



REGIONE PUGLIA



PROVINCIA di FOGGIA



COMUNE di FOGGIA



Progetto Uno

Progetto Uno s.r.l. via Napoli, 116 - cap. 95127 Catania (CT)  
amm.: Oliver Lutz - cod. fisc. 0585151074 Tel.:3386386396

## PROGETTO DEFINITIVO

### Progetto per la realizzazione di un impianto eolico denominato "Wind 1" della potenza nominale di 54,4 MW nel Comune di Foggia loc. Cantone

Decreto Legislativo 29 dicembre 2003 n° 387- Attuazione della direttiva 2001/77/CE  
Promozione dell'energia elettrica da fonti rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità'

ELABORATO

## Relazione Sismica

FORMATO

SCALA

CODICE DOCUMENTO

NOME FILE

A4

/

SOC.

DISC.

TIPO DOC.

PROG.

REV.

PRO

SPEC

REL

004

A

PRO-SISM-REL-004

Coordinamento  
e Progettazione



#### Studio Tecnico Associato

ing. Giovanni Bruno - arch. G.Farinola  
Viale Europa, 62/a Foggia (FG)  
Tel. 0881373998 - 3356013949  
E-mail: ingbruno@tiscali.it

Studio Archeologico



#### Dott. Antonio Mesisca

Via Aldo Moro B/5 82021 Apice (BN)  
Tel. 3271616306  
E-mail: mesisca.antonio@virgilio.it

Studio Geologico e  
consulenza ambientale

#### Geol. Francesco Ferrante

Studio di Geologia Tecnica e Ambientale  
Via Attilio Benvenuto, 76 - Foggia (FG)  
Tel. 0881742216 - 3385654577  
E-mail: ferrantegeo@gmail.com

Studio Agronomico

#### Dott. Antonio Totaro

Viale L. Da Vinci, 1 Manfredonia (FG)  
Tel. 3486403829  
E-mail: atotaro033@gmail.com

Studio Paesaggistico

#### Arch. Giuseppe Farinola

Viale Europa, 62/a Foggia (FG)  
Tel. 0881373998 - 3387535391  
E-mail: agfarinola@virgilio.it

Studio Elettrico



#### Sciacca & Partners S.r.l.

C.so Vittorio Emanuele III, 51  
96015 Francofonte (SR)  
CF e P.IVA: 01871700892  
E-mail: noi@sciaccapartners.it

Rilievo Topografico



#### Studio Tecnico

#### Dott. Agr. Rocco Iacullo

Via Padre Antonio da Olivadi, 89 - Foggia  
Tel. 0881665592 - 3930051965  
E-mail: studioiacullo@gmail.com

Studio Acustico

#### Ing. Michele Russo

Via Mascagni, 1 - Margherita di Savoia (BT)  
Tel. 3495343724  
E-mail: russomicheleing@gmail.com

Rev.

Data

Oggetto della revisione

Elaborazione

Verifica

Approvazione

<b>PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>ZONAZIONE SISMOGENETICA .....</b>	<b>3</b>
<b>CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....</b>	<b>3</b>
<b>CARATTERIZZAZIONE GEOFISICA E GEOTECNICA DEL SITO E CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE .....</b>	<b>4</b>
<b>FATTORI DI AMPLIFICAZIONE STATIGRAFICA E TOPOGRAFICA.....</b>	<b>5</b>
<b>FATTORE DI IMPORTANZA DELL'OPERA.....</b>	<b>6</b>
<b>FATTORE DI STRUTTURA .....</b>	<b>6</b>
<b>LIVELLI DI RISCHIO .....</b>	<b>6</b>
<b>INDICE DI RISCHIO (PGA) .....</b>	<b>7</b>
<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>7</b>
 Allegato A)	 8
Verifica della liquefazione in condizioni limite	8
(Condizioni lito-stratigrafiche peggiori attese)	8

## Premessa

Su incarico della società **Progetto UNO S.r.l.** è stata redatta la seguente Relazione Sismica relativa alla realizzazione di un impianto eolico, denominato Progetto "WIND1" insistente nell'area comunale di Foggia, località "Cantone".

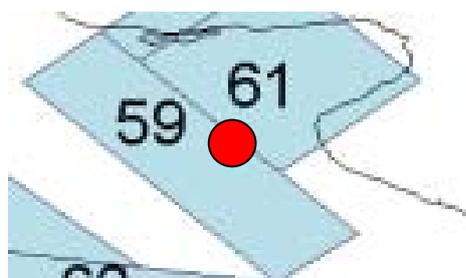
Obiettivo della presente relazione è quello di inquadrare dal punto di vista sismico la caratterizzazione dei terreni presenti in area di progetto.

La presente relazione è stata redatta secondo i requisiti per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni (nel seguito denominate N.T.C.), di cui al D.M. 14 settembre 2005, ed in particolare – tra le "Referenze tecniche essenziali" dell'Ordinanza P.C.M. 3274/03 e sue successive modifiche ed integrazioni.

## Zonazione sismogenetica



ZS9 (2004)



ZS4 (2000)

 Area di progetto

## Caratterizzazione sismica

L'area di progetto rientra nella seguente **zona sismica:** **FG = 2**

I valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $a_g$ ), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni sono:

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [ $a_g/g$ ]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [ $a_g/g$ ] Norme Tecniche
2	0,15 - 0,25	0,25

Nella prima colonna della Tabella 1 è riportato il valore di picco orizzontale del suolo (ag/g) espresso in percentuale di "g" (accelerazione di gravità) mentre nella seconda colonna sono riportati i valori dell'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico nelle norme tecniche sulle costruzioni. I valori riportati sono tutti riferiti alle accelerazioni che sono attese a seguito di un evento sismico laddove il sottosuolo interessato è costituito da Formazioni litoidi o Rigide definite quali suoli di fondazione di Categoria A (  $V_s \geq 800$  m/s).

### Caratterizzazione geofisica e geotecnica del sito e categoria del suolo di fondazione

Per la definizione dell'azione sismica è necessario identificare la categoria di appartenenza del sito basata sul profilo stratigrafico, ossia sulla velocità di propagazione delle onde di taglio nei differenti litotipi. In tal modo, è possibile effettuare l'attribuzione ad una delle differenti categorie di suolo, previste al punto 3.1 dell'Allegato 2 all'Ordinanza 3274 come modificato dall'OPCM 3431 del 3/5/05 che di seguito si elencano.

TIPO DI TERRENO	PROFILO STRATIGRAFICO	PARAMETRI		
		Vs30m/s	NSPT	cu kPa
A	Formazioni litoidi o suoli molto rigidi	> 800		
B	Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate...	< 800	> 50	> 250
		> 360		
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente...	< 360	< 50	< 250
		> 180		
D	Depositi di terreni granulari da sciolti .....	< 180	< 15	< 70
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali...			
S1	Terreni con almeno 10 m di argille/limi a bassa ....	< 100		< 20
				> 10
S2	Terreni soggetti a liquefazione ----			

Il parametro Vs30, rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S entro 30 m di profondità (al di sotto del piano di fondazione) ed è calcolato mediante la seguente espressione:  $V_{s30} = 30 / S_i = 1, N h_1 / V$  dove h1 e V1 indicano rispettivamente lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio <10<sup>-6</sup>) dello strato i-esimo per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

Nelle precedenti definizioni Vs30 costituisce la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio e viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ ) dello strato  $i_{esimo}$ , per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 m superiori. Il sito è stato classificato sulla base del valore di  $V_{s30}$ , stimato da valutazioni indirette.

**Sulla base di tali indagini si ritiene di adottare la categoria D.**

D	Depositi di terreni granulari sciolti	< 180	< 15	< 70
---	---------------------------------------	-------	------	------

Ai fini delle valutazioni di merito, come previsto dall'OPCM 3274, vanno utilizzati i valori più conservativi.

**Fattori di amplificazione stratigrafica e topografica**

Nell'Ordinanza 3274 come modificato dall'OPCM 3431 del 3/5/05, vengono definiti due fattori di amplificazione dell'azione sismica, che tengono conto, rispettivamente del profilo stratigrafico del suolo di fondazione (amplificazione stratigrafica) e della morfologia del sito (amplificazione topografica) dovuta cioè al fatto che il manufatto in questione possa trovarsi in un'area non pianeggiante.

Il coefficiente  $S$  di amplificazione stratigrafica calcolato deriva dalla categoria di profilo stratigrafico del sito.

Categoria di suolo	S	TB	TC	TD
A	1,00	0,15	0,40	2,0
B, C, E	1,25	0,15	0,50	2,0
D	1,35	0,20	0,80	2,0

Per un suolo di **tipo D**, vengono definiti i seguenti valori:  $S = 1,35$  per la componente orizzontale dell'azione sismica. Il coefficiente  $ST$  di amplificazione topografica assume valori diversi da 1 nel caso in cui si abbia una struttura eretta sopra o in vicinanza di un pendio con inclinazione  $>15^\circ$  e dislivello superiore a circa 30 m. Nel caso in esame, il coefficiente  $ST$  sarà assunto pari a 1.

## Fattore di importanza dell'opera

Come riportato nel paragrafo 3.2.5 del citato Allegato 2, le costruzioni devono essere dotate di un livello di protezione antisismica differenziato in funzione della loro importanza e del loro uso, e quindi delle conseguenze più o meno gravi di un loro danneggiamento per effetto di un evento sismico.

A tale scopo si istituiscono diverse "categorie di importanza", a ciascuna delle quali è associato un fattore  $\gamma_i$ , detto fattore di importanza (cfr. Testo integrato dell'Allegato 2 – Edifici – all'Ordinanza 3274 come modificato dall'OPCM 3431 del 3/5/05 punto 4.7).

Tale fattore amplifica l'intensità della azione sismica di progetto rispetto al valore che per essa si assume per costruzioni di importanza ordinaria (azione sismica di riferimento).

Il fattore di importanza si applica in eguale misura all'azione sismica da adottare per lo stato limite ultimo (punto 3.2.5 dell'Allegato 2) e per lo stato limite di danno (punto 3.2.6 dell'Allegato 2), variando conseguentemente le probabilità di occorrenza dei relativi eventi. Si consiglia pertanto un coefficiente  **$\gamma_i$  pari a 1.**

## Fattore di struttura

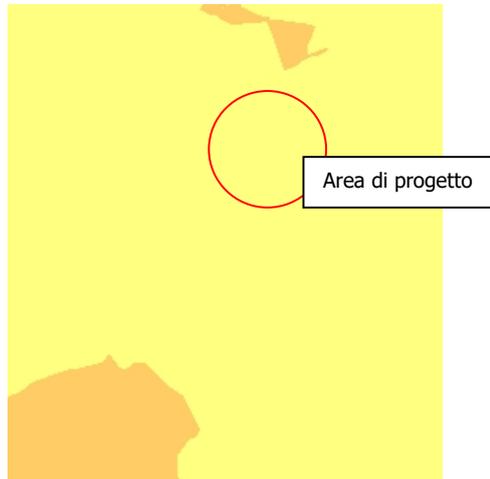
Le capacità dissipative delle strutture possono essere messe in conto attraverso un fattore riduttivo delle forze elastiche, denominato fattore di struttura  $q$ . Tale fattore è necessario per definire l'azione sismica di progetto, a partire dallo spettro di risposta elastico. Il suo valore dipende dai materiali e dalla tipologia strutturale. Nel nostro caso non si ritiene valutabile, vista la fase progettuale in essere non esecutiva.

## Livelli di rischio

P_AB_INA	Percentuale di abitazioni inagibili sul totale delle abitazioni.														
P_AB_DAN	Percentuale di abitazioni danneggiate sul totale delle abitazioni.														
P_DANSUP	<p>Percentuale della superficie delle abitazioni danneggiate sul totale della superficie delle abitazioni.</p> $P\_DANSUP = \sum_{i=0}^5 s_i f_i$ <p><math>s_i</math> = superficie con danno di livello <math>i</math>  <math>f_i</math> = fattore di danno per il livello <math>i</math> di danno <math>i</math></p> <table border="1"> <tr> <td>Livello di danno <math>i</math></td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Fattore di danno</td> <td>0</td> <td>0,01</td> <td>0,1</td> <td>0,35</td> <td>0,75</td> <td>1</td> </tr> </table>	Livello di danno $i$	0	1	2	3	4	5	Fattore di danno	0	0,01	0,1	0,35	0,75	1
Livello di danno $i$	0	1	2	3	4	5									
Fattore di danno	0	0,01	0,1	0,35	0,75	1									
P_INDEX	<p>Indice di rischio</p> $\text{indice} = \frac{pc}{pc_{max}} \times \frac{2}{3} + \frac{pd}{pd_{max}} \times \frac{1}{3}$ <p><math>pc</math> = percentuale popolazione coinvolta in crolli (P_POP_CRO)  <math>pd</math> = percentuale di superficie delle abitazioni danneggiate (P_DANSUP)</p>														

## Indice di rischio (PGA)

P_INDEX	0.1273956
M_AB_INA	0.09159827
P_DANSUP	0.13473092
P_AB_INA	0.08840075
P_POP_CRO	0.00979793
M_AB_DAN	0.54736121
M_AB_CRO	0.01368497



## Conclusioni

Ai fini della presente relazione, non si evincono particolari condizioni ostative preliminari dal punto di vista dell'aumento del rischio sismico locale, vista anche la tipologia d'area occupata (zona a verde agricolo).

Ai fini delle valutazioni di merito, come previsto dall'O.P.C.M. 3274, vanno utilizzati i valori più conservativi indicati nella presente relazione, previa verifica dei parametri di risposta sismica locale.

**Verifica della liquefazione in condizioni limite**

*(Condizioni lito-stratigrafiche peggiori attese)*

## VERIFICA A LIQUEFAZIONE

### Normative di riferimento

- Normativa sismica del GRUPPO NAZIONALE di Difesa dei Terremoti.
- Raccomandazioni del National Center for Earthquake Reserch (NCEER)
- Eurocodice 8, Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture
- Ordinanza Ministeriale nr. 3274 del 20 Marzo 2003

### Metodo di calcolo della domanda di resistenza a liquefazione *CSR*

Il carico sismico, *CSR*, dipende dalla magnitudo *M* e dalla massima accelerazione in superficie,  $a_{max}$ .

Per una magnitudo  $M=7.5$  *CSR* è espresso dalla seguente relazione

$$CSR=0.65*(a_{max}/g)(\sigma_{v0}/\sigma'_{v0})*r_d$$

essendo

- $a_{max}$  picco di accelerazione orizzontale in superficie prodotto dal terremoto  
 $g$  accelerazione di gravità  
 $\sigma_{v0}$  e  $\sigma'_{v0}$  tensione verticale geostatica totale ed efficace  
 $r_d$  coefficiente riduttivo delle tensioni

Per il coefficiente  $r_d$  si assumono i seguenti valori

- $r_d = 1.0 - 0.00765z$  per  $z \leq 9.15$  m  
 $r_d = 1.174 - 0.0267z$  per  $9.15 \leq z \leq 23$  m  
 $r_d = 0.774 - 0.008z$  per  $23 < z < 30$  m  
 $r_d = 0.5$  per  $z > 30$  m

Per terremoti con magnitudo diversa da 7.5 si applica un fattore correttivo, *MSF*, al valore di *CSR* precedentemente calcolato.

L'equazione utilizzata per per il calcolo di *MSF* viene di seguito riportata:

$$MSF = \left(\frac{M}{7.5}\right)^{-3.3} \quad \text{per } M \leq 7.5$$

$$MSF = \frac{10^{2.24}}{M^{2.56}} \quad \text{per } M > 7.5$$

L'Eurocodice 8 per tener conto di terremoti di magnitudo diversa da 7,5 utilizza la seguente correlazione :

M	MSF
5.5	2.86
6.0	2.20
6.5	1.69
7.0	1.30
8.0	0.67

### Metodi di calcolo della resistenza a liquefazione *CRR*

#### Metodo di Seed e Idriss

La valutazione della capacità di resistenza alla liquefazione (*CRR*) da prove penetrometriche dinamiche viene stimata dagli autori con la seguente espressione :

$$CRR = \frac{Na}{90}$$

con

$$Na = N_1 + N_{SPT} \cdot \left(\frac{1.7}{0.7 + \sigma'_v}\right)$$

dove :

$$N_1 = \begin{cases} 0.0 & \text{se } d_{50} > 0.25 \\ 7.5 & \text{se } d_{50} \leq 0.25 \end{cases}$$

$N_{SPT}$  : numero di colpi della prova penetrometrica standard;

$d_{50}$  : diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50% espresso in [mm];

$\sigma'_v$  : pressione verticale efficace espressa in [kg/cm<sup>2</sup>].

Il metodo si basa sulla determinazione del fattore di sicurezza espresso da:

$$F_s = CRR/CSR$$

Quest'ultimo è indicativo della propensione o meno del terreno a liquefare. Il deposito sabbioso saturo è potenzialmente liquefacibile se risulta  $F_s < 1.3$

#### Metodo di Seed modificato

La valutazione della capacità di resistenza alla liquefazione (*CRR*) da prove penetrometriche dinamiche viene stimata dagli autori con la seguente espressione:

$$CRR = \frac{a + c \cdot N_{60CS} + e \cdot (N_{60CS})^2 + g \cdot (N_{60CS})^3}{1 + b \cdot N_{60CS} + d \cdot (N_{60CS})^2 + f \cdot (N_{60CS})^3 + h \cdot (N_{60CS})^4}$$

$$a = 0.048;$$

$$b = -0.1248;$$

$$c = -0.004721;$$

$$d = 0.009578;$$

$$e = 0.0006136;$$

$$f = -0.0003285;$$

$$g = -0.00001673;$$

$$h = 0.000003714;$$

$N_{60CS}$  = numero di colpi della prova penetrometrica standard corretto.

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot C_N \cdot C_E \cdot C_B \cdot C_R \cdot C_S$$

$$N_{60CS} = A + B \cdot N_{60}$$

con

$$A = \begin{cases} 0.0 & \text{per } FC \leq 5\% \\ \exp\left[1.76 - \frac{190}{FC^2}\right] & \text{per } 5\% < FC \leq 5\% \\ 5.0 & \text{per } FC \geq 35\% \end{cases}$$

$$B = \begin{cases} 1.0 & \text{per } FC \leq 5\% \\ 0.99 + \frac{FC^{1.5}}{1000} & \text{per } 5\% < FC \leq 5\% \\ 1.2 & \text{per } FC \geq 35\% \end{cases}$$

dove:

$FC$  : frazione di fine contenuto nella sabbia. espressa in [%]

Il metodo si basa sulla determinazione del fattore di sicurezza espresso da:

$$F_s = CRR/CSR$$

Quest'ultimo è indicativo della propensione o meno del terreno a liquefare. Il deposito sabbioso saturo è potenzialmente liquefacibile se risulta  $F_s < 1.0$

#### Metodo di Tokimatsu e Yoshimi

La valutazione della capacità di resistenza alla liquefazione (CRR) da prove penetrometriche dinamiche viene stimata dagli autori con la seguente espressione:

$$CRR = a \cdot C_r \cdot \left[ \frac{16 \cdot \sqrt{Na}}{100} + \left( \frac{16 \cdot \sqrt{Na}}{C_s} \right)^n \right]$$

con :

$$Na = N_1 + N_{SPT} \cdot \left( \frac{1.7}{0.7 + \sigma'_v} \right)$$

dove :

$$a = 0.45;$$

$$C_r = 0.57;$$

$$C_s = 75;$$

$$n = 14;$$

$$N_1 = \begin{cases} 0 & \text{per una frazione di fine } FC < 5\% \\ 10 \cdot FC + 4 & \text{per una frazione di fine } FC \geq 5\% \end{cases}$$

$N_{SPT}$  : numero di colpi della prova penetrometrica standard;

FC : frazione di fine contenuto nella sabbia espressa in [%].

$\sigma'_v$  : pressione verticale efficace espressa in [kg/cm<sup>2</sup>].

Il metodo si basa sulla determinazione del fattore di sicurezza espresso da:

$$F_s = CRR / CSR$$

Quest'ultimo è indicativo della propensione o meno del terreno a liquefare. Il deposito sabbioso saturo è potenzialmente liquefacibile se risulta:

$F_s < 1.3$  per sabbie medio-dense,

$F_s < 1.5$  per sabbie medio-sciolte.

### Metodo di Iwasaki

La valutazione della capacità di resistenza alla liquefazione (CRR) da prove penetrometriche dinamiche viene stimata dagli autori con la seguente espressione:

$$CRR = \begin{cases} 0.0882 \cdot N_{SPT} \cdot \sqrt{\sigma'_v + 0.7} + 0.225 \cdot \text{Log}_{10} \left( \frac{0.35}{d_{50}} \right) & \text{per } 0.04 \leq d_{50} \leq 0.6; \\ 0.0882 \cdot N_{SPT} \cdot \sqrt{\sigma'_v + 0.7} - 0.05 & \text{per } 0.6 < d_{50} \leq 1.5. \end{cases}$$

dove :

$N_{SPT}$  : numero di colpi della prova penetrometrica standard;

$d_{50}$  : diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50% espresso in [mm];

$\sigma'_v$  : pressione verticale efficace espressa in [kg/cm<sup>2</sup>].

Il metodo si basa sulla determinazione del fattore di sicurezza espresso da:

$$F_s = \text{CRR} / \text{CSR}$$

Quest'ultimo è indicativo della propensione o meno del terreno a liquefare. Il deposito sabbioso saturo è potenzialmente liquefacibile se risulta  $F_s < 1.0$

## Dati Strumento

### Simbologia adottata

- $C_b$  : Fattore correttivo che tiene conto del diametro del foro di sondaggio;  
 $C_r$  : Fattore correttivo che tiene conto della lunghezza delle aste;  
 $C_s$  : Fattore correttivo che tiene conto del tipo di campionatore;  
 $C_e$  : Fattore correttivo che tiene conto dell'efficienza del sistema di infissione usato;

<b>C<sub>b</sub></b>	<b>C<sub>r</sub></b>	<b>C<sub>s</sub></b>	<b>C<sub>e</sub></b>
1.00	0.75	1.00	1.00

## Dati Situ

### Simbologia adottata

- $M$  : Magnitudo dell'evento sismico;  
 $a_{max} / g$  : Rapporto tra accelerazione sismica massima ed accelerazione di gravità;  
 $p_0$  : Presenza di sovraccarico al piano campagna espresso in [kg/mq];  
 $CdS$  : Classe di sottosuolo (per classe A e B si ha  $CdS=1.0$  per classe C si ha  $CdS=0.9$ );  
 $z_w$  : Profondità della falda dal piano campagna espressa in [m].

<b>M</b>	<b>a<sub>max</sub> / g</b>	<b>p<sub>0</sub></b>	<b>CdS</b>	<b>z<sub>w</sub></b>
6.50	0.15	2500,00	0,90	5,0

## Dati Stratigrafia

### Simbologia adottata

- $N_r$  : Indice dello strato;  
 $Descrizione$  : Descrizione strato;  
 $h$  : Spessore dello strato espresso in [m];  
 $\gamma$  : Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc];  
 $\gamma_s$  : Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc];  
 $d_{50}$  : Diametro della curva granulometrica del passante al 50 per cento espresso in [mm];  
 $fine$  : Contenuto di fine presente nello strato espressa in [%].

<b>Nr.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>h</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\gamma_s</math></b>	<b>d<sub>50</sub></b>	<b>fine</b>
1	limo sabbioso argilloso	5,0	2000	2000	0,25	23.00
2	argilla limosa sabbiosa	5,0	2100	2100	0,25	47.00

## Dati Prove Penetrometriche

### PROVA SPT

#### Simbologia adottata

- $N_r$  : Numero d'ordine dei valori delle misure della prova;  
 $z_i$  : Profondità alla quale viene effettuata la misura della prova espressa in [m];  
 $N_{SPT}$  : Numero di colpi della prova SPT.

Nr.	$z_i$	$N_{SPT}$
1	4,0	30
2	6,5	39
3	9,0	44

## Risultati Analisi

### Calcolo fattore di sicurezza

#### Simbologia adottata

$N_r$	: Numero d'ordine del risultato;
$z_i$	: Profondità alla quale viene calcolato il fattore di sicurezza espressa in [m];
$\sigma'_v$	: tensione verticale efficace calcolata alla profondità $z_i$ espressa in [kg/cmq];
$\sigma_v$	: tensione verticale totale calcolata alla profondità $z_i$ espressa in [kg/cmq];
$r_d$	: coefficiente correttivo di riduzione delle tensioni con la profondità $z_i$ ;
$MSF$	: coefficiente correttivo funzione dellamagnitudo del sisma;
$CSR$	: resistenza a taglio mobilitata espressa in termini di rapporto di tensione ciclica;
$CRR$	: sforzo di taglio indotto dal sisma espresso in termini di rapporto di resistenza ciclica;
$F_s$	: Fattore di sicurezza espresso come rapporto tra CRR e CSR;

#### Metodo SEED

Nr.	$z_i$	$\sigma'_v$	$\sigma_v$	$r_d$	MSF	CSR	CRR	$F_s$
1	4,00	1,05	1,05	0,97	1,60	0,41	0,10	4,14
2	6,50	1,42	1,56	0,95	1,60	0,43	0,11	4,05
3	9,00	1,69	2,09	0,93	1,60	0,43	0,12	3,69

Indice di Liquefacibilità del deposito (I.L.) : 0.00  
 Rischio di liquefazione : molto basso

#### Metodo SEED MODIFICATO

Nr.	$z_i$	$\sigma'_v$	$\sigma_v$	$r_d$	MSF	CSR	CRR	$F_s$
1	4,00	1,05	1,05	0,97	1,60	0,35	0,10	3,55
2	6,50	1,42	1,56	0,95	1,60	0,54	0,11	5,05
3	9,00	1,69	2,09	0,93	1,60	0,60	0,12	5,13

Indice di Liquefacibilità del deposito (I.L.) : 0.00  
 Rischio di liquefazione : molto basso

#### Metodo TOKIMATSU

Nr.	$z_i$	$\sigma'_v$	$\sigma_v$	$r_d$	MSF	CSR	CRR	$F_s$
1	4,00	1,05	1,05	0,97	1,60	7,53	0,10	76,68
2	6,50	1,42	1,56	0,95	1,60	17,40	0,11	163,34
3	9,00	1,69	2,09	0,93	1,60	17,25	0,12	147,79

Indice di Liquefacibilità del deposito (I.L.) : 0.00  
 Rischio di liquefazione : molto basso

**Metodo IWASAKI**

Nr.	$z_i$	$\sigma'_v$	$\sigma_v$	$r_d$	MSF	CSR	CRR	$F_s$
1	4,00	1,05	1,05	0,97	1,60	3,53	0,10	35,97
2	6,50	1,42	1,56	0,95	1,60	5,04	0,11	47,28
3	9,00	1,69	2,09	0,93	1,60	6,03	0,12	51,70

Indice di Liquefacibilità del deposito (I.L.) : 0.00

Rischio di liquefazione : molto basso

**Metodo Eurocodice SPT**

Nr.	$z_i$	$\sigma'_v$	$\sigma_v$	$r_d$	MSF	CSR	CRR	$F_s$
1	4,00	1,05	1,05	0,97	1,69	7,65	0,09	82,08
2	6,50	1,42	1,56	0,95	1,69	7,65	0,10	75,71
3	9,00	1,69	2,09	0,93	1,69	7,65	0,11	69,10

Indice di Liquefacibilità del deposito (I.L.) : 0.00

Rischio di liquefazione : molto basso