

REGIONE PIEMONTE



PROVINCIA DEL VERBANO  
CUSIO OSSOLA



COMUNE DI  
VARZO



COMMITTENTE:

IDRABLU S.p.a.

OGGETTO DEI LAVORI:

REALIZZAZIONE RETE FOGNARIA ED IMPIANTO  
DEPURAZIONE IN FRAZIONE COGGIA  
Progetto definitivo-esecutivo

RELAZIONE GEOLOGICA

sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito  
(§ 6.2.1 delle NTC 2018)

RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA

concernente la "pericolosità sismica di base" del sito  
(§ 3.2 delle NTC 2018)

RELAZIONE GEOTECNICA

sulle indagini, caratterizzazione e modellazione del volume  
significativo di terreno  
(§ 6.2.2 delle NTC 2018)

**STUDIO GEOLOGICO ASSOCIATO**

*Bossalini dott. Germano & Cattin dott. Marco*



Via Marzabotto, 26  
28845 DOMODOSSOLA (VB)  
tel/fax. 0324 243689

DATA : Settembre 2018

## Indice

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. PREMESSA.....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>2. ANALISI GENERALE.....</b>   | <b>3</b>  |
| 2.1 LOCALIZZAZIONE E ACCESSIBILITA' .....   | 3         |
| 2.2 DESCRIZIONE DEL PROGETTO.....   | 3         |
| <b>3. RELAZIONE GEOLOGICA.....</b>  | <b>4</b>  |
| 3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE .....   | 4         |
| 3.2 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO .....  | 5         |
| 3.3 CIRCOLAZIONE IDRICA SUPERFICIALE E DRENAGGIO .....                                    | 6         |
| 3.4 IDONEITA' URBANISTICA DELL'AREA RISPETTO ALLO STRUMENTO URBANISTICO VIGENTE .....     | 7         |
| 3.4.1 <i>Interferenza con pozzi e sorgenti</i> .....                                      | 7         |
| 3.4.2 <i>Pericolosità idraulica-mitigazione del rischio</i> .....                         | 7         |
| 3.5 ANALISI DEI DATI ESISTENTI.....   | 7         |
| 3.6 DESCRIZIONE DEGLI SCENARI DI PERICOLOSITA' E LORO ENTITA' .....                       | 10        |
| 3.7 PIANO DI INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE DEL SITO.....                              | 11        |
| <b>4. RELAZIONE SISMICA.....</b>  | <b>11</b> |
| 4.1 PREMESSA .....  | 11        |
| 4.2 INQUADRAMENTO NORMATIVO .....   | 12        |
| 4.3 SISMICITÀ STORICA .....   | 14        |
| 4.4 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO .....  | 15        |
| 4.5 AZIONE SISMICA AI SENSI DEL D.M. 14/01/2008.....                                      | 19        |
| 4.6 MAGNITUDO DI RIFERIMENTO.....   | 21        |
| <b>5. RELAZIONE GEOTECNICA.....</b>   | <b>22</b> |
| 5.1 PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA E MODELLO GEOTECNICO E GEOMECCANICO DI RIFERIMENTO ..... | 22        |
| 5.2 STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE .....                                      | 28        |
| 5.3 STABILITA' DEGLI SCAVI .....  | 29        |
| 5.4 TERRE E ROCCE DA SCAVO E L.R. 45/89 .....   | 31        |
| 5.5 RELAZIONE DI CALCOLO STABILITA' GLOBALE DEL PENDIO .....                              | 31        |
| <b>6. CONCLUSIONI.....</b>  | <b>40</b> |

---

## 1. PREMESSA

---

La società **Idrablu S.p.A.** ci ha affidato l'incarico di elaborare la relazione geologica, sismica e geotecnica relativa al progetto di realizzazione rete fognaria ed impianto depurazione in frazione **Coggia** in Comune di Varzo (VB).

**La posizione del depuratore, inizialmente proposta, è stata variata e quindi vengono aggiornate le cartografie inoltre si è effettuato l'adeguamento al D.M. 17 gennaio 2018.**

La presente ha lo scopo di corredare il progetto redatto dall'Ing. Fabio Morea ed in particolare quanto richiesto dalla seguente normativa:

- **L.R. 9 agosto 1989, n° 45** «Nuove norme per gli interventi da eseguire in terreni sottoposti a vincolo per scopi idrogeologici - Abrogazione legge regionale 12 agosto 1981, n. 27»;
- **D.M. 17 gennaio 2018** Aggiornamento delle "*Norme Tecniche per le costruzioni*" denominate nel seguito NTC2018.

Pertanto, lo studio geologico è stato articolato in modo da definire le caratteristiche geomorfologiche, geologiche, idrogeologiche dell'area interessata dal progetto in modo da definire un eventuale approfondimento diagnostico e la fattibilità dal punto di vista geologico.

A tal fine è stato eseguito un rilievo geologico di dettaglio, opportunamente esteso al di fuori dell'area d'imposta dell'opera in progetto.

---

## 2. ANALISI GENERALE

---

### 2.1 LOCALIZZAZIONE E ACCESSIBILITA'

Il terreno oggetto d'indagine è situato in Varzo frazione Coggia, ad una quota di circa 750 m, dell'area è disponibile la seguente cartografia:

- tavoletta dell'I.G.M. alla scala 1:25.000 - Foglio 15 I SO CRODO;
- carta tecnica regionale C.T.R. 1:10.000 sezione 035160 Crodo.
- fogli DOMODOSSOLA e VARALLO della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000.

I terreni sono ubicati in posizione prossima alla strada comunale Varzo-Coggia.

### 2.2 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Attualmente la frazione **Coggia** in comune di Varzo non risulta servita dalla pubblica fognatura. Le acque nere derivanti dagli scarichi domestici vengono quindi disperse nei terreni circostanti mediante pozzi perdenti, mentre le acque meteoriche (bianche) sono in parte raccolte da una piccola rete di drenaggio ubicata nella zona centrale del nucleo storico della

---

---

frazione, mentre la maggior parte scorre superficialmente su terreni e strade per confluire poi naturalmente nel limitrofo rio San Giovanni.

Scopo del presente progetto consiste pertanto nel raccogliere le sole acque nere provenienti dall'abitato di Coggia, provvedere mediante un idoneo impianto a fanghi attivi a depurarle, e convogliarle infine tramite idonea rete di scarico nel limitrofo rio Blanca.

La soluzione adottata consentirà quindi di ottenere un importante beneficio di carattere ambientale e sanitario grazie all'abbandono di numerosi pozzi perdenti sparsi in tutto l'intorno dell'abitato di Coggia.

### **3. RELAZIONE GEOLOGICA**

---

#### **3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE**

Per tentare di capire almeno in parte la complessa geologia della Valle Ossola occorre riassumere, brevemente, i concetti fondamentali della geologia strutturale della catena alpina. Le Alpi hanno una struttura crostale a doppia vergenza, ossia esse comprendono due catene a falde che si sono propagate in senso opposto; in particolare si possono distinguere una catena a vergenza europea o catena alpina in senso stretto, costituita da una sequenza di sistemi tettonici traslati verso l'avampase europeo (generalmente verso Nord-Ovest), ed un sistema tettonico meridionale a prevalente vergenza africana (Sud) noto con il termine di Alpi Meridionali o Sudalpino.

La catena alpina a vergenza europea è suddivisa in alcuni elementi strutturali maggiori (sistemi tettonici), in cui sono riuniti gruppi di falde rappresentanti precisi domini paleogeografici.

Facendo riferimento all'attuale struttura delle Alpi si osservano, in successione dall'alto verso il basso e procedendo dalle zone interne della catena verso l'Europa centrale, i seguenti sistemi:

- Sistemi Austroalpini delle Alpi occidentali ed orientali;
- Sistemi tettonici della Zona Pennidica (superiori/interni, intermedi ed inferiori/esterni), dominanti nelle Alpi Occidentali ed ai quali risultano spesso associate alcune unità ofiolitiche di origine oceanica;
- Sistema Elvetico-Delfinese, molto esteso nel settore esterno delle Alpi occidentali e centrali;
- Il bacino della Molassa che si estende dal Lago di Ginevra a Vienna;
- Le sottili falde di scollamento del Giura Svizzero.

Per quanto riguarda invece le Alpi Meridionali esse sono a contatto con la catena a vergenza europea con un lineamento tettonico, detto Periadriatico, che si estende dalla linea del Canavese a quella del Tonale (Insubrica), della Pusteria, della Gailtal e delle Karawanken; in un breve tratto del

---

---

settore nord-occidentale il lineamento si suddivide in due rami che delimitano la ristretta zona tettonica del Canavese interposta fra l'Austroalpino ed il Sudalpino (vedi "Carta strutturale delle Alpi Occidentali").

Nel territorio esaminato, si rinvencono litotipi che fanno parte della catena a vergenza europea, in particolare appartenenti al Dominio Pennidico: si tratta di una successione di falde costituite in prevalenza da rocce gneissiche erciniche separate da sinclinali mesozoiche metamorfosate in un unico ciclo metamorfico polifasico. Il Dominio Pennidico viene suddiviso in Pennidico Superiore, Medio ed Inferiore, a loro volta suddivisi in diverse unità strutturali. In particolare l'area in esame è compresa nel Pennidico Inferiore, il quale è costituito, nel settore italiano, dall'alto verso il basso, dalle falde di Monte Leone, di Lebendum e di Antigorio e dal carapace della cupola di Verampio, e, nel contiguo settore svizzero, dalle unità di basamento dell'Adula-Cima Lunga (nota per la presenza di eclogiti e peridotiti a granato dell'Alpe Arami), della Maggia, di Simano e di Lucomagno-Leventina.

Le suddette falde, appartenenti al Dominio Pennidico Inferiore, presentano un tipico assetto strutturale a ricoprimenti tettonici, dovuto a meccanismi per pieghe coricate (successivamente deformate da ulteriori fasi plicative) associati a piani di taglio duttili, che hanno interposto in sequenza tettonostratigrafica le unità del basamento cristallino pre-triassiche e le unità di copertura meta-sedimentaria meso-cenozoiche.

### **3.2 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO**

In tutta l'area sono evidenti i segni della passata attività glaciale, il primo lo s'incontra percorrendo, dall'abitato di Varzo, la strada per S. Domenico che risale il versante sinistro della Val Cairasca, una stretta gola di incisione fluviale sovrainpressa profondamente sull'antico fondovalle glaciale. Tale valle presenta una marcata asimmetria con un versante destro molto acclive dove predominano gli gneiss e un versante sinistro meno acclive dove predominano le coperture di origine glaciale di età Wurmiana e tardo Wurmiana.

L'analisi geomorfologica ci ha permesso di osservare come il modellamento della valle si sia realizzato attraverso la combinazione di diversi processi morfogenetici legati principalmente all'azione glaciale, fluviale e gravitativa.

All'azione glaciale sono legate le morene le cui caratteristiche peculiari, sono: la predominanza di una generale mal classazione dovuta alla presenza di ciottoli, da millimetrici a centimetrici, e di massi, da decimetrici a metrici e l'assenza totale di ordinate sequenze gradate.

I blocchi e i ciottoli costituenti le morene hanno litologia prevalentemente gneissica e calcescistosa.

Sempre all'azione glaciale sono legate le forme delle Valli Divedro e Cairasca, queste, sono tipiche valli glaciali a gradinata in cui i gradini rappresentano i diversi stadi del progressivo ritiro delle masse glaciali. Si osserva, infatti, l'alternanza di tratti pianeggianti e di tratti molto acclivi, ben

---



rappresentati nell'area in esame dai pianori di Durogna, Cimavalle, Cattagna, Colla, tutti delimitati da tratti scoscesi.

L'area di indagine è localizzata su un pendio terrazzato appartenente ad una dorsale a morfologia variabile spesso blanda degradante verso S, interessato da una copertura detritica degradata a suolo agrario. In particolare si tratta di un'area compresa tra il rio Blanca ad Ovest e il rio Grande ad Est, si tratta di corsi d'acqua a carattere torrentizio. L'attività passata del corso d'acqua, caratterizzata da un'intensa attività erosiva dei depositi glaciali di versante, ha determinato l'approfondimento degli alvei che scorrono ben incassato nei depositi glaciali.

L'area dal punto di vista geomorfologico si presenta stabile e ben drenata al momento del sopralluogo.

### **3.3 CIRCOLAZIONE IDRICA SUPERFICIALE E DRENAGGIO**

Dal punto di visto dell'idrografia superficiale nella fascia di versante, nell'ambito del quale si colloca l'area in questione, sono presenti il rio Blanca e il rio Grande che scorrono lateralmente ai terreni interessati dall'intervento e pertanto non interferiscono con l'area stessa.

La circolazione superficiale avviene con lo scorrimento superficiale lungo il versante ed è strettamente dipendente dall'andamento delle precipitazioni, costituiscono via preferenziale di raccolta e drenaggio delle acque piccoli avvallamenti che si trovano lungo il versante.

Più in generale, in relazione alle acque di scorrimento superficiale non incanalate, la zona appare nel complesso sufficientemente drenata, i valori di permeabilità, per terreni simili, variano da  $0,5 \cdot 10^{-4}$  cm/sec sino a  $2 \cdot 10^{-4}$  cm/sec (dati da Cancelli-1980): pertanto, le acque meteoriche sono smaltite prevalentemente per infiltrazione attraverso le aree non impermeabilizzate.

Solo in occasione di periodi caratterizzati da precipitazioni intense e/o prolungate, sono verosimilmente possibili locali fenomeni di ruscellamento superficiale diffuso, con zone di ristagno nelle porzioni più pianeggianti talora caratterizzate da depositi più fini e meno permeabili.

In ogni caso durante il sopralluogo, quantomeno nel tratto di pendio di progetto, non si sono rilevate evidenze di ruscellamento, né tantomeno di ristagni nelle porzioni sub pianeggianti.

Dal punto di visto idrogeologico, nei depositi detritico-morenici presenti si può ipotizzare la presenza di un livello saturo permanente o anche effimero alla loro base, al contatto con il substrato roccioso con bassa permeabilità secondaria: il relativo livello piezometrico è strettamente connesso con l'andamento delle precipitazioni essendo legato alle infiltrazioni delle acque attraverso i depositi superficiali nonché alle perdite di subalveo dei colatoi presenti nella zona, le acque meteoriche che si infiltrano nei depositi superficiali tendono, infatti, a produrre una circolazione idrica sotterranea che si sviluppa prevalentemente al contatto tra depositi incoerenti e substrato roccioso impermeabile e con direzione di deflusso avente indicativamente la stessa direzione del versante e pendenze simili.

Tale porzione satura è presumibilmente più significativa nell'ambito dei depositi morenici dove questi presentano maggior spessore e dove, inoltre, la possibile presenza di disomogeneità

---

litologiche (livelli più sabbiosi alternati o livelli più fini, meno permeabili) fa sì che in essi sia possibile l'esistenza di percorsi preferenziali e di livelli saturi "sospesi" anche al di sopra del livello piezometrico di base.

### **3.4 IDONEITA' URBANISTICA DELL'AREA RISPETTO ALLO STRUMENTO URBANISTICO VIGENTE**

#### ***3.4.1 Interferenza con pozzi e sorgenti***

Non vi sono opere di presa ad uso idropotabile che possano interferire con l'area oggetto di intervento.

#### ***3.4.2 Pericolosità idraulica-mitigazione del rischio***

Non presente e non necessaria.

### **3.5 ANALISI DEI DATI ESISTENTI**

Sono stati analizzati gli studi e le cartografie a carattere geologico e geomorfologico esistenti:

#### ***3.5.1 Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)***

E' stato effettuato un inserimento dell'intervento in questione nell'Atlante dei Rischi idraulici e idrogeologici (Delimitazione delle aree di dissesto) del PAI, ed in particolare nel **foglio 035 Sezione II VARZO (ricavato dal Web-Gis della Difesa del Suolo-DISUW)**.

Rispetto ai dissesti rappresentati nell'Atlante si può affermare che **l'area risulta non essere interessata da dissesti (Tav. n.3).**

#### ***3.5.2 Quadro di dissesto IFFI (Inventario Fenomeni Franosi Italiani)***

Nella Carta IFFI a scala 1:10.000 vengono distinti:

- in base alla tipologia del fenomeno: DGPV (Deformazione Gravitativa Profonda di Versante), complesso, aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi, crollo/ribaltamento, colamento rapido, aree soggette a frane superficiali diffuse, rotolamento/traslato, colamento lento;
- in base allo stato: attivo/riattivato/sospeso, quiescente generico, stabilizzato generico, relitto, non rilevato.

In particolare:

- **l'area risulta all'interno di un'area di dissesto cartografata come DGPV la cui attività non è determinata (Tav. n.4).**

#### ***3.5.3 Inquadramento rispetto al piano regolatore***

Dalla consultazione del progetto definitivo della Variante al PRGC adottata con **Delibera C.C. n. 11 del**

---

**02.05.2007** a seguito del parere del Settore di Prevenzione del Rischio Idrogeologico, delle osservazioni scaturite dalla riunione del gruppo Interdisciplinare e dall'istruttoria di ARPA Piemonte per la verifica della 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> fase della Circ. P.G.R. 08.05.1996 n. 7/LAP ed in particolare della **carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e della idoneità all'utilizzazione urbanistica alla scala di piano (tavola 9b)** risulta essere localizzata in parte nell'ambito della **classe II sottoclasse IIa** ed in parte nella **IIIa** ai sensi della Circ. P.G.R. n.7/LAP.

#### 7.1.2 Classe di idoneità II

Ai sensi della Circ. P.G.R. 7/LAP, la classe II riguarda "Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione ed il rispetto di modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livello di norme di attuazione ispirate al D.M. 11 marzo 1988 e realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio o dell'intorno significativo circostante".

Per le aree ascritte alla Classe II si rende, quindi, necessario un approfondimento d'indagine di carattere idrogeologico o geologico-tecnico, sviluppato secondo le direttive del D.M. 11.03.1988 e mirato all'individuazione, alla progettazione ed alla realizzazione degli interventi tecnici necessari ad annullare la situazione di moderata pericolosità geomorfologica e a superare le limitazioni di carattere urbanistico.

Tutti gli interventi di trasformazione urbanistica (MO, MS, RC, RE1, RE2, DS, DR, AS, MD, Nca, IC, INI) sono ammissibili ma, tranne i primi sette tipi (MO, MS, RC, RE1, RE2, DS, DR), restano condizionati al rispetto delle norme tecniche indicate in questo paragrafo e definite attraverso l'approfondimento puntuale dell'indagine geologica.

##### **7.1.2.1 Sottoclasse IIa**

Nel dettaglio, l'indagine geologica di approfondimento deve avere le seguenti finalità:

**1)** Aree mediamente acclivi, potenzialmente soggette a fenomeni di dissesto per instabilità dei versanti (in roccia o caratterizzati da depositi di copertura, le cui caratteristiche geotecniche possono rilevarsi localmente scadenti, per prevalenza delle frazioni fini): analizzare la stabilità globale del versante, sia allo stato di fatto, sia, soprattutto, nello stato indotto dalla presenza delle opere in progetto, con verifiche condotte nelle condizioni potenzialmente più gravose (saturazione, sovraccarico, ecc.), individuando le opportune opere di difesa attiva o passiva, necessarie ad annullare o minimizzare il pericolo, soprattutto in relazione alla eventuale presenza di fenomeni di ruscellamento concentrato, di circolazione di acque sotterranee e di terreni geotecnicamente scadenti.

##### **7.1.3. Classe di idoneità III**

Ai sensi della Circ. P.G.R. 7/LAP, la classe III riguarda "Porzioni di territorio nelle quali gli elementi di pericolosità geomorfologica e di rischio, derivanti questi ultimi dalla urbanizzazione dell'area, sono tali da impedirne l'utilizzo qualora inedificate, richiedendo, viceversa, la previsione di interventi di riassetto territoriale a tutela del patrimonio esistente".

##### **7.1.3.1 Sottoclasse IIIa**

Riguarda aree, inedificate, in cui siano stati evidenziati elementi di pericolosità geomorfologica tali da renderle inidonee all'utilizzazione urbanistica; in tali zone sono ammessi unicamente i seguenti interventi:

- opere infrastrutturali di interesse pubblico non altrimenti localizzabili, secondo quanto previsto dall'art. 31 della L.R. 56/77 (opere previste dal Piano Territoriale, opere dichiarate di pubblica utilità, opere attinenti il regime idraulico, le derivazioni d'acqua, gli impianti di depurazione, gli impianti di produzione di energia idroelettrica, gli elettrodotti, gli impianti di telecomunicazione ed altre attrezzature per l'erogazione di pubblici servizi);

##### **carta geologica tavola 1a:**

Si tratta di un area di versante con Depositi glaciali costituiti da clasti fortemente eterometrici in abbondante matrice fine.

##### **carta geomorfologica dei dissesti tavola 2a:**



Nell'area interessata dall'intervento non sono rappresentati dissesti; ma allargando l'analisi, nella carta geomorfologica dei dissesti, si trovano diverse forme legate all'azione glaciale e torrentizia generalmente quiescenti con segnali di attività solo all'interno dell'impluvio del rio Blanca.

**carta dell'acclività tavola 4a:**

L'area è cartografata prevalentemente nella classe di acclività III ( $18^\circ - 27^\circ$ ) ed in maniera minore nella IV ( $28^\circ - 35^\circ$ ).

**carta geoidrologica tavola 5a:**

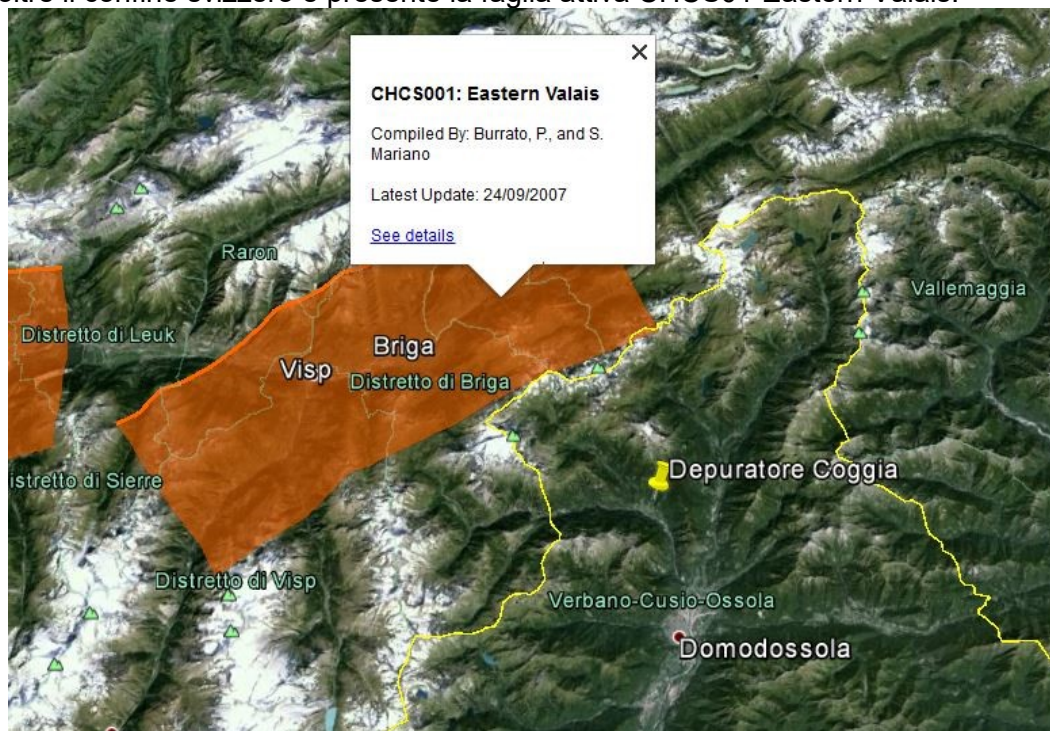
L'area è nei depositi glaciali di versante prevalentemente sabbiosi costituenti corpi caratterizzati da permeabilità per porosità primaria da bassa a moderata.

**carta litotecnica tavola 7a:**

L'area è compresa nella seguente unità litotecnica: Depositi fortemente eterometrici, a supporto di matrice sabbioso-limosa (peso di volume secco 1,6-1,8 t/mc ; angolo di attrito di picco =  $28-34^\circ$ ; coesione  $c = 0-0,5$  t/mq ).

***3.5.4 Descrizione della sismotettonica e individuazione dei lineamenti sismici attivi***

Non sono segnalate faglie attive nelle prossimità del sito; nell'area tuttavia, a poche decine di km di distanza, oltre il confine svizzero è presente la faglia attiva CHCS01 Eastern Valais.



Questa sorgente sismogenetica composta interessa la regione a cavallo tra l'Italia e il confine sudoccidentale della Svizzera e appartiene al sistema di faglie normali Vallesane nelle alpi Occidentali. L'area risulta priva di caratteristiche compressive attive così come appare non direttamente interessata da convergenza Africa-Europa.

I cataloghi storici e strumentali (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) mostrano un numero di terremoti compresi in un intervallo di Magnitudo compreso tra 4,5 e 5 Mw che hanno interessato l'area oltre a tre eventi dannosi 25 luglio 1955 (Mw 5,8) Vallese, 15 aprile 1924 (Mw 5,5) Roran e 9 settembre 1755 (Mw 5,9) Vallese (dal Sud a Sudovest a Nordest).

La regione ad ampia scala è dominata da fenomeni di estensione, ed è anche interessata da epicentri, che sono disposti a larga scala topografica sulla linea di cresta in questo settore delle Alpi Occidentali. La regione è ben correlata con l'area della catena alpina dove la crosta è più sottile.

La direzione della sorgente è basata su strutture mappate (N40°- 65°). L'inclinazione è su dati sottosuolo e considerazioni geometriche (60°-70°).

L'inclinazione (Rake) è basata su dati sismologici ed è rappresentativa di carattere estensivo (250-290). La minima e la massima profondità (5,0 e 20,0 km rispettivamente) sono basate su dati sismologici e su considerazioni geometriche. Il rigetto è ricavato da osservazioni geologiche in strutture adiacenti che condividono lo stesso carattere tettonico con la Struttura sismogenetica del Vallese Orientale (0,1 – 1,0 mm/anno).

La massima magnitudo è stata stimata su i maggiori terremoti dannosi che si sono verificati nell'area (Mw 5,9).

### 3.6 DESCRIZIONE DEGLI SCENARI DI PERICOLOSITA' E LORO ENTITA'

Nella successiva tabella si riassumono

| Scenario di pericolosità              | Presenza nella cartografia ufficiale | Grado di pericolosità attuale | Grado di pericolosità potenziale | Note  |
|---------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|---|
| Frane, crolli e movimenti di versante | Si                                   | Assente                       | Assente                          | Nella cartografia IFFI l'area è inserita in un dissesto da Deformazione gravitativa profonda la cui attività non è determinata. Nella cartografia PAI del DISUW non vi sono dissesti. |
| Rotolamento massi                     | No                                   | Assente                       | Assente                          | I massi presenti sono legati a trasporto glaciale   |
| Esondazione                           | No                                   | Assente                       | Assente                          | Sono presenti il rio Blanca ed il rio Grande che scorrono in alveo lateralmente all'area in oggetto   |
| Erosione concentrata                  | No                                   | Assente                       | Assente                          | Non osservata   |

|                                   |  |   |   |  |
|-----------------------------------|--|---|---|--|
| Cavità                            | No   | Assente   | Assente   | Non è nota la presenza di cavità nell'area   |
| Faglie attive-rischio attivazione | No nelle immediate prossimità.<br><br>Sì nell'area | Assente, ma<br><br>Rischio sismico generico medio | Assente, ma<br><br>Rischio sismico generico medio | Non sono segnalate faglie attive nelle prossimità del sito; nell'area tuttavia, a poche decine di km di distanza, oltre il confine svizzero è presente la faglia attiva CHCS 001 Eastern Valais. |
| Faglie capaci-rischio attivazione | No   | Assente   | Assente   | Non sono segnalate faglie capaci in corrispondenza del sito  |
| Subsidenza                        | No   | Assente   | Assente   | Fenomeni non segnalati   |
| Tsunami                           | Assente  | Assente   | Assente   |  |
| Rischio vulcanico                 | Assente  | Assente   | Assente   |  |

### 3.7 PIANO DI INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE DEL SITO

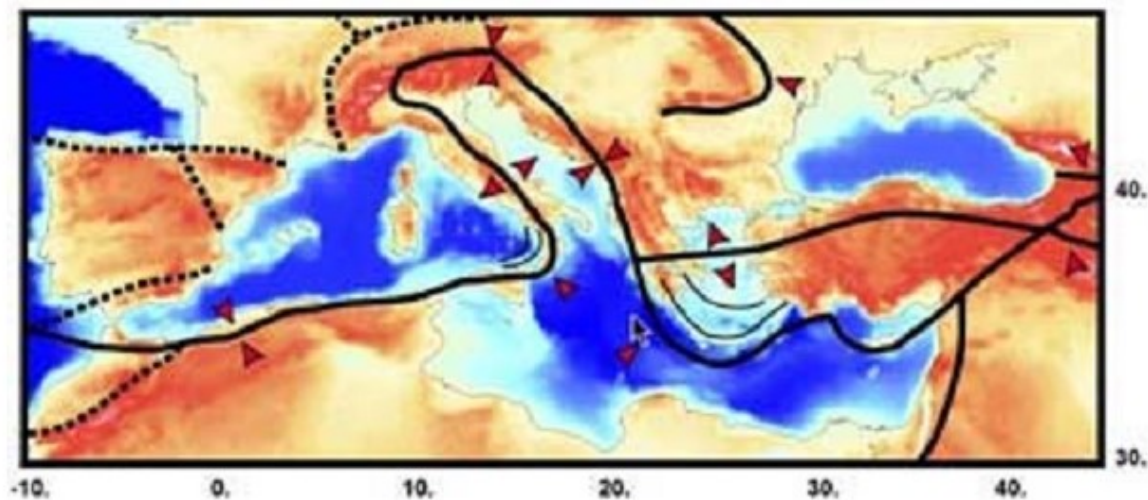
Per la caratterizzazione del terreno si è preso come riferimento un cantiere in frazione Castello di Varzo dove sono stati effettuati pozzetti esplorativi e prelevato un campione rimaneggiato su cui è stata effettuata una prova di taglio. In loco è stata effettuato uno stendimento geofisico di tipo MASW per la determinazione della  $VS_{30}$  e la prova HVSR.

## 4. RELAZIONE SISMICA

### 4.1 PREMESSA

L'Italia è uno dei Paesi a maggiore rischio sismico del Mediterraneo, per la frequenza dei terremoti che hanno storicamente interessato il suo territorio e per l'intensità che alcuni di essi hanno raggiunto, determinando un impatto sociale ed economico rilevante.

La sismicità della Penisola italiana è legata alla sua particolare posizione geografica, perché è situata nella zona di convergenza tra la zolla africana e quella eurasiatica ed è sottoposta a forti spinte compressive, che causano l'accavallamento delle zolle stesse. La sismicità più elevata si concentra nella parte centro-meridionale della Penisola, lungo la dorsale appenninica, in Calabria e Sicilia e in alcune aree settentrionali, come il Friuli, parte del Veneto e la Liguria occidentale. Solo la Sardegna non risente particolarmente di eventi sismici.



Schema tettonico semplificato dell'area mediterranea (fonte INGV)

Il territorio regionale piemontese è circondato a nord, a ovest e a sud dal sistema alpino occidentale, catena collisionale originatasi a partire dal Cretaceo per lo scontro fra le placca Europea ed Adriatica. Il contesto tettonico ed i regimi geodinamici tutt'ora attivi portano la regione ad essere interessata da una sensibile attività sismica, generalmente 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; l'altra, più dispersa, segue l'allineamento dei massicci cristallini esterni in corrispondenza del minimo gravimetrico delle Alpi Occidentali francesi. Le due direttrici convergono nella zona del Cuneese, per riaprirsi a ventaglio verso la costa interessando il Nizzardo e l'Imperiese.

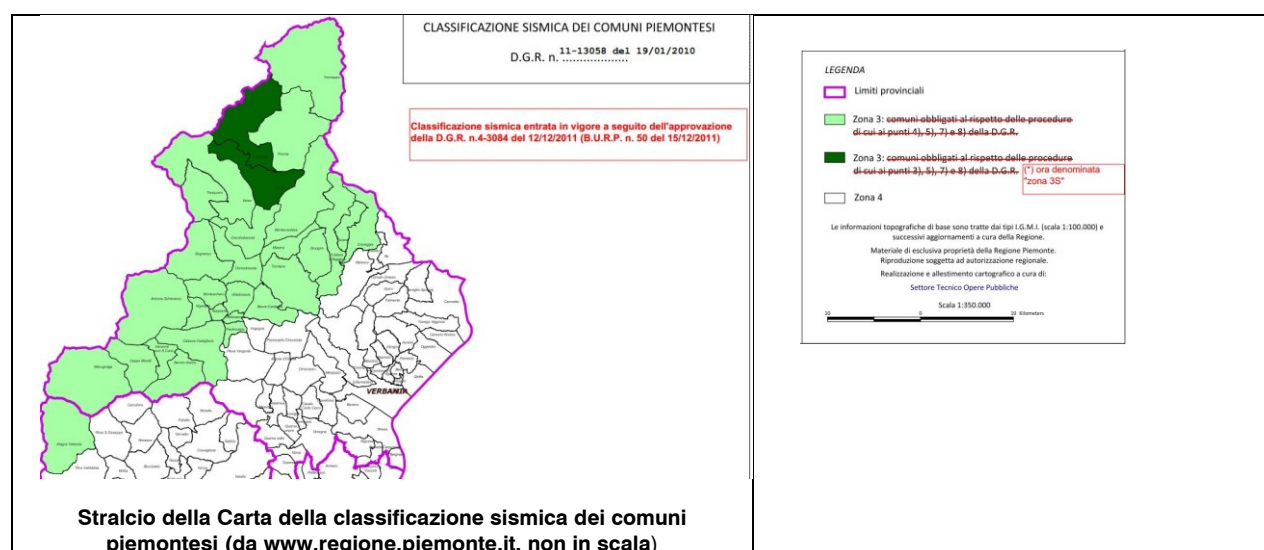
## 4.2 INQUADRAMENTO NORMATIVO

A seguito dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", è stata introdotta una nuova classificazione sismica del territorio nazionale articolata in 4 zone, le prime tre delle quali corrispondono dal punto di vista della relazione con gli adempimenti previsti dalla Legge 64/74 alle zone di sismicità alta ( $S=12$ ), media ( $S=9$ ) e bassa ( $S=6$ ), mentre per la zona 4, di nuova introduzione, si dà facoltà alla regioni di imporre l'obbligo della progettazione antisismica.

Per quanto riguarda la Regione Piemonte si sono aggiunti ai 41 comuni posti in II categoria ai sensi della vecchia classificazione (D.M. n° 82 del 4 febbraio 1982), 168 nuovi comuni in zona 3 distribuiti fra le province del Verbano Cusio Ossola (VB), di Cuneo (CN) e di Alessandria (AL). Viene anche introdotto, con la nuova normativa, un riferimento agli intervalli di accelerazione orizzontale, con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag/g), attesi per ogni zona. Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 sono stati approvati i criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone, nonché la mappa di pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale.

Con la Deliberazione della Giunta Regionale n.4-3084 del 12/12/2011 pubblicata sul Bollettino Ufficiale n.50 del 15/12/2011 è stato approvato l'aggiornamento e l'adeguamento delle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico ed è stata recepita la classificazione sismica di cui alla DGR n. 11-13058 del 19/01/2010. Si precisa che la zona sismica 3S comprende i 41 comuni già classificati in zona sismica 2 dalla DGR n. 61 - 11017 del 17/11/2003, cui si aggiungono complessivamente 44 comuni; la zona sismica 3 comprende 365 comuni, ed infine la zona sismica 4 comprende i restanti 797 comuni.

Sulla base di tale classificazione il **Comune di VARZO** risulta classificato in zona 3.



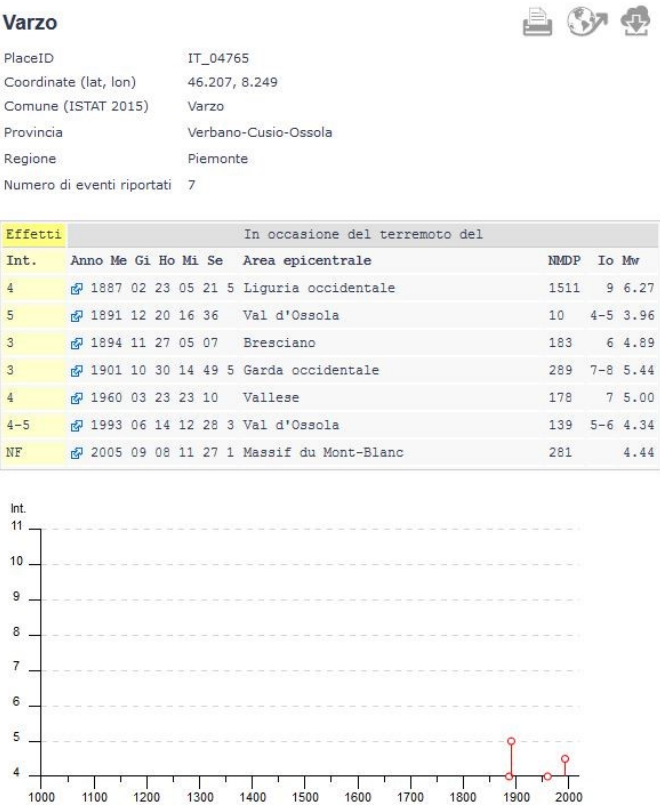


Attraverso la Deliberazione della Giunta Regionale 19 gennaio 2010, n. 11-13058 Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006), la Regione Piemonte ha deliberato di dare atto che la previsione contenuta nell'art. 2 della D.G.R. 61-11017 del 17/11/2003, inerente la non introduzione per la zona 4 dell'obbligo di progettazione antisismica, risulta superata con l'entrata in vigore delle disposizioni di cui al Decreto Ministero Infrastrutture del 14 gennaio 2008, "Nuove norme tecniche per le costruzioni" che, pertanto, trovano piena applicazione su tutto il territorio regionale.

4.3 SISMICITÀ STORICA

Al fine di inquadrare dal punto di vista della sismicità storica l'area in esame, sono state consultate le informazioni riportate nel DBMI15 (Locati et al., 2015), il database macrosismico utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 (Rovida et al., 2015, consultabile on-line al sito <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>).

Non essendo presenti almeno tre osservazioni macrosismiche di terremoti al di sopra della soglia del danno che hanno interessato storicamente il Comune di Varzo, il database contiene le seguenti informazioni:





---

## 4.4 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

In data 17 luglio 2014, è stata eseguita un'indagine geofisica nell'area del futuro cantiere dell'impianto di depurazione. La metodologia utilizzata è stata la prova **MASW** per il calcolo del valore  $V_{s30}$ . Inoltre è stata eseguita anche l'acquisizione del rumore sismico ambientale secondo la metodologia **HVSR** (Horizontal to Vertical Spectrum Ratio), per la determinazione dei requisiti sismici passivi.

### 4.4.1 Cenni metodologici generali

Il metodo si basa sul principio che il profilo verticale delle  $V_s$ , può essere ricavato per inversione e/o per modellizzazione diretta della velocità di fase delle onde di superficie (Rayleigh e/o Love) (Dorman e Ewing, 1962).

Le onde di Rayleigh (1885) costituiscono un particolare tipo di onde di superficie che si trasmettono sulla superficie libera di un mezzo isotropo e omogeneo e sono il risultato dell'interferenza tra onde di pressione (P-waves) e di taglio verticali (Sv-waves). In un mezzo stratificato queste onde sono di tipo guidato e dispersivo, e vengono definite pseudo-Rayleigh.

La dispersione è una deformazione di un treno d'onde dovuta ad una variazione di propagazione di velocità con la frequenza. Le componenti a frequenza minore penetrano più in profondità rispetto a quelle a frequenza maggiore, per un dato modo, e presentano normalmente più elevate velocità di fase il calcolo del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh,  $V(\text{fase})/\text{frequenza}$ , può essere convertito nel profilo di  $V_s/\text{profondità}$ .

#### **Metodo "MASW" (Multichannel Analysis of Surface Waves)**

Il MASW (Park et al., 1999) è stato sviluppato in parte per superare le difficoltà dell'applicazione del SASW in ambienti rumorosi. La tecnica che prevede la registrazione simultanea (in questo caso l'energizzazione è prodotta da un apposito fucile sismico) di 12 o più canali (separati da 0,5 m a 10 m), fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase e ne avvalorata la veridicità.

Il salvataggio delle tracce nel dominio temporale, previsto dal metodo, permette inoltre di distinguere e evidenziare, durante l'analisi, le onde di Rayleigh presenti nel record che, normalmente, sono caratterizzate da un'elevata ampiezza di segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente artificiale si distribuisce in onde di superficie). Una particolare analisi spettrale, "overtone analysis", produce un grafico Velocità di fase-frequenza in cui si può distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie da cui ricavare la curva di dispersione ed il profilo delle  $V_s$  per successiva inversione 1-D. La tecnica permette inoltre di eseguire misure ripetute spostandosi nella direzione di allineamento per risalire ad un profilo bidimensionale che evidenzia le variazioni laterali delle  $V_s$ . risoluzione.

---

Modalità esecutive

Sono stati realizzati stendimenti di 24 geofoni spaziat

Si ricorda che il punto di determinazione del profilo delle Vs in profondità, si riferisce al centro dello stendimento geofonico.



Anche in questo caso per l'acquisizione dei sismogrammi è stato utilizzato un EEG BR24 a 24 canali e elevata dinamica. I geofoni utilizzati hanno una frequenza propria di 10 Hz.

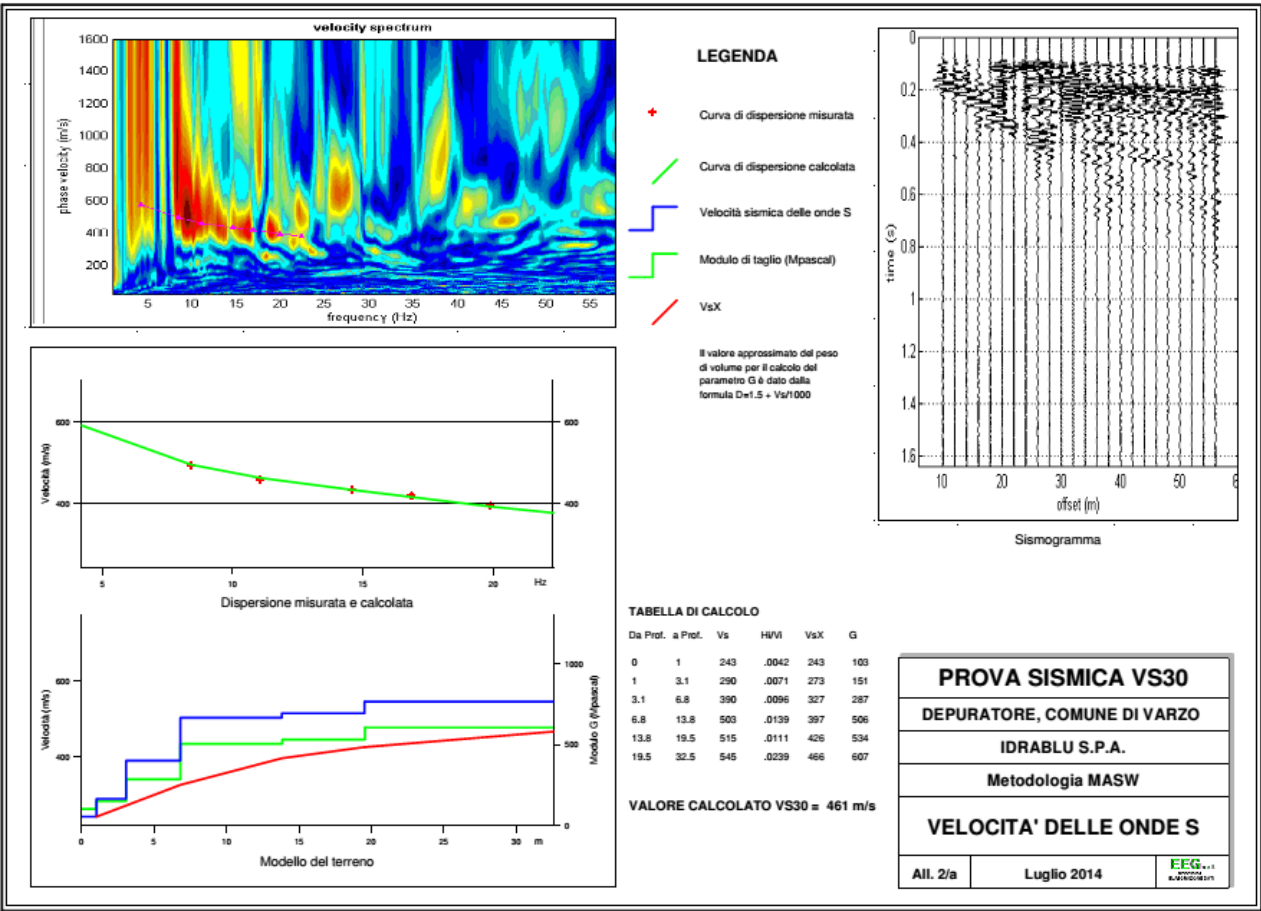


Figura 2/a - Allegato restitutivo dell'acquisizione MASW

---

#### 4.4.2 Analisi dei risultati

Esaminando i risultati della prove eseguite è possibile trarre le seguenti conclusioni:  
il risultato della prova eseguita con la metodologia MASW indica il seguente valore di:

$$V_{s30} = 461 \text{ m/s}$$

Si tratta di un valore tipico di depositi prevalentemente ghiaiosi molto addensati, quindi, il sito può essere classificato come suolo di fondazione appartenente alla

**Categoria B**, “*Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica  $NSPT > 50$ , o coesione non drenata  $c_u > 250 \text{ kPa}$ )*”.

#### PROSPEZIONE SISMICA PASSIVA – METODO HVSR

La metodologia sismica HVSR (Horizontal to Vertical Spectrum Ratio) misura il rumore sismico ambientale che è presente ovunque sulla superficie terrestre, ed è prodotto dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, microterremoti, vento) e dall'attività antropica.

Il rumore sismico ambientale viene anche chiamato *microtremore* in quanto costituito da oscillazioni di piccolissima ampiezza se confrontate con quelle associate ai terremoti.

La denominazione di sismica passiva dipende dal fatto che il rumore non viene generato *artificialmente*, come nelle energizzazione della sismica attiva, ma è presente naturalmente.

In qualsiasi luogo pianeggiante sono sempre presenti delle vibrazioni associate alle onde oceaniche con dei picchi a 0,14 e 0,07 Hz. A questo comportamento spettrale di “fondo”, sempre presente in varia forma, e soggetto a scarsissima attenuazione, si sovrappongono le sorgenti locali dovute alle attività antropiche (traffico, macchinari ecc..) e naturali. L'effetto di queste sorgenti locali è soggetto ad attenuazioni quanto maggiori all'aumentare della frequenza e dovute all'assorbimento anelastico associato all'attrito interno delle rocce e dei terreni.

La metodologia HVSR è stata introdotta da Nakamura (1989) per la determinazione delle frequenze di risonanza dei terreni e la stima dell'amplificazione sismica locale, elementi di grande utilità per l'ingegneria sismica.

La frequenza fondamentale di risonanza ( $F$ ) dello strato di terreno  $n$  è data dalla formula:

$$F_n = V_s / 4 h$$

---

---

in cui  $V_s$  è la velocità media delle onde S nello strato  $n$  ed  $h$  è lo spessore.

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima delle velocità è in grado di fornire previsioni sullo spessore  $h$  degli strati.

Viceversa, nota la stratigrafia è teoricamente possibile fornire una valutazione approssimativa della velocità delle onde S nei singoli strati.

I risultati (grafici) visibili figura 2b, sono stati ottenuti mediante impiego di un geofono triassiale EEG ed elaborati con software EEG:

- il segnale dei velocimetri (3) è acquisito in sito per un tempo  $t$ , e digitalizzato a 16 bit con due linee di preamplificatori .

Per ciascuna delle 3 componenti del moto, il software esegue le seguenti elaborazioni:

- divide il tracciato acquisito in finestre di lunghezza  $L$  (in questo lavoro generalmente 26 s);
- elimina il trend da ciascuna finestra;
- fa il "pad" di ciascuna finestra con degli zero;
- calcola la trasformata di Fourier (FFT) per ciascuna finestra;
- calcola lo spettro di ampiezza per ciascuna finestra;
- liscia lo spettro di ogni finestra secondo opportuno smoothing;
- calcola il rapporto spettrale HVSR ad ogni frequenza, per ciascuna finestra.

La funzione HVSR finale è data dalle media degli HVSR di ciascuna finestra.





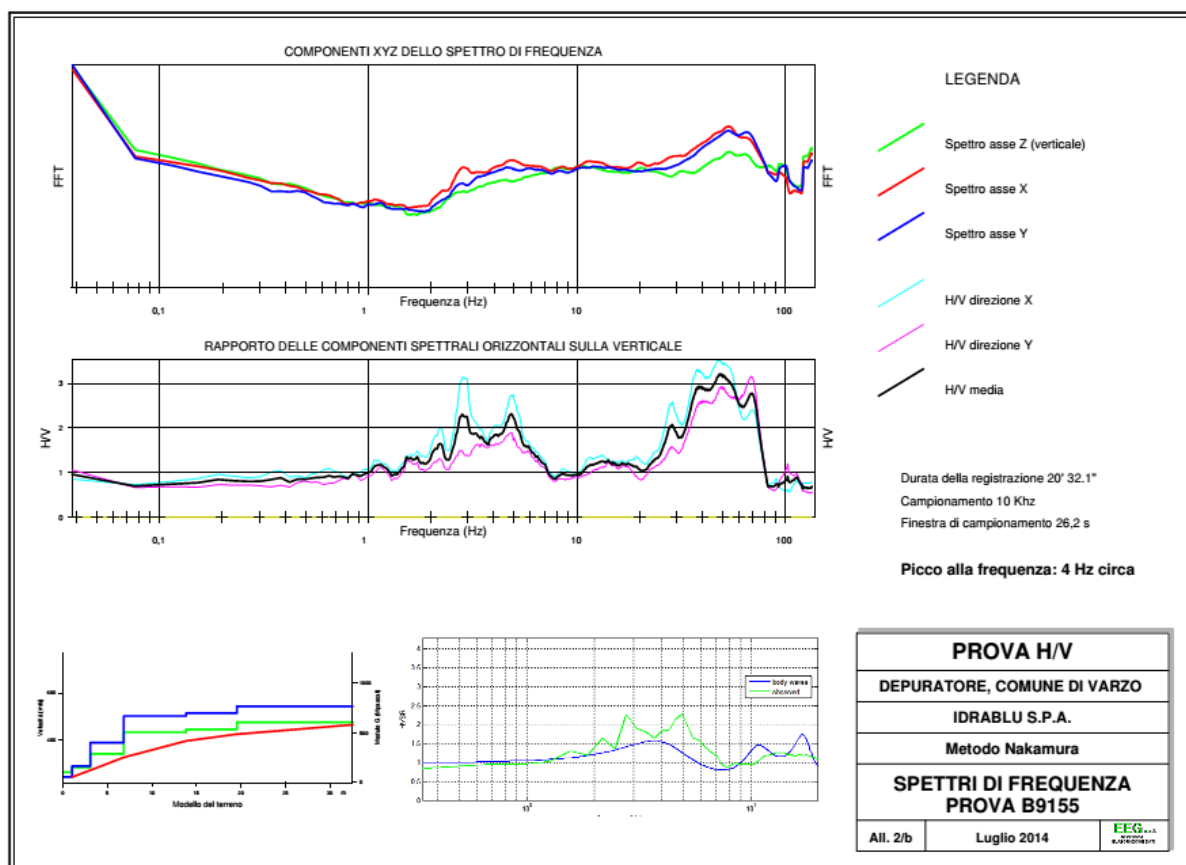


Figura 1/b - Allegato restitutivo dell'acquisizione HVSr

Come si osserva dal grafico si evidenzia un picco significativo a **4 Hz**.

## 4.5 AZIONE SISMICA AI SENSI DEL D.M. 14/01/2008

Le azioni sismiche di progetto ai sensi del D.M. 14/01/2008, in base alle quali valutare il rispetto degli stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. 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 (di categoria A nelle NTC-D.M. 14/01/2008), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di superamento  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$ . In allegato alla norma citata NTC-D.M. 14/01/2008, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_C^*$  necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

Ai sensi del D.M. 14/01/2008 ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica stessa si può fare riferimento a un

approccio semplificato (NTC punto 3.2) al quale si farà riferimento in quanto segue; si assumono i seguenti parametri di base:

1. **Coordinate del sito ED50:** latitudine:46,213539, longitudine:8,256671

**Categoria di sottosuolo:** classificabile come suolo di tipo “B”, ovvero “–Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, 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..”

2. **Condizioni topografiche:** per quanto concerne le caratteristiche della superficie topografica l'area in oggetto può essere classificata di categoria T2 “pendii con inclinazione media  $i > 15^\circ$ ”.

L'azione sismica di riferimento è individuata in termini di:

- $a_{g,max}$  = accelerazione orizzontale massima al sito;
- $S$  = fattore di amplificazione che dipende dalla categoria di sottosuolo (SS) e dalla superficie topografica (ST);
- $F_0$  = fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima;
- $T_C^*$  = periodo di riferimento che consente di calcolare il periodo  $T_C$  corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro.

Prendendo quindi in considerazione l'area in oggetto, nel seguito si riportano i parametri dell'azione sismica di riferimento che possono essere considerati rappresentativi per le opere in ipotesi di progetto. In particolare, posto:

- Vita nominale  $V_N$ : 100 anni
- Classe d'uso: IV
- Coefficiente d'uso  $C_U$ : 2
- Periodo di riferimento  $V_R$ : 200 anni

per gli Stati Limite Ultimi risulta quanto segue:

**Stato limite di salvaguardia della vita (SLV)** (La probabilità di superamento dell'azione sismica nel periodo di riferimento  $V_R(50 \text{ anni})$  è del 10% a cui corrisponde un periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R = 475 \text{ anni}$ ):

$$a_{g,max} = S_S \times S_T \times a_g = 1,200 \times 1,2 \times 0,172g = 0,24768 g;$$

$$F_0 = 2,459;$$

$$T_C^* = 0,307 \text{ s.}$$

**Stato limite di prevenzione del collasso (SLC)** (La probabilità di superamento dell'azione sismica nel periodo di riferimento  $V_R(50 \text{ anni})$  è del 5% a cui corrisponde un periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R = 975 \text{ anni}$ ):

$$a_{g,max} = S_S \times S_T \times a_g = 1,200 \times 1,2 \times 0,188g = 0,27072 g;$$

$$F_0 = 2,477;$$

$$T_C^* = 0,311 \text{ s.}$$

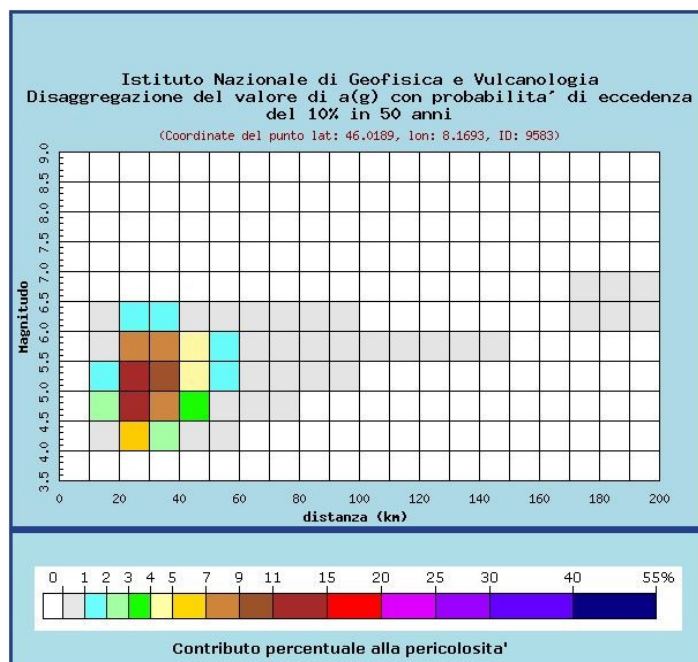


## 4.6 Magnitudo di riferimento

Al fine di definire la Magnitudo (M) di riferimento, ci si è riferiti alla disaggregazione sismica del terremoto di progetto.

La disaggregazione della pericolosità sismica consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M. Espresso in altri termini, il processo di disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento, di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio, che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso.

Disaggregazione del terremoto di progetto



Per il terremoto di progetto, l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) fornisce tali valori e anche i valori medi. In figura   riportata la disaggregazione del valore di  $a_g$  con probabilit  di eccedenza del 10% in 50 anni.

| Valori medi |          |         |
|-------------|----------|---------|
| Magnitudo   | Distanza | Epsilon |
| 5.180       | 32.300   | 1.380   |

Valori medi del terremoto di progetto

Dall'esame di tali grafici risulta che il contributo percentuale massimo alla pericolosità è fornito da terremoti con magnitudo superiore a 5,0 (terremoto di scenario). I valori medi sono caratterizzati da una magnitudo  $M=5,18$  e da una distanza  $R=32,3$  km.

## 5. RELAZIONE GEOTECNICA

### 5.1 PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA E MODELLO GEOTECNICO E GEOMECCANICO DI RIFERIMENTO

#### 5.1.1 *Depositi glaciali*

I depositi glaciali di fondo e di ablazione sono corpi di varia forma e spessore, che obliterano in maniera irregolare il substrato lapideo.

Generalmente sono formati da un insieme caotico di ciottoli e clasti fortemente eterometrici e litologicamente eterogenei, immersi in matrice fine sabbiosa o sabbioso-limosa, di colore ocra-marrone.

Depositi glaciali sono stati cartografati in generale, su tutto il territorio del Comune di Varzo, ma in particolare sul versante in sinistra idrografica del T. Diveria, dove interessano aree di estensione notevole (ad esempio l'area su cui si sono impostati gli abitati di Vaniullo e Castello, e di Durogna e Cattagna; l'area che da Gebbo si estende oltre S. Bernardo e Fernone; l'area compresa tra l'abitato di S. Domenico e Ponte Campo ed infine la conca dell'Alpe Ciamporino).

I parametri geotecnici variano in funzione dello stato di addensamento e soprattutto dell'aliquota della frazione fine. In genere si possono considerare i seguenti valori:

$$\gamma=1.9-2.1 \text{ t/m}^3$$

$$c=0.1-1.0 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varphi=33^\circ-36^\circ$$

All'interno di questi depositi possono localmente riscontrarsi livelli più fini e più omogenei dal punto di vista granulometrico nonché dotati di scarsa coesione.

Tali livelli sono spesso sede di circolazione acquifera; in tal caso i parametri geotecnici da considerarsi sono i seguenti:

$$\gamma=1.6-1.8 \text{ t/m}^3$$

$$c=0.1-1.0 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varphi=25^\circ-30^\circ$$

## 5.1.2 Prove di laboratorio

Per la caratterizzazione geotecnica dei materiali, è stata utilizzata una prova di laboratorio su di un campione rimaneggiato prelevato sul fondo di uno dei pozzetti esplorativi realizzati dagli scriventi in un cantiere presso la località Castello prossima al sito in esame. In particolare il campione è stato prelevato alla profondità di 4,00 m dal piano campagna attuale in modo da campionare il terreno sul quale era prevista la fondazione degli edifici in progetto. Le analisi sono consistite in una granulometria e una prova di taglio su campione ricostituito.

### Analisi granulometriche

L'analisi granulometrica serve a definire le percentuali in peso relative a ciascuna frazione granulometrica, la quale, a sua volta, è intesa come l'insieme delle particelle i cui diametri siano compresi entro limiti prefissati. La separazione delle diverse frazioni granulometriche avviene tramite setacciatura. I risultati delle prove granulometriche sono rappresentati tramite diagrammi semilogaritmici in cui sulle ascisse sono riportati i logaritmi dei diametri delle particelle e sulle ordinate, invece, il peso in percentuale delle particelle aventi diametro inferiore a quello dell'ascissa corrispondente, rappresentando le % in peso del passante a ciascun setaccio. Si ricorda che quanto più omogenea è la granulometria tanto maggiore è l'inclinazione della curva risultante. Infine, per ogni campione è stato determinato il diametro efficace ( $D_{10}$ ) corrispondente al 10% del peso, leggibile immediatamente dal diagramma granulometrico. In base al  $D_{10}$  (0,0225 mm) si può ricavare il coefficiente di uniformità ( $U_c$ ), risultante dal rapporto  $D_{60}/D_{10}$ , dove  $D_{60}$  indica il diametro corrispondente al 60% (2,3 mm) del peso di tutto il campione. L'importanza del valore di  $D_{10}$  e di  $U_c$ , consiste nel poter dare una valutazione più o meno approssimativa sulla resistenza al taglio, soprattutto in terreni granulari; infatti più  $U_c$  è alto e di conseguenza  $D_{10}$  è basso, più è elevata la resistenza al taglio di quel materiale. Inoltre esiste una classificazione dei terreni sulla base di  $U_c$ :

| $U_c$  | TERRENO   |
|--------|---|
| 1 - 5  | UNIFORME  |
| 5 - 15 | DISUNIFORME O POCO UNIFORME<br>(T. depositati in acqua) |
| > 15   | MOLTO DISUNIFORME<br>(T. morenici, t. residuali)        |

Nel nostro caso  $U_c = 102$  conferma che si tratta di un terreno di origine glaciale.

È possibile inoltre determinare il coefficiente di curvatura  $C = D_{30}^2 / (D_{10} * D_{60})$ , se tale valore è esterno a valori 1÷3 indica mancanza di diametri di certe dimensioni ovvero bruschi

cambiamenti di pendenza della curva. Nel nostro caso  $C = 0,52$  indica una curva con granulometria estesa e mancanza di certi diametri.

Il terreno può essere classificato sulla base all'analisi di laboratorio (ASTM D2478) con il sistema **Unified Soil Classification System (USCS)** riportato di seguito:

| TERRENI A GRANA GROSSA | Trattenuto al setaccio n.200 > 50%                                   | % Ghiaia > % Sabbia<br>Trattenuto al setaccio<br>n.4 > 50% | pass. 200 < 5%  | Cu ≥ 4 e 1< Cc < 3   |  | GW  | Ghiaie pulite con granulometria ben assortita miscele di ghiaia e sabbia  |   |
|------------------------|--|--|---|----------------------|--|---|---|---|
|                        |  |  |   | Cu ≥ 4 e/o Cc > 3    |  | GP  | Ghiaie pulite con granulometria poco assortita miscele fi ghiaia e sabbia |   |
|                        |  |  |   | 5%<pass. 200<12%     | Cu ≥ 4 e/o 1<Cc<3  | % fine ML o MI  | GW-GM   | Ghiaia limosa ben assortita                           |
|                        |  |  |   |                      |  | % fine CL o CH  | GW-GC   | Ghiaia argillosa ben assortita                        |
|                        |  |  |   |                      | Cu < 4 e/o Cc > 3  | % fine ML o MH  | GP-GM   | Ghiaia limosa poco assortita                          |
|                        |  |  |   |                      |  | % fine CL o CH  | GP-GC   | Ghiaia argillosa poco assortita                       |
|                        |  |  |   | pass. 200 > 12%      |  | % fine ML o MH  | GM  | Ghiaia limosa, miscele di ghiaia sabbia e limo        |
|                        |  |  |   |                      |  | % fine M e C  | GC-GM   | Ghiaia limosa e argillosa                             |
|                        |  |  |   |                      |  | % fine CL o CH  | GC  | Ghiaie argillose, miscele di ghiaia, sabbia e argilla |
|                        |  |  |   | TERRENI A GRANA FINE | Passante al setaccio n.200 > 50 %                          | % Sabbia % Ghiaia<br>Passante al setaccio<br>n. 4 > 50% | pass. 200 < 5%  | Cu ≥ 6 e 1< Cc < 3                                    |
| Cu < 6 e/o Cc > 3      |  | SP   | Sabbie pulite con granulometria poco assortita miscele di ghiaia e sabbia |                      |  |   |   |   |
| 5%<pass. 200<12%       | Cu ≥ 6 e 1< Cc < 3   | % fine ML o MH   | SW-SM   |                      |  |   | Sabbia limosa ben assortita   |   |
|                        |  | % fine CL o CH   | SW-SC   |                      |  |   | Sabbia argillosa ben assortita  |   |
|                        | Cu < 6 e/o Cc > 3  | % fine ML o WI   | SP-SM   |                      |  |   | Sabbia limosa poco assortita  |   |
|                        |  | % fine CL o CH   | SP-SC   |                      |  |   | Sabbia argillosa poco assortita   |   |
| pass. 200 > 12%        |  | % fine ML o MH   | SM  |                      |  |   | Sabbie limose miscele di sabbia e limo                                    |   |
|                        |  | % fine M e C   | SC-SM   |                      |  |   | Sabbie limose e argillose   |   |
|                        |  | % fine CL o CH   | SC  |                      |  |   | Sabbia argillose miscele di sabbia e argilla                              |   |
| w <sub>1</sub> < 50 %  | Inorganico   | Ip > 7 sopra Linea A                                       |   |                      |  |   | CL  | Argille inorganiche di medio-bassa plasticità         |
|                        |  | 4< Ip < 7 sopra Linea A                                    |   | CL-ML                | Argilla limosa o limo argilloso di bassa plasticità        |   |   |   |
|                        |  | Ip < 4 sotto Linea A                                       |   | ML                   | Limi inorganici, limi argillosi di bassa plasticità        |   |   |   |
|                        |  |  |   | OH                   | Argille organiche di medio alta plasticità, limi organici  |   |   |   |
|                        |  |  |   | CH                   | Argille inorganiche di elevata plasticità                  |   |   |   |
|                        |  |  |   |                      |  |   |   |   |
|                        |  |  |   |                      |  |   |   |   |
|                        |  |  |   |                      |  |   |   |   |
|                        |  |  |   |                      |  |   |   |   |
|                        |  |  |   |                      |  |   |   |   |
| w <sub>1</sub> ≥ 50 %  | Inorganico   | sopra Linea A  |   |                      |  |   |   |   |
|                        |  | sotto Linea A  |   | MH                   | Limi inorganici  |   |   |   |
|                        |  |  |   |                      |  |   |   |   |
|                        | Organico<br>w <sub>1</sub> (essiccato)/<br>w <sub>1</sub> (naturale) |  |   | OL                   | Limi organici argille limose organiche di bassa plasticità |   |   |   |

Tabella 5 — Classifica Unified Soil Classification System U.S.C.S.

Il terreno analizzato è CLASSIFICATO come **SM SC SC-SM** seguendo lo standard di nomenclatura può essere indicato come “**Sabbia con ghiaia, limosa**” oppure “**Sabbia limosa con ghiaia**”.

### Prove di taglio diretto

La prova di taglio diretto serve per ricavare relazioni attendibili sforzo-deformazione per mezzo di parametri dedotti da prove eseguite in laboratorio. I diagrammi ricavati sono del tipo “ $\tau - \varepsilon$ ” e “ $\tau - \sigma$ ”, il terreno posto nella scatola di taglio può essere indisturbato, rimaneggiato, oppure rimaneggiato e successivamente ricostruito artificialmente e riconsolidato. Nel caso in esame si tratta di campioni rimaneggiati. La scelta di effettuare questo tipo di prova meccanica, è legata alla possibilità, unica per questa prova, di ottenere i parametri di resistenza del terreno ( $c$  e  $\phi$ ), particolarmente utili nella valutazione della stabilità di pendii in terreni naturali.

Nella prova di taglio le, allegata al fondo della relazione, sono riportate le principali caratteristiche del terreno:

|                   | SIGLA     | VALORE | UNITÀ DI MISURA   |
|-------------------|-----------|--------|-------------------|
| Peso di volume    | $\gamma$  | 18,92  | KN/m <sup>3</sup> |
| Angolo di attrito | $\varphi$ | 34,66  | °                 |
| Coesione          | c         | 0      | N/cm <sup>2</sup> |

### 5.1.3 Dati da letteratura e valori caratteristici

L'Eurocodice 7: "Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules" [1], introduce il concetto dei valori caratteristici dei parametri geotecnici. Il valore caratteristico, inteso come una stima cautelativa del parametro che influenza l'insorgere dello stato limite in considerazione, dovrà essere utilizzato in qualsiasi tipo di verifica geotecnica, che si tratti di SLU (stati limite ultimi ovvero potenziale presenza di una superficie di rottura) o di SLE (stati limite di esercizio ossia deformazioni di tipo elastico o di consolidazione a prescindere dallo stato di rottura). Il DM 14/01/2008, "Norme tecniche per le costruzioni", ha adottato il concetto dei valori caratteristici, senza peraltro chiarirne la definizione e determinazione.

La Circolare esplicativa di un decreto ministeriale legge ufficiale dello stato, contiene chiari riferimenti ai valori caratteristici:

#### **"C6.2.2 INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA**

*Valori caratteristici dei parametri geotecnici.*

*Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. 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".*

## Il metodo statistico

Il metodo statistico per la determinazione dei valori caratteristici non è accettato all'unanimità. Tale affermazione non è però supportata da una proposta diversa rispetto all'utilizzo della statistica. Altro problema è la generalmente scarsa numerosità dei dati come frequentemente accade in geotecnica soprattutto nei progetti di modesta entità, con budget di spesa limitati. Nell'articolo di McCoy "(2009) *Introduzione operativa al concetto dei valori caratteristici secondo l'Eurocodice 7 (norma europea prEN1997-1)*, si afferma che questa limitazione non è vera, cito: *"Un'obiezione frequente al trattamento statistico è che questo non può essere eseguito con pochi dati. Al contrario, utilizzando la discriminazione e il giudizio tecnico e la conoscenza a priori regionale e locale, un trattamento statistico è possibile anche nel caso estremo di un solo dato a disposizione (o, al limite, di nessun dato disponibile, in questo caso facendo affidamento esclusivamente sulla conoscenza pregressa). Quando ci troviamo in condizioni di compensazione (generalmente strutturale) e il data set ha una numerosità piccola (da 1 a 5 dati usualmente), possiamo ricorrere alla statistica classica, con ipotesi di varianza nota.*



Dove:

$x_k$  è il valore caratteristico desiderato

$\bar{x}$  con barra il valore medio (ignoto) della popolazione, ipotizzato essere uguale al valore medio del campione

$z$  è la distribuzione normale standardizzata

$\sigma$  è la deviazione standard della popolazione

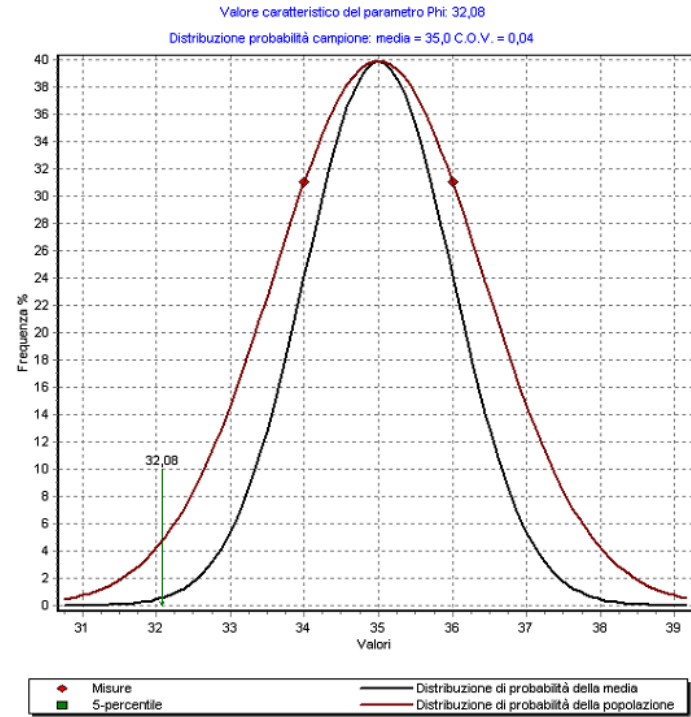
$n$  è la numerosità del campione

Nel caso in esame, considerando una fondazioni continue per il muro di sostegno, non ci troviamo in situazione di compensazione pertanto si ritiene adeguato l'utilizzo di valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici

Il valore caratteristico medio dei parametri geotecnici angolo di attrito, peso di volume e coesione è stato stimato a partire da dati di archivio e di letteratura.



| PARAMETRO                           | VALORE      | REFERENZE  |
|-------------------------------------|-------------|--|
| Angolo di attrito (°)               | 34-36       | Hunt, 1984 - Bowles, 1978 - Bureau of Reclamation, 1973              |
| Coesione (kPa)                      | 0.00        | Mayne e Stewart, 1988 - Skempton, 1964                               |
| Coesione non drenata (kPa)          | 0.00        | Sivrokaya e Togol, 2007  |
| Peso di volume (kN/mc)              | 20.0-21.4   | Hunt, 1984 - Kezdi, 1978 - Navfac - Lindeburg                        |
| Peso di volume saturo (kN/mc)       | 18.85-20.8  | Hunt, 1984 - Kezdi, 1978 - Navfac - Lindeburg                        |
| Modulo elastico (kPa)               | 19500-59800 | Navfac, 1982 - AASHTO, 2007 - Bowls, 1982 - Decourt, 1978            |
| Modulo di taglio iniziale (MPa)     | 68-148      | Imai e Tonouchi, 1982 - Ohsaki & Iwasaki, 1982 - Hara e al, 197      |
| Modulo confinato (MPa)              | 23.6-30.2   | Sanglerat, 1972 - Menzabach e Malcev - Zomorodian e Eslami, 2005     |
| Densità relativa (%)                | 45-75       | Yoshida e al, 1988 - Boulanger, 2003 - Hatanaka e al, 2005           |
| Velocità delle onde di taglio (m/s) | 157-170     | Imai, 1977 - Lee, 1990 - Imai e Tonouchi 1992 - Pitikilas e al, 1999 |
| OCR                                 |             | Mayne, 1990  |
| Coeff. di spinta a riposo           |             | Mayne e Kemper, 1988   |
| Rapporto di Poisson's               | 0.20-0.35   | Bowles, 1982 - AASHTO, 1995  |
| Coeff. di permeabilità (m/s)        | 10-4 / 10-5 | Terzaghi e Peck - Robertson, 1990                                    |
| Porosità efficace (%)               | 15-25       | Vari autori  |
| Porosità (%)                        | 30-40       | Vari autori  |
| Coefficiente di Lamé                | 0.4-0.5     | Vari autori  |



|  |                    |                     |                   |
|--|--------------------|---------------------|-------------------|
| Litotipo   | $\Phi k^\circ$     | $\gamma k$<br>kN/mc | $c'k$<br>N/cm $q$ |
| Deposito fluvioglaciale sabbioso e limoso con ghiaia | 32,0 valore minimo | 18,14               | 0                 |
|  | 35,0 valore medio  | 18,14               | 0                 |

Come si osserva il risultato sperimentale sottostante ben si inserisce nei dati di letteratura.

|                          | SIGLA     | VALORE | UNITÀ DI MISURA   |
|--------------------------|-----------|--------|-------------------|
| Peso di volume           | $\gamma$  | 18,92  | KN/m <sup>3</sup> |
| <b>Angolo di attrito</b> | $\varphi$ | 34°    | °                 |
| Coesione                 | c         | 0      | N/cm <sup>2</sup> |

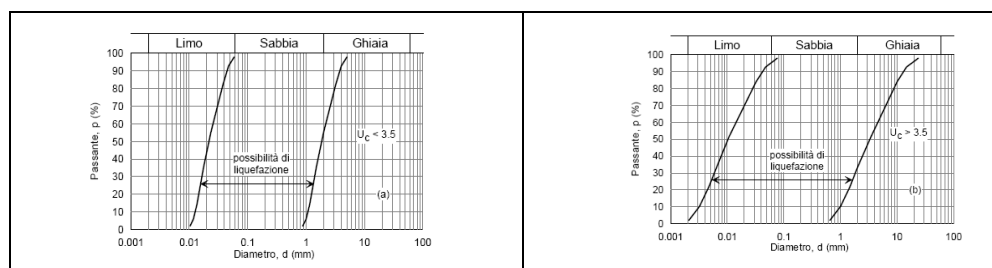
Alla luce del fatto che sarà utilizzata una fondazione continua per la quale non è plausibile ipotizzare la compensazione delle eterogeneità si è deciso di utilizzare il valore di angolo di attrito minimo (in neretto) in favore di sicurezza.

## 5.2 STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

Il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

In assenza di interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali.



**Figura 1(a) – 1(b)** Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- 1) eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;

- 2) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di  $0,1g$ ;
- 3) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 4) depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{ciN} > 180$  dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $q_{ciN}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- 5) distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura 1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

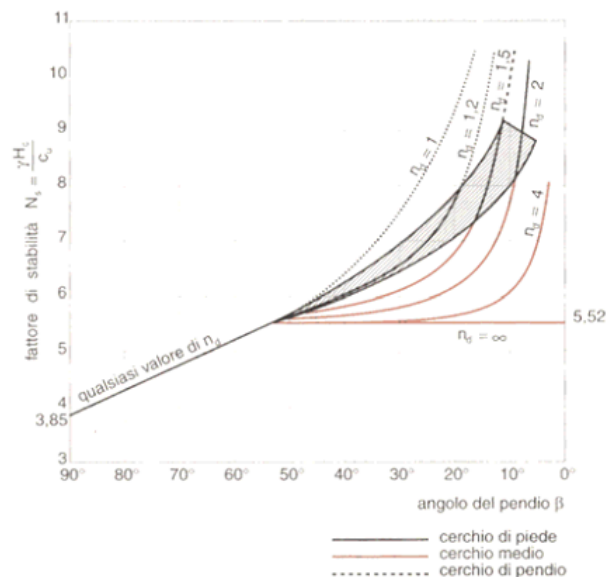
- **Il terreno non è liquefacibile per l'assenza di strati sabbiosi sotto falda.**

### 5.3 STABILITA' DEGLI SCAVI

La realizzazione del progetto prevede l'esecuzione di scavi per la realizzazione delle fondazioni del muro, tali scavi avranno un'altezza che potrà raggiungere i **3,5 m** mentre per la posa dei serbatoi interrati la profondità è di 2.19 m pertanto risulta necessario verificare l'altezza di scavo a parete verticale a breve termine.

Per verifica di stabilità a breve termine, in condizioni non drenate e attrito nullo, si utilizza la soluzione di Taylor (1937).

Il tipo di rottura e la posizione del cerchio critico dipendono, dall'inclinazione  $\beta$  del pendio e dal fattore di profondità  $n_d$ , che è il rapporto adimensionale fra la profondità  $H_1$  di un eventuale strato rigido di base e l'altezza  $H$  del pendio.



In condizioni di equilibrio limite l'altezza critica del pendio vale:

$$H_c = N_s \cdot \frac{c_u}{\gamma}$$

ove  $N_s$  = fattore di stabilità dipendente da  $\beta$  e da  $n_d$ ;

$c_u$  = coesione non drenata;

$\gamma$  = peso di volume;

Si ha che per  $\beta = 90^\circ$   $N_s$  è indipendente da  $n_d$  ed è uguale a 3,85.

Da cui

$$H_c = N_s \cdot \frac{c_u}{\gamma} = \frac{3,85 \cdot 9,81 \text{ kN/m}^2}{18,92 \text{ kN/m}^3} = 1,99$$

La massima altezza a breve termine a scarpa inclinata in un terreno che nel nostro caso consideriamo omogeneo fino a grande profondità con  $n_d = \infty$  terreno omogeneo fino a grande profondità il pendio è instabile per  $N_s \geq 5,52$ .

$$H_c = N_s \cdot \frac{c_u}{\gamma} = \frac{5,52 \cdot 9,81 \text{ kN/m}^2}{18,92 \text{ kN/m}^3} = 2,86$$

In tali condizioni la **massima altezza a breve termine risulta uguale a 2,86 m** con inclinazione massima della scarpa di  $50^\circ$ .

**Come si rileva nelle tavole di progetto saranno realizzati scavi che raggiungeranno anche i 3,5 m di altezza .**

**Pertanto i fronti di scavo di sbancamento dovranno essere eseguiti a campioni di altezza e ampiezza limitate (conci)** in relazione alle caratteristiche fisico-meccaniche del terreno e saranno lasciati aperti il più breve tempo possibile e ricoperti con teli impermeabili in occasione di precipitazioni meteoriche al fine di inibire l'innescò di eventuali processi erosivi.

**Le altezze dei conci di scavo dovranno rispettare le risultanze della verifica sopra riportata. In ogni caso si raccomanda, di realizzare gli scavi in periodo asciutto lasciandoli aperti il più breve tempo possibile ed utilizzare adeguate opere provvisori negli scavi per la realizzazione degli edifici.**

Le scarpate in materiali sciolti che andranno a costituirsi dovranno essere modellate in modo da garantire una loro piena stabilità e cioè dovranno essere realizzate con angoli di scarpa massimi di  $30^\circ$  o sostenute da adeguate opere di sostegno; inoltre dovranno al più

presto essere dotate di una protezione contro l'azione erosiva delle acque di scorrimento superficiale (semine, eventuale posa di georeti, ecc.); per lo stesso motivo sulle scarpate dovrà essere evitato il concentrarsi delle acque ruscellanti.

## 5.4 TERRE E ROCCE DA SCAVO E L.R. 45/89

**Ai fini della corretta applicazione della L.R. 45/89 i movimenti terra in progetto riguardano superfici non superiori a mq 5.000,00 e volumi di scavo e di riporto non superiori a mc 2.500,00**

|               | Scavo        | Materiale da riportare | Rinterro   | Materiale in esubero | Modalità di utilizzo materiale in esubero: utilizzo nell'ambito del cantiere, recupero da parte di ditta per inerti, trasporto a pubblica discarica |
|---------------|--------------|------------------------|------------|----------------------|---|
|               | mc           | mc                     | mc         | mc                   |   |
| Tubazione     | 270,9        | 0                      | 0          | 270,9                | Si recuperano 16 mc per rinterro area depuratore  |
| Depuratore    | 655          | 16                     | 671        | -16                  | Discarica   |
| <b>totale</b> | <b>925,9</b> | <b>16</b>              | <b>671</b> | <b>254,9</b>         | Si trasporta ad impianto di recupero inerti   |

|               | Aree soggette a trasformazione temporanea | Aree soggette a trasformazione permanente |
|---------------|---|---|
|               | mq  | mq  |
| Tubazione     | 338,62                                    | 0   |
| Depuratore    | 400                                       | 400                                       |
| <b>Totale</b> | <b>738,62</b>                             | <b>400</b>                                |

**Le operazioni di scavo in relazione all'intervento da effettuare può essere distinta nelle seguenti fasi:**

1. scavo meccanico di terreni di media consistenza in assenza di substrato roccioso;
2. deposito nell'ambito del cantiere del **materiale di risulta da portare in discarica**;
3. ripristino del piano di campagna con terra vegetale.

## 5.5 RELAZIONE DI CALCOLO STABILITA' GLOBALE DEL PENDIO

### Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

---

## Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio ( $\tau$ ) e confrontate con la resistenza disponibile ( $\tau_f$ ), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.).

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.

## Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a  $n$ , il problema presenta le seguenti incognite:

- $n$  valori delle forze normali  $N_i$  agenti sulla base di ciascun concio;
- $n$  valori delle forze di taglio alla base del concio  $T_i$ ;
- $(n-1)$  forze normali  $E_i$  agenti sull'interfaccia dei conci;
- $(n-1)$  forze tangenziali  $X_i$  agenti sull'interfaccia dei conci;
- $n$  valori della coordinata  $a$  che individua il punto di applicazione delle  $E_i$ ;
- $(n-1)$  valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle  $X_i$ ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza  $F$ .

Complessivamente le incognite sono  $(6n-2)$ .

Mentre le equazioni a disposizione sono:

- equazioni di equilibrio dei momenti  $n$ ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione verticale  $n$ ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale  $n$ ;
- equazioni relative al criterio di rottura  $n$ .

Totale numero di equazioni  $4n$ .

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a  $(n-2)$  in quanto si fa l'assunzione che  $N_i$  sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le  $(n-2)$  indeterminazioni.

## Metodo di Sarma (1973)

Il metodo di Sarma è un semplice, ma accurato metodo per l'analisi di stabilità dei pendii, che permette di determinare l'accelerazione sismica orizzontale richiesta affinché l'ammasso di terreno,

---



delimitato dalla superficie di scivolamento e dal profilo topografico, raggiunga lo stato di equilibrio limite (accelerazione critica  $K_C$ ) e, nello stesso tempo, consente di ricavare l'usuale fattore di sicurezza ottenuto come per gli altri metodi più comuni della geotecnica.

Si tratta di un metodo basato sul principio dell'equilibrio limite e delle strisce, pertanto viene considerato l'equilibrio di una potenziale massa di terreno in scivolamento suddivisa in  $n$  strisce verticali di spessore sufficientemente piccolo da ritenere ammissibile l'assunzione che lo sforzo normale  $N_i$  agisce nel punto medio della base della striscia.

Le equazioni da prendere in considerazione sono:

- L'equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio alla traslazione verticale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio dei momenti.

Condizioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale:

$$N_i \cos \alpha_i + T_i \sin \alpha_i = W_i - \Delta X_i$$

$$T_i \cos \alpha_i - N_i \sin \alpha_i = K W_i + \Delta E_i$$

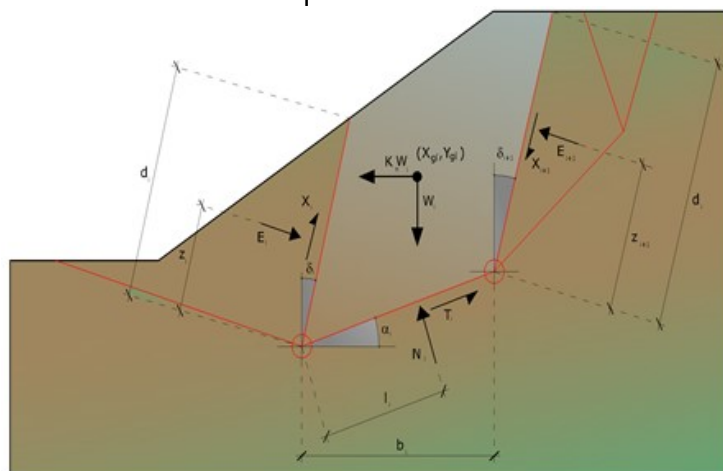
Viene, inoltre, assunto che in assenza di forze esterne sulla superficie libera dell'ammasso si ha:

$$\sum \Delta E_i = 0$$

$$\sum \Delta X_i = 0$$

dove  $E_i$  e  $X_i$  rappresentano, rispettivamente, le forze orizzontale e verticale sulla faccia  $i$ -esima del concio generico  $i$ .

L'equazione di equilibrio dei momenti viene scritta scegliendo come punto di riferimento il baricentro dell'intero ammasso; sicché, dopo aver eseguito una serie di posizioni e trasformazioni trigonometriche ed algebriche, nel **metodo di Sarma** la soluzione del problema passa attraverso la risoluzione di due equazioni:



*Azioni sull'iesimo concio, metodo di Sarma*

$$\sum \Delta X_i \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha_i) + \sum \Delta E_i = \sum \Delta_i - K \cdot \sum W_i$$

$$\sum \Delta X_i \cdot [(y_{mi} - y_G) \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha'_i) + (x'_i - x_G)] = \sum W_i \cdot (x_{mi} - x_G) + \sum \Delta_i \cdot (y_{mi} - y_G)$$

Ma l'approccio risolutivo, in questo caso, è completamente capovolto: il problema infatti impone di trovare un valore di **K** (accelerazione sismica) corrispondente ad un determinato fattore di sicurezza; ed in particolare, trovare il valore dell'accelerazione **K** corrispondente al fattore di sicurezza **F = 1**, ossia l'accelerazione critica.

Si ha pertanto:

$$\begin{array}{ll} K=K_c & \text{Accelerazione critica se } F=1 \\ F=F_s & \text{Fattore di sicurezza in condizioni statiche se } K=0 \end{array}$$

La seconda parte del problema del Metodo di Sarma è quella di trovare una distribuzione di forze interne  $X_i$  ed  $E_i$  tale da verificare l'equilibrio del concio e quello globale dell'intero ammasso, senza violazione del criterio di rottura.

E' stato trovato che una soluzione accettabile del problema si può ottenere assumendo la seguente distribuzione per le forze  $X_i$ :

$$\Delta X_i = \lambda \cdot \Delta Q_i = \lambda \cdot (Q_{i+1} - Q_i)$$

dove  $Q_i$  è una funzione nota, in cui vengono presi in considerazione i parametri geotecnici medi sulla  $i$ -esima faccia del concio  $i$ , e  $\lambda$  rappresenta un'incognita.

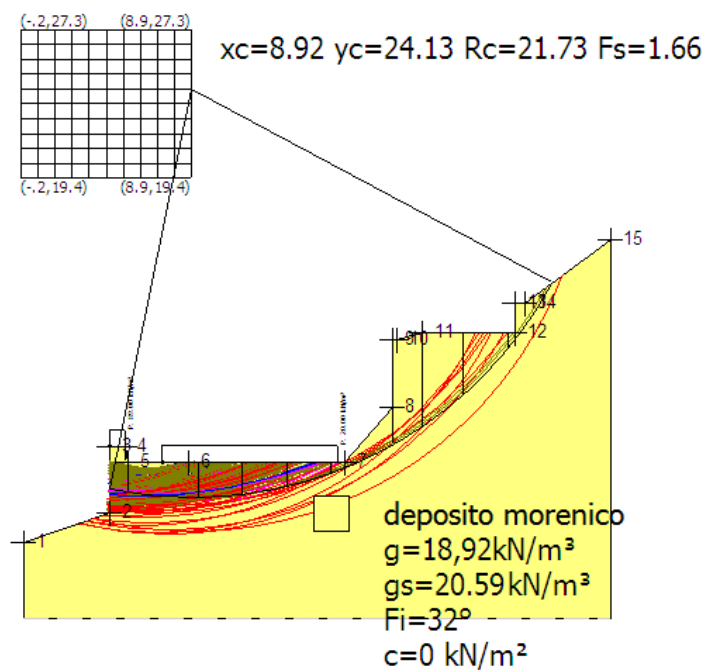
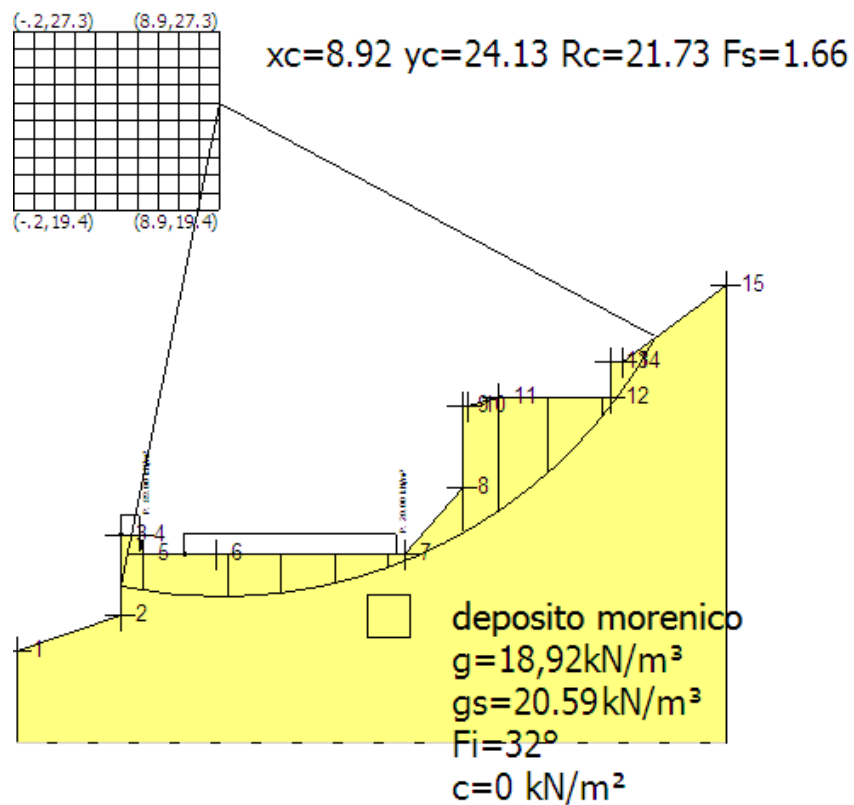
La soluzione completa del problema si ottiene pertanto, dopo alcune iterazioni, con i valori di  $K_c$ ,  $\lambda$  e  $F$ , che permettono di ottenere anche la distribuzione delle forze di interstriscia.

$$F_{sm} = F_{sf}$$

### Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da  $m$  righe e  $n$  colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia  $m \times n$  e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.



#### Analisi di stabilità dei pendii con: SARMA (1973)

|   |            |
|---|------------|
| Calcolo eseguito secondo                | [A2+M1+R2] |
| Numero di strati                        | 1.0        |
| Numero dei conci                        | 10.0       |
| Grado di sicurezza ritenuto accettabile | 1.3        |

|   |                    |
|---|--------------------|
| Coefficiente parziale resistenza                  | 1.0                |
| Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito: | Picco              |
| Analisi   | Condizione drenata |
| Superficie di forma circolare                     |                    |

### Maglia dei Centri

|  |         |
|--|---------|
| Ascissa vertice sinistro inferiore xi  | -0.19 m |
| Ordinata vertice sinistro inferiore yi | 19.38 m |
| Ascissa vertice destro superiore xs    | 8.92 m  |
| Ordinata vertice destro superiore ys   | 27.31 m |
| Passo di ricerca                       | 10.0    |
| Numero di celle lungo x                | 10.0    |
| Numero di celle lungo y                | 10.0    |

### Vertici profilo

| Nr | X<br>(m) | y<br>(m) |
|----|----------|----------|
| 1  | 0.0      | 0.0      |
| 2  | 4.54     | 1.59     |
| 3  | 4.54     | 5.14     |
| 4  | 5.35     | 5.14     |
| 5  | 5.54     | 4.29     |
| 6  | 8.76     | 4.29     |
| 7  | 17.05    | 4.29     |
| 8  | 19.61    | 7.24     |
| 9  | 19.61    | 10.76    |
| 10 | 19.82    | 10.76    |
| 11 | 21.13    | 11.15    |
| 12 | 26.1     | 11.15    |
| 13 | 26.1     | 12.78    |
| 14 | 26.6     | 12.78    |
| 15 | 31.22    | 16.15    |

### Coefficienti parziali azioni

|                                    |     |     |
|------------------------------------|-----|-----|
| Sfavorevoli: Permanenti, variabili | 1.0 | 1.0 |
| Favorevoli: Permanenti, variabili  | 1.0 | 1.0 |

### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

|   |      |
|---|------|
| Tangente angolo di resistenza al taglio | 1.25 |
| Coesione efficace                       | 1.25 |
| Coesione non drenata                    | 1.4  |
| Riduzione parametri geotecnici terreno  | No   |

**Stratigrafia**

| Strato | Coesione<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | Coesione non<br>drenata<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | Angolo<br>resistenza al<br>taglio<br>(°) | Peso unità di<br>volume<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | Peso saturo<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | Litologia            |
|--------|----------------------------------|---|--|---|-------------------------------------|----------------------|
| 1      | 0                                |   | 32                                       | 18,92   | 20.59                               | deposito<br>morenico |

**Carichi distribuiti**

| N° | xi<br>(m) | yi<br>(m) | xf<br>(m) | yf<br>(m) | Carico esterno<br>(kN/m <sup>2</sup> ) |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
| 1  | 7.34      | 4.29      | 16.68     | 4.29      | 20                                     |
| 2  | 4.54      | 5.14      | 5.35      | 5.14      | 89                                     |

**Risultati analisi pendio**

|                              |             |
|------------------------------|-------------|
| <b>Fs minimo individuato</b> | <b>1.66</b> |
| Ascissa centro superficie    | 8.92 m      |
| Ordinata centro superficie   | 24.13 m     |
| Raggio superficie            | 21.73 m     |

**Numero di superfici esaminate....(165)**

| N° | Xo   | Yo   | Ro   | Fs    |
|----|------|------|------|-------|
| 1  | -0.2 | 19.4 | 17.7 | 19.99 |
| 2  | 0.3  | 19.8 | 18.0 | 19.99 |
| 3  | 1.2  | 19.8 | 17.9 | 19.99 |
| 4  | 1.6  | 19.4 | 17.6 | 19.99 |
| 5  | 2.1  | 19.8 | 17.9 | 19.99 |
| 6  | 2.5  | 19.4 | 17.6 | 19.99 |
| 7  | 3.5  | 19.4 | 16.0 | 4.19  |
| 8  | 3.9  | 19.8 | 16.3 | 5.09  |
| 9  | 4.4  | 19.4 | 16.0 | 5.55  |
| 10 | 4.8  | 19.8 | 16.3 | 7.11  |
| 11 | 5.3  | 19.4 | 16.2 | 6.65  |
| 12 | 5.7  | 19.8 | 16.7 | 7.40  |
| 13 | 6.2  | 19.4 | 18.4 | 3.90  |
| 14 | 6.6  | 19.8 | 17.1 | 7.80  |
| 15 | 7.1  | 19.4 | 18.8 | 1.87  |
| 16 | 7.6  | 19.8 | 19.3 | 1.80  |
| 17 | 8.0  | 19.4 | 17.4 | 8.15  |
| 18 | 8.5  | 19.8 | 16.2 | 19.99 |
| 19 | 8.9  | 19.4 | 16.2 | 19.99 |
| 20 | -0.2 | 20.2 | 18.4 | 19.99 |
| 21 | 0.3  | 20.6 | 18.7 | 1.90  |
| 22 | 1.2  | 20.6 | 18.6 | 19.99 |
| 23 | 1.6  | 20.2 | 18.2 | 19.99 |
| 24 | 2.5  | 20.2 | 18.3 | 19.99 |
| 25 | 3.0  | 20.6 | 18.8 | 19.99 |
| 26 | 3.5  | 20.2 | 18.6 | 19.99 |
| 27 | 3.9  | 20.6 | 18.9 | 3.01  |
| 28 | 4.4  | 20.2 | 18.6 | 3.16  |
| 29 | 4.8  | 20.6 | 16.9 | 8.90  |
| 30 | 5.3  | 20.2 | 16.8 | 7.90  |
| 31 | 5.7  | 20.6 | 17.3 | 8.83  |
| 32 | 6.2  | 20.2 | 17.2 | 8.17  |
| 33 | 6.6  | 20.6 | 17.7 | 8.98  |
| 34 | 7.1  | 20.2 | 17.6 | 8.55  |
| 35 | 7.6  | 20.6 | 18.1 | 9.37  |
| 36 | 8.0  | 20.2 | 18.0 | 9.08  |

---

|     |      |      |      |       |
|-----|------|------|------|-------|
| 37  | 8.5  | 20.6 | 18.5 | 1.82  |
| 38  | 8.9  | 20.2 | 16.7 | 19.99 |
| 39  | -0.2 | 21.0 | 19.1 | 19.99 |
| 40  | 1.2  | 21.4 | 19.3 | 19.99 |
| 41  | 2.5  | 21.0 | 19.1 | 19.99 |
| 42  | 3.0  | 21.4 | 19.5 | 19.99 |
| 43  | 3.9  | 21.4 | 19.6 | 3.12  |
| 44  | 4.4  | 21.0 | 17.2 | 7.90  |
| 45  | 4.8  | 21.4 | 17.5 | 19.99 |
| 46  | 5.3  | 21.0 | 19.5 | 3.69  |
| 47  | 5.7  | 21.4 | 17.9 | 10.91 |
| 48  | 6.2  | 21.0 | 17.8 | 9.75  |
| 49  | 6.6  | 21.4 | 20.3 | 1.81  |
| 50  | 7.1  | 21.0 | 18.2 | 9.89  |
| 51  | 7.6  | 21.4 | 20.7 | 1.85  |
| 52  | 8.0  | 21.0 | 18.6 | 10.25 |
| 53  | 8.5  | 21.4 | 19.1 | 1.76  |
| 54  | 8.9  | 21.0 | 17.2 | 19.99 |
| 55  | -0.2 | 21.8 | 19.8 | 1.91  |
| 56  | 0.3  | 22.2 | 20.1 | 19.99 |
| 57  | 1.6  | 21.8 | 19.6 | 2.42  |
| 58  | 2.1  | 22.2 | 20.1 | 19.99 |
| 59  | 4.4  | 21.8 | 20.0 | 19.99 |
| 60  | 4.8  | 22.2 | 20.4 | 19.99 |
| 61  | 5.3  | 21.8 | 18.0 | 19.99 |
| 62  | 5.7  | 22.2 | 18.5 | 19.99 |
| 63  | 6.2  | 21.8 | 18.4 | 19.99 |
| 64  | 6.6  | 22.2 | 18.9 | 19.99 |
| 65  | 7.1  | 21.8 | 18.8 | 19.99 |
| 66  | 7.6  | 22.2 | 19.3 | 19.99 |
| 67  | 8.0  | 21.8 | 19.2 | 19.99 |
| 68  | 8.5  | 22.2 | 19.6 | 19.99 |
| 69  | 8.9  | 21.8 | 21.1 | 1.78  |
| 70  | -0.2 | 22.5 | 20.5 | 19.99 |
| 71  | 0.7  | 22.5 | 20.4 | 2.23  |
| 72  | 1.6  | 22.5 | 20.4 | 2.51  |
| 73  | 3.0  | 22.9 | 21.0 | 19.99 |
| 74  | 3.5  | 22.5 | 20.7 | 19.99 |
| 75  | 3.9  | 22.9 | 21.0 | 3.35  |
| 76  | 4.4  | 22.5 | 20.7 | 19.99 |
| 77  | 4.8  | 22.9 | 21.1 | 3.83  |
| 78  | 5.3  | 22.5 | 18.6 | 19.99 |
| 79  | 5.7  | 22.9 | 19.1 | 19.99 |
| 80  | 6.2  | 22.5 | 21.2 | 4.37  |
| 81  | 6.6  | 22.9 | 19.5 | 19.99 |
| 82  | 7.1  | 22.5 | 19.4 | 19.99 |
| 83  | 7.6  | 22.9 | 19.9 | 19.99 |
| 84  | 8.0  | 22.5 | 19.8 | 19.99 |
| 85  | 8.5  | 22.9 | 19.7 | 19.99 |
| 86  | 8.9  | 22.5 | 19.4 | 19.99 |
| 87  | -0.2 | 23.3 | 21.2 | 2.07  |
| 88  | 0.3  | 23.7 | 21.5 | 19.99 |
| 89  | 0.7  | 23.3 | 21.1 | 19.99 |
| 90  | 2.5  | 23.3 | 21.3 | 19.99 |
| 91  | 3.0  | 23.7 | 21.7 | 3.06  |
| 92  | 3.5  | 23.3 | 21.4 | 19.99 |
| 93  | 3.9  | 23.7 | 21.7 | 3.47  |
| 94  | 4.8  | 23.7 | 21.8 | 19.99 |
| 95  | 5.3  | 23.3 | 21.6 | 4.10  |
| 96  | 5.7  | 23.7 | 22.1 | 4.38  |
| 97  | 6.2  | 23.3 | 19.6 | 19.99 |
| 98  | 6.6  | 23.7 | 20.1 | 19.99 |
| 99  | 7.1  | 23.3 | 20.0 | 19.99 |
| 100 | 7.6  | 23.7 | 20.4 | 19.99 |
| 101 | 8.0  | 23.3 | 20.1 | 19.99 |
| 102 | 8.5  | 23.7 | 19.9 | 19.99 |
| 103 | 8.9  | 23.3 | 19.6 | 19.99 |
| 104 | -0.2 | 24.1 | 21.8 | 19.99 |
| 105 | 0.3  | 24.5 | 22.2 | 19.99 |
| 106 | 1.2  | 24.5 | 22.1 | 19.99 |

---

---

|            |            |             |             |             |
|------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| 107        | 2.1        | 24.5        | 22.3        | 19.99       |
| 108        | 2.5        | 24.1        | 22.0        | 19.99       |
| 109        | 3.5        | 24.1        | 22.1        | 3.31        |
| 110        | 3.9        | 24.5        | 22.5        | 3.60        |
| 111        | 4.4        | 24.1        | 22.1        | 3.78        |
| 112        | 5.3        | 24.1        | 22.3        | 4.25        |
| 113        | 6.2        | 24.1        | 20.2        | 19.99       |
| 114        | 6.6        | 24.5        | 20.7        | 19.99       |
| 115        | 7.1        | 24.1        | 20.6        | 19.99       |
| 116        | 7.6        | 24.5        | 20.6        | 19.99       |
| 117        | 8.0        | 24.1        | 20.3        | 19.99       |
| 118        | 8.5        | 24.5        | 22.2        | 19.99       |
| <b>119</b> | <b>8.9</b> | <b>24.1</b> | <b>21.7</b> | <b>1.66</b> |
| 120        | 0.3        | 25.3        | 22.8        | 2.42        |
| 121        | 0.7        | 24.9        | 22.5        | 19.99       |
| 122        | 1.6        | 24.9        | 22.6        | 19.99       |
| 123        | 2.1        | 25.3        | 23.0        | 2.97        |
| 124        | 2.5        | 24.9        | 22.7        | 3.06        |
| 125        | 3.0        | 25.3        | 23.1        | 19.99       |
| 126        | 3.5        | 24.9        | 22.8        | 19.99       |
| 127        | 3.9        | 25.3        | 23.2        | 3.73        |
| 128        | 4.4        | 24.9        | 22.8        | 19.99       |
| 129        | 5.3        | 24.9        | 23.0        | 4.41        |
| 130        | 6.2        | 24.9        | 23.2        | 4.84        |
| 131        | 6.6        | 25.3        | 23.7        | 1.76        |
| 132        | 7.1        | 24.9        | 21.0        | 19.99       |
| 133        | 8.0        | 24.9        | 22.6        | 19.99       |
| 134        | 8.9        | 24.9        | 22.0        | 19.99       |
| 135        | -0.2       | 25.7        | 23.2        | 2.33        |
| 136        | 0.3        | 26.1        | 23.5        | 19.99       |
| 137        | 1.2        | 26.1        | 23.6        | 19.99       |
| 138        | 1.6        | 25.7        | 23.3        | 19.99       |
| 139        | 2.1        | 26.1        | 23.7        | 19.99       |
| 140        | 2.5        | 25.7        | 23.4        | 19.99       |
| 141        | 3.0        | 26.1        | 23.8        | 19.99       |
| 142        | 3.5        | 25.7        | 23.5        | 19.99       |
| 143        | 3.9        | 26.1        | 23.9        | 3.87        |
| 144        | 4.8        | 26.1        | 23.9        | 19.99       |
| 145        | 5.3        | 25.7        | 23.7        | 4.57        |
| 146        | 5.7        | 26.1        | 24.1        | 4.88        |
| 147        | 7.6        | 26.1        | 23.4        | 10.74       |
| 148        | 8.0        | 25.7        | 22.9        | 19.99       |
| 149        | -0.2       | 26.5        | 23.9        | 19.99       |
| 150        | 1.2        | 26.9        | 24.3        | 19.99       |
| 151        | 2.5        | 26.5        | 24.2        | 3.27        |
| 152        | 3.5        | 26.5        | 24.2        | 3.69        |
| 153        | 3.9        | 26.9        | 24.6        | 4.01        |
| 154        | 4.4        | 26.5        | 24.2        | 4.22        |
| 155        | 4.8        | 26.9        | 24.6        | 4.61        |
| 156        | 5.3        | 26.5        | 24.4        | 19.99       |
| 157        | 5.7        | 26.9        | 24.8        | 19.99       |
| 158        | 6.6        | 26.9        | 24.3        | 7.48        |
| 159        | 7.1        | 26.5        | 23.9        | 8.81        |
| 160        | -0.2       | 27.3        | 24.6        | 19.99       |
| 161        | 2.5        | 27.3        | 24.9        | 3.38        |
| 162        | 3.5        | 27.3        | 24.9        | 19.99       |
| 163        | 4.4        | 27.3        | 24.9        | 19.99       |
| 164        | 6.2        | 27.3        | 24.8        | 6.50        |
| 165        | 8.0        | 27.3        | 23.5        | 19.99       |

---



---



---

## 6. CONCLUSIONI

---

Alla luce delle considerazioni, delle ipotesi fatte e delle verifiche eseguite ai capitoli precedenti si può affermare che l'opera in progetto è compatibile dal punto di vista geologico-tecnico ed idrogeologico.

La validità dell'ipotesi progettuale dovrà comunque essere verificata durante la realizzazione delle opere considerando, oltre ai dati raccolti in fase di progetto, anche quelli ottenuti con misure e osservazioni nel corso dei lavori e adattando eventualmente l'opera alle diverse situazioni riscontrate.

Inoltre, nella realizzazione dell'opera i lavori dovranno essere eseguiti a regola d'arte nel rispetto delle norme contenute nel Piano Regolatore Comunale Vigente, avendo cuore in ogni fase la generale stabilità dell'insieme opera terreno e delle strutture circostanti.

**Ai fini della corretta applicazione della L.R. 45/89 i movimenti terra in progetto riguardano superfici non superiori a mq 5.000,00 mq e volumi di scavo e di riporto non superiori a mc 2.500,00.**

Il materiale di scavo depositato temporaneamente e l'eccedenza conferita una discarica.

---

## DICHIARAZIONE

Il Sottoscritto **Dott. Geol. MARCO CATTIN** nella qualità di Tecnico Incaricato dalla Società Idrablu s.p.a. per la verifica geologica e geotecnica delle opere relative la Pratica Edilizia presentata presso il Comune di Varzo, con elaborati a firma dell' **Ing. Fabio Morea** consistenti in:

### **REALIZZAZIONE RETE FOGNARIA ED IMPIANTO DEPURAZIONE IN FRAZIONE COGGIA**

#### **in relazione:**

-all'avvio del procedimento di cui al D.P.R. n° 380/2001 e s.m.i. - Testo Unico sulle disposizioni legislative e regolamentari in materia di edilizia Sezione III, Articolo 20, Procedimento per il rilascio del Permesso di Costruire - Decreto Legge 5 ottobre 1993, n° 398, art. 4, commi 1, 2, 3 e 4, convertito, con modificazioni, dalla Legge 4 dicembre 1993, n° 493;

-a seguito dello studio e presa visione di tutti gli elaborati tecnico – progettuali che compongono la pratica edilizia comunale, nonché di tutti gli allegati esecutivi necessari anche se non direttamente allegati alla domanda per il rilascio del Permesso di Costruire e/o presentazione di Denuncia di Inizio Attività, sottoscritta da uno dei soggetti legittimati ai sensi dell'articolo 11 del citato T.U. in premessa;

#### **visto**

- gli elaborati progettuali richiesti dai regolamenti vigenti in materia di edilizia e in conformità alle Norme Tecniche di Attuazione allegate al Piano Regolatore Vigente adottato con Delibera di Consiglio Comunale n° 55 del 27 Novembre 1995, approvato con Delibera di Giunta Regionale n° 8-28177 del 20.09.1999, pubblicata sul BUR n° 39 del 29.09.1999;
- le prescrizioni ed ai vincoli contenuti nella D.G. 8-28177 parere di competenza prot. n° 5274 del 02.07.1999 della Direzione Regionale servizi tecnici di prevenzione, area di Verbania, Indagini geotecniche e idrogeologiche e alle successive prescrizioni e vincoli imposti e contenuti nel parere del Settore Urbanistico territoriale – Area Provincia di Verbania del 23 maggio 2003 prot. n° 7585/19.18 rilasciato ai sensi e per gli effetti della D.G.R. n° 31-3749 del 6 agosto 2001 e s.m.i.; adottati con Delibera di Consiglio Comunale n° 19 del 25.09.2003;
- la Variante al PRGC adottata con Delibera C.C. n. 11 del 02.05.2007 a seguito del parere del Settore di Prevenzione del Rischio Idrogeologico, delle osservazioni scaturite dalla riunione del gruppo Interdisciplinare e dall'istruttoria di ARPA Piemonte per la verifica della 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> fase della Circ. P.G.R. 08.05.1996 n. 7/LAP ed in particolare della Carta di sintesi

della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica;

- Il Regio Decreto 27 luglio 1934 n°1265 e s.m.i." T.U. sulle Leggi Sanitarie";
  - il D.lgs. 11 maggio 1999 n° 152 "Tutela Acque" e la L.R. 29 dicembre 1999;
  - la Circ. Reg. 26 maggio 1992 n° 9 /ECO e la L.R. 26.03.1990 n°13 in merito ai pubblici allacciamenti alla fognatura;
- a) la Legge Regionale 9 agosto 1989 n° 45 "Norme per interventi sottoposti a vincoli idrogeologici di cui al R.D.L. 30 dicembre 1923 n° 3267 e Circ. Esplicativa 31 Gennaio 1990 n° 2/AGR e D.G.R. 30 ottobre 1989 n° 112-31886;
- b) la Legge Regionale n° 56 del 5 dicembre 1977 e s.m.i."Uso e Tutela del Suolo";
- c) visto il Decreto Ministeriale 11 marzo 1988 relativo le norme e i criteri sulle indagini dei terreni secondo tutte le modificazioni ed integrazioni previste, ed in riferimento anche alle Leggi, normative o criteri specifici che possono avere contenuti e modalità tali da influire sulle caratteristiche peculiari geologico-tecniche e di sicurezza del fabbricato e sulla sua successiva ed effettiva utilizzabilità secondo la destinazione d'uso richiesta.

### **Si prende atto del quadro dei dissesti previsto per tale area**

ritenendo quindi che il rischio prevedibile sotto il profilo geologico ed idrogeologico in relazione alla situazione attuale sia tale da non pregiudicare la fattibilità dell'intervento in progetto ricadente in parte in **classe IIa e IIIa** ai sensi della Circolare 7/LAP

Domodossola, gennaio 2015

Il Professionista Incaricato  
Dott. Geol. Marco Cattin

### ***Si prende atto di quanto sopra***

**Il Committente**

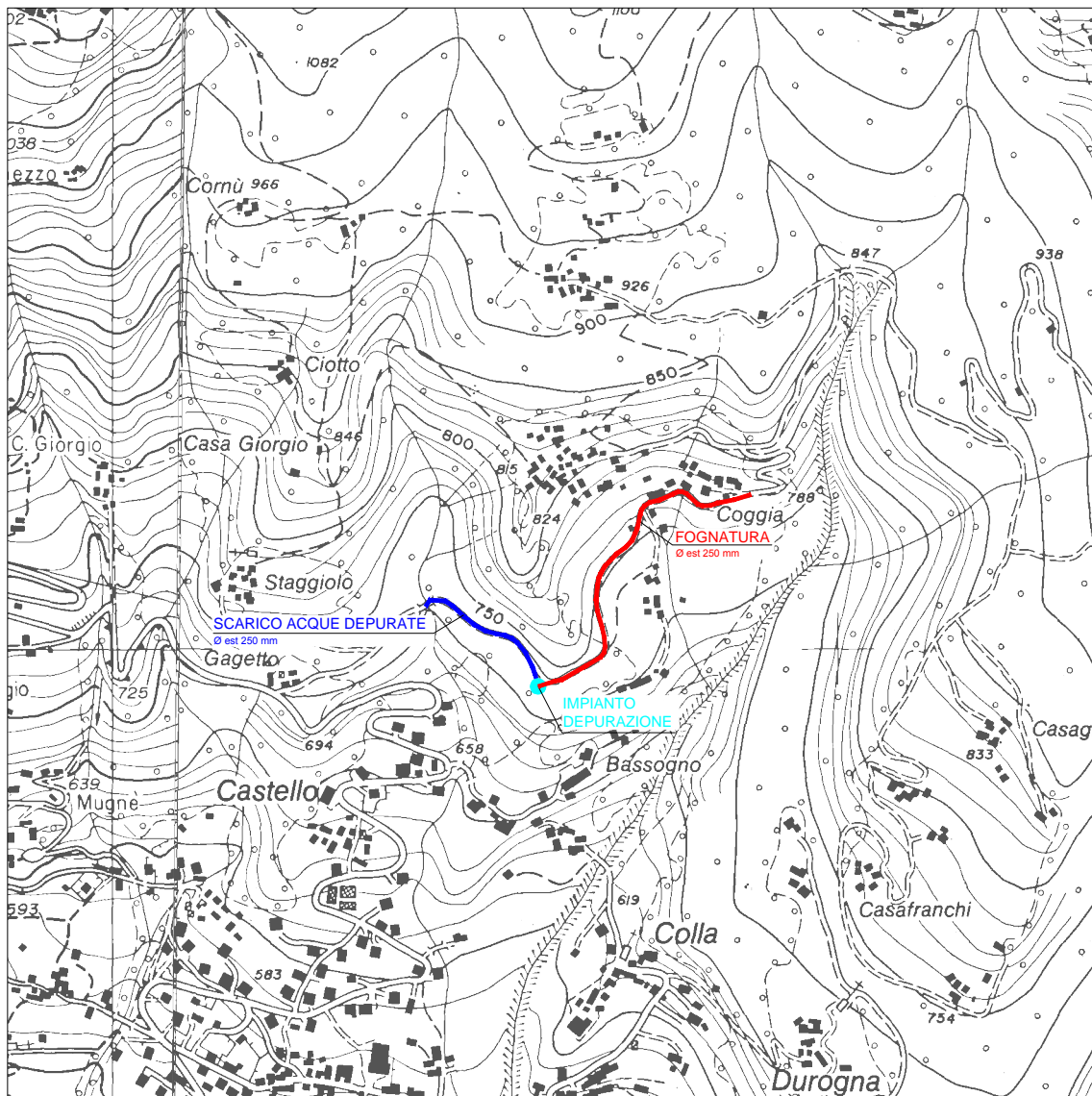
**Il Tecnico Progettista-Direttore dei lavori**

## ALLEGATI

---

Corografia e ubicazione  
Scala 1:10.000

CTR 035160 - Crodo





## DEPOSITI SUPERFICIALI (Quaternario)



Depositi eluvio-colluviali (o di versante) costituiti da frammenti rocciosi di dimensioni variabili, a matrice prevalentemente fine, anche abbondante



Depositi glaciali costituiti da clasti fortemente eterometrici in abbondante matrice fine

## Sinclinale di Varzo-Baceno



Calcescisti da massicci fino a lievemente foliati

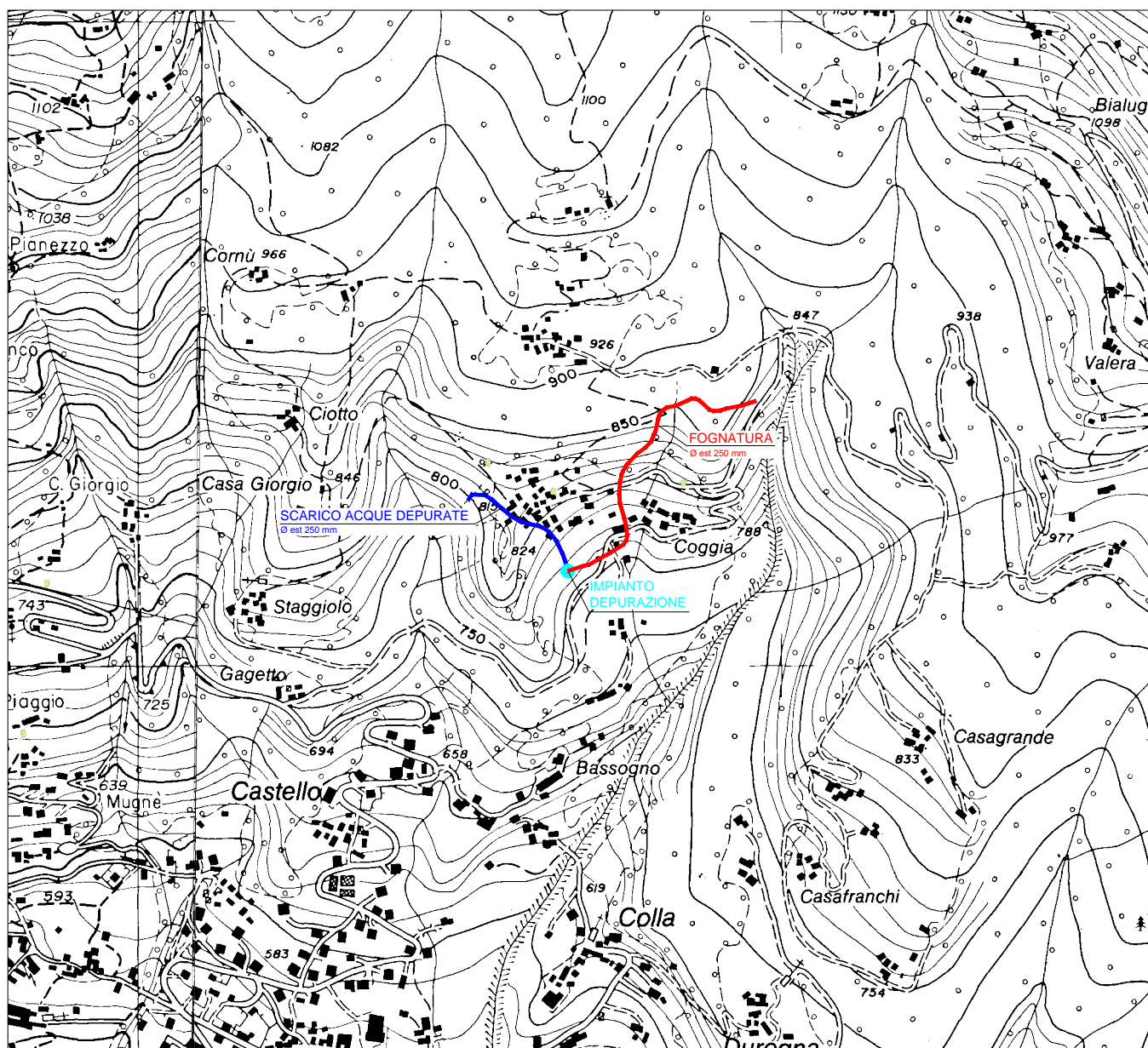


Principali discontinuità strutturali





Estratto da: SIFraP - Sistema informativo frane in Piemonte  
Arpa Piemonte  
Scala 1:10.000



**Frane puntuali**

- Aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi
- Aree soggette a frane superficiali diffuse
- Aree soggette a sprofondamenti diffusi
- Colamento lento
- Colamento rapido
- Complesso

**Frane lineari**

- Crollo/Ribaltamento
- Scivolamento rotazionale/traslato
- Sprofondamento
- n.d.
- Colamento lento
- Colamento rapido

**Frane areali**

- Complesso
- Crollo/Ribaltamento
- Scivolamento rotazionale/traslato
- n.d.
- Frane superficiali lineari
- Frane superficiali poligonali

**Frane areali**

- Aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi
- Aree soggette a frane superficiali diffuse
- Aree soggette a sprofondamenti diffusi
- Colamento lento
- Colamento rapido
- Complesso
- Crollo/Ribaltamento
- DGPV
- Espansione
- Scivolamento rotazionale/traslato
- Settore CARG
- Sprofondamento
- n.d.

2. Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici - Delimitazione delle aree in dissesto

Foglio 035 sez. II - Varzo

Scala 1:25.000

**FRANE**



Area di frana attiva (Fa)



Area di frana quiescente (Fq)



Area di frana stabilizzata (Fs)



Area di frana attiva non  
perimetrata (Fa)



Area di frana quiescente non  
perimetrata (Fq)



Area di frana stabilizzata non  
perimetrata (Fs)

**ESONDAZIONI E DISSESTI MORFOLOGICI DI CARATTERE TORRENTIZIO**



Area a pericolosità molto elevata (Ee)



Area a pericolosità elevata (Eb)



Area a pericolosità media o moderata (Em)



Area a pericolosità molto elevata non perimetrata (Ee)



Area a pericolosità elevata non perimetrata (Eb)



Area a pericolosità media o moderata non perimetrata (Em)

**TRASPORTO DI MASSA SUI CONOIDI**



Area di conoide attivo non protetta (Ca)



Area di conoide attivo parzialmente protetta (Cp)



Area di conoide non recentemente attivatosi o completamente protetta (Cn)

**VALANGHE**



Area a pericolosità molto elevata o elevata (Va)



Area a pericolosità media o elevata (Vm)



Area a pericolosità molto elevata o elevata non perimetrata (Va)



Area a pericolosità media o elevata (Vm)

**AREE A RISCHIO IDROGEOLOGICO MOLTO ELEVATO (RME)**



ZONA 1 area instabile o che presenta elevata probabilità di  
coinvolgimento in fenomeni di dissesto



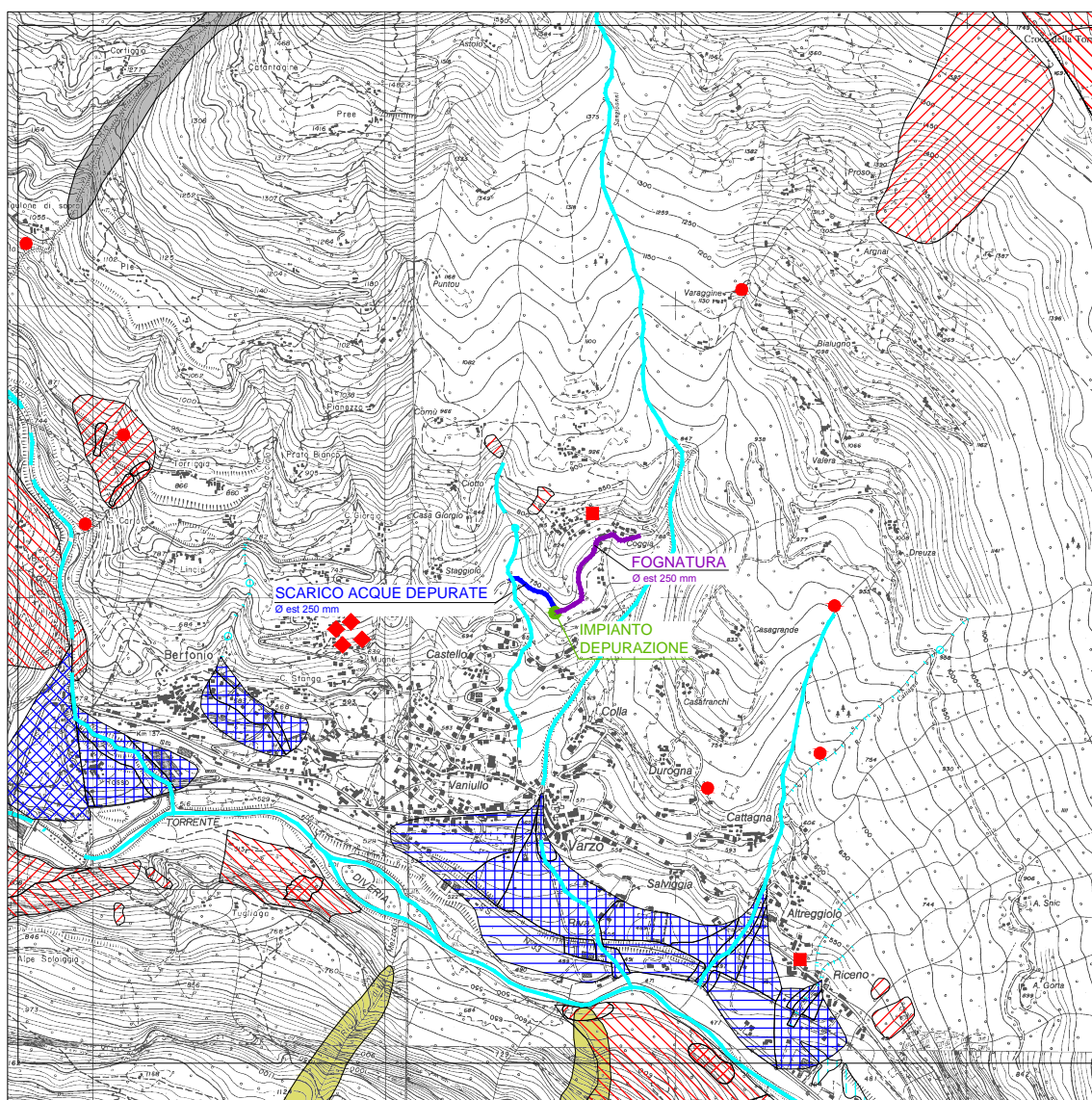
ZONA 2 area potenzialmente instabile o in cui l'intensità dei  
fenomeni di dissesto è ritenuta media



ZONA B-PR area di progetto potenzialmente interessata da  
inondazioni con Tr <=50 anni



ZONA I area potenzialmente interessata da inondazioni con  
Tr <=50 anni





Estratto della "Cartageomorfologica, dei dissesti, della dinamica torrentizia e del reticolo idrografico minore", Elaborato GEO3a, Tav.2a. allegata al P.R.G.  
Scala 1:10.000

