

COMUNE DI ORNAVASSO (VB)



**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:

OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZIONE MIGIANDONE

OGGETTO:

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

SCALA:

-

AVANZAMENTO PROGETTO:
DEFINITIVO

Data Rev. N° 0:
MAGGIO 2021

Rev. N°	Modifiche	Data
1	REVISIONE GENERALE	07/2021
2	REVISIONE GENERALE	12/2021
3	-	-/-/-
4	-	-/-/-

Rif. N° Commessa:

Y21N - 10034340

CUP:

D26H19000230005

RUP:

Ing. Barbara Dell'Edera

I Progettisti: **Ing. Giovanni Battista Peduzzi**

Mandataria

ETATEC
STUDIO PAOLETTI



Mandanti

STUDIO PAOLETTI
INGEGNERI ASSOCIATI

FABRIZIO MONZA
ARCHITETTO

Dott.ssa SILVANA CLERICI

Dott. MASSIMO SARTORELLI

Elaborato N°:

6.0

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



INDICE

1	PREMESSA	2
2	NORMATIVA.....	4
3	SINTESI DELLE ATTIVITA' SVOLTE E METODOLOGIA DI LAVORO.....	5
4	DESCRIZIONE DEI LUOGHI E DEGLI INTERVENTI IN PREVISIONE.....	7
5	VINCOLISTICA SOVRAORDINATA DI CARATTERE GEOLOGICO ED ANALISI DEL RISCHIO IDRAULICO E GEOMORFOLOGICO	12
6	INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRUTTURALE E GEOMORFOLOGICO	27
7	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E LITOLOGICO	30
8	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	35
9	INDAGINI GEOTECNICHE.....	37
10	INDAGINI GEOFISICHE.....	40
11	MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO E PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE	43
12	MODELLO GEOTECNICO E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA	54
13	RESISTENZA DI PROGETTO DEL SISTEMA GEOTECNICO FONDAZIONE SUPERFICIALE AGLI STATI LIMITE ULTIMI SLU E DI ESERCIZIO SLE.....	56
14	INDICAZIONI SULLE OPERE DI FONDAZIONE E DI SOSTEGNO	60
15	INDICAZIONI E PRESCRIZIONI DI CARATTERE GEOLOGICO E GEOTECNICO	63
16	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	65
17	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI, CARTOGRAFICI E DOCUMENTALI	67
18	REPORT ED ALLEGATI.....	68
-	Sezione stratigrafica e litotecnica schematica interpretativa	
-	Report Indagini	
-	Fogli di calcolo verifica preliminare fondazioni	

1 PREMESSA

La presente relazione geologica e geotecnica 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: *"Nuovo pozzo ad uso potabile in località Migliandone e relative opere accessorie"*, da realizzarsi nel Comune di Ornavasso (VB), 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 Ri*».

Nel dettaglio, il presente elaborato, redatto ai sensi del D.M. 17.01.2018, è stato realizzato in seguito alla richiesta di valutare la compatibilità delle opere in progetto, con particolare riferimento alle opere accessorie: fabbricato testa pozzo, fabbricato serbatoio e gruppo di pressurizzazione e rete di delimitazione dell'area di salvaguardia, ricadenti in un'area cartografata come a pericolosità elevata.

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 relative alle problematiche geologiche e geotecniche che dovranno essere affrontate nell'ambito della progettazione ed esecuzione delle opere, valutando in base al quadro disestivo, 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, in relazione ai contenuti ed alle indagini eseguite, ingloba in un unico elaborato le seguenti relazioni specialistiche previste dalla Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 (indicata nel seguito con la sigla Circ./19), ovvero: la 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), la relazione geotecnica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno (par. 6.2.2 delle NTC/18 e par. 6.2.2 della Circ./19) e la relazione sulla modellazione sismica concernente la «pericolosità sismica di base» del sito di costruzione (par. 3.2 delle NTC/18 e par. 3.2 della Circ./19), contenente il riferimento a tutti i parametri ed i coefficienti in base ai quali sono state determinate le azioni sismiche da applicare.

Le verifiche delle condizioni di sicurezza e la valutazione delle prestazioni del sistema costruzione-terreno ai sensi delle NTC/18, saranno valutate dal Progettista incaricato della verifica e dimensionamento delle strutture.

La Relazione geologica ai sensi del par. 6.2.1 delle NTC/18 è ricompresa nei capitoli 3, 4, 5, 6, 7 e 8 del presente elaborato, la Relazione geotecnica e sismica ai sensi del par. 6.2.2 e del par. 3.2 delle NTC/18 è ricompresa nei capitoli 9, 10, 11, 12, 13 e 14 del presente elaborato.

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

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. In funzione della tipologia di opere e di interventi previsti all'interno del contesto geologico nel quale si inserisce l'opera, sono state

Comune di Ornavasso

OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO

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 di inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle ulteriori indagini geotecniche ritenute necessarie.

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. Nel modello geotecnico di sottosuolo sono stati definiti i valori caratteristici dei parametri geotecnici basati sulle indagini e prove preliminari eseguite nonché sui valori di letteratura.

2 NORMATIVA

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

- ☐ Circolare 617 C.S.LL.PP. del 2 febbraio 2009. Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.
- ☐ Circolare 3/AMB del 31 agosto 2018 del Presidente della Giunta regionale. 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.
- ☐ Circolare 7 C.S.LL.PP del 21 gennaio 2019. Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- ☐ D.G.R. 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. 4-3084 del 12 novembre 2011 - Approvazione della D.G.R. n. 11-13058 del 19 gennaio 2010.
- ☐ D.G.R. n. 6-887/2019. 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
- ☐ D.M. 14 gennaio 2008 - Nuove norme tecniche per le costruzioni.
- ☐ D.M. 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni
- ☐ D.Lgs 152/2006 - Norme in materia ambientale.
- ☐ D.P.R. 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.
- ☐ Norme Tecniche di Attuazione del P.R.G.C. e relativi elaborati tecnici.
- ☐ OPCM 3274/2003 - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

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* e del *modello geotecnico* ricadenti 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 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, carta degli alveo 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

Comune di Ornavasso

OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE

PROGETTO DEFINITIVO

- ☐ 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 e geotecnico di riferimento
- ☐ 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.

Comune di Ornavasso

OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO

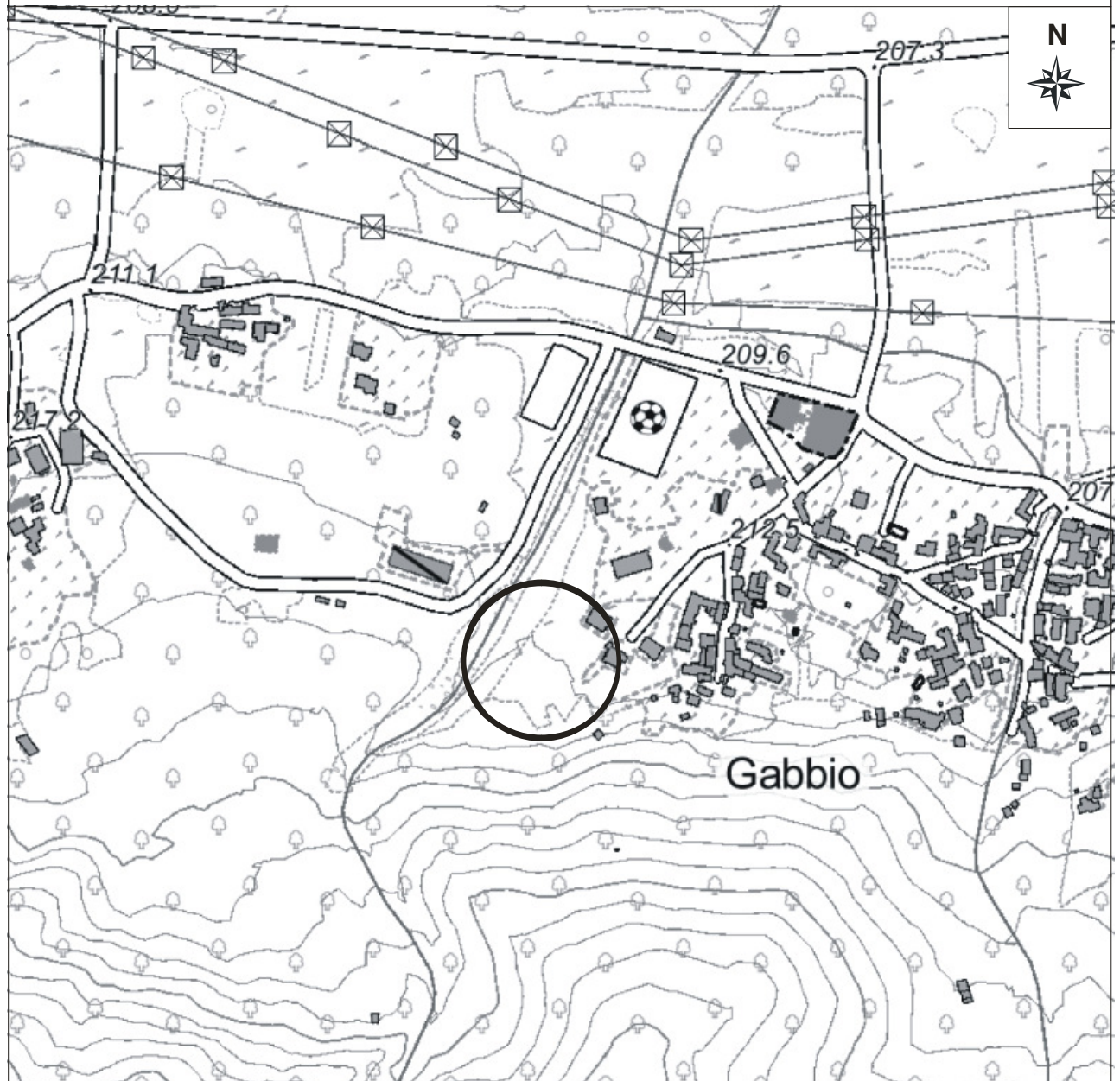
4 DESCRIZIONE DEI LUOGHI E DEGLI INTERVENTI IN PREVISIONE

L'area di intervento è sita al di fuori del centro abitato, in prossimità delle sponde del rio Blet, ed è raggiungibile attraverso una strada sterrata.

Comune di Ornavasso

OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO

CARTA DI INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO (BDTRE PIEMONTE)



Scala: 1:5.000
Comune: Ornavasso
Provincia: Verbania
Estratto:
BDTRE - Regione Piemonte

○ Ubicazione area d'indagine


Comune di Ornavasso

OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO

CARTA DI INQUADRAMENTO FOTOGRAFICO AEREO



Scala: 1:5.000
Comune: Ornavasso
Provincia: Verbania
Estratto:
Ortofoto Regione Piemonte

 Ubicazione area d'indagine

Comune di Ornavasso

OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO

L'obiettivo del progetto è far fronte ad una situazione di carenza di risorsa idrica riscontrata da parte di Acqua Novara VCO nel comune di Ornavasso. Poiché nel 2020 si era già dato avvio alla realizzazione del piezometro e delle prove di portata, l'attuale progettazione ha riguardato la realizzazione dell'opera di presa e della sezione di accumulo e rilancio della risorsa idrica, in container isolati e coibentati all'interno di apposita area recintata, nonché il collegamento alla rete esistente.

Ad oggi è già stata effettuata la perforazione per la realizzazione della testa pozzo. Si rappresenta che il pozzo è già esistente e la Committenza ha fornito agli scriventi la Relazione finale, redatta ai sensi del D.P.G.R. 29 luglio 2003, n. 10/R – allegato C, relativa alla Concessione di derivazione da acque sotterranee tramite pozzo ad uso potabile in comune di Ornavasso (VB) loc. Migliandone, redatta a cura del dott. geol. Corrado Caselli nel mese di maggio 2020.

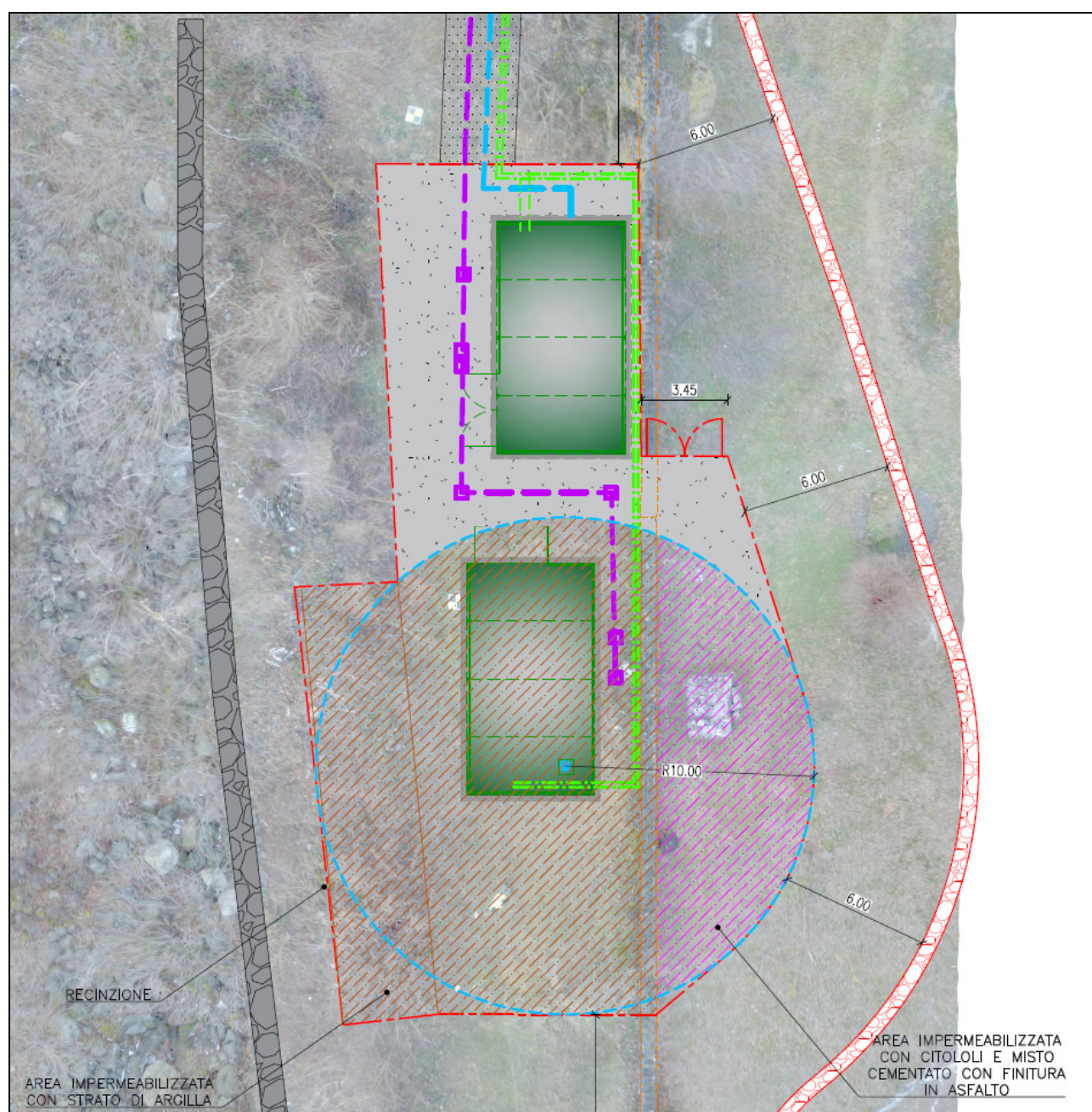


Fig. 4.1 – Planimetria di rilievo dell'area d'intervento su foto aerea

Comune di Ornavasso

**OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO**

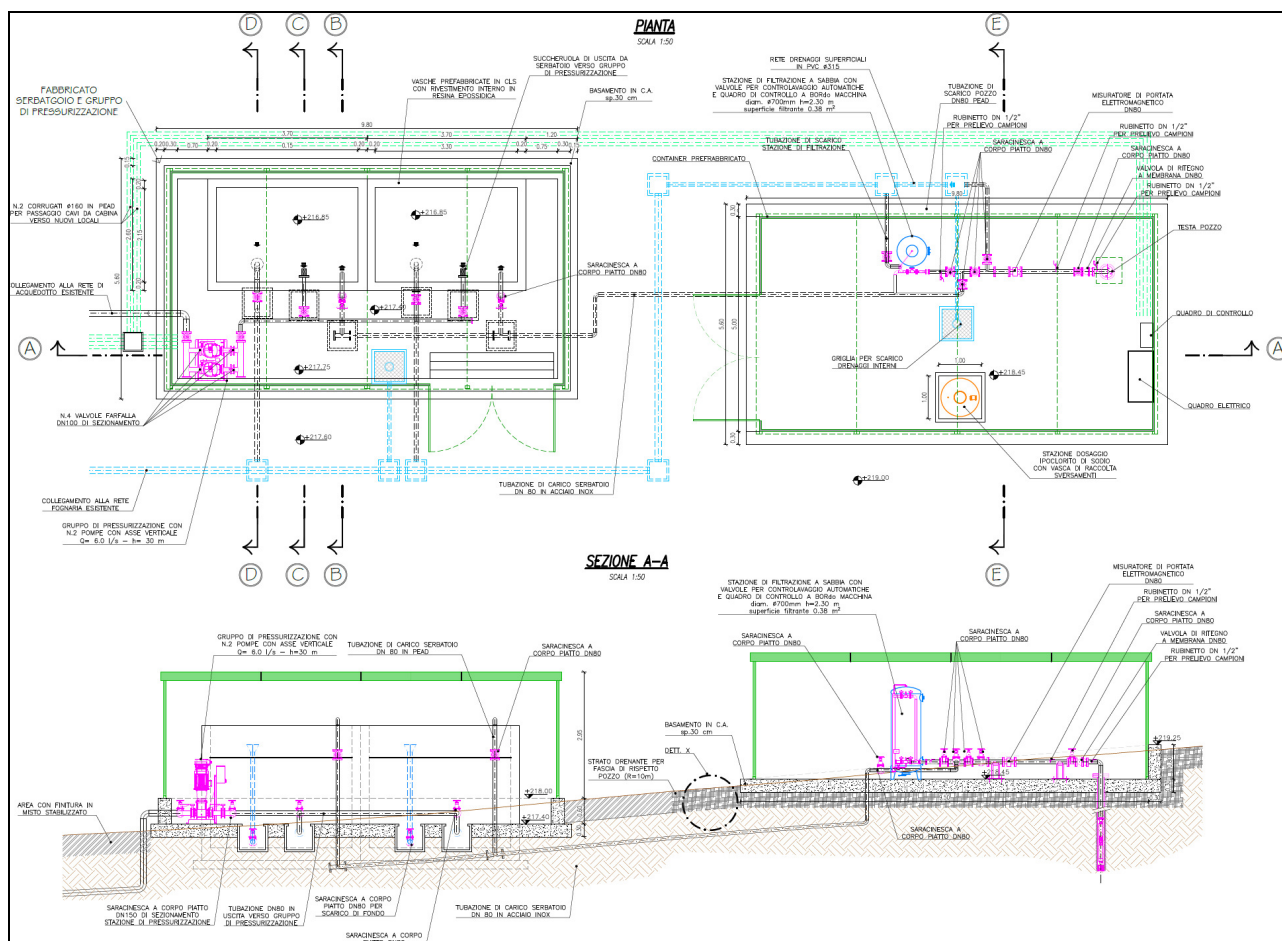


Fig. 4.2 – Planimetria e sezione dell'intervento in previsione

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

Comune di Ornavasso

OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO

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

5.1 Premessa

L'analisi dello stato dissestivo legata al concetto di pericolosità e di rischio idraulico e geomorfologico del territorio in esame è stata effettuata, oltre che da un'indagine diretta, anche mediante l'analisi della cartografia tematica allegata al P.G.R.A. (Piano di Gestione Rischio Alluvione), al 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) ed alla cartografia delle aree instabili di ARPA Piemonte, alla Carta Geologica d'Italia nonché sulla base delle informazioni storiche acquisite.

Nel documento di seguito vengono riportati gli stralci cartografici ritenuti più significativi.

5.2 Vincoli

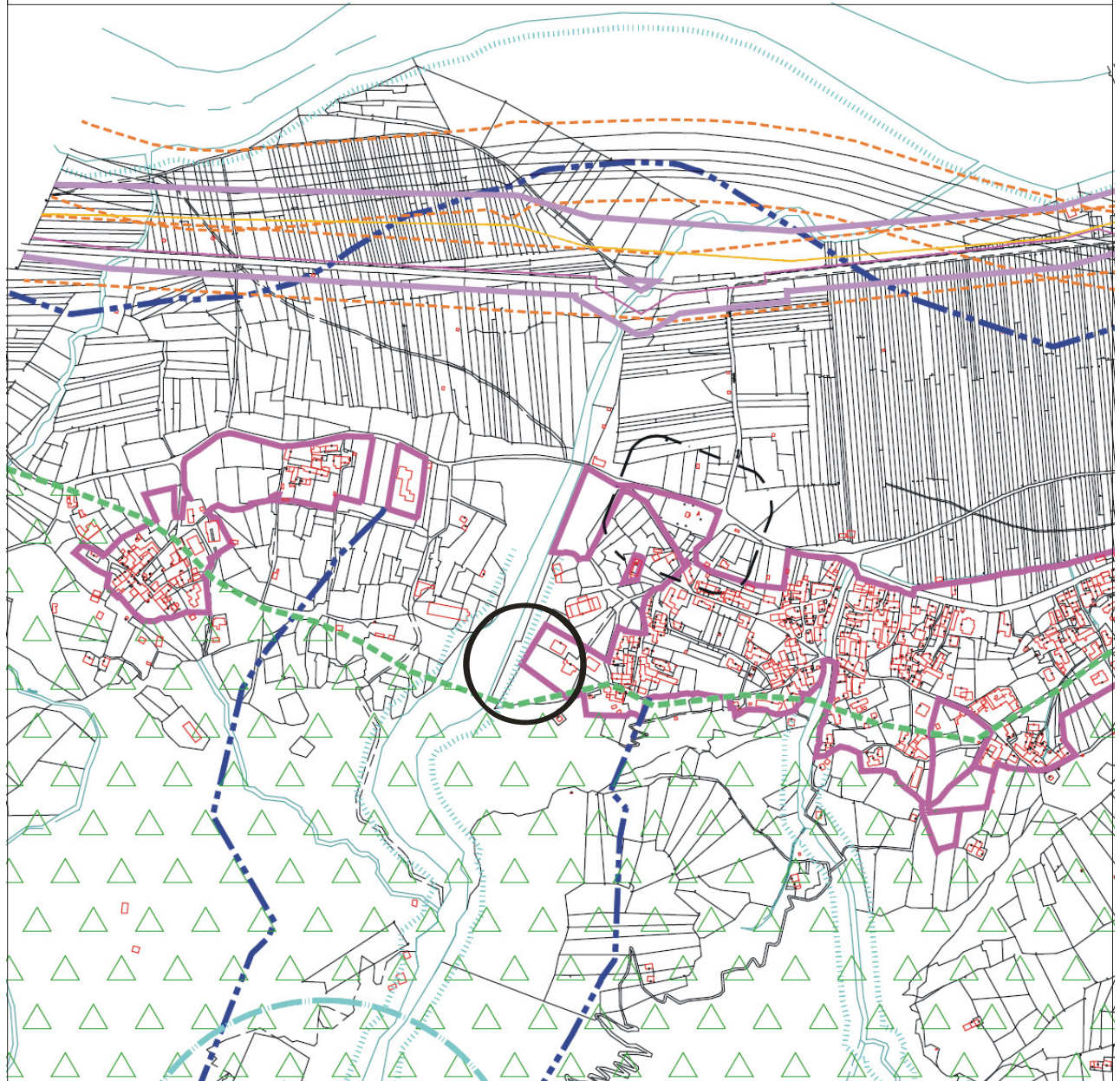
Nella carta dei vincoli del P.R.G.C. l'area d'intervento rientra, dal punto di vista ambientale – paesaggistico, all'interno della fascia di rispetto dei 150 m del rio Blet.

La porzione più a S del lotto d'intervento lambisce un settore interessato dal vincolo idrogeologico ai sensi della L.R. 45/89 e s.m.i. senza interessarlo direttamente.

Comune di Ornavasso

OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO

CARTA DEI VINCOLI (P.R.G.C.)



Scala: 1:5.000		Fasce di rispetto da fiumi e torrenti art. 1, punto c (mt. 150)
Comune: Ornavasso		
Provincia: Verbania		Parte di territorio oltre i 1600 mt art. 1, punto d
Estratto: Carta dei vincoli P.R.G.C.		Territori coperti da boschi art. 1, punto g, punto a, 5° comma art. 30 L.R. 56/77 e s.m.i.
		Limite vincolo idrogeologico di cui al R.D. n. 3267/23 e R.D. 245/33 e L.R. n. 45/89

5.3 Analisi del dissesto e della pericolosità e rischio idraulico

Ai fini della valutazione dello stato dissestivo e 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.

In particolare, lo stato dissestivo del settore in esame è legato alla presenza di una conoide incisa dal rio Blet, che risulta però arginato nel settore in esame.

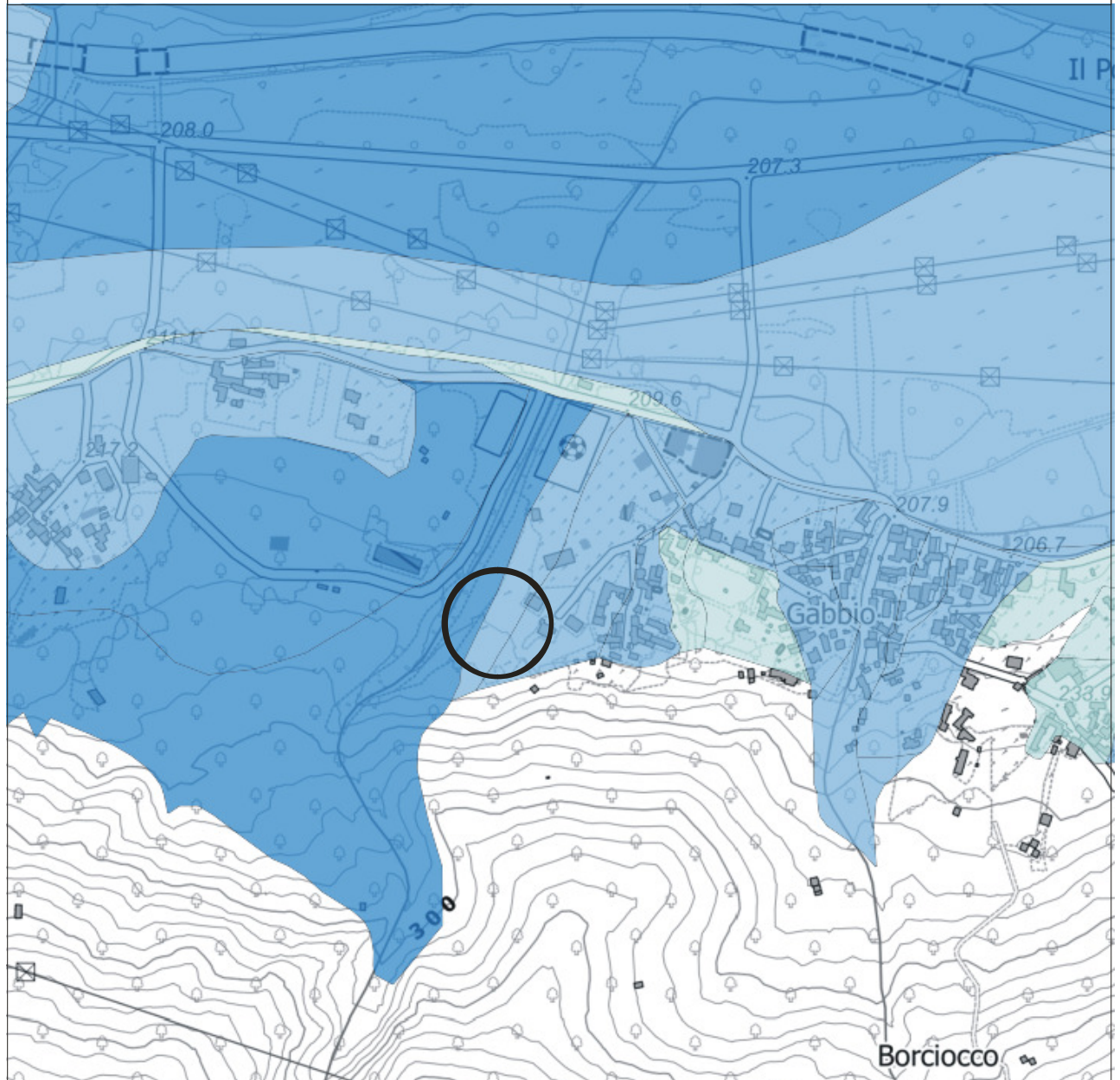
L'area in esame ricade nelle seguenti zone di rischio riportate negli strumenti di pianificazione evidenziati in tabella.

Strumento di pianificazione	Tavola	Zona di rischio	Descrizione
P.G.R.A. (Piano di Gestione Rischio Alluvione)	Carta degli scenari da alluvione	Probabilità di alluvioni poco frequente (Tr 100-200)	Aree allagabili – scenario poco frequente. Media probabilità di alluvioni (M = medium)
P.A.I. (Piano di Assetto Idrogeologico del fiume Po)	Carta dei dissesti	Conoide attivo parzialmente protetto - Cp	
ARPA Piemonte	Carta dell'evento alluvionale dell'ottobre 2000	-	-
P.R.G.C. (Piano Regolatore Generale Comunale)	Carta geomorfologica e del dissesto	Conoide attiva con pericolosità naturale elevata – CAb2	Conoide attiva con pericolosità naturale elevata (interventi di sistemazione o stabilizzazione naturale migliorativi)
P.R.G.C. (Piano Regolatore Generale Comunale)	Carta dei dissesti	Classe IIIA	Porzioni di territorio inedificate che presentano caratteristici geomorfologici o idrogeologici che le rendono inidonee a nuovi insediamenti. Idoneità nulla. Ammessi interventi di interesse pubblico non altrimenti localizzabili ai sensi dell'Art. 31 della L.R. 56777 con le specificazioni di cui alle Norme Tecniche di Attuazione

Comune di Ornavasso

**OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO**

CARTA DI PERICOLOSITA' DA ALLUVIONE (P.G.R.A.)



Scala: 1:5.000

Comune: Ornavasso

Provincia: Verbania

Estratto:
P.G.R.A. (Piano Gestione Rischio
Alluvione)

Legenda

Scenari di alluvioni - Pericolosità - 2020

- Probabilità di alluvioni elevata (tr. 10/20)
- Probabilità di alluvioni media (tr. 100/200)
- Probabilità di alluvioni scarsa (tr. 500)

Ubicazione area d'indagine

Comune di Ornavasso

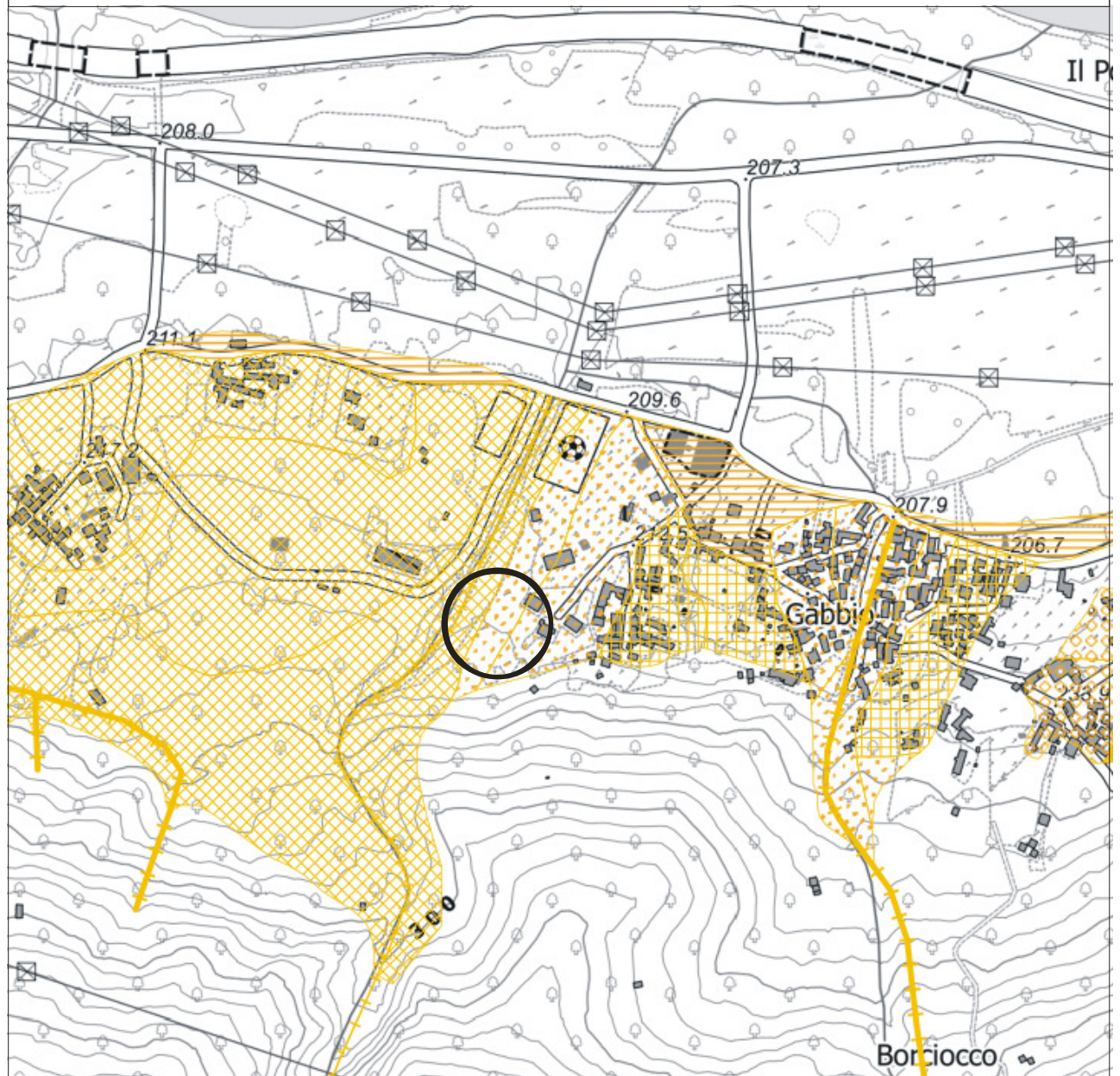
OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO

Nella Carta degli scenari da alluvione del P.G.R.A. (Piano di Gestione Rischio Alluvione) l'area d'intervento rientra in un'area caratterizzata da "Probabilità di alluvioni poco frequente (Tr 100-200): Aree allagabili – scenario poco frequente. Media probabilità di alluvioni (M = medium)".

Comune di Ornavasso

OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO

CARTA DEI DISSESTI (P.A.I.)



Scala: 1:5.000

Comune: Ornavasso

Provincia: Verbania

Estratto:

P.A.I. (Piano di assetto
Idrogeologico del fiume Po)

 Conoide attivo non protetto - Ca

 Conoide attivo parzialmente protetto - Cp

 Conoide non recentemente attivatosi - Cn



Ubicazione area d'indagine

Comune di Ornavasso

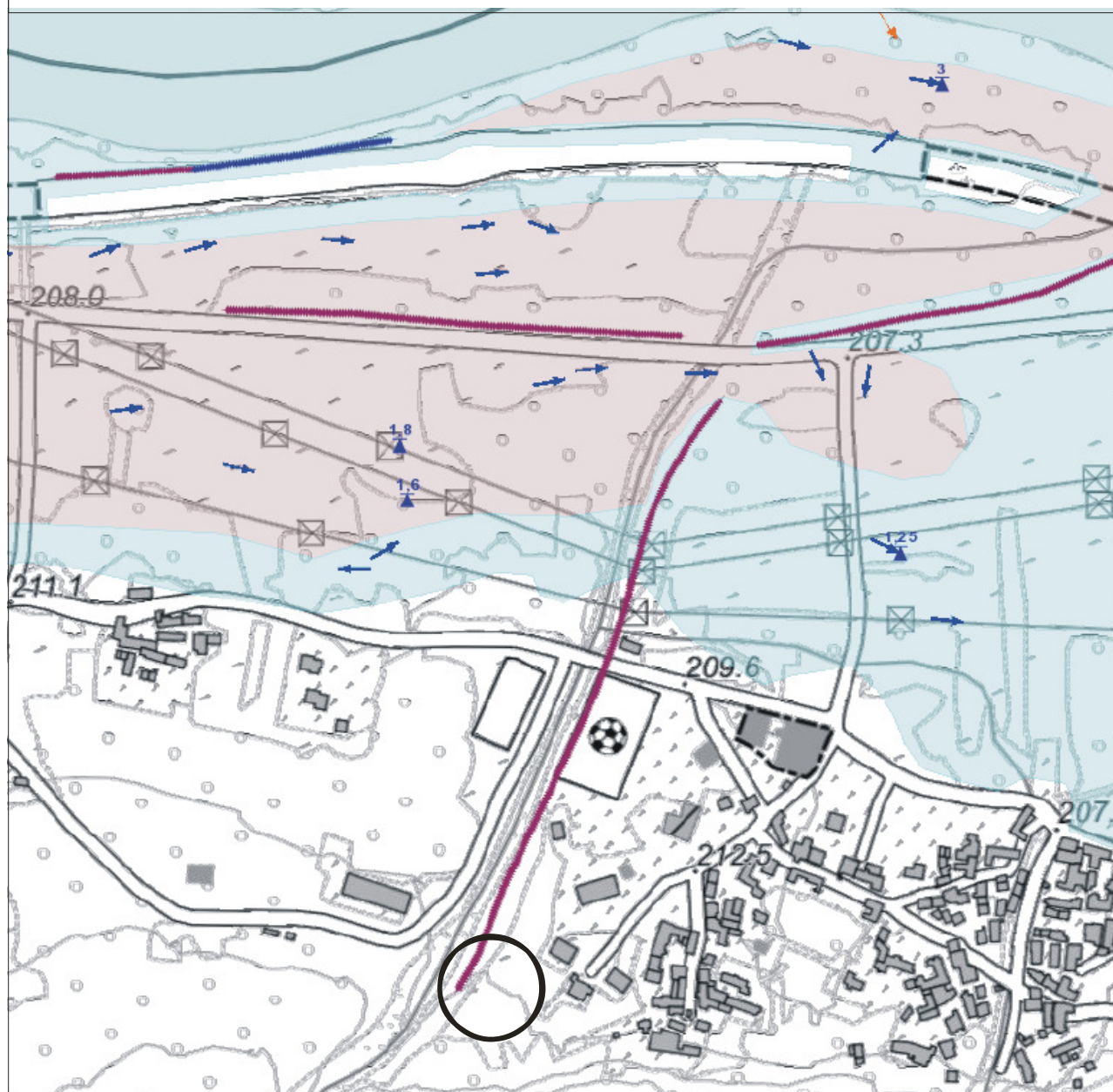
OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO

Nella carta dei dissesti del P.A.I. (Piano di Assetto Idrogeologico del fiume Po) l'area d'intervento rientra in un'area caratterizzata da un "Conoide attivo parzialmente protetto - Cp".

Comune di Ornavasso

OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO

CARTA EVENTO ALLUVIONALE OTTOBRE 2000



Scala: 1:5.000

Comune: Ornavasso

Provincia: Verbania

Estratto:

I.F.F.I. (Inventario dei fenomeni
franosì in Italia)

SI.Fra.P. (Sistema Informativo
Frane in Piemonte)

○ Ubicazione area d'indagine

Opera di sistemazione/Opera idraulica

Area con deposito prevalentemente sabbioso-ghiaioso

Area con ristagno d'acqua

Area inondata/allagata

Canale attivo (al momento dell'osservazione)

Canale d'erosione

Canale in alveo inattivo

Canale riattivato artificiale

Canale riattivato naturale

Comune di Ornavasso

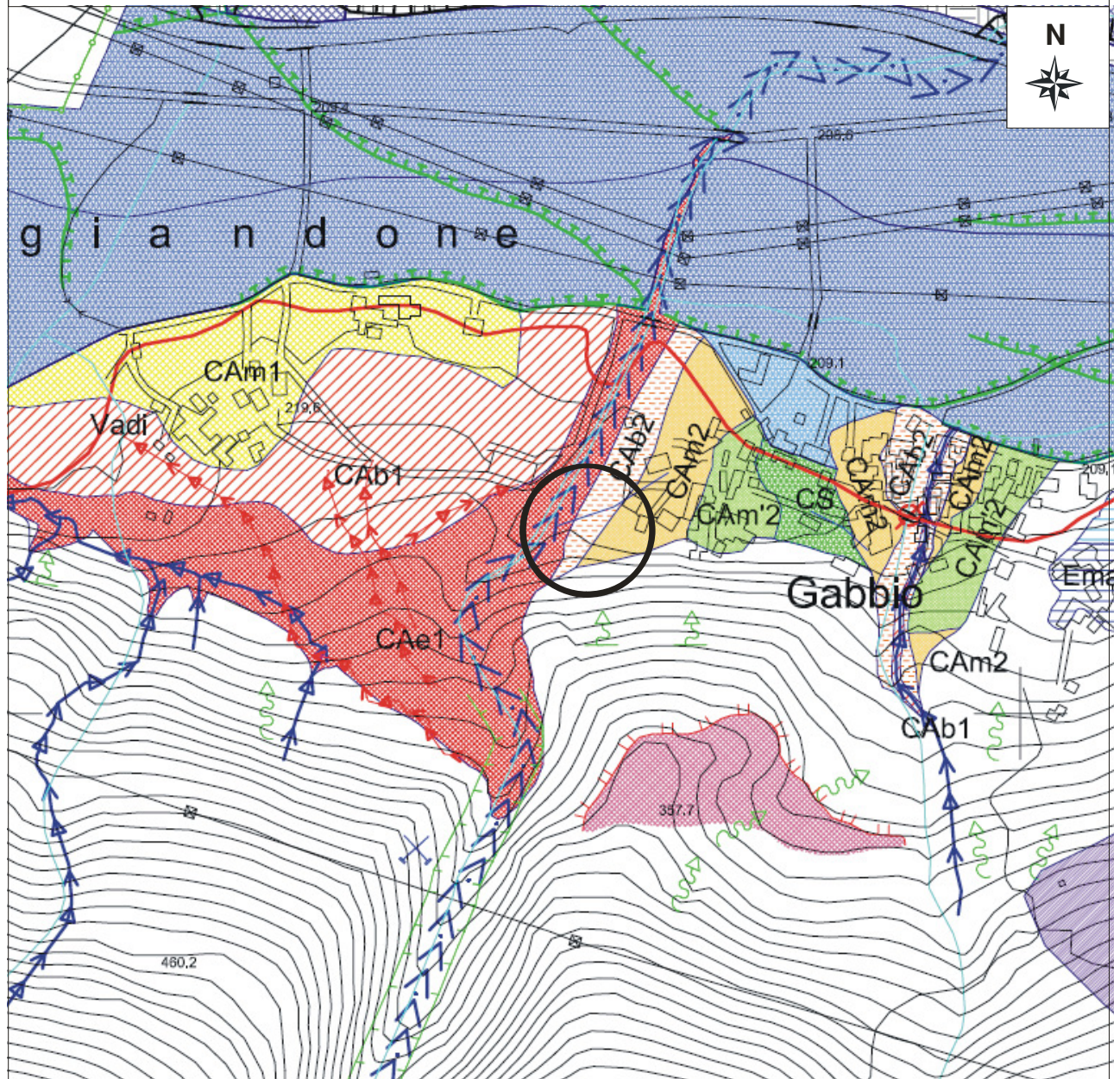
OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO

Nella carta relativa all'evento alluvionale dell'Ottobre 2000 di ARPA Piemonte non sono presenti tematismi legati a fenomeni di dissesto che hanno coinvolto il lotto in d'intervento.

Comune di Ornavasso

OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO

CARTA GEOMORFOLOGICA E DEL DISSESTO (P.R.G.C.)



Scala: 1:10.000

Comune: Ornavasso

Provincia: Verbania

Estratto:

P.R.G.C.

Carta geomorfologica e del dissesto

Dissesti legati alla dinamica tori

Descrizione	Interventi di sistemazione o stabilizzazione naturale	Codice	Retino
Conoide attiva con pericolosità naturale molto elevata	Assenti o inefficaci	CAe1	
Conoide attiva con pericolosità naturale elevata	Assenti o inefficaci	CAb1	
	Migliorativi	CAb2	
Conoide attiva con pericolosità naturale media	Assenti o inefficaci	CAm1	
	Migliorativi	CAm2	
Conoide attiva con pericolosità naturale moderata	Assenti o inefficaci	CAm'1	
	Migliorativi	CAm'2	



Ubicazione area d'indagine

Comune di Ornavasso

OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO

LEGENDA CARTA GEOMORFOLOGICA E DEI DISSESTI (P.R.G.C.)

Dissesti legati alla dinamica torrentizia

Tipo di processo	Descrizione	Intensità del processo / pericolosità	Codice	Simbologia
Lineare o areale, negli alvei montani o di fondovalle e nelle fasce spondali.	Alvei e fasce spondali soggetti a portate con elevatissimo trasporto solido (anche di massa - debris flow), a seguito forti intensità e concentrazioni di precipitazioni, su bacini a forte pendenza (superiori a 20%) di dimensioni ridotte, con elevata disponibilità di materiali movimentabili.	Molto elevata	EeL	>>>>>>
	Alvei e fasce spondali soggetti a portate con trasporto solido elevato o molto elevato, lungo i tratti di rete idrografica a minore pendenza (compresa tra il 20% il 5%) alimentati dal reticolo secondario di monte, con livello idrico controllato dall'innalzamento del fondo alveo per sovralluvionamento, con possibili modificazioni del tracciato planimetrico dell'alveo.	Elevata	EbL	>>>>>>
			Eba	>>>>>>
	Alvei e fasce spondali soggette a portate elevate con bassa velocità e con modesto trasporto solido nei tratti di rete idrografica secondaria o di fondovalle a bassa o bassissima pendenza (compresa tra il 5% e lo 0.2%) con trasformazioni dell'alveo di sezione insufficiente e frequenti divagazioni del tracciato planimetrico dell'alveo.	Media	EmL	>>>>>>
			Ema	>>>>>>
		Moderata	EmL	>>>>>>
			Em'a	>>>>>>

Sezioni di deflusso insufficienti

Dissesti legati alla dinamica torrentizia in conoide

Descrizione	Interventi di sistemazione o stabilizzazione naturale	Codice	Retino
Conoide attiva con pericolosità naturale molto elevata	Assenti o inefficaci	CAe1	
Conoide attiva con pericolosità naturale elevata	Assenti o inefficaci	CAb1	
	Migliorativi	CAb2	
Conoide attiva con pericolosità naturale media	Assenti o inefficaci	CAm1	
	Migliorativi	CAm2	
Conoide attiva con pericolosità naturale moderata	Assenti o inefficaci	CAm'1	
	Migliorativi	CAm'2	
Conoide inattiva		CS	

Comune: Ornavasso

Provincia: Verbania

Nella Carta geomorfologica e del dissesto del P.R.G.C. (Piano Regolatore Generale Comunale) l'area d'intervento rientra in un'area caratterizzata da una "Conoide attiva con pericolosità naturale elevata – CAb2, caratterizzata da interventi di sistemazione o stabilizzazione naturale migliorativi".

Alla luce delle direzioni di deflusso delle acque di piena, in seguito ad un eventuale sormonto delle opere arginali, in caso di un evento alluvionale di natura eccezionale, si ritiene che i fabbricati fuori terra in progetto (fabbricato testa pozzo e fabbricato serbatoio), comporteranno un volume d'interferenza tale da non creare, alla luce della situazione idraulica, interferenze negative con le condizioni di deflusso della piena stessa, tali da poter giustificare l'instaurarsi di un incremento del rischio idraulico generale del settore in esame.

Le strutture in progetto, all'interno di un contesto già antropizzato, non aumentano, infatti, in modo sensibile il livello di rischio e non comportano significativo ostacolo o riduzione apprezzabile della capacità di invaso delle aree.

Localmente potranno verificarsi unicamente circoscritti fenomeni di rigurgito nel settore di monte dei fabbricati con relativi fenomeni di depressione del pelo libero delle acque nei settori di valle. Tali effetti risulteranno comunque molto contenuti annullandosi e compensandosi rapidamente in un contesto di piena.

5.4 Analisi del dissesto e della pericolosità e rischio geomorfologico

Ai fini della valutazione dello stato dissestivo e del rischio geomorfologico del settore in esame, sono state analizzate una serie di cartografie tematiche quali il Sistema Informativo Frane in Piemonte (SiFraP) dell'ARPA Piemonte – Centro Regionale per le Ricerche Territoriali e Geologiche che rappresenta 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. E' stata inoltre analizzata la cartografia dei dissesti del Piano di Assetto Idrogeologico del fiume Po (PAI) dell'Autorità di Bacino Distrettuale del fiume Po, la cartografia delle aree instabili di ARPA Piemonte e la carta geomorfologica e dei dissesti del vigente P.R.G.C.

Tali cartografie permettono di individuare eventuali settori coinvolti o potenzialmente coinvolgibili da eventi dissestivi (frane).

Alla luce di tali analisi, non sono state individuate cartografie tematiche che evidenzino frane o più in generale dissesti che riguardino direttamente il settore interessato dall'intervento. Dai rilievi eseguiti in sito non emergerebbero inoltre particolari situazioni di dissesto che interessino il lotto d'intervento.

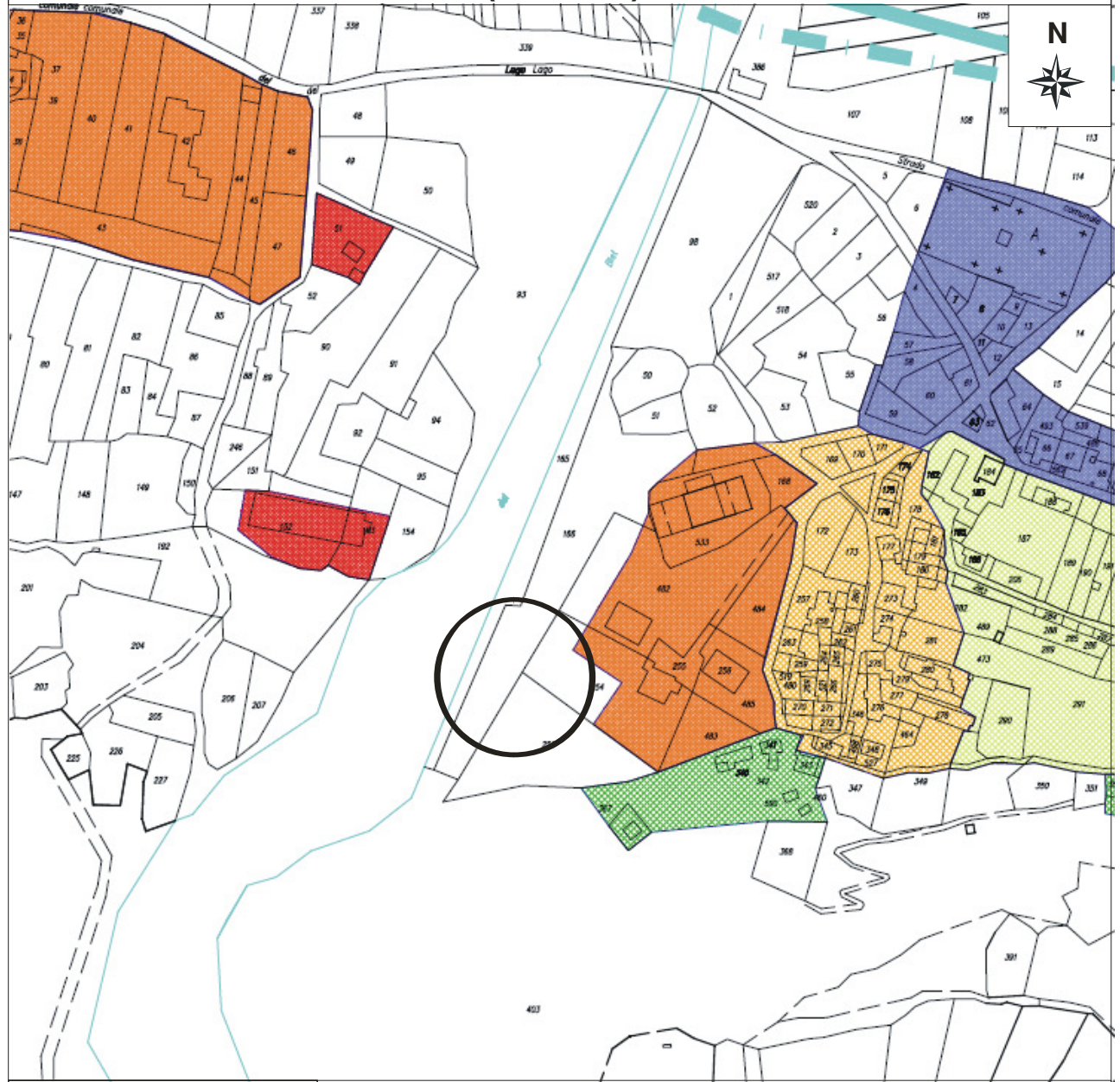
5.5 Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'utilizzazione ai fini urbanistici

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.

Comune di Ornavasso

OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO

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



Scala: 1:5.000

Comune: Ornavasso

Provincia: Verbania

Estratto:

P.R.G.C.

Carta di sintesi della pericolosità
geomorfologica e dell'idoneità
all'utilizzazione urbanistica



Ubicazione area d'indagine

IIIA

Porzioni di territorio inedificate che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che le rendono inadatte a nuovi insediamenti.

Idoneità nulla. Ammessi interventi di interesse pubblico non altrimenti localizzabili ai sensi dell'Art. 31 della L.R. 56/77 con le specificazioni di cui alle Norme Tecniche di Attuazione.

Comune di Ornavasso

**OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO**

Il lotto oggetto d'intervento ricade nella *"Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'utilizzazione ai fini urbanistici"*, all'interno della classe 3: *"Porzioni di territorio nelle quali gli elementi di pericolosità geomorfologica e di rischio, questi ultimi derivanti dalle urbanizzazioni dell'area, sono tali da impedirne l'utilizzo qualora inedificate, richiedendo viceversa la previsione di interventi di riassetto territoriale a tutela del patrimonio esistente"*.

La classe 3 è suddivisa nelle sottoclassi 3A, 3B e 3 indifferenziata descritte negli specifici articoli delle presenti norme.

Nel dettaglio l'area d'intervento ricade nella classe 3° (come da estratto da NTA del P.R.G.C.):

"Porzioni di territorio inedificate che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che le rendono inidonee a nuovi insediamenti (aree dissestate, in frana, potenzialmente dissestabili o soggette a pericolo di valanghe, aree alluvionabili da acque di esondazione ad elevata energia). Per le opere infrastrutturali di interesse pubblico non altrimenti localizzabili (con specifico riferimento ad es. ai parchi fluviali) vale quanto già indicato all'Arl.31 della LR. 56/77».

Tale classe riguarda:

- le zone di alveo e le fasce spondali dei corsi d'acqua torrentizi, soggette a dinamica attiva attuale o di possibile evoluzione;
- le fasce spondali del F.Toce che costituiscono le fasce di pertinenza fluviale nonché quelle con importanti effetti sulla laminazione delle piene;
- le fasce di territorio potenzialmente soggette a dinamica gravitativa, antica o recente, di tipo naturale o dovuto ad attività antropica;
- i versanti montani boscati o comunque a pendenza elevata.

Nel caso della presenza in aree soggette a classe 3a di edifici non evidenziati in cartografia, per questi si applicano le norme della classe 3b2c.

Nelle aree comprese in Classe 3a, classificate come Fascia A e B, valgono i disposti previsti nel Titolo II delle N.T.A. del "PAI" approvato con D.P.C.M. 24/05/2001, pubblicato su G.U. n.183 del 08/08/2001, con particolare riferimento agli Art. 29, 30, 31 e 39.

Nelle restanti aree inserite in Classe 3A, sono ammessi solo i seguenti interventi, i cui progetti siano stati redatti sulla base di rigorosi accertamenti geologici, geotecnici, idrogeologici e idraulici che stabiliscano gli accorgimenti tecnici atti a garantire la fattibilità degli interventi stessi nell'ambito di requisiti di sicurezza propria e tali da non aggravare la situazione di pericolosità esistente:

- a) le opere previste dal Piano Territoriale e quelle che abbiano conseguito la dichiarazione di pubblica utilità;
- b) le opere pubbliche non altrimenti localizzabili attinenti alla viabilità, alla produzione e al trasporto dell'energia, alle reti e agli impianti di depurazione, alle telecomunicazioni o ad altre attrezzature e impianti per l'erogazione di servizi pubblici o di pubblica utilità;
- c) le opere attinenti alla regimazione e all'utilizzo delle acque, compresi i pozzi, le captazioni sorgive, le derivazioni e gli attingimenti di acqua purché adeguatamente eseguiti e concessi dagli Enti competenti;
- d) le opere attinenti alle sistemazioni idrogeologiche, al contenimento e al consolidamento dei versanti, nonché tutti gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria delle opere di difesa esistenti;

Comune di Ornavasso

**OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO**

- e) L'eliminazione dei tratti coperti dei corsi d'acqua e l'ampliamento delle tombinature;*
- f) gli attraversamenti dei rii minori e la viabilità per il necessario collegamento, non altrimenti localizzabili, di zone residenziali o produttive esistenti o previste dal P.R.G. e dai P.P.;*
- g) le strade e piste ad uso agrosilvo-pastorale, regolamentate ai sensi delle normative vigenti;*
- h) I percorsi pedonali o ciclabili, le aree pedonali attrezzate e i percorsi didattici attrezzati;*
- i) Le attività estrattive, e relative strade di accesso, autorizzate ai sensi delle normative vigenti;*
- l) le opere antincendio, gli interventi selvicolturali, il mantenimento delle colture agricole o le loro trasformazioni, nuovi impianti di colture agricole sia a pieno campo che in strutture mobili (tunnel), previa idonee indagini che definiscano la compatibilità idrogeologica nei riguardi delle trasformazioni previste;*
- m) la recinzione dei terreni, realizzabile unicamente con pali infissi e rete metallica, purché le opere non modifichino la stabilità dei versanti e il regolare deflusso delle acque (anche in occasione di piene eccezionali) e permettano lo svolgimento delle operazioni antincendio e di protezione civile*
- n) sugli edifici rurali esistenti sono ammessi gli interventi di tipo MO, MS, RC (con esclusione della possibilità di cambio di destinazione d'uso).*

Le fasce di pertinenza dei corsi d'acqua classificate in Classe 3a costituiscono "disciplina vigente nelle diverse località" ai sensi del RD. 25/7/1904 n.523 "Testo unico delle disposizioni di legge sulle opere idrauliche", così come normate dalla Circ. P.G.R. n.14/LAP/PET dell'8 ottobre 1998.

Ai sensi della normativa riferita alla classe in oggetto (IIIA) si rappresenta che gli interventi in oggetto rientrano nelle seguenti casistiche:

- b) le opere pubbliche non altrimenti localizzabili attinenti alla viabilità, alla produzione e al trasporto dell'energia, alle reti e agli impianti di depurazione, alle telecomunicazioni o ad altre attrezzature e impianti per l'erogazione di servizi pubblici o di pubblica utilità;*
- c) le opere attinenti alla regimazione e all'utilizzo delle acque, compresi i pozzi, le captazioni sorgive, le derivazioni e gli attingimenti di acqua purché adeguatamente eseguiti e concessi dagli Enti competenti;*
- m) la recinzione dei terreni, realizzabile unicamente con pali infissi e rete metallica, purché le opere non modifichino la stabilità dei versanti e il regolare deflusso delle acque (anche in occasione di piene eccezionali) e permettano lo svolgimento delle operazioni antincendio e di protezione civile.*

Alla luce delle tipologie di intervento ed al loro interesse pubblico, è quindi possibile considerare gli interventi in oggetto compatibili con la normativa vigente riferita alle Classi di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'utilizzazione ai fini urbanistici.

6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRUTTURALE E GEOMORFOLOGICO

6.1 Premessa

L'area d'intervento ricade all'interno di una delle conoidi principali, su cui giacciono i centri urbani della sede comunale e delle frazioni, compresa tra la piana alluvionale del fiume Toce, solo parzialmente urbanizzata, e la zona montana, la cui antropizzazione è limitata alla presenza di insediamenti rurali e agro-silvo-pastorali.

Un'analisi geomorfologica permette di riconoscere nel territorio in esame gli effetti dell'azione di numerosi agenti morfogenetici operanti in varie fasi, e in particolare:

- una fase morfogenetica precedente alle glaciazioni quaternarie, durante la quale il basso livello di base dell'erosione ha causato la formazione dei solchi vallivi principali; a questa fase appartengono sia il solco vallivo del fiume Toce sia le numerose forre dei torrenti montani allo sbocco con i fondovalle e le loro probabili continuazioni sepolte sotto i sedimenti più recenti;
- una fase morfogenetica glaciale, con azione di modellamento della sezione della valle principale realizzatasi con processi di escavazione e di deposito e, a scala inferiore, delle valli minori ad essa perpendicolari. A questa fase appartengono la formazione di depositi morenici, disposti su diversi ordini di terrazzi, il modellamento dei rilievi e la forma della sezione della valle del Toce e delle parti altimetricamente più elevate delle valli secondarie;
- una fase posteriore alle glaciazioni durante la quale è avvenuto il ritiro dei ghiacciai, con rielaborazione dei depositi morenici; al ritiro dei ghiacciai corrisponde l'instaurarsi di un regime di rilascio tensionale e, quindi, di una dinamica di tipo prevalentemente gravitativo con formazione di falde e coni di detrito, meglio riconoscibili nelle porzioni montane del territorio. Contemporaneamente si ha ringiovanimento dei rilievi, dinamica di tipo fluviale e torrentizio con processi di erosione e trasporto, formazione della pianura alluvionale del fiume Toce (per progradazione del delta nel bacino lacustre) e dei conoidi alluvionali dei vari torrenti, erosione dei versanti più acclivi delle parti alte dei bacini torrentizi.

L'assetto strutturale attualmente visibile è dovuto al grande ciclo magmatico di età permiana a carattere plutonico con manifestazioni vulcaniche e filoniane che hanno permesso il posizionamento degli attuali plutoni granitici. Questi plutoni si sono intrusi negli scisti, con un contatto netto e discordante. Le vulcaniti sono presenti con manifestazioni presenti sul versante del Monte Cerano, con litotipi di natura basica rappresentate da gabbrodioriti, presenti anche sul massiccio del Mottarone con una lente allungata in prossimità del torrente Strona.

Le attività filoniane sono evidenti soprattutto sul versante del Monte Cerano con filoni quasi migmatitici e aplitici.

Dopo l'attività permiana la zona non è stata soggetta a fenomeni tettonici di rilievo. Le discontinuità tettoniche presenti nell'area ed evidenziate in carte si riferiscono esclusivamente a zone di frattura dovute ad assestamenti e alla messa in posta dei plutoni o a faglie presunte data la presenza di un'orografia abbastanza regolare. Tali linee supposte potrebbero essersi instaurate al momento della genesi degli stessi plutoni.

6.2 Assetto locale

In particolare, l'area oggetto d'intervento rientra all'interno del conoide del rio Blet. Tale conoide si colloca fra l'abitato di Vadi e quello di Gabbio ed è evidentemente costituito da due conoidi temporalmente successivi, il più antico con caratteristiche di conoide di deiezione e di frana, verso

Comune di Ornavasso

OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO

la località Vadi e il più recente verso l'abitato di Gabbio, al di sopra del quale è presente il serbatoio di carico dell'acquedotto.

Il conoide più recente è descritto come conoide medio apicale formato da ciottoli, ghiaie, sabbie ghiaiose a disposizione lenticolare, localmente caotico con presenza di massi.

Le quote sono le seguenti:

- Apice conoide antico: 290 m s.l.m.
- Apice conoide recente: 230 m s.l.m.
- Ambito possibile di perforazione: 220 m s.l.m.
- Livello della pianura: 210 m s.l.m.

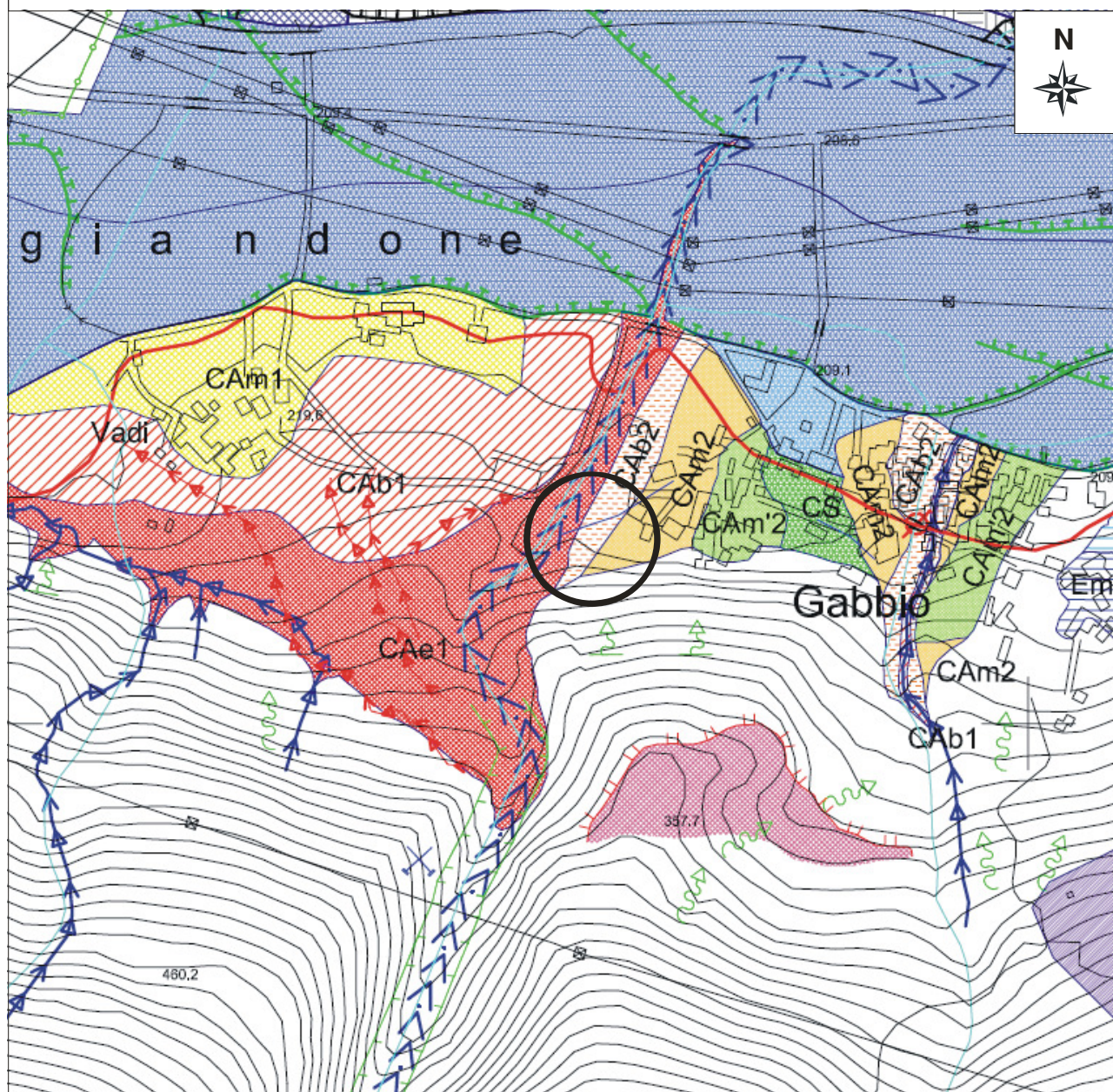
A scala locale, il lotto oggetto di intervento, situato ad una quota compresa tra circa 219,8 m s.l.m. a S e circa 218,5 m s.l.m. a N, è costituito da un terreno subpianeggiante, debolmente immergente verso N, di origine fluviale, in destra idrografica del rio Blet, esterno all'argine principale del corso d'acqua.

In corrispondenza del settore in esame la testa dell'arginatura è presente ad una quota compresa tra circa 221,3 m s.l.m. a S e circa 220,3 m s.l.m. a N.

Comune di Ornavasso

OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO

CARTA GEOMORFOLOGICA E DEL DISSESTO (P.R.G.C.)



Scala: 1:10.000

Comune: Ornavasso

Provincia: Verbania

Estratto:

P.R.G.C.

Carta geomorfologica e del dissesto

Dissesti legati alla dinamica tori

Descrizione	Interventi di sistemazione o stabilizzazione naturale	Codice	Retino
Conoide attiva con pericolosità naturale molto elevata	Assenti o inefficaci	CAe1	
Conoide attiva con pericolosità naturale elevata	Assenti o inefficaci	CAb1	
	Migliorativi	CAb2	
Conoide attiva con pericolosità naturale media	Assenti o inefficaci	CAm1	
	Migliorativi	CAm2	
Conoide attiva con pericolosità naturale moderata	Assenti o inefficaci	CAm'1	
	Migliorativi	CAm'2	



Ubicazione area d'indagine

7 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E LITOLOGICO

7.1 Premessa

Il territorio comunale di Ornavasso appartiene geologicamente al Basamento Cristallino Sudalpino che in quest'area è rappresentato dall'unità geo-strutturale nota in letteratura come Zona Ivrea-Verbanò. Si tratta di una sequenza vulcano-sedimentaria costituita da due sub-unità fondamentali:

- Unità Kinzigitica;
- Formazione Basica

I terreni di copertura, di vario spessore, sono costituiti invece da depositi di età quaternaria di diversa origine, tra i quali, nel settore in esame, prevalgono i depositi torrentizi a struttura conoidale.

La Formazione Basica è un complesso basico stratificato costituito da unità cicliche basali di duniti, harzburgiti, pirosseniti, noriti e gabbri e da un corpo principale costituito da gabbri e noriti.

L'Unità Kinzigitica, affiorante nell'area di rilevamento, è una sequenza di metapeliti e metabasiti con intercalazioni di marmi, quarziti e scisti. L'impronta metamorfica è di medio-alto grado passante ad alto grado e cresce da SE verso NW passando dalla facies delle anfiboliti a quella delle granuliti. Rappresentano il litotipo più diffuso nell'area di rilevamento: si tratta di rocce a tessitura scistosa molto marcata definita dalla disposizione in letti subparalleli dei minerali ad abito lamellare (miche) e in affioramento si presentano di colore bruno-violaceo. Derivano dal metamorfismo in facies anfibolitica di elevata temperatura di sedimenti argillosi o argilloso-arenacei e rappresentano l'incassante delle rocce basiche e ultrabasiche che saranno di seguito descritte. I componenti essenziali sono quarzo, plagioclasio, biotite, muscovite e sillimanite, tra gli accessori prevalgono apatite, zircone e minerali opachi (grafite e ilmenite). In funzione dell'aumentare del grado metamorfico, che cresce da SE verso NW, la composizione mineralogica varia con la progressiva sostituzione della biotite e della muscovite con il granato. L'aspetto di queste rocce muta, inoltre, in corrispondenza degli affioramenti di anfiboliti e granuliti dove sono evidenti fenomeni di disturbo e mobilizzazione, si riconoscono alternanze di letti di minerali leucocrati e melanocrati e continue variazioni di grana e talora di composizione.

Gli affioramenti rocciosi appaiono spesso caratterizzati da numerosi piegamenti a piccola scala, a volte con lenti o vene di quarzo al nucleo o intercalate; presentano una alterazione limitata al livello più superficiale della roccia, consistente in una ossidazione e lisciviazione dei minerali.

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° 30 "Varallo" alla scala 1.100.000
- Carta geologica allegata al P.R.G.C. alla scala 1:10.000

7.2 Assetto locale

Nella Carta Geologica d'Italia - Foglio n° 30 "Varallo" alla scala 1.100.000 l'area d'indagine ricade nella formazione: a²: Detriti di falda e a^{2b}: Coni di deiezione.

Comune di Ornavasso

OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO

CARTA GEOLOGICA D'ITALIA 1:100.000 (FOGLIO 30 - VARALLO)



Scala: 1:25.000

Comune: Ornavasso

Provincia: Verbania

Estratto:

Foglio 30 Varallo
Carta Geologica d'Italia
alla scala 1:100.000



Alluvioni recenti (a_2) e coni di deiezione (a_2^c).
Detriti di falda (a_2^d), frane ciclopiche post-glaciali (fr.).



Ubicazione area d'indagine

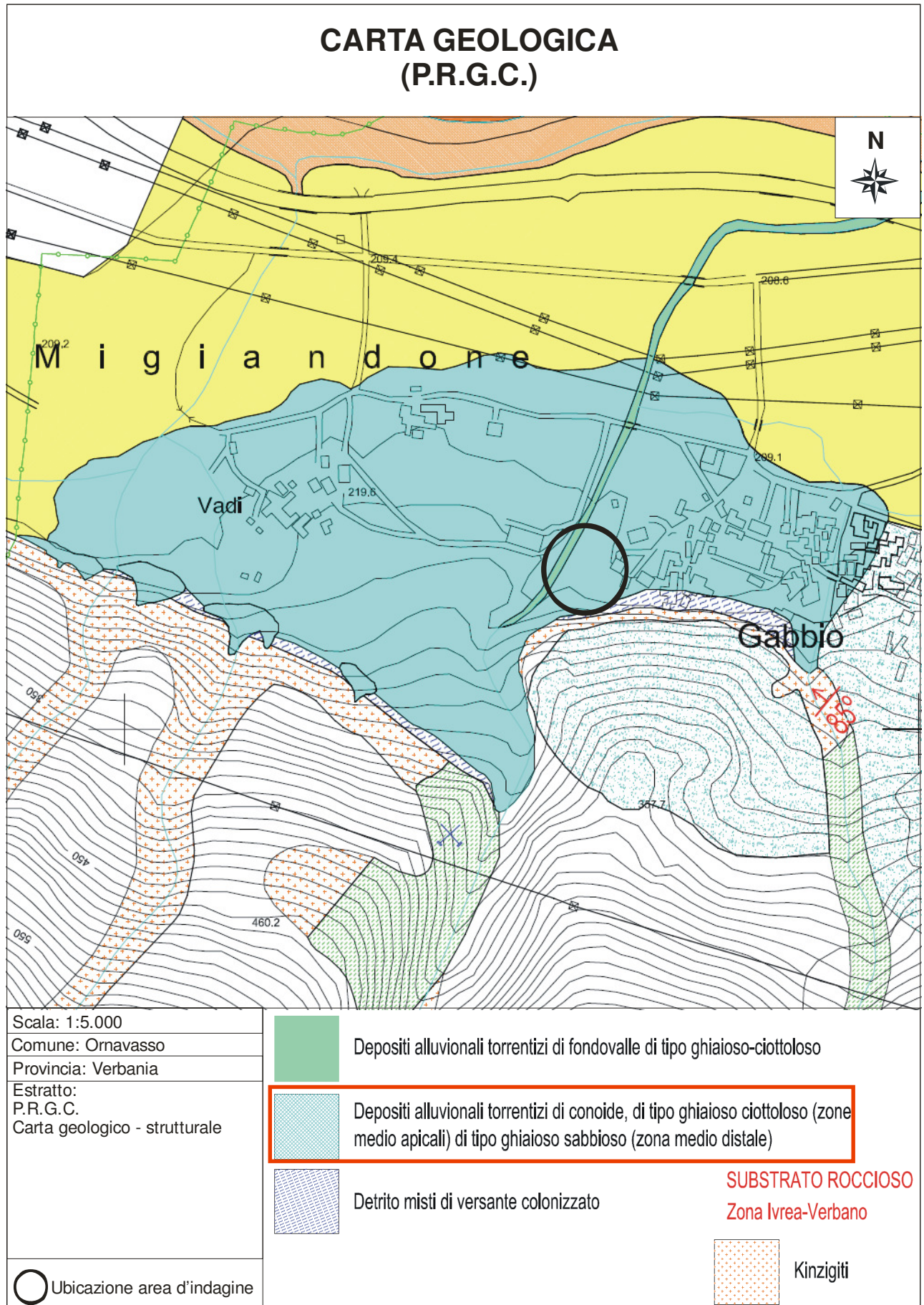
Comune di Ornavasso

OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO

Nella Carta geologica allegata al P.R.G.C. alla scala 1:10.000 l'area d'indagine ricade nella formazione: Depositi alluvionali torrentizi di conoide, di tipo ghiaioso ciottoloso.

Comune di Ornavasso

OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO



Comune di Ornavasso

**OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO**

I depositi formati dai corsi d'acqua minori allo sbocco nella piana alluvionale del fiume Toce o in zone pianeggianti sono stati distinti dagli altri depositi alluvionali in quanto caratterizzati da una tipica struttura conoidale con deposizione di materiale più grossolano (ciottoli, ghiaie e sabbie grossolane) nella zona di apice e più fine (sabbie medie e sabbie fini) nella zona più distale.

Il conoide di maggiori dimensioni presente sul territorio comunale è quello del rio San Carlo su cui giace l'abitato di Ornavasso, che solo parzialmente è stato smantellato dall'azione del Toce e che, anzi, ha determinato ostacolo al deflusso del corso d'acqua principale che in corrispondenza della porzione distale del conoide presenta una brusca deviazione verso est del tracciato.

Le strutture conoidali degli altri torrenti sono di dimensioni molto più limitate, tra queste la più estesa è quella del rio Blet, in cui ricade il lotto d'intervento, mentre minori e, in parte o nella quasi totalità demolite dalla predominante dinamica spondale del fiume Toce, sono quelle dei rii Lanca, Loia e Val Buona.

La relativa stratigrafia, desunta dai cuttings di perforazione del pozzo presente in sito, ha messo in evidenza fino alla profondità di circa 13 m, depositi di origine torrentizia appartenenti al conoide del rio Blet, costituiti da materiali grossolani a dominante ghiaioso-ciottolosa, al di sotto dei quali è stata rilevata la presenza di depositi a granulometria più fine, a dominante sabbiosa con orizzonti di ghiaietto fino al tetto del substrato roccioso rilevato a 27 m di profondità dal piano campagna.

E' probabile che l'orizzonte a dominante sabbiosa, sede dell'acquifero, corrisponda a depositi di origine mista torrentizia e fluviale che risentono anche della dinamica del fiume Toce.

La stratigrafia desunta dai dati di perforazione è la seguente:

Profondità da p.c. (m)	Litologia
0.00 – 1.50	Terreno sabbioso ghiaioso rimaneggiato misto a terreno agrario
1.50 – 13.00	Ghiaia, ciottoli e blocchi di origine metamorfica
13.00 – 27.00	Sabbie fini miste a qualche orizzonte di ghiaietto
> 27.00	Substrato roccioso metamorfico

Gli effetti della pedogenesi che si instaurano sui terreni in posto, sotto l'influenza dei diversi fattori fisici, chimici e biologici, portano, infatti, ad una disaggregazione e sminuzzamento della porzione litoide dei depositi, 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 molto ridotta (pochi decimetri), ininfluyente dal punto di vista geotecnico.

8 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

8.1 Premessa

Nel settore in esame, al di là delle distinzioni in complessi, è presente un acquifero libero impostato nella porzione più superficiale delle sequenze affioranti ed in particolare all'interno dei depositi torrentizi e di conoide.

La circolazione idrica sotterranea profonda risulta invece strettamente connessa all'andamento delle superfici di discontinuità e di fratturazione dell'ammasso roccioso, che rappresentano le vie preferenziali di infiltrazione e di circolazione delle acque nel sottosuolo. Una circolazione disomogenea delle acque sotterranee si rinviene un po' ovunque, resa possibile da uno stato di fratturazione non omogeneo ma continuo, prodottosi nei suddetti litotipi (caratterizzati da porosità primaria piuttosto ridotta) per decompressione in seguito agli eventi tettonici che hanno coinvolto il territorio in esame. Tale acquifero risulta costituito da numerosi sistemi indipendenti fra loro, anche molto diversi per livelli idrici, sospesi e alimentanti spesso sorgenti dalle portate limitate e tuttavia, in alcuni limitati casi, perenni.

8.2 Assetto locale

Ai fini di definire l'idrogeologia locale dell'area d'intervento, si fa riferimento alla "Relazione finale" redatta dal Geologo Corrado Caselli, a supporto del progetto del pozzo esistente.

L'elemento idrologico e idrografico dominante nell'area è costituito dal Rio Blet, il cui conoide si colloca fra l'abitato di Vadi e quello di Gabbio ed è evidentemente costituito da due conoidi temporalmente successivi, la più antica con caratteristiche di conoide di deiezione e di frana, verso la località Vadi e il più recente verso l'abitato di Gabbio, al di sopra del quale è presente il serbatoio di carico.

Lo sviluppo e la forma dei conoidi alluvionali sono controllati da numerosi fattori come la grandezza del bacino di alimentazione, la quantità di sedimento trasportato nell'alveo, l'energia del rilievo e le condizioni di attività tettonica del rilievo montuoso retrostante. In particolare, l'apertura del conoide dipende dalla maggiore o minore disponibilità di spazio del fondovalle, dalle cui caratteristiche dipende anche il maggior o minor sviluppo delle ali.

La sedimentazione è determinata dalla capacità di trasporto del corso d'acqua che varia con la diminuzione della pendenza dell'alveo e della velocità di scorrimento delle acque. Anche l'aumento della larghezza del canale di flusso, specialmente se costituito da materiale permeabile, può determinare un calo di portata che può avvenire per infiltrazione sul conoide stesso, con scomparsa del corso d'acqua in superficie. I materiali trasportati tendono a depositarsi nelle depressioni a fianco dei dossi lasciati dalle piene precedenti, permettendo ai sedimenti di distribuirsi a ventaglio, con un sistema di canali che si ramificano a partire dal punto più alto del conoide, chiamato apice.

I processi di trasporto e sedimentazione attivi nei sistemi bacino-conoide sono costituiti da flussi fluido-gravitativi del tipo debris-flow, hyperconcentrated flow e water flood. Questi rappresentano la modalità principale con cui i conoidi si accrescono. In genere si manifestano con episodi di breve durata, bassa frequenza ed alta intensità.

Nelle zone apicali possono essere attivi fenomeni legati esclusivamente all'azione della gravità come i crolli, gli scivolamenti e i colamenti.

I fenomeni di deposizione nell'ambiente di conoide torrentizio sono quindi prevalentemente connessi ad episodi parossistici di trasporto di massa per cui il deposito risulta in genere mal selezionato, privo di organizzazione interna oppure caratterizzato da una grossolana gradazione

Comune di Ornavasso

OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO

inversa, con i materiali più grossolani nella parte alta del deposito perchè tendono a galleggiare nella massa in movimento.

Dal punto di vista idrogeologico sono materiali caratterizzati da elevati coefficienti di permeabilità in quanto quasi privi di frazione fine; nello specifico il deposito grossolano di conoide risulta in realtà sostanzialmente sterile, mentre l'acquifero risulta costituito dai materiali a granulometria più fine (sabbia con ghiaietto) che caratterizzano i livelli stratigraficamente inferiori (da -13 m) fino al limite impermeabile inferiore rappresentato dal tetto del substrato roccioso.

Il substrato roccioso costituisce anche il limite impermeabile laterale dell'acquifero che corrisponde al versante roccioso che definisce il fianco meridionale di questo tratto della valle del Toce, qui orientata circa W-E.

All'atto della perforazione il livello statico del pozzo era stato rilevato a circa 13 m da bocca pozzo, mentre all'atto dell'esecuzione delle prove di portata lo stesso livello corrispondeva a circa 16 m di profondità dal piano campagna, coincidente con la bocca dell'opera di captazione.

Utilizzando il metodo di Cassan in regime stazionario è stato ricavato in via indiretta, attraverso il calcolo della Trasmissività, il valore del Coefficiente di Permeabilità (K) pari a: $K = 2,37 \cdot 10^{-2}$ m/s.

9 INDAGINI GEOTECNICHE

9.1 Premessa

Una stima dei caratteri geotecnici indicativi dei litotipi presenti nell'area d'indagine è stata ottenuta mediante l'elaborazione delle risultanze di n. 1 prova penetrometrica dinamica eseguita con penetrometro super-pesante DPSH del tipo Pagani TG 73-100 nell'area d'intervento.

L'ubicazione delle indagini è riportata nel report allegato.

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi) misurando il numero di colpi N necessari. La sua elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

9.2 Caratteristiche e metodologia

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

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

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

E' stata poi eseguita una elaborazione statistica delle prove penetrometriche dinamiche effettuate (valori medi, minimi, massimi, scarto quadratico medio, etc.), che ha permesso una correlazione dei valori di N penetrometrico con i corrispondenti valori di N_{spt}. Questi ultimi risultano essere più facilmente interpretabili, essendo disponibile una notevole e specifica bibliografia relativa ad essi. Poiché non esiste una standardizzazione delle procedure di esecuzione di tali prove, i valori sono stati convertiti in valori equivalenti di SPT, attraverso un coefficiente di correlazione fornito dai produttori della strumentazione penetrometrica utilizzata. Un'ulteriore e più approfondita elaborazione ha permesso la stesura delle tavole d'interpretazione geotecnica delle prove effettuate, indicante, dopo una preliminare differenziazione a seconda della natura granulare o coesiva del terreno in esame, i valori dei principali parametri, definiti per ogni differente strato, dedotti da note correlazioni con quelli del numero dei colpi (N) di penetrazione della punta (avanzamento). Si rappresenta che i valori di seguito riportati sono stati ricavati mediando i valori ottenuti dall'elaborazione delle prove di profondità all'interno degli stessi livelli, ed escludendo quei valori che si discostavano eccessivamente dalla media di ogni singolo strato.

Le elaborazioni sono effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*. Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981. Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa. In particolare, consente di ottenere informazioni su:

- resistenza alla penetrazione Rd,

Comune di Ornavasso

**OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO**

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e della resistenza alla punta.

9.3 Risultanze delle indagini eseguite

L'elaborazione delle risultanze della n. 1 prova penetrometrica dinamica, eseguita nell'area d'intervento e spinta fino a rifiuto (N = 100 colpi), ha consentito di ottenere una stima dei parametri geotecnici indicativi dei litotipi presenti nell'area d'indagine. Di seguito si riportano le risultanze di tale prova.

PROVA P1

Strumento utilizzato PAGANI TG 73-100

Profondità prova 2.70 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)
0.30	10	0	0.853	70.20	82.33
0.60	25	0	0.747	143.63	192.27
0.90	21	0	0.742	119.76	161.51
1.20	22	0	0.736	124.57	169.20
1.50	12	0	0.831	71.97	86.59
1.80	21	0	0.726	110.06	151.53
2.10	30	0	0.722	156.22	216.48
2.40	39	0	0.617	163.58	265.06
2.70	50	0	0.613	208.25	339.81

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P1

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
UL1	15.00	0.00-0.30	15.00	Gibbs & Holtz (1957)	50.29
UL2	41.25	0.30-2.70	41.25	Gibbs & Holtz (1957)	69.26

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
UL1	15.00	0.00-0.30	15.00	Japanese National Railway	31.5
UL2	41.25	0.30-2.70	41.25	Japanese National Railway	39.3

Comune di Ornavasso

OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE

PROGETTO DEFINITIVO

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
UL1	15.00	0.00-0.30	15.00	Schultze-Menzenbach Ghiaia e Sabbia	288.7
UL2	41.25	0.30-2.70	41.25	Schultze-Menzenbach Ghiaia e Sabbia	564.3

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
UL1	15.00	0.00-0.30	15.00	Begemann (1974)	229.5
UL2	41.25	0.30-2.70	41.25	Begemann (1974)	468.3

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
UL1	15.00	0.00-0.30	15.00	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
UL2	41.25	0.30-2.70	41.25	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
UL1	15.00	0.00-0.30	15.00	Meyerhof et al.	1.88
UL2	41.25	0.30-2.70	41.25	Meyerhof et al.	2.21

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume Saturo (t/m ³)
UL1	15.00	0.00-0.30	15.00	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.95
UL2	41.25	0.30-2.70	41.25	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.11

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
UL1	15.00	0.00-0.30	15.00	(A.G.I.)	0.32
UL2	41.25	0.30-2.70	41.25	(A.G.I.)	0.27

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 V_{s30}/V_{seq} è stata eseguita una prova sismica condotta con la seguente metodologia:

MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves

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 v_s , 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 v_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione v_p (o in maniera alternativa alle velocità v_p 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 v_s degli strati. Nella procedura manuale l'utente assegna per tentativi diversi valori delle velocità v_s 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

Comune di Ornavasso

OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO

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 v_s 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 specifico software, 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 VS 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.

Comune di Ornavasso

OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO

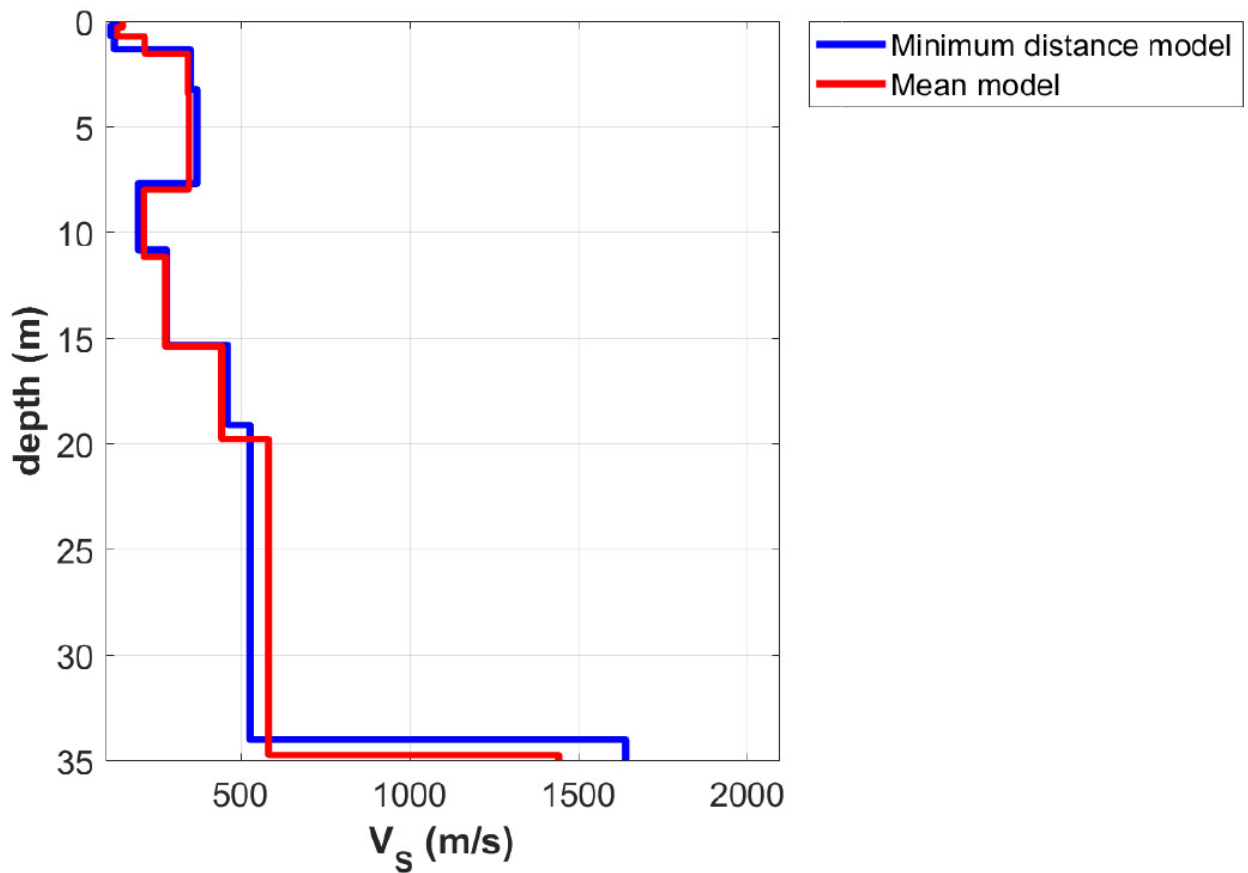


Fig. 10.1 - Profilo della velocità delle onde S in funzione della profondità

Sintesi risultati		
Vseq [m/sec]	349	
Categoria del suolo	C	<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 ag 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 PVR nel periodo di riferimento VR. 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 VR 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” (PVR).

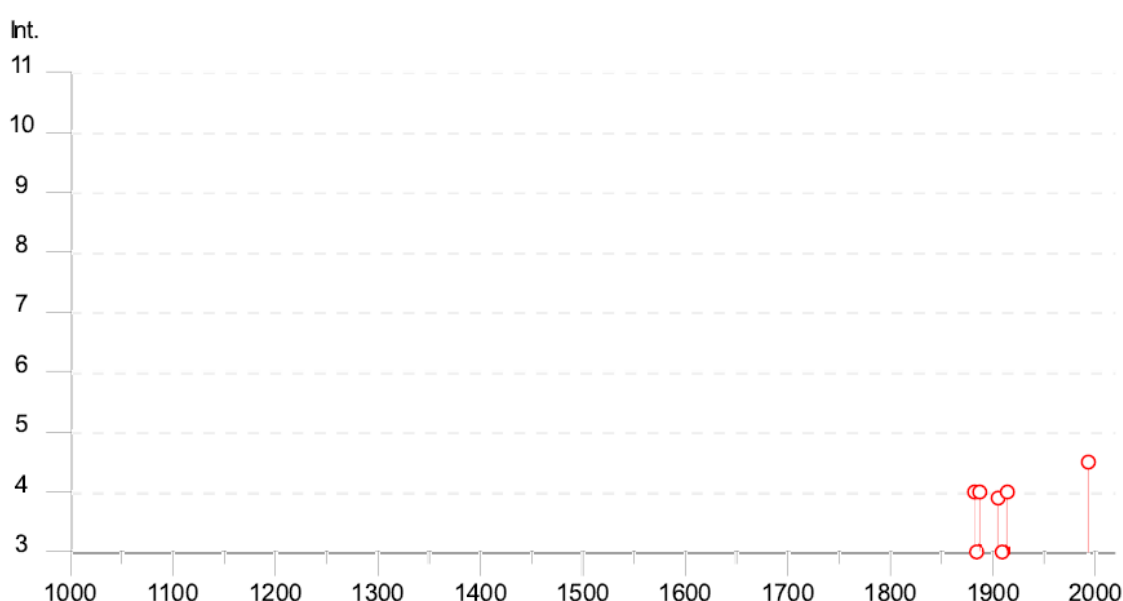
Per la caratterizzazione della pericolosità sismica del settore in studio si può fare riferimento alle banche dati ufficiali dell'ARPA Piemonte e del INGV (Catalogo terremoti italiani 2015 – Database macrosismico italiano 2015).

Comune di Ornavasso

OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO

Ornavasso

PlaceID IT_04552
Coordinate (lat, lon) 45.969, 8.412
Comune (ISTAT 2015) Ornavasso
Provincia Verbano-Cusio-Ossola
Regione Piemonte
Numero di eventi riportati 8



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4	1882	02	27	06	30		Valle Seriana	37	6-7	4.81
3	1884	09	12	07	23		Pianura lombarda	34	6	4.70
4	1887	02	23	05	21	50	Liguria occidentale	1511	9	6.27
F	1905	04	29	01	46	45	Haute-Savoie, Vallorcine	267	7-8	5.10
3	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
4	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
2	1918	04	24	14	21		Lecchese	34	6	4.95
4-5	1993	06	14	12	28	0	Val d'Ossola	139	5-6	4.34

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, Vs. I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità Vs 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.

Comune di Ornavasso

**OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO**

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

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.

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

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 a_g 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 a_g 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:

- a_g 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 a_g , F0 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 rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per

azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

- Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali. Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_vR , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella Tab. 3.2.I delle NTC:

Stati Limite		P_vR ; Probabilità di superamento nel periodo di riferimento
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 VR 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.

Comune di Ornavasso

OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO

latitudine: 45,982652
longitudine: 8,375679
Classe: 4
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 9807	Lat: 45,9751	Lon: 8,3171	Distanza: 4603,039
Sito 2 ID: 9808	Lat: 45,9781	Lon: 8,3887	Distanza: 1126,704
Sito 3 ID: 9586	Lat: 46,0281	Lon: 8,3845	Distanza: 5093,289
Sito 4 ID: 9585	Lat: 46,0250	Lon: 8,3127	Distanza: 6769,716

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 100anni
Coefficiente cu: 2

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 60 [anni]
ag: 0,027 g
Fo: 2,522
Tc*: 0,199 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 101 [anni]
ag: 0,033 g
Fo: 2,538
Tc*: 0,225 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %

Comune di Ornavasso

OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO

Tr: 949 [anni]
ag: 0,067 g
Fo: 2,686
Tc*: 0,306 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %

Tr: 1950 [anni]
ag: 0,080 g
Fo: 2,785
Tc*: 0,324 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss: 1,500
Cc: 1,790
St: 1,000
Kh: 0,008
Kv: 0,004
Amax: 0,394
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
Cc: 1,720
St: 1,000
Kh: 0,010
Kv: 0,005
Amax: 0,489
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,500
Cc: 1,550
St: 1,000

Comune di Ornavasso

OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO

Kh: 0,020

Kv: 0,010

Amax: 0,981

Beta: 0,200

SLC:

Ss: 1,500

Cc: 1,520

St: 1,000

Kh: 0,024

Kv: 0,012

Amax: 1,171

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. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna suborizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. 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;
4. 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 $U_c > 3,5$.

Comune di Ornavasso

**OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO**

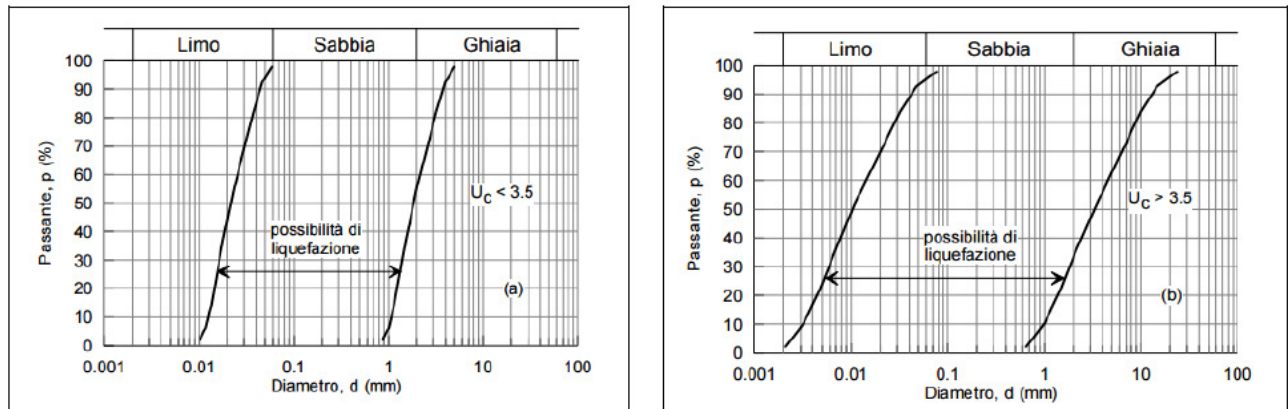


Fig. 11.2 - Fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione

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

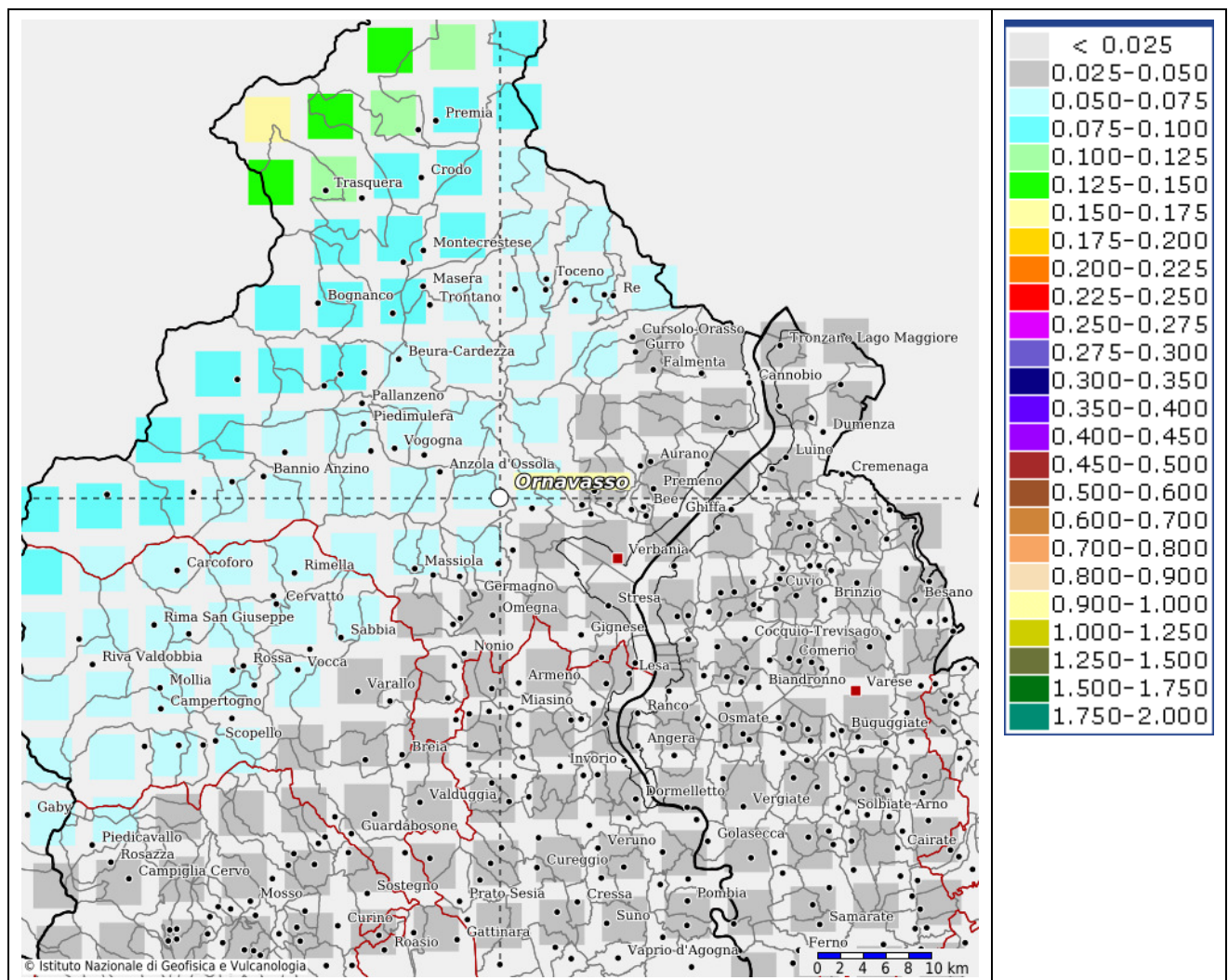


Fig. 11.3 - Mappa interattiva di pericolosità sismica INGV (tratto da: <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

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 improbabili.

12 MODELLO GEOTECNICO E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA

12.1 Modello geotecnico

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. Nel modello geotecnico di sottosuolo sono stati definiti i valori caratteristici dei parametri geotecnici basati sulle indagini e prove eseguite nonché sui valori di letteratura.

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 dai seguenti strati principali, dedotti per omogeneità delle caratteristiche litologiche e geotecniche.

Per una visualizzazione grafica di tali Unità litologiche o Strati tipo, si rimanda alle "Sezioni stratigrafiche e litotecniche schematiche interpretative" riportate in allegato:

Unità litologica	Profondità media (m da p.c.)	Descrizione interpretativa	Stato di addensamento e consistenza
UL1	0,0 – 1,0	Terreno sabbioso ghiaioso localmente rimaneggiato e superficialmente frammisto a terreno agrario	Moderatamente addensato
UL2	1,0 – 13,0	Ghiaie, ciottoli e blocchi, localmente in matrice sabbiosa, costituente il conoide	Addensato

12.2 Parametrizzazione geotecnica

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 SPT ai parametri di resistenza al taglio e di deformabilità del terreno. In tal senso sono state utilizzate quelle più collaudate e sperimentate. In fase di progettazione esecutiva, nel caso di utilizzo ai fini del dimensionamento e della verifica di opere fondazionali e/o di sostegno, tali valori andranno verificati e confermati, in seguito alla realizzazione di prove ed indagini geognostiche e geotecniche puntuali.

Unità litologica	Stato di addensamento e consistenza	γ_{dm}	γ_{satm}	Φ'_m	C'_m	Φ_{um}	C_{um}
		t/m ³	t/m ³	°	Kg/cm ²	°	Kg/cm ²
UL1	Da sciolto a poco consistente	1,8	1,9	31	0,0	0,0	0,0
UL2	Da moderatamente addensato ad addensato	1,9	2,1	39	0,0	0,0	0,0

dove:

γ_{dm} : peso di volume secco

γ_{satm} : peso di volume saturo

ϕ'_m : angolo di attrito interno efficace

C'_m : coesione efficace

ϕ_{um} : angolo di attrito interno non drenato

C_{um} : coesione non drenata

12.2.3 Valori caratteristici

Per fondazioni con ampie superfici di appoggio i *valori medi* corrispondono ai *valori caratteristici*.

13 RESISTENZA DI PROGETTO DEL SISTEMA GEOTECNICO FONDAZIONE SUPERFICIALE AGLI STATI LIMITE ULTIMI SLU E DI ESERCIZIO SLE

13.1 Premessa

Le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) e le analisi relative alle condizioni di esercizio (SLE) devono essere effettuate nel rispetto dei principi e delle procedure indicate al § 2.6 delle NTC/2018.

13.2 Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU)

Per ogni stato limite per perdita di equilibrio (EQU), come definito al §2.6.1, deve essere rispettata la condizione:

$$E_{inst,d} \leq E_{stb,d}$$

dove $E_{inst,d}$ è il valore di progetto dell'azione instabilizzante, $E_{stb,d}$ è il valore di progetto dell'azione stabilizzante.

Per ogni stato limite ultimo che preveda il raggiungimento della resistenza di un elemento strutturale (STR) o del terreno (GEO), come definiti al § 2.6.1, deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

Le NTC/18 prevedono 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).

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

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Tab. 6.2.I-Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Comune di Ornavasso

OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Tab. 6.2.II-Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Verifica	Coefficiente parziale
	(R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

Tab. 6.4.I-Coefficienti parziali R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Le verifiche di capacità portante in accordo con le NTC/2018 dovranno quindi essere eseguite secondo l'Approccio 2-Combinazione (A1+M1+R3) in cui sono incrementate le azioni (A), invariati i parametri geotecnici (M) e ridotta la resistenza (R). Cioè nella quale i coefficienti parziali sui parametri del terreno (M1) sono unitari e la resistenza globale del sistema è ridotta tramite il coefficiente R del gruppo R3.

Di seguito si riportano le verifiche geotecniche preliminari ai fini di un predimensionamento, ipotizzando una possibile tensione di progetto.

Relativamente alle verifiche geotecniche e strutturali delle opere fondazionali finali nonché della valutazione delle prestazioni del sistema costruzione-terreno, queste saranno eseguite in fase di progettazione esecutiva e riportate in apposita relazione geotecnica sulle fondazioni (par. 6.2.4 e 2.6 delle NTC/2018) e relazione strutturale a firma del Progettista incaricato della verifica e dimensionamento delle strutture.

Ci si è quindi limitati a fornire un'indicazione di massima della resistenza del sistema geotecnico Rd calcolata, secondo le Formule più comuni dei diversi Autori, considerando in prima analisi una fondazione con le seguenti caratteristiche:

Tipo fondazione	Dimensioni			Profondità di posa	Tensione ipotizzata (Ed)
	Lunghezza (H)	Larghezza (H)	Altezza (H)		
	(m)	(m)	(m)	(m)	(Kg/cm ²)
Plinto	-	-	-	-	-
Trave	-	-	-	-	-
Platea	10	5,6	0,2	0,6 (0,2+0,3 di magrone)	1,0

Comune di Ornavasso

OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO

Dai calcoli effettuati con le metodologie previste dalle Formule dei diversi autori comunemente utilizzate in geotecnica sono emersi i seguenti valori di Rd.

Nome combinazione	Autore	Resistenza di progetto [Rd]
A1+M1+R3		(Kg/cm ²)
	HANSEN (1970)	3,67
	TERZAGHI (1955)	5,63
	MEYERHOF (1963)	5,00
	VESIC (1975)	5,03
	Brinch - Hansen 1970	4,75
	Meyerhof and Hanna (1978)	3,44
SISMA	HANSEN (1970)	2,88
	TERZAGHI (1955)	4,40
	MEYERHOF (1963)	3,91
	VESIC (1975)	3,93
	Brinch - Hansen 1970	3,72
	Meyerhof and Hanna (1978)	2,69

Si rappresenta che i valori di Rd ottenuti non possono essere considerati pari alla pressione ammissibile poiché occorre effettuare anche la verifica nei confronti degli Stati Limite di Esercizio (SLE). Di seguito si riporta una verifica preliminare agli stati limite di esercizio nelle condizioni di progetto previste, sempre finalizzata ad un predimensionamento.

13.3 Verifica agli stati limite di esercizio (SLE)

Le opere e i sistemi geotecnici di cui al § 6.1.1 delle NTC/2018 (opere di fondazione, opere di sostegno, opere in sotterraneo, opere e manufatti di materiali sciolti naturali o di provenienza diversa, fronti di scavo, consolidamento, miglioramento e rinforzo dei terreni e degli ammassi rocciosi, consolidamento di opere esistenti) devono essere verificati nei confronti degli stati limite di esercizio. A tale scopo, il progetto deve esplicitare le prescrizioni relative agli spostamenti compatibili e le prestazioni attese.

La verifica agli stati limite di esercizio implica l'analisi del problema di interazione terreno-struttura, al termine della costruzione e nel tempo, secondo quanto disposto al paragrafo § 2.2.2. Il grado di approfondimento dell'analisi di interazione terreno struttura è funzione dell'importanza dell'opera.

Per ciascun stato limite di esercizio deve essere rispettata la condizione:

$$Ed \leq Cd$$

dove E_d è il valore di progetto dell'effetto delle azioni nelle combinazioni di carico per gli SLE specificate al §2.5.3 e C_d è il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni. Quest'ultimo deve essere stabilito in funzione del comportamento della struttura in elevazione e di tutte le costruzioni che interagiscono con le opere geotecniche in progetto, tenendo conto della durata dei carichi applicati.

Per la verifica agli stati limite di esercizio SLE si sono determinati i cedimenti con i criteri di calcolo usuali e per dare un giudizio sulla loro ammissibilità si può fare riferimento a numerosi grafici e tabelle di letteratura, che su base statistica e in funzione di parametri diversi, indicano i valori ammissibili. In tal senso in merito ai cedimenti ammissibili di opere è noto che i cedimenti assoluti influenzano il comportamento di una struttura in misura minore dei cedimenti differenziali ed è ormai ampiamente riconosciuto che esiste una relazione tra i due cedimenti (*Grant et al., 1975, Skempton e McDonald, 1956, Polshin e Tokar, 1957, Bjerrum, 1963, Burland & Wroth, 1974*). L'approccio generalmente seguito è quello di adottare un valore di cedimento ammissibile in funzione di un valore prefissato di distorsione angolare massima funzione della tipologia di struttura. Utilizzando la correlazione β_{max}/w_{max} proposta da *Grant e altri, 1974* aggiornata da *Viggiani, 1992* e quella di *Mandolini, 2003* considerando una distorsione angolare massima di 1/500 si può assumere come cedimento massimo w_{max} il limite di 3.5 cm. Per contenere i cedimenti differenziali su valori accettabili per la stabilità della struttura, si preferisce tuttavia considerare un cedimento massimo ammissibile w_{max} limite di 2.5 cm come previsto da *Terzaghi e Peck, 1967*.

Considerando le ipotesi fondazionali sopra riportate la verifica preliminare (sempre a titolo puramente indicativo) nei confronti degli Stati Limite di Esercizio (SLE) è stata eseguita utilizzando il metodo di calcolo di Burland e Burbidge (1985). Tale metodo permette, qualora si disponga di dati ottenuti da prove penetrometriche dinamiche, di effettuare il calcolo dei cedimenti correlando un indice di compressibilità I_c al risultato N della prova penetrometrica dinamica.

Nei calcoli dei cedimenti è stato utilizzato un valore di NAV, che rappresenta la media "conservativa" dei valori NSPT all'interno della profondità significativa z (funzione del lato della fondazione), al fine di tenere in debito conto la presenza della porzione più superficiale moderatamente addensata. La verifica ha fornito i seguenti valori limite dell'effetto delle azioni (portata ammissibile ai cedimenti):

Pressione di progetto ipotizzata in condizione massime previste Kg/cm^2	1,0
Profondità significativa Z_i (m)	6
Media dei valori di N_{spt} all'interno di Z_i	28
Fattore di forma f_s	1,2
Fattore strato compressibile f_h	1
Fattore tempo f_t	1,405
Fattore tempo f_t	0,016
Cedimento immediato (mm)	5,87
Cedimento a lungo termine ($t=10$ anni) (mm)	8,25

14 INDICAZIONI SULLE OPERE DI FONDAZIONE E DI SOSTEGNO

14.1 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.

Disponendo dei carichi indotti dalle opere e dalle strutture, nonché dei parametri caratteristici e di progetto forniti, dovranno essere effettuate dal Progettista in fase di progettazione esecutiva 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 $R_d \geq E_d$.

14.2 Prescrizioni relative alle opere di fondazione

In riferimento a quanto emerso dalle indagini e verifiche eseguite, nonché al modello geologico e geotecnico di riferimento individuato (vedasi “*Sezione stratigrafica e litotecnica schematica interpretativa*” presente in allegato), è possibile individuare i seguenti strati, riportati in tabella, in funzione dell’idoneità all’utilizzo come piano di appoggio ad opere fondazionali.

Unità litologica	Profondità media (m da p.c.)	Descrizione interpretativa	Idoneità all’utilizzo come piano di appoggio e/o immersione ad opere fondazionali
UL1	0,0 – 1,0	Terreno sabbioso ghiaioso localmente rimaneggiato e superficialmente frammisto a terreno agrario	Idoneo ad essere utilizzato come piano di appoggio ad opere fondazionali di tipo diretto e continuo del tipo platea, previa parziale stabilizzazione del piano di appoggio mediante rimozione dei primi 0,3 m circa di terreno al di sotto della fondazione (o comunque di spessore adeguato in base ai carichi imposti) e sostituzione con materiale misto stabilizzato (ciottoli, ghiaie e sabbie con scarsa frazione fine) adeguatamente rullato e costipato fino ad ottenere le caratteristiche geotecniche richieste
UL2	1,0 – 13,0	Ghiaie, ciottoli e blocchi, localmente in matrice sabbiosa, costituente il conoide	Idoneo ad essere utilizzato come piano di appoggio ad opere fondazionali di tipo diretto e continuo del tipo platea

Tab. 14.1 – Tipologia di fondazioni in funzione delle caratteristiche geotecniche dei terreni

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 l'esecuzione delle eventuali indagini e prove.

Non disponendo, allo stato attuale, dei valori dei carichi ed azioni definitivi indotti dalle strutture, nonché delle esatte caratteristiche delle opere fondazionali, per le verifiche di tali opere si rimanda alla *Relazione strutturale/Relazione sulle opere fondazionali* a firma del Progettista delle strutture.

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

14.3 Prescrizioni relative alle opere di sostegno provvisionali e di contenimento

14.3.1 Premessa

In base alla tipologia di opere previste (opere di fondazioni ed opere di contenimento), si individuano le seguenti tecniche 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 riguardanti 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 dalle 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.

Comune di Ornavasso

OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO

14.3.2 Operazioni di scavo

In base alle caratteristiche geologiche e geotecniche 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.

15 INDICAZIONI E PRESCRIZIONI DI CARATTERE GEOLOGICO E GEOTECNICO

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.

15.1 Progettazione esecutiva

15.1.1 Scavi, opere provvisionali, opere di sostegno ed opere di contenimento

- Non sono previste particolari operazioni di scavo ed opere di sostegno/contenimento.

15.1.2 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).

15.1.3 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 dovrà prevedere delle strutture prefabbricate (fabbricati) in grado di reggere eventuali apporti idrici in caso di esondazione.
- Il Progettista dovrà prevedere un sistema di accesso ai fabbricati in progetto preferibilmente "a tenuta", in grado di non consentire ad eventuali acque di esondazione di penetrare all'interno degli stessi in caso di eventi alluvionali di carattere eccezionale.
- La recinzione prevista sull'argine dovrà essere costituita unicamente da pali infissi, con eventuale iniezione di calcestruzzo alla base per garantire la stabilità degli stessi, in modo tale che, in caso di piena di carattere eccezionale, se divelti, possano essere facilmente ricollocabili.

15.2 Fase di cantiere ed esecuzione lavori

15.2.1 Scavi, opere provvisionali, opere di sostegno ed opere di contenimento

- 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 provvisionali 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.

- Le acque uscenti dai sistemi di gestione delle acque meteoriche dovranno essere convogliate al di fuori dell'area di cantiere all'interno di un ricettore finale idoneo ad ospitare tali apporti idrici.

15.2.2 Opere fondazionali

- In seguito all'apertura degli scavi e/o alle operazioni di splateamento 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. In tale occasione andrà verificata la presenza di acque a fondo scavo o a quote superiori di quelle previste od individuate durante le indagini geognostiche eseguite, potenzialmente interagenti con le opere in progetto. In questo caso le venute idriche dovranno essere prontamente intercettate ed allontanate in modo adeguato.
- 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 mediante sottofondo strutturale, ovvero magrone, calcestruzzo o 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'innescio di cedimenti di tipo differenziale che porterebbero a ripercussioni sulla struttura.
- Nel caso di possibilità di appoggi fondazionali a quote differenti e/o di tipologia differente, sarà necessario eseguire valutazioni puntuali dei cedimenti attesi (sia a breve che a lungo termine) ed adottare soluzioni progettuali adeguate all'assorbimento dei cedimenti differenziali.

16 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La presente relazione geologica e geotecnica 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: *"Nuovo pozzo ad uso potabile in località Migliandone e relative opere accessorie"*, da realizzarsi nel Comune di Ornavasso (VB), 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 Ri».

Nel dettaglio, il presente elaborato, redatto ai sensi del D.M. 17.01.2018, è stato realizzato in seguito alla richiesta di valutare la compatibilità delle opere in progetto, con particolare riferimento alle opere accessorie: fabbricato testa pozzo, fabbricato serbatoio e gruppo di pressurizzazione e rete di delimitazione dell'area di salvaguardia, ricadenti in un'area cartografata come a pericolosità elevata.

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 relative alle problematiche geologiche e geotecniche che dovranno essere affrontate nell'ambito della progettazione ed esecuzione delle 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.

Il lotto oggetto d'intervento ricade nella *Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'utilizzazione ai fini urbanistici*, all'interno della Classe 3A: *«Porzioni di territorio inedificate che presentano carattere geomorfologici o idrogeologici che le rendano inidonee a nuovi insediamenti (aree dissestate, in frana, potenzialmente dissestabili o soggette a pericolo di valanghe, aree alluvionabili da acque di esondazione ad elevata energia). Per le opere infrastrutturali di interesse pubblico non altrimenti localizzabili vale quanto già indicato all'Arl.31 della LR. 56/77»*.

Tale classe prevede che siano consentiti i seguenti interventi, tra i quali ricadono quelli previsti da progetto:

b) le opere pubbliche non altrimenti localizzabili attinenti alla viabilità, alla produzione e al trasporto dell'energia, alle reti e agli impianti di depurazione, alle telecomunicazioni o ad altre attrezzature e impianti per l'erogazione di servizi pubblici o di pubblica utilità;

c) le opere attinenti alla regimazione e all'utilizzo delle acque, compresi i pozzi, le captazioni sorgive, le derivazioni e gli attingimenti di acqua purché adeguatamente eseguiti e concessi dagli Enti competenti;

m) la recinzione dei terreni, realizzabile unicamente con pali infissi e rete metallica, purché le opere non modifichino la stabilità dei versanti e il regolare deflusso delle acque (anche in occasione di piene eccezionali) e permettano lo svolgimento delle operazioni antincendio e di protezione civile.

Alla luce delle tipologie di intervento ed al loro interesse pubblico, è quindi possibile considerare gli interventi in oggetto compatibili con la normativa vigente riferita alle Classi di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'utilizzazione ai fini urbanistici.

Sulla base dei rilievi, delle indagini e verifiche eseguite, tenendo conto delle caratteristiche geomorfologiche, idrogeologiche, geotecniche e di rischio idraulico e geomorfologico dei luoghi, in funzione della tipologia di opere previste, si può attestare la compatibilità e fattibilità degli

Comune di Ornavasso

OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO

interventi, nel pieno rispetto delle indicazioni e prescrizioni fornite, finalizzate alla tutela e salvaguardia del territorio.

17 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
- ☐ Ambrosetti et al., “L’alluvione sull’areale del lago Maggiore nell’autunno 1993”, Nimbus, Anno 1 n. 2, 1993, pp 50-54
- ☐ Ambrosetti et al., “La piena del lago maggiore nell’autunno 1993 un evento di portata secolare”, Documenta dell’Istituto Italiano di Idrobiologia, n° 43, 1994
- ☐ Anselmo V., L’alluvione del 7 agosto 1978 in Val d’Ossola – Aspetti idrologici del nubifragio e considerazioni sui metodi di intervento, Domodossola, Lions Club International Distretto 108, 1979
- ☐ 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
- ☐ Barbanti L., “Vicende remote e recenti della conca verbanese”, Verbanus Rassegna per la cultura l’arte la storia del lago, n° 18, Alberti Editori per la Società dei Verbanisti, 1997, pp 379 – 435.
- ☐ Cattaneo et al., “L’evento di piena dell’ottobre 2000 sul bacino del Ticino”, L’Acqua, n.6, 2000. Crealp, UFAEG (Ufficio federale delle acque e della geologia), Unwetterschaden Oktober 2000.
- ☐ “Note illustrative della Carta Geologica d’Italia”
- ☐ 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)
- ☐ P.R.G.C. Relazione geologica e tavole allegate
- ☐ Mercalli L., Cat Berro D., “L’evento alluvionale del 13-17 ottobre 2000 nel bacino del Po: analisi pluviometrica”, Nimbus, n. 21-22, s.d.
- ☐ Regione Piemonte, Rapporto sull’evento alluvionale del 13 – 16 ottobre, Torino, Direzione Servizi Tecnici di Prevenzione, 2000.
- ☐ 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.

Comune di Ornavasso

OPERE ACCESSORIE AL NUOVO POZZO MIGIANDONE IN COMUNE DI ORNAVASSO (VB), FRAZ. MIGIANDONE
PROGETTO DEFINITIVO

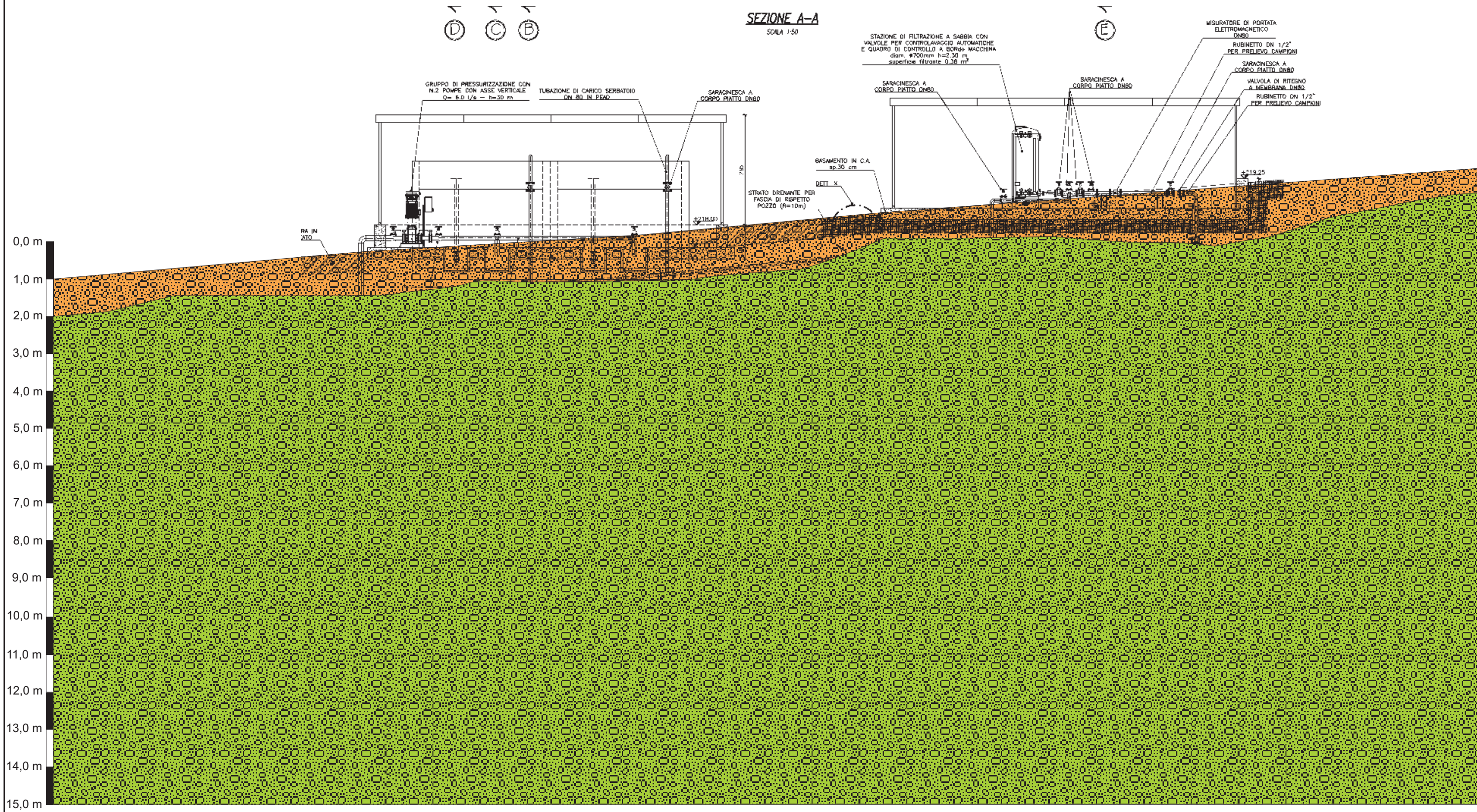
18 REPORT ED ALLEGATI

SEZIONE STRATIGRAFICA E LITOTECNICA SCHEMATICA INTERPRETATIVA

LEGENDA

- UL1 - Terreno sabbioso ghiaioso localmente rimaneggiato e superficialmente frammisto a terreno agrario
- UL2 - Ghiaie, ciottoli e blocchi, localmente in matrice sabbiosa, costituente il conoide

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



Acqua Novara.VCO S.p.a.

**Opere accessorie al nuovo Pozzo Migliandone in Comune di
Ornavasso (VB) – Frazione Migliandone**

Commessa	Committente	Documento
565/21 del 10/11/2021	Acqua Novara.Vco S.p.a.	Rapporto di Cantiere
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
 Amministrazione: Tel. +39 3669001927 e-mail: info@in-cosrl.it - Uff. Tecnico: Tel. +39 3459705611 e-mail: tecnico@in-cosrl.it
 Attest. SOA OS20b – OS21 Cl. IIIbis - Autorizz. Min.: Prot. 0007382 del 18/09/2013 - Certificazione Sistema di qualità ISO 9001:2015

SOMMARIO

PREMESSA	3
INDAGINI GEOLOGICO-TECNICHE	4
Generalità	4
Prova penetrometrica dinamica continua.....	4
INDAGINE GEOFISICA.....	6
Generalità	6
Stendimento sismico – MASW1	7
MASW 1	8
Analisi congiunta onde rayleigh e love.....	9

Allegati nel testo

Figura 1. Area di studio e ubicazione indagini.....	3
Figura 2. Grafico prova SCPT 1	5
Figura 3. Schema stendimento sismico MASW.....	
Figura 4. Spettro di velocità, Dataset Onde Rayleigh componente verticale (ZVF).....	8
Figura 5. Spettro di velocità, Dataset Onde Rayleigh componente radiale (RVF)	8
Figura 6. Spettro di velocità, Dataset Onde Love componente orizzontale (THF).....	9
Figura 7. Analisi congiunta onde Rayleigh e Love MASW1	9
Figura 8. Modello distanza minima in full velocity spectral per le onde di Rayleigh	10
Figura 9. Modello distanza minima in full velocity spectral per le onde di Love	10
Figura 10. Diagramma distribuzione pareto ed errori attuale	11
Figura 11. Correlazione Vs30 median, minimum-distance model, mean model, pareto models	11
Figura 12. Correlazione VsE median, minimum-distance model, mean model, pareto models	11
Figura 13. Profilo VS	12
Tabella 1. Riepilogo delle indagini in sito.	3
Tabella 2. Dati prova penetrometrica dinamica.....	4
Tabella 3. Dati modello medio e modello migliori.....	12



PREMESSA

Su incarico di Acqua Novara VCO abbiamo effettuato un'indagine geognostica e una geofisica per progettazione di opere accessorie al nuovo pozzo Migliandone in Comune di Ornavasso (VB).

Nel dettaglio, in sito, sono stati eseguiti:

- n° 1 prova penetrometrica dinamica continua spinta fino a rifiuto;
- n.1 profilo sismico di tipo MASW

Di seguito è riportato un riepilogo dei lavori effettuati.

Indagine	Tipologia	Simbologia	Caratteristiche	
1	SCPT-DPSH	P1	Lunghezza (m)	2.4
2	MASW	MASW 1	Lunghezza (m)	54

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. L'ubicazione delle indagini è visibile in fig. 1. I lavori hanno avuto inizio il giorno 05/11/2021 con il trasporto delle attrezzature e dei materiali necessari all'esecuzione delle indagini e si sono conclusi il giorno 05/11/2021 con l'evacuazione delle attrezzature.

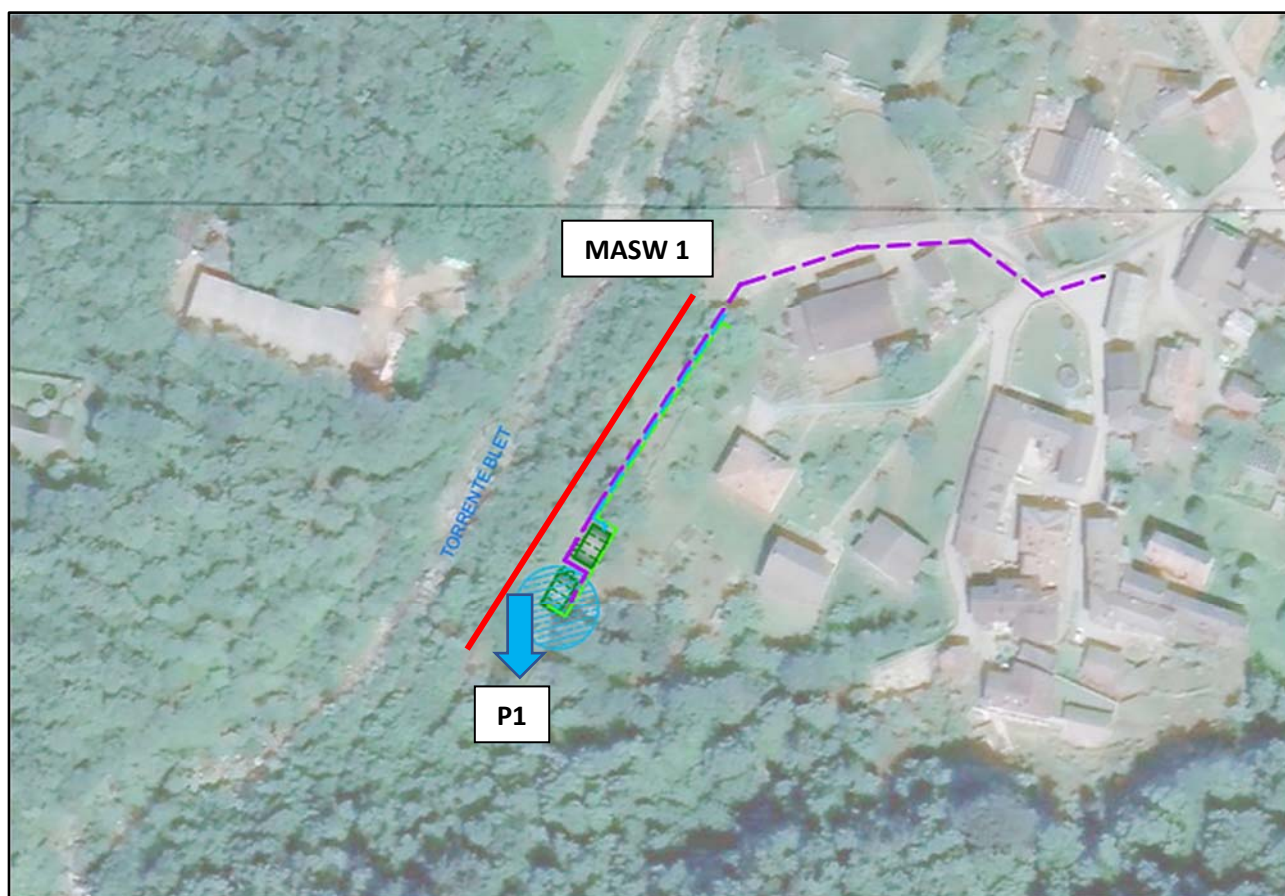


Figura 1. Area di studio e ubicazione indagini.



INDAGINI GEOLOGICO-TECNICHE

Generalità

L'indagine commissionata è consistita nell'esecuzione di una prova penetrometrica dinamica continua protratta fino a rifiuto che, a causa dei terreni grossolani, si è verificato a "debole" profondità. Sono stati effettuati vari "tentativi" ma il risultato è stato sempre il rifiuto a pochi metri dal piano di campagna.

Prova penetrometrica dinamica continua

La prova penetrometrica dinamica DPSH-SCPT è stata eseguita con penetrometro dinamico super pesante PAGANI TG73-100, montato su carro gommato a 6 ruote motrici i cui componenti sono rigorosamente conformi alle norme geotecniche in materia.

In particolare il penetrometro impiegato può essere descritto come classe DPSH.

I dati tecnici del penetrometro sono così riassumibili:

Diametro delle aste: 32 mm

Diametro dei rivestimenti: 48 mm

Punta conica – diametro: 50.8 mm

Conicità: 90°

Peso del maglio: 73 kg

Altezza di caduta (volata): 75 cm

La prova consiste nel misurare il numero dei colpi (NSCPT) necessari all'infissione delle aste D. 32 mm per un intervallo pari a 30 centimetri.

Nelle figure seguenti vengono esposti i diagrammi relativi alla prova SCPT dove, in ascissa, in funzione della profondità, con linea continua viene esposto il valore "NSCPT" relativo all'avanzamento delle aste.

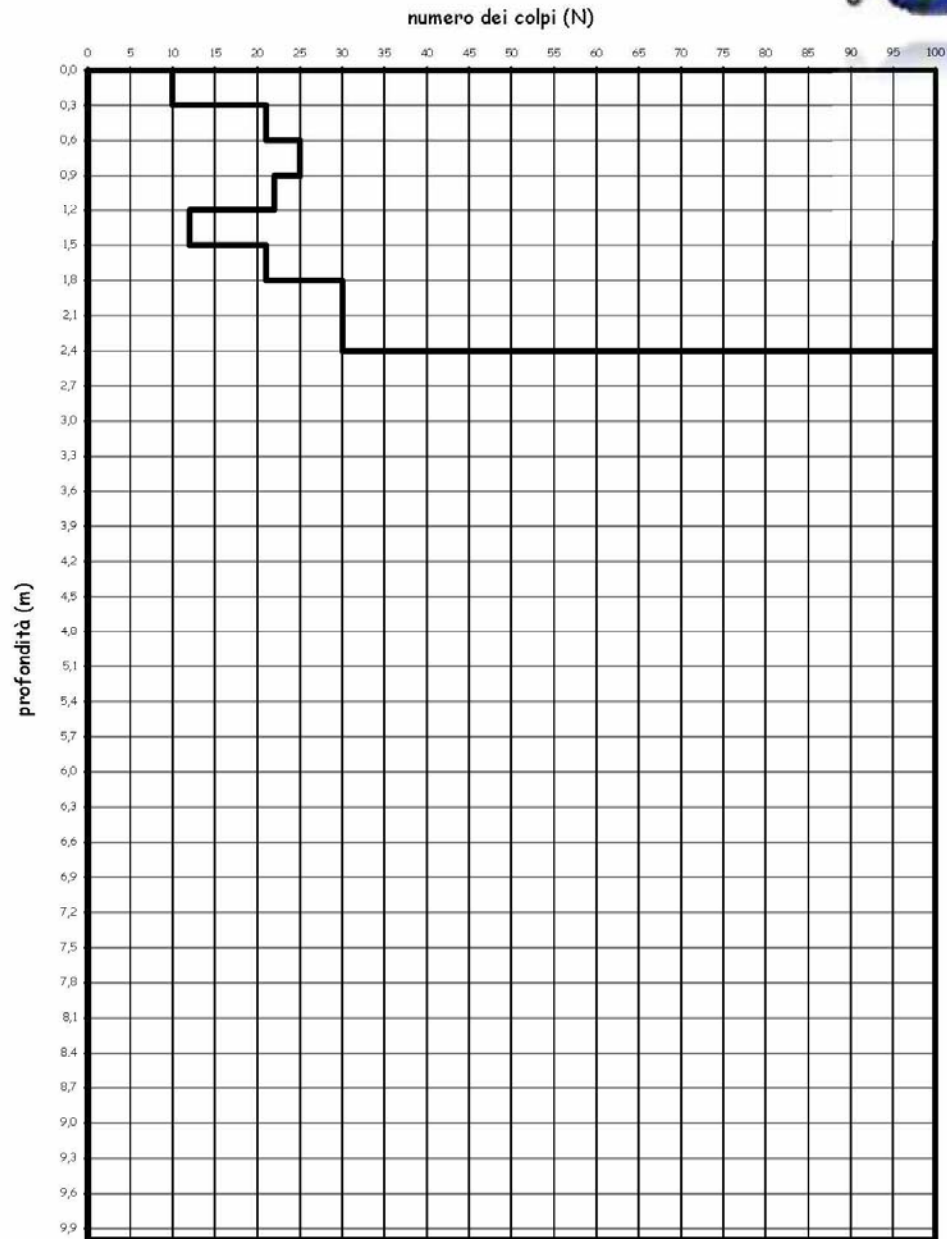
Profondità	Prova penetrometrica P1
0,3	10
0,6	21
0,9	25
1,2	22
1,5	12
1,8	21
2,1	30
2,4	39
2,7	Rifiuto

Tabella 2. Dati prova penetrometrica dinamica



Pozzo Migliandone
Ornavasso (VB)
5 Novembre 2021

PROVA PENETROMETRICA N.1



Maglio: 73 kg Corsa: 75 cm
Punta: 51 mm Rivest: 48 mm

— Punta
- - - - - Rivestimento

In-Co s.r.l. - Indagini e consolidamenti
Via dell'Industria, 36 - 25040 Malonno (BS)

Figura 2. Grafico prova SCPT 1



INDAGINE GEOFISICA

Generalità

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 rigidità del suolo e delle caratteristiche della sorgente.

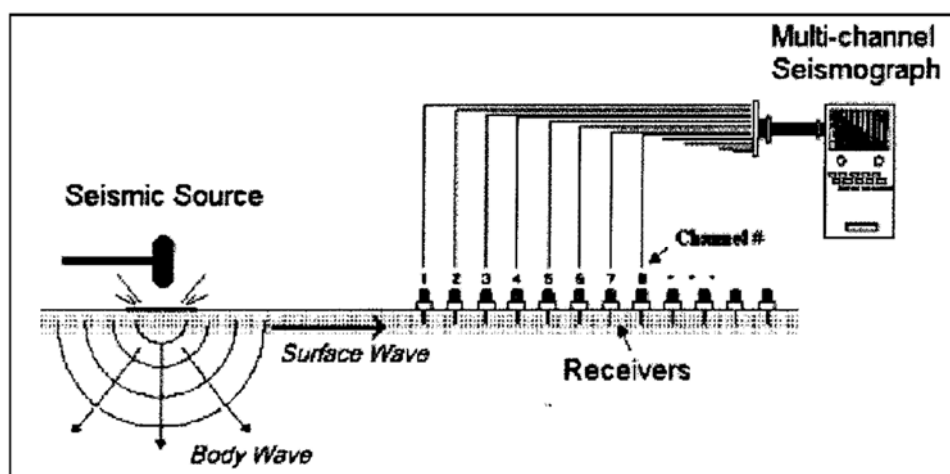


Figura 3. Schema stendimento sismico MASW



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 VS è pari o superiore a 800 m/s (bedrock sismico).

Si tratta in pratica di una variazione sul tema rispetto al parametro Vs30, 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 Vs equivalente è uguale alla Vs30.

Stendimento sismico – MASW1

Per quanto riguarda la MASW l'acquisizione di campagna è stata condotta con il sismografo Pasi 16S24-U, con geofoni verticali e orizzontali di 4,5 Hz spazati di 4 m con offset a 10 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 (ZVF-THF).

MASW 1

Stendimento 54 metri Offset 10 metri Durata acquisizione 1024 ms Campionamento 1 ms

SPETTRI DI VELOCITÀ

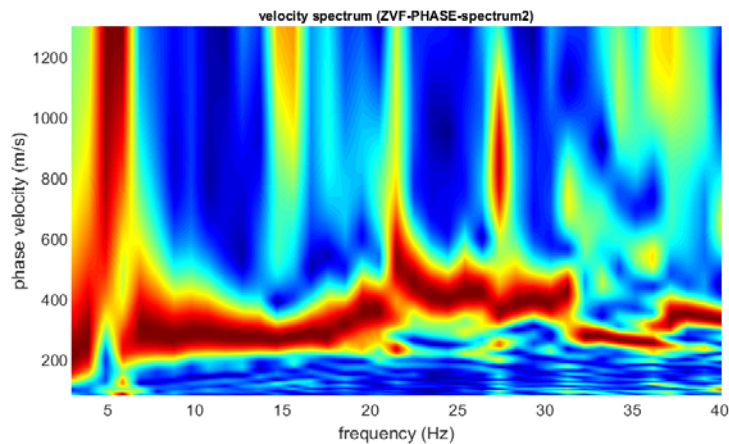


Figura 4. Spettro di velocità, Dataset Onde Rayleigh componente verticale (ZVF)

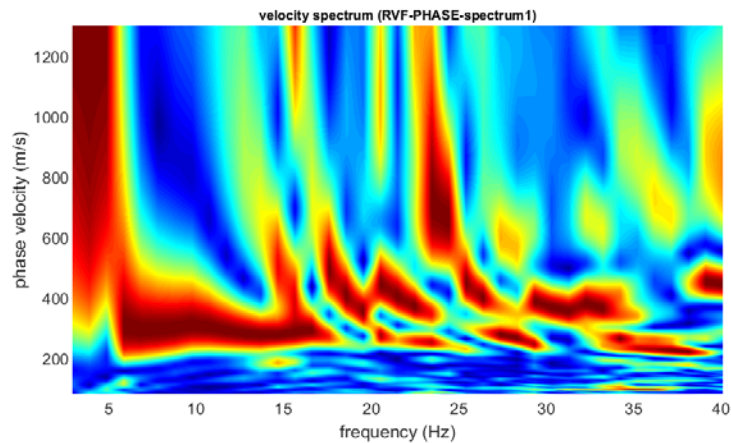


Figura 5. Spettro di velocità, Dataset Onde Rayleigh componente radiale (RVF)



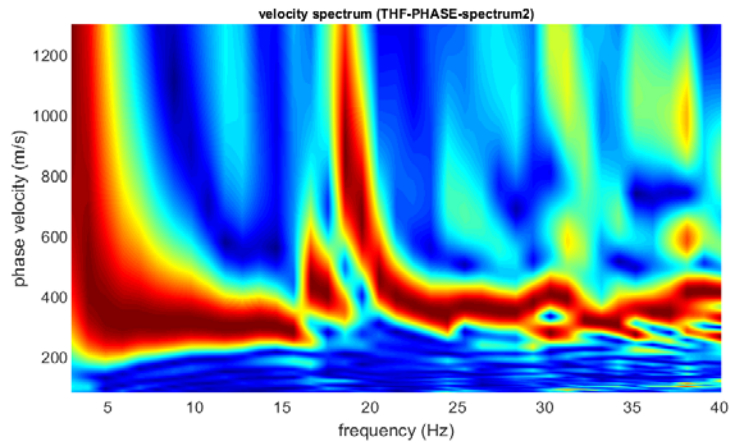


Figura 6. Spettro di velocità, Dataset Onde Love componente orizzontale (THF)

Analisi congiunta onde rayleigh e love

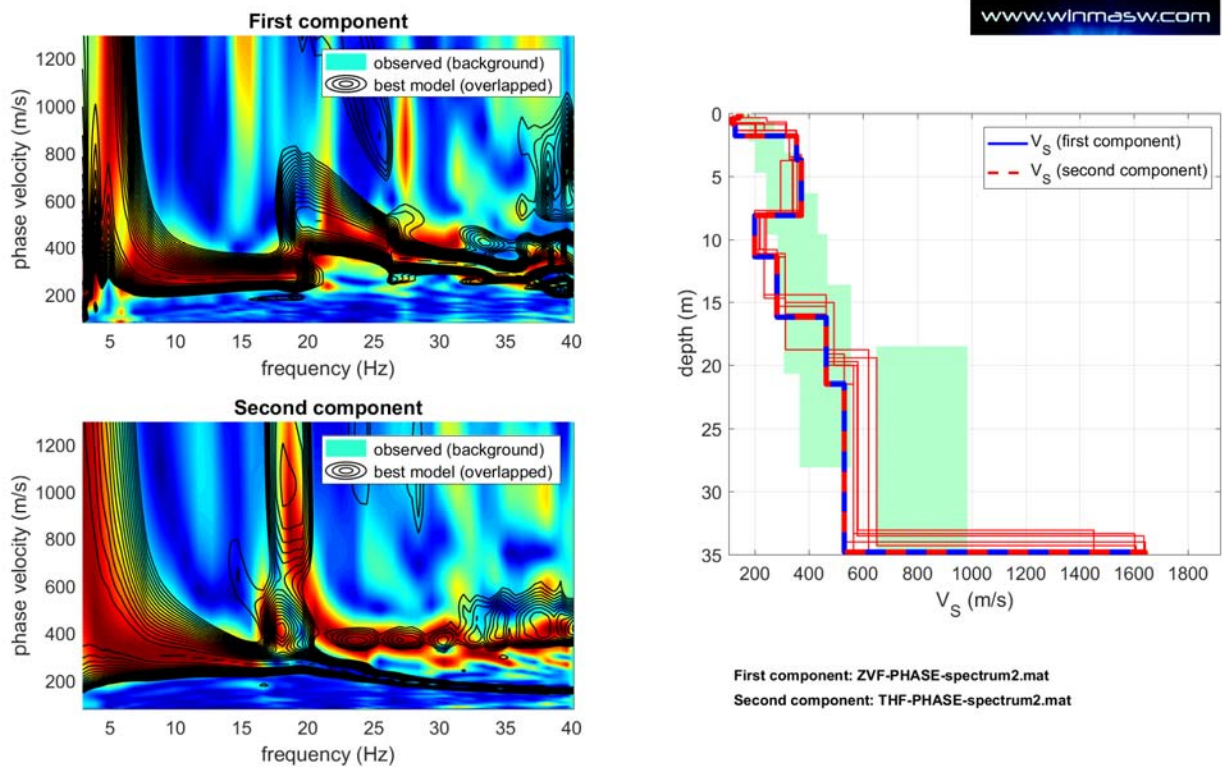


Figura 7. Analisi congiunta onde Rayleigh e Love MASW1



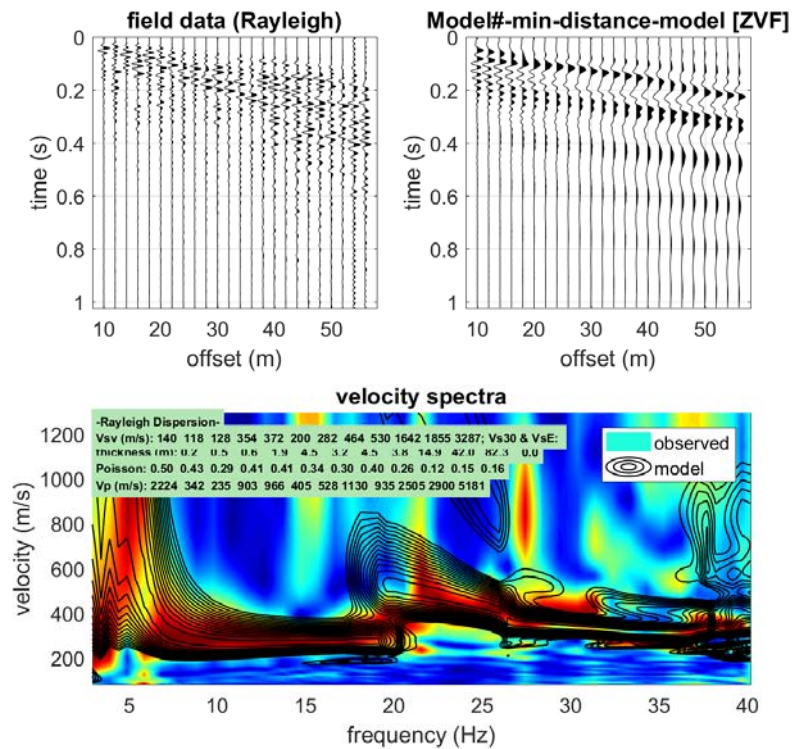


Figura 8. Modello distanza minima in full velocity spectral per le onde di Rayleigh

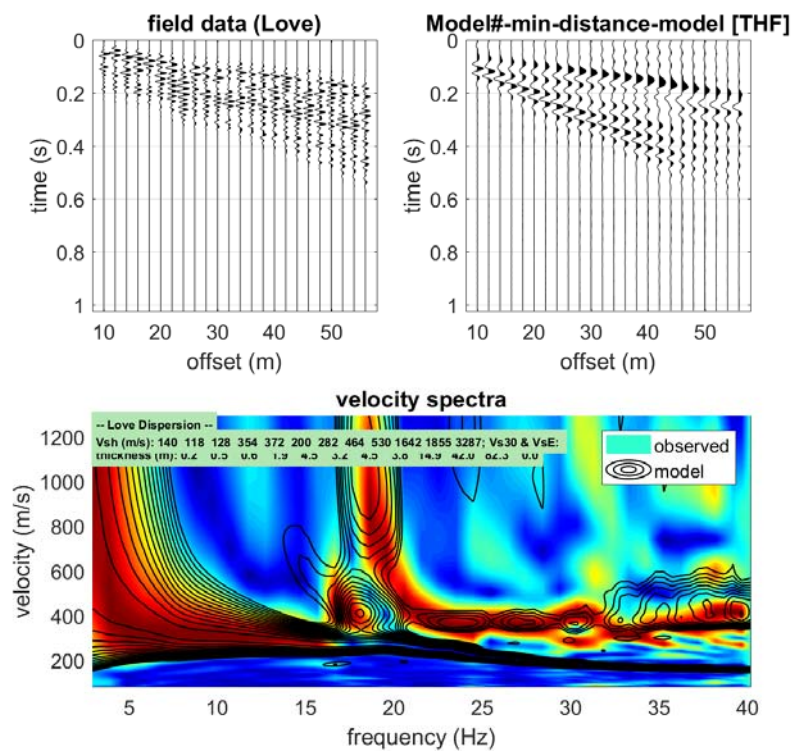


Figura 9. Modello distanza minima in full velocity spectral per le onde di Love



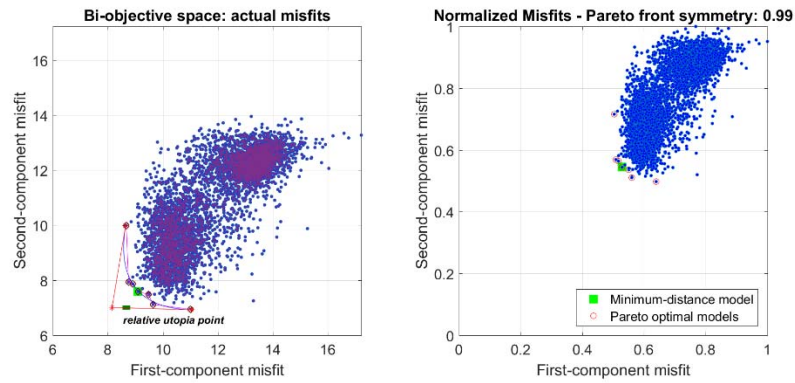


Figura 10. Diagramma distribuzione pareto ed errori attuale

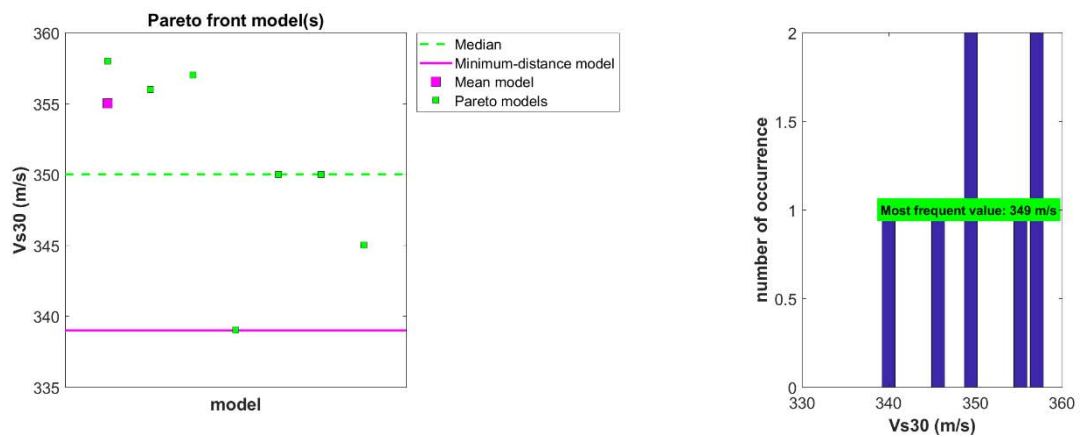


Figura 11. Correlazione Vs30 median, minimum-distance model, mean model, pareto models

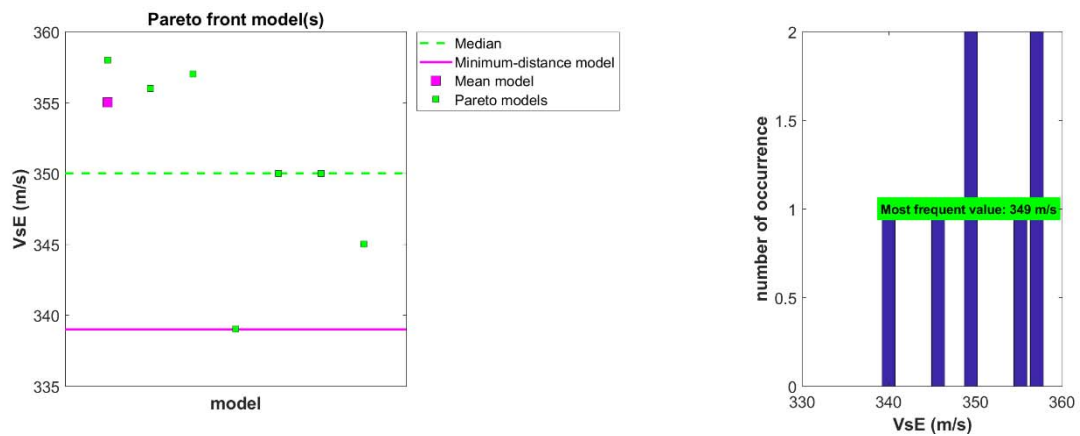


Figura 12. Correlazione VsE median, minimum-distance model, mean model, pareto models



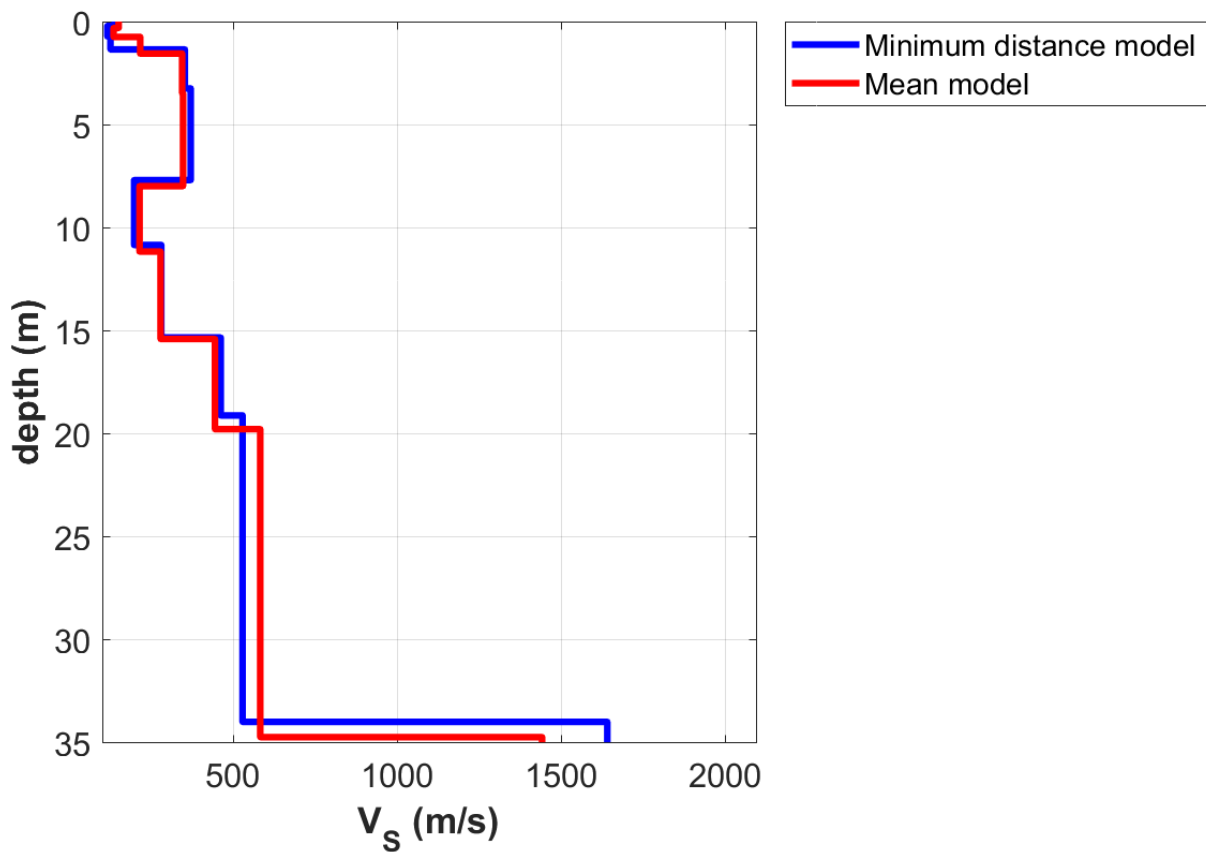


Figura 13. Profilo VS

Dati Mean Model

153	0.3	0.3
137	0.4	0.7
218	0.8	1.5
346	1.9	3.4
349	4.5	7.9
216	3.2	11.1
280	4.2	15.3
446	4.4	19.7
584	15.0	34.7
1443	43.2	78.4
2176	75.5	153.9
3277		

Dati Best Model

140	0.2	0.2
118	0.5	0.7
128	0.6	1.3
354	1.9	3.2
372	4.5	7.7
200	3.2	10.9
282	4.5	15.4
464	3.8	19.2
530	14.9	34.1
1642	42.0	76.1
1855	82.3	158.4
3287		

Tabella 3. Dati modello medio e modello migliori



Minimum Vs30 (m/s): 339

Maximum Vs30 (m/s): 358

Minimum VsE (m/s): 339

Maximum VsE (m/s): 358

Best model: Vs (m/s): 140, 118, 128, 354, 372, 200, 282, 464, 530, 1642, 1855, 3287

Vs30 (m/s): 339

VsE (m/s): 339

Thickness (m): 0.2, 0.5, 0.6, 1.9, 4.5, 3.2, 4.5, 3.8, 14.9, 42.0, 82.3

Mean model:

Vs (m/s): 153, 137, 218, 346, 349, 216, 280, 446, 584, 1443, 2176, 3277

Vs30 (m/s): 349

VsE (m/s): 349

Thickness (m): 0.3, 0.4, 0.8, 1.9, 4.5, 3.2, 4.2, 4.4, 15.0, 43.2, 75.5

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

IN-CO Srl



CALCOLO PORTANZA E CEDIMENTI DI FONDAZIONI SUPERFICIALI

DATI GENERALI

=====	
Normativa	NTC 2018
Zona	A
Lat./ Long. [WGS84]	45.9824752807617/8.37549781799316
Larghezza fondazione	5.6 m
Lunghezza fondazione	10.0 m
Profondità piano di posa	0.6 m
Altezza di incastro	6.0 m
Sottofondazione...Sporgenza, Altezza	0.3/0.1 m
Correzione parametri	
=====	

SISMA

=====	
Accelerazione massima (amax/g)	0.028
Effetto sismico secondo	Paolucci, Pecker (1997)
Coefficiente sismico orizzontale	0.0057
=====	

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	100.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60.0	0.186	2.557	0.155
S.L.D.	101.0	0.245	2.525	0.188
S.L.V.	949.0	0.539	2.62	0.287
S.L.C.	1950.0	0.657	2.688	0.307

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.279	0.2	0.0057	0.0028

S.L.D.	0.3675	0.2	0.0075	0.0037
S.L.V.	0.8085	0.2	0.0165	0.0082
S.L.C.	0.9855	0.2	0.0201	0.01

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessor e strato [m]	Peso unità di volume [Kg/m ³]	Peso unità di volume saturato [Kg/m ³]	Angolo di attrito [°]	Coesio ne [Kg/cm ²]	Coesio ne non drenata [Kg/cm ²]	Modul o Elastic o Edomet [Kg/cm ²]	Modul o Edomet [Kg/cm ²]	Poisson	Coeff. consoli daz. primari a [cmq/s]	Coeff. consoli dazione second aria	Descriz ione
1.0	1800.0	1900.0	31.0	0.0	0.0	288.0	229.0	0.32	0.0	0.0	UL1
10.0	1900.0	2100.0	39.0	0.0	0.0	564.0	468.0	0.27	0.0	0.0	UL2

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [Kg/cm ²]
1	A1+M1+R3	1.00
2	SISMA	1.00
3	S.L.E.	1.00
4	S.L.D.	1.00

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzion e Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazion e	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef.Rid. Capacità portante orizzontal e
1	Si	1	1	1	1	1	1.8	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	2.3	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: Meyerhof and Hanna (1978)

Carico limite [Qult] 6.2 Kg/cm²

Resistenza di progetto [Rd] 3.44 Kg/cm²

Tensione [Ed] 1.0 Kg/cm²

Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] 6.2

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 3.42 Kg/cm³

A1+M1+R3

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

=====

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	1891.92 Kg/m ³
Peso unità di volume saturo	2083.84 Kg/m ³
Angolo di attrito	38.3534 °
Coesione	0.0 Kg/cm ²

Fattore [Nq]	14.61
Fattore [Nc]	25.67
Fattore [Ng]	10.82
Fattore forma [Sc]	1.33
Fattore profondità [Dc]	1.04
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.31
Fattore profondità [Dq]	1.03
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.77
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.98

Carico limite	6.61 Kg/cm ²
Resistenza di progetto	3.67 Kg/cm ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	1891.92 Kg/m ³
Peso unità di volume saturo	2083.84 Kg/m ³
Angolo di attrito	38.3534 °
Coesione	0.0 Kg/cm ²

Fattore [Nq]	17.67
Fattore [Nc]	31.44
Fattore [Ng]	15.0

Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.98

Carico limite	10.13 Kg/cm ²
Resistenza di progetto	5.63 Kg/cm ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	1891.92 Kg/m ³
Peso unità di volume saturo	2083.84 Kg/m ³
Angolo di attrito	38.3534 °
Coesione	0.0 Kg/cm ²

Fattore [Nq]	14.61
Fattore [Nc]	25.67
Fattore [Ng]	11.06
Fattore forma [Sc]	1.32
Fattore profondità [Dc]	1.03
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.16
Fattore profondità [Dq]	1.02
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.16
Fattore profondità [Dg]	1.02
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.98

Carico limite	9.0 Kg/cm ²
Resistenza di progetto	5.0 Kg/cm ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	1891.92 Kg/m ³
----------------------	---------------------------

Peso unità di volume saturo	2083.84 Kg/m ³
Angolo di attrito	38.3534 °
Coesione	0.0 Kg/cm ²

Fattore [Nq]	14.61
Fattore [Nc]	25.67
Fattore [Ng]	16.55
Fattore forma [Sc]	1.33
Fattore profondità [Dc]	1.03
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.31
Fattore profondità [Dq]	1.03
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.77
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.98

Carico limite	9.05 Kg/cm ²
Resistenza di progetto	5.03 Kg/cm ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	1891.92 Kg/m ³
Peso unità di volume saturo	2083.84 Kg/m ³
Angolo di attrito	38.3534 °
Coesione	0.0 Kg/cm ²

Fattore [Nq]	14.61
Fattore [Nc]	25.67
Fattore [Ng]	14.43
Fattore forma [Sc]	1.29
Fattore profondità [Dc]	1.03
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0

Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.27
Fattore profondità [Dq]	1.03
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.82
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.98

Carico limite	8.56 Kg/cm ²
Resistenza di progetto	4.75 Kg/cm ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1

Fattore [Nq]	20.63
Fattore [Nc]	32.67
Fattore [Ng]	5.44

Fattori di capacità portante strato 2

Fattore [Nq]	55.96
Fattore [Nc]	67.87
Fattore [Ng]	19.46

Carico limite strato 2 (qb) 25.45 Kg/cm²

Carico limite strato 1 (qt) 6.2 Kg/cm²

Incremento carico limite strato 1 0.07 Kg/cm²

Coefficiente di punzonamento (ks) 6.0

Rapporto (q1/q2) 3.77

Carico limite 6.2 Kg/cm²

Resistenza di progetto 3.44 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

SISMA

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	1891.92 Kg/m ³
Peso unità di volume saturo	2083.84 Kg/m ³
Angolo di attrito	38.3534 °
Coesione	0.0 Kg/cm ²

Fattore [Nq]	14.61
Fattore [Nc]	25.67
Fattore [Ng]	10.82
Fattore forma [Sc]	1.33
Fattore profondità [Dc]	1.04
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.31
Fattore profondità [Dq]	1.03
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.77
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.98

Carico limite	6.61 Kg/cm ²
Resistenza di progetto	2.88 Kg/cm ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	1891.92 Kg/m ³
Peso unità di volume saturo	2083.84 Kg/m ³
Angolo di attrito	38.3534 °

Coesione	0.0 Kg/cm ²
=====	
Fattore [Nq]	17.67
Fattore [Nc]	31.44
Fattore [Ng]	15.0
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.98
=====	
Carico limite	10.13 Kg/cm ²
Resistenza di progetto	4.4 Kg/cm ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata
=====

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)
=====

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO	
=====	
Peso unità di volume	1891.92 Kg/m ³
Peso unità di volume saturo	2083.84 Kg/m ³
Angolo di attrito	38.3534 °
Coesione	0.0 Kg/cm ²
=====	
Fattore [Nq]	14.61
Fattore [Nc]	25.67
Fattore [Ng]	11.06
Fattore forma [Sc]	1.32
Fattore profondità [Dc]	1.03
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.16
Fattore profondità [Dq]	1.02
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.16
Fattore profondità [Dg]	1.02
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.98
=====	
Carico limite	9.0 Kg/cm ²
Resistenza di progetto	3.91 Kg/cm ²
=====	
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata
=====	

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	1891.92 Kg/m ³
Peso unità di volume saturo	2083.84 Kg/m ³
Angolo di attrito	38.3534 °
Coesione	0.0 Kg/cm ²

Fattore [Nq]	14.61
Fattore [Nc]	25.67
Fattore [Ng]	16.55
Fattore forma [Sc]	1.33
Fattore profondità [Dc]	1.03
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.31
Fattore profondità [Dq]	1.03
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.77
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.98

Carico limite	9.05 Kg/cm ²
Resistenza di progetto	3.93 Kg/cm ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	1891.92 Kg/m ³
Peso unità di volume saturo	2083.84 Kg/m ³
Angolo di attrito	38.3534 °
Coesione	0.0 Kg/cm ²

Fattore [Nq]	14.61
Fattore [Nc]	25.67
Fattore [Ng]	14.43
Fattore forma [Sc]	1.29
Fattore profondità [Dc]	1.03
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.27
Fattore profondità [Dq]	1.03
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.82
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.95
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.98

Carico limite	8.56 Kg/cm ²
Resistenza di progetto	3.72 Kg/cm ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1

Fattore [Nq]	20.63
Fattore [Nc]	32.67
Fattore [Ng]	5.44

Fattori di capacità portante strato 2

Fattore [Nq]	55.96
Fattore [Nc]	67.87
Fattore [Ng]	19.46

Carico limite strato 2 (qb)	25.45 Kg/cm ²
Carico limite strato 1 (qt)	6.2 Kg/cm ²

Incremento carico limite strato 1	0.07 Kg/cm ²
Coefficiente di punzonamento (ks)	6.0

Rapporto (q_1/q_2)	3.77
=====	
Carico limite	6.2 Kg/cm ²
Resistenza di progetto	2.69 Kg/cm ²
Condizione di verifica [$E_d \leq R_d$]	Verificata
=====	

CEDIMENTI BURLAND E BURBIDGE

=====	
Pressione normale di progetto	1.0 Kg/cm ²
Tempo	10.0
Profondità significativa Z_i (m)	6
Media dei valori di N_{spt} all'interno di Z_i	28
Fattore di forma f_s	1.202
Fattore strato compressibile f_h	1
Fattore tempo f_t	1.405
Indice di compressibilità	0.016
Cedimento	8.247 mm
=====	