



Studio Geologico Dott. Andrea FERRAROTTI

Studi - Pianificazione – Consulenze - Progettazione - Servizi per la geologia e l'ambiente

Via degli Artisti, 34 Bis - 10124 TORINO

Via Bruno Buozzi, 10 - 13039 TRINO (VC)

tel/fax 011.8391293

mob 338.3982652

e-mail andrea.ferrarotti@libero.it

www.geoambienteferrarotti.com

Provincia di Alessandria

COMUNE DI ACQUI TERME

Relazione geologica, sismica e di caratterizzazione geotecnica dei terreni, a supporto del progetto di manutenzione straordinaria sull'edificio della scuola primaria di via San Defendente 29.

Riferimenti normativi:

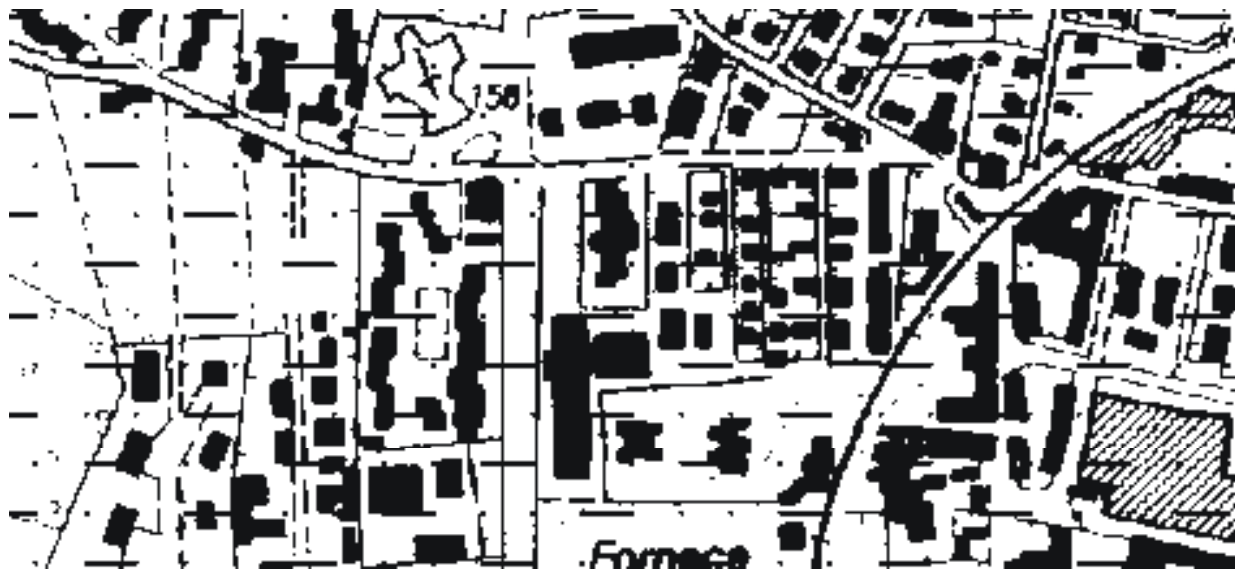
L.R. n. 56 del 05.12.1977 e s.m.i.

Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003 e s.m.i.

D.G.R. n. 11-13058 del 19.01.2010

D.M. 14.01.2008 e s.m.i.

Committente	Spett. COMUNE DI ACQUI TERME			
Il Tecnico	Dott. Geol. Andrea FERRAROTTI			
Il Progettista	Arch. Nadia BARALE			
Data	02.02.2015			
	N.	Data	Verifica	Validazione
Revisione	00	02.02.2015	A. Ferrarotti	A. Ferrarotti
	01			
	02			
Codice Documento	ACQ.COMUNE.2014			
Codice Cliente	CA			



02.02.2015	Studio Geologico & Consulenze Ambientali Dott. Geol. Andrea Ferrarotti	Pag. 2 di 54
Rev. 0 - 2015	Relazione geologica e geotecnica	Elab. 1

INDICE

1	PREMESSA	Pag. 3
2	CARATTERISTICHE GEOLOGICO - STRUTTURALI E GEOMORFOLOGICHE	Pag. 5
3	PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA ED IDRAULICA	Pag. 7
4	CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE	Pag. 11
5	INDAGINI E PROVE GEOTECNICHE	Pag. 13
6	INDAGINI E PROVE GEOFISICHE	Pag. 23
7	CARATTERISTICHE SISMICHE	Pag. 32
8	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE	Pag. 44
9	MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO PRELIMINARE	Pag. 45
10	OPERE DI FONDAZIONE E DI SOSTEGNO	Pag. 47
11	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	Pag. 49
12	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	Pag. 53
13	ALLEGATI	Pag. 54
	- Inquadramento topografico	
	- Documentazione fotografica aerea	
	- Carta geomorfologica dei dissesti	
	- Carta geologica	
	- Carta di fruibilità urbanistica	
	- Dichiarazione in merito alla Classe di idoneità all'utilizzazione urbanistica ed alle opere assentibili per l'Area IIIB n. 1	
	- Ubicazione prove ed indagini geotecniche e geofisiche	
	- Diagrammi Rpd - profondità e sezioni stratigrafiche interpretative dedotte dalle prove penetrometriche eseguite	
	- Sezione stratigrafica e litotecnica schematica interpretativa	

02.02.2015	Studio Geologico & Consulenze Ambientali Dott. Geol. Andrea Ferrarotti	Pag. 3 di 54
Rev. 0 - 2015	Relazione geologica e geotecnica	Comune di Acqui Terme Elab. 1

1. PREMESSA

La presente **relazione geologica, sismica e di caratterizzazione geotecnica dei terreni, a supporto del progetto di manutenzione straordinaria dell'edificio della scuola primaria di via San Defendente 29**, in Comune di **Acqui Terme (AL)**, fa seguito ad un sopralluogo e ad un'indagine di superficie e di profondità, eseguita in sito, su incarico conferito allo scrivente dall'**Amministrazione Comunale**.

Le indagini eseguite, estese ad un significativo intorno dell'area interessata dagli interventi, in ottemperanza al paragrafo 6.2.2 del D.M. 14.01.08 e s.m.i., sono state finalizzate alla definizione delle condizioni geologiche e geomorfologiche del sito e ad una stima di massima delle caratteristiche geotecniche dei materiali ricadenti nel volume significativo dei manufatti, verificando i possibili scenari di rischio e le problematiche esecutive, con il preciso intento di definirne le potenzialità di fruizione in relazione all'assetto territoriale, verificando le condizioni di stabilità, l'eventuale presenza di elementi morfogenici dissestivi e lo stato di fatto, traendo le opportune valutazioni sulla compatibilità degli interventi con la situazione idrogeologica, geomorfologica e litologica locale.

Si è pertanto proceduto all'esecuzione di una serie di indagini di natura geologica e geotecnica, le risultanze delle quali sono state riportate nel presente elaborato, finalizzato alla costruzione del *modello geologico e geotecnico dei terreni* ricadenti nell'area d'intervento, ai sensi del paragrafo 6.2.2 "Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica" del D.M. 14.01.2008 e s.m.i.

Nel terreno interessato dall'intervento è presente, allo stato attuale, un edificio scolastico strutturato secondo n. 3 livelli fuori terra nella porzione N e secondo n. 3 livelli fuori terra e n. 1 livello interrato nella porzione S.

La fase esecutiva prevede la realizzazione di una serie di interventi di manutenzione straordinaria legati all'efficienza energetica dell'edificio.

Il presente studio è stato sviluppato in modo tale da costituire un utile elemento di riferimento per il Progettista al fine di inquadrare le eventuali problematiche geologiche – geotecniche e per definire il programma delle eventuali ulteriori indagini sui terreni. Si elencano di seguito i contenuti principali del presente elaborato:

- Inquadramento normativo di riferimento ed esame dell'intervento nel contesto degli strumenti di pianificazione vigenti con analisi del quadro conoscitivo esistente.
- Caratteristiche generali del progetto e suo inquadramento in ambito territoriale.
- Definizione delle caratteristiche tettonico - strutturali dell'area d'intervento.
- Definizione dei lineamenti geomorfologici della zona e analisi dei processi morfogenetici con specifico riferimento ai dissesti in atto o potenziali ed alla loro tendenza evolutiva al fine di una valutazione delle reali incidenze dell'intervento sulle condizioni di stabilità pre e post-intervento.
- Definizione delle caratteristiche geologiche del sito: caratterizzazione della successione litostratigrafica del sito per un intorno areale significativo.
- Definizione della distribuzione areale e volumetrica dei litotipi e del loro stato di fratturazione e alterazione ed un primo giudizio qualitativo sulle loro caratteristiche geomeccaniche.
- Definizione delle condizioni idrogeologiche del sito, tenendo conto dello schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea, dei livelli piezometrici dell'acquifero superficiale e delle indicazioni sulla loro escursione stagionale (misurata o stimata sulla base dei valori medi conosciuti oppure derivata da dati bibliografici e/o dalle carte dello strumento urbanistico vigente).
- Cenni sulle metodologie di scavo per la realizzazione delle fondazioni e delle opere.

02.02.2015	Studio Geologico & Consulenze Ambientali Dott. Geol. Andrea Ferrarotti	Pag. 4 di 54
Rev. 0 - 2015	Relazione geologica e geotecnica	Comune di Acqui Terme Elab. 1

- Valutazioni degli eventuali effetti indotti complessivamente dalle opere in progetto anche in relazione a tutti gli interventi necessari per la loro realizzazione (scavi, riporti e drenaggi).
- Eventuale definizione di “zona nota” o “zona non nota” in relazione alla stabilità complessiva struttura/opera-terreno.
- Risultanze delle prove ed indagini geognostiche e/o geotecniche realizzate con l'obiettivo di ricostruire le caratteristiche litostratigrafiche locali e relativa documentazione tecnica.
- Risultanze di eventuali prove ed indagini geognostiche e geotecniche eseguite in siti limitrofi o ricavate da bibliografia, particolarmente per le “zone note”.
- Considerazioni sulla stabilità dei fronti di scavo in assenza di opere di progetto (pre-intervento) con eventuale individuazione delle ipotetiche superfici di scivolamento.
- Definizione della Zona sismica d'appartenenza e della Categoria di suolo di fondazione del sito in relazione alla normativa adottata.
- Valutazioni sulle problematiche sismiche locali presenti nel sito anche in riferimento agli elementi di pericolosità sismica locali e valutazione delle condizioni predisponenti per la suscettibilità a liquefazione dei terreni nei casi previsti dalla normativa vigente.
- Prescrizioni geologiche e geotecniche da seguire in fase di progettazione ed in fase esecutiva.

Le risultanze di tali indagini formano l'oggetto dei capitoli della presente relazione tecnica che si è basata in particolare:

- su rilievi geologici e morfologici di superficie e sui dati rilevati dallo scrivente durante i sopralluoghi effettuati sull'area di intervento e su un suo intorno significativo;
- sulla consultazione di cartografie geologiche e geomorfologiche specifiche riguardanti l'area in esame, quali pubblicazioni scientifiche di carattere geologico e geoidrologico e indagini tematiche di carattere tecnico professionale;
- sugli elaborati geologici allegati al P.R.G.C.;
- su dati bibliografici presenti in letteratura e su dati a disposizione dello scrivente sull'area in esame e su terreni analoghi.

La presente indagine è eseguita ai sensi della seguente Normativa di riferimento:

- D.M. 14.01.2008 e s.m.i.
- D.G.R. n. 11-13058 del 19.01.2010
- L.R. n. 56 del 05.12.1977
- R.D. n. 3267 del 30.12.1923 e L.R. n. 45 del 09.08.1989
- P.A.I. - Piano per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po
- P.R.G.C. - Piano Regolatore Generale Comunale vigente
- Verifiche di compatibilità idraulica ed idrogeologica dei vigenti Strumenti Urbanistici con il progetto di Piano stralcio di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) ex Art.18, comma 2 della Delibera n. 1/99 dell'Autorità di Bacino del Fiume Po e Adeguamento Studi Geologici a supporto del vigente P.R.G.C.
- Progetto di variante strutturale al P.R.G. di adeguamento al Piano per l'Assetto Idrogeologico - aprile 2014 (D.C.C. n. 9 del 14/04/2014).

Vengono di seguito esposte alcune note circa le caratteristiche geologico strutturali, geomorfologiche, geolitologiche, stratigrafiche, sismiche, idrogeologiche ed idrologiche dell'area interessata dagli interventi.

02.02.2015	Studio Geologico & Consulenze Ambientali Dott. Geol. Andrea Ferrarotti	Pag. 5 di 54
Rev. 0 - 2015	Relazione geologica e geotecnica	Elab. 1

2. CARATTERISTICHE GEOLOGICO - STRUTTURALI E GEOMORFOLOGICHE

L'area oggetto d'indagine ricade nel settore di pianura del territorio comunale ed è compresa nella cartografia ufficiale del Foglio n° 159 "Acqui Terme" dell'Istituto Geografico Militare (I.G.M.) alla scala 1:100.000.

La zona interessata dall'intervento si colloca ad una quota di circa m 160,5 s.l.m., in un'area sub-pianeggiante fortemente antropizzata destinata principalmente a zona residenziale. L'edificio scolastico risulta rilevato di circa m 1,5 dall'originario p.c.

L'area in esame è ubicata a cavallo tra il Settore collinare Nord ed il Settore pianiziale di fondo valle del Fiume Bormida. Quest'ultimo costituisce un'ampia fascia mediana dalla morfologia molto regolare e distinta in vari ordini di terrazze fluviali, via via più antiche allontanandosi dall'attuale alveo del Fiume Bormida; entro questo settore il principale agente morfogenetico è sicuramente lo stesso Bormida che modella ancora in maniera sensibile le piane di fondovalle con i suoi fenomeni alluvionali di notevole intensità. Di questi quelli più recenti e di sicuro maggior impatto risalgono all'ottobre 1977, al novembre 1994 e al novembre 2000. Tale area si presenta intensamente antropizzata con vie di comunicazione (strada statale di Val Bormida, linee ferroviarie ed insediamenti artigianali) che si ramificano e tendono anche a premere verso le aree di espansione naturale dei corsi d'acqua. Ridotte sono le aree rimaste a destinazione agricola che si concentrano prevalentemente a valle della città (verso E) anche se pure in questi settori si rileva negli ultimi anni una intensa pressione insediativa.

Il settore collinare N, compreso tra il confine con i comuni di Terzo d'Acqui, Montabone, Castel Rocchero, Alice Bel Colle, Ricaldone e Strevi e la sottostante piana di fondo valle del Fiume Bormida, è caratterizzato invece da uno sviluppo abbastanza semplice, con un sistema collinare regolare che declina dalle cime soprastanti verso le quote più basse del fondo valle della Bormida a S. Le quote altimetriche risultano comprese tra i 396 m s.l.m. di località il Bricco fino ai 160 m s.l.m. delle prime propaggini della piana sottostante. Esso è caratterizzato da un'orografia sostanzialmente regolare, in cui varie incisioni di tributari minori, più o meno strutturati tendono a confluire ortogonalmente in Bormida dopo cammini abbastanza brevi e che di rado superano il chilometro di lunghezza. Nell'estremo settore N le aste fluviali dei corsi d'acqua principali Rio Medrio (non in territorio comunale di Acqui Terme), Rio Casale e Rio Usignola tendono ad avere un andamento complessivo WNW-ESE per poi piegare bruscamente in direzione S poco a monte della città di Acqui e così procedere fino alla loro confluenza in Bormida all'altezza della città stessa. Tale evidenza è relazionabile o con un controllo tettonico del reticolo o con un fenomeno di cattura generalizzata da parte del Fiume Bormida dei reticoli idrografici dei corsi d'acqua circostanti.

Gli agenti morfogenetici principali dell'area in esame sono sicuramente questa batteria di Rii che confluiscono in Bormida da N, i quali riescono a definire un proprio bacino idrografico di modeste dimensioni ed al contempo ad avere una dinamica deposizionale propria e per larga parte scollegata da quella del corso d'acqua principale.

La città di Acqui si colloca al piede di questo settore, su di un rialzo morfologico che la mette al riparo per suoi larghi tratti dalla dinamica esondazionale del Fiume Bormida, mentre è attraversata longitudinalmente dal Rio Medrio con conseguenti rischi di esondazione. Di fatto tutta la città antica si era sviluppata a cavallo del paleo alveo del Medrio, come dimostra chiaramente il rilievo della piena storica di Medrio del 1967, paleo alveo ancora oggi materializzato dal tracciato di C.so Italia in pieno centro cittadino.

Nella parte N del territorio comunale gli insediamenti antropici si configurano come singole cascate sparse o eventualmente aggregate in piccole frazioni e la destinazione d'uso principale del territorio è quella agricola; è altresì presente una fitta rete di collegamenti viari che connette tutti gli insediamenti presenti, pur senza che vi sia la presenza di arterie principali.

02.02.2015	Studio Geologico & Consulenze Ambientali Dott. Geol. Andrea Ferrarotti		Pag. 6 di 54
Rev. 0 - 2015	Relazione geologica e geotecnica	Comune di Acqui Terme	Elab. 1

Mentre man mano che si procede verso la città, e quindi si scendono i versanti verso Bormida, gli insediamenti si fanno sempre più fitti fino a sfumare senza soluzione di continuità entro il centro abitato, laddove si hanno vecchie cascine agricole che sono via via inglobate tra palazzi di nuova costruzione.

02.02.2015	Studio Geologico & Consulenze Ambientali Dott. Geol. Andrea Ferrarotti	Pag. 7 di 54
Rev. 0 - 2015	Relazione geologica e geotecnica	Elab. 1

3. PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA ED IDRAULICA

L'analisi della pericolosità geomorfologica nell'ambito del territorio in esame è stata effettuata tenendo presente quanto riportato negli elaborati e nella cartografia allegate al P.A.I. (Piano di Assetto Idrogeologico del fiume Po), al P.R.G.C. (Piano Regolatore Generale Comunale vigente ed adottato), al Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia), alla Carta Geologica, nonché le informazioni storiche acquisite.

Il prodotto di tali studi è rappresentato da una serie di carte tematiche a livello comunale (P.R.G.C. vigente e Variante di adeguamento PAI al P.R.G.C. adottata) riguardanti le diverse problematiche (susceptività al dissesto, fasce di inondabilità etc.), e da una Normativa Generale, che regola le possibilità di intervento antropico all'interno delle classi in cui è stato suddiviso il territorio.

Dal punto di vista del *rischio geomorfologico*, l'analisi della cartografia tematica e le indagini svolte non hanno evidenziato al momento dell'indagine, la presenza di processi di instabilità in atto o potenziali che coinvolgano direttamente il lotto d'intervento; si è inoltre verificato come i manufatti presenti nell'area in esame, e nel suo intorno, non manifestino lesioni significative e come la presenza di piccole lesioni in alcune strutture sia, con tutta probabilità, attribuibile ad assestamenti strutturali degli edifici stessi. Alla luce di quanto esposto, l'area in oggetto è da ritenersi complessivamente stabile, escludendo, al momento dell'indagine, fenomeni morfogenici dissestivi in atto o potenziali di particolare entità.

Dal punto di vista del *rischio idraulico*, le indagini svolte, le informazioni storiche acquisite, nonché l'analisi della cartografia tematica disponibile reperita presso il Comune (P.R.G.C.), non hanno evidenziato il verificarsi di fenomeni di esondazione per piene ordinarie e straordinarie di corsi d'acqua principali (Fiume Bormida), minori od artificiali (Rio Usignola) che abbiano coinvolto la zona indagata in tempi recenti (si rappresenta che il lotto in esame è rilevato di circa 1,5 m rispetto il p.c. originario).

Tuttavia nelle redigende verifiche di compatibilità idraulica ed idrogeologica dei vigenti Strumenti Urbanistici con il progetto di Piano stralcio di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) ex Art.18, comma 2 della Delibera n. 1/99 dell'Autorità di Bacino del Fiume Po e Adeguamento Studi Geologici a supporto del vigente P.R.G., l'area in esame rientra nella "*Carta geomorfologica e dei dissesti*" e nella "*Planimetria esondabilità Rio Medrio, Rio Usignola TR 200*" in classe EbA "Processi Areali a pericolosità elevata", a causa della potenziale esondazione della rete idrografica minore legata alla presenza del tratto tombinato del Rio Usignola.

Dalle verifiche idrauliche eseguite nel tratto tombinato del Rio Usignola riportate nell'*allegato 2.6 "Tabulati di calcolo Rio Usignola"* del P.R.G.C. in itinere. Il tratto tombinato del Rio Usignola sarebbe in grado di smaltire, con funzionamento in pressione, la portata associata ad un tempo di ritorno pari a 20 anni (11,46 mc/s).

Per portate associate a tempi di ritorno superiori il Rio Usignola esonderebbe secondo l'area rappresentata nella "*Planimetria esondabilità Rio Medrio, Rio Usignola TR 200*", senza poter rientrare nel tratto tombinato in quanto la ferrovia Nizza – Acqui costituisce uno sbarramento in corrispondenza della sezione 4 del Rio Usignola. Per il tempo di ritorno duecentennale, la portata totale risulta pari a 16,7 mc/s e quella esodata a monte della ferrovia, che teoricamente potrebbe interessare in parte l'area in esame, è pari a 5.2 mc/s.

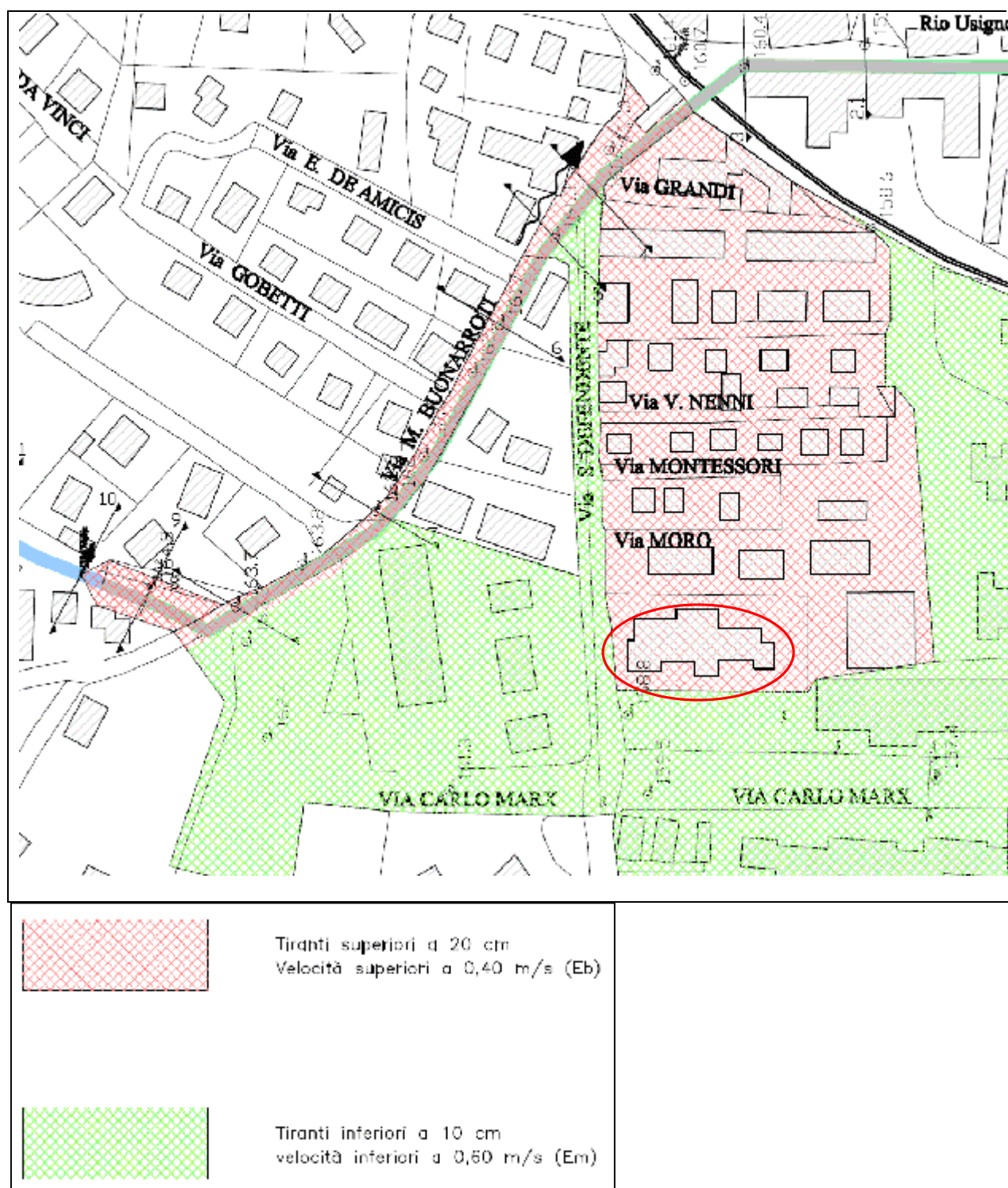


Fig. 1 – Estratto da P.R.G.C. approvato "Planimetria esondabilità Rio Medrio, Rio Usignola TR 200"

Nella "Carta della fruibilità urbanistica", alla scala 1:10.000, allegata al vigente P.R.G.C., l'area in oggetto ricade in un settore classificato come **Classe II**: "Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere superate attraverso l'adozione ed il rispetto di accorgimenti tecnici, derivanti da indagini geognostiche, studi geologici e geotecnici, da eseguire nelle aree di intervento in fase di progetto esecutivo, in ottemperanza al D.M. 11/03/88.". Rientra inoltre, nello specifico, in **Classe IIa**: "Porzioni di territorio da subpianeggianti a moderatamente acclivi, interessate da uno o più fattori penalizzanti quali acque di esondazione a bassa energia, prolungato ristagno delle acque

02.02.2015	Studio Geologico & Consulenze Ambientali Dott. Geol. Andrea Ferrarotti	Pag. 9 di 54
Rev. 0 - 2015	Relazione geologica e geotecnica	Elab. 1

meteoriche, ruscellamento diffuso, mediocri caratteristiche meccaniche dei terreni di copertura ed eterogeneità dei terreni di fondazione. Il rischio idraulico risulta "basso" e comunque associato ad eventuale ostruzione degli alvei e/o dei manufatti, ad opera di materiale trasportato dalle acque, che può comportare una diminuzione delle sezioni di deflusso. Gli elaborati progettuali, allegati all'istanza di concessione edilizia e/o autorizzazione dovranno essere corredati di relazione geologica e geotecnica. Qualora siano presenti, in un intorno significativo (delle aree oggetto di utilizzo, dei corsi d'acqua), si raccomanda, inoltre, di effettuare una verifica idraulica quantitativa finalizzata all'individuazione delle modalità esecutive degli interventi previsti e delle eventuali opere di protezione da eseguire. Dovranno, inoltre, essere verificati, dal punto di vista dell'efficienza e dello stato di manutenzione, i manufatti di difesa esistenti".

Nella "Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'utilizzazione ai fini urbanistici", alla scala 1:10.000, allegata alle verifiche di compatibilità PAI ed al Progetto Preliminare di P.R.G.C. approvato (Progetto di variante strutturale al P.R.G. di adeguamento al Piano per l'Assetto Idrogeologico - aprile 2014 - D.C.C. n. 9 del 14/04/2014), tutt'ora in fase di revisione, l'area in oggetto ricade in un settore classificato come **Classe IIIB**: "Porzioni di territorio edificate, ed aree intercluse, caratterizzate da condizioni di elevata pericolosità, dove gli interventi di sistemazione del patrimonio urbanistico esistente devono essere affrontati mediante opere di riassetto territoriale, eventualmente spinte sino a una diminuzione tale della pericolosità da consentire una riclassificazione in diminuzione della pericolosità dell'area stessa da effettuarsi mediante variante puntuale al P.R.G. i cui costi dovranno essere sostenuti dal proponente.". Rientra nello specifico, nella Relazione Geologica facente parte delle verifiche di adeguamento PAI approvata, nella scheda sintetica riferita all'**Area IIIB n.1**.

Di seguito si riporta la scheda sintetica evidenziata nel punto "11.16. ART.16 Prescrizioni per le aree classificate in Classe IIIB: schede sintetiche".

Denominazione: Area IIIB n.1

Concentrico Urbano di Acqui Terme parte monte interessato solo da problematiche di esondazione del Rio Usignola in caso di entrata in pressione del tratto tombinato.

Vincolo idrogeologico (R.D. 30/12/1923): no

Tipologia di dissesto riscontrato:

Dissesto idraulico legato alla possibile esondazione massimale di Rio Usignola in conseguenza dell'entrata in pressione dei tratti tombinati cittadini a monte dell'intersecazione con il tratto ferroviario.

Tipologia di dissesto e normativa collegata in assenza di interventi di riassetto:

si ritiene di classificare il dissesto in questione come Processi Areali a pericolosità media o moderata: EmA. In tali aree EmA compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti.

Si ritengono eseguibili gli interventi edificatori corrispondenti alle categorie a,b,c,d,e,f di cui al succitato elenco.

Gli interventi ammissibili dovranno in ogni caso essere dotati oltre che di uno studio geologico geotecnico ai sensi della vigente normativa, di uno studio di compatibilità con le condizioni del dissesto che dovrà essere validato dell'autorità competente ex Art9 NdA PAI.

Nello specifico:

non potranno essere realizzati nuovi locali abitativi o soggetti alla continuativa presenza umana (uffici negozi ecc.) a quote inferiori a quelle individuate come competenti la piena di riferimento duecentennale contenute negli studi idraulici adottati contestualmente alla presenti norme.

Tali quote dovranno essere valutate sulla sezione di monte più prossima all'intervento disponibile e dovranno essere maggiorate di un franco di sicurezza di 0.5 m.

I parcheggi e le autorimesse sotterranee dovranno essere realizzate a tenuta stagna fino alla quota pari a quelle individuate come competenti la piena di riferimento duecentennale contenute negli studi idraulici adottati contestualmente alla presenti norme.

Tali quote dovranno essere valutate sulla sezione di monte più prossima all'intervento disponibile e dovranno essere maggiorate di un franco di sicurezza di 0.5 m.



Fig. 8.1 - Area IIIB n.1 in scala 1:5.000 da Tav.9 – Carta di Sintesi

La predetta scheda riporta una classificazione dell'area in esame come Ema (pericolosità media o moderata) mentre nella *"Carta geomorfologica, dei dissesti, della dinamica fluviale e del reticolo idrografico minore"* viene indicata come classe Eba (pericolosità elevata).

Secondo la Scheda IIIB1, il piano di calpestio di eventuali nuovi locali abitativi dovrà essere ubicato ad una quota maggiore di 0,5 m, quale franco di sicurezza, rispetto alla quota della piena di riferimento duecentennale. In caso di realizzazione di nuovi locali ad uso abitativo, verifichiane la compatibilità con la normativa del P.R.G.C. (attualmente in revisione), occorrerà pertanto effettuare un rilievo plani altimetrico di dettaglio sulla base del quale effettuare i calcoli per l'individuazione delle quote specifiche.

In ogni caso, per quanto riguarda la tipologia di interventi realizzabili allo stato attuale, si rimanda a quanto esplicitamente riportato nelle Norme Tecniche di Attuazione più restrittive in salvaguardia per l'area in esame, nonché alle decisioni dell'Amministrazione Comunale in coordinamento con i Tecnici redattori della Variante di adeguamento al P.A.I. del vigente P.R.G.C. in fase di revisione, stante le discrepanze tra le Norme Tecniche di Attuazione e le classi di pericolosità riportate in cartografia e riferite all'area in esame.

Per completezza si allega la *Dichiarazione in merito alla Classe di idoneità all'utilizzazione urbanistica ed alle opere assentibili per l'Area IIIB n. 1* predisposta dal Tecnico incaricato dal Comune della redazione degli studi geologici di dettaglio annessi alla Variante di adeguamento al P.A.I. del vigente P.R.G.C.

02.02.2015	Studio Geologico & Consulenze Ambientali Dott. Geol. Andrea Ferrarotti	Pag. 11 di 54
Rev. 0 - 2015	Relazione geologica e geotecnica	Comune di Acqui Terme Elab. 1

4. CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE

Dal punto di vista geolitologico, a scala comunale, l'intero territorio si sviluppa entro litotipi attribuibili ai depositi sedimentari marini di età terziaria del Bacino Terziario Piemontese. Dal punto di vista geologico stratigrafico sono evidenziabili 2 unità formazionali principali:

Depositi sedimentari del Bacino Terziario Piemontese:

- Arenarie di Serravalle
- Marne di Cessole
- Arenarie di Cremolino
- Formazione di Visone
- Formazione di Rocchetta

Deposizioni quaternarie al di sopra dei termini litoidi ed in diretta derivazione litologica:

- Prodotti di alterazioni e pedogenizzazione delle serie litoidi presenti (coltri eluvio colluviali)
- Deposizioni alluvionali quaternarie spesso organizzate in serie di terrazzature alluvionali

Il sito in esame coinvolge in superficie le Deposizioni quaternarie. Si tratta, nel complesso, di depositi alluvionali quaternari costituiti da clasti litologicamente eterogenei, data la complessità delle serie litoidi affioranti in tutto il bacino idrografico sotteso (i.e. termini sedimentari terziari e termini plurimetamorfici basali), spesso organizzati in serie di terrazzature alluvionali; in questi sono presenti solo sporadici episodi di dissesto dei cigli delle scarpate dovuti ad erosione al piede delle stesse. Sono caratterizzati da granulometria fortemente eterogenea passante da pezzature pluricentriche a livelli e livelletti a predominante fine ed ultrafine che si intercalano senza soluzione di continuità e privi di continuità laterale. In particolare occorre segnalare gli accumuli attuali di materiali ghiaiosi in alveo che costituiscono lenti a grossa pezzatura spesso rinvenute anche entro gli orizzonti attuali e antichi. Forme di deposizione alluvionale analoghe, seppure caratterizzate esclusivamente da clasti di natura sedimentaria, si riscontrano lungo l'asta principale del Rio Crosio ove le relative maggiori dimensioni laterali della valle consentono episodi di deposizioni continui e strutturati.

Le caratteristiche di compattezza sono estremamente variabili e passanti da scadenti a buone in dipendenza sostanzialmente della granulometria dei costituenti principali.

Sempre dal punto di vista geolitologico, in base al rilievo effettuato ed a quanto riportato sul Foglio n° 159 "Acqui Terme" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 e nella carta geologica allegata al P.R.G.C., i terreni in esame rientrano nel *"FI3 - Fluviale Recente - Depositi alluvionali ghiaiosi, sabbiosi e talora siltoso argillosi recenti a basso grado di alterazione"*.

Tali terreni possono essere sintetizzati come depositi alluvionali a frazione medio fine dominante (sabbie fini e/o sabbie limose eventualmente debolmente argillose) caratterizzate da scadenti o medio basse peculiarità geotecniche. Spesso alla base si riscontra la presenza di lenti grossolane a miglior compattezza.

Ai fini della descrizione del sistema di faglie presenti nel territorio di Acqui sono state analizzate diverse pubblicazioni e ricerche riferite allo studio del bacino termale. In Dominco et al. (1979) si ha un'analisi della campagna geoelettrica condotta nel territorio di Acqui Terme negli anni 1966-1968 in cui si mettono in evidenza diverse faglie dirette (trastensive) e diversi livelli resistivi e conduttivi; il primo livello resistivo riconosciuto viene correlato con l'unità di San Luca-Colma che corrisponderebbe all'unità più alta del substrato ofiolitico; il livello sottostante più conduttivo con l'unità di Ortiglieto (Calcescisti e unità Ofiolitica) mentre il livello basale corrisponderebbe al basamento cristallino (Massiccio di Valosio).

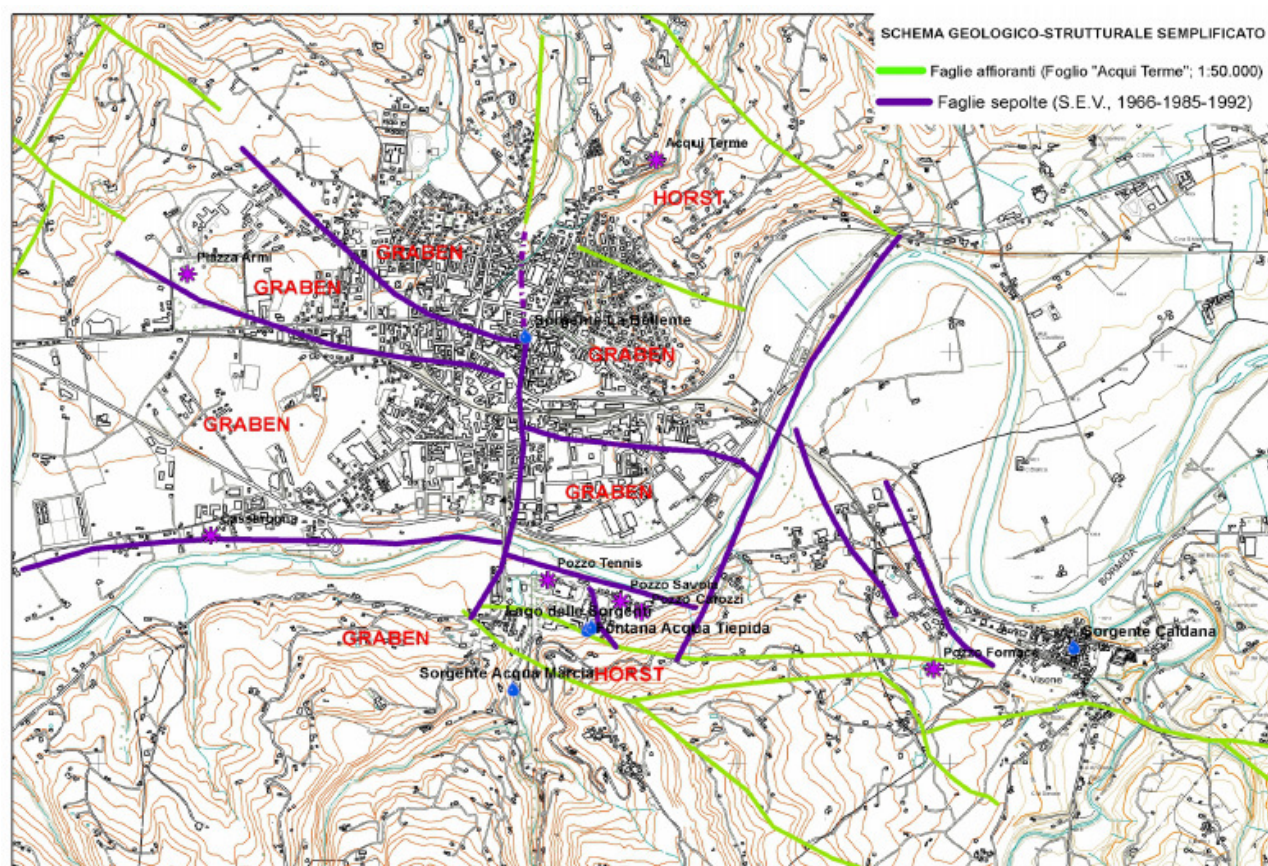
Anche in Arnone (1984) viene fatta un'analisi approfondita della campagna geofisica condotta nel 1968 che mette in evidenza due sistemi di faglie normali (dirette) con direzione NNE-SSW e E-W.

Infine nel lavoro condotto dalla Geotermica Italiana srl (1992) si ebbe una reinterpretazione dei sondaggi elettrici verticali (SEV) effettuati nel 1985 (Italpros) che portarono alla perforazione del pozzo Piazza d'Armi e denominato anche Acqui 1 (fonte UNMIG) e dei SEV effettuati nel 1992 (Cesen) con l'elaborazione di due sezioni geologiche interpretative.

E' importante sottolineare come gli andamenti delle faglie affioranti trovino una correlazione con gli andamenti delle faglie nel sottosuolo. Sostanzialmente si hanno due sistemi di faglie principali, il primo con direzione NNE-SSW e il secondo con direzione E-W. Solo nel settore posto poco a ovest dell'abitato di Visone si ha un sistema di faglie con direzione NE-SW.

Questi sistemi di faglie attivi nel post-burdigaliano e di origine essenzialmente trastensiva sono state successivamente riattivate e tiltate dalla tettonica trascorrente e transpressiva nel tardo Serravalliano (Tallone et al, 2006). In base agli andamenti delle faglie e alla geologia affiorante è stato ricostruito uno schema geologico-strutturale semplificato.

Nei recenti studi connessi al permesso di ricerca per fluidi geotermici "Acqui Ovest" sono stati individuati i sistemi di faglie riportate nella figura seguente:



5. PROVE ED INDAGINI GEOTECNICHE

Una stima preliminare dei caratteri geotecnici indicativi dei litotipi superficiali presenti nell'area d'indagine sono stati ottenuti mediante l'elaborazione delle risultanze di n. 4 prove penetrometriche dinamiche, eseguite nell'area d'intervento con penetrometro DPM medio (peso massa battente kg 30), le cui caratteristiche tecniche sono di seguito descritte. Tali prove sono state spinte fino ad una profondità di m 10 da p.c. (prove P2, P3 e P4) tranne la prova P1 spinta a rifiuto ad una profondità di m 1,3 circa da p.c. all'interno dei terreni di riporto maggiormente grossolani. Di seguito si riportano alcune considerazioni generali.

L'elaborazione dei dati ottenuti in seguito alle suddette prove ha portato alla visualizzazione, sia sotto forma di diagramma che di tabella, del numero dei colpi (N) di penetrazione della punta (avanzamento) e della resistenza dinamica alla punta stessa (Rpd), entrambi in rapporto alla profondità.

L'Rpd risulta correlata al numero dei colpi secondo la Formula Olandesi, qui di seguito enunciata:

$$Rpd = M^2H / [A e (M+P)] = M^2HN / [A \square (M+P)]$$

dove:

Rpd	=	resistenza dinamica alla punta [area A]
M	=	peso della massa battente = 30 Kg
E	=	infissione per colpo = d/N;
P	=	peso totale delle aste del sistema battuta (dipende dal numero di aste utilizzate durante l'esecuzione prova)
d	=	avanzamento punta = 10 cm
H	=	altezza di caduta libera = 0,2 m
N	=	N° di colpi punta relativo ad un avanzamento di 10 cm
A	=	area base punta conica = 10 cm

E' stata poi eseguita una elaborazione statistica delle prove penetrometriche dinamiche effettuate (valori medi, minimi, massimi, scarto quadratico medio, etc.), che ha permesso una correlazione dei valori di N penetrometrico con i corrispondenti valori di Nspt. Questi ultimi risultano essere più facilmente interpretabili, essendo disponibile una notevole e specifica bibliografia relativa ad essi. Poiché non esiste una standardizzazione delle procedure di esecuzione di tali prove, i valori sono stati convertiti in valori equivalenti di SPT, attraverso un coefficiente di correlazione fornito dai produttori della strumentazione penetrometrica utilizzata. Tale coefficiente, definito β_t (Coefficiente Teorico di Energia), viene calcolato nel seguente modo:

$$\beta_t = Q/Qspt = 0,77$$

dove:

Qspt	=	7,83 Kg/cm ³ (ottenuto dai valori di letteratura)
Q	=	energia specifica per colpo (prova SCPT) = MH/Ad = 6,00 Kg/cm ³
M	=	peso della massa battente = 30 Kg
d	=	avanzamento punta = 10 cm
H	=	altezza di caduta libera = 0,2 m

Un'ulteriore e più approfondita elaborazione ha permesso la stesura delle tavole d'interpretazione geotecnica delle prove effettuate, indicante, dopo una preliminare differenziazione a seconda della natura granulare o coesiva del terreno in esame, i valori dei principali parametri, definiti per ogni differente strato, dedotti da note correlazioni con quelli del numero dei colpi (N) di penetrazione della punta (avanzamento).

Si rappresenta che i valori di seguito riportati sono stati ricavati mediando i valori ottenuti dall'elaborazione delle prove di profondità all'interno degli stessi livelli, ed escludendo quei valori che si discostavano eccessivamente dalla media di ogni singolo strato.

Correlando i dati ricavati dalle prove con la capacità portante della fondazione, è possibile ottenere rapidamente un'indicazione di massima preliminare (ai sensi dell'ex D.M. 11.03.1988) dei carichi che il terreno può tollerare. In ogni caso si dovrà obbligatoriamente verificare in seguito la validità di quest'indicazione con i metodi analitici, più completi ed attendibili. I seguenti valori di pressione ammissibile (ottenuti con la Formula Olandese ipotizzando una fondazione ipotetica tipo di m 1x1x1), sono da considerarsi in ogni caso puramente indicativi, non essendo note con precisione le dimensioni e la tipologia corrette delle opere fondazionali, che dovranno essere definite e dimensionate dal Tecnico Progettista preliminarmente alla fase esecutiva di ogni intervento.

PROVA P1

Strumento utilizzato...
Prova eseguita in data
Profondità prova

DPM (DL030 10) (Medium)
26/11/2014
m 1,30

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,10	1	0	0,857	2,89	3,37	0,14	0,17
0,20	1	0	0,855	2,88	3,37	0,14	0,17
0,30	1	0	0,853	2,87	3,37	0,14	0,17
0,40	1	0	0,851	2,87	3,37	0,14	0,17
0,50	2	0	0,849	5,72	6,74	0,29	0,34
0,60	3	0	0,847	8,57	10,11	0,43	0,51
0,70	3	0	0,845	8,55	10,11	0,43	0,51
0,80	4	0	0,843	11,37	13,48	0,57	0,67
0,90	5	0	0,842	14,18	16,85	0,71	0,84
1,00	7	0	0,840	19,81	23,60	0,99	1,18
1,10	6	0	0,838	16,22	19,35	0,81	0,97
1,20	7	0	0,836	18,88	22,58	0,94	1,13
1,30	50	0	0,635	102,35	161,29	5,12	8,06

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P1

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
[1] - Strato 1	2	1,30	U.S.D.M.S.M	0,08

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato 1	2	1,30	2	Meyerhof (1965)	24,82

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato 1	2	1,30	2	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] - Strato 1	2	1,30	2	Meyerhof ed altri	1,40

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] - Strato 1	2	1,30	2	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,87

PROVA P2

Strumento utilizzato...
Prova eseguita in data
Profondità prova

DPM (DL030 10) (Medium)
26/11/2014
m 10,00

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,10	2	0	0,857	5,77	6,74	0,29	0,34
0,20	2	0	0,855	5,76	6,74	0,29	0,34
0,30	3	0	0,853	8,62	10,11	0,43	0,51
0,40	4	0	0,851	11,47	13,48	0,57	0,67
0,50	4	0	0,849	11,45	13,48	0,57	0,67
0,60	3	0	0,847	8,57	10,11	0,43	0,51
0,70	4	0	0,845	11,40	13,48	0,57	0,67
0,80	3	0	0,843	8,53	10,11	0,43	0,51
0,90	6	0	0,842	17,02	20,22	0,85	1,01
1,00	6	0	0,840	16,98	20,22	0,85	1,01
1,10	5	0	0,838	13,52	16,13	0,68	0,81
1,20	5	0	0,836	13,49	16,13	0,67	0,81
1,30	4	0	0,835	10,77	12,90	0,54	0,65
1,40	4	0	0,833	10,75	12,90	0,54	0,65
1,50	10	0	0,831	26,81	32,26	1,34	1,61
1,60	10	0	0,830	26,76	32,26	1,34	1,61
1,70	10	0	0,828	26,71	32,26	1,34	1,61
1,80	8	0	0,826	21,32	25,81	1,07	1,29
1,90	5	0	0,825	13,30	16,13	0,67	0,81
2,00	5	0	0,823	13,28	16,13	0,66	0,81
2,10	3	0	0,822	7,62	9,28	0,38	0,46
2,20	3	0	0,820	7,61	9,28	0,38	0,46
2,30	3	0	0,819	7,60	9,28	0,38	0,46
2,40	4	0	0,817	10,11	12,37	0,51	0,62
2,50	2	0	0,816	5,05	6,19	0,25	0,31
2,60	10	0	0,814	25,18	30,93	1,26	1,55
2,70	10	0	0,813	25,14	30,93	1,26	1,55
2,80	10	0	0,811	25,10	30,93	1,25	1,55
2,90	10	0	0,810	25,05	30,93	1,25	1,55
3,00	9	0	0,809	22,51	27,84	1,13	1,39
3,10	9	0	0,807	21,58	26,73	1,08	1,34
3,20	9	0	0,806	21,55	26,73	1,08	1,34
3,30	8	0	0,805	19,12	23,76	0,96	1,19
3,40	8	0	0,803	19,09	23,76	0,95	1,19
3,50	8	0	0,802	19,06	23,76	0,95	1,19

3,60	9	0	0,801	21,41	26,73	1,07	1,34
3,70	10	0	0,800	23,75	29,70	1,19	1,49
3,80	11	0	0,798	26,09	32,67	1,30	1,63
3,90	12	0	0,797	28,42	35,64	1,42	1,78
4,00	13	0	0,746	28,81	38,61	1,44	1,93
4,10	12	0	0,795	27,25	34,29	1,36	1,71
4,20	9	0	0,794	20,41	25,71	1,02	1,29
4,30	9	0	0,793	20,38	25,71	1,02	1,29
4,40	9	0	0,791	20,35	25,71	1,02	1,29
4,50	9	0	0,790	20,32	25,71	1,02	1,29
4,60	10	0	0,789	22,55	28,57	1,13	1,43
4,70	10	0	0,788	22,52	28,57	1,13	1,43
4,80	11	0	0,787	24,74	31,43	1,24	1,57
4,90	11	0	0,786	24,70	31,43	1,24	1,57
5,00	11	0	0,785	24,67	31,43	1,23	1,57
5,10	11	0	0,784	23,74	30,28	1,19	1,51
5,20	9	0	0,783	19,40	24,77	0,97	1,24
5,30	8	0	0,782	17,22	22,02	0,86	1,10
5,40	8	0	0,781	17,20	22,02	0,86	1,10
5,50	8	0	0,780	17,18	22,02	0,86	1,10
5,60	8	0	0,779	17,16	22,02	0,86	1,10
5,70	9	0	0,778	19,28	24,77	0,96	1,24
5,80	9	0	0,777	19,25	24,77	0,96	1,24
5,90	10	0	0,776	21,37	27,52	1,07	1,38
6,00	9	0	0,775	19,21	24,77	0,96	1,24
6,10	9	0	0,775	18,51	23,89	0,93	1,19
6,20	9	0	0,774	18,49	23,89	0,92	1,19
6,30	8	0	0,773	16,41	21,24	0,82	1,06
6,40	7	0	0,772	14,35	18,58	0,72	0,93
6,50	8	0	0,771	16,38	21,24	0,82	1,06
6,60	11	0	0,770	22,50	29,20	1,12	1,46
6,70	12	0	0,770	24,52	31,86	1,23	1,59
6,80	13	0	0,719	24,81	34,51	1,24	1,73
6,90	12	0	0,768	24,47	31,86	1,22	1,59
7,00	12	0	0,767	24,44	31,86	1,22	1,59
7,10	15	0	0,716	27,55	38,46	1,38	1,92
7,20	15	0	0,716	27,52	38,46	1,38	1,92
7,30	12	0	0,765	23,54	30,77	1,18	1,54
7,40	13	0	0,714	23,81	33,33	1,19	1,67
7,50	13	0	0,713	23,78	33,33	1,19	1,67
7,60	19	0	0,713	34,72	48,72	1,74	2,44
7,70	19	0	0,712	34,69	48,72	1,73	2,44
7,80	19	0	0,711	34,65	48,72	1,73	2,44
7,90	20	0	0,711	36,44	51,28	1,82	2,56
8,00	20	0	0,710	36,41	51,28	1,82	2,56
8,10	21	0	0,659	34,32	52,07	1,72	2,60
8,20	22	0	0,659	35,92	54,55	1,80	2,73
8,30	22	0	0,658	35,89	54,55	1,79	2,73
8,40	22	0	0,657	35,85	54,55	1,79	2,73
8,50	22	0	0,657	35,81	54,55	1,79	2,73
8,60	22	0	0,656	35,78	54,55	1,79	2,73
8,70	22	0	0,655	35,75	54,55	1,79	2,73
8,80	23	0	0,655	37,34	57,02	1,87	2,85
8,90	23	0	0,654	37,30	57,02	1,86	2,85
9,00	24	0	0,653	38,89	59,50	1,94	2,98
9,10	24	0	0,653	37,61	57,60	1,88	2,88
9,20	24	0	0,652	37,57	57,60	1,88	2,88
9,30	24	0	0,652	37,54	57,60	1,88	2,88
9,40	24	0	0,651	37,50	57,60	1,88	2,88
9,50	24	0	0,651	37,47	57,60	1,87	2,88

9,60	25	0	0,650	39,00	60,00	1,95	3,00
9,70	23	0	0,649	35,85	55,20	1,79	2,76
9,80	25	0	0,649	38,93	60,00	1,95	3,00
9,90	24	0	0,648	37,34	57,60	1,87	2,88
10,00	24	0	0,648	37,31	57,60	1,87	2,88

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P2

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
[1] - Strato 1	6	7,50	U.S.D.M.S.M	0,24
[2] - Strato 2	17	10,00	U.S.D.M.S.M	0,67

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato 1	6	7,50	6	Meyerhof (1965)	26,90
[2] - Strato 2	17	10,00	17	Meyerhof (1965)	31,66

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato 1	6	7,50	6	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[2] - Strato 2	17	10,00	17	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
[1] - Strato 1	6	7,50	6	Meyerhof ed altri	1,58
[2] - Strato 2	17	10,00	17	Meyerhof ed altri	1,93

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
[1] - Strato 1	6	7,50	6	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,89
[2] - Strato 2	17	10,00	17	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,96

PROVA P3

Strumento utilizzato...
Prova eseguita in data
Profondità prova

DPM (DL030 10) (Medium)
26/11/2014
m 10,00

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,10	1	0	0,857	2,89	3,37	0,14	0,17
0,20	1	0	0,855	2,88	3,37	0,14	0,17
0,30	2	0	0,853	5,75	6,74	0,29	0,34

0,40	3	0	0,851	8,60	10,11	0,43	0,51
0,50	8	0	0,849	22,89	26,97	1,14	1,35
0,60	7	0	0,847	19,99	23,60	1,00	1,18
0,70	7	0	0,845	19,94	23,60	1,00	1,18
0,80	7	0	0,843	19,90	23,60	0,99	1,18
0,90	1	0	0,842	2,84	3,37	0,14	0,17
1,00	10	0	0,840	28,31	33,71	1,42	1,69
1,10	10	0	0,838	27,03	32,26	1,35	1,61
1,20	10	0	0,836	26,98	32,26	1,35	1,61
1,30	11	0	0,835	29,61	35,48	1,48	1,77
1,40	10	0	0,833	26,87	32,26	1,34	1,61
1,50	9	0	0,831	24,13	29,03	1,21	1,45
1,60	10	0	0,830	26,76	32,26	1,34	1,61
1,70	10	0	0,828	26,71	32,26	1,34	1,61
1,80	11	0	0,826	29,32	35,48	1,47	1,77
1,90	12	0	0,825	31,93	38,71	1,60	1,94
2,00	11	0	0,823	29,21	35,48	1,46	1,77
2,10	10	0	0,822	25,41	30,93	1,27	1,55
2,20	10	0	0,820	25,36	30,93	1,27	1,55
2,30	10	0	0,819	25,32	30,93	1,27	1,55
2,40	10	0	0,817	25,27	30,93	1,26	1,55
2,50	11	0	0,816	27,75	34,02	1,39	1,70
2,60	10	0	0,814	25,18	30,93	1,26	1,55
2,70	10	0	0,813	25,14	30,93	1,26	1,55
2,80	10	0	0,811	25,10	30,93	1,25	1,55
2,90	10	0	0,810	25,05	30,93	1,25	1,55
3,00	11	0	0,809	27,51	34,02	1,38	1,70
3,10	8	0	0,807	19,18	23,76	0,96	1,19
3,20	6	0	0,806	14,36	17,82	0,72	0,89
3,30	5	0	0,805	11,95	14,85	0,60	0,74
3,40	4	0	0,803	9,55	11,88	0,48	0,59
3,50	5	0	0,802	11,91	14,85	0,60	0,74
3,60	4	0	0,801	9,52	11,88	0,48	0,59
3,70	4	0	0,800	9,50	11,88	0,48	0,59
3,80	4	0	0,798	9,49	11,88	0,47	0,59
3,90	4	0	0,797	9,47	11,88	0,47	0,59
4,00	4	0	0,796	9,46	11,88	0,47	0,59
4,10	5	0	0,795	11,36	14,29	0,57	0,71
4,20	5	0	0,794	11,34	14,29	0,57	0,71
4,30	4	0	0,793	9,06	11,43	0,45	0,57
4,40	4	0	0,791	9,04	11,43	0,45	0,57
4,50	5	0	0,790	11,29	14,29	0,56	0,71
4,60	6	0	0,789	13,53	17,14	0,68	0,86
4,70	6	0	0,788	13,51	17,14	0,68	0,86
4,80	7	0	0,787	15,74	20,00	0,79	1,00
4,90	7	0	0,786	15,72	20,00	0,79	1,00
5,00	7	0	0,785	15,70	20,00	0,79	1,00
5,10	9	0	0,784	19,42	24,77	0,97	1,24
5,20	10	0	0,783	21,55	27,52	1,08	1,38
5,30	10	0	0,782	21,52	27,52	1,08	1,38
5,40	9	0	0,781	19,35	24,77	0,97	1,24
5,50	10	0	0,780	21,47	27,52	1,07	1,38
5,60	11	0	0,779	23,59	30,28	1,18	1,51
5,70	11	0	0,778	23,56	30,28	1,18	1,51
5,80	11	0	0,777	23,53	30,28	1,18	1,51
5,90	11	0	0,776	23,50	30,28	1,18	1,51
6,00	11	0	0,775	23,48	30,28	1,17	1,51
6,10	10	0	0,775	20,56	26,55	1,03	1,33
6,20	9	0	0,774	18,49	23,89	0,92	1,19
6,30	10	0	0,773	20,52	26,55	1,03	1,33

6,40	9	0	0,772	18,45	23,89	0,92	1,19
6,50	10	0	0,771	20,47	26,55	1,02	1,33
6,60	10	0	0,770	20,45	26,55	1,02	1,33
6,70	11	0	0,770	22,47	29,20	1,12	1,46
6,80	12	0	0,769	24,49	31,86	1,22	1,59
6,90	12	0	0,768	24,47	31,86	1,22	1,59
7,00	13	0	0,717	24,75	34,51	1,24	1,73
7,10	14	0	0,716	25,72	35,90	1,29	1,79
7,20	15	0	0,716	27,52	38,46	1,38	1,92
7,30	13	0	0,715	23,83	33,33	1,19	1,67
7,40	13	0	0,714	23,81	33,33	1,19	1,67
7,50	12	0	0,763	23,49	30,77	1,17	1,54
7,60	13	0	0,713	23,76	33,33	1,19	1,67
7,70	15	0	0,712	27,38	38,46	1,37	1,92
7,80	21	0	0,661	35,61	53,85	1,78	2,69
7,90	21	0	0,661	35,57	53,85	1,78	2,69
8,00	21	0	0,660	35,53	53,85	1,78	2,69
8,10	22	0	0,659	35,96	54,55	1,80	2,73
8,20	22	0	0,659	35,92	54,55	1,80	2,73
8,30	23	0	0,658	37,52	57,02	1,88	2,85
8,40	23	0	0,657	37,48	57,02	1,87	2,85
8,50	23	0	0,657	37,44	57,02	1,87	2,85
8,60	24	0	0,656	39,03	59,50	1,95	2,98
8,70	24	0	0,655	39,00	59,50	1,95	2,98
8,80	23	0	0,655	37,34	57,02	1,87	2,85
8,90	23	0	0,654	37,30	57,02	1,86	2,85
9,00	23	0	0,653	37,27	57,02	1,86	2,85
9,10	23	0	0,653	36,04	55,20	1,80	2,76
9,20	23	0	0,652	36,01	55,20	1,80	2,76
9,30	24	0	0,652	37,54	57,60	1,88	2,88
9,40	23	0	0,651	35,94	55,20	1,80	2,76
9,50	22	0	0,651	34,35	52,80	1,72	2,64
9,60	24	0	0,650	37,44	57,60	1,87	2,88
9,70	25	0	0,649	38,96	60,00	1,95	3,00
9,80	26	0	0,649	40,49	62,40	2,02	3,12
9,90	26	0	0,648	40,45	62,40	2,02	3,12
10,00	27	0	0,648	41,97	64,80	2,10	3,24

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P3

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
[1] - Strato 1	6	7,70	U.S.D.M.S.M	0,24
[2] - Strato 2	17	10,00	U.S.D.M.S.M	0,67

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato 1	6	7,70	6	Meyerhof (1965)	26,9
[2] - Strato 2	17	10,00	17	Meyerhof (1965)	31,66

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato 1	6	7,70	6	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[2] - Strato 2	17	10,00	17	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE

					ADDENSATO
--	--	--	--	--	-----------

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] - Strato 1	6	7,70	6	Meyerhof ed altri	1,58
[2] - Strato 2	17	10,00	17	Meyerhof ed altri	1,93

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] - Strato 1	6	7,70	6	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,89
[2] - Strato 2	17	10,00	17	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,96

PROVA P4

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova

DPM (DL030 10) (Medium)
 26/11/2014
 m 10,00

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,10	1	0	0,857	2,89	3,37	0,14	0,17
0,20	1	0	0,855	2,88	3,37	0,14	0,17
0,30	5	0	0,853	14,37	16,85	0,72	0,84
0,40	6	0	0,851	17,21	20,22	0,86	1,01
0,50	6	0	0,849	17,17	20,22	0,86	1,01
0,60	6	0	0,847	17,13	20,22	0,86	1,01
0,70	4	0	0,845	11,40	13,48	0,57	0,67
0,80	5	0	0,843	14,21	16,85	0,71	0,84
0,90	6	0	0,842	17,02	20,22	0,85	1,01
1,00	6	0	0,840	16,98	20,22	0,85	1,01
1,10	7	0	0,838	18,92	22,58	0,95	1,13
1,20	7	0	0,836	18,88	22,58	0,94	1,13
1,30	6	0	0,835	16,15	19,35	0,81	0,97
1,40	5	0	0,833	13,43	16,13	0,67	0,81
1,50	9	0	0,831	24,13	29,03	1,21	1,45
1,60	10	0	0,830	26,76	32,26	1,34	1,61
1,70	10	0	0,828	26,71	32,26	1,34	1,61
1,80	10	0	0,826	26,66	32,26	1,33	1,61
1,90	8	0	0,825	21,28	25,81	1,06	1,29
2,00	7	0	0,823	18,59	22,58	0,93	1,13
2,10	7	0	0,822	17,79	21,65	0,89	1,08
2,20	9	0	0,820	22,83	27,84	1,14	1,39
2,30	9	0	0,819	22,79	27,84	1,14	1,39
2,40	6	0	0,817	15,16	18,56	0,76	0,93
2,50	5	0	0,816	12,61	15,46	0,63	0,77
2,60	7	0	0,814	17,63	21,65	0,88	1,08
2,70	3	0	0,813	7,54	9,28	0,38	0,46
2,80	6	0	0,811	15,06	18,56	0,75	0,93
2,90	5	0	0,810	12,53	15,46	0,63	0,77
3,00	4	0	0,809	10,00	12,37	0,50	0,62

3,10	4	0	0,807	9,59	11,88	0,48	0,59
3,20	4	0	0,806	9,58	11,88	0,48	0,59
3,30	4	0	0,805	9,56	11,88	0,48	0,59
3,40	5	0	0,803	11,93	14,85	0,60	0,74
3,50	5	0	0,802	11,91	14,85	0,60	0,74
3,60	5	0	0,801	11,89	14,85	0,59	0,74
3,70	5	0	0,800	11,88	14,85	0,59	0,74
3,80	4	0	0,798	9,49	11,88	0,47	0,59
3,90	4	0	0,797	9,47	11,88	0,47	0,59
4,00	5	0	0,796	11,82	14,85	0,59	0,74
4,10	4	0	0,795	9,08	11,43	0,45	0,57
4,20	4	0	0,794	9,07	11,43	0,45	0,57
4,30	9	0	0,793	20,38	25,71	1,02	1,29
4,40	9	0	0,791	20,35	25,71	1,02	1,29
4,50	9	0	0,790	20,32	25,71	1,02	1,29
4,60	6	0	0,789	13,53	17,14	0,68	0,86
4,70	5	0	0,788	11,26	14,29	0,56	0,71
4,80	4	0	0,787	9,00	11,43	0,45	0,57
4,90	4	0	0,786	8,98	11,43	0,45	0,57
5,00	4	0	0,785	8,97	11,43	0,45	0,57
5,10	4	0	0,784	8,63	11,01	0,43	0,55
5,20	4	0	0,783	8,62	11,01	0,43	0,55
5,30	4	0	0,782	8,61	11,01	0,43	0,55
5,40	4	0	0,781	8,60	11,01	0,43	0,55
5,50	4	0	0,780	8,59	11,01	0,43	0,55
5,60	4	0	0,779	8,58	11,01	0,43	0,55
5,70	4	0	0,778	8,57	11,01	0,43	0,55
5,80	4	0	0,777	8,56	11,01	0,43	0,55
5,90	2	0	0,776	4,27	5,50	0,21	0,28
6,00	3	0	0,775	6,40	8,26	0,32	0,41
6,10	3	0	0,775	6,17	7,96	0,31	0,40
6,20	5	0	0,774	10,27	13,27	0,51	0,66
6,30	9	0	0,773	18,47	23,89	0,92	1,19
6,40	8	0	0,772	16,40	21,24	0,82	1,06
6,50	8	0	0,771	16,38	21,24	0,82	1,06
6,60	5	0	0,770	10,23	13,27	0,51	0,66
6,70	4	0	0,770	8,17	10,62	0,41	0,53
6,80	4	0	0,769	8,16	10,62	0,41	0,53
6,90	4	0	0,768	8,16	10,62	0,41	0,53
7,00	4	0	0,767	8,15	10,62	0,41	0,53
7,10	4	0	0,766	7,86	10,26	0,39	0,51
7,20	4	0	0,766	7,85	10,26	0,39	0,51
7,30	5	0	0,765	9,81	12,82	0,49	0,64
7,40	5	0	0,764	9,80	12,82	0,49	0,64
7,50	6	0	0,763	11,74	15,38	0,59	0,77
7,60	6	0	0,763	11,73	15,38	0,59	0,77
7,70	7	0	0,762	13,68	17,95	0,68	0,90
7,80	7	0	0,761	13,66	17,95	0,68	0,90
7,90	7	0	0,761	13,65	17,95	0,68	0,90
8,00	8	0	0,760	15,59	20,51	0,78	1,03
8,10	8	0	0,759	15,06	19,83	0,75	0,99
8,20	7	0	0,759	13,17	17,36	0,66	0,87
8,30	12	0	0,758	22,55	29,75	1,13	1,49
8,40	11	0	0,757	20,65	27,27	1,03	1,36
8,50	11	0	0,757	20,63	27,27	1,03	1,36
8,60	11	0	0,756	20,62	27,27	1,03	1,36
8,70	13	0	0,705	22,73	32,23	1,14	1,61
8,80	12	0	0,755	22,45	29,75	1,12	1,49
8,90	13	0	0,704	22,69	32,23	1,13	1,61
9,00	15	0	0,703	26,16	37,19	1,31	1,86

9,10	15	0	0,703	25,30	36,00	1,27	1,80
9,20	15	0	0,702	25,28	36,00	1,26	1,80
9,30	15	0	0,702	25,26	36,00	1,26	1,80
9,40	16	0	0,701	26,92	38,40	1,35	1,92
9,50	20	0	0,701	33,63	48,00	1,68	2,40
9,60	20	0	0,700	33,60	48,00	1,68	2,40
9,70	22	0	0,649	34,29	52,80	1,71	2,64
9,80	22	0	0,649	34,26	52,80	1,71	2,64
9,90	23	0	0,648	35,78	55,20	1,79	2,76
10,00	23	0	0,648	35,75	55,20	1,79	2,76

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P4

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
[1] - Strato 1	4	8,20	U.S.D.M.S.M	0,16
[2] - Strato 2	12	10,00	U.S.D.M.S.M	0,48

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato 1	4	8,20	4	Meyerhof (1965)	25,88
[2] - Strato 2	12	10,00	12	Meyerhof (1965)	29,68

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato 1	4	8,20	4	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - Strato 2	12	10,00	12	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
[1] - Strato 1	4	8,20	4	Meyerhof ed altri	1,49
[2] - Strato 2	12	10,00	12	Meyerhof ed altri	1,79

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
[1] - Strato 1	4	8,20	4	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,88
[2] - Strato 2	12	10,00	12	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,93

6. PROVE ED INDAGINI GEOFISICHE

6.1 Premessa

Le indagini geofisiche di tipo sismico (MASW – Multichannel Analysis of Surface Waves) eseguite nell'area d'indagine presentano le seguenti coordinate:

Sito:	Via San Defendente, Acqui Terme (AL)			Regione:	Piemonte
Norm. regione:	D.G.R. n. 4-3084 del 12.12.2011 e s.m.i.			Zona sismica:	3
Progetto:	Ristrutturazione Istituto Comprensivo 2 di Acqui Terme				
Coordinate GPS	Datum: WGS84	Proiezione: UTM	Zona: 32T	EST: 457289	NORD: 4947452

6.2 Cenni teorici sulle indagini sismiche a rifrazione

Il rilievo sismico a rifrazione è un metodo di indagine basato sulla misura dei tempi di percorso che le onde elastiche, generate nel terreno in un punto-sorgente, impiegano per raggiungere dei ricevitori (geofoni) disposti sulla superficie del terreno ed allineati con il punto di energizzazione. Le distanze tra i geofoni e il punto di energizzazione sono scelte in base allo spessore ed ai tipi di materiale che si vogliono indagare.

Le onde elastiche in parte si propagano in profondità e vengono in parte deviate (rifratte) lungo l'interfaccia che separa due mezzi a differente impedenza acustica (V_1 , V_2) ed in parte proseguono verso il basso finché l'energia viene completamente assorbita dal mezzo in cui si propaga.

L'effetto di queste onde è la formazione di vibrazioni che vengono captate da sensori posti sulla superficie, generalmente elettromagnetici, in grado di trasformare la sollecitazione meccanica, che subisce la massa mobile del magnete, in un segnale elettrico che, debitamente amplificato, viene riprodotto su monitor e memorizzato su supporto informatico.

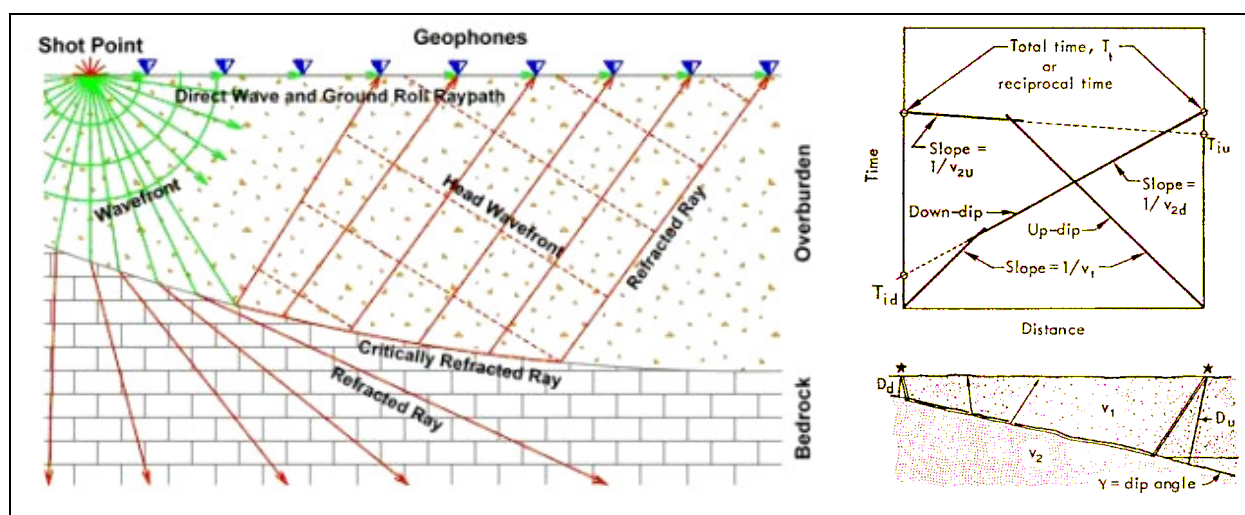


Fig. 2 - Modello di propagazione dei fronti d'onda nei raggi rifratti.

Con i tempi di percorso rilevati mediante i geofoni e le distanze degli stessi dai punti di energizzazione si tracciano dei diagrammi tempi-distanze (dromocrone) che permettono di

calcolare sia la velocità di propagazione delle onde di compressione P, sia la profondità e lo spessore dei terreni che sono stati attraversati dalle onde sismiche.

L'interpretazione delle dromocrone consente di ricavare delle sezioni sismiche che schematizzano la distribuzione della velocità in funzione della profondità.

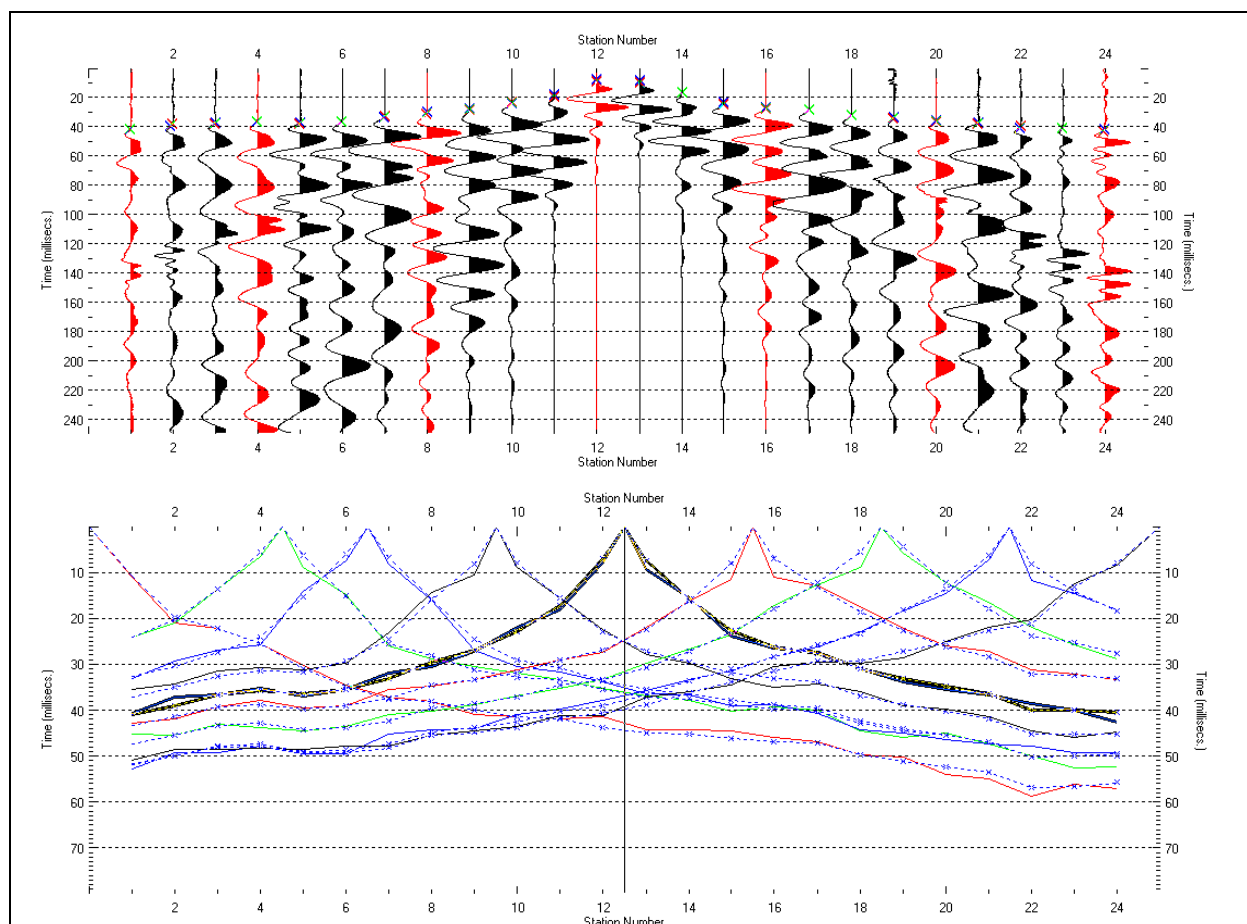


Fig. 3 - Esempio di sismogramma e dromocrone.

Dall'analisi delle dromocrone è possibile definire il numero dei sismostrati presenti nel sottosuolo (ovviamente per la finestra temporale adottata che è funzione della lunghezza dello stendimento e della quantità di energia utilizzata).

E' importante sottolineare che la sismica a rifrazione funziona solo per velocità crescenti. L'interpretazione per la risoluzione geometrica dei sismostrati (profondità e velocità) si avvale di diverse metodologie di calcolo dalle più semplici procedure dirette (Hagedoorn, 1959; Barry, 1967), seguendo le leggi generali dell'ottica, a quelle più complesse sia 1D che 2D che elaborano i dati mediante la tecnica del GRM (Palmer, 1980), del Ray-tracing o della tomografia (Hampson & Russell, 1984; Olsen, 1989).

La finalità della tomografia è la dettagliata esplorazione del modello di distribuzione della velocità in un mezzo. Essa si basa sui primi arrivi ottenuti per set plurimi di coppie sorgente-ricevitore: la sola limitazione è quella che i raggi sismici formino una rete completa e cioè, idealmente, ciascun punto del mezzo investigato dovrebbe essere attraversato dai raggi in tutte le direzioni.

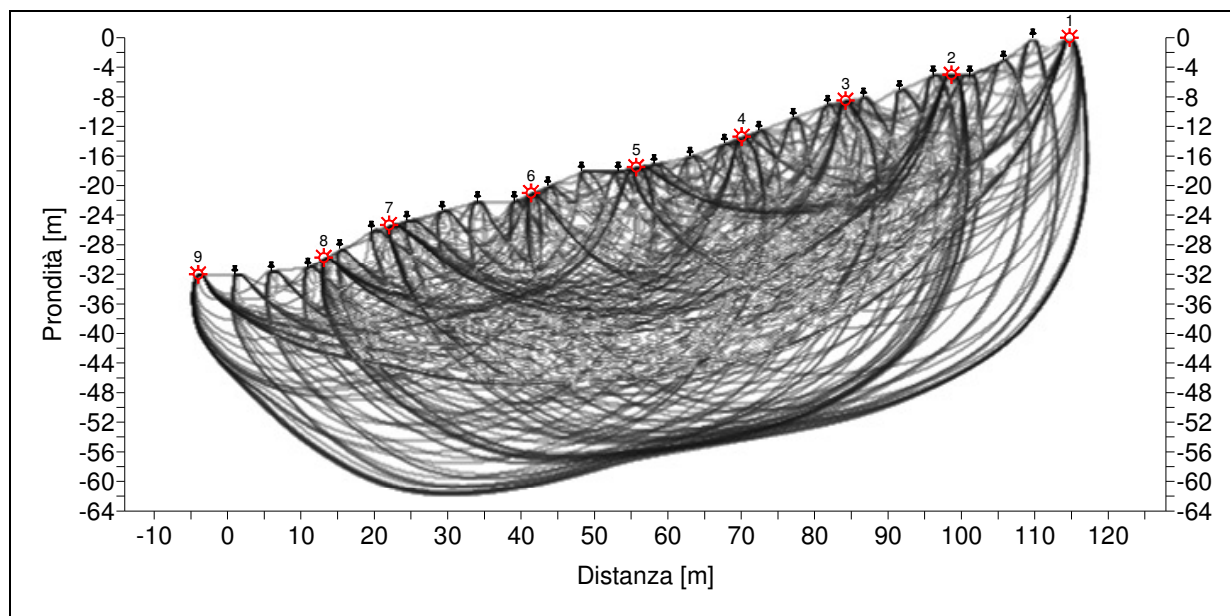


Fig. 4 - Copertura dei raggi sismici

6.3 Cenni teorici sulle indagini sismiche di tipo MASW

L'analisi dei raggi sismici con il programma di inversione tomografica discretizza il modello fisico e restituisce un modello di distribuzione delle velocità delle onde di compressione P (isotache espresse in m/s) coerente con il modello geologico del sottosuolo.

La propagazione delle onde di Rayleigh in un mezzo verticalmente eterogeneo è un fenomeno multi-modale: data una determinata stratigrafia, in corrispondenza di una certa frequenza, possono esistere diverse lunghezze d'onda. Di conseguenza, ad una determinata frequenza possono corrispondere diverse velocità di fase, ad ognuna delle quali corrisponde un modo di propagazione e differenti modi di vibrazione possono esibirsi simultaneamente.

La curva di dispersione ottenuta elaborando i dati derivanti dalle indagini sismiche col metodo SWM (surface waves multichannel) è una curva apparente derivante dalla sovrapposizione delle curve relative ai vari modi di vibrazione, e che per i limiti indotti dal campionamento non necessariamente coincide con singoli modi nei diversi intervalli di frequenza campionati.

Il processo di caratterizzazione basato sul metodo delle onde superficiali, schematizzato nelle figure seguenti, può essere suddiviso in tre fasi:

- Acquisizione (Figura 5);
- Elaborazione (Figura 6);
- Inversione (Figura 7).

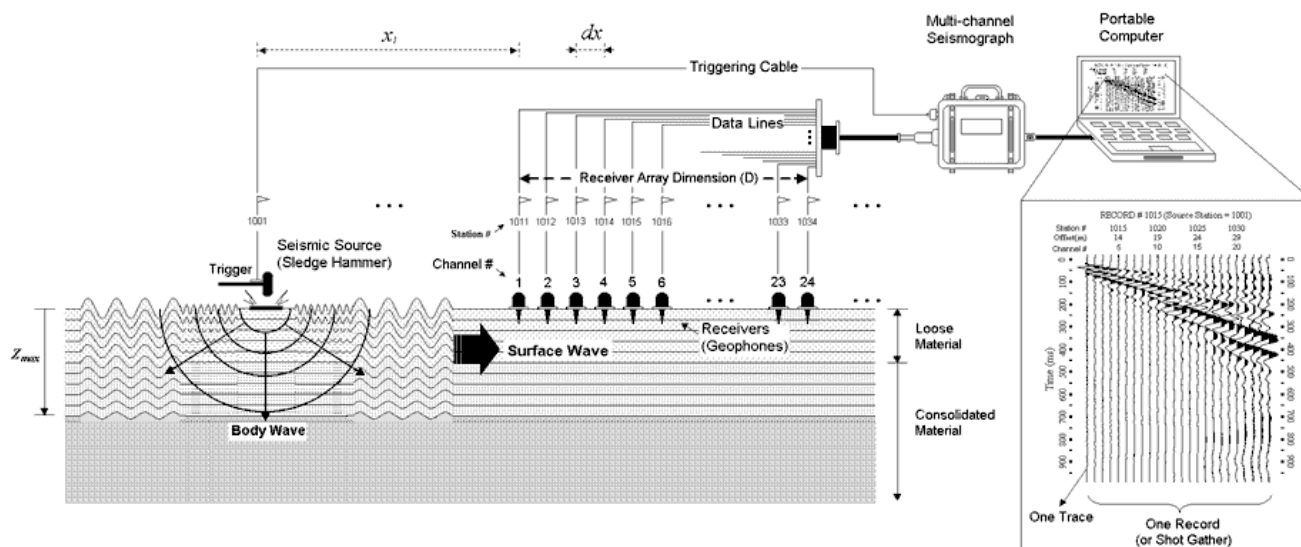


Figura 5 - Schema di acquisizione dati MASW

I dati acquisiti vengono sottoposti ad una fase di processing che consente di stimare la curva di dispersione caratteristica del sito in oggetto ovvero, la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza (il codice di calcolo utilizzato è SurfSeis ® versione 2.0, Kansas University USA).

Esistono diverse tecniche di processing per estrarre dai sismogrammi le caratteristiche dispersive del sito. La metodologia più diffusa è l'analisi spettrale in dominio f-k (frequenza-numero d'onda). I dati sismici registrati vengono sottoposti a una doppia trasformata di Fourier che consente di passare dal dominio x-t (spazio tempo) al dominio f-k. Lo spettro f-k del segnale consente di ottenere una curva di dispersione per le onde di Rayleigh, nell'ipotesi che nell'intervallo di frequenze analizzato le onde che si propagano con il maggiore contenuto di energia siano proprio le onde di Rayleigh, e se le caratteristiche del sito sono tali da consentire la propagazione delle onde superficiali e un comportamento dispersivo delle stesse. Si dimostra infatti che la velocità delle onde di Rayleigh è associata ai massimi dello spettro f-k; si può ottenere facilmente una curva di dispersione individuando ad ogni frequenza il picco spettrale, al quale è associato un numero d'onda k e quindi una velocità delle onde di Rayleigh V_R , determinabile in base alla teoria delle onde dalla relazione:

$$V_R(f) = 2\pi f/k$$

Riportando le coppie di valori (V_R, f) in un grafico, si ottiene la curva di dispersione utilizzabile nella successiva fase di inversione (Figura 6). La fase di inversione deve essere preceduta da una parametrizzazione del sottosuolo, che viene di norma schematizzato come un mezzo visco-elastico a strati piano-paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati.

Il processo di inversione è iterativo: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati, ed eventualmente delle informazioni note a priori riguardo la stratigrafia, il problema diretto viene risolto diverse volte variando i parametri che definiscono il modello. Il processo termina quando viene individuato quel set di parametri di modello che minimizza la differenza fra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica). Usualmente, algoritmi di minimizzazione ai minimi quadrati vengono utilizzati per automatizzare la procedura (Figura 7).

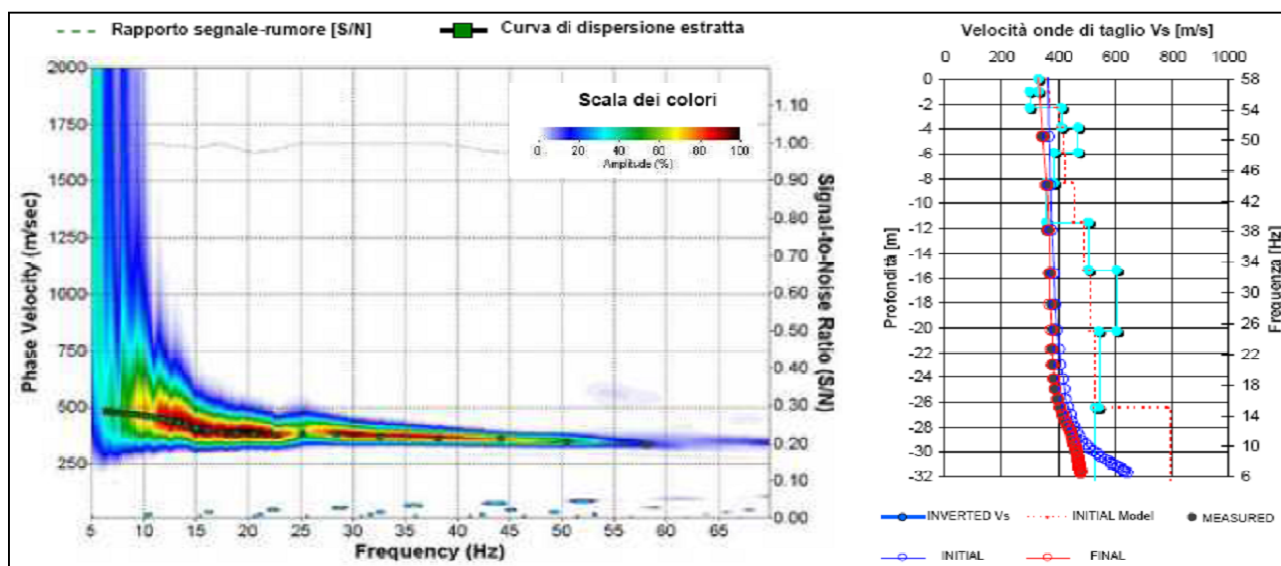


Figura 6 - Curva di dispersione della velocità Vs in funzione della frequenza e della velocità di fase

Figura 7 - Modello di propagazione delle velocità delle onde Vs

6.4 Metodologia d'indagine

L'acquisizione dei dati sismici è stata realizzata con un sismografo a 24 canali dotato di un convertitore analogico/digitale a 24 bit (unità Daq Link III, Seismic Source Ltd.).

Lo strumento è fornito di una connessione di rete standard 10/100 (base RJ45) per la comunicazione con un computer portatile su cui è installato un apposito programma (VibraScope ® v.2.4.40) che gestisce la visualizzazione, l'analisi e la memorizzazione delle forme d'onda registrate.

I geofoni utilizzati (Weihai Sunfull) possiedono una frequenza di risonanza pari 4.5 Hz con distorsione inferiore allo 0.2%.

L'energizzazione si è ottenuta con massa battente da 10 Kg su piastra metallica. Per l'innesco (trigger) si è utilizzato uno "shock sensor" collegato alla mazza battente e connesso via cavo al sismografo.

La prova, secondo quanto previsto dagli standard internazionali riportati nella Tabella 1 della pagina seguente, è stata eseguita con un set-up di acquisizione composto da:

Geofoni	Numero	Frequenza [Hz]	Interasse [m]	Lungh. linea [m]
	24	4.5	2	46
Energizzazioni	Mazza [Kg]	Punti energ. [n°]	Max dist.da G1 [m]	Min dist.da G1 [m]
	10	7	14	4

Per ogni punto di energizzazione sono stati generati almeno 3 impulsi sismici.

L'indagine, eseguita, ha quindi previsto la realizzazione di una prova MASW, la cui ubicazione viene riportata nella figura seguente.

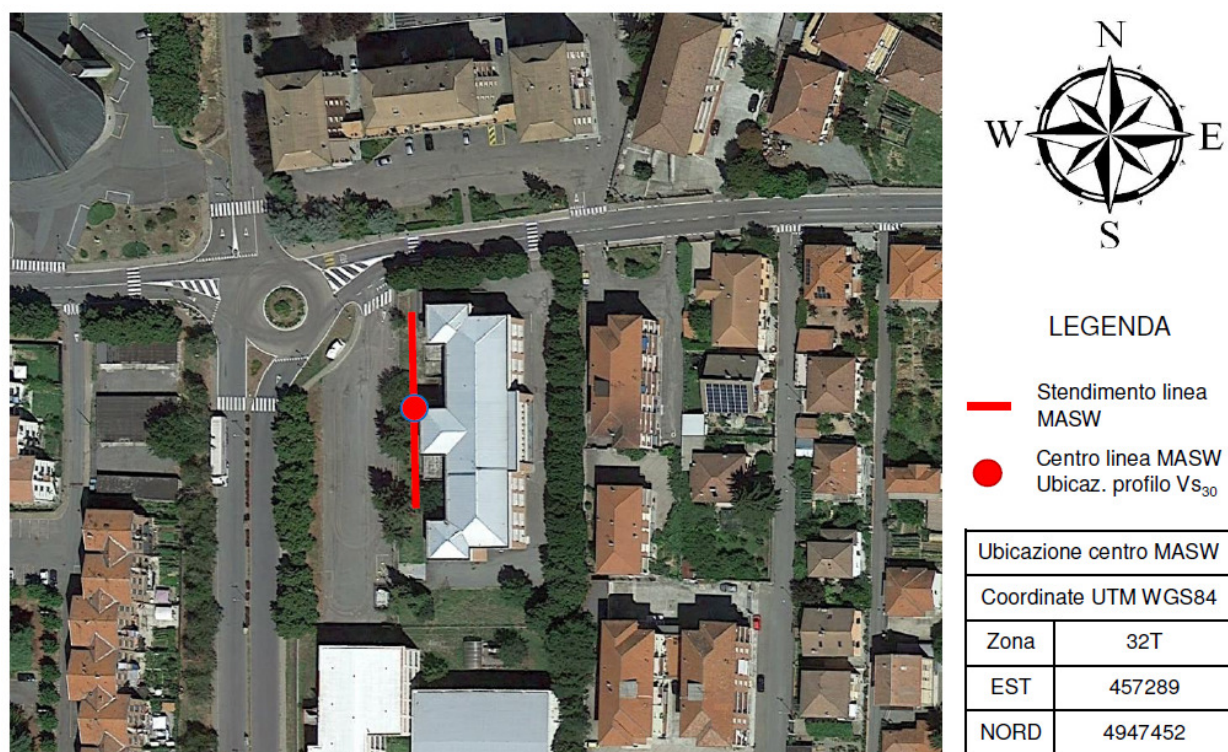


Fig. 8 – Ubicazione dello stendimento sismico

Depth (Z _{max}) ¹ (m)	Source (S) ² (lb)	Receiver (R) ³ (Hz)	Receiver Spread (RS) (m)			
			Length ⁴ (D)	Source Offset ⁵ (X ₁)	Receiver Spacing (dx)	
					24-ch*	48-ch
≤ 1.0	≤ 1 (1)**	4.5–100 (40)	1–3 (2.0)	0.2–3.0 (0.4)	0.05–0.1 (0.1)	0.02–0.05 (0.05)
1–5	1–5 (5)	4.5–40 (10)	1–15 (10)	0.2–15 (2)	0.05–0.6 (0.5)	0.02–0.3 (0.25)
5–10	5–10 (10)	≤ 10 (4.5)	5–30 (20)	1–30 (4)	0.2–1.2 (1.0)	0.1–0.6 (0.5)
10–20	≥ 10 (20)	≤ 10 (4.5)	10–60 (30)	2–60 (10)	0.4–2.5 (1.5)	0.2–1.2 (1.0)
20–30	≥ 10 (20)	≤ 4.5 (4.5)	20–90 (50)	4–90 (10)	0.8–3.8 (2.0)	0.4–1.9 (1.5)
30–50	≥ 10 (20) or passive	≤ 4.5 (4.5)	30–150 (70)	6–150 (15)	1.2–6.0 (3.0)	0.6–3.0 (2.0)
> 50	≥ 10 (20) or passive	≤ 4.5 (4.5)	> 50 (150)	> 10 (30)	> 2.0 (6.0)	> 1.0 (4.0)

Tabella 1 - Disposizione geometrica ottimale su linea MASW in relazione alla profondità di indagine



Fig. 9 – Sistema di acquisizione e registrazione

I dati acquisiti sono stati elaborati con il software Surfseis V. 4.02 (Kansas University, USA), che analizza la curva di dispersione sperimentale per le onde di Rayleigh. L'inversione numerica della curva, secondo un processo iterativo ai minimi quadrati, consente di ottenere un profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo.

6.5 Risultanze dell'indagine sismica

Di seguito si riportano gli elaborati grafici ottenuti dall'elaborazione delle acquisizioni sismiche riferiti allo "Spettro in frequenza e curva di dispersione estratta" e al "Profilo di velocità delle onde di taglio".

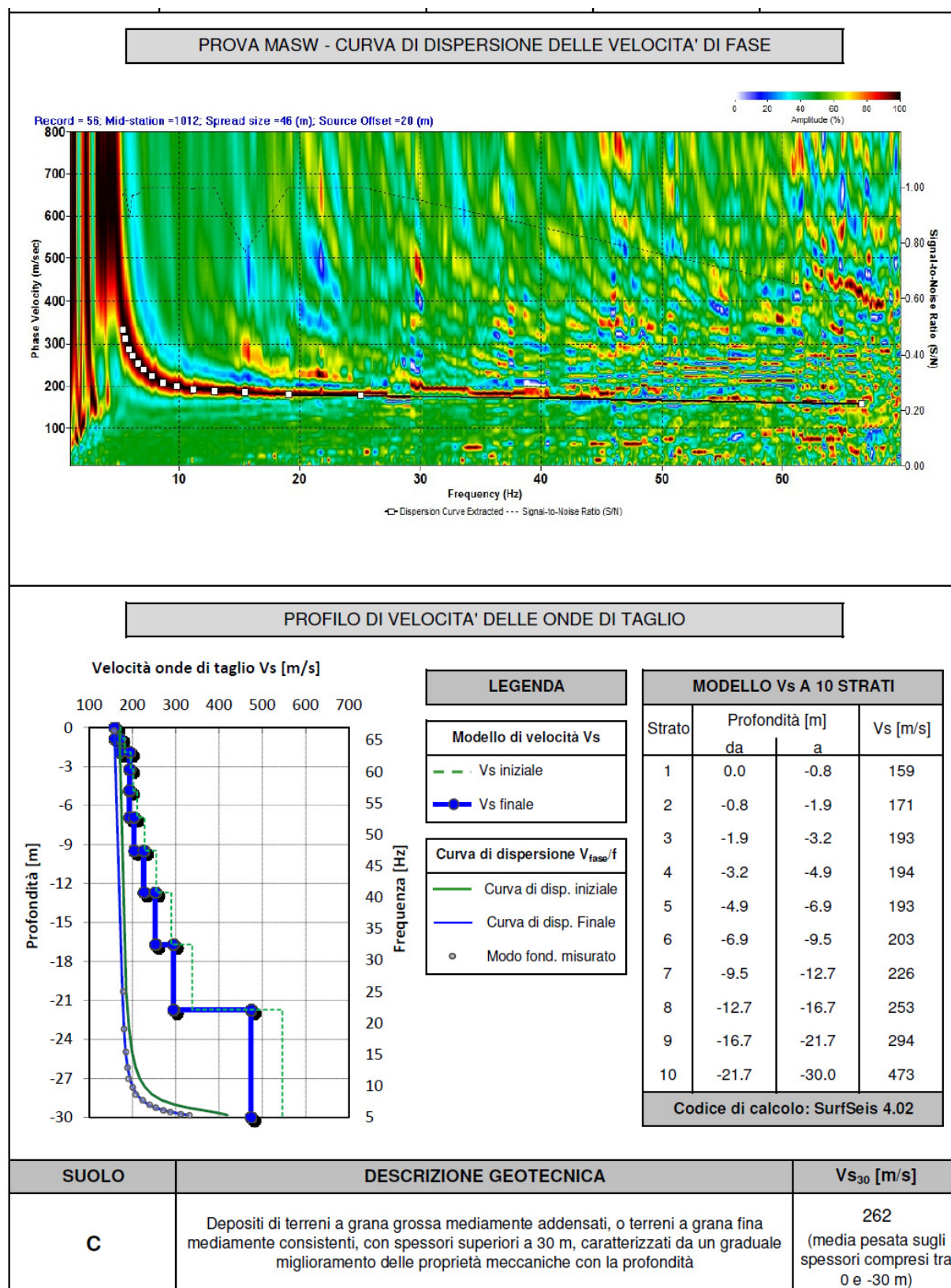


Fig. 10 – “Spettro in frequenza e curva di dispersione estratta” e “Profilo di velocità delle onde di taglio”.

L'analisi del profilo stratigrafico evidenzia un assetto sismo stratigrafico descritto nella tabella seguente.

Livello	Profondità [m da p.c.]	Descrizione	Velocità Vs [m/s]
1	0 - 2	Livello superficiale costituito da terreni sciolti	160 -70
2	2 - 22	Livello sottostante costituito da depositi a rigidità bassa	190 -290
3	22 - 30	Livello di fondo a rigidità medio-elevata	470

Il valore di **Vs₃₀ calcolato** al piano campagna è pari a **262 m/s**. Pertanto è possibile definire il contesto geotecnico esaminato come **suolo di classe sismica "C"** ovvero: *"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs₃₀ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT₃₀ < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu₃₀ < 250 kPa nei terreni a grana fina)"*.

7. CARATTERISTICHE SISMICHE

7.1 Introduzione

Dal punto di vista **sismico** il territorio regionale piemontese è sede di attività sismica, modesta come intensità, ma notevole come frequenza; i terremoti si manifestano generalmente lungo due direttrici:

- una segue la direzione dell'Arco Alpino occidentale nella sua parte interna, in corrispondenza del massimo gradiente orizzontale della gravità;
- l'altra, più dispersa, segue l'allineamento dei massicci cristallini esterni in corrispondenza del minimo gravimetrico delle Alpi Occidentali francesi.

Le due direttrici convergono nella zona del Cuneese, per riaprirsi a ventaglio verso la costa, interessando il Nizzardo e l'Imperiese. Una terza direttrice, infine, interessa il fronte occidentale dell'Appennino sepolto ed il suo prolungamento nel Monferrato.

Con l'Ordinanza 3274/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e la successiva Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006, venivano individuate 4 zone (zona 1, zona 2, zona 3, zona 4) sulla base dei 4 valori di accelerazione orizzontale (ag/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico indicati nelle Norme Tecniche (allegati 2, 3, 4). In prima applicazione, sino alle deliberazioni delle Regioni, le zone sismiche sono state individuate sulla base dei documenti da cui ha tratto origine la "Proposta di riclassificazione 1998", come da prospetto seguente (categorie/zone a pericolosità decrescente):

Categoria sismica secondo la proposta di riclassificazione del GdL del 1998	Zona sismica ai sensi dell'Ordinanza 3274 del P.C.M. del 20 marzo 2003
I	1
II	2
III	3
N.C.	4

Secondo l'ordinanza 3274 della Presidenza del Consiglio dei Ministri, venivano individuati, come detto, nelle "norme tecniche", 4 valori di accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Ag/g). Ciascuna zona è quindi individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (Ag), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (Ag/g).

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [Ag/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [Ag/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15 – 0,25	0,25
3	0,05 – 0,15	0,15
4	< 0,05	0,05

Il Comune interessato dall'intervento in progetto, in base alla Deliberazione della Giunta Regionale 19 gennaio 2010, n. 11-13058 "Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006)", valida a partire dal 1° gennaio 2012, è inserito nella classificazione sismica dei Comuni italiani in **zona 3**.

Nel seguito si riportano indicazioni tratte dalle linee guida dell'Associazione Geotecnica Italiana, dal D.M. 14/01/2008 *Norme tecniche per le costruzioni* e dalla Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 *Istruzioni per l'applicazione delle «nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008* del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

7.2 Categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione

Con il nuovo D.M. delle Infrastrutture 14.01.2008, punto 3.2.2 “Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche”, vengono definite le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (Tabella 3.2.II - le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni superficiali, oppure alla quota di testa dei pali nel caso di fondazioni speciali):

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 $V_{s30} > 800$ m/s).

In aggiunta a queste categorie, se ne definiscono altre due, per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare (Tabella 3.2.III):

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

Il terreno indagato è classificabile secondo lo schema presente nel D.M. 14.01.2008, in base alle indagini MASW eseguite, che hanno evidenziato una V_{s30} pari a 262 m/s, come suolo appartenente alla **Classe C**, ovvero. “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)”.

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti SS e CC valgono 1. Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti SS e CC possono essere calcolati, in funzione dei valori di O_{Fo} e T_{c^*} relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.V del D.M., nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo T_{c^*} è espresso in secondi.

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_o 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.

Per ciascun nodo del *reticolo di riferimento* e per ciascuno dei periodi di ritorno T_r considerati dalla *pericolosità sismica*, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo a:

- a_g il valore previsto dalla *pericolosità sismica*;
- F_o e T_c^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla *pericolosità sismica* (la condizione di minimo è imposta operando ai minimi quadrati, su spettri di risposta normalizzati ad uno, per ciascun sito e ciascun periodo di ritorno).

7.3 Amplificazione stratigrafica

Sempre in merito alle indicazioni fornite nel suddetto punto 3.2.2 del D.M. 14.01.2008, si rappresenta che la risposta sismica locale di un sito, oltre che dalle caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo, dipende anche dalla conformazione morfologica dei luoghi. Pertanto, qualora le caratteristiche topografiche dei luoghi non risultino particolarmente complesse (caso nel quale è necessario prevedere una modellizzazione particolare del sito, necessaria per identificare correttamente le caratteristiche di risposta sismica locale), vengono individuate 4 diverse categorie topografiche, rappresentative di altrettante configurazioni superficiali semplici, riportate nella successiva tabella.

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

Come riportato nel Decreto, le su esposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di m 30.

L'area d'intervento, secondo quanto verificato dai rilevamenti eseguiti in sito, ricade in una categoria topografica **T1**.

02.02.2015	Studio Geologico & Consulenze Ambientali Dott. Geol. Andrea Ferrarotti	Pag. 35 di 54
Rev. 0 - 2015	Relazione geologica e geotecnica	Elab. 1

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ($V_{s30} > 800$ m/s), viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". Ciò comporta delle non trascurabili differenze nel calcolo dell'accelerazione sismica di base rispetto alle precedenti normative. Ai fini della stima dell'azione sismica di progetto relativa al sito ubicato nel territorio comunale in oggetto, con le precedenti normative in campo antisismico, applicando il criterio "zona dipendente" avremmo potuto stimare l'accelerazione di base (senza considerare l'incremento dovuto ad effetti locali dei terreni) in maniera automatica, poiché essa sarebbe stata direttamente correlata alla Zona sismica di appartenenza del Comune. Pertanto (secondo quanto riportato nell'allegato A del D.M. 14 gennaio 2008) la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le coordinate geografiche (o l'indirizzo ove disponibile), riportate nel reticolo di riferimento.

Ai fini della determinazione della pericolosità sismica il primo passo consiste nella determinazione di a_g (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido). Per tale determinazione è necessario conoscere, come anticipato, le coordinate geografiche dell'opera da verificare. Si determina, quindi, la maglia di riferimento in base alle tabelle dei parametri spettrali fornite dal Ministero determinando così i valori di riferimento del punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto.

Per effetto delle modifiche e degli aggiornamenti introdotti dal D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC), con la relativa Circolare esplicativa del Consiglio Superiore LL.PP. 02.02.2009, n. 617: "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008" (G.U. n. 47 del 26.02.2009), l'azione sismica viene ora valutata in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido a superficie orizzontale, procedendo all'analisi sito per sito e costruzione per costruzione, e non più riferendosi ad una zona sismica territorialmente coincidente con singole entità amministrative, ad un'unica forma spettrale e ad un periodo di ritorno prefissato ed uguale per tutte le costruzioni, come avveniva invece in precedenza.

Diversamente dalle 4 zone previste in precedenza, la pericolosità sismica di un sito è ora descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. Nelle NTC tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato "periodo di riferimento" (VR) e la probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" (PvR).

7.4 Stati limite di riferimento

Ai sensi del par. 3.2.1. delle NTC, gli stati limite di riferimento nei confronti delle azioni sismiche, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti. Gli stati limite di esercizio sono:

- Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono invece:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali, cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali. Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella Tab. 3.2.I delle NTC:

Stati Limite		P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Come specificato nella relativa Circolare esplicativa del Consiglio Superiore LL.PP. 02.02.2009, n. 617: "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008" (G.U. n. 47 del 26.02.2009), le modifiche apportate dalle NTC alle precedenti disposizioni, definite in un quadro operativo finalizzato a sfruttare al meglio la puntuale definizione della pericolosità di cui si dispone, hanno portato a fare riferimento a 4 stati limite per l'azione sismica.

Sono stati dunque portati a due gli Stati Limite di Esercizio (SLE), facendo precedere lo Stato Limite di Danno (SLD) - ridefinito come stato limite da rispettare per garantire inagibilità solo temporanee nelle condizioni postsismiche - dallo Stato Limite di immediata Operatività (SLO), particolarmente utile come riferimento progettuale per le opere che debbono restare operative durante e subito dopo il terremoto (ospedali, caserme, centri della protezione civile, etc.), in tal modo articolando meglio le prestazioni della struttura in termini di esercizio.

In modo analogo, sono stati portati a due gli Stati Limite Ultimi (SLU) facendo seguire allo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV), individuato definendo puntualmente lo stato limite ultimo, lo Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC), particolarmente utile come riferimento progettuale per alcune tipologie strutturali (strutture con isolamento e dissipazione di energia) e, più in generale, nel quadro complessivo della progettazione antisismica.

I quattro stati limite così definiti consentono di individuare quattro situazioni diverse che, al crescere progressivo dell'azione sismica, ed al conseguente progressivo superamento dei quattro stati limite ordinati per azione sismica crescente (SLO, SLD, SLV, SLC), fanno corrispondere una progressiva crescita del danneggiamento all'insieme di struttura, elementi non strutturali ed impianti, per individuare così univocamente ed in modo quasi "continuo" le caratteristiche prestazionali richieste alla generica costruzione.

Ai quattro stati limite sono stati attribuiti (Cfr.: Tabella 3.2.I delle NTC) valori della probabilità di superamento P_{VR} pari rispettivamente a 81%, 63%, 10% e 5%, valori che restano immutati qualunque sia la classe d'uso della costruzione considerata; tali probabilità, valutate

nel periodo di riferimento VR proprio della costruzione considerata, consentono di individuare, per ciascuno stato limite, l'azione sismica di progetto corrispondente.

7.5 Parametri sismici di riferimento

Di seguito si riportano i parametri sismici di riferimento validi per il sito in esame:

Sito in esame.

latitudine: 44,679999
 longitudine: 8,462167
 Classe: 3
 Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 15579	Lat: 44,6775	Lon: 8,4286	Distanza: 2672,376
Sito 2	ID: 15580	Lat: 44,6804	Lon: 8,4987	Distanza: 2886,738
Sito 3	ID: 15358	Lat: 44,7304	Lon: 8,4944	Distanza: 6152,493
Sito 4	ID: 15357	Lat: 44,7274	Lon: 8,4243	Distanza: 6062,445

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica: T1
 Periodo di riferimento: 75anni
 Coefficiente cu: 1,5

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
 Tr: 45 [anni]
 ag: 0,022 g
 Fo: 2,555
 Tc*: 0,185 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
 Tr: 75 [anni]
 ag: 0,028 g
 Fo: 2,566
 Tc*: 0,207 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
 Tr: 712 [anni]
 ag: 0,065 g
 Fo: 2,565
 Tc*: 0,293 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
 Tr: 1462 [anni]
 ag: 0,084 g
 Fo: 2,554
 Tc*: 0,301 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:
 Ss: 1,500
 Cc: 1,830
 St: 1,000
 Kh: 0,006
 Kv: 0,003

Amax: 0,328
 Beta: 0,180
 SLD:
 Ss: 1,500
 Cc: 1,770
 St: 1,000
 Kh: 0,008
 Kv: 0,004
 Amax: 0,417
 Beta: 0,180
 SLV:
 Ss: 1,500
 Cc: 1,570
 St: 1,000
 Kh: 0,017
 Kv: 0,009
 Amax: 0,952
 Beta: 0,180
 SLC:
 Ss: 1,500
 Cc: 1,560
 St: 1,000
 Kh: 0,023
 Kv: 0,011
 Amax: 1,230
 Beta: 0,180

7.6 Verifica della suscettibilità a liquefazione

7.6.1 Premessa

I metodi semplificati si basano sul rapporto che intercorre fra le sollecitazioni di taglio che producono liquefazione e quelle indotte dal terremoto; hanno perciò bisogno di valutare i parametri relativi sia all'evento sismico sia al deposito, determinati questi ultimi privilegiando metodi basati su correlazioni della resistenza alla liquefazione con parametri desunti da prove in situ. La resistenza del deposito alla liquefazione viene quindi valutata in termini di fattore di resistenza alla liquefazione

$$(1.0)F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

dove CRR (Cyclic Resistance Ratio) indica la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico e CSR (Cyclic Stress Ratio) la sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma.

I metodi semplificati proposti differiscono fra loro soprattutto per il modo con cui viene ricavata CRR, la resistenza alla liquefazione. Il parametro maggiormente utilizzato è il numero dei colpi nella prova SPT anche se oggi, con il progredire delle conoscenze, si preferisce valutare il potenziale di liquefazione utilizzando prove statiche (CPT) o prove di misurazione delle onde di taglio Vs. Questi metodi sono in genere utilizzati per la progettazione di opere di media importanza.

I metodi di calcolo più comuni del potenziale di liquefazione sono:

- Metodo di Seed e Idriss (1982);
- Metodo di Iwasaki et al. (1978; 1984);
- Metodo di Tokimatsu e Yoshimi (1983);
- Metodo di Finn (1985);
- Metodo di Cortè (1985);
- Metodo di Robertson e Wride modificato (1997);
- Metodo di Andrus e Stokoe (1998);
- Metodi basati sull'Eurocodice 8 (ENV 1998-5);
- Metodo basato sull'NTC 2008.

Nel caso in esame si è utilizzato il metodo di Seed e Idriss. Per poter determinare gli sforzi di taglio indotti dal sisma gli Autori propongono una semplice procedura basata sull'ipotesi di terreno omogeneo. Ipotizzando la propagazione verticale di onde sismiche di taglio, una colonna di terreno di altezza z (Fig. 1) si muove rigidamente in direzione orizzontale e pertanto lo sforzo di taglio massimo alla profondità z è dato da:

$$(1.1) \tau_{\max} = \frac{a_g}{g} \times \gamma z$$

dove a_g è l'accelerazione massima in superficie, g l'accelerazione di gravità e γ il peso di volume secco del terreno.

Poiché nella realtà il terreno è deformabile, lo sforzo di taglio è minore che nell'ipotesi di corpo rigido e quindi bisogna introdurre un coefficiente riduttivo r_d . Normalizzando con la pressione verticale effettiva e riferendosi ad un valore medio τ_{av} anziché ad un valore massimo $\tau_{\max}$ si ottiene:

$$(1.2) \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = CSR_{7,5} = 0,65 \frac{a_g}{g} \frac{\sigma'_{vo}}{\sigma'_{vo}} r_d$$

espressione valida per sismi di magnitudo 7.5. Per magnitudo diverse bisogna dividere per il fattore correttivo **MSF** (Magnitudo Scaling Factor):

$$(1.3) CSR = \frac{CSR_{7,5}}{MSF}$$

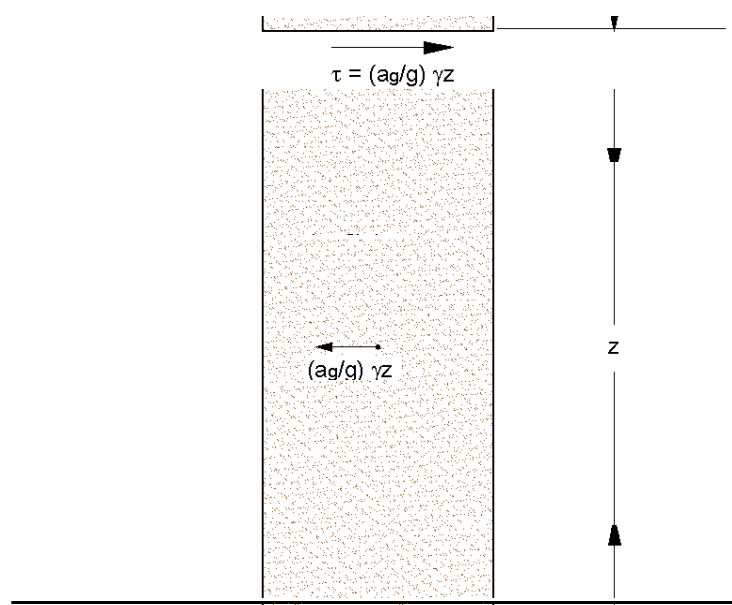


Figura 1 – Sforzo di taglio indotto dal terremoto ad una determinata quota

Il metodo di Seed e Idriss (1982) è il più noto e utilizzato dei metodi semplificati e richiede solo la conoscenza di pochi parametri geotecnici: la granulometria, il numero dei colpi nella prova SPT, la densità relativa, il peso di volume. Per determinare il valore del coefficiente riduttivo r_d viene utilizzata la formula empirica proposta da Iwasaki et al. (1978):

$$(1.4) r_d = 1 - 0,015z$$

mentre per il fattore correttivo **MSF** si veda la Tabella 1 dove viene riportato il valore di questo fattore ottenuto da vari ricercatori, tra cui Seed H. B. e Idriss I. M (1982).

Magnitudo	Seed H. B. & Idriss I. M. (1982)	Ambraseys N. N. (1988)	NCEER (Seed R. B. et al.) (1997; 2003)
5.5	1.43	2.86	2,21
6.0	1.32	2.20	1,77
6.5	1.19	1.69	1,44
7.0	1.08	1.30	1,19
7.5	1.00	1.00	1,00
8.0	0.94	0.67	0,84
8.5	0.89	0.44	0,73

Tabella 1 - Magnitudo Scaling Factor

Il termine a numeratore della (1.0), cioè la resistenza alla liquefazione CRR, viene calcolato in funzione della magnitudo, del numero di colpi, della pressione verticale effettiva, della densità relativa.

Si ottiene un grafico (Fig. 2) ottenuto selezionando i casi di terreni in cui si è avuta liquefazione e non liquefazione durante i terremoti.

Si calcola inizialmente il numero dei colpi corretto alla quota desiderata per tenere conto della pressione litostatica mediante la seguente espressione:

$$(1.5) (N_{1,60}) = C_N N_m$$

dove N_m è il numero medio dei colpi nella prova penetrometrica standard SPT e C_N un coefficiente correttivo che si calcola mediante la seguente espressione:

$$(1.6) C_N = \left(\frac{P_a}{\sigma'_{vo}} \right)^{0,5}$$

dove σ'_{vo} è la pressione verticale effettiva, P_a la pressione atmosferica espressa nelle stesse unità di σ'_{vo} ed n un'esponente che dipende dalla densità relativa del terreno (Fig. 3).

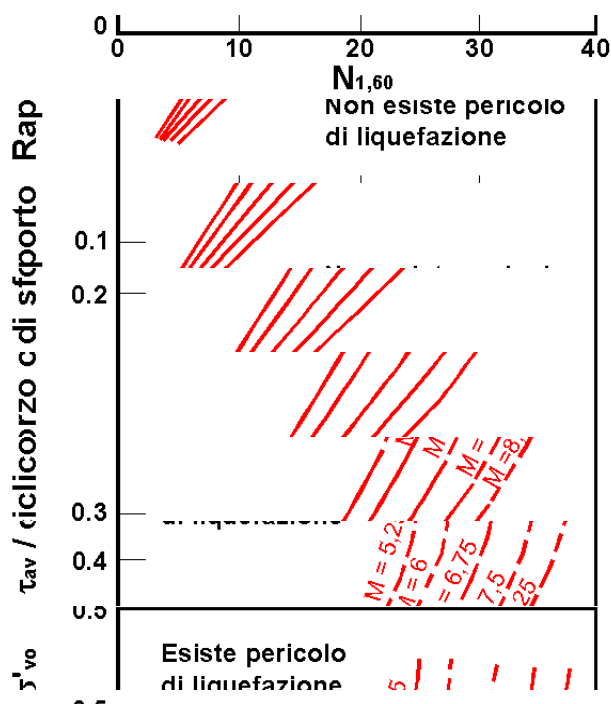


Figura 2 – Correlazione fra CSR e $N_{1,60}$

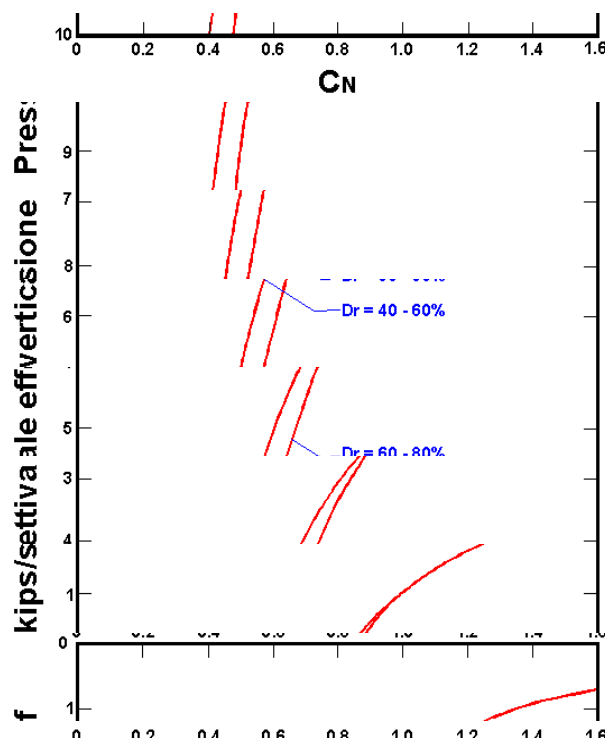


Figura 3 – Coefficiente correttivo C_N

E' stato dimostrato che per un terremoto di magnitudo pari a 7,5 CRR è:

$$(1.7) CRR \approx \frac{N_{1,60}}{90}$$

Si applica quindi la (1.0); se $F_S > 1,3$ il deposito non è liquefacibile.

Gli Autori hanno precisato che questa procedura è valida per sabbie con $D_{50} > 0,25$ mm; per sabbie limose e limi suggeriscono di correggere ulteriormente il valore di $N_{1,60}$:

$$(1.8) (N_{1,60})_{cs} = N_{1,60} + 7,5$$

7.6.2 Elaborazione

Numero di strati = 2

Profondità media della falda = 4 m

Magnitudo del sisma = 5,5

Accelerazione massima al suolo = 0,065

Strato Nr.	Descrizione (-)	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso di volume secco (KN/mc)	Peso di volume saturo (KN/mc)	Nr. colpi medio (Nspt)	Velocità Vs (m/s)	Dr (%)
1		0	7	1600	1900	6	200	30
2		7	22	2000	2100	17	300	50

Correzione per la magnitudo (MSF) = 1,43

Verifica Profondità Pressione Pressione Correzione Numero Coefficiente Resistenza Sforzo di Coefficiente Suscettibilità

Nr.	à dal p. c. (m)	e litostatica totale (KPa)	e verticale efficace (KPa)	ne per la press. litostatica efficace (CN)	dei colpi corretto (N1,60)	nte riduttivo (rd)	za alla liquefazio ne (CRR)	taglio normalizz ato (CSR)	nte di sicurezza (Fs)	ilità di liquefazio ne
1	6,20	9980,00	9978,039			0,907				
2	6,40	10360,00	10356,08	1,60		0,904				
3	6,60	10740,00	10734,12	1,60		0,901				
4	6,80	11120,00	11112,15	1,60		0,898				
5	7,00	11500,00	11490,19	1,60		0,895				
6	7,20	11920,00	11908,23	0,0722	8,7267	0,892	0,097	0,0609	1,59	NL
7	7,40	12340,00	12326,27	0,0708	8,7036	0,889	0,0967	0,0607	1,59	NL
8	7,60	12760,00	12744,31	0,0695	8,6817	0,886	0,0965	0,0605	1,59	NL
9	7,80	13180,00	13162,35	0,0683	8,661	0,883	0,0962	0,0603	1,60	NL
10	8,00	13600,00	13580,39	0,0671	8,6412	0,88	0,096	0,0601	1,60	NL
11	8,20	14020,00	13998,43	0,066	8,6223	0,877	0,0958	0,0599	1,60	NL
12	8,40	14440,00	14416,46	0,065	8,6043	0,874	0,0956	0,0597	1,60	NL
13	8,60	14860,00	14834,50	0,0639	8,587	0,871	0,0954	0,0595	1,60	NL
14	8,80	15280,00	15252,54	0,063	8,5706	0,868	0,0952	0,0593	1,61	NL
15	9,00	15700,00	15670,58	0,062	8,5548	0,865	0,0951	0,0591	1,61	NL
16	9,20	16120,00	16088,62	0,0612	8,5396	0,862	0,0949	0,0589	1,61	NL
17	9,40	16540,00	16506,66	0,0603	8,525	0,859	0,0947	0,0587	1,61	NL
18	9,60	16960,00	16924,70	0,0595	8,511	0,856	0,0946	0,0585	1,62	NL
19	9,80	17380,00	17342,73	0,0587	8,4975	0,853	0,0944	0,0583	1,62	NL
20	10,00	17800,00	17760,77	0,0579	8,4846	0,85	0,0943	0,0581	1,62	NL
21	10,20	18220,00	18178,81	0,0572	8,472	0,847	0,0941	0,0579	1,63	NL
22	10,40	18640,00	18596,85	0,0565	8,46	0,844	0,094	0,0577	1,63	NL
23	10,60	19060,00	19014,89	0,0558	8,4483	0,841	0,0939	0,0575	1,63	NL
24	10,80	19480,00	19432,93	0,0551	8,437	0,838	0,0937	0,0573	1,64	NL
25	11,00	19900,00	19850,97	0,0545	8,4261	0,835	0,0936	0,0571	1,64	NL
26	11,20	20320,00	20269,01	0,0539	8,4156	0,832	0,0935	0,0569	1,64	NL
27	11,40	20740,00	20687,04	0,0533	8,4053	0,829	0,0934	0,0567	1,65	NL
28	11,60	21160,00	21105,08	0,0527	8,3954	0,826	0,0933	0,0565	1,65	NL
29	11,80	21580,00	21523,12	0,0521	8,3858	0,823	0,0932	0,0563	1,66	NL
30	12,00	22000,00	21941,16	0,0516	8,3765	0,82	0,0931	0,0561	1,66	NL
31	12,20	22420,00	22359,20	0,051	8,3675	0,817	0,093	0,0559	1,66	NL
32	12,40	22840,00	22777,24	0,0505	8,3587	0,814	0,0929	0,0557	1,67	NL
33	12,60	23260,00	23195,28	0,05	8,3501	0,811	0,0928	0,0554	1,67	NL
34	12,80	23680,00	23613,31	0,0495	8,3418	0,808	0,0927	0,0552	1,68	NL
35	13,00	24100,00	24031,35	0,049	8,3337	0,805	0,0926	0,055	1,68	NL
36	13,20	24520,00	24449,39	0,0486	8,3259	0,802	0,0925	0,0548	1,69	NL
37	13,40	24940,00	24867,43	0,0481	8,3182	0,799	0,0924	0,0546	1,69	NL
38	13,60	25360,00	25285,47	0,0477	8,3107	0,796	0,0923	0,0544	1,70	NL
39	13,80	25780,00	25703,51	0,0473	8,3034	0,793	0,0923	0,0542	1,70	NL
40	14,00	26200,00	26121,55	0,0468	8,2963	0,79	0,0922	0,054	1,71	NL
41	14,20	26620,00	26539,59	0,0464	8,2894	0,787	0,0921	0,0538	1,71	NL
42	14,40	27040,00	26957,63	0,046	8,2827	0,784	0,092	0,0536	1,72	NL
43	14,60	27460,00	27375,66	0,0457	8,2761	0,781	0,092	0,0534	1,72	NL
44	14,80	27880,00	27793,70	0,0453	8,2696	0,778	0,0919	0,0532	1,73	NL
45	15,00	28300,00	28211,74	0,0449	8,2633	0,775	0,0918	0,053	1,73	NL
46	15,20	28720,00	28629,78	0,0445	8,2572	0,772	0,0917	0,0528	1,74	NL
47	15,40	29140,00	29047,82	0,0442	8,2512	0,769	0,0917	0,0526	1,74	NL
48	15,60	29560,00	29465,86	0,0438	8,2453	0,766	0,0916	0,0524	1,75	NL
49	15,80	29980,00	29883,89	0,0435	8,2395	0,763	0,0916	0,0522	1,75	NL
50	16,00	30400,00	30301,93	0,0432	8,2339	0,76	0,0915	0,052	1,76	NL
51	16,20	30820,00	30719,97	0,0428	8,2284	0,757	0,0914	0,0518	1,77	NL
52	16,40	31240,00	31138,01	0,0425	8,223	0,754	0,0914	0,0516	1,77	NL
53	16,60	31660,00	31556,05	0,0422	8,2177	0,751	0,0913	0,0514	1,78	NL
54	16,80	32080,00	31974,09	0,0419	8,2125	0,748	0,0913	0,0512	1,78	NL
55	17,00	32500,00	32392,13	0,0416	8,2075	0,745	0,0912	0,051	1,79	NL
56	17,20	32920,00	32810,16	0,0413	8,2025	0,742	0,0911	0,0508	1,80	NL

57	17,40	33340,00	33228,20	0,041	8,1976	0,739	0,0911	0,0506	1,80	NL
58	17,60	33760,00	33646,24	0,0408	8,1928	0,736	0,091	0,0504	1,81	NL
59	17,80	34180,00	34064,28	0,0405	8,1882	0,733	0,091	0,0501	1,81	NL
60	18,00	34600,00	34482,32	0,0402	8,1836	0,73	0,0909	0,0499	1,82	NL
61	18,20	35020,00	34900,36	0,0399	8,179	0,727	0,0909	0,0497	1,83	NL
62	18,40	35440,00	35318,40	0,0397	8,1746	0,724	0,0908	0,0495	1,83	NL
63	18,60	35860,00	35736,44	0,0394	8,1703	0,721	0,0908	0,0493	1,84	NL
64	18,80	36280,00	36154,48	0,0392	8,166	0,718	0,0907	0,0491	1,85	NL
65	19,00	36700,00	36572,51	0,0389	8,1618	0,715	0,0907	0,0489	1,85	NL
66	19,20	37120,00	36990,55	0,0387	8,1577	0,712	0,0906	0,0487	1,86	NL
67	19,40	37540,00	37408,59	0,0384	8,1536	0,709	0,0906	0,0485	1,87	NL
68	19,60	37960,00	37826,63	0,0382	8,1496	0,706	0,0906	0,0483	1,87	NL
69	19,80	38380,00	38244,67	0,038	8,1457	0,703	0,0905	0,0481	1,88	NL
70	20,00	38800,00	38662,71	0,0378	8,1419	0,70	0,0905	0,0479	1,89	NL

7.6.3 Risultati

Dai risultati emersi dalle elaborazioni i terreni in esame non risultano liquefacibili.

02.02.2015	Studio Geologico & Consulenze Ambientali Dott. Geol. Andrea Ferrarotti	Pag. 44 di 54
Rev. 0 - 2015	Relazione geologica e geotecnica	Comune di Acqui Terme Elab. 1

8. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

8.1. Inquadramento idrogeologico generale

Dal punto di vista idrogeologico i terreni in esame sono caratterizzati dalla presenza di due corpi acquiferi principali: una prima falda che scorre entro le coltri subsuperficiali sia di collina che di fondo valle e una seconda falda decisamente più profonda collocata entro le serie litoidi. Questa prima falda, che si colloca usualmente a soggiacenze di pochi metri dal p.c., si presenta o come effimera o come caratterizzata da forti escursioni stagionali; essa raggiunge una certa stabilità solo nei materassi alluvionali di fondo valle del Bormida; solitamente scorre sul top del substrato litoide e viene fortemente influenzata nelle sue direzioni di deflusso, dalla morfologia dello stesso, per cui eventuali depressioni del substrato diventano sede di scorrimento preferenziale, mentre sugli alti relativi poco o nulla fluisce.

Il substrato litoide a sua volta è frequentemente sede di un secondo acquifero che vi scorre per permeabilità diffusa (permeabilità di tipo primario) e per fratturazione di origine tettonica (permeabilità di tipo secondario); esso si colloca a quote piuttosto distanti dalla superficie orografica, differenti zona per zona ma comunque valutabili sempre in decine di metri, rendendone piuttosto difficili captazione ed utilizzo.

Entrambe le falde sono caratterizzate da un comportamento misto freatico - in pressione a seconda delle caratteristiche del corpo acquifero di contenimento, anche se di solito è da considerarsi preminente il comportamento freatico.

L'area d'intervento rientra nella "Carta geoidrologica" all'interno di *"Depositi alluvionali recenti ed attuali a dominante frazione sabbioso-ghiaiosa basale e molto spesso dotati di copertura a minore granulometria, caratterizzati da buona o discreta permeabilità complessiva (10-2 m/sec <K< 10-4 m/sec); non campiti in quanto già interessati dal rilievo piezometrico"*.

Dall'analisi della carta si nota la predominanza di terreni alluvionali a modesta o mediocre permeabilità superficiale ma caratterizzati dalla presenza di una falda basale sia nelle immediate vicinanze del corso del Fiume Bormida e in tutta la sua pianura alluvionale.

La parte collinare del territorio comunale è invece caratterizzata nel suo complesso da terreni compatti a permeabilità media e comunque sempre strettamente legata al suo stato di fratturazione tettonica; si rileva inoltre la presenza di litotipi ad alta permeabilità negli areali di affioramento della formazione di Visone in virtù dei possibili fenomeni di dissoluzione ad essa legati. La topografia di falda in riva sinistra del torrente Bormida mostra deflussi grossolanamente da N verso S quindi genericamente ortogonali all'andamento generale dell'asta principale ed a essa afferenti per tutto il territorio comunale considerato.

8.2 Descrizione delle falde acquifere principali

La falda libera, pur non rivestendo più particolare interesse per scopi idropotabili, assume notevole importanza per scopi agricoli e poiché può interferire con gli interventi di carattere edilizio, stradale o idraulico che insistono sul territorio comunale. La falda è ospitata nella coltre alluvionale che ricopre l'area di pianura del torrente Bormida. La superficie libera della falda subisce notevoli variazioni di livello durante l'anno a causa dei differenti apporti meteorici e a causa delle attività agricole.

Nell'area d'intervento è stato possibile osservare una falda ad una quota di m 6 - 7 circa da p.c. in concomitanza con la realizzazione delle prove penetrometriche eseguite in sito nel mese di Novembre 2014. Nei periodi di massima resilienza la falda potrebbe raggiungere, in base a quanto emerso nella "Carta idrogeologica" allegata al P.R.G.C., a circa m 2,0 da p.c.

9. MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO PRELIMINARE

In base alle indagini di superficie e di profondità eseguite nell'area d'indagine, è possibile individuare sommariamente la seguente sequenza stratigrafica - geotecnica schematica locale (costituita dai seguenti livelli principali):

Strato	Profondità media	Litologia	Classificazione A.G.I. (stato di addensamento)
	m da p.c.		
1	0,0 – 7,0	Sabbia medio - fine mista a subordinata frazione ghiaiosa da minuta a media, con intercalazioni di limi (quest'ultimi prevalenti) e argille presenti talvolta all'interno della matrice sabbiosa. Superficialmente è presente materiale di riporto antropico eterometrico ed eterogeneo, costituito da sabbia e ghiaia in abbondante matrice limoso - argillosa (m 1,5 circa).	Poco addensato
2	> 7,0	Sabbia media con frequenti intercalazioni ghiaiose e ciottolose, talvolta prevalenti.	Moderatamente addensato

Al fine della ricostruzione del modello geologico e geotecnico preliminare dell'area d'intervento, finalizzato a fornire una stima preliminare dei parametri geotecnici dei terreni presenti in sito, nonché per l'impostazione delle successive attività di indagine geotecnica e monitoraggio, è stato possibile individuare le seguenti *Unità litologiche* o *Strati tipo*, aventi caratteristiche geotecniche omogenee.

In fase di progettazione esecutiva, nel caso di utilizzo ai fini del dimensionamento e della verifica di opere fondazionali, tali valori potranno essere eventualmente verificati e confermati, in seguito alla realizzazione di prove ed analisi geotecniche di laboratorio eseguite su campioni di terreno prelevati in sito.

Strato	Classificazione A.G.I.	γ_{d_m}	γ_{sat_m}	Φ'_m	C'_m	Φ_{u_m}	C_{u_m}
		t/m ³	t/m ³	°	Kg/cm ²	°	Kg/cm ²
1	Poco addensato	1,6	1,9	26,1	0,0	0,0	0,2
2	Moderatamente addensato	1,9	2,0	31,0	0,0	0,0	0,6

dove:

γ_{d_m} : peso di volume secco;

γ_{sat_m} : peso di volume saturo;

Φ'_m : angolo di attrito interno efficace;

C'_m : coesione efficace;

Φ_{u_m} : angolo di attrito interno non drenato;

C_{u_m} : coesione non drenata.

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 (es. platea o trave di fondazione), con possibile compensazione delle eterogeneità. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso di coinvolgimento di modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di

terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità. La scelta di valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici può essere dettata anche solo dalle caratteristiche dei terreni. Una migliore approssimazione nella valutazione dei valori caratteristici può essere ottenuta operando le opportune medie dei valori dei parametri geotecnici nell'ambito di piccoli volumi di terreno, quando questi assumano importanza per lo stato limite considerato.

Di seguito si riportano i valori caratteristici ai sensi del D.M. 14.01.2008 e s.m.i. ottenuti da una stima preliminare dei parametri medi dei terreni indagati, utilizzando il metodo di calcolo del 5° percentile della distribuzione dei dati, nel caso in cui la superficie di rottura interessi un limitato volume di terreno. Per superfici di rottura che interessano superfici di rottura maggiori potranno essere utilizzati i valori medi.

Strato	Classificazione A.G.I.	γ_d	γ_{sat}	Φ'_k	C'_k	Φ_{uk}	Cu_k
		t/m ³	t/m ³	°	Kg/cm ²	°	Kg/cm ²
1	Poco addensato	1,6	1,9	25,1	0,0	0,0	0,17
2	Moderatamente addensato	1,9	2,0	29,1	0,0	0,0	0,55

dove:

γ_d : peso di volume secco;

γ_{sat} : peso di volume saturo;

Φ'_k : angolo di attrito interno efficace;

C'_k : coesione efficace;

Φ'_{uk} : angolo di attrito non drenato;

Cu_k : coesione non drenata.

Di seguito si riportano i valori di progetto da adottare nei calcoli ove vengano previste Combinazioni contenenti M2, ottenuti dividendo i valori caratteristici per i seguenti coefficienti riduttivi parziali secondo quanto indicato nel D.M. 14.01.2008 - NTC.

$\gamma_d = \gamma_k/1$;

$C'_d = C'_k/1,25$;

$Cu_d = Cu_k/1,4$;

$\Phi'_d = \Phi'_k/1,25$.

Strato	Profondità media (m da p.c.)	γ_d	γ_{sat}	Φ'_d	C'_d	Φ_{ud}	Cu_d
		t/m ³	t/m ³	°	Kg/cm ²	°	Kg/cm ²
1	Poco addensato	1,6	1,9	20,0	0,0	0,0	0,1
2	Moderatamente addensato	1,9	2,0	23,6	0,0	0,0	0,4

γ_{sat} : peso di volume saturo;

Φ'_d : angolo di attrito interno efficace;

C'_d : coesione efficace;

Φ'_{ud} : angolo di attrito non drenato;

Cu_d : coesione non drenata.

10. OPERE DI FONDAZIONE E DI SOSTEGNO

Premessa

Ai sensi del D.M. 14.01.2008 e s.m.i., una volta ottenuti i *valori caratteristici* e di *progetto* da utilizzarsi nelle diverse tipologie di verifiche da parte del Progettista, tutte le opere e le componenti strutturali dovranno essere progettate, eseguite, collaudate e soggette a manutenzione in modo tale da consentirne la prevista utilizzazione in forma economicamente sostenibile e con il livello di sicurezza previsto dalla normativa vigente.

Le opere e le varie tipologie strutturali dovranno possedere i seguenti requisiti a seconda della tipologia progettuale prevista:

- sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU): capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone, o comportare la perdita di beni, o provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera;
- sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE): capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- robustezza nei confronti di azioni eccezionali: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità delle cause innescanti quali incendio, esplosioni, urti.

Disponendo dei carichi indotti dall'edificio e dalle strutture, nonché dei parametri caratteristici e di progetto forniti, dovranno essere effettuate dal Progettista le verifiche ai diversi stati limite del sistema geotecnico per le combinazioni A1+M1+R1, A2+M2+R2 e A1+M1+R3, suddivise nei 2 approcci previsti, applicando i coefficienti parziali sui parametri del D.M. 14.01.2008 indicati nelle tabelle seguenti.

PARAMETRO		COEFF. PARZIALE	
		A1	A2
Carichi permanenti		$\gamma_G = 1,3$	$\gamma_G = 1,0$
Carichi variabili		$\gamma_Q = 1,5$	$\gamma_Q = 1,3$

PARAMETRO		COEFF. PARZIALE	
		M1	M2
Angolo di attrito	$\tan\phi'$	$\gamma_{\phi'} = 1,00$	$\gamma_{\phi'} = 1,25$
Coesione	c'	$\gamma_{c'} = 1,00$	$\gamma_{c'} = 1,25$
Resistenza non drenata	c_u	$\gamma_{cu} = 1,00$	$\gamma_{cu} = 1,40$
Peso di volume	γ	$\gamma_\gamma = 1,00$	$\gamma_\gamma = 1,00$

PARAMETRO	COEFF. PARZIALE		
	R1	R2	R3
Carico limite	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$

Opere di fondazione

In base al modello geologico preliminare individuato (vedasi "Sezione stratigrafica e litotecnica schematica interpretativa" presente in allegato), si evince quanto segue:

- lo Strato 1 è idoneo ad essere utilizzato come piano di appoggio ad opere fondazionali di tipo diretto e continuo (es. platea).
- lo Strato 2 è idoneo ad essere utilizzato come piano di appoggio ad opere fondazionali di tipo indiretto (pali/micropali).

In base alle caratteristiche dei terreni presenti in sito, ipotizzando opere fondazionali correttamente dimensionate, la rottura del terreno è ampiamente verificata; per cui la capacità

02.02.2015	Studio Geologico & Consulenze Ambientali Dott. Geol. Andrea Ferrarotti	Pag. 48 di 54
Rev. 0 - 2015	Relazione geologica e geotecnica	Comune di Acqui Terme Elab. 1

portante ammissibile risulterà governata dai cedimenti indotti dai carichi previsti che, per eventuali livelli di pressione, possono risultare incompatibili con le strutture portanti, inducendo distorsioni non trascurabili dal punto di vista statico. Perciò, una volta definiti, da parte del progettista delle strutture, i valori di capacità portante ammissibile nei confronti della rottura del terreno, occorrerà procedere ad un'attenta verifica circa la compatibilità tra i cedimenti associati a tali valori di Pressione e l'integrità della struttura. La verifica delle opere fondazionali dovrà quindi tener debitamente conto della presenza dei livelli scarsamente addensati individuati durante l'esecuzione delle prove penetrometriche.

Per le verifiche di tali opere si rimanda alla *Relazione sulle opere fondazionali* a firma del Progettista delle strutture.

Il Progettista delle strutture, relativamente alle opere fondazionali, dovrà eseguire tutte le verifiche nei confronti dei diversi Stati Limite strutturali (STR) e geotecnici (GEO) utilizzando gli approcci previsti dalla vigente normativa in materia (D.M. 14.01.2008 e s.m.i.).

Opere di sostegno

In generale per ogni fronte o riporto di altezza uguale o superiore a m 1,5, alla luce delle verifiche eseguite, le operazioni di scavo e sbancamento dovranno essere seguite dalla realizzazione di opere di contenimento e sostegno temporanee di tipo provvisoriale in modo da confinare la zona soggetta al detensionamento indotto dalle operazioni di scavo o eventuali riporti antropici. L'intervento di sostegno deve essere rivolto al contenimento dei depositi sciolti sia di superficie che di profondità. Deve essere in ogni caso verificata la stabilità dell'opera di sostegno e del complesso opera - terreno. Le verifiche debbono essere effettuate nelle condizioni corrispondenti alle diverse fasi costruttive ed al termine della costruzione.

I fronti di scavo ed i riporti con altezza inferiore a m 1,5, se non contrastati, dovranno presentare un'inclinazione pari all'angolo di attrito interno del terreno costituente il fronte di scavo.

Eventuali lavori di scavo dovranno comunque essere eseguiti in periodi di scarse precipitazioni, ponendo l'usuale attenzione per le pareti maggiormente verticalizzate ove potrebbero verificarsi dei dissesti, evitando lunghe esposizioni dei fronti di scavo agli agenti atmosferici.

Il Progettista delle strutture, relativamente alle opere di sostegno, dovrà eseguire tutte le verifiche nei confronti dei diversi Stati Limite strutturali (STR) e geotecnici (GEO) utilizzando gli approcci previsti dalla vigente normativa in materia (D.M. 14.01.2008 e s.m.i.).

02.02.2015	Studio Geologico & Consulenze Ambientali Dott. Geol. Andrea Ferrarotti	Pag. 49 di 54
Rev. 0 - 2015	Relazione geologica e geotecnica	Comune di Acqui Terme Elab. 1

11. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La presente relazione geologica, sismica e di caratterizzazione geotecnica dei terreni, a supporto del progetto di manutenzione straordinaria dell'edificio della scuola primaria di via San Defendente 29, in Comune di Acqui Terme (AL), ha fatto seguito ad un sopralluogo e ad un'indagine di superficie e di profondità, eseguita in sito, su incarico conferito allo scrivente dall'Amministrazione Comunale.

Le indagini eseguite, estese ad un significativo intorno dell'area interessata dagli interventi, in ottemperanza al paragrafo 6.2.2 del D.M. 14.01.08 e s.m.i., sono state finalizzate alla definizione delle condizioni geologiche e geomorfologiche del sito e ad una stima di massima delle caratteristiche geotecniche dei materiali ricadenti nel volume significativo dei manufatti, verificando i possibili scenari di rischio e le problematiche esecutive, con il preciso intento di definirne le potenzialità di fruizione in relazione all'assetto territoriale, verificando le condizioni di stabilità, l'eventuale presenza di elementi morfogenici dissestivi e lo stato di fatto, traendo le opportune valutazioni sulla compatibilità degli interventi con la situazione idrogeologica, geomorfologica e litologica locale.

Alla luce delle indagini eseguite è possibile affermare quanto segue:

- Trattandosi della realizzazione di interventi all'interno di un contesto già antropizzato, si ritiene che gli effetti indotti sull'ambiente circostante saranno nel complesso contenuti.
- Dal punto di vista del *rischio geomorfologico*, l'analisi della cartografia tematica e le indagini svolte non hanno evidenziato al momento dell'indagine, la presenza di processi di instabilità in atto o potenziali che coinvolgano direttamente il lotto d'intervento; si è inoltre verificato come i manufatti presenti nell'area in esame, e nel suo intorno, non manifestino lesioni significative e come la presenza di piccole lesioni in alcune strutture sia, con tutta probabilità, attribuibile ad assestamenti strutturali degli edifici stessi. Alla luce di quanto esposto, l'area in oggetto è da ritenersi complessivamente stabile, escludendo, al momento dell'indagine, fenomeni morfogenici dissestivi in atto o potenziali di particolare entità.
- Dal punto di vista del *rischio idraulico*, le indagini svolte, le informazioni storiche acquisite, nonché l'analisi della cartografia tematica disponibile reperita presso il Comune (P.R.G.C.), non hanno evidenziato il verificarsi di fenomeni di esondazione per piene ordinarie e straordinarie di corsi d'acqua principali (Fiume Bormida), minori od artificiali (Rio Usignola) che abbiano coinvolto la zona indagata in tempi recenti (si rappresenta che il lotto in esame è rilevato di circa 1,5 m rispetto il p.c. originario). Tuttavia nelle verifiche di compatibilità idraulica ed idrogeologica dei vigenti Strumenti Urbanistici con il progetto di Piano stralcio di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) ex Art.18, comma 2 della Delibera n. 1/99 dell'Autorità di Bacino del Fiume Po e Adeguamento Studi Geologici approvate, l'area in esame rientra nella *"Carta geomorfologica e dei dissesti"* e nella *"Planimetria esondabilità Rio Medrio, Rio Usignola TR 200"* in classe EbA "Processi Areali a pericolosità elevata", a causa della potenziale esondazione della rete idrografica minore legata alla presenza del tratto tombinato del Rio Usignola. In particolare il dissesto idraulico sarebbe legato alla possibile esondazione massimale del Rio Usignola in conseguenza dell'entrata in pressione dei tratti tombinati cittadini a monte dell'intersecazione con il tratto ferroviario.
- Dal punto di vista sismico, il valore di V_{s30} calcolato al piano campagna, sulla base dell'indagine MASW eseguita, è pari a 262 m/s. Pertanto è possibile definire il contesto geotecnico esaminato come suolo di classe sismica "C" ovvero: *"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con"*

spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)".

- In base alle indagini di superficie e di profondità eseguite nell'area in esame, è possibile individuare sommariamente la seguente sequenza stratigrafica - geotecnica schematica interpretativa costituita da 2 livelli principali:

Strato	Profondità media	Litologia	Classificazione A.G.I. (stato di addensamento)
	m da p.c.		
1	0,0 – 7,0	Sabbia medio - fine mista a subordinata frazione ghiaiosa da minuta a media, con intercalazioni di limi (quest'ultimi prevalenti) e argille presenti talvolta all'interno della matrice sabbiosa. Superficialmente è presente materiale di riporto antropico eterometrico ed eterogeneo, costituito da sabbia e ghiaia in abbondante matrice limoso - argillosa (m 1,5 circa).	Poco addensato
2	> 7,0	Sabbia media con frequenti intercalazioni ghiaiose e ciottolose, talvolta prevalenti.	Moderatamente addensato

- I valori caratteristici ai sensi del D.M. 14.01.2008 e s.m.i. ottenuti da una stima preliminare dei parametri medi dei terreni indagati, utilizzando il metodo di calcolo del 5° percentile della distribuzione dei dati, nel caso in cui la superficie di rottura interessi un limitato volume di terreno. Per superfici di rottura che interessano superfici di rottura maggiori potranno essere utilizzati i valori medi. Tali valori potranno essere eventualmente verificati e confermati in seguito alla realizzazione di prove ed analisi geotecniche di laboratorio eseguite su campioni di terreno prelevati in sito.

Strato	Classificazione A.G.I.	γ_d	γ_{sat}	Φ'_k	C'_k	Φ_{uk}	C_{uk}
		t/m ³	t/m ³	°	Kg/cm ²	°	Kg/cm ²
1	Poco addensato	1,6	1,9	25,1	0,0	0,0	0,17
2	Moderatamente addensato	1,9	2,0	29,1	0,0	0,0	0,55

dove:

γ_d : peso di volume secco;

γ_{sat} : peso di volume saturo;

Φ'_k : angolo di attrito interno efficace;

C'_k : coesione efficace;

Φ'_{uk} : angolo di attrito non drenato;

C_{uk} : coesione non drenata.

- In fase di progettazione, nel caso di utilizzo del nuovo D.M. 14.01.2008 e s.m.i., al fine delle diverse verifiche agli stati limite previste, andranno utilizzati, a seconda delle casistiche, i valori caratteristici ed i valori di progetto.

02.02.2015	Studio Geologico & Consulenze Ambientali Dott. Geol. Andrea Ferrarotti	Pag. 51 di 54
Rev. 0 - 2015	Relazione geologica e geotecnica	Comune di Acqui Terme Elab. 1

- In base alle caratteristiche dei terreni presenti in sito, ipotizzando opere fondazionali correttamente dimensionate, la rottura del terreno è ampiamente verificata; per cui la capacità portante ammissibile risulterà governata dai cedimenti indotti dai carichi previsti che, per eventuali livelli di pressione, possono risultare incompatibili per le strutture portanti, inducendo distorsioni non trascurabili dal punto di vista statico. Perciò, una volta definiti, da parte del progettista delle strutture, i valori di capacità portante ammissibile nei confronti della rottura del terreno, occorrerà procedere ad un'attenta verifica circa la compatibilità tra i cedimenti associati a tali valori di pressione e l'integrità della struttura. La verifica delle opere fondazionali dovrà quindi tener debitamente conto della presenza dei livelli scarsamente addensati individuati durante l'esecuzione delle prove penetrometriche.
- Correlando i dati ricavati dalle prove eseguite con la capacità portante della fondazione, è possibile ottenere rapidamente, ai sensi dell'ex D.M. 11.03.1988, un'indicazione di massima preliminare dei carichi che il terreno può tollerare. In ogni caso si dovrà obbligatoriamente verificare in seguito la validità di quest'indicazione con i metodi analitici, più completi ed attendibili. Una stima di massima dei valori di pressione ammissibile (ottenuti con la Formula Olandese ipotizzando una fondazione tipo di m 1x1x1), sebbene puramente indicativa, non essendo note con precisione le dimensioni e la tipologia corrette delle opere fondazionali, è indicata nella colonna "*Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi*" riferita a ciascuna singola prova eseguita, riportata nel capitolo "*Caratteristiche geotecniche e ricostruzione della stratigrafia locale*".

Alla luce delle indagini di superficie e di profondità eseguite sul terreno di fondazione alle opere e strutture in progetto e sull'area a queste circostante, si può concludere che il sito debba ritenersi **idoneo** ad accogliere gli interventi in esame nel pieno rispetto di quanto prescritto nelle Norme Tecniche di Attuazione del P.R.G.C. e delle raccomandazioni di carattere geologico e geotecnico fornite.

Stante quanto indicato in precedenza, si riportano alcune prescrizioni di carattere generale, da seguire obbligatoriamente in fase di progettazione esecutiva e di realizzazione dei lavori, in casi realizzazione di nuove opere, al fine di garantire la sicurezza e la stabilità dei luoghi e delle opere in oggetto.

In fase di progettazione esecutiva si dovrà scrupolosamente rispettare quanto segue:

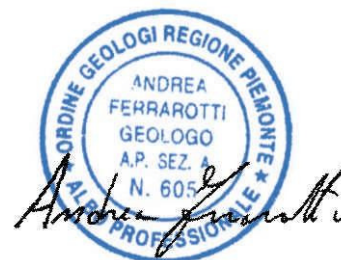
- Il Tecnico incaricato dovrà definire la corretta soluzione esecutiva delle opere, con attenta valutazione dell'interazione delle stesse con il terreno e della stabilità dell'area in esame e del suo intorno, alla luce degli interventi in oggetto.
- Il Tecnico incaricato dovrà avvalersi della collaborazione del Geologo, al fine di valutare la tipologia di indagini e/o prove geotecniche da eseguirsi in funzione delle soluzioni esecutive previste.
- Il Progettista delle strutture, dovrà dimensionare, in modo cautelativo, tutte le opere controterra, sia di tipo provvisoria che definitiva, affinché le stesse siano in grado di opporsi e contrastare adeguatamente la spinta del terreno; andrà quindi verificata la buona stabilità di tali opere, sia in fase esecutiva che a lavori ultimati, anche valutando l'effetto di possibili apporti idrici (superficiali e/o sub – superficiali, puntuali e/o diffusi) in prospettiva sismica.
- Il Progettista delle strutture dovrà definire le opere di intercettazione, raccolta e smaltimento di tutti i possibili apporti idrici nell'area di cantiere ed in quella di sua influenza, garantendone il corretto recapito in idoneo ricettore.

02.02.2015	Studio Geologico & Consulenze Ambientali Dott. Geol. Andrea Ferrarotti	Pag. 52 di 54
Rev. 0 - 2015	Relazione geologica e geotecnica	Comune di Acqui Terme Elab. 1

In fase esecutiva si dovrà scrupolosamente rispettare quanto segue:

- Andrà prevista la figura del Geologo nel caso di possibili varianti resesi necessarie in corso d'opera ed al fine di valutare la corretta esecuzione di tutte le attività che coinvolgono la componente geologica l. s.
- Andrà effettuata un'attenta analisi visiva del terreno di fondazione per accertare la presenza di eventuali disomogeneità dello stesso e, se rilevate, fornire adeguate soluzioni esecutive atte a garantire il buon esito dell'intervento in oggetto.
- Dovranno essere previsti sopralluoghi da parte di Geologo abilitato, al fine di valutare eventuali problematiche, a carattere geologico – tecnico, insorte, non previste in fase progettuale, fornendo le possibili soluzioni esecutive alle stesse.
- Al di sotto delle fondazioni in c.a., ove previste, dovrà essere gettato in opera un "magrone" di sottofondo in ghiaia o misto granulare anidro, ben costipato e livellato, od eventualmente in cls, di adeguato spessore ed estensione, con eventuale rete elettrosaldata.
- Ogni struttura e/o opera controterra dovrà essere adeguatamente impermeabilizzata nonché essere realizzata con materiale apposito in grado di resistere all'azione dell'acqua.
- Andranno evitati fenomeni di appoggio differenziato su porzioni di terreno a diverso grado d'addensamento e consolidamento, il tutto al fine di evitare cedimenti o dissesti.
- Gli scavi dovranno essere realizzati a campioni di ridotte dimensioni.
- Ogni fronte aperto dovrà essere adeguatamente contrastato e sostenuto dalle necessarie opere controterra, sia di tipo provvisoria che definitiva, al fine di garantire la sicurezza in fase esecutiva ed a lavori ultimati dell'area d'intervento e di un suo congruo intorno. Nel caso si verifichino situazioni di disomogeneità, sarà necessario procedere a sistemazioni differenziate.
- Ogni opera di contenimento esistente od in progetto dovrà essere dotata di un sistema di drenaggio a tergo nonché di un adeguato numero di barbacani o canne drenanti.
- Andranno evitate lunghe esposizioni dei fronti aperti agli agenti atmosferici.
- I riporti, temporanei e/o definitivi, dovranno essere stabilizzati, anche con gli opportuni interventi, in considerazione dell'angolo di natural declivio delle terre, al fine di garantire la sicurezza in fase esecutiva ed a lavori ultimati.
- I riporti, temporanei e/o definitivi, andranno depositati in aree la cui stabilità, puntuale e del loro intorno, sia stata oggetto di attenta verifica in fase esecutiva, al fine di garantire la sicurezza dei luoghi nel tempo.
- Dovranno essere realizzate tutte le opere di intercettazione, raccolta e smaltimento di tutti i possibili apporti idrici nell'area di cantiere ed in quella di sua influenza, garantendone il corretto recapito in idoneo ricettore, al fine di evitare problematiche dissestive.
- L'Impresa esecutrice, sotto il controllo del Responsabile della Sicurezza e della Direzione Lavori, dovrà garantire l'assoluto rispetto delle norme in materia di sicurezza nei cantieri.
- Andranno posti in essere tutti gli interventi, gli accorgimenti e le cautele atte a garantire la sicurezza dei luoghi.
- In fase esecutiva ed al termine dei lavori andrà realizzato uno specifico monitoraggio delle opere esistenti e di quelle realizzate, al fine di verificare eventuali spostamenti o cedimenti delle opere stesse.

Dott. Geol. Andrea FERRAROTTI



02.02.2015	Studio Geologico & Consulenze Ambientali Dott. Geol. Andrea Ferrarotti	Pag. 53 di 54
Rev. 0 - 2015	Relazione geologica e geotecnica	Comune di Acqui Terme Elab. 1

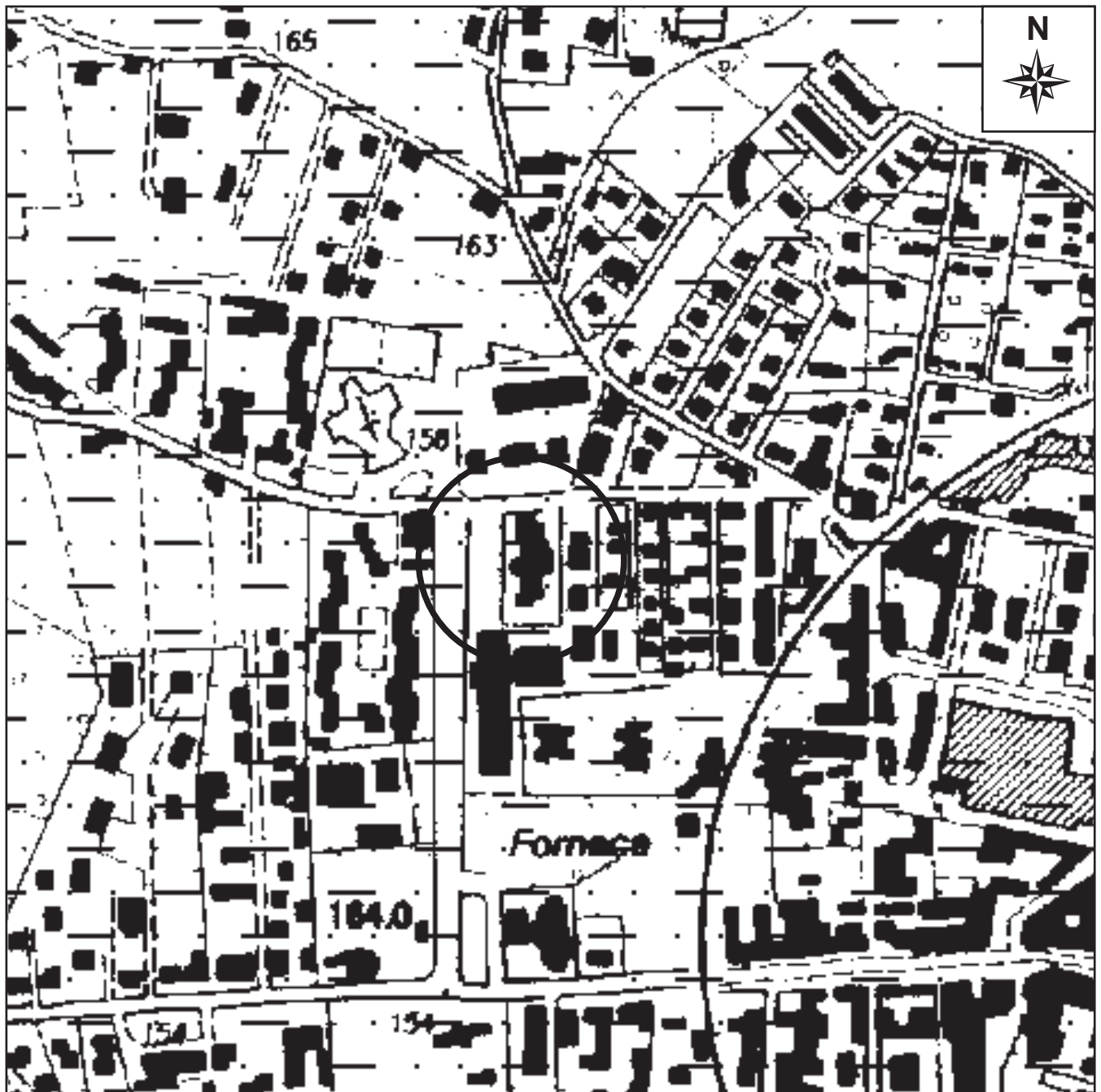
12. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Cestari F. (1990) "Prove geotecniche in sito" Ed. Geo-Graph snc. Segrate (MI).
- D. Ministero LL.PP. "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate (...)" Suppl. Ord. alla Gazzetta Ufficiale n. 4 del 1.06.1988.
- D. Ministero Infrastrutture e Trasporti 14.01.2008 "Testo Unitario delle Norme Tecniche per le costruzioni
- EN 1998-1 (rev. 2003) "Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance" CEN/TC250/SC-8.
- Lupini J.F., Skinner A.E., Vaughan P.R. (1981) "The Drained Residual Strength of Cohesive Soils" Geotechnique 31, n. 2, pp 181-213.
- Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 – "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
- Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 "Criteri generali da utilizzare per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" Gazzetta Ufficiale n. 108 del 11.05.2006.
- Carta Geologica d'Italia - Foglio 159 "Acqui Terme" alla scala 1:100.000. Servizio Geologico d'Italia. Roma.
- Regione Piemonte "Piano di tutela delle acque".
- Relazione geologica P.R.G.C.

02.02.2015	Studio Geologico & Consulenze Ambientali Dott. Geol. Andrea Ferrarotti		Pag. 54 di 54
Rev. 0 - 2015	Relazione geologica e geotecnica	Comune di Acqui Terme	Elab. 1

13. ALLEGATI

INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO



Provincia: Alessandria

Comune: Acqui Terme

Scala: 1:10.000

Estratto:
CTR raster UTM
Sezione 136160



Ubicazione area d'indagine

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA AEREA



Provincia: Alessandria

Comune: Acqui Terme

Scala: 1:5.000

Estratto: Visual Pagine Gialle



Ubicazione area d'indagine

CARTA GEOMORFOLOGICA E DEI DISSESTI



Provincia: Alessandria

Comune: Acqui Terme

Scala: 1:5.000

Estratto:
Carta geomorfologica dei
dissesti
PRGC



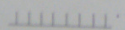
Ubicazione area d'indagine



Porzioni di territorio soggette a processi degradatori leggeri. Aree interessate da ruscellamento diffuso e/o prolungato ristagno di acque meteoriche, soprattutto in occasione di precipitazioni eccezionali. Aree con mediocri caratteristiche dei terreni di copertura. Territori soggetti a fenomeni di esondazione di bassa energia con tempi di ritorno molto lunghi.



Porzioni di territorio oggetto in passato di alluvionamenti ad opera di corsi d'acqua attualmente intubati e talora dotati di scalmatori. Rischio idraulico "trascurabile" e/o "basso", associato ad eventuale ostruzione dei manufatti, ad opera di materiale trasportato dalle acque, che comportano una diminuzione delle sezioni di deflusso.

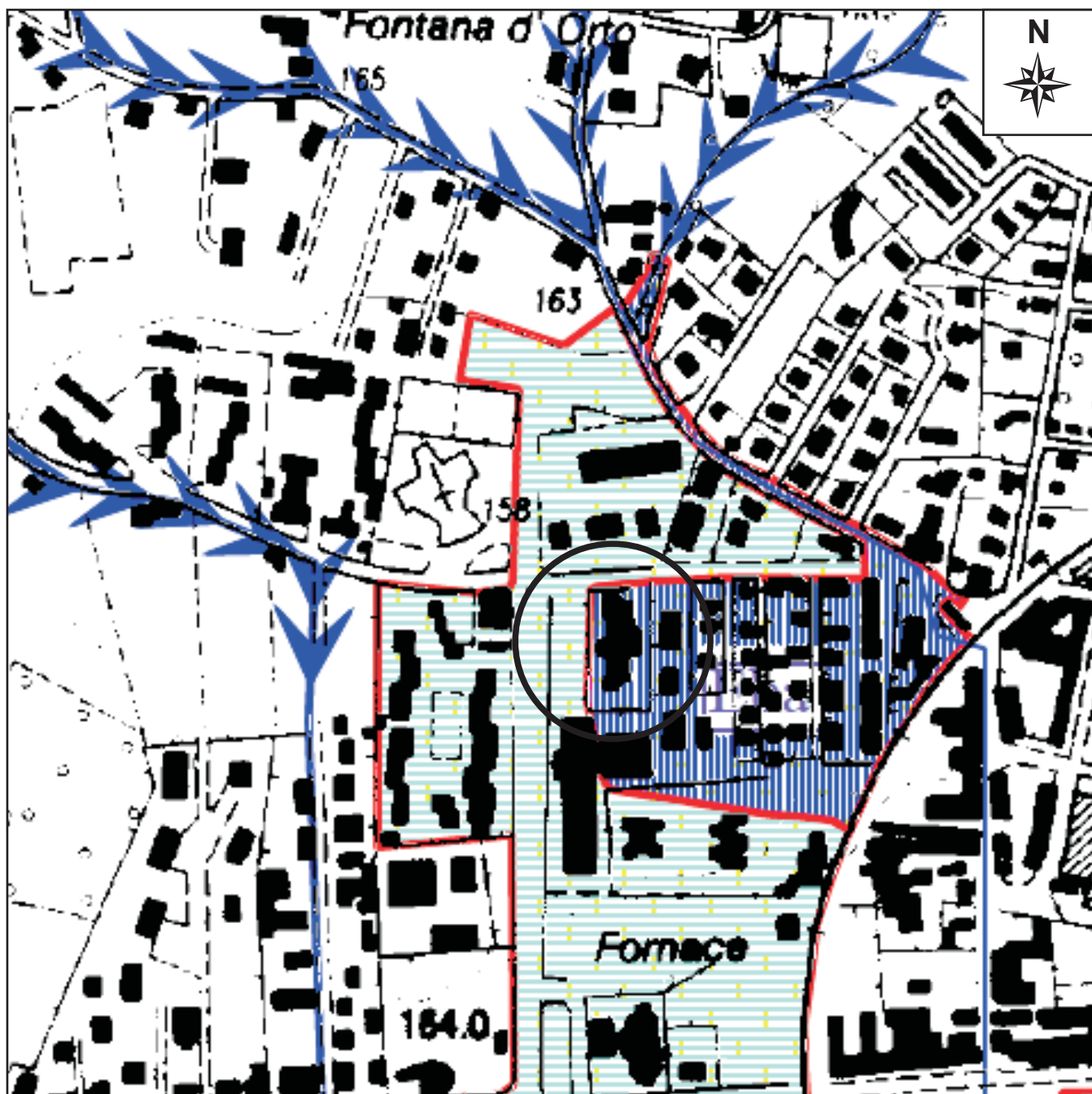


Terrazzo morfologico



Erosione di fondo

CARTA GEOMORFOLOGICA E DEI DISSESTI



Provincia: Alessandria

Comune: Acqui Terme

Scala: 1:5.000

Estratto:
Carta geomorfologica
PRGC in itinere



Ubicazione area d'indagine



Processi lineari a pericolosità molto elevata : EeL



Processi lineari a pericolosità elevata : EbL



Processi lineari a pericolosità media o moderata : EmL



Processi areali a pericolosità molto elevata : EeA



Processi areali a pericolosità elevata : EbA



Processi areali a pericolosità media o moderata : EmA

CARTA GEOLOGICA



Provincia: Alessandria

Comune: Acqui Terme

Scala: 1:5.000

Estratto:
Carta geologica
PRGC



Ubicazione area d'indagine

a₁



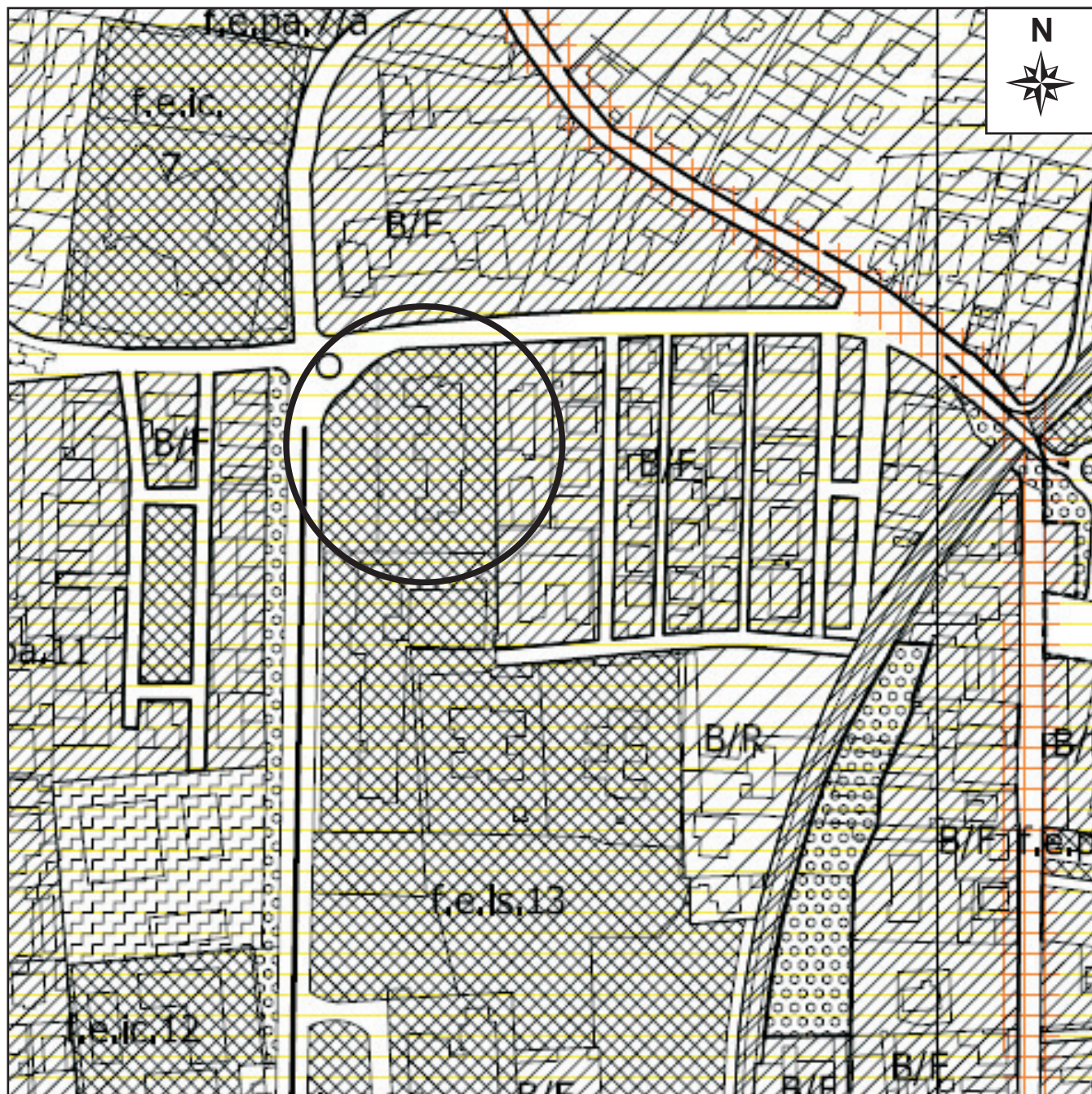
Alluvioni Recenti ed Attuali (postglaciali). Depositi alluvionali ghiaiosi, sabbiosi e limosi a scarso o nullo grado di alterazione.

Fl₃



Fluviale Recente - Depositi alluvionali ghiaiosi, sabbiosi e talora siltoso argillosi recenti a basso grado di alterazione.

CLASSI DI FRUIBILITA' URBANISTICA



Provincia: Alessandria

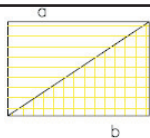
Comune: Acqui Terme

Scala: 1:5.000

Estratto:
Classi di fruibilità urbanistica
PRGC



Ubicazione area d'indagine



CLASSE II

Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere superate attraverso l'adozione ed il rispetto di accorgimenti tecnici, derivanti da indagini geognostiche, studi geologici e geotecnici, da eseguire nelle aree di intervento in fase di progetto esecutivo, in ottemperanza al D.M. 11/03/88.

Tale classe viene suddivisa in due sottoclassi, in funzione della natura dei fattori penalizzanti:

- a) Porzioni di territorio da subpianeggianti a moderatamente acclivi, interessate da uno o più fattori penalizzanti quali acque di esondazione a bassa energia, prolungato ristagno di acque meteoriche, ruscellamento diffuso, mediocri caratteristiche dei terreni di copertura ed eterogeneità dei terreni di fondazione.
Il rischio idraulico risulta "basso" e comunque associato ad eventuale ostruzione degli alvei e/o dei manufatti associati ai corsi d'acqua, ad opera di materiale trasportato dalla corrente, che può comportare una diminuzione delle sezioni di deflusso.
Gli elaborati progettuali, allegati all'istanza di concessione e/o autorizzazione edilizia, dovranno essere corredati di relazione geologica e geotecnica. Qualora fossero presenti, in un intorno significativo delle aree oggetto di utilizzo, dei corsi d'acqua, si raccomanda, inoltre, di effettuare una verifica idraulica, finalizzata all'individuazione delle modalità esecutive degli interventi previsti e delle eventuali opere di protezione da eseguire. Dovranno, inoltre, essere verificati, dal punto di vista dell'efficienza e dello stato di manutenzione, i manufatti di difesa esistenti.

Dichiarazione in merito alla Classe di Idoneità all'utilizzazione urbanistica e alle opere assentibili per l'area IIIb n.1

Il sottoscritto Dott. Geol. Marco ORSI, in qualità di geologo incaricato dal Comune di Acqui Terme della redazione degli studi geologici di dettaglio annessi alla variante di adeguamento al PAI del vigente PRG, in merito all'area identificata come IIIb n.1 dichiara quanto segue:

Vincolo idrogeologico

L'area non è sottoposta a Vincolo Idrogeologico ai sensi del R.D. 30/12/1923 e quindi non è soggetta al disposto della L.R. 45/89.

Dissesto P.R.G.C. vigente

Sull'area non è cartografato alcun dissesto

Normativa geologica del P.R.G.C. vigente

Il vigente P.R.G.C. della città di Acqui Terme inserisce la zona poi identificata come IIIb n.1 in Classe II "Porzioni di territorio in condizioni di moderata pericolosità geomorfologica meglio definita come IIa "Porzioni di territorio da subpianeggianti a moderatamente acclive interessate da uno o più fattori penalizzanti quali acque di esondazione a bassa energia, prolungato ristagno di acque meteoriche, ruscellamento diffuso, mediocri caratteristiche dei terreni di copertura ed eterogeneità dei terreni di fondazione.

Il rischio idraulico risulta "basso" e comunque associato ad eventuale ostruzione degli alvei e/o dei manufatti associati ai corsi d'acqua, ad opera di materiale trasportato dalla corrente, che può comportare una diminuzione delle sezioni di deflusso.

Dissesto P.R.G.C. adottato:

L'area è interessata da un dissesto EeB per eventuali rigurgiti legati all'insufficienza della sezione di deflusso del tratto intubato del Rio Usignola. Verso ovest è presente una porzione di territorio classificata EeM per gli stessi motivi.

Normativa geologica del P.R.G.C. approvato 14 aprile 2014:

Seguendo la classificazione contenuta al Art.3 D.P.R. 380/2001 vengono consentiti gli interventi di cui alle lettere a, b, c, d, e, f.

Normativa geologica del P.R.G.C. adeguamento 2015 attualmente in validazione:

Seguendo la classificazione contenuta al Art.3 D.P.R. 380/2001 vengono consentiti gli interventi di cui alle lettere a, b, c, d, e, f, g.

Per la presenza del sistema di risalita delle fonti termali si intendono applicati tutti i vincoli di cui all'Art.18 del disposto normativo del nuovo P.R.G.C.

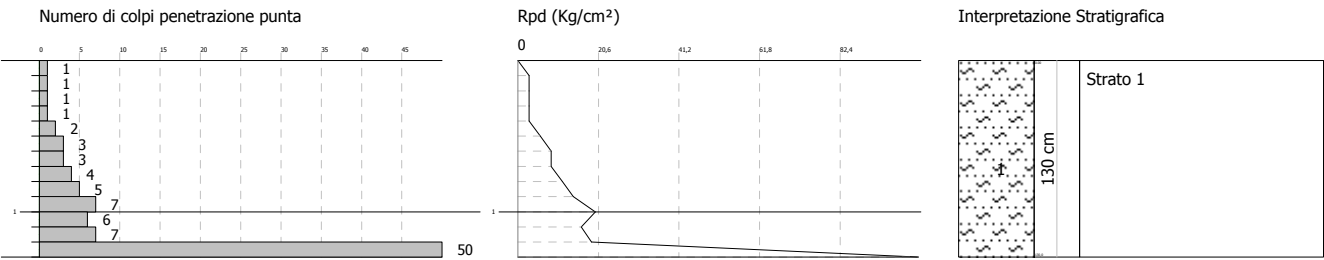
Acqui Terme 30 gennaio 2015



Dott. Geol. Marco Orsi

Committente: Comune
Cantiere: Edificio scolastico
Località: San Defendente

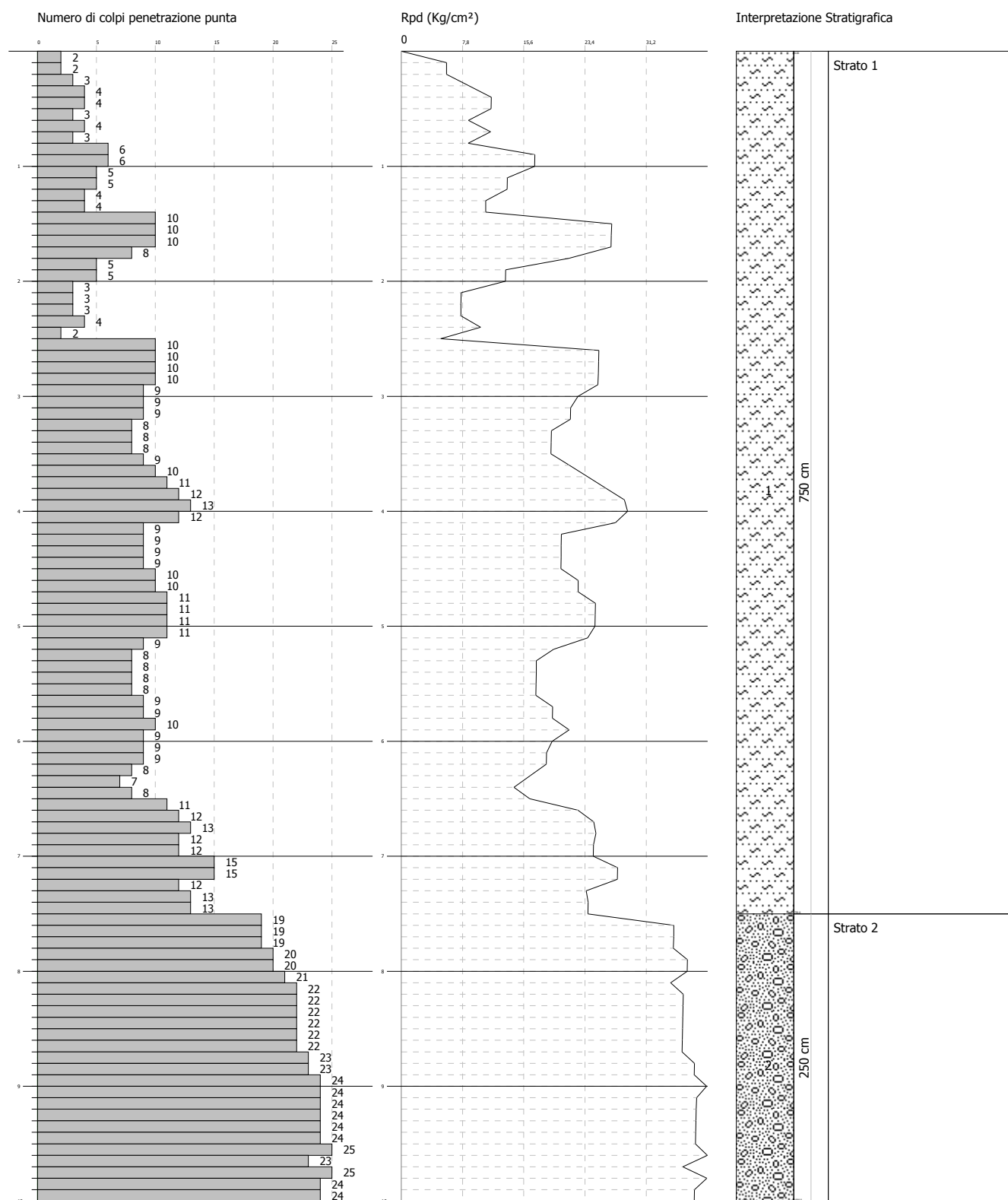
Scala 1:50



Committente: Comune
Cantiere: Edificio scolastico
Località: San Defendente

Data: 26/11/2014

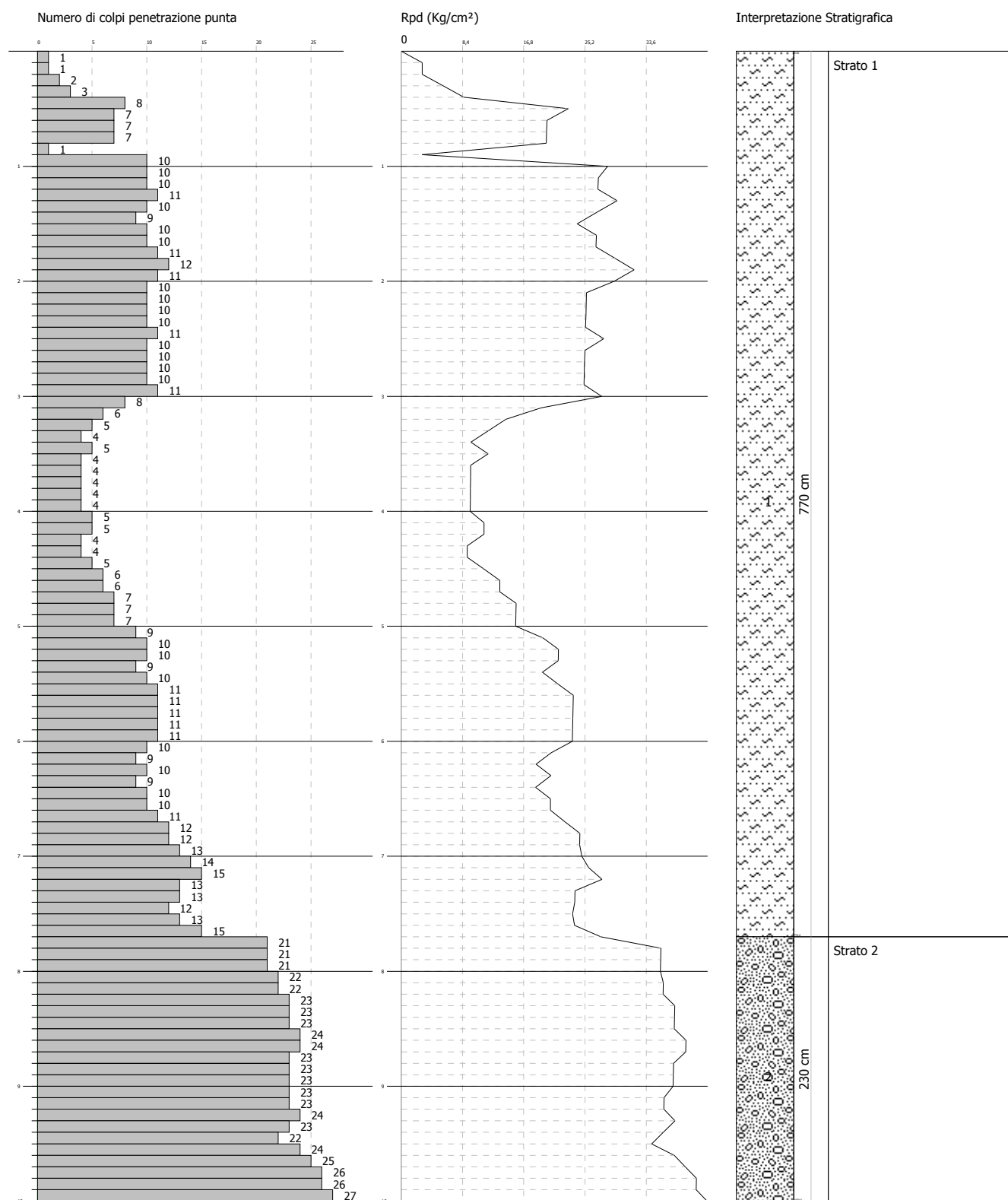
Scala 1:50



Committente: Comune
Cantiere: Edificio scolastico
Località: San Defendente

Data: 26/11/2014

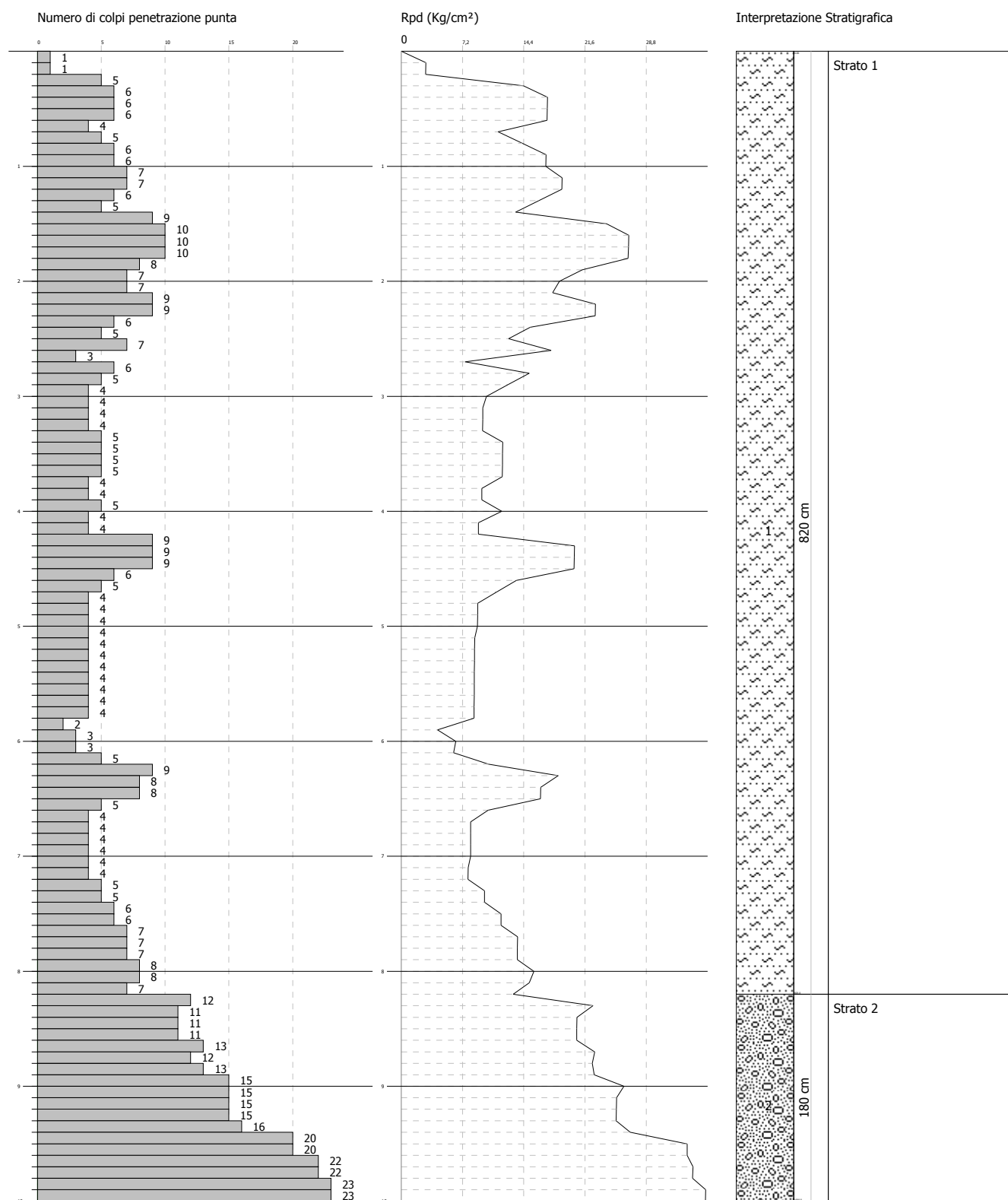
Scala 1:50



Committente: Comune
Cantiere: Edificio scolastico
Località: San Defendente

Data: 26/11/2014

Scala 1:50



SEZIONE STRATIGRAFICA E LITOTECNICA SCHEMATICA INTERPRETATIVA

Suddivisione degli strati attraversati secondo la Classificazione A.G.I. 1977

 **Strato 1** - Depositi alluvionali a frazione medio fine dominante (sabbie fini e/o sabbie limose eventualmente debolmente argillose) caratterizzate da scadenti o medio basse peculiarità geotecniche. Spesso alla base si riscontra la presenza di lenti grossolane a miglior compattezza (da sciolto a poco consistente)

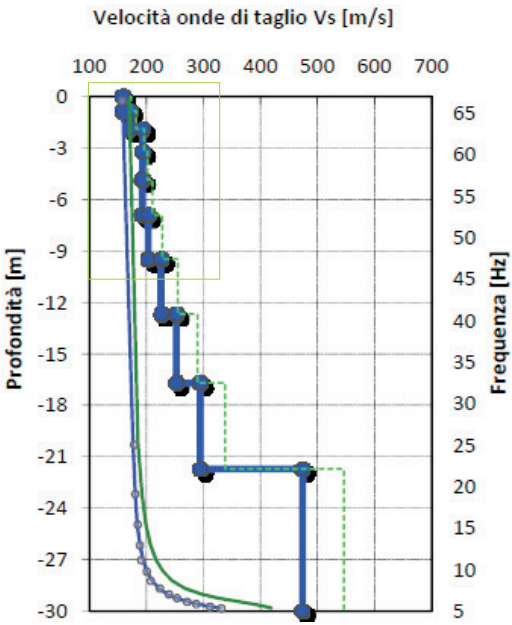
 **Strato 2** - Sabbia media con frequenti intercalazioni ghiaiose e ciottolose, talvolta prevalenti (addensato)

 Superficie piezometrica falda superficiale (Novembre 2014)

 Prove penetrometriche dinamiche DPM30

 Stendimento sismico (MASW)

Scala verticale : 1:100
Scala orizzontale : 1:500



STENDIMENTO SISMICO (MASW)

