

COMMITTENTE: AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI MORSANO AL TAGLIAMENTO

# LAVORI DI REALIZZAZIONE DELLA NUOVA SEDE DEL CORPO COMUNALE DI PROTEZIONE CIVILE - 2° STRALCIO

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

1 DOCUMENTAZIONE TECNICO-ECONOMICA

# 1.02

## RELAZIONE GEOLOGICA

| REVISIONI | DATA        | OGGETTO   | REDATTO DA         | VERIFICATO DA        |
|-----------|-------------|-----------|--------------------|----------------------|
| 4         | .           | .         | .                  | .                    |
| 3         | .           | .         | .                  | .                    |
| 2         | .           | .         | .                  | .                    |
| 1         | .           | .         | .                  | .                    |
| 0         | AGOSTO 2018 | EMISSIONE | Geol. P. Benedetti | Dott. ing. P. Truant |

PROGETTISTA : Dott. Ing. Pierino TRUANT



### TRUANT & ASSOCIATI SNC

Dott. Ing. Pierino TRUANT / Per. Ind. Ed. Mauro BERTUZZI / Geom. Walter MARCUZZI

Via Corridoni 9 - 33097 SPILIMBERGO (PN)

tel. 0427/41333 - fax 0427/51166

E-mail: [info@truantassociati.it](mailto:info@truantassociati.it)

***REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA***  
***PROVINCIA DI PORDENONE***  
***COMUNE DI MORSANO AL TAGLIAMENTO***



***RELAZIONE GEOLOGICA PRELIMINARE***

***LAVORI DI REALIZZAZIONE NUOVA SEDE DEL CORPO  
COMUNALE DI PROTEZIONE CIVILE***

***Committente:***

***Amministrazione Comunale di Morsano al Tagliamento (Pn)***

Geol. Pietro Benedetti  
via Roma 42 - 33056  
Morsano al Tagliamento (Ud)  
Tel.0431-58004  
Cell.335-6435056  
Email benedetti.pietro@alice.it

# Indice

|                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. GENERALITA'</b>                                        | <b>3</b>  |
| <b>2. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERVENTO</b>              | <b>4</b>  |
| <b>3. LINEAMENTI GEOLOGICI DELL'AREA</b>                     | <b>5</b>  |
| 3.1. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO                            | 5         |
| 3.2. DESCRIZIONE LITOLOGICA                                  | 7         |
| 3.3. OSSERVAZIONI IDROGEOLOGICHE ED IDROLOGICHE              | 8         |
| <b>4. INQUADRAMENTO SISMOLOGICO</b>                          | <b>9</b>  |
| 4.1. DEFINIZIONE DELLA ZONA SISMICA DI APPARTENENZA          | 9         |
| 4.2. ZONE SISMOGENETICHE DELL'AREA VENETO ORIENTALE-FRIULANA | 9         |
| 4.3. STORIA SISMICA DEL COMUNE DI MORSANO AL TAGLIAMENTO     | 11        |
| <b>5. INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE</b>                       | <b>12</b> |
| 5.1. SISMICA PASSIVA (HVSr)                                  | 12        |
| <b>6. CATEGORIA DI SUOLO E SISMICITÀ</b>                     | <b>22</b> |
| <b>7. INDAGINI GEOGNOSTICHE</b>                              | <b>27</b> |
| 7.1. PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT                        | 27        |
| 7.2. ATTREZZATURA E CARATTERISTICHE TECNICHE                 | 27        |
| 7.3. RISULTANZE E STRATIGRAFIA                               | 28        |
| <b>8. MODELLO GEOTECNICO</b>                                 | <b>29</b> |
| 8.1. PORTANZA DEI PALI (FORMULA DI DÖRR)                     | 30        |
| <b>9. CONCLUSIONI</b>                                        | <b>32</b> |

## Allegati a fine relazione:

- Corografia dell'area;
- Rapporto fotografico;
- P.A.I.R.;
- Grafici della prova eseguita.

## **1. GENERALITA'**

Su incarico dell' Amministrazione Comunale di Morsano al Tagliamento, è stata svolta una relazione geologica nell'area interessata dal progetto per lavori di realizzazione della nuova sede del Corpo Comunale di Protezione Civile; le risultanze dell'indagine geognostica sono riportate nella presente relazione.

Si svilupperanno i seguenti punti:

- inquadramento cartografico e geografico dell'area;
- descrizione geomorfologica, tettonica, idrogeologica e geolitologica dell'area;
- valutazione dei parametri geotecnici dei terreni di fondazione influenzati da un evento sismico.

Lo sviluppo dei punti citati si basa su:

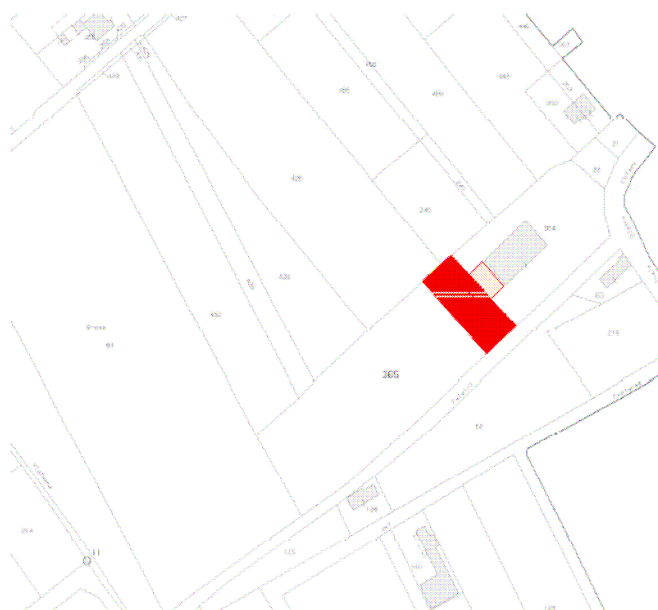
- un rilievo geologico nel sito in oggetto;
- esecuzione di una prova penetrometrica statica;
- esecuzione di una misura sismica passiva (HVSr);
- le risultanze dello "Studio geologico-tecnico" allegato al Piano Regolatore Comunale;
- i dati ricavati da "Cartografia geologica tematica del territorio provinciale" del Dott. geol. L. Broili, 1984.

## 2. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERVENTO

L'area si situa nel settore centrale del territorio comunale di Morsano al Tagliamento; la cartografia di riferimento è la seguente (Carta Tecnica Regionale del FVG):

- CTRN scala 1:5.000: 087143 “Roggia Velicogna”;
- CTRN scala 1:25.000: 087-SO “Rivignano”;
- Catasto del Comune di Morsano al Tagliamento, al Foglio 13 mappali 364-365.

A fine relazione si riporta la corografia dell'area d'indagine con l'ubicazione della prova penetrometrica statica eseguita.



### **3. LINEAMENTI GEOLOGICI DELL'AREA**

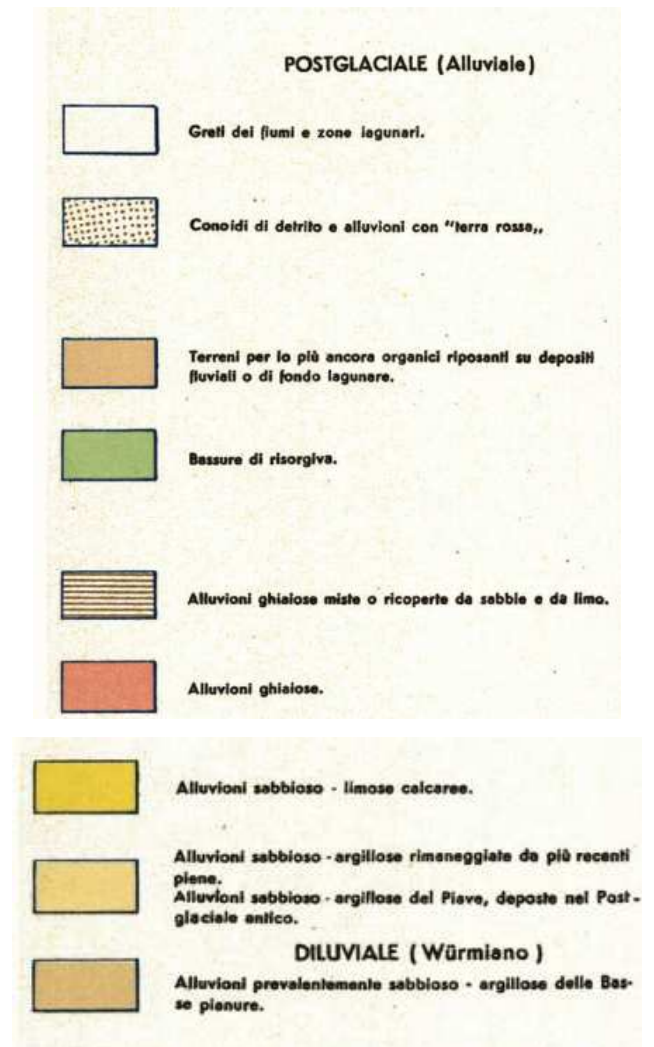
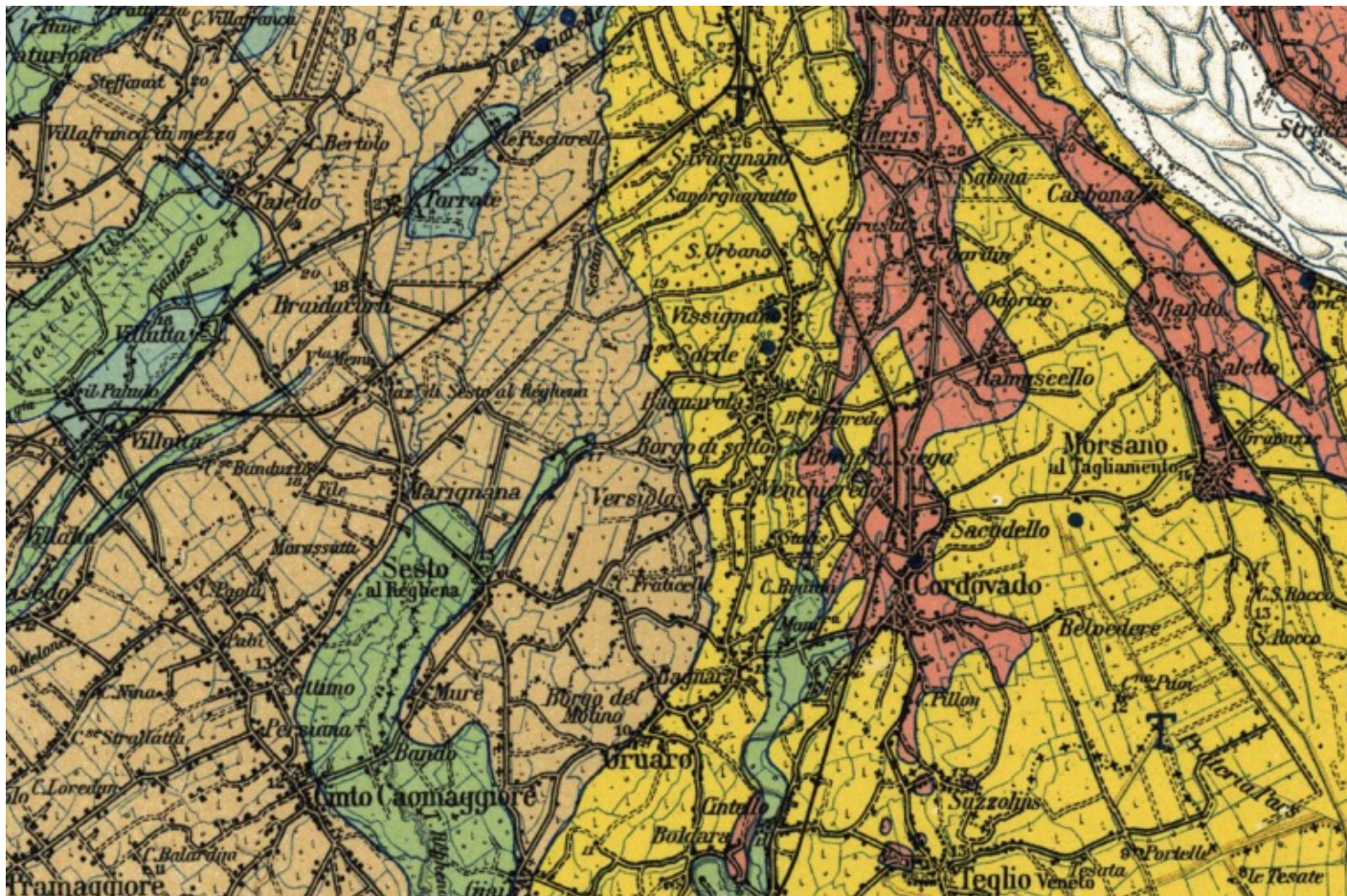
#### **3.1. Inquadramento geomorfologico**

Il territorio comunale di Morsano al Tagliamento è posto nella bassa pianura friulana occidentale, compresa tra i fiumi Livenza e Tagliamento. La morfologia è pianeggiante, con debole pendenza lungo la direttrice NS avente valore medio di circa 0,2%. Gli elementi idrografici sono caratterizzati dall'avere un regime torrentizio.

L'idrografia superficiale è caratterizzata dalla presenza del Fiume Tagliamento che delimita la porzione orientale del territorio comunale e da numerosi corsi d'acqua secondari di risorgiva e canali artificiali.

L'assetto del territorio Comunale di Morsano al Tagliamento è uniformemente piatto; l'area di progetto si attesta su quote mediamente di 14 m s.l.m.m.

# Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 FOGLIO 39 Pordenone



### **3.2. Descrizione litologica**

La disposizione del materiale fine, nel substrato più prossimo alla superficie, deriva dall'opera dei corsi di risorgiva in fase post glaciale.

Nell'insieme si tratta di un vasto sistema lenticolare di depositi limoso-argillosi che rappresentano quasi ovunque i termini prevalenti della piana alluvionale a sud della linea delle risorgive.

Nei termini più antichi la costituzione fisica e litologica si mantiene uniforme poiché deriva dal dilavamento del suolo di disfacimento locale dell'anfiteatro morenico e solo in minima parte dalla pianura, ad opera di corsi fluvio-glaciali.

Il complesso alluvionale appena descritto sovrasta una coltre di depositi quaternari, di natura sciolta a granulometria grossolana; in questi orizzonti, prevalentemente ghiaiosi, sono contenuti i serbatoi idrici interclusi fra spessi depositi argillosi che producono l'artesianesimo delle acque.

In generale, dal punto di vista litologico, il territorio comunale è caratterizzato:

- litologie superficiali differenziate lungo fasce aventi direzione NS definite da terreni prevalentemente sabbiosi alternati a terreni prevalentemente ghiaiosi;
- - litologie del sottosuolo fino a 9-10 m dal p.c.:
- dal capoluogo fino al confine comunale occidentale si rinvencono prevalentemente sabbie con limo ed argilla;
- nel settore centro-occidentale e meridionale si ha la presenza prevalente di ghiaie e sabbie con limo ed argilla (limo ed argilla > 25%);
- nel settore nord-orientale si rinvencono prevalentemente ghiaie e sabbie limoargillose (limo ed argilla > 25%).

### **3.3. Osservazioni idrogeologiche ed idrologiche**

In superficie, l'elemento idrologico più rilevante è la presenza del Fiume Tagliamento che delimita il territorio comunale ad Est. Questo fiume ha provocato, nell'alluvione del 1966, esondazioni su buona parte del territorio a causa della rottura degli argini poco a Ovest della frazione di San Paolo, favorita dalla forma ad ansa del fiume in questo tratto. Allo stato attuale l'argine sul Fiume Tagliamento si presenta in buone condizioni così da scongiurare, in futuro rischi di esondazioni, anche in caso di piene eccezionali.

Per la valutazione del rischio idraulico nei confronti del Fiume Tagliamento si fa riferimento al PAI del Bacino del Fiume Tagliamento TAVOLA 62 (D. Lgs. 152706): dalla tavola non risulta che l'area ricada tra quelle indicate con rischio idraulico.

Oltre al Fiume Tagliamento, l'idrologia di superficie è rappresentata anche da numerose rogge e canali che, generalmente, non pongono alcun rischio di esondazione sul territorio Comunale, tranne che per il tratto a valle della confluenza delle Rogge Molino, di Mezzo e Rio Ramon Chiaro che confluiscono in una unica roggia denominata "Roggia del Molino" la cui sezione, a valle della confluenza, non risulta adeguata a far transitare portate di 5,73 mc/s con possibili fenomeni di esondazione. Nei pressi del centro storico è presente la Roggia Vado.

Per quanto riguarda la falda idrica sotterranea, si ricorda che ci troviamo al disotto della fascia delle risorgive.

La falda è stata rilevata alla quota di -1.9 m, le variazioni stagionali non sono state rilevate.

In questo contesto, nel caso di terreni permeabili, il livello libero della falda è compreso normalmente tra 0 e 2 m dal p.c. con modeste oscillazioni stagionali.

## 4. INQUADRAMENTO SISMOLOGICO

### 4.1. Definizione della zona sismica di appartenenza

Sulla base della D.G.R. n. 845 del 6 maggio 2010 (B.U.R. 19/05/2010 n. 20) – *Classificazione delle zone sismiche e indicazione delle aree di alta e bassa sismicità ai sensi dell'art 3, comma 2, lett. a) della legge regionale n. 16/2009*, il comune di Morsano al Tagliamento è classificato come segue:

| Comune                 | Zona sismica | Area di Alta/Bassa sismicità | $a_g$ con $P_s(50 \text{ anni}) = 10\%$ o $T_r = 475 \text{ anni}$ |
|------------------------|--------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Morsano al Tagliamento | 3            | Bassa                        | $0,005 < a_g \leq 0,175$                                           |

Tab. 1 – Classificazione sismica secondo la D.G.R. n. 845 del 6 maggio 2010

### 4.2. Zone sismogenetiche dell'area Veneto Orientale-Friulana

Sulla base della zonazione sismogenetica denominata ZS9 realizzata dall'INGV nel 2004, contestualmente alla realizzazione della mappa della pericolosità sismica prevista dall'O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003, l'area Veneto Orientale Friulana è interessata dalle aree sismogenetiche identificate dai valori 904, 905 e 906 (Fig. 1) e legate all'interazione Adria-Europa. In particolare tali zone sono caratterizzate dalla massima convergenza tra le placche adriatica ed europea, da strutture a pieghe sud-vergenti del Sudalpino Orientale e faglie inverse associate e, nelle aree ad est del confine friulano, da faglie trascorrenti destre con direzione NW-SE (trend dinarico).

La tabella seguente riporta le caratteristiche geometriche principali di tali aree sismogenetiche in termini di meccanismo di *fagliazione principale* e *profondità efficace* definita come la profondità alla quale avviene il maggior numero di terremoti che determina la pericolosità sismica della zona.

| Zona sismogenetica | Meccanismo di fagliazione principale | Profondità efficace (km) |
|--------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| 904                | Faglia trascorrente                  | 7                        |
| 905                | Faglia inversa                       | 8                        |
| 906                | Faglia inversa                       | 8                        |

Tab. 2 – caratteristiche geometriche principali delle aree sismogenetiche di interesse dell'area Veneto Orientale-Friulana

Sulla base del *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2011 (CPTI11)* realizzato dall'INGV, nel quale sono contenuti i terremoti storici avvenuti entro il periodo temporale compreso tra il 1000 ed il 2006 d.C., è stato possibile estrarre i terremoti di magnitudo momento ( $M_w$ ) superiore a 5 il cui epicentro è localizzato entro l'area regionale od in prossimità della stessa. La sovrapposizione di tali terremoti con le aree sismogenetiche prima definite (Fig. 1) evidenzia che la sismicità dell'area è prevalentemente generata nella zona sismogenetica identificata con il valore 905, sede della forte attività sismica avvenuta nel 1976.

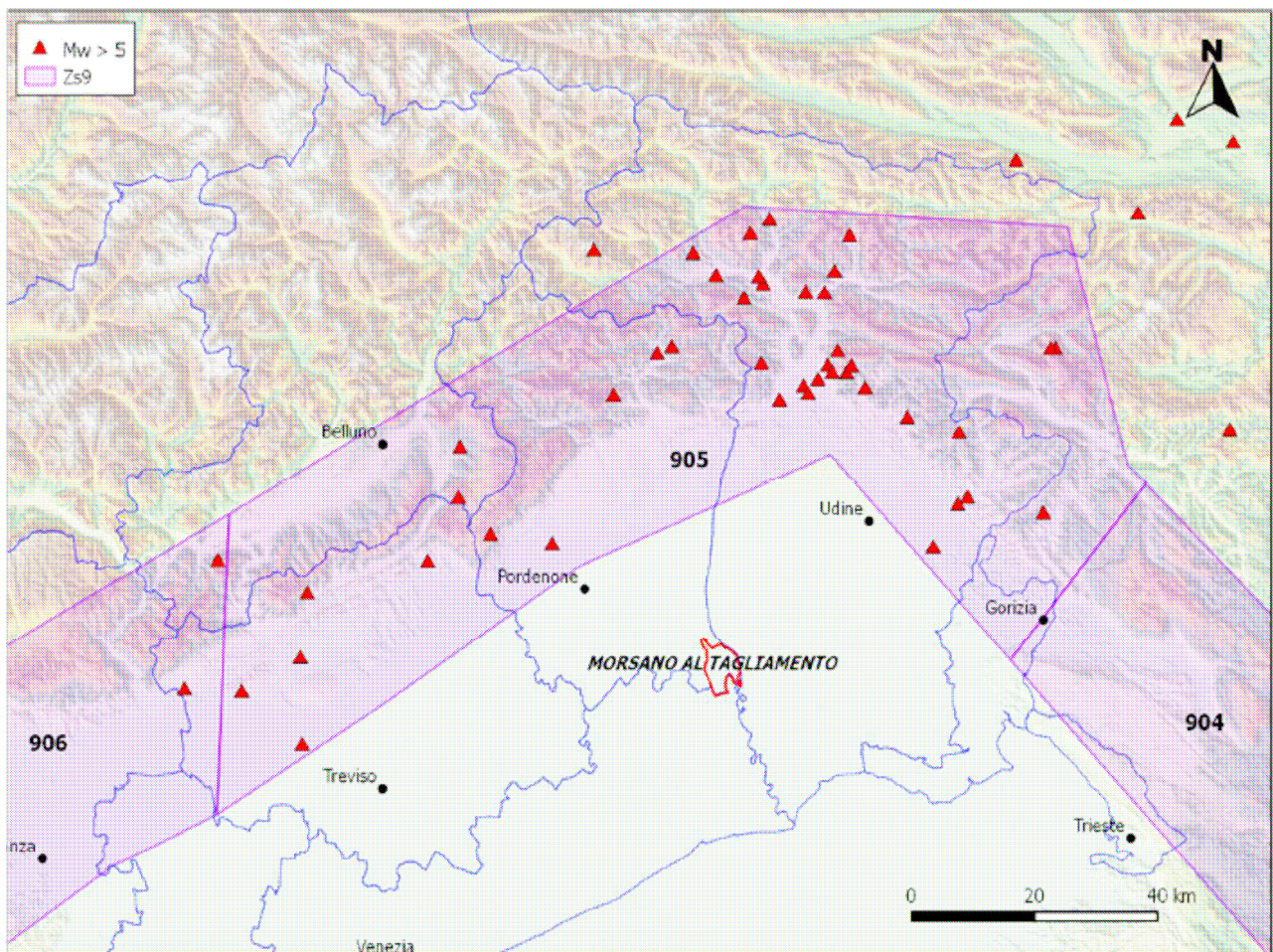


Fig. 1 – Aree sismogenetiche ricadenti nell'area Veneto Orientale-Friulana e sismicità storica

#### 4.3. Storia sismica del comune di Morsano al Tagliamento

Dalla Fig. 1 è possibile definire che il comune di Morsano al Tagliamento ricade a sud della zona sismogenetica identificata con il valore 905, sede della genesi, come è già stato definito precedentemente, della maggior parte della sismicità osservata in regione. Sulla base del database denominato *DBMI11* realizzato dall'INGV nel 2011 e contenente le osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico *CPTI11*, è stato possibile ricostruire la storia sismica del comune di Morsano al Tagliamento. In particolare in tale catalogo sono presenti 3 sismi che hanno generato degli effetti macrosismici nel comune di interesse. Tali sismi sono riportati nella tabella seguente, dove *I<sub>s</sub>* ed *I<sub>o</sub>* sono le intensità macrosismiche osservate rispettivamente nel comune in esame e nell'epicentro dell'evento ed espresse nella scala MCS ed *M<sub>w</sub>* è la magnitudo momento dell'evento. In particolare si può notare che le intensità macrosismiche storiche rilevate nel territorio comunale di Morsano al Tagliamento sono in genere di entità media con valore massimo pari al grado 7. Si aggiunge inoltre che tutti gli eventi sono associati alla zona sismogenetica identificata con 905 (Fig. 1) e sede della maggior parte dei terremoti che generano sismicità nella regione Friuli Venezia Giulia.

| Effetti | Terremoti   |                         |                      |                      |
|---------|-------------|-------------------------|----------------------|----------------------|
|         | <i>Anno</i> | <i>Area epicentrale</i> | <i>I<sub>o</sub></i> | <i>M<sub>w</sub></i> |
| 7       | 1976        | FRIULI                  | 9-10                 | 6,46                 |
| 4-5     | 1998        | SLOVENIA                |                      | 5,66                 |
| 4       | 2004        | ALPI GIULIE             |                      | 5,19                 |

## **5. INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE**

### **5.1. Sismica passiva (HVSR)**

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito e successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo Vs30 attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della

suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

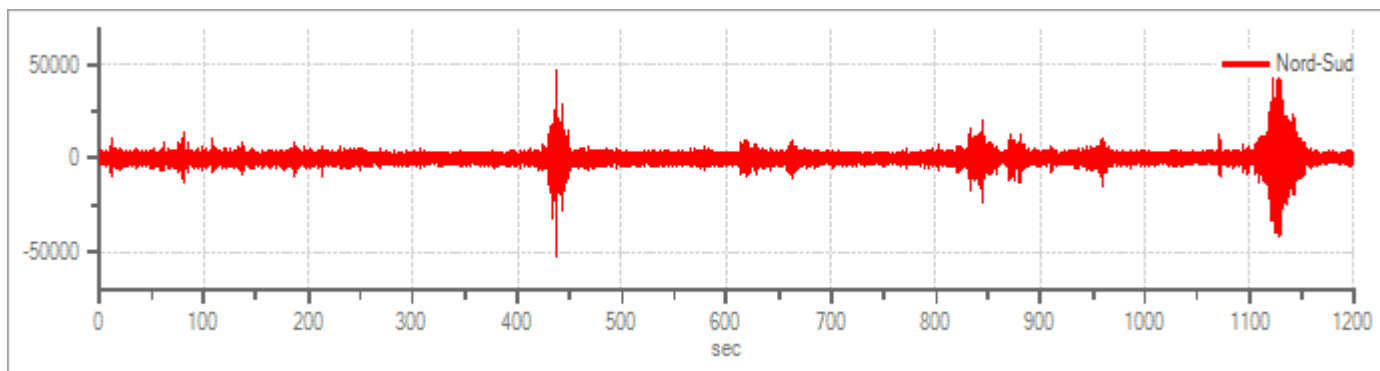
L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo Vs30.

## Tracce in input

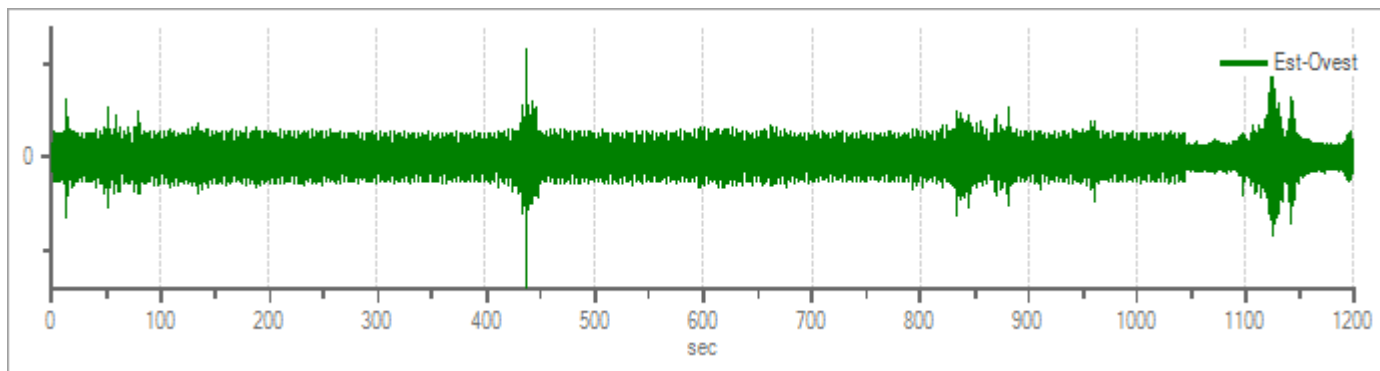
### Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3  
Durata registrazione: 1200 s  
Frequenza di campionamento: 500,00 Hz  
Numero campioni: 600000  
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

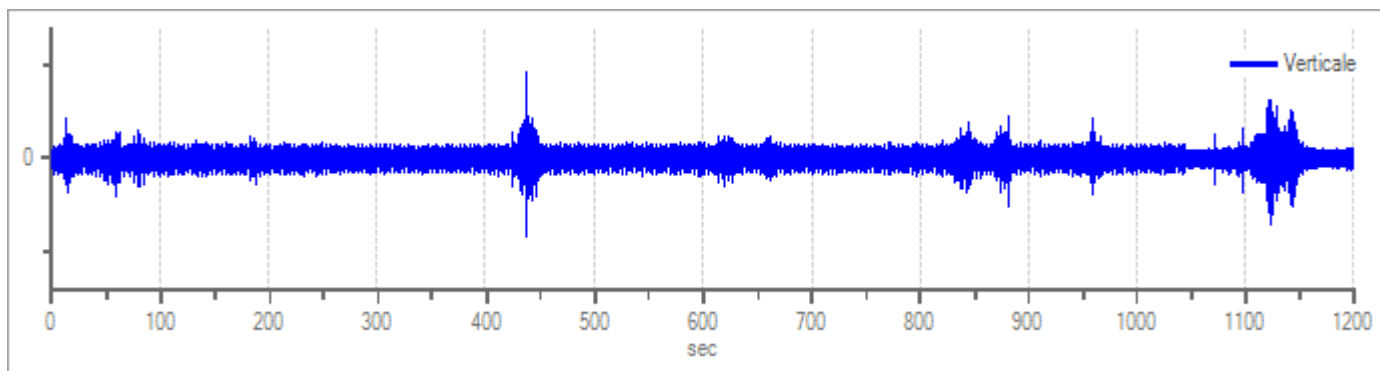
### Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

## Finestre selezionate

### Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate:54

Numero finestre incluse nel calcolo:54

Dimensione temporale finestre:20,000s

Tipo di lisciamento: Triangolare costante

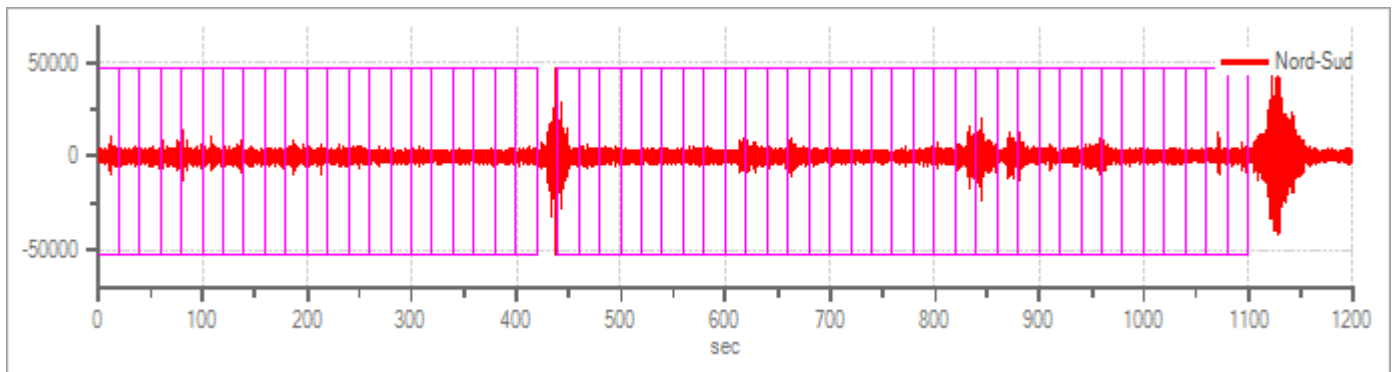
Percentuale di lisciamento: 5,00 %

### Tabella finestre:

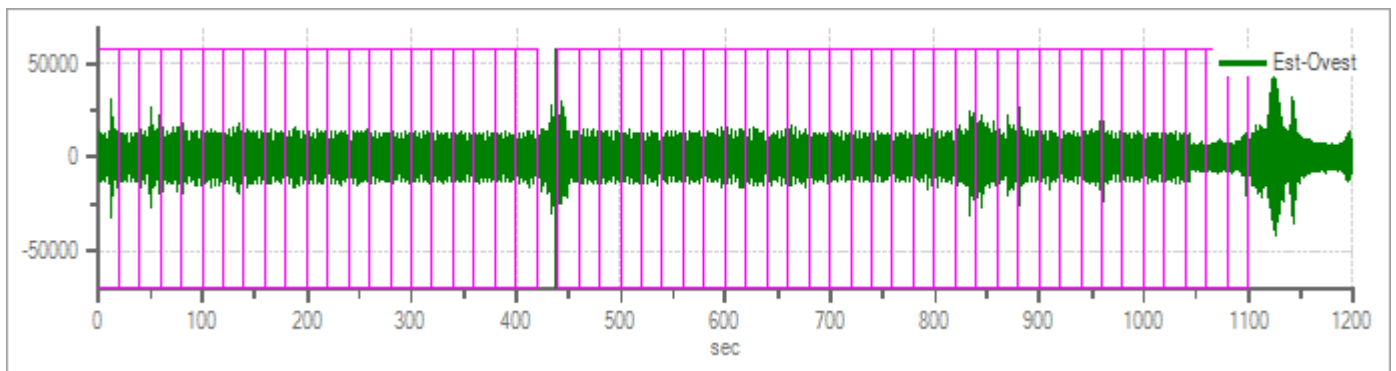
| Numero finestra | Istante iniziale | Istante finale | Selezione |
|-----------------|------------------|----------------|-----------|
| 1               | 0                | 20             | Inclusa   |
| 2               | 20               | 40             | Inclusa   |
| 3               | 40               | 60             | Inclusa   |
| 4               | 60               | 80             | Inclusa   |
| 5               | 80               | 100            | Inclusa   |
| 6               | 100              | 120            | Inclusa   |
| 7               | 120              | 140            | Inclusa   |
| 8               | 140              | 160            | Inclusa   |
| 9               | 160              | 180            | Inclusa   |
| 10              | 180              | 200            | Inclusa   |
| 11              | 200              | 220            | Inclusa   |
| 12              | 220              | 240            | Inclusa   |
| 13              | 240              | 260            | Inclusa   |
| 14              | 260              | 280            | Inclusa   |
| 15              | 280              | 300            | Inclusa   |
| 16              | 300              | 320            | Inclusa   |
| 17              | 320              | 340            | Inclusa   |
| 18              | 340              | 360            | Inclusa   |
| 19              | 360              | 380            | Inclusa   |
| 20              | 380              | 400            | Inclusa   |
| 21              | 400              | 420            | Inclusa   |
| 22              | 440              | 460            | Inclusa   |
| 23              | 460              | 480            | Inclusa   |
| 24              | 480              | 500            | Inclusa   |
| 25              | 500              | 520            | Inclusa   |
| 26              | 520              | 540            | Inclusa   |
| 27              | 540              | 560            | Inclusa   |
| 28              | 560              | 580            | Inclusa   |
| 29              | 580              | 600            | Inclusa   |
| 30              | 600              | 620            | Inclusa   |
| 31              | 620              | 640            | Inclusa   |
| 32              | 640              | 660            | Inclusa   |
| 33              | 660              | 680            | Inclusa   |
| 34              | 680              | 700            | Inclusa   |
| 35              | 700              | 720            | Inclusa   |

|    |      |      |         |
|----|------|------|---------|
| 36 | 720  | 740  | Inclusa |
| 37 | 740  | 760  | Inclusa |
| 38 | 760  | 780  | Inclusa |
| 39 | 780  | 800  | Inclusa |
| 40 | 800  | 820  | Inclusa |
| 41 | 820  | 840  | Inclusa |
| 42 | 840  | 860  | Inclusa |
| 43 | 860  | 880  | Inclusa |
| 44 | 880  | 900  | Inclusa |
| 45 | 900  | 920  | Inclusa |
| 46 | 920  | 940  | Inclusa |
| 47 | 940  | 960  | Inclusa |
| 48 | 960  | 980  | Inclusa |
| 49 | 980  | 1000 | Inclusa |
| 50 | 1000 | 1020 | Inclusa |
| 51 | 1020 | 1040 | Inclusa |
| 52 | 1040 | 1060 | Inclusa |
| 53 | 1060 | 1080 | Inclusa |
| 54 | 1080 | 1100 | Inclusa |

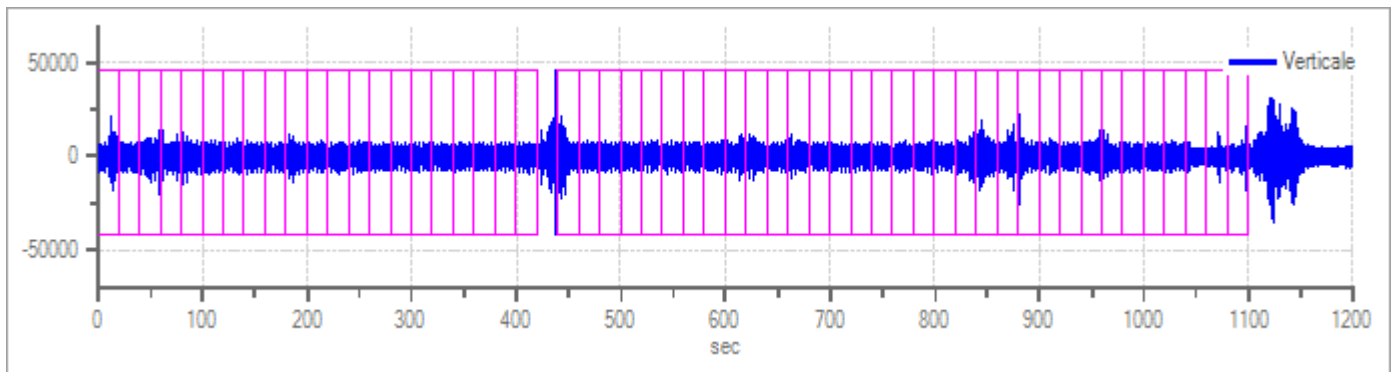
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

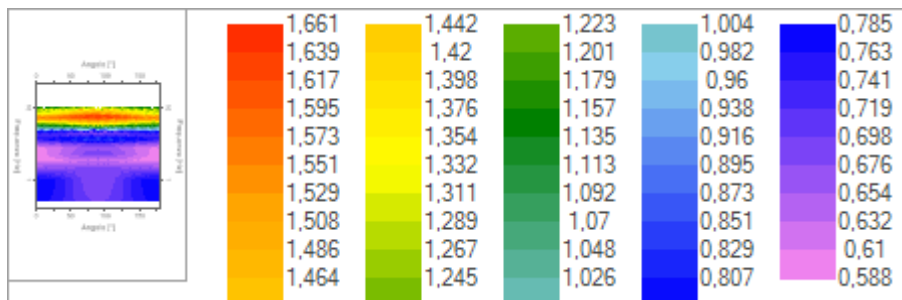
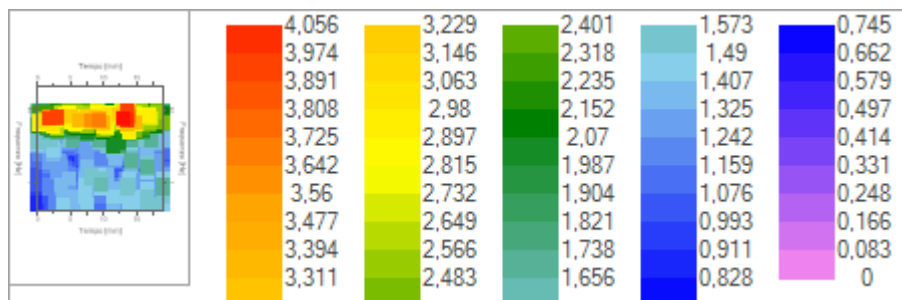
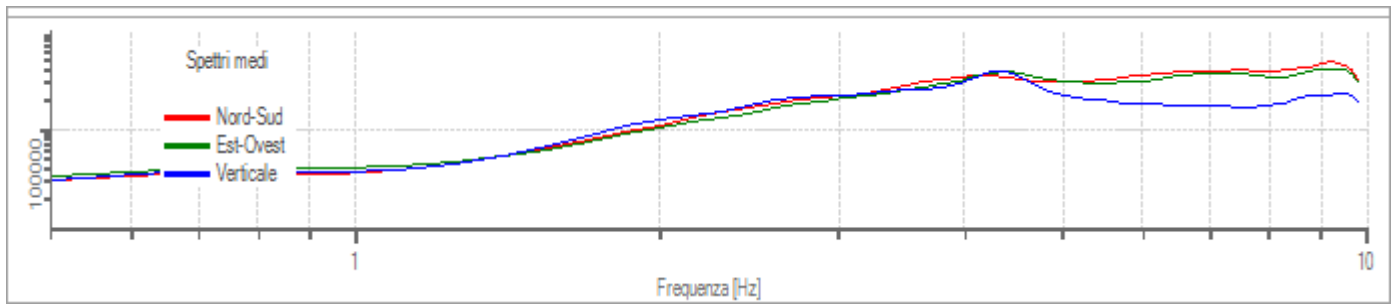


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest



Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

## Grafici degli spettri



## Rapporto spettrale H/V

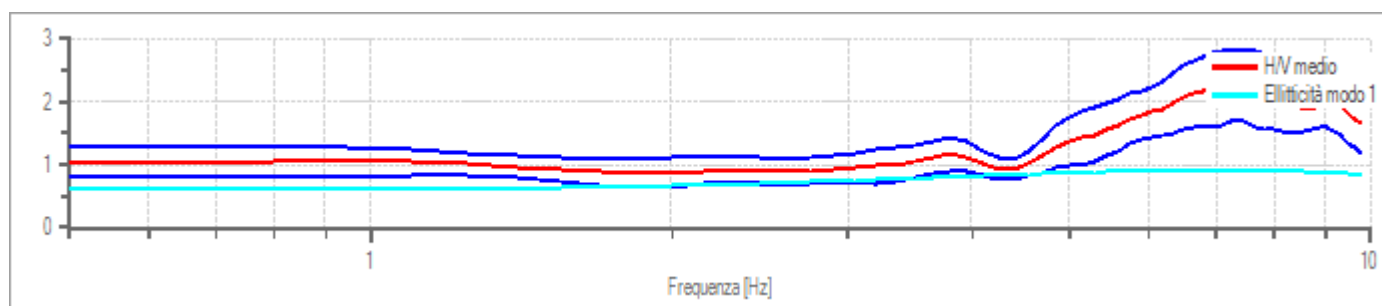
### Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 10,00 Hz  
 Frequenza minima: 0,50 Hz  
 Passo frequenze: 0,15 Hz  
 Tipo lisciamento: Triangolare costante  
 Percentuale di lisciamento: 5,00 %  
 Tipo di somma direzionale: Media quadratica

### Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 7,40 Hz  $\pm$  0,24 Hz

### Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

### Verifiche SESAME:

| Verifica                                                                | Esito        |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------|
| $f_0 > 10/l_w$                                                          | Ok           |
| $n_c(f_0) > 200$                                                        | Ok           |
| $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$ | Ok           |
| $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$ | Ok           |
| $\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$                | Ok           |
| $\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$          | Non superato |
| $A_0 > 2$                                                               | Ok           |
| $f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$                   | Ok           |
| $\sigma_f < \varepsilon(f)$                                             | Ok           |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$                                           | Ok           |

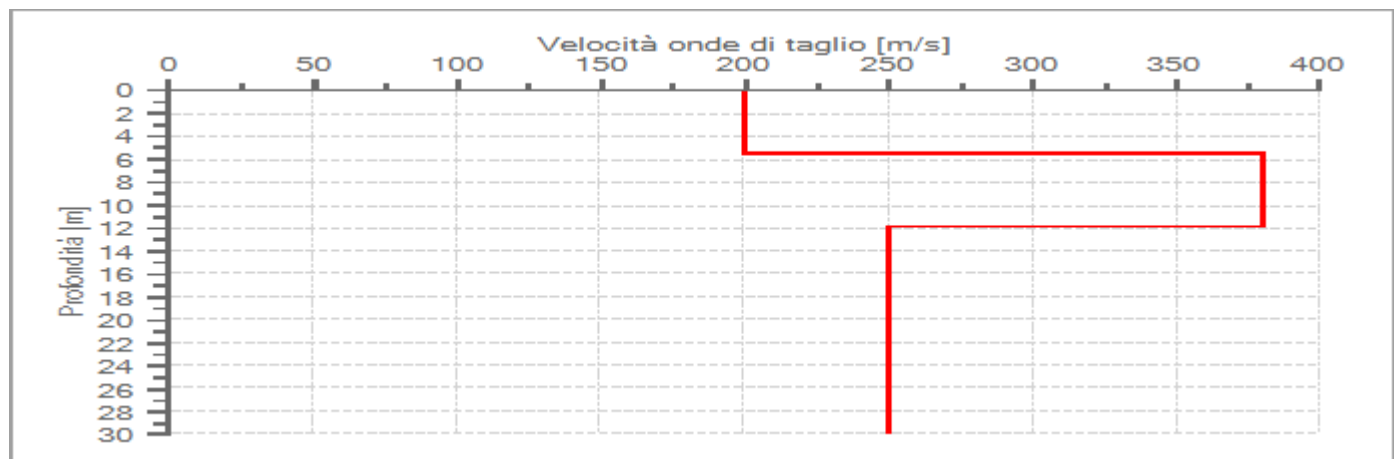
## Modello stratigrafico

### Dati riepilogativi:

Numero strati: 3  
 Frequenza del picco dell'ellitticità: 6,95 Hz  
 Valore di disadattamento: -1,00  
 Valore Vs30: 257,50 m/s

### Dati della stratigrafia:

| Strato | Profondità [m] | Spessore [m] | Peso per Unità di Vol. [kN/m <sup>3</sup> ] | Coeff. di Poisson | Velocità onde di taglio [m/s] |
|--------|----------------|--------------|---------------------------------------------|-------------------|-------------------------------|
| 1      | 0              | 5,4          | 19                                          | 0,3               | 200                           |
| 2      | 5,4            | 6,5          | 19                                          | 0,3               | 380                           |
| 3      | 11,9           | 18,1         | 19                                          | 0,3               | 250                           |



Profilo delle velocità delle onde di taglio.

## Stratigrafia di un pozzo eseguito in area limitrofa a quella di studio

| Scala 1:400 | Profondita' | Stratigrafia | Descrizione      | Potenza | Falda | Pozzo | Descr. pozzo | Quote |
|-------------|-------------|--------------|------------------|---------|-------|-------|--------------|-------|
|             | 0.70        |              | terreno vegetale | 0.70    |       |       |              |       |
| 4           | 2.03        |              | argilla          | 1.33    |       |       |              |       |
| 8           |             |              | ghiaia           | 9.87    |       |       |              |       |
| 12          | 11.90       |              |                  |         |       |       |              |       |
|             | 12.37       |              | sabbia grossa    | 0.47    |       |       |              |       |
| 16          | 15.00       |              | argilla          | 2.63    |       |       |              |       |
|             |             |              | sabbia grossa    | 2.93    |       |       |              |       |
| 20          | 17.93       |              | argilla          |         |       |       |              |       |
| 24          |             |              |                  | 8.44    |       |       |              |       |
| 28          | 26.37       |              | sabbia grossa    | 3.70    |       |       |              |       |
| 32          | 30.07       |              | ghiaia           | 9.10    |       |       |              |       |
| 36          |             |              |                  |         |       |       |              |       |
| 40          | 39.17       |              | argilla          | 2.85    |       |       |              |       |
| 44          | 42.02       |              | ghiaia           | 0.20    |       |       |              |       |
|             | 42.22       |              | argilla          | 0.55    |       |       |              |       |
|             | 42.77       |              | ghiaia           | 3.23    |       |       |              |       |
| 48          | 46.00       |              | argilla          | 4.00    |       |       |              |       |
|             | 50.00       |              |                  |         |       |       |              |       |

## 6. CATEGORIA DI SUOLO E SISMICITÀ

Relativamente alla risposta sismica del terreno, facendo riferimento alle norme attualmente vigenti si osserva che:

- ai sensi delle NTC 2008 (D.M. 14.01.2008) è necessario valutare la velocità equivalente delle onde "S" nel terreno e tenere conto della stratigrafia nei primi 30 metri di profondità secondo la relazione:

dove  $h_i$  è lo spessore di ogni singolo strato,  $V_i$  la sua velocità ed  $N$  il numero di strati presi in considerazione (da 1 a  $N$ ).

| NTC 2008  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CATEGORIA | SISMICITA'                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>A</b>  | <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di <math>V_{s,30}</math> superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>B</b>  | <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero <math>N_{SPT,30} &gt; 50</math> nei terreni a grana grossa e <math>C_{u,30} &gt; 250</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>            |
| <b>C</b>  | <i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero <math>15 &lt; N_{SPT,30} &lt; 50</math> nei terreni a grana grossa e <math>70 &lt; C_{u,30} &lt; 250</math> kPa nei terreni a grana fina).</i> |
| <b>D</b>  | <i>Depositi di terreni a grana grossa</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|           | <i>scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> inferiori a 180 m/s (ovvero <math>N_{SPT,30} &lt; 15</math> nei terreni a grana grossa e <math>C_{u,30} &lt; 70</math> kPa nei terreni a grana fina).</i> |
| <b>E</b>  | <i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con <math>V_s &gt; 800</math> m/s).</i>                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>S1</b> | <i>Depositi di terreni caratterizzati da valori di <math>V_{s,30}</math> inferiori a 100 m/s (ovvero <math>10 &lt; C_{u,30} &lt; 20</math> kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.</i>                                                                               |
| <b>S2</b> | <i>Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.</i>                                                                                                                                                                                                                                    |

Riferendosi alla prova penetrometrica effettuata e ai dati bibliografici a disposizione, è possibile assumere i seguenti parametri:

|                                                                          |                |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Zona sismica:                                                            | <b>Zona 3</b>  |
| Valore previsto per legge dell'accelerazione orizzontale massima $a_g$ : | <b>0.175 g</b> |
| Categoria del terreno:                                                   | <b>C</b>       |

le nuove NTC 2008 (D.M. 14.01.2008) prevedono, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, la distinzione dei terreni fondazionali in cinque categorie, indicate con le lettere da "A" ad "E", corrispondenti a profili stratigrafici del suolo di fondazione con caratteristiche meccaniche decrescenti (ulteriori due categorie con scadenti proprietà, definite "S1" ed "S2", richiederanno lo sviluppo di studi speciali ed accurati).

Elemento discriminante, nella valutazione dell'esatta categoria di appartenenza di un terreno, risulta la velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 metri di profondità, calcolata secondo la seguente relazione:

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} h_i / V_{S,i}}$$

La classificazione può essere inoltre basata sulla resistenza penetrometrica equivalente  $N_{SPT,30}$  e sulla resistenza non drenata equivalente  $c_{u,30}$  secondo le seguenti relazioni:

$$N_{SPT,30} = \frac{\sum_{i=1,M} h_i}{\sum_{i=1,M} h_i / N_{SPT,i}} \quad c_{u,30} = \frac{\sum_{i=1,K} h_i}{\sum_{i=1,K} h_i / c_{u,i}}$$

Nelle espressioni precedenti si indica con:

$h_i$  spessore (in metri) dell'i-esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;

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

$N_{SPT,i}$  numero di colpi  $N_{SPT}$  nell'i-esimo strato;

$c_{u,i}$  resistenza non drenata nell'i-esimo strato;

$N$  numero di strati compresi nei primi 30 m di profondità;

$M$  numero di strati di terreni a grana grossa compresi nei primi 30 m di profondità;

$K$  numero di strati di terreni a grana fina compresi nei primi 30 m di profondità.

Nel caso di sottosuoli costituiti da stratificazioni di terreni a grana grossa e a grana fina, distribuite con spessori confrontabili nei primi 30 m di profondità, ricadenti nelle categorie da A ad E, quando non si disponga di misure dirette della velocità delle onde di taglio si può procedere come segue:

- determinare  $N_{SPT,30}$  limitatamente agli strati di terreno a grana grossa compresi entro i primi 30 m di profondità;
- determinare  $c_{u,30}$  limitatamente agli strati di terreno a grana fina compresi entro i primi 30 m di profondità;
- individuare le categorie corrispondenti singolarmente ai parametri  $N_{SPT,30}$  e  $c_{u,30}$ ;
- riferire il sottosuolo alla categoria peggiore tra quelle individuate al punto precedente.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  (legate allo stato limite progettualmente definito), nel periodo di riferimento  $V_R$  ( $V_R = V_N \times C_U$  con  $V_N$  vita nominale e  $C_U$  coefficiente d'uso della struttura).

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale, i cui valori si riportano nella tabella seguente:

$a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;

$F_o$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

$T_C^*$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.



|                                                   |                                                         |                |              |                |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------|--------------|----------------|
| Latitudine (WGS84)                                | Longitudine (WGS84)                                     |                |              |                |
| 45.85681188                                       | 12.92575836                                             |                |              |                |
| Latitudine (ED50)                                 | Longitudine (ED50)                                      |                |              |                |
| 45.858563                                         | 12.926609                                               |                |              |                |
| Altitudine (mt) .....                             | 14                                                      |                |              |                |
| Classe dell'edificio                              | II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti |                |              |                |
| Vita Nominale Struttura .....                     | 50                                                      |                |              |                |
| Periodo di Riferimento per l'azione sismica ..... | 50                                                      |                |              |                |
| <b>Parametri di pericolosità Sismica</b>          |                                                         |                |              |                |
| Stato Limite                                      | $T_r$<br>[anni]                                         | $a_g/g$<br>[-] | $F_o$<br>[-] | $T^*_c$<br>[s] |
| Operatività                                       | 30                                                      | 0.037          | 2.612        | 0.235          |
| Danno                                             | 50                                                      | 0.048          | 2.526        | 0.270          |
| Salvaguardia Vita                                 | 475                                                     | 0.118          | 2.541        | 0.368          |
| Prevenzione Collasso                              | 975                                                     | 0.152          | 2.573        | 0.385          |

Via Dietro Chiesa, 20, 33075 Morsano al Tagliamento PN, Italia

## **7. INDAGINI GEOGNOSTICHE**

### **7.1. Prova penetrometrica statica CPT**

La prova CPT, eseguita, mira a caratterizzare la natura e lo spessore degli strati, che costituiscono il sottosuolo del sito e a fornire una stima della portanza del terreno.

L'andamento della variazione della resistenza alla penetrazione della punta ( $R_p$ ) con la profondità, consente di individuare la presenza di terreni a diversa consistenza. Le letture ai manometri sono state effettuate per tratte successive di 20 cm.

### **7.2. Attrezzatura e caratteristiche tecniche**

E' stato utilizzato un penetrometro semovente olandese tipo GOUDA della ditta Deep Drill, avente una portata nominale di 20 tonnellate.

Il contrasto viene attuato per ancoraggio al terreno, la punta utilizzata per la misura della resistenza alla penetrazione ( $R_p$  espressa in  $\text{Kg/cm}^2$ ) è di tipo conico Begemann con diametro di 35.7 mm e angolo di apertura di  $60^\circ$ , corrispondente ad un'area di punta di  $10 \text{ cm}^2$ . Essa è inoltre dotata di manicotto di attrito per la misura della resistenza laterale ( $R_l$ ); viene infissa a velocità di avanzamento costante ( $V = 2 \text{ cm/sec}$ ) tramite un dispositivo di spinta che agisce alternativamente su una batteria di aste esterna e su una interna, alla cui estremità inferiore è connessa la punta.

La costante di trasformazione del penetrometro è = 20.

### 7.3. Risultanze e stratigrafia

La prova è stata eseguita il giorno **10/08/2016** e la profondità di perforazione è stata di 6 metri.

A fine relazione si riportano i seguenti allegati grafici relativi alle prove eseguite:

- letture di campagna e valori di resistenza alla punta  $R_p$ , resistenza laterale  $R_l$  e rapporto frizionale  $R_p/R_l$ ;
- diagrammi di resistenza;
- valutazioni litologiche;
- tabelle dei parametri geotecnici.

La stratigrafia riscontrata è riassunta nella tabella successiva:

#### CPT 1

| Profondità (m) |      | Litologia                                        |
|----------------|------|--------------------------------------------------|
| 0.00           | 0.30 | Terreno di vegetale                              |
| 0.30           | 0.80 | Sabbia                                           |
| 0.80           | 5.40 | Limo e limo sabbioso alternato a torba e argilla |
| 5.40           | 6.60 | Ghiaia e sabbia grossolana                       |

## 8. MODELLO GEOTECNICO

Il seguente modello geotecnico rappresenta una semplificazione della stratigrafia della prova penetrometrica, la prova penetrometrica è stata eseguita alla quota di +0.60 rispetto alla quota del terreno di pertinenza del capannone.

Nella stratigrafia viene indicata la tipologia di terreno prevalente (granulare o coesiva) con i valori di coesione ed angolo d'attrito. Negli allegati sono riportate le tabelle dei parametri geotecnici della prova eseguita, individuati ogni 20 cm.

| Profondità (m) |      | Tipologia prevalente di terreno                                      | Coesione non drenata<br>$c_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Angolo di attrito<br>$\phi$ (°) |
|----------------|------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------|
| 0.00           | 0.30 | Terreno di vegetale                                                  | -                                                   | -                               |
| 0.30           | 0.80 | Sabbia (granulare)                                                   | -                                                   | 30°                             |
| 0.80           | 5.40 | Limo e limo sabbioso alternato a torba e argilla (coesivo/granulare) | 0.20-0.50                                           | 25°                             |
| 5.40           | 6.60 | Ghiaia e sabbia grossolana (granulare)                               | -                                                   | 33°-40°                         |

I terreni alle quote comprese tra -1.00 m e -5.20 m, non presentano buone caratteristiche geotecniche (torbe, limi sabbiosi ed argille alternate).

Si propone la realizzazione di fondazioni indirette (Pali trivellati), nelle pagine successive viene valuta l'ipotesi progettuale.

### 8.1. Portanza dei pali (formula di DÖRR)

Tramite la formula di Dörr, si può calcolare il carico gravante sul tratto di palo compreso in un determinato strato; il carico si ottiene sommando la resistenza alla punta ( $Q_p$ ) e la resistenza laterale ( $Q_l$ )

#### Cedimenti e portanza dei pali

Il calcolo dei cedimenti teorici, esteso all'intero banco comprimibile, è stato valutato nell'ipotesi di fondazione a pali trivellati per un carico ipotetico di 60 T

*Portanza dei pali trivellati fino a profondità di 6-6.5 m dalla quota del piano campagna del magazzino comunale attuale (a -0.6 m dalla quota 0,0 della prova CPT).*

| <i>Tipo fondazione</i> | <i>Peso gravante su ogni palo</i> | <i>Diametro palo</i> | <i>Profondità palo</i> |
|------------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------|
| <i>Pali trivellati</i> | <i>60 T</i>                       | <i>300 mm</i>        | <i>6,0 m</i>           |

| <b>Profondità</b>  | <b>Coesione non drenata<br/><math>c_u</math> (Kg/cm<sup>2</sup>)</b> | <b>Angolo di attrito<br/><math>\phi</math> (°)</b> | <b>Tipo di terreno</b>     |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------|
| Da -5.40 a -6.60 m | 0.0                                                                  | 33°-40°                                            | Ghiaia in matrice sabbiosa |

Gli strati limo-argillosi, individuati con la prova penetrometrica da 1.00 m a 5.40 metri, presentano scadenti caratteristiche geotecniche e con l'utilizzo dei pali non si andrà a scaricare il peso dell'edificio su tale strato.

Dalle verifiche effettuate risulta che i cedimenti risultano ammissibili e contenuti nell'ordine del centimetro.

La lunghezza del palo sopra definita può garantire portate di 45 T per singolo palo.

La portata, comunque, andrà valutata in base alla tipologia di palo che verrà scelta e dovrà essere certificata dall'impresa esecutrice per mezzo delle prove di

carico previste dalla vigente normativa. Nel rispetto di quanto sopra esposto, si afferma che le condizioni geologiche del sito sono compatibili con quanto previsto in progetto.

## 9. CONCLUSIONI

A compendio della presente relazione, si dichiara quanto segue:

- Il sito risulta idoneo per la realizzazione dell'edificio in progetto;
- la stratigrafia del terreno fa evidenziare prevalenza di depositi con mediocri caratteristiche geotecniche al di sotto della profondità di 1.00 metro;
- la litologia ghiaiosa-sabbiosa, presente da 5.4 a 6.60 m, con  $\phi=33^{\circ}-40^{\circ}$ , garantisce una buona portanza, compatibile con il progetto dell'edificio;
- la falda è stata misurata alla quota di -1.90 metri, in caso di forte piovosità, si ipotizza che possa raggiungere quote prossime al piano campagna;
- considerando i risultati stratigrafici-geotecnici, sono esclusi fenomeni di liquefazione, in quanto i materiali granulari in falda sono sufficientemente addensati oppure frammisti a materiale limoso-argilloso;
- ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si dichiara che la Categoria di Sottosuolo è di tipo **C**, come da risultati di indagine sismica appositamente effettuata;
- dalla mappa del P.A.I.R., risulta che l'area non è inserita tra le aree a rischio idrogeologico.

Palazzolo dello Stella: 07/09/2016

▪ Allegato 1: *Corografia dell'area*



▪ Allegato 2: *Rapporto fotografico*

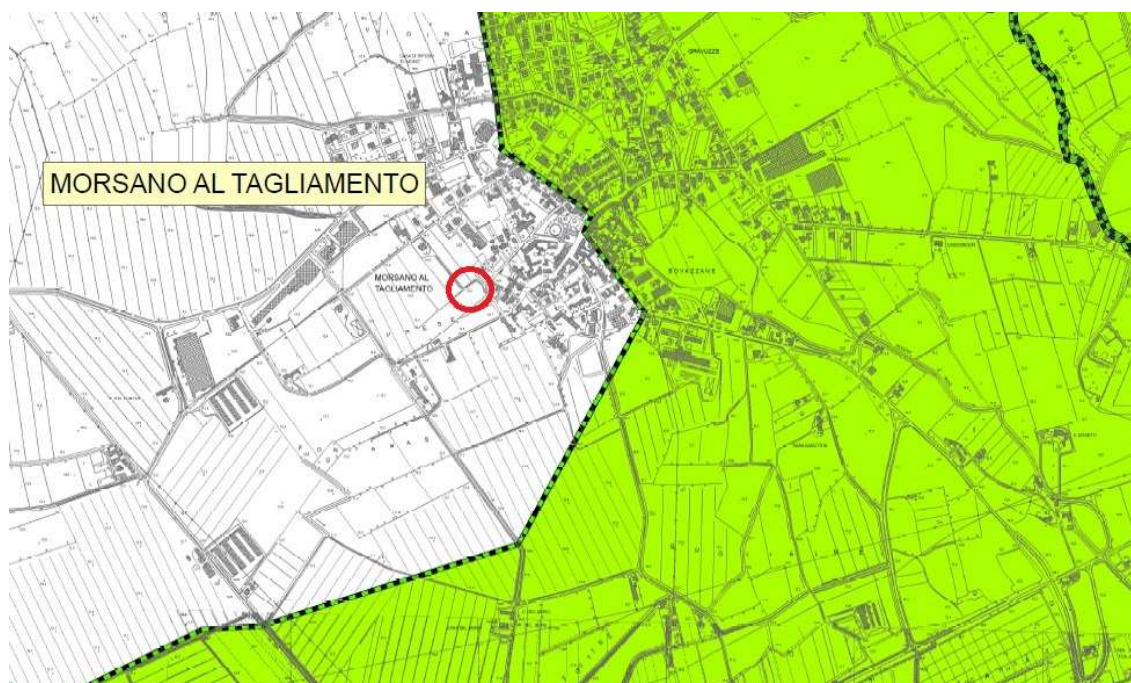
Ubicazione CPT1



Ubicazione HVSR



## Allegato 3: P.A.I. Tagliamento



## Allegato 4: Grafici delle prove eseguite

### Legenda

PARAMETRI GEOTECNICI (validità orientativa) - simboli - correlazioni - bibliografia

$\gamma'$  - peso dell'unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni:  $\gamma' - R_p$  - natura] (Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982)

$\sigma'_{vo}$  - tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di  $\gamma'$ )

$C_u$  - coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni:  $C_u - R_p$ ] (Raccomandazioni A.G.I. 1977 - Ricceri et al. 1974 Marsland et al. 1974/1979)

OCR - grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlaz.: OCR -  $C_u - \sigma'_{vo}$ ] (Ladd et al. 1972/1974/1977 - Lancellotta 1983)

Eu - modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [corr.: Eu-Cu-OCR- $I_p$  ( $I_p$ =ind.plast.)]

Eu50 - Eu25 corrisp.rispett.a un grado di mobilit.dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)

$E'$  - modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni:  $E' - R_p$ ]

E'50 - E'25 mobilitazione sforzo deviatorico 50-25% (coeff.sicurezza F = 2-4 rispettivamente) (Schmertmann 1970/1978 - Jamiolkowski et al. 1983)

Mo - modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [corr.: Mo -  $R_p$  - natura] (Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)

Dr - densità relativa (terreni granulari N.C. - norm.consol.) [correlazioni: Dr -  $R_p - \sigma'_{vo}$ ] (Schmertmann 1976)

$\phi'$  - angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl.:  $\phi' - Dr - R_p - \sigma'_{vo}$ ] (Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956/1976)

$\phi_{1s}$  - (Schmertmann) sabbia fine uniforme       $\phi_{2s}$  - sabbia media uniforme/ fine ben graduata

$\phi_{3s}$  - sabbia grossa uniforme/media ben gradata       $\phi_{4s}$  - sabbia-ghiaia poco limosa/ghiaietto uniforme

$\phi_{dm}$  - (Durgunoglu-Mitchell) sabbie N.C.       $\phi_{my}$  - (Meyerhof) sabbie limose

Amax - accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari) (g = accelerazione gravità) (Seed & Idriss 1971 - Siro 1976) [correlazioni: (Amax/g) - Dr]

Il programma consente di apportare eventuali modifiche alle correlazioni fornite dai vari Autori.

**LITOLOGIA**

MODIFICA
CHIUDI

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| TORBE ED ARGILLE ORGANICHE    |  |
| LIMI ED ARGILLE               |  |
| LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE |  |
| SABBIE E SABBIE CON GHIAIA    |  |

# PROVA PENETROMETRICA STATICA

## LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

**CPT 559**

3.010496-133

|                     |                                  |                  |                        |
|---------------------|----------------------------------|------------------|------------------------|
| - committente:      | Comune di MORSANO AL TAGLIAMENTO | - data prova :   | 07/09/2016             |
| - lavoro:           | CPT1 - sede Protezione Civile    | - quota inizio : | Piano Campagna         |
| - località:         | MORSANO AL TAGLIAMENTO (Pn)      | - prof. falda :  | 1.90 m da quota inizio |
| - resp. cantiere:   |                                  | - data emiss. :  | 07/09/2016             |
| - assist. cantiere: |                                  |                  |                        |

| prf         | LP   | LL   | Rp                 | RL                 | Rp/RI | prf         | LP    | LL    | Rp                 | RL                 | Rp/RI |
|-------------|------|------|--------------------|--------------------|-------|-------------|-------|-------|--------------------|--------------------|-------|
| m           | -    | -    | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | -     | m           | -     | -     | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | -     |
| 0.20        | 29.0 | 33.0 | 58.0               | 0.80               | 72.0  | 3.60        | 2.0   | 3.0   | 4.0                | 0.27               | 15.0  |
| 0.40        | 24.0 | 30.0 | 48.0               | 0.93               | 51.0  | 3.80        | 3.0   | 5.0   | 6.0                | 0.27               | 22.0  |
| 0.60        | 20.0 | 27.0 | 40.0               | 0.93               | 43.0  | <b>4.00</b> | 3.0   | 5.0   | 6.0                | 0.13               | 45.0  |
| 0.80        | 30.0 | 37.0 | 60.0               | 1.33               | 45.0  | 4.20        | 3.0   | 4.0   | 6.0                | 0.27               | 22.0  |
| <b>1.00</b> | 17.0 | 27.0 | 34.0               | 1.33               | 25.0  | 4.40        | 2.0   | 4.0   | 4.0                | 0.27               | 15.0  |
| 1.20        | 10.0 | 20.0 | 20.0               | 1.20               | 17.0  | 4.60        | 2.0   | 4.0   | 4.0                | 0.27               | 15.0  |
| 1.40        | 6.0  | 15.0 | 12.0               | 0.53               | 22.0  | 4.80        | 5.0   | 7.0   | 10.0               | 0.13               | 75.0  |
| 1.60        | 3.0  | 7.0  | 6.0                | 0.40               | 15.0  | <b>5.00</b> | 5.0   | 6.0   | 10.0               | 0.40               | 25.0  |
| 1.80        | 5.0  | 8.0  | 10.0               | 0.53               | 19.0  | 5.20        | 5.0   | 8.0   | 10.0               | 1.33               | 7.0   |
| <b>2.00</b> | 4.0  | 8.0  | 8.0                | 0.13               | 60.0  | 5.40        | 40.0  | 50.0  | 80.0               | 0.40               | 200.0 |
| 2.20        | 4.0  | 5.0  | 8.0                | 0.27               | 30.0  | 5.60        | 41.0  | 44.0  | 82.0               | 0.40               | 205.0 |
| 2.40        | 3.0  | 5.0  | 6.0                | 0.27               | 22.0  | 5.80        | 50.0  | 53.0  | 100.0              | 0.40               | 250.0 |
| 2.60        | 3.0  | 5.0  | 6.0                | 0.13               | 45.0  | <b>6.00</b> | 50.0  | 53.0  | 100.0              | 0.40               | 250.0 |
| 2.80        | 3.0  | 4.0  | 6.0                | 0.13               | 45.0  | 6.20        | 80.0  | 83.0  | 160.0              | 0.67               | 240.0 |
| <b>3.00</b> | 2.0  | 3.0  | 4.0                | 0.13               | 30.0  | 6.40        | 150.0 | 155.0 | 300.0              | 0.67               | 450.0 |
| 3.20        | 3.0  | 4.0  | 6.0                | 0.27               | 22.0  | 6.60        | 140.0 | 145.0 | 280.0              | -----              | ----  |
| 3.40        | 3.0  | 5.0  | 6.0                | 0.13               | 45.0  |             |       |       |                    |                    |       |

- PENETROMETRO STATICO tipo da 20 t - (con anello allargatore) -  
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 20 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
- punta meccanica tipo Begemann  $\phi = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
- manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

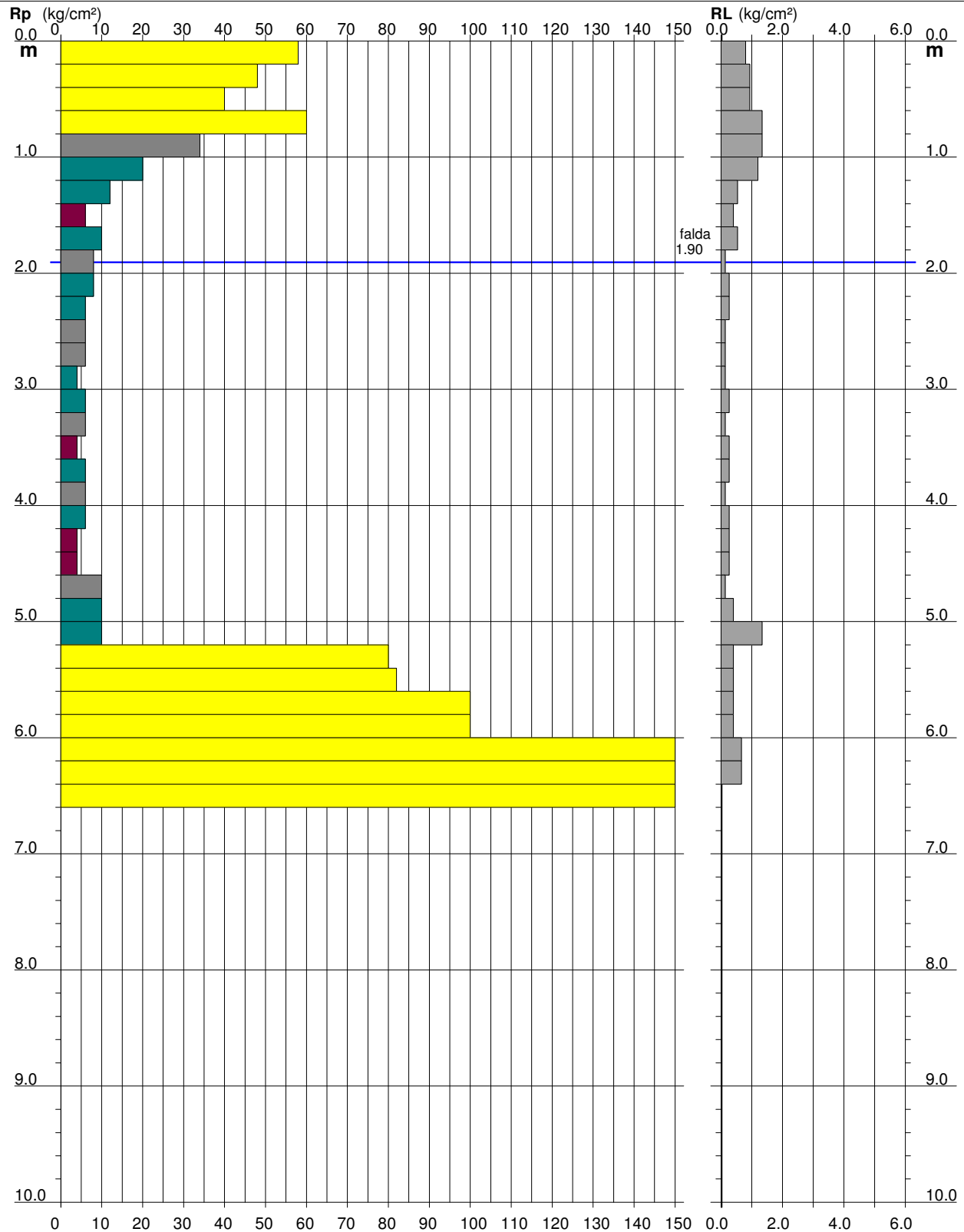
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 559

3.010496-133

- committente: Comune di MORSANO AL TAGLIAMENTO  
- lavoro: CPT1 - sede Protezione Civile  
- località: MORSANO AL TAGLIAMENTO (Pn)  
- resp. cantiere:  
- assist. cantiere:

- data prova : 07/09/2016  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 1.90 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 50  
- data emiss. : 07/09/2016



# PROVA PENETROMETRICA STATICA

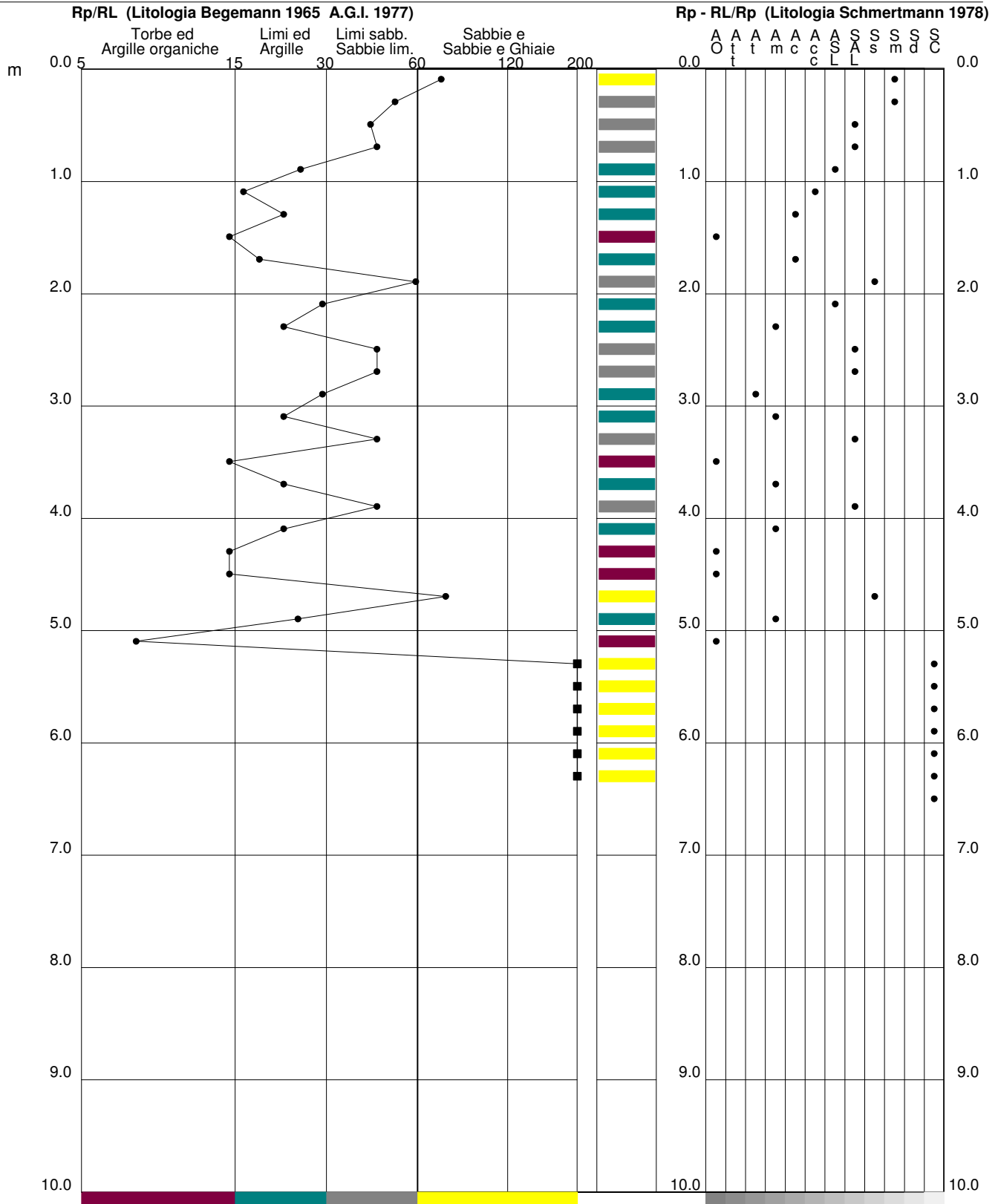
## VALUTAZIONI LITOLOGICHE

**CPT 559**

3.010496-133

- committente: Comune di MORSANO AL TAGLIAMENTO  
 - lavoro: CPT1 - sede Protezione Civile  
 - località: MORSANO AL TAGLIAMENTO (Pn)  
 - resp. cantiere:  
 - assist. cantiere:

- data prova : 07/09/2016  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1.90 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 50  
 - data emiss. : 07/09/2016



# PROVA PENETROMETRICA STATICA

## TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

**CPT 559**

3.010496-133

- committente: Comune di MORSANO AL TAGLIAMENTO  
 - lavoro: CPT1 - sede Protezione Civile  
 - località: MORSANO AL TAGLIAMENTO (Pn)  
 - resp. cantiere:  
 - assist. cantiere:

- data prova : 07/09/2016  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1.90 m da quota inizio  
 - data emiss. : 07/09/2016

| NATURA COESIVA |              |              |                  |            |                |              |            |                |                |              | NATURA GRANULARE |            |            |            |            |            |            |               |                |                |              |
|----------------|--------------|--------------|------------------|------------|----------------|--------------|------------|----------------|----------------|--------------|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------|----------------|----------------|--------------|
| Prof.<br>m     | Rp<br>kg/cm² | Rp/Rl<br>(-) | Natura<br>Litol. | Y'<br>t/m³ | p'vo<br>kg/cm² | Cu<br>kg/cm² | OCR<br>(-) | Eu50<br>kg/cm² | Eu25<br>kg/cm² | Mo<br>kg/cm² | Dr<br>%          | ø1s<br>(°) | ø2s<br>(°) | ø3s<br>(°) | ø4s<br>(°) | ødm<br>(°) | ømy<br>(°) | Amax/g<br>(-) | E'50<br>kg/cm² | E'25<br>kg/cm² | Mo<br>kg/cm² |
| 0.20           | 58           | 72           | 3:::             | 1.85       | 0.04           | --           | --         | --             | --             | --           | 100              | 42         | 43         | 45         | 46         | 45         | 31         | 0.258         | 97             | 145            | 174          |
| 0.40           | 48           | 51           | 3:::             | 1.85       | 0.07           | --           | --         | --             | --             | --           | 100              | 42         | 43         | 45         | 46         | 45         | 31         | 0.258         | 80             | 120            | 144          |
| 0.60           | 40           | 43           | 3:::             | 1.85       | 0.11           | --           | --         | --             | --             | --           | 94               | 41         | 43         | 44         | 46         | 43         | 30         | 0.237         | 67             | 100            | 120          |
| 0.80           | 60           | 45           | 3:::             | 1.85       | 0.15           | --           | --         | --             | --             | --           | 100              | 42         | 43         | 45         | 46         | 43         | 32         | 0.258         | 100            | 150            | 180          |
| 1.00           | 34           | 25           | 4/:/:            | 1.85       | 0.19           | 1.13         | 60.5       | 193            | 289            | 102          | 76               | 39         | 40         | 42         | 44         | 40         | 29         | 0.178         | 57             | 85             | 102          |
| 1.20           | 20           | 17           | 4/:/:            | 1.85       | 0.22           | 0.80         | 31.2       | 136            | 204            | 60           | 53               | 35         | 38         | 40         | 42         | 36         | 27         | 0.113         | 33             | 50             | 60           |
| 1.40           | 12           | 22           | 2///             | 1.85       | 0.26           | 0.57         | 16.9       | 97             | 146            | 45           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 1.60           | 6            | 15           | 1***             | 1.85       | 0.30           | 0.30         | 6.4        | 16             | 24             | 9            | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 1.80           | 10           | 19           | 2///             | 1.85       | 0.33           | 0.50         | 10.4       | 85             | 128            | 40           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 2.00           | 8            | 60           | 4/:/:            | 0.84       | 0.35           | 0.40         | 7.4        | 86             | 129            | 35           | 11               | 30         | 33         | 36         | 39         | 29         | 26         | 0.022         | 13             | 20             | 24           |
| 2.20           | 8            | 30           | 4/:/:            | 0.84       | 0.37           | 0.40         | 7.0        | 92             | 138            | 35           | 10               | 29         | 32         | 35         | 39         | 28         | 26         | 0.020         | 13             | 20             | 24           |
| 2.40           | 6            | 22           | 2///             | 0.82       | 0.38           | 0.30         | 4.6        | 107            | 160            | 29           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 2.60           | 6            | 45           | 4/:/:            | 0.82       | 0.40           | 0.30         | 4.4        | 111            | 167            | 29           | --               | 28         | 31         | 35         | 38         | 26         | 26         | --            | 10             | 15             | 18           |
| 2.80           | 6            | 45           | 4/:/:            | 0.82       | 0.42           | 0.30         | 4.2        | 116            | 174            | 29           | --               | 28         | 31         | 35         | 38         | 26         | 26         | --            | 10             | 15             | 18           |
| 3.00           | 4            | 30           | 4/:/:            | 0.80       | 0.43           | 0.20         | 2.4        | 107            | 161            | 20           | --               | 28         | 31         | 35         | 38         | 25         | 25         | --            | 7              | 10             | 12           |
| 3.20           | 6            | 22           | 2///             | 0.82       | 0.45           | 0.30         | 3.8        | 126            | 189            | 29           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 3.40           | 6            | 45           | 4/:/:            | 0.82       | 0.46           | 0.30         | 3.6        | 131            | 197            | 29           | --               | 28         | 31         | 35         | 38         | 26         | 26         | --            | 10             | 15             | 18           |
| 3.60           | 4            | 15           | 1***             | 0.46       | 0.47           | 0.20         | 2.1        | 24             | 35             | 6            | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 3.80           | 6            | 22           | 2///             | 0.82       | 0.49           | 0.30         | 3.4        | 138            | 207            | 29           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 4.00           | 6            | 45           | 4/:/:            | 0.82       | 0.51           | 0.30         | 3.3        | 141            | 212            | 29           | --               | 28         | 31         | 35         | 38         | 25         | 26         | --            | 10             | 15             | 18           |
| 4.20           | 6            | 22           | 2///             | 0.82       | 0.52           | 0.30         | 3.1        | 145            | 217            | 29           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 4.40           | 4            | 15           | 1***             | 0.46       | 0.53           | 0.20         | 1.8        | 24             | 37             | 6            | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 4.60           | 4            | 15           | 1***             | 0.46       | 0.54           | 0.20         | 1.8        | 25             | 37             | 6            | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 4.80           | 10           | 75           | 4/:/:            | 0.86       | 0.56           | 0.50         | 5.5        | 152            | 227            | 40           | 7                | 29         | 32         | 35         | 39         | 27         | 26         | 0.016         | 17             | 25             | 30           |
| 5.00           | 10           | 25           | 2///             | 0.90       | 0.58           | 0.50         | 5.3        | 158            | 237            | 40           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 5.20           | 10           | 7            | 2///             | 0.90       | 0.59           | 0.50         | 5.1        | 164            | 246            | 40           | --               | --         | --         | --         | --         | --         | --         | --            | --             | --             | --           |
| 5.40           | 80           | 200          | 3:::             | 0.97       | 0.61           | --           | --         | --             | --             | --           | 76               | 39         | 40         | 42         | 44         | 38         | 33         | 0.178         | 133            | 200            | 240          |
| 5.60           | 82           | 205          | 3:::             | 0.97       | 0.63           | --           | --         | --             | --             | --           | 76               | 39         | 40         | 42         | 44         | 38         | 33         | 0.178         | 137            | 205            | 246          |
| 5.80           | 100          | 250          | 3:::             | 1.00       | 0.65           | --           | --         | --             | --             | --           | 82               | 40         | 41         | 43         | 45         | 39         | 34         | 0.198         | 167            | 250            | 300          |
| 6.00           | 100          | 250          | 3:::             | 1.00       | 0.67           | --           | --         | --             | --             | --           | 82               | 39         | 41         | 43         | 45         | 39         | 34         | 0.195         | 167            | 250            | 300          |
| 6.20           | 160          | 240          | 3:::             | 1.09       | 0.69           | --           | --         | --             | --             | --           | 97               | 42         | 43         | 44         | 46         | 41         | 36         | 0.248         | 267            | 400            | 480          |
| 6.40           | 300          | 450          | 3:::             | 1.15       | 0.72           | --           | --         | --             | --             | --           | 100              | 42         | 43         | 45         | 46         | 43         | 40         | 0.258         | 500            | 750            | 900          |
| 6.60           | 280          | --           | 3:::             | 1.15       | 0.74           | --           | --         | --             | --             | --           | 100              | 42         | 43         | 45         | 46         | 43         | 40         | 0.258         | 467            | 700            | 840          |