

*Geologia, Idrogeologia,  
Ambiente, Energie alternative*

**RAVASI Geologo Federica**

Via Vittorio Emanuele II, 46 – Vimercate MB

**Tel. e Fax** +39 0396085056

**e-mail** [fravasi@ravasifederica.191.it](mailto:fravasi@ravasifederica.191.it)

**sito web** [www.ravasifederica.191.it](http://www.ravasifederica.191.it)

**COMUNE di COLOGNO M.SE  
Provincia di MILANO**

**RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA  
PER REALIZZAZIONE EDIFICI RESIDENZIALI PRESSO  
AREA DI PROPRIETA'  
IN VIA CADORE**

Ac 24

Relazione di fattibilità geologica ai sensi dell'art 7.7.5. Componente geologica  
idrogeologica e sismica del PGT



**Dott.ssa Geol. Federica Ravasi**

**Febbraio 2015**



| <b>INDICE</b>                                                       | <b>Pag.</b> |
|---------------------------------------------------------------------|-------------|
| 1. PREMESSA .....                                                   | 3           |
| 2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO .....                            | 4           |
| 3. DESCRIZIONE DELL'OPERA .....                                     | 4           |
| 4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....                                   | 5           |
| 4.1. Inquadramento territoriale .....                               | 5           |
| 4.1. Destinazione d' uso prevista dagli strumenti urbanistici ..... | 5           |
| 5. STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE.....                                 | 6           |
| 6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....                                    | 8           |
| 6.1. Inquadramento geologico e geomorfologico .....                 | 9           |
| 6.1.1. Inquadramento geologico di dettaglio .....                   | 12          |
| 6.2. Inquadramento idrogeologico .....                              | 12          |
| 6.2.1. Inquadramento idrogeologico di dettaglio .....               | 15          |
| 6.3. Censimento pozzi pubblici .....                                | 16          |
| 6.4. Inquadramento idrologico.....                                  | 17          |
| 6.5. Uso del Suolo e Pedologica.....                                | 18          |
| 7. INQUADRAMENTO SISMICO .....                                      | 18          |
| 8. INDAGINI IN SITO .....                                           | 20          |
| 8.1. Risultati delle prove DPSH .....                               | 21          |
| 8.2. Risultati dalle trincee esplorative .....                      | 22          |
| 8.3. Modello geologico e modello geotecnico.....                    | 23          |
| 9. CONCLUSIONI .....                                                | 27          |

## **ANNESSI**

Annesso 1: Tabulati di registrazione e diagrammi delle prove Penetrometriche  
Dinamiche DPSH

Annesso 2: Report di calcolo dei parametri geotecnici

## **ELABORATI GRAFICI**

Tavola 1: Corografia

Tavola 2: Ubicazione verticali di indagine

## **1. PREMESSA**

La presente costituisce la relazione geologica e geotecnica relativa all'area in Cologno Monzese, Via Cadore angolo via Guido Rossa nota come AC24, redatta a supporto del progetto di edificazione residenziale.

Lo scopo é quello di caratterizzare dal punto di vista geotecnico i materiali del sottosuolo interessati. La parametrizzazione geotecnica è basata sulle indagini geognostiche appositamente svolte in sito durante la campagna del giorno 14 gennaio us.



*Figura 1: area di studio, foto satellitare (Google Earth).*

## **2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO**

- *Decreto Ministeriale 14.01.2008* Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. *Circolare 2 febbraio 2009 n. 617.*
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. *Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007*
- *Eurocodice 8* (1998) - Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)
- *Eurocodice 7.1* (1997) - Progettazione geotecnica - Parte I : Regole Generali . - UNI
- *Eurocodice 7.2* (2002) - Progettazione geotecnica - Parte II : Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI
- *Eurocodice 7.3* (2002) - Progettazione geotecnica - Parte II : Progettazione assistita con prove in sito(2002). UNI
- *Decreto ministeriale 11/03/1988*

## **3. DESCRIZIONE DELL'OPERA**

Per i dettagli circa le opere in progetto si rimanda alla relazione tecnica descrittiva del Progettista incaricato.

## **4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO**

### **4.1. Inquadramento territoriale**

L'area oggetto di studio è situata nel comune di Cologno M.se, a Sud Est dal centro abitato da cui dista meno di un km.

L'area si estende su una superficie complessiva di circa 11470 m<sup>2</sup>. In senso orario partendo da Nord sono presenti la via Guido Rossa con un parcheggio, la via Giuseppe Giusti con edifici ad uso abitativi, la via Ludovico Ariosto su cui si affaccia un altro campo coltivato, e infine la via Niccolò Copernico con fabbricati misti residenziali-produttivi.

Il riferimento cartografico è il foglio denominato B6c1 alla scala 1:10000 della cartografia tecnica regionale che viene riportato nella corografia di Tavola 1.

Da questa si ricava che altimetricamente l'area è ubicata ad una quota topografica media pari a circa 132 m s.l.m.

Le coordinate geografiche dell'area, riferite all'ingresso su via Guido Rossa sono:

|             |           |
|-------------|-----------|
| Latitudine  | 45,524575 |
| Longitudine | 9,288918  |

La stessa insiste sui mappali 132, 48, 49 e 50 del Foglio n. 34.

Le dimensioni dell'area di interesse sono pari a circa 11470 m<sup>2</sup>; di questi circa 3000 m<sup>2</sup> verranno ceduti al comune per la costruzione di un parcheggio.

### **4.1. Destinazione d'uso prevista dagli strumenti urbanistici**

Secondo il Piano del Governo del Territorio del comune di Cologno M.se l'area è individuata come di seguito



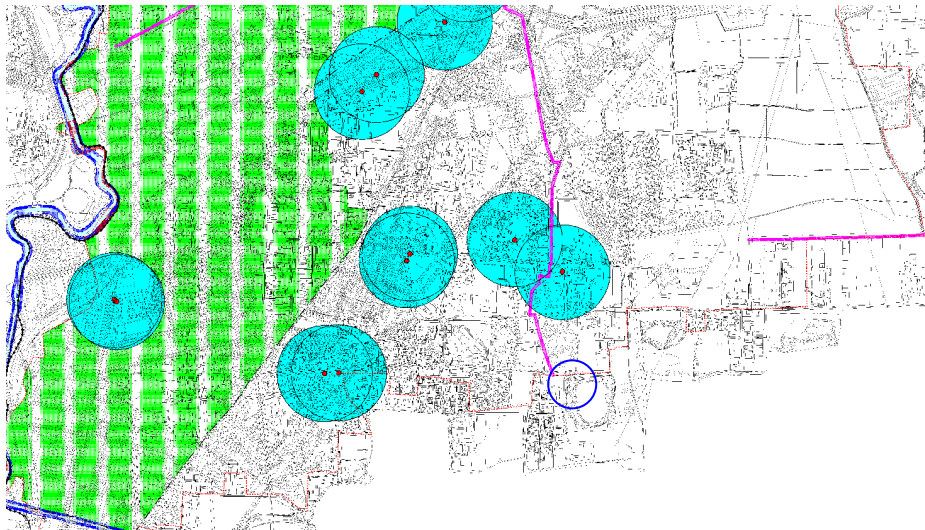


*Figura 2: estratto del PGT comunale da Sportello Telematico Unificato*

AC 24 Ambito di completamento di via Rossa.

## **5. STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE**

Nel Piano di Governo del Territorio del comune di Cologno é contenuta la *Relazione geologica* da cui sono tratti gli stralci della cartografia e la descrizione delle legende di seguito riportate.



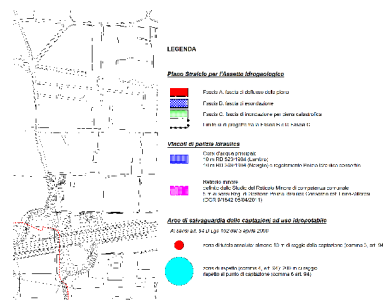


Figura 3: Carta dei vincoli (PGT comunale, Tav 7); in blu l'area di interesse.

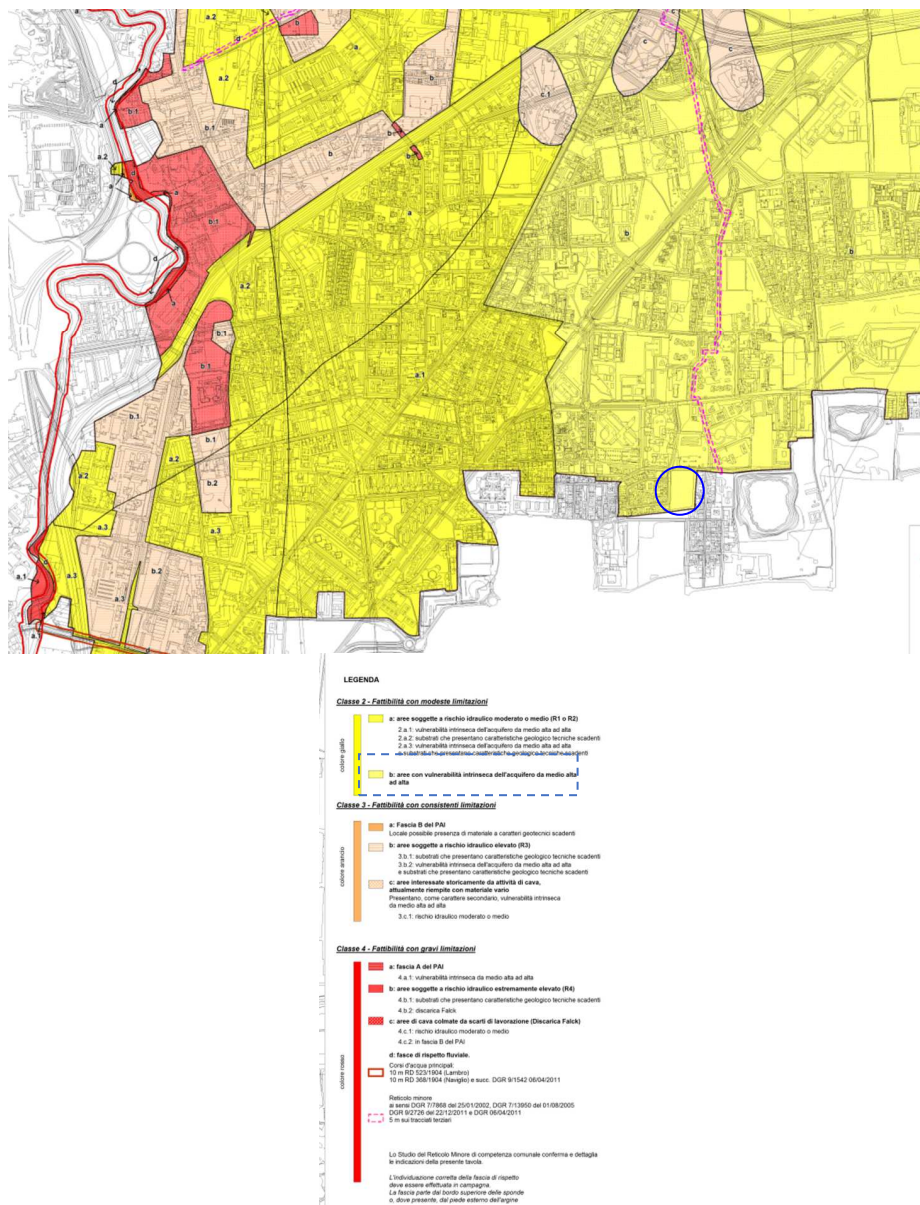


Figura 4: Carta della fattibilità geologica (PGT comunale, Tav 9); in blu l'area di interesse.



Di seguito si riporta uno stralcio delle norme tecniche di fattibilità geologica anche delle aree limitrofe a quella di interesse che ricade in classe F2 a.

**CLASSE 2 - FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI:**

Zone con modeste limitazioni all'uso a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine, accorgimenti tecnico costruttivi e precauzioni ambientali, senza l'esecuzione di opere di difesa.

**Sottoclasse 2.b:** aree a vulnerabilità intrinseca dell'acquifero captato da alta. Ogni intervento dovrà verificare l'impatto sull'acquifero sottostante. In particolare sarà necessario adottare sistemi che impediscano l'infiltrazione nel terreno di sostanze inquinanti, pur garantendo l'alimentazione degli acquiferi. Serbatoi e cisterne interrate dovranno prevedere sistemi di sicurezza quali doppie camere. Le nuove fognature dovranno essere progettate e Le aree di espansione (AT) dovranno prevedere, nei casi indicati dal RR 4/2006, la raccolta e il convogliamento in fognatura delle acque di prima pioggia, mentre dovrà essere garantita l'infiltrazione nel terreno della quota rimanente delle acque di precipitazione.

Cfr. 7.7.5 *La relazione di fattibilità geologica*. Per gli interventi consentiti deve essere presentata, in sede di presentazione dei Piani attuativi del permesso di costruire o D.I.A., nonché di predisposizione dei progetti di opere pubbliche, una relazione di fattibilità geologica relativa all'intervento in progetto, mirata alla fattibilità geologica dell'intervento stesso. La relazione deve essere redatta illustrando nel dettaglio gli approfondimenti di indagine effettuati per la definizione delle condizioni di pericolosità/vulnerabilità ottenuti e, se necessari, gli eventuali interventi specifici per la riduzione delle stesse condizioni. Le indagini e gli approfondimenti devono esplorare l'area interessata dall'intervento ed un suo intorno sufficientemente esteso, determinato dal professionista responsabile della fattibilità geologica, in funzione dei fenomeni che definiscono l'attribuzione dell'area ad una classe e sottoclasse di fattibilità geologica. Nella definizione dell'estensione dell'area indagata deve essere tenuta in considerazione la presenza di eventuali altri fattori secondari non espressi nella sottoclasse, ma descritti nella documentazione di analisi dello Studio geologico, o ricavabili dall'analisi di dettaglio dell'area attraverso rilevamenti specifici. Non è consentito al fine di identificare ed approfondire correttamente il rischio reale esistente su un'area, riferirsi esclusivamente a prove e indagini effettuate in aree analoghe o ritenute tali.

## **6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO**

Le notizie fondamentali per l'inquadramento geologico, idrogeologico e morfologico sono state desunte utilizzando la seguente bibliografia di riferimento:

Note illustrative della "Carta Geologica d'Italia Foglio 45 Milano";

"Relazione geologica" allegato al PGT di Cologno M.se;

Carta CARG, Foglio Milano;

Varia bibliografia scientifica relativa la rilevamento del Quaternario.

### **6.1. Inquadramento geologico e geomorfologico**

Il territorio di Cologno si colloca in corrispondenza della parte inferiore della “alta pianura asciutta”, cioè la parte della pianura appartenente, geologicamente, ai grandi conoidi proglaciali sviluppatasi di fronte agli anfiteatri morenici del pedemonte lombardo. Queste superfici estendono la loro morfologia a ventaglio convesso molto blando dal nord-Milano e Brianza fino all’altezza di Milano, e dunque per una decina di chilometri ancora a sud di Cologno.

Questa area appartiene morfologicamente al conoide del Lambro, anche se sembra essere lambita ad est dalle propaggini di quello del Molgora, cosa testimoniata dalla continuità morfologica dell’area di Cernusco S.N. con i terrazzi del Pleistocene medio del Vimercatese.

Si tratta, dal punto di vista litologico, di materiali sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi in matrice limosa spesso subordinata; a questi si intercalano orizzonti argillosi e argilloso-limosi.

Localmente è presente un livello conglomeratico, più o meno cementato e di spessore variabile, noto in letteratura come Ceppo e costituito da ciottoli di calcari, selci, dioriti, tonaliti, graniti, gneiss, micascisti, filladi e quarziti inglobati in una matrice sabbioso limosa a cemento calcareo, con grado di cementazione variabile ed elevata permeabilità.

Nel dettaglio sono presenti:

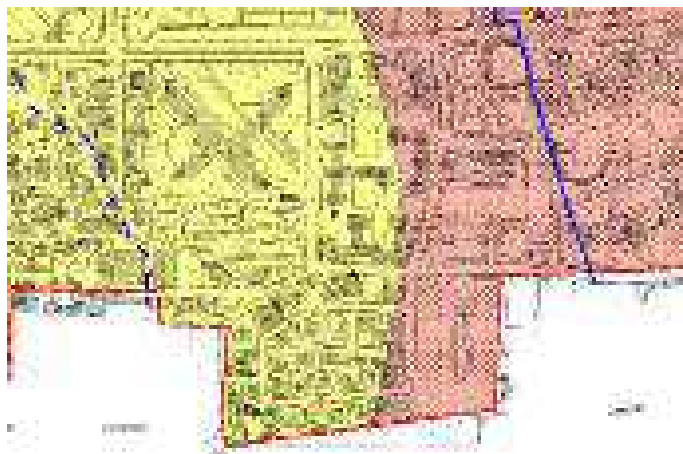
- Diluvium Antico: depositi alluvionali costituenti i ripiani altimetricamente più elevati (fluvioglaciale Mindelliano –  $q_1$ );
- Diluvium Medio: costituiscono i ripiani terrazzati che occupano una posizione altimetricamente intermedia tra il Diluvium antico ed il Livello Fondamentale della Pianura (fluvioglaciale Riss –  $q_2$ );

- Diluvium Recente: depositi ghiaiosi-sabbiosi-argillosi che costituiscono il livello fondamentale della pianura (fluvioglaciale Riss-Wurm –  $q_3$ );



*Figura 5: estratto della carta geologica foglio Milano - Unità geologica  $q_3^r$  - Carta Geologica d'Italia – Foglio 45*

L'area in esame è collocata nella porzione meridionale del territorio di Cologno al confine con Vimodrone. Come si vede dallo stralcio del Foglio Milano, il terreno è costituito da sedimenti appartenenti al Diluvium Recente (fluvioglaciale Riss-Wurm), che litologicamente è formato da depositi ghiaiosi-sabbiosi-argillosi che costituiscono il livello fondamentale della pianura, con strato superiore di alterazione di spessore variabile, non sempre ben conservato; frequenti sono i livelli cementati arenacei e conglomeratici che possono raggiungere localmente spessori di qualche decina di metri ma caratterizzati da una notevole estensione laterale.



*Figura 6: estratto della carta geologica allegata al PGT comunale – Tavola 1 Geologia*

Dall'esame della cartografia comunale edita a supporto del vigente PGT comunale, l'unità presente in corrispondenza dell'area in esame appartiene a depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaie sabbiose e ghiaie ciottolose.

Dall'esame della cartografia Carg, Foglio 118 Milano, l'area in esame rientra nel Sintema di Cantù così descritto:

*Ghiaia supporto di clastico con matrice sabbiosa; sabbie ghiaiose, sabbie, sabbie limose limi sabbioso argillosi massivi (dep fluvioglaciali) Superficie limite superiore caratterizzata da suoli moderatamente evoluti (inceptuisuoli e alfisuoli) con spessori prossimi al metro colore 10YR e2.5Y Debole idromorfia Copertura loessica assente.*

L'area di studio è costituita da territorio pianeggiante, blandamente degradante verso Sud. Le quote topografiche maggiori sono riscontrate a Nord con 139 m s.l.m., mentre le quote topografiche minori si rilevano a Sud con 129 m s.l.m.. L'area oggetto dello studio ha quote di circa 132 m s.l.m..

Dal punto di vista geomorfologico non si segnalano fenomeni geomorfici in atto.

### **6.1.1. Inquadramento geologico di dettaglio**

L' esame delle stratigrafie dei pozzi pubblici e delle sezioni elaborate a livello provinciale hanno permesso di ipotizzare a grandi linee la stratigrafia locale come di seguito schematizzata.

|                    |                                               |
|--------------------|-----------------------------------------------|
| da 0.00 a 1.30 m   | Riporto                                       |
| da 0.50 a 12.00 m  | Ghiaia e sabbia con ciottoli e qualche blocco |
| da 12.00 a 18.00 m | Sabbia ghiaia e ciottoli con qualche blocco   |
| Da 18.00 a 28.50 m | Ciottoli ghiaie e pochi blocchi               |
| Da 28.50 a 32.00 m | Ciottoli ghiaie parzialmente cementati        |
| Da 32.00 a 33.00 m | Sabbia con ghiaia                             |
| Da 33.00 a 34.50 m | Argilla siltosa                               |

Questa è stata confermata dalle trincee esplorative aperte presso la porzione nord del sito, affacciante cioè sulla via Guido Rossa, che confermano sostanzialmente la presenza di uno strato coesivo di spessore pari a circa 1,00 m a cui segue uno strato granulare di spessore accertato pari a 2,00 m.

### **6.2. Inquadramento idrogeologico**

L'assetto idrogeologico dell'area è stato ricostruito attraverso l'analisi della seguente documentazione:

"Le risorse idriche sotterranee nella Provincia di Milano – Volume I: Lineamenti idrogeologici" (Milano, 1995), redatto dalla Provincia di Milano



Assessorato all'Ambiente e dal Politecnico di Milano D.S.T.M. – Geologia Applicata;

La pubblicazione di Regione Lombardia ed Eni Divisione Agip del 2002 "Geologia degli Acquiferi padani della Regione Lombardia", a cura di Cipriano Carcano e Andrea Piccin, edito da S.EL.CA. (Firenze)

Nel sottosuolo dell'area si distinguono diverse unità idrogeologiche contenenti differenti acquiferi, riconoscibili per le omogenee caratteristiche di composizione e di distribuzione areale; dall'alto verso il basso si riconoscono (Avanzini et A.):

*Litozona ghiaioso-sabbiosa.* In questa unità litologica, costituita oltre che da orizzonti sabbiosi e ghiaiosi, anche da intercalazioni argillose e conglomeratiche di spessore variabile, è contenuto l'acquifero superficiale (I acquifero), molto produttivo in quanto alimentato dall'infiltrazione delle acque meteoriche e delle acque superficiali, e sfruttato tradizionalmente per l'approvvigionamento idrico. E' costituita da sedimenti depositatisi in ambienti fluviali di alta energia instauratesi durante le fasi glaciali del Quaternario (Pleistocene superiore e medio). Si distinguono due unità idrostratigrafiche: la prima, denominata Gruppo Acquifero A nella recente interpretazione della geologia del sottosuolo a livello regionale (Regione Lombardia, Geologia degli acquiferi Padani della Regione Lombardia, 2002), è costituita dalle alluvioni più recenti, ed è caratterizzata dalla presenza di falda freatica; la seconda, Gruppo Acquifero B, più in profondità, è costituita da sedimenti più antichi con presenza di conglomerati e arenarie basali (Ceppo auct.), e con falda a volte semiconfinata. Le due parti sono separate localmente da depositi semipermeabili, che possono dare origine a differenze di livello piezometrico

*Litozona sabbioso-argillosa.* Tale unità, in cui è contenuto l'acquifero in pressione (II acquifero), corrispondente all'unità stratigrafica villafranchiana, è suddivisibile in Gruppo Acquifero C al tetto (Pleistocene medio-inferiore) e Gruppo Acquifero D alla base (Pleistocene inferiore); è caratterizzata da orizzonti

argillosi prevalenti con intercalazioni sabbiose e ghiaiose, sedimentatisi in ambiente continentale, e a volte torbe, di ambiente palustre.

I parametri idrogeologici caratteristici delle litozone sopra definite e riportate in letterature sono riassunte di seguito

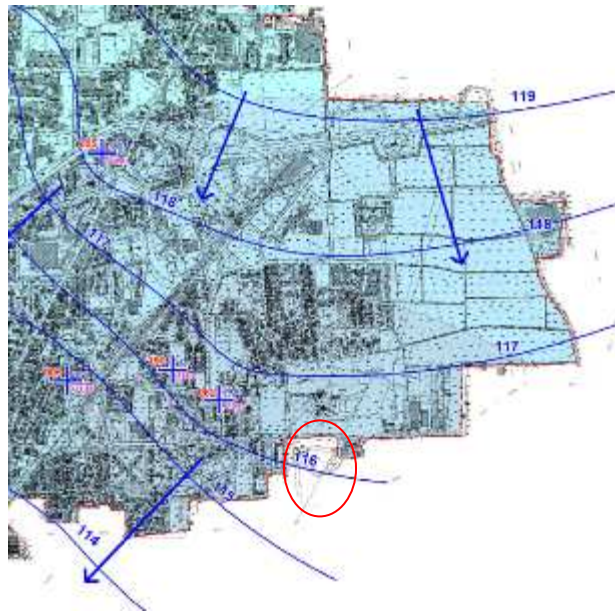
L'unità ghiaioso-sabbioso-limosa, a causa della presenza della frazione fine, tende a diminuire i valori di permeabilità. Avremo così valori di conducibilità idraulica pari a  $10^{-4}$  e  $10^{-5}$  m/s, mentre per la trasmissività i valori sono ricompresi tra  $10^{-2}$  e  $10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s (Avanzini et alii, 1995).

L'unità sabbioso-argillosa ha bassi valori di permeabilità  $10^{-5}$  e  $10^{-6}$  m/s, mentre per la trasmissività i valori sono sempre inferiori a  $10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s (Avanzini et alii, 1995).

La ricostruzione delle variazioni dei livelli della falda è stata possibile grazie ai dati della rete di controllo della AMSP riportati per tutti i pozzi nella documentazione geologica a supporto del PGT comunale, disponibile on line sul sito del comune di Seregno.

In generale, come si evince dalla cartografia comunale, la superficie piezometrica presenta una quota compresa tra 120 m a Nord e 114 m a Sud del territorio comunale, con direzione di flusso variabile per la presenza di elementi idrografici superficiali a comportamento alimentante e drenante.

Nell'area in esame, il flusso idrico sotterraneo ha un andamento diretto circa Nord Nord Ovest-Sud Sud Est e si stima una soggiacenza pari a circa 16.5 m e una quota piezometrica di circa 115.5 m s.l.m.. Questi valori sono in accordo con quanto rilevato presso il pozzo pubblico più vicino all'area: si tratta del 0150810062 del CAP di via Risorgimento (coord GB 1522673, 5041605).



*Figura 7: stralcio Carta Idrogeologica con ubicazione dei pozzi (Studio geologico comunale-Tav 3).*

### **6.2.1. Inquadramento idrogeologico di dettaglio**

L'esame delle sezioni stratigrafiche rappresentative della struttura stratigrafica/litologica dei sedimenti sottesi all'area in esame e riportate nel documento "Le risorse idriche della Provincia di Milano-Lineamenti idrogeologici, 1995" ha permesso di ricavare quanto segue:

Affiorano in superficie i sedimenti alluvionali recenti a granulometria grossolana, costituiti da ghiaie e ciottoli a limitata profondità: a profondità maggiori si riscontra una diminuzione della frazione grossolana e l'aumento in percentuale della sabbia. Intercalati a questo materiale incoerente si trovano grossi banchi di conglomerato e lenti di limi e argille di limitata potenza. Lo spessore complessivo della prima litozona diminuisce procedendo da ovest verso est: è superiore a 80 m a Sesto S.G., mentre misura circa 40 m a Cernusco. Già a Cologno Monzese si ha l'innalzamento della seconda litozona con sabbie e argille prevalenti (a 70 m dal piano campagna nei pozzi 62 e 150-151, alimentati anche dai livelli permeabili della falda profonda). Nel pozzo 10 di Cernusco sono presenti torbe a circa 85 m di profondità.

La sezione è orientata nord-sud, a partire dal limite fra i Comuni di Monza e Brugherio fino al limite tra i Comuni di Vimodrone e Segrate. Lungo tale profilo è possibile osservare l'approfondimento della superficie del limite inferiore della litozona sabbioso-ghiaiosa sopra descritta. Tale superficie risulta infatti immergente verso sud, avendo una profondità di soli 36 m nei pozzi 18 e 19 di Brugherio, ed una profondità superiore a 70 metri a Vimodrone. A Cologno tale limite è individuabile a 80 m nel pozzo 149, si approfondisce fino a 95 m nel pozzo 69 posto più a sud. Si nota, all'interno della prima litozona, la presenza di grossi banchi conglomeratici che segnano spesso il passaggio con la litozona sottostante. Nella litozona inferiore risultano prevalere limi e argille, al cui interno sono presenti lenti di sabbie a volte argillose.

Durante l'esecuzione delle indagini in sito (prove penetrometriche e trincee esplorative, mese di gennaio 2015) non è stata rilevata la presenza della falda fino alla massima profondità indagata.

### **6.3. Censimento pozzi pubblici**

I dati relativi ai pozzi/piezometri presenti nell'area intorno al sito sono desumibili attraverso la documentazione cartografica reperibile sul sito web del comune di Cologno, integrata dai dati del portale della Regione Lombardia.

In particolare nell'intorno del sito sono stati identificati pozzi e piezometri, la cui ubicazione è riportata nello stralcio di seguito proposto; non esistono interferenze tra le aree di salvaguardia di questi pozzi e l'area di interesse.

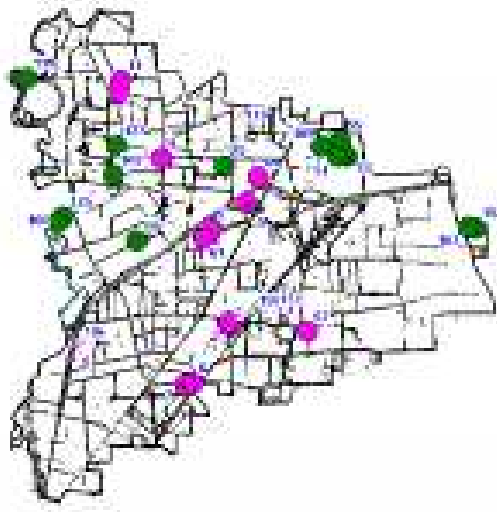


Figura 8: dettaglio Carta con ubicazione dei pozzi (Relazione geologica comunale-sito web).

#### 6.4. Inquadramento idrologico

Il territorio di Cologno è interessato da diversi corsi d'acqua per natura e ordine. Di seguito uno stralcio della documentazione annessa allo studio del reticolo idrico comunale.

In merito all'area di studio non si rilevano corsi d'acqua che lambiscono o attraversano la stessa.

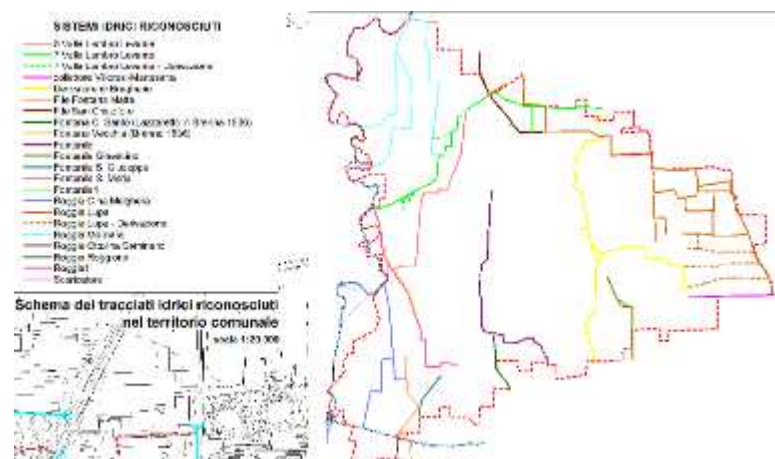


Figura 9: dettaglio Carta Reticolo idrico minore (Relazione comunale-sito web).

## **6.5. Uso del Suolo e Pedologica**



*Figura 10: Carta uso del suolo, cartografia regionale Dusaf 2.1-Regione Lombardia*

Relativamente alla Carta uso del suolo, tratta dalla cartografia regionale Dusaf 2.1 della Regione Lombardia, l'area di studio è individuata con il codice 1121 cui corrispondono Tessuto residenziale discontinuo.

## **7. INQUADRAMENTO SISMICO**

Con l'entrata in vigore dell'O.P.C.M. n. 3274 del 23/03/2003, che ha classificato l'intero territorio nazionale, il territorio comunale di Cologno ricade in zona sismica 4, corrispondente alla pericolosità sismica più bassa (ag convenzionale pari a 0.05 g). In seguito all'introduzione della nuova classificazione sismica del 2014, il comune è stato declassato alla zona sismica 3.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, è indispensabile valutare l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali. Sulla base dei parametri di velocità delle onde Vs entro i 30 m di profondità, è possibile classificare il terreno dal piano di imposta delle fondazioni, fino ad una profondità commisurata all'estensione e all'importanza delle opere.



### *DEFINIZIONE CATEGORIA SISMICA DEL SUOLO DI FONDAZIONE*

Lo studio a livello comunale, riportato nella relazione Geologica e nella Tav.3 Sismica, non riporta i risultati di indagini sito specifiche condotte sul territorio comunale; pertanto, ai fini della valutazione del valore di  $V_s 30$  (velocità media di propagazione delle onde S entro 30 m di profondità al di sotto del piano di campagna) sono state utilizzate delle formulazioni analitiche a partire dai valori di  $N_{spt}$ , dalle quali si ricava, cautelativamente, un valore che permette di attribuire come categoria del terreno di fondazione quella corrispondente alla "D".

### *ANALISI DI PRIMO LIVELLO-CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE*

Il riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica è stata condotta a livello locale prevedendo un approccio qualitativo conforme al I livello di approfondimento previsto dalla normativa regionale.

Sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per l'area è stato possibile individuare una zona dove l'effetto prodotto dall'azione sismica è, con buona attendibilità, prevedibile.

In corrispondenza della zona in esame, viene individuato lo scenario Z4a (zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi) passibile di amplificazioni litologiche e geometriche.

## 8. INDAGINI IN SITO

Le indagini geognostiche sono consistite nell'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche e nell'apertura di trincee esplorative.

Nel dettaglio, sono state eseguite n°4 prove penetrometriche dinamiche continue DPSH, il giorno 14 gennaio, con penetrometro pesante tipo Meardi, modello Pagani, avente le seguenti caratteristiche tecniche

|              |                                   |                 |
|--------------|-----------------------------------|-----------------|
| Maglio       | massa M [kg]                      | 63.5            |
|              | altezza caduta H[mm]              | 750             |
| Cono         | angolo di apertura [°]            | 90              |
|              | area di base A [cm <sup>2</sup> ] | 20.43           |
|              | diametro di base D [mm]           | 51              |
| Aste         | massa min [kg/m]                  | 6.31            |
|              | diametro est max [mm]             | 32              |
| Penetrazione | lunghezza aste [mm]               | 1000            |
|              | numero colpi                      | N <sub>30</sub> |

Le prove, eseguite secondo le Raccomandazioni A.G.I. (Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche, 1977), consistono nell'infissione nel terreno di una punta conica, collegata ad una batteria di aste metalliche, mediante la battitura con un maglio che cade liberamente da altezza costante. Si misura il numero di colpi necessari per l'infissione della punta conica nel terreno per tratti consecutivi di lunghezza nota, ottenendo in questo modo la resistenza del terreno alla penetrazione della punta.

I tabulati di registrazione ed i diagrammi relativi sono riportati in Annesso 1.

L'ubicazione delle prove é indicata nello schema planimetrico allegato (cfr. Tavola 2).

Le prove sono state eseguite a partire dall'attuale piano di campagna, la cui quota media é stata stimata pari a circa 132 m .

Inoltre, in data 13 febbraio us, sono state aperte n°2 trincee mediante escavatore gommato, denominate da T1 fino a T2, tutte spinte indicativamente fino alla profondità massima di circa 3,0 m da piano campagna. Una volta eseguita, ogni trincea è stata fotografata ed è stata realizzata la descrizione stratigrafica.

### 8.1. Risultati delle prove DPSH

Le prove sono state spinte fino ad una profondità compresa tra circa 5,1 e 5,7 m da piano campagna.

Durante l'esecuzione delle prove in sito non è stata rilevata la presenza della falda.

| Profondità (m) | DPSH 1 | DPSH 2 | DPSH 3 | DPSH 4 |
|----------------|--------|--------|--------|--------|
| 0,3            | 5      | 5      | 10     | 5      |
| 0,6            | 4      | 4      | 4      | 6      |
| 0,9            | 4      | 3      | 7      | 5      |
| 1,2            | 8      | 4      | 5      | 10     |
| 1,5            | 5      | 4      | 6      | 16     |
| 1,8            | 6      | 7      | 3      | 21     |
| 2,1            | 11     | 10     | 5      | 11     |
| 2,4            | 11     | 8      | 4      | 10     |
| 2,7            | 8      | 6      | 10     | 13     |
| 3,0            | 7      | 4      | 8      | 15     |
| 3,3            | 19     | 6      | 15     | 12     |
| 3,6            | 18     | 17     | 21     | 14     |
| 3,9            | 31     | 20     | 18     | 30     |
| 4,2            | 34     | 31     | 26     | 37     |
| 4,5            | 36     | 27     | 34     | 31     |
| 4,8            | 52     | 41     | 40     | 39     |
| 5,1            | 100    | 38     | 37     | 58     |
| 5,4            |        | 53     | 50     | 100    |
| 5,7            |        | 100    | 100    |        |

Tabella 1: registrazioni prove penetrometriche Gennaio 2015

Con le prove é stato possibile indagare fino a -5,7 m di profondità a partire dal pc e verificare che in linea di massima é possibile identificare tre unità, aventi comportamento coesivo in superficie e granulare in profondità riferibili litologicamente a ghiaia più o meno sabbiose con limo.

## 8.2. Risultati dalle trincee esplorative

Le trincee sono state spinte fino alla profondità di circa 3,0 m da piano campagna. Si riportano di seguito gli schemi descrittivi e le riprese fotografiche effettuate.

### Trincea 1

| Profondità (m) | Descrizione stratigrafica                                                                                                |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0,0 - 1,0      | Materiale probabilmente di coltivo, costituito da limo marrone sabbioso con sparsa ghiaia e ciottoli                     |
| 1,0 - 3,0      | Ghiaia con limo debolmente sabbiosa di colore grigia, presenza di ciottoli arrotondati con dimensioni maggiori di 10 cm. |



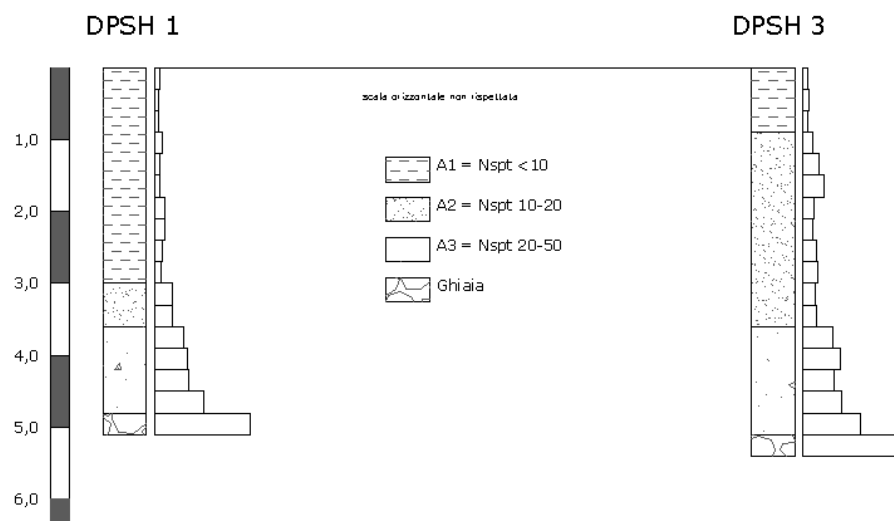
### Trincea 2

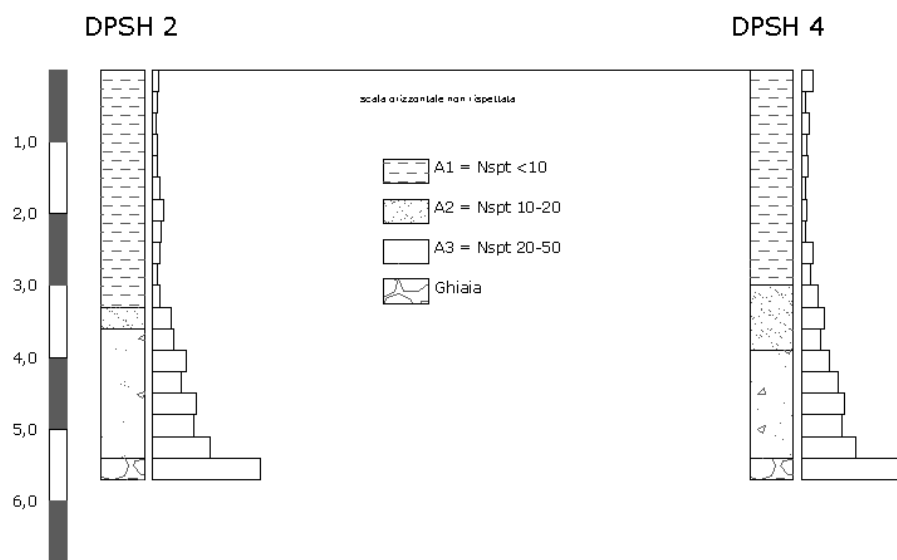
| Profondità (m) | Descrizione stratigrafica                                                                                                |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0,0 - 1,0      | Materiale probabilmente di coltivo, costituito da limo marrone sabbioso con sparsa ghiaia e ciottoli                     |
| 1,0 - 3,0      | Ghiaia con limo debolmente sabbiosa di colore grigia, presenza di ciottoli arrotondati con dimensioni maggiori di 10 cm. |



### 8.3. Modello geologico e modello geotecnico

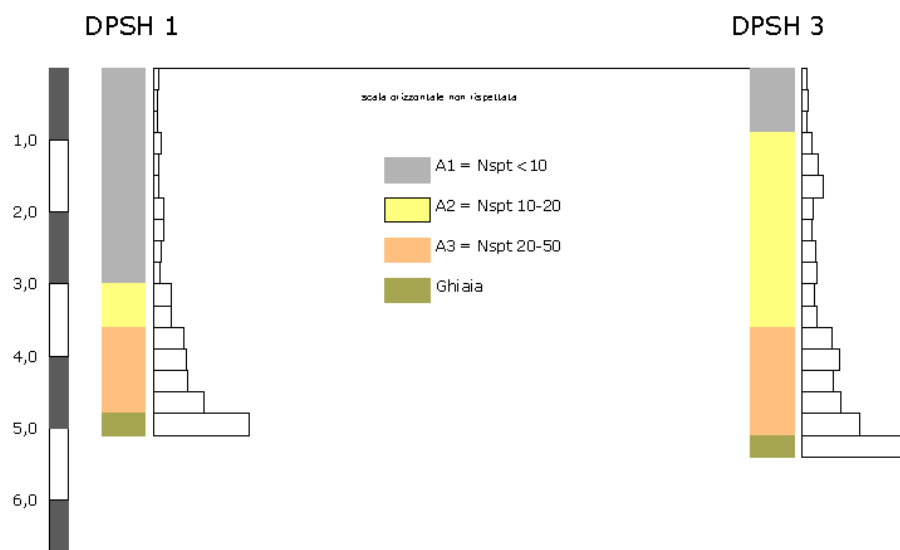
Sulla base delle indagini eseguite è possibile ricostruire il modello geologico-stratigrafico dell'area in esame.

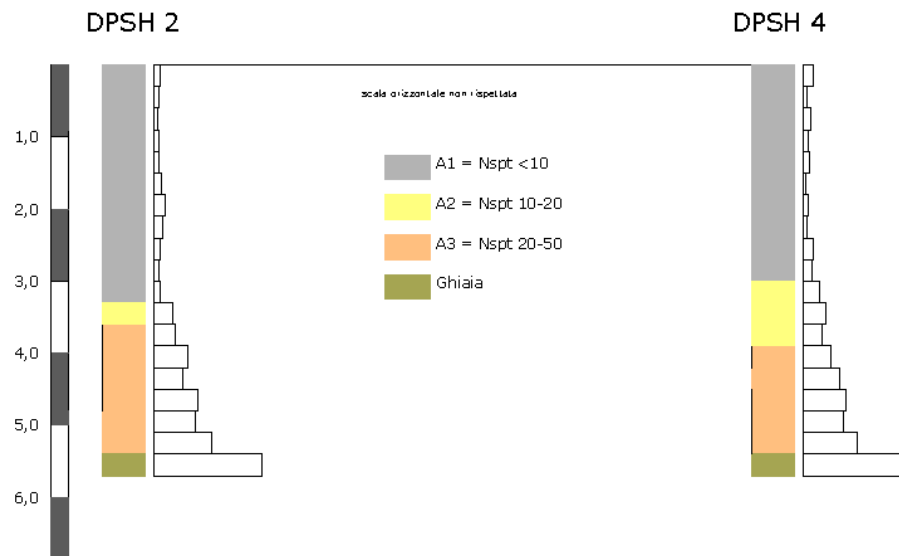




*Figura 5: modello geologico stratigrafico del sottosuolo*

Sulla base dei risultati delle indagini eseguite in seguito alla loro elaborazione, é possibile ricavare il seguente modello geotecnico dell'area; nella figura seguente si schematizza il terreno in funzione della resistenza offerta dal terreno alla penetrazione della punta dello strumento.





*Figura 6: modello geotecnico del sottosuolo*

Sono state individuate tre unità geotecniche sulla base dei dati elaborati così come di seguito:

- **Unità geotecnica A1:** è individuata in corrispondenza di tutte le prove realizzate, è riconducibile ad un limo sabbioso. Assume spessori massimi pari a circa 3,0 m mentre si assottiglia nella zona della prova DPSH 4. Nspt medio circa 6 colpi;
- **Unità geotecnica A2:** si riconosce in tutte le prove indagate alla base dell'unità precedente ed è riconducibile ad una sabbia limosa e ghiaia. Presenta uno spessore inferiore al metro in tutte le prove tranne nella DPSH 4 dove raggiunge i 3 m. Nspt medio 17 colpi;
- **Unità geotecnica A3:** si riconosce in tutte le prove indagate alla base dell'unità precedente e fino alla massima profondità indagata ed è riconducibile ad una ghiaia con sabbia. Presenta uno spessore medio pari a circa un metro. Nspt medio 37 colpi



I valori di Nspt ricavati da ogni prova penetrometrica sono stati elaborati con software specifici (Geostru), così da individuare le unità geotecniche (strato) e per ciascuna di queste i parametri geotecnici.

| Sintesi parametri geotecnici PROVA ... Nr.1 |                  |       |            |                            |                                   |        |          |                         |                       |                |                          |
|---------------------------------------------|------------------|-------|------------|----------------------------|-----------------------------------|--------|----------|-------------------------|-----------------------|----------------|--------------------------|
| Strato                                      | Prof. Strato (m) | Nspt  | Tipo       | Gamma (kN/m <sup>3</sup> ) | Gamma Saturo (kN/m <sup>3</sup> ) | Fi (°) | Cu (KPa) | Modulo Edometrico (Mpa) | Modulo Elastico (Mpa) | Modulo Poisson | Modulo di taglio G (Mpa) |
| 1                                           | 3,0              | 6,9   | Incoerente | 15,89                      | 18,63                             | 29,07  | 0        | 6,74                    | 5,41                  | 0,34           | 39,17                    |
| 2                                           | 3,6              | 18,5  | Incoerente | 19,22                      | 19,32                             | 32,55  | 0        | 11,82                   | 14,51                 | 0,32           | 98,99                    |
| 3                                           | 4,8              | 38,25 | Incoerente | 21,48                      | 24,52                             | 38,47  | 0        | 20,46                   | 30,01                 | 0,28           | 195,93                   |
| 4                                           | 5,1              | 100,0 | Incoerente | 24,52                      | 24,52                             | 57,00  | 0        | 47,46                   | 78,45                 | 0,15           | 483,54                   |

Tabella 2: parametri geotecnici prova 1

| Sintesi parametri geotecnici PROVA ... Nr.2 |                  |       |            |                            |                                   |        |          |                         |                       |                |                          |
|---------------------------------------------|------------------|-------|------------|----------------------------|-----------------------------------|--------|----------|-------------------------|-----------------------|----------------|--------------------------|
| Strato                                      | Prof. Strato (m) | Nspt  | Tipo       | Gamma (kN/m <sup>3</sup> ) | Gamma Saturo (kN/m <sup>3</sup> ) | Fi (°) | Cu (KPa) | Modulo Edometrico (Mpa) | Modulo Elastico (Mpa) | Modulo Poisson | Modulo di taglio G (Mpa) |
| 1                                           | 3,3              | 5,55  | Incoerente | 15,3                       | 18,53                             | 28,67  | 0        | 6,15                    | 4,35                  | 0,34           | 31,92                    |
| 2                                           | 3,6              | 17,0  | Incoerente | 18,93                      | 19,22                             | 32,10  | 0        | 11,16                   | 13,34                 | 0,32           | 91,42                    |
| 3                                           | 5,4              | 35,0  | Incoerente | 21,38                      | 24,52                             | 37,50  | 0        | 19,03                   | 27,46                 | 0,28           | 180,24                   |
| 4                                           | 5,7              | 100,0 | Incoerente | 24,52                      | 24,52                             | 57,00  | 0        | 47,46                   | 78,45                 | 0,15           | 483,54                   |

Tabella 3: parametri geotecnici prova 2

| Sintesi parametri geotecnici PROVA ... Nr.3 |                  |       |            |                            |                                   |        |          |                         |                       |                |                          |
|---------------------------------------------|------------------|-------|------------|----------------------------|-----------------------------------|--------|----------|-------------------------|-----------------------|----------------|--------------------------|
| Strato                                      | Prof. Strato (m) | Nspt  | Tipo       | Gamma (kN/m <sup>3</sup> ) | Gamma Saturo (kN/m <sup>3</sup> ) | Fi (°) | Cu (KPa) | Modulo Edometrico (Mpa) | Modulo Elastico (Mpa) | Modulo Poisson | Modulo di taglio G (Mpa) |
| 1                                           | 3,0              | 6,2   | Incoerente | 15,59                      | 18,53                             | 28,86  | 0        | 6,44                    | 4,86                  | 0,34           | 35,42                    |
| 2                                           | 3,9              | 18,0  | Incoerente | 19,12                      | 19,32                             | 32,40  | 0        | 11,6                    | 14,12                 | 0,32           | 96,47                    |
| 3                                           | 5,4              | 37,4  | Incoerente | 21,48                      | 24,52                             | 38,22  | 0        | 20,08                   | 29,34                 | 0,28           | 191,84                   |
| 4                                           | 5,7              | 100,0 | Incoerente | 24,52                      | 24,52                             | 57,00  | 0        | 47,46                   | 78,45                 | 0,15           | 483,54                   |

Tabella 4: parametri geotecnici prova 3

| Sintesi parametri geotecnici PROVA ... Nr.4 |                  |       |            |                            |                                   |        |          |                         |                       |                |                          |
|---------------------------------------------|------------------|-------|------------|----------------------------|-----------------------------------|--------|----------|-------------------------|-----------------------|----------------|--------------------------|
| Strato                                      | Prof. Strato (m) | Nspt  | Tipo       | Gamma (kN/m <sup>3</sup> ) | Gamma Saturo (kN/m <sup>3</sup> ) | Fi (°) | Cu (KPa) | Modulo Edometrico (Mpa) | Modulo Elastico (Mpa) | Modulo Poisson | Modulo di taglio G (Mpa) |
| 1                                           | 0,9              | 5,33  | Incoerente | 15,2                       | 18,53                             | 28,60  | 0        | 6,06                    | 4,18                  | 0,34           | 30,73                    |
| 2                                           | 3,6              | 13,56 | Incoerente | 18,04                      | 19,02                             | 31,07  | 0        | 9,66                    | 10,64                 | 0,33           | 73,92                    |
| 3                                           | 5,1              | 39,0  | Incoerente | 21,57                      | 24,52                             | 38,70  | 0        | 20,78                   | 30,6                  | 0,28           | 199,54                   |
| 4                                           | 5,4              | 100,0 | Incoerente | 24,52                      | 24,52                             | 57,00  | 0        | 47,46                   | 78,45                 | 0,15           | 483,54                   |

Tabella 5: parametri geotecnici prova 4

Si è poi ottenuta la media dei vari parametri dai valori di ciascuna unità per ciascuna prova. Il valore del  $\phi'm$  è calcolato come media dei  $\phi'$  di ciascuna unità.

Di seguito si riporta uno schema riassuntivo dei parametri geotecnici medi ricavati.

|          | Nspt | Gamma<br>(kN/<br>m <sup>3</sup> ) | Gamma<br>saturato<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | $\phi_m$<br>(°) | Modulo<br>Elastico<br>(Mpa) | Modulo<br>Poisson | Modulo<br>di taglio<br>G<br>(Mpa) |
|----------|------|-----------------------------------|-------------------------------------------|-----------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------------------|
| Unità A1 | 6,0  | 15,5                              | 18,6                                      | 28,8            | 4,7                         | 0,34              | 34,3                              |
| Unità A2 | 16,8 | 18,8                              | 19,2                                      | 32,0            | 13,2                        | 0,32              | 90,2                              |
| Unità A3 | 37,4 | 21,5                              | 24,5                                      | 38,2            | 29,4                        | 0,28              | 191,9                             |

Tabella 4: valori medi dei parametri geotecnici per le unità individuate nel modello geotecnico

In Annesso 2 si riporta un report con esplicitate le relazioni di calcolo utilizzate nelle correlazioni per il calcolo dei parametri per ciascuna prova e per ciascuna unità geotecnica.

## 9. CONCLUSIONI

Il terreno investigato appartiene, dal punto di vista geologico, ai sedimenti del Diluvium antico, che litologicamente è formato da un orizzonte sostanzialmente a ghiaie poligeniche con strato di alterazione limoso argilloso superficiale in questo caso ben conservato.

L'assetto stratigrafico dell'area, accertato mediante l'esecuzione di una campagna di indagine con prove penetrometriche e trincee esplorative, è schematizzabile con un modello a tre strati che possiedono caratteristiche geotecniche migliori all'aumentare delle profondità in relazione al loro stato di addensamento e alla granulometria riferibile prima al limo sabbioso poi alla ghiaia.

Sono stati attribuiti i parametri geotecnici medi alle varie unità identificate nel modello geologico stratigrafico, ottenendo la definizione del modello geotecnico del sottosuolo.

Le osservazioni e valutazioni di tipo morfologico, geologico e geotecnico compiute in questo studio, finalizzato ad individuare la compatibilità tra quanto in progetto e l'ambiente circostante, hanno permesso di trarre le seguenti conclusioni: le opere in progetto non determineranno variazioni o interferenze con l'assetto geologico, idrogeologico e geomorfologico; le opere ricadono in classe di fattibilità geologica 2a per le quali il Progettista ha già verificato la possibilità di portare a termine il progetto con gli Enti competenti; dal punto di vista geologico-tecnico si tenga presente che le unità individuate hanno caratteristiche geotecniche buone all'interno dell'intera area di proprietà investigata dalla profondità di circa 3,0 m.

Si suggerisce, in fase di scavo, una valutazione visiva dello stesso alla quale potrà prendere parte anche il geologo estensore della presente relazione.

Dott. Geol. F. Ravasi

**ANNESSI**

---

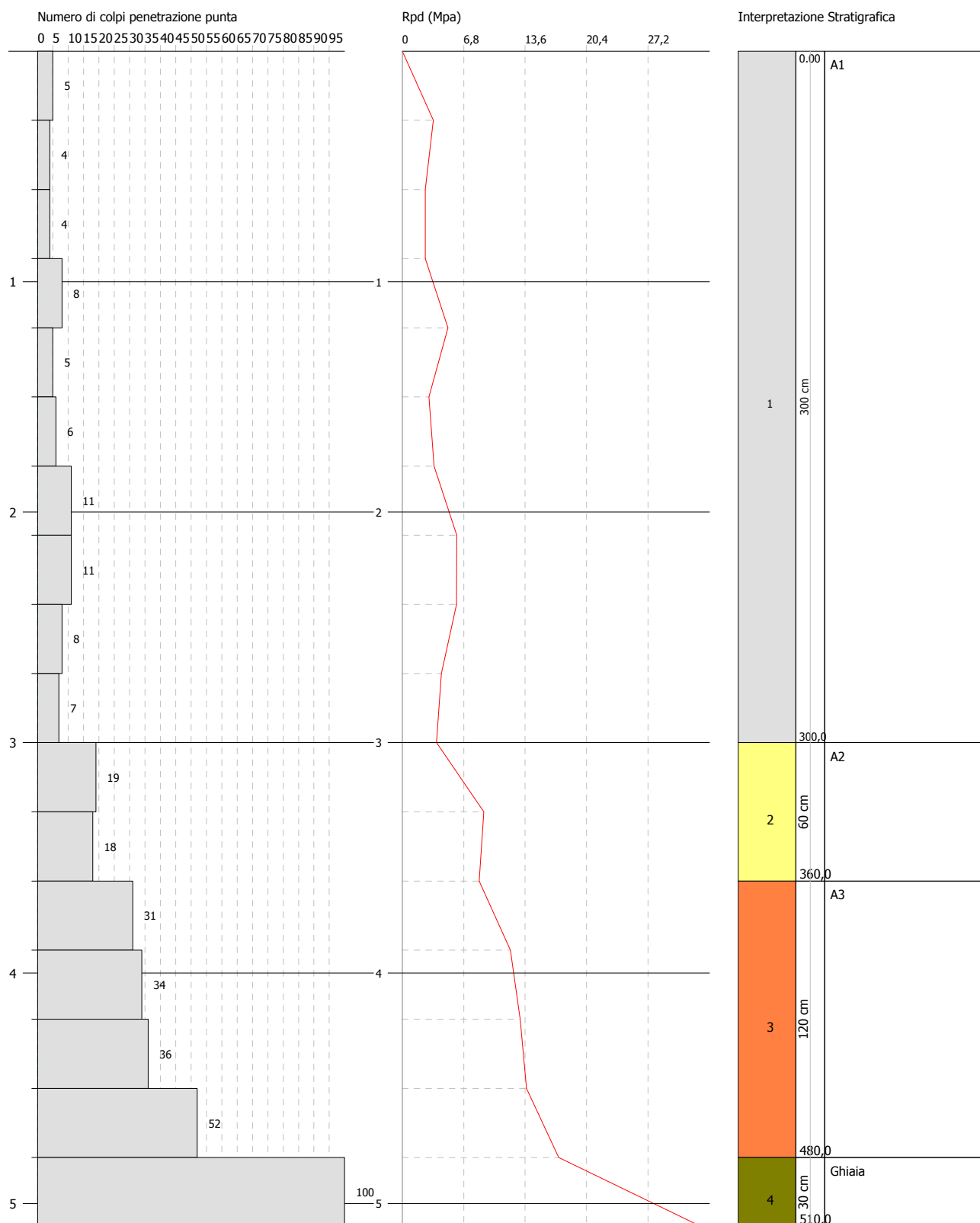
## ELABORATI GRAFICI

---

Committente: AC 24  
Cantiere: Cologno Monzese  
Località:

Data: 14/01/2015

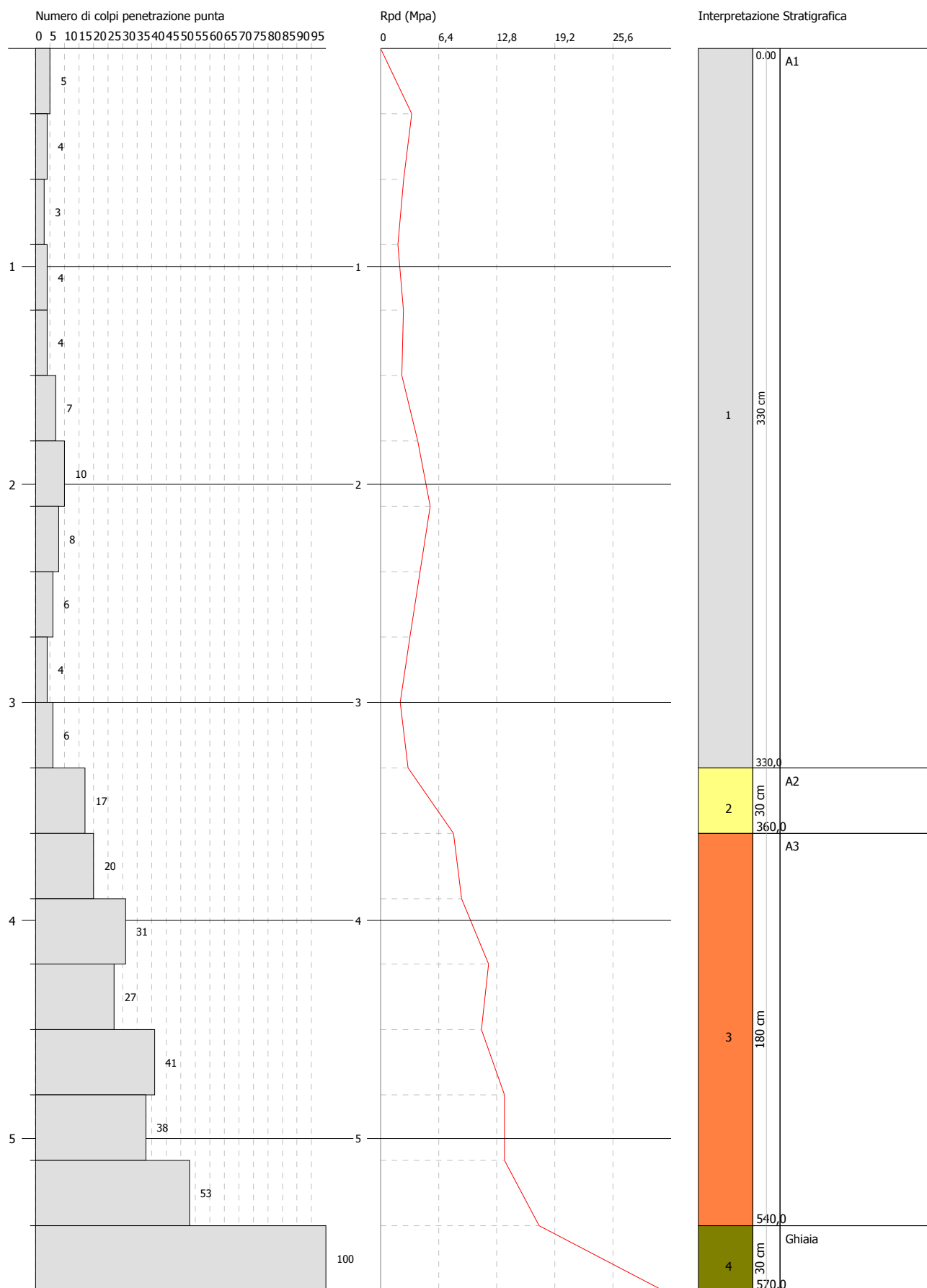
Scala 1:25



Committente: AC 24  
Cantiere: Cologno Monzese  
Località:

Data: 14/01/2015

Scala 1:25

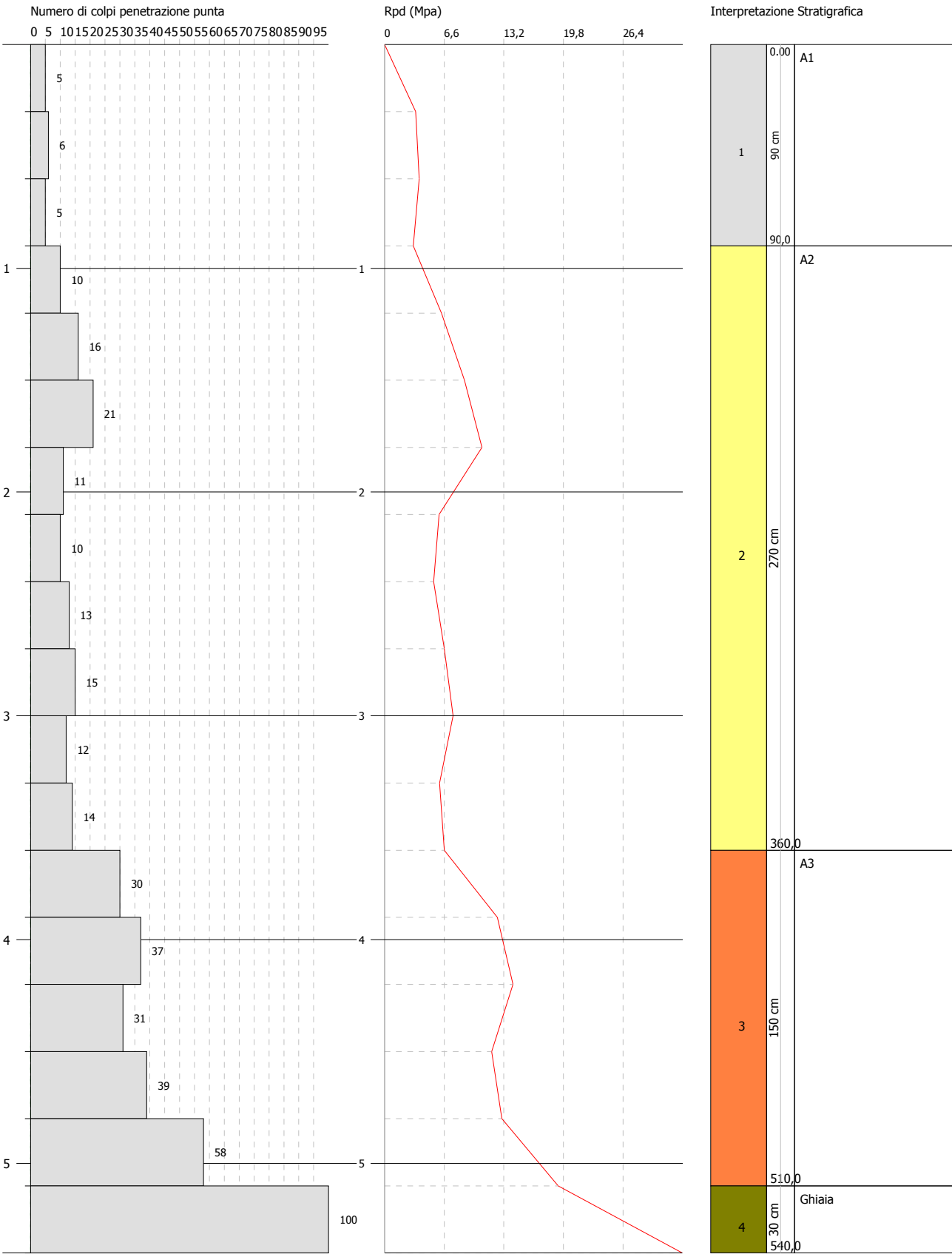




Committente: AC 24  
Cantiere: Cologno Monzese  
Località:

Data: 14/01/2015

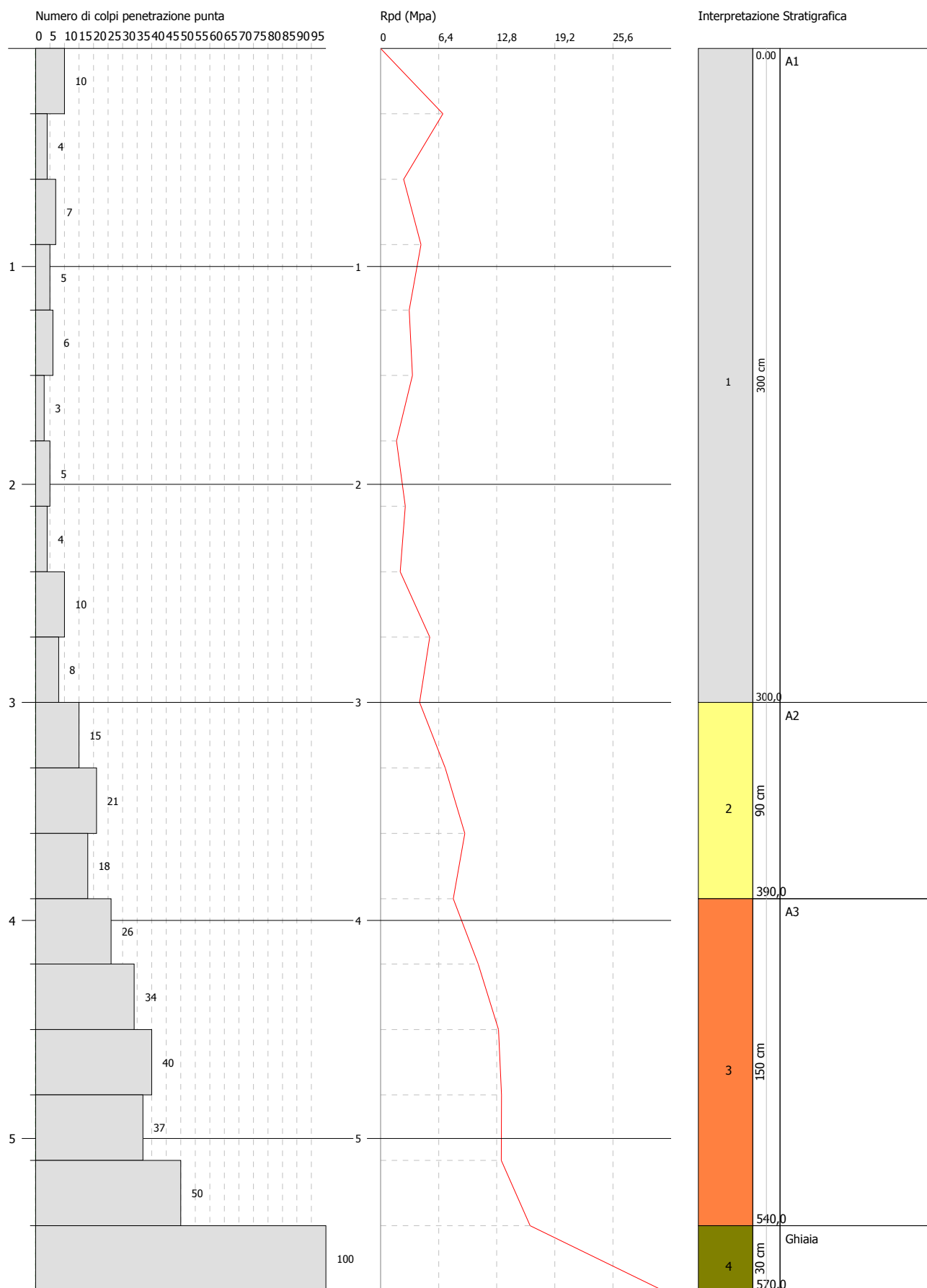
Scala 1:25



Committente: AC 24  
Cantiere: Cologno Monzese  
Località:

Data: 14/01/2015

Scala 1:25





**PROVA ... Nr.1**

Strumento utilizzato...

pagani tg 73-100

Prova eseguita in data

14/01/2015

Profondità prova

5,10 mt

Falda non rilevata

| Profondità (m) | Nr. Colpi | Nr. Colpi<br>Rivestimento | Calcolo coeff.<br>riduzione sonda<br>Chi | Res. dinamica<br>ridotta<br>(Mpa) | Res. dinamica<br>(Mpa) | Pres.<br>ammissibile con<br>riduzione<br>Herminier -<br>Olandesi<br>(KPa) | Pres.<br>ammissibile<br>Herminier -<br>Olandesi<br>(KPa) |
|----------------|-----------|---------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 0,30           | 5         | 0                         | 0,853                                    | 3,44                              | 4,04                   | 172,10                                                                    | 201,84                                                   |
| 0,60           | 4         | 0                         | 0,847                                    | 2,56                              | 3,02                   | 127,76                                                                    | 150,84                                                   |
| 0,90           | 4         | 0                         | 0,842                                    | 2,54                              | 3,02                   | 126,94                                                                    | 150,84                                                   |
| 1,20           | 8         | 0                         | 0,836                                    | 5,05                              | 6,03                   | 252,29                                                                    | 301,68                                                   |
| 1,50           | 5         | 0                         | 0,831                                    | 2,94                              | 3,54                   | 147,05                                                                    | 176,91                                                   |
| 1,80           | 6         | 0                         | 0,826                                    | 3,51                              | 4,25                   | 175,42                                                                    | 212,29                                                   |
| 2,10           | 11        | 0                         | 0,822                                    | 6,40                              | 7,78                   | 319,79                                                                    | 389,20                                                   |
| 2,40           | 11        | 0                         | 0,817                                    | 5,99                              | 7,33                   | 299,54                                                                    | 366,57                                                   |
| 2,70           | 8         | 0                         | 0,813                                    | 4,33                              | 5,33                   | 216,70                                                                    | 266,60                                                   |
| 3,00           | 7         | 0                         | 0,809                                    | 3,77                              | 4,67                   | 188,64                                                                    | 233,27                                                   |
| 3,30           | 19        | 0                         | 0,755                                    | 9,03                              | 11,97                  | 451,58                                                                    | 598,37                                                   |
| 3,60           | 18        | 0                         | 0,751                                    | 8,51                              | 11,34                  | 425,65                                                                    | 566,87                                                   |
| 3,90           | 31        | 0                         | 0,647                                    | 11,98                             | 18,51                  | 598,94                                                                    | 925,42                                                   |
| 4,20           | 34        | 0                         | 0,644                                    | 13,07                             | 20,30                  | 653,34                                                                    | 1014,98                                                  |
| 4,50           | 36        | 0                         | 0,640                                    | 13,76                             | 21,49                  | 688,15                                                                    | 1074,68                                                  |
| 4,80           | 52        | 0                         | 0,587                                    | 17,32                             | 29,51                  | 866,24                                                                    | 1475,46                                                  |
| 5,10           | 100       | 0                         | 0,584                                    | 33,14                             | 56,75                  | 1657,07                                                                   | 2837,41                                                  |

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1****TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

|          | Nspt  | Prof. Strato<br>(m) | Nspt corretto per<br>presenza falda | Correlazione  | Densità relativa<br>(%) |
|----------|-------|---------------------|-------------------------------------|---------------|-------------------------|
| Strato 1 | 6,9   | 3,00                | 6,9                                 | Skempton 1986 | 25,72                   |
| Strato 2 | 18,5  | 3,60                | 18,5                                | Skempton 1986 | 48,94                   |
| Strato 3 | 38,25 | 4,80                | 38,25                               | Skempton 1986 | 70,95                   |
| Strato 4 | 100   | 5,10                | 100                                 | Skempton 1986 | 100                     |

**Angolo di resistenza al taglio**

|          | Nspt  | Prof. Strato<br>(m) | Nspt corretto per<br>presenza falda | Correlazione                 | Angolo d'attrito<br>(°) |
|----------|-------|---------------------|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Strato 1 | 6,9   | 3,00                | 6,9                                 | Japanese National<br>Railway | 29,07                   |
| Strato 2 | 18,5  | 3,60                | 18,5                                | Japanese National<br>Railway | 32,55                   |
| Strato 3 | 38,25 | 4,80                | 38,25                               | Japanese National<br>Railway | 38,47                   |
| Strato 4 | 100   | 5,10                | 100                                 | Japanese National<br>Railway | 57                      |

**Modulo di Young**

|          | Nspt | Prof. Strato<br>(m) | Nspt corretto per<br>presenza falda | Correlazione | Modulo di Young<br>(Mpa) |
|----------|------|---------------------|-------------------------------------|--------------|--------------------------|
| Strato 1 | 6,9  | 3,00                | 6,9                                 | Schmertmann  | 5,41                     |

|          |       |      |       |                                |       |
|----------|-------|------|-------|--------------------------------|-------|
|          |       |      |       | (1978) (Sabbie)                |       |
| Strato 2 | 18,5  | 3,60 | 18,5  | Schmertmann<br>(1978) (Sabbie) | 14,51 |
| Strato 3 | 38,25 | 4,80 | 38,25 | Schmertmann<br>(1978) (Sabbie) | 30,01 |
| Strato 4 | 100   | 5,10 | 100   | Schmertmann<br>(1978) (Sabbie) | 78,45 |

**Modulo Edometrico**

|          | Nspt  | Prof. Strato<br>(m) | Nspt corretto per<br>presenza falda | Correlazione                             | Modulo Edometrico<br>(Mpa) |
|----------|-------|---------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------|
| Strato 1 | 6,9   | 3,00                | 6,9                                 | Menzenbach e<br>Malcev (Sabbia<br>media) | 6,74                       |
| Strato 2 | 18,5  | 3,60                | 18,5                                | Menzenbach e<br>Malcev (Sabbia<br>media) | 11,82                      |
| Strato 3 | 38,25 | 4,80                | 38,25                               | Menzenbach e<br>Malcev (Sabbia<br>media) | 20,46                      |
| Strato 4 | 100   | 5,10                | 100                                 | Menzenbach e<br>Malcev (Sabbia<br>media) | 47,46                      |

**Classificazione AGI**

|          | Nspt  | Prof. Strato<br>(m) | Nspt corretto per<br>presenza falda | Correlazione                   | Classificazione AGI         |
|----------|-------|---------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| Strato 1 | 6,9   | 3,00                | 6,9                                 | Classificazione<br>A.G.I. 1977 | POCO<br>ADDENSATO           |
| Strato 2 | 18,5  | 3,60                | 18,5                                | Classificazione<br>A.G.I. 1977 | MODERATAMEN<br>TE ADDENSATO |
| Strato 3 | 38,25 | 4,80                | 38,25                               | Classificazione<br>A.G.I. 1977 | ADDENSATO                   |
| Strato 4 | 100   | 5,10                | 100                                 | Classificazione<br>A.G.I. 1977 | MOLTO<br>ADDENSATO          |

**Peso unità di volume**

|          | Nspt  | Prof. Strato<br>(m) | Nspt corretto per<br>presenza falda | Correlazione      | Gamma<br>(KN/m <sup>3</sup> ) |
|----------|-------|---------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------------------|
| Strato 1 | 6,9   | 3,00                | 6,9                                 | Meyerhof ed altri | 15,89                         |
| Strato 2 | 18,5  | 3,60                | 18,5                                | Meyerhof ed altri | 19,22                         |
| Strato 3 | 38,25 | 4,80                | 38,25                               | Meyerhof ed altri | 21,48                         |
| Strato 4 | 100   | 5,10                | 100                                 | Meyerhof ed altri | 24,52                         |

**Peso unità di volume saturo**

|          | Nspt  | Prof. Strato<br>(m) | Nspt corretto per<br>presenza falda | Correlazione               | Gamma Saturo<br>(KN/m <sup>3</sup> ) |
|----------|-------|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| Strato 1 | 6,9   | 3,00                | 6,9                                 | Terzaghi-Peck<br>1948-1967 | 18,63                                |
| Strato 2 | 18,5  | 3,60                | 18,5                                | Terzaghi-Peck<br>1948-1967 | 19,32                                |
| Strato 3 | 38,25 | 4,80                | 38,25                               | Terzaghi-Peck<br>1948-1967 | 24,52                                |
| Strato 4 | 100   | 5,10                | 100                                 | Terzaghi-Peck<br>1948-1967 | 24,52                                |

**Modulo di Poisson**

|  | Nspt | Prof. Strato<br>(m) | Nspt corretto per<br>presenza falda | Correlazione | Poisson |
|--|------|---------------------|-------------------------------------|--------------|---------|
|--|------|---------------------|-------------------------------------|--------------|---------|

|          |       |      |       |          |      |
|----------|-------|------|-------|----------|------|
| Strato 1 | 6,9   | 3,00 | 6,9   | (A.G.I.) | 0,34 |
| Strato 2 | 18,5  | 3,60 | 18,5  | (A.G.I.) | 0,32 |
| Strato 3 | 38,25 | 4,80 | 38,25 | (A.G.I.) | 0,28 |
| Strato 4 | 100   | 5,10 | 100   | (A.G.I.) | 0,15 |

**Modulo di deformazione a taglio dinamico**

|          | Nspt  | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione           | G (Mpa) |
|----------|-------|------------------|----------------------------------|------------------------|---------|
| Strato 1 | 6,9   | 3,00             | 6,9                              | Ohsaki (Sabbie pulite) | 39,17   |
| Strato 2 | 18,5  | 3,60             | 18,5                             | Ohsaki (Sabbie pulite) | 98,99   |
| Strato 3 | 38,25 | 4,80             | 38,25                            | Ohsaki (Sabbie pulite) | 195,93  |
| Strato 4 | 100   | 5,10             | 100                              | Ohsaki (Sabbie pulite) | 483,54  |

**Velocità onde**

|          | Nspt  | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione            | Velocità onde m/s |
|----------|-------|------------------|----------------------------------|-------------------------|-------------------|
| Strato 1 | 6,9   | 3,00             | 6,9                              | Ohta & Goto (1978) Limi | 103,33            |
| Strato 2 | 18,5  | 3,60             | 18,5                             | Ohta & Goto (1978) Limi | 142,697           |
| Strato 3 | 38,25 | 4,80             | 38,25                            | Ohta & Goto (1978) Limi | 169,513           |
| Strato 4 | 100   | 5,10             | 100                              | Ohta & Goto (1978) Limi | 206,624           |

**Modulo di reazione Ko**

|          | Nspt  | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione     | Ko (Kg/cm³) |
|----------|-------|------------------|----------------------------------|------------------|-------------|
| Strato 1 | 6,9   | 3,00             | 6,9                              | Navfac 1971-1982 | 1,42        |
| Strato 2 | 18,5  | 3,60             | 18,5                             | Navfac 1971-1982 | 3,78        |
| Strato 3 | 38,25 | 4,80             | 38,25                            | Navfac 1971-1982 | 6,68        |
| Strato 4 | 100   | 5,10             | 100                              | Navfac 1971-1982 | 11,93       |

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

|          | Nspt  | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione   | Qc (Mpa) |
|----------|-------|------------------|----------------------------------|----------------|----------|
| Strato 1 | 6,9   | 3,00             | 6,9                              | Robertson 1983 | 1,35     |
| Strato 2 | 18,5  | 3,60             | 18,5                             | Robertson 1983 | 3,63     |
| Strato 3 | 38,25 | 4,80             | 38,25                            | Robertson 1983 | 7,50     |
| Strato 4 | 100   | 5,10             | 100                              | Robertson 1983 | 19,61    |

**PROVA ... Nr.2**

Strumento utilizzato...

pagani tg 73-100

Prova eseguita in data

14/01/2015

Profondità prova

5,70 mt

Falda non rilevata

| Profondità (m) | Nr. Colpi | Nr. Colpi Rivestimento | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Mpa) | Res. dinamica (Mpa) | Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi | Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa) |
|----------------|-----------|------------------------|------------------------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
|                |           |                        |                                    |                             |                     |                                                      |                                              |

|      |     |   |       |       |       | (KPa)   |         |
|------|-----|---|-------|-------|-------|---------|---------|
| 0,30 | 5   | 0 | 0,853 | 3,44  | 4,04  | 172,10  | 201,84  |
| 0,60 | 4   | 0 | 0,847 | 2,56  | 3,02  | 127,76  | 150,84  |
| 0,90 | 3   | 0 | 0,842 | 1,90  | 2,26  | 95,20   | 113,13  |
| 1,20 | 4   | 0 | 0,836 | 2,52  | 3,02  | 126,14  | 150,84  |
| 1,50 | 4   | 0 | 0,831 | 2,35  | 2,83  | 117,64  | 141,53  |
| 1,80 | 7   | 0 | 0,826 | 4,09  | 4,95  | 204,66  | 247,67  |
| 2,10 | 10  | 0 | 0,822 | 5,81  | 7,08  | 290,71  | 353,82  |
| 2,40 | 8   | 0 | 0,817 | 4,36  | 5,33  | 217,85  | 266,60  |
| 2,70 | 6   | 0 | 0,813 | 3,25  | 4,00  | 162,52  | 199,95  |
| 3,00 | 4   | 0 | 0,809 | 2,16  | 2,67  | 107,79  | 133,30  |
| 3,30 | 6   | 0 | 0,805 | 3,04  | 3,78  | 152,05  | 188,96  |
| 3,60 | 17  | 0 | 0,751 | 8,04  | 10,71 | 402,00  | 535,38  |
| 3,90 | 20  | 0 | 0,747 | 8,92  | 11,94 | 446,12  | 597,05  |
| 4,20 | 31  | 0 | 0,644 | 11,91 | 18,51 | 595,69  | 925,42  |
| 4,50 | 27  | 0 | 0,690 | 11,13 | 16,12 | 556,41  | 806,01  |
| 4,80 | 41  | 0 | 0,587 | 13,66 | 23,27 | 683,00  | 1163,34 |
| 5,10 | 38  | 0 | 0,634 | 13,67 | 21,56 | 683,60  | 1078,22 |
| 5,40 | 53  | 0 | 0,581 | 17,48 | 30,08 | 873,79  | 1503,83 |
| 5,70 | 100 | 0 | 0,578 | 32,81 | 56,75 | 1640,59 | 2837,41 |

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

### TERRENI INCOERENTI

#### Densità relativa

|          | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione  | Densità relativa (%) |
|----------|------|------------------|----------------------------------|---------------|----------------------|
| Strato 1 | 5,55 | 3,30             | 5,55                             | Skempton 1986 | 22,28                |
| Strato 2 | 17   | 3,60             | 17                               | Skempton 1986 | 46,5                 |
| Strato 3 | 35   | 5,40             | 35                               | Skempton 1986 | 68,2                 |
| Strato 4 | 100  | 5,70             | 100                              | Skempton 1986 | 100                  |

#### Angolo di resistenza al taglio

|          | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione              | Angolo d'attrito (°) |
|----------|------|------------------|----------------------------------|---------------------------|----------------------|
| Strato 1 | 5,55 | 3,30             | 5,55                             | Japanese National Railway | 28,67                |
| Strato 2 | 17   | 3,60             | 17                               | Japanese National Railway | 32,1                 |
| Strato 3 | 35   | 5,40             | 35                               | Japanese National Railway | 37,5                 |
| Strato 4 | 100  | 5,70             | 100                              | Japanese National Railway | 57                   |

#### Modulo di Young

|          | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione                | Modulo di Young (Mpa) |
|----------|------|------------------|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| Strato 1 | 5,55 | 3,30             | 5,55                             | Schmertmann (1978) (Sabbie) | 4,35                  |
| Strato 2 | 17   | 3,60             | 17                               | Schmertmann (1978) (Sabbie) | 13,34                 |
| Strato 3 | 35   | 5,40             | 35                               | Schmertmann (1978) (Sabbie) | 27,46                 |
| Strato 4 | 100  | 5,70             | 100                              | Schmertmann (1978) (Sabbie) | 78,45                 |

#### Modulo Edometrico

|          | Nspt | Prof. Strato<br>(m) | Nspt corretto per<br>presenza falda | Correlazione                             | Modulo Edometrico<br>(Mpa) |
|----------|------|---------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------|
| Strato 1 | 5,55 | 3,30                | 5,55                                | Menzenbach e<br>Malcev (Sabbia<br>media) | 6,15                       |
| Strato 2 | 17   | 3,60                | 17                                  | Menzenbach e<br>Malcev (Sabbia<br>media) | 11,16                      |
| Strato 3 | 35   | 5,40                | 35                                  | Menzenbach e<br>Malcev (Sabbia<br>media) | 19,03                      |
| Strato 4 | 100  | 5,70                | 100                                 | Menzenbach e<br>Malcev (Sabbia<br>media) | 47,46                      |

**Classificazione AGI**

|          | Nspt | Prof. Strato<br>(m) | Nspt corretto per<br>presenza falda | Correlazione                   | Classificazione AGI         |
|----------|------|---------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| Strato 1 | 5,55 | 3,30                | 5,55                                | Classificazione<br>A.G.I. 1977 | POCO<br>ADDENSATO           |
| Strato 2 | 17   | 3,60                | 17                                  | Classificazione<br>A.G.I. 1977 | MODERATAMEN<br>TE ADDENSATO |
| Strato 3 | 35   | 5,40                | 35                                  | Classificazione<br>A.G.I. 1977 | ADDENSATO                   |
| Strato 4 | 100  | 5,70                | 100                                 | Classificazione<br>A.G.I. 1977 | MOLTO<br>ADDENSATO          |

**Peso unità di volume**

|          | Nspt | Prof. Strato<br>(m) | Nspt corretto per<br>presenza falda | Correlazione      | Gamma<br>(KN/m³) |
|----------|------|---------------------|-------------------------------------|-------------------|------------------|
| Strato 1 | 5,55 | 3,30                | 5,55                                | Meyerhof ed altri | 15,30            |
| Strato 2 | 17   | 3,60                | 17                                  | Meyerhof ed altri | 18,93            |
| Strato 3 | 35   | 5,40                | 35                                  | Meyerhof ed altri | 21,38            |
| Strato 4 | 100  | 5,70                | 100                                 | Meyerhof ed altri | 24,52            |

**Peso unità di volume saturo**

|          | Nspt | Prof. Strato<br>(m) | Nspt corretto per<br>presenza falda | Correlazione               | Gamma Saturo<br>(KN/m³) |
|----------|------|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Strato 1 | 5,55 | 3,30                | 5,55                                | Terzaghi-Peck<br>1948-1967 | 18,53                   |
| Strato 2 | 17   | 3,60                | 17                                  | Terzaghi-Peck<br>1948-1967 | 19,22                   |
| Strato 3 | 35   | 5,40                | 35                                  | Terzaghi-Peck<br>1948-1967 | 24,52                   |
| Strato 4 | 100  | 5,70                | 100                                 | Terzaghi-Peck<br>1948-1967 | 24,52                   |

**Modulo di Poisson**

|          | Nspt | Prof. Strato<br>(m) | Nspt corretto per<br>presenza falda | Correlazione | Poisson |
|----------|------|---------------------|-------------------------------------|--------------|---------|
| Strato 1 | 5,55 | 3,30                | 5,55                                | (A.G.I.)     | 0,34    |
| Strato 2 | 17   | 3,60                | 17                                  | (A.G.I.)     | 0,32    |
| Strato 3 | 35   | 5,40                | 35                                  | (A.G.I.)     | 0,28    |
| Strato 4 | 100  | 5,70                | 100                                 | (A.G.I.)     | 0,15    |

**Modulo di deformazione a taglio dinamico**

|          | Nspt | Prof. Strato<br>(m) | Nspt corretto per<br>presenza falda | Correlazione    | G<br>(Mpa) |
|----------|------|---------------------|-------------------------------------|-----------------|------------|
| Strato 1 | 5,55 | 3,30                | 5,55                                | Ohsaki (Sabbie) | 31,92      |



|          |     |      |     |                        |        |
|----------|-----|------|-----|------------------------|--------|
|          |     |      |     | pulite)                |        |
| Strato 2 | 17  | 3,60 | 17  | Ohsaki (Sabbie pulite) | 91,42  |
| Strato 3 | 35  | 5,40 | 35  | Ohsaki (Sabbie pulite) | 180,24 |
| Strato 4 | 100 | 5,70 | 100 | Ohsaki (Sabbie pulite) | 483,54 |

**Velocità onde**

|          | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione            | Velocità onde m/s |
|----------|------|------------------|----------------------------------|-------------------------|-------------------|
| Strato 1 | 5,55 | 3,30             | 5,55                             | Ohta & Goto (1978) Limi | 101,358           |
| Strato 2 | 17   | 3,60             | 17                               | Ohta & Goto (1978) Limi | 141,837           |
| Strato 3 | 35   | 5,40             | 35                               | Ohta & Goto (1978) Limi | 169,167           |
| Strato 4 | 100  | 5,70             | 100                              | Ohta & Goto (1978) Limi | 211,237           |

**Modulo di reazione Ko**

|          | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione     | Ko (Kg/cm³) |
|----------|------|------------------|----------------------------------|------------------|-------------|
| Strato 1 | 5,55 | 3,30             | 5,55                             | Navfac 1971-1982 | 1,11        |
| Strato 2 | 17   | 3,60             | 17                               | Navfac 1971-1982 | 3,51        |
| Strato 3 | 35   | 5,40             | 35                               | Navfac 1971-1982 | 6,27        |
| Strato 4 | 100  | 5,70             | 100                              | Navfac 1971-1982 | 11,93       |

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

|          | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione   | Qc (Mpa) |
|----------|------|------------------|----------------------------------|----------------|----------|
| Strato 1 | 5,55 | 3,30             | 5,55                             | Robertson 1983 | 1,09     |
| Strato 2 | 17   | 3,60             | 17                               | Robertson 1983 | 3,33     |
| Strato 3 | 35   | 5,40             | 35                               | Robertson 1983 | 6,86     |
| Strato 4 | 100  | 5,70             | 100                              | Robertson 1983 | 19,61    |

**PROVA ... Nr.4**

Strumento utilizzato...

pagani tg 73-100

Prova eseguita in data

14/01/2015

Profondità prova

5,40 mt

Falda non rilevata

| Profondità (m) | Nr. Colpi | Nr. Colpi Rivestimento | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Mpa) | Res. dinamica (Mpa) | Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa) | Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa) |
|----------------|-----------|------------------------|------------------------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 0,30           | 5         | 0                      | 0,853                              | 3,44                        | 4,04                | 172,10                                                     | 201,84                                       |
| 0,60           | 6         | 0                      | 0,847                              | 3,83                        | 4,53                | 191,65                                                     | 226,26                                       |
| 0,90           | 5         | 0                      | 0,842                              | 3,17                        | 3,77                | 158,67                                                     | 188,55                                       |
| 1,20           | 10        | 0                      | 0,836                              | 6,31                        | 7,54                | 315,36                                                     | 377,11                                       |
| 1,50           | 16        | 0                      | 0,781                              | 8,84                        | 11,32               | 442,25                                                     | 566,11                                       |
| 1,80           | 21        | 0                      | 0,726                              | 10,79                       | 14,86               | 539,68                                                     | 743,02                                       |
| 2,10           | 11        | 0                      | 0,822                              | 6,40                        | 7,78                | 319,79                                                     | 389,20                                       |
| 2,40           | 10        | 0                      | 0,817                              | 5,45                        | 6,66                | 272,31                                                     | 333,24                                       |

|      |     |   |       |       |       |         |         |
|------|-----|---|-------|-------|-------|---------|---------|
| 2,70 | 13  | 0 | 0,763 | 6,61  | 8,66  | 330,47  | 433,22  |
| 3,00 | 15  | 0 | 0,759 | 7,58  | 10,00 | 379,24  | 499,87  |
| 3,30 | 12  | 0 | 0,805 | 6,08  | 7,56  | 304,11  | 377,92  |
| 3,60 | 14  | 0 | 0,751 | 6,62  | 8,82  | 331,06  | 440,90  |
| 3,90 | 30  | 0 | 0,697 | 12,49 | 17,91 | 624,40  | 895,57  |
| 4,20 | 37  | 0 | 0,644 | 14,22 | 22,09 | 710,99  | 1104,54 |
| 4,50 | 31  | 0 | 0,640 | 11,85 | 18,51 | 592,57  | 925,42  |
| 4,80 | 39  | 0 | 0,587 | 12,99 | 22,13 | 649,68  | 1106,59 |
| 5,10 | 58  | 0 | 0,584 | 19,22 | 32,91 | 961,10  | 1645,70 |
| 5,40 | 100 | 0 | 0,581 | 32,97 | 56,75 | 1648,66 | 2837,41 |

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4

### TERRENI INCOERENTI

#### Densità relativa

|          | Nspt  | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione  | Densità relativa (%) |
|----------|-------|------------------|----------------------------------|---------------|----------------------|
| Strato 1 | 5,33  | 0,90             | 5,33                             | Skempton 1986 | 21,71                |
| Strato 2 | 13,56 | 3,60             | 13,56                            | Skempton 1986 | 40,33                |
| Strato 3 | 39    | 5,10             | 39                               | Skempton 1986 | 71,56                |
| Strato 4 | 100   | 5,40             | 100                              | Skempton 1986 | 100                  |

#### Angolo di resistenza al taglio

|          | Nspt  | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione              | Angolo d'attrito (°) |
|----------|-------|------------------|----------------------------------|---------------------------|----------------------|
| Strato 1 | 5,33  | 0,90             | 5,33                             | Japanese National Railway | 28,6                 |
| Strato 2 | 13,56 | 3,60             | 13,56                            | Japanese National Railway | 31,07                |
| Strato 3 | 39    | 5,10             | 39                               | Japanese National Railway | 38,7                 |
| Strato 4 | 100   | 5,40             | 100                              | Japanese National Railway | 57                   |

#### Modulo di Young

|          | Nspt  | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione                | Modulo di Young (Mpa) |
|----------|-------|------------------|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| Strato 1 | 5,33  | 0,90             | 5,33                             | Schmertmann (1978) (Sabbie) | 4,18                  |
| Strato 2 | 13,56 | 3,60             | 13,56                            | Schmertmann (1978) (Sabbie) | 10,64                 |
| Strato 3 | 39    | 5,10             | 39                               | Schmertmann (1978) (Sabbie) | 30,60                 |
| Strato 4 | 100   | 5,40             | 100                              | Schmertmann (1978) (Sabbie) | 78,45                 |

#### Modulo Edometrico

|          | Nspt  | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione                       | Modulo Edometrico (Mpa) |
|----------|-------|------------------|----------------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| Strato 1 | 5,33  | 0,90             | 5,33                             | Menzenbach e Malcev (Sabbia media) | 6,06                    |
| Strato 2 | 13,56 | 3,60             | 13,56                            | Menzenbach e Malcev (Sabbia media) | 9,66                    |
| Strato 3 | 39    | 5,10             | 39                               | Menzenbach e Malcev (Sabbia)       | 20,78                   |

|          |     |      |     |                                          |       |
|----------|-----|------|-----|------------------------------------------|-------|
|          |     |      |     | media)                                   |       |
| Strato 4 | 100 | 5,40 | 100 | Menzenbach e<br>Malcev (Sabbia<br>media) | 47,46 |

**Classificazione AGI**

|          | Nspt  | Prof. Strato<br>(m) | Nspt corretto per<br>presenza falda | Correlazione                   | Classificazione AGI         |
|----------|-------|---------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| Strato 1 | 5,33  | 0,90                | 5,33                                | Classificazione<br>A.G.I. 1977 | POCO<br>ADDENSATO           |
| Strato 2 | 13,56 | 3,60                | 13,56                               | Classificazione<br>A.G.I. 1977 | MODERATAMEN<br>TE ADDENSATO |
| Strato 3 | 39    | 5,10                | 39                                  | Classificazione<br>A.G.I. 1977 | ADDENSATO                   |
| Strato 4 | 100   | 5,40                | 100                                 | Classificazione<br>A.G.I. 1977 | MOLTO<br>ADDENSATO          |

**Peso unità di volume**

|          | Nspt  | Prof. Strato<br>(m) | Nspt corretto per<br>presenza falda | Correlazione      | Gamma<br>(KN/m <sup>3</sup> ) |
|----------|-------|---------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------------------|
| Strato 1 | 5,33  | 0,90                | 5,33                                | Meyerhof ed altri | 15,20                         |
| Strato 2 | 13,56 | 3,60                | 13,56                               | Meyerhof ed altri | 18,04                         |
| Strato 3 | 39    | 5,10                | 39                                  | Meyerhof ed altri | 21,57                         |
| Strato 4 | 100   | 5,40                | 100                                 | Meyerhof ed altri | 24,52                         |

**Peso unità di volume saturo**

|          | Nspt  | Prof. Strato<br>(m) | Nspt corretto per<br>presenza falda | Correlazione               | Gamma Saturo<br>(KN/m <sup>3</sup> ) |
|----------|-------|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| Strato 1 | 5,33  | 0,90                | 5,33                                | Terzaghi-Peck<br>1948-1967 | 18,53                                |
| Strato 2 | 13,56 | 3,60                | 13,56                               | Terzaghi-Peck<br>1948-1967 | 19,02                                |
| Strato 3 | 39    | 5,10                | 39                                  | Terzaghi-Peck<br>1948-1967 | 24,52                                |
| Strato 4 | 100   | 5,40                | 100                                 | Terzaghi-Peck<br>1948-1967 | 24,52                                |

**Modulo di Poisson**

|          | Nspt  | Prof. Strato<br>(m) | Nspt corretto per<br>presenza falda | Correlazione | Poisson |
|----------|-------|---------------------|-------------------------------------|--------------|---------|
| Strato 1 | 5,33  | 0,90                | 5,33                                | (A.G.I.)     | 0,34    |
| Strato 2 | 13,56 | 3,60                | 13,56                               | (A.G.I.)     | 0,33    |
| Strato 3 | 39    | 5,10                | 39                                  | (A.G.I.)     | 0,28    |
| Strato 4 | 100   | 5,40                | 100                                 | (A.G.I.)     | 0,15    |

**Modulo di deformazione a taglio dinamico**

|          | Nspt  | Prof. Strato<br>(m) | Nspt corretto per<br>presenza falda | Correlazione              | G<br>(Mpa) |
|----------|-------|---------------------|-------------------------------------|---------------------------|------------|
| Strato 1 | 5,33  | 0,90                | 5,33                                | Ohsaki (Sabbie<br>pulite) | 30,73      |
| Strato 2 | 13,56 | 3,60                | 13,56                               | Ohsaki (Sabbie<br>pulite) | 73,92      |
| Strato 3 | 39    | 5,10                | 39                                  | Ohsaki (Sabbie<br>pulite) | 199,54     |
| Strato 4 | 100   | 5,40                | 100                                 | Ohsaki (Sabbie<br>pulite) | 483,54     |

**Velocità onde**

|  | Nspt | Prof. Strato | Nspt corretto per | Correlazione | Velocità onde |
|--|------|--------------|-------------------|--------------|---------------|
|--|------|--------------|-------------------|--------------|---------------|

|          |       | (m)  | presenza falda |                         | m/s     |
|----------|-------|------|----------------|-------------------------|---------|
| Strato 1 | 5,33  | 0,90 | 5,33           | Ohta & Goto (1978) Limi | 78,328  |
| Strato 2 | 13,56 | 3,60 | 13,56          | Ohta & Goto (1978) Limi | 125,595 |
| Strato 3 | 39    | 5,10 | 39             | Ohta & Goto (1978) Limi | 171,239 |
| Strato 4 | 100   | 5,40 | 100            | Ohta & Goto (1978) Limi | 208,984 |

**Modulo di reazione Ko**

|          | Nspt  | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione     | Ko (Kg/cm <sup>3</sup> ) |
|----------|-------|------------------|----------------------------------|------------------|--------------------------|
| Strato 1 | 5,33  | 0,90             | 5,33                             | Navfac 1971-1982 | 1,06                     |
| Strato 2 | 13,56 | 3,60             | 13,56                            | Navfac 1971-1982 | 2,84                     |
| Strato 3 | 39    | 5,10             | 39                               | Navfac 1971-1982 | 6,77                     |
| Strato 4 | 100   | 5,40             | 100                              | Navfac 1971-1982 | 11,93                    |

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

|          | Nspt  | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione   | Qc (Mpa) |
|----------|-------|------------------|----------------------------------|----------------|----------|
| Strato 1 | 5,33  | 0,90             | 5,33                             | Robertson 1983 | 1,05     |
| Strato 2 | 13,56 | 3,60             | 13,56                            | Robertson 1983 | 2,66     |
| Strato 3 | 39    | 5,10             | 39                               | Robertson 1983 | 7,65     |
| Strato 4 | 100   | 5,40             | 100                              | Robertson 1983 | 19,61    |

**PROVA ... Nr.3**

Strumento utilizzato...

pagani tg 73-100

Prova eseguita in data

14/01/2015

Profondità prova

5,70 mt

Falda non rilevata

| Profondità (m) | Nr. Colpi | Nr. Colpi Rivestimento | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Mpa) | Res. dinamica (Mpa) | Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa) | Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa) |
|----------------|-----------|------------------------|------------------------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 0,30           | 10        | 0                      | 0,853                              | 6,88                        | 8,07                | 344,21                                                     | 403,67                                       |
| 0,60           | 4         | 0                      | 0,847                              | 2,56                        | 3,02                | 127,76                                                     | 150,84                                       |
| 0,90           | 7         | 0                      | 0,842                              | 4,44                        | 5,28                | 222,14                                                     | 263,97                                       |
| 1,20           | 5         | 0                      | 0,836                              | 3,15                        | 3,77                | 157,68                                                     | 188,55                                       |
| 1,50           | 6         | 0                      | 0,831                              | 3,53                        | 4,25                | 176,46                                                     | 212,29                                       |
| 1,80           | 3         | 0                      | 0,826                              | 1,75                        | 2,12                | 87,71                                                      | 106,15                                       |
| 2,10           | 5         | 0                      | 0,822                              | 2,91                        | 3,54                | 145,36                                                     | 176,91                                       |
| 2,40           | 4         | 0                      | 0,817                              | 2,18                        | 2,67                | 108,92                                                     | 133,30                                       |
| 2,70           | 10        | 0                      | 0,813                              | 5,42                        | 6,66                | 270,87                                                     | 333,24                                       |
| 3,00           | 8         | 0                      | 0,809                              | 4,31                        | 5,33                | 215,59                                                     | 266,60                                       |
| 3,30           | 15        | 0                      | 0,755                              | 7,13                        | 9,45                | 356,51                                                     | 472,39                                       |
| 3,60           | 21        | 0                      | 0,701                              | 9,27                        | 13,23               | 463,52                                                     | 661,35                                       |
| 3,90           | 18        | 0                      | 0,747                              | 8,03                        | 10,75               | 401,51                                                     | 537,34                                       |
| 4,20           | 26        | 0                      | 0,694                              | 10,77                       | 15,52               | 538,42                                                     | 776,16                                       |
| 4,50           | 34        | 0                      | 0,640                              | 13,00                       | 20,30               | 649,92                                                     | 1014,98                                      |
| 4,80           | 40        | 0                      | 0,587                              | 13,33                       | 22,70               | 666,34                                                     | 1134,97                                      |
| 5,10           | 37        | 0                      | 0,634                              | 13,31                       | 21,00               | 665,61                                                     | 1049,84                                      |
| 5,40           | 50        | 0                      | 0,581                              | 16,49                       | 28,37               | 824,33                                                     | 1418,71                                      |

|      |     |   |       |       |       |         |         |
|------|-----|---|-------|-------|-------|---------|---------|
| 5,70 | 100 | 0 | 0,578 | 32,81 | 56,75 | 1640,59 | 2837,41 |
|------|-----|---|-------|-------|-------|---------|---------|

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3****TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

|          | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione  | Densità relativa (%) |
|----------|------|------------------|----------------------------------|---------------|----------------------|
| Strato 1 | 6,2  | 3,00             | 6,2                              | Skempton 1986 | 23,96                |
| Strato 2 | 18   | 3,90             | 18                               | Skempton 1986 | 48,14                |
| Strato 3 | 37,4 | 5,40             | 37,4                             | Skempton 1986 | 70,25                |
| Strato 4 | 100  | 5,70             | 100                              | Skempton 1986 | 100                  |

**Angolo di resistenza al taglio**

|          | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione              | Angolo d'attrito (°) |
|----------|------|------------------|----------------------------------|---------------------------|----------------------|
| Strato 1 | 6,2  | 3,00             | 6,2                              | Japanese National Railway | 28,86                |
| Strato 2 | 18   | 3,90             | 18                               | Japanese National Railway | 32,4                 |
| Strato 3 | 37,4 | 5,40             | 37,4                             | Japanese National Railway | 38,22                |
| Strato 4 | 100  | 5,70             | 100                              | Japanese National Railway | 57                   |

**Modulo di Young**

|          | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione                | Modulo di Young (Mpa) |
|----------|------|------------------|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| Strato 1 | 6,2  | 3,00             | 6,2                              | Schmertmann (1978) (Sabbie) | 4,86                  |
| Strato 2 | 18   | 3,90             | 18                               | Schmertmann (1978) (Sabbie) | 14,12                 |
| Strato 3 | 37,4 | 5,40             | 37,4                             | Schmertmann (1978) (Sabbie) | 29,34                 |
| Strato 4 | 100  | 5,70             | 100                              | Schmertmann (1978) (Sabbie) | 78,45                 |

**Modulo Edometrico**

|          | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione                       | Modulo Edometrico (Mpa) |
|----------|------|------------------|----------------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| Strato 1 | 6,2  | 3,00             | 6,2                              | Menzenbach e Malcev (Sabbia media) | 6,44                    |
| Strato 2 | 18   | 3,90             | 18                               | Menzenbach e Malcev (Sabbia media) | 11,60                   |
| Strato 3 | 37,4 | 5,40             | 37,4                             | Menzenbach e Malcev (Sabbia media) | 20,08                   |
| Strato 4 | 100  | 5,70             | 100                              | Menzenbach e Malcev (Sabbia media) | 47,46                   |

**Classificazione AGI**

|          | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione    | Classificazione AGI |
|----------|------|------------------|----------------------------------|-----------------|---------------------|
| Strato 1 | 6,2  | 3,00             | 6,2                              | Classificazione | POCO                |

|          |      |      |      |                                |                             |
|----------|------|------|------|--------------------------------|-----------------------------|
|          |      |      |      | A.G.I. 1977                    | ADDENSATO                   |
| Strato 2 | 18   | 3,90 | 18   | Classificazione<br>A.G.I. 1977 | MODERATAMEN<br>TE ADDENSATO |
| Strato 3 | 37,4 | 5,40 | 37,4 | Classificazione<br>A.G.I. 1977 | ADDENSATO                   |
| Strato 4 | 100  | 5,70 | 100  | Classificazione<br>A.G.I. 1977 | MOLTO<br>ADDENSATO          |

**Peso unità di volume**

|          | Nspt | Prof. Strato<br>(m) | Nspt corretto per<br>presenza falda | Correlazione      | Gamma<br>(KN/m <sup>3</sup> ) |
|----------|------|---------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------------------|
| Strato 1 | 6,2  | 3,00                | 6,2                                 | Meyerhof ed altri | 15,59                         |
| Strato 2 | 18   | 3,90                | 18                                  | Meyerhof ed altri | 19,12                         |
| Strato 3 | 37,4 | 5,40                | 37,4                                | Meyerhof ed altri | 21,48                         |
| Strato 4 | 100  | 5,70                | 100                                 | Meyerhof ed altri | 24,52                         |

**Peso unità di volume saturo**

|          | Nspt | Prof. Strato<br>(m) | Nspt corretto per<br>presenza falda | Correlazione               | Gamma Saturo<br>(KN/m <sup>3</sup> ) |
|----------|------|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| Strato 1 | 6,2  | 3,00                | 6,2                                 | Terzaghi-Peck<br>1948-1967 | 18,53                                |
| Strato 2 | 18   | 3,90                | 18                                  | Terzaghi-Peck<br>1948-1967 | 19,32                                |
| Strato 3 | 37,4 | 5,40                | 37,4                                | Terzaghi-Peck<br>1948-1967 | 24,52                                |
| Strato 4 | 100  | 5,70                | 100                                 | Terzaghi-Peck<br>1948-1967 | 24,52                                |

**Modulo di Poisson**

|          | Nspt | Prof. Strato<br>(m) | Nspt corretto per<br>presenza falda | Correlazione | Poisson |
|----------|------|---------------------|-------------------------------------|--------------|---------|
| Strato 1 | 6,2  | 3,00                | 6,2                                 | (A.G.I.)     | 0,34    |
| Strato 2 | 18   | 3,90                | 18                                  | (A.G.I.)     | 0,32    |
| Strato 3 | 37,4 | 5,40                | 37,4                                | (A.G.I.)     | 0,28    |
| Strato 4 | 100  | 5,70                | 100                                 | (A.G.I.)     | 0,15    |

**Modulo di deformazione a taglio dinamico**

|          | Nspt | Prof. Strato<br>(m) | Nspt corretto per<br>presenza falda | Correlazione              | G<br>(Mpa) |
|----------|------|---------------------|-------------------------------------|---------------------------|------------|
| Strato 1 | 6,2  | 3,00                | 6,2                                 | Ohsaki (Sabbie<br>pulite) | 35,42      |
| Strato 2 | 18   | 3,90                | 18                                  | Ohsaki (Sabbie<br>pulite) | 96,47      |
| Strato 3 | 37,4 | 5,40                | 37,4                                | Ohsaki (Sabbie<br>pulite) | 191,84     |
| Strato 4 | 100  | 5,70                | 100                                 | Ohsaki (Sabbie<br>pulite) | 483,54     |

**Velocità onde**

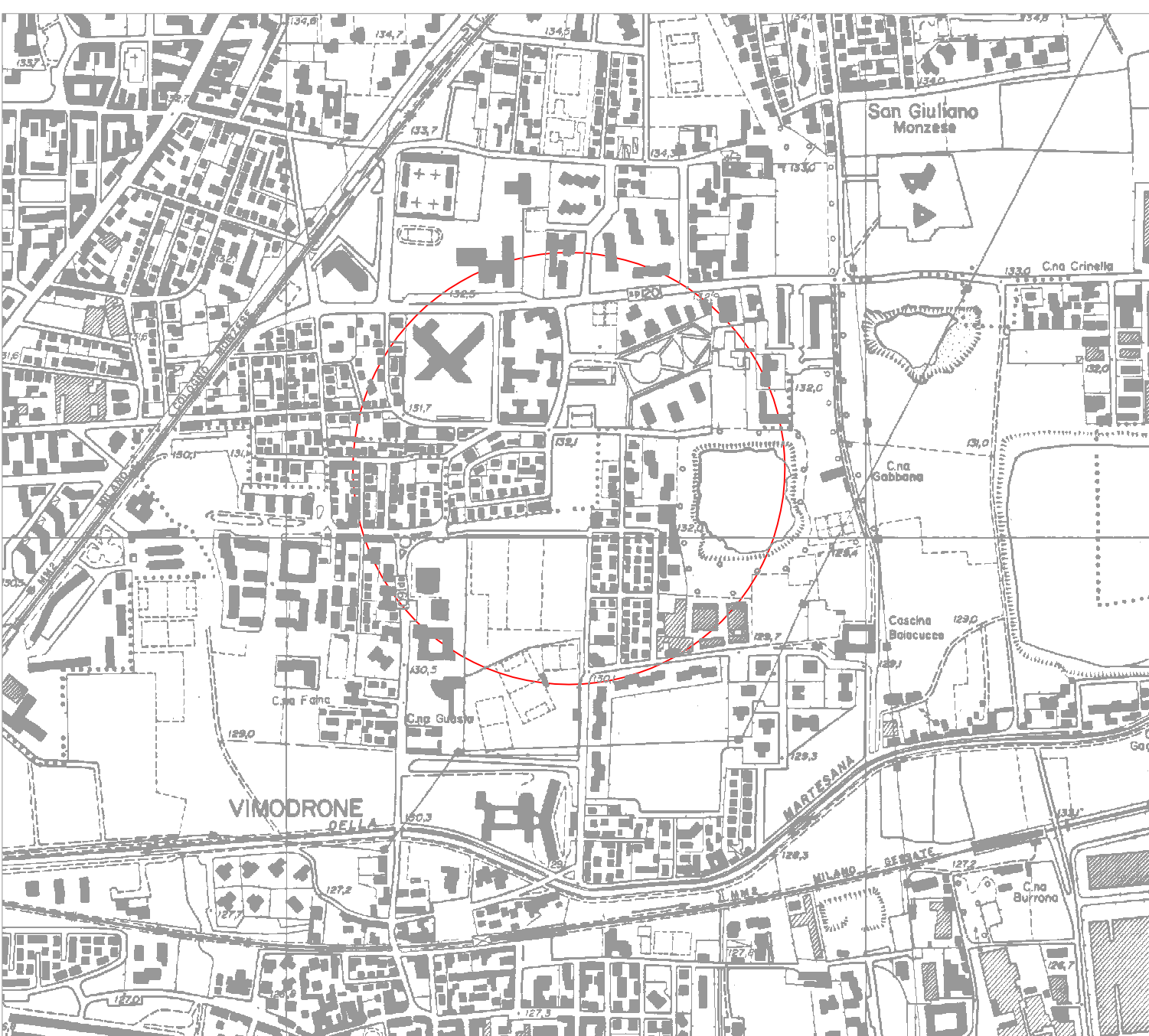
|          | Nspt | Prof. Strato<br>(m) | Nspt corretto per<br>presenza falda | Correlazione               | Velocità onde<br>m/s |
|----------|------|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|----------------------|
| Strato 1 | 6,2  | 3,00                | 6,2                                 | Ohta & Goto<br>(1978) Limi | 101,436              |
| Strato 2 | 18   | 3,90                | 18                                  | Ohta & Goto<br>(1978) Limi | 143,246              |
| Strato 3 | 37,4 | 5,40                | 37,4                                | Ohta & Goto<br>(1978) Limi | 172,205              |
| Strato 4 | 100  | 5,70                | 100                                 | Ohta & Goto<br>(1978) Limi | 211,237              |

**Modulo di reazione Ko**

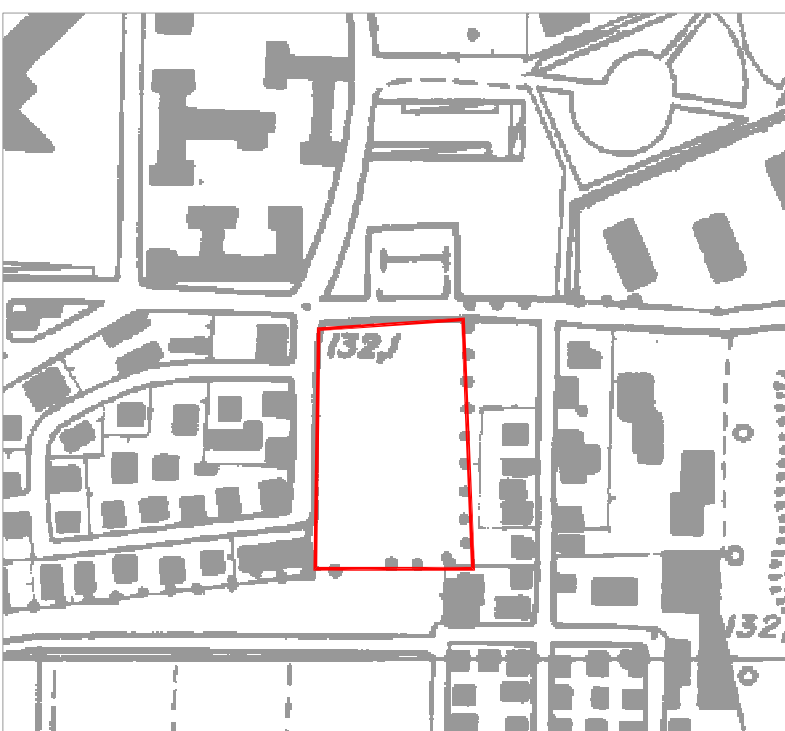
|          | Nspt | Prof. Strato<br>(m) | Nspt corretto per<br>presenza falda | Correlazione     | Ko<br>(Kg/cm <sup>3</sup> ) |
|----------|------|---------------------|-------------------------------------|------------------|-----------------------------|
| Strato 1 | 6,2  | 3,00                | 6,2                                 | Navfac 1971-1982 | 1,26                        |
| Strato 2 | 18   | 3,90                | 18                                  | Navfac 1971-1982 | 3,69                        |
| Strato 3 | 37,4 | 5,40                | 37,4                                | Navfac 1971-1982 | 6,57                        |
| Strato 4 | 100  | 5,70                | 100                                 | Navfac 1971-1982 | 11,93                       |

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

|          | Nspt | Prof. Strato<br>(m) | Nspt corretto per<br>presenza falda | Correlazione   | Qc<br>(Mpa) |
|----------|------|---------------------|-------------------------------------|----------------|-------------|
| Strato 1 | 6,2  | 3,00                | 6,2                                 | Robertson 1983 | 1,22        |
| Strato 2 | 18   | 3,90                | 18                                  | Robertson 1983 | 3,53        |
| Strato 3 | 37,4 | 5,40                | 37,4                                | Robertson 1983 | 7,34        |
| Strato 4 | 100  | 5,70                | 100                                 | Robertson 1983 | 19,61       |



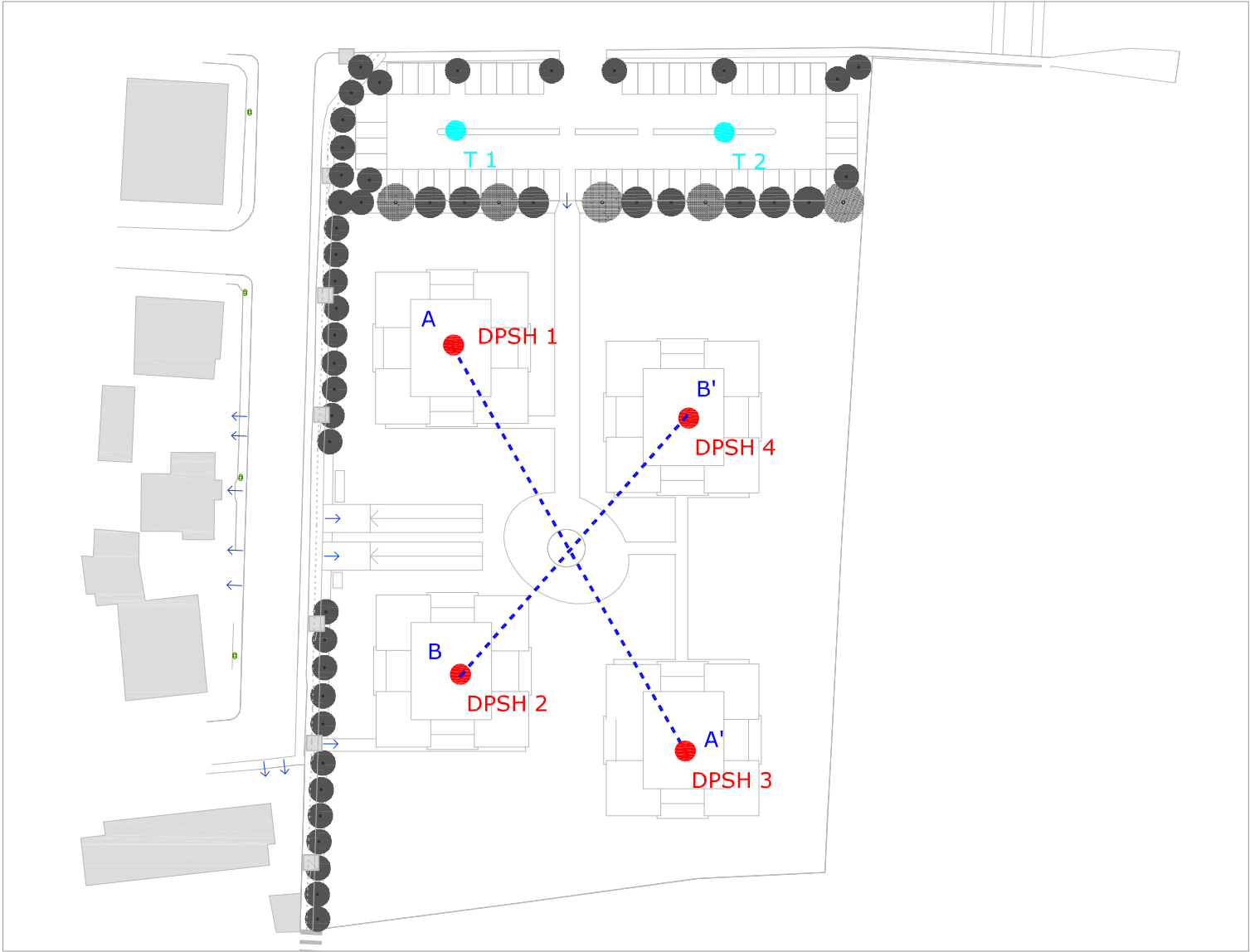
Scala 1:10 000



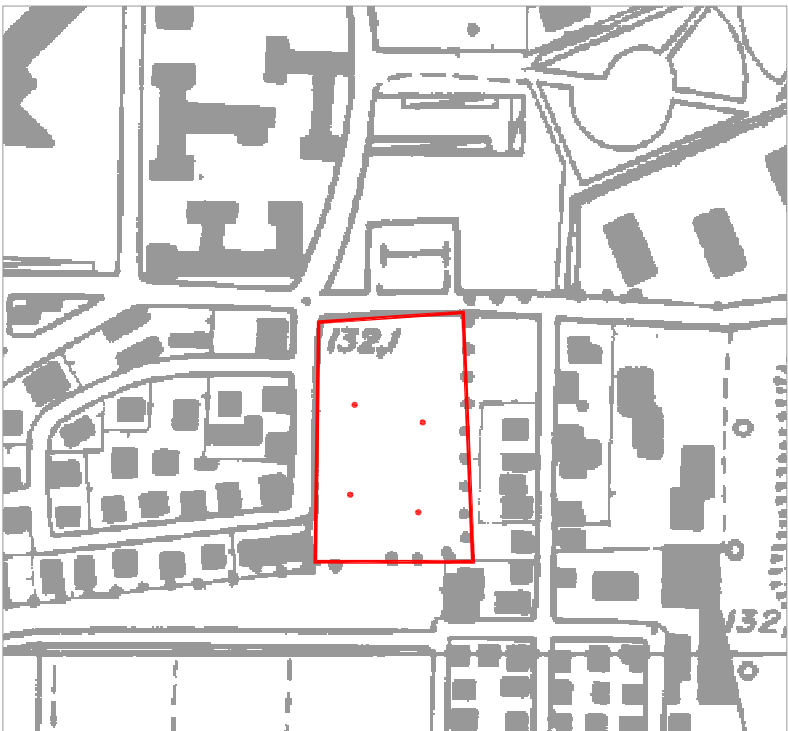
Scala 1:4 000

|                                     |                    |                       |
|-------------------------------------|--------------------|-----------------------|
| Federica Ravasi geologo - Vimercate |                    |                       |
| Scala<br>varie                      | File<br>tavole.dwg | Data<br>Febbraio 2015 |
| Titolo<br>Corografia                |                    | Annesso<br>Tavola 01  |





*Straico da progetto preliminare*



Scala 1:4 000

- DPSH 1 ● Prove penetrometriche (indagini eseguite gennaio 2015)
- T 1 ● Trincee esplorative (indagini eseguite febbraio 2015)
- A - - - A' Traccia delle sezione stratigrafica

|                                            |                    |                       |
|--------------------------------------------|--------------------|-----------------------|
| Federica Ravasi geologo - Vimercate        |                    |                       |
| Scala<br>varie                             | File<br>tavole.dwg | Data<br>Febbraio 2015 |
| Titolo<br>Ubicazione verticali di indagine |                    | Annesso<br>Tavola 02  |

*Geologia, Idrogeologia,  
Ambiente, Energie alternative*

**RAVASI Geologo Federica**

Via Vittorio Emanuele II, 46 – Vimercate MB

**Tel. e Fax** +39 0396085056

**e-mail** federica.ravasi@gmail.com

**COMUNE di COLOGNO MONZESE  
Provincia di MILANO**

**RELAZIONE GEOLOGICA  
AI SENSI DEL DM 14/01/2008  
PER REALIZZAZIONE EDIFICI RESIDENZIALI PRESSO  
AREA DI PROPRIETA'  
IN VIA GUIDO ROSSA ANGOLO VIA COPERNICO**

Ac 24

Relazione di fattibilità geologica ai sensi dell'art 7.7.5. Componente geologica  
idrogeologica e sismica del PGT

**Dott.ssa Geol. Federica Ravasi**

**Luglio 2016**



| <b>INDICE</b>                            | <b>Pag.</b> |
|------------------------------------------|-------------|
| 1. PREMESSA.....                         | 2           |
| 2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ..... | 2           |
| 3. DESCRIZIONE DELL'OPERA.....           | 3           |
| 4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....        | 3           |
| 5. STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE .....     | 3           |
| 6. INQUADRAMENTO SISMICO.....            | 6           |

## **ANNESSI**

Annesso 1: PROVA SISMICA MASW

Annesso 2: MODULO 9 DGR X/2016

## **1. PREMESSA**

La presente costituisce la relazione geologica con elementi sismici relativa all'area in Cologno, Via Don Guido Rossa angolo via Copernico, redatta a supporto del completamento degli edifici residenziale in progetto.

Si rimanda alla relazione redatta dalla scrivente ai sensi del DM 11/03/88 con definizione del modello geologico e geotecnico effettuato mediante campagna di indagini penetrometriche svolte in sito nel Febbraio 2015.

Nel mese di luglio in corso, è stata effettuata una indagine sismica di tipo Masw, i cui risultati sono sintetizzati in appendice.

## **2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO**

- *Decreto Ministeriale 14.01.2008* Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. *Circolare 2 febbraio 2009 n. 617.*
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. *Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007*
- *Eurocodice 8* (1998) - Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)
- *Eurocodice 7.1* (1997) - Progettazione geotecnica - Parte I : Regole Generali . - UNI
- *Eurocodice 7.2* (2002) - Progettazione geotecnica - Parte II : Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI
- *Eurocodice 7.3* (2002) - Progettazione geotecnica - Parte II : Progettazione assistita con prove in sito(2002). UNI

- *Decreto ministeriale 11/03/1988*
- *DGR IX/2616/2011*
- *DGR 5001/2016*

### **3. DESCRIZIONE DELL'OPERA**

Per i dettagli circa l'opera in progetto si rimanda alla relazione tecnica descrittiva del Progettista incaricato.

### **4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO**

Le coordinate geografiche dell'area, riferite all'ingresso, sono:

|             |           |
|-------------|-----------|
| Latitudine  | 45,524575 |
| Longitudine | 9,288918  |

### **5. STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE**

Nel Piano di Governo del Territorio del comune di Cologno é contenuta la *Relazione geologica* da cui sono tratti gli stralci della cartografia e la descrizione delle legende di seguito riportate.

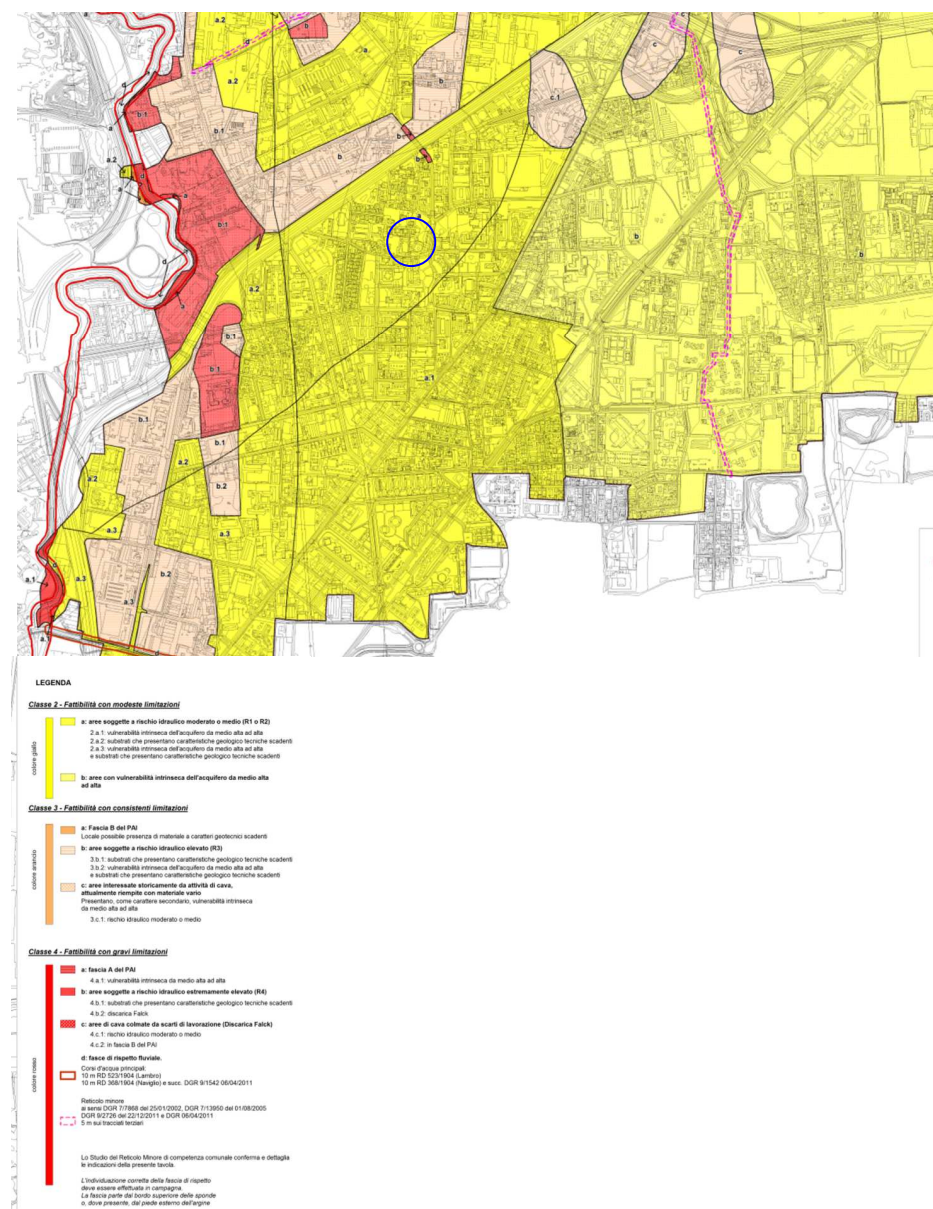


Figura 1: Carta della fattibilità geologica (PGT comunale, Tav 9); in blu l'area di interesse.

Di seguito si riporta uno stralcio delle norme tecniche di fattibilità geologica dell'area di interesse che ricade in classe F2a.

**CLASSE 2 - FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI:**

Zone con modeste limitazioni all'uso a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine, accorgimenti tecnico costruttivi e precauzioni ambientali, senza l'esecuzione di opere di difesa.

**Sottoclasse 2.b:** aree a vulnerabilità intrinseca dell'acquifero captato da alta. Ogni intervento dovrà verificare l'impatto sull'acquifero sottostante. In particolare sarà necessario adottare sistemi che impediscano l'infiltrazione nel terreno di sostanze inquinanti, pur garantendo l'alimentazione degli acquiferi. Serbatoi e cisterne interrati dovranno prevedere sistemi di sicurezza quali doppie camere. Le nuove fognature dovranno essere progettate e Le aree di espansione (AT) dovranno prevedere, nei casi indicati dal RR 4/2006, la raccolta e il convogliamento in fognatura delle acque di prima pioggia, mentre dovrà essere garantita l'infiltrazione nel terreno della quota rimanente delle acque di precipitazione.

Cfr. 7.7.5 *La relazione di fattibilità geologica*. Per gli interventi consentiti deve essere presentata, in sede di presentazione dei Piani attuativi del permesso di costruire o D.I.A., nonché di predisposizione dei progetti di opere pubbliche, una relazione di fattibilità geologica relativa all'intervento in progetto, mirata alla fattibilità geologica dell'intervento stesso. La relazione deve essere redatta illustrando nel dettaglio gli approfondimenti di indagine effettuati per la definizione delle condizioni di pericolosità/vulnerabilità ottenuti e, se necessari, gli eventuali interventi specifici per la riduzione delle stesse condizioni. Le indagini e gli approfondimenti devono esplorare l'area interessata dall'intervento ed un suo intorno sufficientemente esteso, determinato dal professionista responsabile della fattibilità geologica, in funzione dei fenomeni che definiscono l'attribuzione dell'area ad una classe e sottoclasse di fattibilità geologica. Nella definizione dell'estensione dell'area indagata deve essere tenuta in considerazione la presenza di eventuali altri fattori secondari non espressi nella sottoclasse, ma descritti nella documentazione di analisi dello Studio geologico, o ricavabili dall'analisi di dettaglio dell'area attraverso rilevamenti specifici. Non è consentito al fine di identificare ed approfondire correttamente il rischio reale esistente su un'area, riferirsi esclusivamente a prove e indagini effettuate in aree analoghe o ritenute tali.

## **6. INQUADRAMENTO SISMICO**

In seguito all'introduzione della nuova classificazione sismica del 2014, il comune di Cologno è stato declassato alla zona sismica 3.

### *INDAGINE SISMICA TIPO MASW*

L'analisi delle onde di taglio ( $V_s$ ) tramite metodo MASW, ha consentito di determinare gli spessori dei sismo strati e relative velocità di taglio, come riportato nella tabella e relativo diagramma, permettendo di calcolare il valore  $V_{s30}$  per la sezione indagata.

Il valore di  $V_{s30}$  è riferito ai primi 30,00 m a partire dal piano campagna attuale.

Dall'interpretazione dei dati si può ricostruire la seguente situazione sismo-stratigrafica:

SISMOSTRATO 1: da p.c. a -4,50 m ( $V_s$  214 m/s);

SISMOSTRATO 2: da -4,50 m a -15,60 m ( $V_s$  362 m/s);

SISMOSTRATO 3: da -15,60 m a -33,50 m ( $V_s$  439 m/s);

SISMOSTRATO 4: >33,50 m ( $V_s$  665 m/s).

L'analisi ha evidenziato la presenza di 4 sismostrati di cui i primi presentano velocità piuttosto basse; il terzo e il quarto sismostrato hanno velocità che migliorano con la profondità. In base anche alla stratigrafia delle prove penetrometriche effettuate si può interpretare tale situazione con la presenza di



un primo strato costituito da materiali fini coesivi (argille), mentre il terzo e il quarto strato sono costituiti da materiali più grossolani (sabbie e ghiaie).

### *CALCOLO DELLE $V_{s,30}$ E DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO*

A partire dal modello sismico monodimensionale ricostruito attraverso l'indagine geofisica effettuata, è possibile calcolare il valore delle  $V_{s,30}$ , che rappresenta la "velocità equivalente" di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle  $V_{s,30}$  si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.01.2008 ("Norme tecniche per le costruzioni"):

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove  $H_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ ) dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 m superiori.

Utilizzando la formula sopra riportata si ottengono i seguenti valori (si è assunta come quota di calcolo [q.r.] il piano di esecuzione dello stendimento sismico corrispondente all'attuale p.c.):

| <b>Profondità di posa<br/>delle fondazioni da<br/>q.r.</b> | <b><math>V_{s,30}</math> [m/s]</b> | <b>Categoria<br/>sottosuolo</b> |
|------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| 1.0 m                                                      | 361.9                              | <b>B</b>                        |
| 2.0 m                                                      | 373.3                              | <b>B</b>                        |
| 3.0 m                                                      | 385.0                              | <b>B</b>                        |
| 4.0 m                                                      | 394.4                              | <b>B</b>                        |

| <b>Categoria</b> | <b>Descrizione</b>                                                                                                                                                                                                                          | <b>Parametri</b>    |              |                     |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------|---------------------|
|                  |                                                                                                                                                                                                                                             | $V_{s,30}$<br>(m/s) | $N_{SPT,30}$ | $C_{u,30}$<br>(kPa) |
| <b>A</b>         | <u>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</u> , caratterizzati da valori di $V_{s30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m                  | > 800               | -            | -                   |
| <b>B</b>         | <u>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</u> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 360-800             | >50          | >250                |
| <b>C</b>         | <u>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</u> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità      | 180-360             | 15-50        | 70-250              |
| <b>D</b>         | <u>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</u> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | <180                | <15          | <70                 |

|          |                                                                                         |  |  |  |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|
| <b>E</b> | <i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore</i>                                |  |  |  |
|          | <i>non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s). |  |  |  |

Tabella 1: Categorie di sottosuolo (D.M. 14.01.2008).

### *ANALISI DI PRIMO LIVELLO-CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE*

Il riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica è stata condotta a livello locale prevedendo un approccio qualitativo conforme al I livello di approfondimento previsto dalla normativa regionale.

Sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per l'area è stato possibile individuare una zona dove l'effetto prodotto dall'azione sismica è, con buona attendibilità, prevedibile.

In corrispondenza della zona in esame, viene individuato lo scenario Z4a (zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi).

### *ANALISI DI SECONDO LIVELLO-EFFETTI SISMICI DI SITO*

In merito alla valutazione di eventuali fenomeni di amplificazione sismica si è proceduto secondo quanto indicato dalla normativa regionale ad effettuare una verifica di II livello, seguendo la procedura descritta nell'allegato 5 alla DGR n. 8/1566 del 22 dicembre 2005 "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 comma 1 della l.r. n. 12 del 11 marzo 2005 " e successive modifiche; essa ha consentito di valutare il valore del fattore di amplificazione  $F_a$  del sito di studio.

Nel caso specifico è stato considerato esclusivamente il  $F_a$  relativo agli effetti litologici che è stato determinato attraverso l'impiego delle schede Litologia opportunamente predisposte. Tale metodologia permette, in relazione alle caratteristiche litologiche, geotecniche e sismiche dei terreni presenti, una valutazione di tipo semiquantitativo degli effetti di amplificazione sismici attesi.

Il valore del  $F_a$  viene poi utilizzato per valutare i gradi di protezione raggiunto dall'applicazione della normativa vigente.

La valutazione del grado di protezione fornito dall'applicazione dei parametri di normativa è effettuata in termini di contenuto energetico, confrontando il valore del  $F_a$  ottenuto con le schede di valutazione con il parametro di analogo significato definito come Valore Soglia e fornito per ciascun Comune dalla Regione Lombardia. Tale valore è stato valutato per qualunque categoria di suolo relativamente ai due intervalli del periodo proprio di oscillazione delle tipologie edilizie presenti con maggior frequenza in Lombardia (0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s). Per il comune di Cologno M.se:

| classificazione | $F_a$<br>calcolato | Suolo tipo<br>B | Suolo tipo<br>C | Suolo tipo<br>D | Suolo tipo<br>E |
|-----------------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 3               | 0.1-0.5            | 1.4             | 1.9             | 2.2             | 2.0             |
|                 | 0.5-1.5            | 1.7             | 2.4             | 4.2             | 3.1             |

Il valore soglia rappresenta, quindi, il numero limite oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione l'amplificazione realmente presente nel sito di studio.

Nel caso in esame, l'andamento delle velocità con la profondità è stato confrontato con le schede litologiche proposte ed è stata scelta quella "Effetti litologici –scheda sabbiosa".

Dall'elaborazione effettuata per il sito in esame, sulla base dei dati a disposizione, si è ottenuto un valore del periodo proprio del sito pari a  $T=0,38$  secondi.

Adottando la procedura regionale ed adottando le formule riportate nella scheda scelta, si è ottenuto un valore del  $F_a = 1,66$  per l'intervallo di  $T$  compreso tra 0.1-0.5 s e un valore di  $F_a = 1.59$  per l'intervallo compreso tra 0.5-1.5 s.

I valori di  $F_a$  per l'intervallo (0.1-0.5) risulta superiori al valore soglia fissato dalla normativa regionale per un suolo di tipo B come ricavato da elaborazione della  $M_{asw}$ . Pertanto la normativa è da considerarsi insufficiente per poter comprendere anche gli effetti di amplificazione sismica locale.

#### *ESCLUSIONE DELLA VERIFICA A LIQUEFAZIONE*

Il sito in esame presenta una accelerazione massima attesa al piano di campagna in assenza di manufatti minori di 0,1 g (0,027 g per SLD). Ai sensi del DM 14-01-2008 (rif: 7.11.3.4.2) è pertanto possibile omettere la verifica a liquefazione.

Dott. Geol. F. Ravasi

## ANNESSI

---

# Signa srl

## INDAGINI GEOFISICHE

**Committente:** Dott. Geol. Federica Ravasi.

**Località:** Via Copernico.

**Comune:** Cologno Monzese (MI).

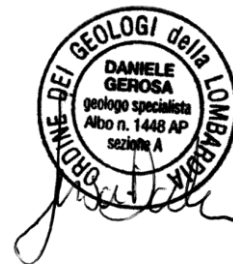
**Indagine:** Indagine geofisica con la metodologia MASW.

## RAPPORTO TECNICO

|                          |          |             |                   |             |           |
|--------------------------|----------|-------------|-------------------|-------------|-----------|
| Codice documento: 94c-16 |          |             | Numero pagine: 11 |             |           |
|                          |          |             |                   |             |           |
|                          |          |             |                   |             |           |
| A                        | 29/07/16 | EMISSIONE   | DG                | DG          | DG        |
| Rev.                     | Data     | Descrizione | Redatto           | Controllato | Approvato |



**SIGNA srl**  
Via G. Donizetti, 7 – 24040 Boltiere (BG)  
Tel/Fax 035-806318 – Cell. 331-8218021  
Cod.Fisc. e P.IVA 05388280967  
[www.signasrl.it](http://www.signasrl.it); e-mail: [info@signasrl.it](mailto:info@signasrl.it)



|                                                   |              |                 |
|---------------------------------------------------|--------------|-----------------|
| SIGNA srl – Indagini geofisiche                   | Data         | 29/07/2016      |
|                                                   | N. Commessa  | 94c-16          |
|                                                   | C. Documento | 01              |
| <b>Indagine geofisica con la metodologia MASW</b> | Revisione    | A (DG)          |
|                                                   | Nome file    | MASW_ColognoMse |

## 1. INTRODUZIONE ED INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La presente relazione riporta le elaborazioni ed i risultati ottenuti dall'esecuzione di un profilo sismico con la metodologia MASW presso l'area situata in via Copernico nel comune di Cologno Monzese (MI).

La campagna di indagine è stata eseguita nella giornata del 28 Luglio 2016 su incarico del Dott. Geol. Federica Ravasi.

Scopo dell'indagine è quello di ricostruire, per l'area in oggetto, l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità ( $V_s$ -z).

Il modello sismico monodimensionale costituisce infatti l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito (o risposta sismica locale - RSL) che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (definizione della categoria di sottosuolo).

Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni sito-specifiche, garantendo un adeguato livello di protezione antisismica delle costruzioni (O.P.C.M. 3274 e s.m.i; D.M. 14.01.2008; D.g.r. IX/2616/2011; D.g.r. X/5001/2016).

Nei capitoli successivi verranno descritte le modalità d'esecuzione delle misure sperimentali e l'interpretazione geofisica delle stesse.

In figura 1 si riporta l'ubicazione della prospezione MASW effettuata.



|                                                   |              |                 |
|---------------------------------------------------|--------------|-----------------|
| SIGNA srl – Indagini geofisiche                   | Data         | 29/07/2016      |
|                                                   | N. Commessa  | 94c-16          |
|                                                   | C. Documento | 01              |
| <b>Indagine geofisica con la metodologia MASW</b> | Revisione    | A (DG)          |
|                                                   | Nome file    | MASW_ColognoMse |



**Figura 1:** Ubicazione della prova MASW effettuata (immagine tratta da Google Map).

|                                                   |              |                 |
|---------------------------------------------------|--------------|-----------------|
| SIGNA srl – Indagini geofisiche                   | Data         | 29/07/2016      |
|                                                   | N. Commessa  | 94c-16          |
|                                                   | C. Documento | 01              |
| <b>Indagine geofisica con la metodologia MASW</b> | Revisione    | A (DG)          |
|                                                   | Nome file    | MASW_ColognoMse |

## 2. INDAGINE GEOFISICA MASW: DESCRIZIONE DEL METODO E DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del *Kansas Geological Survey* (Park C.B. et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh.

Il metodo di indagine MASW si distingue in “attivo” e “passivo” (Zywicki D.J., 1999; Park C.B., Miller R.D., 2006; Roma V., 2006):

1) Nel “*metodo attivo*” le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).

2) Nel “*metodo passivo*” lo stendimento presenta le stesse caratteristiche geometriche del metodo attivo ma i ricevitori non registrano le onde superficiali prodotte da una sorgente impulsiva, bensì il rumore di fondo (detto anche “microtremori”) prodotto da sorgenti naturali (vento) e antropiche (traffico, attività industriali).

Le due tecniche indagano bande spettrali differenti: mentre il metodo attivo consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20-30 m di profondità in funzione della rigidità del suolo), il metodo passivo consente di determinare una curva di dispersione nella banda di frequenza tra 4 e 20 Hz e fornisce informazioni sugli strati più profondi (generalmente al di sotto dei 30 m).

La combinazione delle due tecniche consente di ottenere uno spettro completo nella banda di frequenza comprese tra 4 e 40 Hz e permette una dettagliata ricostruzione dell'andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 30-40 m di profondità (sempre in funzione della rigidità degli strati).

L'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno secondo un array lineare da 24 geofoni con spaziatura pari a 1.5 m (la configurazione geometrica adottata è stata dettata sia

|                                                   |              |                 |
|---------------------------------------------------|--------------|-----------------|
| SIGNA srl – Indagini geofisiche                   | Data         | 29/07/2016      |
|                                                   | N. Commessa  | 94c-16          |
|                                                   | C. Documento | 01              |
| <b>Indagine geofisica con la metodologia MASW</b> | Revisione    | A (DG)          |
|                                                   | Nome file    | MASW_ColognoMse |

dalle condizioni logistiche che dalla necessità di ricostruire al meglio lo spettro di velocità delle onde superficiali di Rayleigh).

Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni da 4.5 Hz, è stato utilizzato un sismografo a 24 bit.

Nell'esecuzione della prova MASW attiva è stato utilizzato come sistema di energizzazione una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di *stacking*).

La sorgente è stata posta ad una distanza compresa tra 6 e 12 m dal primo geofono effettuando più energizzazioni in punti differenti (*"Optimum Field Parameters of an MASW Survey"*, Park C.B. et al., 2005; Dal Moro G., 2008; Dal Moro G., 2012).

Terminata l'indagine attiva, con la stessa configurazione geometrica si è passati alla registrazione dei microtremori (MASW passiva) acquisendo in totale 10 registrazioni di rumore, ciascuna della lunghezza di 30 s.

Di seguito si riassumono le principali caratteristiche della strumentazione utilizzata ed i criteri di acquisizione della prova MASW attiva e passiva:

| n° | Strumentazione        | Caratteristiche                        |
|----|-----------------------|----------------------------------------|
| 1  | Unità di acquisizione | sismografo GEOMETRICS "GEODE" a 24 bit |
| 24 | Geofoni verticali     | "Geospace" con $f_0 = 4.5$ Hz          |
| 1  | Cavo sismico          | L = 60 m                               |
| 1  | Sorgente              | Mazza battente su piattello metallico  |





**Figura 2:** Strumentazione utilizzata per la prova MASW.



**Figura 3:** Vista dello stendimento MASW effettuato.

|                                                   |              |                 |
|---------------------------------------------------|--------------|-----------------|
| SIGNA srl – Indagini geofisiche                   | Data         | 29/07/2016      |
|                                                   | N. Commessa  | 94c-16          |
|                                                   | C. Documento | 01              |
| <b>Indagine geofisica con la metodologia MASW</b> | Revisione    | A (DG)          |
|                                                   | Nome file    | MASW_ColognoMse |

### 3. ELABORAZIONE DATI

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC e convertiti in un formato compatibile (KGS format file) per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (*SurfSeis 5.0* della Kansas University, Park C. B., 2016).

Tale programma permette di elaborare i dati acquisiti sia con il metodo attivo che con quello passivo.

L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "*phase velocity-frequency (c-f)*" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica.

Gli spettri bidimensionali ottenuti dalle registrazioni con il metodo attivo e con quello passivo, elaborati in fasi separate, vengono successivamente combinati in modo da ottenere uno spettro unico.

In questo grafico è possibile distinguere il "modo fondamentale" delle onde di superficie, in quanto le onde di Rayleigh presentano un carattere marcatamente dispersivo che le differenzia da altri tipi di onde (onde riflesse, onde rifratte, onde multiple).

Inoltre, la combinazione dei due metodi MASW consente di individuare il "modo fondamentale" delle onde di superficie nel campo di frequenze compreso tra i 4 e i 40 Hz e di ottenere informazioni sia "superficiali" che "profonde".

Sullo spettro di frequenza viene eseguito un "picking" attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze (si veda la curva di dispersione riportata in allegato).

Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello interpretativo.

Variando la geometria del modello di partenza ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione fino a conseguire un buon "fitting" con i valori sperimentali.

|                                                   |              |                 |
|---------------------------------------------------|--------------|-----------------|
| SIGNA srl – Indagini geofisiche                   | Data         | 29/07/2016      |
|                                                   | N. Commessa  | 94c-16          |
|                                                   | C. Documento | 01              |
| <b>Indagine geofisica con la metodologia MASW</b> | Revisione    | A (DG)          |
|                                                   | Nome file    | MASW_ColognoMse |

L'analisi dello spettro bidimensionale c-f consente in questo modo di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità.

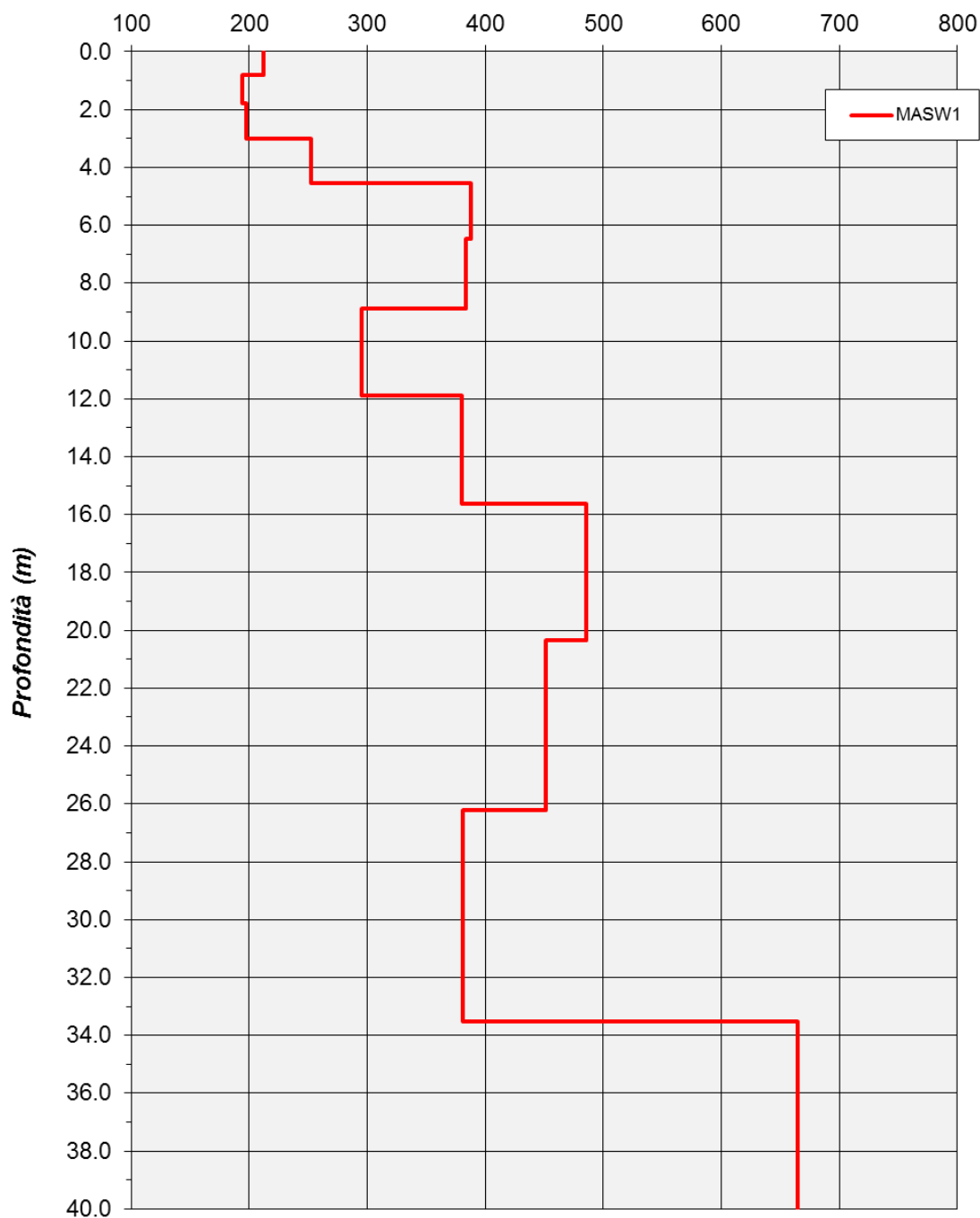
Dall'inversione della curva di dispersione (relativa al "modo fondamentale" delle onde superficiali di Rayleigh) si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata:

| <b>MASW 1</b> |                     |                 |                   |
|---------------|---------------------|-----------------|-------------------|
| <b>Strato</b> | <b>Spessore [m]</b> | <b>Vs [m/s]</b> | <b>Profondità</b> |
| 1             | 0.8                 | <b>212</b>      | 0.8               |
| 2             | 1.0                 | <b>194</b>      | 1.8               |
| 3             | 1.2                 | <b>198</b>      | 3.0               |
| 4             | 1.5                 | <b>252</b>      | 4.5               |
| 5             | 1.9                 | <b>387</b>      | 6.5               |
| 6             | 2.4                 | <b>384</b>      | 8.9               |
| 7             | 3.0                 | <b>295</b>      | 11.9              |
| 8             | 3.8                 | <b>380</b>      | 15.6              |
| 9             | 4.7                 | <b>485</b>      | 20.3              |
| 10            | 5.9                 | <b>451</b>      | 26.2              |
| 11            | 7.3                 | <b>381</b>      | 33.5              |
| 12            | 6.5                 | <b>665</b>      | 40.0              |

**Tabella 1:** modello sismico monodimensionale.

**Shear-Wave Velocity Profile from Surface waves inversion**

Velocità onde S (m/sec)



|                                                   |              |                 |
|---------------------------------------------------|--------------|-----------------|
| SIGNA srl – Indagini geofisiche                   | Data         | 29/07/2016      |
|                                                   | N. Commessa  | 94c-16          |
|                                                   | C. Documento | 01              |
| <i>Indagine geofisica con la metodologia MASW</i> | Revisione    | A (DG)          |
|                                                   | Nome file    | MASW_ColognoMse |

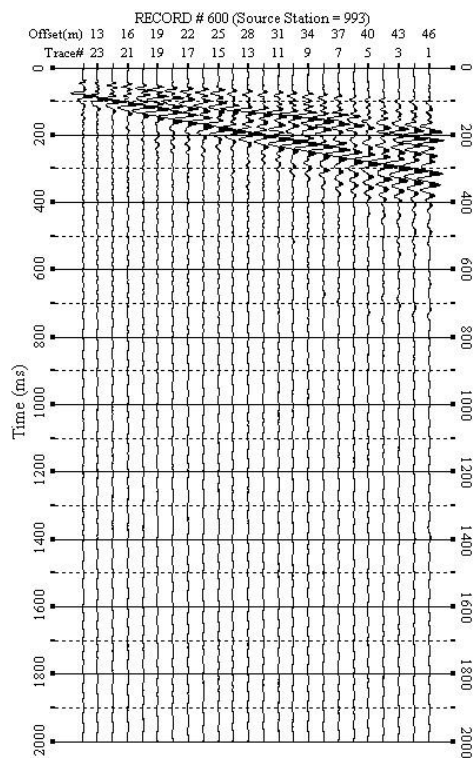
**ALLEGATO**



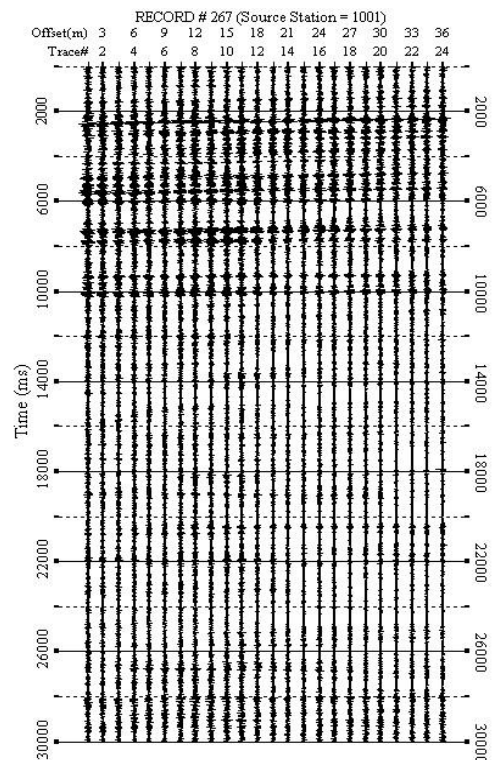
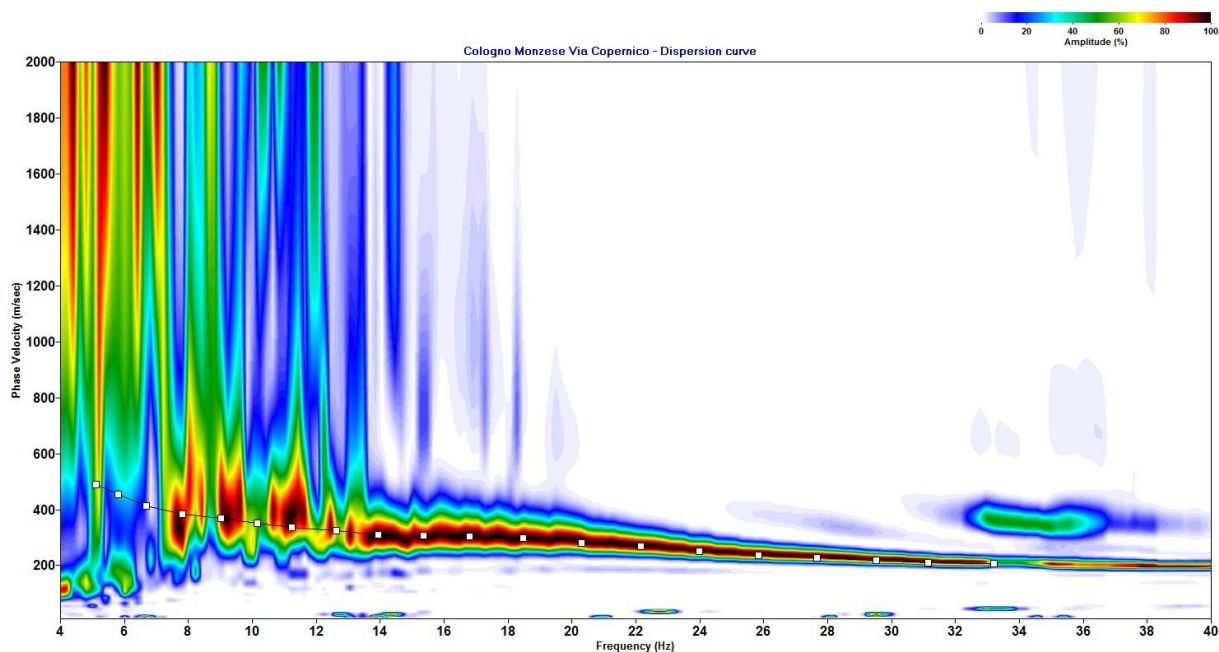
|              |                 |
|--------------|-----------------|
| Data         | 29/07/2016      |
| N. Commessa  | 94c-16          |
| C. Documento | 01              |
| Revisione    | A (DG)          |
| Nome file    | MASW_ColognoMse |

**MASW1**

registrazione attiva



registrazione passiva

**CURVA DI DISPERSIONE**



## MODULO 9

## DICHIARAZIONE / ASSEVERAZIONE DEL GEOLOGO

Il sottoscritto ..... Federica Ravasi .....

iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione..... Lombardia ..... n. AP..... 1336 ..... incaricato in

data ..... 06/2016 ..... da ..... Proprietà .....

per conto di ..... Proprietà .....

di redigere la relazione geologica relativa al seguente intervento .....

Realizzazione edifici residenziali .....

.....

.....

.....

eseguito in Comune di ..... Cologno M.se ..... Località .....

Via ..... Guido Rossa ..... n° ..... CAP ..... 20093 .....

Comune Catastale ..... Cologno M.se ..... Foglio n. .... 34 ..... Mappale o Particella ..... 132 48 49 50 .....

consapevole che in caso di dichiarazione mendace sarà punito ai sensi del Codice Penale secondo quanto prescritto dall'art. 76 del succitato D.P.R. 445/2000 e che, inoltre, qualora dal controllo effettuato emerga la non veridicità del contenuto di taluna delle dichiarazioni rese, decadranno i benefici conseguenti al provvedimento eventualmente emanato sulla base della dichiarazione non veritiera (art. 75 D.P.R. 445/2000),

**DICHIARA**

A. che la relazione geologica in oggetto è stata redatta ai sensi di:

- ☐ D.M. 14 gennaio 2008 (N.T.C. p.to 6.2.1)
- ☒ D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 e D.M. 14 gennaio 2008 (N.T.C. p.to 6.2.1)
- ☐ D.M. 14 gennaio 2008 (N.T.C. p.to 6.2.1), recependo quanto contenuto in una relazione geologica già depositata, redatta ai sensi della D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 per il rilascio del titolo abilitativo relativo all'intervento in questione

B. che, ai sensi dello studio geologico comunale redatto in attuazione dell'art. 57 comma 1 della L.R. 12/2005, le caratteristiche geologiche del sito di intervento sono:

**1. SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE PSL 1 LIV – DGR IX 2616/2011 all. 5 p.to 2.1**

- ☐ Z1 Instabilità dei versanti      ☐ Z2a Cedimenti      ☐ Z2b Liquefazione  
☐ Z3 Amplificazione topografica      ☒ Z4 Amplificazione Stratigrafica  
☐ Z5 Comportamenti differenziali      ☐ Nessuno scenario

**1.1 VERIFICA SISMICA DI SECONDO LIVELLO PSL 2 LIV – DGR IX 2616/2011 all. 5 p.to 2.2**

- ☒ Fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) > Soglia comunale (FAS) \*
- ☐ Fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) <= Soglia comunale (FAS) \*
- ☐ Analisi di secondo livello non effettuata

\* tenuto conto delle tolleranze ammesse nell'Allegato 5 della D.G.R. IX/2616/2011

**2. CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA – DGR IX 2616/2011 p.to 3.1**

- ☐ 1 senza particolari limitazioni
- ☒ 2 con modeste limitazioni
- ☐ 3 con consistenti limitazioni
- ☐ 4 con gravi limitazioni

**2.1 TIPO DI LIMITAZIONE ALLA FATTIBILITA' GEOLOGICA – DGR IX 2616/2011 p.to 3.2**

- ☐ a) Instabilità dei versanti dal punto di vista statico
- ☒ b) Vulnerabilità idrogeologica
- ☐ c) Vulnerabilità idraulica
- ☐ d) Scadenti caratteristiche geotecniche
- ☐ nessuna particolare limitazione

**DICHIARA INOLTRE**

C. di aver seguito tutte le prescrizioni previsti dalle norme geologiche di piano vigenti riportate nel piano delle regole del PGT del Comune di .....Cologno M.se.....

D. di aver eseguito ai sensi degli allegati alla DGR IX/2616 del 30 novembre 2011:

- ☐ Approfondimento relativo all'instabilità dei versanti dal punto di vista statico (App1)
- ☐ Approfondimento relativo alla vulnerabilità idrogeologica (App2)
- ☐ Approfondimento relativo alla vulnerabilità idraulica (App3)
- ☐ Approfondimento relativo alle scadenti caratteristiche geotecniche (App4)
- ☒ Approfondimento relativo agli aspetti sismici (App5), la cui tipologia e grado sono dettagliatamente descritte nelle successive schede
- ☐ Nessun particolare approfondimento

E. di aver redatto il modello geologico del sito sulla base di:

- ☒ indagini appositamente eseguite nel sito d'interesse o nel suo immediato intorno, del tipo .....prove penetrometriche e Masw.....
- ☐ indagini pregresse, la cui estendibilità al sito d'interesse è stata adeguatamente motivata in relazione, del tipo .....

F. di aver valutato i fenomeni di amplificazione sismica di tipo stratigrafico attraverso:

- ☐ analisi di risposta sismica locale  
☒ procedura semplificata basata sulla definizione della seguente categoria di sottosuolo, di cui al punto 3.2.2 delle NTC, la cui applicabilità è stata adeguatamente motivata in relazione :

☐ A ☒ B ☐ C ☐ D ☐ E

mediante la seguente tipologia d'indagine ..... Masw .....

la cui idoneità al caso specifico è stata adeguatamente motivata in relazione

G. di aver valutato i fenomeni di amplificazione sismica di tipo topografico attraverso:

- ☐ analisi di risposta sismica locale  
☒ procedura semplificata basata sulla definizione della seguente categoria topografica, di cui al punto 3.2.2 delle NTC, la cui applicabilità è stata adeguatamente motivata in relazione:

☒ T1 ☐ T2 ☐ T3 ☐ T4

mediante analisi morfologica condotta su base topografica a scala ..... 1:10000 .....

la cui idoneità al caso specifico è stata adeguatamente motivata in relazione

H. di aver adeguatamente considerato la sicurezza nei confronti del fenomeno della liquefazione, mediante:

- ☒ esclusione della verifica (punto 7.11.3.4.2 NTC), opportunamente motivata in relazione  
☐ verifica di stabilità (punto 7.11.3.4.3 NTC) mediante la seguente metodologia .....

I. che l'intervento previsto risulta fattibile e compatibile con l'assetto geologico del sito:

- ☐ senza esecuzione di opere e/o interventi specifici per la mitigazione del rischio  
☒ previa esecuzione di opere e/o accorgimenti costruttivi da eseguirsi durante i lavori relativi all'intervento in oggetto  
☐ previa esecuzione di specifiche opere e/o interventi per la mitigazione del rischio da eseguirsi prima dei lavori relativi all'intervento in oggetto; in relazione a questo si specifica che tali lavori:  
☐ non sono stati eseguiti o sono stati eseguiti solo parzialmente  
☐ sono stati eseguiti nel rispetto delle prescrizioni contenute nello studio specifico e con il quale risultano compatibili

### ASSEVERA

ai sensi dell'art. 481 del Codice Penale la conformità di quanto eseguito ai fini della relazione in oggetto alla normativa nazionale e regionale vigente e la piena osservanza della relazione alle norme sismiche vigenti.

Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti di cui all'art. 10 della legge 675/96 che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

Data ..... 29 luglio 2016 .....

IL GEOLOGO



*Federica Pavani*

(timbro e firma)

**MODULO 9: Approfondimento 5 relativo agli aspetti sismici (App5) – INSTABILITA’**

Nel caso di scenari PSL di tipo Z1a, Z1b e Z1c (Tabella 1 p.to 2.1 Allegato 5 D.G.R. IX/2616) per tipologia di frane in terra

|                                                                                                                                                             | 1° grado                                                                                                                                                                   | 2° grado                                                                                                                                         | 3° grado                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Conoscenze minime obbligatorie al 1° grado di approfondimento                                                                                               | <input type="checkbox"/> Modello geologico del sito<br><input type="checkbox"/> Classificazione USCS dei materiali<br><input type="checkbox"/> Modello geotecnico del sito |                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Verifiche e modellazioni al 1° grado di approfondimento                                                                                                     | <input type="checkbox"/> Analisi all’equilibrio limite in condizioni statiche (FS) e pseudo-statiche (FS <sub>PS</sub> )                                                   |                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Risultati al 1° grado di approfondimento                                                                                                                    | <input type="checkbox"/> FS <sub>PS</sub> ≥ 1.3<br><b>Fine approfondimento SITO STABILE</b>                                                                                | <input type="checkbox"/> 1.1 ≤ FS <sub>PS</sub> < 1.3<br>Obbligo del 2° grado di approfondimento                                                 | <input type="checkbox"/> FS <sub>PS</sub> < 1.1<br>Obbligo del 3° grado di approfondimento                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Indagini integrative minime obbligatorie al 2° grado di approfondimento                                                                                     |                                                                                                                                                                            | <input type="checkbox"/> Prove in sito per determinazione indiretta dei parametri di resistenza                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Verifiche e modellazioni al 2° grado di approfondimento                                                                                                     |                                                                                                                                                                            | <input type="checkbox"/> Stima dello spostamento atteso mediante relazioni empiriche disponibili in letteratura opportunamente scelte e motivate |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Risultati al 2° grado di approfondimento                                                                                                                    |                                                                                                                                                                            | <input type="checkbox"/> Spostamento ≤ 2 cm<br><b>Fine approfondimento SITO STABILE</b>                                                          | <input type="checkbox"/> Spostamento > 2 cm<br>Obbligo del 3° grado di approfondimento                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Indagini integrative minime obbligatorie al 3° grado di approfondimento                                                                                     |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                  | <input type="checkbox"/> Rilievo topografico di dettaglio<br><input type="checkbox"/> Indagine di sismica rifrazione<br><input type="checkbox"/> Indagini in sito di tipo diretto tramite sondaggio/i a carotaggio continuo<br><input type="checkbox"/> Prove in foro<br><input type="checkbox"/> Prove di laboratorio su campioni indisturbati |
| Verifiche e modellazioni al 3° grado di approfondimento                                                                                                     |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                  | <input type="checkbox"/> Analisi dinamiche semplificate (metodo degli spostamenti)                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Risultati al 3° grado di approfondimento                                                                                                                    |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                  | <input type="checkbox"/> Spostamento ≤ 5 cm<br><b>Fine approfondimento SITO STABILE</b><br><input type="checkbox"/> Spostamento > 5 e ≤ 15 cm<br><b>Verifica DI AMMISSIBILITA’ DELLO SPOSTAMENTO</b><br><input type="checkbox"/> Spostamento > 15 cm<br><b>OPERE DI SISTEMAZIONE E MITIGAZIONE DEL RISCHIO</b>                                  |
| <input type="checkbox"/> Eventuali verifiche di stabilità con metodi avanzati di analisi dinamica (da non intendere come sostitutivi dei metodi precedenti) |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

## ***MODULO 9: Approfondimento 5 relativo agli aspetti sismici (App5) – AMPLIFICAZIONE***

Nel caso di scenari PSL di tipo Z3, Z4 e relativi sottotipi (Tabella 1 p.to 2.1 Allegato 5 D.G.R. IX/2616), qualora l'analisi sismica di II° livello non fosse stata eseguita nel sito d'indagine, sebbene obbligatoria, o fosse stata eseguita ma il fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) risulti maggiore del valore di soglia comunale (FAS), \*previo specifica tolleranza ammessa dalla normativa regionale (Allegato 5 D.G.R. IX/2616); tali approfondimenti saranno da prevedere anche nel caso dello scenario PSL di tipo Z5 (Tabella 1 p.to 2.1 Allegato 5 D.G.R. IX/2616)

|                                                                         | 1° grado                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2° grado                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 3° grado                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Conoscenze minime obbligatorie al 1° grado di approfondimento           | <input checked="" type="checkbox"/> Modello sismo-stratigrafico del sito                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Verifiche e modellazioni al 1° grado di approfondimento                 | <input type="checkbox"/> Analisi di II° livello ai sensi dell'Allegato 5 DGR IX/2616 applicata al sito oggetto di intervento, previa verifica dei requisiti di applicabilità, ovvero:<br>1- Assenza di fenomeni 2D legati alla risonanza di bacino<br>2- Assenza di inversioni di velocità significative<br>3- Contrasti di impedenza sismica $< 3$<br>4- Valori di $V_{SH} > 250$ m/s                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Risultati al 1° grado di approfondimento                                | <input type="checkbox"/> $FAC \leq FAS^*$<br><b>Fine approfondimento</b><br>Compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo corrispondente al $V_{S30}$ misurato<br><br><input checked="" type="checkbox"/> $FAC > FAS^*$<br><b>Fine approfondimento</b><br>Non compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo superiore a quella corrispondente al $V_{S30}$ misurato | <input type="checkbox"/> $FAC > FAS^*$<br><br>Nel caso non siano disponibili schede di II° livello valide per la situazione investigata o nel caso si voglia aumentare il grado di accuratezza delle previsioni<br><br>2° grado di approfondimento                                                                                                                                                                                                                                                                               | <input type="checkbox"/> Non applicabilità dell'analisi di II° livello<br><br>Obbligo del 3° grado di approfondimento<br><br>Oppure nel caso<br><input type="checkbox"/> $FAC > FAS^*$<br>e nel caso si scelga di NON utilizzare la Categoria di Sottosuolo superiore a quella corrispondente al $V_{S30}$ misurato<br><br>3° grado di approfondimento |
| Indagini integrative minime obbligatorie al 2° grado di approfondimento |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <input type="checkbox"/> Indagine sismica di tipo MASW e/o rifrazione onde SH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Verifiche e modellazioni al 2° grado di approfondimento                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <input type="checkbox"/> Verifica ed integrazione del modello geofisico del sottosuolo e analisi numeriche, utilizzando gli accelerogrammi di input regionali e calcolo di FAC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Risultati al 2° grado di approfondimento                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <input type="checkbox"/> $FAC \leq FAS^*$<br><b>Fine approfondimento</b><br>Compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo corrispondente al $V_{S30}$ misurato<br><br><input type="checkbox"/> $FAC > FAS^*$<br><b>Fine approfondimento</b><br>Non compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo superiore a quella corrispondente al $V_{S30}$ misurato | Nel caso<br><br><input type="checkbox"/> $FAC > FAS^*$<br><br>e nel caso si scelga di NON utilizzare la Categoria di Sottosuolo superiore a quella corrispondente al $V_{S30}$ misurato<br><br>3° grado di approfondimento                                                                                                                             |
| Indagini integrative minime obbligatorie al 3° grado di approfondimento |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <input type="checkbox"/> Indagine di sismica superficiale combinata con più tecniche, compreso ARRAY2D con velocimetri ad acquisizione sincrona nei casi di substrato rigido posto a profondità maggiori di 20-30 m                                                                                                                                    |
| Verifiche e modellazioni al 3° grado di approfondimento                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <input type="checkbox"/> Analisi di risposta sismica locale con sets accelerometrici di input opportunamente selezionati (almeno due gruppi ciascuno da 7 accelerogrammi per SLV e SLD)                                                                                                                                                                |
| Risultati al 3° grado di approfondimento                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <input type="checkbox"/> Spettri di risposta elastici e/o accelerogrammi calcolati al piano di fondazione<br><b>Fine approfondimento</b>                                                                                                                                                                                                               |

### **MODULO 9: Approfondimento 5 relativo agli aspetti sismici (App5) – LIQUEFAZIONE**

Nel caso di scenari PSL di tipo Z2b (Tabella 1 p.to 2.1 Allegato 5 D.G.R. IX/2616) soggetti a fenomeni di liquefazione

|                                                                                                                                                             | 1° grado                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 2° grado                                                                                                                                                                                                                    | 3° grado                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Conoscenze minime obbligatorie al 1° grado di approfondimento                                                                                               | <input type="checkbox"/> Valore di Magnitudo massima attesa<br><input type="checkbox"/> Valore di $a_{max}$ in superficie<br><input type="checkbox"/> Soggiacenza della falda<br><input type="checkbox"/> Curva granulometrica e valori di resistenza penetrometrica normalizzata negli orizzonti non coesivi saturi presenti entro il volume significativo di sottosuolo |                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Verifiche e modellazioni al 1° grado di approfondimento                                                                                                     | <input type="checkbox"/> Valutazione dei requisiti per l'esclusione della verifica di sicurezza alla liquefazione                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Risultati al 1° grado di approfondimento                                                                                                                    | <input type="checkbox"/> Assenza dei fattori scatenanti e/o predisponenti<br><b>Fine approfondimento</b><br><b>SITO STABILE</b>                                                                                                                                                                                                                                           | <input type="checkbox"/> Presenza dei fattori scatenanti e predisponenti<br>Obbligo del 2° grado di approfondimento                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Indagini integrative minime obbligatorie al 2° grado di approfondimento                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <input type="checkbox"/> Prove in sito per la determinazione indiretta del parametro di resistenza ciclica CRR<br><input type="checkbox"/> Determinazione sperimentale della frazione di fine FC alle profondità di analisi |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Verifiche e modellazioni al 2° grado di approfondimento                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <input type="checkbox"/> Stima del coefficiente di sicurezza alla liquefazione (FL) tramite applicazione puntuale di metodi storico-empirici ad almeno 3 diverse profondità ritenute significative                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Risultati al 2° grado di approfondimento                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <input type="checkbox"/> $FL \geq 1.0$ (per tutti i punti d'analisi)<br><b>Fine approfondimento</b><br><b>SITO STABILE</b>                                                                                                  | <input type="checkbox"/> $FL < 1.0$ (per almeno un punto d'analisi)<br>Obbligo del 3° grado di approfondimento                                                                                                                                                                                                     |
| Indagini integrative minime obbligatorie al 3° grado di approfondimento                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                             | <input type="checkbox"/> Prove penetrometriche statiche con punta elettrica (CPTe) o piezocono (CPTu)                                                                                                                                                                                                              |
| Verifiche e modellazioni al 3° grado di approfondimento                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                             | <input type="checkbox"/> Stima dell'andamento del coefficiente di sicurezza alla liquefazione con la profondità tramite applicazione di metodi storico-empirici e calcolo del potenziale di liquefazione $I_L$ valido per una profondità critica almeno pari al volume significativo di sottosuolo                 |
| Risultati al 3° grado di approfondimento                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                             | <input type="checkbox"/> $I_L \leq 2.0$<br><b>Fine approfondimento</b><br><b>SITO STABILE</b><br><input type="checkbox"/> $2.0 < I_L \leq 5.0$<br><b>Verifica DI AMMISSIBILITA' DEL CEDIMENTO ATTESO STIMATO</b><br><input type="checkbox"/> $I_L > 5.0$<br><b>OPERE DI SISTEMAZIONE E MITIGAZIONE DEL RISCHIO</b> |
| <input type="checkbox"/> Eventuali verifiche di sicurezza con metodi avanzati di analisi dinamica (da non intendere come sostitutivi dei metodi precedenti) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |