{KS}=1.90 \text{ t/m}^3; \varphi_K=28.0^\circ; mv=0.013 \text{ cm}^2/\text{Kg}; Mo=73 \text{ Kg/cm}^2)$
- 
 Limo argilloso-sabbioso con inclusi clasti centimetrici sub-arrotondati moderatamente consistente
 $(\gamma_K=1.80 \text{ t/m}^3; \gamma_{KS}=1.90 \text{ t/m}^3; \varphi_K=28.0^\circ; cu_K=0.30 \text{ Kg/cm}^2; mv=0.013 \text{ cm}^2/\text{Kg}; Mo=73 \text{ Kg/cm}^2)$
- 
 Deposito alluvionale eterometrico e poligenico costituito da ciottoli e ghiaie immersi in una matrice limo-sabbiosa "moderatamente addensato"
 $(\gamma_K=1.90 \text{ t/m}^3; \gamma_{KS}=2.00 \text{ t/m}^3; \varphi_K=35.0^\circ; mv=0.003 \text{ cm}^2/\text{Kg}; Mo=330 \text{ Kg/cm}^2)$
- 
 Deposito alluvionale eterometrico e poligenico costituito da ciottoli e ghiaie immersi in una matrice limo-sabbiosa "addensato"
 $(\gamma_K=1.90 \text{ t/m}^3; \gamma_{KS}=2.00 \text{ t/m}^3; \varphi_K=35.0^\circ; mv=0.003 \text{ cm}^2/\text{Kg}; Mo=330 \text{ Kg/cm}^2)$

- 
 S1
 Sondaggio geognostico
- 
 CPTI/DPSH1
 Prova penetrometrica statica/dinamica super-pesante
- 
 DPSH2
 Prova penetrometrica dinamica super-pesante

ALLEGATO 9

LOG STRATIGRAFICO



PROVINCIA DI MASSA-CARRARA

CANTIERE Via Galileo Galilei, Massa (MS)			SONDAGGIO N. S1			IMPRESA ESECUTRICE GeoTirreno S.r.l.						
QUOTA ASS. P.C. 47,0 m s.l.m. (CTR 1:2.000)			DATA INIZIO/FINE inizio 13/06/2017 fine 13/06/2017			TIPO DI SONDA MASSENZA M.I. 6						
PROFONDITA' RAGGIUNTA 10.0 metri			CASSETTE CATALOGATRICI N. 2			PERFORATORE Mario Tommaino						
SISTEMA DI PERFORAZIONE Carotaggio continuo			METODO DI PERFORAZIONE Aste			CAROTIERE Carotiere tradizionale (0,00-10,00 m)						
DIAMETRO CAROTIERE TRADIZIONALE ϕ 101			DIAMETRO RIVESTIMENTO ϕ 127			SOGGIACENZA DELLA FALDA non rilevata						
METRI	PROFONDITA' m da p.c.	SIMBOLOGIA STRATIGRAFICA	DESCRIZIONE DEI TERRENI ATTRAVERSATI ED INDICAZIONE DEGLI SPESSORI	SPT		POCKET PENETROMETER Kg/cm ²	TORVANE Kg/cm ²	CAMPIONI		FALDA	INCLINOMETRO	NOTE
				NUMERO COLPI N1 N2 N3				NUMERO	PROFONDITA'			
1	0,50		Terreno di riporto costituito da pavimentazione in cls di color grigio chiaro più asfalto (0,00-0,15 m), sovrastante uno strato di riporto di ciottoli e ghiala immersi in matrice limoso-sabbiosa (0,15-0,50 m).	SPT1 5 19/20								
	1,60		Limo argilloso-sabbioso di colore marrone scuro con inclusi dasti centimetrici sub-arrotolati di colorazione verdastria .	SPT2 13 21/15								
2			Deposito alluvionale eterometrico e poligenico costituito da ciottoli e ghiala immersi in una matrice limo-sabbiosa di colore nocciola.	SPT3 10 Rif (11cm)								
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10	10,00											
11			FINE PERFORAZIONE									
12												
13												
14												
15												

ALLEGATO 10

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA - SONDAGGIO S1



FOTO 1: POSTAZIONE DEL SONDAGGIO S1.



FOTO 2: STRATIGRAFIA DA 0 A 5 M DEL SONDAGGIO S1.



FOTO 3: STRATIGRAFIA DA 5 A 10 M DEL SONDAGGIO S1.

ALLEGATO 11

PARAMETRI SISMICI

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Muro rigido: 0

Sito in esame.

latitudine: 44,035007

longitudine: 10,137276

Classe: 3

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 18710	Lat: 44,0356Lon: 10,0826	Distanza:
4371,310		
Sito 2 ID: 18711	Lat: 44,0376Lon: 10,1520	Distanza:
1213,115		
Sito 3 ID: 18933	Lat: 43,9877Lon: 10,1548	Distanza:
5448,740		
Sito 4 ID: 18932	Lat: 43,9857Lon: 10,0853	Distanza:
6881,459		

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 75anni

Coefficiente cu: 1,5

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 45 [anni]

ag: 0,053 g

Fo: 2,507

Tc*: 0,247 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 75 [anni]

ag: 0,066 g

Fo: 2,509

Tc*: 0,263 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %

Tr: 712 [anni]

ag: 0,158 g

Fo: 2,390

Tc*: 0,296 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %

Tr: 1462 [anni]

ag: 0,199 g

Fo: 2,381
Tc*: 0,306 [s]

Coefficienti Sismici

SL0:

Ss: 1,200
Cc: 1,450
St: 1,000
Kh: 0,013
Kv: 0,006
Amax: 0,629
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,200
Cc: 1,440
St: 1,000
Kh: 0,016
Kv: 0,008
Amax: 0,775
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,200
Cc: 1,400
St: 1,000
Kh: 0,045
Kv: 0,023
Amax: 1,854
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,200
Cc: 1,390
St: 1,000
Kh: 0,057
Kv: 0,029
Amax: 2,345
Beta: 0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru software - www.geostru.com

Coordinate WGS84

latitudine: 44.034046

longitudine: 10.136264

- COMUNE DI MASSAA -

Indagine geognostica, consistente in uno stendimento di sismica a rifrazione con onde SH e due prove penetrometriche dinamiche superpesanti, eseguita in un'area posta lungo Via Galileo Galilei, in cui è prevista la costruzione di una palestra

Committente: **Dott. Geol. Andrea Piccinini**

DITTA INCARICATA:

Geognostica Apuana Snc
Via Tinelli n. 25/A
54100 Massa
e-mail: geognostica.apuana@gmail.com



Relazione sulle indagini geognostiche

INDICE

PREMESSA	pag. 2
RELAZIONE SULL' INDAGINE PENETROMETRICA	pag. 3
1.1. Strumentazione utilizzata per l'esecuzione delle prove penetrometriche	pag. 3
1.2. Modalità di esecuzione delle prove penetrometriche	pag. 4
1.3. Livello di falda	pag. 5
RELAZIONE SULL'INDAGINE SISMICA	pag. 6
2.1 Indagine con sismica a rifrazione	pag. 6
2.2 Strumentazione utilizzata	pag. 7
2.3 Descrizione degli elaborati	pag. 7
2.4 Caratterizzazione stratigrafica ricavata dall'indagine sismica	pag. 8

PREMESSA

Per incarico del **Dott. Geol. Andrea Piccinini** è stata eseguita, in località Massa centro, lungo Via Galileo Galilei, all'interno di un lotto in cui sarà realizzata una nuova palestra, un'indagine geognostica consistente in uno stendimento di sismica a rifrazione con onde SH e n.2 prove penetrometriche dinamiche superpesanti, una delle quali è stata iniziata in modalità statica, per parametrizzare la parte di terreno più superficiale, di natura prevalentemente limo sabbiosa.

Le indagini sono state eseguite per ricostruire la stratigrafia dell'area, risalire alle caratteristiche geotecniche ed elastiche dei terreni ed individuare la categoria di sottosuolo del sito in oggetto, così come richiesto dal D.M. 14 Gennaio 2008.

Presa visione dei luoghi, su indicazione del Dott. Piccinini, lo stendimento sismico è stato posizionato lungo il lato sud-ovest di un terreno posto a valle del lotto in cui è prevista la costruzione, mentre le prove penetrometriche sono state eseguite nell'area in cui sarà realizzata la palestra.

La posizione dei geofoni e delle prove penetrometriche, ricavata tramite rilievo speditivo, è stata riportata su una cartografia in scala 1:500, ottenuta dall'ingrandimento di quella aerofotogrammetrica in scala 1:2.000.

La presente relazione riferisce dei risultati ottenuti dall'indagine ed è corredata dalle seguenti documentazioni che ne costituiscono parte integrante.

Tav. n.1 = Inquadramento geografico (Scala 1:5.000)

Tav. n.2 = Ubicazione indagini geognostiche (Scala 1:500)

Elaborati prove penetrometriche

Tab. n.1 = Tempi d'arrivo ai singoli geofoni "VIA GALILEO GALILEI 1-1' (onde SH)"

Fig. n.1 = Dromocrone e sezione sismostratigrafica "VIA GALILEO GALILEI 1-1' (onde SH)"

Tab. n.2 = Tabelle profondità-velocità "VIA GALILEO GALILEI 1-1' (onde SH)"

Fig. n.2 = Sezione sismica interpretativa "VIA GALILEO GALILEI 1-1' (onde SH)"
(Scala 1:200)

Documentazione fotografica

RELAZIONE SULL'INDAGINE PENETROMETRICA

1.1 Strumentazione utilizzata per l'esecuzione delle prove penetrometriche

Per costruire il modello fisico-meccanico dei terreni in oggetto e suddividerli in orizzonti omogenei aventi le caratteristiche conferitegli dalla natura, ovvero consistenza o grado di addensamento, sono state eseguite n.2 prove penetrometriche dinamiche superpesanti, utilizzando un penetrometro statico-dinamico, idraulico, autoguidato, a punta conica **PAGANI TG 63-100 EML.C**.

La prova DIN1, dopo aver predisposto un perforo per attraversare una soletta ed uno strato di riporto sottostante presente nell'area, è stata iniziata in modalità statica ed alla profondità di 1.2m è stata approfondita in modalità dinamica.

Le principali caratteristiche tecniche dello strumento utilizzato sono di seguito riportate.

Penetrometro statico-dinamico PAGANI TG63-100 EML.C

Modalità statica

Costante di trasformazione	Ct	= 10
Velocità avanzamento della punta		= 2cm/sec
Punta meccanica tipo Begemann	ϕ	= 35.7mm
Diametro delle aste	ϕ	= 3.6cm
Area della punta (Begemann)	A	= 10 cmq
Angolo di apertura della punta	α	= 60°
Manicotto laterale		= 150 cmq

Penetrometro statico-dinamico PAGANI TG63-100 EML.C

Modalità dinamica

Peso massa battente	M	= 63.5kg
Altezza di caduta libera	H	= 0.75m
Peso sistema di battuta	Ms	= 0.63kg
Diametro punta conica	ϕ	= 51.00mm
Area di base della punta conica	A	= 20.43cm ²
Angolo di apertura della punta	α	= 60°
Lunghezza delle aste	La	= 1.00m
Peso delle aste per metro	Ma	= 6.31kg
Profondità di giunzione 1a asta	P1	= 0.40m
Avanzamento della punta	δ	= 0.20m
Numero di colpi della punta	N	ogni 20cm di avanzamento
Diametro delle aste	ϕ_{aste}	= 32mm
Diametro del rivestimento	ϕ_{riv}	= 48mm
Energia specifica per colpo	Q	= (MH/A δ) = 11.66kg/cm ²
Coefficiente teorico di energia	β_t	= Q/QSPT = 1.489

La **prova penetrometrica statica** consiste nell'infissione nel terreno, con una pressione costante, che per lo strumento utilizzato è di 10t, di una punta di tipo meccanico (Begemann) tramite una batteria di aste, alla velocità costante di 2cm/sec.

Durante la prova si registrano, ogni 20 cm di avanzamento, le seguenti letture:

- lettura di punta
- lettura laterale.

Relativamente al tratto di prova eseguita in modalità statica è allegata una tabella in cui sono riportate le letture di campagna ed i valori di resistenza (q_c =resistenza di punta, f_s =resistenza laterale e q_c/f_s =rapporto Begemann), ed due grafici che riportano il diagramma di resistenza e le valutazioni litologiche.

La **prova penetrometrica dinamica** consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta d'acciaio, prolungabile con l'aggiunta di aste successive, facendo cadere sulle stesse un maglio di peso noto, da un'altezza costante.

La resistenza del terreno viene valutata contando il numero dei colpi necessari all'infissione di 20cm di aste e, successivamente, convertendo tali valori in resistenza dinamica di punta (R_{pd}) espressa in kg/cmq.

Alla relazione è allegata, relativamente ad ogni prova eseguita, una tabella che riporta il numero di colpi ed i valori di resistenza ogni 20cm di affondamento, e due diagrammi che mostrano l'andamento in funzione della profondità del numero di colpi della punta (N_P) e della resistenza dinamica di punta (R_{pd}).

Per correlare il numero dei colpi N_P rilevato in campagna con il numero di colpi N_{SPT} della Standard Penetration Test, è necessario moltiplicare N_P per un opportuno coefficiente che tiene conto del rendimento effettivo dello strumento utilizzato.

Per lo strumento in uso il coefficiente correttivo vale $\beta=1.489$, per cui è valida la seguente relazione:

$$N_{SPT} = \beta \times N_P = 1.489 \times N_P \quad \text{penetrometro idraulico statico-dinamico PAGANI TG63-100 EML.C}$$

In questo modo i principali parametri geotecnici dei terreni attraversati possono essere ricavati utilizzando la vasta letteratura esistente per la prova SPT.

1.2 Modalità di esecuzione delle prove penetrometriche

Le prove penetrometriche, ubicate come ben evidenziato nella Tavola n.2, sono state eseguite come già evidenziato sia in modalità statica che dinamica.

Nella seguente tabella sono riassunte, per ogni prova, le modalità e le profondità raggiunte.

		<i>Modalità statica</i>	<i>Modalità dinamica</i>
<i>Prova n.</i>		<i>Profondità raggiunta (m dal p.c.)</i>	<i>Profondità raggiunta (m dal p.c.)</i>
CPT1		0.8 - 1.2	
DIN1			1.4 - 2.6
DIN2			0.8 - 2.4

1.3 Livello di falda

Per verificare la presenza di acqua, nei fori lasciati dalle batterie di aste, sono stati installati dei tubi piezometrici di materiale plastico, opportunamente fenestrati.

Nel giorno dell'esecuzione delle indagini sono state effettuate delle misure, con un freatimetro meccanico a spia elettrica, che non hanno messo in evidenza la presenza di acqua alle profondità raggiunte dalle prove.

RELAZIONE SULL'INDAGINE SISMICA

2.1 Indagine con sismica a rifrazione

L'indagine sismica a rifrazione ben si presta ad indagare il sottosuolo, senza la necessità di costosi impianti di cantiere, e fornisce indicazioni continue lungo tutto l'allineamento.

L'interpretazione dell'indagine si basa sul principio secondo il quale la velocità con cui si propaga la perturbazione, prodotta artificialmente, è funzione delle caratteristiche elastiche dei terreni attraversati e, quindi, la possibilità di determinare queste velocità con elevato dettaglio permette di assegnare ai terreni parametri ragionevolmente realistici e di seguirne l'andamento in profondità.

Nella sismica a rifrazione, in particolare, si misura il tempo impiegato dalla perturbazione a compiere il percorso nel sottosuolo dal punto di energizzazione ai singoli geofoni, presupponendo che i raggi sismici viaggino seguendo le leggi di rifrazione dell'ottica, cioè rifrangendosi sulle superfici di separazione tra strati a modulo elastico crescente.

Le sezione denominata "**Via Galileo Galilei 1-1'**" è stata energizzata con le onde SH, che sono strettamente legate alle caratteristiche di rigidità e competenza dei terreni attraversati e, a differenza delle onde P, non sono sensibili al tenore di acqua presente in un terreno, neppure quando è raggiunta la saturazione.

Per tale indagine sono stati utilizzati geofoni orizzontali, con frequenza propria di 10hz, che sono stati infissi nel terreno con l'asse di oscillazione ortogonale all'allineamento.

Per produrre le onde di taglio SH, polarizzate orizzontalmente, è stato fatto uso di una strumentazione costituita da un parallelepipedo di legno, percosso lateralmente con una mazza del peso di 5kg.

La "tavola" è stata poggiata a terra disponendola ortogonalmente all'allineamento sismico e parallelamente alla direzione di vibrazione dei geofoni, dopo aver ripulito il terreno dai materiali detritici o dal manto erboso e aver creato una superficie piana.

In questo modo, percuotendo la tavola, sono state create vibrazioni di tipo SH dirette perpendicolarmente all'asse della sorgente e polarizzate sul piano orizzontale, con ampiezza massima nella direzione della forza.

La tavola utilizzata ha una lunghezza di circa 100cm, una larghezza di 30cm ed uno spessore di 15 centimetri ed ogni volta è stata gravata con il peso di uno o più operatori.

Con la metodologia utilizzata per eliminare dalla registrazione le onde P, che comunque sono generate, ed individuare meglio l'istante di primo arrivo dell'onda SH, è necessario produrre alla sorgente due onde di polarità opposta.

Questo si ottiene percuotendo la tavola prima da un lato e quindi dall'altro dopo aver invertito la polarità dei geofoni, in modo da sottrarre battuta destra e battuta sinistra, privilegiando quindi la registrazione delle sole onde SH (Metodo Cross-over).

2.2 Strumentazione utilizzata

La strumentazione per le indagini di sismica a rifrazione di superficie è costituita da geofoni, amplificatori, filtri, convertitori analogico/digitali e supporti per la memorizzazione dei dati.

Per la presente indagine è stato utilizzato un sismografo GEOMETRICS SMARTSEIS a 24 canali, dotato di un convertitore A/D a 16 bit preceduto da un amplificatore a singola fase che permette un guadagno del segnale fino a 24 dB.

I dati acquisiti sono immagazzinati in una memoria a 32 bit e visualizzati su un display a cristalli liquidi retroilluminato e possono essere riprodotti direttamente dalla stampante termica incorporata, oppure registrati su supporto magnetico.

I dati registrati possono essere infatti utilizzati in campagna per una prima interpretazione effettuata con il programma di analisi presente nel sismografo, o trasferiti successivamente su P.C. esterno per più complete elaborazioni.

Tali operazioni avvengono inizialmente con l'operazione di "picking" e quindi con lo studio delle dromocrone mediante il metodo di "Hobson-Overton", associato ad un algoritmo di inversione tarato con il "delay-time method" per l'elaborazione dei dati registrati in campagna, che permette di ottenere un primo modello della situazione litostratigrafica.

L'interpretazione in tal modo ottenuta è quindi affinata mediante il "Generalized Reciprocal Method (GRM)" che consente di delineare rifrattori ondulati ad ogni profondità, e di numero infinito, da dati sismici a rifrazione in linea che consistano di valori di tempi-distanza sia in andata che in ritorno.

I tempi di arrivo a due sensori distinti vengono combinati per ottenere la velocità del rifrattore, la sezione tempi-profondità ed il fattore di conversione in profondità; il fattore di conversione, e quindi il metodo, è indipendente dalla pendenza degli strati anche per angoli superiori a 20 gradi.

2.3 Descrizione degli elaborati

Relativamente alla sezione sismica realizzata vengono allegati i seguenti elaborati:

- **Tabella n.1:** per ciascun punto di scoppio sono indicati i tempi di arrivo in millisecondi ai singoli geofoni.
- **Figura n.1:** sono evidenziati sia i diagrammi tempi di arrivo-distanze (**dromocrone**), in cui sulle ascisse compaiono le distanze dei sensori dall'inizio dell'allineamento ed in ordinate i tempi di arrivo espressi in millisecondi, che le relative **sezioni sismostratigrafiche**, in cui i singoli rifrattori vengono rappresentati da archi di cerchio.
- **Tabella n.2:** è riportata l'ubicazione di ogni geofono lungo l'allineamento sismico unitamente alle profondità dei singoli strati e alle rispettive velocità calcolate.
- **Figura n.2:** è ricostruita la **sezione sismica interpretativa**, ottenuta utilizzando i dati del rilevamento topografico di campagna, in cui sono evidenziate le posizioni dei singoli geofoni, le velocità medie delle onde trasversali dei terreni attraversati e la loro probabile natura.

Le velocità delle onde sismiche assegnate ai singoli strati sono quelle ricavate dalle "Analisi di Velocità" che, a loro volta, derivano dall'elaborazione delle dromocrone e forniscono utili informazioni su variazioni litologiche e/o fisiche dei mezzi attraversati, sia lateralmente che in profondità.

2.4 Caratterizzazione stratigrafica ricavata dall'indagine sismica

Sezione "VIA GALILEO GALILEI 1-1' (onde SH)"

Lo stendimento è stato realizzato utilizzando 23 geofoni orizzontali, posti ad una distanza intergeofonica di 3.0 metri, per una lunghezza complessiva dello stendimento, compresi i colpi agli estremi, di 69.0 metri.

Lungo il profilo sono state eseguite quattro energizzazioni, di cui due alle estremità dell'allineamento, una internamente ed una esternamente.

L'unica energizzazione esterna è stata eseguita ad una distanza di circa 30.0m dal geofono n.1.

Descrizione della sezione ottenuta (Figura n.2)

Nella sezione sismica lo studio delle dromocrone, ottenute diagrammando, per ogni energizzazione, i tempi di arrivo ai singoli geofoni, ha permesso di individuare due rifrattori, per cui è stato possibile distinguere tre terreni a diversa risposta sismica.

Il primo rifratore indica la linea di separazione tra un primo strato superficiale, costituito da limo debolmente argilloso, con rari ciottoli ed i sottostanti depositi alluvionali del Fiume Frigido.

Lo spessore massimo del terreno superficiale, pari circa a 1.6m, è stato individuato nel tratto compreso fra i geofoni n.17 e n.21, mentre quello minimo, pari a 1.2m, in corrispondenza dei geofoni n.6 e n.7.

La velocità delle onde di taglio rilevata nello strato superficiale è risultata pari a 215m/sec.

Il secondo rifratore, che individua il passaggio tra i depositi alluvionali ed un livello, costituito dagli stessi litotipi ma maggiormente addensati, è posto ad una profondità variabile da un massimo di 7.2m, sotto i primi geofoni, ad un minimo di 5.7m, sotto gli ultimi.

La velocità delle onde SH, nel secondo sismotrato, è risultata pari a 430m/sec, mentre nel sottostante livello maggiormente addensato è di 610m/sec.

Massa, 15/06/2017

Per la Geognostica Apuana snc

Dott. Francesco Giusti

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO



Scala 1:5.000

Località: VIA GALILEO GALILEI



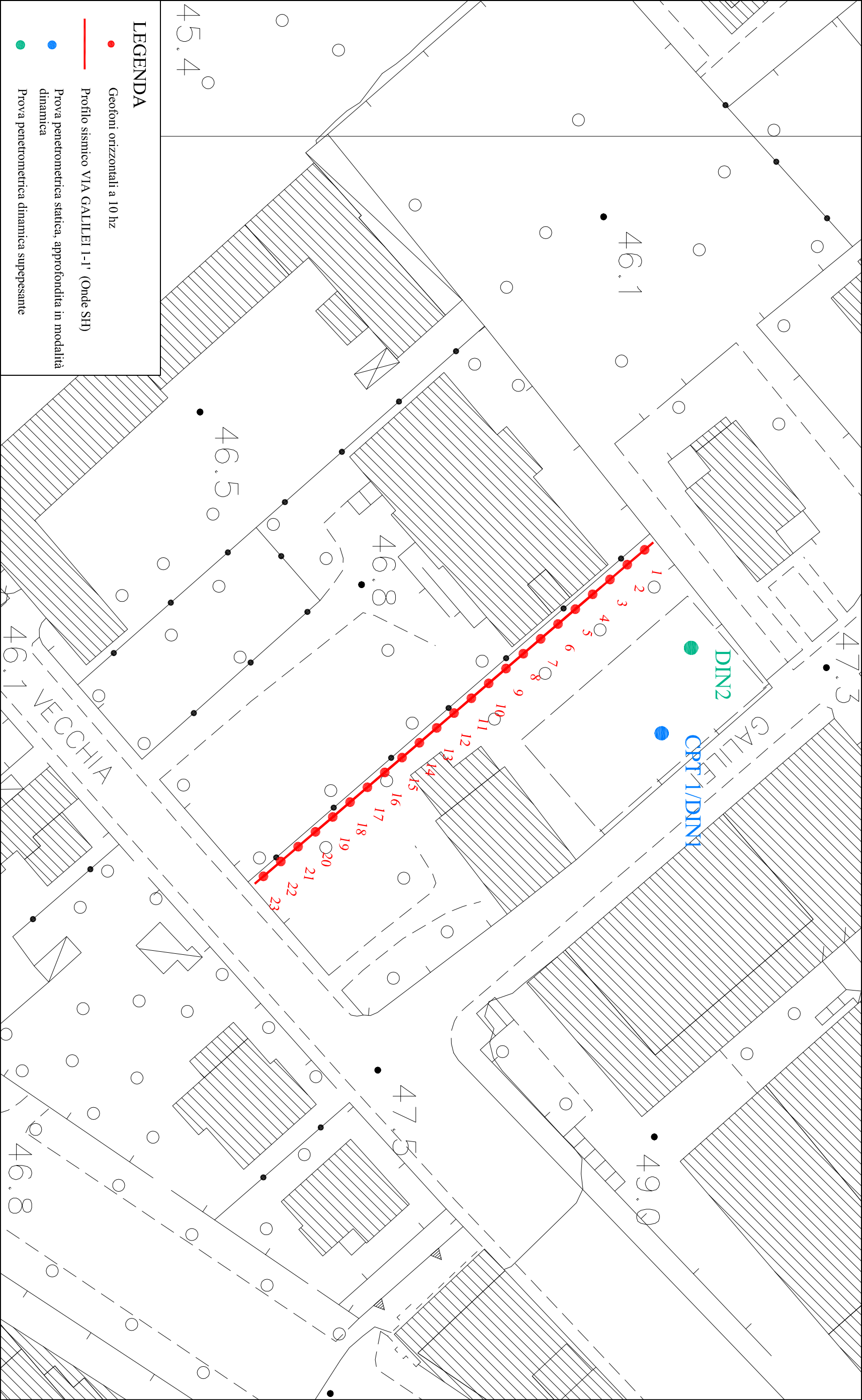
Tavola n. 1

LEGENDA



Area in oggetto

UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE



Località: VIA GALILEO GALILEI



Scala 1:500

Tavola n.2

PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 1

2.01PG05-179

- committente : Dott. Geol. Andrea Piccinini
- lavoro : Realizzazione palestra
- località : Via Galileo Galilei - Massa
- note :

- data : 15/06/2017
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale					punta	laterale		kg/cm ²	
0,20	----	----	--	-----	----	0,80	29,0	0,0	29,0	0,53	54,0
0,40	----	----	--	-----	----	1,00	29,0	37,0	29,0	1,13	26,0
0,60	----	----	--	-----	----	1,20	63,0	80,0	63,0	-----	----

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

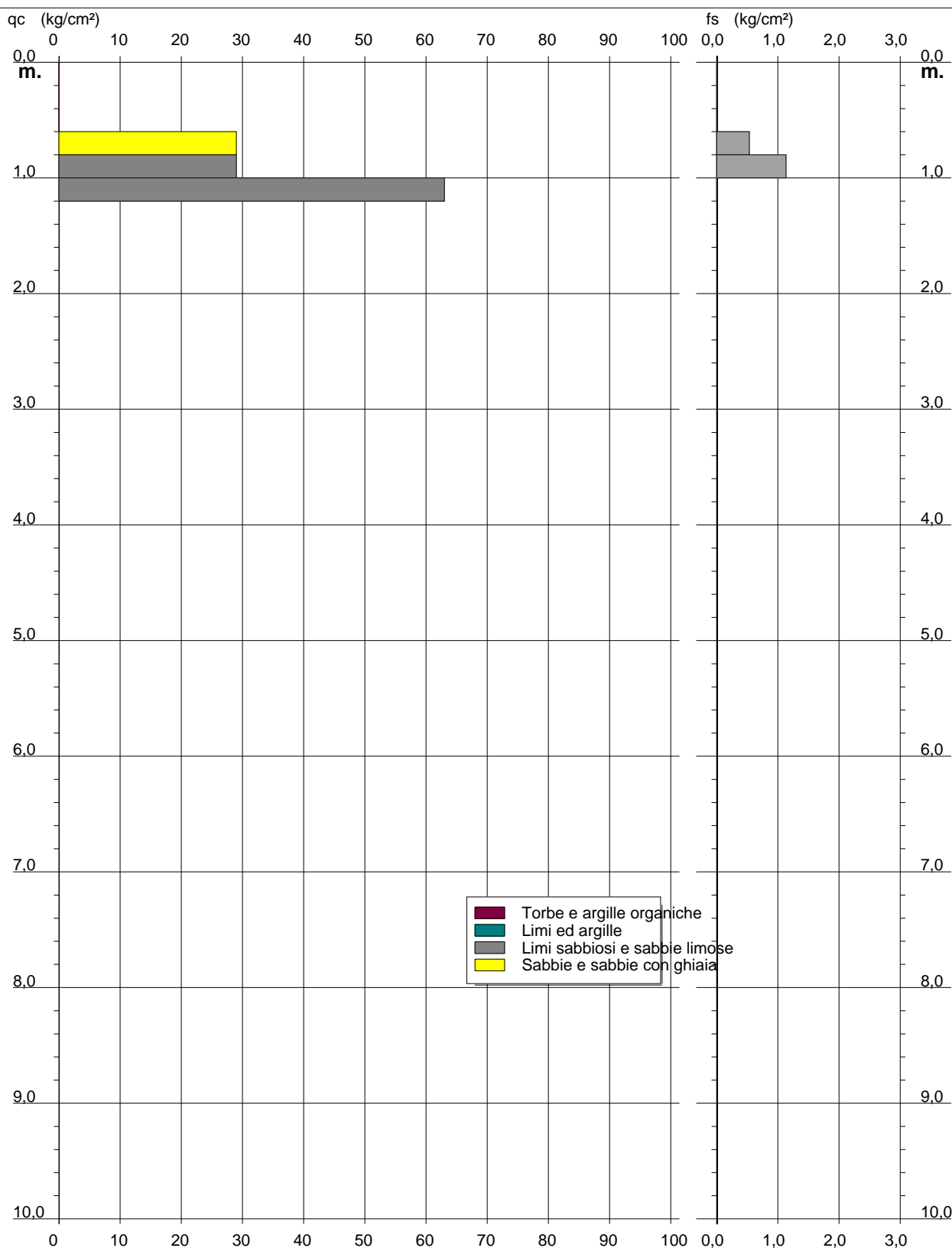
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.01PG05-179

- committente : Dott. Geol. Andrea Piccinini
- lavoro : Realizzazione palestra
- località : Via Galileo Galilei - Massa

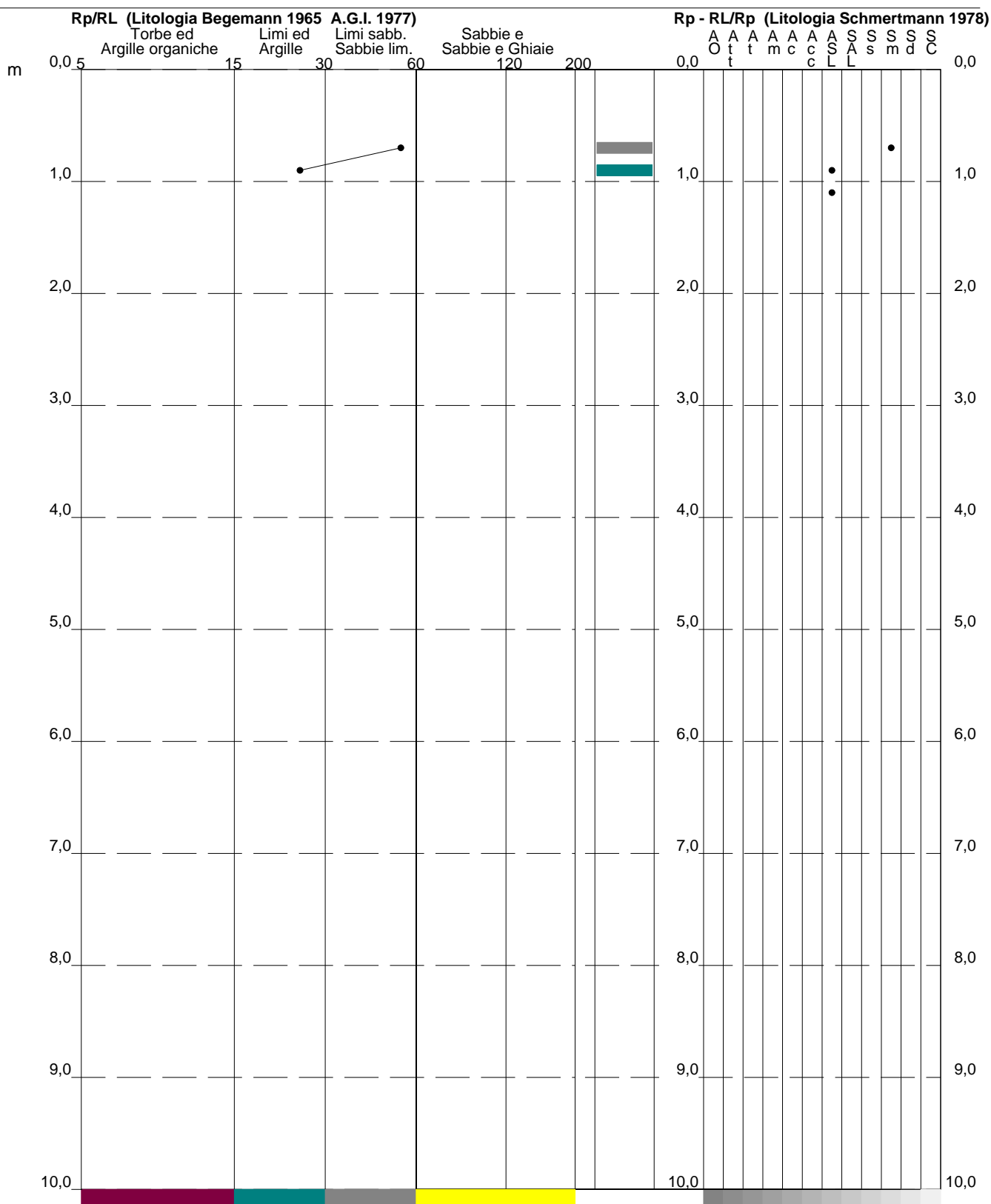
- data : 15/06/2017
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 50



CPT 1

2.01PG05-179

- data : 15/06/2017
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 50



PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 1

2.01PG05-179

- committente : Dott. Geol. Andrea Piccinini
- lavoro : Realizzazione palestra
- località : Via Galileo Galilei - Massa
- note :

- data : 15/06/2017
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	qc kg/cm ²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m ³	d'vo kg/cm ²	Cu kg/cm ²	OCR (-)	Eu50 kg/cm ²	Eu25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm ²	E'25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	--	--	???	1,85	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	--	--	???	1,85	0,11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	29	54	3:...	1,85	0,15	--	--	--	--	--	76	39	40	42	44	40	29	0,178	48	73	87
1,00	29	26	4:/./.	1,85	0,19	0,98	50,7	167	251	87	71	38	40	42	44	39	29	0,161	48	73	87
1,20	63	--	3:...	1,85	0,22	--	--	--	--	--	93	41	42	44	45	42	32	0,233	105	158	189

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : TG 63-100 EML.C

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

CARATTERISTICHE TECNICHE : TG 63-100 EML.C

PESO MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 0,63 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 51,00 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,43 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 6,31 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	P1 = 0,40 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,20$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) \Rightarrow Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A δ) = 11,66 kg/cm ² (prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm ²)
COEFF.TEORICO DI ENERGIA	$\beta t = Q/Q_{spt} = 1,489$ (teoricamente : Nspt = βt N)

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

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

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

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

UNITA' di MISURA (conversioni)

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

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- committente : Dott. Geol. Andrea Piccinini
- lavoro : Realizzazione palestra
- località : Via Galileo Galilei
- note :

- data : 15/06/2017
- quota inizio : pavimentazione
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	1	10,5	----	1	1,40 - 1,60	11	98,0	----	3
0,20 - 0,40	1	10,5	----	1	1,60 - 1,80	14	124,8	----	3
0,40 - 0,60	1	9,6	----	2	1,80 - 2,00	11	98,0	----	3
0,60 - 0,80	1	9,6	----	2	2,00 - 2,20	11	98,0	----	3
0,80 - 1,00	1	9,6	----	2	2,20 - 2,40	18	160,4	----	3
1,00 - 1,20	1	9,6	----	2	2,40 - 2,60	50	414,1	----	4
1,20 - 1,40	6	57,9	----	2					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

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

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 2

- committente : Dott. Geol. Andrea Piccinini
- lavoro : Realizzazione palestra
- località : Via Galileo Galilei
- note :

- data : 15/06/2017
- quota inizio : pavimentazione
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	1	10,5	----	1	1,20 - 1,40	4	38,6	----	2
0,20 - 0,40	1	10,5	----	1	1,40 - 1,60	4	35,6	----	3
0,40 - 0,60	1	9,6	----	2	1,60 - 1,80	11	98,0	----	3
0,60 - 0,80	1	9,6	----	2	1,80 - 2,00	18	160,4	----	3
0,80 - 1,00	4	38,6	----	2	2,00 - 2,20	24	213,9	----	3
1,00 - 1,20	3	28,9	----	2	2,20 - 2,40	50	445,5	----	3

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

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

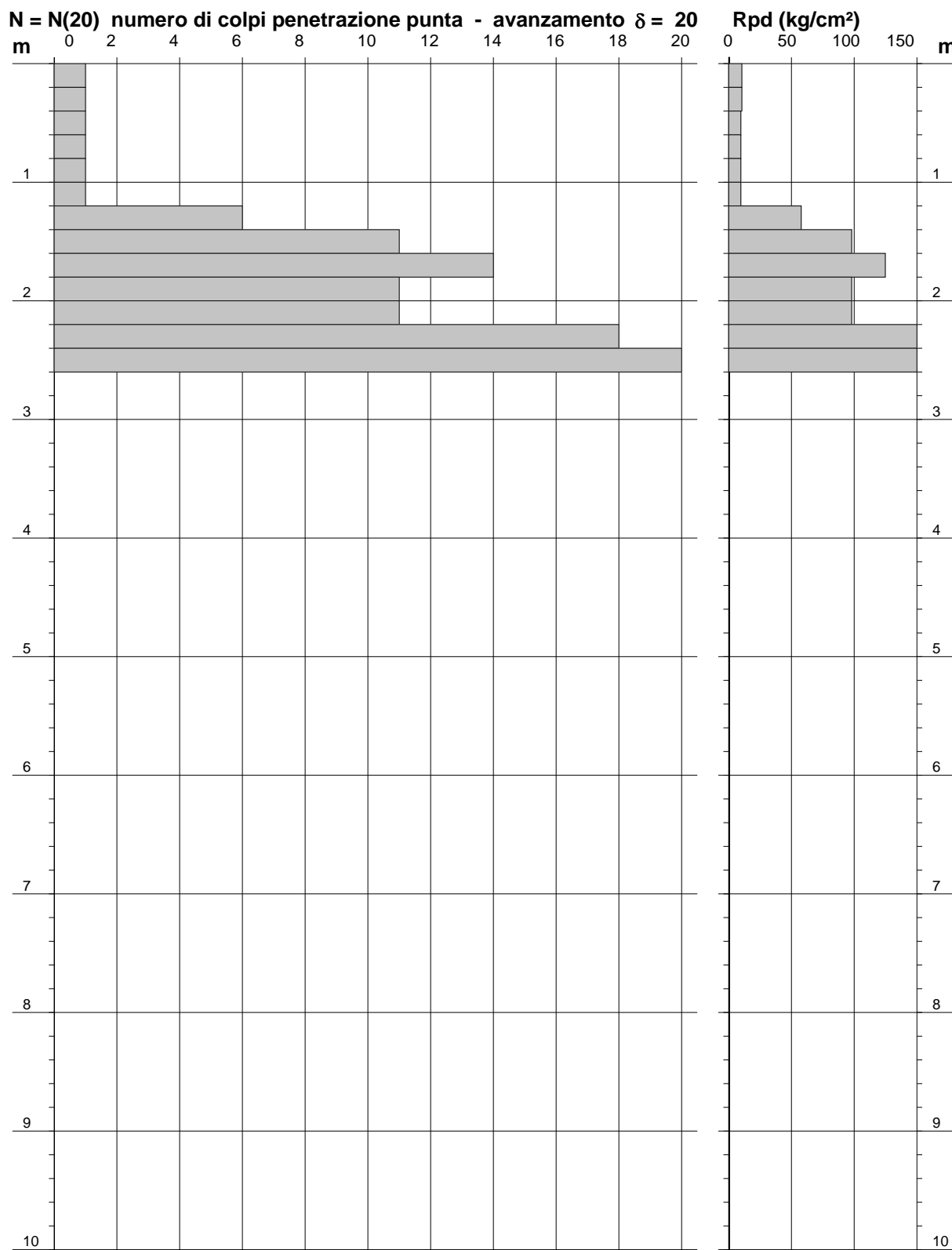
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1

Scala 1: 50

- committente : Dott. Geol. Andrea Piccinini
- lavoro : Realizzazione palestra
- località : Via Galileo Galilei
- note :

- data : 15/06/2017
- quota inizio : pavimentazione
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1



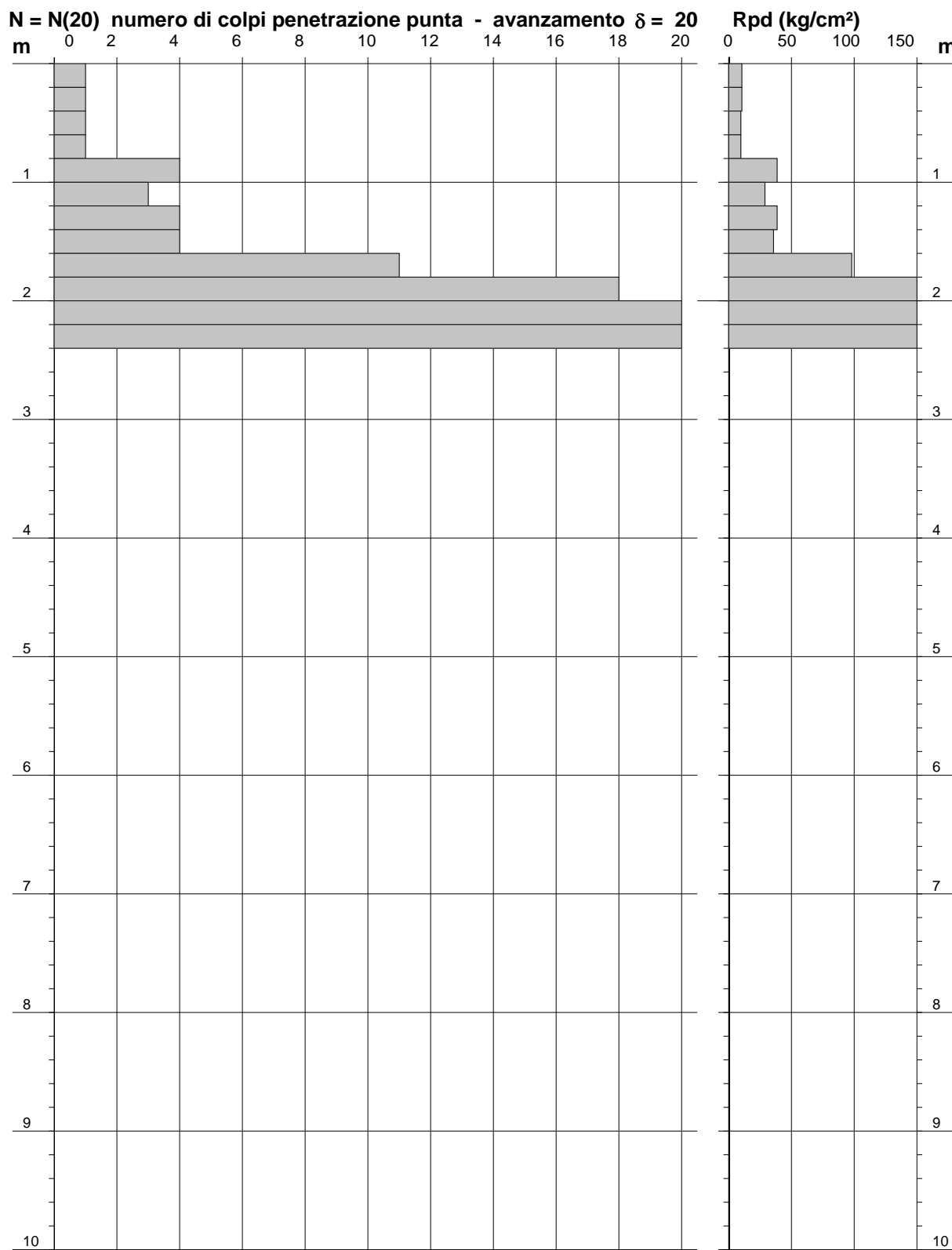
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 2

Scala 1: 50

- committente : Dott. Geol. Andrea Piccinini
- lavoro : Realizzazione palestra
- località : Via Galileo Galilei
- note :

- data : 15/06/2017
- quota inizio : pavimentazione
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1



Località: "MASSA"

Sezione "VIA GALILEO GALILEI 1-1' (onde SH)"

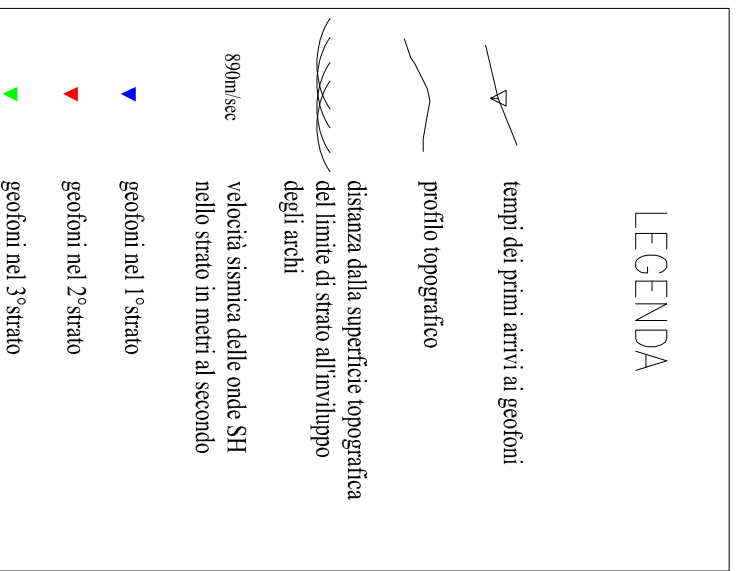
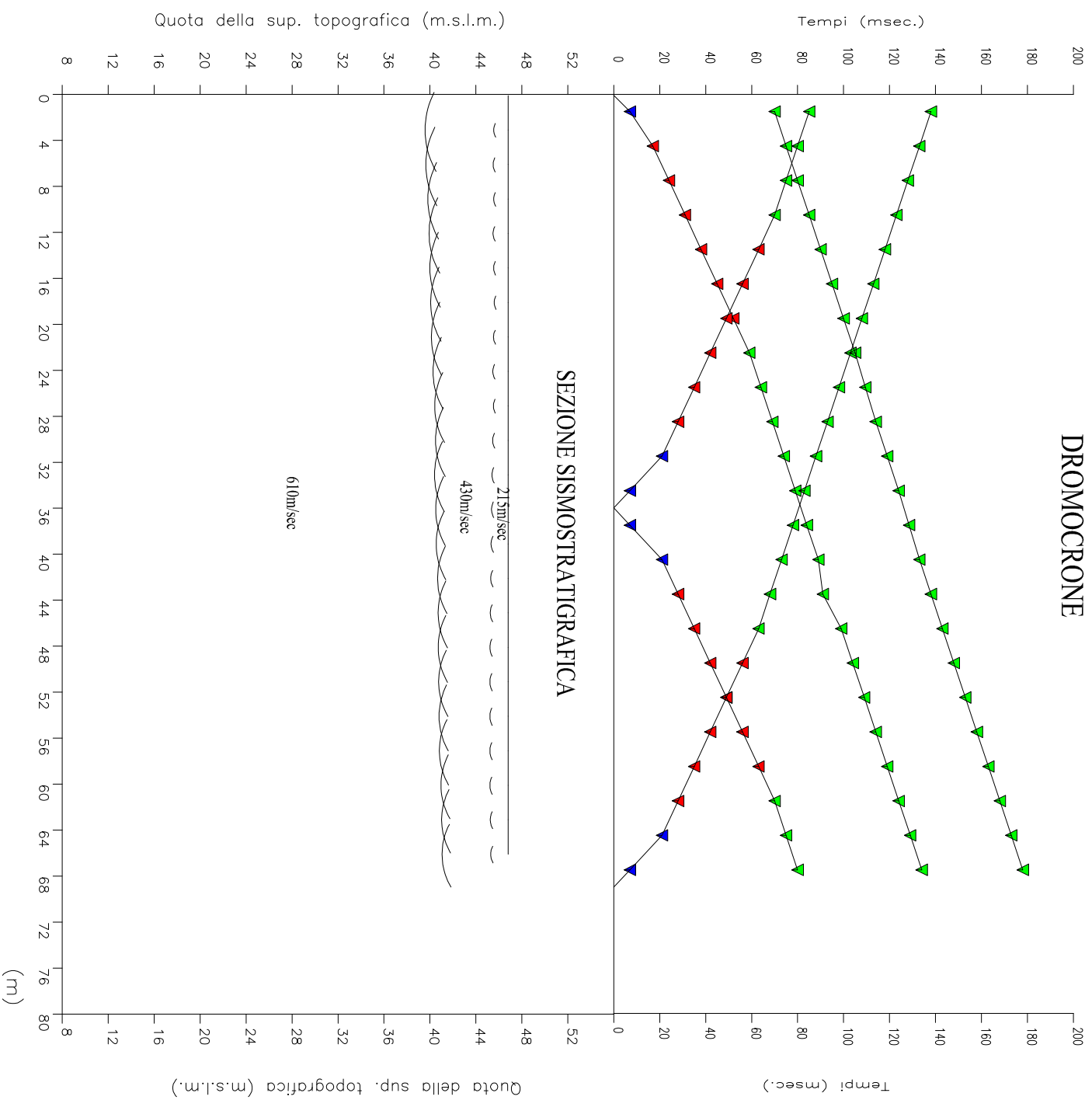
Geometria energizzazioni

	Simbolo	Posizione (m)	Quota (m s.l.m.)
Colpo esterno a sinistra	E1	-30.0	46.8
Colpo estremo a sinistra	A	0.0	46.8
Colpo centrale	C	36.0	46.8
Colpo estremo a destra	B	69.0	46.8

Tempi di arrivo in millisecondi

Geofono n°	Posizione (m)	Estremo a sinistra (A)	Centrale (C)	Estremo a destra (B)	Esterno a destra (E2)
1	1.5	70.00	7.00	85.00	138.00
2	4.5	75.00	17.00	80.00	133.00
3	7.5	80.00	24.00	75.00	128.00
4	10.5	85.00	31.00	70.00	123.00
5	13.5	90.00	38.00	63.00	118.00
6	16.5	95.00	45.00	56.00	113.00
7	19.5	100.00	52.00	49.00	108.00
8	22.5	105.00	59.00	42.00	103.00
9	25.5	109.50	64.00	35.00	98.00
10	28.5	114.00	69.00	28.00	93.00
11	31.5	119.00	74.00	21.00	88.00
12	34.5	124.00	79.00	7.00	83.00
13	37.5	128.50	84.00	7.00	78.00
14	40.5	133.00	89.00	21.00	73.00
15	43.5	138.00	91.00	28.00	68.00
16	46.5	143.00	99.00	35.00	63.00
17	49.5	148.00	104.00	42.00	56.00
18	52.5	153.00	109.00	49.00	49.00
19	55.5	158.00	114.00	56.00	42.00
20	58.5	163.00	119.00	63.00	35.00
21	61.5	168.00	124.00	70.00	28.00
22	64.5	173.00	129.00	75.00	21.00
23	67.5	178.00	134.00	80.00	7.00

Tabella n.1



Geognostica Apuana snc
Via Tinelli n.25/a
54100 MASSA
tel e fax n.0585/4097 e-mail geognostica.apuana@gmail.com

PROSPEZIONE SISMICA
DI SUPERFICIE A RIFRAZIONE

Comm.: Dott. Geol. Andrea Piccinini

Linea sismica: Via Galilei 1-1'

Fig. n.1 **ONDE SH**

Località: "MASSA"

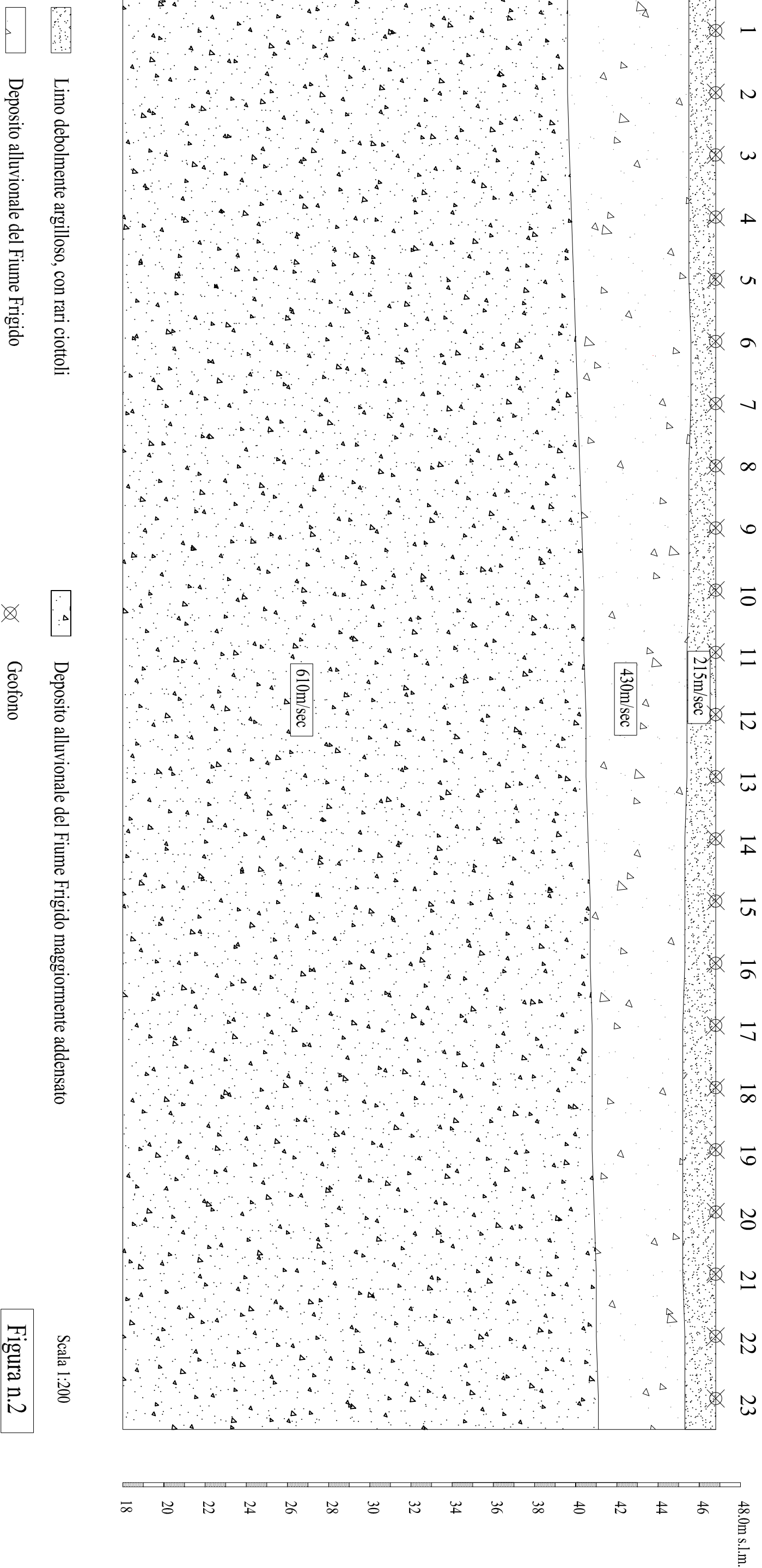
Sezione "VIA GALILEO GALILEI 1-1' (onde SH)"

Tabella spessori-velocità

Ubicazione geofoni			1° Strato		2° Strato		3° Strato
Geofono n°	Posizione relativa	Quota (m s.l.m.)	Profondità (m)	Velocità (m/s) Onde SH	Profondità (m)	Velocità (m/s) Onde SH	Velocità (m/s) Onde SH
1	1.5	46.8	1.3	215	7.2	430	610
2	4.5	46.8	1.3	215	7.2	430	610
3	7.5	46.8	1.3	215	7.1	430	610
4	10.5	46.8	1.3	215	7.0	430	610
5	13.5	46.8	1.3	215	6.9	430	610
6	16.5	46.8	1.2	215	6.8	430	610
7	19.5	46.8	1.2	215	6.7	430	610
8	22.5	46.8	1.3	215	6.6	430	610
9	25.5	46.8	1.3	215	6.5	430	610
10	28.5	46.8	1.3	215	6.4	430	610
11	31.5	46.8	1.4	215	6.4	430	610
12	34.5	46.8	1.4	215	6.3	430	610
13	37.5	46.8	1.4	215	6.3	430	610
14	40.5	46.8	1.5	215	6.2	430	610
15	43.5	46.8	1.5	215	6.1	430	610
16	46.5	46.8	1.5	215	6.1	430	610
17	49.5	46.8	1.6	215	6.0	430	610
18	52.5	46.8	1.6	215	6.0	430	610
19	55.5	46.8	1.6	215	6.0	430	610
20	58.5	46.8	1.6	215	5.9	430	610
21	61.5	46.8	1.6	215	5.8	430	610
22	64.5	46.8	1.5	215	5.8	430	610
24	67.5	46.8	1.5	215	5.7	430	610

Tabella n. 2

Sezione sismica interpretativa: "VIA GALILEO GALILEI 1-1' (onde SH)"



Documentazione fotografica

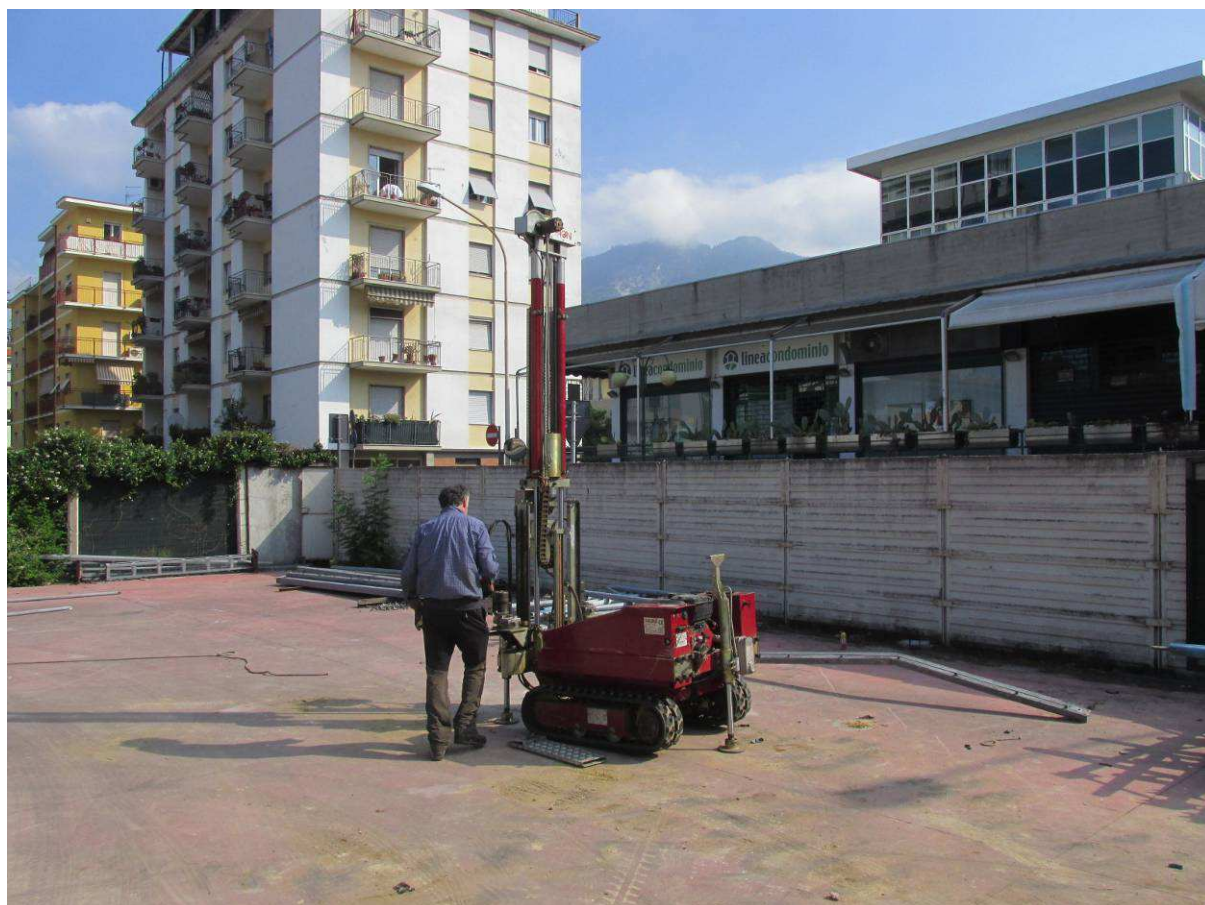


Foto 1 Prova penetrometrica dinamica superpesante DIN1.



Foto 2 Prova penetrometrica dinamica superpesante DIN2.



Foto 3 Fase di energizzazione dello stendimento sismico “Via Galileo Galilei 1-1’ (onde SH)”.