

**ACQUA NOVARA VCO S.p.A.**  
via Triggiani n° 9 - 28100  
Novara

LAVORO

**COMUNE CASALINO**

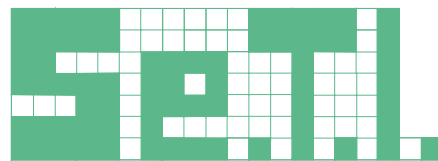
**INTERVENTI SULL'ACQUEDOTTO  
IMPIANTO DI FILTRAZIONE  
IMPIANTO DI RILANCIO IN RETE**

OGGETTO

RELAZIONE GEOLOGICO TECNICA

**PROGETTO DEFINITIVO**

MODIFICA		DESCRIZIONE		DATA	
DATA		GRAFICA		SCALA	
13/10/2022				VARIE	
INCARICO	CODICE	ANNO	TIPOLOGIA	ELABORATO	REVISIONE
ZF	0476	20	DFVAR	003	D0



**SERVIZI TECNICI PER L'INGEGNERIA S.r.l.**

**SEDE**

Corte dei Calderai, 1 - 28100 NOVARA

**TELEFONO**

0321.612691

**E-MAIL**

info@setisrl.eu

**Progettista**

Dott. Ing. FERDINANDO ZOLESI

Corte dei Calderai n° 1

28100 - NOVARA

**Progettista strutture**

Dott. Ing. FABRIZIO DIDO

Via Ramate n° 9

28881 - CASALE CORTE CERRO

**Progettista**

Dott. Ing. FRANCO COLOMBO

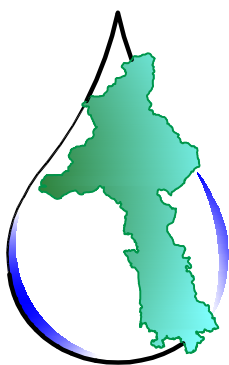
Via Gottardi n° 7

28921 - VERBANIA

ELABORATO

**003**

# COMUNE DI CASALINO



**ACQUA  
NOVARA.VCO  
S.p.A.**

Via Triggiani, 9 - 28100 NOVARA (NO)  
Tel. 0321 413111 - Fax. 0321 458729  
@mail: info@acquanovaravco.eu  
@pec: segreteria@pec.acquanovaravco.eu

TITOLO COMMESSA:

## SOSTITUZIONE DEL BACINO IDRICO DEL COMUNE DI CASALINO (NO)

OGGETTO:

## RELAZIONE GEOLOGICA

SCALA:

-

AVANZAMENTO PROGETTO:  
**DEFINITIVO**

Data Rev. N° 0:  
**NOVEMBRE 2020**

Rev. N°	Modifiche	Data
1	-	-/-/-
2	-	-/-/-
3	-	-/-/-
4	-	-/-/-

Rif. N° Commessa:

**Y04M - 10037605**

CUP:

**D73E20000090005**

RUP:

**Ing. Barbara Dell'Edera**

I Progettisti:

Mandataria



Mandanti

**STUDIO PAOLETTI**  
INGEGNERI ASSOCIATI



Dott.ssa SILVANA CLERICI

Dott. MASSIMO SARTORELLI

Elaborato N°:

**1**

**PROPRIETA' RISERVATA**  
QUESTO DISEGNO NON PUO' ESSERE RIPRODOTTO NE' COMUNICATO  
A TERZI SENZA AUTORIZZAZIONE DI ACQUA NOVARA.VCO s.p.a.



## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>SINTESI DELLE ATTIVITA' SVOLTE E METODOLOGIA DI LAVORO .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>DESCRIZIONE DEI LUOGHI E DEGLI INTERVENTI IN PREVISIONE .....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>VINCOLISTICA SOVRAORDINATA DI CARATTERE GEOLOGICO ED ANALISI DEL RISCHIO IDRAULICO E GEOMORFOLOGICO.....</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRUTTURALE E GEOMORFOLOGICO .....</b>	<b>10</b>
<b>7</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO E LITOLOGICO .....</b>	<b>11</b>
<b>8</b>	<b>INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....</b>	<b>12</b>
<b>9</b>	<b>INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE .....</b>	<b>13</b>
<b>10</b>	<b>INDAGINI GEOFISICHE .....</b>	<b>23</b>
<b>11</b>	<b>MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO E PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE .....</b>	<b>26</b>
<b>12</b>	<b>MODELLO GEOLOGICO.....</b>	<b>35</b>
<b>13</b>	<b>PRIME INDICAZIONI SULLE OPERE DI FONDAZIONE E DI SOSTEGNO.....</b>	<b>38</b>
<b>14</b>	<b>INDICAZIONI E PRESCRIZIONI DI CARATTERE GEOLOGICO .....</b>	<b>42</b>
<b>15</b>	<b>CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....</b>	<b>45</b>
<b>16</b>	<b>RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI, CARTOGRAFICI E DOCUMENTALI.....</b>	<b>46</b>
<b>17</b>	<b>REPORT ED ALLEGATI.....</b>	<b>47</b>
-	Carta di inquadramento topografico (BDTRE)	
-	Carta di inquadramento fotografico aereo	
-	Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica (P.R.G.C.)	
-	Carta geomorfologica e dei dissesti (P.R.G.C.)	
-	Carta geologica (P.R.G.C.)	
-	Carta idrogeologica Regione Piemonte (P.T.A.)	
-	Sezione stratigrafica e litotecnica schematica interpretativa	
-	Report indagini geognostiche, geotecniche e sismiche	

## 1 PREMESSA

La presente relazione geologica è stata redatta, al fine di ottemperare a quanto previsto dal D.M. 17.01.2018 e dalle NTA del vigente P.R.G.C., a supporto del progetto definitivo relativo al seguente progetto: “Sostituzione bacino e rilancio della rete idrica”, da realizzarsi nel Comune di Casalino (NO) - Via San Pietro n. 3, nell’ambito dell’*“Accordo Quadro con due operatori per l’affidamento dei servizi tecnici di progettazione, assistenza al RUP, Direzione Lavori, assistenza lavori, collaudi, Coordinatore in fase di progettazione (CSP) e/o di coordinatore in fase di esecuzione (CSE) ad esclusione della parte depurazione acque reflue. 2020\_04 Rì”*.

Gli studi, i rilievi e le indagini, eseguite nell’ambito territoriale di possibile influenza degli interventi e delle opere in previsione hanno avuto pertanto la finalità di illustrare il contesto geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico del sito di progetto, di individuare eventuali criticità e di fornire le indicazioni preliminari relative alle problematiche geologiche che dovranno essere affrontate nell’ambito della progettazione ed esecuzione delle future opere, valutando in base al quadro dissestivo, vincolistico e pianificatorio in ambito geologico, la fattibilità degli interventi anche sulla base di una serie di sopralluoghi, indagini e prove eseguite in sito.

Ai sensi del D.M. 17.01.2018 *“Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»*.” (indicato nel seguito con la sigla NTC/18), il presente elaborato è definito dalla Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 (indicata nel seguito con la sigla Circ./19) come *“Relazione geologica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito (par. 6.2.1 delle NTC/18 e par. 6.2.1 della Circ./19)”*.

Relativamente alle opere fondazionali e di contenimento non essendo note le caratteristiche tipologiche e dimensionali nonché i carichi e le forze applicate, che saranno definite sulla base delle risultanze del presente elaborato, non sono state previste le verifiche delle condizioni di sicurezza e la valutazione delle prestazioni del sistema costruzione-terreno, che dovranno essere valutate in apposita *relazione geotecnica* (par. 6.2.4 e 2.6 delle NTC/18) a firma del Progettista incaricato della verifica e dimensionamento delle strutture.

Al fine di permettere una caratterizzazione geologica del sito d’intervento sono stati definiti, sulla base delle analisi cartografiche e bibliografiche, sui rilievi eseguiti, sulle risultanze delle indagini e prove geotecniche, geognostiche e sismiche, il modello geologico ed il modello geotecnico dei terreni di riferimento.

Il modello geologico è la ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell’area di studio, attraverso la descrizione delle peculiarità genetiche dei diversi terreni presenti, delle dinamiche dei diversi termini litologici, dei rapporti di giustapposizione reciproca, delle vicende tettoniche subite e dell’azione dei diversi agenti morfogenetici. In funzione della tipologia di opere e di interventi previsti all’interno del contesto geologico nel quale si inserisce l’opera, sono state eseguite una serie di specifiche indagini finalizzate alla ricostruzione del modello geologico. La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito ha, infatti, compreso la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, descritti e sintetizzati dal modello geologico di riferimento il quale è stato sviluppato in modo da costituire il punto di partenza al fine inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle ulteriori indagini geotecniche ritenute necessarie.

Il modello geotecnico rappresenta, invece, uno schema rappresentativo del volume significativo di terreno, suddiviso in unità omogenee sotto il profilo fisico-meccanico, che devono essere caratterizzate con riferimento allo specifico problema geotecnico. Nel presente elaborato, essendo prettamente di carattere geologico, verrà fornito un modello stratigrafico con una parametrizzazione in termini di valori medi dei singoli strati; il modello geotecnico di riferimento dovrà essere, infatti, correttamente definito nella *“Relazione geotecnica”*, dove dovranno essere definiti il volume significativo e riportati i valori caratteristici dei parametri geotecnici basati sulle indagini e prove eseguite in funzione della tipologia di fondazione.

Il presente documento è stato realizzato esclusivamente a supporto del progetto descritto e non potrà essere utilizzato senza specifico consenso dello scrivente a supporto di altri progetti anche se ricadenti nello stesso lotto.

## 2 NORMATIVA

Di seguito sono riportati i principali riferimenti normativi sui cui si sono basati gli studi e le indagini eseguite.

- ☐ Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- ☐ D.M. 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni
- ☐ Circolare 2 febbraio 2009 n.617 C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.
- ☐ D.G.R. n. 65-7656 del 21 maggio 2014 - Aggiornamento e adeguamento delle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico (O.P.C.M. 3074/2003 - O.P.C.M. 3519/2006)".
- ☐ D.G.R. n. 4-3084 del 12/12/2011 - Approvazione della D.G.R. n. 11-13058 del 19 gennaio 2010.
- ☐ D.G.R. n. 6-887 del 30 dicembre 2019.
- ☐ D.P.R. n.380 del 6 giugno 2001 - Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.
- ☐ D.G.R. n. 6-887 del 30 dicembre 2019.
- ☐ D.M. 14 gennaio 2008 - Nuove norme tecniche per le costruzioni.
- ☐ OPCM n.3519 del 28 aprile 2006 - Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle stesse zone.
- ☐ D.Lgs 3 aprile 2006, n. 152 - Norme in materia ambientale.
- ☐ OPCM 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.
- ☐ D.P.R. n.380/2001 e s.m.i. - Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia - Norme Tecniche di Attuazione del P.R.G.C. e relativi elaborati tecnici.
- ☐ L.R. 45 del 09.08.1989 in materia di vincolo idrogeologico.
- ☐ Circolare del Presidente della Giunta regionale 31 agosto 2018, n. 3/AMB. Legge regionale 9 agosto 1989, n. 45 (Nuove norme per gli interventi da eseguire in terreni sottoposti a vincolo per scopi idrogeologici). Note interpretative e indicazioni procedurali. Revoca della circolare 4/AMD/2012.
- ☐ Norme Tecniche di Attuazione del P.R.G.C. e relativi elaborati tecnici.
- ☐ OPCM 3519/2006. Presa d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte, di cui alla D.G.R. del 21 maggio 2014, n. 65-7656.

### 3 SINTESI DELLE ATTIVITA' SVOLTE E METODOLOGIA DI LAVORO

Ai fini dello svolgimento dell'incarico si è proceduto all'esecuzione di una serie di sopralluoghi, rilievi, indagini e prove geognostiche, geotecniche e sismiche in sito, finalizzate, oltre che alla ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, alla ricostruzione del *modello geologico* ricadente nell'area d'intervento. Le attività svolte si sono basate in particolare su:

- ☐ Rilievi geologici e morfologici eseguiti in sito
- ☐ Analisi dei dati rilevati dallo scrivente durante i sopralluoghi effettuati sull'area di intervento e in un suo intorno significativo
- ☐ Consultazione di database scientifici
- ☐ Consultazione di cartografie geologiche specifiche
- ☐ Consultazione di pubblicazioni scientifiche
- ☐ Consultazione degli elaborati geologici allegati ai P.R.G.C.
- ☐ Consultazione di elaborati di carattere tecnico professionale
- ☐ Consultazione di Piani Territoriali

In particolare sono stati consultati in via preliminare i seguenti documenti:

- ☐ "Tavole di delimitazione delle fasce fluviali" - Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico – PAI predisposto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po ai sensi dell'art. 17 della Legge n° 183/89;
- ☐ Geoportale a cura dell'ARPA Piemonte: cartografia relativa ai conoidi alluvionali, Banca Dati Geotecnica (sondaggi geognostici e campioni di terreno), cartografia del SIFraP (Sistema Informativo Frane in Piemonte), cartografie relative agli eventi alluvionali, cartografia della Banca Dati Geologica (Carta delle aree inondabili, carta delle frane, carta dei tributari minori e delle conoidi, carta delle aree instabili (settori di versante vulnerabili da fenomeni franosi per fluidificazione dei terreni incoerenti della copertura superficiale), carta degli alveoli tipi e portate, carta dei danni ai centri abitati, carta dei danni alla rete viaria).
- ☐ Geoportale Nazionale, a cura del Ministero dell'Ambiente, il quale permette la visualizzazione e l'utilizzo della cartografia di base nazionale, prodotta a seguito dell'accordo integrativo tra Stato e Regioni del 12 ottobre 2000 sul Sistema Cartografico di Riferimento
- ☐ Gis Browser relativo al Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni, Direttiva 2007/60/CE recepita nel diritto italiano con D.Lgs. 49/2010 – Scenari di alluvioni/Pericolosità e Scenari di Rischio
- ☐ Piano Regolatore Generale Comunale (tavole e relazioni)

Come previsto dalle NTC/18, la presente relazione geologica è stata sviluppata 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:

- ☐ Scopo del lavoro
- ☐ Aspetti normativi e pianificatori
- ☐ Descrizione degli interventi previsti da progetto
- ☐ Inquadramento geologico – strutturale del territorio
- ☐ Inquadramento geomorfologico
- ☐ Analisi dello stato vincolistico
- ☐ Analisi dello stato dissestivo
- ☐ Inquadramento geologico – litologico con individuazione delle formazioni principali caratterizzanti l'area in esame

- ☐ Inquadramento idrogeologico con individuazione e caratterizzazione degli acquiferi principali e valutazioni sulle caratteristiche di permeabilità dei terreni
- ☐ Risultanze delle eventuali prove ed indagini geognostiche e/o geotecniche e sismiche disponibili realizzate in passato in prossimità dell'area d'intervento
- ☐ Risultanze delle prove ed indagini geognostiche e/o geotecniche e sismiche realizzate nell'area d'intervento
- ☐ Analisi della sismicità locale e modellizzazione sismica
- ☐ Creazione del modello geologico di riferimento
- ☐ Prime indicazioni sulle opere fondazionali e di sostegno
- ☐ Prescrizioni e raccomandazioni di carattere geologico e geotecnico da seguirsi in fase di progettazione ed in fase esecutiva.
- ☐ Considerazioni conclusive e fattibilità degli interventi

## 4 DESCRIZIONE DEI LUOGHI E DEGLI INTERVENTI IN PREVISIONE

L'area in esame rientra in un contesto urbano nel concentrico comunale in aderenza a terreni coltivati.

Il lotto d'intervento è caratterizzato dalla presenza di alcuni bassi fabbricati annessi al fabbricato municipale. E' presente inoltre un pozzo acquedottistico.

Sulla base di quanto fornito dal progettista nonché dagli elaborati preliminari a disposizione emerge che le previsioni progettuali riguardano la sostituzione del bacino e rilancio della rete idrica con realizzazione di n. 2 vasche.

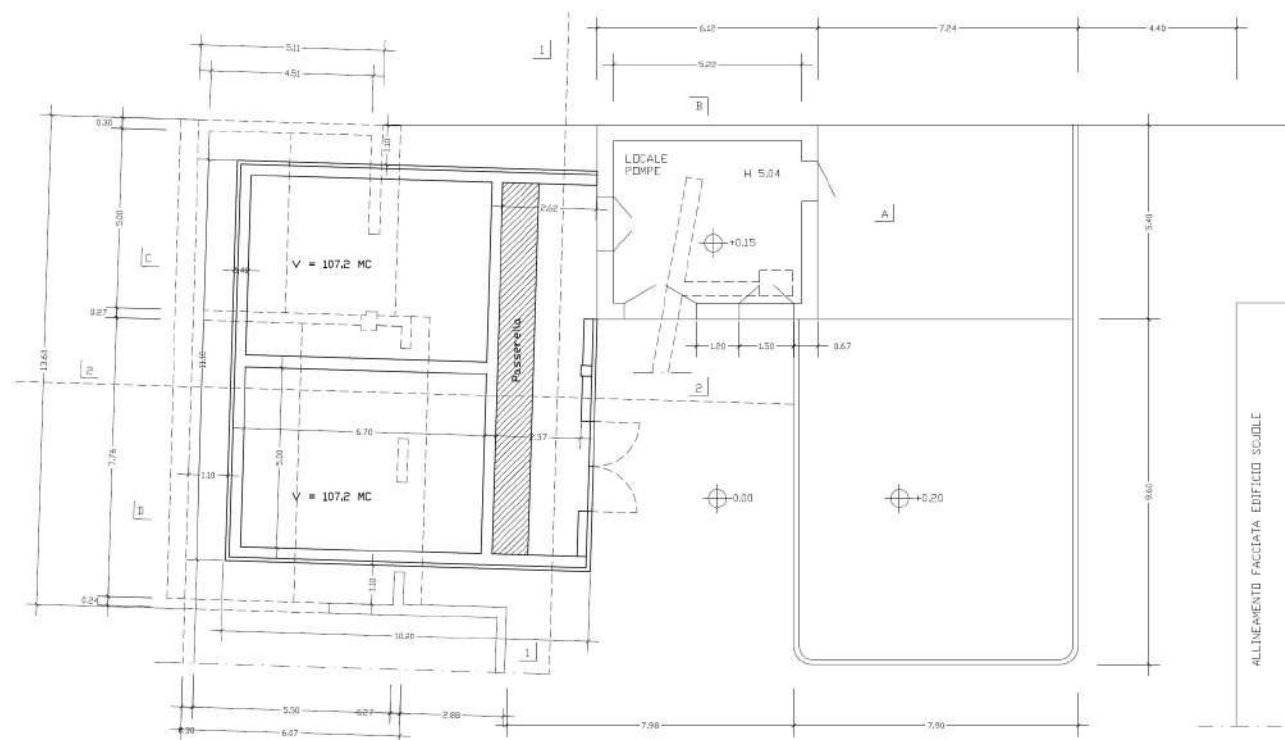


Fig. 4.1 – Planimetria indicativa dell'intervento in previsione

Per quanto riguarda le specifiche di dettaglio degli interventi si rimanda agli elaborati progettuali.

Occorre precisare che, al momento della stesura del presente documento, non risultano ancora definite nel dettaglio le caratteristiche progettuali esecutive degli interventi ed in particolare delle opere e strutture di fondazione e di contenimento.



## **5 VINCOLISTICA SOVRAORDINATA DI CARATTERE GEOLOGICO ED ANALISI DEL RISCHIO IDRAULICO E GEOMORFOLOGICO**

### **5.1 Premessa**

L'analisi della pericolosità e del rischio idraulico e geomorfologico del territorio in esame è stata effettuata, oltre che attraverso un'indagine diretta anche mediante l'analisi della vincolistica riportata negli elaborati e nella cartografia tematica allegate al P.G.R.A. (Piano di Gestione Rischio Alluvione), P.A.I. (Piano di Assetto Idrogeologico del fiume Po), al P.R.G.C. (Piano Regolatore Generale Comunale), al Sistema SICOD (Catasto delle opere di difesa), al Progetto IFFI/SIFRAP – Sistema Informativo dei fenomeni FRANosi in Piemonte e Rete Regionale di Controllo Movimenti Franosi (ReRCoMF) di ARPA Piemonte, alla Carta Geologica d'Italia nonché sulla base delle informazioni storiche acquisite.

### **5.2 Pericolosità e rischio idraulico**

Ai fini della valutazione del rischio idraulico del settore in esame, sono state analizzate una serie di cartografie tematiche (vedasi Piani territoriali riportati in premessa) che permettono di individuare eventuali settori coinvolti o potenzialmente coinvolgibili da eventi alluvionali o fenomeni di esondazioni per piene ordinarie e straordinarie ad opera della rete idrografica principale e secondaria.

Alla luce di tali analisi, supportate da un'analisi effettuata in sito, non sono stati individuate cartografie tematiche che evidenzino un potenziale rischio idraulico per il settore in esame interessato dall'intervento.

Occorre tuttavia segnalare che l'area d'intervento ricade all'interno delle aree edificate comprese nelle fasce di rispetto dei canali demaniali, come previsto dall'art. 96 – punto f) del Regio Decreto nr. 523 del 25 luglio 1904, pari a 10 metri per le rogge e cavi anche se non graficamente indicato; 5,00 metri per corsi d'acqua di importanza secondaria (art. 4.2.4 comma 5).

### **5.3 Pericolosità e rischio geomorfologico**

L'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (Progetto IFFI), realizzato dall'ISPRA e dalle Regioni e Province Autonome, censisce le frane verificatesi sul territorio nazionale secondo modalità standardizzate e condivise (Trigila, 2007). L'Inventario IFFI è la banca dati sulle frane più completa e di dettaglio esistente in Italia, per la scala della cartografia adottata (1:10.000) e per il numero di parametri ad esse associati.

Ai fini della valutazione del rischio geomorfologico del settore in esame, sono state analizzate una serie di cartografie tematiche quali il predetto inventario IFFI e le carte geomorfologiche e dei dissesti associate al P.R.G.C. che permettono di individuare eventuali settori coinvolti o potenzialmente coinvolgibili da eventi dissestivi (frane).

Alla luce di tali analisi, supportate da una verifica effettuata in sito, non sono state individuate cartografie tematiche che evidenzino frane o più in generale dissesti che interessino direttamente il settore in esame interessato dall'intervento. Dai rilievi eseguiti in sito non emergerebbero inoltre particolari situazioni di dissesto che interessano direttamente il sito.

### **5.4 Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'utilizzazione ai fini urbanistici**

L'analisi di tutti gli elementi di carattere geolitologico, geomorfologico, idrogeologico, idrologico effettuata dai Tecnici redattori della componente geologica del P.R.G.C. ha consentito una valutazione oggettiva della propensione al dissesto nell'intero ambito comunale. Tale determinazione, sulla base dei dati acquisiti, degli eventi storici, delle risultanze di indagini geologiche a corredo di precedenti strumenti urbanistici, della bibliografia e cartografia della Regione Piemonte, ha permesso di effettuare una zonazione del territorio riportata nella "*Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'utilizzazione ai fini urbanistici*". Questa ultima ha consentito la definizione di aree omogenee dal punto di vista della pericolosità geomorfologica intrinseca in funzione all'uso urbanistico suddiviso in settori omogeneamente distinti.

Il lotto oggetto d'intervento ricade nella *Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'utilizzazione ai fini urbanistici*, all'interno delle seguenti classi.

**CLASSE IIb4:** Aree edificate comprese nelle fasce di rispetto dei canali demaniali, come previsto dall'art. 96 – punto f) del Regio Decreto nr. 523 del 25 luglio 1904, pari a 10 metri per le rogge e cavi anche se non graficamente indicato; 5,00 metri per corsi d'acqua di importanza secondaria (art. 4.2.4 comma 5).

Porzioni di territorio edificate nelle quali gli elementi di pericolosità geologica e di rischio sono tali da imporre in ogni caso interventi di riassetto territoriale di carattere pubblico a tutela del patrimonio urbanistico esistente. In assenza di tali interventi di riassetto saranno consentite solo trasformazioni che non aumentino il carico antropico quali, a titolo di esempio, interventi di manutenzione ordinaria, manutenzione straordinaria, risanamento conservativo, ecc...; per le opere di interesse pubblico non altrimenti localizzabili varrà quanto previsto all'art.31 della L.R. 56/77. Anche a seguito della realizzazione di opere di sistemazione, indispensabili per la difesa dell'esistente, non sarà possibile alcun incremento di carico antropico.

**CLASSE IIa:** Aree caratterizzate dalla presenza di terreni sabbiosi ghiaiosi con caratteristiche geotecniche buone al disotto della copertura limoso argillosa superficiale e/o da scarpate con altezze compresa tra 0,5 metri a 3,00 metri. La falda freatica ha soggiacenza pari o inferiore a 3,00 metri ed è periodicamente subaffiorante. Aree soggette a fenomeni di ristagno idrico per difficoltà di drenaggio delle acque meteoriche verso le linee di deflusso superficiale.

Le aree ricadenti nei seguenti ambiti risultano edificabili nel rispetto dei D.M. 11/3/1988 e D.M. 14/01/2008 e della relativa normativa vigente. In queste porzioni del territorio, l'edificabilità è ammessa a seguito della compatibilità relativa alla pericolosità geologica ed idrogeologica individuata. La costruzione di parti interrato negli edifici non è ammessa (punto 4.5 della Nota Tecnica esplicativa alla C.P.G.R. 7/LAP/1996).

## 6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRUTTURALE E GEOMORFOLOGICO

Relativamente all'assetto geologico – strutturale e geomorfologico ad ampia scala, l'area in oggetto rientra, all'interno della pianura novarese.

Il territorio comunale si colloca in un settore della pianura caratterizzato da una storia deposizionale alquanto complessa ed articolata. A partire dal Quaternario antico il succedersi di imponenti espansioni glaciali, alternate ad intense fasi di ablazione, ha determinato il progressivo alluvionamento del Bacino Padano, attraverso processi di deposizione che hanno portato alla formazione di corpi, le cui caratteristiche fisiche e geometriche sono strettamente in relazione al particolare andamento climatico. Il modello risultante consiste in una sovrapposizione verticale di cicli sedimentari diversi ed in un'interdigitazione, coeva, determinata dalle oscillazioni laterali degli ambiti deposizionali. La successione risulta prevalentemente costituita da depositi sciolti eteropici ed eterometrici di origine fluvio-glaciale, fluvio-lacustre o fluviale con caratteristici accumuli, alla sommità della serie, di materiali fini a granulometria estremamente omogenea, originatisi per trasporto e deposizione eolici di polveri, in corrispondenza delle fasi steppiche che contrassegnarono il periodo glaciale Riss. Durante il Quaternario recente (Olocene), con il progressivo ritiro dei ghiacciai, nell'area considerata hanno prevalso i fenomeni legati ad ambienti deposizionali di tipo fluviale. L'enorme quantità d'acqua restituita all'ambiente per effetto dell'ablazione glaciale, ha determinato l'accentuata ripresa dell'attività erosiva a carico dell'edificio alpino, nonché dei materiali trasportati ed accumulati durante la fase glaciale precedente. I sedimenti in tal modo formati sono stati in seguito rideposti nelle aree pianeggianti, laddove la riduzione della pendenza comportava un drastico decremento della capacità di trasporto dei corsi d'acqua.

Il territorio comunale è caratterizzato da un settore pianeggiante o sub-pianeggiante degradante verso SSW. Non si riconoscono limiti morfologici rilevanti, ad eccezione di modeste scarpate incise nei depositi fluvio - glaciali di età wurmiana. L'alternanza di periodi di erosione e deposito, da parte del reticolato idrografico, è stata la causa principale della formazione dei suddetti terrazzamenti unitamente ai continui scavi e riporti richiesti dalle pratiche colturali. In questa area, infatti, sono state intense le operazioni di riordino dei terreni e pertanto, l'azione "modellatrice" dell'uomo, ha teso a rendere pianeggianti anche le incisioni nelle alluvioni fluvio - glaciali.

Il reticolato idrografico responsabile dell'attuale conformazione geomorfologica risale al Pleistocene Medio – Superiore e secondariamente all'Olocene, con caratteristiche relativamente differenti da quello attuale. La presenza di alcuni terrazzamenti fluviali, spesso obliterati dall'azione antropica, nonché la presenza di alcuni corsi d'acqua relitti, ora regimati, sebbene di modeste dimensioni, testimoniano le varie fasi di espansione dei corsi d'acqua principali. Il modellamento è legato essenzialmente a periodi di erosione a componente prevalente orizzontale con formazione di una superficie erosionale impostata nei sottostanti depositi pliocenico - pleistocenici. Le estese superfici prevalentemente terrazzate sviluppatesi nel territorio rappresentano l'espressione morfologica dei corpi sedimentari riferibili al complesso pliocenico - pleistocenico e miocenico, originatisi in ambienti deposizionali a bassa energia e successivamente elaborati dagli agenti climatici in potenti coltri pedogenetiche.

Il passaggio tra le diverse formazioni fluviali risulta segnato da dolci scarpate di pochi metri (1-2) e con acclività medie dell'ordine dei 20° - 25°.

A scala locale, il lotto oggetto di intervento, situato ad una quota di circa m 130 s.l.m., ha come principale caratteristica quella di formare un ambiente di tipo sub-pianeggiante, caratterizzato da forme morfologiche strettamente connesse a passati fenomeni di divagazione e deposizione, ora non più attivi, da parte di corsi d'acqua e la fitta rete di rogge e canali presenti.

## 7 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E LITOLOGICO

Per quanto riguarda gli aspetti geologici e litologici caratteristici dell'area in esame è stata analizzata la seguente cartografia ufficiale, ritenuta più completa ed esaustiva per il settore d'interesse:

- Carta Geologica d'Italia - Foglio n° 58 "Novara" alla scala 1.100.000
- Carta geologica allegata al P.R.G.C. alla scala 1:10.000

Nella Carta Geologica d'Italia - Foglio n° 58 "Novara" alla scala 1.100.000 l'area d'indagine ricade nella formazione: Depositi fluviali wurmiani.

Nella Carta geologica allegata al P.R.G.C. alla scala 1:10.000 l'area d'indagine ricade nella formazione: Depositi fluviali wurmiani.

L'Unità fluvioglaciale Wurm è costituita da depositi di origine fluvioglaciale costituiti da ghiaie e sabbie con profilo di alterazione poco evoluto; possibili orizzonti superficiali dalla potenza e continuità ridotta costituiti da limi argillosi.

Gli effetti della pedogenesi che si instaurano sui terreni in posto, sotto l'influenza dei diversi fattori fisici, chimici e biologici, portano ad una disgregazione e sminuzzamento della porzione litoide, implicante una modifica della composizione chimica e/o una riorganizzazione della struttura cristallina, che conduce alla creazione dei cosiddetti minerali secondari. Tale azione ad opera dei diversi agenti atmosferici (acqua, vento, cicli di gelo e disgelo) conduce, sul lungo periodo, alla genesi di sedimenti a granulometria progressivamente sempre più fine, fino ad arrivare alle dimensioni di sabbie e limi fino allo stadio più estremo che porta alla formazione di argilla (quest'ultima ottenuta tramite alterazione chimica o biologica).

Tali processi portano quindi, nel settore in esame, alla formazione di una coltre di alterazione superficiale a composizione fine, mediamente di potenza da metrica che può essere sia di origine autoctona (coltre eluviale) che alloctona (coltre colluviale), o una commistione tra le due. Tale coltre, a causa proprio del suo stato di alterazione e dello scarso livello di addensamento, presenta mediamente scadenti caratteristiche geotecniche, che la rendono generalmente inidonea (salvo alcuni casi particolari) ad essere utilizzata come piano di appoggio ad opere fondazionali.

## 8 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'andamento della superficie piezometrica nel territorio compreso nella Provincia di Novara è generalmente caratterizzato da isopieze digradanti da nord verso sud e da nord-ovest verso sud-est, seguendo l'andamento della superficie topografica.

L'idrografia, in modo particolare il Fiume Sesia ed il Fiume Ticino, regola il sistema di flusso del territorio.

Nell'area in esame si possono distinguere due complessi acquiferi nettamente separabili tra di loro: il primo, superficiale e potente al massimo alcune decine di metri, costituente la falda freatica; il secondo, profondo e formato da più livelli acquiferi presenti nei corpi sabbioso ghiaiosi. Questi livelli danno singolarmente una produttività alquanto modesta ma risultano comunque ben protetti, nei confronti di agenti inquinanti, in quanto intercalati entro intervalli argillosi. Sono inoltre dotati di notevole grado di artesianesimo tanto da essere, se opportunamente captati, nettamente risalenti sopra il piano campagna.

Il primo complesso acquifero è quindi destinato esclusivamente ad usi irrigui ed industriali; il più profondo è riservato anche ad usi idropotabili. Si rappresenta, infatti, che all'interno del sito in esame è presente un pozzo ad uso idropotabile.

Nel territorio di Casalino le curve isopiezometriche sono distanti rispetto all'area circostante e indicano una diminuzione della pendenza della falda ed una permeabilità maggiore dei depositi che la ospitano.

La soggiacenza è in media di 2-3 metri circa e nell'ambito del territorio comunale si hanno locali variazioni, al generale andamento da Nord verso Sud, con direzione di flusso NW/SE.

In base ai rilevamenti effettuati, in ambito di redazione degli elaborati di P.R.G.C., sui livelli massimi e i minimi della falda freatica, dall'anno 1993 all'anno 2002, a partire dalla quota di riferimento del terreno pari a 129,03 m. s.l.m. i valori massimi si aggirano intorno ai 126,61 m. s.l.m. e quelli minimi intorno ai 125,82 m. s.l.m., con un'oscillazione stagionale che è di circa 1 metro.

L'oscillazione annua di circa 1 m è ben visibile anche dal grafico seguente dove si evince l'oscillazione della falda idrica rilevata all'interno del piezometro regionale PII43 sito nel vicino comune di Borgo Vercelli.

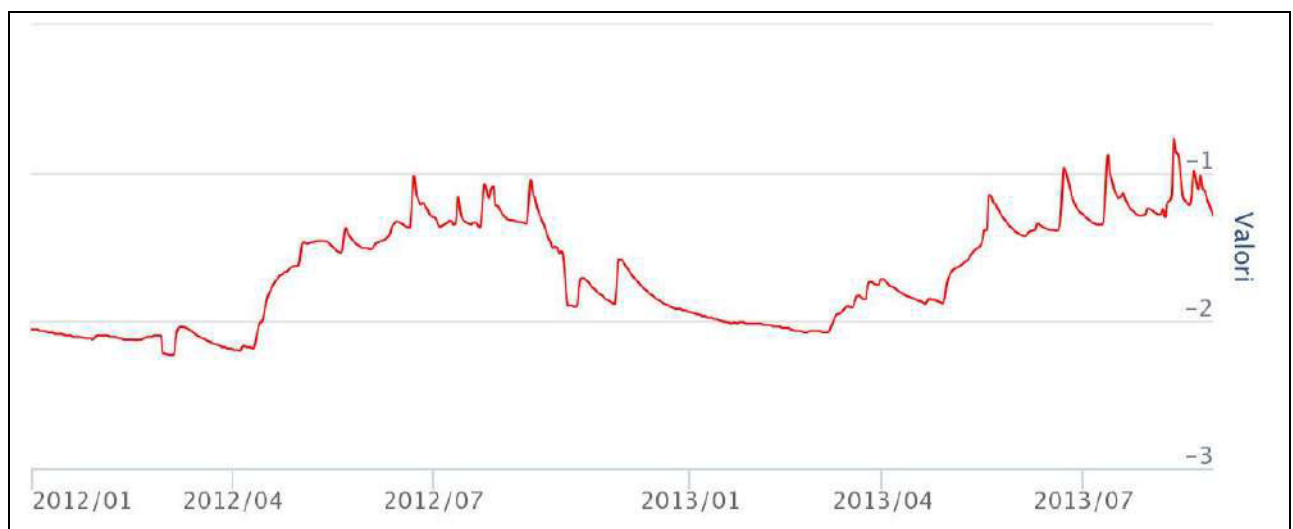


Fig. 8.1 – Andamento della falda nel piezometro regionale PII43 sito nel vicino comune di Borgo Vercelli

Al momento dell'esecuzione dei sondaggi geognostici (Novembre 2020) è stata rilevata, all'interno del piezometro installato nel sondaggio S2, la presenza di una falda ad una quota di circa 2,6 m da p.c.

I mesi in cui è evidente una risalita della falda vanno da fine aprile a fine agosto in corrispondenza del periodo di irrigazione delle risaie. Mentre i periodi in cui la falda è più profonda vanno da Novembre a Marzo. In quest'ultimo periodo è consigliato eseguire i lavori di scavo per evitare di intercettare la falda superficiale.

## 9 INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

### 9.1 Sondaggi geognostici

#### 9.1.1 Premessa

Sono stati eseguiti, dalla In-Co s.r.l., n. 2 sondaggi geognostici alla profondità di 15.00 m con esecuzione di n. 5 prove penetrometriche dinamiche SPT (Standard Penetration Test) per ognuno di essi ed installazione di un piezometro del tipo a tubo aperto con diametro pari a 3" all'interno del sondaggio S2.

Indagine	Tipologia	Simbologia	Caratteristiche	
			Lunghezza (m)	
1	Sondaggio verticale a carotaggio continuo	S1		15.0
			SPT	5
2	Sondaggio verticale a carotaggio continuo	S2	Lunghezza (m)	15.0
			SPT	5
			Piezometro/Falda (m)	15.0/2.60

Tabella 1. Riepilogo delle indagini in sito.

I lavori hanno avuto inizio il giorno 02/11/2020 con il trasporto delle attrezzature e dei materiali necessari all'esecuzione delle indagini e si sono conclusi il giorno 03/11/2020.



Fig. 9.1 – Posizione dei sondaggi eseguiti.

### 9.1.2 Metodologia di perforazione

La perforazione è stata condotta con rotazione a carotaggio continuo del terreno attraversato utilizzando carotieri semplici di diametro 131 mm e 101 mm, tali da rendere minimo il disturbo dei materiali attraversati e da consentire il prelievo dei campioni rappresentativi (carote).

La perforazione di carotaggio per il recupero dei campioni, realizzata con carotiere semplice, è stata eseguita, compatibilmente con la natura dei terreni attraversati, senza l'uso di fluido di circolazione (carotaggio a secco).

### 9.1.3 Rivestimento

La natura del terreno e la finalità dell'intervento hanno determinato la necessità di rivestire i fori per il sostegno delle pareti: a tal scopo sono stati impiegati rivestimenti provvisori consistenti in tubi di acciaio speciale filettati, della lunghezza di 1.5 m. Durante le operazioni di posa del rivestimento provvisorio si è reso necessario l'impiego di fluidi di perforazione per il raffreddamento del tagliente (scarpa) e l'asportazione del detrito: a tale scopo si è impiegata circolazione diretta di acqua chiara.

### 9.1.4 Risultanze

La stratigrafia dei singoli sondaggi è stata evidenziata nel report allegato.

## 9.2 Piezometri

### 9.2.1 Premessa

E' stato installato un piezometro nel sondaggio S2 che ha evidenziato la presenza di una falda idrica ad una quota di m 2,6 da p.c. alla data del 03.11.2020.

## 9.3 Prove SPT (Standard Penetrometer Test)

### 9.3.1 Premessa

La prova consiste nell'infiggere a percussione nel terreno, alla quota prevista e quindi sospendendo momentaneamente la perforazione del sondaggio, di un campionatore Raymond munito di scarpetta o punta chiusa (in relazione alla granulometria del terreno) e di registrare il numero dei colpi necessari all'avanzamento di 3 tratti di 15 cm.

Le prove SPT (Standard Penetration Test) sono state eseguite con dispositivo NENZI a sgancio automatico (conformemente alle disposizioni dell'AGI) avente le seguenti caratteristiche:

Campionatore Raymond a punta chiusa o aperta diametro 50.8 mm

- Batteria di aste diametro 50 mm
- Massa battente kg 63.5
- Altezza di caduta 76 cm

Sondaggio	Profondità		N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>spt</sub>
	da m	a m				
S1	1.50	1.95	3	5	8	13
S1	4.50	4.95	19	36	R	
S1	7.50	7.95	21	44	R	
S1	10.50	10.95	13	31	R	
S1	13.50	13.95	3	5	7	12
S2	3.00	3.45	7	15	29	44
S2	6.00	6.45	12	23	41	64
S2	9.00	9.45	9	27	R	
S2	12.00	12.45	3	5	8	13
S2	15.00	15.45	9	27	39	66



### 9.3.2 Risultanze

In allegato sono riportate le stratigrafie emerse dai sondaggi geognostici con le risultanze delle relative prove SPT. Dal momento che alcune prove sono state spinte negli ultimi 15 cm a rifiuto ( $N > 50$ ), ai fini di consentire l'elaborazione si è utilizzato, cautelativamente, il valore del numero di colpi del tratto precedente.

Di seguito si riportano le risultanze dell'elaborazione delle prove SPT.

#### SONDAGGIO S1

Profondità (m)	Nr. Colpi
1.65	3
1.80	5
1.95	8
4.65	19
4.80	36
4.95	36
7.65	21
7.80	44
7.95	44
10.65	13
10.80	31
10.95	31
13.65	3
13.80	5
13.95	7

#### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S1

##### TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato	13	0.00-1.95	Shioi - Fukui 1982	0.60
Strato	13	10.95-13.95	Shioi - Fukui 1982	0.60

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato	13	0.00-1.95	Stroud e Butler (1975)	54.89
Strato	13	10.95-13.95	Stroud e Butler (1975)	54.89

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato	13	0.00-1.95	Schultze	117.19
Strato	13	10.95-13.95	Schultze	117.19

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato	13	0.00-1.95	Stroud e Butler (1975)	CONSISTENTE
Strato	13	10.95-13.95	Stroud e Butler (1975)	CONSISTENTE



## Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
Strato	13	10.95-13.95	Meyerhof	2.02
Strato	13	10.95-13.95	Meyerhof	2.02

## Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
Strato	13	0.00-1.95	Meyerhof	2.22
Strato	13	10.95-13.95	Meyerhof	2.22

**TERRENI INCOERENTI**

## Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato	13	0.00-1.95	12.961	Skempton 1986	39.16
Strato	72	1.95-4.95	43.392	Skempton 1986	75.05
Strato	88	4.95-7.95	51.368	Skempton 1986	81.53
Strato	62	7.95-10.95	38.407	Skempton 1986	71.08
Strato	12	10.95-13.95	11.964	Skempton 1986	37.17

## Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato	13	0.00-1.95	12.961	De Mello	28.68
Strato	72	1.95-4.95	43.392	De Mello	33.15
Strato	88	4.95-7.95	51.368	De Mello	33.66
Strato	62	7.95-10.95	38.407	De Mello	32.44
Strato	12	10.95-13.95	11.964	De Mello	27.93

## Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato	13	0.00-1.95	12.961	Bowles (1982) Sabbia Media	139.80
Strato	72	1.95-4.95	43.392	Bowles (1982) Sabbia Media	291.96
Strato	88	4.95-7.95	51.368	Bowles (1982) Sabbia Media	331.84
Strato	62	7.95-10.95	38.407	Bowles (1982) Sabbia Media	267.03
Strato	12	10.95-13.95	11.964	Bowles (1982) Sabbia Media	134.82

## Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato	13	0.00-1.95	12.961	Menzenbach e Malcev (Sabbia)	95.81

				media)	
Strato	72	1.95-4.95	43.392	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	231.53
Strato	88	4.95-7.95	51.368	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	267.10
Strato	62	7.95-10.95	38.407	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	209.30
Strato	12	10.95-13.95	11.964	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	91.36

#### Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato	13	0.00-1.95	12.961	Classificazione A.G.I.	MODERATE NTE ADDENSATO
Strato	72	1.95-4.95	43.392	Classificazione A.G.I.	MOLTO ADDENSATO
Strato	88	4.95-7.95	51.368	Classificazione A.G.I.	MOLTO ADDENSATO
Strato	62	7.95-10.95	38.407	Classificazione A.G.I.	MOLTO ADDENSATO
Strato	12	10.95-13.95	11.964	Classificazione A.G.I.	MODERATE NTE ADDENSATO

#### Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
Strato	13	0.00-1.95	12.961	Terzaghi-Peck 1948	1.51
Strato	72	1.95-4.95	43.392	Terzaghi-Peck 1948	1.81
Strato	88	4.95-7.95	51.368	Terzaghi-Peck 1948	1.86
Strato	62	7.95-10.95	38.407	Terzaghi-Peck 1948	1.77
Strato	12	10.95-13.95	11.964	Terzaghi-Peck 1948	1.50

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
Strato	13	0.00-1.95	12.961	Terzaghi-Peck 1948	1.94
Strato	72	1.95-4.95	43.392	Terzaghi-Peck 1948	2.12
Strato	88	4.95-7.95	51.368	Terzaghi-Peck 1948	2.16
Strato	62	7.95-10.95	38.407	Terzaghi-Peck 1948	2.10
Strato	12	10.95-13.95	11.964	Terzaghi-Peck 1948	1.94

#### Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato	13	0.00-1.95	12.961	(A.G.I.)	0.33
Strato	72	1.95-4.95	43.392	(A.G.I.)	0.27
Strato	88	4.95-7.95	51.368	(A.G.I.)	0.25

Strato					
Strato	62	7.95-10.95	38.407	(A.G.I.)	0.28
Strato	12	10.95-13.95	11.964	(A.G.I.)	0.33

**SONDAGGIO S2**

Profondità (m)	Nr. Colpi
3.15	7
3.30	15
3.45	29
6.15	12
6.30	23
6.45	41
9.15	9
9.30	27
9.45	27
12.15	3
12.30	5
12.45	8
15.15	9
15.30	27
15.45	39

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S2****TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato	13	9.45-12.45	Shioi - Fukui 1982	0.65

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato	13	9.45-12.45	Stroud e Butler (1975)	59.47

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato	13	9.45-12.45	Schultze	128.65

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato	13	9.45-12.45	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato	13	9.45-12.45	Meyerhof	2.04

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato	13	9.45-12.45	Meyerhof	2.24

**TERRENI INCOERENTI**

## Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato	44	0.00-3.45	29.434	Skempton 1986	62.93
Strato	64	3.45-6.45	39.404	Skempton 1986	71.89
Strato	54	6.45-9.45	34.419	Skempton 1986	67.69
Strato	13	9.45-12.45	12.961	Skempton 1986	39.16
Strato	66	12.45-15.45	40.401	Skempton 1986	72.69

## Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato	44	0.00-3.45	29.434	De Mello	31.75
Strato	64	3.45-6.45	39.404	De Mello	32.72
Strato	54	6.45-9.45	34.419	De Mello	32.09
Strato	13	9.45-12.45	12.961	De Mello	28.29
Strato	66	12.45-15.45	40.401	De Mello	32.44

## Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato	44	0.00-3.45	29.434	Bowles (1982) Sabbia Media	222.17
Strato	64	3.45-6.45	39.404	Bowles (1982) Sabbia Media	272.02
Strato	54	6.45-9.45	34.419	Bowles (1982) Sabbia Media	247.10
Strato	13	9.45-12.45	12.961	Bowles (1982) Sabbia Media	139.80
Strato	66	12.45-15.45	40.401	Bowles (1982) Sabbia Media	277.01

## Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato	44	0.00-3.45	29.434	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	169.28
Strato	64	3.45-6.45	39.404	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	213.74
Strato	54	6.45-9.45	34.419	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	191.51
Strato	13	9.45-12.45	12.961	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	95.81
Strato	66	12.45-15.45	40.401	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	218.19

## Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato	44	0.00-3.45	29.434	Classificazione A.G.I.	ADDENSATO
Strato	64	3.45-6.45	39.404	Classificazione A.G.I.	MOLTO ADDENSATO
Strato	54	6.45-9.45	34.419	Classificazione A.G.I.	MOLTO ADDENSATO
Strato	13	9.45-12.45	12.961	Classificazione A.G.I.	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato	66	12.45-15.45	40.401	Classificazione A.G.I.	MOLTO ADDENSATO

## Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
Strato	44	0.00-3.45	29.434	Terzaghi-Peck 1948	1.69
Strato	64	3.45-6.45	39.404	Terzaghi-Peck 1948	1.78
Strato	54	6.45-9.45	34.419	Terzaghi-Peck 1948	1.74
Strato	13	9.45-12.45	12.961	Terzaghi-Peck 1948	1.51
Strato	66	12.45-15.45	40.401	Terzaghi-Peck 1948	1.79

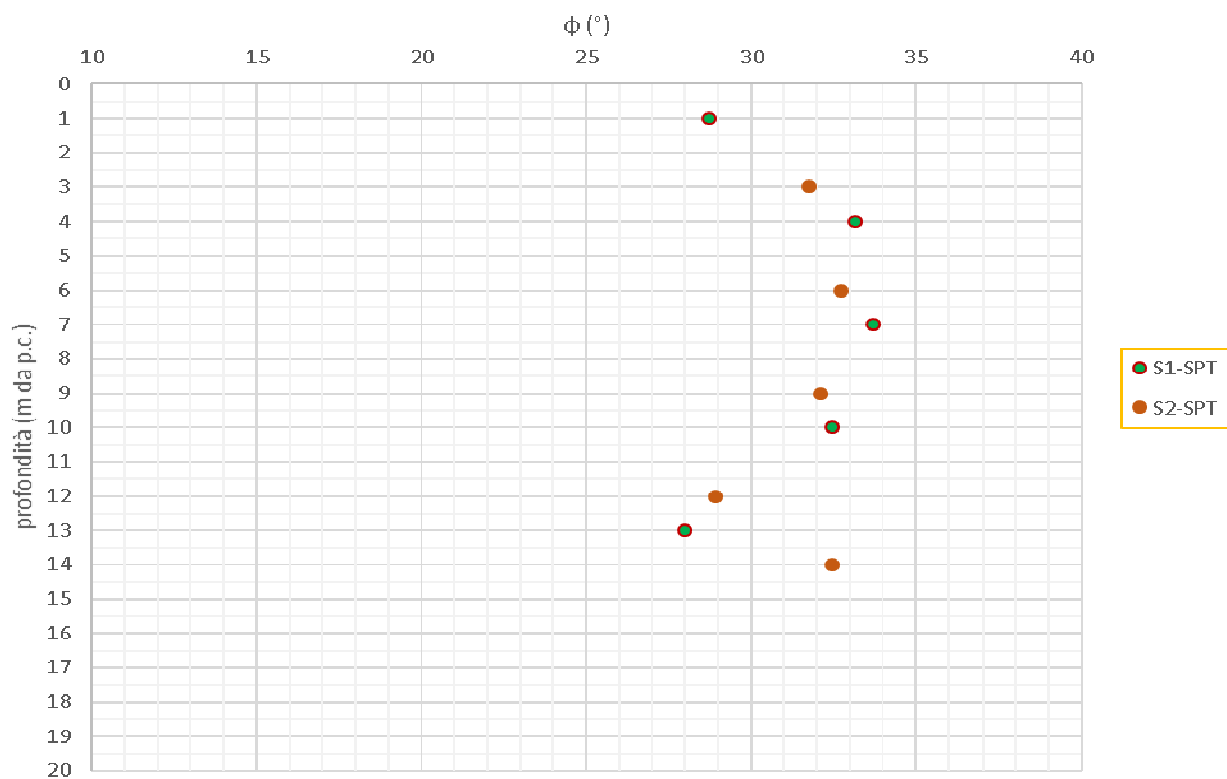
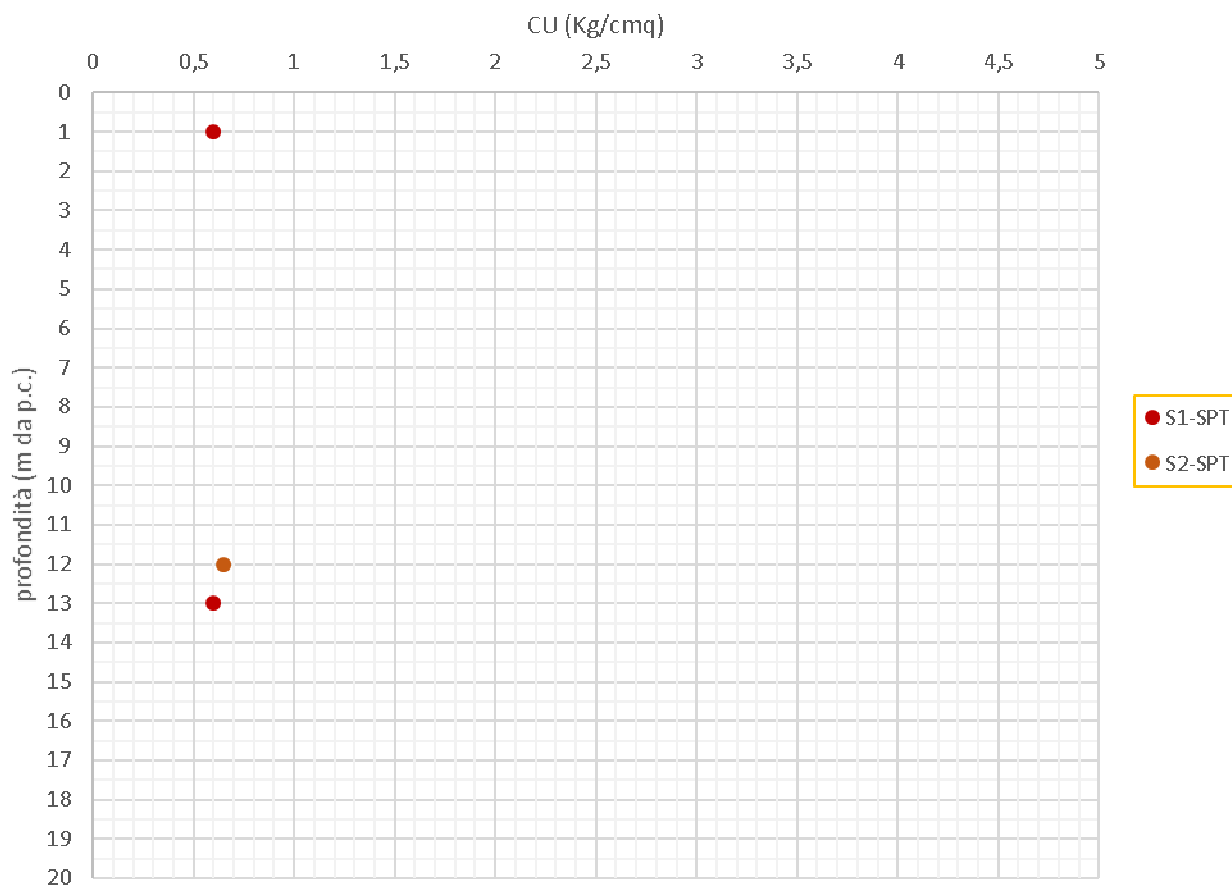
## Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
Strato	44	0.00-3.45	29.434	Terzaghi-Peck 1948	2.05
Strato	64	3.45-6.45	39.404	Terzaghi-Peck 1948	2.11
Strato	54	6.45-9.45	34.419	Terzaghi-Peck 1948	2.08
Strato	13	9.45-12.45	12.961	Terzaghi-Peck 1948	1.94
Strato	66	12.45-15.45	40.401	Terzaghi-Peck 1948	2.11

## Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato	v	0.00-3.45	29.434	(A.G.I.)	0.3
Strato	63.808	3.45-6.45	39.404	(A.G.I.)	0.28
Strato	53.838	6.45-9.45	34.419	(A.G.I.)	0.29
Strato	12.961	9.45-12.45	12.961	(A.G.I.)	0.33
Strato	65.802	12.45-15.45	40.401	(A.G.I.)	0.27

Di seguito si riportano i grafici con la distribuzione dei valori di angolo di attrito e coesione in funzione del numero dei valori di SPT e della profondità.

DISTRIBUZIONE DEI VALORI DELL'ANGOLO DI ATTRITO  $\phi$   
(DA PROVE SPT)DISTRIBUZIONE DEI VALORI DI COESIONE NON DRENATA CU  
(DA PROVE SPT)

## 10 INDAGINI GEOFISICHE

### 10.1 Premessa

Per la definizione delle caratteristiche sismiche del terreno di fondazione ossia del profilo stratigrafico secondo le categorie previste dalle NTC/18 attraverso la valutazione della Vs30 è stata eseguita una prova sismica condotta con la seguente metodologia:

MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves

Le risultanze delle indagini sono riportate nel report allegato.

### 10.2 Indagine sismica MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves

#### 10.2.1 Introduzione

Il metodo Masw è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi. Le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate lungo uno stendimento lineare di sensori. Il metodo consente generalmente, di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente, nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 20÷30 m, in funzione della rigidità del suolo. L'elaborazione dei dati con il metodo MASW prevede tre fasi di lavoro:

- la prima fase prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale
- la seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica
- la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali vs, modificando opportunamente lo spessore h, le velocità delle onde di taglio Vs e di compressione vp (o in maniera alternativa alle velocità vp è possibile assegnare il coefficiente di Poisson), la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.

Il modello di suolo e quindi il profilo di velocità delle onde di taglio verticali possono essere individuati con procedura manuale o con procedura automatica o con una combinazione delle due. Generalmente si assegnano il numero di strati del modello, il coefficiente di Poisson, la densità di massa e si variano lo spessore h e la velocità vs degli strati. Nella procedura manuale l'utente assegna per tentativi diversi valori delle velocità vs e degli spessori h, cercando di avvicinare la curva di dispersione numerica alla curva di dispersione sperimentale. Nella procedura automatica la ricerca del profilo di velocità ottimale è affidata ad un algoritmo di ricerca globale o locale che cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica. In genere quando l'errore relativo, tra curva sperimentale e curva numerica è compreso tra il 5% e il 10% si ha un soddisfacente accordo tra le due curve e il profilo di velocità delle onde di taglio vs e quindi il tipo di suolo sismico conseguente rappresentano una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico.

#### 10.2.2 Risultanze

I dati acquisiti sono stati elaborati con il software WINMASW Academy 2019, 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.

Il D.M. 14/01/2008 mette a disposizione dei professionisti uno strumento basato sul progetto sviluppato in collaborazione dall'INGV e dal DPC - "S1" - per il calcolo dei parametri rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticali) delle azioni sismiche di progetto per qualsiasi sito del territorio nazionale.

Il nuovo D.M. 17/01/2018 individua come parametro di riferimento per la classificazione sismica dei suoli la velocità media di propagazione delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  calcolata attraverso la media ponderata del contributo dei vari orizzonti mediante la relazione:

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

Dove:

$h_i$  spessore dell' $i$ -esimo strato;

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

$N$  numero di strati;

$H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s.

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

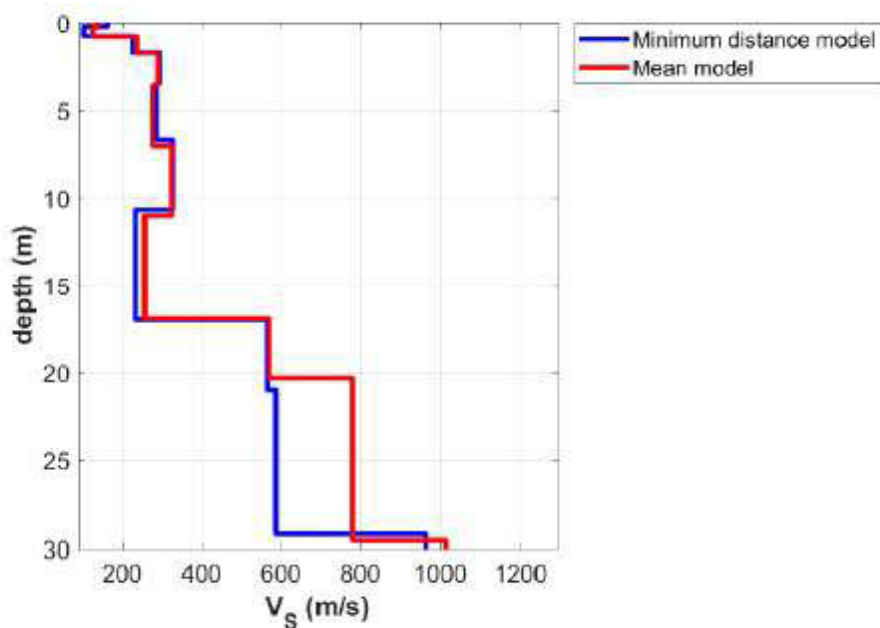


Figura 12. Profilo VS

Dati Mean Model

140	0.3	0.3
128	0.5	0.8
239	0.9	1.7
290	1.9	3.6
276	3.4	7.0
325	4.0	11.0
257	5.9	16.9
571	3.4	20.3
780	9.2	29.5
1015	17.0	46.5
1648	147.9	194.4
1720		

Dati Best Model

163	0.3	0.3
104	0.5	0.8
227	0.9	1.7
295	1.8	3.2
286	3.2	6.4
327	4.0	10.4
234	6.3	16.7
566	4.1	20.8
587	8.2	29.0
964	17.9	46.9
1658	156.9	203.8
1685		

Tabella 1. Dati modello medio e modello migliori

**Mean model:**

Vs (m/s): 140, 128, 239, 290, 276, 325, 257, 571, 780, 1015, 1648, 2653

Vs30 (m/s): 344

VsE (m/s): 326

Thickness (m): 0.3, 0.5, 0.9, 1.9, 3.4, 4.0, 5.9, 3.4, 9.2, 17.0, 147.9

**Sintesi risultati**

Sintesi risultati		
Vs30[m/sec]	344	
Vseq [m/sec]	326	
Categoria del suolo	<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>

## 11 MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO E PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

### 11.1 Premessa

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 principalmente lungo due direttrici che riflettono chiaramente l'assetto tettonico regionale essendo quasi coincidenti, entro un ragionevole margine di distribuzione, l'uno con il fronte Pennidico e l'altro con il limite fra le unità pennidiche e la pianura padana. Osservando infatti la localizzazione degli epicentri dei terremoti registrati dalla rete sismica si nota chiaramente una distribuzione dispersa lungo due direttrici principali:

- una segue la direzione dell'Arco Alpino occidentale nella sua parte interna in corrispondenza del massimo gradiente orizzontale della gravità (zona sismogenetica 908);
- l'altra (zona sismogenetica 909) 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.

Il D.M. 14.01.2008 ed il successivo D.M. 17.01.2018 hanno introdotto un nuovo elemento metodologico nella stima della pericolosità sismica di base la quale non risulta più associata alla zona sismica di appartenenza (criterio "zona dipendente") ma viene definita mediante un approccio "sito dipendente". Pertanto essa è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero (free field) su sito di riferimento con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2 delle NTC 2018), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$ . In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

La normativa prevede che le azioni sismiche di progetto agenti su una costruzione si definiscano a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, la quale è rappresentata dalla probabilità che in un fissato lasso di tempo (periodo di riferimento  $V_R$  espresso in anni) nel sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; tale probabilità è denominata "Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" ( $P_{VR}$ ).

Per la caratterizzazione della pericolosità sismica del settore in studio si può fare riferimento alle banche dati ufficiali dell'ARPA Piemonte e del INGV (Catalogo terremoti italiani 2015 – Database macrosismico italiano 2015).

Di seguito si riporta la scheda di sintesi del Comune più prossimo a quello in esame presente nel database.

PlaceID IT\_02851  
 Coordinate (lat, lon) 45.357, 8.466  
 Comune (ISTAT 2015) Borgo Vercelli  
 Provincia Vercelli  
 Regione Piemonte  
 Numero di eventi riportati 4

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
NF	1898	03	04	21	05		Parmense	313	7-8	5.37
NF	1905	04	29	01	46	4	Haute-Savoie, Vallorcine	267	7-8	5.10
4	1908	05	24	08	37		Piemonte centro-settentrionale	36	4	4.10

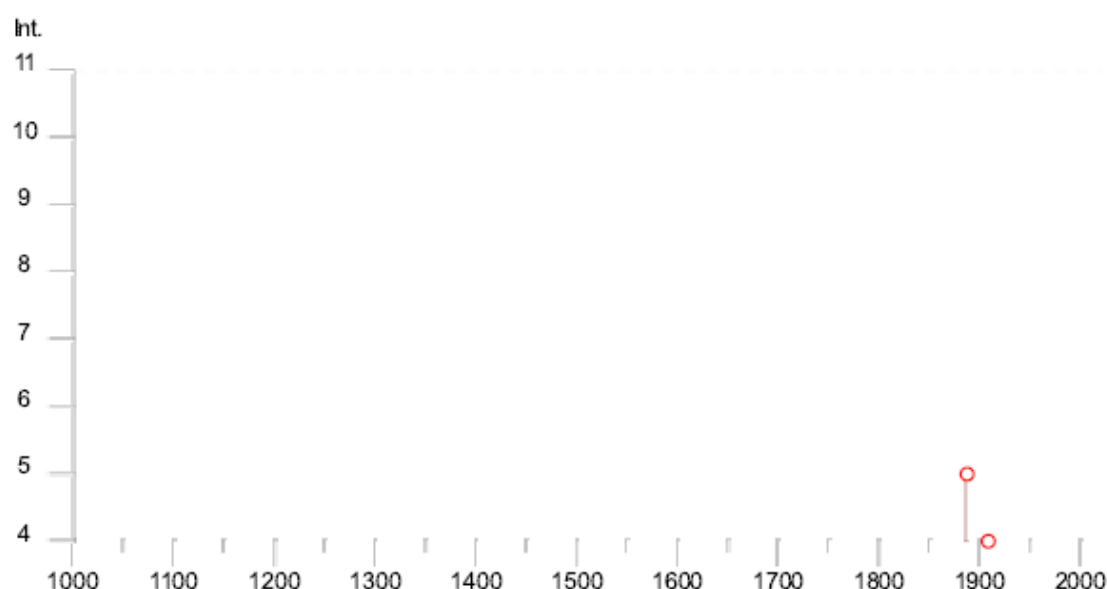


Fig. 11.1 – Terremoti storici (tratto da <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>)

## 11.2 Classificazione sismica del sito

Per classificazione sismica si intende un sistema di normative che determina in che modo e dove gli edifici di nuova costruzione vanno costruiti secondo criteri antisismici, in modo cioè da resistere senza crollare alle forze sismiche. Il rischio sismico è definibile come l'incrocio tra dati di pericolosità (definizione delle strutture sismogenetiche e capacità di caratterizzazione dell'eccitazione sismica ad esse associata), di vulnerabilità (capacità degli oggetti esposti di resistere alle sollecitazioni) e di esposizione (presenza sul territorio di manufatti a rischio). Il sistema della classificazione sismica (e le mappe da esso previste) è finalizzato a fornire a chi costruisce un edificio nuovo un livello di riferimento convenzionale delle forze sismiche rispetto al quale gli edifici vanno progettati per poter rispondere alle sollecitazioni senza crollare. Un edificio antisismico può quindi danneggiarsi in caso di terremoto (anzi, nel caso di certe tipologie edilizie l'edificio "deve" danneggiarsi, poiché tale danneggiamento aiuta a scaricare l'energia sismica ed a impedire il crollo).

Il Comune interessato dall'intervento in progetto, in base alla Deliberazione della Giunta Regionale 30 dicembre 2019, n. 6-887 ed all'ordinanza OPCM 3519/2006. Presa d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte, di cui alla D.G.R. del 21 maggio 2014, n. 65- 7656, è inserito nella classificazione sismica dei Comuni italiani in **zona 4**.

Nel seguito si riportano indicazioni tratte dalle linee guida dell'Associazione Geotecnica Italiana e dal D.M. 17/01/2018 “*Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni*”.

Le condizioni del sito di riferimento rigido non corrispondono, in generale, alle condizioni reali. E' necessario, pertanto, tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera ed anche delle condizioni topografiche, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale. Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale.

Si denomina “*risposta sismica locale*” l'azione sismica che emerge in “*superficie*” a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite trasmettendosi dal substrato rigido. Per individuare in modo univoco la risposta sismica si assume come “*superficie*” il “*piano di riferimento*” così come definito, per le diverse tipologie strutturali, al § 3.2.2 delle NTC/2018. Le modifiche sopra citate corrispondono a:

- *effetti stratigrafici*, legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno;
- *effetti topografici*, legati alla configurazione topografica del piano campagna. La modifica delle caratteristiche del moto sismico per effetto della geometria superficiale del terreno è dovuta alla focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta dei rilievi a seguito dei fenomeni di riflessione delle onde sismiche ed all'interazione tra il campo d'onda incidente e quello diffratto. I fenomeni di amplificazione cresta-base aumentano in proporzione al rapporto tra l'altezza del rilievo e la sua larghezza.

### 11.3 Categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3 delle NTC/2018. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_s$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2 delle NTC/2018.

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

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

Dove:

$h_i$  spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

Si tratta in pratica di una variazione sul tema rispetto al parametro  $V_{s30}$  (in quel caso il valore di H era ed è fissato a 30 m). Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{Seq}$  è definita dal parametro  $V_{s30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

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

Con il nuovo D.M. delle Infrastrutture 17.01.2018, punto 3.2.2 "Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche", vengono definite le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione.

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti 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> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Il terreno indagato è classificabile, secondo lo schema presente nel D.M. 17.01.2018, alla luce delle indagini sismiche effettuate in sito e riportate nei precedenti capitoli, come suolo appartenente alla **categoria C**.

#### 11.4 Amplificazione stratigrafica

Ai sensi del nel § 3.2.3.2.1 "Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali delle NTC/2018", per sottosuolo di categoria A i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  valgono 1. Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  possono essere calcolati, in funzione dei valori di  $F_0$  e  $T_c^*$  relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.IV delle NTC/2018, nelle quali  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  è l'accelerazione di gravità e  $T_c^*$  è espresso in secondi.

Tab. 3.2.IV – Espressioni di $S_s$ e di $C_c$		
Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

#### 11.5 Amplificazione topografica

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico ST riportati nella Tab. 3.2.V delle NTC/2018,

in funzione delle categorie topografiche definite nel § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

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

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o del rilievo, dalla sommità o dalla cresta, dove ST assume il valore massimo riportato nella Tab. 3.2.V, fino alla base, dove ST assume valore unitario.

L'area oggetto d'indagine ricade nella Categoria **T1**.

### 11.6 Analisi della pericolosità sismica e delle azioni di progetto

La "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo ("Periodo di riferimento" VR espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. Questa probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" Pvr. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido, con superficie topografica orizzontale e, in un sito generico, deve essere descritta sia in termini geografici che in termini temporali fornendo i risultati dello studio di pericolosità:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima ag e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC (nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale sopra definite).
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km).
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR.

Secondo quanto previsto dalle NTC/2018 gli stati limite (SL) per i quali l'opera viene progettata sono definiti, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento Pvr, a partire dai seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ag accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F0 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.

Nelle NTC/2018 la stima della pericolosità sismica è basata su una griglia di 10751 punti ove viene fornita la terna di valori ag, Fo e T\*C per nove distinti periodi.

### 11.7 Stati limite di riferimento

Ai sensi del par. 3.2.1. delle NTC/2018, 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		Pvr; Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_r$
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

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  $V_R$  proprio della costruzione considerata, consentono di individuare, per ciascuno stato limite, l'azione sismica di progetto corrispondente.

### 11.8 Parametri sismici di riferimento

Di seguito vengono riportati i parametri ed i coefficienti sismici di riferimento (ed in particolare la terna di valori  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*C$ ) ottenuti dalla stima della pericolosità sismica basata sulla griglia di riferimento.



## Sito in esame.

latitudine: 45,358508  
 longitudine: 8,522764  
 Classe: 2  
 Vita nominale: 50

## Siti di riferimento

Sito 1 ID: 12473	Lat: 45,3822	Lon: 8,5110	Distanza: 2787,426
Sito 2 ID: 12474	Lat: 45,3851	Lon: 8,5819	Distanza: 5482,849
Sito 3 ID: 12696	Lat: 45,3352	Lon: 8,5860	Distanza: 5583,540
Sito 4 ID: 12695	Lat: 45,3323	Lon: 8,5152	Distanza: 2978,950

## Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C  
 Categoria topografica: T1  
 Periodo di riferimento: 50anni  
 Coefficiente cu: 1

## Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %  
 Tr: 30 [anni]  
 ag: 0,015 g  
 Fo: 2,520  
 Tc\*: 0,162 [s]

## Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %  
 Tr: 50 [anni]  
 ag: 0,018 g  
 Fo: 2,493  
 Tc\*: 0,170 [s]

## Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %  
 Tr: 475 [anni]  
 ag: 0,037 g  
 Fo: 2,643  
 Tc\*: 0,282 [s]

## Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %  
 Tr: 975 [anni]  
 ag: 0,044 g  
 Fo: 2,687  
 Tc\*: 0,307 [s]

## Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

## SLO:

Ss: 1,500  
 Cc: 1,920  
 St: 1,000  
 Kh: 0,004  
 Kv: 0,002  
 Amax: 0,215  
 Beta: 0,200

## SLD:

Ss: 1,500  
 Cc: 1,880  
 St: 1,000  
 Kh: 0,005  
 Kv: 0,003  
 Amax: 0,269

Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,500  
Cc: 1,590  
St: 1,000  
Kh: 0,011  
Kv: 0,006  
Amax: 0,544  
Beta: 0,200

SLC:

Ss: 1,500  
Cc: 1,550  
St: 1,000  
Kh: 0,013  
Kv: 0,007  
Amax: 0,642  
Beta: 0,200

### 11.9 Stabilità alla liquefazione

L'entità delle deformazioni che subisce il terreno dipende dal grado di addensamento. Se la sabbia è sciolta la pressione dei pori aumenterà molto velocemente, se la sabbia è densa le deformazioni avvengono più lentamente e sono associate ad un aumento di volume (dilatanza).

Per effetto della dilatazione la pressione interstiziale subisce una caduta ed il terreno riesce a sviluppare una resistenza al taglio sufficiente a sostenere le sollecitazioni indotte dai carichi ciclici. A tale proposito Casagrande afferma che sabbie sciolte con densità relative minori del 40% possono essere soggette a liquefazioni; nelle sabbie fortemente dilatanti, con densità relative maggiori del 70 % è invece normalmente impossibile che le pressioni neutre raggiungano quelle di confinamento, per cui si possono attendere solo assestamenti di lieve entità.

Secondo la normativa vigente la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti cinque circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna suborizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata\*  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) delle NTC/2018 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura 7.11.1(b) delle NTC/2018 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

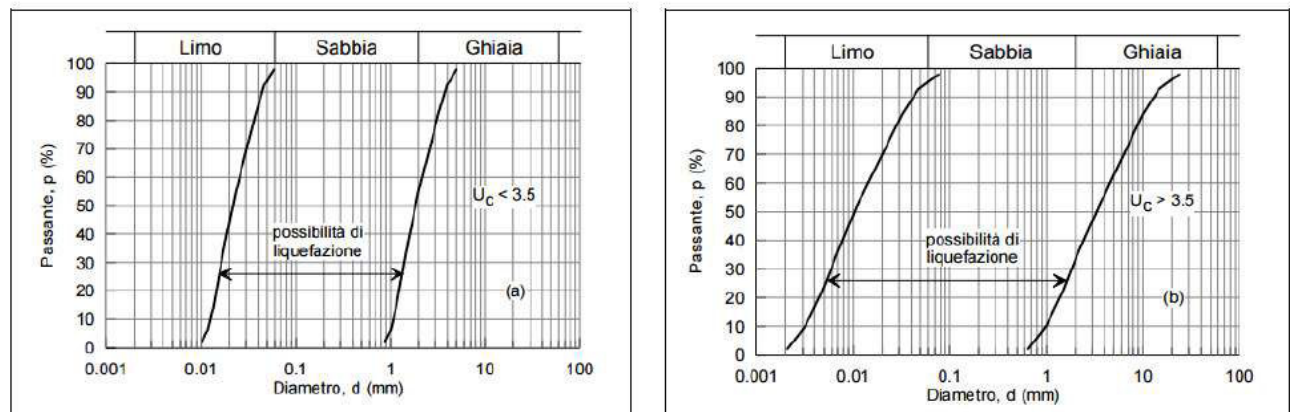


Fig. 11.2 - Fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione

Nel caso specifico le accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) risultano  $< 0,1$  g.

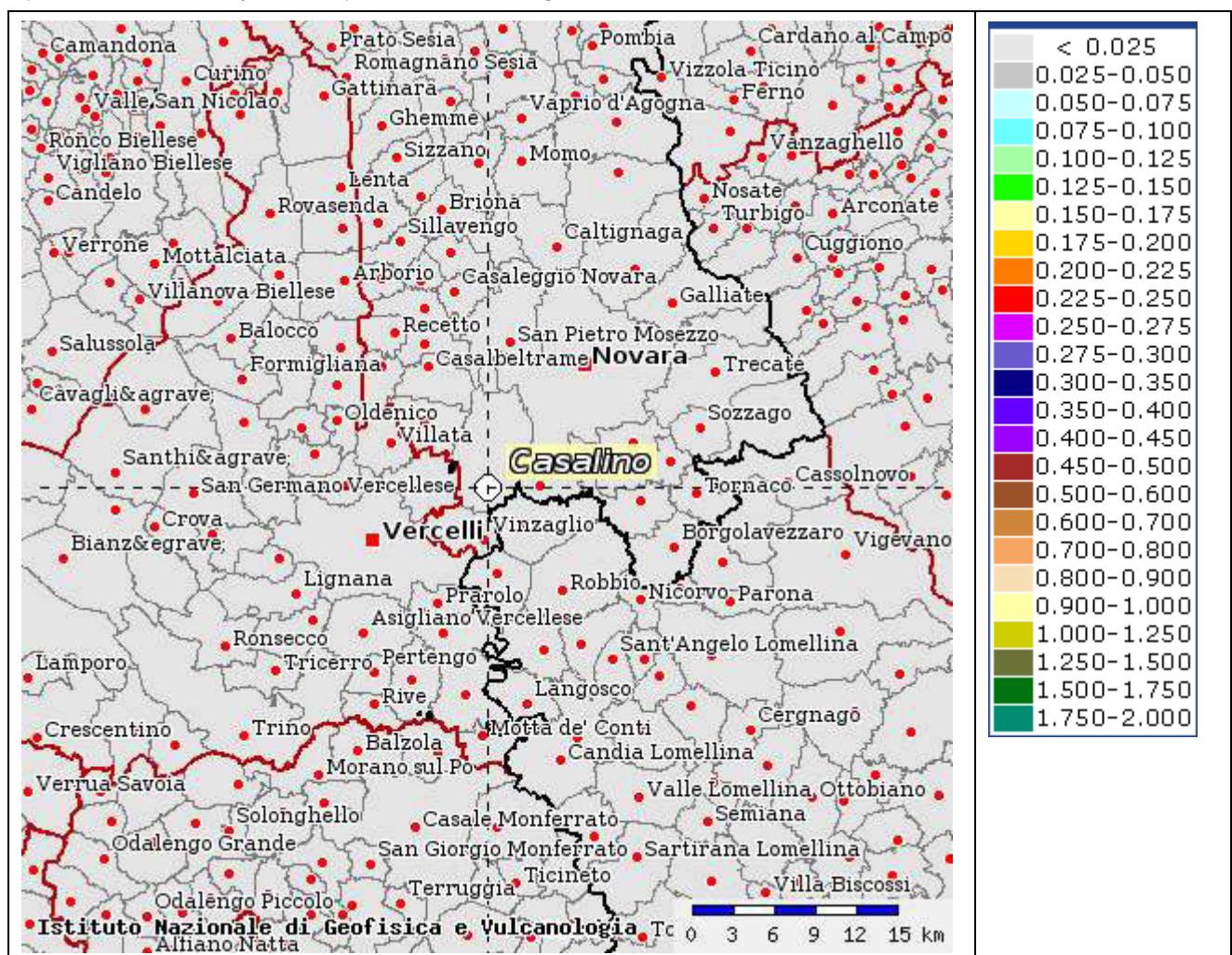


Fig. 11.3 - Mappa interattiva di pericolosità sismica INGV (tratto da: <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

In via preliminare, stante la composizione granulometrica dei terreni di fondazione, il loro addensamento ed in particolare le accelerazioni massime previste, si ritiene che rispetto alle magnitudo attese i fenomeni di liquefazione siano alquanto improbabili.





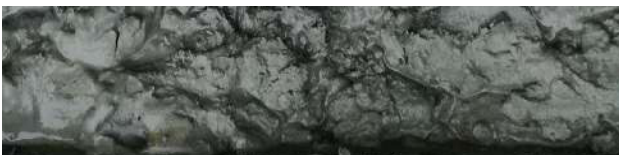
## 12 MODELLO GEOLOGICO

### 12.1 Modello geologico

Mentre il modello geologico di riferimento è la ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell'area di studio, attraverso la descrizione delle peculiarità genetiche dei diversi terreni presenti, delle dinamiche dei diversi termini litologici, dei rapporti di giustapposizione reciproca, delle vicende tettoniche subite e dell'azione dei diversi agenti morfogenetici, il modello geotecnico di riferimento rappresenta, invece, uno schema rappresentativo del volume significativo di terreno, suddiviso in unità omogenee sotto il profilo fisico-meccanico, che devono essere caratterizzate con riferimento allo specifico problema geotecnico.

Sulla base di quanto emerso dalle indagini eseguite all'interno del lotto d'intervento, supportate da una verifica della cartografia tematica, è stato possibile ipotizzare la seguente sequenza stratigrafica - litotecnica schematica interpretativa, costituita dalle seguenti Unità Litologiche, dedotte per omogeneità delle caratteristiche litologiche e geotecniche.

Per una visualizzazione grafica dei tali Unità litologiche o Strati tipo, si rimanda alla "Sezione stratigrafica e litotecnica schematica interpretativa" riportata in allegato.

Unità litologica	Descrizione interpretativa		Stato di addensamento e consistenza
<b>UL1</b>	Materiale di riporto antropico costituito da sabbie, ghiaie e materiali edili		Moderatamente addensato
<b>UL2</b>	Limo argilloso sabbioso, limo sabbioso argilloso e argilla di colore ocra		Da moderatamente addensato a consistente
<b>UL3</b>	Sabbia con ghiaia di colore ocra e ciottoli		Molto addensato
<b>UL4</b>	Sabbia debolmente ghiaiosa di colore ocra		Molto addensato
<b>UL5</b>	Limo argilloso sabbioso, limo sabbioso argilloso e argilla di colore grigio		Da moderatamente addensato a consistente

### 12.2 Parametrizzazione dei terreni

#### 12.2.1 Premessa

Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno (es. platea o trave di fondazione), con

possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti 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. E' questo il caso, ad esempio, delle verifiche SLU dei pali in condizioni non drenate, in termini di tensioni totali, nelle quali per la determinazione del contributo di resistenza alla punta è appropriata la valutazione del valore caratteristico della resistenza non drenata mediante una media locale effettuata nel volume di terreno interessato dal meccanismo di collasso indotto dalla punta stessa.

### 12.2.2 Valori medi

Nella tabella seguente sono stati riportati i valori medi ai sensi delle NTC/2018 ottenuti in via preliminare dall'elaborazione delle prove eseguite utilizzando le correlazioni semiempiriche riportate in letteratura che legano il numero di colpi NSPT ai parametri di resistenza al taglio e di deformabilità del terreno. In tal senso sono state utilizzate quelle più collaudate e sperimentate.

Nel presente elaborato, essendo prettamente di carattere geologico, verrà fornito un modello stratigrafico con una parametrizzazione in termini di valori medi dei singoli strati; il modello geotecnico di riferimento dovrà essere, infatti, correttamente definito nella "Relazione geotecnica", dove dovranno essere definiti il volume significativo e riportati i valori caratteristici dei parametri geotecnici basati sulle indagini e prove eseguite in funzione della tipologia di fondazione.

Strato	Stato di addensamento e consistenza	$\gamma_{d_m}$	$\gamma_{sat_m}$	$\Phi'_m$	$Cu_m$
		t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>	°	Kg/cm <sup>2</sup>
<b>UL1</b>	Moderatamente addensato	1,7	2,0	30,0	0,0
<b>UL2</b>	Da moderatamente addensato a consistente	2,0	2,2	28,7	0,6
<b>UL3</b>	Molto addensato	1,8	2,1	32,0	0,0
<b>UL4</b>	Molto addensato	1,8	2,1	32,5	0,0
<b>UL5</b>	Da moderatamente addensato a consistente	2,0	2,2	28,5	0,6

dove:

$\gamma_{d_m}$ : peso di volume secco

$\gamma_{sat_m}$ : peso di volume saturo

$\Phi'_m$ : angolo di attrito interno efficace

$C'_m$ : coesione efficace

$\phi_{u_m}$ : angolo di attrito interno non drenato

$Cu_m$ : coesione non drenata

### 12.2.3 Valori caratteristici

I valori caratteristici ai sensi del D.M. 17.01.2018, che dovranno essere definiti in una specifica “Relazione geotecnica” in seguito alla definizione della tipologia e delle caratteristiche dimensionali delle opere di fondazione, saranno quindi ottenuti da una stima dei parametri di resistenza al taglio del terreno (coesione  $C'_k$ , coesione non drenata  $C_{uk}$  e angolo di attrito  $\Phi_k$ ) a partire dai quali si determinano i valori di progetto per il calcolo della resistenza  $R_d$  del terreno, ricavati mediante la seguente espressione:

$$f_k = f_m \cdot (1 - 1.645 \cdot V_f)$$

dove:

$f_k$ : valore caratteristico del parametro

$f_m$ : valore medio

$V_f$ : coefficiente di variazione del parametro (COV) definito come il rapporto tra lo scarto quadratico medio e la media dei valori del parametro considerato.



## 13 PRIME INDICAZIONI SULLE OPERE DI FONDAZIONE E DI SOSTEGNO

### 13.1 Premessa

Nel pieno rispetto del § 2.1. “*Principi fondamentali*” delle NTC/2018, le opere e le componenti strutturali devono 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 dalle norme vigenti. Le opere e le varie tipologie strutturali dovranno possedere i seguenti requisiti a seconda della tipologia progettuale prevista:

- 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.

I principali Stati Limite Ultimi sono elencati nel seguito:

- perdita di equilibrio della struttura o di una sua parte, considerati come corpi rigidi;
- spostamenti o deformazioni eccessive;
- raggiungimento della massima capacità di parti di strutture, collegamenti, fondazioni;
- raggiungimento della massima capacità della struttura nel suo insieme;
- raggiungimento di una condizione di cinematisma irreversibile;
- raggiungimento di meccanismi di collasso nei terreni;
- rottura di membrane e collegamenti per fatica;
- rottura di membrane e collegamenti per altri effetti dipendenti dal tempo;
- instabilità di parti della struttura o del suo insieme.

Altri stati limite ultimi sono considerati in relazione alle specificità delle singole opere; in presenza di azioni sismiche, gli Stati Limite Ultimi comprendono gli Stati Limite di salvaguardia della Vita (SLV) e gli Stati Limite di prevenzione del Collasso (SLC), come precisato nel § 3.2.1 delle NTC/2018.

I principali Stati Limite di Esercizio sono elencati nel seguito:

- danneggiamenti locali (ad es. eccessiva fessurazione del calcestruzzo) che possano ridurre la durabilità della struttura, la sua efficienza o il suo aspetto;
- spostamenti e deformazioni che possano limitare l'uso della costruzione, la sua efficienza e il suo aspetto;
- spostamenti e deformazioni che possano compromettere l'efficienza e l'aspetto di elementi non strutturali, impianti, macchinari;
- vibrazioni che possano compromettere l'uso della costruzione;
- danni per fatica che possano compromettere la durabilità;
- corrosione e/o degrado dei materiali in funzione del tempo e dell'ambiente di esposizione che possano compromettere la durabilità.

Altri stati limite sono considerati in relazione alle specificità delle singole opere; in presenza di azioni sismiche, gli Stati Limite di Esercizio comprendono gli Stati Limite di Operatività (SLO) e gli Stati Limite di Danno (SLD), come precisato nel § 3.2.1 delle NTC2018.

Disponendo dei carichi indotti dalle opere e dalle strutture, nonché dei parametri caratteristici e di progetto forniti, allo stato attuale non ancora definiti, dovranno essere effettuate dal Progettista le

verifiche ai diversi stati limite del sistema geotecnico per le diverse combinazioni. Le NTC/18 prevedono, infatti, che le verifiche di sicurezza nei confronti degli stati limite ultimi per le opere e i sistemi geotecnici, possano essere eseguite utilizzando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi (Approccio 1 e Approccio 2).

Per una fondazione superficiale vi è una sola verifica geotecnica agli stati limite ultimi da eseguire cioè la verifica di capacità portante, ovvero la verifica dello stato limite di collasso per raggiungimento del carico limite della fondazione. Pertanto deve essere rispettata la condizione sotto riportata dove  $E_d$  è il valore di progetto dell'azione nelle varie combinazioni di carico e  $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico sopra indicato  $R_d \geq E_d$

Le verifiche allo SLU di tipo geotecnico (GEO) nei confronti del collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno dovranno quindi essere eseguite utilizzando i valori dei coefficienti parziali riportati nelle seguenti tabelle delle NTC/2018:

- Tab. 6.2.I-Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni
- Tab. 6.2.II-Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno
- Tab. 6.4.I-Coefficienti parziali R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

### 13.2 Prescrizioni relative alle opere di fondazione

In riferimento a quanto emerso dalle indagini e verifiche eseguite, nonché al modello geologico di riferimento individuato in via preliminare (vedasi "*Sezione stratigrafica e litotecnica schematica interpretativa*" presente in allegato), è possibile individuare le seguenti Unità Litologiche, riportate in tabella, in funzione dell'idoneità all'utilizzo come piano di appoggio ad opere fondazionali.

Unità litologica	Descrizione interpretativa	Idoneità all'utilizzo come piano di appoggio e/o immorsamento ad opere fondazionali
<b>UL1</b>	Materiale di riporto antropico costituito da sabbie, ghiaie e materiali edili	Inidoneo ad essere utilizzato in alcun caso come piano di appoggio ad opere fondazionali e/o di contenimento
<b>UL2</b>	Limo argilloso sabbioso, limo sabbioso argilloso e argilla di colore ocra	Inidoneo ad essere utilizzato in alcun caso come piano di appoggio ad opere fondazionali e/o di contenimento
<b>UL3</b>	Sabbia con ghiaia di colore ocra e ciottoli	Idoneo ad essere utilizzato come piano di appoggio ad opere fondazionali di tipo diretto e continuo del tipo platea
<b>UL4</b>	Sabbia debolmente ghiaiosa di colore ocra	Idoneo ad essere utilizzato come piano di immorsamento ad opere fondazionali di tipo indiretto
<b>UL5</b>	Limo argilloso sabbioso, limo sabbioso argilloso e argilla di colore grigio	Inidoneo ad essere utilizzato in alcun caso come piano di appoggio ad opere fondazionali e/o di contenimento

In base alle caratteristiche dei terreni presenti in sito, ipotizzando opere fondazionali correttamente dimensionate, la rottura del terreno è ampiamente verificata; per questo motivo 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. Pertanto, 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 le indagini.

Al fine di verificare la tipologia dei terreni utilizzati come piano di appoggio alle opere fondazionali delle strutture presenti nel sito d'intervento, nonché la profondità di appoggio e le caratteristiche costruttive, si consiglia di realizzare un pozzetto esplorativo in aderenza alle opere fondazionali.

### **13.3 Prescrizioni relative alle opere di sostegno provvisionali e di contenimento**

#### **13.3.1 Premessa**

In base alla tipologia di opere previste (opere di fondazioni ed opere di contenimento), si individuano le seguenti tecnologie possibili di realizzazione dello scavo:

- utilizzo dello scavo manuale, la cui esecuzione deve essere ricondotta ad interventi di estensione limitata e comunque per profondità non superiore a mezzo metro, sia quando venga effettuato in superficie che sul fondo dello scavo;
- utilizzo di macchine movimento terra per l'effettuazione di scavi tradizionali a cielo aperto.

Con il termine movimento terra si intendono tutte quelle attività riguardante la modifica superficiale del terreno: esse sono costituite da una serie di fasi che necessitano di attente valutazioni al fine di evitare l'insorgere di situazioni a rischio.

I movimenti terra si distinguono in riporti di terreno e scavi; gli scavi si differenziano in quelli a cielo aperto e in quelli sotterranei. Gli scavi previsti dagli interventi in progetto sono a cielo aperto e comprendono:

- scavi in aree non antropizzate: scavi di splateamento e/o sbancamento;
- scavi in aree antropizzate (aree urbane e/o in presenza di sottoservizi): scavi a sezione obbligata per trincee, sottomurazioni o fondazioni.

Negli scavi di splateamento e di sbancamento possono verificarsi problemi di stabilità, dovuti alla variabilità delle caratteristiche strutturali e di composizione dei terreni presenti in sito.

Negli scavi a sezione obbligata per la realizzazione di trincee, pozzi, sottomurazioni e fondazioni, dove la sezione dello scavo è vincolata allo stato dei luoghi e/o alla presenza di strutture o servizi, e i fronti si presentano verticali o subverticali, la sezione ristretta è fonte di pericolo per il distacco di blocchi di terreno dalla pareti, per la limitatezza della via di fuga e per la bassa velocità di scampo consentita agli operatori, in caso di pericolo, per raggiungere un luogo sicuro.

#### **13.3.2 Sistemi ed opere di sostegno provvisionali**

I sistemi provvisionali di sostegno e di protezione devono garantire la resistenza alle sollecitazioni provocate da:

- pressione del terreno;
- strutture adiacenti lo scavo;
- carichi addizionali e vibrazioni (materiale in deposito, traffico di automezzi, ecc.).

Le strutture di sostegno devono essere installate a contatto diretto con la superficie di scavo e lo spazio tra l'armatura e la parete del terreno deve essere riempito con materiale di rincalzo tale da garantire il contrasto. La scelta del tipo di armatura e del materiale da utilizzare dipende principalmente:

- dalla natura del terreno;
- dal contesto ambientale;
- dalla tipologia di scavo da eseguire.

L'armatura deve comunque possedere le seguenti caratteristiche:

- essere realizzata in modo da evitare il rischio di seppellimento:

- in un terreno incoerente la procedura deve consentire di disporre armature parziali tali da permettere di raggiungere in sicurezza la profondità richiesta nel terreno;
- in un terreno dotato di coesione, in cui lo scavo può essere realizzato in avanzamento continuo fino alla profondità desiderata, la procedura deve prevedere la collocazione di un sistema di protezione prima che i lavoratori addetti accedano allo scavo;
- essere sufficientemente resistente da opporsi, senza deformarsi o rompersi, alla pressione esercitata dal terreno sulle pareti dello scavo;
- essere realizzata in modo da poter sopportare, senza deformarsi, anche carichi asimmetrici del terreno.

Il soddisfacimento di queste condizioni permette di realizzare dei moduli di protezione simili ad una gabbia di sicurezza.

La protezione dello scavo a cielo aperto, in presenza di pareti verticali, deve essere effettuata con sistemi di armatura e di puntellazione delle stesse con elementi di sostegno realizzati in legno o in acciaio. L'utilizzo di sistemi metallici prefabbricati modulari e testati secondo normativa tecnica, consente vantaggi maggiori rispetto a quelli realizzati in legno in cantiere che si concretizzano in: facilità di posa, recupero dopo posa, profili di notevole inerzia, differenti forme geometriche, moduli di larghezza diversa, scelta delle caratteristiche di resistenza in base alla distanza del puntello di base e della larghezza interna di puntellazione, ambienti di diversa natura con o senza presenza di acqua.

In base alle caratteristiche dei terreni presenti, nonché alle condizioni morfologiche del sito, alla luce degli interventi previsti, si dispone che per ogni fronte di scavo e/o sbancamento in previsione, nonché per ogni riporto antropico, con altezza superiore a 1,5 m, si provveda alla realizzazione di sistemi ed opere di sostegno provvisori, in grado di opporsi alle spinte dei terreni, adeguatamente dimensionate e verificate ai sensi della vigente normativa in materia. 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.

Ai fini di evitare dissesti o crolli localizzati, i lavori di scavo e sbancamento dovranno interessare fronti di scavo di lunghezza limitata (3-5 m), avendo cura di predisporre un'adeguata copertura dei fronti con teli impermeabili ad elevata resistenza, adeguatamente picchettati, in particolar modo in caso di maltempo che possa far presagire l'avvento di precipitazioni meteoriche o eventi temporaleschi.

Il Progettista delle strutture, relativamente ai sistemi ed opere di sostegno provvisori, 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 (NTC/2018).

### 13.3.3 Opere di contenimento definitive

Le opere di contenimento definitive le cui caratteristiche non sono ancora definite nel dettaglio, dovranno essere dimensionate e verificate dal Progettista utilizzando i diversi stati limite previsti dalle NTC/18; dovrà inoltre essere attentamente verificata la stabilità dell'opera di sostegno e del complesso opera – terreno nelle condizioni corrispondenti alle diverse fasi costruttive ed al termine della costruzione. Le verifiche di sicurezza nei confronti degli stati limite ultimi per le opere e i sistemi geotecnici dovranno quindi essere eseguite utilizzando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi (Approccio 1 e Approccio 2).

Le strutture ed opere di contenimento sono soggette a spinte orizzontali dovute oltre che dal terreno circostante, anche dalle pressioni interstiziali dovute alla presenza di acqua connessa ad una circolazione sub-superficiale. Per tale motivo, a tergo di tali opere, dovrà essere realizzato un sistema di intercettazione, drenaggio e smaltimento delle acque (es. tubi dreno, barbacani, canne drenanti sub – orizzontali) connesso ad un ricettore finale che dovrà essere verificato al fine di attestare l'idoneità a ricevere le aliquote idriche provenienti dai drenaggi.

Il Progettista delle opere, relativamente alle opere di contenimento, 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 (NTC/2018).

## 14 INDICAZIONI E PRESCRIZIONI DI CARATTERE GEOLOGICO

Alla luce delle indagini e verifiche eseguite, si riportano alcune indicazioni e prescrizioni ai fini della salvaguardia del territorio e dell'area d'intervento nonché delle opere esistenti ed in previsione, da ottemperare nelle diverse fasi progettuali e durante l'esecuzione dei lavori. Particolare attenzione dovrà essere posta in fase di progettazione definitiva/esecutiva, adottando provvedimenti che mitigano il rischio nelle aree esistenti, con particolare riferimento al mantenimento dell'efficienza della rete scolante e di smaltimento delle acque meteoriche, il cui corretto dimensionamento ed adeguatezza rappresentano i fattori principali per la stabilità e la sicurezza dei luoghi. In linea generale occorrerà prevedere accorgimenti tecnici che non peggiorino la situazione, evitando un eccesso di impermeabilizzazione del suolo e l'occlusione dei canali esistenti, compensando i nuovi interventi con opere adeguate di regimazione delle acque.

### 14.1 Progettazione definitiva/esecutiva

#### 14.1.1 Scavi, opere provvisoriale, opere di sostegno ed opere di contenimento

- Il Progettista degli interventi e delle strutture, sulla base del modello geotecnico del sottosuolo, dovrà realizzare delle soluzioni progettuali, nel pieno rispetto della normativa in materia (NTC/2018), che comprendano la previsione quantitativa degli effetti direttamente indotti dagli scavi al contorno dello scavo ed in superficie, con riferimento anche agli scavi poco profondi in ambienti urbanizzati, da cui deve derivare la scelta del metodo e delle tecniche di scavo e degli eventuali interventi di miglioramento e rinforzo in fase di avanzamento. Dovrà inoltre dimensionare e verificare i rivestimenti di prima fase e definitivi.
- Il Progettista degli interventi e delle strutture dovrà provvedere alla progettazione, nel pieno rispetto della normativa in materia (NTC/2018), di tutte le opere di contenimento e di sostegno in modo tale che rispettino gli standard di sicurezza previsti dalla normativa, contrastando quindi le forze agenti dovute al terreno e le pressioni neutre generate dalla presenza di acqua legata ad una circolazione sotterranea. Dovrà inoltre essere attentamente verificata la stabilità dell'opera di sostegno e del complesso opera – terreno nelle condizioni corrispondenti alle diverse fasi costruttive ed al termine della costruzione.
- Il Progettista degli interventi e delle strutture, relativamente agli scavi, opere provvisoriale, opere di sostegno ed opere di contenimento, dovrà eseguire tutte le verifiche ai fini della valutazione delle prestazioni attese nei confronti dei diversi Stati Limite strutturali (STR) e geotecnici (GEO) utilizzando gli approcci previsti dalla vigente normativa in materia (NTC/2018).

#### 14.1.2 Opere fondazionali

- Il Progettista degli interventi e delle strutture, relativamente alle opere fondazionali, dovrà eseguire tutte le verifiche ai fini della valutazione delle prestazioni attese nei confronti dei diversi Stati Limite strutturali (STR) e geotecnici (GEO) utilizzando gli approcci previsti dalla vigente normativa in materia (NTC/2018).

#### 14.1.3 Prescrizioni generali

- Il Progettista degli interventi e delle strutture dovrà seguire quanto prescritto nella presente relazione, avendo cura, una volta redatto il progetto esecutivo delle strutture, di provvedere all'esecuzione di tutte le verifiche delle prestazioni attese nei confronti dei diversi Stati Limite strutturali (STR) e geotecnici (GEO) utilizzando gli approcci previsti dalla vigente normativa in materia (NTC/2018) relativamente alle opere fondazionali e di contenimento, tenendo conto dell'interazione tra strutture e terreni.
- Il Progettista degli interventi e delle strutture dovrà valutare i possibili effetti negativi che si potrebbero creare a seguito della realizzazione delle opere e degli interventi previsti sui manufatti attigui e sull'ambiente circostante.
- Il Progettista degli interventi e delle strutture dovrà confrontarsi sugli aspetti geologici e geotecnici con il Geologo redattore della relazione geologica, al fine che possano essere valutate in modo adeguato le soluzioni progettuali proposte, al fine di evitare problematiche di carattere geologico.

- Il Progettista degli interventi e delle strutture, sulla base delle caratteristiche progettuali esecutive delle opere e delle strutture, dovrà predisporre, in caso di necessità, in collaborazione con il Geologo, il piano delle indagini integrative che dovranno riguardare il volume significativo definitivo, ovvero la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso.
- Il Progettista incaricato della redazione della relazione geotecnica relativamente agli aspetti di verifica delle fondazioni e delle strutture, in fase di progettazione esecutiva, dovrà tener conto delle risultanze delle eventuali indagini integrative eseguite, tarate sul modello geotecnico definitivo associato.
- Il Progettista degli interventi e delle strutture dovrà progettare un adeguato sistema di gestione delle acque meteoriche dirette, di ruscellamento superficiale e sotterranee, collegato ad un ricettore finale, verificando l'effettiva capacità di ricevere le aliquote idriche previste, in modo tale da garantire un adeguato margine di sicurezza del lotto d'intervento sia in fase di realizzazione dei lavori che a lavori ultimati.

## **14.2 Fase di cantiere ed esecuzione lavori**

### **14.2.1 Scavi, opere provvisoriale, opere di sostegno ed opere di contenimento**

- Alla luce della natura dei terreni, anche in relazione a possibili fenomeni meteorici, infiltrazioni, fenomeni di gelo o disgelo, etc. occorrerà provvedere al sostegno preliminare del terreno mediante opere provvisoriale e successivamente definitive.
- Per evitare fenomeni di dissesto e scoscendimento dei terreni, per quanto concerne la stabilità dei fronti di scavo o sbancamento con altezza inferiore a 1,5 m, se non contrastati, dovranno presentare un'inclinazione pari all'angolo di attrito del terreno di riferimento. Tutti i fronti con altezza superiore a 1,5 m dovranno invece essere sostenuti preliminarmente da opere di sostegno provvisoriale in grado di sostenere lo scavo per la sola durata del cantiere, dal momento che per il sostegno finale degli scavi avverrà mediante opere di contenimento definitive.
- Gli scavi e gli sbancamenti con tagli superiore a 1,5 m dovranno essere eseguiti con profilo a scarpata e con tutti gli accorgimenti necessari ad evitare il franamento, procedendo a campioni limitati a 4-5 m di lunghezza. La prosecuzione avverrà soltanto al completamento, e maturazione, delle relative opere di sostegno.
- Idonee armature e precauzioni devono essere adottate nelle sottomurazioni e quando in vicinanza dei relativi scavi vi siano fabbricati e/o manufatti le cui fondazioni possano essere scoperte o indebolite dagli scavi.
- Gli scavi e gli sbancamenti dovranno essere eseguiti in periodi asciutti avendo cura di proteggere a fine giornata i fronti di scavo ancora aperti con teli impermeabili adeguatamente picchettati nel terreno, in modo da evitare fenomeni di ruscellamento ad opera delle acque meteoriche che potrebbero innescare scoscendimenti e franamenti.
- Nei lavori di escavazione con mezzi meccanici deve essere vietata la presenza degli operai nel campo di azione dell'escavatore e sul ciglio del fronte di attacco.
- I mezzi di scavo e di trasporto del materiale non dovranno sostare in prossimità dei fronti di scavo al fine di evitare vibrazioni dannose per la stabilità ed evitare il rischio di crolli.
- Nella infissione di pali e tiranti devono essere adottate misure e precauzioni per evitare che gli scuotimenti del terreno producano lesioni o danni alle opere vicine con pericolo per i lavoratori.
- I mesi in cui è evidente una risalita della falda vanno da fine aprile a fine agosto in corrispondenza del periodo di irrigazione delle risaie. Mentre i periodi in cui la falda è più profonda vanno da Novembre a Marzo. In quest'ultimo periodo è consigliato eseguire i lavori di scavo per evitare di intercettare la falda superficiale.
- Le acque uscenti dai sistemi di gestione delle acque meteoriche e dalle opere di drenaggio realizzate a tergo delle opere di sostegno e contenimento dovranno essere convogliate al di fuori dell'area di cantiere all'interno di un ricettore finale idoneo ad ospitare tali apporti idrici.

#### 14.2.2 Opere fondazionali

- In seguito all'apertura degli scavi e/o alle operazioni di splanteamento preliminari alla realizzazione del piano di appoggio delle opere fondazionali, occorrerà verificare con cura le caratteristiche litologiche, fisico-meccaniche e geotecniche dei terreni che costituiscono il piano fondazionale, se necessario mediante prove in sito, valutando, in caso di disomogeneità o anomalie, il ricorso ad indagini supplementari. Occorrerà valutare anche l'eventuale presenza di venute idriche sotterranee.
- Il piano di posa degli elementi strutturali di fondazione dovrà essere dapprima regolarizzato mediante asportazione della porzione più superficiale soggetta a gelivazione o comunque mediante asportazione dello spessore di terreno previsto da progetto, e successivamente regolarizzato con materiale misto stabilizzato adeguatamente rullato e costipato mediante rullo compattatore, fino ad ottenere le caratteristiche geotecniche di progetto, su cui verrà appoggiata la fondazione in previsione.
- I terreni utilizzati come piano di appoggio delle opere fondazionali dovranno presentare caratteristiche litologiche e geotecniche omogenee anche in termini di resistenza. Infatti, in caso di eccessiva disomogeneità dei terreni (specie in corrispondenza di settori non pianeggianti) potranno crearsi fenomeni di assestamento con l'innescò di cedimenti di tipo differenziale che porterebbero a ripercussioni sulla struttura.

#### 14.2.3 Prescrizioni generali

- Il Geologo, in caso di occorrenza, se richiesto dalla Direzione Lavori o dalla Committenza potrà fornire un ausilio ed un supporto diretto ai fini dell'analisi e della definizione, in corso d'opera, di eventuali situazioni locali non identificabili in maniera preventiva in fase progettuale apportando eventuali ottimizzazioni ed adeguamenti esecutivi da realizzare in fase esecutiva. Sarà quindi possibile fornire un supporto diretto in caso di problematiche legate a criticità geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e geotecniche, al fine di evitare problematiche che potrebbero venire a crearsi nel caso di prosieguo degli interventi e dei lavori, senza provvedere ad una modifica o correzione degli stessi in funzione della situazione riscontrata.
- Il Geologo, in caso di occorrenza, se richiesto dalla Direzione Lavori o dalla Committenza potrà fornire un'attività di supervisione diretta e continuativa dell'area di cantiere, sia in fase di controllo e monitoraggio, che di verifica.

*Le attività di competenza del Geologo da redigersi nelle diverse fasi sopra indicate non rientrano tra quelle previste nella stesura del presente elaborato, pertanto, nel caso si optasse per l'affidamento allo scrivente, dovranno essere soggette a specifico incarico professionale.*

## 15 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La presente relazione geologica è stata redatta, al fine di ottemperare a quanto previsto dal D.M. 17.01.2018 e dalle NTA del vigente P.R.G.C., a supporto del progetto definitivo, relativo al seguente progetto: "Sostituzione bacino e rilancio della rete idrica", da realizzarsi nel Comune di Casalino (NO) - Via San Pietro n. 3, nell'ambito dell' "Accordo Quadro con due operatori per l'affidamento dei servizi tecnici di progettazione, assistenza al RUP, Direzione Lavori, assistenza lavori, collaudi, Coordinatore in fase di progettazione (CSP) e/o di coordinatore in fase di esecuzione (CSE) ad esclusione della parte depurazione acque reflue. 2020\_04 Rì".

Gli studi, i rilievi e le indagini, eseguite nell'ambito territoriale di possibile influenza degli interventi e delle opere in previsione hanno avuto pertanto la finalità di illustrare il contesto geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico del sito di progetto, di individuare eventuali criticità e di fornire le indicazioni preliminari relative alle problematiche geologiche e geotecniche che dovranno essere affrontate nell'ambito della progettazione ed esecuzione delle future opere, valutando in base al quadro dissestivo, vincolistico e pianificatorio in ambito geologico, la fattibilità degli interventi anche sulla base di una serie di sopralluoghi, indagini e prove eseguite in sito.

Sulla base dei rilievi, delle indagini e verifiche eseguite, tenendo conto delle caratteristiche geomorfologiche, idrogeologiche e di rischio idraulico e geomorfologico dei luoghi, in funzione della tipologia di opere previste, si può attestare la compatibilità e fattibilità degli interventi, nel pieno rispetto delle indicazioni e prescrizioni fornite, finalizzate alla tutela e salvaguardia del territorio.

Dott. Geol. Andrea FERRAROTTI



## 16 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI, CARTOGRAFICI E DOCUMENTALI

- ☐ AA. VV., 2001. INTERREG II C Italia – Francia. Gestione del territorio e prevenzione delle inondazioni. Descrizione dei principali eventi alluvionali del Piemonte, della Liguria e della Spagna nord orientale
- ☐ Arpa Piemonte, Regione Piemonte. Gli eventi alluvionali in Piemonte
- ☐ Arpa Piemonte, 2018. ReRCoMF. Rete Regionale di Controllo Movimenti Franosi
- ☐ AdPo, P.A.I. Piano di Assetto Idrogeologico del fiume Po
- ☐ Arpa Piemonte - Studi e ricerche geologiche, Sistema Informativo Prevenzione rischi, 2003. Eventi alluvionali in Piemonte 2000 - 2002: 13-16 ottobre 2000
- ☐ Bortolami G. et al., 1976. Lineamenti di litologia e geoidrologia del settore piemontese della pianura padana. I.R.S.A., 28/1, 37 pp.
- ☐ Gruppo di Lavoro MPS, 2004. Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.
- ☐ INGV, 2015. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani
- ☐ ISPRA, 2018. Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia)
- ☐ Regione Piemonte - Settore Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico, 1990. Banca Dati Geologica
- ☐ Regione Piemonte, 2018 – Piano Tutela delle Acque
- ☐ Spallarossa D., Barani S., 2007. Disaggregazione della pericolosità sismica in termini di M-R-ε. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D14.

**17 REPORT ED ALLEGATI**



# CARTA DI INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO (BDTRE PIEMONTE)



Scala: 1:5.000

Comune: Casalino

Provincia: Novara

Estratto:  
BDTRE - Regione Piemonte

Ubicazione area d'indagine

# CARTA DI INQUADRAMENTO FOTOGRAFICO AEREO



Scala: 1:5.000

Comune: Casalino

Provincia: Novara

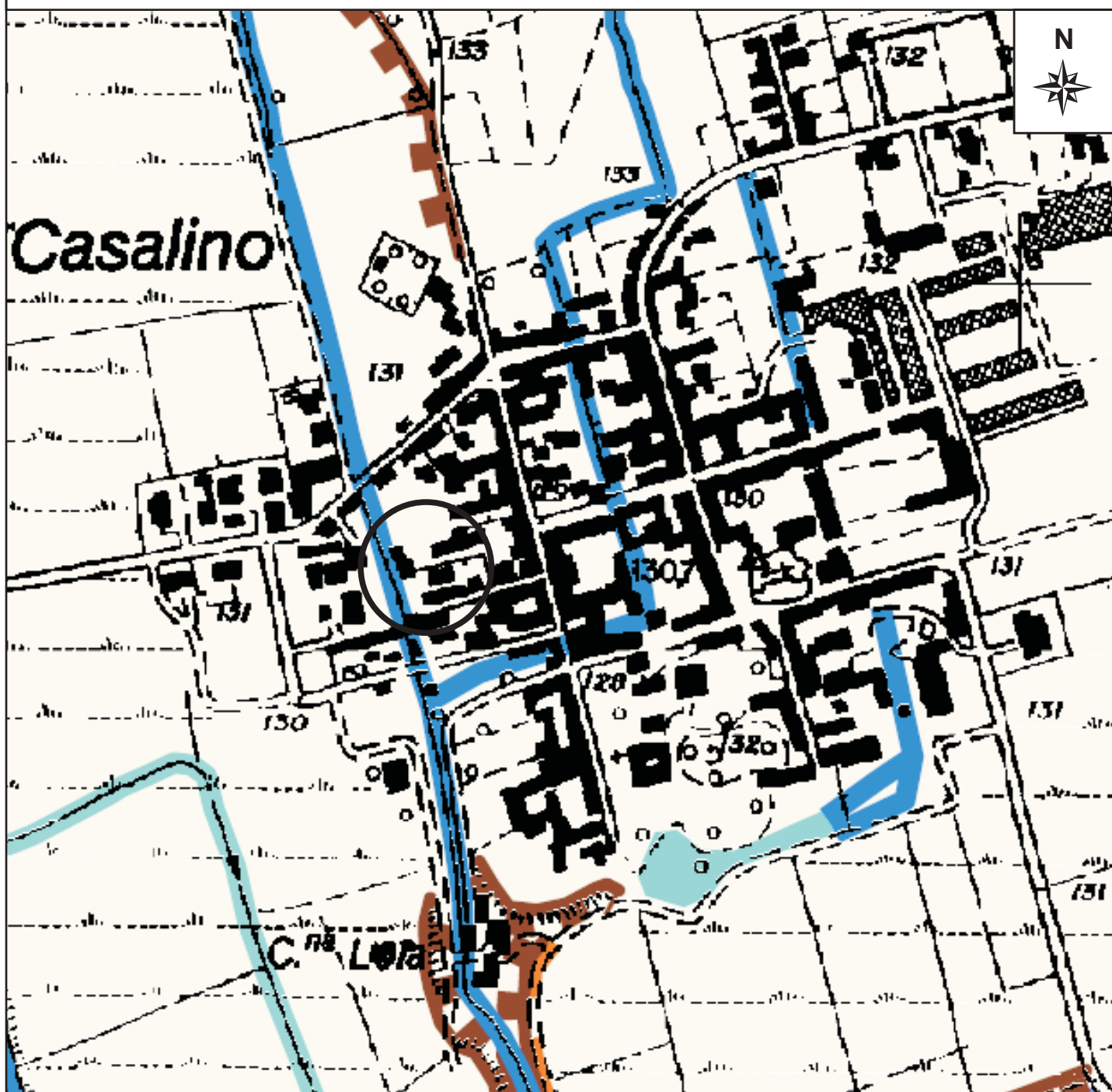
Estratto:  
Ortofoto Regione Piemonte



Ubicazione area d'indagine



# CARTA GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E DEI DISSESTI (P.R.G.C.)



Scala: 1:10.000


Comune: Casalino

Provincia: Novara

Estratto:

Carta geologica, geomorfologica  
e dei dissesti

P.R.G.C.

 Ubicazione area d'indagine



- Depositi fluvioglaciali würmiani



- Orlo di terrazzo morfologico (delimitato da scarpata di altezza variabile tra 0,5 e 5 m)



- Traccia di terrazzo morfologico rilevabile solo da fotointerpretazione



- Aree depresse soggette ad acque di esondazione di moderata pericolosità e a bassa energia (battenti idrici inferiori a 40 cm)



- Aree rispetto alle quali si hanno informazioni sul loro coinvolgimento durante l'evento alluvionale degli anni 2000 e 2002. L'altezza dei battenti idrici indicata sarebbe stata pari a 0,50 m circa (fonte: Ares Piemonte)

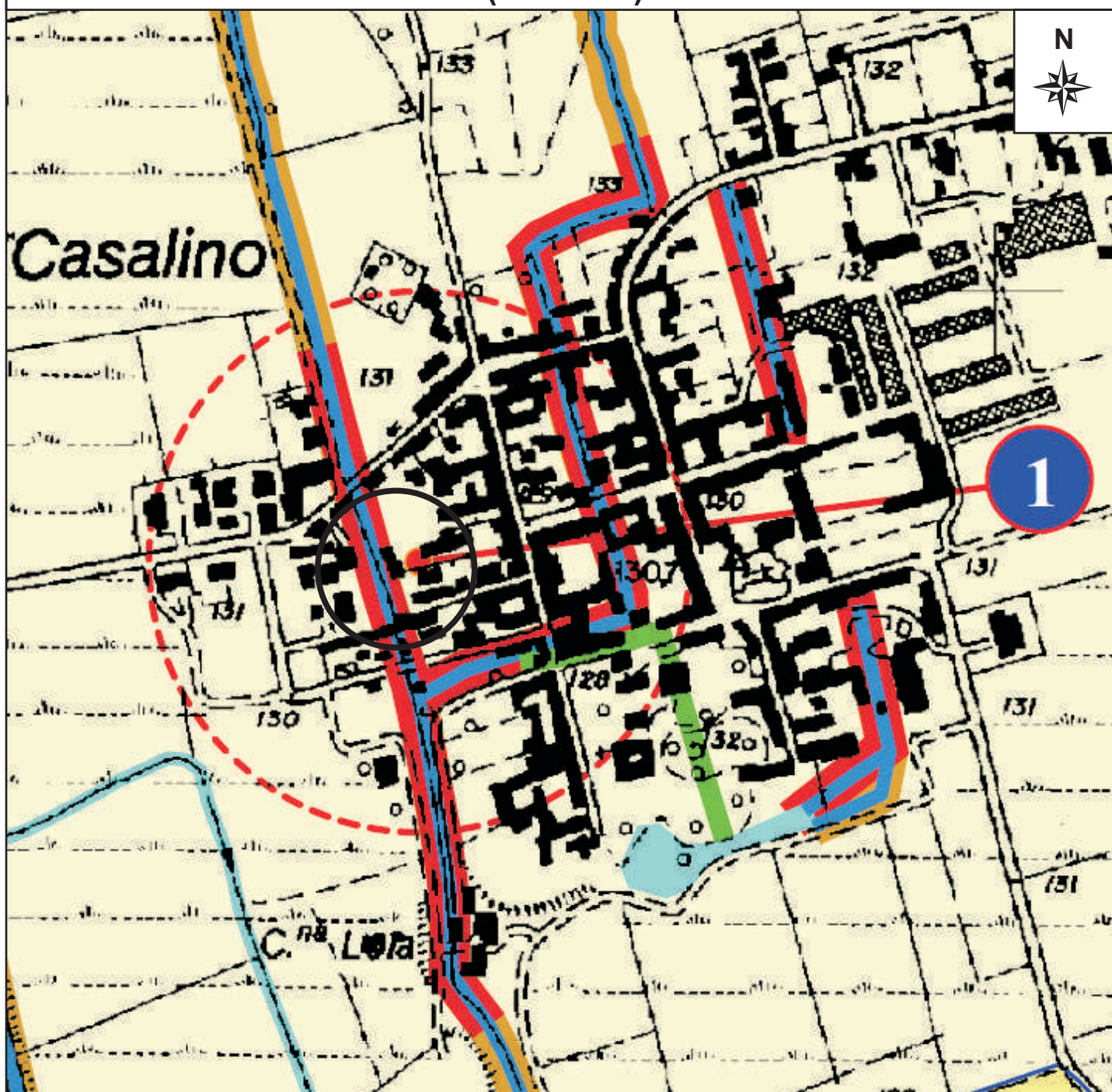


- Alvei demaniali



- Reticolo idrografico minore (alvei non demaniali)

# CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA E DELL'IDONEITA' ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA (P.R.G.C.)



Scala: 1:5.000

Comune: Casalino

Provincia: Novara

Estratto:

Carta di sintesi base CTR  
P.R.G.C.

II	a	<p>Arece caratterizzate dalla presenza di terreni sabbioso-gliaiosi con caratteristiche geotecniche buone e/o da scarpate con altezza compresa tra 0,5 metri e 3,0 metri. La soggiacenza della falda freatica è pari o inferiore a 3,0 metri e periodicamente sub-affiorante.</p>	<p>Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione ed il rispetto di modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livello di norme di attuazione ispirate al D. M. 11 Marzo 1988 e realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio. Tali interventi non dovranno in alcun modo incidere negativamente sulle aree limitrofe, né condizionarne la propensione all'edificabilità.</p>
	d	<p>Arece caratterizzate da condizioni di moderata pericolosità geomorfologica. Arece potenzialmente allagabili per fenomeni di trascinamento del reticolato idrografico, eventualmente associate a possibili rigurgiti della rete fognaria. Falda freatica prossima al p.e..</p>	
III	b <sub>4</sub>	<p>Arece edificate comprese nelle fasce di rispetto dei canali demaniali, come previste dall'Art. 96 - punto f) del R. D. n°523/1904.</p>	<p>Porzioni di territorio edificate nelle quali gli elementi di pericolosità geologica e di rischio sono tali da imporre in ogni caso interventi di riassetto territoriale di carattere pubblico a tutela del patrimonio urbanistico esistente. In assenza di tali interventi di riassetto saranno consentite solo trasformazioni che non aumentino il carico antropico quali, a titolo di esempio, interventi di manutenzione straordinaria, risanamento conservativo, ecc.; per le opere di interesse pubblico non altrimenti localizzabili varrà quanto previsto dall'Art. 31 della L.R. 36/77. Nuove opere o nuove costruzioni saranno ammesse solo a seguito dell'attuazione degli interventi di riassetto e della avvenuta eliminazione e/o minimizzazione della pericolosità. Gli strumenti attuativi del riassetto idrogeologico e i piani comunali di Protezione Civile dovranno essere reciprocamente coerenti.</p>

1

- Pozzo comunale ubicato nel Capoluogo



# CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA E DELL'IDONEITA' ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA (P.R.G.C.)



Scala: 1:5.000

Comune: Casalino

Provincia: Novara

Estratto:

Carta di sintesi base catastale  
P.R.G.C.

## SOTTOCLASSI

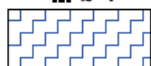
**II a**



(retino giallo barrato  
obliquo pieno)

## SOTTOCLASSE

**III b 4**



(retino blu zig zag)

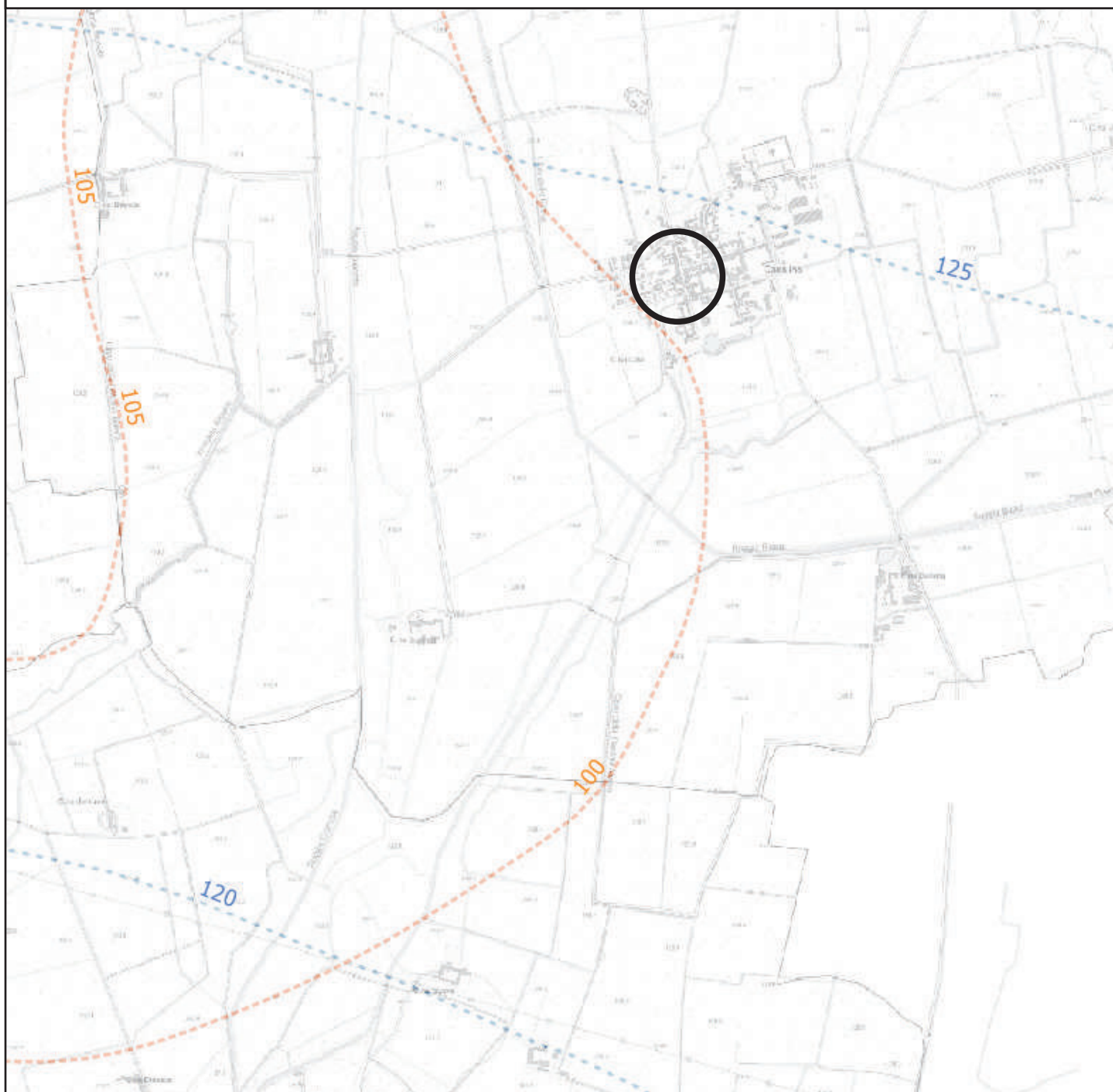
Aree caratterizzate dalla presenza di terreni sabbiosi ghiaiosi con caratteristiche geotecniche buone o scarpate con altezza compresa tra 0,50 metri e 3,00 metri. La falda freatica ha soggiacenza pari o inferiore a 3,0 metri ed è periodicamente subaffiorante. Aree soggette a fenomeni di ristagno idrico per difficoltà di drenaggio delle acque meteoriche verso le linee di deflusso superficiale

Aree edificate comprese nelle fasce di rispetto dei canali demaniali come previste dall'art. 96 punto f) del R.D. nr 523/1904

*Anche a seguito della realizzazione di opere di sistemazione, indispensabili per la difesa dell'esistente, non sarà possibile alcun incremento del carico antropico*



# CARTA IDROGEOLOGICA (P.T.A. REGIONE PIEMONTE)





Scala: 1:5.000

Comune: Casalino

Provincia: Novara

Estratto:  
Carta idrogeologica  
PTA Regione Piemonte

-  Linee isopiezometriche falda superficiale e relativa quota espressa in m s.l.m.
-  Isolinee base acquifero superficiale e relativa quota espressa in m s.l.m.

# UBICAZIONE INDAGINI E PROVE GEOGNOSTICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE



Scala: 1:100

Comune: Casalino

Provincia: Novara

**Sn**  
●

Sondaggio geognostico

**A-----B** Indagine sismica MASW









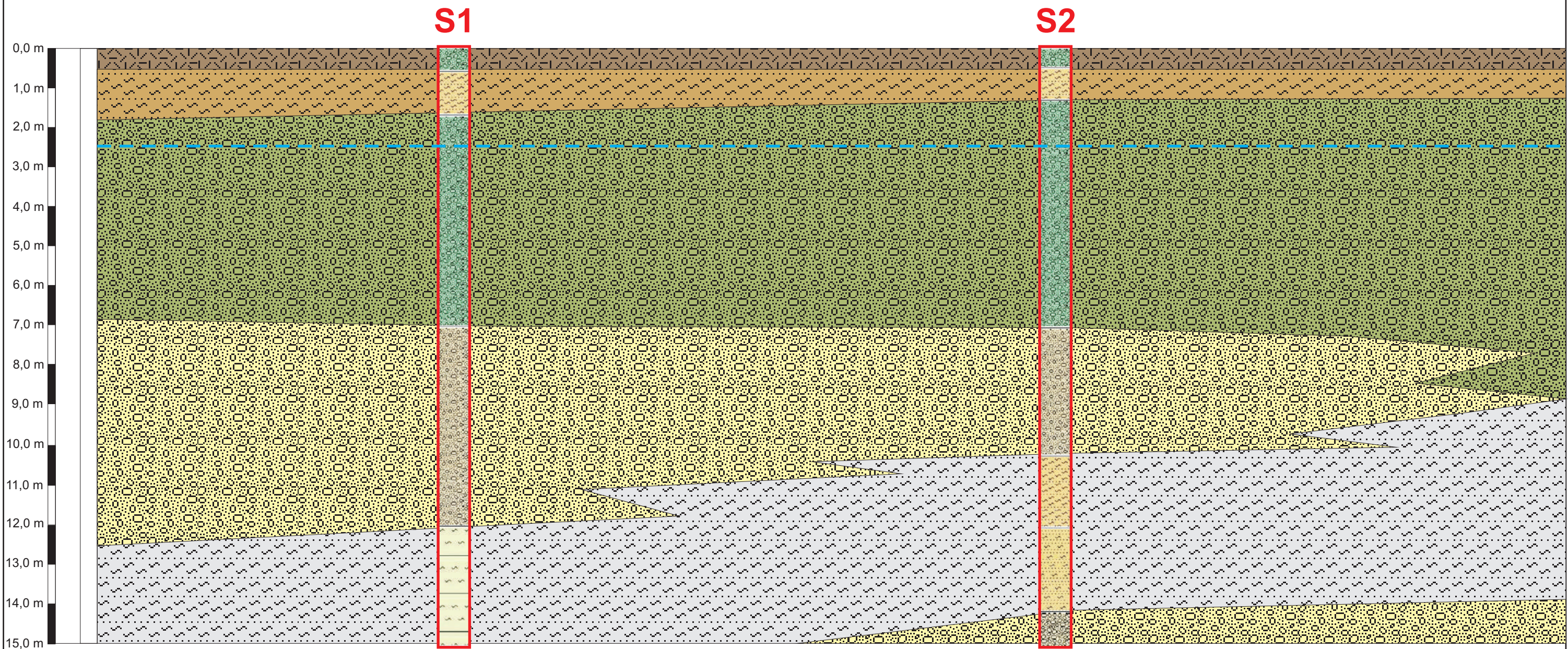
Ubicazione area d'indagine

SEZIONE STRATIGRAFICA E LITOTECNICA SCHEMATICA INTERPRETATIVA

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

LEGENDA

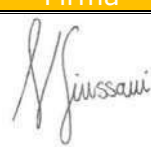
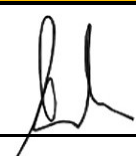
-  **UL1** - Materiale di riporto antropico costituito da sabbie, ghiaie e materiali edili
  -  **UL2** - Limo argilloso sabbioso, limo sabbioso argilloso e argilla di colore ocra
  -  **UL3** - Sabbia con ghiaia di colore ocra e ciottoli
  -  **UL4** - Sabbia debolmente ghiaiosa di colore ocra
  -  **UL5** - Limo argilloso sabbioso, limo sabbioso argilloso e argilla di colore grigio
-  Livello falda idrica al 03.11.2020





**Acqua Novara VCO SpA  
Comune di Casalino (NO)**

**Indagini geognostiche per la caratterizzazione del terreno  
in località Casalino (NO) per la realizzazione di una vasca di  
raccolta delle acque piovane**

Commessa	Committente	Documento
470/20 del 30/10/2020	<b>Acqua Novara VCO SpA</b>	Rapporto di Cantiere
Redatto da	Revisione	Firma
<i>Dr. geol. Nicolò GIUSSANI</i>	01	
Approvato da	Data	Firma
<i>Dr. geol. Alessandro MAGGI</i>	18/11/2020	

**In-Co s.r.l. – Indagini e Consolidamenti**

Sede legale: Via dell'Industria, 36 – 25040 Malonno (BS) – ITALY - Codice fiscale e partita IVA 03478400983 PEC: [in-cosrl@pec.it](mailto:in-cosrl@pec.it)  
 Amministrazione: Tel. +39 3669001927 e-mail: [info@in-cosrl.it](mailto:info@in-cosrl.it) - Uff. Tecnico: Tel. +39 3459705611 e-mail: [tecnico@in-cosrl.it](mailto:tecnico@in-cosrl.it)  
 Attest. SOA OS20b – OS21 Cl. IV - Certificazione Sistema di qualità ISO 9001:2015 - ISO 45001:2018 - ISO 14000:2015

## **SOMMARIO**

PREMESSA .....	2
INDAGINI GEOLOGICO-TECNICHE .....	3
Sondaggi stratigrafici .....	3
Generalità.....	3
Stratigrafia dei sondaggi .....	4
Sondaggio S1 .....	5
Sondaggio S2.....	8
Profondità della falda acquifera ed installazione di un piezometro.....	10
Prove penetrometriche dinamiche SPT.....	10

## **Allegati nel testo**

Figura 1. Area di studio. ....	3
Figura 2. Posizione dei sondaggi eseguiti.....	4
Figura 3. Stratigrafia del sondaggio S1. ....	5
Figura 4. Stratigrafia del sondaggio S2. ....	8
Foto 1. Sondaggio S1 da 0.00 m a 5.00 m .....	6
Foto 2. Sondaggio S1 da 5.00 m a 10.00 m.....	6
Foto 3. Sondaggio S1 da 10.00 m a 15.00 m.....	7
Foto 4. Sondaggio S2 da 0.00 m a 5.00 m .....	9
Foto 5. Sondaggio S2 da 5.00 m a 10.00 m.....	9
Foto 6. Sondaggio S2 da 10.00 m a 15.00 m .....	10
Tabella 1. Riepilogo delle indagini in sito. ....	3
Tabella 2. Risultati delle prove penetrometriche dinamiche SPT. ....	11

## **Allegati al testo**

Allegato 1 – Risultati indagine sismica MASW

## **PREMESSA**

Su incarico della società Acqua Novara VCO è stata eseguita un'indagine geognostica al fine di caratterizzare il terreno presente all'interno del piazzale del municipio di Casalino (NO) per la progettazione e realizzazione di una vasca di raccolta delle acque piovane. Sono stati eseguiti n.2 sondaggi geognostici alla profondità di 15.00 m con esecuzione di n.5 prove penetrometriche dinamiche SPT (*Standard Penetration Test*) per ognuno di essi ed installazione di un piezometro del tipo a tubo aperto con diametro pari a 3" all'interno del sondaggio S2.

Di seguito è riportato un riepilogo dei lavori effettuati.



Indagine	Tipologia	Simbologia	Caratteristiche	
1	Sondaggio verticale a carotaggio continuo	S1	Lunghezza (m)	15.0
			SPT	5
2	Sondaggio verticale a carotaggio continuo	S2	Lunghezza (m)	15.0
			SPT	5
			Piezometro/Falda (m)	15.0/2.60

**Tabella 1. Riepilogo delle indagini in sito.**

Nel presente rapporto tecnico sono esposti i risultati delle indagini e delle misure eseguite in sito, sono inoltre riportate le modalità di esecuzione dei lavori in cantiere, oltre ad alcune informazioni tecniche sulle attrezzature impiegate.

I lavori hanno avuto inizio il giorno 2/11/2020 con il trasporto delle attrezzature e dei materiali necessari all'esecuzione delle indagini e si sono conclusi il giorno 3/11/2020 con l'evacuazione delle attrezzature.

## **INDAGINI GEOLOGICO-TECNICHE**

### **Sondaggi stratigrafici**

#### Generalità

I sondaggi sono stati posizionati all'interno dell'area di studio visibile all'interno delle figure seguenti.



**Figura 1. Area di studio.**







**Figura 2. Posizione dei sondaggi eseguiti.**

### Stratigrafia dei sondaggi

I sondaggi hanno mostrato la presenza di un terreno superficiale di riporto composto da sabbie ghiaie e materiali edili seguito fino ad una profondità variabile tra 10.00 e 12.00 metri da sabbie ghiaiose generalmente sciolte. Successivamente approfondendo il sondaggio è stata evidenziata la presenza di terreno fine limoso argilloso, con porzioni limitate di sabbia e ghiaia con caratteristiche di coesione e plasticità maggiori rispetto al terreno soprastante. Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state effettuate n.5 prove penetrometriche dinamiche in foro SPT che hanno mostrato valori elevati, a volte fino ad arrivare a rifiuto, all'interno dello strato sabbioso ghiaioso più superficiale e valori molto inferiori invece all'interno del terreno fine posto più in profondità. Successivamente alla conclusione del sondaggio S2 è stato posizionato lungo tutta la sua profondità un piezometro del tipo a tubo aperto, con diametro pari a 3". Nei giorni seguenti è stata misurata la falda che nell'occasione è risultata essere presente ad una quota pari a 2.60 m.



## Sondaggio S1

Committente Acqua Novara VCO	Cantiere Casalino (NO)	Operatore
Sondaggio S1	Quota Ass. P.C.	Profondità raggiunta 15.00 m
Inizio/Fine Esecuzione	Responsabile	Note



Quota S.P.T. (m)	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T.	Falda	Note
1		Terreno di riporto composto da sabbia e ghiaia con presenza di materiali edili	0.60			
		Limo argilloso sabbioso ghiaioso di colore marrone chiaro coesivo e consistente	1.70	3-5-8 1.50 PC		
2		Sabbia con ghiaia di colore ocra con ciottoli a media sfericità arrotondati				
3						
4				19-36-R 4.50 PC		
5						
6			7.00			
7		Sabbia debolmente ghiaiosa di color ocra, terreno sciolto e con ghiaia meno abbondante rispetto al terreno più superficiale		21-44-R 7.50 PC		
8						
9						
10				13-31-R 10.50 PC		
11			12.00			
12		Limo ed argilla debolmente sabbiosi di colore grigio, materiale coesivo e plastico		3-5-7 13.50 PC		
13						
14			15.00			

Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa

**Figura 3. Stratigrafia del sondaggio S1.**







Foto 1. Sondaggio S1 da 0.00 m a 5.00 m



Foto 2. Sondaggio S1 da 5.00 m a 10.00 m







Foto 3. Sondaggio S1 da 10.00 m a 15.00 m



## Sondaggio S2

Committente Acqua Novara VCO	Cantiere Casalino (NO)	Operatore
Sondaggio S2	Quota Ass. P.C.	Profondità raggiunta 15.00 m
Inizio/Fine Esecuzione	Responsabile	Note

In-Co s.r.l.  
Indagini e Consolidamenti



Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T.	Falda	Note	Piezometro (P) o Inclinometro (I) P - (1)
1		Riporto superficiale costituito da sabbie ghiaie e materiali edili	0.50				
		Limo argilloso sabbioso ghiaioso di colore marrone chiaro coesivo e consistente	1.30				
2		Sabbia con ghiaia di colore ocra con ciottoli a media sfericità arrotondati					
3				7-15-29 3.00 PC	2.60		
4							
5							
6				12-23-41 6.00 PC			
7			7.00				
8		Sabbia debolmente ghiaiosa di color ocra, materiale sciolto					
9				9-27-R 9.00 PC			
10			10.20				
11		Limo sabbioso argilloso di colore grigio meno plastico rispetto al terreno fine riscontrato nel durante il sondaggio S1, ma più consistente					
12			12.00	3-5-8 12.00 PC			
13		Sabbia con limo debolmente argillosa debolmente ghiaiosa di colore grigio					
14			14.10				
		Ghiaia sabbiosa di colore grigio con ciottoli centimetrici a media/alta sfericità subarrotondati	15.00	9-27-39 15.00 PC			

Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande  
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa

**Figura 4. Stratigrafia del sondaggio S2.**







Foto 4. Sondaggio S2 da 0.00 m a 5.00 m

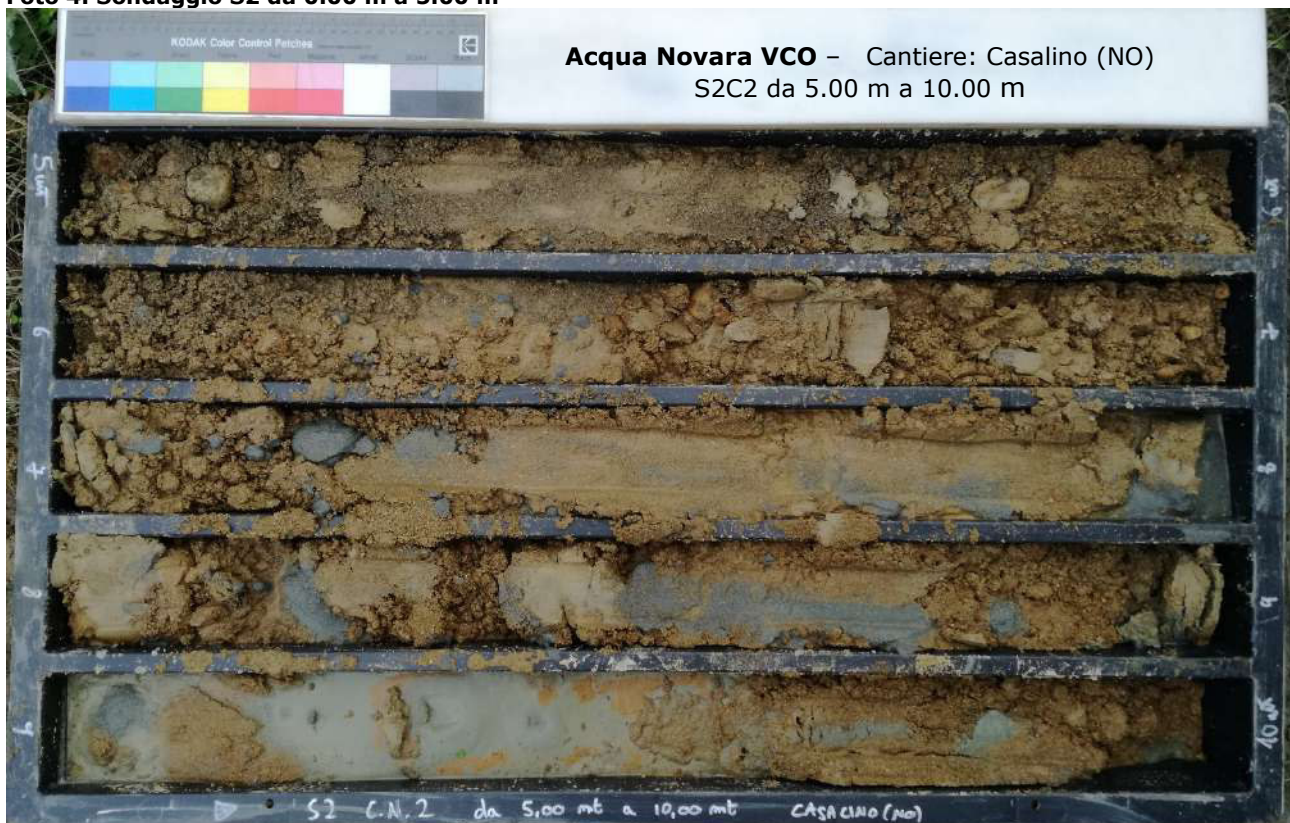
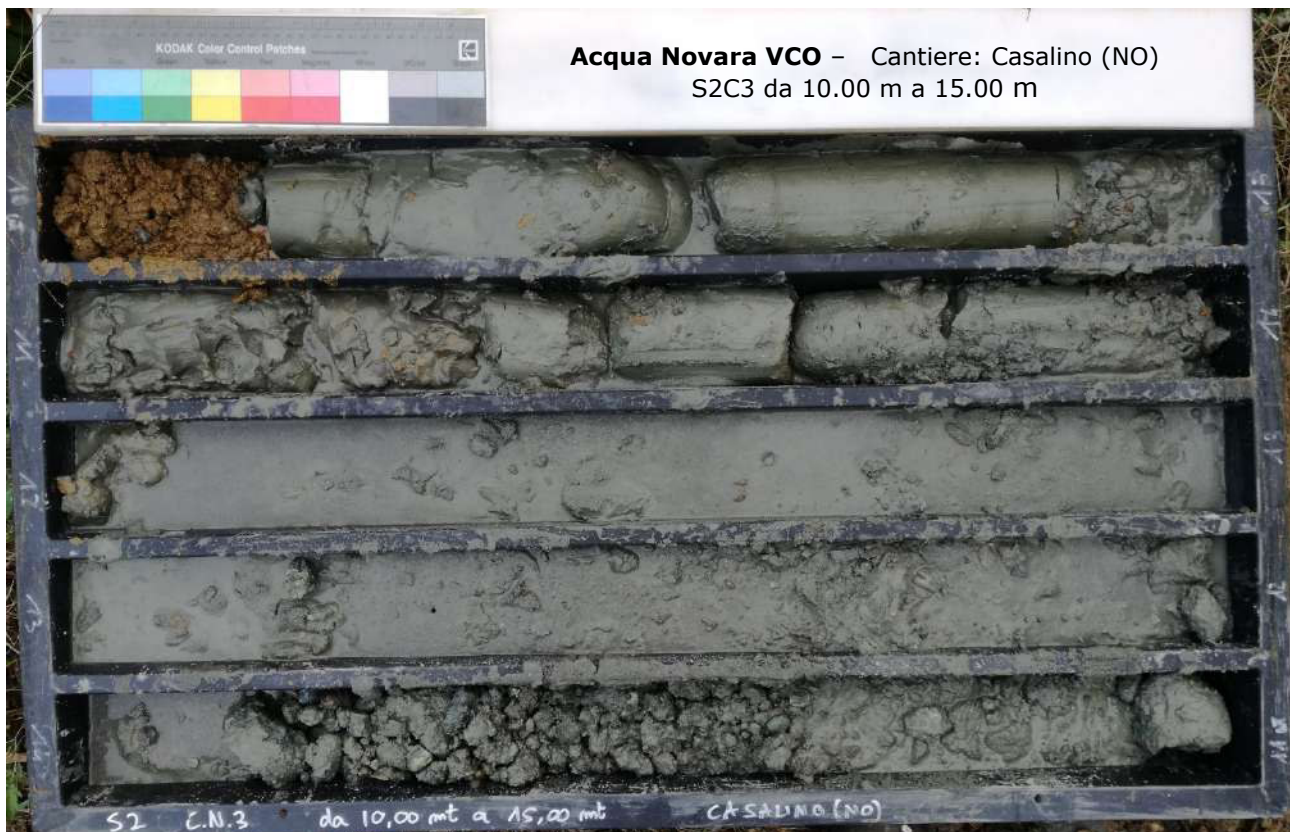


Foto 5. Sondaggio S2 da 5.00 m a 10.00 m







**Foto 6. Sondaggio S2 da 10.00 m a 15.00 m**

#### Profondità della falda acquifera ed installazione di un piezometro

Per rilevare la quota della falda acquifera, di tipo freatica, all'interno del sondaggio S1 è stato posizionato un piezometro del tipo, a tubo aperto con diametro di 3" che raggiunge la massima profondità investigata. Il tubo è composto da tratti microfessurati (da -15 a -3 m) e da tratti ciechi (da -3 a 0 m). In corrispondenza dei tratti fessurati è stato posto del ghiaietto mentre la parte superficiale, dopo aver realizzato un tappo impermeabile con bentonite, è stata cementata. Nei giorni seguenti alla conclusione del carotaggio è stata rilevata la soggiacenza della falda che, nell'occasione, è risultata pari a 2.60 m.

#### **Prove penetrometriche dinamiche SPT**

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state effettuate in cantiere le prove penetrometriche dinamiche SPT.

La prova consiste nell'infiggere a percussione nel terreno, alla quota prevista e quindi sospendendo momentaneamente la perforazione del sondaggio, di un campionatore Raymond munito di scarpetta o punta chiusa (in relazione alla granulometria del terreno) e di registrare il numero dei colpi necessari all'avanzamento di 3 tratti di 15 cm.

Le prove SPT (Standard Penetration Test) sono state eseguite con dispositivo NENZI a sgancio automatico (conformemente alle disposizioni dell'AGI) avente le seguenti caratteristiche:



- Campionatore Raymond a punta chiusa o aperta diametro 50.8 mm
- Batteria di aste diametro 50 mm
- Massa battente kg 63.5
- Altezza di caduta 76 cm

Le quote alle quali sono state eseguite le prove sono visibili in stratigrafia e sono anche riassunte nella sottostante tabella.

Sondaggio	Profondità		N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>spt</sub>
	da m	a m				
S1	1.50	1.95	3	5	8	13
S1	4.50	4.95	19	36	R	
S1	7.50	7.95	21	44	R	
S1	10.50	10.95	13	31	R	
S1	13.50	13.95	3	5	7	12
S2	3.00	3.45	7	15	29	44
S2	6.00	6.45	12	23	41	64
S2	9.00	9.45	9	27	R	
S2	12.00	12.45	3	5	8	13
S2	15.00	15.45	9	27	39	66

**Tabella 2. Risultati delle prove penetrometriche dinamiche SPT.**

Ritenendo di avere fornito le indicazioni richieste restiamo a disposizione per eventuali informazioni e/o chiarimenti

IN-CO Srl



**Acqua Novara VCO SpA  
Comune di Casalino (NO)**

**Indagini geognostiche per la caratterizzazione del terreno  
in località Casalino (NO) per la realizzazione di una vasca di  
raccolta delle acque piovane**

Allegato 1 – Risultati indagine sismica MASW

Commessa	Committente	Documento
470/20 del 30/10/2020	<b>Acqua Novara VCO SpA</b>	Indagine sismica MASW
Redatto da	Revisione	Firma
<i>Dr. geol. Devid Stain</i>	00	<i>Devid Stain</i>
Approvato da	Data	Firma
<i>Dr. geol. Alessandro MAGGI</i>	18/11/2020	<i>[Signature]</i>

**In-Co s.r.l. – Indagini e Consolidamenti**

Sede legale: Via dell'Industria, 36 – 25040 Malonno (BS) – ITALY - Codice fiscale e partita IVA 03478400983 PEC: [in-cosrl@pec.it](mailto:in-cosrl@pec.it)  
 Amministrazione: Tel. +39 3669001927 e-mail: [info@in-cosrl.it](mailto:info@in-cosrl.it) - Uff. Tecnico: Tel. +39 3459705611 e-mail: [tecnico@in-cosrl.it](mailto:tecnico@in-cosrl.it)  
 Attest. SOA OS20b – OS21 Cl. IV - Certificazione Sistema di qualità ISO 9001:2015 - ISO 45001:2018 - ISO 14000:2015

## Sommario

METODO MASW .....	3
ACQUISIZIONE DATI .....	4
MASW .....	5
ANALISI CONGIUNTA ONDE RAYLEIGH E LOVE .....	6
Figura 1. Schema stendimento sismico MASW .....	3
Figura 2. Ubicazione stendimento MASW .....	4
Figura 3. Spettro di velocità, Dataset Onde Rayleigh componente verticale (ZVF) .....	5
Figura 4. Spettro di velocità, Dataset Onde Rayleigh componente radiale (RVF) .....	5
Figura 5. Spettro di velocità, Dataset Onde Love componente orizzontale (THF) .....	6
Figura 6. Analisi congiunta onde Rayleigh e Love .....	6
Figura 7. Modello distanza minima in full velocity spectral per le onde di Rayleigh .....	7
Figura 8. Modello distanza minima in full velocity spectral per le onde di Love .....	7
Figura 9. Diagramma distribuzione pareto ed errori attuale .....	8
Figura 10. Correlazione Vs30 median, minimum-distance model, mean model, pareto models .....	8
Figura 11. Correlazione VsE median, minimum-distance model, mean model, pareto models .....	8
Figura 12. Profilo VS .....	9
Tabella 1. Dati modello medio e modello migliori .....	9





### **METODO MASW**

Il metodo MASW "Multichannel Analysis of Surface Waves" è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio VS, sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori, geofoni posti sulla superficie del suolo.

Le onde di superficie sono due: quelle di Rayleigh e quelle di Love, sono dette superficiali perché la loro ampiezza decrementa in modo esponenziale con la profondità e la loro propagazione interessa quindi un limitato spessore di superficie, rispetto le onde di corpo la loro ampiezza è notevolmente maggiore e per questo motivo tipicamente dominano qualsiasi dataset sismico.

Le onde di Rayleigh si muovono su un piano radiale secondo un moto detto retrogrado, l'andamento del moto indica che queste onde hanno sia una componente verticale che una componente orizzontale radiale. Le onde di Love si muovono solamente sul piano orizzontale con un'oscillazione la cui direzione è perpendicolare rispetto alla direzione di propagazione dell'onda.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW utilizzato è di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo e misurate da uno stendimento lineare di sensori. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere uno spettro delle velocità di fase sperimentale, che fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa nei primi 30-50 m, in funzione della rigidezza del suolo e delle caratteristiche della sorgente.

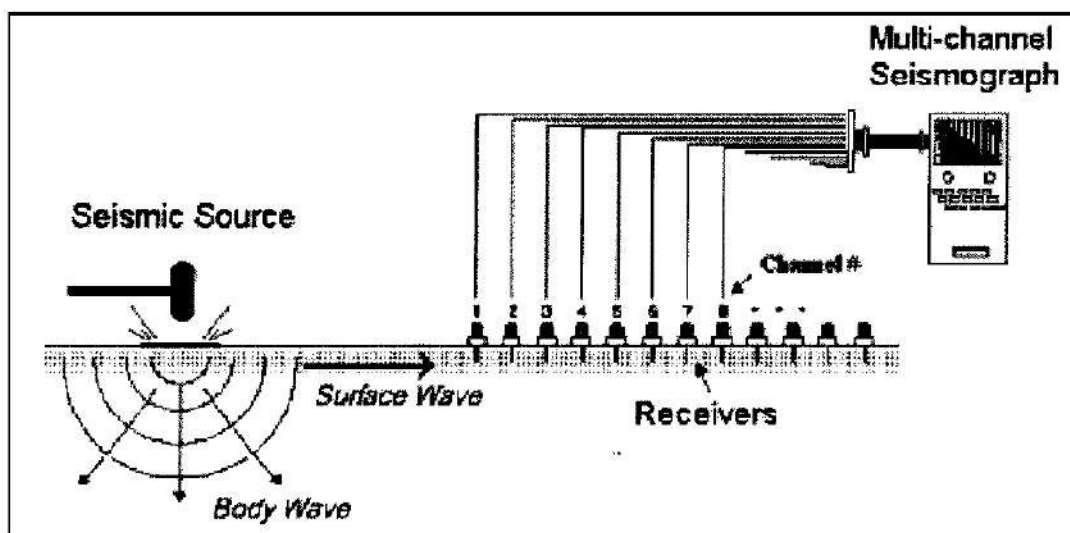


Figura 1. Schema stendimento sismico MASW

Le norme tecniche delle costruzioni 2018 introducono il concetto di Vs equivalente (VsE):

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



in cui la profondità  $H$  è quella a cui la velocità  $V_S$  è pari o superiore a 800 m/s (bedrock sismico).

Si tratta in pratica di una variazione sul tema rispetto al parametro  $V_{s30}$ , in quel caso il valore di  $H$  era ed è fissato a 30 m. Di fatto se il bedrock sismico è più profondo di 30 m dal piano di fondazione la  $V_s$  equivalente è uguale alla  $V_{s30}$ .

### **ACQUISIZIONE DATI**



**Figura 2. Ubicazione stendimento MASW**

Per quanto riguarda la MASW l'acquisizione di campagna è stata condotta con il sismografo Pasi GEA 24, con geofoni verticali e orizzontali di 4,5 Hz spazati di 0.75 m con offset a 8 m, l'energizzazione è costituita da una mazza del peso di 10 Kg.

Per avere un'approfondita Analisi Multicanale delle Onde di Superficie (MASW), sono stati acquisiti 3 dataset differenti, tramite altrettante modalità di acquisizione:

- Dataset Onde Rayleigh componente verticale (ZVF)
  - 24 geofoni verticali da 4,5 Hz
  - Energizzazione verticale su piastra quadrata in acciaio
- Dataset Onde Rayleigh componente radiale (RVF)
  - 24 geofoni orizzontali da 4,5 Hz con l'asse del geofono parallelo allo stendimento
  - Energizzazione verticale su piastra quadrata in acciaio
- Dataset Onde Love componente orizzontale (THF)
  - 24 geofoni orizzontali da 4,5 Hz con l'asse del geofono perpendicolare allo stendimento
  - Energizzazione orizzontale su traversina in legno





L'elaborazione è stata eseguita tramite il software WinMASW Academy 2019

Nell'analisi sono stati scelti i dataset migliori acquisiti scegliendo il più rappresentativo per le Onde di Rayleigh (ZVF o RVF), per le Onde di Love (THF). Una volta individuati sono stati determinati gli spettri di velocità per ogni dataset, a questo punto dopo svariate elaborazioni si è scelta l'analisi congiunta migliore tra le combinazioni (ZVF-THF) o (RVF-THF). Scelta la combinazione per l'elaborazione da utilizzare è stata effettuata una modellazione congiunta, utilizzata come modello per lanciare l'inversione con l'utilizzo del fronte di Pareto per la validazione dell'interpretazione dei dati.

La combinazione utilizzata è stata (**RVF-THF**).

### MASW

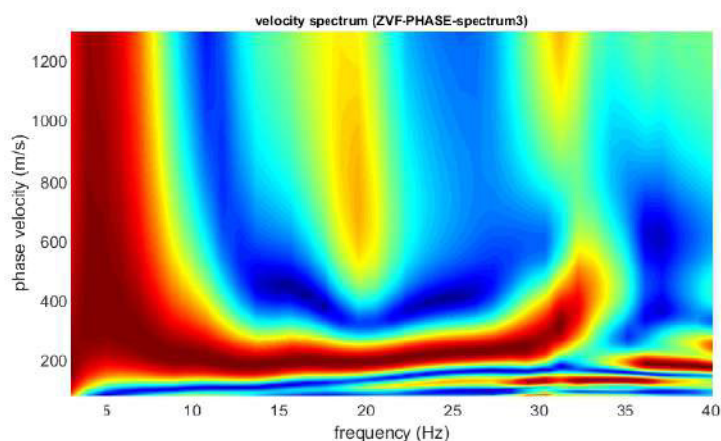
Stendimento 24.5 metri

Offset 8 metri

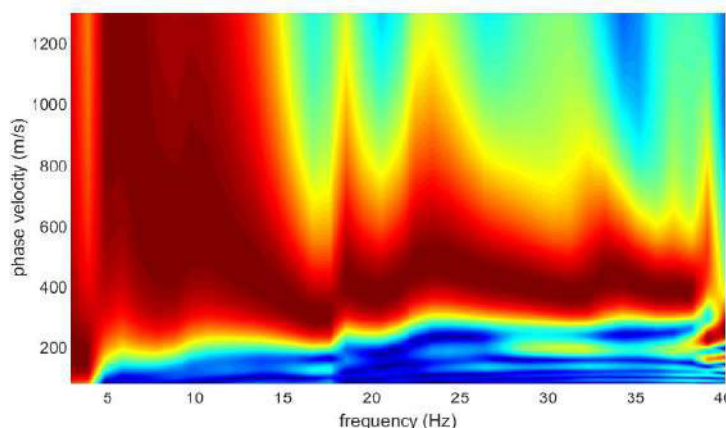
Durata acquisizione 1024 ms

Campionamento 1 ms

### SPETTRI DI VELOCITÀ



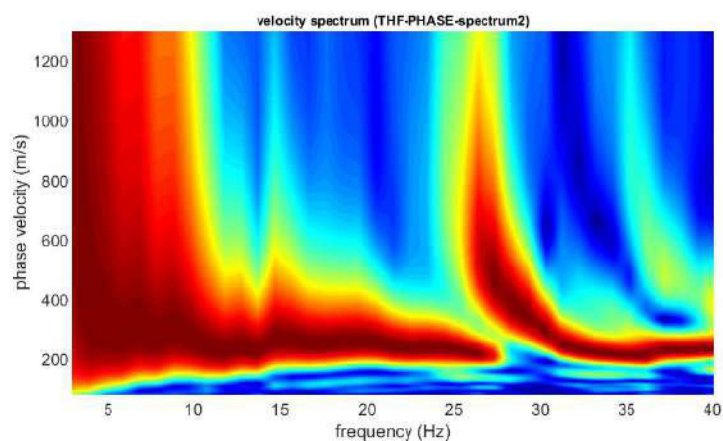
**Figura 3. Spettro di velocità, Dataset Onde Rayleigh componente verticale (ZVF)**



**Figura 4. Spettro di velocità, Dataset Onde Rayleigh componente radiale (RVF)**

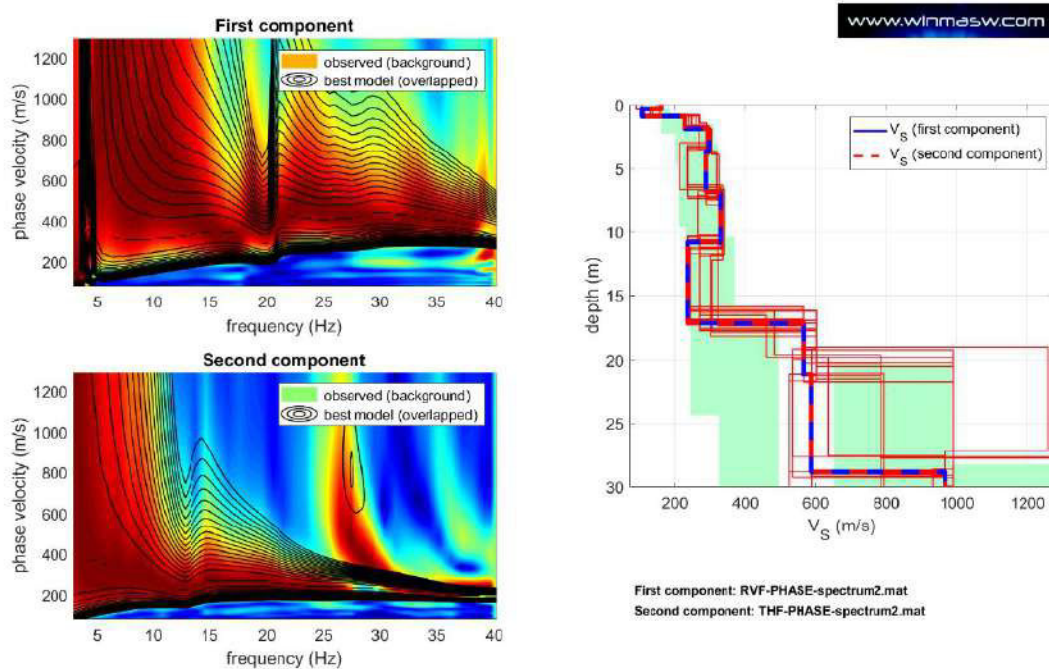






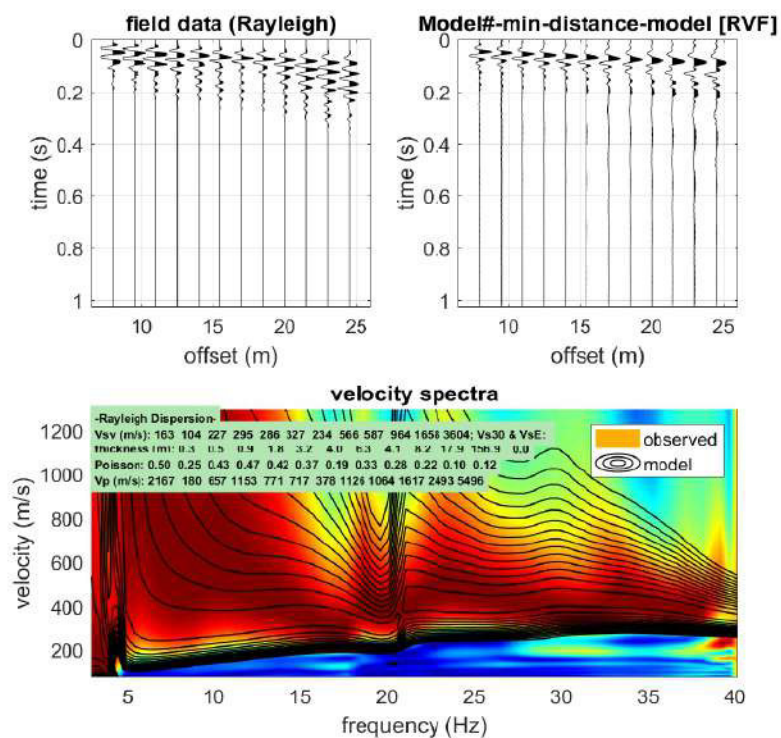
**Figura 5. Spettro di velocità, Dataset Onde Love componente orizzontale (THF)**

### **ANALISI CONGIUNTA ONDE RAYLEIGH E LOVE**

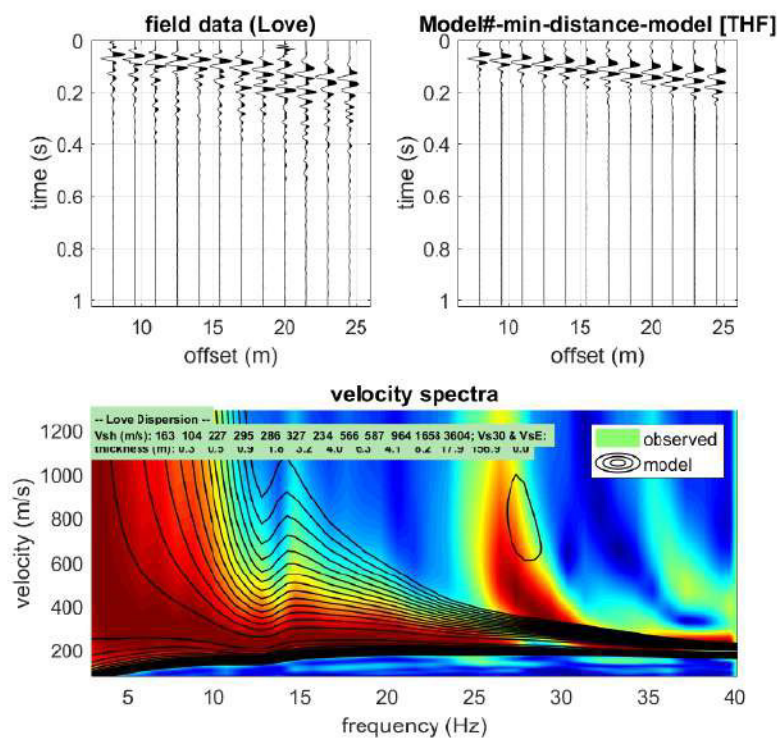


**Figura 6. Analisi congiunta onde Rayleigh e Love**



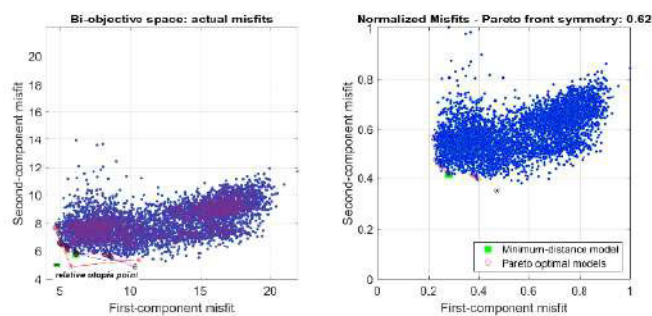


**Figura 7. Modello distanza minima in full velocity spectral per le onde di Rayleigh**

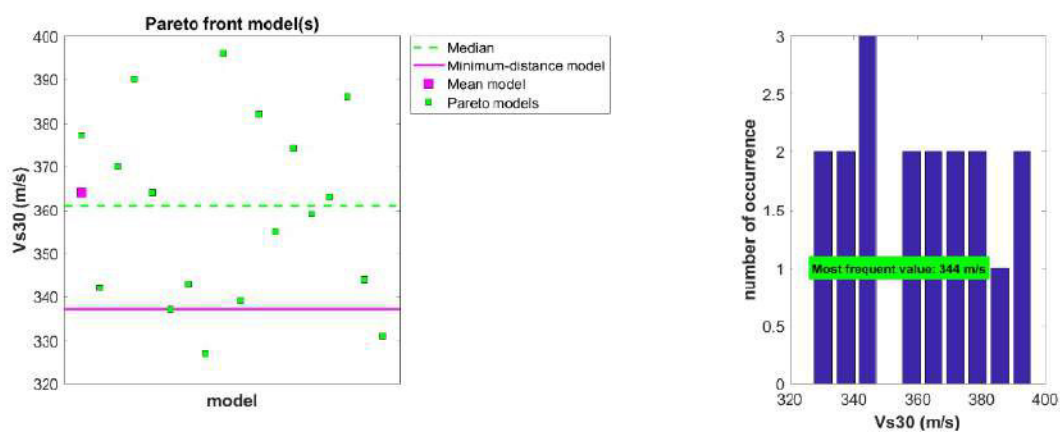


**Figura 8. Modello distanza minima in full velocity spectral per le onde di Love**

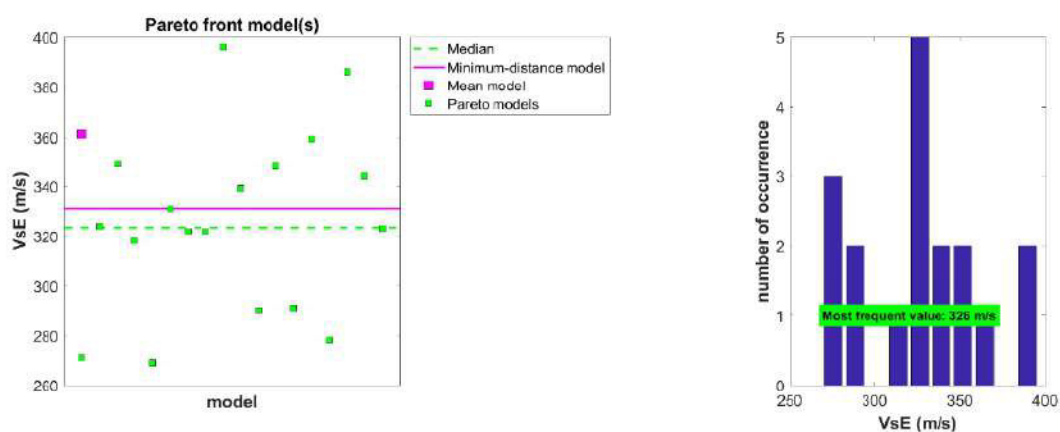




**Figura 9. Diagramma distribuzione pareto ed errori attuale**



**Figura 10. Correlazione Vs30 median, minimum-distance model, mean model, pareto models**



**Figura 11. Correlazione VsE median, minimum-distance model, mean model, pareto models**



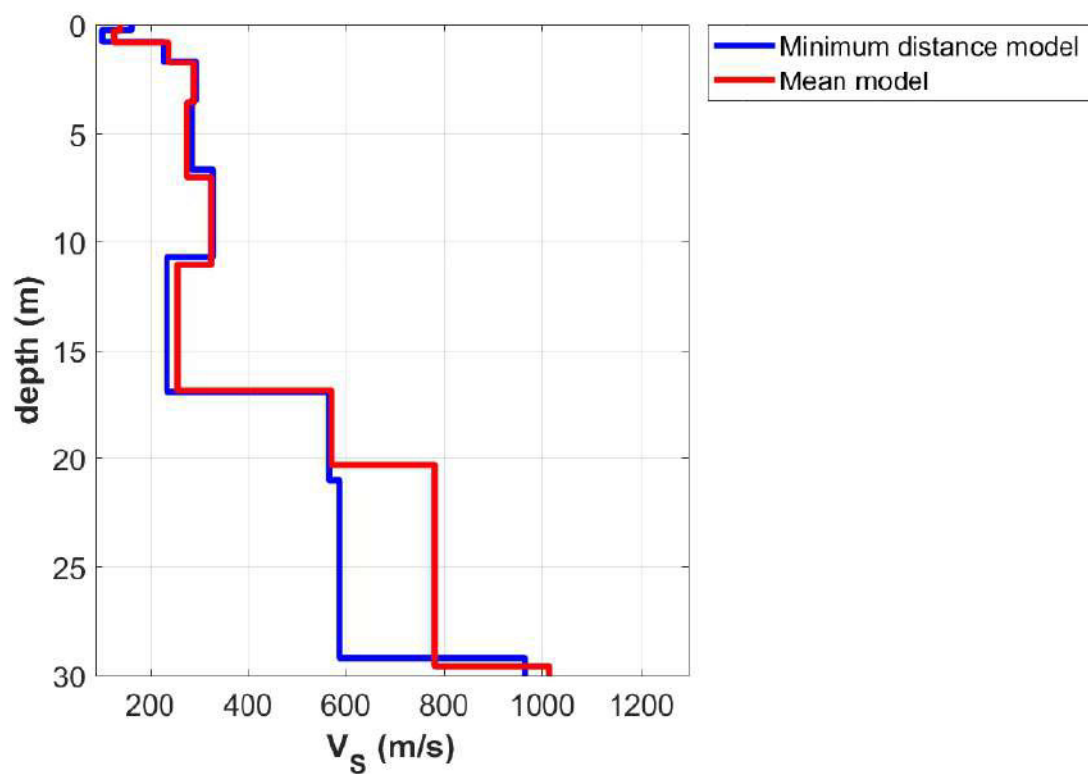


Figura 12. Profilo VS

Dati Mean Model

140	0.3	0.3
128	0.5	0.8
239	0.9	1.7
290	1.9	3.6
276	3.4	7.0
325	4.0	11.0
257	5.9	16.9
571	3.4	20.3
780	9.2	29.5
1015	17.0	46.5
1648	147.9	194.4
1720		

Dati Best Model

163	0.3	0.3
104	0.5	0.8
227	0.9	1.7
295	1.8	3.2
286	3.2	6.4
327	4.0	10.4
234	6.3	16.7
566	4.1	20.8
587	8.2	29.0
964	17.9	46.9
1658	156.9	203.8
1685		

Tabella 1. Dati modello medio e modello migliori



**Minimum Vs30 (m/s): 327**

**Maximum Vs30 (m/s): 396**

**Minimum VsE (m/s): 269**

**Maximum VsE (m/s): 396**

**Best model:**

Vs (m/s): 163, 104, 227, 295, 286, 327, 234, 566, 587, 964, 1658, 1685

**Vs30 (m/s): 337**

**VsE (m/s): 331**

Thickness (m): 0.3, 0.5, 0.9, 1.8, 3.2, 4.0, 6.3, 4.1, 8.2, 17.9, 156.9

**Mean model:**

Vs (m/s): 140, 128, 239, 290, 276, 325, 257, 571, 780, 1015, 1648, 2653

**Vs30 (m/s): 344**

**VsE (m/s): 326**

Thickness (m): 0.3, 0.5, 0.9, 1.9, 3.4, 4.0, 5.9, 3.4, 9.2, 17.0, 147.9

