

**COMUNE DI FANO**  
PROVINCIA DI PESARO E URBINO

**PIANO ATTUATIVO DEL COMPARTO "ST2 P03"**  
**COMPARTO RESIDENZIALE VIA BASILICATA SITO IN VIA**  
**BASILICATA E VIA ASIAGO**

**RELAZIONE GEOLOGICA**

**COMMITTENTE:**

**EDILART S.r.l.**

**MINARDI S.r.l.**

**Dott. Geol. COSTANZI CRISTIAN**  
Via Einaudi, 68 – 61032 Fano (PU)

**Dott. Geol. CENCIONI CARLO**  
Via Il Strada, 6/A – 61032 Fano (PU)

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 INTRODUZIONE .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>5</b>
<b>2. GEOLOGIA – GEOMORFOLOGIA .....</b>	<b>7</b>
<b>3. IDROGEOLOGIA .....</b>	<b>8</b>
<b>4. STABILITÀ GENERALE DELL'AREA .....</b>	<b>8</b>
<b>4.1 VERIFICA PAI (AUTORITÀ DI BACINO REGIONALE) .....</b>	<b>9</b>
<b>5. STRATIGRAFIA.....</b>	<b>9</b>
<b>5.1 VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA .....</b>	<b>10</b>
<b>6. CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEI TERRENI DI FONDAZIONE.....</b>	<b>13</b>
<b>7. SISMICITÀ .....</b>	<b>14</b>
<b>7.1 ZONE SISMICHE .....</b>	<b>14</b>
<b>7.2 AZIONE SISMICA .....</b>	<b>16</b>
<b>8. CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE .....</b>	<b>17</b>
<b>9. RISULTATI DELL'INDAGINE ESEGUITA .....</b>	<b>19</b>
<b>10. LIQUEFAZIONE.....</b>	<b>26</b>
<b>11. CRITERI GENERALI D'INTERVENTO.....</b>	<b>28</b>
<b>11.1 STRADE E PIAZZALI .....</b>	<b>28</b>
<b>11.3 DRENAGGI – REGIMAZIONE DELLE ACQUE.....</b>	<b>28</b>
<b>12 FONDAZIONI.....</b>	<b>29</b>
<b>13. CONCLUSIONI .....</b>	<b>29</b>
<b>ALLEGATI .....</b>	<b>31</b>

## 1. PREMESSA

La presente relazione geologico tecnica è stata realizzata su incarico delle ditte EDILART S.r.l. e MINARDI S.r.l. con lo scopo di verificare la situazione litologico-stratigrafica ed al fine di individuare le caratteristiche geomeccaniche e sismiche dei terreni di fondazione presenti nel comparto ST2\_P03 nell'area sita in Via Basilicata e Via Asiago.

Il progetto prevede la realizzazione di due fabbricati a destinazione residenziale a due piani fuori terra più interrato, la realizzazione di un parco pubblico, di un parcheggio e delle strade di accesso al comparto.

Per l'esatta definizione delle tipologie di fondazione più idonee, nonché per la determinazione dei relativi carichi ammissibili, si rimanda agli studi geologici di dettaglio per la costruzione di ciascun edificio (sia edificio principale che spogliatoi e cabina Enel) ai sensi del D.M.14/1/2008.

Per la definizione della categoria di sottosuolo il giorno 18/05/2010 è stata eseguita una prova sismica per rilevare i valori della velocità equivalente  $V_{s30}$  di propagazione delle onde di taglio entro i primi 35 metri di profondità.

Per la caratterizzazione geognostica si utilizzano invece i dati raccolti mediante una campagna geognostica composta da due prove penetrometriche statiche effettuate tramite PENETROMETRO STATICO SEMOVENTE 200 Kn tipo BERGMANN con manicotto laterale superficie 150 cmq spinte a profondità massima pari a 6,8 mt dall'attuale piano campagna, non è stato possibile approfondire ulteriormente le prove statiche in quanto a tale quota inizia uno strato alluvionale composto da terreni sabbioso ghiaiosi, per indagare tale strato è stata eseguita anche una prova penetrometrica dinamica spinta sino alla profondità di 8 mt. dall'attuale piano campagna.

I dati rilevati sono stati integrati con i dati bibliografici disponibile (Carta Geologica d'Italia)

Le ubicazioni delle indagini eseguite sono riportate nell'allegata planimetria.

Verranno di seguito riportate le caratteristiche geomeccaniche e di risposta sismica dei terreni di fondazione ricostruite in base ai risultati della campagna geognostica e delle prove sismiche eseguite.

## **1.1 INTRODUZIONE**

Con l'entrata in vigore delle Nuove Norme Tecniche D.M.I. 14.01.2008 la progettazione geologica e geotecnica in zona sismica deve essenzialmente svilupparsi secondo i seguenti principi generali esposti nel cap. 6 delle N.T.C.

1. Caratterizzazione e modellazione geologica del sito. Il livello di indagine specifico è in funzione del tipo di opera da eseguire, della complessità geologica.
2. Chiara definizione delle caratteristiche sismiche, stabilendo i rapporti esistenti fra il substrato rigido e le coperture costituite da uno o diversi orizzonti sciolti.
3. Scelta del tipo d'intervento e programmazione delle indagini geotecniche.
4. Caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo.
5. Verifica della sicurezza.
6. Piani di controllo e monitoraggio.

Gli studi geologici e la caratterizzazione geotecnica devono essere estesi a tutta la zona di possibile influenza degli interventi previsti, al fine di accertare destinazioni d'uso compatibili con il territorio in esame. Le indagini geotecniche devono tenere conto della profondità, dell'ampiezza e della destinazione. In particolare le indagini e gli studi devono caratterizzare la zona in termini di pericolosità geologica intrinseca, per processi geodinamici interni (sismicità) ed esterni (stabilità dei pendii, erosione) e devono consentire di individuare eventuali limiti imposti al progetto.

L'indagine si è avvalsa di:

1. un rilievo geologico e geomorfologico diretto di campagna;
2. analisi litologica;
3. n. 2 prove penetrometriche statiche C.P.T. e n. 1 prova penetrometrica dinamica;

Scopo dell'indagine è quello di:

- ricostruire la stratigrafia dell'area d'intervento
- determinare le caratteristiche geomeccaniche dei terreni investigati
- individuare le caratteristiche geologiche e geomorfologiche dell'area
- indicare la fattibilità dell'intervento dal punto di vista geologico.
- fornire delle indicazioni e criteri generali per il l'intervento proposto ai sensi del D.M. 14.01.2008.
- verificare la stabilità globale dell'area.
- Individuazione delle categorie di sottosuolo come dettato dal D.M. 14/01/2008 per la definizione dell'effetto della risposta sismica locale (VS 30).

## **1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- Decreto Ministeriale 14.01.2008
- Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
- Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.
- 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
- A.G.I. 1977
- «Raccomandazioni sulle programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.»
- D.C.R. n.116, del 21/01/2004
- «Piano Stralcio di Bacino per l'assetto idrogeologico dei bacini di rilievo regionale (PAI)».
- Circolare del Ministro dei LL.PP. n. 30483 del 24/9/1988
- «Istruzioni 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.»
- Circolare 9 gennaio 1996 n. 218/24/3
- Legge 2 febbraio 1974, n. 64.
- Normative Tecniche per le costruzioni D.M 14.09.05 e successive modifiche - O.P.C.M. 20 marzo 2003 n. 3274
- Eurocodice 8 - Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici

## **2. GEOLOGIA – GEOMORFOLOGIA**

L'area in oggetto è ubicata nel comune di FANO in prossimità di via Fanella, più precisamente tra Via Basilicata e Via Asiago ed è ad un quota di circa 18 metri sul livello del mare (vedi Corografia in scala 1:25.000).

La zona di studio è semi pianeggiante con quote massime dell'ordine dei 20 m. s.l.m. ed è compresa nel F. 269 Sez. III della Carta Topografica d'Italia (Fano) SERIE 25 EDIZIONE 1 I.G.M.

Geologicamente l'area si trova sulle alluvioni terrazzate del F. Metauro, più precisamente si trova all'interno del III° ordine delle alluvioni composte prevalentemente da depositi ghiaiosi, talora parzialmente sabbiosi con intercalazioni argilloso-limose (vedi Carta Geologica allegata a scala 1:25.000).

Tali depositi poggiano su un substrato di età pliocenica composto da argille marnose azzurre, siltoso-sabbiose.

Dal punto di vista strutturale i dati bibliografici disponibili (F. 110 della Carta Geologica d'Italia) ipotizzano la presenza di una faglia con andamento SW – NE sepolta al di sotto delle alluvioni del F. Metauro; non si ritiene che tale faglia possa avere degli effetti particolarmente rilevanti sulla stabilità della zona vista l'assenza di episodi importanti nella storia sismica dell'area.

In fase di campagna geognostica non è stato intercettato il livello statico della falda, in base ad informazioni bibliografiche si può ipotizzare che lo stesso sia posto ad una quota di circa 10-12 mt. di profondità.

Date le caratteristiche dell'area, piana alluvionale di notevole estensione, caratterizzata dalla presenza di terreni incoerenti e con pendenze molto ridotte, si escludono problemi legati alla stabilità dei terreni di fondazione.

Tale conclusione scaturisce anche dall'osservazione dei manufatti limitrofi al lotto in esame nei quali non si sono osservate lesioni imputabili ad un cedimento dei terreni di fondazione.

Il lotto si trova in sponda destra del torrente Arzilla ad una distanza dal letto di circa 1.000 m. si ritengono poco elevate le probabilità di esondazione del torrente

nell'area in oggetto data la notevole profondità del letto rispetto al piano campagna (circa 4 m.).

L'area in oggetto è semipianeggiante e non presenta segni evidenti di instabilità, né si osservano fenomeni franosi nelle immediate vicinanze, né tantomeno si ipotizzano pericoli futuri di instabilità data la morfologia pianeggiante del luogo.

### **3. IDROGEOLOGIA**

In sede di campagna geognostica non è stato intercettato il livello statico della falda, ma dati bibliografici indicano che lo stesso è posto ad una quota di circa 10/12 mt di profondità dall'attuale piano campagna.

Poiché l'area in esame si trova all'interno di un territorio intensamente urbanizzato si può escludere che vi sia un importante influsso meteorico diretto sul livello della falda, si ritiene invece predominante l'effetto di drenaggio che interessa il sottostante materasso alluvionale caratterizzato da litotipi prevalentemente incoerenti con buoni coefficienti di permeabilità.

### **4. STABILITÀ GENERALE DELL'AREA**

L'area si può ritenere stabile viste le caratteristiche geomeccaniche dei terreni interessati dall'area d'intervento e la mancanza, allo stato attuale, di segni d'instabilità.

Dai rilievi effettuati in loco, confermati anche dalla consultazione dell'aerofotogrammetria, risulta evidente che la distanza tra l'alveo del Torrente Arzilla e l'area di interesse è tale da escludere eventuali problemi dovuti ad un'esondazione del corso d'acqua.

Il quadro sopradescritto, è confermato anche dalle carte geologiche e dal P.A.I. di cui si allegano le copie in appendice.

#### **4.1 VERIFICA PAI (AUTORITÀ DI BACINO REGIONALE)**

L'estratto del Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Regionale, riportato in allegato, evidenzia che l'area interessata dall'intervento non rientra in zone di pericolosità e rischio idraulico né in zone in dissesto (vedi stralcio PAI allegato).

#### **5. STRATIGRAFIA**

La regolare realizzazione delle due penetrometrie statiche e della dinamica, il loro confronto con i dati bibliografici relativi all'area di interesse e con la prova sismica eseguita, hanno consentito di individuare con buona precisione la situazione dei terreni sottostanti le strutture realizzare. La realizzazione delle indagini sopra descritte ha permesso la individuazione delle seguenti situazioni stratigrafiche:

- |                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>Da 0,0 a 0,8/1,0 mt.</b>     | Terreno vegetale.  |
| <b>Da 0,8/1,0 a 5,0/5,6 mt.</b> | Terreno di natura principalmente coesiva costituito prevalentemente da argille ed argille limose, in tali litotipi si incontrano lenti sabbiose. |
| <b>Da 5,0/5,6 a 8,0 mt.</b>     | Terreno ghiaioso – sabbioso mediamente addensato.  |

## 5.1 VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA

In funzione della permeabilità dei terreni sono state determinate diverse classi di vulnerabilità intrinseca degli acquiferi all'inquinamento "vulnerabilità intrinseca della falda":

### Classe di vulnerabilità 1 Estremamente elevata (EE)

Sistemi acquiferi liberi in alluvioni da grossolane a medie, od in materiali fortemente alterati e/o risedimentati, privi di efficace protezione in superficie e, talora, soggiacenti ad agglomerati di centri di pericolo (urbanizzato).

Pozzi e campi-pozzi, che deprimono fortemente la piezometrica al di sotto del livello della rete idrografica e/o il livello del mare, creano le condizioni di una ingestione rapida di inquinanti e di insalinamento progressivo per intrusione di acque marine.

### Classe di vulnerabilità 2 Estremamente elevata => Elevata (EE=> E)

Sistemi acquiferi liberi in complessi ghiaioso-sabbiosi, talvolta debolmente cementati, dotati di elevata permeabilità, con scarsa copertura di suolo attivo.

Le condizioni di soggiacenza (spesso scarsa), la discreta connessione con la rete idrografica esaltata dalle depressioni indotte in pozzi e campi-pozzi creano le condizioni di elevato potenziale di inquinamento in aree ove sovente si forma la risorsa idrica sotterranea.

### Classe di vulnerabilità 3 Elevata => Alta (E=> A)

Sistemi acquiferi liberi in rocce prevalentemente carbonatiche e solfatiche fessurate e più o meno carsificate, con soggiacenza notevole, forti acclività superficiali, scarsa copertura, in posizione plano-altimetrica tale da non essere in contatto con la rete idrografica principale.

Le problematiche più importanti si collocano in corrispondenza degli affioramenti maggiori che costituiscono l'area di alimentazione di varie sorgenti utilizzate localmente talora termalizzate.

#### Classe di vulnerabilità 4 Alta (A)

Sistemi acquiferi liberi, semiconfinati o confinati, generalmente caratterizzati da notevole anisotropia ed eterogeneità, protetti in superficie da una copertura scarsamente permeabile, a tratti impermeabile.

I sistemi acquiferi in questione possono essere i medesimi che albergano nelle alluvioni e nei complessi ghiaiosi (Classe 1, Classe 2).

#### Classe di vulnerabilità 5 Alta => Media (A=> M)

Sistemi acquiferi liberi in rocce cristalline fratturate, con scarsa protezione di suolo e di insaturo, elevata capacità di ingestione, media capacità di flusso.

La vulnerabilità di questi acquiferi varia, anche notevolmente, a seconda dello stato di fratturazione e di alterazione: è più elevata nelle vulcaniti, in particolare nei basalti, a causa del clivaggio e della scarsa alterabilità.

#### Classe di vulnerabilità 6 Media (M)

Sistemi acquiferi in complessi a granulometria media o medio-bassa, più o meno compattati o debolmente cementati, generalmente in posizione dominante rispetto alla rete idrografica, sovente poggianti su confinanti impermeabili.

Le aree di affioramento di questi complessi costituiscono sovente piccole unità prive di continuità con gli acquiferi maggiori.

La vulnerabilità è condizionata dai suoli di copertura e dall'azione filtrante dell'insaturo, oltreché dalla non elevata permeabilità.

Le sabbie dunali rappresentano un elemento di protezione, sebbene molto fragile, dei sottostanti acquiferi in alluvioni. Tale protezione è, però, insufficiente nel caso di centri di pericolo puntuali (p.e. insediamenti turistici stagionali e/o temporanei).

Classe di vulnerabilità 7 Media => Bassa (M=> B)

Sistemi acquiferi in arenarie e complessi conglomeratico-arenacei, caratterizzati da vulnerabilità variabile da media a bassa a seconda dello stato di fratturazione e della percentuale di materiali marnosi presenti.

In genere, questi complessi non sono molto produttivi a parità di alimentazione ma possono dare risposte di accumulo di inquinanti quando si trovano nel sottosuolo di agglomerati di centri di pericolo, o vengono impegnati da scarichi industriali e discariche.

Classe di vulnerabilità 8 Bassa => Estremamente bassa (B=> BB)

Complessi flyschoidi argillo-marnosi e marnoso-arenacei, complessi epimetamorfici, con propagazione degli inquinanti scarsa anche se variabile da membro a membro.

In questi complessi, gli inquinanti idroportati possono essere veicolati e accumulati in sacche e strati dotati di maggiore permeabilità.

Pertanto, gli insediamenti pericolosi di qualunque tipo necessitano di approfondimenti idrogeologici caso per caso.

Classe di vulnerabilità 9 Estremamente bassa (BB)

Argilloscisti, argille varicolori, argille più o meno sovraconsolidate e sabbiose, marne, gli inquinanti sversati, in funzione dell'acclività della superficie topografica, ristagnano o raggiungono direttamente le acque superficiali che li spostano e li distribuiscono in funzione della complessità del reticolo drenante.

Considerata la sua predominante componente ghiaiosa e sabbiosa, l'area oggetto d'intervento risulta rientrare nella classe di vulnerabilità 4. L'attribuzione puntuale della classe è suscettibile di modifiche in relazione a studi di dettaglio ed a maggiori approfondimenti di carattere idrogeologico.

## 6. CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEI TERRENI DI FONDAZIONE

In base alle prove eseguite è stato possibile ricostruire le seguenti caratteristiche geomeccaniche dei terreni, si ricorda che i parametri geotecnici sotto riportati sono leggermente inferiori a quelli evidenziati dalle prove per tener conto di eventuali situazioni locali non rappresentative di tutti i terreni di fondazione su cui insisteranno i fabbricati.

### CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DELLE ARGILLE LIMOSE

$\gamma_{\text{sat}}$	(peso di volume saturo)	1,9 t/m <sup>3</sup>
C'	(coesione intercetta)	0,8 t/m <sup>2</sup>
Cu	(coesione non drenata)	2,5 t/m <sup>2</sup>
$\varphi$	(angolo d'attrito)	20°
Ed	(modulo edometrico)	200/300 t/m <sup>2</sup>

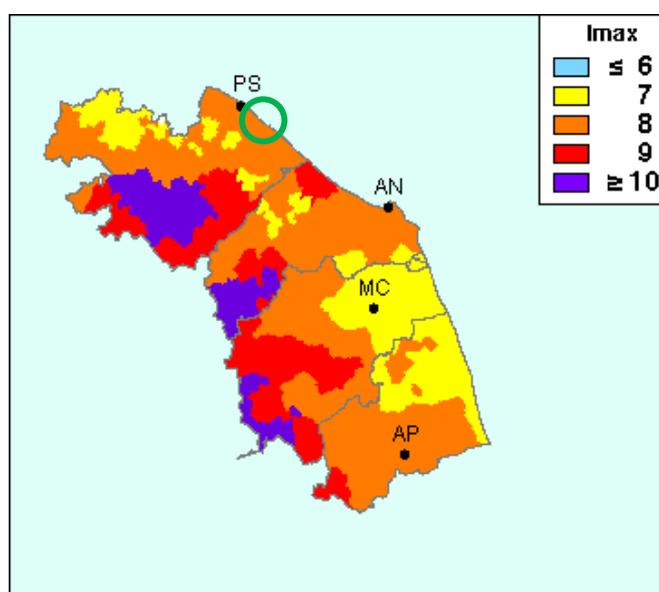
### CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEL TERRENO SABBIOSO-GHIAIOSO

$\gamma_{\text{sat}}$	(peso di volume saturo)	1,8 t/m <sup>3</sup>
$\varphi$	(angolo d'attrito)	35°
Ed	(modulo edometrico)	1500/2000 t/m <sup>2</sup>

## 7. SISMICITÀ

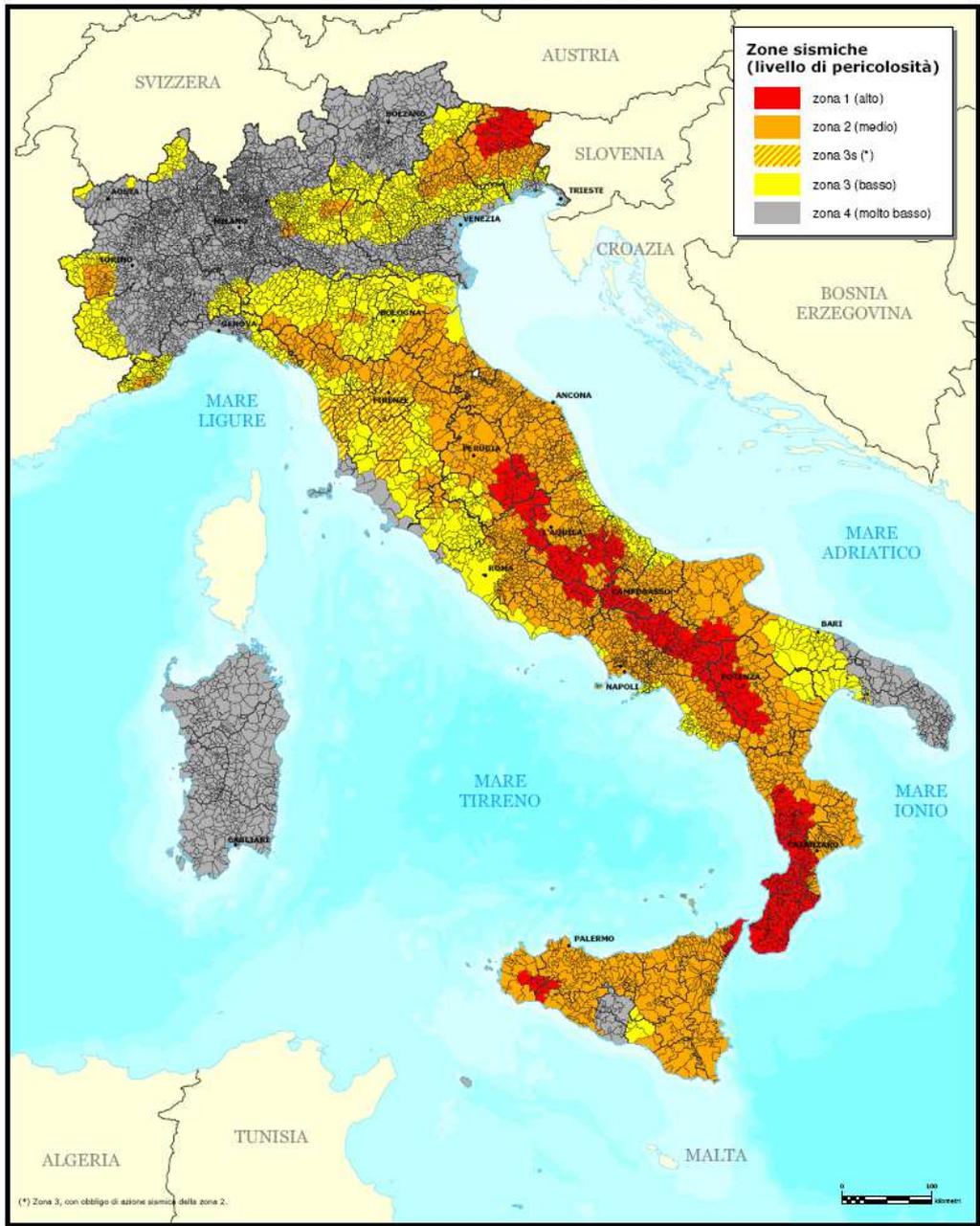
### 7.1 ZONE SISMICHE

Per la valutazione della sismicità storica dell'area e per una prima valutazione della sua pericolosità sismica, è stata utilizzata la banca dati del GNDT (Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti – cataloghi NT4.1.1 – DOM.4.1.) Come si può vedere dalla mappa allegata il sito in esame viene identificato come un'area a medio rischio sismico.



Area in esame 

Con riferimento alla classificazione sismica nell'Ordinanza del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 e le norme tecniche vigenti, che disciplinano le costruzioni in zone sismiche, il territorio comunale di Fano, è classificato come zona 2 con livello di pericolosità sismico medio (Vedi figura nella pagina seguente).



## 7.2 AZIONE SISMICA

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio “sito dipendente” e non più tramite un criterio “zona dipendente”.

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite viene definita partendo dalla “pericolosità di base” del sito di costruzione, che è quindi l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica di progetto.

La “pericolosità di base” è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo (“periodo di riferimento” VR espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata “Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento” PVR.

La “pericolosità sismica di base” è definita in termini di:

- accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (suolo di categoria C, v. Tab III), con superficie topografica orizzontale (categoria T1; v. Tab. 3.2.IV delle NTC 2008),
- ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR.,

Le nuove norme definiscono le forme spettrali, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

$a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;

$F_0$  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.

Le NTC 2008 stimano la pericolosità sismica di base su una griglia di 10.751 punti, per ognuno dei quali viene fornita la terna di valori  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*C$  per nove distinti periodi di ritorno TR.

## 8. CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale, 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 di seguito indicate.

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

Per sottosuoli appartenenti alle ulteriori categorie **S1** ed **S2** di seguito indicate, è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno.

**Categorie aggiuntive di sottosuolo.**

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo

**Condizioni topografiche**

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

<b>Categoria</b>	<b>Caratteristiche della superficie topografica</b>
<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
<b>T3</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
<b>T4</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le sopra esposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m

## 9. RISULTATI DELL'INDAGINE ESEGUITA

In base alle risultanze della prova sismica eseguita, che si riportano in allegato, e delle condizioni topografiche dell'area, il sottosuolo può essere attribuito alla categoria "C" e la superficie topografica alla categoria "T1".

Utilizzando il foglio di lavoro distribuito dal "Consiglio superiore dei Lavori Pubblici" è possibile ricavare alcune informazioni aggiuntive a partire dalla vita nominale della costruzione  $V_n$  (in anni), dal coefficiente d'uso della costruzione  $C_u$  determinato in base alla classe d'uso, dal periodo di riferimento della costruzione  $V_r$  (in anni) e dai periodi di ritorno per la determinazione dell'azione sismica  $T_r$  (in anni) che sono così definiti:

*La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$  è intesa come il numero di anni nel quale l'opera, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I delle NTC-08 e deve essere precisata nei documenti di progetto.*

Tipi di costruzione		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

### Classi d'uso (§ 2.4.2 NTC-08)

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

<i>Classe I:</i>	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
<i>Classe II:</i>	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in <i>Classe d'uso III</i> o in <i>Classe d'uso IV</i> , reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
<i>Classe III:</i>	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in <i>Classe d'uso IV</i> . Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
<i>Classe IV:</i>	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

### Vita di riferimento (§ 2.4.3 NTC-08)

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$

$$V_r = V_n C_u \quad (\text{NTC-08 Eq. 2.4.1})$$

Il valore del coefficiente d'uso  $C_U$  è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella **Tab. 2.4.II** delle NTC-08.

**Tabella 2.4.II** – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1	1,5	2

Se  $V_R \leq 35$  anni si pone comunque  $V_R = 35$  anni.

Si definisce, infine, il periodo di ritorno per la determinazione dell'azione sismica  $T_r$  come segue:

### **Stati limite e relative probabilità di superamento (§ 3.2.1 NTC-08)**

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

**Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

**Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

**Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

**Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella **Tab. 3.2.I delle NTC-08**.

**Tabella 3.2.I** – Probabilità di superamento  $P_{VR}$  al variare dello stato limite considerato

Stati Limite	$P_{VR}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$	
	Stati limite di esercizio	SLO
SLD		63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

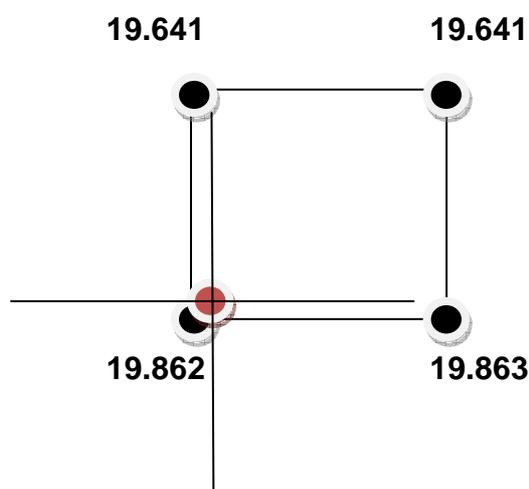
Qualora la protezione nei confronti degli stati limite di esercizio sia di prioritaria importanza, i valori di  $P_{VR}$  forniti in tabella devono essere ridotti in funzione del grado di protezione che si vuole raggiungere.

Utilizzando il sopra citato foglio di lavoro distribuito dal “Consiglio superiore dei Lavori Pubblici” nel quale il sito è stato identificato con le seguenti coordinate geografiche:

**LATITUDINE: 43,83833**

**LONGITUDINE: 13,00500**

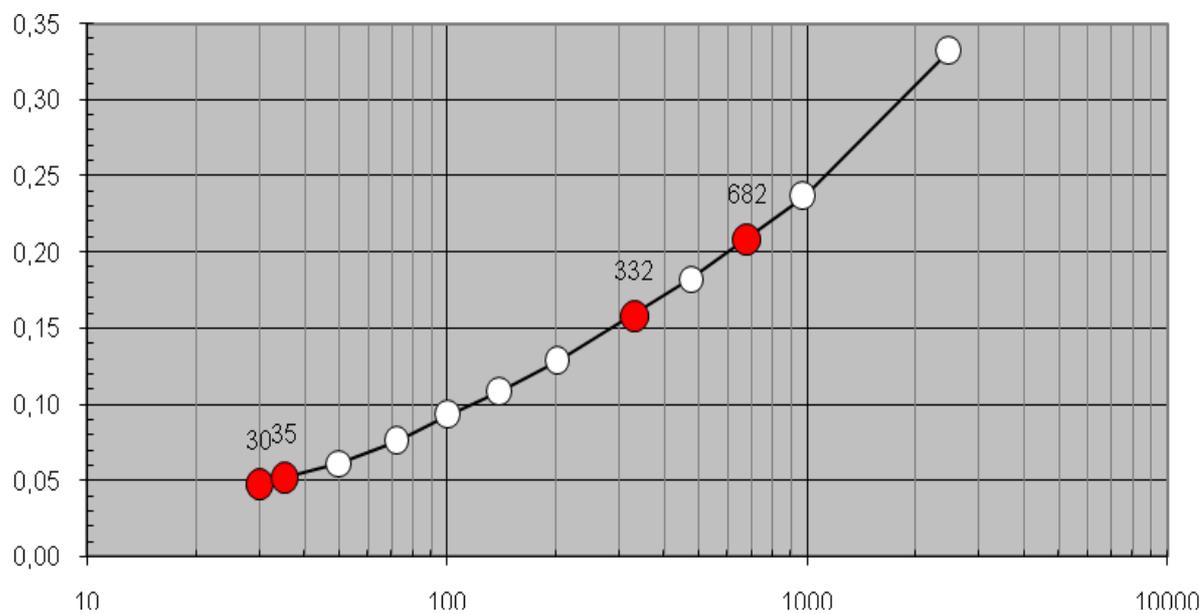
che identificano un punto all'interno del seguente reticolo delimitato dai nodi:



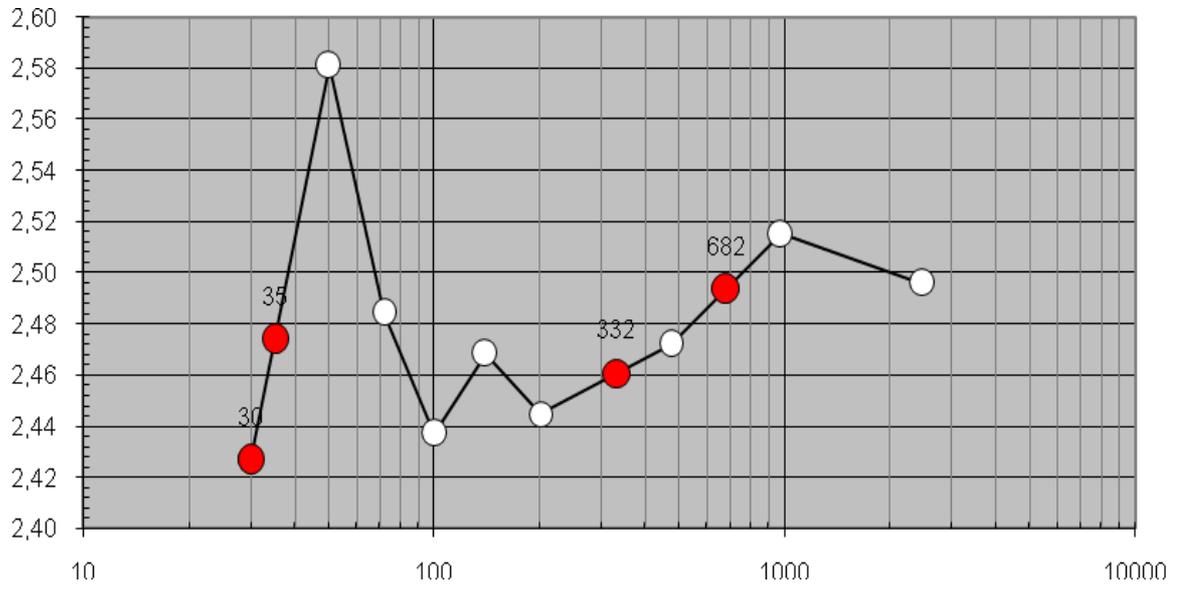
ed partire da un valore  $V_n = 60$  (si ricorda che  $V_n$  deve essere  $\geq 50$ ) ed una classe d'uso II è possibile ricavare i seguenti dati:

**Valori di progetto dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  in funzione del periodo di ritorno  $T_R$**

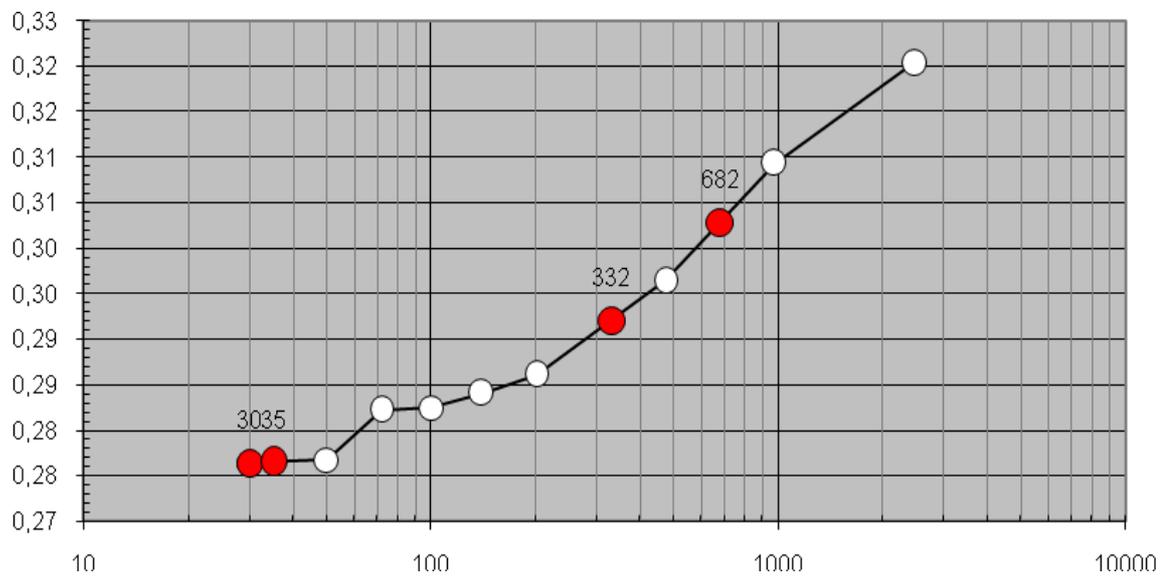
$a_g$  [g]



$F_0 [-]$

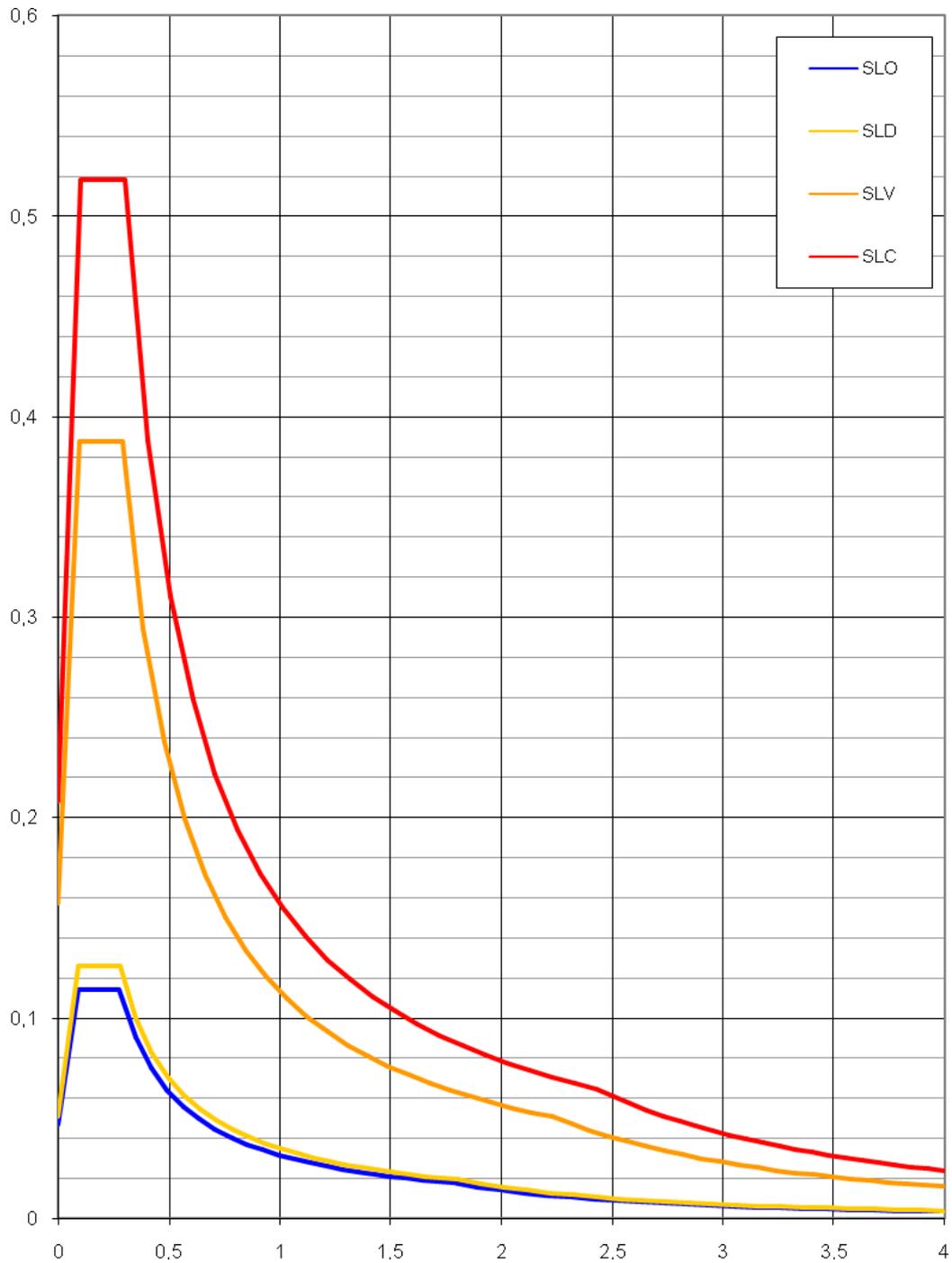


$T_c^* [s]$



## Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

$S_e$  [g]



**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno SL**

<b>STATO LIMITE</b>	<b><math>T_R</math> [anni]</b>	<b><math>a_g</math> [g]</b>	<b><math>F_o</math> [-]</b>	<b><math>T_c^*</math> [s]</b>
<b>SLO</b>	30	0,047	2,427	0,276
<b>SLD</b>	35	0,051	2,474	0,277
<b>SLV</b>	332	0,157	2,461	0,292
<b>SLC</b>	682	0,208	2,494	0,303

## **10. LIQUEFAZIONE**

L'analisi sul rischio di liquefazione viene condotta sulla base di quanto riportato nel paragrafo 7.11.3.4.2 del D.M. 14/01/2008.

La norma specifica che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- a) eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
- b) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
- c) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- d) depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- e) distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1 (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

Trattandosi di terreni argilloso-limosi che ricoprono i depositi ghiaiosi-sabbiosi non si rientra né nel punto d) né nel punto e) per cui la verifica può essere omessa.

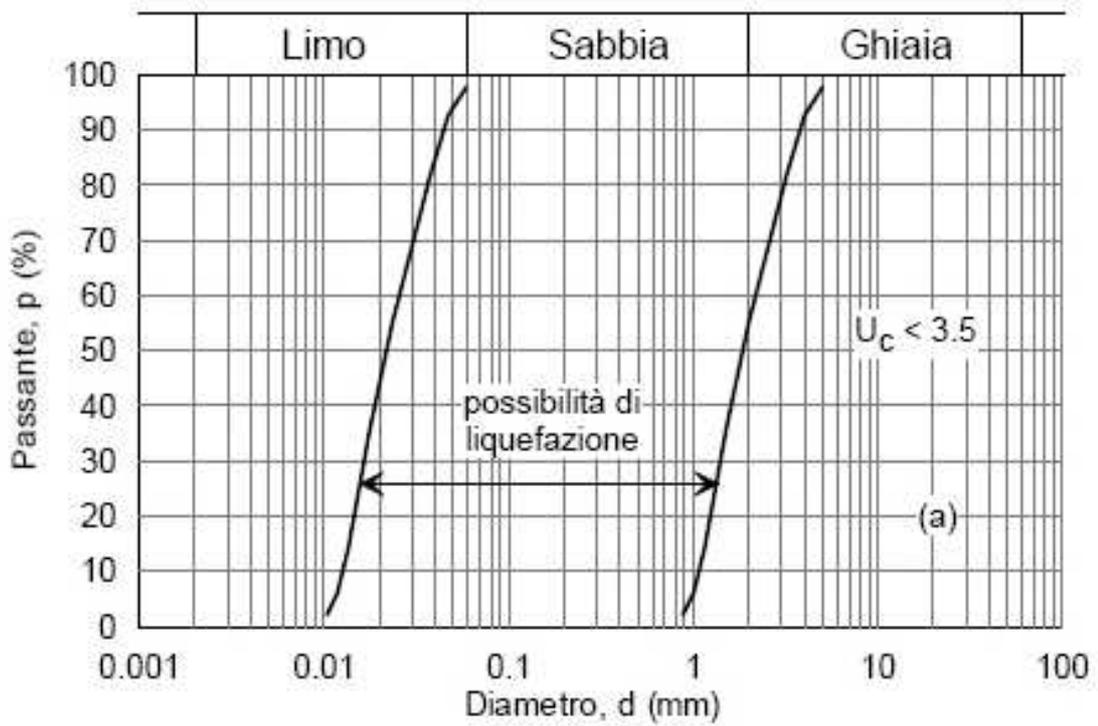


Figura 7.11.1 (a)

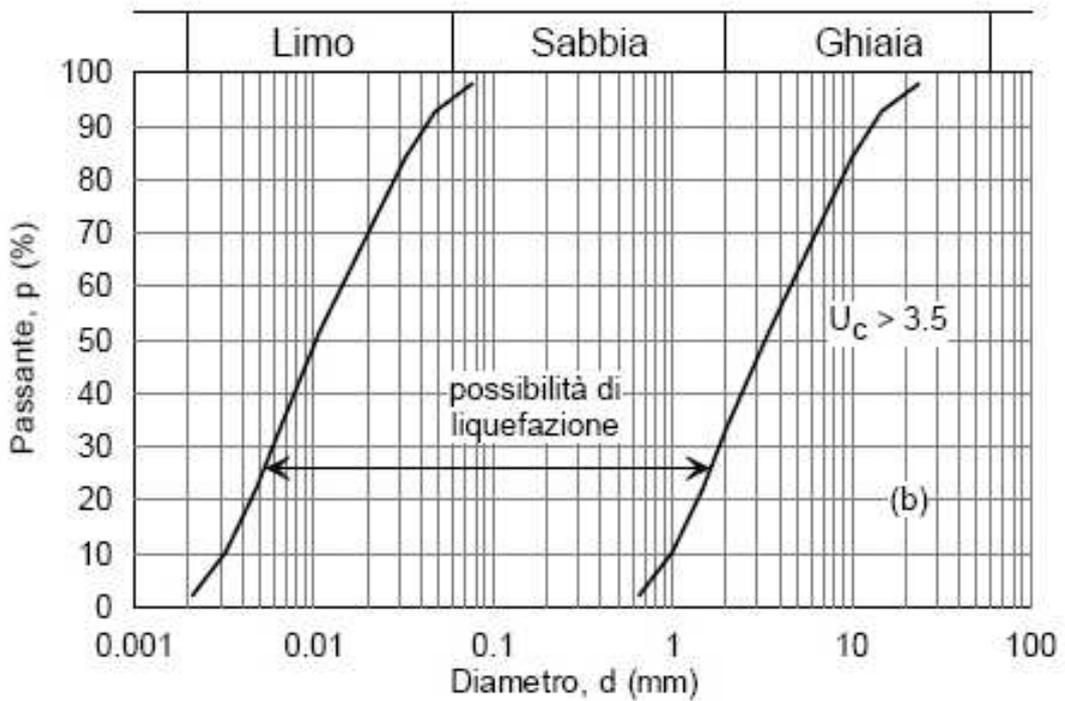


figura 7.11.1(b)

## **11. CRITERI GENERALI D'INTERVENTO**

### **11.1 STRADE E PIAZZALI**

Le strade di lottizzazione, nonché i piazzali, dovranno essere realizzati con materiale appartenente alla classe A6 – A7 della classifica CNR-UNI 10006.

Per il materiale di sottofondo il modulo di compressibilità  $M\varepsilon$  nell'intervallo di carico  $0,05\div 0,15$  N/mm<sup>2</sup> non dovrà essere inferiore a 20 N/mm<sup>2</sup>, mentre la densità relativa non dovrà essere inferiore al 95 % della densità AASHO Standard.

In caso ciò non fosse possibile sarà necessario procedere alla stabilizzazione con calce.

Il materiale dei rilevati dovrà appartenere alle classi A-1÷A-3 della classifica CNR-UNI 10006.

In alternativa anche in questo caso si potranno utilizzare materiali argillosi stabilizzati con calce.

Il modulo di compressibilità  $M\varepsilon$  nell'intervallo di carico  $0,15\div 0,25$  N/mm<sup>2</sup> non dovrà essere inferiore a 80 N/mm<sup>2</sup>.

Una volta rispettati questi parametri potranno essere stesi i successivi strati bituminosi di base, di collegamento e di usura.

### **11.3 DRENAGGI – REGIMAZIONE DELLE ACQUE**

A ridosso di tutti i muri di contenimento dovranno essere realizzati degli efficienti drenaggi per intercettare e smaltire le acque d'infiltrazione per evitare l'insorgere di sovrappressioni neutre.

L'intera area oggetto d'intervento dovrà essere dotata di un'efficiente sistema di raccolta e regimazione delle acque superficiali onde evitare che raggiungono i manufatti, e vadano ad interferire con i terreni fondali.

In relazione alla natura prevalentemente coesiva dei terreni affioranti dovranno essere regolamentate tutte le acque superficiali nell'intorno dei fabbricati.

Tutte le acque di raccolta non dovranno essere disperse nel terreno ma incanalate a valle con relativi pozzetti di controllo.

## **12 FONDAZIONI**

Per l'esatta definizione delle tipologie di fondazione più idonee, nonché per la determinazione dei relativi carichi ammissibili, si rimanda agli studi geologici di dettaglio per la costruzione di ciascun edificio ai sensi del D.M.14/1/2008.

La tipologia di fondazione sarà determinata sulla base delle opere da realizzare e quindi dei carichi applicati al terreno.

In questa fase, a livello indicativo e alla luce di quanto emerso dalle prime indagini geognostiche eseguite, si ritiene che per gli edifici in progetto si potranno utilizzare fondazioni superficiali quali travi rovesce poste a quote di almeno 3 metri di profondità dall'attuale piano campagna; la scelta definitiva delle opere fondanti sarà comunque da adottare a seguito degli studi geologici specifici di dettaglio e alla luce dei carichi applicati e dei cedimenti teorici stimati.

## **13. CONCLUSIONI**

Vista la morfologia del luogo, sulla base delle indagini eseguite e sui parametri geotecnici desunti, l'area si può considerare idonea alla realizzazione di tutte le opere previste nel comparto.

Si consiglia di realizzare un drenaggio alla base delle strutture interrato ed un'adeguata regimazione delle acque meteoriche al fine di allontanarle dalle fondazioni poiché le stesse si troveranno a contatto con terreni coesivi che in caso di infiltrazioni possono rigonfiarsi e diminuire, anche stabilmente, le proprie caratteristiche geotecniche di resistenza causando cedimenti imprevisti.

Si ricorda che i terreni su cui si andranno presumibilmente ad immorsare le fondazioni delle strutture sono costituiti da materiale di natura coesiva composto da argille e limi sabbiosi.

In relazione alla litologia dei terreni ed alla configurazione morfologica dell'area, sono stati definiti i valori dei parametri sismici allo Stato Limite di Esercizio (SLO-SLD) e allo Stato Limite Ultimo (SLV-SLC).

I terreni di fondazione ricadono in Categoria **C** mentre la categoria topografica è **T1**.

Si consiglia infine di provvedere ad un'accurata regimazione di tutte le acque meteoriche e dilavanti, predisponendo un'adeguata rete di scolo; anche le condotte defluenti ed affluenti alla struttura dovranno essere ispirate a principi di assoluta impermeabilità.

**FANO, Lì 15/06/2010**

## **ALLEGATI**

- 1. COROGRAFIA**
- 2. CARTA GEOLOGICA**
- 3. PLANIMETRIA LOTTO CON UBICAZIONE DELLE PROVE ESEGUITE**
- 4. REPORT DELLE PROVE PENETROMETRICHE**
- 5. INDAGINE SISMICA (MASW)**
- 6. STRALCIO P.A.I. REGIONALE**