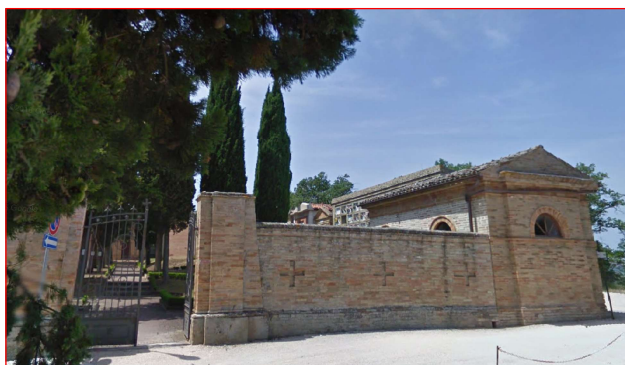




Amministrazione Comunale di Massa Fermana

Comune di Massa Fermana (FM)

**AMPLIAMENTO CIVICO CIMITERO  
PRIMO STRALCIO  
VIA MONTE STALIO - LOC. MADONNETTA**



**PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO**

**PROGETTO STRUTTURALE**

**RELAZIONE GEOTECNICA**

Progettisti :

- ARCH. CLAUDIO AGOSTINELLI

- ING. ANDREA SCHIAVONI

Collaboratore:

-ING. FEDERICO SABBATINI

FASC. N.

**04-ST-RG**

DATA

Luglio 2018

## SOMMARIO

1. Generalità .....	2
2. Normativa di riferimento .....	2
3. Descrizione dell'opera e degli interventi .....	3
4. Caratterizzazione Geologica e Litotecnica .....	3
5. Caratterizzazione Morfologica e Geomorfologica.....	3
6. Indagini geotecniche.....	4
7. Planimetria indagini e Sezioni Geologiche e Geotecniche.....	4
8. Caratterizzazione Litologica e Geotecnica delle unità litotecniche .....	6
9. Caratterizzazione sismica del sito .....	6
10. Verifiche della sicurezza e delle prestazioni: .....	8
11. Parametri di Progetto .....	10
12. Caratterizzazione del sito di costruzione e del terreno di fondazione .....	10
13. Problemi geotecnici e scelte tipologiche.....	11
14. Modelli geotecnici di sottosuolo e metodi di analisi:.....	11

## RELAZIONE GEOTECNICA

*(NTC 2018 CAP. 6 e CIRCOLARE 617/2009 punto C6.2.2.5)*

### 1. Generalità

Con la presente relazione si sono analizzate le caratteristiche geotecniche dei terreni costituenti l'area riguardante la realizzazione dell'edificio con destinazione agricola

La relazione è stata redatta in ottemperanza alle Leggi vigenti in materia.

### 2. Normativa di riferimento

Decreto Ministeriale 14.07.2018

*Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni*

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

*Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.*

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

*Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale.*

*Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007*

Eurocodice 8 (1998)

*Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture*

*Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)*

Eurocodice 7.1 (1997)

*Progettazione geotecnica – Parte I : Regole Generali . - UNI*

Eurocodice 7.2 (2002)

*Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI*

Eurocodice 7.3 (2002)

*Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita con prove in sito(2002). UNI*

### **3. Descrizione dell'opera e degli interventi**

L'intervento riguarda la realizzazione dell'ampliamento del Cimitero Civico Comunale di Massa fermana

L'intervento in esame prevede la realizzazione di n. 3 manufatti due denominati corpo A e B sono costituiti dai loculi positi su 5 livelli , il corpo C è costituito da edicole funerarie ed è costituito strutturalmente da setti in c.a. , pilastri , solai in c.a..

Le fondazioni sono del tipo indiretto su pali intestati nella formazione argillosa .

ALTITUDINE:	350 m s.l.m.
TIPOLOGIA STRUTTURALE:	Struttura in c.a.
TIPOLOGIA FONDAZIONI:	Fondazioni indirette su pali
NORMATIVA:	D.M.14/01/2018
APPROCCIO VERIFICA GEO:	Approccio 2

### **4. Caratterizzazione Geologica e Litotecnica**

Per ciò che riguarda l'aspetto geologico e la determinazione dell'andamento dei litotipi presenti nella zona d'interesse, è stata sviluppata una campagna d'indagine caratterizzata da una ricerca bibliografica iniziale, un sopralluogo preliminare ed un rilievo di dettaglio con l'esecuzione di prove geotecniche in situ. Si veda la relazione geologica allegata, redatta dal Dott. Geol. Massimo Basili .

### **5. Caratterizzazione Morfologica e Geomorfologica**

L'area in esame è ubicata nella porzione settentrionale del territorio comunale di Massa Fermana, ad una distanza di circa 1.3 chilometri, in direzione Nord dal centro storico della cittadina.

Morfologicamente l'area su cui si sviluppa il civico cimitero ricade in corrispondenza della sommità di una stretta dorsale collinare, avente asse di allungamento disposto secondo la direzione SW-NE, la cui struttura collinare deriva, verosimilmente, dall'azione combinata della tettonica trasversale avvenuta a partire dal Pleistocene, responsabile secondo quanto emerso da studi specifici (Coltorti & Nanni, 1986) dell'attuale assetto morfostrutturale delle valli alluvionali marchigiane, e l'erosione lineare esercitata dalle acque correnti superficiali .

Oltrepassata la spianata del cimitero, il versante digrada verso NordOvest con una inclinazione media di circa 11-13° sino ad intercettare l'alveo del Fiume Ete Morto a quota 130 mt. Slm, mentre verso SudEst il versante declina in maniera meno accentuata (10-11°) sino ad un impluvio minore posto a quota 260 mt. slm. Pertanto dal punto di vista topografico il sito può essere classificato secondo il D.M. 17 Gennaio 2018, come Categoria T1 (Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i < 15^\circ$ ).

## 6. Indagini geotecniche

Nella zona, dalle indagini effettuate e dal reperimento della bibliografia esistente, si è evidenziata una successione litostratigrafica costituita dall'alto verso il basso da:

- |                                    |                              |
|------------------------------------|------------------------------|
| a) LIMO ARGILLOSO SABBIOSO concrez | > deposito eluvio-colluviale |
| b) ARGILLA stratificata a SABBIA   | > membro Pelitico-Arenaceo   |
| c) SABBIA stratificata ad ARGILLA  | > membro Arenaceo-Pelitico   |

a) LIMO ARGILLOSO SABBIOSO concrez.: litotipo piuttosto omogeneo, a luoghi fortemente concrezionato, composto da sedimenti prevalentemente limosi e subordinatamente argillosi, dalla colorazione avana-nocciola inglobante grumi sabbiosi giallognoli e talora noduli organici di colore nerastro. Terreno di medio bassa consistenza, caratterizzato comunque da proprietà geotecniche estremamente variabili e dipendenti dal contenuto naturale d'acqua del sedimento, così come quelle volumetriche dello stesso, con spiccata tendenza al rigonfiamento a seguito di assunzione idrica e conseguente ritiro per effetto di essiccazione e/o perdita di contenuto d'acqua in genere. Litotipo rinvenuto in affioramento sulla scarpata retrostante il cimitero e nel corso della sola penetrometrica Dpsh2 sino ad una profondità di 1.60 mt dall'attuale piano campagna.

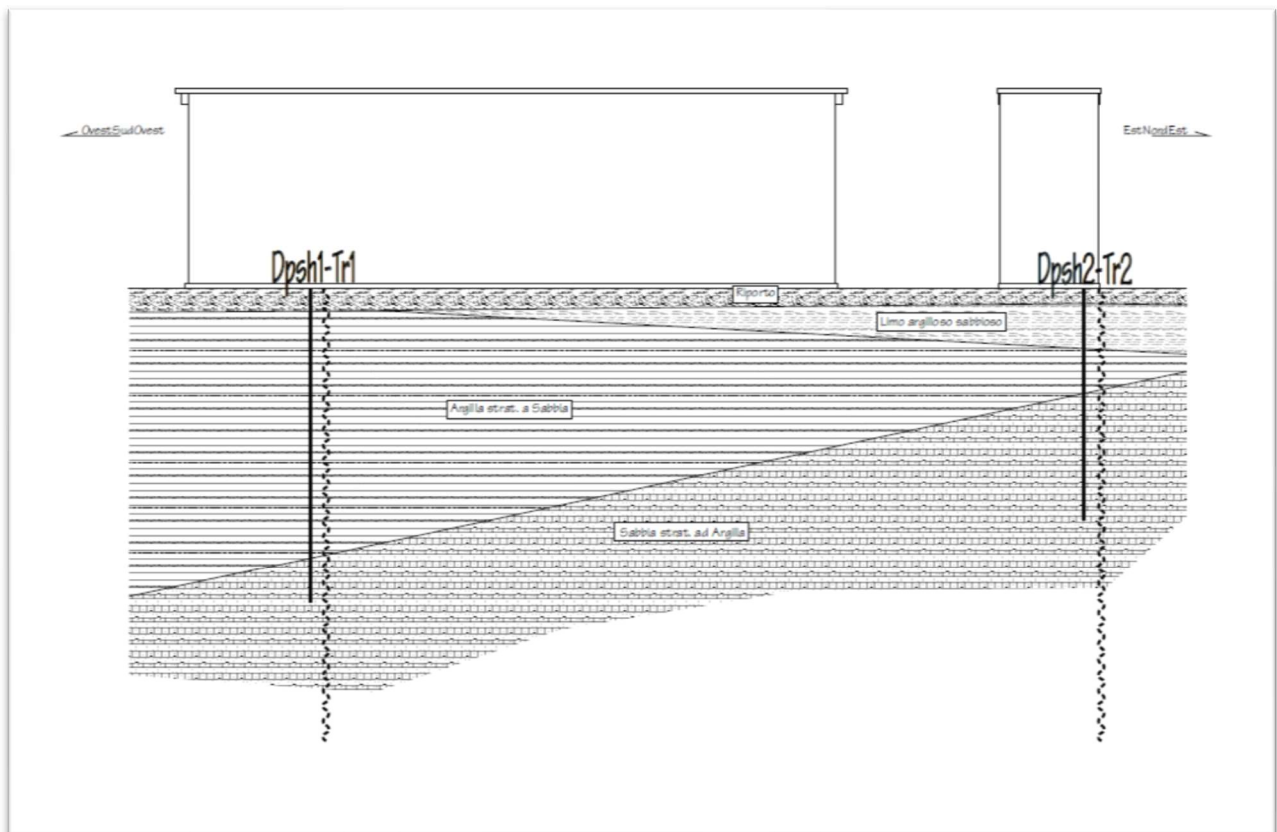
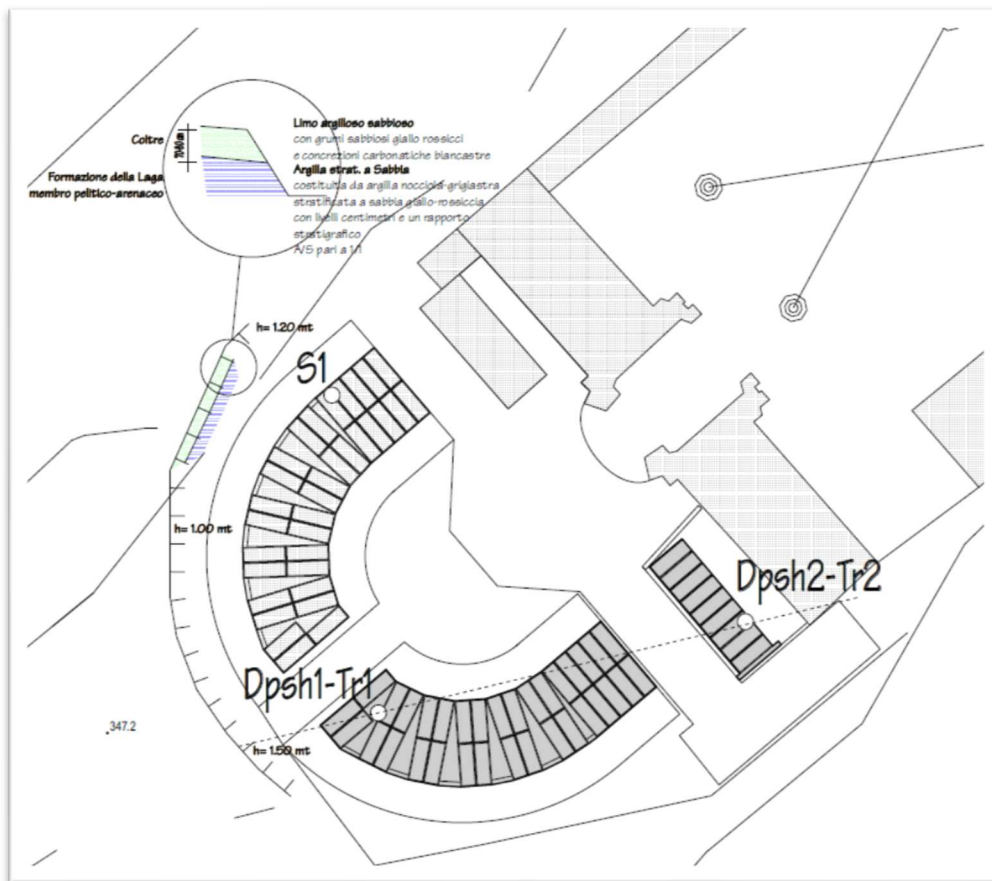
b) ARGILLA strat. a SABBIA: (Formazione della Laga, membro Pelitico-Arenaceo) si tratta di un'alternanza stratificata di argille leggermente marnose, di colore avana nocciola e sottili livelli sabbiosi di colore giallo-rossiccio, talora leggermente cementati ed a luoghi umidi. Litotipo dal medio-basso grado di sovraconsolidazione e pertanto caratterizzato da qualità geomeccaniche di media consistenza, nel quale la componente argillosa risulta nettamente dominante rispetto a quella sabbiosa (rapporto di stratificazione Argilla/Sabbia stimato maggiore 10/1) che può essere quindi considerata, da un punto di vista geotecnico, trascurabile. Litotipo riscontrato al di sotto del superficiale orizzonte alloctono e/o colluviale sino ad una profondità massima di 7.20 e 3.0 mt. dall'attuale piano campagna, in corrispondenza di Dpsh1 e Dpsh2, rispettivamente.

c) SABBIA strat. ad Argilla: (Formazione della laga, membro Arenaceo-Pelitico) litotipo costituito da sabbie prevalenti a granulometria fine, di colore giallognolo, talora cementate disposte con assetto sub-orizzontale in strati medi sottili alternate a rari livelli argilloso marnosi di colore grigio-azzurrognolo, che tendono a scomparire in maniera graduale all'aumentare della profondità. Ottime le proprietà geomeccaniche dell'orizzonte il cui comportamento reologico può essere assimilato a quello di un sedimento granulare.

Non si sono rinvenute manifestazioni e/o emergenze idriche di nessun genere nel corso dell'esecuzione delle prove penetrometriche eseguite in situ, che attestino la presenza di una vera e propria falda idrica, almeno nella porzione indagata, ritenuta significativa ai fini dell'edificazione dei manufatti in progetto, anche se, vista la geologia del sito, non si esclude la possibile presenza, più che di veri e propri acquiferi, di zone di saturazione trascurabili di esiguo spessore e verosimilmente di limitata estensione areale confinate all'interno di uno e/o più livelli sabbiosi che compongono la formazione marina pleistocenica.

## 7. Planimetria indagini e Sezioni Geologiche e Geotecniche

Di seguito per maggior chiarezza sono riportate la planimetria con l'ubicazione delle indagini e la sezione litostratigrafica



Desunte dalla relazione geologica

## 8. Caratterizzazione Litologica e Geotecnica delle unità litotecniche

Dalla Relazione Geologica, redatta dal Dott. Geol. Massimo Basili e allegata al presente deposito, si assumono i parametri relativi alla geomorfologia e litostratigrafia.

†

Parametri	Unità di Misura	litotipo "a"	litotipo "b"	litotipo "c"
		Limo argilloso sabbioso	Argilla strat. a Sabbia	Sabbia stra. ad Argilla
$\gamma$	(g/cm <sup>3</sup> )	1.90	2.15	2.10
$\gamma_k$	(g/cm <sup>3</sup> )	1.90	2.15	2.10
Cu	(kg/cm <sup>2</sup> )	0.6-1.1	1.1-2.8	-
Cu <sub>k</sub>	(kg/cm <sup>2</sup> )	0.8	1.6	-
C'	(Kg/cm <sup>2</sup> )	0.0-0.1	0.2-0.4	-
C' <sub>k</sub>	(Kg/cm <sup>2</sup> )	0.04	0.2	-
$\phi'$	(gradi)	22-26°	22-29° (30-32°)	30-38°
$\phi'_k$	(gradi)	23°	23° (30°)	35°
Ed	(Kg/cm <sup>2</sup> )	46-80	75-184	-
Es	(Kg/cm <sup>2</sup> )	-	(158-220)	159>400
v		0.40	0.45	0.25
$\alpha$		0.4	0.3	-
S <sub>med,ult</sub>	(Kg/cm <sup>2</sup> )	-	-	0.25
Kh	(Kg/cm <sup>3</sup> )	0.6-1.0	1.0-3.3	2.0>5.3

( ) parametri relativi alla frazione e/o ai livelli sabbiosi contenuti all'interno della formazione marina pelitico arenacea (litotipo "b"). Comunque, vista la netta prevalenza della frazione argillosa su quella sabbiosa (rapporto di stratificazione Argilla/Sabbia > 10/1) riscontrata nel corso della prova in situ eseguita si ritiene ragionevole trascurare il contributo geotecnico delle sabbie nel comportamento reologico complessivo dell'orizzonte e viceversa, per i medesimi motivi il contributo delle argille sul comportamento reologico del litotipo "c", da considerare quindi completamente incoerente.

## 9. Caratterizzazione sismica del sito

Coordinate WGS84 lotto: Latitudine 43.156361°N, Longitudine 13.471839°E

ED50 lotto: Latitudine 43.157285°N, Longitudine 13.472762°E

Nel caso specifico, per il frustolo di terreno in oggetto è stato determinato, attraverso l'esecuzione dell'indagine geofisica mediante tecnica dei rapporti spettrali o HVSR, un valore di  $V_{sequ}$  di 549 m/sec, pertanto alla luce dei risultati della sismica effettuata, nel caso il progettista volesse adottare la procedura semplificata per il dimensionamento dell'intervento in progetto, il suolo di fondazione in oggetto può essere assimilato, facendo riferimento alla normativa vigente (DM 17/01/18) ad una "categoria di suolo di tipo "B", ovvero rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Ovviamente, nel caso tale categoria non fosse ritenuta, da parte del progettista, sufficientemente rappresentativa del sito, in considerazione del fatto che la procedura semplificata tramite abachi nazionali non risulta, a volte, corretta, essendo stata creata tramite modelli che difficilmente riescono a riprodurre il comportamento dinamico dei terreni locali, si dovrà necessariamente implementare lo studio attraverso una valutazione specifica dell'azione sismica di progetto (Risposta Sismica Locale), intesa come la determinazione dell'azione sismica attesa in un punto (piano di fondazione dell'opera in esame) a seguito di una sollecitazione sismica che si propaga nel sottosuolo a partire da un ipocentro.

In tutti i casi, nella valutazione della categoria di suolo e nell'approccio alla progettazione strutturale delle opere in questione, non vanno comunque trascurate le informazioni acquisite con l'indagine sismica circa la frequenza di risonanza del sito. Infatti, nel caso specifico, trascurando le frequenze superiori a 10 Hz da considerarsi ingegneristicamente non significative, è stata individuata una frequenza caratteristica di risonanza del terreno prossima a 8.0 Hz, a significare che il terreno in questione amplifica le onde di superficie (ed in misura leggermente diversa quelle S) a quella frequenza rispetto all'imput su bedrock di riferimento.

Condizioni topografiche Categoria T1, superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i < 15^\circ$  (Tabella 3.2.III - Categorie topografiche), (vedi considerazioni prf 1.2.).

Per la valutazione delle azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si deve valutare la "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Secondo il D.M. 17/01/2018, le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_vR$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima al sito

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

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



## 10. Verifiche della sicurezza e delle prestazioni:

### identificazione dei relativi stati limite

Le verifiche della sicurezza in fondazione sono condotte nei riguardi dello stato limite ultimo e dello stato limite di esercizio.

Le verifiche nei riguardi dello stato limite ultimo (SLU) previste dalla Normativa sono:

**STR** - raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali, compresi gli elementi di fondazione;

**GEO** – raggiungimento della resistenza del terreno interagente con la struttura con sviluppo di meccanismi di collasso dell'insieme terreno-struttura;

Per il nostro caso le verifiche saranno effettuate nei confronti dei seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO)
- collasso per carico limite dell' insieme fondazione-sterreno;
- collasso per scorrimento sul piano di posa;
- liquefazione;
  
- SLU di tipo strutturale (STR)
- raggiungimento della resistenza dei pali di fondazione

### Approccio 2:

- Combinazione unica:  $(A1+M1+R3)$ .

La verifica di resistenza del terreno interagente con la struttura viene condotta con l'Approccio 2 con la combinazione unica  $A1 + M1 + R3$ .

Il valore di progetto della Resistenza  $R_d$  può essere determinato in modo analitico, con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici ( $X_k$ ) del terreno, diviso per il coefficiente parziale  $\gamma$  specificato nella successiva Tab.6.2.II:

Tabella 6.2.II - Coef. parziali per parametri geotecnici del terreno.

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficient e parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente angolo resistenza a taglio	$\tan\phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1.0	1.25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	$Cu_k$	$\gamma_{Cu}$	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1.0	1.0

Infine i coefficienti parziali  $\gamma_R$  che operano direttamente sulla resistenza del sistema sono definiti per fondazioni superficiali nella seguente tabella:

Tab. 6.4.II – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

Resistenza	Simbolo	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
Base	$\gamma_b$	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	$\gamma$	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1,25	1,25	1,25

(\*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

- (b) Con riferimento alle procedure analitiche che prevedano l'utilizzo dei parametri geotecnici o dei risultati di prove in sito, il valore caratteristico della resistenza  $R_{c,k}$  (o  $R_{t,k}$ ) è dato dal minore dei valori ottenuti applicando al valore medio e al valore minimo delle resistenze calcolate  $R_{c,cal}$  ( $R_{t,cal}$ ) i fattori di correlazione  $\xi$  riportati nella Tab. 6.4.IV, in funzione del numero n di verticali di indagine:

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\} \quad [6.4.3]$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\} \quad [6.4.4]$$

Bel caso in esame si considerano coefficienti di 3 verticali

Tab. 6.4.IV - Fattori di correlazione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
$\xi_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Tab. 6.4.VI - Coefficiente parziale  $\gamma_T$  per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali

Coefficiente parziale (R3)
$\gamma_T = 1,3$

## 11. Parametri di Progetto

Lo schema geotecnico adottato ed i relativi parametri geotecnici adottati per il calcolo e la verifica dall'apparato fondale della struttura in esame, è il seguente:

Profondità della falda  $Z_w$ : non rilevata .

Terreno d'imposta fondazione: LITOTIPO C

Valori medi ( $V_m$ ) dei parametri geotecnici mutuati dai coefficienti parziali, Tab. pag. 6

## 12. Caratterizzazione del sito di costruzione e del terreno di fondazione

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato nel § 7.11.3.

In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III).

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Atterrazzi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Nel caso specifico, il nostro sito appartiene alla **categoria “ B ”**

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III):

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
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 $i > 30^\circ$

Nel caso specifico, il nostro sito appartiene alla **categoria “ T1 ”**

La stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (v. tabella 1 nell'Allegato B del D.M. 14 gennaio 2008).

Le forme spettrali vengono definite, per ciascuna delle probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento PVR, partendo dai valori dei 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.

### ***13. Problemi geotecnici e scelte tipologiche***

Le caratteristiche geotecniche e geologiche del terreno di fondazione comparate con i carichi di esercizio, la geometria dell'opera e le necessità progettuali dell'intervento, indicano nelle fondazioni indirette su pali quale scelta tecnico-economica più vantaggiosa per l'impianto fondale dell'edificio.

Le fondazioni saranno quindi realizzate con pali del diametro di cm 60 fino a 7,50 per i corpi A e B , per il corpo C data la stratigrafia è necessario utilizzare pali ( diametro Fi 50 ) della lunghezza di m 9,00 ..

### ***14. Modelli geotecnici di sottosuolo e metodi di analisi:***

Per quanto riguarda l'interazione suolo-struttura i pali sono state considerate come elementi che interagiscono col terreno sia in direzione dell'asse longitudinale che nella direzione trasversale.

Il comportamento del terreno è può essere considerato elastico lineare o non lineare (in realtà il terreno è caratterizzato da una sensibile non linearità anche per bassi valori dei carichi sia longitudinali che trasversali).

La rigidezza orizzontale media è stata assunta pari a 2,00 kg/cmc .