



# COMUNE DI CASTIGLIONE DEI PEPOLI

DELIBERAZIONE

N. 97

ORIGINALE

## VERBALE DI DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA COMUNALE

**Oggetto: CONSOLIDAMENTO DEL MOVIMENTO FRANOSO CHE HA INTERESSATO LA SEDE STRADALE DI VIA SPARVO, LOCALITÀ FONTANELLE - APPROVAZIONE PROGETTO DEFINITIVO.**

Addì **VENTOTTO OTTOBRE DUEMILASEDICI**, alle ore **12:00**, nella sala di Giunta.

Previa l'osservanza di tutte le formalità prescritte dalla vigente legislazione, vennero oggi convocati i componenti la Giunta Comunale.

All'appello risultano:

1) <b>Fabbri Maurizio</b>	- <b>SINDACO</b>	<b>Assente</b>
2) <b>Aureli Daniela Enrica</b>	- <b>VICE-SINDACO</b>	<b>Presente</b>
3) <b>Mazzoni Davide</b>	- <b>ASSESSORE</b>	<b>Presente</b>
4) <b>Roccheforti Elena</b>	- <b>ASSESSORE</b>	<b>Assente</b>
5) <b>Tarabusi Tommaso</b>	- <b>ASSESSORE</b>	<b>Presente</b>

Assiste il **Segretario Comunale Dott.ssa Brizzi Clementina**, il quale provvede alla redazione del presente verbale.

Essendo legale il numero degli intervenuti, il **Dott.ssa Aureli Daniela Enrica, Vice-Sindaco**, assume la Presidenza e dichiara aperta la seduta per la trattazione dell'oggetto sopra indicato.

---

### Copia trasmessa per competenza

- Area Economico Finanziaria  
Tributi/Personale

- Area Sicurezza e Vigilanza

- Area Territorio e Sviluppo

- Segretario Comunale

- Area Servizi Generali, Servizi Sociali e alla Persona

- Sindaco

- Area Servizi Demografici, Elettorale e Scolastici

- Assessore \_\_\_\_\_

- \_\_\_\_\_

**OGGETTO:**

CONSOLIDAMENTO DEL MOVIMENTO FRANOSO CHE HA INTERESSATO LA SEDE STRADALE DI VIA SPARVO, LOCALITÀ FONTANELLE - APPROVAZIONE PROGETTO DEFINITIVO.

**LA GIUNTA COMUNALE**

**Premesso che:**

il Comitato Esecutivo della Unione dei Comuni Appennino Bolognese ha approvato il Piano degli interventi da realizzarsi nell'anno 2016 ai sensi della L. R. della Regione Emilia-Romagna n. 7/2012, con delibera in data 29/06/2016 n. 42;

il Comitato Esecutivo della Unione dei Comuni Appennino Bolognese ha approvato il piano annuale operativo 2016 con delibera in data 11/07/2016 n. 44, riferito agli interventi da attuarsi nei Comuni, cofinanziati in parte dal Consorzio della Bonifica Renana, in parte dai Comuni ed in parte dalla Regione Emilia Romagna;

Sul territorio del Comune di Castiglione dei Pepoli è stato individuato e ammesso a finanziamento il "consolidamento del movimento franoso che ha interessato la sede stradale di via Sparvo, località Fontanelle" (rif. accordo quadro -2016 - n. 4)", il cui importo complessivo è stimato ad oggi in € 25.000,00 (Euro venticinquemila/00) a carico della Regione Emilia Romagna (trasferimenti del FRM).

**Visto:**

Il Progetto definitivo relativo agli interventi in oggetto, redatto dal Consorzio della Bonifica Renana, presentato in data 14/10/2016 prot. 10995;

Che gli interventi, di cui al Progetto, sono stati concordati con l'Amministrazione Comunale e il Consorzio di Bonifica Renana e meglio definiti, per gli aspetti tecnici, con l'Ufficio Tecnico Comunale;

**Considerato che:**

il progetto definitivo presentato riporta il seguente quadro economico:

Lavori	€	18.000,00
Costi della sicurezza	€	1.200,00
<b>IMPORTO DEI LAVORI IN APPALTO</b>	<b>€</b>	<b>19.200,00</b>
I.V.A. 22% sui lavori	€	4.224,00
Costi per oneri di discarica	€	500,00
Imprevisti	€	1.076,00
<b>TOTALE IMPORTO PROGETTO</b>	<b>€</b>	<b>25.000,00</b>

**Ritenuto di dover**, quindi, approvare, in linea tecnica, il Progetto definitivo relativo al “consolidamento del movimento franoso che ha interessato la sede stradale di via Sparvo, località Fontanelle” (rif. accordo quadro –2016 – n. 4.), di importo complessivo pari a € 25.000,00;

**Visto** il T.U., come da D. Leg.vo n. 267/2000;

**Visto** lo Statuto Comunale;

**Acquisiti**, in base all'art. 49, 1° comma, del Decreto Leg.vo 18.08.2000, n. 267, i pareri come riportati nell'allegato sub lett. A) che è parte integrante e sostanziale della presente deliberazione;

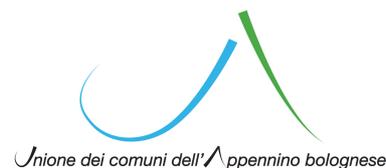
**Con Voti Unanimi** resi nei modi di legge;

### DELIBERA

1. **Di Approvare In Linea Tecnica**, per il motivo di cui in premessa, il progetto esecutivo relativo al “consolidamento del movimento franoso che ha interessato la sede stradale di via Sparvo, località Fontanelle” (rif. accordo quadro –2016 – n. 4), di importo complessivo pari a € 25.000,00; così come redatto dal Consorzio della Bonifica Renana e conservato – giusta relativa documentazione – agli atti;
2. **Di Dare Atto** che, dalla presente approvazione non derivano oneri diretti a carico del bilancio comunale come indicato in premessa e che il Consorzio della Bonifica Renana, provvederà alla gestione degli appalti ed esecuzione dei lavori stessi;
3. **Di Mandare** copia della presente all'Area Territorio per gli adempimenti di competenza, alla Unione dei Comuni Appennino Bolognese con sede in Vergato e al Consorzio della Bonifica Renana;
4. **Di Dichiarare** il presente atto *immediatamente eseguibile* a mente dell'art. 134, 4° comma, del D. Leg.vo n. 267/2000.



AREA TECNICA  
SETTORE DIFESA MONTANA:  
PROGETTAZIONE E STUDI  
Via Santo Stefano n.56 40125 Bologna  
Tel. 051-295111 Fax. 051-295270  
C.F. 91313990375  
e-mail [segreteria@bonificarenana.it](mailto:segreteria@bonificarenana.it)  
[www.bonificarenana.it](http://www.bonificarenana.it)



**PROGETTO 1038\_02/M**

*Consorzio della Bonifica Renana – Unione dei Comuni dell'Appennino Bolognese  
Piano degli interventi 2016 ai sensi della L.R. n° 7 del 6/7/12  
Fondo Regionale per la Montagna (PAO 2016)*

## **Consolidamento del movimento franoso che ha interessato la sede stradale di via Sparvo in località Fontanelle**

in comune di Castiglione dei Pepoli (BO)

Importo 25.000 euro

**PROGETTO DEFINITIVO**

19/09/2016



### **RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:**

 **CONSORZIO DELLA BONIFICA RENANA**  
*ing. Francesca Dallabetta*

### **PROGETTISTA**

 **CONSORZIO DELLA BONIFICA RENANA**  
*geol. Matteo Tosi*

Collaboratori alla progettazione: geom. Tommaso Graziosi, Chiara Musiani



## **ELENCO ELABORATI:**

- 1 - Relazione generale
- 2 - Relazione geologica
- 3 - Documentazione fotografica
- 4 - Elaborati grafici
  - 4.1 - Ubicazione dell'intervento all'interno del comprensorio consortile (scala 1:300.000);
  - 4.2 - Corografia ed estratto catastale dell'area di intervento (scale varie);
  - 4.3 - Planimetrie del PTCP della città metropolitana di Bologna (scale varie);
  - 4.4 - Ubicazione dell'intervento all'interno della cartografia geologica, forestale e del vincolo idrogeologico (scale varie);
  - 4.5 - Stato di fatto – planimetria (scala 1:250);
  - 4.6 - Stato di fatto – sezioni 1 e 2 (scala 1:250);
  - 4.7 - Stato di fatto – profilo longitudinale della viabilità (scala 1:250);
  - 4.8 - Stato di progetto – planimetria delle opere (scala 1:250);
  - 4.9 - Stato di progetto – sezione 1 (scala 1:250);
  - 4.10 - Stato di progetto – sezione 2 (scala 1:100);
  - 4.11 - Stato di progetto – profilo longitudinale della viabilità con prospetto delle opere (scala 1:200);
  - 4.12 - Stato di progetto – schemi tipo delle opere (scale varie);
- 5 - Computo metrico estimativo
  - 5.1 - lavori
  - 5.2 - costi della sicurezza
- 6 - Elenco prezzi unitari
  - 6.1 - lavori
  - 6.2 - costi della sicurezza
- 7 - Quadro economico





AREA TECNICA  
SETTORE DIFESA MONTANA: PROGETTAZIONE E STUDI  
Via Santo Stefano n.56 40125 Bologna  
Tel. 051-295111 Fax. 051-295270  
C.P. 226 – 40100 – C.F. 91313990375  
e-mail [segreteria@bonificarenana.it](mailto:segreteria@bonificarenana.it)  
[www.bonificarenana.it](http://www.bonificarenana.it)

PROGETTO 1038\_02/M

*Consorzio della Bonifica Renana – Unione dei Comuni dell'Appennino Bolognese  
Piano degli interventi 2016 ai sensi della L.R. n° 7 del 6/7/12  
Fondo Regionale per la Montagna (PAO 2016)*

## **Consolidamento del movimento franoso che ha interessato la sede stradale di via Sparvo in località Fontanelle**

in comune di Castiglione dei Pepoli (BO)

### **1) RELAZIONE GENERALE**



## Relazione generale

<b>1.Premessa.....</b>	<b>2</b>
<b>2.Inquadramento territoriale e geologico.....</b>	<b>2</b>
<b>3.Inquadramento normativo e vincoli sopraordinati.....</b>	<b>3</b>
<b>4.Stato dei luoghi.....</b>	<b>4</b>
<b>5.Descrizione degli interventi.....</b>	<b>4</b>
<b>6.Geologia.....</b>	<b>5</b>
<b>7.Censimento e risoluzione delle interferenze.....</b>	<b>5</b>
<b>8.Utilizzo delle terre e rocce da scavo.....</b>	<b>6</b>
<b>9.Iter Autorizzativo.....</b>	<b>6</b>
<b>10.Importo dei lavori.....</b>	<b>6</b>
<b>11.Espropri e danni ai frutti pendenti.....</b>	<b>7</b>
<b>12.Manutenzioni delle opere realizzate.....</b>	<b>7</b>
<b>13.Individuazione dei rischi e coordinamento della sicurezza.....</b>	<b>7</b>
<b>14.Modalità e tempi di esecuzione delle opere.....</b>	<b>8</b>

## 1. Premessa

Nell'ambito del Piano degli interventi 2016 ai sensi della L.R. n° 7 del 6 luglio 2012 in collaborazione con l'Unione dei Comuni dell'Appennino Bolognese, il Consorzio è promotore di una serie di lavori sul territorio dell'Unione stessa. Nel comune di Castiglione dei Pepoli, il Piano ha previsto due interventi di consolidamento di altrettanti dissesti insistenti sulla viabilità comunale che collega l'abitato di Castiglione dei Pepoli alla frazione di Sparvo per un importo complessivo di 70.000 euro. Per il consolidamento del movimento franoso in località Fontanelle sono stati stanziati 25.000 euro interamente a carico dell'Unione dei Comuni dell'Appennino Bolognese con economie derivanti dal Fondo Regionale per la Montagna (PAO 2016).

La presente perizia illustra il progetto definitivo dell'intervento che sarà inoltrato al Comune di Castiglione e all'Unione dei Comuni per le rispettive autorizzazioni di competenza.

## 2. Inquadramento territoriale e geologico

L'area di intervento è ubicata in Comune di Castiglione dei Pepoli (località Case Fontanelle) e si colloca nella porzione centro-meridionale del comprensorio montano del Consorzio. La zona è individuabile all'interno dell'elemento n. 252033 a scala 1:5000 della Carta Tecnica Regionale ed è identificabile con le seguenti coordinate geografiche: latitudine 44,1560°, longitudine 11,1797° E (su proiezione cilindrica equirettangolare con *datum* WGS84).

L'intervento interesserà un tratto della lunghezza di circa 30 metri della strada comunale che collega l'abitato di Castiglione dei Pepoli alla località di Sparvo (figura 1). I lavori si estenderanno anche sui versanti attigui alla carreggiata e saranno mirati al consolidamento di un dissesto attivo che ha invaso la sede stradale e danneggiato il rilevato e la banchina di monte della viabilità. L'area è ubicata a una quota di circa 655 metri sul livello medio del mare.



Figura 1: Ubicazione dell'area (fonte google earth)

Il substrato geologico è costituito da Argilliti Variegate con Calcari. L'unità è formata da argille intensamente tettonizzate che a causa della loro storia tettonica risultano intensamente piegate e fratturate dalla scala dell'affioramento fino alla scala del campione. La cartografia

geologica regionale non evidenzia la presenza di dissesti attivi nei pressi dell'area di intervento. Per ogni approfondimento in merito si rimanda alla relazione specialistica redatta dal sottoscritto (elaborato n. 2).

### 3. Inquadramento normativo e vincoli sopraordinati

In fase di progettazione sono stati valutati i vincoli esistenti nell'area di intervento e la conformità delle opere con la seguente normativa di riferimento:

- 1) Autorità di Bacino Reno – Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico;
- 2) Provincia di Bologna - P.T.C.P. Stesura approvata con delibera del Consiglio Provinciale n° 19 del 30/03/2004 e successive varianti;
- 3) D.R.L. 30/12/1923 n° 3267 Riordinamento e riforma in materia di boschi e terreni montani;
- 4) Regione Emilia Romagna - D.G.R. n°1117 del 11/04/2000 procedure amministrative e norme tecniche relative alla gestione del vincolo idrogeologico;
- 5) DM 14 gennaio 2008 Nuove Norme Tecniche per Le Costruzioni (NTC);
- 6) Circolare 2 febbraio 2009 n°617 istruzioni per l'applicazione delle NTC;
- 7) Regione Emilia Romagna - Legge Regionale 30 ottobre 2008, n.19 Norme per la riduzione del rischio sismico;
- 8) Direttiva 92/43/CEE Direttiva Habitat;
- 9) Regione Emilia Romagna - Rete natura 2000 legge regionale 14 aprile 2004, n. 7 disposizioni in materia ambientale;
- 10) Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n.42 Codice dei beni culturali e del paesaggio.

In riferimento alle cartografie tematiche di cui all'elaborato 4 si riportano le seguenti considerazioni:

#### Vincolo paesaggistico (Tav.1 del PTCP)

La zona di intervento è inserita all'interno del sistema delle aree forestali boschive (art. 7.2) classificate come "ceduo di Cerro". La strada comunale interessata dal dissesto è classificata come viabilità di interesse storico (art. 8.5).

#### Rischio da frana, assetto versanti e gestione delle acque meteoriche (Tav.2a del PTCP)

La zona ricade all'interno di un'unità idromorfologica elementare (UIE) a rischio di frana "medio" (R2 – art. 6.8) e non idonea a usi urbanistici (art. 6.9). L'infrastruttura viaria è censita tra gli elementi a rischio lineare (artt. 6.2 e 6.8).

#### Aspetti sismici - aree suscettibili di effetti locali (Tav.2C del PTCP)

In base alla riclassificazione sismica dei comuni dell'Emilia Romagna (Ordinanza del PCM n 3274/2003), il comune di Castiglione dei Pepoli è classificato in zona 3 (sismicità bassa). La zona di intervento non è censita come area suscettibile di effetti locali. Eventuali opere di consolidamento di tipo strutturale dovranno prevedere il deposito sismico (art. 11 L.R. 19/2008) presso la struttura competente.

#### Reti ecologiche (Tav.5 del PTCP)

La zona è inserita all'interno di un connettivo ecologico diffuso (art. 3.5).

#### Parchi, aree protette, Rete natura 2000

L'area non ricade all'interno del perimetro di aree protette.

#### Vincolo idrogeologico

L'area è sottoposta alla normativa di vincolo idrogeologico, istituito con R.D.L. 30 dicembre 1923 n. 3267. Gli interventi di sistemazione e bonifica del versante dovranno essere eseguiti in ottemperanza a quanto disposto e previsto dal D.G.R. n. 1117/2000.

#### 4. Stato dei luoghi

Nel tratto di intervento la viabilità comunale che collega l'abitato di Castiglione dei Pepoli alla frazione Sparvo ha caratteristiche di struttura viaria di mezza costa. La carreggiata, della larghezza di circa 6 metri, è delimitata da due scarpate con inclinazione variabile tra 20 e 30° e presenta parziali opere di sostegno (muri in calcestruzzo) solo della banchina di valle. La viabilità interferisce con un dissesto in massa che ciclicamente ostruisce la carreggiata e danneggia il piano viabile (foto 1 e 2). Il movimento franoso ha una lunghezza superiore a 70 metri, una larghezza massima di circa 30 metri e una profondità di circa 4,5 metri.

La nicchia di distacco ha un'altezza di circa 5 metri e un'inclinazione prossima a 40° (foto 3). A valle della nicchia il pendio è caratterizzato da un'alternanza di forme concavo-convesse, strappi nel terreno e gradini morfologici che danno origine a diverse scarpate secondarie di altezza variabile tra 1 e 2 metri. Il movimento franoso ha danneggiato la copertura boscata ruotando o facendo crollare diverse alberature di alto fusto (foto 4).

In corrispondenza della viabilità, il dissesto ha deformato e rigonfiato il manto stradale e ha prodotto, sui fianchi laterali, fessure nel conglomerato bituminoso. Alla data del rilievo (maggio 2016) in corrispondenza del piede dell'accumulo detritico erano rilevabili numerose venute di acqua al contatto con l'asfalto.

A valle della viabilità, la vegetazione infestante non ha permesso di rilevare il piede del dissesto. In questa zona è presente un muro in calcestruzzo di sottoscarpa le cui terminazioni sono risultate nascoste da detrito e vegetazione. L'opera ha un'altezza di circa 2 metri ed è esposta per un tratto di circa 3 metri.

Sull'accumulo franoso l'idrografia superficiale è assente. Il deflusso idrico proveniente dalla nicchia di distacco, in corrispondenza della quale sono rilevabili solchi di erosione legati allo scorrimento superficiale delle acque, si infiltra al piede della medesima. Alcuni accenni di fossature superficiali sono riscontrabili solo a sud del movimento franoso in una porzione di pendio recentemente sottoposta a taglio ceduo.

La regimazione delle acque stradali è affidata a una cunetta in terra ubicata sul lato monte della viabilità. La cunetta è stata interrotta dall'ultima riattivazione del dissesto e attualmente termina a monte dell'accumulo franoso per poi riprendere a valle del medesimo.

Sul lato monte della sede stradale, al di fuori del tratto interferente con il dissesto, sono presenti anche due pozzetti in calcestruzzo legati alla regimazione delle acque stradali. Secondo alcune testimonianze degli abitanti locali, i due manufatti dovrebbero essere collegati da un tubo avente la funzione di smaltire il deflusso idrico della carreggiata nel caso di occlusione della cunetta superficiale. La tubazione dovrebbe correre sul lato monte della carreggiata al di sotto della cunetta stradale.

#### 5. Descrizione degli interventi

Gli interventi sono rivolti al drenaggio delle acque profonde di versante e al ripristino dell'efficienza idraulica della cunetta stradale con sostegno alla scarpata di monte della viabilità. Nel dettaglio si prevede:

- 1) il taglio selettivo di vegetazione con rimozione delle alberature cadute e in precario stato di equilibrio su una superficie complessiva di 1800 metri quadrati;
- 2) la risagomatura superficiale dell'area in dissesto a monte della viabilità con rimozione delle contropendenze, dei ristagni localizzati e scoronamento delle nicchie;
- 3) la realizzazione di una nuova rete di drenaggio superficiale per una lunghezza complessiva di 150 metri;
- 4) la rimozione della porzione di accumulo franoso che ha ridotto la larghezza della carreggiata stradale e il ripristino della cunetta stradale sul lato monte della medesima per una lunghezza complessiva di fronte in dissesto pari a 30 metri;

5) la protezione del lato monte della cunetta stradale con una scogliera in pietrame chiodata di lunghezza pari a 33 metri e altezza fuori terra pari a un metro. L'opera, con fondazione posta a una profondità di 50 centimetri rispetto al piano stradale avrà un'altezza e uno spessore complessivi pari a 1,5 metri. La scogliera dovrà preservare la cunetta da nuove occlusioni e avrà lo scopo di stabilizzare in maniera corticale la scarpata stradale;

6) la realizzazione di un drenaggio in trincea in asse al movimento franoso della lunghezza complessiva di 45 metri e profondità variabile tra 3,5 e 4,5 metri. Il drenaggio sarà costituito da un orizzonte arido (bauletto drenante di dimensione 80x80 centimetri) protetto in sommità da geotessuto a trama e ordito di colore nero. Per l'allontanamento delle acque di falda è prevista la posa, a fondo scavo, di un tubo microfessurato in PEAD del diametro interno pari a 107 millimetri. In corrispondenza del rilevato stradale, dove la quota della trincea sarà inferiore a quella del piano di scivolamento, il fondo scavo dovrà essere protetto con un telo impermeabile in polietilene. In corrispondenza dell'intersezione con la carreggiata, al fine di evitare futuri cedimenti del piano di campagna, si dovrà inoltre prevedere l'utilizzo di pietrisco arido per il riempimento dello scavo al di sopra del bauletto drenante;

7) la posa in corrispondenza del punto indicato nelle tavole grafiche di un pozzetto in calcestruzzo (dimensioni interne 80x80x80 centimetri) munito di elemento di soprizzo. Il manufatto servirà come elemento di recapito delle acque provenienti dalle nuove fossature realizzate sul dissesto a monte della viabilità. Le acque intercettate dal pozzetto saranno condotte in cunetta tramite uno spezzone di tubo in PEAD corrugato duro (diametro interno 250 millimetri). In corrispondenza dell'uscita del tubo, si dovrà prevedere il rivestimento della cunetta stradale con elementi di scogliera di pietrame intasati in calcestruzzo per un tratto della lunghezza di due metri;

8) la realizzazione di una palizzata in legname a monte della viabilità della lunghezza di 14 metri. L'opera servirà per preservare la nuova cunetta da future occlusioni.

Le caratteristiche geometriche delle opere e i dettagli costruttivi sono illustrati negli elaborati grafici, l'entità delle opere è invece quantificata nel computo metrico-estimativo (elaborato 5), mentre l'elenco prezzi (elaborato 6) riporta le caratteristiche tecniche costruttive e i criteri da seguire durante l'esecuzione dei lavori.

L'esiguità del finanziamento non consente la bonifica integrale del versante in dissesto. In base ai risultati della campagna geologica il movimento franoso si estende anche al di sotto della viabilità. Le opere in progetto devono quindi ritenersi di mitigazione del dissesto e di sostegno (corticale e provvisoria) della scarpata di monte della viabilità. Le opere potranno infatti preservare il rilevato stradale da locali nuovi movimenti che si potrebbero innescare in contiguità alla viabilità, ma non potranno essere efficaci nei confronti di una rimobilitazione del versante su piani di scivolamento ubicati al di sotto del rilevato.

## **6. Geologia**

La perizia è corredata da una relazione geologica a cura del sottoscritto (elaborato n. 2) redatta a conclusione di una campagna di indagini volta a individuare la litostratigrafia del sottosuolo e a caratterizzare i terreni dal punto di vista geotecnico e sismico.

## **7. Censimento e risoluzione delle interferenze**

In fase di progettazione sono state analizzate le eventuali interferenze con sotto-servizi e reti aeree. Le planimetrie fornite dagli enti gestori non evidenziano la presenza di reti interferenti né con la viabilità né con i lavori in progetto. La rete idrica corre a monte della nicchia di distacco del movimento franoso.

Eventuali interferenze potrebbero derivare dalla presenza della tubazione di smaltimento delle acque provenienti dalla cunetta stradale ubicata sul lato monte del dissesto. Il tracciato della tubazione dovrebbe essere parallelo alla carreggiata a una profondità ignota. In fase di esecuzione lavori si dovrà procedere con cautela, portare a giorno la tubazione in corrispondenza dell'intersezione con la trincea drenante e verificarne gli eventuali danneggiamenti causati dall'ultima riattivazione del dissesto. Una eventuale dispersione concentrata derivante dalla rottura o dal danneggiamento della tubazione potrebbe infatti essere causa di nuove riattivazioni di dissesti in massa in corrispondenza della sede stradale.

## 8. Utilizzo delle terre e rocce da scavo

Nell'ambito dei lavori è prevista una movimentazione di materiali terrosi, stimabile in circa 480 m<sup>3</sup>, relativi agli scavi per la realizzazione della trincea drenante (250 m<sup>3</sup>), della scogliera di pietrame (90 m<sup>3</sup>), delle fossature superficiali (50 m<sup>3</sup>) della risagomatura superficiale dell'accumulo franoso (75 m<sup>3</sup>) e della nuova cunetta stradale e del pozzetto (15 m<sup>3</sup>).

Il terreno sarà impiegato per il riempimento degli scavi della trincea (220 m<sup>3</sup>) le riprofilature superficiali dell'accumulo franoso in contiguità alla viabilità (90 m<sup>3</sup>), la protezione del lato di valle delle nuove fossature (50 m<sup>3</sup>) e il rinterro delle opere (40 m<sup>3</sup>). Parte del materiale in eccesso, (circa 40 m<sup>3</sup>) potrà essere utilizzato per la manutenzione delle banchine nelle zone attigue a quella in dissesto, mentre la rimanente parte (circa 50 m<sup>3</sup>) potrà essere conferita in discarica autorizzata. Gli eventuali prodotti provenienti dalla demolizione del piano viabile dovranno essere smaltiti in discarica autorizzata.

## 9. Iter Autorizzativo

In base alla normativa vigente, alla documentazione illustrata nel paragrafo 3 e alla descrizione degli interventi enunciata nel paragrafo 5, l'iter autorizzativo della progettazione dovrà prevedere i seguenti passaggi:

- approvazione del progetto definitivo e assunzione dell'impegno di spesa da parte dell'Unione dei Comuni dell'Appennino Bolognese;
- approvazione in linea tecnica del progetto definitivo da parte del Comune di Castiglione dei Pepoli
- rilascio dell'autorizzazione a eseguire lavori in area sottoposta a vincolo idrogeologico da parte dell'Unione dei Comuni dell'Appennino Bolognese;
- acquisizione dell'autorizzazione all'accesso alle aree di lavoro su terreni privati.

Per quanto concerne il vincolo paesaggistico si ritiene che gli interventi siano esenti da autorizzazione in quanto opere di bonifica inserite all'interno dell'elenco riportato all'art. 149 comma 1c del D.Lgs. n. 42/2004 di seguito enunciato: *" Fatta salva l'applicazione dell'art. 143, comma 4, lettera a), non è comunque richiesta l'autorizzazione prescritta dall'art. 146, dall'art. 147, e dall'art. 159: per il taglio colturale, la forestazione, la riforestazione, le opere di bonifica, antincendio e di conservazione da eseguirsi nei boschi e nelle foreste indicati dall'articolo 142, comma 1, lettera g) purché previsti e autorizzati in base alla normativa in materia".*

## 10. Importo dei lavori

Come risulta dalla stima allegata, l'importo della perizia ammonta a 25.000 euro ed è così suddiviso:

Lavori	€ 18.000,00
Costi della Sicurezza	€ 1.200,00
<b>Importo dei lavori in appalto</b>	<b>€ 19.200,00</b>
I.V.A. (22%) sui lavori	€ 4.224,00
Costi per oneri di scarica	€ 500,00
Imprevisti	€ 1.076,00
<b>Totale importo progetto</b>	<b>€ 25.000,00</b>

I prezzi unitari in elenco utilizzati nella stima, sono stati dedotti per quanto possibile dall'Elenco prezzi regionale per opere di difesa del suolo e per indagini e rilievi geognostici della regione Emilia Romagna, e, in difetto, da specifiche analisi e indagini di mercato. I prezzi, comprensivi delle spese generali (14%) e dell'utile d'impresa (10%), sono stati in parte maggiorati per tener conto della specificità dell'intervento (lavoro disagiato in spazi ristretti, modesta entità del lavoro, ecc.).

Ai soli fini del rilascio del certificato di regolare esecuzione, le opere di cui alla presente perizia possono essere assimilate alla Categoria di Opere Generali OG8: "Opere fluviali, di difesa, di sistemazione idraulica e di bonifica".

### 11. Espropri e danni ai frutti pendenti

Trattandosi di interventi di ripristino e salvaguardia di una viabilità pubblica non è stata prevista alcuna indennità per danni ai frutti pendenti e/o occupazione temporanea dei luoghi, ma in fase autorizzativa si dovrà comunque acquisire l'assenso da parte dei proprietari frontisti all'accesso alle aree di lavoro.

### 12. Manutenzioni delle opere realizzate

La principale attività di manutenzione consisterà nella pulizia e nel mantenimento dell'efficienza delle cunette di scolo delle acque e nella verifica di eventuali assestamenti dei versanti soggetti a lavorazione e delle banchine in terra.

Il progetto esecutivo sarà corredato dal manuale di manutenzione delle opere, nel quale saranno indicate nel dettaglio tutte le attività necessarie, con la relativa cadenza temporale.

### 13. Individuazione dei rischi e coordinamento della sicurezza

Poiché si presume la presenza in cantiere di un'unica impresa, ai sensi dell'art. 90, comma 3 del D.Lgs. 81/2008 non è stato designato un coordinatore della sicurezza in fase di progettazione.

Qualora dopo l'affidamento a un'unica impresa, l'esecuzione dei lavori o di parte di essi sia affidata a una o più imprese, ai sensi dell'art. 90, comma 5 del D.Lgs. 81/2008 sarà designato il coordinatore per l'esecuzione dei lavori, il quale dovrà redigere il Piano di Sicurezza e Coordinamento e predisporre il fascicolo, di cui all'articolo 91, comma 1, lettere a) e b).

Le principali criticità del cantiere sono costituite dall'instabilità dei terreni, con conseguente rischio di ribaltamento dei mezzi e franamento dei fronti di scavo. A tali evenienze si farà fronte prestando la massima cura nella predisposizione dei piani di lavoro stabili, realizzando i fronti di scavo secondo le pendenze ammissibili e realizzando, se necessario, opportune opere provvisoriale di contrasto e sostegno.

Le interferenze con il traffico veicolare dovranno essere affrontate dotando il cantiere di opportuna segnaletica e le maestranze di indumenti ad alta visibilità. È infatti ragionevole pensare che durante alcune lavorazioni (realizzazione della trincea drenante e risagomatura della pendice in frana in adiacenza alla viabilità) la carreggiata possa subire temporanee

chiusure o restringimenti indicati con senso unico alternato di circolazione (regolamentato con segnaletica a norma con il codice della strada). In corrispondenza della viabilità l'area di cantiere dovrà inoltre essere delimitata con elementi mobili di rete zincata su basi in calcestruzzo o barriere stradali tipo *new jersey*. Durante i lavori sarà, infine, assolutamente vietata la presenza di personale nel raggio di azione delle macchine operatrici.

Il costo per l'attuazione dei presidi antinfortunistici è stato stimato, in conformità a quanto definito al punto 4 dell'allegato XV del D.Lgs. 81/2008, in complessivi 1.200,00 euro pari a circa il 6,7 % del costo di costruzione.

#### **14. Modalità e tempi di esecuzione delle opere**

Tenendo conto dei giorni festivi, dei periodi di inattività per inagibilità del cantiere, del tempo necessario per organizzare i lavori, ordinare i materiali, si stima siano necessari 30 giorni naturali consecutivi. Tale durata comprende anche i periodi di sosta del cantiere per avversità meteorologiche con la sola eccezione di eventi a carattere assolutamente eccezionali a seguito dei quali sarà concessa una proroga pari alla durata degli eventi stessi.

Settembre 2016

IL PROGETTISTA

*geol. Matteo Tosi*



AREA TECNICA  
SETTORE DIFESA MONTANA: PROGETTAZIONE E STUDI  
Via Santo Stefano n.56 40125 Bologna  
Tel. 051-295111 Fax. 051-295270  
C.P. 226 – 40100 – C.F. 91313990375  
e-mail [segreteria@bonificarenana.it](mailto:segreteria@bonificarenana.it)  
[www.bonificarenana.it](http://www.bonificarenana.it)

PROGETTO 1038\_02/M

*Consorzio della Bonifica Renana – Unione dei Comuni dell'Appennino Bolognese  
Piano degli interventi 2016 ai sensi della L.R. n° 7 del 6/7/12  
Fondo Regionale per la Montagna (PAO 2016)*

## **Consolidamento del movimento franoso che ha interessato la sede stradale di via Sparvo in località Fontanelle**

in comune di Castiglione dei Pepoli (BO)

### **2) RELAZIONE GEOLOGICA**



## Indice generale

1	Introduzione.....	3
2	Normativa di riferimento.....	3
3	Ubicazione geografica dell'area.....	4
4	Geologia e geomorfologia generali.....	4
5	Analisi delle foto aeree e satellitari.....	6
6	Analisi dell'area in dissesto e di quelle limitrofe.....	8
7	Materiali e metodi.....	12
7.1	Campagna geognostica e caratterizzazione geotecnica.....	12
7.2	Caratterizzazione sismica.....	13
7.3	Analisi di stabilità del pendio, dei fronti di scavo del drenaggio e della scogliera di pietrame.....	14
8	Risultati.....	17
8.1	Litostratigrafia.....	17
8.2	Interpretazione dei dati penetrometrici e modello geologico del sottosuolo.....	19
8.3	Classificazione sismica.....	21
8.4	Analisi di stabilità all'equilibrio limite del pendio e dei fronti di scavo del drenaggio.....	22
8.5	Verifiche di stabilità della scogliera di pietrame chiodata.....	24
8.6	Suscettività alla liquefazione.....	25
9	Considerazioni conclusive e suggerimenti progettuali.....	25
10	Bibliografia.....	26



# **Relazione geologica**

## ***Caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni***

### **1 Introduzione**

Nell'ambito del Piano degli interventi 2016 ai sensi della L.R. n° 7 del 6 luglio 2012 in collaborazione con l'Unione dei Comuni dell'Appennino Bolognese, il Consorzio è promotore di una serie di lavori sul territorio dell'Unione stessa. Nel comune di Castiglione dei Pepoli, il Piano ha previsto due interventi di consolidamento di altrettanti dissesti insistenti sulla viabilità comunale che collega l'abitato di Castiglione alla frazione di Sparvo per un importo complessivo di 70.000 euro. Il consolidamento del movimento franoso in località Fontanelle prevede uno stanziamento di 25.000 euro interamente a carico dell'Unione dei Comuni dell'Appennino Bolognese (PAO 2016).

La caratterizzazione geologica, geomorfologica e geotecnica dell'area in dissesto e di quelle limitrofe è stata effettuata mediante la consultazione delle cartografie tematiche e delle foto aeree, un rilievo di campo a grande scala e l'esecuzione di cinque prove penetrometriche (tre DPSH e due DL). I parametri geotecnici efficaci del materiale detritico sono stati ottenuti tramite verifiche di stabilità all'equilibrio limite, mentre quelli del substrato roccioso sono stati ricavati da bibliografia. I dati sperimentali hanno permesso di ricostruire la litostratigrafia del primo sottosuolo, ricavare i valori caratteristici dei litotipi e caratterizzarli dal punto di vista geomeccanico e sismico.

### **2 Normativa di riferimento**

Per la stesura della relazione è stata seguita la seguente normativa:

- Circolare Cons. sup. LL.PP. n. 617/2009: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 14 Gennaio 2008;
- Decreto Ministeriale 14 Gennaio 2008 : Testo Unitario "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche";
- 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;
- O.P.C.M. n. 3274/2003: "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- Eurocodice 7.3 (2002) - Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita con prove in sito(2002). UNI;
- Eurocodice 7.2 (2002) - Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI;
- 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;
- Circ. Min. LL. PP. n° 30483, 24 Settembre 1988 (Circolare applicativa del D.M. 21.01.1981): Istruzioni relative alle "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- D.M. 11 Marzo 1988 e successive circolari: " Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";

- AGI: raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche, Giugno 1977.

### 3 Ubicazione geografica dell'area

L'area è ubicata in comune di Castiglione dei Pepoli (BO), all'interno del bacino idrografico del Fosso delle Muricce, affluente di destra idraulica del Fosso Badia Nuova. Quest'ultimo confluisce nel torrente Setta in omonima località a una quota di 435 metri sul livello medio del mare. La zona è localizzabile all'interno dell'elemento n. 252033 a scala 1:5000 della Carta Tecnica Regionale ed è identificabile con le seguenti coordinate geografiche: latitudine 44,1560°, longitudine 11.1797° E (su proiezione cilindrica equirettangolare con datum WGS84).

L'intervento (quota di circa 655 metri s.l.m.) interesserà un tratto della lunghezza di circa 30 metri della strada comunale che collega il centro abitato di Castiglione dei Pepoli alla frazione di Sparvo (figura 1). I lavori si estenderanno anche sui versanti attigui alla viabilità e saranno mirati al consolidamento di un dissesto attivo che ha invaso la sede stradale e danneggiato il rilevato e la banchina di monte della viabilità.



Figura 1: Ubicazione geografica dell'area di intervento (Google Earth, 2014)

### 4 Geologia e geomorfologia generali

I lineamenti geologici e geomorfologici della zona sono stati ricavati dall'analisi della cartografia geologica regionale a scala 1:10.000 (Sezione n. 252030 - Regione Emilia Romagna, 2011) (figura 2).

L'area di intervento è caratterizzata dalla presenza di un substrato roccioso appartenente all'Unità delle Argilliti Variegate con Calcari (Dominio Ligure).

Caratteri litostratigrafici della formazione (sigla AVC):

Argilliti, talora marnose, bruno verdastre o grigio-verdi, talora in bande blu, nocciola in superficie alterata, in strati sottili con intercalate calcilutiti grigie (bianco-giallastre in superficie alterata), in strati da sottili a molto spessi, a volte marnose al tetto, e siltiti e arenarie fini in strati sottili. Rapporto A/C >1. Strati calcareo-marnosi grigi, biancastri se alterati, da spessi a molto spessi, con base calcarenitica fine; breccie a matrice argillosa bruna a prevalenti clasti di calcari tipo palombini; argilliti grigio-piombo in livelli di spessore decimetrico alternate a calcari silicei grigio-bluastri in strati sottili e medi. Localmente è stata distinto un intervallo, spesso 80-100 metri, costituito prevalentemente da torbiditi, di spessore variabile da 50 centimetri a 3-4 metri, a base calcarenitica fine e tetto marnoso molto sviluppato (*litofacies* calcareo-marnosa - AVCd). Nella parte bassa della formazione sono state talora distinte lenti di breccie poligeniche con clasti prevalentemente ofiolitici e più subordinatamente calcarei e diasprini (*litofacies* a breccie ofiolitiche - AVCa). Localmente sono presenti inclusi ofiolitici (of) di breccie poligeniche a elementi ofiolitici, breccie di oficalciti e gabbri (bo) e basalti brecciati (Bb). Deformazione tettonica molto intensa che da origine a una foliazione ben marcata estremamente pervasiva nelle argilliti, mentre i livelli più competenti si presentano sottoforma di *boudins* e cerniere sradicate; solo molto raramente la stratificazione originale è preservata. Deposito di ambiente marino profondo. Contatto inferiore non affiorante;

interdigitazioni con BAP (Brecce argillose poligeniche). Potenza dell'unità fino a circa 800 metri. Età (Cretaceo inf. - Eocene).

#### Caratteri litotecnici della formazione:

Argille intensamente tettonizzate, argilliti - unità costituite in prevalenza da argille che a causa della loro storia tettonica risultano intensamente piegate e fratturate dalla scala dell'affioramento fino alla scala del campione ("argille scagliose").

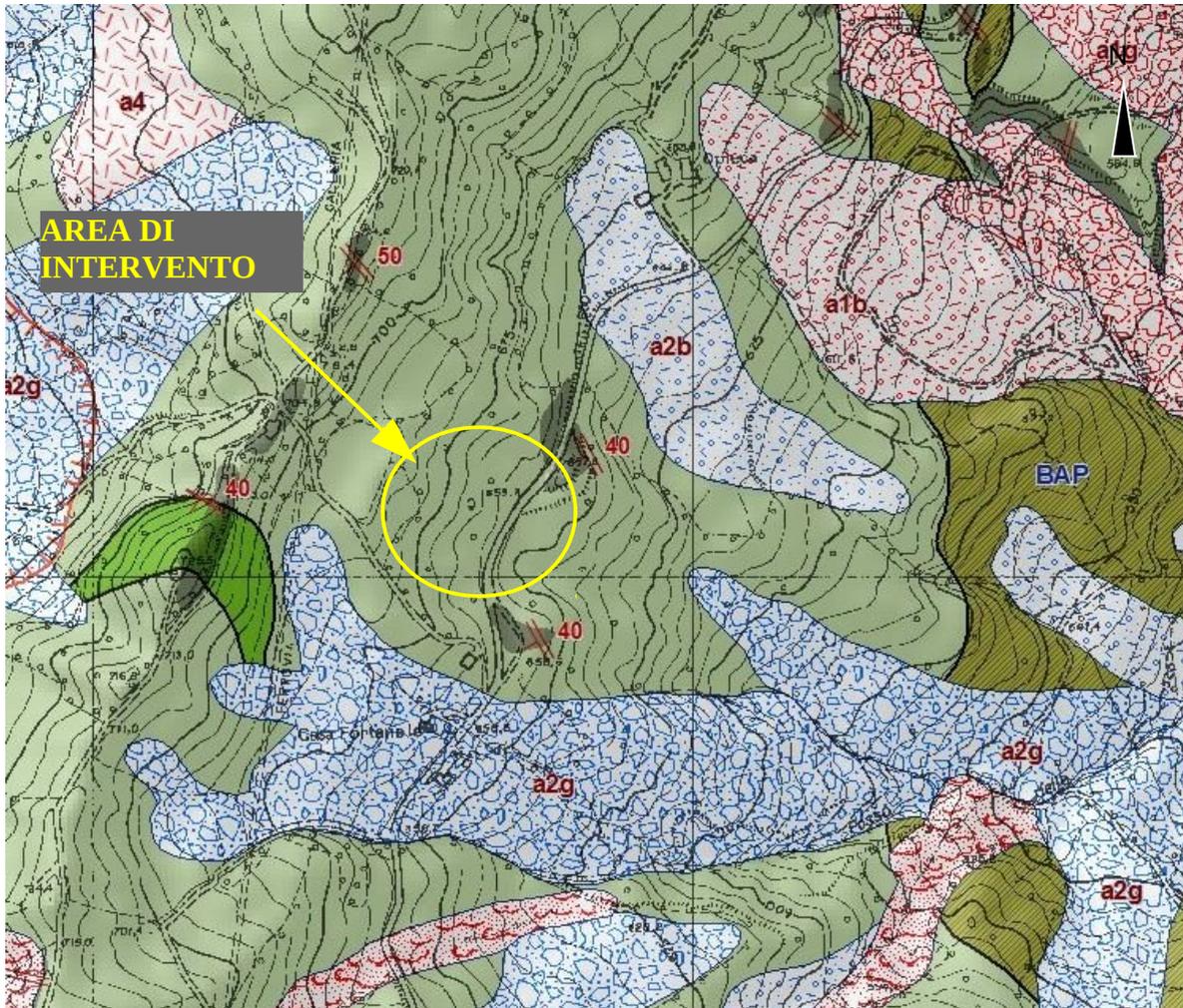


Figura 2: ubicazione dell'area sulla cartografia geologica regionale (Sezione n. 252030, 2011)

In base ai dati della cartografia geologica regionale (figura 2) la zona di intervento non presenta coperture quaternarie ascrivibili ad accumuli franosi (attivi o quiescenti) o depositi di versante *s.l.* (figura 2). Forme geomorfologiche riconducibili a dissesti in massa in stato sia attivo (campitura rossa) che quiescente (campitura azzurra), sono invece cartografate a nord e a sud del punto di intervento. Gli accumuli franosi interferiscono in più punti con la carreggiata stradale e occupano vaste porzioni del versante che degrada verso il sottostante torrente Setta.

L'assetto strutturale locale della formazione è deducibile da due dati di giacitura ottenuti su affioramenti ubicati a valle della viabilità. In base ai dati riportati nella cartografia geologica, le superfici di clivaggio (o scistosità inclinata) hanno una direzione di immersione circa a nord-ovest ( $241^\circ$ ) e un'inclinazione pari a  $40^\circ$ . In relazione all'esposizione locale del pendio in dissesto l'assetto strutturale è quindi a reggipoggio.

## 5 Analisi delle foto aeree e satellitari

L'evoluzione storica dell'area di studio a monte della viabilità è stata effettuata consultando i fotogrammi aerei e satellitari relativi agli ultimi 16 anni (1988 - 2014).

Il primo fotogramma (foto 1) a toni di grigio, è relativo all'anno 1988. L'area di intervento è indicata con il circoletto giallo. La scarsa qualità del dato non permette di discretizzare la presenza di eventuali movimenti franosi nell'immediato intorno della zona di intervento. A monte e a valle della viabilità il pendio appare vegetato e la densa copertura boscata non permette di apprezzare la presenza di eventuali rotture di pendenza del versante, compatibili con potenziali nicchie di distacco di movimenti franosi. La strada non sembra avere subito interventi di manutenzione del piano viabile.



Foto 1: Immagine aerea riferita all'anno 1988

La foto 2, anch'essa a toni di grigio, riproduce la situazione del versante nel 1996 (agosto). Nelle adiacenze del punto di intervento non si osservano variazioni di uso del suolo rispetto al fotogramma precedente. Anche in questo caso, la vegetazione non permette di apprezzare la presenza di eventuali rotture di pendenza del versante potenzialmente correlabili con dissesti in massa. La viabilità sembra avere subito alcuni interventi di rettifica e di ampliamento della carreggiata (freccia gialla). A valle della carreggiata stradale la copertura boscata potrebbe essere stata interessata dall'innesco di un dissesto in massa.

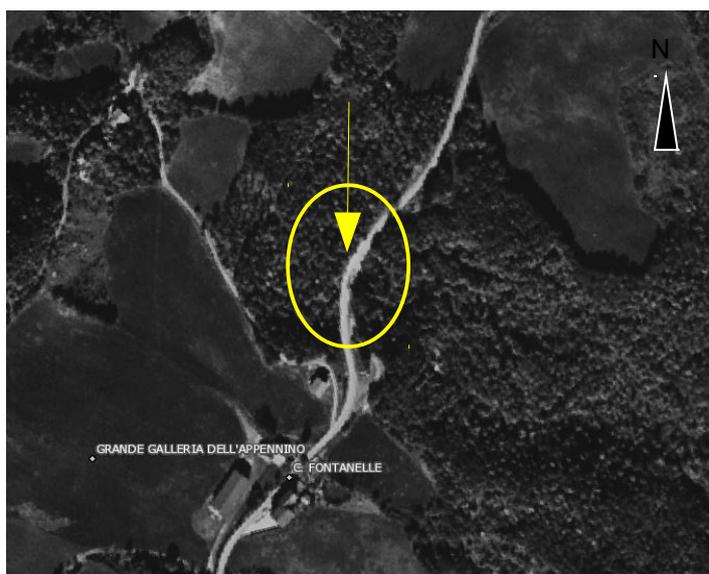


Foto 2: Immagine aerea riferita all'anno 1996

Il fotogramma a colori n. 3, relativo all'anno 1998, non evidenzia variazioni nello stato dei luoghi rispetto al documento del 1996. Il pendio a monte della viabilità è ancora interessato dalla presenza di una densa copertura boschiva. La viabilità sembra invece avere subito recenti interventi di manutenzione con parziale rifacimento del piano viabile (freccia gialla) nel tratto attualmente interferente con il dissesto in massa.

Le foto 4 e 5, entrambe a colori, riproducono lo stato del pendio nel 2007 (maggio) e nel 2010-2011 (immagine acquisita nell'intervallo di tempo 07/01/2010 – 30/05/2011).

L'immagine del 2007 mostra una rivegetazione del pendio a monte della viabilità in una zona precedentemente soggetta a taglio ceduo (freccia rossa). Il fotogramma testimonia inoltre un diradamento della copertura boschiva in una zona a valle della strada comunale (freccia blu) e alcuni interventi di manutenzione del piano viabile (asfaltature) sia in adiacenza sia in corrispondenza del tratto attualmente interferente con il dissesto in massa (freccie viola).

Il fotogramma del 2010 (foto 5) evidenzia il diradamento della vegetazione arborea a monte della viabilità, in una zona parzialmente interessata dall'attuale dissesto in massa (freccia gialla). A monte della viabilità, il documento mostra inoltre, la presenza di una discontinuità della copertura arborea (linea rossa tratteggiata) che potrebbe coincidere con l'affioramento roccioso che attualmente identifica la nicchia di distacco del movimento franoso. Tale discontinuità, ad andamento Nord-Sud, non era visibile nei fotogrammi precedenti. Non si può comunque escludere che la densa copertura boschiva del versante, unita alla minore risoluzione delle foto aeree, abbiano contribuito a nascondere la presenza in passato. La viabilità non sembra aver subito recenti interventi di manutenzione.

L'immagine del 2014 (foto 6) mostra la parziale rivegetazione della zona precedentemente soggetta a taglio ceduo (freccia gialla) ubicata a monte della viabilità. Il documento permette inoltre di distinguere alcuni tratti dell'affioramento roccioso che attualmente identifica la nicchia di distacco del movimento franoso (linea blu

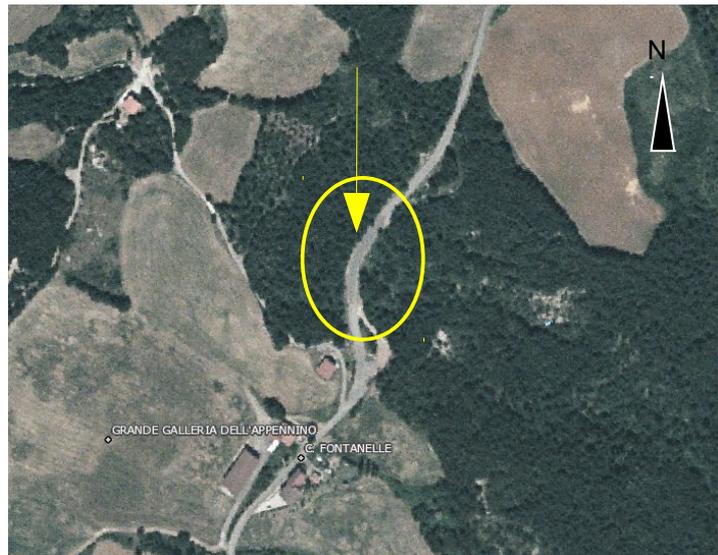


Foto 3: Immagine aerea riferita all'anno 1998



Foto 4: Immagine satellitare riferita all'anno 2007



Foto 5: Immagine satellitare riferita agli anni 2010-2011

tratteggiata). A valle dell'affioramento (area delimitata dalle linee rosse tratteggiate) la vegetazione di alto fusto non appare distribuita in modo regolare e omogeneo come nelle aree attigue. La sede stradale è stata recentemente interessata da interventi di manutenzione con ripristino del piano viabile.



Foto 6: Immagine satellitare riferita all'anno 2014

In conclusione, a monte della viabilità, il pendio appare interessato dalla presenza di fenomeni di dissesto solo dopo il 2010. L'affioramento roccioso che identifica la nicchia di distacco, i lavori di manutenzione del piano viabile e la differente densità (e distribuzione) della vegetazione rispetto alle aree adiacenti, sono infatti rinvenibili solo dopo tale data.

## 6 Analisi dell'area in dissesto e di quelle limitrofe

L'area di studio è ubicata a una quota di circa 655 metri s.l.m. su un versante con locale esposizione a est. La morfologia superficiale del pendio è prevalentemente concava (curve di livello con curvatura rivolta verso le quote maggiori) a monte della viabilità e caratterizzata dall'alternarsi di forme concavo-convexe a valle della medesima. Quest'ultima caratteristica è tipicamente correlabile alla presenza di dissesti in massa. Dal punto di vista idrologico, la zona è inserita all'interno del bacino idrografico del Torrente Setta a una distanza di circa 150 metri dallo spartiacque morfologico che marca il confine con l'attigua valle del Torrente Brasimone. L'area non è interessata dalla presenza di una rete idrografica superficiale (cfr. carta tecnica regionale) ed è idrologicamente ubicata all'interno del bacino del fosso delle Muricce.

Nel tratto di intervento la viabilità comunale che collega l'abitato di Castiglione dei Pepoli alla frazione Sparvo ha caratteristiche di struttura viaria di mezza costa. La carreggiata, della larghezza di circa 6 metri, è delimitata da due scarpate con inclinazione variabile tra 20 e 30° e presenta parziali opere di sostegno (muri in calcestruzzo) solo della banchina di valle. La viabilità interferisce con un dissesto in massa che ciclicamente ostruisce la carreggiata e danneggia il piano viabile (foto 7 e 8). Il movimento franoso di tipologia complessa e composita è classificabile come uno scorrimento roto-

traslativo in materiale prevalentemente terroso (Cruden & Varnes, 1996). Il movimento ha una lunghezza superiore a 70 metri e una larghezza media di circa 30 metri.

La nicchia di distacco, identificabile con una rottura di pendenza del versante ubicata circa 65 metri a monte della viabilità, ha un'altezza di circa 5 metri e un'inclinazione prossima a 40° (foto 9). Sulla nicchia sono rilevabili alcuni lembi del substrato roccioso di natura argillitica (foto 10).

A valle della nicchia il pendio è caratterizzato da un'alternanza di forme concavo-convexe, strappi nel terreno e gradini morfologici che danno origine a diverse scarpate secondarie di altezza variabile tra 1 e 2 metri. Il movimento ha danneggiato anche la copertura boscata ruotando o facendo crollare diverse alberature di alto fusto (foto 11).

In corrispondenza della viabilità, il dissesto ha deformato e rigonfiato il manto stradale e ha prodotto, sui fianchi laterali, fessure nel conglomerato bituminoso (foto 7 e 12). Alla data del rilievo (maggio 2016) in corrispondenza del piede dell'accumulo erano rilevabili numerose venute di acqua al contatto con l'asfalto.

A valle della viabilità la vegetazione infestante non ha permesso di rilevare il piede del dissesto. In questa zona è presente un muro in calcestruzzo di sottoscarpa (foto 13) le cui terminazioni sono risultate



Foto 7: vista da valle della viabilità nel tratto interferente con il dissesto



Foto 8: vista da monte della viabilità nel tratto interferente con il dissesto in massa



Foto 9: particolare della nicchia di distacco del movimento franoso

nascoste da detrito e vegetazione. L'opera ha un'altezza di circa 2 metri ed è esposta per un tratto di circa 3 metri.

Sull'accumulo franoso l'idrografia superficiale è assente. Il deflusso idrico proveniente dalla nicchia di distacco, in corrispondenza della quale sono rilevabili solchi di erosione legati allo scorrimento superficiale delle acque, si infila al piede della medesima. Alcuni accenni di fossature superficiali sono riscontrabili solo a sud del movimento in una porzione di pendio recentemente sottoposta a taglio ceduo.

La regimazione delle acque stradali è affidata a una cunetta in terra ubicata sul lato monte della viabilità. La cunetta è stata interrotta dall'ultima riattivazione del movimento franoso e attualmente termina a monte del dissesto per poi riprendere a valle del medesimo.

Sul lato monte della sede stradale, al di fuori del tratto interferente con il dissesto, sono presenti anche due pozzetti in calcestruzzo legati alla regimazione delle acque stradali. Secondo alcune testimonianze degli abitanti locali, i due manufatti dovrebbero essere collegati da un tubo avente la funzione di smaltire il deflusso



Foto 10: particolare dell'affioramento argillitico ubicato in nicchia



Foto 11: particolare del pendio e della copertura boscosa in corrispondenza del dissesto. In questa zona si rilevano scarpate secondarie e crollo di alcune alberature



Foto 12: particolare del tratto della viabilità interferente con il movimento franoso

idrico della carreggiata nel caso di occlusione della cunetta superficiale. La tubazione dovrebbe correre sul lato monte della carreggiata al di sotto della cunetta stradale recentemente occlusa dall'ultima riattivazione del dissesto.



*Foto 13: muro in calcestruzzo rilevato a valle della sede stradale*

## 7 Materiali e metodi

### 7.1 Campagna geognostica e caratterizzazione geotecnica

Le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni costituenti il pendio in dissesto sono state ottenute mediante una campagna geognostica realizzata dal Consorzio della Bonifica Renana nel maggio 2016 e consistente in 3 penetrometrie dinamiche super pesanti (DPSH) con maglio da 63,5 kg e 2 penetrometrie dinamiche leggere (DL30) con maglio da 30 kg. I dati sperimentali sono stati utilizzati per definire lo spessore dei litotipi in dissesto e ricavare i parametri geotecnici (in tensioni totali) dei materiali. I parametri efficaci della coltre e del sottostante substrato roccioso stati invece invece ottenuti indirettamente tramite verifiche all'equilibrio limite del pendio e da dati di bibliografia.

Le DPSH sono state eseguite con penetrometro meccanico cingolato Pagani TG63 (200 kN) mentre quelle leggere sono state realizzate con penetrometro dinamico leggero tipo "Sunda 30". Le principali caratteristiche tecniche della strumentazione impiegata per l'esecuzione delle DPSH sono riassunte in tabella 1.

Caratteristica	Dimensione
Massa battente	63,50 kg
Altezza di caduta	0,75 m
Area della punta	20,43 cm <sup>2</sup>
Peso per metro di aste	5,40 kg
Intervallo di misura	0,30 m

*Tabella 1: principali caratteristiche tecnico- dimensionali del penetrometro dinamico Pagani*

I valori di resistenza al taglio del terreno (angolo di attrito e/o coesione non drenata), ottenuti da correlazioni empiriche tra il numero di colpi della prova dinamica (N) e quelli della prova penetrometrica standard (SPT)  $N_{spt}$ , sono stati ricavati applicando: la formulazione di Terzaghi e Peck (1967) per la coesione non drenata.

I parametri geotecnici drenati non drenati ( $c_u$  – intervalli argilloso-limosi) dei litotipi sono stati ricavati dai dati delle DPSH.

Definiti gli spessori dei singoli litotipi, i valori di  $\phi'$  e  $c_u$ , ottenuti ogni 30 cm, sono stati sottoposti a elaborazione statistica per ricavare i valori caratteristici dei parametri di resistenza al taglio all'interno degli strati individuati. Le indicazioni contenute nel Decreto Ministeriale 14/01/2008 (NTC08), definiscono, infatti, i valori caratteristici ( $\phi'_k$   $c_{uk}$ ), come valori rappresentativi, o stime puntuali di tipo cautelativo dei valori nominali dei parametri da determinare. Tali stime puntuali possono essere ricavate seguendo le seguenti regole generali:

- se esiste compensazione spaziale (volume interessato dallo stato limite, o suo spessore in una dimensione, significativamente maggiore della lunghezza delle fluttuazioni nei parametri di resistenza del terreno), il valore caratteristico corrisponde al 5° percentile della media della popolazione ed è generalmente non molto distante dalla media stessa;

- se esiste compensazione strutturale (fondazioni sufficientemente rigide tali da distribuire le sollecitazioni omogeneamente sul terreno) il valore caratteristico è lo stesso del precedente caso;

– se non esiste compensazione strutturale né compensazione spaziale, il valore caratteristico è il 5° percentile della distribuzione statistica del campione ed è generalmente piuttosto distante dalla media.

I valori di progetto dei parametri geotecnici da applicare per determinare la capacità portante del terreno di fondazione, (ad esempio  $\phi'_d$ ,  $c_{ud}$ ) potranno essere ricavati a partire dai valori caratteristici, utilizzando un'equazione del tipo:  $\phi'_d = (\phi'_k / \gamma_m)$ . Il valore del fattore riduttivo  $\gamma_m$ , funzione dell'approccio scelto seguendo le indicazioni delle NTC, è elencato nella tabella sottostante.

PARAMETRO	GRANDEZZA SULLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE E PARZIALE $\gamma_m$	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_\phi$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_c$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

*Tabella 2: valori dei coefficienti di riduzione delle caratteristiche geotecniche del terreno. I valori variano in funzione dell'approccio scelto (M1 e M2).*

## 7.2 Caratterizzazione sismica

La pericolosità sismica viene definita (NTC08) 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, cfr. tab. 3.2 II delle NTC08), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione a essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{vr}$  (paragrafo 3.2.1 delle NTC08), nel periodo di riferimento  $V_r$  (paragrafo 2.4 NTC08).

Ai fini della suddetta normativa le forme spettrali vengono definite, per ciascuna probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{vr}$ , a partire dai seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ag accelerazione orizzontale massima al sito;
- Fo 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.

Tali valori, tabellati in appendice alle NTC08, sono stati calcolati su punti di ancoraggio nodali, sovrapponendo al territorio una griglia di riferimento a maglia quadrata di 4 chilometri di lato.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si rende necessario valutare anche l'effetto della risposta sismica locale. Il moto generato da un terremoto in un determinato sito dipende, infatti, dalle condizioni locali, in particolare dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei terreni e dalle proprietà fisico meccaniche dei materiali che lo costituiscono. La risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori sopra citati, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

L'influenza della stratigrafia sulla risposta sismica locale può essere valutata con riferimento alle categorie di sottosuolo riportate in tabella 3, mentre la valutazione dell'amplificazione topografica può essere effettuata utilizzando il coefficiente di amplificazione topografica (tabella 4).

CATEGORIA	DESCRIZIONE
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> , caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C e D con spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s)

Tabella 3

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

Tabella 4

### 7.3 Analisi di stabilità del pendio, dei fronti di scavo del drenaggio e della scogliera di pietrame

Le analisi sono state realizzate per verificare le condizioni del pendio in dissesto e studiare la stabilità dei fronti di scavo del drenaggio. Le analisi sono state effettuate anche per la verifica locale e globale delle opere di rafforzamento corticale da eseguirsi sul lato monte della carreggiata stradale.

Il versante in dissesto è stato verificato in condizioni attuali e in condizioni post intervento.

La verifica di stabilità nelle condizioni attuali (condizione n.1 – figura 3) è stata realizzata basandosi sulla topografia post-frana ottenuta con un rilievo di campo realizzato nel maggio 2016. Le verifiche sono state effettuate considerando una posizione della falda congruente con le misurazioni effettuate nel maggio 2016. Sulle ipotetiche superfici di scivolamento, i valori di resistenza efficace del terreno sono stati ridotti fino a ottenere l'instabilità delle masse.

La verifica di stabilità post-intervento (condizione n.2 – figura 4) è stata realizzata impostando una superficie topografica congruente con quella a termine intervento e simulando la presenza della trincea drenante potenzialmente in grado di abbattere la quota della falda freatica. Le analisi sono state effettuate imponendo i valori di resistenza efficace (attrito interno) ricavati dalle verifiche della condizione n.1.

Il metodo di calcolo impiegato nelle analisi è quello proposto da Morgenstern and Price (1965, 1967) su superficie di scorrimento generica e desunta dai dati di campo. Le verifiche di stabilità nelle condizioni attuali sono state realizzate trascurando il sisma (condizioni statiche). Le verifiche post intervento sono state realizzate sia in condizioni statiche sia in condizioni dinamiche.

La realizzazione dei drenaggi profondi impone movimento terra per l'esecuzione di un scavo a sezione obbligata necessario per la realizzazione della trincea drenante. La geometria dei fronti di scavo (figura 6), mutuata dagli elaborati progettuali, prevede nelle condizioni più gravose, uno scavo a sezione obbligata di altezza pari a 3 metri e un prescavo con fronti inclinati a 45° rispetto all'orizzontale di altezza pari a 1 metro. I fronti sono stati verificati in condizioni non drenate, imponendo la presenza della falda freatica e adottando il più basso valore caratteristico di coesione non drenata (20 kPa) ottenuto dalle elaborazioni dei dati penetrometrici (cfr. tabella 10). Il metodo di calcolo impiegato è quello di Bishop (1954) su superficie circolare. Le verifiche sono state effettuate in assenza di sisma.

Le verifiche della scogliera a monte strada sono state realizzate in tensioni efficaci simulando l'opera come un muro a gravità di dimensioni confrontabili con quelle previste in progetto. Le verifiche hanno considerato la presenza di sisma e l'assenza della falda freatica.

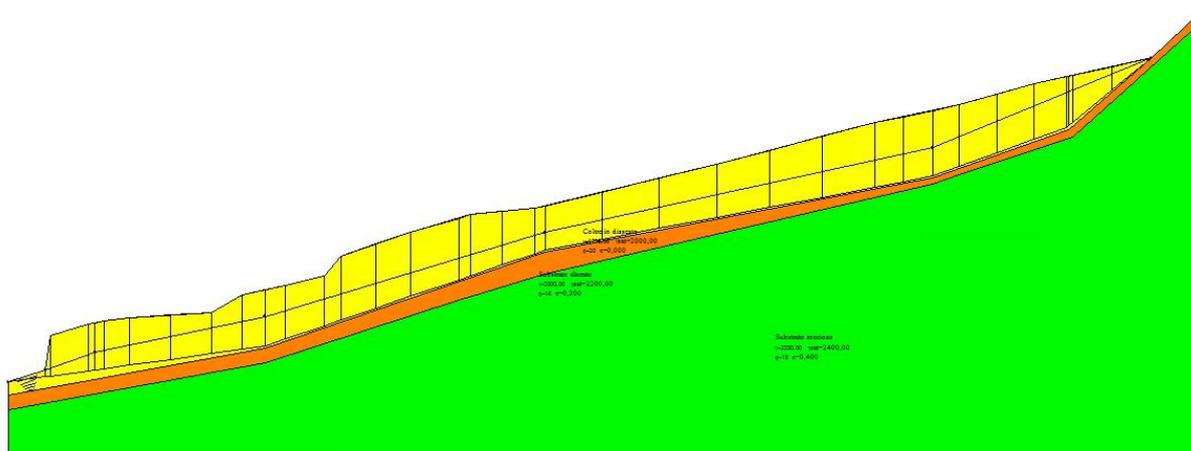


Figura 4

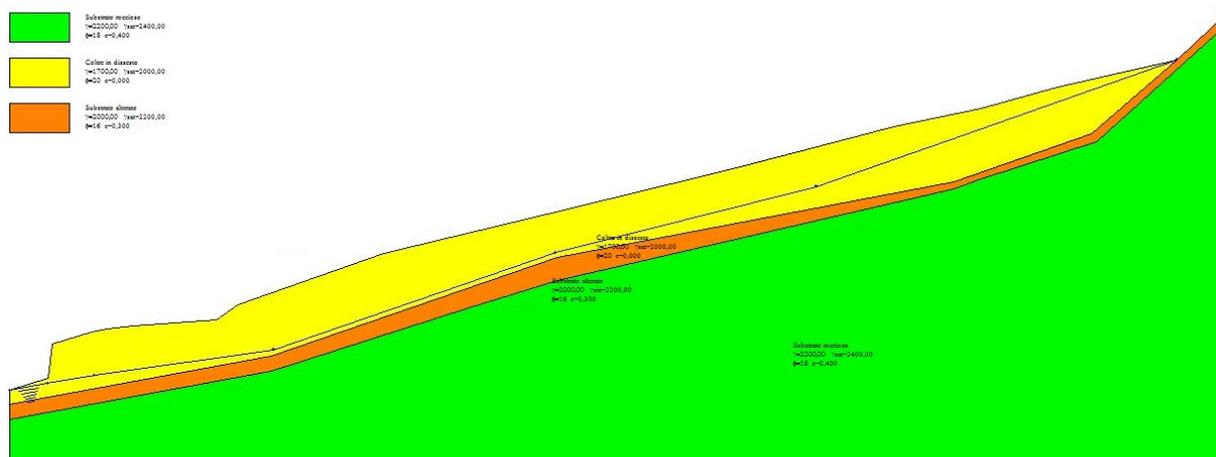


Figura 5

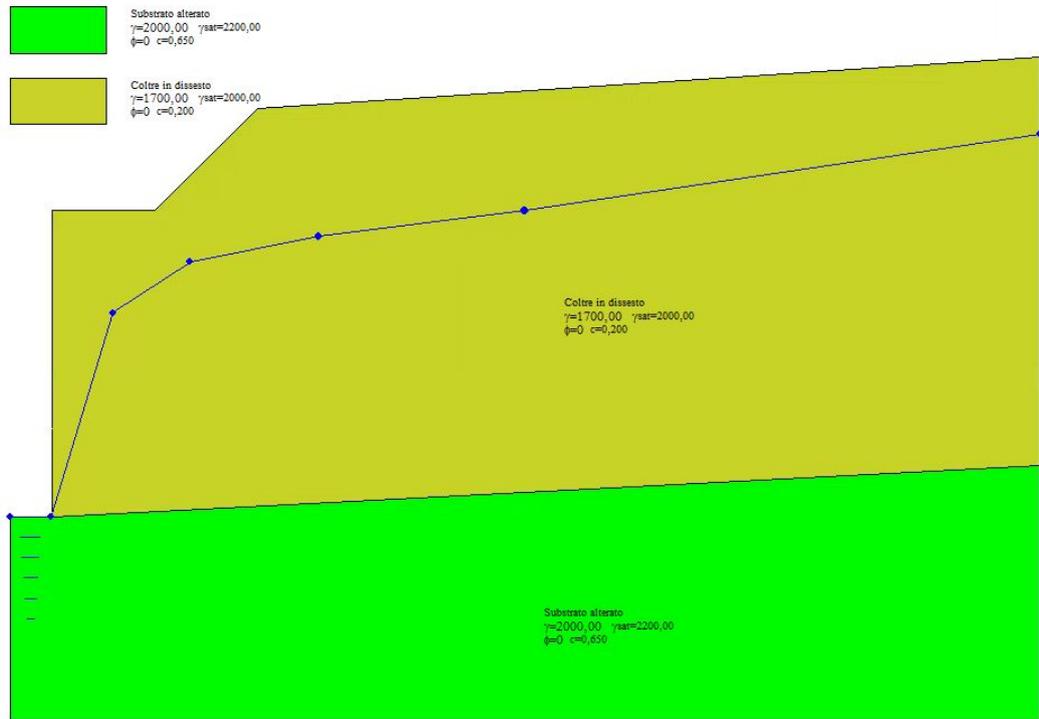


Figura 6

## 8 Risultati

### 8.1 Litostratigrafia

L'ubicazione delle prove penetrometriche è riportata in figura 7 mentre i grafici con la variazioni del numero di colpi con la profondità è riportata in calce alla relazione (allegato 1).

Le tabelle n. 5, 6, 7, 8 riportano l'interpretazione degli orizzonti litostratigrafici desunti dalle penetrometrie dinamiche leggere (DL30) e super pesanti (DPSH).

DPSH 1 (sulla banchina stradale a valle della viabilità): profondità del rifiuto strumentale – 4,50 metri dal piano di campagna (p. di c.), soggiacenza della falda: 2,3 metri dal p. di c.

Profondità assoluta (m)	Potenza livello (m)	Interpretazione litostratigrafica
0,00 – 4,20	4,20	Limo argilloso
4,20 – 4,50 (termine prova)	0,30	Trovante

*Tabella 5: DPSH1, spessore e descrizione degli orizzonti litostratigrafici*

DPSH 2 (sulla banchina stradale a valle della viabilità): profondità del rifiuto strumentale – 6,60 metri dal p. di c., soggiacenza della falda: 2,3 metri dal p. di c.

Profondità assoluta (m)	Potenza livello (m)	Interpretazione litostratigrafica
0,00 – 6,30	6,30	Limo argilloso
6,30 – 6,60 (termine prova)	0,30	Argilliti scagliose

*Tabella 6: DPSH2, spessore e descrizione degli orizzonti litostratigrafici*

DPSH 3 (sulla scarpata a monte della viabilità): profondità del rifiuto strumentale – 4,80 metri dal p. di c., soggiacenza della falda: 2,1 metri dal p. di c.

Profondità assoluta (m)	Potenza livello (m)	Interpretazione litostratigrafica
0,00 – 4,80 (termine prova)	4,80	Limo sabbioso

*Tabella 7: DPSH3, spessore e descrizione degli orizzonti litostratigrafici*

DL 1 (sul versante in dissesto a monte della viabilità): profondità del rifiuto strumentale – 4,90 metri dal p. di c., soggiacenza della falda: 2 metri dal p. di c.

Profondità assoluta (m)	Potenza livello (m)	Interpretazione litostratigrafica
0,00 – 4,50	4,50	Limo argilloso
4,50 – 4,90 (termine prova)	0,40	Argilliti scagliose

*Tabella 8: DL1, spessore e descrizione degli orizzonti litostratigrafici*

DL 2 (sul versante in dissesto a monte della viabilità): profondità del rifiuto strumentale – 5,90 metri dal p. di c., soggiacenza della falda: 2,2 metri dal p. di c.

Profondità assoluta (m)	Potenza livello (m)	Interpretazione litostratigrafica
0,00 – 5,80	5,80	Limo argilloso
5,80 – 5,90 (termine prova)	0,10	Argilliti scagliose

*Tabella 9: DL2, spessore e descrizione degli orizzonti litostratigrafici*

Le prove hanno raggiunto il rifiuto strumentale a una profondità compresa tra 4,60 e 6,60 metri dal p. di c. e sono tutte caratterizzate dalla presenza di due sole unità litostratigrafiche: “Limo argilloso e Argilliti scagliose”.

I dati penetrometrici permettono le seguenti considerazioni:

a) a valle della viabilità le prove hanno raggiunto il rifiuto strumentale a una profondità compresa tra 4,50 e 6,60 metri dal p. di c. Il diagramma della DPSH1 è caratterizzato da un orizzonte potente

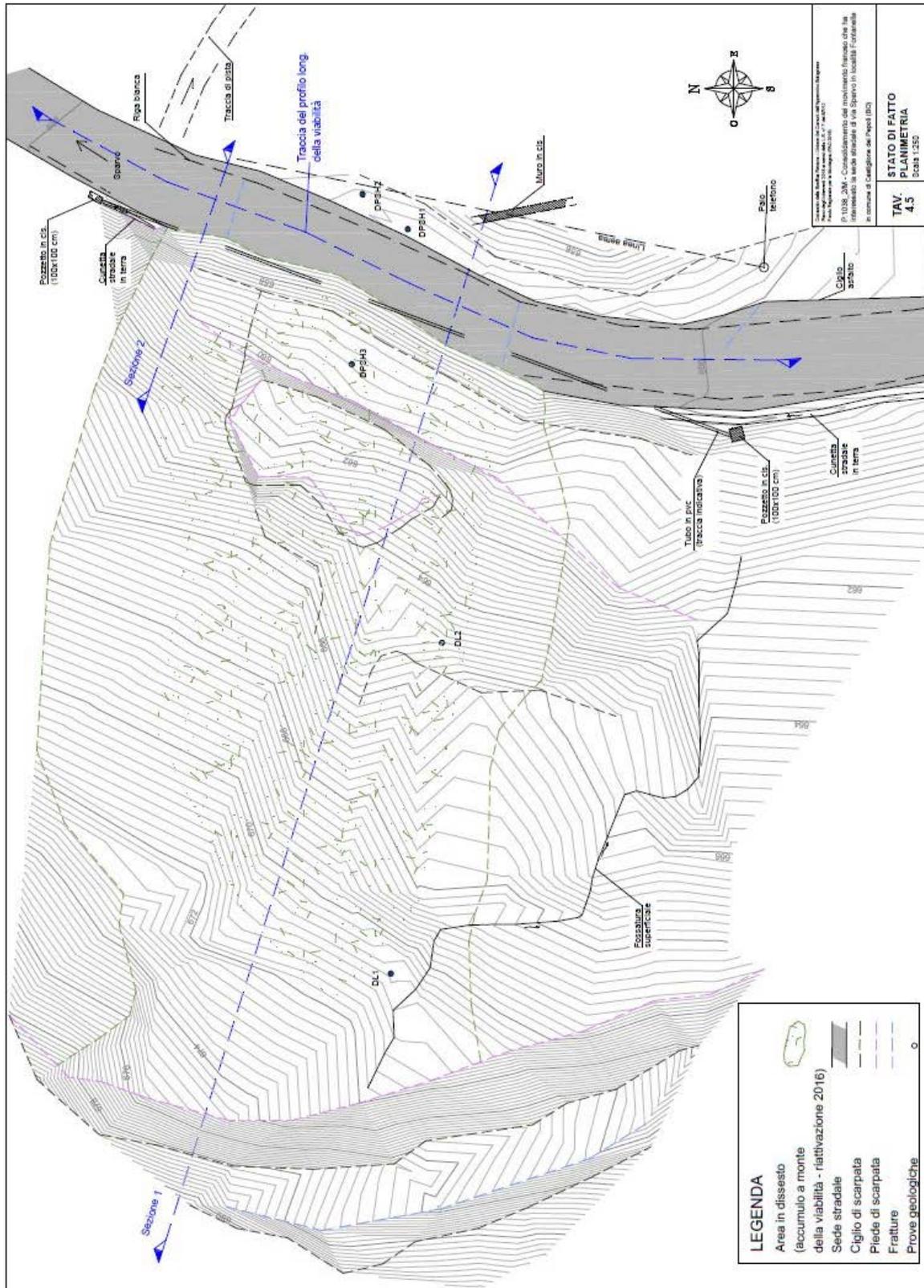


Figura 7: planimetria del rilievo topografico con ubicazione delle prove geologiche

circa 4 metri con valori di resistenza alla penetrazione sempre inferiori o prossimi a 10 colpi, un livello di circa 30 centimetri in cui il numero di colpi sale a 13 e un successivo rifiuto strumentale con un arresto netto (interpretabile con la presenza di un trovante roccioso). Il diagramma della DPSH2 mostra un orizzonte superficiale (potente circa 4 metri) con valori di resistenza alla penetrazione sempre inferiori a 5 colpi a cui segue un secondo orizzonte (fino a termine prova) caratterizzato da un progressivo incremento della resistenza alla penetrazione con la profondità. L'arresto della prova è avvenuto a 6,60 metri di profondità dal p. di c.;

b) a monte della viabilità le prove hanno raggiunto il rifiuto strumentale a una profondità compresa tra 4,80 e 5,90 metri dal p. di c. Il diagramma della DPSH3 mostra dati molto simili a quelli della prova DPSH1. La verticale è infatti caratterizzata dalla presenza di un orizzonte potente circa 4 metri con valori di resistenza alla penetrazione sempre inferiori o prossimi a 10 colpi, un livello di 60 centimetri in cui il numero di colpi varia da 9 a 23 e un successivo rifiuto strumentale con arresto netto (interpretabile con la presenza di un trovante roccioso). Le DL, anche se non direttamente paragonabili (per valori di resistenza alla penetrazione) alle DPSH, mostrano diagrammi di resistenza alla penetrazione confrontabili tra loro e caratterizzati da un primo intervallo, potente circa 4 metri di materiale con valori di resistenza alla penetrazione mediamente inferiore a 10 colpi a cui segue un secondo livello che mostra un progressivo e monotono incremento di resistenza. L'arresto delle prove è avvenuto rispettivamente alle profondità di 4,90 e 5,90 metri dal p. di c.

## **8.2 Interpretazione dei dati penetrometrici e modello geologico del sottosuolo**

L'interpretazione delle variazioni litologiche lungo le verticali indagate è la seguente:

DPSH1, DPSH2 e DPSH3:

0,00 – 4,20 metri: coltre in dissesto (unità 1);

4,20 – 5,20 metri: substrato roccioso alterato (unità 2);

> di 5,20 metri: substrato roccioso (unità 3).

DL1 e DL2:

0,00 – 4,00 metri: coltre in dissesto (unità 1);

4,00 – 5,00 metri: substrato roccioso alterato (unità 2)

> di 5,00 metri (termine prova): substrato roccioso (unità 3).

Il modello geologico del versante (figura 8) è schematizzabile con tre unità litostratigrafiche: una più superficiale di copertura (unità 1) e identificabile con la coltre in dissesto, una coincidente con il substrato roccioso alterato (unità 2) e una coincidente con il substrato roccioso inalterato (unità 3). Lungo il pendio, lo spessore della coltre in dissesto varia da un minimo di 3,50 metri (DL2) a un massimo di 4,20 metri. La topografia superficiale del pendio e i dati penetrometrici permettono di ipotizzare la presenza di scorrimenti multipli del materiale detritico su diverse superfici di scorrimento con potenziali riattivazioni in tempi differenti.

Le ipotesi proposte in figura riguardano: 1) una superficie di scivolamento a “carattere globale” della lunghezza di circa 80 metri posta all'interfaccia coltre-substrato alterato con uscita del piano di scorrimento in corrispondenza della scarpata di valle della carreggiata. Tale superficie interessa integralmente il pendio; 2) una superficie di scivolamento “a carattere locale” della lunghezza di circa 55 metri, con uscita del piano di scivolamento in corrispondenza di una contropendenza ubicata circa 20 metri a monte della viabilità; 3) una superficie di scorrimento “a carattere locale” della lunghezza di circa 10 metri che ha interessato la scarpata di monte della viabilità senza interessare il rilevato stradale. Quest'ultima superficie a carattere locale può essere ragionevolmente assunta come responsabile

dell'ultima riattivazione del movimento franoso nei pressi della carreggiata stradale.

La tabella 10 riporta per ogni unità, i valori caratteristici della coesione non drenata ( $c_{uk}$  – intervalli coesivi) ottenuti tramite l'elaborazione statistica dei dati forniti dalle prove penetrometriche dinamiche super pesanti. La tabella riporta inoltre, il valore del peso di volume naturale del terreno (valore medio calcolato dai dati delle DPSH) e quello della resistenza al taglio drenata della coltre in dissesto sia del sottostante substrato argillitico (alterato e non alterato). Il primo valore è stato ottenuto tramite analisi a ritroso dello stato attuale del pendio, mentre il secondo da bibliografia (Galleria Sparvo: Il dimensionamento geotecnico della TBM-EPB per lo scavo della galleria, 2011). La tabella è riportata al termine del testo.

I valori caratteristici di  $c_{uk}$  sono stati ottenuti utilizzando il 5° percentile della distribuzione dei dati (valido per fondazioni profonde – volume di rottura piccolo). Per quanto riguarda la distribuzione statistica è stata considerata una distribuzione log-normale per i dati di coesione non drenata.

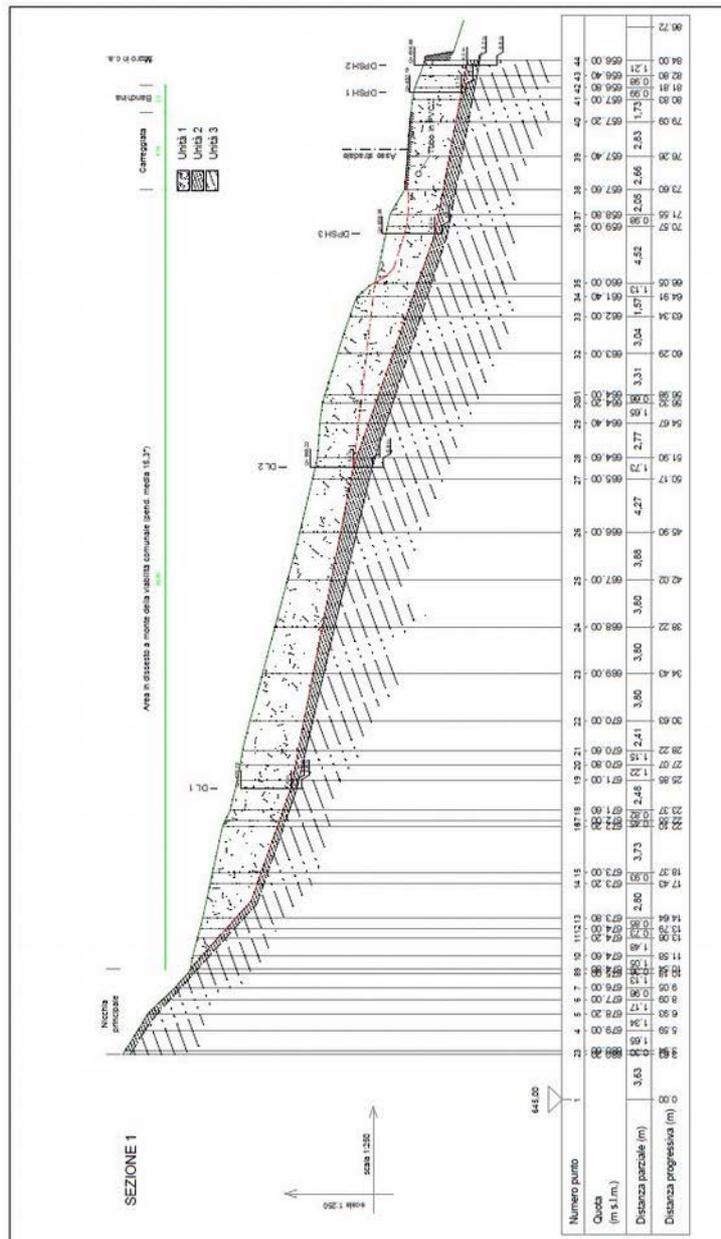


Figura 8: sezione litotecnica lungo l'asse del dissesto con indicazione delle potenziali superfici di scivolamento (linee rosse) e delle unità litostratigrafiche

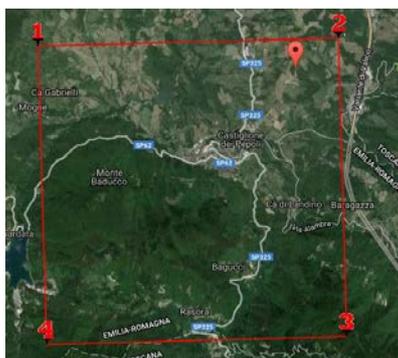
UNITA'	$\gamma_{nat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$C_{uk}$ (kPa)	$\phi'_k$ (°)	$\phi'$ picco * (°)	$c'$ picco * (kPa)
Unità 1 (coesiva)	17	20	--	20	0
Unità 2 (coesiva)	20	65	--	16	30
Unità 3 (coesiva)	22	160	--	18	40

Tabella 10: valori caratteristici di  $C_{uk}$  e  $\phi'_k$ , valore dell'umidità naturale e valori di resistenza al taglio desunti dalle prove di laboratorio. \* I valori di attrito e coesione efficaci dell'unità 1 sono stati ricavati indirettamente tramite analisi all'equilibrio limite, mentre quelli delle rimanenti unità da bibliografia (tabella di riferimento a termine testo)

### 8.3 Classificazione sismica

In base alla classificazione sismica dei comuni dell'Emilia Romagna (ai sensi dell'Ordinanza del Presidente dei Ministri del 20 marzo 2003 n. 3274), il Comune di Castiglione dei Pepoli è inserito in **zona 3** (sismicità bassa).

L'intervento è ubicato all'interno del quadrilatero formato dai seguenti punti della griglia di riferimento a maglia quadrata (tabella 11):



Punti nodali	Latitudine (ED50)	Longitudine (ED50)	Distanza dal sito (m)
Vertice n.1 (id) 18281	44,1611	11,1211	4786,17
Vertice n.2 (id) 18282	44,1625	11,1907	995,06
Vertice n.3 (id) 18504	44,1125	11,1926	5040,46
Vertice n.4 (id) 18503	44,1111	11,1231	6877,56

*Tabella 11: Coordinate geografiche dei punti della maglia di riferimento per il calcolo dell'azione sismica*

Considerando una struttura con classe d'uso uguale a II (Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale) e una vita nominale della stessa  $\geq 50$  anni, i valori per la definizione dell'azione sismica di riferimento, in funzione dello stato limite considerato, sono riportati in tabella 12.

Stato limite	Prob. Superamento (%)	Tr (anni)	$a_g$ (g)	$F_o$ (-)	$T^*c$ (s)
Operatività (SLO)	81	30	0,062	2,466	0,256
Danno (SLD)	63	50	0,078	2,453	0,266
Salvaguardia della Vita (SLV)	10	475	0,183	2,461	0,294
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,231	2,453	0,306

*Tabella 12: valori di riferimento dell'azione sismica*

P= probabilità di superamento nel periodo di riferimento ( $V_R$ ) al variare dello stato limite;

Tr (anni)= periodo di ritorno dell'azione sismica;

$a_g$  (g) = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido orizzontale;

$F_o$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale su sito di riferimento rigido orizzontale;

$T^*c$  (s) = periodo di inizio del tratto della velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale sul sito di riferimento rigido orizzontale.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto adottando la classificazione semplificata (tabelle 3 e 4) e considerando i dati ottenuti da prove con tromografo digitale in contesti simili (prove eseguite dal Consorzio della Bonifica Renana in località Sparvo già agli atti dell'Unione Appennino Bolognese all'interno della relazione geologica relativa alla perizia 1038\_01 a firma del dott. geol. Alessandro Roda), si suggeriscono i seguenti parametri di riferimento:

Categoria del suolo di fondazione (tabella 3): **C**;

Fattore di amplificazione topografica (tabella 4): **T2**

In funzione della pericolosità sismica di base, della categoria di sottosuolo, del coefficiente di amplificazione topografica, e considerando una classe d'uso dell'opera di tipo II e una vita nominale della struttura di 50 anni, i coefficienti sismici da applicare nelle analisi di stabilità dei pendii e fondazioni sono riassunti in tabella 13.

	Ss Amplificaz. stratigrafica	Cc Coeff. categoria	St Aplicaz. topografica	Kh	Kv	Amax (m/s <sup>2</sup> )	Beta
SLO	1,50	1,65	1,20	0,022	0,011	1,090	0,200
SLD	1,50	1,63	1,20	0,028	0,014	1,374	0,200
SLV	1,43	1,57	1,20	0,075	0,038	3,081	0,240
SLC	1,36	1,55	1,20	0,106	0,053	3,704	0,280

*Tabella 13: coefficienti sismici da impiegarsi nel calcolo di di stabilità dei pendii e fondazioni*

Ss (per categoria C) =  $1,00 \leq 1,70 - 0,60 F_0$  (ag/g)  $\leq 1,50$

Cc (per categoria C) =  $1,25 (T^*)^{-0,33}$

St = 1,20 per i pendii con angolo di inclinazione >15°

kh = Beta (Amax/g)

kv = ± 0,5 kh

Amax = accelerazione orizzontale massima attesa al sito in esame Ss x St x a<sub>g</sub> x g

Beta = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito in esame.

#### 8.4 Analisi di stabilità all'equilibrio limite del pendio e dei fronti di scavo del drenaggio

L'analisi di stabilità del pendio allo stato attuale è riportata in figura 9. L'analisi è stata effettuata inserendo la geometria del piano campagna ottenuta dal rilievo topografico dello stato di fatto. La geometria della superficie di scorrimento e la posizione della falda freatica sono state mantenute congruenti rispettivamente con i dati delle penetrometrie e della campagna di misure freatimetriche realizzata a maggio 2016. I parametri geotecnici efficaci della coltre in dissesto sono stati ottenuti per via indiretta riducendo progressivamente il valore di attrito del materiale

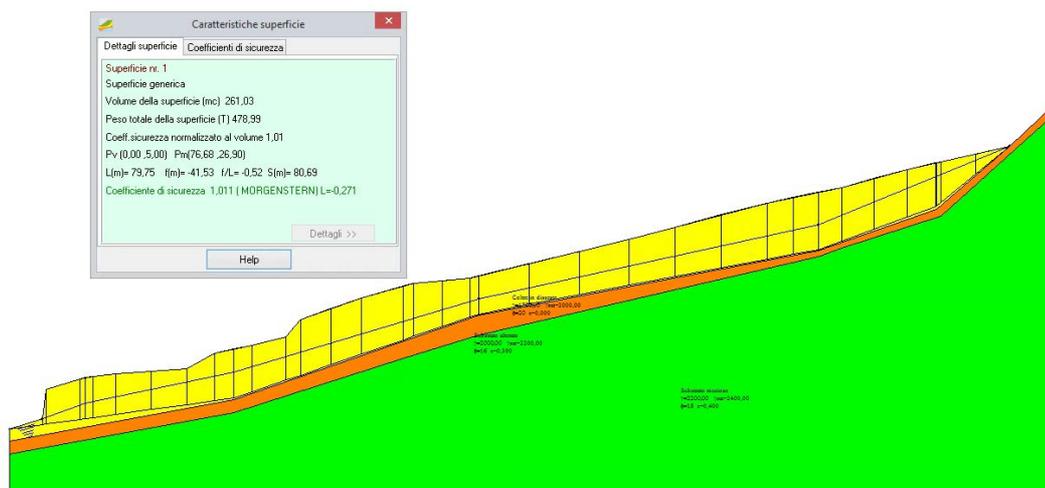


Figura 9: analisi di stabilità all'equilibrio limite del pendio nelle condizioni attuali. L'analisi è stata utilizzata per ricavare il valore di angolo di attrito che produce l'instabilità delle masse lungo la predeterminata superficie di scivolamento

fino a ottenere un valore del fattore di sicurezza prossimo all'unità lungo la superficie di scivolamento predefinita. I dati indicano che, nelle condizioni attuali e in assenza di sisma, il fattore di sicurezza prossimo all'unità viene raggiunto imponendo un angolo di attrito efficace del materiale pari a  $20^\circ$  e una coesione pari a 0. Tale valore è stato cautelativamente adottato come valore caratteristico efficace della coltre in dissesto (cfr. tabella 10).

L'efficacia degli interventi di riprofilatura e drenaggio del pendio sono stati indirettamente verificati mediante la variazione del fattore di sicurezza del pendio a parità di valore di angolo di attrito della coltre in dissesto. La presenza del drenaggio è stata simulata abbassando, nel tratto di intervento, la quota del tetto della falda freatica fino a raggiungere quella del piano di imposta dell'opera drenante. (allegato 2)

La figura 10 mostra che, sulla superficie di scivolamento predeterminata, il coefficiente di sicurezza del pendio in condizioni statiche diventa pari a 1,14.

L'analisi di stabilità del fronte di scavo relativo al drenaggio è stata effettuata in tensioni totali (condizioni a breve termine) e con falda freatica alla profondità di 1 metro circa dal p. di c. (figura 11). La verifica è stata realizzata considerando uno scavo con profondità pari a 4,5 metri interamente sviluppato all'interno dell'unità in dissesto (parametri geotecnici non drenati della coltre cfr. tabella 10). Le verifiche suggeriscono che un fronte di scavo con sezione obbligata di altezza pari a 3 metri è verificato con fattore di sicurezza pari a 1,18 (condizioni a breve termine in assenza di sisma). Si consiglia quindi di eseguire un prescavo a sezione svasata che elimini il primo metro di materiale. I tabulati di calcolo sono riportati nell'allegato 2.

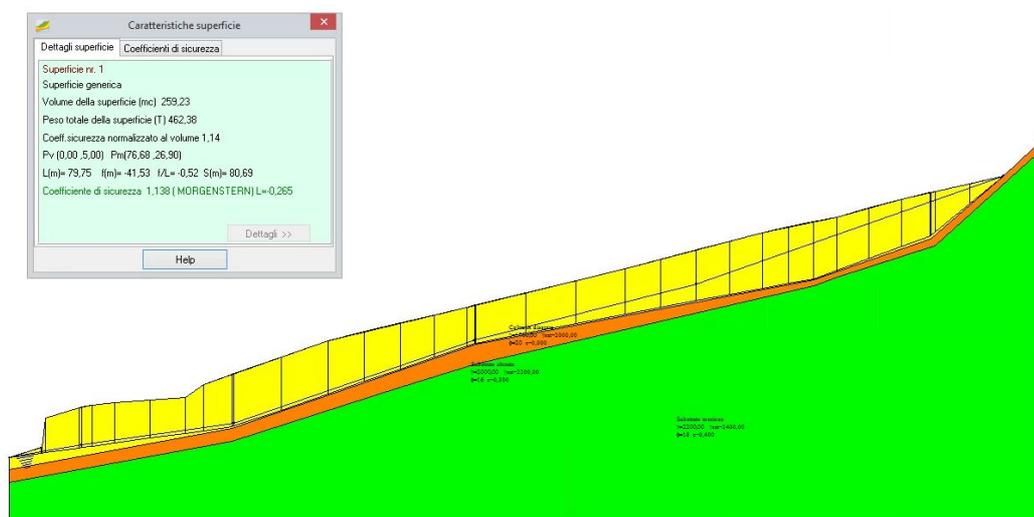


Figura 10: analisi di stabilità all'equilibrio limite del pendio nelle condizioni post intervento. L'analisi è stata utilizzata per dimostrare l'efficacia degli interventi di riprofilatura e drenaggio profondo del movimento franoso.

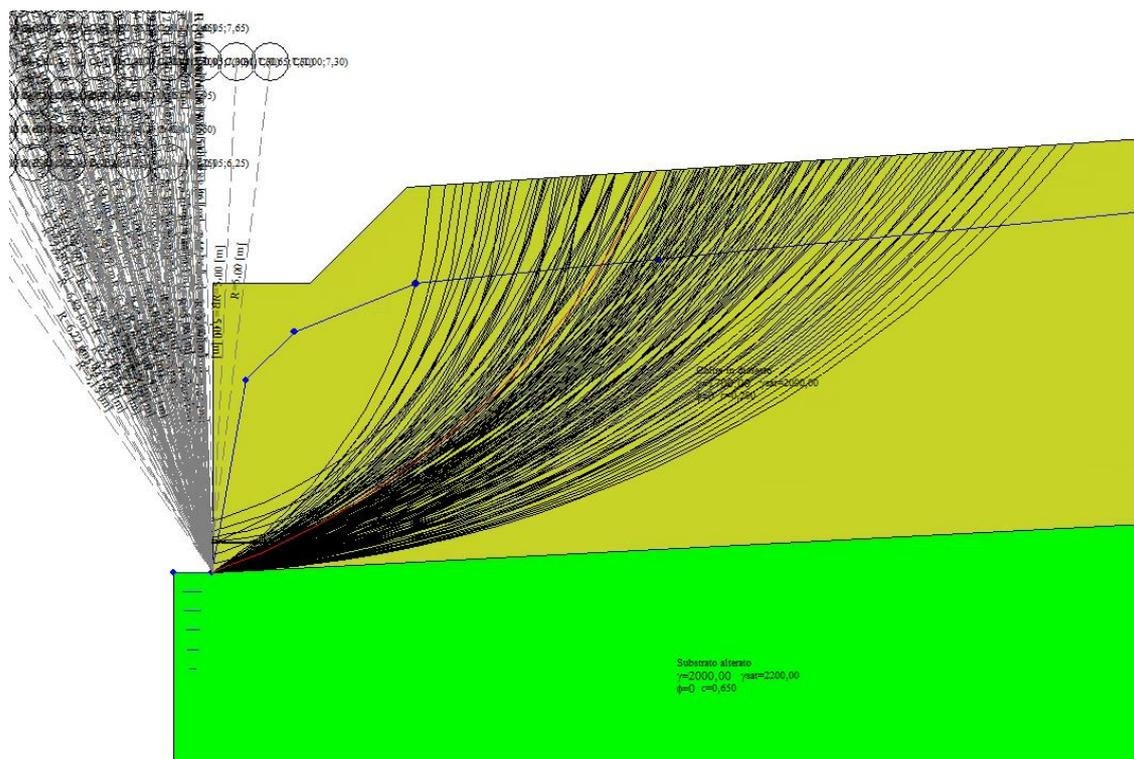


Figura 11: verifiche di stabilità del fronte di scavo del drenaggio. Condizioni a breve termine, parametri totali, assenza di sisma. Superficie critica (evidenziata in rosso) con coefficiente di sicurezza pari a 1,18

### 8.5 Verifiche di stabilità della scogliera di pietrame chiodata

Le verifiche sono state realizzate con software MAX (Aztec informatica). La scogliera è stata modellata come muro a gravità con volumetria confrontabile con quella riportata negli elaborati grafici di progetto e peso di volume pari a  $21 \text{ kN/m}^3$ .

La coltre detritica è stata modellata utilizzando un angolo di attrito del terreno a monte dell'opera pari a  $20^\circ$ , mentre la coesione è stata assunta pari a  $3 \text{ kPa}$  ( $0,03 \text{ kg/cm}^2$ ). L'assunzione del valore di coesione diverso da zero è giustificabile con il fatto che, dopo l'arresto del dissesto, si assiste in genere, nei terreni coesivi, a un incremento dell'aliquota della coesione sulla superficie di scivolamento fino a valori prossimi a quelli a volume costante che risultano superiori a quelli residui. La falda è stata considerata assente.

Le verifiche interne sono state realizzate adottando i valori dell'accelerazione sismica riportati nelle tabelle 12 e 13. La struttura risulta verificata (figura 12) in condizioni locali. Rimane comunque importante sottolineare che tale struttura è finalizzata al sostegno locale e corticale della scarpata stradale ed è stata dimensionata per resistere solo alle spinte derivanti dalla rimobilizzazione del terreno nelle adiacenze della carreggiata. La struttura non è stata dimensionata e verificata per resistere alle spinte derivanti dall'intera rimobilizzazione del versante in dissesto.

I tabulati di calcolo sono riportati a termine relazione (allegato 2).

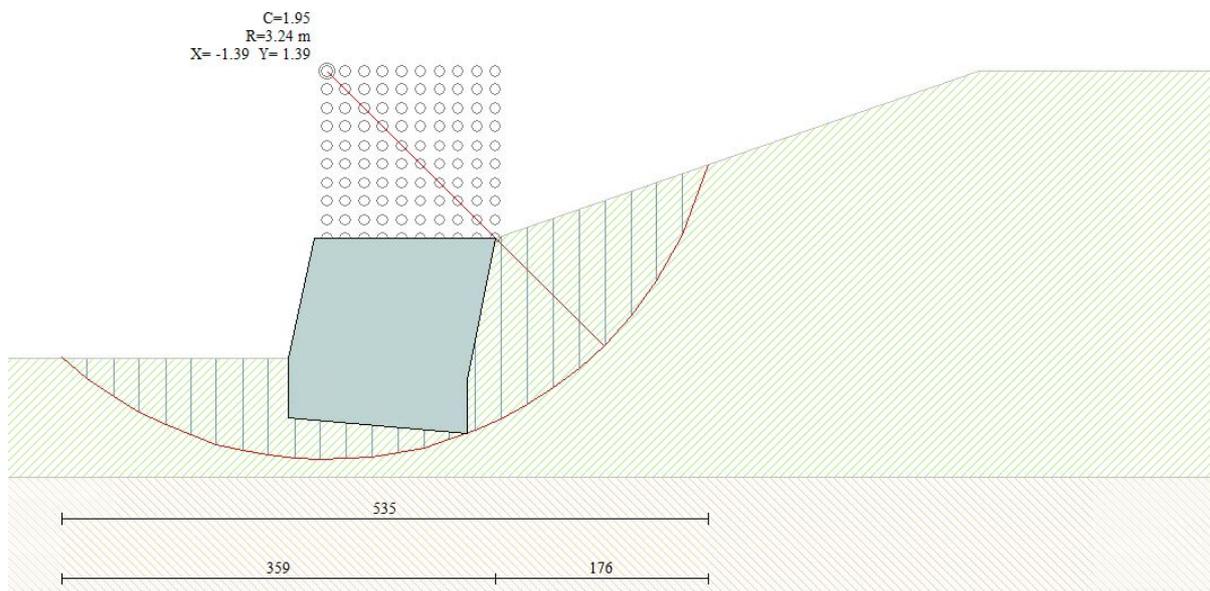


Figura 13

### 8.6 Suscettività alla liquefazione

La natura dei litotipi costituenti la coltre e il sottostante substrato, porta ad escludere il rischio di liquefazione.

## 9 Considerazioni conclusive e suggerimenti progettuali

L'area di indagine è caratterizzata dalla presenza di una coltre alterata e detritica di potenza variabile tra 3,5 e 4,5 metri e dal sottostante substrato appartenente all'Unità delle Argilliti con Calcari. La formazione affiora in corrispondenza della nicchia di distacco del movimento franoso.

Le foto aeree hanno evidenziato la possibilità che l'innescò del movimento franoso sia avvenuto nell'intervallo di tempo 2007-2010. La foto del 2010 evidenzia alcuni indicatori morfologici compatibili con la nicchia di distacco principale del dissesto.

Il movimento franoso di tipologia complessa e composita è classificabile come uno scorrimento roto-traslativo in materiale prevalentemente terroso. A monte della viabilità il movimento ha una lunghezza superiore a 70 metri, un fronte di circa 30 metri e una profondità media di 4 metri. L'accumulo è caratterizzato dalla presenza di fratture di trazione e contropendenze del piano di campagna che testimoniano il suo locale stato di attività. Al momento del rilievo, in corrispondenza dell'intersezione con il rilevato stradale erano rilevabili diverse venute d'acqua.

Il modello geologico del sottosuolo ottenuto dalle prove di campo permette di schematizzare il pendio in dissesto con la presenza di tre unità litostratigrafiche: una di copertura (unità 1), una coincidente con il substrato roccioso alterato (unità 2) e una coincidente con il substrato roccioso integro (unità 3). L'unità 2 affiora in corrispondenza della nicchia di distacco, mentre la presenza dell'unità 3 (non affiorante) è stata dedotta dai risultati delle penetrometrie.

I parametri geotecnici non drenati dell'unità 1 risultano pari a 20 kPa, mentre quelli drenati (dedotti da analisi all'equilibrio limite) sono:  $20^\circ - 0$  kPa (picco). Il comportamento meccanico in tensioni totali delle unità 2 e 3, ottenuto dalle penetrometrie, è stato modellato adottando i seguenti valori di coesione non drenata: 65 kPa e 160 kPa. Il comportamento meccanico in tensioni efficaci delle unità 2 e 3, ottenuto da dati di bibliografia, è invece schematizzabile con i seguenti parametri (angolo di attrito - coesione):  $16^\circ - 30$  kPa;  $18^\circ - 40$  kPa.

Il progetto di consolidamento della sede viabile prevede la realizzazione di un'opera drenante profonda, la risagomatura superficiale dell'accumulo franoso e il sostegno corticale della scarpata di monte della viabilità con una scogliera in pietrame con elementi lapidei chiodati. L'arretramento della scarpata stradale, con rimozione della porzione di accumulo franoso che ha parzialmente invaso la carreggiata, permetterà la riapertura della cunetta di scolo delle acque superficiali.

Le geometrie dei fronti di scavo del drenaggio risultano verificate anche con l'applicazione delle condizioni esistenti al momento del rilievo, le verifiche dei fronti di scavo delle opere sono state omesse in quanto ritenute meno gravose, a parità di condizioni, di quelle relative allo scavo della trincea drenante.

## 10 Bibliografia

- Bishop A.W., 1954, The use of the slip circle in the stability analysis of slopes, *Geotechnique*, Vol.5;
- Cruden D.M. & Varnes D.J. 1996, Landslides Types and Processes. In: Turner A.K. & Schuster R.L. (Eds.) *Landslides: Investigation and Mitigation*. Transportation Research Board Special Report 247. National Academy Press, WA, pp. 36-75;
- Janbu N., (1973), Slope stability Computations. In the *Embankment Dam Engineering Casagrande Volume*. John Wiley & Sons, pp. 47-86;
- Lunardi, P., Gatti M., Cassani G., (2011) Galleria Sparvo: il dimensionamento geotecnico della TBM-EPB per lo scavo della galleria. *Gallerie e Grandi Opere Sotterranee*, n. 98, pp. 31-38;
- Morgenstern N.R. and Price V.E., (1965), The analysis of the stability of general slip surface, *Geotechnique*, vol. 15;
- Morgenstern N.R. and Price V.E., (1967), A numerical method for solving the equations of stability of general slip surface, *The Computer Journal*, vol. 9;
- O.P.C.M., 2003, Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica, *Ordinanza n. 3274*;
- Regione Emilia Romagna, 2011, *Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo*, sezione n. 252030 "Piano del Voglio";
- Terzaghi, K., and Peck, R. B., 1967, *Soil Mechanics in Engineering Practice*, second edition, a Wiley International Edition, 729 p.

Tab. 2 - Parametri geotecnici di resistenza e deformabilità

FORMAZIONE	Copertura [m]	GSI	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	k0 [-]	$\phi_p$ [°]	$\phi_r$ [°]	$c_p$ [kPa]	$c_r$ [kPa]	$E_p$ [MPa]	$E_r$ [MPa]	$\nu$ [-]
Depositi	20	-	21	0.53	28	-	20	-	60	-	0.35
MOV	110	30	25	0.59	24	20	150	120	800	640	0.25
BAP	100-130	60	25	0.61	23	18	200	160	4000	3200	0.25
SCB	60-120	40	25	0.50	30	24	250	200	2000	1600	0.25
APA	25	-	22	0.70	16	11	53	37	163	100	0.35
APA-2	25	-	22	0.70	13	10	42	29	130	80	0.35
APA	60-115	-	22	0.70	23	14	230	170	703	460	0.35
APA-2	60-115	-	22	0.70	18	11	180	140	563	368	0.35

Figura 13: tabella con i parametri geotecnici proposti nella pubblicazione di Lunardi et. al. (2011)

## **ALLEGATO 1**

Diagrammi prove penetrometriche

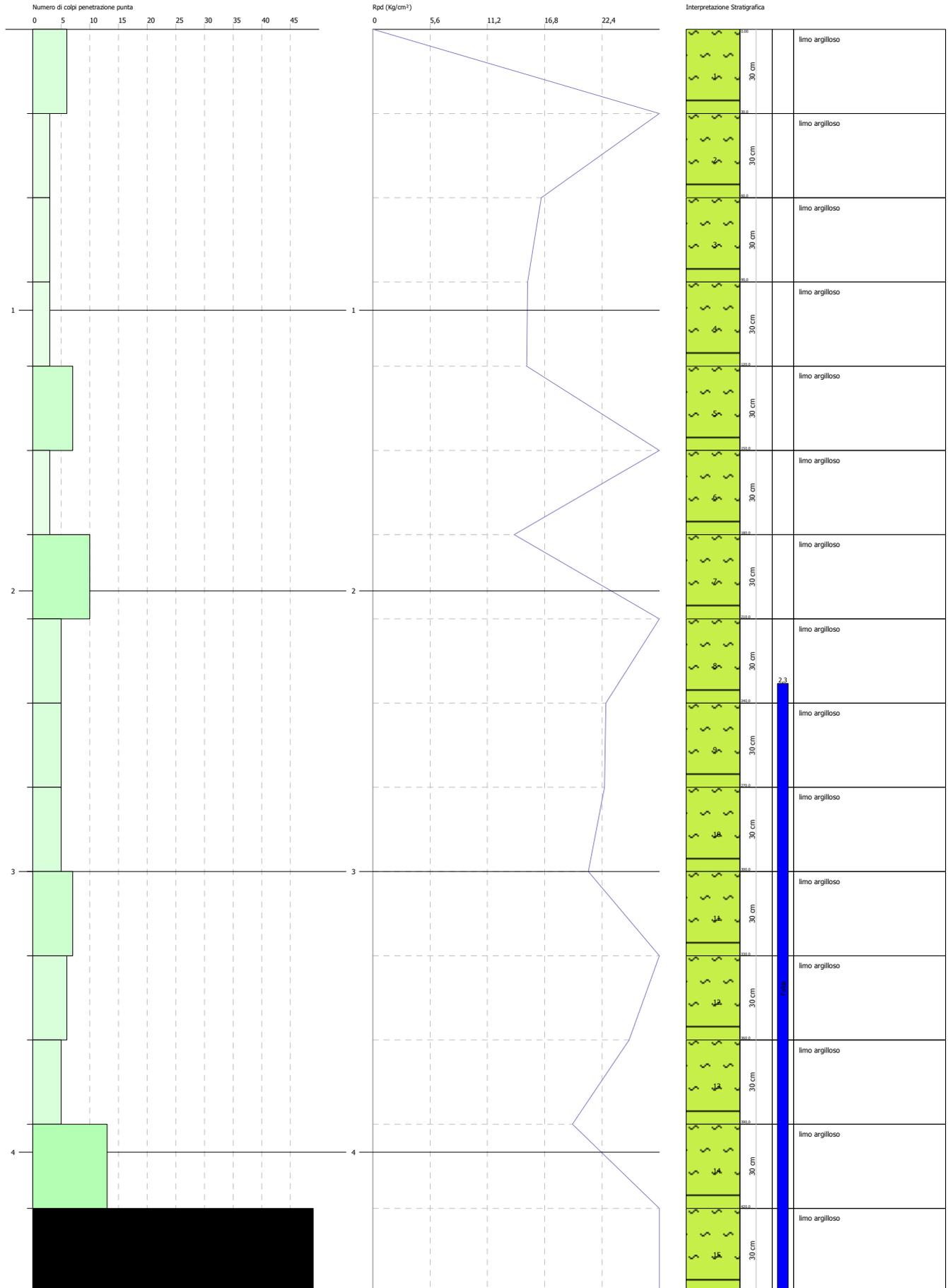


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1**  
**Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)**

Committente: Spett.le Consorzio Bonifica Renana  
 Cantiere: Frana  
 Località: Fontanelle - Castiglione dei Pepoli (BO)

Data: 30/05/2016

Scala 1:19



---

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Spett.le Consorzio Bonifica Renana Cantiere: Frana Località: Fontanelle - Castiglione dei Pepoli (BO)	
--	--

### Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	8 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	1,002
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

**Signature 1**

Signature 2

**PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE**  
**(DYNAMIC PROBING)**  
**DPSH – DPM (... scpt ecc.)**

**Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici**

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infingere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura  $\alpha$ );
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$  ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

<b>Tipo</b>	<b>Sigla di riferimento</b>	<b>peso della massa M (kg)</b>	<b>prof. max indagine battente (m)</b>
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

## penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente  $M = 30$  kg, altezza di caduta  $H = 0.20$  m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha=60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A=10$  cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente  $M = 20$  kg, altezza di caduta  $H=0.20$  m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha= 60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A=10$  cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente  $M = 73$  kg, altezza di caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=30$  cm, punta conica ( $\alpha = 60^\circ$ ), diametro  $D = 50.8$  mm, area base cono  $A=20.27$  cm<sup>2</sup> rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)  
massa battente  $M=63.5$  kg, altezza caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=20-30$  cm, punta conica conica ( $\alpha = 60^\circ-90^\circ$ ) diametro  $D = 50.5$  mm, area base cono  $A = 20$  cm<sup>2</sup>, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

## Correlazione con $N_{spt}$

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi  $N_{spt}$  ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con  $N_{spt}$ . Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui  $Q$  è l'energia specifica per colpo e  $Q_{spt}$  è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

$M$	peso massa battente.
$M'$	peso aste.
$H$	altezza di caduta.
$A$	area base punta conica.
$\delta$	passo di avanzamento.

## Valutazione resistenza dinamica alla punta $R_{pd}$

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M+P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M+P)]}$$

R<sub>pd</sub> resistenza dinamica punta (area A).  
e infissione media per colpo (δ/ N).  
M peso massa battente (altezza caduta H).  
P peso totale aste e sistema battuta.

### Calcolo di (N<sub>1</sub>)<sub>60</sub>

(N<sub>1</sub>)<sub>60</sub> è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{\frac{Pa'}{\sigma_{v0}}} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa} \quad (\text{Liao e Whitman 1986})$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_s \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60 rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.  
C<sub>s</sub> parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).  
C<sub>d</sub> funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).  
C<sub>r</sub> parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

### Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

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

In particolare consente di ottenere informazioni su:

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

### Valutazioni statistiche e correlazioni

## **Elaborazione Statistica**

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

### **Media**

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Media minima**

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Massimo**

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Minimo**

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Scarto quadratico medio**

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Media deviata**

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Media (+ s)**

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Media (- s)**

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Distribuzione normale R.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove  $\sigma_{N_{spt}}$  è la deviazione standard di  $N_{spt}$

### **Distribuzione normale R.N.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di  $N_{spt}$  distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

## **Pressione ammissibile**

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione  $d = 1$  m.

## Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

### *Liquefazione*

Permette di calcolare utilizzando dati  $N_{spt}$  il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se  $N_{spt}$  dello strato considerato risulta inferiore a  $N_{spt}$  critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

### *Correzione $N_{spt}$ in presenza di falda*

$$N_{spt\ corretto} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

$N_{spt}$  è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

### *Angolo di Attrito*

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda)  $\sigma > 5$  t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38° ).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da  $D_r$  %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.

- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

#### ***Densità relativa (%)***

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie  $D_r$  viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

#### ***Modulo Di Young ( $E_y$ )***

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.
- Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

#### ***Modulo Edometrico***

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buisman-Sanglerat, correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

#### ***Stato di consistenza***

- Classificazione A.G.I. 1977

#### ***Peso di Volume***

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

#### ***Peso di volume saturo***

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

### ***Modulo di poisson***

- Classificazione A.G.I.

### ***Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)***

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio  $\tau$  e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

### ***Velocità onde di taglio $V_s$ (m/s)***

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

### ***Modulo di deformazione di taglio (G)***

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

### ***Modulo di reazione ( $K_0$ )***

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

### ***Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )***

- Robertson (1983) -  $Q_c$

## **Correlazioni geotecniche terreni coesivi**

### ***Coesione non drenata***

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con  $N_{spt} < 8$  , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948).  $C_u$  (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività  $> 5$  , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche  $< 10$  colpi, per resistenze penetrometriche  $> 10$  l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , ( $C_u$ - $N_{spt}$ -grado di plasticità).

- Schmertmann (1975),  $C_u$  (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con  $N_c = 20$  e  $Q_c/N_{spt} = 2$ .
- Schmertmann (1975),  $C_u$  (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata  $C_u$  (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

#### ***Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )***

- Robertson (1983) -  $Q_c$

#### ***Modulo Edometrico-Confinato ( $M_o$ )***

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - $M_o$  (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$ ).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ( $N_{spt} < 30$ ) medie e molli ( $N_{spt} < 4$ ) e argille sabbiose ( $N_{spt} = 6-12$ ).

#### ***Modulo Di Young ( $E_Y$ )***

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15.
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

#### ***Stato di consistenza***

- Classificazione A.G.I. 1977.

#### ***Peso di Volume***

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

#### ***Peso di volume saturo***

- Meyerhof ed altri.

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)  
 Prova eseguita in data 30/05/2016  
 Profondità prova 4,50 mt  
 Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,30	6	0,853	33,15	38,87	1,66	1,94
0,60	3	0,847	16,46	19,44	0,82	0,97
0,90	3	0,842	15,13	17,98	0,76	0,90
1,20	3	0,836	15,04	17,98	0,75	0,90
1,50	7	0,831	34,87	41,95	1,74	2,10
1,80	3	0,826	14,86	17,98	0,74	0,90
2,10	10	0,822	45,81	55,76	2,29	2,79
2,40	5	0,817	22,78	27,88	1,14	1,39
2,70	5	0,813	22,66	27,88	1,13	1,39
3,00	5	0,809	21,08	26,06	1,05	1,30
3,30	7	0,805	29,36	36,49	1,47	1,82
3,60	6	0,801	25,05	31,27	1,25	1,56
3,90	5	0,797	19,51	24,47	0,98	1,22
4,20	13	0,744	47,31	63,62	2,37	3,18
4,50	49	0,590	141,55	239,78	7,08	11,99

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0,3	6	38,87	Coesivo	0	1,81	1,89	0,03	1	6,01	limo argilloso
0,6	3	19,44	Coesivo	0	1,64	1,86	0,08	1	3,01	limo argilloso
0,9	3	17,98	Coesivo	0	1,64	1,86	0,13	1	3,01	limo argilloso
1,2	3	17,98	Coesivo	0	1,64	1,86	0,18	1	3,01	limo argilloso
1,5	7	41,95	Coesivo	0	1,86	1,9	0,23	1	7,01	limo argilloso
1,8	3	17,98	Coesivo	0	1,64	1,86	0,28	1	3,01	limo argilloso
2,1	10	55,76	Coesivo	0	1,97	2,17	0,34	1	10,02	limo argilloso
2,4	5	27,88	Coesivo	0	1,76	1,88	0,39	1	5,01	limo argilloso
2,7	5	27,88	Coesivo	0	1,76	1,88	0,45	1	5,01	limo argilloso
3	5	26,06	Coesivo	0	1,76	1,88	0,5	1	5,01	limo argilloso

3,3	7	36,49	Coesivo	0	1,86	1,9	0,55	1	7,01	limo argilloso
3,6	6	31,27	Coesivo	0	1,81	1,89	0,61	1	6,01	limo argilloso
3,9	5	24,47	Coesivo	0	1,76	1,88	0,66	1	5,01	limo argilloso
4,2	13	63,62	Coesivo	0	2,04	2,24	0,72	1	13,03	limo argilloso
4,5	49	239,78	Coesivo	0	2,5	2,5	0,79	1	49,1	limo argilloso

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

### TERRENI COESIVI I

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) limo argilloso	6,01	0,00-0,30	Terzaghi-Peck	0,38
Strato (2) limo argilloso	3,01	0,30-0,60	Terzaghi-Peck	0,19
Strato (3) limo argilloso	3,01	0,60-0,90	Terzaghi-Peck	0,19
Strato (4) limo argilloso	3,01	0,90-1,20	Terzaghi-Peck	0,19
Strato (5) limo argilloso	7,01	1,20-1,50	Terzaghi-Peck	0,44
Strato (6) limo argilloso	3,01	1,50-1,80	Terzaghi-Peck	0,19
Strato (7) limo argilloso	10,02	1,80-2,10	Terzaghi-Peck	0,68
Strato (8) limo argilloso	5,01	2,10-2,40	Terzaghi-Peck	0,31
Strato (9) limo argilloso	5,01	2,40-2,70	Terzaghi-Peck	0,31
Strato (10) limo argilloso	5,01	2,70-3,00	Terzaghi-Peck	0,31
Strato (11) limo argilloso	7,01	3,00-3,30	Terzaghi-Peck	0,44
Strato (12) limo argilloso	6,01	3,30-3,60	Terzaghi-Peck	0,38
Strato (13) limo argilloso	5,01	3,60-3,90	Terzaghi-Peck	0,31
Strato (14) limo argilloso	13,03	3,90-4,20	Terzaghi-Peck	0,88
Strato (15) limo argilloso	49,1	4,20-4,50	Terzaghi-Peck	3,31

### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) limo argilloso	6,01	0,00-0,30	Robertson (1983)	12,02
Strato (2) limo argilloso	3,01	0,30-0,60	Robertson (1983)	6,02
Strato (3) limo argilloso	3,01	0,60-0,90	Robertson (1983)	6,02
Strato (4) limo argilloso	3,01	0,90-1,20	Robertson (1983)	6,02
Strato (5)	7,01	1,20-1,50	Robertson (1983)	14,02

limo argilloso				
Strato (6)	3,01	1,50-1,80	Robertson (1983)	6,02
limo argilloso				
Strato (7)	10,02	1,80-2,10	Robertson (1983)	20,04
limo argilloso				
Strato (8)	5,01	2,10-2,40	Robertson (1983)	10,02
limo argilloso				
Strato (9)	5,01	2,40-2,70	Robertson (1983)	10,02
limo argilloso				
Strato (10)	5,01	2,70-3,00	Robertson (1983)	10,02
limo argilloso				
Strato (11)	7,01	3,00-3,30	Robertson (1983)	14,02
limo argilloso				
Strato (12)	6,01	3,30-3,60	Robertson (1983)	12,02
limo argilloso				
Strato (13)	5,01	3,60-3,90	Robertson (1983)	10,02
limo argilloso				
Strato (14)	13,03	3,90-4,20	Robertson (1983)	26,06
limo argilloso				
Strato (15)	49,1	4,20-4,50	Robertson (1983)	98,20
limo argilloso				

#### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) limo argilloso	6,01	0,00-0,30	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	63,09
Strato (2) limo argilloso	3,01	0,30-0,60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	32,49
Strato (3) limo argilloso	3,01	0,60-0,90	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	32,49
Strato (4) limo argilloso	3,01	0,90-1,20	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	32,49
Strato (5) limo argilloso	7,01	1,20-1,50	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	73,29
Strato (6) limo argilloso	3,01	1,50-1,80	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	32,49
Strato (7) limo argilloso	10,02	1,80-2,10	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	103,99
Strato (8) limo argilloso	5,01	2,10-2,40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	52,89
Strato (9) limo argilloso	5,01	2,40-2,70	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	52,89
Strato (10) limo argilloso	5,01	2,70-3,00	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	52,89
Strato (11) limo argilloso	7,01	3,00-3,30	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	73,29
Strato (12) limo argilloso	6,01	3,30-3,60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	63,09
Strato (13) limo argilloso	5,01	3,60-3,90	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	52,89
Strato (14) limo argilloso	13,03	3,90-4,20	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	134,69
Strato (15) limo argilloso	49,1	4,20-4,50	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	502,58

#### Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) limo argilloso	6,01	0,00-0,30	Apollonia	60,10
Strato (2)	3,01	0,30-0,60	Apollonia	30,10

limo argilloso				
Strato (3)	3,01	0,60-0,90	Apollonia	30,10
limo argilloso				
Strato (4)	3,01	0,90-1,20	Apollonia	30,10
limo argilloso				
Strato (5)	7,01	1,20-1,50	Apollonia	70,10
limo argilloso				
Strato (6)	3,01	1,50-1,80	Apollonia	30,10
limo argilloso				
Strato (7)	10,02	1,80-2,10	Apollonia	100,20
limo argilloso				
Strato (8)	5,01	2,10-2,40	Apollonia	50,10
limo argilloso				
Strato (9)	5,01	2,40-2,70	Apollonia	50,10
limo argilloso				
Strato (10)	5,01	2,70-3,00	Apollonia	50,10
limo argilloso				
Strato (11)	7,01	3,00-3,30	Apollonia	70,10
limo argilloso				
Strato (12)	6,01	3,30-3,60	Apollonia	60,10
limo argilloso				
Strato (13)	5,01	3,60-3,90	Apollonia	50,10
limo argilloso				
Strato (14)	13,03	3,90-4,20	Apollonia	130,30
limo argilloso				
Strato (15)	49,1	4,20-4,50	Apollonia	491,00
limo argilloso				

#### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1)	6,01	0,00-0,30	A.G.I. (1977)	MODERAT.
limo argilloso				CONSISTENTE
Strato (2)	3,01	0,30-0,60	A.G.I. (1977)	POCO
limo argilloso				CONSISTENTE
Strato (3)	3,01	0,60-0,90	A.G.I. (1977)	POCO
limo argilloso				CONSISTENTE
Strato (4)	3,01	0,90-1,20	A.G.I. (1977)	POCO
limo argilloso				CONSISTENTE
Strato (5)	7,01	1,20-1,50	A.G.I. (1977)	MODERAT.
limo argilloso				CONSISTENTE
Strato (6)	3,01	1,50-1,80	A.G.I. (1977)	POCO
limo argilloso				CONSISTENTE
Strato (7)	10,02	1,80-2,10	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
limo argilloso				
Strato (8)	5,01	2,10-2,40	A.G.I. (1977)	MODERAT.
limo argilloso				CONSISTENTE
Strato (9)	5,01	2,40-2,70	A.G.I. (1977)	MODERAT.
limo argilloso				CONSISTENTE
Strato (10)	5,01	2,70-3,00	A.G.I. (1977)	MODERAT.
limo argilloso				CONSISTENTE
Strato (11)	7,01	3,00-3,30	A.G.I. (1977)	MODERAT.
limo argilloso				CONSISTENTE
Strato (12)	6,01	3,30-3,60	A.G.I. (1977)	MODERAT.
limo argilloso				CONSISTENTE
Strato (13)	5,01	3,60-3,90	A.G.I. (1977)	MODERAT.
limo argilloso				CONSISTENTE
Strato (14)	13,03	3,90-4,20	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
limo argilloso				
Strato (15)	49,1	4,20-4,50	A.G.I. (1977)	ESTREM.
limo argilloso				CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) limo argilloso	6,01	0,00-0,30	Meyerhof	1,81
Strato (2) limo argilloso	3,01	0,30-0,60	Meyerhof	1,64
Strato (3) limo argilloso	3,01	0,60-0,90	Meyerhof	1,64
Strato (4) limo argilloso	3,01	0,90-1,20	Meyerhof	1,64
Strato (5) limo argilloso	7,01	1,20-1,50	Meyerhof	1,86
Strato (6) limo argilloso	3,01	1,50-1,80	Meyerhof	1,64
Strato (7) limo argilloso	10,02	1,80-2,10	Meyerhof	1,97
Strato (8) limo argilloso	5,01	2,10-2,40	Meyerhof	1,76
Strato (9) limo argilloso	5,01	2,40-2,70	Meyerhof	1,76
Strato (10) limo argilloso	5,01	2,70-3,00	Meyerhof	1,76
Strato (11) limo argilloso	7,01	3,00-3,30	Meyerhof	1,86
Strato (12) limo argilloso	6,01	3,30-3,60	Meyerhof	1,81
Strato (13) limo argilloso	5,01	3,60-3,90	Meyerhof	1,76
Strato (14) limo argilloso	13,03	3,90-4,20	Meyerhof	2,04
Strato (15) limo argilloso	49,1	4,20-4,50	Meyerhof	2,50

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) limo argilloso	6,01	0,00-0,30	Meyerhof	1,89
Strato (2) limo argilloso	3,01	0,30-0,60	Meyerhof	1,86
Strato (3) limo argilloso	3,01	0,60-0,90	Meyerhof	1,86
Strato (4) limo argilloso	3,01	0,90-1,20	Meyerhof	1,86
Strato (5) limo argilloso	7,01	1,20-1,50	Meyerhof	1,90
Strato (6) limo argilloso	3,01	1,50-1,80	Meyerhof	1,86
Strato (7) limo argilloso	10,02	1,80-2,10	Meyerhof	2,17
Strato (8) limo argilloso	5,01	2,10-2,40	Meyerhof	1,88
Strato (9) limo argilloso	5,01	2,40-2,70	Meyerhof	1,88
Strato (10) limo argilloso	5,01	2,70-3,00	Meyerhof	1,88
Strato (11) limo argilloso	7,01	3,00-3,30	Meyerhof	1,90
Strato (12) limo argilloso	6,01	3,30-3,60	Meyerhof	1,89

Strato (13) limo argilloso	5,01	3,60-3,90	Meyerhof	1,88
Strato (14) limo argilloso	13,03	3,90-4,20	Meyerhof	2,24
Strato (15) limo argilloso	49,1	4,20-4,50	Meyerhof	2,50

#### Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) limo argilloso	6,01	0,00-0,30	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	64,69
Strato (2) limo argilloso	3,01	0,30-0,60	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	70,96
Strato (3) limo argilloso	3,01	0,60-0,90	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	78,31
Strato (4) limo argilloso	3,01	0,90-1,20	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	83,56
Strato (5) limo argilloso	7,01	1,20-1,50	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	101,53
Strato (6) limo argilloso	3,01	1,50-1,80	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	91,18
Strato (7) limo argilloso	10,02	1,80-2,10	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	115,94
Strato (8) limo argilloso	5,01	2,10-2,40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	105,72
Strato (9) limo argilloso	5,01	2,40-2,70	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	108,31
Strato (10) limo argilloso	5,01	2,70-3,00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	110,66
Strato (11) limo argilloso	7,01	3,00-3,30	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	119,57
Strato (12) limo argilloso	6,01	3,30-3,60	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	118,49
Strato (13) limo argilloso	5,01	3,60-3,90	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	116,68
Strato (14) limo argilloso	13,03	3,90-4,20	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	139,72
Strato (15) limo argilloso	49,1	4,20-4,50	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	178,2

## Indice

<u>1.PROVA ... Nr.1</u>	<u>10</u>
<u>1.1.Coesione non drenata</u>	<u>11</u>
<u>1.2.Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)</u>	<u>12</u>
<u>1.3.Modulo Edometrico</u>	<u>12</u>
<u>1.4.Modulo di Young</u>	<u>13</u>
<u>1.5.Classificazione AGI</u>	<u>13</u>
<u>1.6.Peso unità di volume</u>	<u>14</u>
<u>1.7.Peso unità di volume saturo</u>	<u>14</u>
<u>1.8.Velocità onde di taglio</u>	<u>15</u>
<u>Indice</u>	<u>17</u>

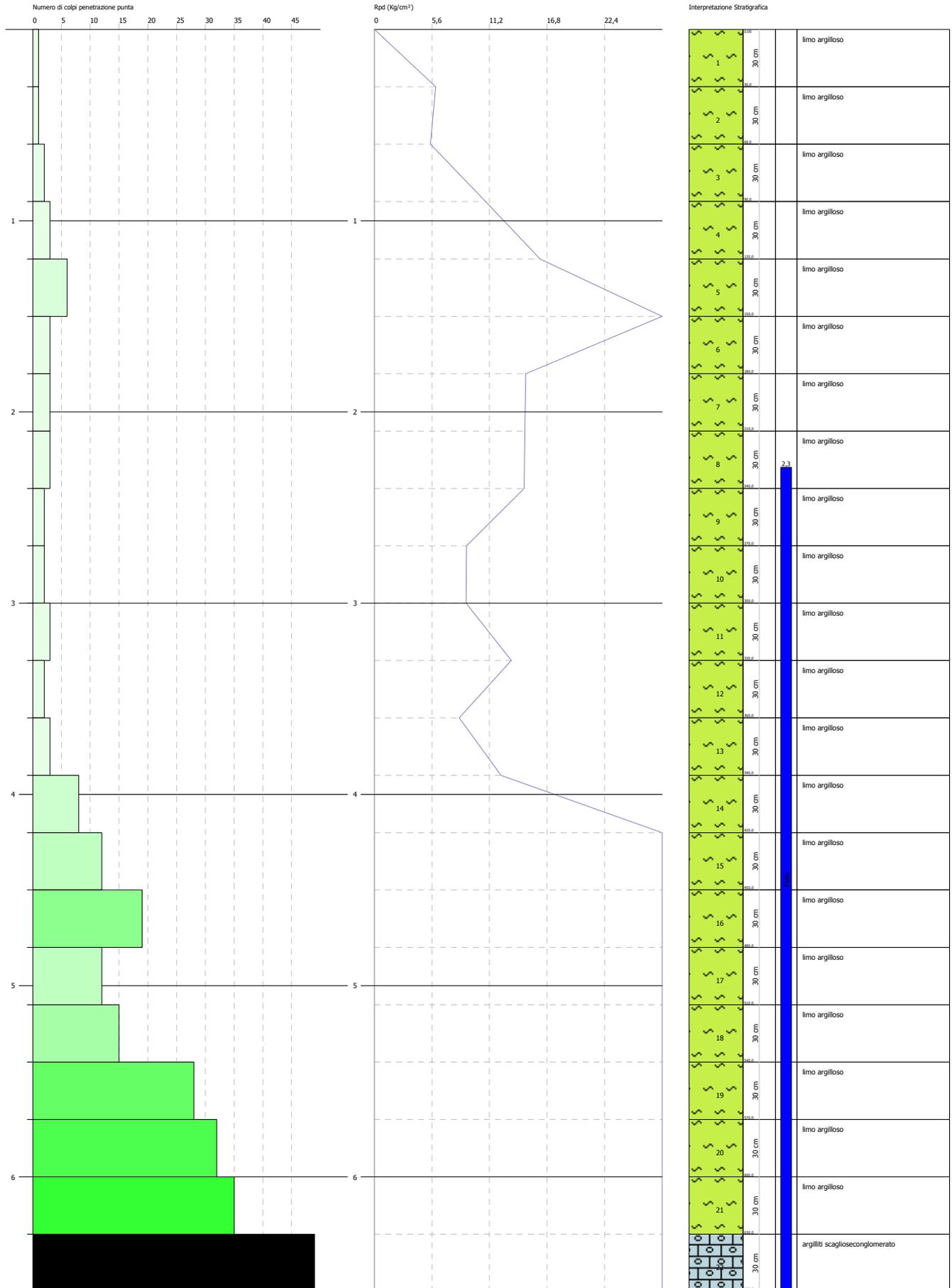


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2**  
**Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI**

Committente: Spett.le Consorzio Bonifica Renana  
 Cantiere: Frana  
 Località: Fontanelle - Castiglione dei Pepoli (BO)

Data: 30/05/2016

Scala 1:28



---

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Spett.le Consorzio Bonifica Renana Cantiere: Frana Località: Fontanelle - Castiglione dei Pepoli (BO)	
--	--

### Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	0,981
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

**Signature 1**

Signature 2

**PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE**  
**(DYNAMIC PROBING)**  
**DPSH – DPM (... scpt ecc.)**

**Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici**

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infingere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura  $\alpha$ );
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$  ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

<b>Tipo</b>	<b>Sigla di riferimento</b>	<b>peso della massa M (kg)</b>	<b>prof. max indagine battente (m)</b>
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

## penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente  $M = 30$  kg, altezza di caduta  $H = 0.20$  m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha=60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A=10$  cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente  $M = 20$  kg, altezza di caduta  $H=0.20$  m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha= 60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A=10$  cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente  $M = 73$  kg, altezza di caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=30$  cm, punta conica ( $\alpha = 60^\circ$ ), diametro  $D = 50.8$  mm, area base cono  $A=20.27$  cm<sup>2</sup> rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)  
massa battente  $M=63.5$  kg, altezza caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=20-30$  cm, punta conica conica ( $\alpha = 60^\circ-90^\circ$ ) diametro  $D = 50.5$  mm, area base cono  $A = 20$  cm<sup>2</sup>, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

## Correlazione con $N_{spt}$

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi  $N_{spt}$  ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con  $N_{spt}$ . Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui  $Q$  è l'energia specifica per colpo e  $Q_{spt}$  è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

$M$	peso massa battente.
$M'$	peso aste.
$H$	altezza di caduta.
$A$	area base punta conica.
$\delta$	passo di avanzamento.

## Valutazione resistenza dinamica alla punta $R_{pd}$

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M+P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M+P)]}$$

R<sub>pd</sub> resistenza dinamica punta (area A).  
e infissione media per colpo (δ/ N).  
M peso massa battente (altezza caduta H).  
P peso totale aste e sistema battuta.

### Calcolo di (N<sub>1</sub>)<sub>60</sub>

(N<sub>1</sub>)<sub>60</sub> è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{\frac{Pa'}{\sigma_{v0}}} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa} \quad (\text{Liao e Whitman 1986})$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_s \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60 rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.  
C<sub>s</sub> parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).  
C<sub>d</sub> funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).  
C<sub>r</sub> parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

### Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

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

In particolare consente di ottenere informazioni su:

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

### Valutazioni statistiche e correlazioni

## **Elaborazione Statistica**

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

### **Media**

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Media minima**

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Massimo**

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Minimo**

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Scarto quadratico medio**

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Media deviata**

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Media (+ s)**

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Media (- s)**

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Distribuzione normale R.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove  $\sigma_{N_{spt}}$  è la deviazione standard di  $N_{spt}$

### **Distribuzione normale R.N.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di  $N_{spt}$  distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

## **Pressione ammissibile**

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione  $d = 1$  m.

## Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

### *Liquefazione*

Permette di calcolare utilizzando dati  $N_{spt}$  il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se  $N_{spt}$  dello strato considerato risulta inferiore a  $N_{spt}$  critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

### *Correzione $N_{spt}$ in presenza di falda*

$$N_{spt\ corretto} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

$N_{spt}$  è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

### *Angolo di Attrito*

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda)  $\sigma > 5$  t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38° ).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da  $D_r$  %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.

- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

#### ***Densità relativa (%)***

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie  $D_r$  viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

#### ***Modulo Di Young ( $E_y$ )***

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.
- Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

#### ***Modulo Edometrico***

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buisman-Sanglerat, correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

#### ***Stato di consistenza***

- Classificazione A.G.I. 1977

#### ***Peso di Volume***

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

#### ***Peso di volume saturo***

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

### ***Modulo di poisson***

- Classificazione A.G.I.

### ***Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)***

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio  $\tau$  e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

### ***Velocità onde di taglio $V_s$ (m/s)***

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

### ***Modulo di deformazione di taglio (G)***

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

### ***Modulo di reazione ( $K_0$ )***

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

### ***Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )***

- Robertson (1983) -  $Q_c$

## **Correlazioni geotecniche terreni coesivi**

### ***Coesione non drenata***

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con  $N_{spt} < 8$  , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948).  $C_u$  (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività  $> 5$  , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche  $< 10$  colpi, per resistenze penetrometriche  $> 10$  l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , ( $C_u$ - $N_{spt}$ -grado di plasticità).

- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con  $N_c = 20$  e  $Q_c/N_{spt} = 2$ .
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

#### ***Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )***

- Robertson (1983) -  $Q_c$

#### ***Modulo Edometrico-Confinato ( $M_o$ )***

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - $M_o$  (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$ ).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ( $N_{spt} < 30$ ) medie e molli ( $N_{spt} < 4$ ) e argille sabbiose ( $N_{spt} = 6-12$ ).

#### ***Modulo Di Young ( $E_Y$ )***

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15.
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

#### ***Stato di consistenza***

- Classificazione A.G.I. 1977.

#### ***Peso di Volume***

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

#### ***Peso di volume saturo***

- Meyerhof ed altri.

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato...  
 Prova eseguita in data  
 Profondità prova  
 Falda rilevata

DPSH TG 63-200 PAGANI  
 30/05/2016  
 6,60 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,30	1	0,853	5,97	7,00	0,30	0,35
0,60	1	0,847	5,45	6,43	0,27	0,32
0,90	2	0,842	10,82	12,86	0,54	0,64
1,20	3	0,836	16,13	19,29	0,81	0,96
1,50	6	0,831	29,63	35,64	1,48	1,78
1,80	3	0,826	14,73	17,82	0,74	0,89
2,10	3	0,822	14,64	17,82	0,73	0,89
2,40	3	0,817	14,56	17,82	0,73	0,89
2,70	2	0,813	8,98	11,04	0,45	0,55
3,00	2	0,809	8,93	11,04	0,45	0,55
3,30	3	0,805	13,33	16,56	0,67	0,83
3,60	2	0,801	8,26	10,31	0,41	0,52
3,90	3	0,797	12,33	15,47	0,62	0,77
4,20	8	0,794	32,74	41,26	1,64	2,06
4,50	12	0,790	45,88	58,06	2,29	2,90
4,80	19	0,737	67,76	91,92	3,39	4,60
5,10	12	0,784	45,52	58,06	2,28	2,90
5,40	15	0,731	53,05	72,57	2,65	3,63
5,70	28	0,678	86,52	127,57	4,33	6,38
6,00	32	0,625	91,19	145,79	4,56	7,29
6,30	35	0,623	99,32	159,46	4,97	7,97
6,60	49	0,570	120,32	210,96	6,02	10,55

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0,3	1	7,01	Coesivo	0	1,48	1,84	0,02	0,98	0,98	limo argilloso
0,6	1	6,43	Coesivo	0	1,48	1,84	0,07	0,98	0,98	limo argilloso
0,9	2	12,86	Coesivo	0	1,56	1,85	0,11	0,98	1,96	limo argilloso
1,2	3	19,29	Coesivo	0	1,63	1,86	0,16	0,98	2,94	limo argilloso
1,5	6	35,64	Coesivo	0	1,81	1,89	0,21	0,98	5,89	limo argilloso
1,8	3	17,82	Coesivo	0	1,63	1,86	0,26	0,98	2,94	limo argilloso
2,1	3	17,82	Coesivo	0	1,63	1,86	0,31	0,98	2,94	limo

2,4	3	17,82	Coesivo	0	1,63	1,86	0,36	0,98	2,94	argilloso limo
2,7	2	11,04	Coesivo	0	1,56	1,85	0,41	0,98	1,96	argilloso limo
3	2	11,04	Coesivo	0	1,56	1,85	0,46	0,98	1,96	argilloso limo
3,3	3	16,56	Coesivo	0	1,63	1,86	0,5	0,98	2,94	argilloso limo
3,6	2	10,31	Coesivo	0	1,56	1,85	0,55	0,98	1,96	argilloso limo
3,9	3	15,47	Coesivo	0	1,63	1,86	0,6	0,98	2,94	argilloso limo
4,2	8	41,26	Coesivo	0	1,89	1,9	0,65	0,98	7,85	argilloso limo
4,5	12	58,06	Coesivo	0	2,01	2,21	0,71	0,98	11,77	argilloso limo
4,8	19	91,92	Coesivo	0	2,09	2,3	0,77	0,98	18,64	argilloso limo
5,1	12	58,06	Coesivo	0	2,01	2,21	0,83	0,98	11,77	argilloso limo
5,4	15	72,57	Coesivo	0	2,06	2,27	0,89	0,98	14,72	argilloso limo
5,7	28	127,57	Coesivo	0	2,13	2,29	0,96	0,98	27,47	argilloso limo
6	32	145,79	Coesivo	0	2,19	2,42	1,02	0,98	31,39	argilloso limo
6,3	35	159,46	Coesivo	0	2,26	2,5	1,09	0,98	34,33	argilloso limo
6,6	49	210,96	Coesivo	0	2,5	2,5	1,16	0,98	48,07	argilliti scaglios econglo merato

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

### TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) limo argilloso	0,98	0,00-0,30	Terzaghi-Peck	0,06
Strato (2) limo argilloso	0,98	0,30-0,60	Terzaghi-Peck	0,06
Strato (3) limo argilloso	1,96	0,60-0,90	Terzaghi-Peck	0,12
Strato (4) limo argilloso	2,94	0,90-1,20	Terzaghi-Peck	0,18
Strato (5) limo argilloso	5,89	1,20-1,50	Terzaghi-Peck	0,37
Strato (6) limo argilloso	2,94	1,50-1,80	Terzaghi-Peck	0,18
Strato (7) limo argilloso	2,94	1,80-2,10	Terzaghi-Peck	0,18
Strato (8) limo argilloso	2,94	2,10-2,40	Terzaghi-Peck	0,18
Strato (9) limo argilloso	1,96	2,40-2,70	Terzaghi-Peck	0,12

Strato (10) limo argilloso	1,96	2,70-3,00	Terzaghi-Peck	0,12
Strato (11) limo argilloso	2,94	3,00-3,30	Terzaghi-Peck	0,18
Strato (12) limo argilloso	1,96	3,30-3,60	Terzaghi-Peck	0,12
Strato (13) limo argilloso	2,94	3,60-3,90	Terzaghi-Peck	0,18
Strato (14) limo argilloso	7,85	3,90-4,20	Terzaghi-Peck	0,49
Strato (15) limo argilloso	11,77	4,20-4,50	Terzaghi-Peck	0,79
Strato (16) limo argilloso	18,64	4,50-4,80	Terzaghi-Peck	1,26
Strato (17) limo argilloso	11,77	4,80-5,10	Terzaghi-Peck	0,79
Strato (18) limo argilloso	14,72	5,10-5,40	Terzaghi-Peck	0,99
Strato (19) limo argilloso	27,47	5,40-5,70	Terzaghi-Peck	1,85
Strato (20) limo argilloso	31,39	5,70-6,00	Terzaghi-Peck	2,12
Strato (21) limo argilloso	34,33	6,00-6,30	Terzaghi-Peck	2,32
Strato (22) argilliti scaglioseconglomerato	48,07	6,30-6,60	Terzaghi-Peck	3,25

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) limo argilloso	0,98	0,00-0,30	Robertson (1983)	1,96
Strato (2) limo argilloso	0,98	0,30-0,60	Robertson (1983)	1,96
Strato (3) limo argilloso	1,96	0,60-0,90	Robertson (1983)	3,92
Strato (4) limo argilloso	2,94	0,90-1,20	Robertson (1983)	5,88
Strato (5) limo argilloso	5,89	1,20-1,50	Robertson (1983)	11,78
Strato (6) limo argilloso	2,94	1,50-1,80	Robertson (1983)	5,88
Strato (7) limo argilloso	2,94	1,80-2,10	Robertson (1983)	5,88
Strato (8) limo argilloso	2,94	2,10-2,40	Robertson (1983)	5,88
Strato (9) limo argilloso	1,96	2,40-2,70	Robertson (1983)	3,92
Strato (10) limo argilloso	1,96	2,70-3,00	Robertson (1983)	3,92
Strato (11) limo argilloso	2,94	3,00-3,30	Robertson (1983)	5,88
Strato (12) limo argilloso	1,96	3,30-3,60	Robertson (1983)	3,92
Strato (13) limo argilloso	2,94	3,60-3,90	Robertson (1983)	5,88
Strato (14) limo argilloso	7,85	3,90-4,20	Robertson (1983)	15,70
Strato (15) limo argilloso	11,77	4,20-4,50	Robertson (1983)	23,54
Strato (16)	18,64	4,50-4,80	Robertson (1983)	37,28

limo argilloso					
Strato (17)	11,77	4,80-5,10	Robertson (1983)	23,54	
limo argilloso					
Strato (18)	14,72	5,10-5,40	Robertson (1983)	29,44	
limo argilloso					
Strato (19)	27,47	5,40-5,70	Robertson (1983)	54,94	
limo argilloso					
Strato (20)	31,39	5,70-6,00	Robertson (1983)	62,78	
limo argilloso					
Strato (21)	34,33	6,00-6,30	Robertson (1983)	68,66	
limo argilloso					
Strato (22)	48,07	6,30-6,60	Robertson (1983)	96,14	
argilliti					
scagliose conglomerato					

#### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) limo argilloso	0,98	0,00-0,30	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	11,79
Strato (2) limo argilloso	0,98	0,30-0,60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	11,79
Strato (3) limo argilloso	1,96	0,60-0,90	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	21,78
Strato (4) limo argilloso	2,94	0,90-1,20	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	31,78
Strato (5) limo argilloso	5,89	1,20-1,50	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	61,87
Strato (6) limo argilloso	2,94	1,50-1,80	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	31,78
Strato (7) limo argilloso	2,94	1,80-2,10	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	31,78
Strato (8) limo argilloso	2,94	2,10-2,40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	31,78
Strato (9) limo argilloso	1,96	2,40-2,70	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	21,78
Strato (10) limo argilloso	1,96	2,70-3,00	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	21,78
Strato (11) limo argilloso	2,94	3,00-3,30	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	31,78
Strato (12) limo argilloso	1,96	3,30-3,60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	21,78
Strato (13) limo argilloso	2,94	3,60-3,90	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	31,78
Strato (14) limo argilloso	7,85	3,90-4,20	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	81,86
Strato (15) limo argilloso	11,77	4,20-4,50	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	121,84
Strato (16) limo argilloso	18,64	4,50-4,80	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	191,91
Strato (17) limo argilloso	11,77	4,80-5,10	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	121,84
Strato (18) limo argilloso	14,72	5,10-5,40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	151,93
Strato (19) limo argilloso	27,47	5,40-5,70	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	281,97
Strato (20) limo argilloso	31,39	5,70-6,00	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	321,95
Strato (21) limo argilloso	34,33	6,00-6,30	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	351,94
Strato (22) argilliti	48,07	6,30-6,60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	492,08

scaglioconglomerato				
---------------------	--	--	--	--

#### Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) limo argilloso	0,98	0,00-0,30	Apollonia	9,80
Strato (2) limo argilloso	0,98	0,30-0,60	Apollonia	9,80
Strato (3) limo argilloso	1,96	0,60-0,90	Apollonia	19,60
Strato (4) limo argilloso	2,94	0,90-1,20	Apollonia	29,40
Strato (5) limo argilloso	5,89	1,20-1,50	Apollonia	58,90
Strato (6) limo argilloso	2,94	1,50-1,80	Apollonia	29,40
Strato (7) limo argilloso	2,94	1,80-2,10	Apollonia	29,40
Strato (8) limo argilloso	2,94	2,10-2,40	Apollonia	29,40
Strato (9) limo argilloso	1,96	2,40-2,70	Apollonia	19,60
Strato (10) limo argilloso	1,96	2,70-3,00	Apollonia	19,60
Strato (11) limo argilloso	2,94	3,00-3,30	Apollonia	29,40
Strato (12) limo argilloso	1,96	3,30-3,60	Apollonia	19,60
Strato (13) limo argilloso	2,94	3,60-3,90	Apollonia	29,40
Strato (14) limo argilloso	7,85	3,90-4,20	Apollonia	78,50
Strato (15) limo argilloso	11,77	4,20-4,50	Apollonia	117,70
Strato (16) limo argilloso	18,64	4,50-4,80	Apollonia	186,40
Strato (17) limo argilloso	11,77	4,80-5,10	Apollonia	117,70
Strato (18) limo argilloso	14,72	5,10-5,40	Apollonia	147,20
Strato (19) limo argilloso	27,47	5,40-5,70	Apollonia	274,70
Strato (20) limo argilloso	31,39	5,70-6,00	Apollonia	313,90
Strato (21) limo argilloso	34,33	6,00-6,30	Apollonia	343,30
Strato (22) argilliti scaglioconglomerato	48,07	6,30-6,60	Apollonia	480,70

#### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) limo argilloso	0,98	0,00-0,30	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
Strato (2) limo argilloso	0,98	0,30-0,60	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
Strato (3) limo argilloso	1,96	0,60-0,90	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
Strato (4) limo argilloso	2,94	0,90-1,20	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE

Strato (5) limo argilloso	5,89	1,20-1,50	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (6) limo argilloso	2,94	1,50-1,80	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (7) limo argilloso	2,94	1,80-2,10	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (8) limo argilloso	2,94	2,10-2,40	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (9) limo argilloso	1,96	2,40-2,70	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
Strato (10) limo argilloso	1,96	2,70-3,00	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
Strato (11) limo argilloso	2,94	3,00-3,30	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (12) limo argilloso	1,96	3,30-3,60	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
Strato (13) limo argilloso	2,94	3,60-3,90	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (14) limo argilloso	7,85	3,90-4,20	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (15) limo argilloso	11,77	4,20-4,50	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato (16) limo argilloso	18,64	4,50-4,80	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
Strato (17) limo argilloso	11,77	4,80-5,10	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato (18) limo argilloso	14,72	5,10-5,40	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato (19) limo argilloso	27,47	5,40-5,70	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
Strato (20) limo argilloso	31,39	5,70-6,00	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE
Strato (21) limo argilloso	34,33	6,00-6,30	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE
Strato (22) argilliti scaglioseconglomerato	48,07	6,30-6,60	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) limo argilloso	0,98	0,00-0,30	Meyerhof	1,48
Strato (2) limo argilloso	0,98	0,30-0,60	Meyerhof	1,48
Strato (3) limo argilloso	1,96	0,60-0,90	Meyerhof	1,56
Strato (4) limo argilloso	2,94	0,90-1,20	Meyerhof	1,63
Strato (5) limo argilloso	5,89	1,20-1,50	Meyerhof	1,81
Strato (6) limo argilloso	2,94	1,50-1,80	Meyerhof	1,63
Strato (7) limo argilloso	2,94	1,80-2,10	Meyerhof	1,63
Strato (8) limo argilloso	2,94	2,10-2,40	Meyerhof	1,63
Strato (9) limo argilloso	1,96	2,40-2,70	Meyerhof	1,56
Strato (10) limo argilloso	1,96	2,70-3,00	Meyerhof	1,56
Strato (11)	2,94	3,00-3,30	Meyerhof	1,63

limo argilloso				
Strato (12)	1,96	3,30-3,60	Meyerhof	1,56
limo argilloso				
Strato (13)	2,94	3,60-3,90	Meyerhof	1,63
limo argilloso				
Strato (14)	7,85	3,90-4,20	Meyerhof	1,89
limo argilloso				
Strato (15)	11,77	4,20-4,50	Meyerhof	2,01
limo argilloso				
Strato (16)	18,64	4,50-4,80	Meyerhof	2,09
limo argilloso				
Strato (17)	11,77	4,80-5,10	Meyerhof	2,01
limo argilloso				
Strato (18)	14,72	5,10-5,40	Meyerhof	2,06
limo argilloso				
Strato (19)	27,47	5,40-5,70	Meyerhof	2,13
limo argilloso				
Strato (20)	31,39	5,70-6,00	Meyerhof	2,19
limo argilloso				
Strato (21)	34,33	6,00-6,30	Meyerhof	2,26
limo argilloso				
Strato (22)	48,07	6,30-6,60	Meyerhof	2,50
argilliti scaglioseconglomerato				

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1)	0,98	0,00-0,30	Meyerhof	1,84
limo argilloso				
Strato (2)	0,98	0,30-0,60	Meyerhof	1,84
limo argilloso				
Strato (3)	1,96	0,60-0,90	Meyerhof	1,85
limo argilloso				
Strato (4)	2,94	0,90-1,20	Meyerhof	1,86
limo argilloso				
Strato (5)	5,89	1,20-1,50	Meyerhof	1,89
limo argilloso				
Strato (6)	2,94	1,50-1,80	Meyerhof	1,86
limo argilloso				
Strato (7)	2,94	1,80-2,10	Meyerhof	1,86
limo argilloso				
Strato (8)	2,94	2,10-2,40	Meyerhof	1,86
limo argilloso				
Strato (9)	1,96	2,40-2,70	Meyerhof	1,85
limo argilloso				
Strato (10)	1,96	2,70-3,00	Meyerhof	1,85
limo argilloso				
Strato (11)	2,94	3,00-3,30	Meyerhof	1,86
limo argilloso				
Strato (12)	1,96	3,30-3,60	Meyerhof	1,85
limo argilloso				
Strato (13)	2,94	3,60-3,90	Meyerhof	1,86
limo argilloso				
Strato (14)	7,85	3,90-4,20	Meyerhof	1,90
limo argilloso				
Strato (15)	11,77	4,20-4,50	Meyerhof	2,21
limo argilloso				
Strato (16)	18,64	4,50-4,80	Meyerhof	2,30
limo argilloso				
Strato (17)	11,77	4,80-5,10	Meyerhof	2,21

limo argilloso				
Strato (18)	14,72	5,10-5,40	Meyerhof	2,27
limo argilloso				
Strato (19)	27,47	5,40-5,70	Meyerhof	2,29
limo argilloso				
Strato (20)	31,39	5,70-6,00	Meyerhof	2,42
limo argilloso				
Strato (21)	34,33	6,00-6,30	Meyerhof	2,50
limo argilloso				
Strato (22)	48,07	6,30-6,60	Meyerhof	2,50
argilliti scaglioseconglomerato				

#### Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) limo argilloso	0,98	0,00-0,30	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	47,27
Strato (2) limo argilloso	0,98	0,30-0,60	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	58,44
Strato (3) limo argilloso	1,96	0,60-0,90	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	72,71
Strato (4) limo argilloso	2,94	0,90-1,20	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	83,22
Strato (5) limo argilloso	5,89	1,20-1,50	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	98,52
Strato (6) limo argilloso	2,94	1,50-1,80	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	90,81
Strato (7) limo argilloso	2,94	1,80-2,10	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	93,78
Strato (8) limo argilloso	2,94	2,10-2,40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	96,41
Strato (9) limo argilloso	1,96	2,40-2,70	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	92,08
Strato (10) limo argilloso	1,96	2,70-3,00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	94,07
Strato (11) limo argilloso	2,94	3,00-3,30	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	102,88
Strato (12) limo argilloso	1,96	3,30-3,60	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	97,61
Strato (13) limo argilloso	2,94	3,60-3,90	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	106,4
Strato (14) limo argilloso	7,85	3,90-4,20	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	127,99
Strato (15) limo argilloso	11,77	4,20-4,50	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	139,19
Strato (16)	18,64	4,50-4,80	Ohta & Goto (1978)	152,66

limo argilloso			Argille limose e argille di bassa plasticità	
Strato (17) limo argilloso	11,77	4,80-5,10	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	142,7
Strato (18) limo argilloso	14,72	5,10-5,40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	150,02
Strato (19) limo argilloso	27,47	5,40-5,70	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	168,92
Strato (20) limo argilloso	31,39	5,70-6,00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	174,63
Strato (21) limo argilloso	34,33	6,00-6,30	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	179,08
Strato (22) argilliti scaglioseconglomerato	48,07	6,30-6,60	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	191,57

## Indice

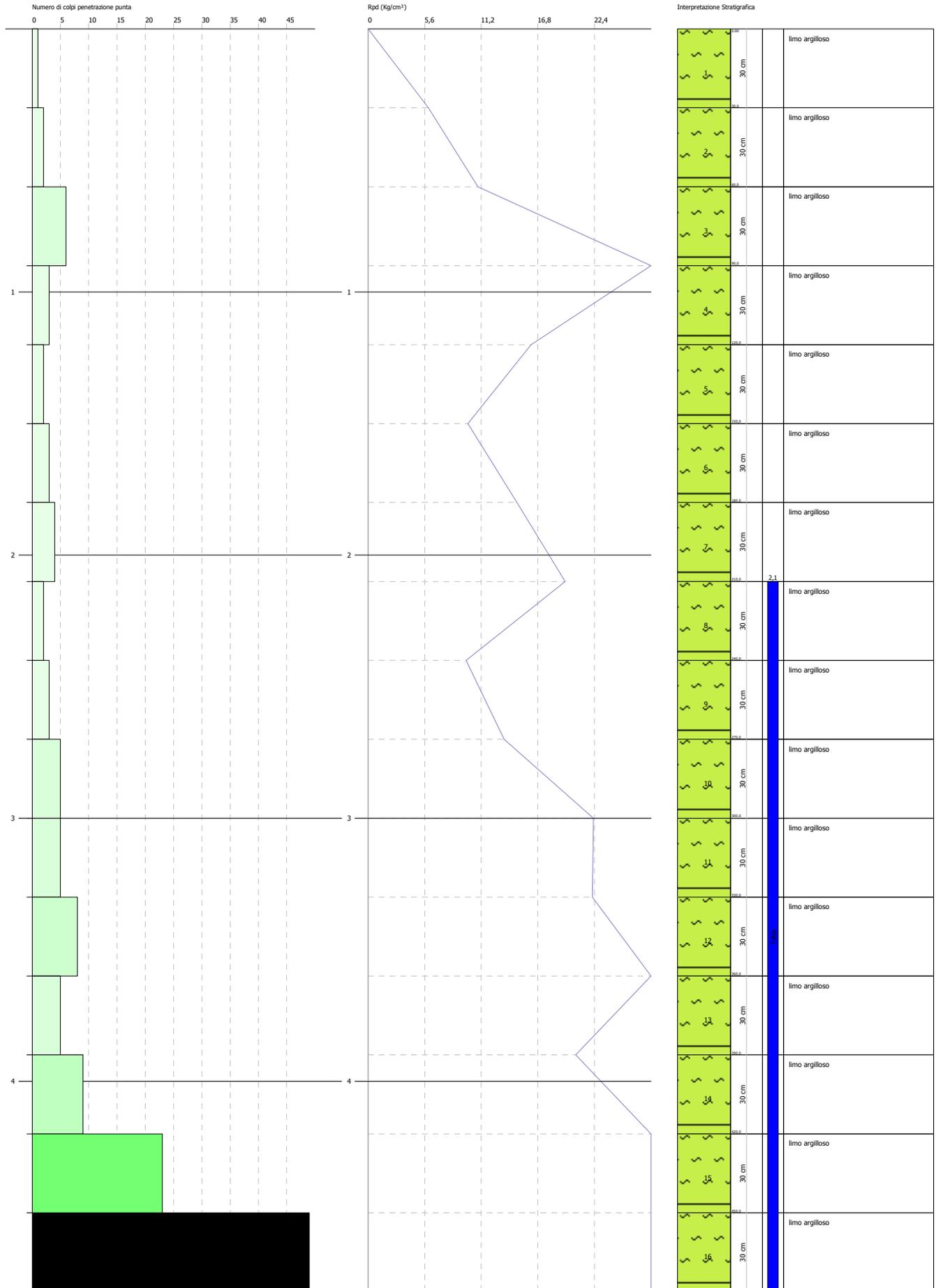
<u>1.PROVA ... Nr.2</u>	<u>10</u>
<u>1.1.Coesione non drenata</u>	<u>11</u>
<u>1.2.Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)</u>	<u>12</u>
<u>1.3.Modulo Edometrico</u>	<u>13</u>
<u>1.4.Modulo di Young</u>	<u>14</u>
<u>1.5.Classificazione AGI</u>	<u>15</u>
<u>1.6.Peso unità di volume</u>	<u>15</u>
<u>1.7.Peso unità di volume saturo</u>	<u>16</u>
<u>1.8.Velocità onde di taglio</u>	<u>17</u>
<u>Indice</u>	<u>19</u>

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3**  
**Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI**

Committente: Spett.le Consorzio Bonifica Renana  
 Cantiere: Frana  
 Località: Fontanelle - Castiglione dei Pepoli (BO)

Data: 30/05/2016

Scala 1:20



---

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Spett.le Consorzio Bonifica Renana Cantiere: Frana Località: Fontanelle - Castiglione dei Pepoli (BO)	
--	--

### Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	0,981
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

**Signature 1**

Signature 2

**PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE**  
**(DYNAMIC PROBING)**  
**DPSH – DPM (... scpt ecc.)**

**Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici**

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infingere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura  $\alpha$ );
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$  ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

<b>Tipo</b>	<b>Sigla di riferimento</b>	<b>peso della massa M (kg)</b>	<b>prof. max indagine battente (m)</b>
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

## penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente  $M = 30$  kg, altezza di caduta  $H = 0.20$  m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha=60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A=10$  cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente  $M = 20$  kg, altezza di caduta  $H=0.20$  m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha= 60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A=10$  cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente  $M = 73$  kg, altezza di caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=30$  cm, punta conica ( $\alpha = 60^\circ$ ), diametro  $D = 50.8$  mm, area base cono  $A=20.27$  cm<sup>2</sup> rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)  
massa battente  $M=63.5$  kg, altezza caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=20-30$  cm, punta conica conica ( $\alpha = 60^\circ-90^\circ$ ) diametro  $D = 50.5$  mm, area base cono  $A = 20$  cm<sup>2</sup>, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

## Correlazione con $N_{spt}$

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi  $N_{spt}$  ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con  $N_{spt}$ . Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui  $Q$  è l'energia specifica per colpo e  $Q_{spt}$  è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

$M$	peso massa battente.
$M'$	peso aste.
$H$	altezza di caduta.
$A$	area base punta conica.
$\delta$	passo di avanzamento.

## Valutazione resistenza dinamica alla punta $R_{pd}$

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M+P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M+P)]}$$

- R<sub>pd</sub> resistenza dinamica punta (area A).  
e infissione media per colpo (δ/ N).  
M peso massa battente (altezza caduta H).  
P peso totale aste e sistema battuta.

### Calcolo di (N<sub>1</sub>)<sub>60</sub>

(N<sub>1</sub>)<sub>60</sub> è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{\frac{Pa'}{\sigma_{v0}}} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa} \quad (\text{Liao e Whitman 1986})$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_s \cdot C_r \cdot C_d$$

- ER/60 rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.  
C<sub>s</sub> parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).  
C<sub>d</sub> funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).  
C<sub>r</sub> parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

### Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

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

In particolare consente di ottenere informazioni su:

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

### Valutazioni statistiche e correlazioni

## **Elaborazione Statistica**

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

### **Media**

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Media minima**

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Massimo**

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Minimo**

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Scarto quadratico medio**

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Media deviata**

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Media (+ s)**

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Media (- s)**

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Distribuzione normale R.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove  $\sigma_{N_{spt}}$  è la deviazione standard di  $N_{spt}$

### **Distribuzione normale R.N.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di  $N_{spt}$  distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

## **Pressione ammissibile**

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione  $d = 1$  m.

## Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

### *Liquefazione*

Permette di calcolare utilizzando dati  $N_{spt}$  il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se  $N_{spt}$  dello strato considerato risulta inferiore a  $N_{spt}$  critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

### *Correzione $N_{spt}$ in presenza di falda*

$$N_{spt\ corretto} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

$N_{spt}$  è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

### *Angolo di Attrito*

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda)  $\sigma > 5$  t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38° ).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da  $D_r$  %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.

- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

#### ***Densità relativa (%)***

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie  $D_r$  viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

#### ***Modulo Di Young ( $E_y$ )***

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.
- Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

#### ***Modulo Edometrico***

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buisman-Sanglerat, correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

#### ***Stato di consistenza***

- Classificazione A.G.I. 1977

#### ***Peso di Volume***

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

#### ***Peso di volume saturo***

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

### ***Modulo di poisson***

- Classificazione A.G.I.

### ***Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)***

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio  $\tau$  e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

### ***Velocità onde di taglio $V_s$ (m/s)***

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

### ***Modulo di deformazione di taglio (G)***

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

### ***Modulo di reazione ( $K_0$ )***

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

### ***Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )***

- Robertson (1983) -  $Q_c$

## **Correlazioni geotecniche terreni coesivi**

### ***Coesione non drenata***

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con  $N_{spt} < 8$  , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948).  $C_u$  (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività  $> 5$  , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche  $< 10$  colpi, per resistenze penetrometriche  $> 10$  l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , ( $C_u$ - $N_{spt}$ -grado di plasticità).

- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con  $N_c = 20$  e  $Q_c/N_{spt} = 2$ .
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

#### ***Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )***

- Robertson (1983) -  $Q_c$

#### ***Modulo Edometrico-Confinato ( $M_o$ )***

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - $M_o$  (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$ ).
- Buisman- Sanglerat, valida per argille compatte ( $N_{spt} < 30$ ) medie e molli ( $N_{spt} < 4$ ) e argille sabbiose ( $N_{spt} = 6-12$ ).

#### ***Modulo Di Young ( $E_Y$ )***

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15.
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

#### ***Stato di consistenza***

- Classificazione A.G.I. 1977.

#### ***Peso di Volume***

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

#### ***Peso di volume saturo***

- Meyerhof ed altri.

PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato...  
 Prova eseguita in data  
 Profondità prova  
 Falda rilevata

DPSH TG 63-200 PAGANI  
 30/05/2016  
 4,80 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,30	1	0,853	5,97	7,00	0,30	0,35
0,60	2	0,847	10,89	12,86	0,54	0,64
0,90	6	0,842	32,46	38,57	1,62	1,93
1,20	3	0,836	16,13	19,29	0,81	0,96
1,50	2	0,831	9,88	11,88	0,49	0,59
1,80	3	0,826	14,73	17,82	0,74	0,89
2,10	4	0,822	19,52	23,76	0,98	1,19
2,40	2	0,817	9,71	11,88	0,49	0,59
2,70	3	0,813	13,46	16,56	0,67	0,83
3,00	5	0,809	22,32	27,61	1,12	1,38
3,30	5	0,805	22,21	27,61	1,11	1,38
3,60	8	0,801	33,04	41,26	1,65	2,06
3,90	5	0,797	20,56	25,79	1,03	1,29
4,20	9	0,794	36,84	46,41	1,84	2,32
4,50	23	0,690	76,81	111,27	3,84	5,56
4,80	49	0,587	139,18	237,06	6,96	11,85

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0,3	1	7,01	Coesivo	0	1,48	1,84	0,02	0,98	0,98	limo argilloso
0,6	2	12,86	Coesivo	0	1,56	1,85	0,07	0,98	1,96	limo argilloso
0,9	6	38,57	Coesivo	0	1,81	1,89	0,12	0,98	5,89	limo argilloso
1,2	3	19,29	Coesivo	0	1,63	1,86	0,17	0,98	2,94	limo argilloso
1,5	2	11,88	Coesivo	0	1,56	1,85	0,22	0,98	1,96	limo argilloso
1,8	3	17,82	Coesivo	0	1,63	1,86	0,27	0,98	2,94	limo argilloso
2,1	4	23,76	Coesivo	0	1,69	1,87	0,32	0,98	3,92	limo argilloso
2,4	2	11,88	Coesivo	0	1,56	1,85	0,36	0,98	1,96	limo argilloso
2,7	3	16,56	Coesivo	0	1,63	1,86	0,41	0,98	2,94	limo argilloso
3	5	27,61	Coesivo	0	1,75	1,88	0,46	0,98	4,91	limo

3,3	5	27,61	Coesivo	0	1,75	1,88	0,52	0,98	4,91	argilloso limo
3,6	8	41,26	Coesivo	0	1,89	1,9	0,57	0,98	7,85	argilloso limo
3,9	5	25,78	Coesivo	0	1,75	1,88	0,62	0,98	4,91	argilloso limo
4,2	9	46,41	Coesivo	0	1,93	2,12	0,68	0,98	8,83	argilloso limo
4,5	23	111,27	Coesivo	0	2,11	2,16	0,74	0,98	22,56	argilloso limo
4,8	49	237,06	Coesivo	0	2,5	2,5	0,81	0,98	48,07	argilloso limo

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

#### TERRENI COESIVI I

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) limo argilloso	0,98	0,00-0,30	Terzaghi-Peck	0,06
Strato (2) limo argilloso	1,96	0,30-0,60	Terzaghi-Peck	0,12
Strato (3) limo argilloso	5,89	0,60-0,90	Terzaghi-Peck	0,37
Strato (4) limo argilloso	2,94	0,90-1,20	Terzaghi-Peck	0,18
Strato (5) limo argilloso	1,96	1,20-1,50	Terzaghi-Peck	0,12
Strato (6) limo argilloso	2,94	1,50-1,80	Terzaghi-Peck	0,18
Strato (7) limo argilloso	3,92	1,80-2,10	Terzaghi-Peck	0,25
Strato (8) limo argilloso	1,96	2,10-2,40	Terzaghi-Peck	0,12
Strato (9) limo argilloso	2,94	2,40-2,70	Terzaghi-Peck	0,18
Strato (10) limo argilloso	4,91	2,70-3,00	Terzaghi-Peck	0,31
Strato (11) limo argilloso	4,91	3,00-3,30	Terzaghi-Peck	0,31
Strato (12) limo argilloso	7,85	3,30-3,60	Terzaghi-Peck	0,49
Strato (13) limo argilloso	4,91	3,60-3,90	Terzaghi-Peck	0,31
Strato (14) limo argilloso	8,83	3,90-4,20	Terzaghi-Peck	0,60
Strato (15) limo argilloso	22,56	4,20-4,50	Terzaghi-Peck	1,52
Strato (16) limo argilloso	48,07	4,50-4,80	Terzaghi-Peck	3,25

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) limo argilloso	0,98	0,00-0,30	Robertson (1983)	1,96
Strato (2) limo argilloso	1,96	0,30-0,60	Robertson (1983)	3,92

Strato (3) limo argilloso	5,89	0,60-0,90	Robertson (1983)	11,78
Strato (4) limo argilloso	2,94	0,90-1,20	Robertson (1983)	5,88
Strato (5) limo argilloso	1,96	1,20-1,50	Robertson (1983)	3,92
Strato (6) limo argilloso	2,94	1,50-1,80	Robertson (1983)	5,88
Strato (7) limo argilloso	3,92	1,80-2,10	Robertson (1983)	7,84
Strato (8) limo argilloso	1,96	2,10-2,40	Robertson (1983)	3,92
Strato (9) limo argilloso	2,94	2,40-2,70	Robertson (1983)	5,88
Strato (10) limo argilloso	4,91	2,70-3,00	Robertson (1983)	9,82
Strato (11) limo argilloso	4,91	3,00-3,30	Robertson (1983)	9,82
Strato (12) limo argilloso	7,85	3,30-3,60	Robertson (1983)	15,70
Strato (13) limo argilloso	4,91	3,60-3,90	Robertson (1983)	9,82
Strato (14) limo argilloso	8,83	3,90-4,20	Robertson (1983)	17,66
Strato (15) limo argilloso	22,56	4,20-4,50	Robertson (1983)	45,12
Strato (16) limo argilloso	48,07	4,50-4,80	Robertson (1983)	96,14

#### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) limo argilloso	0,98	0,00-0,30	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	11,79
Strato (2) limo argilloso	1,96	0,30-0,60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	21,78
Strato (3) limo argilloso	5,89	0,60-0,90	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	61,87
Strato (4) limo argilloso	2,94	0,90-1,20	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	31,78
Strato (5) limo argilloso	1,96	1,20-1,50	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	21,78
Strato (6) limo argilloso	2,94	1,50-1,80	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	31,78
Strato (7) limo argilloso	3,92	1,80-2,10	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	41,77
Strato (8) limo argilloso	1,96	2,10-2,40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	21,78
Strato (9) limo argilloso	2,94	2,40-2,70	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	31,78
Strato (10) limo argilloso	4,91	2,70-3,00	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	51,87
Strato (11) limo argilloso	4,91	3,00-3,30	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	51,87
Strato (12) limo argilloso	7,85	3,30-3,60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	81,86
Strato (13) limo argilloso	4,91	3,60-3,90	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	51,87
Strato (14) limo argilloso	8,83	3,90-4,20	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	91,85
Strato (15) limo argilloso	22,56	4,20-4,50	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	231,89

Strato (16) limo argilloso	48,07	4,50-4,80	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	492,08
-------------------------------	-------	-----------	---	--------

#### Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) limo argilloso	0,98	0,00-0,30	Apollonia	9,80
Strato (2) limo argilloso	1,96	0,30-0,60	Apollonia	19,60
Strato (3) limo argilloso	5,89	0,60-0,90	Apollonia	58,90
Strato (4) limo argilloso	2,94	0,90-1,20	Apollonia	29,40
Strato (5) limo argilloso	1,96	1,20-1,50	Apollonia	19,60
Strato (6) limo argilloso	2,94	1,50-1,80	Apollonia	29,40
Strato (7) limo argilloso	3,92	1,80-2,10	Apollonia	39,20
Strato (8) limo argilloso	1,96	2,10-2,40	Apollonia	19,60
Strato (9) limo argilloso	2,94	2,40-2,70	Apollonia	29,40
Strato (10) limo argilloso	4,91	2,70-3,00	Apollonia	49,10
Strato (11) limo argilloso	4,91	3,00-3,30	Apollonia	49,10
Strato (12) limo argilloso	7,85	3,30-3,60	Apollonia	78,50
Strato (13) limo argilloso	4,91	3,60-3,90	Apollonia	49,10
Strato (14) limo argilloso	8,83	3,90-4,20	Apollonia	88,30
Strato (15) limo argilloso	22,56	4,20-4,50	Apollonia	225,60
Strato (16) limo argilloso	48,07	4,50-4,80	Apollonia	480,70

#### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) limo argilloso	0,98	0,00-0,30	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
Strato (2) limo argilloso	1,96	0,30-0,60	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
Strato (3) limo argilloso	5,89	0,60-0,90	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (4) limo argilloso	2,94	0,90-1,20	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (5) limo argilloso	1,96	1,20-1,50	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
Strato (6) limo argilloso	2,94	1,50-1,80	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (7) limo argilloso	3,92	1,80-2,10	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (8) limo argilloso	1,96	2,10-2,40	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
Strato (9) limo argilloso	2,94	2,40-2,70	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (10) limo argilloso	4,91	2,70-3,00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Strato (11) limo argilloso	4,91	3,00-3,30	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (12) limo argilloso	7,85	3,30-3,60	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (13) limo argilloso	4,91	3,60-3,90	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (14) limo argilloso	8,83	3,90-4,20	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato (15) limo argilloso	22,56	4,20-4,50	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
Strato (16) limo argilloso	48,07	4,50-4,80	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) limo argilloso	0,98	0,00-0,30	Meyerhof	1,48
Strato (2) limo argilloso	1,96	0,30-0,60	Meyerhof	1,56
Strato (3) limo argilloso	5,89	0,60-0,90	Meyerhof	1,81
Strato (4) limo argilloso	2,94	0,90-1,20	Meyerhof	1,63
Strato (5) limo argilloso	1,96	1,20-1,50	Meyerhof	1,56
Strato (6) limo argilloso	2,94	1,50-1,80	Meyerhof	1,63
Strato (7) limo argilloso	3,92	1,80-2,10	Meyerhof	1,69
Strato (8) limo argilloso	1,96	2,10-2,40	Meyerhof	1,56
Strato (9) limo argilloso	2,94	2,40-2,70	Meyerhof	1,63
Strato (10) limo argilloso	4,91	2,70-3,00	Meyerhof	1,75
Strato (11) limo argilloso	4,91	3,00-3,30	Meyerhof	1,75
Strato (12) limo argilloso	7,85	3,30-3,60	Meyerhof	1,89
Strato (13) limo argilloso	4,91	3,60-3,90	Meyerhof	1,75
Strato (14) limo argilloso	8,83	3,90-4,20	Meyerhof	1,93
Strato (15) limo argilloso	22,56	4,20-4,50	Meyerhof	2,11
Strato (16) limo argilloso	48,07	4,50-4,80	Meyerhof	2,50

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) limo argilloso	0,98	0,00-0,30	Meyerhof	1,84
Strato (2) limo argilloso	1,96	0,30-0,60	Meyerhof	1,85
Strato (3) limo argilloso	5,89	0,60-0,90	Meyerhof	1,89
Strato (4) limo argilloso	2,94	0,90-1,20	Meyerhof	1,86
Strato (5) limo argilloso	1,96	1,20-1,50	Meyerhof	1,85

limo argilloso					
Strato (6)	2,94	1,50-1,80	Meyerhof	1,86	
limo argilloso					
Strato (7)	3,92	1,80-2,10	Meyerhof	1,87	
limo argilloso					
Strato (8)	1,96	2,10-2,40	Meyerhof	1,85	
limo argilloso					
Strato (9)	2,94	2,40-2,70	Meyerhof	1,86	
limo argilloso					
Strato (10)	4,91	2,70-3,00	Meyerhof	1,88	
limo argilloso					
Strato (11)	4,91	3,00-3,30	Meyerhof	1,88	
limo argilloso					
Strato (12)	7,85	3,30-3,60	Meyerhof	1,90	
limo argilloso					
Strato (13)	4,91	3,60-3,90	Meyerhof	1,88	
limo argilloso					
Strato (14)	8,83	3,90-4,20	Meyerhof	2,12	
limo argilloso					
Strato (15)	22,56	4,20-4,50	Meyerhof	2,16	
limo argilloso					
Strato (16)	48,07	4,50-4,80	Meyerhof	2,50	
limo argilloso					

#### Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) limo argilloso	0,98	0,00-0,30	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	47,27
Strato (2) limo argilloso	1,96	0,30-0,60	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	65,88
Strato (3) limo argilloso	5,89	0,60-0,90	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	87,95
Strato (4) limo argilloso	2,94	0,90-1,20	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	83,22
Strato (5) limo argilloso	1,96	1,20-1,50	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	81,44
Strato (6) limo argilloso	2,94	1,50-1,80	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	90,81
Strato (7) limo argilloso	3,92	1,80-2,10	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	98,57
Strato (8) limo argilloso	1,96	2,10-2,40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	89,88
Strato (9) limo argilloso	2,94	2,40-2,70	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	98,77
Strato (10) limo argilloso	4,91	2,70-3,00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	110,27
Strato (11) limo argilloso	4,91	3,00-3,30	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	112,42
Strato (12) limo argilloso	7,85	3,30-3,60	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille	124,09

			di bassa plasticità	
Strato (13) limo argilloso	4,91	3,60-3,90	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	116,27
Strato (14) limo argilloso	8,83	3,90-4,20	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	130,62
Strato (15) limo argilloso	22,56	4,20-4,50	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	155,77
Strato (16) limo argilloso	48,07	4,50-4,80	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	179,85

## Indice

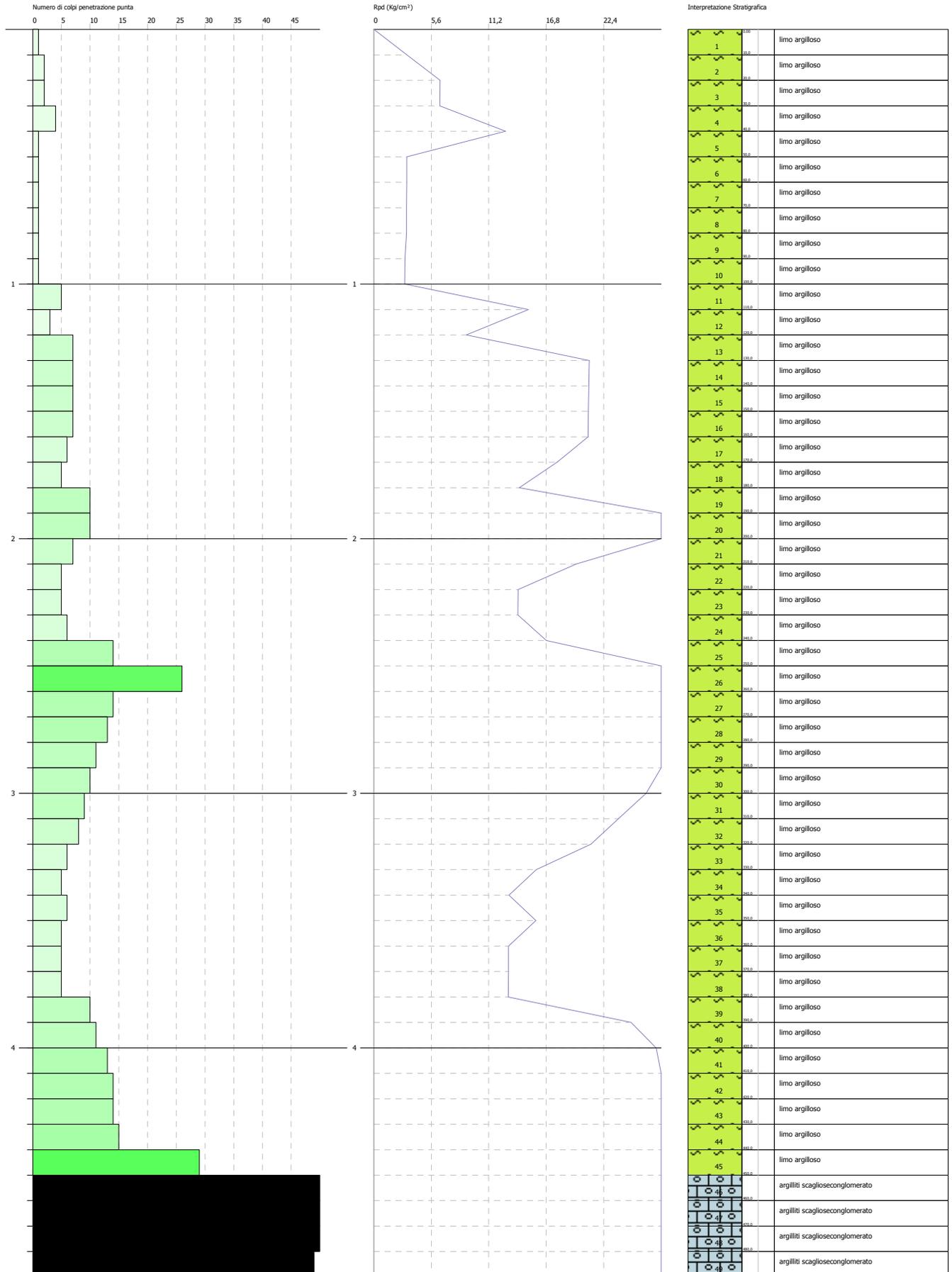
<u>1.PROVA ... Nr.3</u>	<u>10</u>
<u>1.1.Coesione non drenata</u>	<u>11</u>
<u>1.2.Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)</u>	<u>12</u>
<u>1.3.Modulo Edometrico</u>	<u>12</u>
<u>1.4.Modulo di Young</u>	<u>13</u>
<u>1.5.Classificazione AGI</u>	<u>13</u>
<u>1.6.Peso unità di volume</u>	<u>14</u>
<u>1.7.Peso unità di volume saturo</u>	<u>15</u>
<u>1.8.Velocità onde di taglio</u>	<u>15</u>
<u>Indice</u>	<u>17</u>

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.5**  
**Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI**

Committente: Spett.le Consorzio Bonifica Renana  
 Cantiere: Frana  
 Località: Fontanelle - Castiglione dei Pepoli (BO)

Data: 04/06/2016

Scala 1:21



---

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Spett.le Consorzio Bonifica Renana Cantiere: Frana Località: Fontanelle - Castiglione dei Pepoli (BO)	
--	--

### Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DMP 3020 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0,20 m
Peso sistema di battuta	15,25 Kg
Diametro punta conica	35,68 mm
Area di base punta	10 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2,4 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0,783
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

**Signature 1**

Signature 2

**PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE**  
**(DYNAMIC PROBING)**  
**DPSH – DPM (... scpt ecc.)**

**Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici**

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura  $\alpha$ );
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$  ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

<b>Tipo</b>	<b>Sigla di riferimento</b>	<b>peso della massa M (kg)</b>	<b>prof. max indagine battente (m)</b>
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

## penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente  $M = 30$  kg, altezza di caduta  $H = 0.20$  m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha=60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A=10$  cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente  $M = 20$  kg, altezza di caduta  $H=0.20$  m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha= 60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A=10$  cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente  $M = 73$  kg, altezza di caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=30$  cm, punta conica ( $\alpha = 60^\circ$ ), diametro  $D = 50.8$  mm, area base cono  $A=20.27$  cm<sup>2</sup> rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)  
massa battente  $M=63.5$  kg, altezza caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=20-30$  cm, punta conica conica ( $\alpha = 60^\circ-90^\circ$ ) diametro  $D = 50.5$  mm, area base cono  $A = 20$  cm<sup>2</sup>, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

## Correlazione con $N_{spt}$

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi  $N_{spt}$  ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con  $N_{spt}$ . Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui  $Q$  è l'energia specifica per colpo e  $Q_{spt}$  è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

$M$	peso massa battente.
$M'$	peso aste.
$H$	altezza di caduta.
$A$	area base punta conica.
$\delta$	passo di avanzamento.

## Valutazione resistenza dinamica alla punta $R_{pd}$

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M+P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M+P)]}$$

R<sub>pd</sub> resistenza dinamica punta (area A).  
e infissione media per colpo (δ/ N).  
M peso massa battente (altezza caduta H).  
P peso totale aste e sistema battuta.

### Calcolo di (N<sub>1</sub>)<sub>60</sub>

(N<sub>1</sub>)<sub>60</sub> è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{\frac{Pa'}{\sigma_{v0}}} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa} \quad (\text{Liao e Whitman 1986})$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_s \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60 rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.  
C<sub>s</sub> parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).  
C<sub>d</sub> funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).  
C<sub>r</sub> parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

### Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

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

In particolare consente di ottenere informazioni su:

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

### Valutazioni statistiche e correlazioni

## **Elaborazione Statistica**

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

### **Media**

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Media minima**

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Massimo**

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Minimo**

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Scarto quadratico medio**

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Media deviata**

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Media (+ s)**

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Media (- s)**

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Distribuzione normale R.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove  $\sigma_{N_{spt}}$  è la deviazione standard di  $N_{spt}$

### **Distribuzione normale R.N.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di  $N_{spt}$  distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

## **Pressione ammissibile**

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione  $d = 1$  m.

## Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

### *Liquefazione*

Permette di calcolare utilizzando dati  $N_{spt}$  il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se  $N_{spt}$  dello strato considerato risulta inferiore a  $N_{spt}$  critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

### *Correzione $N_{spt}$ in presenza di falda*

$$N_{spt\ corretto} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

$N_{spt}$  è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

### *Angolo di Attrito*

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda)  $\sigma > 5$  t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38° ).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da  $D_r$  %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.

- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

#### ***Densità relativa (%)***

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie  $D_r$  viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

#### ***Modulo Di Young ( $E_y$ )***

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.
- Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

#### ***Modulo Edometrico***

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buisman-Sanglerat, correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

#### ***Stato di consistenza***

- Classificazione A.G.I. 1977

#### ***Peso di Volume***

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

#### ***Peso di volume saturo***

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

### ***Modulo di poisson***

- Classificazione A.G.I.

### ***Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)***

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio  $\tau$  e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

### ***Velocità onde di taglio $V_s$ (m/s)***

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

### ***Modulo di deformazione di taglio (G)***

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

### ***Modulo di reazione ( $K_0$ )***

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

### ***Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )***

- Robertson (1983) -  $Q_c$

## **Correlazioni geotecniche terreni coesivi**

### ***Coesione non drenata***

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con  $N_{spt} < 8$  , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948).  $C_u$  (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività  $> 5$  , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche  $< 10$  colpi, per resistenze penetrometriche  $> 10$  l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , ( $C_u$ - $N_{spt}$ -grado di plasticità).

- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con  $N_c = 20$  e  $Q_c/N_{spt} = 2$ .
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

#### ***Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )***

- Robertson (1983) -  $Q_c$

#### ***Modulo Edometrico-Confinato ( $M_o$ )***

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - $M_o$  (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$ ).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ( $N_{spt} < 30$ ) medie e molli (  $N_{spt} < 4$ ) e argille sabbiose ( $N_{spt} = 6-12$ ).

#### ***Modulo Di Young ( $E_Y$ )***

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15.
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

#### ***Stato di consistenza***

- Classificazione A.G.I. 1977.

#### ***Peso di Volume***

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

#### ***Peso di volume saturo***

- Meyerhof ed altri.

PROVA ... Nr.5

Strumento utilizzato...  
 Prova eseguita in data  
 Profondità prova  
 Falda non rilevata

DMP 3020 PAGANI  
 04/06/2016  
 4,90 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,10	1	0,857	3,24	3,78	0,16	0,19
0,20	2	0,855	6,46	7,56	0,32	0,38
0,30	2	0,853	6,44	7,56	0,32	0,38
0,40	4	0,851	12,86	15,11	0,64	0,76
0,50	1	0,849	3,21	3,78	0,16	0,19
0,60	1	0,847	3,20	3,78	0,16	0,19
0,70	1	0,845	3,19	3,78	0,16	0,19
0,80	1	0,843	3,19	3,78	0,16	0,19
0,90	1	0,842	3,03	3,60	0,15	0,18
1,00	1	0,840	3,02	3,60	0,15	0,18
1,10	5	0,838	15,07	17,98	0,75	0,90
1,20	3	0,836	9,02	10,79	0,45	0,54
1,30	7	0,835	21,01	25,17	1,05	1,26
1,40	7	0,833	20,97	25,17	1,05	1,26
1,50	7	0,831	20,93	25,17	1,05	1,26
1,60	7	0,830	20,88	25,17	1,04	1,26
1,70	6	0,828	17,87	21,58	0,89	1,08
1,80	5	0,826	14,86	17,98	0,74	0,90
1,90	10	0,825	28,30	34,32	1,42	1,72
2,00	10	0,823	28,25	34,32	1,41	1,72
2,10	7	0,822	19,74	24,02	0,99	1,20
2,20	5	0,820	14,07	17,16	0,70	0,86
2,30	5	0,819	14,05	17,16	0,70	0,86
2,40	6	0,817	16,83	20,59	0,84	1,03
2,50	14	0,766	36,79	48,05	1,84	2,40
2,60	26	0,714	63,73	89,23	3,19	4,46
2,70	14	0,763	36,65	48,05	1,83	2,40
2,80	13	0,761	33,97	44,61	1,70	2,23
2,90	11	0,810	29,24	36,10	1,46	1,80
3,00	10	0,809	26,54	32,82	1,33	1,64
3,10	9	0,807	23,84	29,54	1,19	1,48
3,20	8	0,806	21,16	26,25	1,06	1,31
3,30	6	0,805	15,84	19,69	0,79	0,98
3,40	5	0,803	13,18	16,41	0,66	0,82
3,50	6	0,802	15,79	19,69	0,79	0,98
3,60	5	0,801	13,14	16,41	0,66	0,82
3,70	5	0,800	13,12	16,41	0,66	0,82
3,80	5	0,798	13,10	16,41	0,66	0,82
3,90	10	0,797	25,07	31,44	1,25	1,57
4,00	11	0,796	27,53	34,59	1,38	1,73
4,10	13	0,745	30,44	40,87	1,52	2,04
4,20	14	0,744	32,74	44,02	1,64	2,20

4,30	14	0,743	32,69	44,02	1,63	2,20
4,40	15	0,741	34,97	47,16	1,75	2,36
4,50	29	0,690	62,94	91,18	3,15	4,56
4,60	56	0,589	103,75	176,07	5,19	8,80
4,70	53	0,588	98,01	166,64	4,90	8,33
4,80	61	0,587	112,60	191,79	5,63	9,59
4,90	49	0,586	86,66	147,86	4,33	7,39

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0,1	1	3,78	Coesivo	0	1,46	1,84	0,01	0,78	0,78	limo argilloso
0,2	2	7,56	Coesivo	0	1,53	1,85	0,02	0,78	1,57	limo argilloso
0,3	2	7,56	Coesivo	0	1,53	1,85	0,04	0,78	1,57	limo argilloso
0,4	4	15,11	Coesivo	0	1,64	1,86	0,05	0,78	3,13	limo argilloso
0,5	1	3,78	Coesivo	0	1,46	1,84	0,07	0,78	0,78	limo argilloso
0,6	1	3,78	Coesivo	0	1,46	1,84	0,08	0,78	0,78	limo argilloso
0,7	1	3,78	Coesivo	0	1,46	1,84	0,1	0,78	0,78	limo argilloso
0,8	1	3,78	Coesivo	0	1,46	1,84	0,11	0,78	0,78	limo argilloso
0,9	1	3,6	Coesivo	0	1,46	1,84	0,13	0,78	0,78	limo argilloso
1	1	3,6	Coesivo	0	1,46	1,84	0,14	0,78	0,78	limo argilloso
1,1	5	17,98	Coesivo	0	1,69	1,87	0,16	0,78	3,91	limo argilloso
1,2	3	10,79	Coesivo	0	1,59	1,86	0,17	0,78	2,35	limo argilloso
1,3	7	25,18	Coesivo	0	1,79	1,88	0,19	0,78	5,48	limo argilloso
1,4	7	25,18	Coesivo	0	1,79	1,88	0,21	0,78	5,48	limo argilloso
1,5	7	25,18	Coesivo	0	1,79	1,88	0,23	0,78	5,48	limo argilloso
1,6	7	25,18	Coesivo	0	1,79	1,88	0,24	0,78	5,48	limo argilloso
1,7	6	21,58	Coesivo	0	1,74	1,88	0,26	0,78	4,7	limo argilloso
1,8	5	17,98	Coesivo	0	1,69	1,87	0,28	0,78	3,91	limo argilloso
1,9	10	34,32	Coesivo	0	1,89	1,9	0,3	0,78	7,83	limo argilloso
2	10	34,32	Coesivo	0	1,89	1,9	0,32	0,78	7,83	limo argilloso
2,1	7	24,02	Coesivo	0	1,79	1,88	0,33	0,78	5,48	limo argilloso
2,2	5	17,16	Coesivo	0	1,69	1,87	0,35	0,78	3,91	limo

2,3	5	17,16	Coesivo	0	1,69	1,87	0,37	0,78	3,91	argilloso limo
2,4	6	20,59	Coesivo	0	1,74	1,88	0,39	0,78	4,7	argilloso limo
2,5	14	48,05	Coesivo	0	1,99	2,19	0,4	0,78	10,96	argilloso limo
2,6	26	89,23		0	0,0	0,0	0,41	0,78	20,36	argilloso limo
2,7	14	48,05	Coesivo	0	1,99	2,19	0,42	0,78	10,96	argilloso limo
2,8	13	44,61	Coesivo	0	1,97	2,17	0,44	0,78	10,18	argilloso limo
2,9	11	36,1	Coesivo	0	1,92	2,11	0,46	0,78	8,61	argilloso limo
3	10	32,82	Coesivo	0	1,89	1,9	0,48	0,78	7,83	argilloso limo
3,1	9	29,54	Coesivo	0	1,86	1,9	0,5	0,78	7,05	argilloso limo
3,2	8	26,25	Coesivo	0	1,82	1,89	0,52	0,78	6,26	argilloso limo
3,3	6	19,69	Coesivo	0	1,74	1,88	0,54	0,78	4,7	argilloso limo
3,4	5	16,41	Coesivo	0	1,69	1,87	0,56	0,78	3,91	argilloso limo
3,5	6	19,69	Coesivo	0	1,74	1,88	0,57	0,78	4,7	argilloso limo
3,6	5	16,41	Coesivo	0	1,69	1,87	0,59	0,78	3,91	argilloso limo
3,7	5	16,41	Coesivo	0	1,69	1,87	0,61	0,78	3,91	argilloso limo
3,8	5	16,41	Coesivo	0	1,69	1,87	0,62	0,78	3,91	argilloso limo
3,9	10	31,44	Coesivo	0	1,89	1,9	0,64	0,78	7,83	argilloso limo
4	11	34,59	Coesivo	0	1,92	2,11	0,66	0,78	8,61	argilloso limo
4,1	13	40,87	Coesivo	0	1,97	2,17	0,68	0,78	10,18	argilloso limo
4,2	14	44,02	Coesivo	0	1,99	2,19	0,7	0,78	10,96	argilloso limo
4,3	14	44,02	Coesivo	0	1,99	2,19	0,72	0,78	10,96	argilloso limo
4,4	15	47,16	Coesivo	0	2,01	2,21	0,74	0,78	11,74	argilloso limo
4,5	29	91,18		0	0,0	0,0	0,75	0,78	22,71	argilloso limo
4,6	56	176,07	Incoerente	0	2,22	2,13	0,76	0,78	43,85	argilliti scaglios econglo merato
4,7	53	166,64	Incoerente	0	2,21	2,11	0,78	0,78	41,5	argilliti scaglios econglo merato
4,8	61	191,79	Incoerente	0	2,23	2,15	0,8	0,78	47,76	argilliti scaglios

											econglo merato argilliti scaglios econglo merato
4,9	49	147,86	Incoeren te	0	2,19	2,09	0,83	0,78	38,37		

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.5

### TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) limo argilloso	0,78	0,00-0,10	Terzaghi-Peck	0,05
Strato (2) limo argilloso	1,57	0,10-0,20	Terzaghi-Peck	0,10
Strato (3) limo argilloso	1,57	0,20-0,30	Terzaghi-Peck	0,10
Strato (4) limo argilloso	3,13	0,30-0,40	Terzaghi-Peck	0,20
Strato (5) limo argilloso	0,78	0,40-0,50	Terzaghi-Peck	0,05
Strato (6) limo argilloso	0,78	0,50-0,60	Terzaghi-Peck	0,05
Strato (7) limo argilloso	0,78	0,60-0,70	Terzaghi-Peck	0,05
Strato (8) limo argilloso	0,78	0,70-0,80	Terzaghi-Peck	0,05
Strato (9) limo argilloso	0,78	0,80-0,90	Terzaghi-Peck	0,05
Strato (10) limo argilloso	0,78	0,90-1,00	Terzaghi-Peck	0,05
Strato (11) limo argilloso	3,91	1,00-1,10	Terzaghi-Peck	0,24
Strato (12) limo argilloso	2,35	1,10-1,20	Terzaghi-Peck	0,15
Strato (13) limo argilloso	5,48	1,20-1,30	Terzaghi-Peck	0,34
Strato (14) limo argilloso	5,48	1,30-1,40	Terzaghi-Peck	0,34
Strato (15) limo argilloso	5,48	1,40-1,50	Terzaghi-Peck	0,34
Strato (16) limo argilloso	5,48	1,50-1,60	Terzaghi-Peck	0,34
Strato (17) limo argilloso	4,7	1,60-1,70	Terzaghi-Peck	0,29
Strato (18) limo argilloso	3,91	1,70-1,80	Terzaghi-Peck	0,24
Strato (19) limo argilloso	7,83	1,80-1,90	Terzaghi-Peck	0,49
Strato (20) limo argilloso	7,83	1,90-2,00	Terzaghi-Peck	0,49
Strato (21) limo argilloso	5,48	2,00-2,10	Terzaghi-Peck	0,34
Strato (22) limo argilloso	3,91	2,10-2,20	Terzaghi-Peck	0,24
Strato (23) limo argilloso	3,91	2,20-2,30	Terzaghi-Peck	0,24
Strato (24) limo argilloso	4,7	2,30-2,40	Terzaghi-Peck	0,29

Strato (25) limo argilloso	10,96	2,40-2,50	Terzaghi-Peck	0,74
Strato (27) limo argilloso	10,96	2,60-2,70	Terzaghi-Peck	0,74
Strato (28) limo argilloso	10,18	2,70-2,80	Terzaghi-Peck	0,69
Strato (29) limo argilloso	8,61	2,80-2,90	Terzaghi-Peck	0,58
Strato (30) limo argilloso	7,83	2,90-3,00	Terzaghi-Peck	0,49
Strato (31) limo argilloso	7,05	3,00-3,10	Terzaghi-Peck	0,44
Strato (32) limo argilloso	6,26	3,10-3,20	Terzaghi-Peck	0,39
Strato (33) limo argilloso	4,7	3,20-3,30	Terzaghi-Peck	0,29
Strato (34) limo argilloso	3,91	3,30-3,40	Terzaghi-Peck	0,24
Strato (35) limo argilloso	4,7	3,40-3,50	Terzaghi-Peck	0,29
Strato (36) limo argilloso	3,91	3,50-3,60	Terzaghi-Peck	0,24
Strato (37) limo argilloso	3,91	3,60-3,70	Terzaghi-Peck	0,24
Strato (38) limo argilloso	3,91	3,70-3,80	Terzaghi-Peck	0,24
Strato (39) limo argilloso	7,83	3,80-3,90	Terzaghi-Peck	0,49
Strato (40) limo argilloso	8,61	3,90-4,00	Terzaghi-Peck	0,58
Strato (41) limo argilloso	10,18	4,00-4,10	Terzaghi-Peck	0,69
Strato (42) limo argilloso	10,96	4,10-4,20	Terzaghi-Peck	0,74
Strato (43) limo argilloso	10,96	4,20-4,30	Terzaghi-Peck	0,74
Strato (44) limo argilloso	11,74	4,30-4,40	Terzaghi-Peck	0,79

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) limo argilloso	0,78	0,00-0,10	Robertson (1983)	1,56
Strato (2) limo argilloso	1,57	0,10-0,20	Robertson (1983)	3,14
Strato (3) limo argilloso	1,57	0,20-0,30	Robertson (1983)	3,14
Strato (4) limo argilloso	3,13	0,30-0,40	Robertson (1983)	6,26
Strato (5) limo argilloso	0,78	0,40-0,50	Robertson (1983)	1,56
Strato (6) limo argilloso	0,78	0,50-0,60	Robertson (1983)	1,56
Strato (7) limo argilloso	0,78	0,60-0,70	Robertson (1983)	1,56
Strato (8) limo argilloso	0,78	0,70-0,80	Robertson (1983)	1,56
Strato (9) limo argilloso	0,78	0,80-0,90	Robertson (1983)	1,56
Strato (10) limo argilloso	0,78	0,90-1,00	Robertson (1983)	1,56

Strato (11) limo argilloso	3,91	1,00-1,10	Robertson (1983)	7,82
Strato (12) limo argilloso	2,35	1,10-1,20	Robertson (1983)	4,70
Strato (13) limo argilloso	5,48	1,20-1,30	Robertson (1983)	10,96
Strato (14) limo argilloso	5,48	1,30-1,40	Robertson (1983)	10,96
Strato (15) limo argilloso	5,48	1,40-1,50	Robertson (1983)	10,96
Strato (16) limo argilloso	5,48	1,50-1,60	Robertson (1983)	10,96
Strato (17) limo argilloso	4,7	1,60-1,70	Robertson (1983)	9,40
Strato (18) limo argilloso	3,91	1,70-1,80	Robertson (1983)	7,82
Strato (19) limo argilloso	7,83	1,80-1,90	Robertson (1983)	15,66
Strato (20) limo argilloso	7,83	1,90-2,00	Robertson (1983)	15,66
Strato (21) limo argilloso	5,48	2,00-2,10	Robertson (1983)	10,96
Strato (22) limo argilloso	3,91	2,10-2,20	Robertson (1983)	7,82
Strato (23) limo argilloso	3,91	2,20-2,30	Robertson (1983)	7,82
Strato (24) limo argilloso	4,7	2,30-2,40	Robertson (1983)	9,40
Strato (25) limo argilloso	10,96	2,40-2,50	Robertson (1983)	21,92
Strato (27) limo argilloso	10,96	2,60-2,70	Robertson (1983)	21,92
Strato (28) limo argilloso	10,18	2,70-2,80	Robertson (1983)	20,36
Strato (29) limo argilloso	8,61	2,80-2,90	Robertson (1983)	17,22
Strato (30) limo argilloso	7,83	2,90-3,00	Robertson (1983)	15,66
Strato (31) limo argilloso	7,05	3,00-3,10	Robertson (1983)	14,10
Strato (32) limo argilloso	6,26	3,10-3,20	Robertson (1983)	12,52
Strato (33) limo argilloso	4,7	3,20-3,30	Robertson (1983)	9,40
Strato (34) limo argilloso	3,91	3,30-3,40	Robertson (1983)	7,82
Strato (35) limo argilloso	4,7	3,40-3,50	Robertson (1983)	9,40
Strato (36) limo argilloso	3,91	3,50-3,60	Robertson (1983)	7,82
Strato (37) limo argilloso	3,91	3,60-3,70	Robertson (1983)	7,82
Strato (38) limo argilloso	3,91	3,70-3,80	Robertson (1983)	7,82
Strato (39) limo argilloso	7,83	3,80-3,90	Robertson (1983)	15,66
Strato (40) limo argilloso	8,61	3,90-4,00	Robertson (1983)	17,22
Strato (41) limo argilloso	10,18	4,00-4,10	Robertson (1983)	20,36
Strato (42) limo argilloso	10,96	4,10-4,20	Robertson (1983)	21,92

Strato (43) limo argilloso	10,96	4,20-4,30	Robertson (1983)	21,92
Strato (44) limo argilloso	11,74	4,30-4,40	Robertson (1983)	23,48

#### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) limo argilloso	0,78	0,00-0,10	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	9,75
Strato (2) limo argilloso	1,57	0,10-0,20	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	17,81
Strato (3) limo argilloso	1,57	0,20-0,30	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	17,81
Strato (4) limo argilloso	3,13	0,30-0,40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	33,72
Strato (5) limo argilloso	0,78	0,40-0,50	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	9,75
Strato (6) limo argilloso	0,78	0,50-0,60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	9,75
Strato (7) limo argilloso	0,78	0,60-0,70	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	9,75
Strato (8) limo argilloso	0,78	0,70-0,80	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	9,75
Strato (9) limo argilloso	0,78	0,80-0,90	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	9,75
Strato (10) limo argilloso	0,78	0,90-1,00	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	9,75
Strato (11) limo argilloso	3,91	1,00-1,10	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	41,67
Strato (12) limo argilloso	2,35	1,10-1,20	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	25,76
Strato (13) limo argilloso	5,48	1,20-1,30	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	57,69
Strato (14) limo argilloso	5,48	1,30-1,40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	57,69
Strato (15) limo argilloso	5,48	1,40-1,50	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	57,69
Strato (16) limo argilloso	5,48	1,50-1,60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	57,69
Strato (17) limo argilloso	4,7	1,60-1,70	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	49,73
Strato (18) limo argilloso	3,91	1,70-1,80	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	41,67
Strato (19) limo argilloso	7,83	1,80-1,90	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	81,65
Strato (20) limo argilloso	7,83	1,90-2,00	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	81,65
Strato (21) limo argilloso	5,48	2,00-2,10	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	57,69
Strato (22) limo argilloso	3,91	2,10-2,20	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	41,67
Strato (23) limo argilloso	3,91	2,20-2,30	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	41,67
Strato (24) limo argilloso	4,7	2,30-2,40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	49,73
Strato (25) limo argilloso	10,96	2,40-2,50	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	113,58
Strato (27) limo argilloso	10,96	2,60-2,70	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	113,58
Strato (28) limo argilloso	10,18	2,70-2,80	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	105,62

Strato (29) limo argilloso	8,61	2,80-2,90	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	89,61
Strato (30) limo argilloso	7,83	2,90-3,00	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	81,65
Strato (31) limo argilloso	7,05	3,00-3,10	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	73,70
Strato (32) limo argilloso	6,26	3,10-3,20	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	65,64
Strato (33) limo argilloso	4,7	3,20-3,30	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	49,73
Strato (34) limo argilloso	3,91	3,30-3,40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	41,67
Strato (35) limo argilloso	4,7	3,40-3,50	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	49,73
Strato (36) limo argilloso	3,91	3,50-3,60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	41,67
Strato (37) limo argilloso	3,91	3,60-3,70	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	41,67
Strato (38) limo argilloso	3,91	3,70-3,80	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	41,67
Strato (39) limo argilloso	7,83	3,80-3,90	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	81,65
Strato (40) limo argilloso	8,61	3,90-4,00	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	89,61
Strato (41) limo argilloso	10,18	4,00-4,10	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	105,62
Strato (42) limo argilloso	10,96	4,10-4,20	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	113,58
Strato (43) limo argilloso	10,96	4,20-4,30	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	113,58
Strato (44) limo argilloso	11,74	4,30-4,40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	121,53

#### Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) limo argilloso	0,78	0,00-0,10	Apollonia	7,80
Strato (2) limo argilloso	1,57	0,10-0,20	Apollonia	15,70
Strato (3) limo argilloso	1,57	0,20-0,30	Apollonia	15,70
Strato (4) limo argilloso	3,13	0,30-0,40	Apollonia	31,30
Strato (5) limo argilloso	0,78	0,40-0,50	Apollonia	7,80
Strato (6) limo argilloso	0,78	0,50-0,60	Apollonia	7,80
Strato (7) limo argilloso	0,78	0,60-0,70	Apollonia	7,80
Strato (8) limo argilloso	0,78	0,70-0,80	Apollonia	7,80
Strato (9) limo argilloso	0,78	0,80-0,90	Apollonia	7,80
Strato (10) limo argilloso	0,78	0,90-1,00	Apollonia	7,80
Strato (11) limo argilloso	3,91	1,00-1,10	Apollonia	39,10
Strato (12) limo argilloso	2,35	1,10-1,20	Apollonia	23,50
Strato (13) limo argilloso	5,48	1,20-1,30	Apollonia	54,80

Strato (14) limo argilloso	5,48	1,30-1,40	Apollonia	54,80
Strato (15) limo argilloso	5,48	1,40-1,50	Apollonia	54,80
Strato (16) limo argilloso	5,48	1,50-1,60	Apollonia	54,80
Strato (17) limo argilloso	4,7	1,60-1,70	Apollonia	47,00
Strato (18) limo argilloso	3,91	1,70-1,80	Apollonia	39,10
Strato (19) limo argilloso	7,83	1,80-1,90	Apollonia	78,30
Strato (20) limo argilloso	7,83	1,90-2,00	Apollonia	78,30
Strato (21) limo argilloso	5,48	2,00-2,10	Apollonia	54,80
Strato (22) limo argilloso	3,91	2,10-2,20	Apollonia	39,10
Strato (23) limo argilloso	3,91	2,20-2,30	Apollonia	39,10
Strato (24) limo argilloso	4,7	2,30-2,40	Apollonia	47,00
Strato (25) limo argilloso	10,96	2,40-2,50	Apollonia	109,60
Strato (27) limo argilloso	10,96	2,60-2,70	Apollonia	109,60
Strato (28) limo argilloso	10,18	2,70-2,80	Apollonia	101,80
Strato (29) limo argilloso	8,61	2,80-2,90	Apollonia	86,10
Strato (30) limo argilloso	7,83	2,90-3,00	Apollonia	78,30
Strato (31) limo argilloso	7,05	3,00-3,10	Apollonia	70,50
Strato (32) limo argilloso	6,26	3,10-3,20	Apollonia	62,60
Strato (33) limo argilloso	4,7	3,20-3,30	Apollonia	47,00
Strato (34) limo argilloso	3,91	3,30-3,40	Apollonia	39,10
Strato (35) limo argilloso	4,7	3,40-3,50	Apollonia	47,00
Strato (36) limo argilloso	3,91	3,50-3,60	Apollonia	39,10
Strato (37) limo argilloso	3,91	3,60-3,70	Apollonia	39,10
Strato (38) limo argilloso	3,91	3,70-3,80	Apollonia	39,10
Strato (39) limo argilloso	7,83	3,80-3,90	Apollonia	78,30
Strato (40) limo argilloso	8,61	3,90-4,00	Apollonia	86,10
Strato (41) limo argilloso	10,18	4,00-4,10	Apollonia	101,80
Strato (42) limo argilloso	10,96	4,10-4,20	Apollonia	109,60
Strato (43) limo argilloso	10,96	4,20-4,30	Apollonia	109,60
Strato (44) limo argilloso	11,74	4,30-4,40	Apollonia	117,40

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) limo argilloso	0,78	0,00-0,10	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
Strato (2) limo argilloso	1,57	0,10-0,20	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
Strato (3) limo argilloso	1,57	0,20-0,30	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
Strato (4) limo argilloso	3,13	0,30-0,40	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (5) limo argilloso	0,78	0,40-0,50	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
Strato (6) limo argilloso	0,78	0,50-0,60	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
Strato (7) limo argilloso	0,78	0,60-0,70	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
Strato (8) limo argilloso	0,78	0,70-0,80	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
Strato (9) limo argilloso	0,78	0,80-0,90	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
Strato (10) limo argilloso	0,78	0,90-1,00	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
Strato (11) limo argilloso	3,91	1,00-1,10	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (12) limo argilloso	2,35	1,10-1,20	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (13) limo argilloso	5,48	1,20-1,30	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (14) limo argilloso	5,48	1,30-1,40	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (15) limo argilloso	5,48	1,40-1,50	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (16) limo argilloso	5,48	1,50-1,60	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (17) limo argilloso	4,7	1,60-1,70	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (18) limo argilloso	3,91	1,70-1,80	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (19) limo argilloso	7,83	1,80-1,90	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (20) limo argilloso	7,83	1,90-2,00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (21) limo argilloso	5,48	2,00-2,10	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (22) limo argilloso	3,91	2,10-2,20	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (23) limo argilloso	3,91	2,20-2,30	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (24) limo argilloso	4,7	2,30-2,40	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (25) limo argilloso	10,96	2,40-2,50	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato (27) limo argilloso	10,96	2,60-2,70	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato (28) limo argilloso	10,18	2,70-2,80	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato (29) limo argilloso	8,61	2,80-2,90	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato (30) limo argilloso	7,83	2,90-3,00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (31) limo argilloso	7,05	3,00-3,10	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Strato (32) limo argilloso	6,26	3,10-3,20	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (33) limo argilloso	4,7	3,20-3,30	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (34) limo argilloso	3,91	3,30-3,40	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (35) limo argilloso	4,7	3,40-3,50	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (36) limo argilloso	3,91	3,50-3,60	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (37) limo argilloso	3,91	3,60-3,70	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (38) limo argilloso	3,91	3,70-3,80	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (39) limo argilloso	7,83	3,80-3,90	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (40) limo argilloso	8,61	3,90-4,00	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato (41) limo argilloso	10,18	4,00-4,10	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato (42) limo argilloso	10,96	4,10-4,20	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato (43) limo argilloso	10,96	4,20-4,30	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato (44) limo argilloso	11,74	4,30-4,40	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) limo argilloso	0,78	0,00-0,10	Meyerhof	1,46
Strato (2) limo argilloso	1,57	0,10-0,20	Meyerhof	1,53
Strato (3) limo argilloso	1,57	0,20-0,30	Meyerhof	1,53
Strato (4) limo argilloso	3,13	0,30-0,40	Meyerhof	1,64
Strato (5) limo argilloso	0,78	0,40-0,50	Meyerhof	1,46
Strato (6) limo argilloso	0,78	0,50-0,60	Meyerhof	1,46
Strato (7) limo argilloso	0,78	0,60-0,70	Meyerhof	1,46
Strato (8) limo argilloso	0,78	0,70-0,80	Meyerhof	1,46
Strato (9) limo argilloso	0,78	0,80-0,90	Meyerhof	1,46
Strato (10) limo argilloso	0,78	0,90-1,00	Meyerhof	1,46
Strato (11) limo argilloso	3,91	1,00-1,10	Meyerhof	1,69
Strato (12) limo argilloso	2,35	1,10-1,20	Meyerhof	1,59
Strato (13) limo argilloso	5,48	1,20-1,30	Meyerhof	1,79
Strato (14) limo argilloso	5,48	1,30-1,40	Meyerhof	1,79
Strato (15) limo argilloso	5,48	1,40-1,50	Meyerhof	1,79
Strato (16) limo argilloso	5,48	1,50-1,60	Meyerhof	1,79

Strato (17) limo argilloso	4,7	1,60-1,70	Meyerhof	1,74
Strato (18) limo argilloso	3,91	1,70-1,80	Meyerhof	1,69
Strato (19) limo argilloso	7,83	1,80-1,90	Meyerhof	1,89
Strato (20) limo argilloso	7,83	1,90-2,00	Meyerhof	1,89
Strato (21) limo argilloso	5,48	2,00-2,10	Meyerhof	1,79
Strato (22) limo argilloso	3,91	2,10-2,20	Meyerhof	1,69
Strato (23) limo argilloso	3,91	2,20-2,30	Meyerhof	1,69
Strato (24) limo argilloso	4,7	2,30-2,40	Meyerhof	1,74
Strato (25) limo argilloso	10,96	2,40-2,50	Meyerhof	1,99
Strato (27) limo argilloso	10,96	2,60-2,70	Meyerhof	1,99
Strato (28) limo argilloso	10,18	2,70-2,80	Meyerhof	1,97
Strato (29) limo argilloso	8,61	2,80-2,90	Meyerhof	1,92
Strato (30) limo argilloso	7,83	2,90-3,00	Meyerhof	1,89
Strato (31) limo argilloso	7,05	3,00-3,10	Meyerhof	1,86
Strato (32) limo argilloso	6,26	3,10-3,20	Meyerhof	1,82
Strato (33) limo argilloso	4,7	3,20-3,30	Meyerhof	1,74
Strato (34) limo argilloso	3,91	3,30-3,40	Meyerhof	1,69
Strato (35) limo argilloso	4,7	3,40-3,50	Meyerhof	1,74
Strato (36) limo argilloso	3,91	3,50-3,60	Meyerhof	1,69
Strato (37) limo argilloso	3,91	3,60-3,70	Meyerhof	1,69
Strato (38) limo argilloso	3,91	3,70-3,80	Meyerhof	1,69
Strato (39) limo argilloso	7,83	3,80-3,90	Meyerhof	1,89
Strato (40) limo argilloso	8,61	3,90-4,00	Meyerhof	1,92
Strato (41) limo argilloso	10,18	4,00-4,10	Meyerhof	1,97
Strato (42) limo argilloso	10,96	4,10-4,20	Meyerhof	1,99
Strato (43) limo argilloso	10,96	4,20-4,30	Meyerhof	1,99
Strato (44) limo argilloso	11,74	4,30-4,40	Meyerhof	2,01

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) limo argilloso	0,78	0,00-0,10	Meyerhof	1,84
Strato (2)	1,57	0,10-0,20	Meyerhof	1,85

limo argilloso					
Strato (3)	1,57	0,20-0,30	Meyerhof	1,85	
limo argilloso					
Strato (4)	3,13	0,30-0,40	Meyerhof	1,86	
limo argilloso					
Strato (5)	0,78	0,40-0,50	Meyerhof	1,84	
limo argilloso					
Strato (6)	0,78	0,50-0,60	Meyerhof	1,84	
limo argilloso					
Strato (7)	0,78	0,60-0,70	Meyerhof	1,84	
limo argilloso					
Strato (8)	0,78	0,70-0,80	Meyerhof	1,84	
limo argilloso					
Strato (9)	0,78	0,80-0,90	Meyerhof	1,84	
limo argilloso					
Strato (10)	0,78	0,90-1,00	Meyerhof	1,84	
limo argilloso					
Strato (11)	3,91	1,00-1,10	Meyerhof	1,87	
limo argilloso					
Strato (12)	2,35	1,10-1,20	Meyerhof	1,86	
limo argilloso					
Strato (13)	5,48	1,20-1,30	Meyerhof	1,88	
limo argilloso					
Strato (14)	5,48	1,30-1,40	Meyerhof	1,88	
limo argilloso					
Strato (15)	5,48	1,40-1,50	Meyerhof	1,88	
limo argilloso					
Strato (16)	5,48	1,50-1,60	Meyerhof	1,88	
limo argilloso					
Strato (17)	4,7	1,60-1,70	Meyerhof	1,88	
limo argilloso					
Strato (18)	3,91	1,70-1,80	Meyerhof	1,87	
limo argilloso					
Strato (19)	7,83	1,80-1,90	Meyerhof	1,90	
limo argilloso					
Strato (20)	7,83	1,90-2,00	Meyerhof	1,90	
limo argilloso					
Strato (21)	5,48	2,00-2,10	Meyerhof	1,88	
limo argilloso					
Strato (22)	3,91	2,10-2,20	Meyerhof	1,87	
limo argilloso					
Strato (23)	3,91	2,20-2,30	Meyerhof	1,87	
limo argilloso					
Strato (24)	4,7	2,30-2,40	Meyerhof	1,88	
limo argilloso					
Strato (25)	10,96	2,40-2,50	Meyerhof	2,19	
limo argilloso					
Strato (27)	10,96	2,60-2,70	Meyerhof	2,19	
limo argilloso					
Strato (28)	10,18	2,70-2,80	Meyerhof	2,17	
limo argilloso					
Strato (29)	8,61	2,80-2,90	Meyerhof	2,11	
limo argilloso					
Strato (30)	7,83	2,90-3,00	Meyerhof	1,90	
limo argilloso					
Strato (31)	7,05	3,00-3,10	Meyerhof	1,90	
limo argilloso					
Strato (32)	6,26	3,10-3,20	Meyerhof	1,89	
limo argilloso					
Strato (33)	4,7	3,20-3,30	Meyerhof	1,88	
limo argilloso					
Strato (34)	3,91	3,30-3,40	Meyerhof	1,87	

limo argilloso				
Strato (35)	4,7	3,40-3,50	Meyerhof	1,88
limo argilloso				
Strato (36)	3,91	3,50-3,60	Meyerhof	1,87
limo argilloso				
Strato (37)	3,91	3,60-3,70	Meyerhof	1,87
limo argilloso				
Strato (38)	3,91	3,70-3,80	Meyerhof	1,87
limo argilloso				
Strato (39)	7,83	3,80-3,90	Meyerhof	1,90
limo argilloso				
Strato (40)	8,61	3,90-4,00	Meyerhof	2,11
limo argilloso				
Strato (41)	10,18	4,00-4,10	Meyerhof	2,17
limo argilloso				
Strato (42)	10,96	4,10-4,20	Meyerhof	2,19
limo argilloso				
Strato (43)	10,96	4,20-4,30	Meyerhof	2,19
limo argilloso				
Strato (44)	11,74	4,30-4,40	Meyerhof	2,21
limo argilloso				

#### Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) limo argilloso	0,78	0,00-0,10	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	36,76
Strato (2) limo argilloso	1,57	0,10-0,20	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	51,29
Strato (3) limo argilloso	1,57	0,20-0,30	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	56,6
Strato (4) limo argilloso	3,13	0,30-0,40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	68,05
Strato (5) limo argilloso	0,78	0,40-0,50	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	56,17
Strato (6) limo argilloso	0,78	0,50-0,60	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	58,39
Strato (7) limo argilloso	0,78	0,60-0,70	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	60,3
Strato (8) limo argilloso	0,78	0,70-0,80	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	61,99
Strato (9) limo argilloso	0,78	0,80-0,90	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	63,51
Strato (10) limo argilloso	0,78	0,90-1,00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	64,89
Strato (11) limo argilloso	3,91	1,00-1,10	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	87,43
Strato (12) limo argilloso	2,35	1,10-1,20	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	81,48
Strato (13)	5,48	1,20-1,30	Ohta & Goto (1978)	95,86

limo argilloso			Argille limose e argille di bassa plasticità	
Strato (14) limo argilloso	5,48	1,30-1,40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	97,29
Strato (15) limo argilloso	5,48	1,40-1,50	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	98,64
Strato (16) limo argilloso	5,48	1,50-1,60	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	99,92
Strato (17) limo argilloso	4,7	1,60-1,70	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	98,48
Strato (18) limo argilloso	3,91	1,70-1,80	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	96,49
Strato (19) limo argilloso	7,83	1,80-1,90	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	109,98
Strato (20) limo argilloso	7,83	1,90-2,00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	111,1
Strato (21) limo argilloso	5,48	2,00-2,10	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	105,46
Strato (22) limo argilloso	3,91	2,10-2,20	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	100,4
Strato (23) limo argilloso	3,91	2,20-2,30	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	101,28
Strato (24) limo argilloso	4,7	2,30-2,40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	105,44
Strato (25) limo argilloso	10,96	2,40-2,50	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	123,06
Strato (27) limo argilloso	10,96	2,60-2,70	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	124,94
Strato (28) limo argilloso	10,18	2,70-2,80	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	124,24
Strato (29) limo argilloso	8,61	2,80-2,90	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	121,52
Strato (30) limo argilloso	7,83	2,90-3,00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	120,34
Strato (31) limo argilloso	7,05	3,00-3,10	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	118,94
Strato (32) limo argilloso	6,26	3,10-3,20	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	117,25
Strato (33) limo argilloso	4,7	3,20-3,30	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	112,25
Strato (34) limo argilloso	3,91	3,30-3,40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	109,37

Strato (35) limo argilloso	4,7	3,40-3,50	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	113,55
Strato (36) limo argilloso	3,91	3,50-3,60	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	110,6
Strato (37) limo argilloso	3,91	3,60-3,70	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	111,2
Strato (38) limo argilloso	3,91	3,70-3,80	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	111,78
Strato (39) limo argilloso	7,83	3,80-3,90	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	126,69
Strato (40) limo argilloso	8,61	3,90-4,00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	129,43
Strato (41) limo argilloso	10,18	4,00-4,10	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	133,88
Strato (42) limo argilloso	10,96	4,10-4,20	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	136,24
Strato (43) limo argilloso	10,96	4,20-4,30	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	136,86
Strato (44) limo argilloso	11,74	4,30-4,40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	139,12

## TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (46) argilliti scaglioconglomerato	43,85	4,50-4,60	43,85	Gibbs & Holtz 1957	61,71
Strato (47) argilliti scaglioconglomerato	41,5	4,60-4,70	41,5	Gibbs & Holtz 1957	59,84
Strato (48) argilliti scaglioconglomerato	47,76	4,70-4,80	47,76	Gibbs & Holtz 1957	63,25
Strato (49) argilliti scaglioconglomerato	38,37	4,80-4,90	38,37	Gibbs & Holtz 1957	57,04

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (46) argilliti scaglioconglomerato	43,85	4,50-4,60	43,85	Sowers (1961)	40,28
Strato (47) argilliti scaglioconglomerato	41,5	4,60-4,70	41,5	Sowers (1961)	39,62

rato					
Strato (48) argilliti scaglioconglomerato	47,76	4,70-4,80	47,76	Sowers (1961)	41,37
Strato (49) argilliti scaglioconglomerato	38,37	4,80-4,90	38,37	Sowers (1961)	38,74

#### Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (46) argilliti scaglioconglomerato	43,85	4,50-4,60	43,85	Bowles (1982) Sabbia Media	294,25
Strato (47) argilliti scaglioconglomerato	41,5	4,60-4,70	41,5	Bowles (1982) Sabbia Media	282,50
Strato (48) argilliti scaglioconglomerato	47,76	4,70-4,80	47,76	Bowles (1982) Sabbia Media	313,80
Strato (49) argilliti scaglioconglomerato	38,37	4,80-4,90	38,37	Bowles (1982) Sabbia Media	266,85

#### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (46) argilliti scaglioconglomerato	43,85	4,50-4,60	43,85	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	117,53
Strato (47) argilliti scaglioconglomerato	41,5	4,60-4,70	41,5	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	112,71
Strato (48) argilliti scaglioconglomerato	47,76	4,70-4,80	47,76	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	125,57
Strato (49) argilliti scaglioconglomerato	38,37	4,80-4,90	38,37	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	106,28

#### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (46) argilliti scaglioconglomerato	43,85	4,50-4,60	43,85	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
Strato (47) argilliti scaglioconglomerato	41,5	4,60-4,70	41,5	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Strato (48) argilliti scaglioconglomerato	47,76	4,70-4,80	47,76	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
Strato (49) argilliti scaglioconglomerato	38,37	4,80-4,90	38,37	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

#### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (46) argilliti scaglioconglomerato	43,85	4,50-4,60	43,85	Meyerhof ed altri	2,22
Strato (47) argilliti scaglioconglomerato	41,5	4,60-4,70	41,5	Meyerhof ed altri	2,21
Strato (48) argilliti scaglioconglomerato	47,76	4,70-4,80	47,76	Meyerhof ed altri	2,23
Strato (49) argilliti scaglioconglomerato	38,37	4,80-4,90	38,37	Meyerhof ed altri	2,19

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (46) argilliti scaglioconglomerato	43,85	4,50-4,60	43,85	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,13
Strato (47) argilliti scaglioconglomerato	41,5	4,60-4,70	41,5	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,11
Strato (48) argilliti scaglioconglomerato	47,76	4,70-4,80	47,76	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,15
Strato (49) argilliti scaglioconglomerato	38,37	4,80-4,90	38,37	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,09

#### Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato (46) argilliti scaglioconglomerato	43,85	4,50-4,60	43,85	(A.G.I.)	0,27
Strato (47) argilliti scaglioconglomerato	41,5	4,60-4,70	41,5	(A.G.I.)	0,27

Strato (48) argilliti scaglioconglomerato	47,76	4,70-4,80	47,76	(A.G.I.)	0,26
Strato (49) argilliti scaglioconglomerato	38,37	4,80-4,90	38,37	(A.G.I.)	0,28

#### Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (46) argilliti scaglioconglomerato	43,85	4,50-4,60	43,85	Ohsaki (Sabbie pulite)	2271,77
Strato (47) argilliti scaglioconglomerato	41,5	4,60-4,70	41,5	Ohsaki (Sabbie pulite)	2157,14
Strato (48) argilliti scaglioconglomerato	47,76	4,70-4,80	47,76	Ohsaki (Sabbie pulite)	2461,69
Strato (49) argilliti scaglioconglomerato	38,37	4,80-4,90	38,37	Ohsaki (Sabbie pulite)	2003,85

#### Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (46) argilliti scaglioconglomerato	43,85	4,50-4,60	43,85	Ohta & Goto (1978) Limi	176,27
Strato (47) argilliti scaglioconglomerato	41,5	4,60-4,70	41,5	Ohta & Goto (1978) Limi	175,33
Strato (48) argilliti scaglioconglomerato	47,76	4,70-4,80	47,76	Ohta & Goto (1978) Limi	180,39
Strato (49) argilliti scaglioconglomerato	38,37	4,80-4,90	38,37	Ohta & Goto (1978) Limi	174,38

#### Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
Strato (46) argilliti scaglioconglomerato	43,85	4,50-4,60	43,85	Navfac 1971-1982	7,37
Strato (47) argilliti scaglioconglomerato	41,5	4,60-4,70	41,5	Navfac 1971-1982	7,08
Strato (48)	47,76	4,70-4,80	47,76	Navfac 1971-1982	7,87

argilliti scaglioconglomerato					
Strato (49) argilliti scaglioconglomerato	38,37	4,80-4,90	38,37	Navfac 1971-1982	6,69

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (46) argilliti scaglioconglomerato	43,85	4,50-4,60	43,85	Robertson 1983	87,70
Strato (47) argilliti scaglioconglomerato	41,5	4,60-4,70	41,5	Robertson 1983	83,00
Strato (48) argilliti scaglioconglomerato	47,76	4,70-4,80	47,76	Robertson 1983	95,52
Strato (49) argilliti scaglioconglomerato	38,37	4,80-4,90	38,37	Robertson 1983	76,74

## Indice

1.PROVA ... Nr.5	10
1.1.Coesione non drenata	13
1.2.Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)	14
1.3.Modulo Edometrico	16
1.4.Modulo di Young	17
1.5.Classificazione AGI	19
1.6.Peso unità di volume	20
1.7.Peso unità di volume saturo	22
1.8.Velocità onde di taglio	23
1.9.Densità relativa	25
1.10.Angolo di resistenza al taglio	26
1.11.Modulo di Young	26
1.12.Modulo Edometrico	26
1.13.Classificazione AGI	27
1.14.Peso unità di volume	27
1.15.Peso unità di volume saturo	27
1.16.Modulo di Poisson	28
1.17.Modulo di deformazione a taglio dinamico	28
1.18.Velocità onde di taglio	28
1.19.Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / P_0$	29
1.20.Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)	29
Indice	30

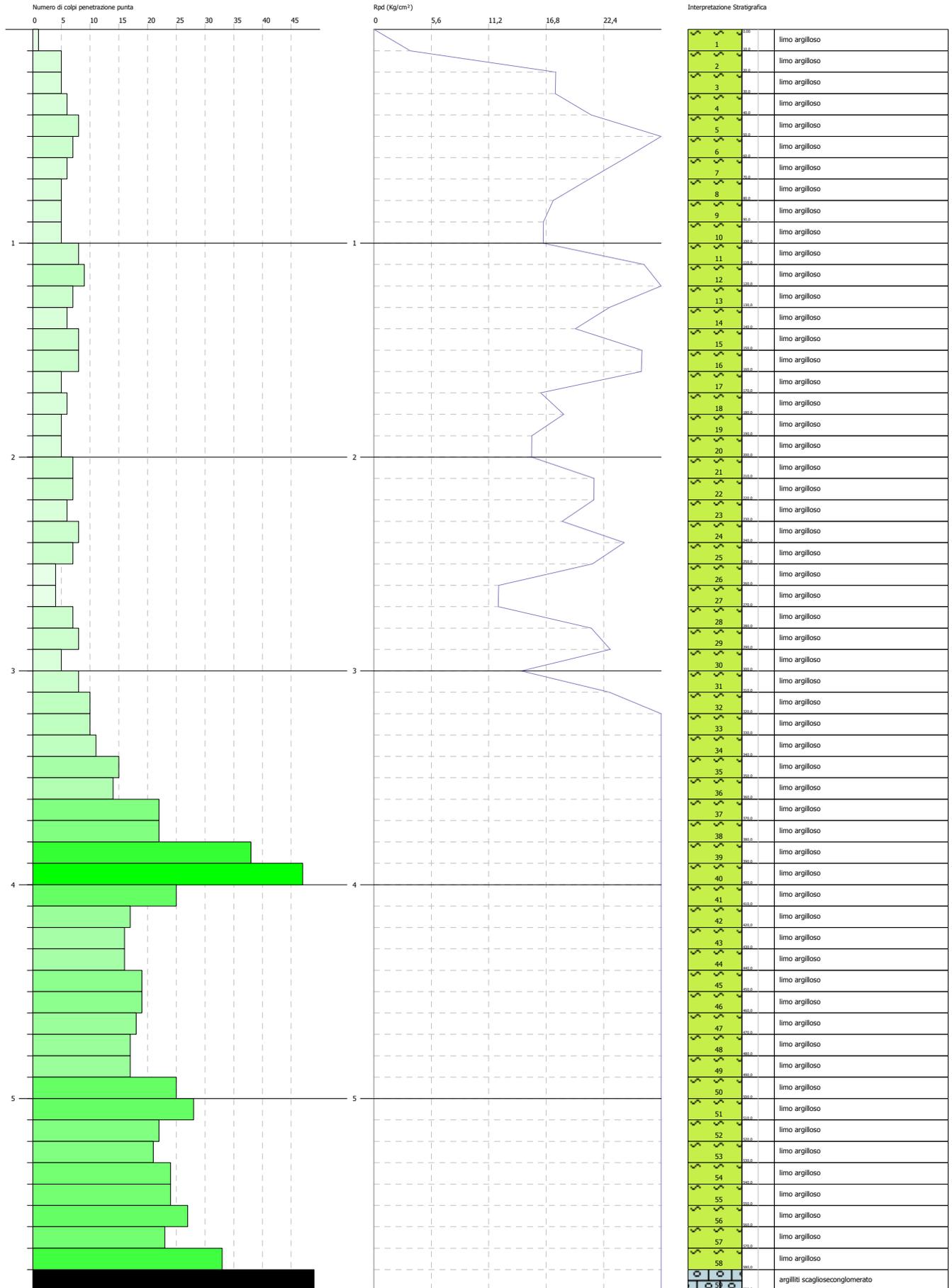


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4**  
**Strumento utilizzato... DL-30 (60°)**

Committente: Spett.le Consorzio Bonifica Renana  
 Cantiere: Frana  
 Località: Fontanelle - Castiglione dei Pepoli (BO)

Data: 04/06/2016

Scala 1:25



---

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Spett.le Consorzio Bonifica Renana Cantiere: Frana Località: Fontanelle - Castiglione dei Pepoli (BO)	
--	--

### Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DL-30 (60°)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0,20 m
Peso sistema di battuta	11 Kg
Diametro punta conica	35,68 mm
Area di base punta	10 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2,4 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0,783
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

**Signature 1**

Signature 2

**PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE**  
**(DYNAMIC PROBING)**  
**DPSH – DPM (... scpt ecc.)**

**Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici**

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura  $\alpha$ );
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$  ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

<b>Tipo</b>	<b>Sigla di riferimento</b>	<b>peso della massa M (kg)</b>	<b>prof. max indagine battente (m)</b>
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

## penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente  $M = 30$  kg, altezza di caduta  $H = 0.20$  m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha=60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A=10$  cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente  $M = 20$  kg, altezza di caduta  $H=0.20$  m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha= 60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A=10$  cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente  $M = 73$  kg, altezza di caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=30$  cm, punta conica ( $\alpha = 60^\circ$ ), diametro  $D = 50.8$  mm, area base cono  $A=20.27$  cm<sup>2</sup> rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)  
massa battente  $M=63.5$  kg, altezza caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=20-30$  cm, punta conica conica ( $\alpha = 60^\circ-90^\circ$ ) diametro  $D = 50.5$  mm, area base cono  $A = 20$  cm<sup>2</sup>, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

## Correlazione con $N_{spt}$

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi  $N_{spt}$  ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con  $N_{spt}$ . Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui  $Q$  è l'energia specifica per colpo e  $Q_{spt}$  è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

$M$	peso massa battente.
$M'$	peso aste.
$H$	altezza di caduta.
$A$	area base punta conica.
$\delta$	passo di avanzamento.

## Valutazione resistenza dinamica alla punta $R_{pd}$

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M+P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M+P)]}$$

R<sub>pd</sub> resistenza dinamica punta (area A).  
e infissione media per colpo (δ/ N).  
M peso massa battente (altezza caduta H).  
P peso totale aste e sistema battuta.

### Calcolo di (N<sub>1</sub>)<sub>60</sub>

(N<sub>1</sub>)<sub>60</sub> è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa/\sigma_{v0})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa} \quad (\text{Liao e Whitman 1986})$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_s \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60 rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.  
C<sub>s</sub> parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).  
C<sub>d</sub> funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).  
C<sub>r</sub> parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

### Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

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

In particolare consente di ottenere informazioni su:

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

### Valutazioni statistiche e correlazioni

## **Elaborazione Statistica**

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

### **Media**

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Media minima**

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Massimo**

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Minimo**

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Scarto quadratico medio**

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Media deviata**

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Media (+ s)**

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Media (- s)**

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### **Distribuzione normale R.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove  $\sigma_{N_{spt}}$  è la deviazione standard di  $N_{spt}$

### **Distribuzione normale R.N.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di  $N_{spt}$  distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

## **Pressione ammissibile**

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione  $d = 1$  m.

## Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

### *Liquefazione*

Permette di calcolare utilizzando dati  $N_{spt}$  il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se  $N_{spt}$  dello strato considerato risulta inferiore a  $N_{spt}$  critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

### *Correzione $N_{spt}$ in presenza di falda*

$$N_{spt\ corretto} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

$N_{spt}$  è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

### *Angolo di Attrito*

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda)  $\sigma > 5$  t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38° ).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da  $D_r$  %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.

- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

#### ***Densità relativa (%)***

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie  $D_r$  viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

#### ***Modulo Di Young ( $E_y$ )***

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.
- Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

#### ***Modulo Edometrico***

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buisman-Sanglerat, correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

#### ***Stato di consistenza***

- Classificazione A.G.I. 1977

#### ***Peso di Volume***

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

#### ***Peso di volume saturo***

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

### ***Modulo di poisson***

- Classificazione A.G.I.

### ***Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)***

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio  $\tau$  e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

### ***Velocità onde di taglio $V_s$ (m/s)***

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

### ***Modulo di deformazione di taglio (G)***

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

### ***Modulo di reazione ( $K_0$ )***

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

### ***Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )***

- Robertson (1983) -  $Q_c$

## **Correlazioni geotecniche terreni coesivi**

### ***Coesione non drenata***

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con  $N_{spt} < 8$  , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948).  $C_u$  (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività  $> 5$  , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche  $< 10$  colpi, per resistenze penetrometriche  $> 10$  l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , ( $C_u$ - $N_{spt}$ -grado di plasticità).

- Schmertmann (1975),  $C_u$  (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con  $N_c = 20$  e  $Q_c/N_{spt} = 2$ .
- Schmertmann (1975),  $C_u$  (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata  $C_u$  (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

#### ***Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )***

- Robertson (1983) -  $Q_c$

#### ***Modulo Edometrico-Confinato ( $M_o$ )***

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - $M_o$  (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$ ).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ( $N_{spt} < 30$ ) medie e molli ( $N_{spt} < 4$ ) e argille sabbiose ( $N_{spt} = 6-12$ ).

#### ***Modulo Di Young ( $E_Y$ )***

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15.
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

#### ***Stato di consistenza***

- Classificazione A.G.I. 1977.

#### ***Peso di Volume***

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

#### ***Peso di volume saturo***

- Meyerhof ed altri.

PROVA ... Nr.4

Strumento utilizzato... DL-30 (60°)  
 Prova eseguita in data 04/06/2016  
 Profondità prova 5,90 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,10	1	0,857	3,55	4,15	0,18	0,21
0,20	5	0,855	17,72	20,74	0,89	1,04
0,30	5	0,853	17,68	20,74	0,88	1,04
0,40	6	0,851	21,17	24,88	1,06	1,24
0,50	8	0,849	28,17	33,18	1,41	1,66
0,60	7	0,847	24,59	29,03	1,23	1,45
0,70	6	0,845	21,03	24,88	1,05	1,24
0,80	5	0,843	17,49	20,74	0,87	1,04
0,90	5	0,842	16,54	19,65	0,83	0,98
1,00	5	0,840	16,50	19,65	0,83	0,98
1,10	8	0,838	26,35	31,44	1,32	1,57
1,20	9	0,836	29,58	35,37	1,48	1,77
1,30	7	0,835	22,96	27,51	1,15	1,38
1,40	6	0,833	19,64	23,58	0,98	1,18
1,50	8	0,831	26,13	31,44	1,31	1,57
1,60	8	0,830	26,08	31,44	1,30	1,57
1,70	5	0,828	16,27	19,65	0,81	0,98
1,80	6	0,826	19,49	23,58	0,97	1,18
1,90	5	0,825	15,40	18,67	0,77	0,93
2,00	5	0,823	15,37	18,67	0,77	0,93
2,10	7	0,822	21,48	26,14	1,07	1,31
2,20	7	0,820	21,44	26,14	1,07	1,31
2,30	6	0,819	18,34	22,41	0,92	1,12
2,40	8	0,817	24,41	29,88	1,22	1,49
2,50	7	0,816	21,32	26,14	1,07	1,31
2,60	4	0,814	12,16	14,94	0,61	0,75
2,70	4	0,813	12,14	14,94	0,61	0,75
2,80	7	0,811	21,21	26,14	1,06	1,31
2,90	8	0,810	23,05	28,46	1,15	1,42
3,00	5	0,809	14,38	17,79	0,72	0,89
3,10	8	0,807	22,98	28,46	1,15	1,42
3,20	10	0,806	28,67	35,57	1,43	1,78
3,30	10	0,805	28,63	35,57	1,43	1,78
3,40	11	0,803	31,44	39,13	1,57	1,96
3,50	15	0,752	40,13	53,36	2,01	2,67
3,60	14	0,751	37,40	49,80	1,87	2,49
3,70	22	0,700	54,75	78,26	2,74	3,91
3,80	22	0,698	54,66	78,26	2,73	3,91
3,90	38	0,647	83,53	129,06	4,18	6,45
4,00	47	0,596	95,14	159,62	4,76	7,98
4,10	25	0,695	59,00	84,91	2,95	4,25
4,20	17	0,744	42,94	57,74	2,15	2,89

4,30	16	0,743	40,35	54,34	2,02	2,72
4,40	16	0,741	40,29	54,34	2,01	2,72
4,50	19	0,740	47,77	64,53	2,39	3,23
4,60	19	0,739	47,70	64,53	2,39	3,23
4,70	18	0,738	45,13	61,13	2,26	3,06
4,80	17	0,737	42,56	57,74	2,13	2,89
4,90	17	0,736	40,66	55,23	2,03	2,76
5,00	25	0,685	55,64	81,23	2,78	4,06
5,10	28	0,684	62,23	90,97	3,11	4,55
5,20	22	0,683	48,82	71,48	2,44	3,57
5,30	21	0,682	46,53	68,23	2,33	3,41
5,40	24	0,681	53,11	77,98	2,66	3,90
5,50	24	0,680	53,03	77,98	2,65	3,90
5,60	27	0,679	59,58	87,73	2,98	4,39
5,70	23	0,678	50,68	74,73	2,53	3,74
5,80	33	0,627	67,26	107,22	3,36	5,36
5,90	49	0,576	87,95	152,60	4,40	7,63

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0,1	1	4,15	Coesivo	0	1,46	1,84	0,01	0,78	0,78	limo argilloso
0,2	5	20,74	Coesivo	0	1,69	1,87	0,02	0,78	3,91	limo argilloso
0,3	5	20,74	Coesivo	0	1,69	1,87	0,04	0,78	3,91	limo argilloso
0,4	6	24,89	Coesivo	0	1,74	1,88	0,06	0,78	4,7	limo argilloso
0,5	8	33,18	Coesivo	0	1,82	1,89	0,07	0,78	6,26	limo argilloso
0,6	7	29,03	Coesivo	0	1,79	1,88	0,09	0,78	5,48	limo argilloso
0,7	6	24,89	Coesivo	0	1,74	1,88	0,11	0,78	4,7	limo argilloso
0,8	5	20,74	Coesivo	0	1,69	1,87	0,13	0,78	3,91	limo argilloso
0,9	5	19,65	Coesivo	0	1,69	1,87	0,14	0,78	3,91	limo argilloso
1	5	19,65	Coesivo	0	1,69	1,87	0,16	0,78	3,91	limo argilloso
1,1	8	31,44	Coesivo	0	1,82	1,89	0,18	0,78	6,26	limo argilloso
1,2	9	35,37	Coesivo	0	1,86	1,9	0,2	0,78	7,05	limo argilloso
1,3	7	27,51	Coesivo	0	1,79	1,88	0,22	0,78	5,48	limo argilloso
1,4	6	23,58	Coesivo	0	1,74	1,88	0,23	0,78	4,7	limo argilloso
1,5	8	31,44	Coesivo	0	1,82	1,89	0,25	0,78	6,26	limo argilloso
1,6	8	31,44	Coesivo	0	1,82	1,89	0,27	0,78	6,26	limo argilloso
1,7	5	19,65	Coesivo	0	1,69	1,87	0,29	0,78	3,91	limo

1,8	6	23,58	Coesivo	0	1,74	1,88	0,3	0,78	4,7	argilloso limo
1,9	5	18,67	Coesivo	0	1,69	1,87	0,32	0,78	3,91	argilloso limo
2	5	18,67	Coesivo	0	1,69	1,87	0,34	0,78	3,91	argilloso limo
2,1	7	26,14	Coesivo	0	1,79	1,88	0,36	0,78	5,48	argilloso limo
2,2	7	26,14	Coesivo	0	1,79	1,88	0,37	0,78	5,48	argilloso limo
2,3	6	22,41	Coesivo	0	1,74	1,88	0,39	0,78	4,7	argilloso limo
2,4	8	29,88	Coesivo	0	1,82	1,89	0,41	0,78	6,26	argilloso limo
2,5	7	26,14	Coesivo	0	1,79	1,88	0,43	0,78	5,48	argilloso limo
2,6	4	14,94	Coesivo	0	1,64	1,86	0,44	0,78	3,13	argilloso limo
2,7	4	14,94	Coesivo	0	1,64	1,86	0,46	0,78	3,13	argilloso limo
2,8	7	26,14	Coesivo	0	1,79	1,88	0,48	0,78	5,48	argilloso limo
2,9	8	28,46	Coesivo	0	1,82	1,89	0,5	0,78	6,26	argilloso limo
3	5	17,79	Coesivo	0	1,69	1,87	0,51	0,78	3,91	argilloso limo
3,1	8	28,46	Coesivo	0	1,82	1,89	0,53	0,78	6,26	argilloso limo
3,2	10	35,57	Coesivo	0	1,89	1,9	0,55	0,78	7,83	argilloso limo
3,3	10	35,57	Coesivo	0	1,89	1,9	0,57	0,78	7,83	argilloso limo
3,4	11	39,13	Coesivo	0	1,92	2,11	0,59	0,78	8,61	argilloso limo
3,5	15	53,36	Coesivo	0	2,01	2,21	0,61	0,78	11,74	argilloso limo
3,6	14	49,8	Coesivo	0	1,99	2,19	0,63	0,78	10,96	argilloso limo
3,7	22	78,26	Coesivo	0	2,09	2,3	0,65	0,78	17,23	argilloso limo
3,8	22	78,26	Coesivo	0	2,09	2,3	0,67	0,78	17,23	argilloso limo
3,9	38	129,06	Coesivo	0	2,16	2,36	0,69	0,78	29,75	argilloso limo
4	47	159,62	Incoerente	0	2,19	2,08	0,71	0,78	36,8	argilloso limo
4,1	25	84,91	Coesivo	0	2,1	2,31	0,73	0,78	19,58	argilloso limo
4,2	17	57,74	Coesivo	0	2,04	2,24	0,75	0,78	13,31	argilloso limo
4,3	16	54,34	Coesivo	0	2,03	2,23	0,77	0,78	12,53	argilloso limo
4,4	16	54,34	Coesivo	0	2,03	2,23	0,79	0,78	12,53	argilloso limo
4,5	19	64,53	Coesivo	0	2,06	2,27	0,81	0,78	14,88	argilloso limo

4,6	19	64,53	Coesivo	0	2,06	2,27	0,84	0,78	14,88	limo argilloso
4,7	18	61,13	Coesivo	0	2,05	2,25	0,86	0,78	14,09	limo argilloso
4,8	17	57,74	Coesivo	0	2,04	2,24	0,88	0,78	13,31	limo argilloso
4,9	17	55,24	Coesivo	0	2,04	2,24	0,9	0,78	13,31	limo argilloso
5	25	81,23	Coesivo	0	2,1	2,31	0,92	0,78	19,58	limo argilloso
5,1	28	90,97	Coesivo	0	2,11	2,14	0,94	0,78	21,92	limo argilloso
5,2	22	71,48	Coesivo	0	2,09	2,3	0,96	0,78	17,23	limo argilloso
5,3	21	68,23	Coesivo	0	2,08	2,29	0,98	0,78	16,44	limo argilloso
5,4	24	77,98	Coesivo	0	2,1	2,31	1,0	0,78	18,79	limo argilloso
5,5	24	77,98	Coesivo	0	2,1	2,31	1,02	0,78	18,79	limo argilloso
5,6	27	87,73	Coesivo	0	2,1	2,12	1,04	0,78	21,14	limo argilloso
5,7	23	74,73	Coesivo	0	2,09	2,3	1,06	0,78	18,01	limo argilloso
5,8	33	107,22	Coesivo	0	2,12	2,25	1,09	0,78	25,84	limo argilloso
5,9	49	152,6	Coesivo	0	2,43	2,5	1,11	0,78	38,37	argilliti scagliosi e conglomerato

#### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4

##### TERRENI COESIVI I

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) limo argilloso	0,78	0,00-0,10		--
Strato (2) limo argilloso	3,91	0,10-0,20		--
Strato (3) limo argilloso	3,91	0,20-0,30		--
Strato (4) limo argilloso	4,7	0,30-0,40		--
Strato (5) limo argilloso	6,26	0,40-0,50		--
Strato (6) limo argilloso	5,48	0,50-0,60		--
Strato (7) limo argilloso	4,7	0,60-0,70		--
Strato (8) limo argilloso	3,91	0,70-0,80		--
Strato (9) limo argilloso	3,91	0,80-0,90		--
Strato (10) limo argilloso	3,91	0,90-1,00		--
Strato (11)	6,26	1,00-1,10		--

limo argilloso				
Strato (12)	7,05	1,10-1,20		--
limo argilloso				
Strato (13)	5,48	1,20-1,30		--
limo argilloso				
Strato (14)	4,7	1,30-1,40		--
limo argilloso				
Strato (15)	6,26	1,40-1,50		--
limo argilloso				
Strato (16)	6,26	1,50-1,60		--
limo argilloso				
Strato (17)	3,91	1,60-1,70		--
limo argilloso				
Strato (18)	4,7	1,70-1,80		--
limo argilloso				
Strato (19)	3,91	1,80-1,90		--
limo argilloso				
Strato (20)	3,91	1,90-2,00		--
limo argilloso				
Strato (21)	5,48	2,00-2,10		--
limo argilloso				
Strato (22)	5,48	2,10-2,20		--
limo argilloso				
Strato (23)	4,7	2,20-2,30		--
limo argilloso				
Strato (24)	6,26	2,30-2,40		--
limo argilloso				
Strato (25)	5,48	2,40-2,50		--
limo argilloso				
Strato (26)	3,13	2,50-2,60		--
limo argilloso				
Strato (27)	3,13	2,60-2,70		--
limo argilloso				
Strato (28)	5,48	2,70-2,80		--
limo argilloso				
Strato (29)	6,26	2,80-2,90		--
limo argilloso				
Strato (30)	3,91	2,90-3,00		--
limo argilloso				
Strato (31)	6,26	3,00-3,10		--
limo argilloso				
Strato (32)	7,83	3,10-3,20		--
limo argilloso				
Strato (33)	7,83	3,20-3,30		--
limo argilloso				
Strato (34)	8,61	3,30-3,40		--
limo argilloso				
Strato (35)	11,74	3,40-3,50		--
limo argilloso				
Strato (36)	10,96	3,50-3,60		--
limo argilloso				
Strato (37)	17,23	3,60-3,70		--
limo argilloso				
Strato (38)	17,23	3,70-3,80		--
limo argilloso				
Strato (39)	29,75	3,80-3,90		--
limo argilloso				
Strato (41)	19,58	4,00-4,10		--
limo argilloso				
Strato (42)	13,31	4,10-4,20		--
limo argilloso				
Strato (43)	12,53	4,20-4,30		--

limo argilloso				
Strato (44)	12,53	4,30-4,40		--
limo argilloso				
Strato (45)	14,88	4,40-4,50		--
limo argilloso				
Strato (46)	14,88	4,50-4,60		--
limo argilloso				
Strato (47)	14,09	4,60-4,70		--
limo argilloso				
Strato (48)	13,31	4,70-4,80		--
limo argilloso				
Strato (49)	13,31	4,80-4,90		--
limo argilloso				
Strato (50)	19,58	4,90-5,00		--
limo argilloso				
Strato (51)	21,92	5,00-5,10		--
limo argilloso				
Strato (52)	17,23	5,10-5,20		--
limo argilloso				
Strato (53)	16,44	5,20-5,30		--
limo argilloso				
Strato (54)	18,79	5,30-5,40		--
limo argilloso				
Strato (55)	18,79	5,40-5,50		--
limo argilloso				
Strato (56)	21,14	5,50-5,60		--
limo argilloso				
Strato (57)	18,01	5,60-5,70		--
limo argilloso				
Strato (58)	25,84	5,70-5,80		--
limo argilloso				
Strato (59)	38,37	5,80-5,90		--
argilliti scaglioseconglomerato				

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1)	0,78	0,00-0,10		---
limo argilloso				
Strato (2)	3,91	0,10-0,20		---
limo argilloso				
Strato (3)	3,91	0,20-0,30		---
limo argilloso				
Strato (4)	4,7	0,30-0,40		---
limo argilloso				
Strato (5)	6,26	0,40-0,50		---
limo argilloso				
Strato (6)	5,48	0,50-0,60		---
limo argilloso				
Strato (7)	4,7	0,60-0,70		---
limo argilloso				
Strato (8)	3,91	0,70-0,80		---
limo argilloso				
Strato (9)	3,91	0,80-0,90		---
limo argilloso				
Strato (10)	3,91	0,90-1,00		---
limo argilloso				
Strato (11)	6,26	1,00-1,10		---
limo argilloso				
Strato (12)	7,05	1,10-1,20		---
limo argilloso				

Strato (13) limo argilloso	5,48	1,20-1,30		---
Strato (14) limo argilloso	4,7	1,30-1,40		---
Strato (15) limo argilloso	6,26	1,40-1,50		---
Strato (16) limo argilloso	6,26	1,50-1,60		---
Strato (17) limo argilloso	3,91	1,60-1,70		---
Strato (18) limo argilloso	4,7	1,70-1,80		---
Strato (19) limo argilloso	3,91	1,80-1,90		---
Strato (20) limo argilloso	3,91	1,90-2,00		---
Strato (21) limo argilloso	5,48	2,00-2,10		---
Strato (22) limo argilloso	5,48	2,10-2,20		---
Strato (23) limo argilloso	4,7	2,20-2,30		---
Strato (24) limo argilloso	6,26	2,30-2,40		---
Strato (25) limo argilloso	5,48	2,40-2,50		---
Strato (26) limo argilloso	3,13	2,50-2,60		---
Strato (27) limo argilloso	3,13	2,60-2,70		---
Strato (28) limo argilloso	5,48	2,70-2,80		---
Strato (29) limo argilloso	6,26	2,80-2,90		---
Strato (30) limo argilloso	3,91	2,90-3,00		---
Strato (31) limo argilloso	6,26	3,00-3,10		---
Strato (32) limo argilloso	7,83	3,10-3,20		---
Strato (33) limo argilloso	7,83	3,20-3,30		---
Strato (34) limo argilloso	8,61	3,30-3,40		---
Strato (35) limo argilloso	11,74	3,40-3,50		---
Strato (36) limo argilloso	10,96	3,50-3,60		---
Strato (37) limo argilloso	17,23	3,60-3,70		---
Strato (38) limo argilloso	17,23	3,70-3,80		---
Strato (39) limo argilloso	29,75	3,80-3,90		---
Strato (41) limo argilloso	19,58	4,00-4,10		---
Strato (42) limo argilloso	13,31	4,10-4,20		---
Strato (43) limo argilloso	12,53	4,20-4,30		---
Strato (44) limo argilloso	12,53	4,30-4,40		---

Strato (45) limo argilloso	14,88	4,40-4,50		---
Strato (46) limo argilloso	14,88	4,50-4,60		---
Strato (47) limo argilloso	14,09	4,60-4,70		---
Strato (48) limo argilloso	13,31	4,70-4,80		---
Strato (49) limo argilloso	13,31	4,80-4,90		---
Strato (50) limo argilloso	19,58	4,90-5,00		---
Strato (51) limo argilloso	21,92	5,00-5,10		---
Strato (52) limo argilloso	17,23	5,10-5,20		---
Strato (53) limo argilloso	16,44	5,20-5,30		---
Strato (54) limo argilloso	18,79	5,30-5,40		---
Strato (55) limo argilloso	18,79	5,40-5,50		---
Strato (56) limo argilloso	21,14	5,50-5,60		---
Strato (57) limo argilloso	18,01	5,60-5,70		---
Strato (58) limo argilloso	25,84	5,70-5,80		---
Strato (59) argilliti scaglioconglomerato	38,37	5,80-5,90		---

#### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) limo argilloso	0,78	0,00-0,10		---
Strato (2) limo argilloso	3,91	0,10-0,20		---
Strato (3) limo argilloso	3,91	0,20-0,30		---
Strato (4) limo argilloso	4,7	0,30-0,40		---
Strato (5) limo argilloso	6,26	0,40-0,50		---
Strato (6) limo argilloso	5,48	0,50-0,60		---
Strato (7) limo argilloso	4,7	0,60-0,70		---
Strato (8) limo argilloso	3,91	0,70-0,80		---
Strato (9) limo argilloso	3,91	0,80-0,90		---
Strato (10) limo argilloso	3,91	0,90-1,00		---
Strato (11) limo argilloso	6,26	1,00-1,10		---
Strato (12) limo argilloso	7,05	1,10-1,20		---
Strato (13) limo argilloso	5,48	1,20-1,30		---
Strato (14)	4,7	1,30-1,40		---

limo argilloso				
Strato (15)	6,26	1,40-1,50		---
limo argilloso				
Strato (16)	6,26	1,50-1,60		---
limo argilloso				
Strato (17)	3,91	1,60-1,70		---
limo argilloso				
Strato (18)	4,7	1,70-1,80		---
limo argilloso				
Strato (19)	3,91	1,80-1,90		---
limo argilloso				
Strato (20)	3,91	1,90-2,00		---
limo argilloso				
Strato (21)	5,48	2,00-2,10		---
limo argilloso				
Strato (22)	5,48	2,10-2,20		---
limo argilloso				
Strato (23)	4,7	2,20-2,30		---
limo argilloso				
Strato (24)	6,26	2,30-2,40		---
limo argilloso				
Strato (25)	5,48	2,40-2,50		---
limo argilloso				
Strato (26)	3,13	2,50-2,60		---
limo argilloso				
Strato (27)	3,13	2,60-2,70		---
limo argilloso				
Strato (28)	5,48	2,70-2,80		---
limo argilloso				
Strato (29)	6,26	2,80-2,90		---
limo argilloso				
Strato (30)	3,91	2,90-3,00		---
limo argilloso				
Strato (31)	6,26	3,00-3,10		---
limo argilloso				
Strato (32)	7,83	3,10-3,20		---
limo argilloso				
Strato (33)	7,83	3,20-3,30		---
limo argilloso				
Strato (34)	8,61	3,30-3,40		---
limo argilloso				
Strato (35)	11,74	3,40-3,50		---
limo argilloso				
Strato (36)	10,96	3,50-3,60		---
limo argilloso				
Strato (37)	17,23	3,60-3,70		---
limo argilloso				
Strato (38)	17,23	3,70-3,80		---
limo argilloso				
Strato (39)	29,75	3,80-3,90		---
limo argilloso				
Strato (41)	19,58	4,00-4,10		---
limo argilloso				
Strato (42)	13,31	4,10-4,20		---
limo argilloso				
Strato (43)	12,53	4,20-4,30		---
limo argilloso				
Strato (44)	12,53	4,30-4,40		---
limo argilloso				
Strato (45)	14,88	4,40-4,50		---
limo argilloso				
Strato (46)	14,88	4,50-4,60		---

limo argilloso				
Strato (47)	14,09	4,60-4,70		---
limo argilloso				
Strato (48)	13,31	4,70-4,80		---
limo argilloso				
Strato (49)	13,31	4,80-4,90		---
limo argilloso				
Strato (50)	19,58	4,90-5,00		---
limo argilloso				
Strato (51)	21,92	5,00-5,10		---
limo argilloso				
Strato (52)	17,23	5,10-5,20		---
limo argilloso				
Strato (53)	16,44	5,20-5,30		---
limo argilloso				
Strato (54)	18,79	5,30-5,40		---
limo argilloso				
Strato (55)	18,79	5,40-5,50		---
limo argilloso				
Strato (56)	21,14	5,50-5,60		---
limo argilloso				
Strato (57)	18,01	5,60-5,70		---
limo argilloso				
Strato (58)	25,84	5,70-5,80		---
limo argilloso				
Strato (59)	38,37	5,80-5,90		---
argilliti scaglioseconglomerato				

#### Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) limo argilloso	0,78	0,00-0,10		---
Strato (2) limo argilloso	3,91	0,10-0,20		---
Strato (3) limo argilloso	3,91	0,20-0,30		---
Strato (4) limo argilloso	4,7	0,30-0,40		---
Strato (5) limo argilloso	6,26	0,40-0,50		---
Strato (6) limo argilloso	5,48	0,50-0,60		---
Strato (7) limo argilloso	4,7	0,60-0,70		---
Strato (8) limo argilloso	3,91	0,70-0,80		---
Strato (9) limo argilloso	3,91	0,80-0,90		---
Strato (10) limo argilloso	3,91	0,90-1,00		---
Strato (11) limo argilloso	6,26	1,00-1,10		---
Strato (12) limo argilloso	7,05	1,10-1,20		---
Strato (13) limo argilloso	5,48	1,20-1,30		---
Strato (14) limo argilloso	4,7	1,30-1,40		---
Strato (15) limo argilloso	6,26	1,40-1,50		---

Strato (16) limo argilloso	6,26	1,50-1,60		---
Strato (17) limo argilloso	3,91	1,60-1,70		---
Strato (18) limo argilloso	4,7	1,70-1,80		---
Strato (19) limo argilloso	3,91	1,80-1,90		---
Strato (20) limo argilloso	3,91	1,90-2,00		---
Strato (21) limo argilloso	5,48	2,00-2,10		---
Strato (22) limo argilloso	5,48	2,10-2,20		---
Strato (23) limo argilloso	4,7	2,20-2,30		---
Strato (24) limo argilloso	6,26	2,30-2,40		---
Strato (25) limo argilloso	5,48	2,40-2,50		---
Strato (26) limo argilloso	3,13	2,50-2,60		---
Strato (27) limo argilloso	3,13	2,60-2,70		---
Strato (28) limo argilloso	5,48	2,70-2,80		---
Strato (29) limo argilloso	6,26	2,80-2,90		---
Strato (30) limo argilloso	3,91	2,90-3,00		---
Strato (31) limo argilloso	6,26	3,00-3,10		---
Strato (32) limo argilloso	7,83	3,10-3,20		---
Strato (33) limo argilloso	7,83	3,20-3,30		---
Strato (34) limo argilloso	8,61	3,30-3,40		---
Strato (35) limo argilloso	11,74	3,40-3,50		---
Strato (36) limo argilloso	10,96	3,50-3,60		---
Strato (37) limo argilloso	17,23	3,60-3,70		---
Strato (38) limo argilloso	17,23	3,70-3,80		---
Strato (39) limo argilloso	29,75	3,80-3,90		---
Strato (41) limo argilloso	19,58	4,00-4,10		---
Strato (42) limo argilloso	13,31	4,10-4,20		---
Strato (43) limo argilloso	12,53	4,20-4,30		---
Strato (44) limo argilloso	12,53	4,30-4,40		---
Strato (45) limo argilloso	14,88	4,40-4,50		---
Strato (46) limo argilloso	14,88	4,50-4,60		---
Strato (47) limo argilloso	14,09	4,60-4,70		---

Strato (48) limo argilloso	13,31	4,70-4,80		---
Strato (49) limo argilloso	13,31	4,80-4,90		---
Strato (50) limo argilloso	19,58	4,90-5,00		---
Strato (51) limo argilloso	21,92	5,00-5,10		---
Strato (52) limo argilloso	17,23	5,10-5,20		---
Strato (53) limo argilloso	16,44	5,20-5,30		---
Strato (54) limo argilloso	18,79	5,30-5,40		---
Strato (55) limo argilloso	18,79	5,40-5,50		---
Strato (56) limo argilloso	21,14	5,50-5,60		---
Strato (57) limo argilloso	18,01	5,60-5,70		---
Strato (58) limo argilloso	25,84	5,70-5,80		---
Strato (59) argilliti scaglioseconglomerato	38,37	5,80-5,90		---

#### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) limo argilloso	0,78	0,00-0,10		
Strato (2) limo argilloso	3,91	0,10-0,20		
Strato (3) limo argilloso	3,91	0,20-0,30		
Strato (4) limo argilloso	4,7	0,30-0,40		
Strato (5) limo argilloso	6,26	0,40-0,50		
Strato (6) limo argilloso	5,48	0,50-0,60		
Strato (7) limo argilloso	4,7	0,60-0,70		
Strato (8) limo argilloso	3,91	0,70-0,80		
Strato (9) limo argilloso	3,91	0,80-0,90		
Strato (10) limo argilloso	3,91	0,90-1,00		
Strato (11) limo argilloso	6,26	1,00-1,10		
Strato (12) limo argilloso	7,05	1,10-1,20		
Strato (13) limo argilloso	5,48	1,20-1,30		
Strato (14) limo argilloso	4,7	1,30-1,40		
Strato (15) limo argilloso	6,26	1,40-1,50		
Strato (16) limo argilloso	6,26	1,50-1,60		
Strato (17)	3,91	1,60-1,70		

limo argilloso			
Strato (18)	4,7	1,70-1,80	
limo argilloso			
Strato (19)	3,91	1,80-1,90	
limo argilloso			
Strato (20)	3,91	1,90-2,00	
limo argilloso			
Strato (21)	5,48	2,00-2,10	
limo argilloso			
Strato (22)	5,48	2,10-2,20	
limo argilloso			
Strato (23)	4,7	2,20-2,30	
limo argilloso			
Strato (24)	6,26	2,30-2,40	
limo argilloso			
Strato (25)	5,48	2,40-2,50	
limo argilloso			
Strato (26)	3,13	2,50-2,60	
limo argilloso			
Strato (27)	3,13	2,60-2,70	
limo argilloso			
Strato (28)	5,48	2,70-2,80	
limo argilloso			
Strato (29)	6,26	2,80-2,90	
limo argilloso			
Strato (30)	3,91	2,90-3,00	
limo argilloso			
Strato (31)	6,26	3,00-3,10	
limo argilloso			
Strato (32)	7,83	3,10-3,20	
limo argilloso			
Strato (33)	7,83	3,20-3,30	
limo argilloso			
Strato (34)	8,61	3,30-3,40	
limo argilloso			
Strato (35)	11,74	3,40-3,50	
limo argilloso			
Strato (36)	10,96	3,50-3,60	
limo argilloso			
Strato (37)	17,23	3,60-3,70	
limo argilloso			
Strato (38)	17,23	3,70-3,80	
limo argilloso			
Strato (39)	29,75	3,80-3,90	
limo argilloso			
Strato (41)	19,58	4,00-4,10	
limo argilloso			
Strato (42)	13,31	4,10-4,20	
limo argilloso			
Strato (43)	12,53	4,20-4,30	
limo argilloso			
Strato (44)	12,53	4,30-4,40	
limo argilloso			
Strato (45)	14,88	4,40-4,50	
limo argilloso			
Strato (46)	14,88	4,50-4,60	
limo argilloso			
Strato (47)	14,09	4,60-4,70	
limo argilloso			
Strato (48)	13,31	4,70-4,80	
limo argilloso			
Strato (49)	13,31	4,80-4,90	

limo argilloso			
Strato (50)	19,58	4,90-5,00	
limo argilloso			
Strato (51)	21,92	5,00-5,10	
limo argilloso			
Strato (52)	17,23	5,10-5,20	
limo argilloso			
Strato (53)	16,44	5,20-5,30	
limo argilloso			
Strato (54)	18,79	5,30-5,40	
limo argilloso			
Strato (55)	18,79	5,40-5,50	
limo argilloso			
Strato (56)	21,14	5,50-5,60	
limo argilloso			
Strato (57)	18,01	5,60-5,70	
limo argilloso			
Strato (58)	25,84	5,70-5,80	
limo argilloso			
Strato (59)	38,37	5,80-5,90	
argilliti scaglioconglomerato			

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) limo argilloso	0,78	0,00-0,10		--
Strato (2) limo argilloso	3,91	0,10-0,20		--
Strato (3) limo argilloso	3,91	0,20-0,30		--
Strato (4) limo argilloso	4,7	0,30-0,40		--
Strato (5) limo argilloso	6,26	0,40-0,50		--
Strato (6) limo argilloso	5,48	0,50-0,60		--
Strato (7) limo argilloso	4,7	0,60-0,70		--
Strato (8) limo argilloso	3,91	0,70-0,80		--
Strato (9) limo argilloso	3,91	0,80-0,90		--
Strato (10) limo argilloso	3,91	0,90-1,00		--
Strato (11) limo argilloso	6,26	1,00-1,10		--
Strato (12) limo argilloso	7,05	1,10-1,20		--
Strato (13) limo argilloso	5,48	1,20-1,30		--
Strato (14) limo argilloso	4,7	1,30-1,40		--
Strato (15) limo argilloso	6,26	1,40-1,50		--
Strato (16) limo argilloso	6,26	1,50-1,60		--
Strato (17) limo argilloso	3,91	1,60-1,70		--
Strato (18) limo argilloso	4,7	1,70-1,80		--

Strato (19) limo argilloso	3,91	1,80-1,90		--
Strato (20) limo argilloso	3,91	1,90-2,00		--
Strato (21) limo argilloso	5,48	2,00-2,10		--
Strato (22) limo argilloso	5,48	2,10-2,20		--
Strato (23) limo argilloso	4,7	2,20-2,30		--
Strato (24) limo argilloso	6,26	2,30-2,40		--
Strato (25) limo argilloso	5,48	2,40-2,50		--
Strato (26) limo argilloso	3,13	2,50-2,60		--
Strato (27) limo argilloso	3,13	2,60-2,70		--
Strato (28) limo argilloso	5,48	2,70-2,80		--
Strato (29) limo argilloso	6,26	2,80-2,90		--
Strato (30) limo argilloso	3,91	2,90-3,00		--
Strato (31) limo argilloso	6,26	3,00-3,10		--
Strato (32) limo argilloso	7,83	3,10-3,20		--
Strato (33) limo argilloso	7,83	3,20-3,30		--
Strato (34) limo argilloso	8,61	3,30-3,40		--
Strato (35) limo argilloso	11,74	3,40-3,50		--
Strato (36) limo argilloso	10,96	3,50-3,60		--
Strato (37) limo argilloso	17,23	3,60-3,70		--
Strato (38) limo argilloso	17,23	3,70-3,80		--
Strato (39) limo argilloso	29,75	3,80-3,90		--
Strato (41) limo argilloso	19,58	4,00-4,10		--
Strato (42) limo argilloso	13,31	4,10-4,20		--
Strato (43) limo argilloso	12,53	4,20-4,30		--
Strato (44) limo argilloso	12,53	4,30-4,40		--
Strato (45) limo argilloso	14,88	4,40-4,50		--
Strato (46) limo argilloso	14,88	4,50-4,60		--
Strato (47) limo argilloso	14,09	4,60-4,70		--
Strato (48) limo argilloso	13,31	4,70-4,80		--
Strato (49) limo argilloso	13,31	4,80-4,90		--
Strato (50) limo argilloso	19,58	4,90-5,00		--

Strato (51) limo argilloso	21,92	5,00-5,10		--
Strato (52) limo argilloso	17,23	5,10-5,20		--
Strato (53) limo argilloso	16,44	5,20-5,30		--
Strato (54) limo argilloso	18,79	5,30-5,40		--
Strato (55) limo argilloso	18,79	5,40-5,50		--
Strato (56) limo argilloso	21,14	5,50-5,60		--
Strato (57) limo argilloso	18,01	5,60-5,70		--
Strato (58) limo argilloso	25,84	5,70-5,80		--
Strato (59) argilliti scaglioconglomerato	38,37	5,80-5,90		--

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) limo argilloso	0,78	0,00-0,10		--
Strato (2) limo argilloso	3,91	0,10-0,20		--
Strato (3) limo argilloso	3,91	0,20-0,30		--
Strato (4) limo argilloso	4,7	0,30-0,40		--
Strato (5) limo argilloso	6,26	0,40-0,50		--
Strato (6) limo argilloso	5,48	0,50-0,60		--
Strato (7) limo argilloso	4,7	0,60-0,70		--
Strato (8) limo argilloso	3,91	0,70-0,80		--
Strato (9) limo argilloso	3,91	0,80-0,90		--
Strato (10) limo argilloso	3,91	0,90-1,00		--
Strato (11) limo argilloso	6,26	1,00-1,10		--
Strato (12) limo argilloso	7,05	1,10-1,20		--
Strato (13) limo argilloso	5,48	1,20-1,30		--
Strato (14) limo argilloso	4,7	1,30-1,40		--
Strato (15) limo argilloso	6,26	1,40-1,50		--
Strato (16) limo argilloso	6,26	1,50-1,60		--
Strato (17) limo argilloso	3,91	1,60-1,70		--
Strato (18) limo argilloso	4,7	1,70-1,80		--
Strato (19) limo argilloso	3,91	1,80-1,90		--

Strato (20) limo argilloso	3,91	1,90-2,00		--
Strato (21) limo argilloso	5,48	2,00-2,10		--
Strato (22) limo argilloso	5,48	2,10-2,20		--
Strato (23) limo argilloso	4,7	2,20-2,30		--
Strato (24) limo argilloso	6,26	2,30-2,40		--
Strato (25) limo argilloso	5,48	2,40-2,50		--
Strato (26) limo argilloso	3,13	2,50-2,60		--
Strato (27) limo argilloso	3,13	2,60-2,70		--
Strato (28) limo argilloso	5,48	2,70-2,80		--
Strato (29) limo argilloso	6,26	2,80-2,90		--
Strato (30) limo argilloso	3,91	2,90-3,00		--
Strato (31) limo argilloso	6,26	3,00-3,10		--
Strato (32) limo argilloso	7,83	3,10-3,20		--
Strato (33) limo argilloso	7,83	3,20-3,30		--
Strato (34) limo argilloso	8,61	3,30-3,40		--
Strato (35) limo argilloso	11,74	3,40-3,50		--
Strato (36) limo argilloso	10,96	3,50-3,60		--
Strato (37) limo argilloso	17,23	3,60-3,70		--
Strato (38) limo argilloso	17,23	3,70-3,80		--
Strato (39) limo argilloso	29,75	3,80-3,90		--
Strato (41) limo argilloso	19,58	4,00-4,10		--
Strato (42) limo argilloso	13,31	4,10-4,20		--
Strato (43) limo argilloso	12,53	4,20-4,30		--
Strato (44) limo argilloso	12,53	4,30-4,40		--
Strato (45) limo argilloso	14,88	4,40-4,50		--
Strato (46) limo argilloso	14,88	4,50-4,60		--
Strato (47) limo argilloso	14,09	4,60-4,70		--
Strato (48) limo argilloso	13,31	4,70-4,80		--
Strato (49) limo argilloso	13,31	4,80-4,90		--
Strato (50) limo argilloso	19,58	4,90-5,00		--
Strato (51) limo argilloso	21,92	5,00-5,10		--

Strato (52) limo argilloso	17,23	5,10-5,20		--
Strato (53) limo argilloso	16,44	5,20-5,30		--
Strato (54) limo argilloso	18,79	5,30-5,40		--
Strato (55) limo argilloso	18,79	5,40-5,50		--
Strato (56) limo argilloso	21,14	5,50-5,60		--
Strato (57) limo argilloso	18,01	5,60-5,70		--
Strato (58) limo argilloso	25,84	5,70-5,80		--
Strato (59) argilliti scaglioconglomerato	38,37	5,80-5,90		--

#### Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) limo argilloso	0,78	0,00-0,10		0
Strato (2) limo argilloso	3,91	0,10-0,20		0
Strato (3) limo argilloso	3,91	0,20-0,30		0
Strato (4) limo argilloso	4,7	0,30-0,40		0
Strato (5) limo argilloso	6,26	0,40-0,50		0
Strato (6) limo argilloso	5,48	0,50-0,60		0
Strato (7) limo argilloso	4,7	0,60-0,70		0
Strato (8) limo argilloso	3,91	0,70-0,80		0
Strato (9) limo argilloso	3,91	0,80-0,90		0
Strato (10) limo argilloso	3,91	0,90-1,00		0
Strato (11) limo argilloso	6,26	1,00-1,10		0
Strato (12) limo argilloso	7,05	1,10-1,20		0
Strato (13) limo argilloso	5,48	1,20-1,30		0
Strato (14) limo argilloso	4,7	1,30-1,40		0
Strato (15) limo argilloso	6,26	1,40-1,50		0
Strato (16) limo argilloso	6,26	1,50-1,60		0
Strato (17) limo argilloso	3,91	1,60-1,70		0
Strato (18) limo argilloso	4,7	1,70-1,80		0
Strato (19) limo argilloso	3,91	1,80-1,90		0
Strato (20) limo argilloso	3,91	1,90-2,00		0
Strato (21)	5,48	2,00-2,10		0

limo argilloso				
Strato (22)	5,48	2,10-2,20		0
limo argilloso				
Strato (23)	4,7	2,20-2,30		0
limo argilloso				
Strato (24)	6,26	2,30-2,40		0
limo argilloso				
Strato (25)	5,48	2,40-2,50		0
limo argilloso				
Strato (26)	3,13	2,50-2,60		0
limo argilloso				
Strato (27)	3,13	2,60-2,70		0
limo argilloso				
Strato (28)	5,48	2,70-2,80		0
limo argilloso				
Strato (29)	6,26	2,80-2,90		0
limo argilloso				
Strato (30)	3,91	2,90-3,00		0
limo argilloso				
Strato (31)	6,26	3,00-3,10		0
limo argilloso				
Strato (32)	7,83	3,10-3,20		0
limo argilloso				
Strato (33)	7,83	3,20-3,30		0
limo argilloso				
Strato (34)	8,61	3,30-3,40		0
limo argilloso				
Strato (35)	11,74	3,40-3,50		0
limo argilloso				
Strato (36)	10,96	3,50-3,60		0
limo argilloso				
Strato (37)	17,23	3,60-3,70		0
limo argilloso				
Strato (38)	17,23	3,70-3,80		0
limo argilloso				
Strato (39)	29,75	3,80-3,90		0
limo argilloso				
Strato (41)	19,58	4,00-4,10		0
limo argilloso				
Strato (42)	13,31	4,10-4,20		0
limo argilloso				
Strato (43)	12,53	4,20-4,30		0
limo argilloso				
Strato (44)	12,53	4,30-4,40		0
limo argilloso				
Strato (45)	14,88	4,40-4,50		0
limo argilloso				
Strato (46)	14,88	4,50-4,60		0
limo argilloso				
Strato (47)	14,09	4,60-4,70		0
limo argilloso				
Strato (48)	13,31	4,70-4,80		0
limo argilloso				
Strato (49)	13,31	4,80-4,90		0
limo argilloso				
Strato (50)	19,58	4,90-5,00		0
limo argilloso				
Strato (51)	21,92	5,00-5,10		0
limo argilloso				
Strato (52)	17,23	5,10-5,20		0
limo argilloso				
Strato (53)	16,44	5,20-5,30		0

limo argilloso					
Strato (54)		18,79	5,30-5,40		0
limo argilloso					
Strato (55)		18,79	5,40-5,50		0
limo argilloso					
Strato (56)		21,14	5,50-5,60		0
limo argilloso					
Strato (57)		18,01	5,60-5,70		0
limo argilloso					
Strato (58)		25,84	5,70-5,80		0
limo argilloso					
Strato (59)		38,37	5,80-5,90		0
argilliti					
scaglioconglomerato					

## TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (40) limo argilloso	36,8	3,90-4,00	36,8		0

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (40) limo argilloso	36,8	3,90-4,00	36,8		

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (40) limo argilloso	36,8	3,90-4,00	36,8		---

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (40) limo argilloso	36,8	3,90-4,00	36,8		---

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (40) limo argilloso	36,8	3,90-4,00	36,8		

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (40) limo argilloso	36,8	3,90-4,00	36,8		---

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (40) limo argilloso	36,8	3,90-4,00	36,8		---

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato (40) limo argilloso	36,8	3,90-4,00	36,8		0

#### Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (40) limo argilloso	36,8	3,90-4,00	36,8		---

#### Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (40) limo argilloso	36,8	3,90-4,00	36,8		0

#### Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / P_0$

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	$K_0$
Strato (40) limo argilloso	36,8	3,90-4,00	36,8		---

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (40) limo argilloso	36,8	3,90-4,00	36,8		---

## Indice

1.PROVA ... Nr.4	10
1.1.Coesione non drenata	13
1.2.Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)	15
1.3.Modulo Edometrico	17
1.4.Modulo di Young	19
1.5.Classificazione AGI	21
1.6.Peso unità di volume	23
1.7.Peso unità di volume saturo	25
1.8.Velocità onde di taglio	27
1.9.Densità relativa	29
1.10.Angolo di resistenza al taglio	29
1.11.Modulo di Young	29
1.12.Modulo Edometrico	30
1.13.Classificazione AGI	30
1.14.Peso unità di volume	30
1.15.Peso unità di volume saturo	30
1.16.Modulo di Poisson	30
1.17.Modulo di deformazione a taglio dinamico	30
1.18.Velocità onde di taglio	30
1.19.Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / \sigma_V$	30
1.20.Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)	30
Indice	31



## **ALLEGATO 2**

Tabulati di calcolo delle verifiche di stabilità



Progetto:	Verifiche di stabilità globali del pendio per il calcolo dei valori di attrito e coesione a minimo fattore di sicurezza. Condizioni statiche – parametri efficaci
Ditta:	Consorzio della Bonifica Renana
Comune:	Castiglione dei Pepoli
Progettista:	geol Tosi
Direttore dei Lavori:	
Impresa:	Consorzio della Bonifica Renana

## Normative di riferimento

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.
- Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.
- Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. 16 Gennaio 1996
- Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.
- Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.
- Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

## Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a **1.00**.

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adatterà la seguente simbologia:

$l$	lunghezza della base della striscia
$\alpha$	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
$b$	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
$\phi$	angolo di attrito lungo la base della striscia
$c$	coesione lungo la base della striscia
$\gamma$	peso di volume del terreno
$u$	pressione neutra
<b>W</b>	peso della striscia
<b>N</b>	sforzo normale alla base della striscia
<b>T</b>	sforzo di taglio alla base della striscia
<b>E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub></b>	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
<b>X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub></b>	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
<b>E<sub>a</sub>, E<sub>b</sub></b>	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
<b><math>\Delta X</math></b>	variazione delle forze tangenziali sulla striscia <b><math>\Delta X = X_d - X_s</math></b>
<b><math>\Delta E</math></b>	variazione delle forze normali sulla striscia <b><math>\Delta E = E_d - E_s</math></b>

## Metodo di Morgenstern e Price

Nel metodo **Morgenstern e Price** le forze normali e tangenziali di interstriscia sono legate fra di loro dalla relazione

$$X = \lambda \cdot f(x) \cdot E$$

dove  $f(x)$  è una funzione di forma definita in modo che  $|f(x)| < 1$  e  $\lambda$  è un parametro scalare che si ricava dal processo di soluzione.

Il coefficiente si ottiene dalla risoluzione del seguente sistema di equazioni differenziali:

$$\frac{dE}{dx} (Kx + L) + KE = Nx + P$$

$$X = \frac{dE}{dx} - \frac{d}{dx} (E \cdot y_t)$$

le cui condizioni al contorno sono:

$$E(x) = E_a \quad \text{quando } x = x_0$$

$$E(x) = E_b \quad \text{quando } x = x_n$$

$$M = E \cdot (y - y_t) = \int_{x_0}^{x_n} (X - E \cdot dy / dx) dx = 0$$

I termini del sistema sono dati da:

$$K = \lambda k \left( \frac{\text{tg } \phi}{F} A \right)$$

$$L = \lambda m \left( \frac{\text{tg } \phi}{F} A \right) + A \frac{\text{tg } \phi}{F}$$

$$N = p \left[ A + \frac{\text{tg } \phi}{F} r_u (1 + A^2) \right] \frac{\text{tg } \phi}{F}$$

$$P = q \left[ A + \frac{\text{tg } \phi}{F} r_u (1 + A^2) \right] \frac{\text{tg } \phi}{F} + \left[ \frac{\text{tg } \phi}{F} + A^2 \right] \frac{\text{tg } \phi}{F} c$$

nelle quali **k** ed **m** sono i due parametri assegnati striscia per striscia per definire il rapporto tra la risultante delle forze tangenziali, **X**, all'interfaccia e quella delle pressioni normali, **E**, mentre la variabile  $\lambda$  è introdotta per pareggiare il numero delle equazioni e quello delle incognite oltre che utile per tarare la funzione lineare tra le forze di interstriscia **X** ed **E**.

Nella formulazione di **Morgenstern-Price**, il peso e la superficie di scorrimento, sono espresse come funzioni lineari della  $x$ .

Inoltre il termine  $r_u$  è il coefficiente adimensionale che tiene conto della pressione neutra ed è definito dalla relazione:  $r_u = u_w / W b$ .

Lo schema iterativo che permette di determinare il coefficiente di sicurezza è il seguente:

si assegnano due valori ad **F** ed a  $\lambda$ ;

si calcolano **M**<sub>i</sub> ed **E**<sub>i</sub> dalle equazioni riportate;

si calcolano  $\delta\lambda$  e  $\delta F$ ;

si incrementano  $\lambda = \lambda + \delta\lambda$  ed  $F = F + \delta F$ ;

si controlla la convergenza nel qual caso si ferma l'iterazione altrimenti si torna al punto 2.

dove gli incrementi per  $\lambda$  ed **F** sono espressi da:

$$\begin{matrix} dE_n & & dM_n & \\ M_n & \frac{\partial E_n}{\partial \lambda} & & \\ dF & & dF & \\ \delta\lambda = & & & \\ dE_n & \frac{\partial M_n}{\partial \lambda} & \frac{\partial M_n}{\partial F} & \frac{\partial E_n}{\partial \lambda} \\ d\lambda & dF & d\lambda & dF \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} dM_n & & dE_n & \\ E_n & \frac{\partial M_n}{\partial \lambda} & & \\ dF & & dF & \\ \delta\lambda = & & & \\ dE_n & \frac{\partial M_n}{\partial \lambda} & \frac{\partial M_n}{\partial F} & \frac{\partial E_n}{\partial \lambda} \\ d\lambda & dF & d\lambda & dF \end{matrix}$$

dove **M**<sub>n</sub> ed **E**<sub>n</sub> sono i valori di **M** ed **E** all'ultima striscia.

## Dati

### Descrizione terreno

#### Simbologia adottata

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
<i>c</i>	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cmq
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
<i>c<sub>u</sub></i>	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cmq

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	<i>c'</i> [kg/cmq]
1	Substrato roccioso	2200	2400	18.00	0,400
2	Coltre in dissesto	1700	2000	20.00	0,000
3	Substrato alterato	2000	2200	16.00	0,300

### Profilo del piano campagna

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr. Identificativo del punto  
 X Ascissa del punto del profilo espressa in m  
 Y Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	5,00
2	2,50	5,80
3	2,80	8,10
4	5,40	8,90
5	6,40	9,10
6	8,10	9,30
7	13,60	9,70
8	15,70	10,90
9	18,60	11,50
10	21,20	12,11
11	22,30	13,50
12	27,00	15,11
13	31,00	16,30
14	35,30	16,70
15	47,50	19,70
16	58,10	22,50
17	63,80	23,70
18	68,80	25,10
19	76,70	26,90
20	80,00	30,00

Descrizione stratigrafia*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 1 (Substrato roccioso)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	3,10
2	0,00	0,00
3	80,00	0,00
4	80,00	29,30
5	71,40	21,50
6	63,80	19,00
7	62,00	18,35
8	36,00	12,30
9	30,20	10,50
10	17,20	6,30

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (Coltre in dissesto)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	76,70	26,90
2	68,80	25,10
3	63,80	23,70
4	58,10	22,50
5	47,50	19,70
6	35,30	16,70
7	31,00	16,30
8	27,00	15,11
9	22,30	13,50
10	21,20	12,11
11	18,60	11,50
12	15,70	10,90
13	13,60	9,70
14	8,10	9,30
15	6,40	9,10
16	5,40	8,90
17	2,80	8,10
18	2,50	5,80
19	0,00	5,00

20	0,00	4,10
21	17,20	7,30
22	36,00	13,80
23	62,00	18,80
24	71,10	22,00

Strato N° 3 costituito da terreno n° 3 (Substrato alterato)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	80,00	29,30
2	80,00	30,00
3	76,70	26,90
4	71,10	22,00
5	62,00	18,80
6	36,00	13,80
7	17,20	7,30
8	0,00	4,10
9	0,00	3,10
10	17,20	6,30
11	30,20	10,50
12	36,00	12,30
13	62,00	18,35
14	63,80	19,00
15	71,40	21,50

### Descrizione falda

#### *Livello di falda*

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	5,00
2	2,50	5,80
3	5,80	7,00
4	17,20	9,40
5	36,00	15,10
6	62,00	20,80
7	76,70	26,90

### Dati zona sismica

Coefficiente sismico orizzontale (percento)	0.00
Coefficiente sismico verticale (percento)	0.00
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.00

### Dati normativa

#### Normativa :

- D.M. 11/03/1988
- D.M. 16/01/1996

### Impostazioni delle superfici di rottura

#### *Superfici di rottura generiche*

Si considera una superficie di rottura definita per punti

#### **Coordinate superficie di rottura**

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	5,00

2	17,20	7,40
3	36,00	13,90
4	62,00	18,90
5	70,99	22,20
6	76,68	26,90

## Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- MORGENSTERN

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **sismiche**.

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

## Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1,00	m
- freccia inferiore a	0,50	m
- volume inferiore a	2,00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

## Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	1
Coefficiente di sicurezza minimo	1.011
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

## Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
MORGENSTERN	1	1.011	1	1.011	1

## Caratteristiche delle superfici analizzate

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

F<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza

### Metodo di MORGENSTERN (M)

N°	Forma	C <sub>x</sub>	C <sub>y</sub>	R	x <sub>v</sub>	x <sub>m</sub>	V	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[mc]			
1	G	--	--	--	0,00	76,68	261,03	1.011 (M)	--	--

## Analisi della superficie critica

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N° numero d'ordine della striscia

X<sub>c</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m

Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m

Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m

X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m

Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)

φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq

L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)

$u$	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
$W$	peso della striscia espresso in kg
$Q$	carico applicato sulla striscia espresso in kg
$N$	sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
$T$	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
$U$	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
$E_s, E_d$	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
$X_s, X_d$	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
$ID$	Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

**Analisi della superficie 1**

Numero di strisce	36	
Intersezione a valle con il profilo topografico	$X_v[m] = 0,00$	$Y_v[m] = 5,00$
Intersezione a monte con il profilo topografico	$X_m[m] = 76,68$	$Y_m[m] = 26,90$
Coefficiente di sicurezza	$F_s = 1.011$	

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	$X_s$ [m]	$Y_{ss}$ [m]	$Y_{si}$ [m]	$X_d$ [m]	$Y_{ds}$ [m]	$Y_{di}$ [m]	$X_g$ [m]	$Y_g$ [m]	$L$ [m]	$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	$c$ [kg/cmq]
1	0,00	5,00	5,00	2,50	5,80	5,35	1,67	5,38	2,52	7,94	20,00	0,00
2	2,50	5,80	5,35	2,80	8,10	5,39	2,69	6,30	0,30	7,94	20,00	0,00
3	2,80	8,10	5,39	5,40	8,90	5,75	4,13	7,04	2,63	7,94	20,00	0,00
4	5,40	8,90	5,75	5,80	8,98	5,81	5,60	7,36	0,40	7,94	20,00	0,00
5	5,80	8,98	5,81	6,40	9,10	5,89	6,10	7,45	0,61	7,94	20,00	0,00
6	6,40	9,10	5,89	8,10	9,30	6,13	7,25	7,61	1,72	7,94	20,00	0,00
7	8,10	9,30	6,13	10,85	9,50	6,51	9,46	7,86	2,78	7,94	20,00	0,00
8	10,85	9,50	6,51	13,60	9,70	6,90	12,21	8,15	2,78	7,94	20,00	0,00
9	13,60	9,70	6,90	15,70	10,90	7,19	14,70	8,69	2,12	7,94	20,00	0,00
10	15,70	10,90	7,19	17,20	11,21	7,40	16,45	9,18	1,51	7,94	20,00	0,00
11	17,20	11,21	7,40	18,60	11,50	7,88	17,89	9,50	1,48	19,07	20,00	0,00
12	18,60	11,50	7,88	21,20	12,11	8,78	19,88	10,06	2,75	19,07	20,00	0,00
13	21,20	12,11	8,78	22,30	13,50	9,16	21,77	10,91	1,16	19,07	20,00	0,00
14	22,30	13,50	9,16	24,65	14,30	9,98	23,47	11,74	2,49	19,07	20,00	0,00
15	24,65	14,30	9,98	27,00	15,11	10,79	25,82	12,54	2,49	19,07	20,00	0,00
16	27,00	15,11	10,79	30,20	16,06	11,89	28,59	13,46	3,39	19,07	20,00	0,00
17	30,20	16,06	11,89	31,00	16,30	12,17	30,60	14,11	0,85	19,07	20,00	0,00
18	31,00	16,30	12,17	33,15	16,50	12,91	32,05	14,47	2,27	19,07	20,00	0,00
19	33,15	16,50	12,91	35,30	16,70	13,66	34,20	14,94	2,27	19,07	20,00	0,00
20	35,30	16,70	13,66	36,00	16,87	13,90	35,65	15,28	0,74	19,07	20,00	0,00
21	36,00	16,87	13,90	39,83	17,81	14,64	37,94	15,81	3,90	10,89	20,00	0,00
22	39,83	17,81	14,64	43,67	18,76	15,37	41,77	16,65	3,90	10,89	20,00	0,00
23	43,67	18,76	15,37	47,50	19,70	16,11	45,60	17,49	3,90	10,89	20,00	0,00
24	47,50	19,70	16,11	51,03	20,63	16,79	49,29	18,31	3,60	10,89	20,00	0,00
25	51,03	20,63	16,79	54,57	21,57	17,47	52,82	19,12	3,60	10,89	20,00	0,00
26	54,57	21,57	17,47	58,10	22,50	18,15	56,35	19,93	3,60	10,89	20,00	0,00
27	58,10	22,50	18,15	60,05	22,91	18,52	59,08	20,52	1,99	10,89	20,00	0,00
28	60,05	22,91	18,52	62,00	23,32	18,90	61,03	20,91	1,99	10,89	20,00	0,00
29	62,00	23,32	18,90	63,80	23,70	19,56	62,89	21,37	1,92	20,16	20,00	0,00
30	63,80	23,70	19,56	66,30	24,40	20,48	65,04	22,03	2,66	20,16	20,00	0,00
31	66,30	24,40	20,48	68,80	25,10	21,40	67,54	22,84	2,66	20,16	20,00	0,00
32	68,80	25,10	21,40	70,99	25,60	22,20	69,88	23,57	2,33	20,16	20,00	0,00
33	70,99	25,60	22,20	71,10	25,62	22,29	71,04	23,93	0,14	39,51	20,00	0,00
34	71,10	25,62	22,29	71,40	25,69	22,54	71,25	24,04	0,39	39,51	20,00	0,00
35	71,40	25,69	22,54	74,04	26,29	24,72	72,57	24,73	3,42	39,51	20,00	0,00
36	74,04	26,29	24,72	76,68	26,90	26,90	74,92	25,97	3,42	39,51	20,00	0,00

**Forze applicate sulle strisce [MORGENSTERN]**

N°	$W$ [kg]	$Q$ [kg]	$N$ [kg]	$T$ [kg]	$U$ [kg]	$E_s$ [kg]	$E_d$ [kg]	$X_s$ [kg]	$X_d$ [kg]	$ID$
1	1128	0	553	199	569	0	42	0	-11	
2	850	0	712	256	147	42	177	-11	-48	
3	13573	0	11610	4180	2126	177	2419	-48	-656	
4	2285	0	1845	664	463	2419	2758	-656	-748	
5	3471	0	2769	997	734	2758	3261	-748	-885	
6	9874	0	7740	2786	2220	3261	4644	-885	-1260	
7	15587	0	11667	4200	4031	4644	6634	-1260	-1800	

8	14889	0	10387	3740	4573	6634	8271	-1800	-2244
9	12769	0	8976	3232	3857	8271	9698	-2244	-2632
10	10464	0	7578	2728	2948	9698	10945	-2632	-2970
11	9665	0	6277	2260	2919	10945	10076	-2970	-2734
12	16814	0	10814	3893	5186	10076	8527	-2734	-2314
13	7762	0	5276	1900	2102	8527	7911	-2314	-2147
14	18532	0	13292	4785	4309	7911	6683	-2147	-1813
15	18431	0	13440	4839	4060	6683	5537	-1813	-1503
16	24544	0	18168	6541	5129	5537	4106	-1503	-1114
17	5984	0	4469	1609	1210	4106	3771	-1114	-1023
18	14979	0	11108	3999	3110	3771	2905	-1023	-788
19	12934	0	9380	3377	2902	2905	2083	-788	-565
20	3834	0	2741	987	900	2083	1826	-565	-495
21	21477	0	16342	5883	4886	1826	3595	-495	-975
22	22935	0	17378	6256	5289	3595	5458	-975	-1481
23	24392	0	18414	6629	5691	5458	7415	-1481	-2012
24	23968	0	18083	6510	5603	7415	9335	-2012	-2533
25	25593	0	19348	6966	5945	9335	11399	-2533	-3093
26	27219	0	20613	7421	6287	11399	13606	-3093	-3692
27	15545	0	11746	4229	3617	13606	14858	-3692	-4032
28	15693	0	11786	4243	3721	14858	16096	-4032	-4368
29	14147	0	9675	3483	3726	16096	14748	-4368	-4002
30	18664	0	12248	4409	5449	14748	12789	-4002	-3471
31	17828	0	11154	4016	5768	12789	10728	-3471	-2911
32	14719	0	8672	3122	5315	10728	8839	-2911	-2399
33	706	0	360	130	329	8839	8501	-2399	-2307
34	1854	0	945	340	865	8501	7611	-2307	-2065
35	11911	0	6075	2187	5552	7611	1901	-2065	-516
36	3969	0	2029	731	1844	1901	0	-516	0

Progetto:	Verifiche di stabilità globali del pendio per evidenziare l'efficacia degli interventi di drenaggio e riprofilatura versante. Condizioni statiche – parametri efficaci.
Ditta:	Consorzio della Bonifica Renana
Comune:	Castiglione dei Pepoli
Progettista:	geol Tosi
Direttore dei Lavori:	
Impresa:	Consorzio della Bonifica Renana

## Normative di riferimento

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.
- Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.
- Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. 16 Gennaio 1996
- Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.
- Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.
- Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

## Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a **1.00**.

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adatterà la seguente simbologia:

$l$	lunghezza della base della striscia
$\alpha$	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
$b$	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
$\phi$	angolo di attrito lungo la base della striscia
$c$	coesione lungo la base della striscia
$\gamma$	peso di volume del terreno
$u$	pressione neutra
<b>W</b>	peso della striscia
<b>N</b>	sforzo normale alla base della striscia
<b>T</b>	sforzo di taglio alla base della striscia
<b>E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub></b>	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
<b>X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub></b>	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
<b>E<sub>a</sub>, E<sub>b</sub></b>	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
<b><math>\Delta X</math></b>	variazione delle forze tangenziali sulla striscia <b><math>\Delta X = X_d - X_s</math></b>
<b><math>\Delta E</math></b>	variazione delle forze normali sulla striscia <b><math>\Delta E = E_d - E_s</math></b>

## Metodo di Morgenstern e Price

Nel metodo **Morgenstern e Price** le forze normali e tangenziali di interstriscia sono legate fra di loro dalla relazione

$$X = \lambda \cdot f(x) \cdot E$$

dove  $f(x)$  è una funzione di forma definita in modo che  $|f(x)| < 1$  e  $\lambda$  è un parametro scalare che si ricava dal processo di soluzione. Il coefficiente si ottiene dalla risoluzione del seguente sistema di equazioni differenziali:

$$\frac{dE}{dx} (Kx + L) + KE = Nx + P$$

$$X = \frac{dE}{dx} - \frac{d}{dx} (E \cdot y_t)$$

le cui condizioni al contorno sono:

$$E(x) = E_a \quad \text{quando } x = x_0$$

$$E(x) = E_b \quad \text{quando } x = x_n$$

$$M = E \cdot (y - y_t) = \int_{x_0}^{x_n} (X - E \cdot dy/dx) dx = 0$$

I termini del sistema sono dati da:

$$K = \lambda k \left( \frac{\text{tg } \phi}{F} A \right)$$

$$L = \lambda m \left( \frac{\text{tg } \phi}{F} A \right) + A \frac{\text{tg } \phi}{F}$$

$$N = p \left[ A + \frac{\text{tg } \phi}{F} r_u (1 + A^2) \right] \frac{\text{tg } \phi}{F}$$

$$P = q \left[ A + \frac{\text{tg } \phi}{F} r_u (1 + A^2) \right] \frac{\text{tg } \phi}{F} + \left[ \frac{\text{tg } \phi}{F} + A^2 \right] \frac{\text{tg } \phi}{F} \quad c$$

nelle quali  $k$  ed  $m$  sono i due parametri assegnati striscia per striscia per definire il rapporto tra la risultante delle forze tangenziali,  $X$ , all'interfaccia e quella delle pressioni normali,  $E$ , mentre la variabile  $\lambda$  è introdotta per pareggiare il numero delle equazioni e quello delle incognite oltre che utile per tarare la funzione lineare tra le forze di interstriscia  $X$  ed  $E$ .

Nella formulazione di **Morgenstern-Price**, il peso e la superficie di scorrimento, sono espresse come funzioni lineari della  $x$ .

Inoltre il termine  $r_u$  è il coefficiente adimensionale che tiene conto della pressione neutra ed è definito dalla relazione:  $r_u = u_w / W b$ .

Lo schema iterativo che permette di determinare il coefficiente di sicurezza è il seguente:

si assegnano due valori ad  $F$  ed a  $\lambda$ ;

si calcolano  $M_i$  ed  $E_i$  dalle equazioni riportate;

si calcolano  $\delta\lambda$  e  $\delta F$ ;

si incrementano  $\lambda = \lambda + \delta\lambda$  ed  $F = F + \delta F$ ;

si controlla la convergenza nel qual caso si ferma l'iterazione altrimenti si torna al punto 2.

dove gli incrementi per  $\lambda$  ed  $F$  sono espressi da:

$$\begin{array}{cccc} dE_n & & dM_n & \\ M_n & \frac{\partial E_n}{\partial \lambda} & & \\ dF & & dF & \\ \delta\lambda = & & & \\ dE_n & \frac{\partial M_n}{\partial \lambda} & \frac{\partial M_n}{\partial F} & \frac{\partial E_n}{\partial F} \\ d\lambda & dF & d\lambda & dF \end{array}$$

$$\begin{array}{cccc} dM_n & & dE_n & \\ E_n & \frac{\partial M_n}{\partial \lambda} & & \\ dF & & dF & \\ \delta\lambda = & & & \\ dE_n & \frac{\partial M_n}{\partial \lambda} & \frac{\partial M_n}{\partial F} & \frac{\partial E_n}{\partial F} \\ d\lambda & dF & d\lambda & dF \end{array}$$

dove  $M_n$  ed  $E_n$  sono i valori di  $M$  ed  $E$  all'ultima striscia.

## Dati

### Descrizione terreno

#### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	Substrato roccioso	2200	2400	18.00	0,400
2	Coltre in dissesto	1700	2000	20.00	0,000
3	Substrato alterato	2000	2200	16.00	0,300

### Profilo del piano campagna

*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr. Identificativo del punto  
 X Ascissa del punto del profilo espressa in m  
 Y Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	5,00
2	2,50	5,80
3	2,80	8,10
4	5,40	8,90
5	6,40	9,10
6	8,10	9,30
7	13,60	9,70
8	15,00	10,70
9	24,60	14,10
10	35,30	16,70
11	47,50	19,70
12	58,10	22,50
13	63,80	23,70
14	68,80	25,10
15	76,70	26,90
16	80,00	30,00

**Descrizione stratigrafia***Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° **1** costituito da terreno n° 1 (Substrato roccioso)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	3,10
2	0,00	0,00
3	80,00	0,00
4	80,00	29,30
5	71,40	21,50
6	63,80	19,00
7	62,00	18,35
8	36,00	12,30
9	30,20	10,50
10	17,20	6,30

Strato N° **2** costituito da terreno n° 2 (Coltre in dissesto)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	76,70	26,90
2	68,80	25,10
3	63,80	23,70
4	58,10	22,50
5	47,50	19,70
6	35,30	16,70
7	24,60	14,10
8	15,00	10,70
9	13,60	9,70
10	8,10	9,30
11	6,40	9,10
12	5,40	8,90
13	2,80	8,10
14	2,50	5,80
15	0,00	5,00
16	0,00	4,10
17	17,20	7,30
18	36,00	13,80
19	62,00	18,80
20	71,10	22,00

Strato N° **3** costituito da terreno n° 3 (Substrato alterato)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	80,00	29,30
2	80,00	30,00
3	76,70	26,90
4	71,10	22,00
5	62,00	18,80
6	36,00	13,80
7	17,20	7,30
8	0,00	4,10
9	0,00	3,10
10	17,20	6,30
11	30,20	10,50
12	36,00	12,30
13	62,00	18,35
14	63,80	19,00
15	71,40	21,50

### Descrizione falda

#### *Livello di falda*

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	0,00	5,00
2	2,49	5,46
3	5,57	6,00
4	17,32	7,70
5	35,90	14,12
6	52,98	18,48
7	76,70	26,90

### Dati zona sismica

Coefficiente sismico orizzontale (percento)	0.00
Coefficiente sismico verticale (percento)	0.00
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.00

### Dati normativa

#### Normativa :

- D.M. 11/03/1988
- D.M. 16/01/1996

### Impostazioni delle superfici di rottura

#### *Superfici di rottura generiche*

Si considera una superficie di rottura definita per punti

#### **Coordinate superficie di rottura**

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	0,00	5,00
2	17,20	7,40
3	36,00	13,90
4	62,00	18,90
5	70,99	22,20
6	76,68	26,90

### Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- MORGENSTERN

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **sismiche**.

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

### Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1,00	m
- freccia inferiore a	0,50	m
- volume inferiore a	2,00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

## Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	1
Coefficiente di sicurezza minimo	1.138
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

## Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
MORGENSTERN	1	1.138	1	1.138	1

## Caratteristiche delle superfici analizzate

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 N° numero d'ordine della superficie cerchio  
 x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m  
 x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m  
 V volume interessato dalla superficie espresso [mc]  
 F<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza

### Metodo di MORGENSTERN (M)

N°	Forma	C <sub>x</sub>	C <sub>y</sub>	R	x <sub>v</sub>	x <sub>m</sub>	V	F <sub>s</sub>	Caso	Sisma
		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[mc]			
1	G	--	--	--	0,00	76,68	259,23	1.138 (M)	--	--

## Analisi della superficie critica

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Le strisce sono numerate da valle verso monte  
 N° numero d'ordine della striscia  
 X<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espressa in m  
 Y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m  
 Y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m  
 X<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espressa in m  
 Y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espressa in m  
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)  
 φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq  
 L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq  
 W peso della striscia espresso in kg  
 Q carico applicato sulla striscia espresso in kg  
 N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg  
 T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg  
 U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg  
 E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg  
 X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg  
 ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

### Analisi della superficie 1

Numero di strisce	37	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 0,00	Y <sub>v</sub> [m]= 5,00
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 76,68	Y <sub>m</sub> [m]= 26,90
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub> = 1.138	

### Geometria e caratteristiche strisce

N°	X <sub>s</sub>	Y <sub>ss</sub>	Y <sub>si</sub>	X <sub>d</sub>	Y <sub>ds</sub>	Y <sub>di</sub>	X <sub>g</sub>	Y <sub>g</sub>	L	α	φ	c
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[°]	[kg/cmq]
1	0,00	5,00	5,00	2,49	5,80	5,35	1,66	5,38	2,51	7,94	20,00	0,00
2	2,49	5,80	5,35	2,50	5,80	5,35	2,50	5,57	0,01	7,94	20,00	0,00
3	2,50	5,80	5,35	2,80	8,10	5,39	2,69	6,30	0,30	7,94	20,00	0,00
4	2,80	8,10	5,39	5,40	8,90	5,75	4,13	7,04	2,63	7,94	20,00	0,00
5	5,40	8,90	5,75	5,57	8,93	5,78	5,49	7,34	0,17	7,94	20,00	0,00
6	5,57	8,93	5,78	6,40	9,10	5,89	5,99	7,43	0,84	7,94	20,00	0,00
7	6,40	9,10	5,89	8,10	9,30	6,13	7,25	7,61	1,72	7,94	20,00	0,00
8	8,10	9,30	6,13	10,85	9,50	6,51	9,46	7,86	2,78	7,94	20,00	0,00
9	10,85	9,50	6,51	13,60	9,70	6,90	12,21	8,15	2,78	7,94	20,00	0,00

10	13,60	9,70	6,90	15,00	10,70	7,09	14,33	8,61	1,41	7,94	20,00	0,00
11	15,00	10,70	7,09	17,20	11,48	7,40	16,12	9,17	2,22	7,94	20,00	0,00
12	17,20	11,48	7,40	17,32	11,52	7,44	17,26	9,46	0,13	19,07	20,00	0,00
13	17,32	11,52	7,44	20,96	12,81	8,70	19,14	10,12	3,85	19,07	20,00	0,00
14	20,96	12,81	8,70	24,60	14,10	9,96	22,78	11,39	3,85	19,07	20,00	0,00
15	24,60	14,10	9,96	27,40	14,78	10,93	25,98	12,44	2,96	19,07	20,00	0,00
16	27,40	14,78	10,93	30,20	15,46	11,89	28,78	13,26	2,96	19,07	20,00	0,00
17	30,20	15,46	11,89	32,75	16,08	12,78	31,46	14,05	2,70	19,07	20,00	0,00
18	32,75	16,08	12,78	35,30	16,70	13,66	34,01	14,80	2,70	19,07	20,00	0,00
19	35,30	16,70	13,66	35,90	16,85	13,87	35,60	15,27	0,63	19,07	20,00	0,00
20	35,90	16,85	13,87	36,00	16,87	13,90	35,95	15,37	0,11	19,07	20,00	0,00
21	36,00	16,87	13,90	39,83	17,81	14,64	37,94	15,81	3,90	10,89	20,00	0,00
22	39,83	17,81	14,64	43,67	18,76	15,37	41,77	16,65	3,90	10,89	20,00	0,00
23	43,67	18,76	15,37	47,50	19,70	16,11	45,60	17,49	3,90	10,89	20,00	0,00
24	47,50	19,70	16,11	50,24	20,42	16,64	48,88	18,22	2,79	10,89	20,00	0,00
25	50,24	20,42	16,64	52,98	21,15	17,17	51,62	18,85	2,79	10,89	20,00	0,00
26	52,98	21,15	17,17	55,54	21,82	17,66	54,27	19,45	2,61	10,89	20,00	0,00
27	55,54	21,82	17,66	58,10	22,50	18,15	56,83	20,03	2,61	10,89	20,00	0,00
28	58,10	22,50	18,15	60,05	22,91	18,52	59,08	20,52	1,99	10,89	20,00	0,00
29	60,05	22,91	18,52	62,00	23,32	18,90	61,03	20,91	1,99	10,89	20,00	0,00
30	62,00	23,32	18,90	63,80	23,70	19,56	62,89	21,37	1,92	20,16	20,00	0,00
31	63,80	23,70	19,56	66,30	24,40	20,48	65,04	22,03	2,66	20,16	20,00	0,00
32	66,30	24,40	20,48	68,80	25,10	21,40	67,54	22,84	2,66	20,16	20,00	0,00
33	68,80	25,10	21,40	70,99	25,60	22,20	69,88	23,57	2,33	20,16	20,00	0,00
34	70,99	25,60	22,20	71,10	25,62	22,29	71,04	23,93	0,14	39,51	20,00	0,00
35	71,10	25,62	22,29	71,40	25,69	22,54	71,25	24,04	0,39	39,51	20,00	0,00
36	71,40	25,69	22,54	74,04	26,29	24,72	72,57	24,73	3,42	39,51	20,00	0,00
37	74,04	26,29	24,72	76,68	26,90	26,90	74,92	25,97	3,42	39,51	20,00	0,00

**Forze applicate sulle strisce [MORGENSTERN]**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>c</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	993	0	859	275	141	0	134	0	-35	
2	8	0	7	2	1	134	135	-35	-36	
3	817	0	790	253	36	135	271	-36	-72	
4	13074	0	12777	4087	447	271	2491	-72	-660	
5	922	0	895	286	38	2491	2646	-660	-701	
6	4546	0	4408	1410	188	2646	3407	-701	-902	
7	9332	0	9039	2891	397	3407	4967	-902	-1315	
8	14590	0	14075	4502	674	4967	7387	-1315	-1956	
9	13742	0	13176	4215	714	7387	9642	-1956	-2553	
10	7740	0	7445	2381	378	9642	10919	-2553	-2891	
11	14556	0	14103	4511	615	10919	13353	-2891	-3536	
12	842	0	764	244	34	13353	13323	-3536	-3528	
13	25625	0	23293	7450	994	13323	12429	-3528	-3291	
14	25814	0	23474	7509	991	12429	11531	-3291	-3053	
15	19244	0	17479	5591	760	11531	10855	-3053	-2874	
16	17874	0	16184	5177	759	10855	10211	-2874	-2704	
17	15086	0	13612	4354	689	10211	9653	-2704	-2556	
18	13950	0	12537	4010	688	9653	9121	-2556	-2415	
19	3118	0	2795	894	162	9121	9000	-2415	-2383	
20	514	0	460	147	26	9000	8980	-2383	-2378	
21	20459	0	18810	6017	1430	8980	11066	-2378	-2930	
22	22075	0	19448	6221	2372	11066	13054	-2930	-3456	
23	23692	0	20086	6425	3314	13054	14945	-3456	-3957	
24	18041	0	14864	4754	2946	14945	16250	-3957	-4303	
25	19100	0	15421	4932	3427	16250	17535	-4303	-4643	
26	18900	0	14668	4692	3970	17535	18622	-4643	-4931	
27	20020	0	14667	4692	5055	18622	19505	-4931	-5164	
28	15828	0	11001	3519	4579	19505	20018	-5164	-5300	
29	16132	0	10657	3409	5209	20018	20369	-5300	-5393	
30	14594	0	8599	2751	5313	20369	18157	-5393	-4808	
31	19188	0	10991	3516	7310	18157	15151	-4808	-4012	
32	18240	0	10176	3255	7230	15151	12209	-4012	-3233	
33	14987	0	8044	2573	6267	12209	9693	-3233	-2566	
34	717	0	336	107	377	9693	9322	-2566	-2468	
35	1884	0	883	282	992	9322	8347	-2468	-2210	
36	12100	0	5670	1814	6370	8347	2085	-2210	-552	
37	4032	0	1893	605	2119	2085	0	-552	0	

Progetto: verifiche di stabilità dei fronti di scavo del drenaggio. Condizioni statiche – parametri totali  
 Ditta: Consorzio della Bonifica Renana  
 Comune: Castiglione dei Pepoli  
 Progettista: geol Tosi  
 Direttore dei Lavori:  
 Impresa: Consorzio della Bonifica Renana

## Normative di riferimento

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.  
 Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.  
 - D.M. LL.PP. del 11/03/1988.  
 Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.  
 - D.M. 16 Gennaio 1996  
 Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche  
 - Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.  
 Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996  
 - Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.  
 Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

## Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a **1.00**.

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adatterà la seguente simbologia:

$l$  lunghezza della base della striscia  
 $\alpha$  angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale  
 $b$  larghezza della striscia  $b=l \times \cos(\alpha)$   
 $\phi$  angolo di attrito lungo la base della striscia  
 $c$  coesione lungo la base della striscia  
 $\gamma$  peso di volume del terreno  
 $u$  pressione neutra  
 $W$  peso della striscia  
 $N$  sforzo normale alla base della striscia  
 $T$  sforzo di taglio alla base della striscia  
 $E_s, E_d$  forze normali di interstriscia a sinistra e a destra  
 $X_s, X_d$  forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra  
 $E_a, E_b$  forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio  
 $\Delta X$  variazione delle forze tangenziali sulla striscia  $\Delta X = X_d - X_s$   
 $\Delta E$  variazione delle forze normali sulla striscia  $\Delta E = E_d - E_s$

## Metodo di Bishop

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Bishop semplificato** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i (c_i + b_i \frac{N_i}{\cos(\alpha_i)} - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi_i}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine  $m$  è espresso da

$$m = \frac{\sum_i \operatorname{tg} \phi_i \operatorname{tg} \alpha_i}{F \sum_i \cos \alpha_i}$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima,  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di **Bishop semplificato** contiene al secondo membro il termine  $m$  che è funzione di  $F$ . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $F$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare fin quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

## Dati

## Descrizione terreno

### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cm <sup>2</sup>

n°	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_{sat}$	$\phi_u$	$c_u$
		[kg/mc]	[kg/mc]	[°]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
1	Substrato alterato	2000	2200	0.00	0,650
4	Coltre in dissesto	1700	2000	0.00	0,200

## Profilo del piano campagna

### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	0,00	2,00
2	0,40	2,00
3	0,40	5,00
4	1,40	5,00
5	2,40	6,00
6	10,00	6,50

## Descrizione stratigrafia

### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 1 (Substrato alterato)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	0,00	2,00
2	0,00	0,00
3	10,00	0,00
4	10,00	2,50
5	0,40	2,00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 4 (Coltre in dissesto)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	10,00	2,50
2	10,00	6,50
3	2,40	6,00
4	1,40	5,00
5	0,40	5,00
6	0,40	2,00

## Descrizione falda

### Livello di falda

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	0,00	2,00
2	0,40	2,00
3	0,75	4,00
4	1,25	4,50
5	2,50	5,00
6	5,00	5,25
7	10,00	5,75

## Dati zona sismica

Coefficiente sismico orizzontale (percento)	0.00
Coefficiente sismico verticale (percento)	0.00
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.00

## Dati normativa

### Normativa :

- D.M. 11/03/1988
- D.M. 16/01/1996

## Impostazioni delle superfici di rottura

### Superfici di rottura circolari

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = -4,25$	$Y_0 = 6,25$
Passo maglia	[m]	$dX = 0,35$	$dY = 0,35$
Numero passi		$N_x = 20$	$N_y = 24$
Raggio	[m]	$R = 5,00$	

Si considerano le superfici passanti per il punto P(0,40, 2,00) aventi centri sulla maglia

## Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- BISHOP

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **sismiche**.

Analisi condotta in termini di **tensioni totali**

## Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1,00	m
- freccia inferiore a	0,50	m
- volume inferiore a	2,00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

## Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	281
Coefficiente di sicurezza minimo	1.188
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

## Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
BISHOP	281	1.188	1	7.795	281

## Caratteristiche delle superfici analizzate

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N°	numero d'ordine della superficie cerchio
C <sub>x</sub>	ascissa x del centro [m]
C <sub>y</sub>	ordinata y del centro [m]
R	raggio del cerchio espresso in m
x <sub>v</sub>	ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m
x <sub>m</sub>	ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m
V	volume interessato dalla superficie espresso [mc]
F <sub>s</sub>	coefficiente di sicurezza

Metodo di BISHOP (B)

N°	Forma	$C_x$	$C_y$	R	$x_v$	$x_m$	V	$F_s$	Caso	Sisma
----	-------	-------	-------	---	-------	-------	---	-------	------	-------

		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[mc]			
1	C	-2,15	9,40	7,83	0,40	4,98	10,14	1.188 (B)	--	--
2	C	-2,50	9,75	8,27	0,40	4,96	9,93	1.188 (B)	--	--
3	C	-2,15	9,75	8,16	0,40	5,19	10,64	1.189 (B)	--	--
4	C	-2,15	9,05	7,50	0,40	4,77	9,63	1.189 (B)	--	--
5	C	-2,50	9,40	7,95	0,40	4,76	9,44	1.189 (B)	--	--
6	C	-2,85	10,45	9,05	0,40	5,13	10,19	1.189 (B)	--	--
7	C	-1,80	9,40	7,72	0,40	5,22	10,91	1.190 (B)	--	--
8	C	-2,85	9,75	8,40	0,40	4,75	9,28	1.191 (B)	--	--
9	C	-3,20	10,45	9,18	0,40	4,92	9,56	1.191 (B)	--	--
10	C	-2,50	10,45	8,93	0,40	5,36	10,87	1.191 (B)	--	--
11	C	-2,85	10,80	9,38	0,40	5,32	10,64	1.191 (B)	--	--
12	C	-2,15	10,10	8,49	0,40	5,39	11,13	1.191 (B)	--	--
13	C	-1,45	9,05	7,29	0,40	5,25	11,22	1.193 (B)	--	--
14	C	-3,55	10,80	9,65	0,40	4,91	9,41	1.193 (B)	--	--
15	C	-1,80	9,75	8,06	0,40	5,43	11,43	1.193 (B)	--	--
16	C	-2,50	9,05	7,62	0,40	4,55	8,95	1.193 (B)	--	--
17	C	-3,55	11,50	10,29	0,40	5,26	10,24	1.194 (B)	--	--
18	C	-2,85	11,15	9,71	0,40	5,51	11,08	1.195 (B)	--	--
19	C	-2,85	9,40	8,08	0,40	4,55	8,81	1.195 (B)	--	--
20	C	-3,20	11,50	10,16	0,40	5,47	10,85	1.195 (B)	--	--
21	C	-2,15	10,45	8,83	0,40	5,59	11,62	1.195 (B)	--	--
22	C	-3,55	11,85	10,61	0,40	5,43	10,64	1.196 (B)	--	--
23	C	-1,45	9,40	7,63	0,40	5,48	11,76	1.196 (B)	--	--
24	C	-1,45	8,00	6,28	0,40	4,55	9,51	1.196 (B)	--	--
25	C	-3,20	9,75	8,55	0,40	4,55	8,68	1.197 (B)	--	--
26	C	-1,80	10,10	8,39	0,40	5,64	11,93	1.197 (B)	--	--
27	C	-1,10	8,00	6,18	0,40	4,80	10,38	1.197 (B)	--	--
28	C	-3,20	11,85	10,49	0,40	5,64	11,27	1.199 (B)	--	--
29	C	-3,55	12,20	10,94	0,40	5,60	11,04	1.199 (B)	--	--
30	C	-1,80	8,00	6,39	0,40	4,31	8,74	1.201 (B)	--	--
31	C	-1,45	9,75	7,97	0,40	5,69	12,29	1.201 (B)	--	--
32	C	-2,85	9,05	7,76	0,40	4,34	8,33	1.201 (B)	--	--
33	C	-1,10	9,05	7,21	0,40	5,52	12,14	1.201 (B)	--	--
34	C	-1,10	7,65	5,85	0,40	4,55	9,76	1.202 (B)	--	--
35	C	-1,80	10,45	8,73	0,40	5,84	12,43	1.203 (B)	--	--
36	C	-3,20	9,40	8,23	0,40	4,35	8,23	1.203 (B)	--	--
37	C	-3,20	12,20	10,82	0,40	5,82	11,68	1.203 (B)	--	--
38	C	-3,55	12,55	11,27	0,40	5,77	11,44	1.204 (B)	--	--
39	C	-2,85	11,85	10,37	0,40	5,87	11,95	1.204 (B)	--	--
40	C	-1,45	7,65	5,95	0,40	4,30	8,92	1.204 (B)	--	--
41	C	-3,90	12,90	11,72	0,40	5,73	11,22	1.204 (B)	--	--
42	C	-0,75	8,00	6,11	0,40	5,08	11,35	1.205 (B)	--	--
43	C	-2,50	11,50	9,93	0,40	5,92	12,24	1.205 (B)	--	--
44	C	-0,75	7,65	5,77	0,40	4,82	10,72	1.206 (B)	--	--
45	C	-1,45	10,10	8,31	0,40	5,90	12,81	1.207 (B)	--	--
46	C	-3,55	12,90	11,59	0,40	5,93	11,83	1.209 (B)	--	--
47	C	-3,90	13,25	12,04	0,40	5,89	11,60	1.209 (B)	--	--
48	C	-2,85	12,20	10,71	0,40	6,04	12,37	1.210 (B)	--	--
49	C	-2,50	11,85	10,27	0,40	6,10	12,68	1.211 (B)	--	--
50	C	-1,10	9,75	7,89	0,40	5,97	13,24	1.213 (B)	--	--
51	C	-1,80	7,65	6,06	0,40	4,06	8,16	1.213 (B)	--	--
52	C	-2,15	11,50	9,84	0,40	6,17	13,02	1.213 (B)	--	--
53	C	-3,20	9,05	7,92	0,40	4,15	7,77	1.213 (B)	--	--
54	C	-3,90	13,60	12,37	0,40	6,04	11,97	1.214 (B)	--	--
55	C	-3,55	13,25	11,92	0,40	6,10	12,22	1.214 (B)	--	--
56	C	-0,75	9,05	7,14	0,40	5,81	13,16	1.215 (B)	--	--
57	C	-2,85	12,55	11,04	0,40	6,22	12,79	1.216 (B)	--	--
58	C	-0,40	7,65	5,71	0,40	5,11	11,79	1.218 (B)	--	--
59	C	-0,40	8,00	6,05	0,40	5,38	12,44	1.218 (B)	--	--
60	C	-3,90	13,95	12,70	0,40	6,20	12,34	1.219 (B)	--	--
61	C	-2,15	11,85	10,17	0,40	6,35	13,48	1.220 (B)	--	--
62	C	-0,75	9,40	7,49	0,40	6,04	13,73	1.221 (B)	--	--
63	C	-0,75	6,95	5,08	0,40	4,26	9,38	1.222 (B)	--	--
64	C	-1,80	11,50	9,75	0,40	6,43	13,88	1.224 (B)	--	--
65	C	-2,50	12,55	10,94	0,40	6,46	13,55	1.225 (B)	--	--
66	C	-3,90	14,30	13,03	0,40	6,35	12,71	1.226 (B)	--	--
67	C	-1,10	6,95	5,17	0,40	4,00	8,47	1.226 (B)	--	--
68	C	-3,55	13,95	12,59	0,40	6,42	12,99	1.227 (B)	--	--
69	C	-2,50	8,00	6,66	0,40	3,89	7,42	1.227 (B)	--	--
70	C	-1,10	10,45	8,58	0,40	6,39	14,31	1.228 (B)	--	--
71	C	-0,75	9,75	7,83	0,40	6,26	14,29	1.228 (B)	--	--
72	C	-3,20	13,60	12,15	0,40	6,48	13,29	1.228 (B)	--	--
73	C	-0,40	6,95	5,01	0,40	4,55	10,41	1.228 (B)	--	--
74	C	-2,15	7,65	6,20	0,40	3,85	7,49	1.228 (B)	--	--
75	C	-1,80	7,30	5,74	0,40	3,81	7,57	1.232 (B)	--	--
76	C	-0,40	9,05	7,10	0,40	6,12	14,29	1.232 (B)	--	--
77	C	-1,80	11,85	10,09	0,40	6,61	14,35	1.232 (B)	--	--

78	C	-3,20	13,95	12,48	0,40	6,64	13,69	1.235 (B)	--	--
79	C	-0,75	10,10	8,18	0,40	6,48	14,84	1.236 (B)	--	--
80	C	-2,15	12,55	10,85	0,40	6,71	14,38	1.236 (B)	--	--
81	C	-0,05	7,65	5,67	0,40	5,43	12,99	1.237 (B)	--	--
82	C	-0,05	7,30	5,32	0,40	5,15	12,30	1.237 (B)	--	--
83	C	-1,45	11,50	9,68	0,40	6,70	14,81	1.238 (B)	--	--
84	C	-0,05	8,00	6,02	0,40	5,70	13,66	1.238 (B)	--	--
85	C	-1,45	6,95	5,28	0,40	3,76	7,67	1.239 (B)	--	--
86	C	-0,40	9,40	7,44	0,40	6,35	14,88	1.239 (B)	--	--
87	C	-0,75	6,60	4,74	0,40	3,97	8,67	1.241 (B)	--	--
88	C	-0,40	6,60	4,67	0,40	4,24	9,68	1.242 (B)	--	--
89	C	-0,75	10,45	8,53	0,40	6,69	15,38	1.245 (B)	--	--
90	C	-1,10	11,15	9,27	0,40	6,80	15,33	1.245 (B)	--	--
91	C	-2,85	13,95	12,38	0,40	6,88	14,43	1.246 (B)	--	--
92	C	-1,45	11,85	10,02	0,40	6,89	15,30	1.247 (B)	--	--
93	C	-0,40	9,75	7,79	0,40	6,57	15,45	1.247 (B)	--	--
94	C	-2,85	8,00	6,82	0,40	3,70	6,86	1.248 (B)	--	--
95	C	-2,15	13,25	11,54	0,40	7,06	15,25	1.254 (B)	--	--
96	C	-1,10	11,50	9,62	0,40	6,99	15,83	1.254 (B)	--	--
97	C	-2,85	14,30	12,72	0,40	7,05	14,83	1.254 (B)	--	--
98	C	-0,05	9,05	7,06	0,40	6,44	15,54	1.255 (B)	--	--
99	C	-0,75	6,95	5,00	0,40	4,18	8,90	1.258 (B)	--	--
100	C	-2,50	13,95	12,30	0,40	7,14	15,24	1.258 (B)	--	--
101	C	-1,80	12,90	11,12	0,40	7,16	15,72	1.259 (B)	--	--
102	C	-1,80	6,95	5,42	0,40	3,55	6,97	1.260 (B)	--	--
103	C	-0,05	9,40	7,41	0,40	6,68	16,14	1.262 (B)	--	--
104	C	-1,10	11,85	9,96	0,40	7,18	16,32	1.264 (B)	--	--
105	C	-0,40	10,45	8,49	0,40	7,01	16,56	1.265 (B)	--	--
106	C	-0,40	6,25	4,32	0,40	3,92	8,92	1.265 (B)	--	--
107	C	-1,45	12,55	10,71	0,40	7,26	16,24	1.266 (B)	--	--
108	C	-1,80	13,25	11,46	0,40	7,33	16,17	1.268 (B)	--	--
109	C	-1,45	6,60	4,96	0,40	3,48	7,02	1.270 (B)	--	--
110	C	-2,15	13,95	12,22	0,40	7,40	16,11	1.272 (B)	--	--
111	C	-0,05	6,25	4,27	0,40	4,22	10,05	1.273 (B)	--	--
112	C	-2,15	14,30	12,56	0,40	7,57	16,53	1.281 (B)	--	--
113	C	-0,75	11,85	9,92	0,40	7,49	17,44	1.283 (B)	--	--
114	C	-1,80	13,95	12,15	0,40	7,68	17,04	1.288 (B)	--	--
115	C	-1,10	6,25	4,51	0,40	3,40	7,08	1.288 (B)	--	--
116	C	-2,15	6,95	5,57	0,40	3,35	6,34	1.289 (B)	--	--
117	C	-0,05	10,45	8,46	0,40	7,34	17,85	1.289 (B)	--	--
118	C	-1,10	12,90	11,00	0,40	7,74	17,76	1.293 (B)	--	--
119	C	-1,80	14,30	12,50	0,40	7,85	17,47	1.297 (B)	--	--
120	C	-0,05	10,80	8,81	0,40	7,55	18,40	1.299 (B)	--	--
121	C	-1,80	6,60	5,10	0,40	3,27	6,34	1.300 (B)	--	--
122	C	-0,75	12,55	10,61	0,40	7,87	18,43	1.303 (B)	--	--
123	C	-1,10	13,25	11,35	0,40	7,92	18,23	1.304 (B)	--	--
124	C	-1,10	6,95	5,00	0,40	3,83	7,51	1.309 (B)	--	--
125	C	-0,75	12,90	10,96	0,40	8,05	18,91	1.314 (B)	--	--
126	C	-1,45	14,30	12,44	0,40	8,14	18,49	1.315 (B)	--	--
127	C	-2,85	7,30	6,22	0,40	3,24	5,83	1.316 (B)	--	--
128	C	-1,45	6,25	4,64	0,40	3,18	6,34	1.319 (B)	--	--
129	C	-0,05	11,50	9,51	0,40	7,96	19,47	1.319 (B)	--	--
130	C	-0,75	13,25	11,31	0,40	8,24	19,38	1.324 (B)	--	--
131	C	-1,10	13,95	12,04	0,40	8,27	19,14	1.324 (B)	--	--
132	C	-0,05	11,85	9,86	0,40	8,15	19,99	1.329 (B)	--	--
133	C	-1,10	14,30	12,39	0,40	8,44	19,59	1.334 (B)	--	--
134	C	-0,40	12,90	10,93	0,40	8,38	20,15	1.336 (B)	--	--
135	C	-2,15	6,60	5,26	0,40	3,08	5,75	1.339 (B)	--	--
136	C	-0,75	13,95	12,01	0,40	8,59	20,32	1.345 (B)	--	--
137	C	-0,40	13,25	11,28	0,40	8,56	20,64	1.346 (B)	--	--
138	C	-0,05	12,55	10,56	0,40	8,54	21,01	1.350 (B)	--	--
139	C	-0,40	13,60	11,63	0,40	8,74	21,11	1.357 (B)	--	--
140	C	-0,05	12,90	10,91	0,40	8,72	21,50	1.360 (B)	--	--
141	C	-1,80	6,25	4,79	0,40	2,98	5,69	1.360 (B)	--	--
142	C	-0,05	13,25	11,26	0,40	8,91	21,99	1.370 (B)	--	--
143	C	-0,05	7,30	5,00	0,40	4,82	10,22	1.373 (B)	--	--
144	C	-0,40	7,30	5,00	0,40	4,46	8,89	1.380 (B)	--	--
145	C	-0,05	13,60	11,61	0,40	9,09	22,48	1.381 (B)	--	--
146	C	-2,50	6,60	5,44	0,40	2,91	5,22	1.388 (B)	--	--
147	C	0,30	7,30	5,00	0,40	5,17	11,57	1.390 (B)	--	--
148	C	-0,05	13,95	11,96	0,40	9,27	22,95	1.391 (B)	--	--
149	C	-1,45	6,95	5,00	0,40	3,47	6,17	1.398 (B)	--	--
150	C	-2,15	6,25	4,96	0,40	2,80	5,13	1.413 (B)	--	--
151	C	-0,75	7,30	5,00	0,40	4,11	7,59	1.415 (B)	--	--
152	C	0,65	7,30	5,00	0,40	5,53	12,93	1.428 (B)	--	--
153	C	-2,50	6,25	5,15	0,40	2,64	4,64	1.477 (B)	--	--
154	C	-1,10	7,30	5,00	0,40	3,75	6,32	1.485 (B)	--	--
155	C	1,00	7,30	5,00	0,40	5,88	14,30	1.490 (B)	--	--

156	C	-0,05	14,30	12,31	0,40	9,44	23,43	1.514 (B)	--	--
-----	---	-------	-------	-------	------	------	-------	-----------	----	----

## Analisi della superficie critica

### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N°	numero d'ordine della striscia
X <sub>s</sub>	ascissa sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>ss</sub>	ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
Y <sub>si</sub>	ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
X <sub>g</sub>	ascissa del baricentro della striscia espressa in m
Y <sub>g</sub>	ordinata del baricentro della striscia espressa in m
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
φ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cm <sup>2</sup>
L	sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cm <sup>2</sup>
W	peso della striscia espresso in kg
Q	carico applicato sulla striscia espresso in kg
N	sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
E <sub>s</sub> , E <sub>d</sub>	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
X <sub>s</sub> , X <sub>d</sub>	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

### Analisi della superficie 1

Numero di strisce	23	
Coordinate del centro	X[m]= -2,15	Y[m]= 9,40
Raggio del cerchio	R[m]= 7,83	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 0,40	Y <sub>v</sub> [m]= 2,00
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 4,98	Y <sub>m</sub> [m]= 6,17
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub> = 1.188	

### Geometria e caratteristiche strisce

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	0,40	5,00	2,00	0,57	5,00	2,06	0,49	3,52	0,19	19,69	0,00	0,20
2	0,57	5,00	2,06	0,75	5,00	2,13	0,66	3,55	0,19	21,06	0,00	0,20
3	0,75	5,00	2,13	0,92	5,00	2,20	0,83	3,58	0,18	22,41	0,00	0,20
4	0,92	5,00	2,20	1,08	5,00	2,27	1,00	3,62	0,18	23,73	0,00	0,20
5	1,08	5,00	2,27	1,25	5,00	2,35	1,17	3,66	0,18	25,07	0,00	0,20
6	1,25	5,00	2,35	1,40	5,00	2,42	1,32	3,69	0,17	26,36	0,00	0,20
7	1,40	5,00	2,42	1,60	5,20	2,53	1,50	3,79	0,23	27,80	0,00	0,20
8	1,60	5,20	2,53	1,80	5,40	2,64	1,70	3,94	0,23	29,47	0,00	0,20
9	1,80	5,40	2,64	2,00	5,60	2,76	1,90	4,10	0,23	31,16	0,00	0,20
10	2,00	5,60	2,76	2,20	5,80	2,89	2,10	4,26	0,24	32,89	0,00	0,20
11	2,20	5,80	2,89	2,40	6,00	3,03	2,30	4,43	0,24	34,65	0,00	0,20
12	2,40	6,00	3,03	2,50	6,01	3,10	2,45	4,54	0,12	36,00	0,00	0,20
13	2,50	6,01	3,10	2,73	6,02	3,28	2,61	4,60	0,28	37,49	0,00	0,20
14	2,73	6,02	3,28	2,95	6,04	3,46	2,84	4,70	0,29	39,60	0,00	0,20
15	2,95	6,04	3,46	3,18	6,05	3,66	3,06	4,80	0,30	41,78	0,00	0,20
16	3,18	6,05	3,66	3,40	6,07	3,88	3,29	4,92	0,31	44,03	0,00	0,20
17	3,40	6,07	3,88	3,63	6,08	4,12	3,51	5,04	0,33	46,37	0,00	0,20
18	3,63	6,08	4,12	3,85	6,10	4,38	3,74	5,17	0,34	48,82	0,00	0,20
19	3,85	6,10	4,38	4,08	6,11	4,66	3,96	5,31	0,36	51,40	0,00	0,20
20	4,08	6,11	4,66	4,30	6,13	4,97	4,19	5,46	0,38	54,13	0,00	0,20
21	4,30	6,13	4,97	4,53	6,14	5,32	4,41	5,63	0,41	57,05	0,00	0,20
22	4,53	6,14	5,32	4,75	6,15	5,71	4,63	5,82	0,45	60,23	0,00	0,20
23	4,75	6,15	5,71	4,98	6,17	6,17	4,83	6,01	0,51	63,76	0,00	0,20

### Forze applicate sulle strisce [BISHOP]

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	908	0	852	313	0	0	7	0	0	
2	938	0	883	316	0	7	-15	0	0	
3	899	0	848	304	0	-15	-58	0	0	
4	884	0	831	307	0	-58	-112	0	0	
5	867	0	812	310	0	-112	-175	0	0	
6	763	0	712	282	0	-175	-239	0	0	
7	1019	0	951	381	0	-239	-346	0	0	
8	1048	0	986	387	0	-346	-494	0	0	
9	1074	0	1017	394	0	-494	-683	0	0	
10	1097	0	1047	401	0	-683	-915	0	0	

11	1116	0	1074	409	0	-915	-1189	0	0
12	556	0	537	208	0	-1189	-1336	0	0
13	1205	0	1152	478	0	-1336	-1658	0	0
14	1131	0	1061	493	0	-1658	-1954	0	0
15	1051	0	955	509	0	-1954	-2211	0	0
16	964	0	830	528	0	-2211	-2408	0	0
17	869	0	682	550	0	-2408	-2522	0	0
18	764	0	502	576	0	-2522	-2521	0	0
19	650	0	280	608	0	-2521	-2360	0	0
20	523	0	-3	648	0	-2360	-1978	0	0
21	383	0	-372	698	0	-1978	-1287	0	0
22	242	0	-849	764	0	-1287	-170	0	0
23	85	0	-1549	858	0	-170	1599	0	0

Progetto:	Verifiche di stabilità del rafforzamento corticale con scogliera di pietrame – condizioni sismiche, parametri efficaci
Ditta:	Consorzio della Bonifica Renana
Comune:	Castiglione dei Pepoli
Progettista:	geol. Tosi
Direttore dei Lavori:	
Impresa:	Consorzio della Bonifica Renana

## Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.  
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.  
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.  
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.  
Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996  
Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche
- D.M. 16 Gennaio 1996  
Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'
- D.M. 16 Gennaio 1996  
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.  
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.  
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)
- Circolare 617 del 02/02/2009
- Circolare C.S.L.P. 02/02/2009 n.617 - Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale

Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione e verifica in diverse sezioni al ribaltamento, allo scorrimento ed allo schiacciamento.

## Calcolo della spinta sul muro

### Valori caratteristici e valori di calcolo

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali  $\gamma$ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

### Metodo di Culmann

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione  $p$  rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio ( $W$ ), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura ( $R$  e  $C$ ) e resistenza per coesione lungo la parete ( $A$ );
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta  $S$  sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta  $S$  rispetto all'ordinata  $z$ . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

## Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta  $\varepsilon$  l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e  $\beta$  l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta  $S'$  considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove  $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$  essendo  $k_h$  il coefficiente sismico orizzontale e  $k_v$  il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di  $k_h$ .

In presenza di falda a monte,  $\theta$  assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

$$\theta = \arctg[(\gamma_{sat}/(\gamma_{sat}-\gamma_w))*(k_h/(1 \pm k_v))]$$

Terreno a permeabilità elevata

$$\theta = \arctg[(\gamma/(\gamma_{sat}-\gamma_w))*(k_h/(1 \pm k_v))]$$

Detta  $S$  la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente  $A$  vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2\beta \cos\theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente  $A$  si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di  $\theta$ .

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente  $A$  viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico. Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{IH} = k_h W \quad F_{IV} = \pm k_v W$$

dove  $W$  è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

## Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante  $M_r$ ) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante  $M_s$ ) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto  $M_s/M_r$  sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_r$ .

Eseguito il calcolo mediante gli eurocodici si può impostare  $\eta_r \geq 1.0$ .

Deve quindi essere verificata la seguente diseuguaglianza

$$\frac{M_s}{M_r} \geq \eta_r$$

Il momento ribaltante  $M_r$  è dato dalla componente orizzontale della spinta  $S$ , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro  $\delta$  è positivo, ribaltante se  $\delta$  è negativo.  $\delta$  è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.

Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

## Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento  $F_r$  e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro  $F_s$  risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_s$ . Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_s \geq 1.0$

$$\frac{F_r}{F_s} \geq \eta_s$$

Le forze che intervengono nella  $F_s$  sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta  $N$  la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con  $\delta_r$  l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con  $c_a$  l'adesione terreno-fondazione e con  $B$ , la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_r + c_a B$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione,  $\delta_r$ , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di  $\delta_r$  pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

## Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a  $\eta_q$ . Cioè, detto  $Q_u$ , il carico limite ed  $R$  la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta_q$$

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_q \geq 1.0$

Si adotta per il calcolo del carico limite in fondazione il metodo di MEYERHOF.

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$Q_u = c N_c d_c i_c + q N_q d_q i_q + 0.5 \gamma B N_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

In questa espressione

$c$	coesione del terreno in fondazione;
$\phi$	angolo di attrito del terreno in fondazione;
$\gamma$	peso di volume del terreno in fondazione;
$B$	larghezza della fondazione;
$D$	profondità del piano di posa;
$q$	pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

$$A = e^{\pi \operatorname{tg} \phi}$$

$$N_q = A \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \operatorname{ctg} \phi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \operatorname{tg} (1.4\phi)$$

Indichiamo con  $K_p$  il coefficiente di spinta passiva espresso da:

$$K_p = \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

I fattori  $d$  e  $i$  che compaiono nella formula sono rispettivamente i fattori di profondità ed i fattori di inclinazione del carico espressi dalle seguenti relazioni:

### Fattori di profondità

$$d_q = 1 + 0.2 \frac{D}{B} K_p$$

$$d_q = d_r = 1 \quad \text{per } \phi = 0$$

$$d_q = d_r = 1 + 0.1 \frac{D}{B} K_p \quad \text{per } \phi > 0$$

### Fattori di inclinazione

Indicando con  $\theta$  l'angolo che la risultante dei carichi forma con la verticale ( espresso in gradi ) e con  $\phi$  l'angolo d'attrito del terreno di posa abbiamo:

$$i_c = i_q = (1 - \theta^\circ/90)^\phi$$

$$i_r = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{\phi^\circ}\right)^2 \quad \text{per } \phi > 0$$

$$i_r = 0 \quad \text{per } \phi = 0$$

## Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\eta_g$

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_g \geq 1.0$

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i \left( \frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \text{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine  $m$  è espresso da

$$m = \left( 1 + \frac{\text{tg} \phi_i \text{tg} \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i_{esima}$  rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i_{esima}$ ,  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine  $m$  che è funzione di  $\eta$ . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $\eta$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

## Normativa

### **N.T.C. 2008 - Approccio 1**

#### *Simbologia adottata*

$\gamma_{Gfav}$  Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti  
 $\gamma_{Gsfv}$  Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti

$\gamma_{Qsfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{Qfav}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{tan\phi}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
$\gamma_c$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
$\gamma_{cu}$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
$\gamma_{qu}$	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
$\gamma_r$	Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce

### Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

#### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>EQU</i>	<i>HYD</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00	0,90	0,90
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,30	1,00	1,10	1,30
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,50	1,30	1,50	1,50

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M2</i>	<i>M1</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi}$		1,00	1,25	1,25	1,00
Coesione efficace	$\gamma_c$		1,00	1,25	1,25	1,00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$		1,00	1,40	1,40	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$		1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$		1,00	1,00	1,00	1,00

### Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

#### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>EQU</i>	<i>HYD</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00	1,00	0,90
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,00	1,00	1,00	1,30
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,00	1,00	1,00	1,50

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M2</i>	<i>M1</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi}$		1,00	1,25	1,25	1,00
Coesione efficace	$\gamma_c$		1,00	1,25	1,25	1,00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$		1,00	1,40	1,40	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$		1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$		1,00	1,00	1,00	1,00

## FONDAZIONE SUPERFICIALE

### Coefficienti parziali $\gamma_R$ per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

#### Verifica

	Coefficienti parziali		
	R1	R2	R3
Capacità portante della fondazione	1,00	1,00	1,40
Scorrimento	1,00	1,00	1,10
Resistenza del terreno a valle	1,00	1,00	1,40
Stabilità globale		1,10	

## Geometria muro e fondazione

#### Descrizione

	<b>Muro a gravità in pietrame</b>
Altezza del paramento	1,00 [m]
Spessore in sommità	1,50 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	1,48 [m]
Inclinazione paramento esterno	12,00 [°]
Inclinazione paramento interno	-11,00 [°]
Lunghezza del muro	33,00 [m]

#### Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0,00 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0,00 [m]
Lunghezza totale fondazione	1,48 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	5,00 [°]

Spessore estremità fondazione di valle	0,50 [m]
Spessore all'incastro fondazione di valle	0,50 [m]
Spessore all'incastro fondazione di monte	0,45 [m]
Spessore estremità fondazione di monte	0,45 [m]
Spessore magrone	0,00 [m]

## Materiali utilizzati per la struttura

<i>Pietrame</i>	
Peso specifico	2100,0 [kg/mc]
Tensione ammissibile a compressione $\sigma_c$	30,0 [kg/cmq]
Angolo di attrito interno $\phi_p$	45,00 [°]
Resistenza a taglio $\tau_p$	0,0 [kg/cmq]

## Geometria profilo terreno a monte del muro

### *Simbologia adottata e sistema di riferimento*

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto  
 X ascissa del punto espressa in [m]  
 Y ordinata del punto espressa in [m]  
 A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	4,00	1,40	19,29
2	6,00	1,40	0,00

## Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	0,00	[°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento	0,00	[m]

## Descrizione terreni

### *Simbologia adottata*

Nr. Indice del terreno  
 Descrizione Descrizione terreno  
 $\gamma$  Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]  
 $\gamma_s$  Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]  
 $\phi$  Angolo d'attrito interno espresso in [°]  
 $\delta$  Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]  
 c Coesione espressa in [kg/cmq]  
 c<sub>a</sub> Adesione terra-muro espressa in [kg/cmq]

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c	c <sub>a</sub>
Terreno 1	1700	1900	20,00	13,33	0,030	0,015
Terreno 2	1700	2000	20,00	20,00	0,020	0,020

## Stratigrafia

### *Simbologia adottata*

N Indice dello strato  
 H Spessore dello strato espresso in [m]  
 a Inclinazione espressa in [°]  
 K<sub>w</sub> Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm  
 K<sub>s</sub> Coefficiente di spinta  
 Terreno Terreno dello strato

Nr.	H	a	K <sub>w</sub>	K <sub>s</sub>	Terreno
1	2,00	0,00	0,56	0,00	Terreno 1
2	1,00	0,00	0,00	0,00	Terreno 2

## Descrizione combinazioni di carico

### Simbologia adottata

F/S	Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)
$\gamma$	Coefficiente di partecipazione della condizione
$\Psi$	Coefficiente di combinazione della condizione

#### Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30

#### Combinazione n° 2 - Caso A2-M2 (GEO)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

#### Combinazione n° 3 - Caso EQU (SLU)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	0,90	1,00	0,90
Peso proprio terrapieno	FAV	0,90	1,00	0,90
Spinta terreno	SFAV	1,10	1,00	1,10

#### Combinazione n° 4 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

#### Combinazione n° 5 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

#### Combinazione n° 6 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

#### Combinazione n° 7 - Caso A2-M2 (GEO) - Sisma Vert. positivo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

#### Combinazione n° 8 - Caso A2-M2 (GEO) - Sisma Vert. negativo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

#### Combinazione n° 9 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

#### Combinazione n° 10 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

#### Combinazione n° 11 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

#### Combinazione n° 12 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

## Impostazioni di analisi

Calcolo della portanza metodo di Meyerhof

Coefficiente correttivo su  $N_\gamma$  per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1,00

Coefficiente correttivo su  $N_\gamma$  per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1,00

### Impostazioni avanzate

Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

## Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

### Simbologia adottata

<i>C</i>	Identificativo della combinazione
<i>Tipo</i>	Tipo combinazione
<i>Sisma</i>	Combinazione sismica
<i>CS<sub>SCO</sub></i>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
<i>CS<sub>RIB</sub></i>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
<i>CS<sub>QUM</sub></i>	Coeff. di sicurezza a carico limite
<i>CS<sub>STAB</sub></i>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS <sub>SCO</sub>	CS <sub>RIB</sub>	CS <sub>QUM</sub>	CS <sub>STAB</sub>
1	A1-M1 - [1]	--	4,52	--	3,27	--
2	A2-M2 - [1]	--	3,59	--	2,05	--
3	EQU - [1]	--	--	16,19	--	--
4	STAB - [1]	--	--	--	--	1,95
5	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	2,70	--	3,27	--
6	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	2,62	--	3,00	--
7	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1,04	--	1,44	--
8	A2-M2 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1,07	--	1,57	--
9	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	6,10	--	--
10	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	7,71	--	--
11	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,58
12	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,59

## Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

### Tipo di analisi

Calcolo della spinta

Calcolo del carico limite

Calcolo della stabilità globale

Calcolo della spinta in condizioni di

metodo di Culmann

metodo di Meyerhof

metodo di Bishop

Spinta attiva

### Sisma

#### Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo  $a_g$

1.80 [m/s<sup>2</sup>]

Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)

1.43

Coefficiente di amplificazione topografica (St)

1.20

Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )

0.24

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale

0.50

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)

$k_h = (a_g/g * \beta_m * St * S) = 7.54$

Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)

$k_v = 0.50 * k_h = 3.77$

Forma diagramma incremento sismico

Stessa forma diagramma statico

Partecipazione spinta passiva (percento)  
Lunghezza del muro0,0  
33,00 [m]Peso muro  
Baricentro del muro4935,17 [kg]  
X=-0,88 Y=-0,78Superficie di spintaPunto inferiore superficie di spinta  
Punto superiore superficie di spinta  
Altezza della superficie di spinta  
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)X = -0,23 Y = -1,63  
X = 0,00 Y = 0,00  
1,63 [m]  
-8,01 [°]COMBINAZIONE n° 1**Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**Valore della spinta statica  
Componente orizzontale della spinta statica  
Componente verticale della spinta statica  
Punto d'applicazione della spinta  
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie  
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche769,24 [kg]  
765,93 [kg]  
71,33 [kg]  
X = -0,18 [m] Y = -1,26 [m]  
13,33 [°]  
46,30 [°]Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte  
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte87,72 [kg]  
X = -0,15 [m] Y = -0,94 [m]RisultantiRisultante dei carichi applicati in dir. orizzontale  
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale  
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione  
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione  
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione  
Lunghezza fondazione reagente  
Risultante in fondazione  
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)  
Momento rispetto al baricentro della fondazione  
Carico ultimo della fondazione765,93 [kg]  
5094,22 [kg]  
5141,59 [kg]  
319,02 [kg]  
-0,06 [m]  
1,49 [m]  
5151,48 [kg]  
3,55 [°]  
-323,58 [kgm]  
16813,30 [kg]Tensioni sul terrenoLunghezza fondazione reagente  
Tensione terreno allo spigolo di valle  
Tensione terreno allo spigolo di monte1,49 [m]  
0,2577 [kg/cm<sup>2</sup>]  
0,4329 [kg/cm<sup>2</sup>]Fattori per il calcolo della capacità portante**Coeff. capacità portante** $N_c = 14,83$  $N_q = 6,40$  $N_\gamma = 2,87$ **Fattori forma** $s_c = 1,00$  $s_q = 1,00$  $s_\gamma = 1,00$ **Fattori inclinazione** $i_c = 0,92$  $i_q = 0,92$  $i_\gamma = 0,68$ **Fattori profondità** $d_c = 1,10$  $d_q = 1,05$  $d_\gamma = 1,05$ I coefficienti  $N'$  tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio. $N'_c = 15,00$  $N'_q = 6,19$  $N'_\gamma = 2,04$ **COEFFICIENTI DI SICUREZZA**Coefficiente di sicurezza a scorrimento  
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo4.52  
3.27**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni**Combinazione n° 1L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro  
Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione  $B=100$  cmH altezza della sezione espressa in [cm]  
N sforzo normale [kg]  
M momento flettente [kgm]  
T taglio [kg]  
e eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]  
 $\sigma_p$  tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cm<sup>2</sup>]  
Ms momento stabilizzante [kgm]  
Mr momento ribaltante [kgm]  
Cs coeff. di sicurezza allo scorrimento

Cr coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	150,00	0	0	0	0,00	0,00	--	--	0,00	--
2	0,05	150,09	155	-1	0	0,51	0,01	--	--	99,90	--
3	0,10	150,18	310	-3	0	1,01	0,02	--	--	99,90	--
4	0,15	150,27	465	-7	0	1,52	0,03	--	--	99,90	--
5	0,20	150,36	620	-13	0	2,03	0,04	--	--	99,90	--
6	0,25	150,45	775	-20	0	2,53	0,05	--	--	99,90	--
7	0,29	150,54	931	-28	0	3,04	0,05	--	--	99,90	--
8	0,34	150,63	1086	-39	0	3,55	0,06	--	--	99,90	--
9	0,39	150,71	1242	-50	0	4,05	0,07	--	--	99,90	--
10	0,44	150,80	1397	-64	0	4,56	0,08	--	--	99,90	--
11	0,49	150,89	1553	-79	0	5,06	0,08	--	--	89301,36	--
12	0,54	150,98	1709	-95	0	5,57	0,09	--	--	5086,00	--
13	0,59	151,07	1865	-113	2	6,07	0,09	--	--	902,40	--
14	0,64	151,16	2020	-133	6	6,57	0,10	--	--	325,07	--
15	0,69	151,25	2176	-154	13	7,05	0,10	--	--	167,92	--
16	0,74	151,34	2333	-176	22	7,53	0,11	--	--	104,41	--
17	0,79	151,43	2489	-199	34	7,98	0,11	--	--	72,38	--
18	0,84	151,52	2645	-223	49	8,41	0,12	--	--	53,85	--
19	0,88	151,61	2802	-247	67	8,83	0,12	--	--	42,08	--
20	0,93	151,70	2958	-273	87	9,22	0,12	--	--	34,08	--
21	0,98	151,79	3115	-299	110	9,59	0,13	--	--	28,37	--
22	1,03	151,88	3271	-325	136	9,94	0,13	--	--	24,13	--
23	1,08	151,97	3428	-352	164	10,26	0,13	--	--	20,88	--
24	1,13	152,06	3585	-378	196	10,56	0,14	--	--	18,33	--

**COMBINAZIONE n° 2**

Valore della spinta statica	764,39	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	763,52	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	36,33	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,18	[m]	Y = -1,25	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	10,73	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	42,81	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	87,72	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,15	[m]	Y = -0,94	[m]

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	763,52	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	5059,21	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	5106,51	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	319,68	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,06	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,49	[m]
Risultante in fondazione	5116,50	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	3,58	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-292,95	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	10481,68	[kg]

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	1,49	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,2637	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,4223	[kg/cm <sup>2</sup> ]

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 11.79$	$N_q = 4.43$	$N_\gamma = 1.44$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,92$	$i_q = 0,92$	$i_\gamma = 0,61$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,09$	$d_q = 1,04$	$d_\gamma = 1,04$
I coefficienti $N'$ tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 11.84$	$N'_q = 4.27$	$N'_\gamma = 0.91$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	3.59
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	2.05

## Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 2

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro  
Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	150,00	0	0	0	0,00	0,00	--	--	0,00	--
2	0,05	150,09	155	-1	0	0,51	0,01	--	--	99,90	--
3	0,10	150,18	310	-3	0	1,01	0,02	--	--	99,90	--
4	0,15	150,27	465	-7	0	1,52	0,03	--	--	99,90	--
5	0,20	150,36	620	-13	0	2,03	0,04	--	--	99,90	--
6	0,25	150,45	775	-20	0	2,53	0,05	--	--	99,90	--
7	0,29	150,54	931	-28	0	3,04	0,05	--	--	99,90	--
8	0,34	150,63	1086	-39	0	3,55	0,06	--	--	99,90	--
9	0,39	150,71	1242	-50	0	4,05	0,07	--	--	99,90	--
10	0,44	150,80	1397	-64	0	4,56	0,08	--	--	99,90	--
11	0,49	150,89	1553	-79	0	5,06	0,08	--	--	22128,68	--
12	0,54	150,98	1709	-95	1	5,57	0,09	--	--	1748,99	--
13	0,59	151,07	1865	-113	4	6,07	0,09	--	--	487,64	--
14	0,64	151,16	2020	-133	9	6,56	0,10	--	--	222,72	--
15	0,69	151,25	2176	-153	17	7,04	0,10	--	--	129,51	--
16	0,74	151,34	2333	-175	27	7,50	0,11	--	--	86,19	--
17	0,79	151,43	2489	-198	40	7,95	0,11	--	--	62,40	--
18	0,84	151,52	2645	-221	55	8,37	0,12	--	--	47,83	--
19	0,88	151,61	2802	-246	73	8,78	0,12	--	--	38,19	--
20	0,93	151,70	2958	-271	94	9,16	0,12	--	--	31,44	--
21	0,98	151,79	3115	-297	117	9,52	0,13	--	--	26,51	--
22	1,03	151,88	3271	-323	144	9,86	0,13	--	--	22,77	--
23	1,08	151,97	3428	-349	173	10,17	0,13	--	--	19,87	--
24	1,13	152,06	3585	-375	204	10,46	0,14	--	--	17,55	--

COMBINAZIONE n° 3

Valore della spinta statica	914,90	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	913,86	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	43,48	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,17	[m]	Y = -1,24	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	10,73	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	41,62	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	78,94	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,15	[m]	Y = -0,94	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	913,86	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	4564,08	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	239,27	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	3872,87	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	4626,36	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	512,60	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,04	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,49	[m]
Risultante in fondazione	4654,67	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	6,32	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-189,50	[kgm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	16.19
--	-------

## Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 3

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro  
Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	150,00	--	--	--	--	--	0	0	--	0,00
2	0,05	150,09	--	--	--	--	--	105	0	--	99,90
3	0,10	150,18	--	--	--	--	--	212	0	--	99,90
4	0,15	150,27	--	--	--	--	--	321	0	--	99,90
5	0,20	150,36	--	--	--	--	--	431	0	--	99,90
6	0,25	150,45	--	--	--	--	--	543	0	--	99,90
7	0,29	150,54	--	--	--	--	--	656	0	--	99,90
8	0,34	150,63	--	--	--	--	--	771	0	--	99,90
9	0,39	150,71	--	--	--	--	--	887	0	--	99,90
10	0,44	150,80	--	--	--	--	--	1005	0	--	99,90
11	0,49	150,89	--	--	--	--	--	1125	0	--	56204,12
12	0,54	150,98	--	--	--	--	--	1247	0	--	9496,21
13	0,59	151,07	--	--	--	--	--	1369	0	--	3023,40
14	0,64	151,16	--	--	--	--	--	1494	1	--	1336,09
15	0,69	151,25	--	--	--	--	--	1620	2	--	715,93
16	0,74	151,34	--	--	--	--	--	1748	4	--	434,18
17	0,79	151,43	--	--	--	--	--	1877	7	--	286,74
18	0,84	151,52	--	--	--	--	--	2008	10	--	201,44
19	0,88	151,61	--	--	--	--	--	2140	14	--	148,28
20	0,93	151,70	--	--	--	--	--	2274	20	--	113,20
21	0,98	151,79	--	--	--	--	--	2410	27	--	88,96
22	1,03	151,88	--	--	--	--	--	2547	36	--	71,60
23	1,08	151,97	--	--	--	--	--	2686	46	--	58,77
24	1,13	152,06	--	--	--	--	--	2826	58	--	49,05

## Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 4

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kg]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1,39 Y[m]= 1,39

Raggio del cerchio R[m]= 3,24

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -3,59

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 1,76

Larghezza della striscia dx[m]= 0,21

Coefficiente di sicurezza C= 1.95

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	92,23	69.79	86,55	0,62	16.23	0,02	0,00
2	241,86	61.25	212,06	0,45	16.23	0,02	0,00
3	339,44	54.09	274,92	0,37	16.23	0,02	0,00

4	409,30	48,03	304,31	0,32	16,23	0,02	0,00
5	461,22	42,63	312,34	0,29	16,23	0,02	0,00
6	499,89	37,66	305,43	0,27	16,23	0,02	0,00
7	528,01	33,01	287,68	0,26	16,23	0,02	0,00
8	547,30	28,60	261,99	0,24	16,23	0,02	0,00
9	595,25	24,37	245,59	0,24	16,23	0,02	0,00
10	721,92	20,27	250,12	0,23	16,23	0,02	0,00
11	761,84	16,28	213,59	0,22	16,23	0,02	0,00
12	780,17	12,37	167,16	0,22	16,23	0,02	0,00
13	792,95	8,52	117,48	0,22	16,23	0,02	0,00
14	800,39	4,71	65,69	0,21	16,23	0,02	0,00
15	802,62	0,92	12,82	0,21	16,23	0,02	0,00
16	666,22	-2,87	-33,39	0,21	16,23	0,02	0,00
17	320,67	-6,67	-37,27	0,22	16,23	0,02	0,00
18	287,74	-10,50	-52,46	0,22	16,23	0,02	0,00
19	270,52	-14,38	-67,20	0,22	16,23	0,02	0,00
20	247,61	-18,33	-77,88	0,23	16,23	0,02	0,00
21	218,66	-22,37	-83,22	0,23	16,23	0,02	0,00
22	183,16	-26,53	-81,82	0,24	16,23	0,02	0,00
23	140,42	-30,85	-72,02	0,25	16,23	0,02	0,00
24	89,46	-35,38	-51,80	0,26	16,23	0,02	0,00
25	28,88	-40,18	-18,63	0,28	16,23	0,02	0,00

$\Sigma W_i = 10827,74$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 2542,04$  [kg]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 3152,78$  [kg]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 2,18$

#### COMBINAZIONE n° 5

Valore della spinta statica	438,54	[kg]			
Componente orizzontale della spinta statica	436,65	[kg]			
Componente verticale della spinta statica	40,66	[kg]			
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,18	[m]	Y = -1,30	[m]	
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	13,33	[°]			
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	48,61	[°]			
Incremento sismico della spinta	131,17	[kg]			
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,18	[m]	Y = -1,30	[m]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	44,36	[°]			
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	87,72	[kg]			
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,15	[m]	Y = -0,94	[m]	
Inerzia del muro	371,90	[kg]			
Inerzia verticale del muro	-185,95	[kg]			
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	6,61	[kg]			
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-3,31	[kg]			
<b>Risultanti</b>					
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	945,76	[kg]			
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	4886,46	[kg]			
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	4950,29	[kg]			
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	516,28	[kg]			
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,02	[m]			
Lunghezza fondazione reagente	1,49	[m]			
Risultante in fondazione	4977,14	[kg]			
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	5,95	[°]			
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-81,78	[kgm]			
Carico ultimo della fondazione	16163,50	[kg]			
<b>Tensioni sul terreno</b>					
Lunghezza fondazione reagente	1,49	[m]			
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,3103	[kg/cm <sup>2</sup> ]			
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,3546	[kg/cm <sup>2</sup> ]			

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 14,83$	$N_q = 6,40$	$N_\gamma = 2,87$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,87$	$i_q = 0,87$	$i_\gamma = 0,49$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,10$	$d_q = 1,05$	$d_\gamma = 1,05$

I coefficienti  $N_i$  tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 14.18$  $N'_q = 5.85$  $N'_y = 1.48$ **COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.70
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.27

**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni****Combinazione n° 5**

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	150,00	0	0	0	0,00	0,00	--	--	0,00	--
2	0,05	150,09	155	0	12	0,32	0,01	--	--	13,27	--
3	0,10	150,18	310	-2	23	0,64	0,02	--	--	13,27	--
4	0,15	150,27	465	-4	35	0,96	0,03	--	--	13,27	--
5	0,20	150,36	620	-8	47	1,29	0,04	--	--	13,27	--
6	0,25	150,45	775	-12	58	1,61	0,05	--	--	13,27	--
7	0,29	150,54	931	-18	70	1,93	0,06	--	--	13,27	--
8	0,34	150,63	1086	-24	82	2,25	0,07	--	--	13,27	--
9	0,39	150,71	1242	-32	94	2,57	0,07	--	--	13,27	--
10	0,44	150,80	1397	-40	105	2,89	0,08	--	--	13,27	--
11	0,49	150,89	1553	-50	117	3,21	0,09	--	--	13,27	--
12	0,54	150,98	1709	-60	129	3,53	0,10	--	--	13,27	--
13	0,59	151,07	1865	-72	141	3,86	0,10	--	--	13,27	--
14	0,64	151,16	2020	-84	152	4,18	0,11	--	--	13,27	--
15	0,69	151,25	2176	-98	164	4,50	0,12	--	--	13,26	--
16	0,74	151,34	2333	-112	177	4,82	0,12	--	--	13,15	--
17	0,79	151,43	2489	-128	193	5,13	0,13	--	--	12,89	--
18	0,84	151,52	2645	-144	212	5,44	0,14	--	--	12,50	--
19	0,88	151,61	2802	-160	233	5,73	0,14	--	--	12,02	--
20	0,93	151,70	2958	-178	257	6,01	0,15	--	--	11,49	--
21	0,98	151,79	3115	-195	285	6,26	0,15	--	--	10,94	--
22	1,03	151,88	3271	-213	315	6,50	0,16	--	--	10,38	--
23	1,08	151,97	3428	-230	349	6,72	0,17	--	--	9,84	--
24	1,13	152,06	3585	-248	385	6,92	0,17	--	--	9,31	--

**COMBINAZIONE n° 6**

Valore della spinta statica	438,54	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	436,65	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	40,66	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,18	[m]	Y = -1,30	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	13,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	48,61	[°]		
Incremento sismico della spinta	218,38	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,18	[m]	Y = -1,30	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	43,74	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	87,72	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,15	[m]	Y = -0,94	[m]
Inerzia del muro	371,90	[kg]		
Inerzia verticale del muro	185,95	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	6,61	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	3,31	[kg]		

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	1032,60	[kg]
--	---------	------

Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	5273,06	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	5342,99	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	569,09	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,02	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,49	[m]
Risultante in fondazione	5373,21	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	6,08	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-103,32	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	16012,38	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,49	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,3309	[kg/cmq]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,3868	[kg/cmq]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 14.83$	$N_q = 6.40$	$N_\gamma = 2.87$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,87$	$i_q = 0,87$	$i_\gamma = 0,48$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,10$	$d_q = 1,05$	$d_\gamma = 1,05$
I coefficienti $N'$ tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 14.14$	$N'_q = 5.83$	$N'_\gamma = 1.46$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.62
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.00

## Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 6

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro  
Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	150,00	0	0	0	0,00	0,00	--	--	0,00	--
2	0,05	150,09	155	0	12	0,32	0,01	--	--	13,27	--
3	0,10	150,18	310	-2	23	0,64	0,02	--	--	13,27	--
4	0,15	150,27	465	-4	35	0,96	0,03	--	--	13,27	--
5	0,20	150,36	620	-8	47	1,29	0,04	--	--	13,27	--
6	0,25	150,45	775	-12	58	1,61	0,05	--	--	13,27	--
7	0,29	150,54	931	-18	70	1,93	0,06	--	--	13,27	--
8	0,34	150,63	1086	-24	82	2,25	0,07	--	--	13,27	--
9	0,39	150,71	1242	-32	94	2,57	0,07	--	--	13,27	--
10	0,44	150,80	1397	-40	105	2,89	0,08	--	--	13,27	--
11	0,49	150,89	1553	-50	117	3,21	0,09	--	--	13,27	--
12	0,54	150,98	1709	-60	129	3,53	0,10	--	--	13,27	--
13	0,59	151,07	1865	-72	141	3,86	0,10	--	--	13,27	--
14	0,64	151,16	2020	-84	152	4,18	0,11	--	--	13,27	--
15	0,69	151,25	2176	-98	164	4,50	0,12	--	--	13,25	--
16	0,74	151,34	2333	-112	178	4,82	0,12	--	--	13,12	--
17	0,79	151,43	2489	-128	194	5,13	0,13	--	--	12,80	--
18	0,84	151,52	2645	-144	215	5,43	0,14	--	--	12,33	--
19	0,88	151,61	2802	-160	238	5,72	0,14	--	--	11,75	--
20	0,93	151,70	2958	-177	266	5,98	0,15	--	--	11,13	--
21	0,98	151,79	3115	-194	297	6,23	0,15	--	--	10,49	--
22	1,03	151,88	3271	-211	332	6,45	0,16	--	--	9,86	--
23	1,08	151,97	3428	-228	370	6,64	0,17	--	--	9,25	--
24	1,13	152,06	3585	-244	413	6,80	0,17	--	--	8,68	--

COMBINAZIONE n° 7

Valore della spinta statica	764,39	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	763,52	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	36,33	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,18	[m]	Y = -1,25	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	10,73	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	42,81	[°]		
Incremento sismico della spinta	480,49	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,18	[m]	Y = -1,25	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	30,68	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	87,72	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,15	[m]	Y = -0,94	[m]
Inerzia del muro	371,90	[kg]		
Inerzia verticale del muro	185,95	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	6,61	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	3,31	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	1621,98	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	5271,30	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	5392,61	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	1156,39	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,02	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,49	[m]
Risultante in fondazione	5515,20	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	12,10	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	116,37	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	7781,42	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,49	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,3937	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,3307	[kg/cm <sup>2</sup> ]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 11,79$	$N_q = 4,43$	$N_r = 1,44$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_r = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,75$	$i_q = 0,75$	$i_r = 0,06$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,09$	$d_q = 1,04$	$d_r = 1,04$
I coefficienti $N'$ tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 9,62$	$N'_q = 3,47$	$N'_r = 0,10$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.04
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	1.44

## Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 7

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro  
Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cm <sup>2</sup> ]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	150,00	0	0	0	0,00	0,00	--	--	0,00	--
2	0,05	150,09	155	0	12	0,32	0,01	--	--	13,27	--
3	0,10	150,18	310	-2	23	0,64	0,02	--	--	13,27	--
4	0,15	150,27	465	-4	35	0,96	0,03	--	--	13,27	--

5	0,20	150,36	620	-8	47	1,29	0,04	--	--	13,27	--
6	0,25	150,45	775	-12	58	1,61	0,05	--	--	13,27	--
7	0,29	150,54	931	-18	70	1,93	0,06	--	--	13,27	--
8	0,34	150,63	1086	-24	82	2,25	0,07	--	--	13,27	--
9	0,39	150,71	1242	-32	94	2,57	0,07	--	--	13,27	--
10	0,44	150,80	1397	-40	105	2,89	0,08	--	--	13,27	--
11	0,49	150,89	1553	-50	117	3,21	0,09	--	--	13,26	--
12	0,54	150,98	1709	-60	130	3,53	0,10	--	--	13,12	--
13	0,59	151,07	1865	-72	146	3,84	0,10	--	--	12,73	--
14	0,64	151,16	2020	-84	166	4,14	0,11	--	--	12,15	--
15	0,69	151,25	2176	-96	190	4,42	0,12	--	--	11,46	--
16	0,74	151,34	2333	-109	218	4,68	0,13	--	--	10,72	--
17	0,79	151,43	2489	-122	249	4,91	0,13	--	--	9,99	--
18	0,84	151,52	2645	-135	285	5,10	0,14	--	--	9,29	--
19	0,88	151,61	2802	-148	324	5,27	0,15	--	--	8,63	--
20	0,93	151,70	2958	-160	368	5,40	0,15	--	--	8,03	--
21	0,98	151,79	3115	-171	416	5,50	0,16	--	--	7,48	--
22	1,03	151,88	3271	-182	469	5,56	0,17	--	--	6,98	--
23	1,08	151,97	3428	-192	525	5,59	0,18	--	--	6,53	--
24	1,13	152,06	3585	-200	586	5,57	0,18	--	--	6,12	--

**COMBINAZIONE n° 8**

Valore della spinta statica	764,39	[kg]			
Componente orizzontale della spinta statica	763,52	[kg]			
Componente verticale della spinta statica	36,33	[kg]			
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,18	[m]	Y = -1,25	[m]	
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	10,73	[°]			
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	42,81	[°]			

Incremento sismico della spinta	342,51	[kg]			
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,18	[m]	Y = -1,25	[m]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	30,68	[°]			

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	87,72	[kg]			
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,15	[m]	Y = -0,94	[m]	
Inerzia del muro	371,90	[kg]			
Inerzia verticale del muro	-185,95	[kg]			
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	6,61	[kg]			
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-3,31	[kg]			

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	1484,16	[kg]			
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	4886,23	[kg]			
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	4996,99	[kg]			
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	1052,65	[kg]			
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,02	[m]			
Lunghezza fondazione reagente	1,49	[m]			
Risultante in fondazione	5106,67	[kg]			
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	11,90	[°]			
Momento rispetto al baricentro della fondazione	116,27	[kgm]			
Carico ultimo della fondazione	7821,94	[kg]			

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	1,49	[m]			
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,3671	[kg/cmq]			
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,3041	[kg/cmq]			

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 11,79$	$N_q = 4,43$	$N_r = 1,44$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_r = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,75$	$i_q = 0,75$	$i_r = 0,07$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,09$	$d_q = 1,04$	$d_r = 1,04$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 9,68$	$N'_q = 3,49$	$N'_r = 0,11$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.07
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	1.57

## Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 8

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	150,00	0	0	0	0,00	0,00	--	--	0,00	--
2	0,05	150,09	155	0	12	0,32	0,01	--	--	13,27	--
3	0,10	150,18	310	-2	23	0,64	0,02	--	--	13,27	--
4	0,15	150,27	465	-4	35	0,96	0,03	--	--	13,27	--
5	0,20	150,36	620	-8	47	1,29	0,04	--	--	13,27	--
6	0,25	150,45	775	-12	58	1,61	0,05	--	--	13,27	--
7	0,29	150,54	931	-18	70	1,93	0,06	--	--	13,27	--
8	0,34	150,63	1086	-24	82	2,25	0,07	--	--	13,27	--
9	0,39	150,71	1242	-32	94	2,57	0,07	--	--	13,27	--
10	0,44	150,80	1397	-40	105	2,89	0,08	--	--	13,27	--
11	0,49	150,89	1553	-50	117	3,21	0,09	--	--	13,26	--
12	0,54	150,98	1709	-60	130	3,53	0,10	--	--	13,14	--
13	0,59	151,07	1865	-72	146	3,85	0,10	--	--	12,81	--
14	0,64	151,16	2020	-84	164	4,15	0,11	--	--	12,30	--
15	0,69	151,25	2176	-96	186	4,43	0,12	--	--	11,69	--
16	0,74	151,34	2333	-110	211	4,70	0,13	--	--	11,03	--
17	0,79	151,43	2489	-123	240	4,94	0,13	--	--	10,36	--
18	0,84	151,52	2645	-136	272	5,16	0,14	--	--	9,72	--
19	0,88	151,61	2802	-150	308	5,35	0,15	--	--	9,10	--
20	0,93	151,70	2958	-163	347	5,51	0,15	--	--	8,53	--
21	0,98	151,79	3115	-176	390	5,64	0,16	--	--	7,99	--
22	1,03	151,88	3271	-188	436	5,74	0,17	--	--	7,50	--
23	1,08	151,97	3428	-199	486	5,80	0,17	--	--	7,06	--
24	1,13	152,06	3585	-209	539	5,84	0,18	--	--	6,64	--

COMBINAZIONE n° 9

Valore della spinta statica	764,39	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	763,52	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	36,33	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,18	[m]	Y = -1,25	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	10,73	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	42,81	[°]		
Incremento sismico della spinta	342,51	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,18	[m]	Y = -1,25	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	30,68	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	87,72	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,15	[m]	Y = -0,94	[m]
Inerzia del muro	371,90	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-185,95	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	6,61	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-3,31	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	1484,16	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	4886,23	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	705,96	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	4309,69	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	4996,99	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	1052,65	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,02	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,49	[m]
Risultante in fondazione	5106,67	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	11,90	[°]

Momento rispetto al baricentro della fondazione 116,27 [kgm]

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento 6.10

**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni****Combinazione n° 9**

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro  
Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H altezza della sezione espressa in [cm]  
N sforzo normale [kg]  
M momento flettente [kgm]  
T taglio [kg]  
e eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]  
 $\sigma_p$  tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]  
Ms momento stabilizzante [kgm]  
Mr momento ribaltante [kgm]  
Cs coeff. di sicurezza allo scorrimento  
Cr coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	150,00	--	--	--	--	--	0	0	--	0,00
2	0,05	150,09	--	--	--	--	--	117	0	--	407,95
3	0,10	150,18	--	--	--	--	--	236	1	--	205,48
4	0,15	150,27	--	--	--	--	--	356	3	--	137,99
5	0,20	150,36	--	--	--	--	--	479	5	--	104,25
6	0,25	150,45	--	--	--	--	--	603	7	--	84,00
7	0,29	150,54	--	--	--	--	--	729	10	--	70,50
8	0,34	150,63	--	--	--	--	--	856	14	--	60,86
9	0,39	150,71	--	--	--	--	--	986	18	--	53,63
10	0,44	150,80	--	--	--	--	--	1117	23	--	48,01
11	0,49	150,89	--	--	--	--	--	1250	29	--	43,51
12	0,54	150,98	--	--	--	--	--	1385	35	--	39,80
13	0,59	151,07	--	--	--	--	--	1522	42	--	36,61
14	0,64	151,16	--	--	--	--	--	1660	49	--	33,76
15	0,69	151,25	--	--	--	--	--	1800	58	--	31,16
16	0,74	151,34	--	--	--	--	--	1942	68	--	28,76
17	0,79	151,43	--	--	--	--	--	2086	79	--	26,53
18	0,84	151,52	--	--	--	--	--	2231	91	--	24,47
19	0,88	151,61	--	--	--	--	--	2378	105	--	22,56
20	0,93	151,70	--	--	--	--	--	2527	122	--	20,80
21	0,98	151,79	--	--	--	--	--	2678	140	--	19,18
22	1,03	151,88	--	--	--	--	--	2830	160	--	17,70
23	1,08	151,97	--	--	--	--	--	2984	183	--	16,35
24	1,13	152,06	--	--	--	--	--	3140	208	--	15,12

**COMBINAZIONE n° 10**

Valore della spinta statica 764,39 [kg]  
Componente orizzontale della spinta statica 763,52 [kg]  
Componente verticale della spinta statica 36,33 [kg]  
Punto d'applicazione della spinta X = -0,18 [m] Y = -1,25 [m]  
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie 10,73 [°]  
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche 42,81 [°]

Incremento sismico della spinta 480,49 [kg]  
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta X = -0,18 [m] Y = -1,25 [m]  
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche 30,68 [°]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte 87,72 [kg]  
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte X = -0,15 [m] Y = -0,94 [m]  
Inerzia del muro 371,90 [kg]  
Inerzia verticale del muro 185,95 [kg]  
Inerzia del terrapieno fondazione di monte 6,61 [kg]  
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte 3,31 [kg]

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale 1621,98 [kg]  
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale 5271,30 [kg]  
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle 580,95 [kgm]  
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle 4479,11 [kgm]  
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione 5392,61 [kg]

Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	1156,39	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,02	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1,49	[m]
Risultante in fondazione	5515,20	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	12,10	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	116,37	[kgm]

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	7.71
--	------

**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni****Combinazione n° 10**

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro  
Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kg/cmq]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	150,00	--	--	--	--	--	0	0	--	0,00
2	0,05	150,09	--	--	--	--	--	117	0	--	407,95
3	0,10	150,18	--	--	--	--	--	236	1	--	205,48
4	0,15	150,27	--	--	--	--	--	356	3	--	137,99
5	0,20	150,36	--	--	--	--	--	479	5	--	104,25
6	0,25	150,45	--	--	--	--	--	603	7	--	84,00
7	0,29	150,54	--	--	--	--	--	729	10	--	70,50
8	0,34	150,63	--	--	--	--	--	856	14	--	60,86
9	0,39	150,71	--	--	--	--	--	986	18	--	53,63
10	0,44	150,80	--	--	--	--	--	1117	23	--	48,01
11	0,49	150,89	--	--	--	--	--	1250	29	--	43,51
12	0,54	150,98	--	--	--	--	--	1385	35	--	39,79
13	0,59	151,07	--	--	--	--	--	1522	42	--	36,58
14	0,64	151,16	--	--	--	--	--	1660	49	--	33,70
15	0,69	151,25	--	--	--	--	--	1800	58	--	31,03
16	0,74	151,34	--	--	--	--	--	1942	68	--	28,55
17	0,79	151,43	--	--	--	--	--	2085	79	--	26,24
18	0,84	151,52	--	--	--	--	--	2231	93	--	24,10
19	0,88	151,61	--	--	--	--	--	2378	108	--	22,11
20	0,93	151,70	--	--	--	--	--	2527	125	--	20,29
21	0,98	151,79	--	--	--	--	--	2678	144	--	18,62
22	1,03	151,88	--	--	--	--	--	2830	166	--	17,10
23	1,08	151,97	--	--	--	--	--	2984	190	--	15,71
24	1,13	152,06	--	--	--	--	--	3140	217	--	14,46

**Stabilità globale muro + terreno****Combinazione n° 11**

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kg]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1,39 Y[m]= 1,39

Raggio del cerchio R[m]= 3,24

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -3,59

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 1,76

Larghezza della striscia  $dx[m]= 0,21$   
 Coefficiente di sicurezza  $C= 1.58$   
 Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	92,23	69.79	86,55	0,62	16.23	0,02	0,00
2	241,86	61.25	212,06	0,45	16.23	0,02	0,00
3	339,44	54.09	274,92	0,37	16.23	0,02	0,00
4	409,30	48.03	304,31	0,32	16.23	0,02	0,00
5	461,22	42.63	312,34	0,29	16.23	0,02	0,00
6	499,89	37.66	305,43	0,27	16.23	0,02	0,00
7	528,01	33.01	287,68	0,26	16.23	0,02	0,00
8	547,30	28.60	261,99	0,24	16.23	0,02	0,00
9	595,25	24.37	245,59	0,24	16.23	0,02	0,00
10	721,92	20.27	250,12	0,23	16.23	0,02	0,00
11	761,84	16.28	213,59	0,22	16.23	0,02	0,00
12	780,17	12.37	167,16	0,22	16.23	0,02	0,00
13	792,95	8.52	117,48	0,22	16.23	0,02	0,00
14	800,39	4.71	65,69	0,21	16.23	0,02	0,00
15	802,62	0.92	12,82	0,21	16.23	0,02	0,00
16	666,22	-2.87	-33,39	0,21	16.23	0,02	0,00
17	320,67	-6.67	-37,27	0,22	16.23	0,02	0,00
18	287,74	-10.50	-52,46	0,22	16.23	0,02	0,00
19	270,52	-14.38	-67,20	0,22	16.23	0,02	0,00
20	247,61	-18.33	-77,88	0,23	16.23	0,02	0,00
21	218,66	-22.37	-83,22	0,23	16.23	0,02	0,00
22	183,16	-26.53	-81,82	0,24	16.23	0,02	0,00
23	140,42	-30.85	-72,02	0,25	16.23	0,02	0,00
24	89,46	-35.38	-51,80	0,26	16.23	0,02	0,00
25	28,88	-40.18	-18,63	0,28	16.23	0,02	0,00

$\Sigma W_i = 10827,74$  [kg]

$\Sigma W_i \sin\alpha_i = 2542,04$  [kg]

$\Sigma W_i \tan\phi_i = 3152,78$  [kg]

$\Sigma \tan\alpha_i \tan\phi_i = 2.18$

## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 12

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kg]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in $^{\circ}$ (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -1,39 Y[m]= 1,39

Raggio del cerchio R[m]= 3,24

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -3,59

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 1,76

Larghezza della striscia dx[m]= 0,21

Coefficiente di sicurezza C= 1.59

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	92,23	69.79	86,55	0,62	16.23	0,02	0,00
2	241,86	61.25	212,06	0,45	16.23	0,02	0,00
3	339,44	54.09	274,92	0,37	16.23	0,02	0,00
4	409,30	48.03	304,31	0,32	16.23	0,02	0,00
5	461,22	42.63	312,34	0,29	16.23	0,02	0,00
6	499,89	37.66	305,43	0,27	16.23	0,02	0,00
7	528,01	33.01	287,68	0,26	16.23	0,02	0,00

8	547,30	28.60	261,99	0,24	16.23	0,02	0,00
9	595,25	24.37	245,59	0,24	16.23	0,02	0,00
10	721,92	20.27	250,12	0,23	16.23	0,02	0,00
11	761,84	16.28	213,59	0,22	16.23	0,02	0,00
12	780,17	12.37	167,16	0,22	16.23	0,02	0,00
13	792,95	8.52	117,48	0,22	16.23	0,02	0,00
14	800,39	4.71	65,69	0,21	16.23	0,02	0,00
15	802,62	0.92	12,82	0,21	16.23	0,02	0,00
16	666,22	-2.87	-33,39	0,21	16.23	0,02	0,00
17	320,67	-6.67	-37,27	0,22	16.23	0,02	0,00
18	287,74	-10.50	-52,46	0,22	16.23	0,02	0,00
19	270,52	-14.38	-67,20	0,22	16.23	0,02	0,00
20	247,61	-18.33	-77,88	0,23	16.23	0,02	0,00
21	218,66	-22.37	-83,22	0,23	16.23	0,02	0,00
22	183,16	-26.53	-81,82	0,24	16.23	0,02	0,00
23	140,42	-30.85	-72,02	0,25	16.23	0,02	0,00
24	89,46	-35.38	-51,80	0,26	16.23	0,02	0,00
25	28,88	-40.18	-18,63	0,28	16.23	0,02	0,00

$\Sigma W_i = 10827,74$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 2542,04$  [kg]

$\Sigma W_i \tan \phi_i = 3152,78$  [kg]

$\Sigma \tan \alpha_i \tan \phi_i = 2.18$

### Elenco Prezzi Unitari

Calcestruzzo in elevazione	(E/mc)	72.30
Calcestruzzo in fondazione	(E/mc)	61.97
Calcestruzzo magro	(E/mc)	46.48
Acciaio per armature	(E/kg)	0.90
Casseformi	(E/mq)	13.94
Scavo di sbancamento	(E/mc)	3.62
Scavo a sezione obbligatoria	(E/mc)	9.30
Materiale drenante	(E/mc)	18.08

### Computo delle quantità (per metro lineare di muro)

Calcestruzzo in elevazione	(mc)	1.65
Calcestruzzo in fondazione	(mc)	0.70
Calcestruzzo magro	(mc)	0.15
Casseformi	(mq)	2.22
Scavo di sbancamento	(mc)	0.00
Scavo a sezione obbligatoria	(mc)	0.70
Materiale drenante	(mc)	0.00

### Computo metrico (per metro lineare di muro)

Descrizione	U.M.	Quantità	Prezzo U.	Importo(Euro)
Calcestruzzo in elevazione	(mc)	1.65	72.30	119.30
Calcestruzzo in fondazione	(mc)	0.70	61.97	43.38
Calcestruzzo magro	(mc)	0.15	46.48	6.97
Casseformi	(mq)	2.22	13.94	30.95
Scavo di sbancamento	(mc)	0.00	3.62	0.00
Scavo a sez.obbligatoria	(mc)	0.70	9.30	6.51
Materiale drenante	(mc)	0.00	18.08	0.00
<b>IMPORTO MURO</b>	<b>Euro</b>			<b>207.10</b>

IMPORTO TOTALE MURO  
IMPORTO TOTALE OPERA

207.10 x 33.00 (m)

6834.30  
6834.30

## Dichiarazioni secondo N.T.C. 2008 (punto 10.2)

### Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto geol. Tosi, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

#### Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale
- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 14/01/2008.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

#### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno
Versione	10.10
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)
Utente	Consorzio della Bonifica Renana
Licenza	AIR0131Q9

#### Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

#### Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

#### Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

#### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Luogo e data

---

Il progettista  
( geol. Tosi )

---





AREA TECNICA  
SETTORE DIFESA MONTANA: PROGETTAZIONE E STUDI  
Via Santo Stefano n.56 40125 Bologna  
Tel. 051-295111 Fax. 051-295270  
C.P. 226 – 40100 – C.F. 91313990375  
e-mail [segreteria@bonificarenana.it](mailto:segreteria@bonificarenana.it)  
[www.bonificarenana.it](http://www.bonificarenana.it)

PROGETTO 1038\_02/M

*Consorzio della Bonifica Renana – Unione dei Comuni dell'Appennino Bolognese  
Piano degli interventi 2016 ai sensi della L.R. n° 7 del 6/7/12  
Fondo Regionale per la Montagna (PAO 2016)*

## **Consolidamento del movimento franoso che ha interessato la sede stradale di via Sparvo in località Fontanelle**

in comune di Castiglione dei Pepoli (BO)

### **3) DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**





Prog. n. 1038\_02/M

Consorzio della Bonifica Renana – Unione dei Comuni dell'Appennino Bolognese

**Consolidamento del movimento franoso che ha interessato la sede stradale di via Sparvo  
in località Fontanelle**

in comune di Castiglione dei Pepoli (BO)

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA





Foto 1 e 2: panoramica della viabilità comunale nel tratto interferente con il dissesto in massa. La carreggiata mostra lesioni e rigonfiamenti del piano viabile. L'accumulo franoso ha inoltre interrotto la cunetta di regimazione delle acque stradali ubicata sul lato monte della viabilità.



**Il progetto prevede la rimozione del materiale detritico su un fronte di circa 30 metri, il ripristino della cunetta di scolo delle acque stradali ubicata sul lato monte della carreggiata e il sostegno corticale della scarpata con elementi di scogliera di pietrame chiodati tra loro. L'opera avrà una lunghezza di 33 metri, una larghezza pari a 1,5 metri e un'altezza fuori terra pari a 1 metro. In asse al movimento franoso si prevede inoltre la realizzazione di un drenaggio delle acque di falda con profondità media di circa 4 metri e lunghezza pari a 45 metri. Il drenaggio attraverserà la sede stradale e terminerà sulla scarpata di valle della viabilità.**



Foto 3 e 4: particolare della nicchia di distacco del movimento franoso (foto 3) e del pendio in dissesto (foto 4). Il deflusso idrico proveniente dalla nicchia si infiltra alla base del sottostante accumulo franoso. Il movimento ha danneggiato la copertura arborea e creato locali contropendenze che facilitano la percolazione in profondità delle acque superficiali. La zona in dissesto a monte della viabilità manca di una rete di deflusso superficiale delle acque.



**Il progetto prevede l'alleggerimento del soprasuolo con il taglio selettivo di vegetazione (caduta o in precario stato di equilibrio), la realizzazione di una rete di fossi per il drenaggio delle acque superficiali, la risagomatura dell'accumulo franoso con rimozione delle contropendenze e dei ristagni.**





AREA TECNICA  
SETTORE DIFESA MONTANA: PROGETTAZIONE E STUDI  
Via Santo Stefano n.56 40125 Bologna  
Tel. 051-295111 Fax. 051-295270  
C.P. 226 – 40100 – C.F. 91313990375  
e-mail [segreteria@bonificarenana.it](mailto:segreteria@bonificarenana.it)  
[www.bonificarenana.it](http://www.bonificarenana.it)

PROGETTO 1038\_02/M

*Consorzio della Bonifica Renana – Unione dei Comuni dell'Appennino Bolognese  
Piano degli interventi 2016 ai sensi della L.R. n° 7 del 6/7/12  
Fondo Regionale per la Montagna (PAO 2016)*

## **Consolidamento del movimento franoso che ha interessato la sede stradale di via Sparvo in località Fontanelle**

in comune di Castiglione dei Pepoli (BO)

### **4) ELABORATI GRAFICI**

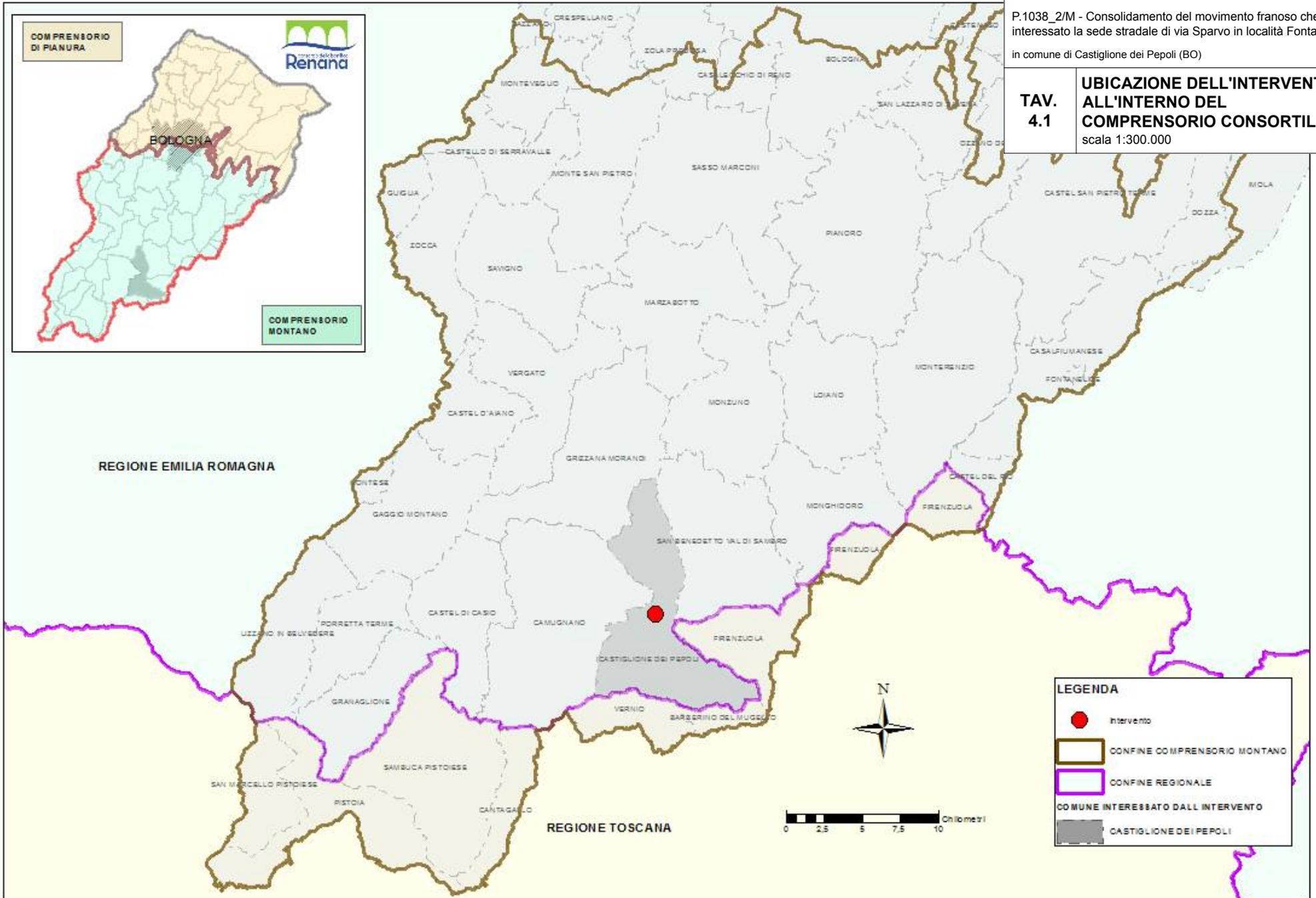
- 4.1) Ubicazione dell'intervento all'interno del comprensorio consortile (scala 1:300.000)
- 4.2) Corografia ed estratto catastale dell'area di intervento (scale varie)
- 4.3) Planimetrie del PTCP della città metropolitana di Bologna (scale varie)
- 4.4) Ubicazione dell'intervento all'interno della cartografia geologica, forestale e del vincolo idrogeologico (scale varie)
- 4.5) Stato di fatto – planimetria (scala 1:250)
- 4.6) Stato di fatto – sezioni 1 e 2 (scala 1:250)
- 4.7) Stato di fatto – profilo longitudinale della viabilità (scala 1:250)
- 4.8) Stato di progetto – planimetria delle opere (scala 1:250)
- 4.9) Stato di progetto – sezione 1 (scala 1:250)
- 4.10) Stato di progetto – sezione 2 (scala 1:100)
- 4.11) Stato di progetto – profilo longitudinale della viabilità con prospetto delle opere (scala 1:200)
- 4.12) Stato di progetto – schemi tipo delle opere (scale varie)



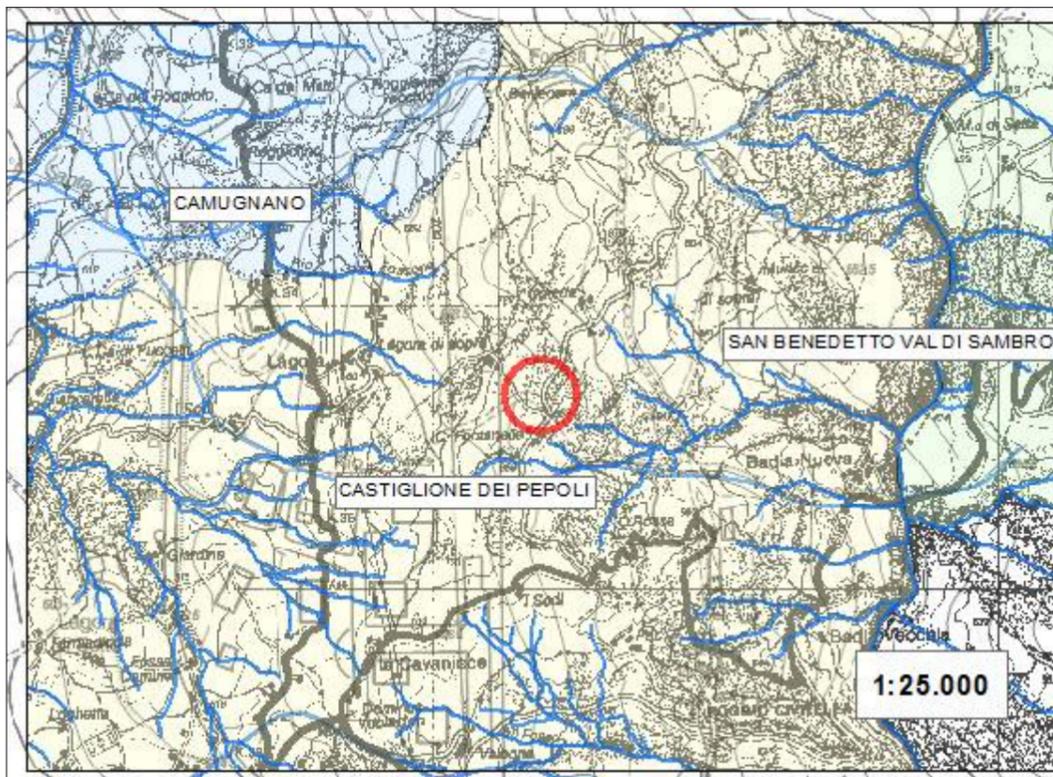
P.1038\_2/M - Consolidamento del movimento franoso che ha interessato la sede stradale di via Sparvo in località Fontanelle  
in comune di Castiglione dei Pepoli (BO)

TAV.  
4.1

**UBICAZIONE DELL'INTERVENTO  
ALL'INTERNO DEL  
COMPRESORIO CONSORTILE**  
scala 1:300.000





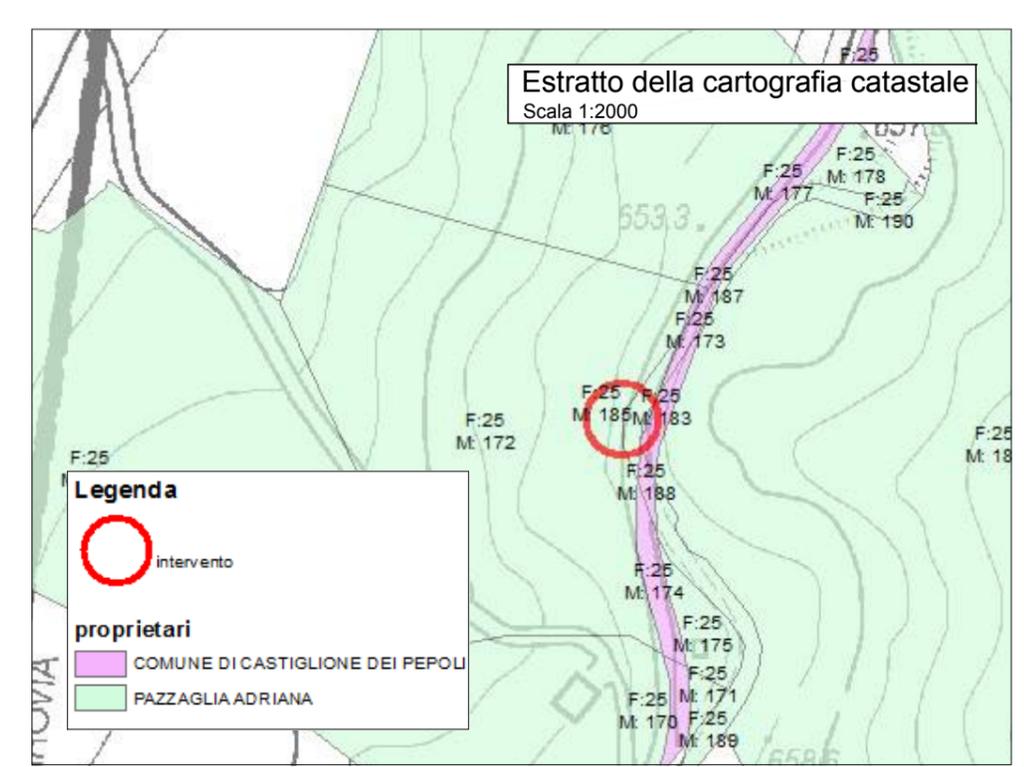
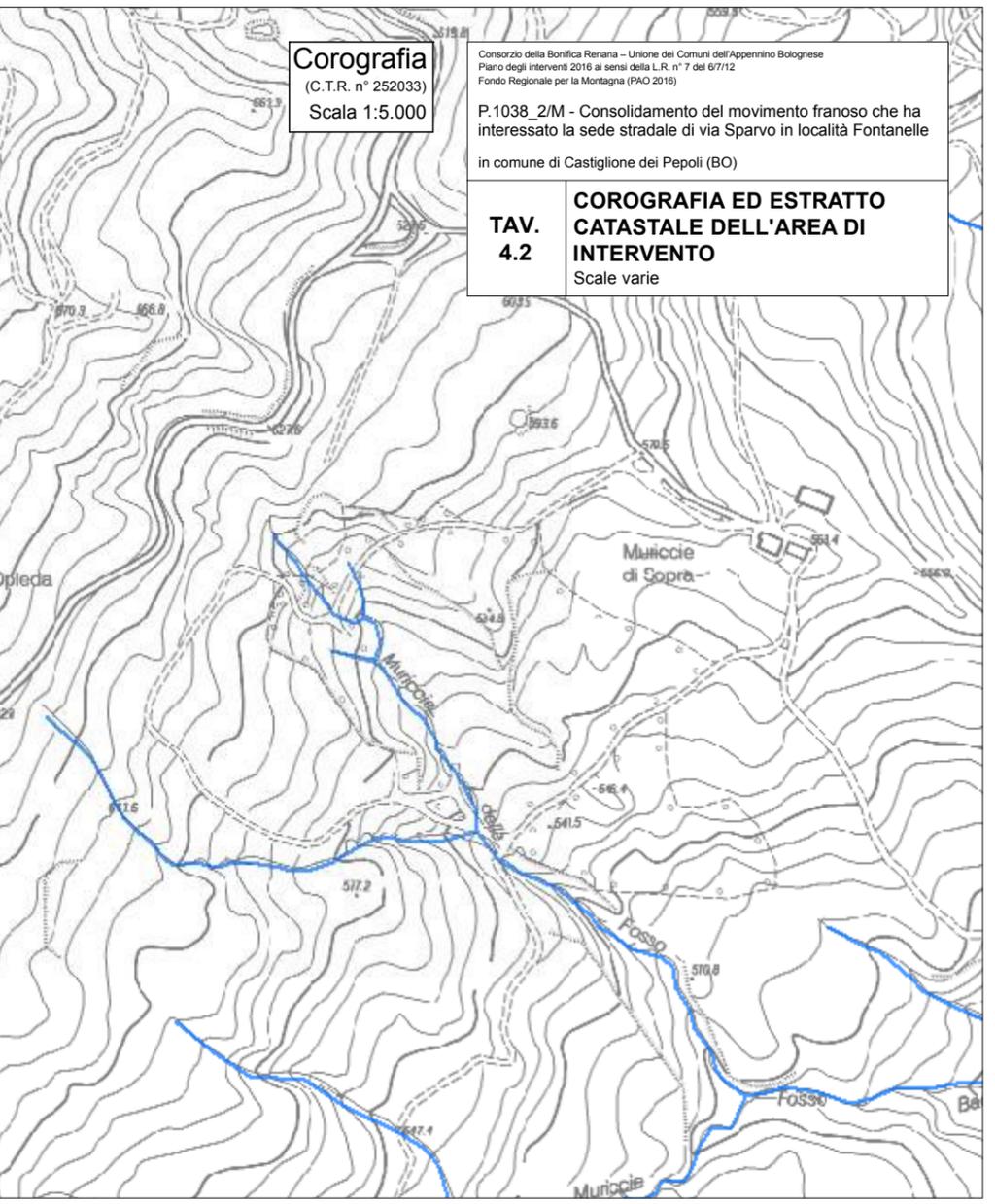
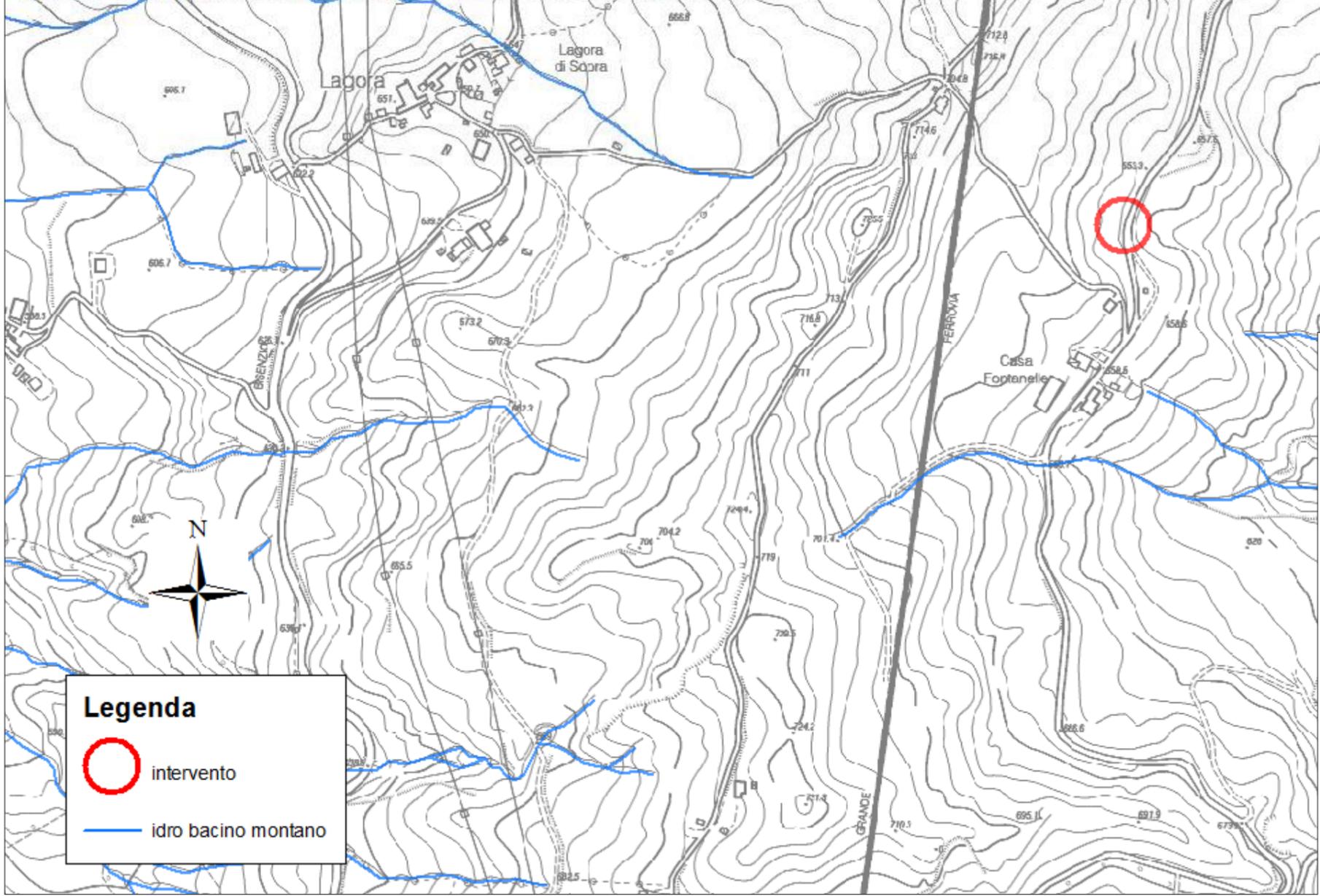


**Corografia**  
(C.T.R. n° 252033)  
Scala 1:5.000

Consorzio della Bonifica Renana - Unione dei Comuni dell'Appennino Bolognese  
Piano degli interventi 2016 ai sensi della L.R. n° 7 del 6/7/12  
Fondo Regionale per la Montagna (PAO 2016)

P.1038\_2/M - Consolidamento del movimento franoso che ha interessato la sede stradale di via Sparvo in località Fontanelle  
in comune di Castiglione dei Pepoli (BO)

**TAV. 4.2**  
**COROGRAFIA ED ESTRATTO CATASTALE DELL'AREA DI INTERVENTO**  
Scale varie



**Legenda**

intervento

idro bacino montano

**Legenda**

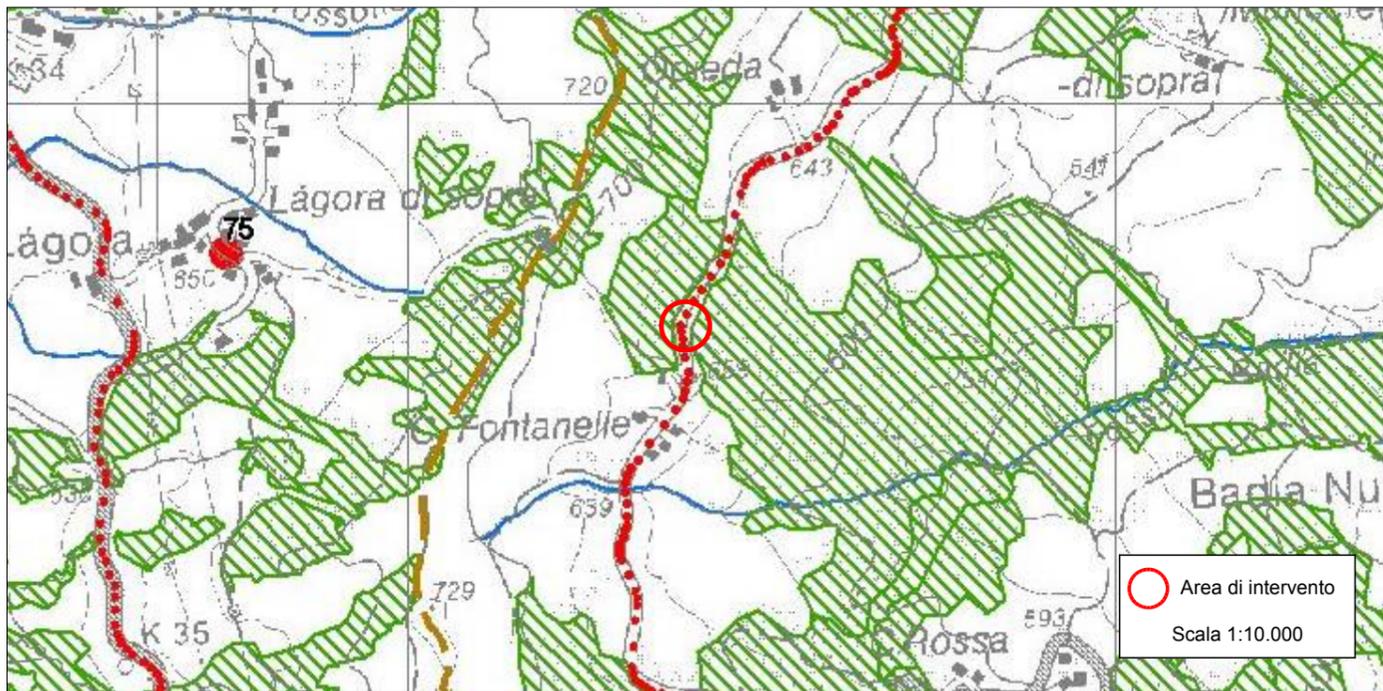
intervento

**proprietari**

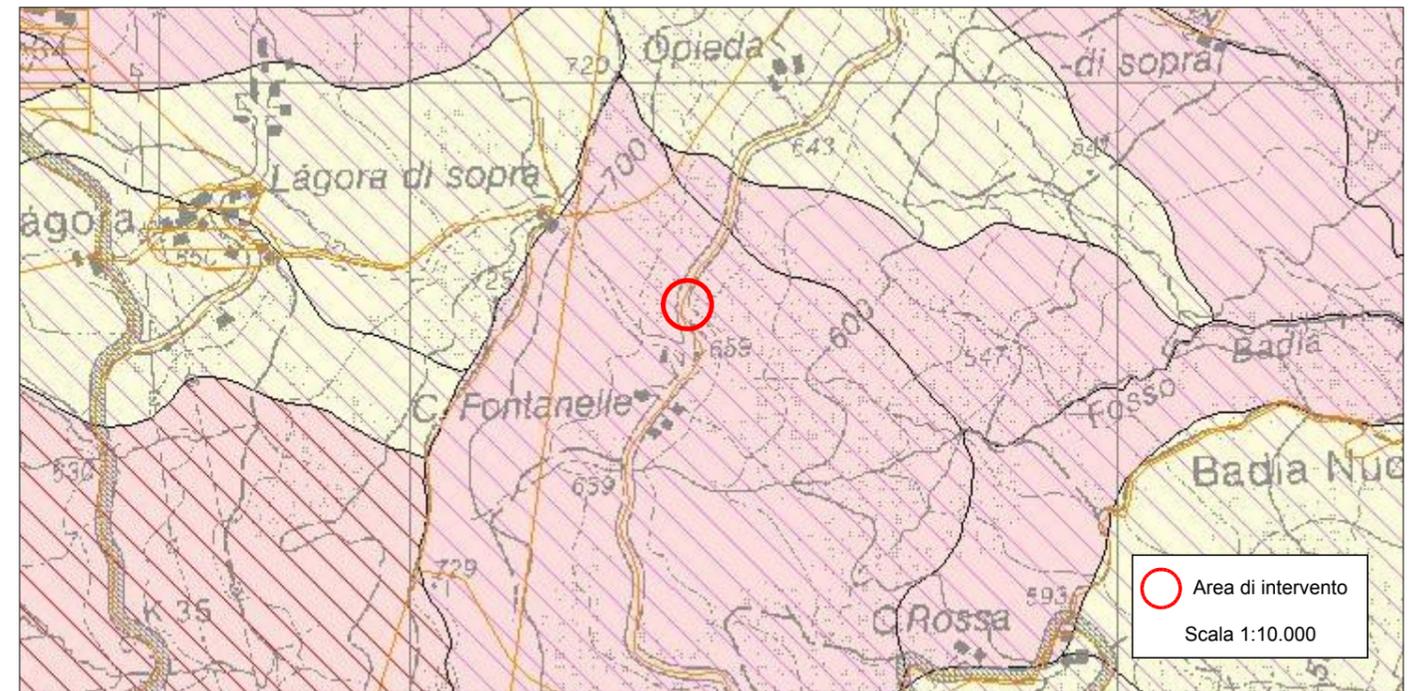
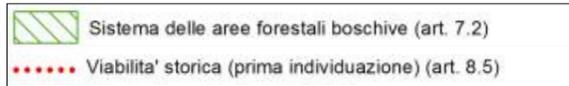
COMUNE DI CASTIGLIONE DEI PEPOLI

PAZZAGLIA ADRIANA

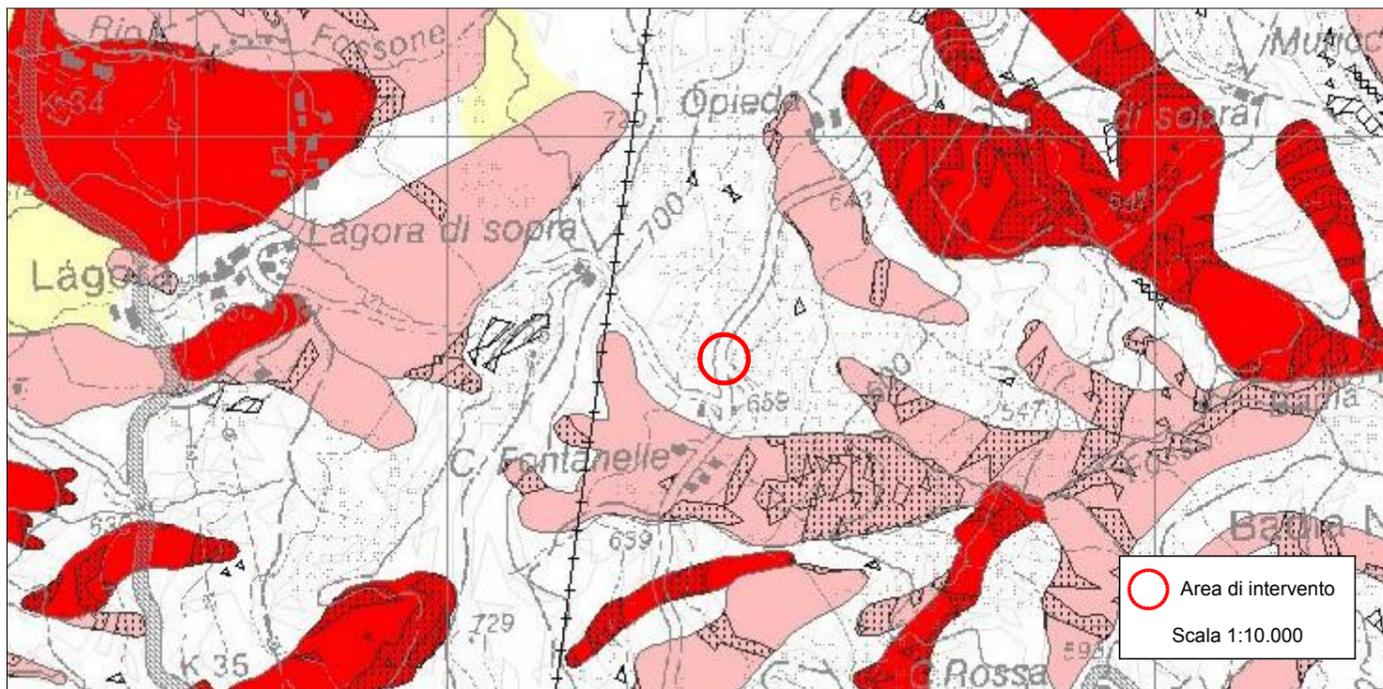




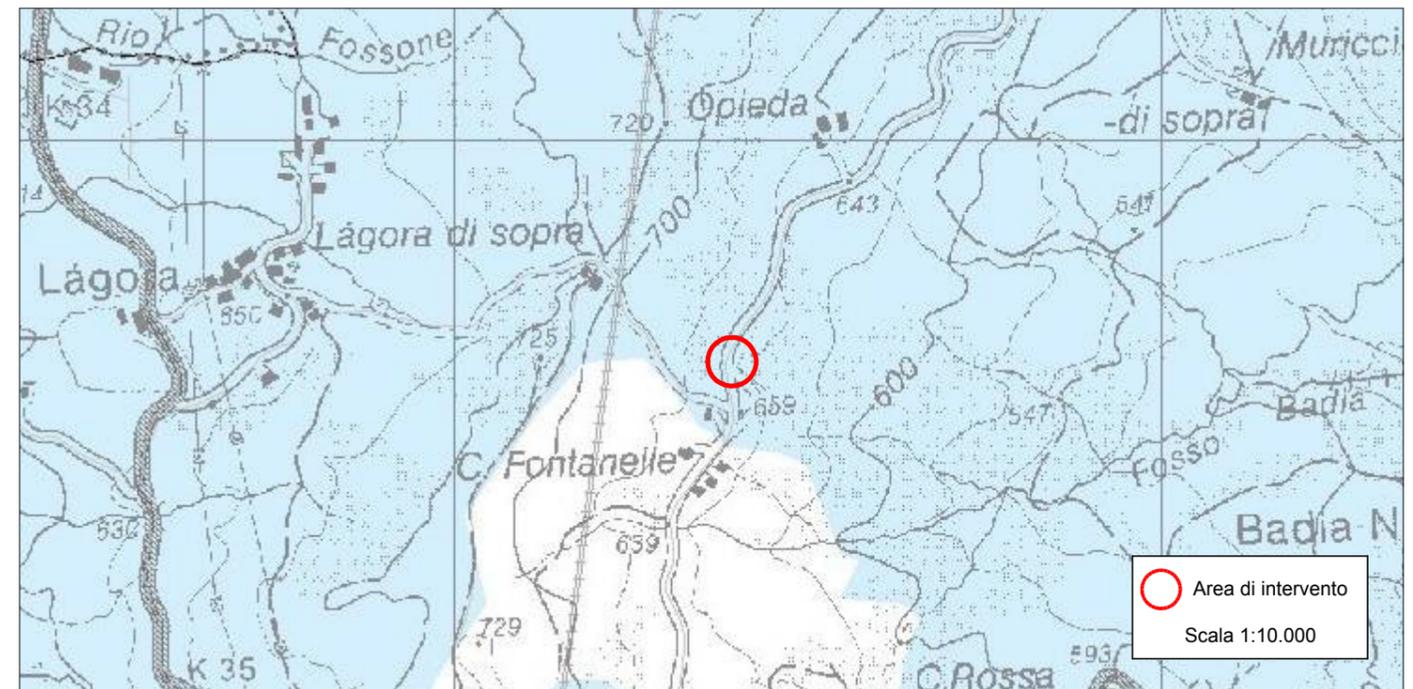
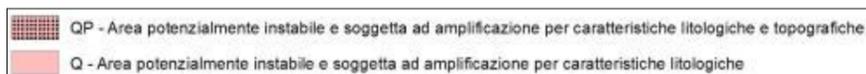
PTCP Tavola 1 - Tutela dei sistemi ambientali e delle risorse naturali e storici-culturali



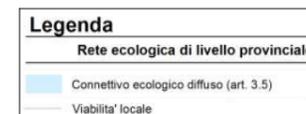
PTCP Tavola 2A - Rischio da frana, assetto versanti e gestione delle acque meteoriche



PTCP Tavola 2C - Rischio sismico: carte delle aree suscettibili di effetti locali



PTCP Tavola 5 - Reti ecologiche

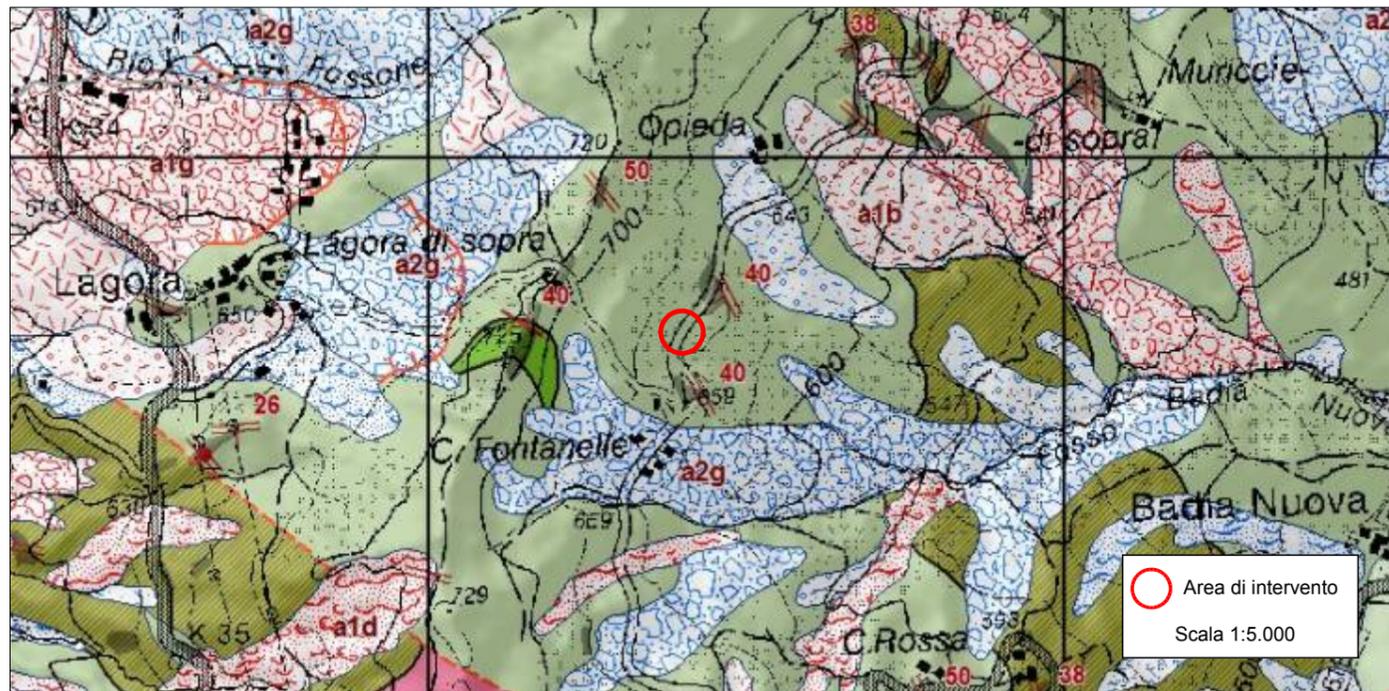


Consorzio della Bonifica Renana - Unione dei Comuni dell'Appennino Bolognese  
 Piano degli interventi 2016 ai sensi della L.R. n° 7 del 6/7/12  
 Fondo Regionale per la Montagna (PAO 2016)

P.1038\_2/M - Consolidamento del movimento franoso che ha interessato la sede stradale di via Sparvo in località Fontanelle in comune di Castiglione dei Pepoli (BO)

**TAV. 4.3**  
**PLANIMETRIE DEL PTCP DELLA CITTÀ METROPOLITANA DI BOLOGNA**  
 Scala 1:10.000





Cartografia geologica della Regione Emilia-Romagna - Sezione 252030

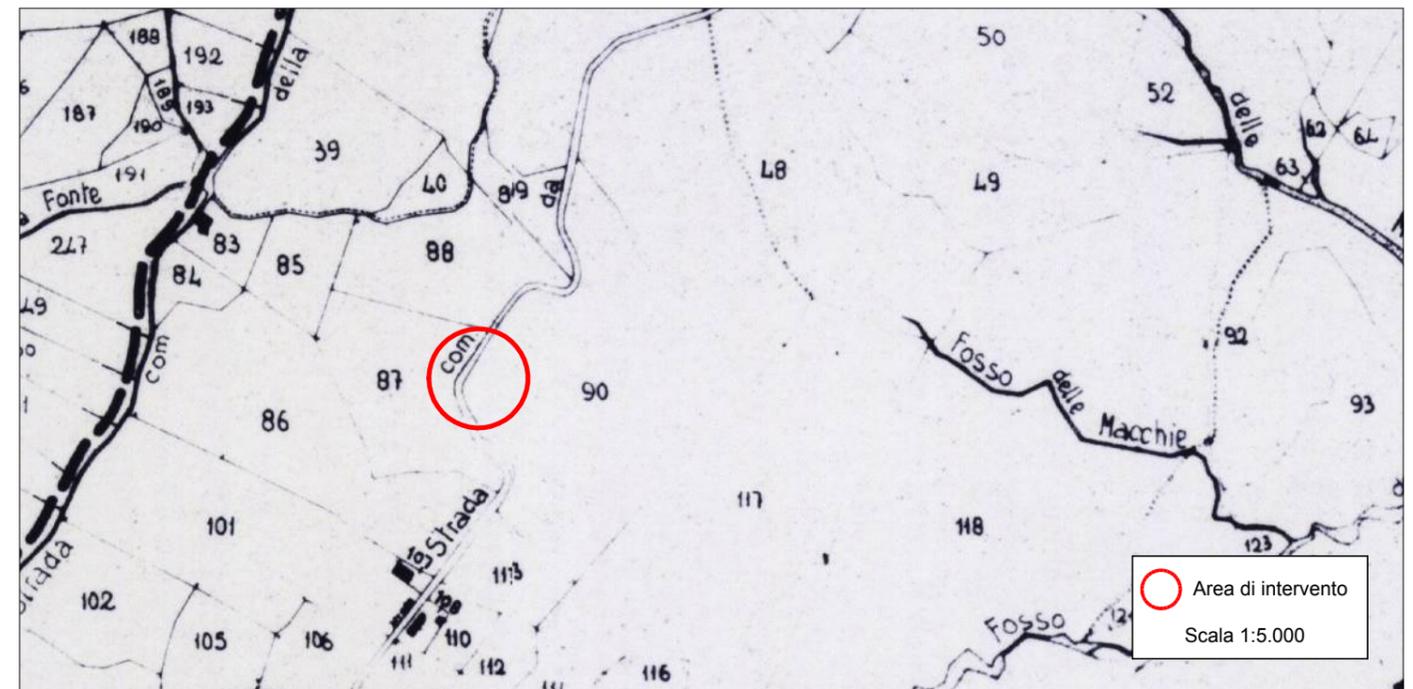


Sistema informativo forestale - Carte forestali provinciali

**AVC - Argilliti variegata con calcari**  
 Argilliti, talora marnose, bruno verdastre o grigio-verdi, talora in bande blu, nocciola in superficie alterata, in strati sottili con intercalate calcilutiti grigie (bianco-giallastre in superficie alterata), in strati da sottili a molto spessi, a volte marnose al tetto, e siltiti e arenarie fini in strati sottili. Rapporto A/C > 1. Strati calcareo-marnosi grigi, biancastri se alterati, da spessi a molto spessi, con base calcarenitica fine; breccie a matrice argillosa bruna a prevalenti clasti di calcari tipo palombini; argilliti grigio-piombo in livelli di spessore decimetrico alternate a calcari silicei grigio-bluastri in strati sottili e medi. Localmente è stata distinto un intervallo, spesso 80-100 m, costituito prevalentemente da torbiditi, di spessore variabile dal 50 cm a 3-4 m, a base calcarenitica fine e tetto marnoso molto sviluppato (litofacies calcareo-marnosa - AVCa). Nella parte bassa della formazione sono state talora distinte lenti di breccie poligeniche con clasti prevalentemente ofiolitici e più subordinatamente calcarei e diaspri (litofacies a breccie ofiolitiche - AVCa). Localmente sono presenti inclusi ofiolitici (of) di breccie poligeniche ad elementi ofiolitici, breccie di oficalciti e gabbri (bo) e basalti brecciati (Bb). Deformazione tettonica molto intensa che dà origine ad una foliazione ben marcata estremamente pervasiva nelle argilliti, mentre i livelli più competenti si presentano sottoforma di boudins e cerniere sradicate; solo molto raramente la stratificazione originale è preservata. Deposito di ambiente marino profondo. Contatto inferiore non affiorante; interdigitazioni con BAP. Potenza fino a circa 800 m.  
 (Cretaceo inf. - Eocene)



Sistema informativo forestale - Enti delegati in materia forestale



Cartografia del vincolo idrogeologico

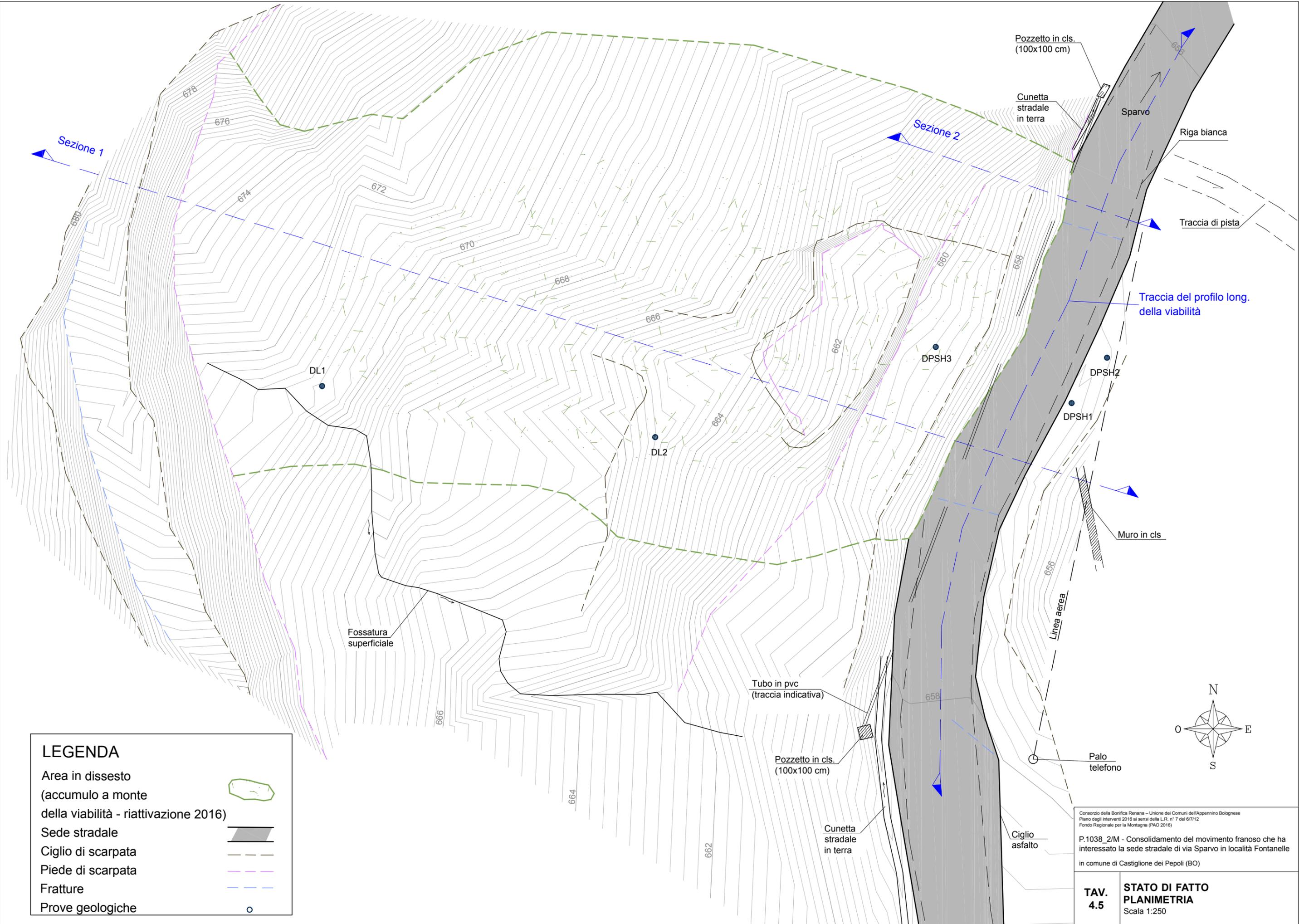
**Area esclusa**

Consorzio della Bonifica Renana - Unione dei Comuni dell'Appennino Bolognese  
 Piano degli interventi 2016 ai sensi della L.R. n° 7 del 6/7/12  
 Fondo Regionale per la Montagna (PAO 2016)

P.1038\_2/M - Consolidamento del movimento franoso che ha interessato la sede stradale di via Sparvo in località Fontanelle in comune di Castiglione dei Pepoli (BO)

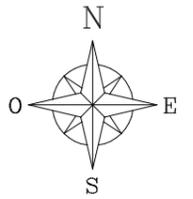
**TAV. 4.4** UBICAZIONE DELL'INTERVENTO ALL'INTERNO DELLA CARTOGRAFIA GEOLOGICA, FORESTALE E DEL VINCOLO IDROGEOLOGICO  
 Scale varie





**LEGENDA**

Area in dissesto (accumulo a monte della viabilità - riattivazione 2016)	
Sede stradale	
Ciglio di scarpata	
Piede di scarpata	
Fratture	
Prove geologiche	



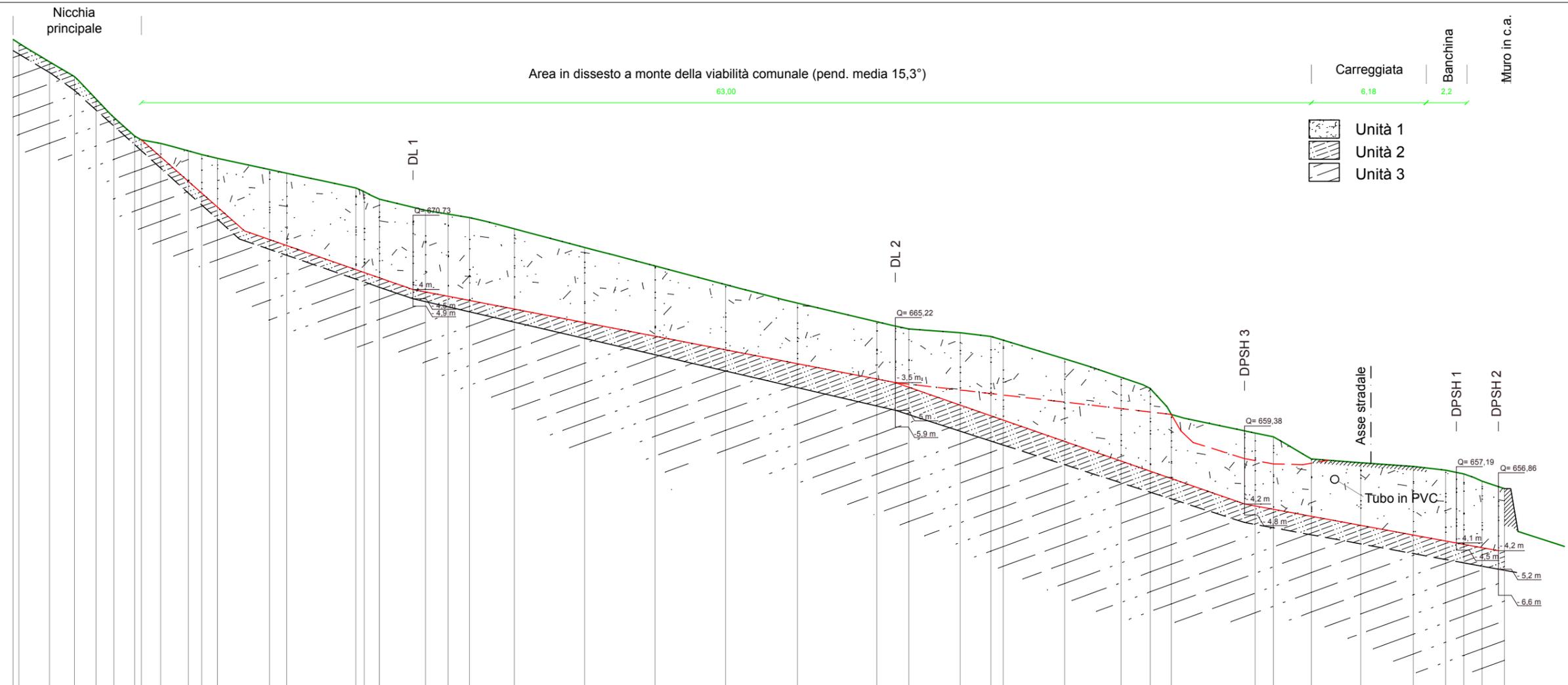
Consorzio della Bonifica Renana - Unione dei Comuni dell'Appennino Bolognese  
 Piano degli interventi 2016 ai sensi della L.R. n° 7 del 6/7/12  
 Fondo Regionale per la Montagna (PAO 2016)

P.1038\_2/M - Consolidamento del movimento franoso che ha interessato la sede stradale di via Sparvo in località Fontanelle in comune di Castiglione dei Pepoli (BO)

**TAV. 4.5** **STATO DI FATTO PLANIMETRIA**  
 Scala 1:250



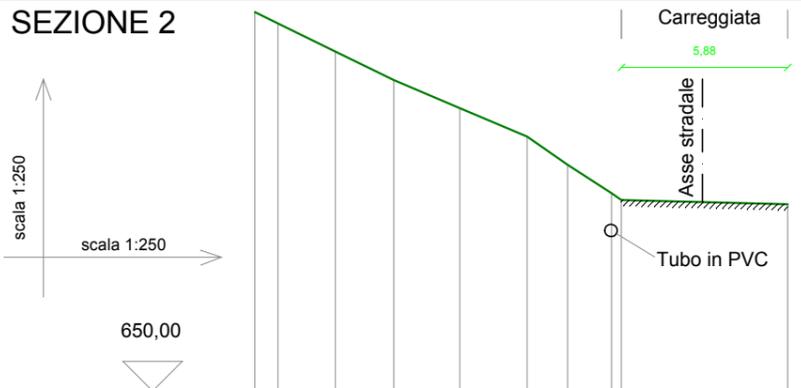
# SEZIONE 1



scala 1:250  
scala 1:250

Numero punto	1	23	4	5	6	7	89	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	
Quota (m s.l.m.)		688.00	679.00	678.20	677.00	676.00	675.80	674.60	674.20	674.00	673.80	673.20	673.00		672.00	671.60	671.00	670.80	670.60	670.00	669.00	668.00	668.00	667.00	666.00	665.00	664.60	664.40	664.20	664.00	663.00	662.00	661.40	660.00	659.00	658.80	657.60	657.40	657.20	657.00	656.80	656.40	656.00
Distanza parziale (m)	3,63	0,30	1,65	1,34	1,17	0,96	1,13	1,05	1,48	0,73	0,85	2,80	0,93	3,73	0,45	2,48	1,22	1,15	2,41	3,80	3,80	3,80	3,88	4,27	1,73	2,77	1,65	0,66	3,31	3,04	1,57	1,13	4,52	0,98	2,05	2,66	2,83	1,73	0,99	0,98	1,21		
Distanza progressiva (m)	0,00	3,63	5,59	6,93	8,09	9,05	10,34	11,58	13,06	13,79	14,64	17,43	18,37	22,10	23,37	25,85	27,07	28,22	30,63	34,43	38,22	42,02	45,90	50,17	51,90	54,67	56,32	56,98	60,29	63,34	64,91	66,05	70,57	71,55	73,60	76,26	79,09	80,83	81,81	82,80	84,00	86,72	

# SEZIONE 2

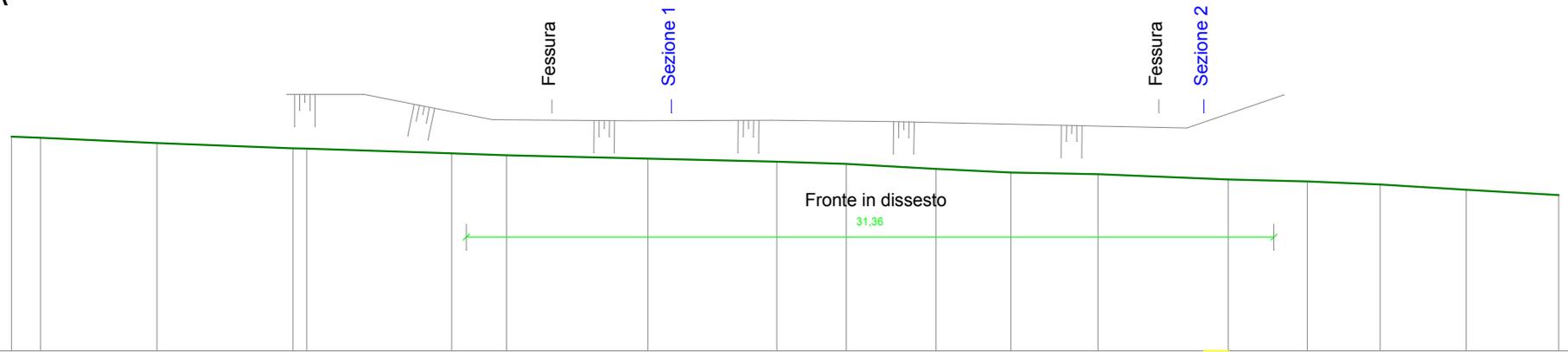
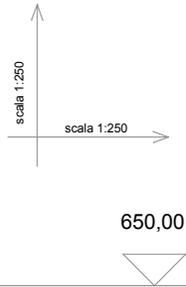


Numero punto	1	2	3	4	5	6	7	89	10
Quota (m s.l.m.)	663.40	663.00	662.00	661.00	660.00	659.00	658.00	657.99	656.60
Distanza parziale (m)	0,82	2,03	2,06	2,34	2,38	1,43	1,56	5,88	
Distanza progressiva (m)	0,00	0,82	2,85	4,91	7,25	9,63	11,06	12,67	18,85

Consorzio della Bonifica Renana - Unione dei Comuni dell'Appennino Bolognese  
 Piano degli Interventi 2016 ai sensi della L.R. n° 7 del 6/7/12  
 Fondo Regionale per la Montagna (PAO 2016)  
 P.1038\_2/M - Consolidamento del movimento franoso che ha interessato la sede stradale di via Sparvo in località Fontanelle  
 in comune di Castiglione dei Pepoli (BO)



# PROFILO LONG. DELLA VIABILITA'



Numero punto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Quota (m s.l.m.)	658.24	658.20	658.00	657.80	657.78	657.60	657.52	657.40	657.28	657.20	657.00	656.87	656.80	656.60	656.52	656.40	656.20	656.00
Distanza parziale (m)		1,13	4,52	5,28	0,54	5,62	2,14	5,48	5,01	2,70	3,49	2,90	3,38	5,06	3,06	2,84	3,33	3,59
Distanza progressiva (m)	0,00	1,13	5,65	10,93	11,47	17,09	19,23	24,71	29,72	32,42	35,91	38,81	42,19	47,25	50,31	53,15	56,48	60,07

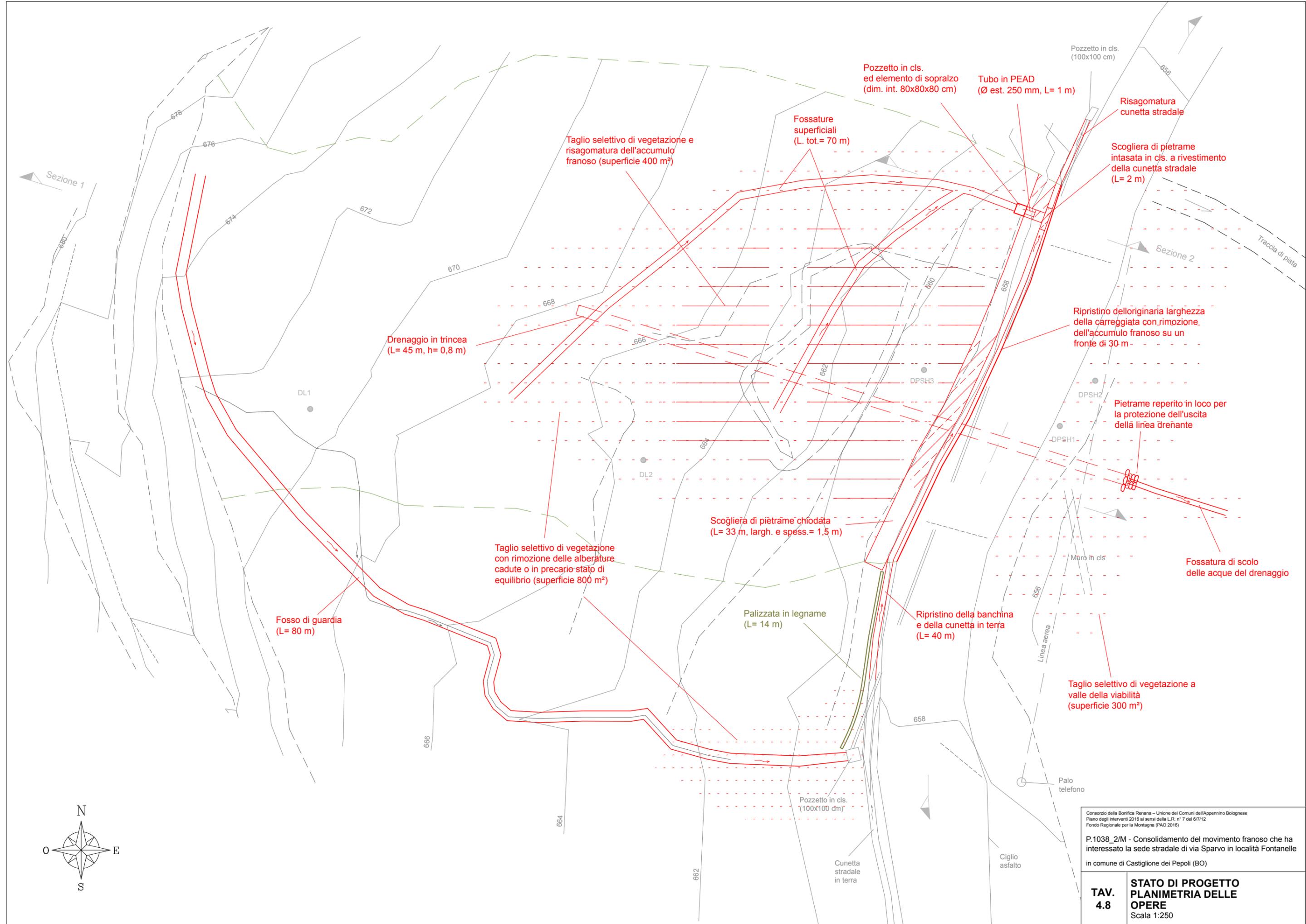
Consorzio della Bonifica Renana – Unione dei Comuni dell'Appennino Bolognese  
 Piano degli interventi 2016 ai sensi della L.R. n° 7 del 6/7/12  
 Fondo Regionale per la Montagna (PAO 2016)

P.1038\_2/M - Consolidamento del movimento franoso che ha interessato la sede stradale di via Sparvo in località Fontanelle in comune di Castiglione dei Pepoli (BO)

**TAV. 4.7**

**STATO DI FATTO  
PROFILO LONGITUDINALE  
DELLA VIABILITA'**  
Scala 1:250





Consorzio della Bonifica Renana – Unione dei Comuni dell'Appennino Bolognese  
 Piano degli interventi 2016 ai sensi della L.R. n° 7 del 6/7/12  
 Fondo Regionale per la Montagna (PAO 2016)

P.1038\_2/M - Consolidamento del movimento franoso che ha interessato la sede stradale di via Sparvo in località Fontanelle in comune di Castiglione dei Pepoli (BO)

**TAV. 4.8**

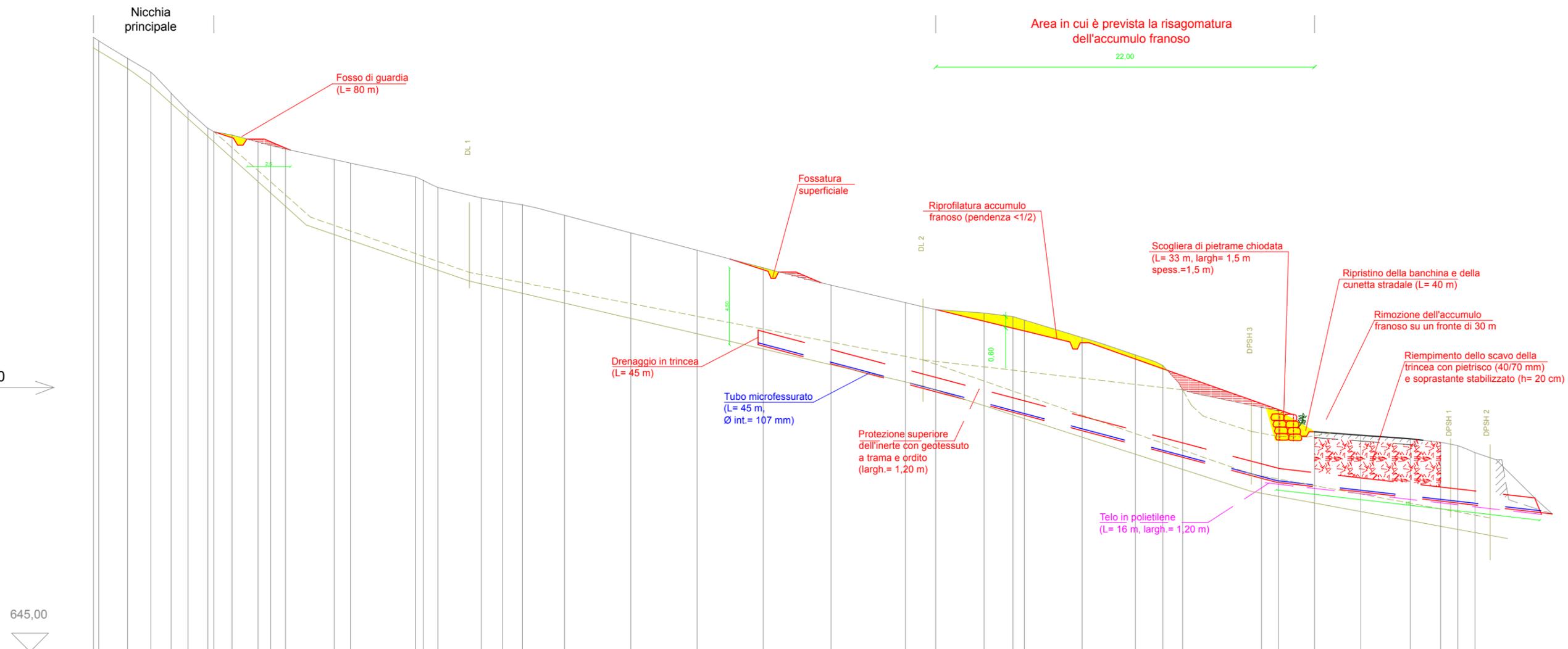
**STATO DI PROGETTO PLANIMETRIA DELLE OPERE**  
 Scala 1:250



- Superfici di scivolamento
- Tetto superiore del substrato roccioso non alterato
- Sterri (drenaggio escluso) = 8,2 m<sup>2</sup>
- Riporti (drenaggio escluso) = 5 m<sup>2</sup>

SEZIONE 1

scala 1:250  
 scala 1:250



Numero punto	1	23	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	
Quota (m s.l.m.)		688.00	688.00	679.00	678.20	677.00	676.00	675.80	674.60	674.20	674.00	673.80	673.20	673.00	672.60	671.60	671.00	670.80	670.60	670.00	669.00	668.00	667.00	666.00	665.00	664.60	664.40	664.20	664.00	663.00	662.00	661.40	660.00	659.00	658.80	657.60	657.40	657.20	657.00	656.80	656.40	656.00		
Distanza parziale (m)		3,63	0,30	1,65	1,34	1,17	0,96	1,13	1,05	1,48	0,73	0,85	2,80	0,93	3,73	0,45	0,82	2,48	1,22	1,15	2,41	3,80	3,80	3,80	3,88	4,27	1,73	2,77	1,65	0,66	3,31	3,04	1,57	1,13	4,52	0,98	2,05	2,66	2,83	1,73	0,99	0,98	1,21	
Distanza progressiva (m)	0,00	3,63	3,93	5,58	6,93	8,09	9,05	10,18	11,23	12,71	13,44	14,29	17,09	18,02	21,75	22,20	23,02	25,50	26,72	28,13	30,54	34,34	38,14	41,94	45,82	50,09	51,82	54,59	56,24	59,55	63,59	65,16	66,29	70,81	72,86	75,52	78,35	80,18	81,17	82,15	83,36	84,57	86,72	

Consorzio della Bonifica Renana – Unione dei Comuni dell'Appennino Bolognese  
 Piano degli interventi 2016 ai sensi della L.R. n° 7 del 6/7/12  
 Fondo Regionale per la Montagna (PAO 2016)

P.1038\_2/M - Consolidamento del movimento franoso che ha interessato la sede stradale di via Sparvo in località Fontanelle in comune di Castiglione dei Pepoli (BO)

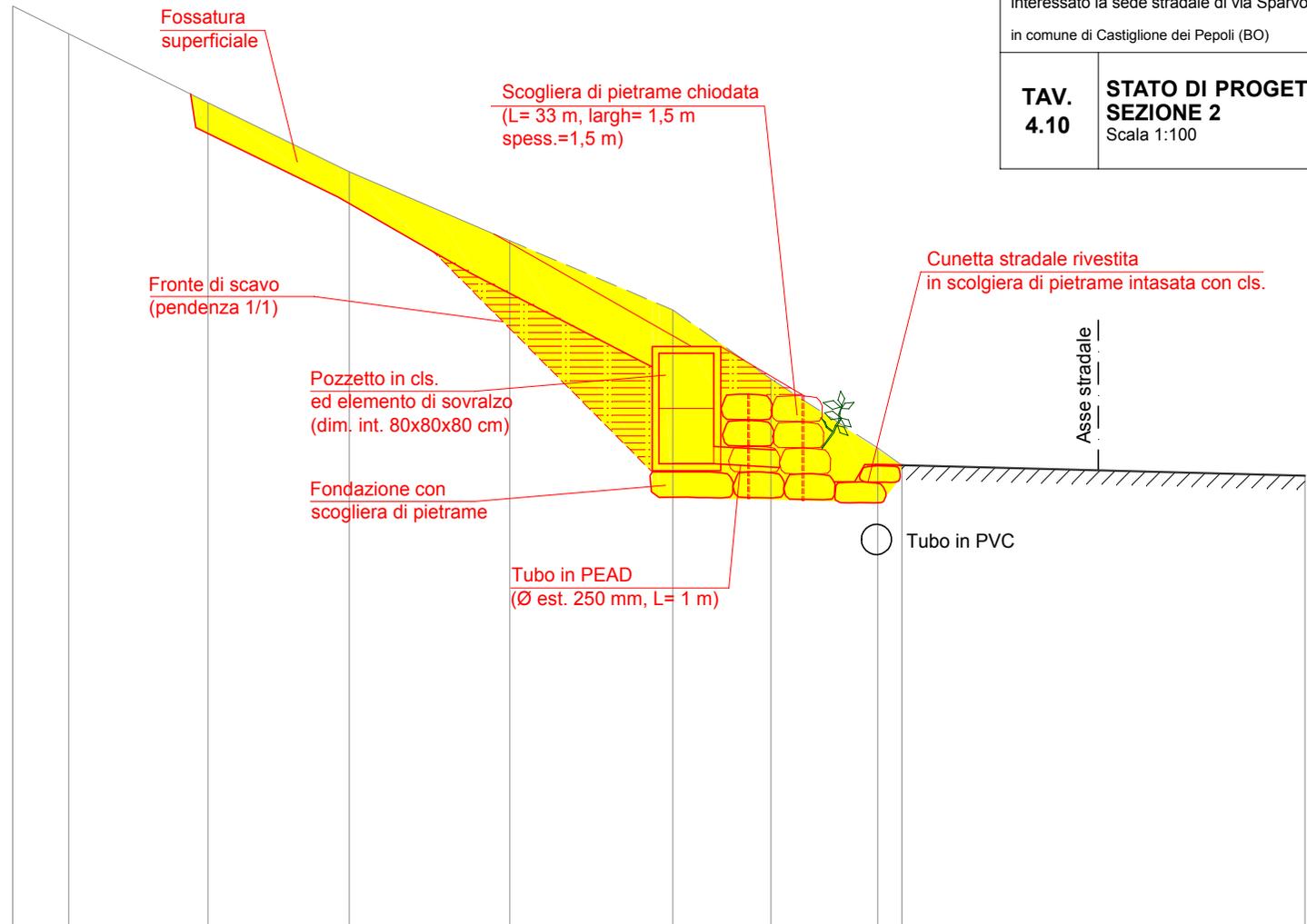
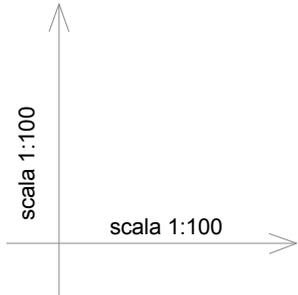
**TAV. 4.9**  
**STATO DI PROGETTO**  
**SEZIONE 1**  
 Scala 1:250



<b>TAV.</b> <b>4.10</b>	<b>STATO DI PROGETTO</b>
	<b>SEZIONE 2</b> Scala 1:100

**SEZIONE 2**

	Sterri = 13 m <sup>2</sup>
	Riporti = 3 m <sup>2</sup>



Numero punto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Quota (m s.l.m.)	663.40	663.00	662.00	661.00	660.00	659.00	658.00	657.00	656.75	656.60
Distanza parziale (m)		0,82	2,03	2,06	2,34	2,38	1,43	1,56	0,35	5,88
Distanza progressiva (m)	0,00	0,82	2,85	4,91	7,25	9,63	11,06	12,62	12,97	18,85





PROFILO LONG.  
DELLA VIABILITA'

Fronte in dissesto

31,36

scala 1:200  
scala 1:200  
650,00

Palizzata in legname  
(L= 14 m)

0,5

Fessura

Sezione 1

Fessura

Sezione 2

Pozzetto in cls.  
ed elemento di sopralzo

Scogliera di pietrame chiodata  
(L= 33 m, largh.= 1,5 m)

Numero punto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Quota (m s.l.m.)	658.24	658.20	658.00	657.80	657.78	657.60	657.52	657.40	657.28	657.20	657.00	656.87	656.80	656.60	656.52	656.40	656.20	656.00	655.80
Distanza parziale (m)	1,13	4,52	5,28	0,54	5,62	2,14	5,48	5,01	2,70	3,49	2,90	3,38	5,06	3,06	2,84	3,33	3,59	3,51	
Distanza progressiva (m)	0,00	1,13	5,65	10,93	11,47	17,09	19,23	24,71	29,72	32,42	35,91	38,81	42,19	47,25	50,31	53,15	56,48	60,07	63,58

Consorzio della Bonifica Renana - Unione dei Comuni dell'Appennino Bolognese  
Piano degli interventi 2016 ai sensi della L.R. n° 7 del 6/7/12  
Fondo Regionale per la Montagna (PAO 2016)

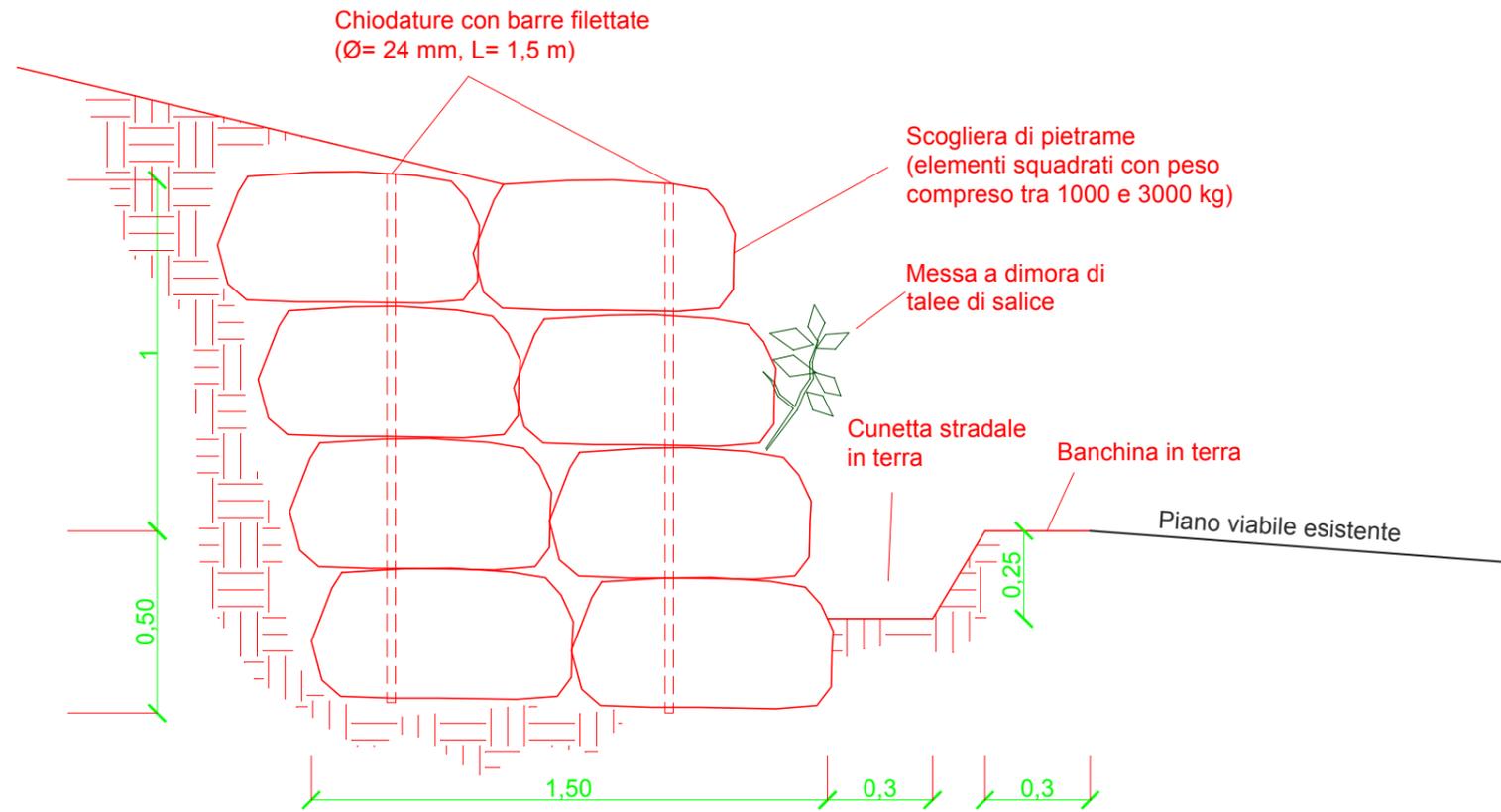
P.1038\_2/M - Consolidamento del movimento franoso che ha interessato la sede stradale di via Sparvo in località Fontanelle in comune di Castiglione dei Pepoli (BO)

TAV.  
4.11

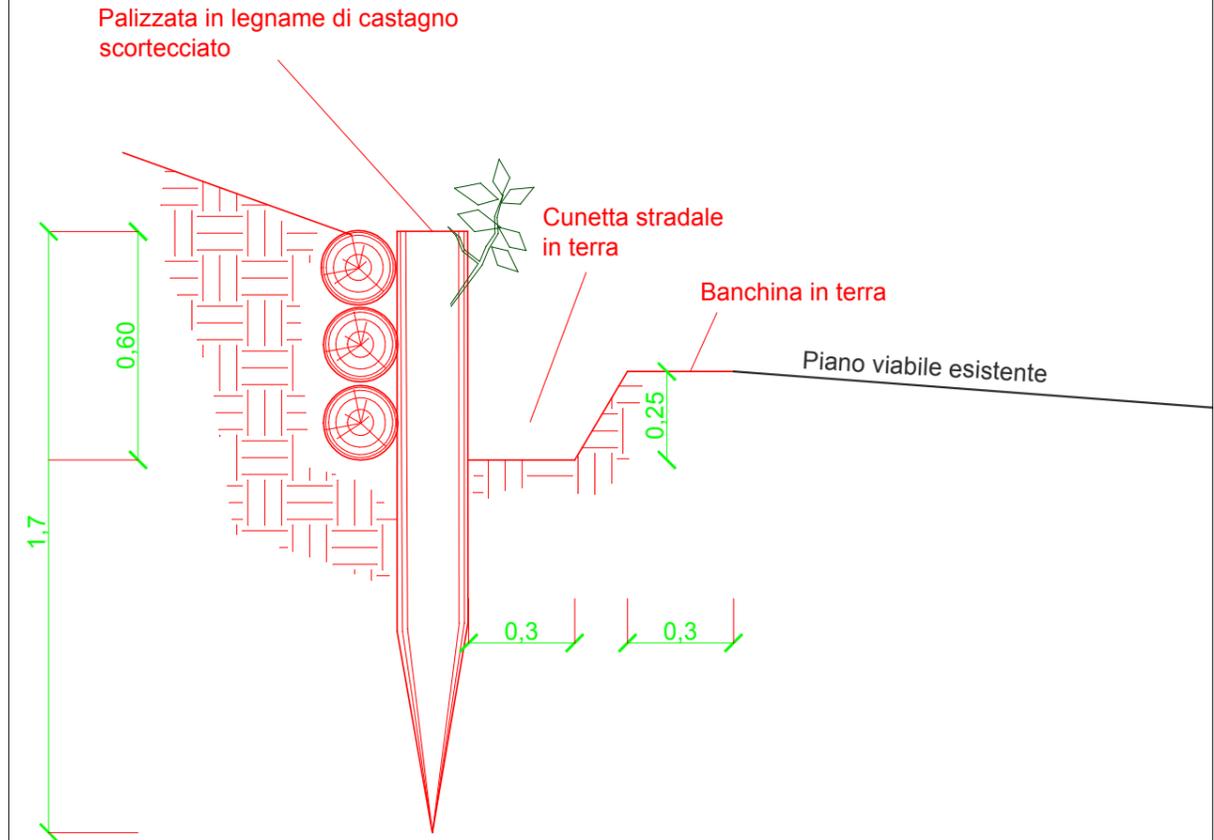
**STATO DI PROGETTO**  
**PROFILO LONGITUDINALE DELLA**  
**VIABILITA' CON PROSPETTO**  
**DELLE OPERE**  
Scala 1:200



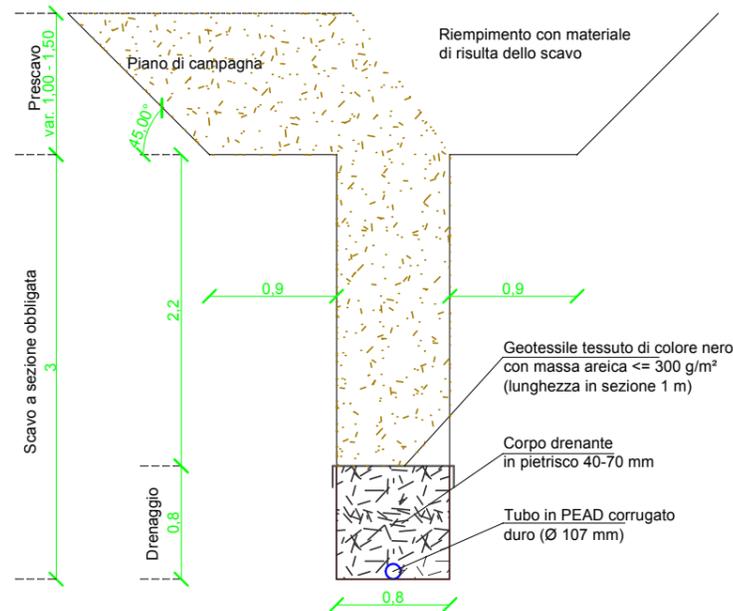
Schema tipo della scogliera di pietrame per la protezione della cunetta (scala 1:20)



Schema tipo della palizzata in legname per la protezione della cunetta (scala 1:20)



Schema tipo della trincea drenante (scala 1:50)



Consorzio della Bonifica Renana - Unione dei Comuni dell'Appennino Bolognese  
Piano degli interventi 2016 ai sensi della L.R. n° 7 del 6/7/12  
Fondo Regionale per la Montagna (FAO 2016)

P.1038\_2/M - Consolidamento del movimento franoso che ha interessato la sede stradale di via Sparvo in località Fontanelle in comune di Castiglione dei Pepoli (BO)

TAV.  
4.12

STATO DI PROGETTO  
SCHEMI TIPO DELLE OPERE  
Scale varie





AREA TECNICA  
SETTORE DIFESA MONTANA: PROGETTAZIONE E STUDI  
Via Santo Stefano n.56 40125 Bologna  
Tel. 051-295111 Fax. 051-295270  
C.P. 226 – 40100 – C.F. 91313990375  
e-mail [segreteria@bonificarenana.it](mailto:segreteria@bonificarenana.it)  
[www.bonificarenana.it](http://www.bonificarenana.it)

PROGETTO 1038\_02/M

*Consorzio della Bonifica Renana – Unione dei Comuni dell'Appennino Bolognese  
Piano degli interventi 2016 ai sensi della L.R. n° 7 del 6/7/12  
Fondo Regionale per la Montagna (PAO 2016)*

## **Consolidamento del movimento franoso che ha interessato la sede stradale di via Sparvo in località Fontanelle**

in comune di Castiglione dei Pepoli (BO)

### **5) COMPUTO METRICO ESTIMATIVO**

- 5.1) Computo metrico estimativo lavori;
- 5.2) Computo metrico estimativo costi della sicurezza



# Consorzio della Bonifica Renana

## Bologna

pag. 1

# COMPUTO METRICO

**OGGETTO:** Consolidamento del movimento franoso che ha interessato la sede stradale di via Sparvo in località Fontanelle in comune di Castiglione dei Pepoli (BO)

**COMMITTENTE:** Consorzio della Bonifica Renana

Data, \_\_\_\_\_

**IL TECNICO**

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	<b>RIPORTO</b>							
	<b><u>LAVORI A MISURA</u></b>							
	<b>Interventi sul versante (Cat 1)</b>							
1 003	Diradamento di vegetazione spontanea, cespugliosa, arborea con diametro alla base inferiore a 20 cm Diradamento selettivo della vegetazione lungo il versante in dissesto sia a monte sia a valle della viabilità con sezionamento del legname e suo ordinato accatastamento in loco A monte della viabilità A valle della viabilità					1'200,00 300,00		
	SOMMANO m2					1'500,00	1,00	1'500,00
2 001	Nolo di escavatore pala o ruspa potenza 90-118 kW Realizzazione piste di accesso per l'esecuzione del drenaggio Realizzazione fossature superficiali sul dissesto Risagomatura accumulo franoso a monte della viabilità Rimozione dell'accumulo franoso nei pressi della viabilità Ripristino della cunetta stradale lato monte viabilità Scavi per la messa in posto del nuovo pozzetto					4,00 12,00 16,00 10,00 8,00 10,00		
	SOMMANO ora					60,00	70,00	4'200,00
3 002	Nolo di autocarro, motrici a doppia trazione 3 ass fino a 14 t Trasporto a scarica del materiale di risulta delle lavorazioni					14,00		
	SOMMANO ora					14,00	60,00	840,00
4 005	Scavo per formazione di drenaggi a sezione obbligata: prof. massima 4 m Trincea drenante - scavo a sez. obbligata Trincea drenante - prescavo (area in sezione 3,5 m2 al metro lineare) arr.					108,00 157,50 22,50		
	SOMMANO m3	3,50	45,00	0,800	3,000	288,00	5,00	1'440,00
5 006	Tubo drenante Ø interno 107 mm Tubo dreno					45,00		
	SOMMANO m		45,00			45,00	8,00	360,00
	<b>A RIPORTARE</b>							8'340,00

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	R I P O R T O							8'340,00
6 007	Fornitura e posa di inerti per il drenaggio (pietrisco 40-70 mm) Trincea drenante Riempimento dello scavo al di sopra del drenaggio in corrispondenza dell'intersezione con la sede stradale arr.		45,00	0,800	0,800	28,80		
			6,50	0,800	2,000	10,40 0,80		
	SOMMANO m3					40,00	40,00	1'600,00
7 008	Geotessile tessuto nero per drenaggio Protezione superiore del bauletto drenante arr.		45,00	1,200		54,00 6,00		
	SOMMANO m2					60,00	2,10	126,00
8 009	Telo in polietilene (spessore 0,5 mm) Impermeabilizzazione tratto terminale del drenaggio arr		16,00	1,200		19,20 5,80		
	SOMMANO m2					25,00	4,50	112,50
9 010	Manufatto in pietrame di uscita linea drenante e tubo in pead di uscita del pozzetto Realizzazione di manufatto uscita linea drenante e tubo in PEAD di scarico del pozzetto posto a monte della viabilità					1,00		
	SOMMANO a corpo					1,00	402,50	402,50
	<b>Interventi lungo la viabilità (Cat 2)</b>							
10 011	Scogliera di pietrame Scogliera a monte della viabilità arr.	2,10	33,00	1,500	1,500	155,93 4,07		
	SOMMANO t					160,00	30,00	4'800,00
11 012	Ancoraggio scogliera con barre Ø24 mm Ancoraggi					40,00		
	SOMMANO cadauno					40,00	30,00	1'200,00
12 013	Palizzata in legno Palizzata a monte della viabilità per la pulizia della cunetta stradale		14,00			14,00		
	SOMMANO m					14,00	60,00	840,00
	A R I P O R T A R E							17'421,00







# Consorzio della Bonifica Renana

## Bologna

pag. 1

# COMPUTO METRICO

**OGGETTO:** COSTI SICUREZZA  
Consolidamento del movimento franoso che ha interessato la sede  
stradale di via Sparvo in località Fontanelle  
in comune di Castiglione dei Pepoli (BO)

**COMMITTENTE:** Consorzio della Bonifica Renana

Data, \_\_\_\_\_

**IL TECNICO**

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	<b>R I P O R T O</b>							
	<b>LAVORI A MISURA</b>							
1 sic-001	Utilizzo di box prefabbricato - per i primi 30 giorni lavorativi.					1,00		
	SOMMANO cadauno					1,00	205,00	205,00
2 sic-002	Utilizzo di wc chimico - per i primi 30 giorni lavorativi					1,00		
	SOMMANO cadauno					1,00	163,50	163,50
3 sic-003	Recinzione metallica su basi in calcestruzzo - per i primi 30 giorni lavorativi Delimitazione aree di lavoro su sede stradale					35,00		
	SOMMANO m					35,00	6,50	227,50
4 sic-004	Segnaletica e delimitazione cantiere temporaneo su sede stradale - per i primi 30 giorni lavorativi Segnaletica di delimitazione cantiere su sede stradale					1,00		
	SOMMANO cadauno					1,00	195,00	195,00
5 sic-005	Servizio di vigilanza stradale Servizio di vigilanza con movieri per l'uscita dei mezzi di lavoro					8,00		
	SOMMANO ora					8,00	23,00	184,00
6 sic-006	Recinzione con rete in plastica stampata su ferri Delimitazione degli abbarcamenti e delle aree di lavoro sul pendio attiguo alla viabilità					45,00		
	SOMMANO m2					45,00	5,00	225,00
	<b>Parziale LAVORI A MISURA euro</b>							1'200,00
	<b>T O T A L E euro</b>							1'200,00
	Data, _____							
	<b>Il Tecnico</b>							
	<b>A R I P O R T A R E</b>							1'200,00



AREA TECNICA  
SETTORE DIFESA MONTANA: PROGETTAZIONE E STUDI  
Via Santo Stefano n.56 40125 Bologna  
Tel. 051-2951111 Fax. 051-295270  
C.P. 226 – 40100 – C.F. 91313990375  
e-mail [segreteria@bonificarenanana.it](mailto:segreteria@bonificarenanana.it)  
[www.bonificarenanana.it](http://www.bonificarenanana.it)

PROGETTO 1038\_02/M

*Consorzio della Bonifica Renana – Unione dei Comuni dell'Appennino Bolognese  
Piano degli interventi 2016 ai sensi della L.R. n° 7 del 6/7/12  
Fondo Regionale per la Montagna (PAO 2016)*

## **Consolidamento del movimento franoso che ha interessato la sede stradale di via Sparvo in località Fontanelle**

in comune di Castiglione dei Pepoli (BO)

### **6) ELENCO PREZZI UNITARI**

- 6.1) Elenco prezzi unitari lavori
- 6.2) Elenco prezzi unitari costi della sicurezza



**Consorzio della Bonifica Renana**  
Bologna

pag. 1

# ELENCO PREZZI

**OGGETTO:** Consolidamento del movimento franoso che ha interessato la sede stradale di via Sparvo in località Fontanelle in comune di Castiglione dei Pepoli (BO)

**COMMITTENTE:** Consorzio della Bonifica Renana

Data, \_\_\_\_\_

**IL TECNICO**

Num.Ord. TARIFFA	DESCRIZIONE DELL'ARTICOLO	unità di misura	P R E Z Z O UNITARIO
Nr. 1 001	Nolo di escavatore, pala o ruspa, compresi operatore, carburante e lubrificante, per ogni ora di effettivo esercizio: potenza da 90 a 118 kW. <b>euro (settanta/00)</b>	ora	70,00
Nr. 2 002	Nolo di autocarro con cassone ribaltabile, compresi conducente, carburante e lubrificante, per ogni ora di effettivo esercizio: motrici a doppia trazione 3 assi fino a 14 tonnellate. <b>euro (sessanta/00)</b>	ora	60,00
Nr. 3 003	Diradamento di vegetazione spontanea, cespugliosa e arborea, con diametro alla base inferiore a 20 cm, da effettuarsi a mono o con idonei mezzi meccanici, senza rimozione delle cappaie, lungo ciglioni, basse sponde o versanti, con taglio e prelievo delle piante ammalate, cadute, in precario stato di equilibrio, compreso il trasporto a rifiuto o l'accatastamento ordinato, intervento da effettuarsi mediamente sul 40% della vegetazione adulta, secondo le disposizioni della DL: in zone disagiate <b>euro (uno/00)</b>	m2	1,00
Nr. 4 005	Scavo per formazione di drenaggi a sezione obbligata, in terreno di qualsiasi natura e consistenza, compresi demolizione o asportazione di eventuali trovanti, aggotamenti, rinterro dello scavo, sistemazione del materiale eccedente nella zona adiacente il cantiere e quant'altro occorra per dare il lavoro finito a regola d'arte: per drenaggi fino alla profondità massima di 4 m dal piano di campagna o di sbancamento o prescavo. <b>euro (cinque/00)</b>	m3	5,00
Nr. 5 006	Fornitura e posa in opera di tubo drenante in PEAD corrugato duro, certificato, a doppia parete con giunti a bicchiere finestrati nella parte superiore e sezione circolare, avente rigidità anulare maggiore o uguale a 3,15 N/cm <sup>2</sup> , compresa la raccorderia necessaria per ottenere qualsiasi tipo di collegamento e quant'altro occorra per dare il lavoro finito a regola d'arte. Diametro nominale interno di 107 mm. <b>euro (otto/00)</b>	m	8,00
Nr. 6 007	Fornitura e posa in opera di inerti selezionati e perfettamente lavati, sistemati nello scavo, compresi ogni onere ed accorgimento per salvaguardare l'integrità e il posizionamento del tubo drenante, sparsi a strati in soffice di spessore definito dalla D.L. e conguaglio in terra fino al piano di campagna e quant'altro occorra per dare il lavoro finito a regola d'arte: pietrisco di pezzatura 40-70 mm. <b>euro (quaranta/00)</b>	m3	40,00
Nr. 7 008	Fornitura e posa in opera di telo geotessile a trama e ordito in polipropilene nero stabilizzato ai raggi UV formato da bandelle sovrapposte. Il telo dovrà essere composto da materiale della migliore qualità in commercio, dovrà essere resistente agli agenti chimici, essere imputrescibile ed atossico, con buona resistenza alle alte temperature; sono comprese nel prezzo gli oneri della fornitura, della posa in opera sia in acqua che fuori acqua, con corpi morti e picchettazioni, dei tagli, degli sfridi, delle cuciture e quant'altro occorra per dare il lavoro finito a regola d'arte e secondo le indicazioni del c.s.a.: massa areica inferiore o uguale a 300 g/m <sup>2</sup> . <b>euro (due/10)</b>	m2	2,10
Nr. 8 009	Fornitura e posa in opera di telo in polietilene con spessore di 0,5 mm, posato a rivestimento o in fondo allo scavo, secondo l'altezza prevista nei disegni di progetto, in teli continui, anche saldati, compresa saldatura del telo, perfetta regolarizzazione e pendenza del piano di posa secondo lo sviluppo necessario e quant'altro occorra per dare il lavoro finito a regola d'arte. <b>euro (quattro/50)</b>	m2	4,50
Nr. 9 010	Realizzazione di manufatto di raccordo tra l'uscita della linea drenante e la fossatura di scolo delle acque superficiali, costituito da pietrame reperito in loco con dimensione massima degli elementi pari a 50x50x50 cm. Nel prezzo è compresa l'eventuale fornitura e posa in opera di un tratto (lunghezza massima 3 metri) di tubo cieco in polietilene a doppia parete del diametro nominale esterno di 200 mm per consentire la captazione delle acque provenienti dal retrostante drenaggio. La voce comprende inoltre la fornitura e la posa in opera di uno spezzone di tubo a doppia parete in PEAD corrugato duro (Ø est. 250 mm, lunghezza 1 metro) per lo scolo delle acque provenienti dal nuovo pozzetto in calcestruzzo ubicato a monte della viabilità. Nel prezzo è compresa la sigillatura dei giunti e quant'altro occorra per dare il lavoro finito a regola d'arte. <b>euro (quattrocentodieci/50)</b>	a corpo	402,50

Num.Ord. TARIFFA	DESCRIZIONE DELL'ARTICOLO	unità di misura	P R E Z Z O UNITARIO
Nr. 10 011	<p>Fornitura e posa in opera di pietrame lapideo proveniente da cava compatto, grossolanamente squadrato, inalterabile, tenace, privo di fratture e piani di scistosità, con tolleranza di elementi di peso inferiore fino al 15% del volume, per formazione di difese radenti, costruzione di pennelli, costruzione di briglie, soglie, rampe, compresi tutti gli scavi, i rinterri necessari, la realizzazione delle piste di accesso, il ripristino finale dei luoghi e l'accantonamento del materiale che non viene risistemato in loco per il successivo carico su autocarro, messa a dimora di talee di idonee specie autoctone per la ricostituzione floristico ambientale e ogni onere per dare il lavoro finito a regola d'arte: elementi del peso da 1000 a 3000 Kg.</p> <p><b>euro (trenta/00)</b></p>	t	30,00
Nr. 11 012	<p>Formazione di fori nella scogliera, del diametro di 35 mm e profondità minima 1,0 m nelle posizioni indicate dalla DL, compreso la fornitura e posa di barre di ancoraggio in acciaio B450C ad aderenza migliorata del diam. min. di 24 mm, compresa la sigillatura dei fori con malta antiritiro, e quant'altro occorra per eseguire il lavoro a regola d'arte.</p> <p><b>euro (trenta/00)</b></p>	cadauno	30,00
Nr. 12 013	<p>Esecuzione di palizzata in legname con talee, costituita da pali di castagno della lunghezza di 1,7 m e diametro 20 cm, infissi nel terreno per una profondità di 1,2 m ed emergenti per 50 cm, alla distanza di 1 m l'uno dall'altro, compresi collocamento sulla parte fuori terra di tronchi di castagno del diametro di 15-20 cm e lunghezza 2 m, con lo scopo di trattenere il materiale di risulta posto a tergo dell'opera stessa, messa a dimora di talee di idonee specie autoctone per la ricostruzione floristico ambientale e quant'altro occorra per dare il lavoro finito a regola d'arte. Nel prezzo è compreso il collegamento dell'opera in legname alla retrostante platea in c.a. mediante legature con filo di ferro da eseguire su ogni montante e ogni altro onere per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.</p> <p><b>euro (sessanta/00)</b></p>	m	60,00
Nr. 13 014	<p>Fornitura e posa in opera di pozzetti prefabbricati in conglomerato cementizio vibrato, completi di chiusini con botola, ciechi o a caditoia, con telaio di battuta per traffico pesante, compresi sottofondo in conglomerato cementizio con le caratteristiche tecniche indicate nel c.s.a. dello spessore minimo di 10 cm, collegamento e sigillatura della condotta e quant'altro occorra per dare il lavoro finito a regola d'arte: dimensioni interne 80x80x80 cm</p> <p><b>euro (trecentotrenta/00)</b></p>	cad	330,00
Nr. 14 015	<p>Fornitura e posa in opera di elementi di sovrizzo prefabbricati per pozzetti in conglomerato cementizio vibrato, compresi rinfilanco in sabbia dello spessore minimo di 10 cm, stuccatura dei giunti e quant'altro occorra per dare il lavoro finito a regola d'arte: dimensioni interne 80x80x80 cm</p> <p><b>euro (centocinquanta/00)</b></p>	cad	155,00
Nr. 15 016	<p>Fornitura e messa in opera di misto granulometrico stabilizzato per fondazione stradale con legante naturale, materiali di apporto, vagliatura per raggiungere la idonea granulometria, acqua, eventuali prove di laboratorio, lavorazione e costipamento dello strato con idonee macchine come indicato nel c.s.a., e quant'altro occorra per dare il lavoro finito a regola d'arte: misurato in opera dopo costipamento.</p> <p><b>euro (quarantasette/00)</b></p> <p>Data, _____</p> <p style="text-align: center;"><b>Il Tecnico</b></p> <p style="text-align: center;">----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----</p>	m3	47,00



# Consorzio della Bonifica Renana

## Bologna

pag. 1

# ELENCO PREZZI

**OGGETTO:** COSTI SICUREZZA  
Consolidamento del movimento franoso che ha interessato la sede  
stradale di via Sparvo in località Fontanelle  
in comune di Castiglione dei Pepoli (BO)

**COMMITTENTE:** Consorzio della Bonifica Renana

Data, \_\_\_\_\_

**IL TECNICO**

Num.Ord. TARIFFA	DESCRIZIONE DELL'ARTICOLO	unità di misura	P R E Z Z O UNITARIO
Nr. 1 sic-001	<p>Utilizzo di box prefabbricato con struttura costituita da profili metallici, tamponamento e copertura in pannelli autoportanti sandwich in lamiera interna ed esterna e coibente centrale (spessore 40 mm); pavimento in legno idrofugo rivestito in PVC, completo di impianto elettrico e di messa a terra, accessori vari, posato a terra su travi in legno, compresa manutenzione e pulizia. Dimensioni larghezza x lunghezza x altezza: 240x270x240 cm - nolo per i primi 30 giorni lavorativi. <b>euro (duecentocinque/00)</b></p>	cadauno	205,00
Nr. 2 sic-002	<p>Utilizzo di wc chimico di dimensioni non inferiori a 1,2x1,2x2,2 m, costituito da box prefabbricato realizzato in polietilene lineare stabilizzato ai raggi UV o altro materiale idoneo, in ogni caso coibentato, per consentire la praticabilità del servizio in ogni stagione; completo di impianto elettrico e di messa a terra, posato a terra su travi in legno o adeguato sottofondo, dotato di wc, lavabo, boiler ed accessori, compresi manutenzione, pulizia, espurgo settimanale e lo smaltimento certificato dei liquami. Nolo per i primi 30 giorni lavorativi. <b>euro (centosessantatre/50)</b></p>	cadauno	163,50
Nr. 3 sic-003	<p>Nolo di elementi mobili per recinzioni e cancelli, compresa parte apribile, costituiti da montanti verticali e orizzontali in tubolare zincato diametro non inferiore a 42 mm, pannello interno di rete zincata a caldo di spessore non inferiore a 4 mm e maglia 85x235, peso non inferiore a 16 kg, rivestiti su un lato con rete di plastica arancione e relativi basamenti in cls del peso di 35 kg, compresa la fornitura degli elementi, la posa in opera, l'ancoraggio al terreno, ove rappresenti struttura fissa o per linee aperte, con spezzoni di acciaio infissi nel terreno e legature con filo di ferro zincato, la traslazione degli elementi per la modifica della posizione necessaria all'avanzamento dei lavori, la manutenzione per tutta la durata dei lavori stessi, la rimozione a lavori ultimati: elemento mobile per recinzione 3,5x2 metri. Nolo per i primi 30 giorni lavorativi. <b>euro (sei/50)</b></p>	m	6,50
Nr. 4 sic-004	<p>Segnaletica e delimitazione cantiere temporaneo su sede stradale, conformemente a quanto previsto dal Codice della Strada, senza restringimento della carreggiata opposta ai lavori, costituite da segnale "lavori" corredato da cartello integrativo indicante l'estensione del cantiere e lampada a luce rossa fissa, divieto di sorpasso e limite massimo di velocità, segnale di obbligo di direzione, segnale di fine prescrizione, barriere mobili con lampada a luce rossa fissa, coni segnaletici e lampade a luce gialla lampeggiante, coni segnaletici di delimitazione dell'area interessata dai lavori. Nolo per i primi 30 giorni lavorativi. <b>euro (centonovantacinque/00)</b></p>	cadauno	195,00
Nr. 5 sic-005	<p>Servizio di vigilanza stradale per l'uscita dei mezzi dal cantiere; per ogni ora di servizio effettivamente prestata. <b>euro (ventitre/00)</b></p>	ora	23,00
Nr. 6 sic-006	<p>Fornitura e posa in opera di recinzione realizzata con rete in plastica stampata, sostenuta da ferri tondi diametro 20 mm, infissi nel terreno a distanza di 1 metro l'uno dall'altro, compreso il montaggio in opera, la successiva rimozione a lavori ultimati, e gli eventuali ripristini che si rendessero necessari. <b>euro (cinque/00)</b></p> <p>Data, _____</p> <p style="text-align: center;"><b>Il Tecnico</b></p> <p style="text-align: center;">----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----</p>	m2	5,00



AREA TECNICA  
SETTORE DIFESA MONTANA: PROGETTAZIONE E STUDI  
Via Santo Stefano n.56 40125 Bologna  
Tel. 051-295111 Fax. 051-295270  
C.P. 226 – 40100 – C.F. 91313990375  
e-mail [segreteria@bonificarenana.it](mailto:segreteria@bonificarenana.it)  
[www.bonificarenana.it](http://www.bonificarenana.it)

PROGETTO 1038\_02/M

*Consorzio della Bonifica Renana – Unione dei Comuni dell'Appennino Bolognese  
Piano degli interventi 2016 ai sensi della L.R. n° 7 del 6/7/12  
Fondo Regionale per la Montagna (PAO 2016)*

## **Consolidamento del movimento franoso che ha interessato la sede stradale di via Sparvo in località Fontanelle**

in comune di Castiglione dei Pepoli (BO)

### **7) QUADRO ECONOMICO**

	Importi in euro
Lavori	18.000,00
Costi della sicurezza	1.200,00
<b>IMPORTO DEI LAVORI IN APPALTO</b>	<b>19.200,00</b>
I.V.A. 22% sui lavori	4.224,00
Costi per oneri di discarica	500,00
Imprevisti	1.076,00
<b>TOTALE IMPORTO PROGETTO</b>	<b>25.000,00</b>



# COMUNE DI CASTIGLIONE DEI PEPOLI

(Provincia di BOLOGNA)

Piazza Marconi n. 1 - 40035 Castiglione dei Pepoli

Tel. 0534/801611 - Fax 0534/801700

P.I. 00702191206

C.F. 80014510376

## *Allegato A) alla delibera n. 97 /GC del 28/10/2016*

avente ad oggetto: **CONSOLIDAMENTO DEL MOVIMENTO FRANOSO CHE HA INTERESSATO LA SEDE STRADALE DI VIA SPARVO, LOCALITÀ FONTANELLE - APPROVAZIONE PROGETTO DEFINITIVO.**

Ai sensi dell'art. 49, 1° comma, del Decreto Leg.vo 18.08.2000 n. 267 e con riferimento alla deliberazione sopra indicata, il/i sottoscritto/i esprime/mono:

Parere *Favorevole* sulla *Regolarità Tecnica*

**IL RESPONSABILE DI AREA**

(Aldrovandi Alessandro)

---

Parere sulla *Regolarità Contabile*

**IL RESPONSABILE DELL'AREA ECONOMICO-FINANZIARIA**

---

*Documento prodotto in originale informatico e firmato digitalmente ai sensi dell'art. 20 del "Codice dell'amministrazione digitale" (D.Leg.vo 82/2005).*

---

---



**COMUNE DI CASTIGLIONE DEI PEPOLI**  
**PROVINCIA DI BOLOGNA**

**DELIBERA GIUNTA COMUNALE**  
**N. 97 del 28/10/2016**

OGGETTO:

**CONSOLIDAMENTO DEL MOVIMENTO FRANOSO CHE HA INTERESSATO LA SEDE STRADALE DI VIA SPARVO, LOCALITÀ FONTANELLE - APPROVAZIONE PROGETTO DEFINITIVO.**

Letto, approvato e sottoscritto come segue:

**FIRMATO**  
**IL VICE-SINDACO**  
**Dott.ssa AURELI DANIELA ENRICA**

**FIRMATO**  
**IL SEGRETARIO COMUNALE**  
**DOTT.SSA BRIZZI CLEMENTINA**

*Documento prodotto in originale informatico e firmato digitalmente ai sensi dell'art. 20 del "Codice dell'amministrazione digitale" (D.Leg.vo 82/2005).*