

**Dott. B. Marco SOTERA**  
**- GEOLOGO -**

Via dei Gesuiti n° 15  
06049 Spoleto (PG)

Tel. e fax 074345820

e-mail: [geosotera@libero.it](mailto:geosotera@libero.it)

C.F. STRBMR69A27I92IU - P.I. 02177450547



**COMUNE DI SPOLETO**  
**PROVINCIA DI PERUGIA**

**RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA**  
**DI AGGIORNAMENTO**

*RELATIVA AL RECUPERO STRUTTURALE DI IMMOBILI FACENTI*  
*PARTE DEL MONASTERO DELLA STELLA*

LOCALITÀ: Spoleto - Centro storico.  
RIF. CATASTALI: Foglio n° 164; part. n° 1162/parte.  
COMMITTENTE: COMUNE DI SPOLETO

Dott. Geologo B. Marco SOTERA



MARZO 2017

## INDICE

|                |                                                                     |        |
|----------------|---------------------------------------------------------------------|--------|
| <b>1</b>       | Premessa .....                                                      | pag. 3 |
| <b>2</b>       | Ubicazione .....                                                    | « 3    |
| <b>3</b>       | Inquadramento geomorfologico e geologico .....                      | « 4    |
| <b>3.1</b>     | Dati sulla franosità storica dell'area .....                        | « 4    |
| <b>3.2</b>     | Dati sull'alluvionamento dell'area .....                            | « 4    |
| <b>4</b>       | Inquadramento idrogeologico .....                                   | « 5    |
| <b>5</b>       | Principali zonazioni geologiche, idrogeologiche ed idrauliche ..... | « 5    |
| <b>6</b>       | Inquadramento stratigrafico .....                                   | « 6    |
| <b>7</b>       | Gestione dei materiali da scavo (ex "terre e rocce da scavo") ..... | « 7    |
| <b>8</b>       | Modellazione sismica .....                                          | « 9    |
| <b>8.1</b>     | Sismostratigrafia .....                                             | « 9    |
| <b>8.2</b>     | Sismotettonica e sismicità storica .....                            | « 9    |
| <b>8.3</b>     | Azione sismica .....                                                | « 10   |
| <b>8.3.1</b>   | D.M 16 Gennaio 1996 .....                                           | « 10   |
| <b>8.3.2</b>   | NTC 2008: pericolosità sismica di base – macrozonazione .....       | « 10   |
| <b>8.3.2.1</b> | Risposta sismica locale - microzonazione .....                      | « 12   |
| <b>9</b>       | Stabilità nei confronti della liquefazione .....                    | « 13   |
| <b>10</b>      | Considerazioni e riflessioni tecniche .....                         | « 14   |
| <b>10.1</b>    | Grandezze geotecniche e resistenza del terreno .....                | « 15   |
| <b>11</b>      | Conclusioni .....                                                   | « 17   |
|                | <i>Bibliografia generale</i> .....                                  | « 18   |

## TAVOLE

- **TAV. 1\_INT:** UBICAZIONE DELLA PORZIONE DELL'IMMOBILE INTERESSATA DALL'INTERVENTO (SCALA 1:1.000).
- **TAV. 2\_INT:** PRG(PAI): SISTEMA AMBIENTALE COMPONENTE IDROGEOMORFOLOGICA – PUT/PTCP: AMBITI DEGLI ACQUIFERI SENSIBILI E PUNTI DI APPROVVIGIONAMENTO IDRICO DELLA RETE ACQUEDOTTISTICA REGIONALE (SCALA 1 : 5.000).

## 1. Premessa

Dietro incarico dell'Amministrazione Comunale di Spoleto, è stato eseguito uno studio di tipo geologico-tecnico e di caratterizzazione sismica di aggiornamento della Relazione geologico-tecnica redatta nell'Aprile 2008, secondo le nuove indicazioni del D.M 14. Gennaio 2008 "*Nuove Norme Tecniche per le costruzioni*" entrato in vigore il 1° Luglio 2009. Per l'integrazione si è fatto riferimento alla Circolare del CSLP "*Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*" e alle Norme Tecniche di Attuazione del PRG comunale<sup>(1)</sup>, oltre a riportare le parametrizzazioni geologiche e sismiche ai sensi del D.M. 11 Marzo 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*" e del D.M. 16 Gennaio 1996 "*Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche*", come richiesto esplicitamente dall'Ente.

La modellazione fisico-meccanica e stratigrafica del sottosuolo è stata dedotta da fonti bibliografiche, dalla revisione di alcuni scavi archeologici (*Limes o.n.l.u.s.*, 2002; *Okri*, 2003; *Alpha*, 2004), di due sondaggi a carotaggio continuo (*Giorgetti*, 2000), di un sondaggio a carotaggio continuo, di due sismiche a rifrazione ed un profilo sismico *MASW* (*A.G.M. Service S.r.l.*, 2008), realizzati all'interno del complesso dell'*Anfiteatro Romano*.

## 2. Ubicazione

L'immobile oggetto dell'attuale intervento è ubicato all'interno del nucleo storico della città di Spoleto, non molto distante dalle *Mura medievali* che delimitano ad Est l'abitato. L'area in studio è individuabile nel settore nordoccidentale della Tavoletta I.G.M. "Spoleto", F° 131 - II S.O. della Carta d'Italia e al Foglio n° 164 particella n° 1162/parte del N.C.T. del *Comune di Spoleto* (tav. 1\_INT).

---

<sup>(1)</sup> Approvato con Delibera di C.C. n° 50 del 14/05/2008

### 3. Inquadramento geomorfologico

Il sito in questione è ubicato all'interno della fascia collinare che funge da raccordo morfologico tra i rilievi montuosi di *Spoletto*, a Sud e la chiusura meridionale della *Valle Umbra*, a Nord, ed in particolare lungo le pendici nord-occidentali del *Colle S. Elia*, ad una quota di circa 323 m s.l.m.. L'attuale morfologia, legata alla forte antropizzazione dell'area nel corso dei secoli, è contraddistinta da un blando declivio verso NO. Le caratteristiche topografiche generali del sito in studio permettono di inserirlo all'interno della **Categoria T1**, ai sensi del *par. 3.2.2 Condizioni topografiche* delle NTC08, in quanto il pendio ha un'inclinazione media  $i < 15^\circ$ .

#### 3.1. Dati sulla franosità storica dell'area

Una rapida consultazione dei cataloghi del Progetto AVI, ha permesso di verificare che nel periodo 1918-1990 non sono stati registrati fenomeni franosi nell'area in oggetto. Il dato è stato confrontato con le cartografie del PRG, del *PAI – Assetto Geomorfologico* e IFFI - *Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia* dalle quali risulta **che la zona non è ricompresa nelle aree a maggior rischio da frana R3 e R4**, e non è interessata da alcun movimento gravitativo attivo o pregresso (tav. 2\_INT).

#### 3.2. Dati sull'alluvionamento dell'area

L'area in oggetto si trova a circa 40 m di distanza dalla sinistra idrografica del *T. Tessino*, protetta dalla cinta muraria medievale, per cui si può affermare che non esiste alcun pericolo di esondazione come confermato anche dagli studi del PRG e del PAI – Assetto Idraulico, dai quali risulta **che la zona non ricade all'interno delle aree a maggior rischio idraulico R4 e/o di potenziale alluvionamento** (tav. 2\_INT). Inoltre, una rapida consultazione dei cataloghi del Progetto AVI, ha permesso di verificare che nel periodo 1918-1990 non sono stati registrati fenomeni alluvionali.

#### 4. Inquadramento idrogeologico

La circolazione idrica sotterranea all'interno dei depositi continentali che caratterizzano l'area in questione, è possibile per la presenza di una buona permeabilità primaria delle facies a grana grossolana, delimitata inferiormente dalle argille grigio-azzurre o da banchi a più alta cementazione. La campagna geognostica del Febbraio 2000 (*Giorgetti*) aveva intercettato la piezometrica della falda freatica delle alluvioni del *Torrente Tessino*, tra 8,4 m (S1) e 9,5 (S2) m di profondità dal p.c., corrispondenti rispettivamente ad una quota assoluta di 313,6 m e 313,5 m s.l.m.. Le indagini realizzate nel mese di Aprile 2008 hanno intercettato l'acqua a circa 10,6 m di profondità (SP), ad una quota assolta di circa 310,4 m s.l.m. Confrontando le quote della falda acquifera riferite agli anni 2000 e 2008, si evidenzia come la piezometrica si sia notevolmente abbassata a causa del periodo siccitoso degli anni 2001-2010.

#### 5. Principali zonazioni geologiche, idrogeologiche ed idrauliche

La porzione dell'immobile oggetto dell'intervento (tav. 2\_INT)

- A) **non ricade** all'interno delle “Aree a maggior rischio idraulico o da frana R3-R4” dell'Autorità di Bacino del Fiume Tevere (PAI);
  - A1) **non ricade** all'interno di nessuna delle “Aree a Rischio Idraulico, individuata nelle cartografie “PAI – PIANO STRALCIO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO – Progetto di primo aggiornamento – Luglio 2012 – Fasce idrauliche sul reticolo secondario e minore” dell'ABT<sup>(2)</sup>,
  - A2) **non ricade** all'interno di nessuna frana individuata nella cartografia dell'ABT;
- B) **non ricade** all'interno di nessuna frana individuata nella cartografia dell'Inventario dei Movimenti Franosi in Italia (IFFI);
- C) **ricade** all'interno di “Acquiferi a vulnerabilità estremamente elevata ed elevata” (PUT-PTCP);
- D) **non ricade** all'interno di aree sottoposte a “Vincolo Idrogeologico R.D. 3267/23” (VINCOLO IDROGEOLOGICO);

---

<sup>(2)</sup> approvate dal P.C.M. il 10 Aprile 2013, adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Tevere con deliberazione n. 125 del 18 luglio 2012 e pubblicato sulla G.U. n. 188 del 12 Agosto 2013.

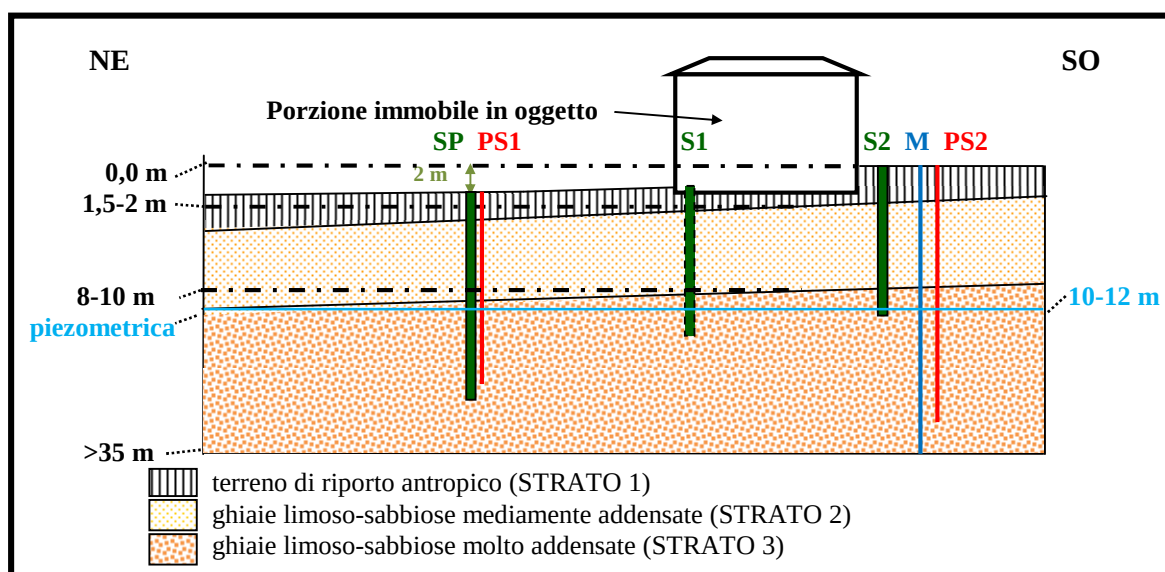
- E) **non ricade** all'interno di nessuna delle aree con *rischio da frana, propensione al dissesto, aree in erosione, rischio idraulico*, individuate nell'elaborato n° 3 “*Sistema Ambientale Componente Idrogeomorfologica*” delle Parte Strutturale del PRG del Comune di Spoleto (NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE DEL PRG).

## 6. Modellazione stratigrafica

In generale, il quadro stratigrafico del nucleo storico della *Città di Spoleto* evidenzia in superficie la presenza di un cospicuo spessore di depositi eterogenei di riporto antropico, utilizzati anticamente per uniformare le disomogeneità morfologiche esistenti. Nella zona collinare seguono più in profondità dei depositi riferibili al ciclo sedimentario continentale del Villafranchiano Auctt., costituiti da ghiaie addensate/cementate (**MGN4**) e da areniti limoso-argillose (**MGN3**), interdigitate con argille limose grigio-azzurre (**MGN2**), che nell'insieme costituiscono il “substrato” Plio-pleistocenico. Nell'area di pianura, al di sotto dei riporti sono presenti i depositi alluvionali del *T. Tessino* (**b** e **b4**), costituiti prevalentemente da ghiaie e ghiaie sabbioso-limose.

Dalle risultanze delle indagini geologiche riportate nella *Relazione geologico-tecnica* del 2008, per l'area prettamente in studio è stato estrapolato il seguente modello del sottosuolo, riportato schematicamente nella *fig. 1* (fuori scala).

- un intervallo superficiale (**STRATO 1**) costituito da *riporto antropico* avente uno spessore di circa 1,5 a 2 m, crescente da SO verso NE;
- un secondo intervallo (**STRATO 2A**) costituito principalmente da *ghiaie sabbioso-limose mediamente addensate*, avente uno spessore compreso tra 6 e 8 m;
- un terzo intervallo (**STRATO 3**) costituito principalmente da *ghiaie sabbioso-limose molto addensate*, oltre gli 8-10 m di profondità.



**Figura 1 – Modello geologico.** *Le quote sono riferite al piano campagna di monte.*

## 7. Gestione dei materiali da scavo (ex “terre e rocce da scavo”)

A livello nazionale, le principali fonti normative che regolamentano la gestione delle terre e rocce da scavo sono rappresentate dal *D.Lgs. n. 152 del 3 Aprile 2006 e s.m.i.*, dal *D.Lgs. n. 4 del 2008*, dal *D.Lgs. n. 205 del 2010* e dal *D.M. n. 161 del 10 Agosto 2012 “Regolamento recante la disciplina dell’utilizzazione delle terre e rocce da scavo”*, in cui “il suolo ed altro materiale allo stato naturale” escavati nel corso dell’attività di costruzione non sono considerati rifiuti se soddisfano alcune condizioni, tra cui:

- non risultano contaminati e vengono riutilizzati allo stato naturale nello stesso sito;
- non risultano contaminati e vengono riutilizzati allo stato naturale in siti diversi;
- sia certo l’utilizzo nel corso dello stesso o di un successivo processo di produzione o di utilizzazione, da parte del produttore o di terzi;
- pur contaminati, abbiano una composizione media della concentrazione di inquinanti inferiore ai limiti massimi della *tab. 1, colonne A e B dell’All. 5 - Titolo V - parte IV del D.M. 152/06*.

L’applicazione del *D.M. n. 161/2012*, prevede degli adempimenti che comprende specifiche procedure di caratterizzazione chimico-fisiche, la presentazione e realizzazione del Piano di Utilizzo, compilazione dei documenti di trasporto, la dichiarazione di avvenuto utilizzo, ecc.

Con l'entrata in vigore del *Regolamento*, era stato abrogato l'art. 186 del *D.Lgs. 152/06* e di conseguenza le normative che ne regolamentavano i contenuti, come la *D.G.R. n. 1064 del 27 Luglio 2009*, con il quale la *Regione dell'Umbria* aveva disciplinato la gestione delle “*Terre e Rocce da Scavo*” per piccoli cantieri. In realtà il *D.M. n. 161/2012* affronta le problematiche del riutilizzo ex situ di volumetrie superiori ai 6.000 m<sup>3</sup>, mentre per quantitativi inferiori è all'esame del Governo una disciplina semplificata prevista dal comma 7 dell'art. 266 del *D.Lgs. 152/2006*. In carenza della suddetta disciplina semplificativa, la *Regione dell'Umbria* ha emanato la ***D.G.R. n. 461 del 20 Maggio 2013***, pubblicata nel Bollettino Ufficiale della Regione Umbria il 12 Giugno 2013, con la quale dettava i criteri per la gestione delle terre e rocce da scavo per i materiali provenienti dai cantieri di piccole dimensioni, in accordo con quanto previsto nell’“*Art. 48, comma 6 della Legge Regionale 11/2009 – Criteri Regionali per la gestione delle terre e rocce da scavo provenienti da cantieri di piccole dimensioni*”. **In particolare, la norma si applicava esclusivamente ai quantitativi in eccedenza rispetto a quelli riutilizzati in cantiere e con volumetria inferiore ai 6.000 m<sup>3</sup>.**

Il *D.M. n. 69 del 21/06/2013 “Disposizioni urgenti per il rilancio dell'economia”*, il cosiddetto “*decreto del Fare*”, aveva ristretto notevolmente il campo di applicazione del *D.Lgs.161/2012*, rendendolo efficace solamente nei casi in cui i terreni provenissero da attività sottoposte a VIA e AIA (comma 2-bis dell'art. 184-bis). Con gli artt. 41 e 41-bis, la *Legge n. 98 del 9 Agosto 2013 “Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 21 giugno 2013, n. 69, recante disposizioni urgenti per il rilancio dell'economia”*, chiarisce i casi in cui è necessario il ricorso alle procedure di cui al *D.M. n. 161/2012* contenente, tra l'altro, i criteri qualitativi che le terre e rocce da scavo devono soddisfare per essere considerate sottoprodotti e non rifiuti.

Alla luce di quanto esposto sopra, il materiale scavato può essere riutilizzato allo stato naturale **nello stesso sito e in aree esterne autorizzate**, conformemente ai dettami della Legge 98/2013, ferma restando la piena responsabilità della D.L.<sup>(3)</sup>e del richiedente/denunciante.

Il materiale potrà essere temporaneamente depositato in attesa di utilizzo secondo quanto indicato nel *D.Lgs. 152/2006*, nella *L. 98/2013* e previsto dalla *D.G.R. 966/2015*.

---

<sup>(3)</sup> dell'opera di provenienza e dell'opera nella quale si utilizzano le Terre e Rocce da Scavo.



## 8. Modellazione sismica

### 8.1. Sismostratigrafia

Nella *fig. 1* è rappresentato il modello geologico, mentre nella *tab. 1* è riportato quello sismostratigrafico, ricavato dalle velocità della sismica MASW ed integrato con i profili sismici a rifrazione con onde P.

| SISMOSTRATIGRAFIA |                         |                          | STRATIGRAFIA                                    |
|-------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------|
| Sismostrato       | V <sub>s</sub><br>(m/s) | Spessore<br>medio<br>(m) | Strato                                          |
| 1                 | 206                     | 1,5-2                    | 1 - terreno di riporto antropico                |
| 2                 | 592                     | 6-8                      | 2 – ghiaie limoso-sabbiose mediamente addensate |
| 3                 | 1.179                   | >27                      | 3 - ghiaie limoso-sabbiose molto addensate      |

**Tabella 1 – Modello sismostratigrafico.**

Nei paragrafi che seguono è stata definita l'azione sismica ai sensi delle NTC08, corredata da una ricostruzione della sismicità dell'area attraverso informazioni storiche e studi sismotettonici.

### 8.2. Sismotettonica e sismicità storica

In generale, l'attività sismica della nostra regione è molto frequente ed è concentrata prevalentemente nella crosta terrestre ad una profondità inferiore ai 15 km. Nel settore del *pre-Appennino* ed *Appennino umbro*, i terremoti sono espressione di un campo di sforzi tettonici ancora attivo, le cui caratteristiche possono essere desunte dall'analisi dei meccanismi focali di tipo distensivo con asse di distensione (asse-T) in direzione SO-NE, cioè correlati con faglie estensionale orientate NO-SE. Nel catalogo sismico storico (*Boschi et al., 1995 e 1997; NT4.1, 1997*) vengono riportati terremoti dell'*Appennino* con intensità compresa tra VIII e X grado MCS, con forti scosse che risalgono anche al 1328, con epicentro prossimo a *Preci* e *Sellano*. Le ultime sequenza sismiche di una certa rilevanza che hanno interessato questo settore dell'*Appennino*, risalgono al 19 Settembre 1979 con epicentro a Norcia: ( $M_s=5,8$ ) ed ai mesi Settembre-Ottobre 1997, con epicentro a *Colfiorito* ( $M_L = 5,8$ ). L'Ordinanza P.C.M. 3274/03 ha inoltre definito le zone sismogenetiche per gran parte del territorio nazionale (ZS9), identificando il settore dell'*Appennino umbro* con il numero 919, a cui corrisponde una magnitudo momento  $M_{w_{max}}$  compresa tra 6 e 6,37 ed un meccanismo di fagliazione prevalente per faglia normale.

### 8.3. Azione sismica

La *normativa sismica* dell'Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20.03.2003 e s.i. e m. aveva definito i criteri per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle zone sismiche da parte delle Regioni, che la Giunta Regionale Umbra ha recepito con la D.G.R. n° 852 del 18.06.2003 "*Approvazione classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria*", inserendo il Comune di Spoleto nella zona sismica 1. A seguito dell'Ordinanza P.C.M. n° 3519 del 28.04.2006 "*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*", la Regionale Umbra ha nuovamente aggiornato la classificazione sismica, promulgando la D.G.R. n° 1111 del 18.09.2012 "*Aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria*", lasciando il Comune di Spoleto nella zona sismica 1. Il D.M. 14 Gennaio 2008 "*Nuove Norme Tecniche per le costruzioni*", definisce le nuove norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici, proponendo dei nuovi metodi di calcolo in condizioni di sollecitazione dinamica ciclica.

#### 8.3.1. D.M. 16 Gennaio 1996

Con riferimento alla precedente normativa sismica, l'intervento in progetto ricade all'interno di una zona sismica di prima categoria con grado di sismicità  $S = 12$  da cui si ricava un coefficiente  $C_s = (S-2)/100 = 0,1$ . Sulla base della stratigrafia del sondaggio SP che ha raggiunto i 21,8 m di profondità, si consiglia il **coefficiente sismico di fondazione**  $e = 1$ .

#### 8.3.2. NTC 2008: pericolosità sismica di base - macrozonazione

Le azioni sismiche di progetto da considerare nelle verifiche dei diversi stati limite esaminati sono stabilite a partire dalla "pericolosità sismica di base", che «è definita in termini probabilistici con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$ » della costruzione, attraverso:

- l'«accelerazione orizzontale di picco attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A ..)»;
- le «ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione [componente orizzontale] ad essa corrispondente  $S_e(T)$ », definito sulla base dei parametri su suolo rigido
  - $F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di risposta in accelerazione;

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

In relazione alla **vita nominale**  $V_N$  e alla **classe d'uso** ipotizzati per l'immobile in oggetto, sono stati definiti i parametri di interesse riassunti nella *tab. 2*, mediante una ricerca per coordinate geografiche del sito (ED50: Lat. 42,740195° Nord – Long. 12,739274° Est di *Greenwich*), applicando il metodo “*interpolazione superficie rigata*” riportato nel programma SPETTRI-NTC, redatto dal CSLP. In particolare, il sito ricade all'interno del reticolato di riferimento nazionale (all. B al *D.M. 14 Gennaio 2008*) tra i nodi principali avvenuti come identificativo i numeri 24519, 24520, 24742, 24741.

| $V_N$<br>(a)                                                                                                                                                                                                                                                     | Classe d'uso | $C_U$ | $V_R$<br>(a) | Stato limite | $P_{VR}$ | $T_R$<br>(a) | $a_g$<br>(g) | $F_0$ | $T_C^*$<br>(s) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------|--------------|--------------|----------|--------------|--------------|-------|----------------|
| 50                                                                                                                                                                                                                                                               | III          | 1,5   | 75           | SLO          | 81%      | 45           | 0,083        | 2,426 | 0,277          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                  |              |       |              | SLD          | 63%      | 75           | 0,105        | 2,384 | 0,285          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                  |              |       |              | SLV          | 10%      | 712          | 0,249        | 2,400 | 0,328          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                  |              |       |              | SLC          | 5%       | 1462         | 0,315        | 2,405 | 0,340          |
| $V_N$ vita nominale<br>$C_U$ coefficiente d'uso<br>$V_R$ periodo di riferimento maggiore o uguale a 35 anni<br>$P_{VR}$ probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$<br>$T_R$ periodo di ritorno dell'azione sismica compreso tra 30 e 2.475 anni |              |       |              |              |          |              |              |       |                |

**Tabella 2 – Parametri sismici della pericolosità sismica di base.**

Ipotizzando una progettazione per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) e dello Stato Limite del Danno (SLD), la *tab. 3* riporta i parametri di disaggregazione relativi alla variabilità magnitudo-distanza, ricavati dal sito dell'*Istituto di Geofisica e Vulcanologia di Milano* (INGV).

| Disaggregazione del valore di $a(g)$<br>(Coordinate del punto lat: 42,7325, lon: 12,7414, ID: 24742) |                                                     |                                    |                             |                               |                   |                          |                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| Stato limite                                                                                         | Probabilità di eccedenza in 50 anni<br>$P_{VR}$ (%) | Periodo di Ritorno<br>$T_R$ (anni) | Intervallo Magnitudine<br>M | Intervallo Distanza<br>D (km) | Magnitudine media | Distanza media<br>D (km) | Massimo contributo percentuale<br>%  |
| SLD                                                                                                  | 63                                                  | 50                                 | 4,0-6,5                     | 0-40                          | 5,200             | 17,000                   | 16,200<br>(M=4,5-5,0)<br>(D=0-10 km) |
| SLV                                                                                                  | 10                                                  | 475                                | 4,0-7,5                     | 0-30                          | 5,370             | 8,150                    | 24,600<br>(M=4,5-5,0)<br>(D=0-10 km) |

**Tabella 3 – Parametri di disaggregazione per la variabilità M-D.**

### 8.3.2.1. Risposta sismica locale - microzonazione

La corretta definizione delle azioni sismiche di progetto necessita anche della valutazione della risposta sismica locale, dipendente dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei terreni e dalle loro proprietà fisico-meccaniche, che si traduce in una nuova forma spettrale ancorata all'accelerazione orizzontale massima attesa al sito  $a_{max} = S \cdot a_g$ . Attraverso la metodologia dell'**approccio semplificato**, per il sito in studio sono state individuate le categorie:

- topografica T1 – «Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ».
- di sottosuolo B – «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  $V_{S,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $N_{SPT,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $C_{U,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina)».

I sondaggi hanno rilevato la presenza omogenea di depositi di copertura alluvionale da sciolti ad addensati, mentre le indagini geofisiche hanno evidenziato una certa disomogeneità areale delle velocità delle onde P ed S e degli spessori dei vari sismo-strati individuati. Inoltre, un confronto con altre indagini geofisiche realizzate in questo settore della città di Spoleto, ha mostrato come le velocità delle onde S stimate all'interno del *Monastero della Stella*, siano decisamente troppo alte. Alla luce di quanto esposto, considerando anche l'incertezza di misura della metodologia MASW, lo scrivente consiglia l'adozione della tipologia di sottosuolo B.

Con questi presupposti sono stati definiti i coefficienti di interesse riportati nella *tab. 4*.

| Stato limite                        | S <sub>S</sub>                               | S <sub>T</sub> | C <sub>C</sub> | S     | a <sub>max</sub><br>(g) |
|-------------------------------------|----------------------------------------------|----------------|----------------|-------|-------------------------|
| SLO                                 | 1,200                                        | 1,000          | 1,422          | 1,200 | 0,100                   |
| SLD                                 | 1,200                                        | 1,000          | 1,414          | 1,200 | 0,126                   |
| SLV                                 | 1,161                                        | 1,000          | 1,375          | 1,161 | 0,289                   |
| SLC                                 | 1,097                                        | 1,000          | 1,365          | 1,097 | 0,346                   |
| S <sub>S</sub>                      | coefficiente di amplificazione stratigrafica |                |                |       |                         |
| S <sub>T</sub>                      | coefficiente di amplificazione topografica   |                |                |       |                         |
| S = S <sub>S</sub> x S <sub>T</sub> |                                              |                |                |       |                         |

Tabella 4 - Parametri sismici legati alla pericolosità sismica di sito

## 9. Stabilità nei confronti della liquefazione

La liquefazione può interessare depositi sabbiosi e sabbioso limosi saturi, sottoposti all'azione del terremoto, che induce nel terreno grandi deformazioni fino al raggiungimento dello stato fisico di un fluido viscoso. Questo fenomeno è dovuto all'incremento progressivo della pressione interstiziale, che avviene principalmente per effetto delle sollecitazioni di taglio ad andamento ciclico irregolare, indotte dalla propagazione verso l'alto di onde S provenienti dalle formazioni sottostanti. Se il materiale è poco addensato e se il terremoto ha un'intensità e durata elevata, le particelle possono galleggiare nell'acqua; successivamente l'acqua viene espulsa verso la superficie, mentre le particelle solide si depositano assumendo una struttura più addensata. In letteratura esistono diversi approcci per la valutazione della suscettibilità del deposito alla liquefazione e in questa sede verrà utilizzato la *procedura semplificata*, con la quale si determina un fattore di sicurezza ( $F_S$ ), espresso dal rapporto fra la capacità di resistenza agli sforzi di taglio ciclico ( $R$ ) e la sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma ( $T$ ), nello strato. Ricorrendo ai metodi di *Andrus & Stokoe (1997)* per la determinazione di  $R$  in funzione delle velocità delle onde S e di *Seed & Idriss (1971)* modificato, per la definizione di  $T$ , si ottiene la relazione:

$$F_S = \frac{R}{T} = \frac{\left[ 0,03 \cdot \left( \frac{V_{Sl}}{100} \right)^2 + \frac{0,9}{V_{Slc} - V_{Sl}} - \frac{0,9}{V_{Sl}} \right] \cdot k_s}{0,65 \times \frac{a_{max} \cdot s_{v0}}{g \cdot s'_{v0}} \cdot \frac{r_d}{MSF}},$$

in cui

|                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $V_{Sl}$ = velocità delle onde S corretta con la pressione verticale efficace $\sigma'_{v0}$ alla profondità $z$ ;                                                                                                                     | $V_{Slc}$ = limite superiore critico delle $V_S$ necessario per la liquefazione, funzione della percentuale di fine FC; |
| $a_{max}$ = accelerazione sismica massima;                                                                                                                                                                                             | $g$ = accelerazione di gravità;                                                                                         |
| $s_{v0}$ = pressione verticale totale alla profondità $z$ ;                                                                                                                                                                            | $s'_{v0}$ = pressione verticale efficace alla profondità $z$ ;                                                          |
| $k_s$ = coefficiente correttivo per $z > 15$ m ( <i>Youd, 1997</i> );                                                                                                                                                                  | $MSF$ = coefficiente correttivo funzione della magnitudine $M^{(*)}$ del sisma.                                         |
| $r_d$ = coefficiente funzione della profondità $z$ ;                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                         |
| (*) Come magnitudo di riferimento è stata assunta la <b>magnitudo massima attesa <math>M_{wmax} = 6,37</math> nella zona sorgente 919 della zonazione sismogenetica ZS9 (INGV)</b> , all'interno della quale ricade il sito in studio. |                                                                                                                         |

Ipotizzando una profondità massima di risalita della falda pari a 6 m dal p.c. ed il modello stratigrafico riportato nel *par. 7*, è stata verificata la liquefazione all'interno degli STRATI 2 e 3 (SISMOSTRATI 2 e 3), come riassunto nella *tabella 4*.

| STRATO<br>[sismostr.] | z                                                  | $s_{v0}$              | $s'_{v0}$             | $V_s$ | $V_{slc}$ | $k_s$ | $a_{max}/g$ | M                                      | MSF  | $r_d$ | R    | T     | $F_s$ |
|-----------------------|----------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------|-----------|-------|-------------|----------------------------------------|------|-------|------|-------|-------|
| n°                    | (m)                                                | (kg/cm <sup>2</sup> ) | (kg/cm <sup>2</sup> ) | (m/s) | (m/s)     |       |             |                                        |      |       |      |       |       |
| 2 [2]                 | 8,0                                                | 1,50                  | 1,30                  | 590   | 553       | 1,00  | 0,289       | 6,37                                   | 1,71 | 0,94  | 0,91 | 0,119 | 7,7   |
| 3 [3]                 | 12,0                                               | 2,40                  | 1,80                  | 1180  | 1019      | 1,00  | 0,289       | 6,37                                   | 1,71 | 0,85  | 3,11 | 0,125 | 24,9  |
| 3 [3]                 | 15,0                                               | 3,02                  | 2,12                  | 1180  | 978       | 0,83  | 0,289       | 6,37                                   | 1,71 | 0,77  | 2,38 | 0,121 | 19,7  |
| 3 [3]                 | 20,0                                               | 4,04                  | 2,64                  | 1180  | 926       | 0,78  | 0,289       | 6,37                                   | 1,71 | 0,64  | 2,02 | 0,107 | 18,8  |
| STRATO<br>[sismostr.] | Indice del potenziale di liquefazione $IP_L^{(*)}$ |                       |                       |       |           |       |             | Rischio di liquefazione <sup>(*)</sup> |      |       |      |       |       |
| n°                    |                                                    |                       |                       |       |           |       |             |                                        |      |       |      |       |       |
| 2 [2]                 | 0                                                  |                       |                       |       |           |       |             | Non liquefacibile                      |      |       |      |       |       |
| 3 [3]                 | 0                                                  |                       |                       |       |           |       |             | Non liquefacibile                      |      |       |      |       |       |

(\*) da Sonmez, 2003

**Tabella 4 – Verifica alla liquefazione.**

Le *NTC08* rimandano al progettista la valutazione dell'adeguatezza del fattore di sicurezza in relazione al livello di conoscenza del sito e dei rischi connessi con l'opera in progetto, mentre secondo le indicazioni dell'*EC8*, un deposito può essere considerato **non liquefacibile** quando  $F_s > 1,25$ , come si rileva nella situazione analizzata. La procedura eseguita è raccomandata dal *National Center for Earthquake Research (NCEER)*.

## 10. Considerazioni e riflessioni tecniche

Il progetto prevede la ristrutturazione di una porzione di immobili presenti all'interno del *Monastero della Stella*. Il modello del sottosuolo riportato schematicamente nel *par. 7*, evidenzia in superficie un *terreno di riporto antropico* (STRATO 1) avente uno spessore di circa 1,5-2 m, seguito da 6-8 m di *ghiaie limoso-sabbiose mediamente addensate* (STRATO 2) che in profondità passano a delle *ghiaie limoso-sabbiose molto addensate* (STRATO 3).

Poiché la scelta ultima dell'intervento spetta al progettista strutturale di concerto con la committenza, si rimandano al primo le verifiche necessarie nei confronti degli

- *stati limite ultimi SLU di tipo geotecnico* (GEO), relativamente al raggiungimento della resistenza del terreno interagente con la struttura, con sviluppo di meccanismi di collasso dell'insieme terreno-struttura,
- *stati limite di esercizio SLE*, riguardo agli spostamenti, rotazioni e distorsioni in relazione alla funzionalità dell'opera,

dipendenti dalla distribuzione dei carichi, dalla geometria e dalla tipologia fondale adottata.

### 10.1. Grandezze geotecniche e resistenza del terreno

I dati della letteratura scientifica integrati dalle indagini geognostiche, hanno permesso di valutare l'insieme dei valori delle grandezze fisiche<sup>(4)</sup> che possono descrivere il comportamento geotecnico dei terreni investigati. Con riferimento al *par. 6.2.2* delle N.T.C. ispirate agli Eurocodici, «*per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del parametro appropriato nello stato limite considerato*». Per grandi volumi o per fondazioni rigide la scelta può essere orientata verso valori prossimi a quelli medi, mentre è necessario considerare valori vicini a quelli minimi, quando queste condizioni vengono meno. Con questi presupposti, i valori caratteristici forniti nella relazione sono stati cautelativamente ottenuti mediante un approccio statistico ed espressi come il 5° percentile della media, in sintonia con le indicazioni dell'*EC7*. Il modello geotecnico della *tab. 5* riepiloga le **grandezze geotecniche** (*medie  $X_m$  e caratteristiche  $X_k$* ) ricavate dalle prove SPT in foro, da cui si potranno desumere le **grandezze geotecniche di progetto ( $X_d$ )**, adottando gli appropriati *coefficienti parziali* secondo gli approcci progettuali prescelti.

---

<sup>(4)</sup> Non più definibile come valore deterministico.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                    |                                                                  |                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| <b>STRATO 1</b> - da 0 a 1,5/2 m dal p.c.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                    | <i>Terreno di riporto antropico</i>                              |                                 |
| Parametro                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Unità di misura    | Valore medio ( $X_m$ )                                           | Valore caratteristico ( $X_k$ ) |
| Peso di volume totale apparente $\gamma_n$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | t/m <sup>3</sup>   | 1,5 <sup>(5)</sup>                                               | /                               |
| <b>N.B. TERRENO NON IDONEO PER LA FONDAZIONE DIRETTA.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                    |                                                                  |                                 |
| <b>STRATO 2</b> - da 1,5/2 a 8/10 m dal p.c.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                    | <i>Ghiaie limoso-sabbiose mediamente addensate<sup>(*)</sup></i> |                                 |
| Parametro                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Unità di misura    | Valore medio ( $X_m$ )                                           | Valore caratteristico ( $X_k$ ) |
| Numero dei colpi $N_{SPT}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | colpi/30 cm        | 74,5                                                             | /                               |
| Peso di volume totale apparente $\gamma_n$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | t/m <sup>3</sup>   | 1,9 <sup>(5)</sup>                                               | /                               |
| Angolo di resistenza al taglio $j'$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | °                  | 37,5 <sup>(6)</sup>                                              | 35,3 <sup>(7)</sup>             |
| Modulo Edometrico $E_{ed}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Kg/cm <sup>2</sup> | 550                                                              | 520 <sup>(8)</sup>              |
| Costante di Winkler $K_1^{(**)}$ (relativa ad una piastra b=30 cm)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Kg/cm <sup>3</sup> | 10 <sup>(5)</sup>                                                |                                 |
| Coefficienti di capacità portante riferiti alle grandezze caratteristiche:<br>$N_g = 50,4$ (Vesic, 1970), $N_q = 34,6$ (Prandtl, 1921; Reissner, 1924).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                    |                                                                  |                                 |
| <sup>(*)</sup> L'angolo di attrito di questo strato è stato ricavato secondo le seguenti assunzioni:<br>- per le prove a rifiuto, $N_{SPT} = 100$ colpi;<br>- quando $j$ , ottenuto dalla correlazione di <i>Hatanaka &amp; Uchida</i> è risultato superiore a 40°, è stato imposto $j = 40^\circ$ .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                    |                                                                  |                                 |
| <sup>(**)</sup> Poiché il valore della <i>costante di Winkler</i> non è una proprietà del terreno, il suo valore ha poco senso ed andrebbe perciò determinato attraverso prove specifiche in situ ( <i>prova su piastra di diametro b</i> ) e successivamente estrapolato alla trave di fondazione di larghezza <b>B</b> , attraverso le relazioni 1) $K_w \cong k_1 \cdot \frac{b}{1,5B}$ e 2) $K_w \cong k_1 \left( \frac{B+b}{2B} \right)^2$ (in <i>Viggiani</i> , 1993: 1) per terreni coerenti e 2) per terreni non coerenti). Nel caso di terreno uniforme è possibile fornire una prima valutazione approssimativa anche attraverso la relazione $K_w = \frac{E_k}{B}$ (in <i>Viggiani</i> , 1993). |                    |                                                                  |                                 |

**Tabella 5 – Modello geotecnico.**

L'incremento delle  $V_s$  con la profondità, permette di estrapolare cautelativamente la parametrizzazione dello STRATO 2 a tutto il volume significativo interessato dalla porzione di immobile.

<sup>(5)</sup> Dalla bibliografia.

<sup>(6)</sup> Valore mediato tra le correlazioni di *Hatanaka & Uchida* e di *De Mello*.

<sup>(7)</sup> Valore valido solamente per grandi superfici di rottura, che in genere avviene con l'adozione di fondazioni superficiali.

<sup>(8)</sup> Valore mediato tra le correlazioni di *Farrent* e di *Menzebach & Malcev*.



## 11. Conclusioni

Dagli studi realizzati si può dedurre che non esistono impedimenti fisici alla fattibilità dell'intervento in quanto, non si evidenziano:

- episodi franosi in evoluzione o in atto;
- processi erosivi intensi;
- pericoli di alluvionamento.

Le informazioni bibliografiche integrate con la revisione delle indagini eseguite, hanno permesso di definire i modelli stratigrafico, sismico e geotecnico riportati nei *parr. 6, 8 e 10*, che il progettista strutturale potrà utilizzare per procedere con le verifiche prescritte dalla normativa vigente. Nel corso delle operazioni di scavo si raccomanda di procedere con cautela, adottando tutte le misure di sicurezza previste dalla normativa vigente, per salvaguardare l'incolumità degli operatori presenti e l'integrità delle opere murarie adiacenti.

Si ricorda l'obbligo di trattare il materiale proveniente dagli scavi secondo la normativa vigente, come più approfonditamente descritto nel par. 7.

Qualora durante l'esecuzione dei lavori si venisse a conoscenza di nuovi dati non conformi a quanto esposto nella presente relazione, dovrà essere opportunamente valutata l'ipotesi di eventuali modifiche del progetto in corso d'opera.

L'ampiezza dell'indagine e le relative considerazioni sono strettamente subordinate alla tipologia dell'opera in progetto, pertanto non devono essere generalizzate per interventi di altra natura, senza l'eventuale integrazione con specifiche indagini geognostiche e/o prove di laboratorio.

Il presente elaborato è costituito da 19 pagine dattiloscritte e da 2 tavole.

Spoletto, 3 Marzo 2017

Dott. Geologo B. Marco SOTERA



## BIBLIOGRAFIA GENERALE

*CARTA GEOLOGICA DELL'UMBRIA* - Servizio Geologico dell'Umbria.

*CARTA GEOLOGICA D'ITALIA - F° 131 FOLIGNO* - Servizio Geologico d'Italia.

*CARTA INVENTARIO DEI MOVIMENTI FRANOSI DELLA REGIONE DELL'UMBRIA ED AREE LIMITROFE D'ITALIA* - CNR & GNDICI.

*CATALOGO DEI FORTI TERREMOTI IN ITALIA, 1 e 2* - ING & SGA, 1995 e 1997.

*CATALOGO NT4.1.1/DOM4.1* - CNR & GNDICI, 1997

*FONDAZIONI* – C. Viggiani – CUEN, 1993.

*GEOLOGIA TECNICA* - F. Ippolito, P. Nicotera, P. Lucini, M. Civita, R. de Riso - ISEDI PETRINI EDITORE.

*GEOTECNICA* - Renato Lancellotta - ZANICHELLI, 1993.

*GEOTECNICA E TECNICA DELLE FONDAZIONI* - Carlo Cestelli Guidi – HOEPLI, 1987.

*IDROGEOFISICA* – Maurizio Gorla – DARIO FLACCOVIO EDITORE, 2009.

*INDAGINE SISMICA MASW relativa al progetto di ristrutturazione edilizia per la realizzazione di 2 unità immobiliari in Via Flaminia, Spoleto – Dicembre 2010* - A.G.M. Service S.r.l.

*INDAGINE SISMICA MASW relativa alla costruzione di un fabbricato adibito a civili abitazioni e negozi, all'interno di un piano attuativo di iniziativa pubblica e privata denominato "contratto di quartiere 2" – Dicembre 2010* - Dott. Geologo Di Cola Alessandro.

*INPUT SISMICO E STABILITÀ GEOTECNICA DEI SITI DI COSTRUZIONE* – C.G. Lai, S. Foti, M. Rota – IUSS PRESS, 2009.

*LA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI* – Giulio Riga – DARIO FLACCOVIO EDITORE, 2007.

*NUOVO FORMULA GEO* – Aldo Di Bernardo – PROGRAM GEO, 2008.

*PIANO REGOLATORE GENERALE DEL COMUNE DI SPOLETO - Parte Strutturale: Norme Tecniche di Attuazione* – Adottato con Delibera di C.C. n° 50 del 14/05/2008.

*PIANO STRALCIO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)* - Autorità di Bacino del Fiume Tevere.

*PROGETTO AVI: CATALOGO DELLE INFORMAZIONI SULLE LOCALITÀ ITALIANE COLPITE DA FRANE E DA INONDAZIONI - Volume I & II – Frane e Inondazioni (1998) – CNR & GNDCI.*

*RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA relativa al recupero ed al consolidamento di un edificio all'interno della ex Caserma Minervio da destinare a civili abitazioni - 2000 - Dott. Geologo Roberto Giorgetti.*

*RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA relativa ai lavori di riparazione del danno con miglioramento sismico di un fabbricato plurifunzionale adibito ad attività commerciali ed a civili abitazioni, danneggiato dagli eventi sismici del 1997 e successivi (L. R. 30/98 e D.G.R. n° 5180/98) in Spoleto, Via del Macello Vecchio n° 2 – Settembre 2002 - Dott. Geologo Massimiliano Capitani.*

*RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA relativa al progetto di consolidamento di un edificio civile danneggiato dal sisma del 1997 e successivi, in Spoleto Via Amedeo – 2005 - Dott. Geologo Massimiliano Capitani.*

*RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA relativa al progetto di consolidamento di alcuni edifici civili danneggiati dal sisma del 1997 e successivi, in Spoleto Via dei Gesuiti – Gennaio 2006 - Dott. Geologo B. Marco Sotera.*

*RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA relativa al progetto di riparazione danni e miglioramento sismico di un fabbricato ad uso abitazione lesionato dal sisma del 1997 e successivi, in Spoleto Via dell'Anfiteatro – Febbraio 2007 - Dott. Geologo B. Marco Sotera.*

*RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA relativa al recupero architettonico dell'area dell'Anfiteatro –Monastero della Stella finalizzato alla realizzazione di un polo di alta formazione integrata per la conoscenza, la tutela, la conservazione e valorizzazione dei beni culturali , in Spoleto – Aprile 2008 - Dott. Geologo B. Marco Sotera.*

*SOIL MECHANICS - R.F. Craig – (CHAPMAN & HALL, 1987).*

*STUDI PRELIMINARI SULLA SEQUENZA SISMICA dell'Appennino Umbro-Marchigiano del settembre-ottobre 1997 – ING n. 593, 1997.*

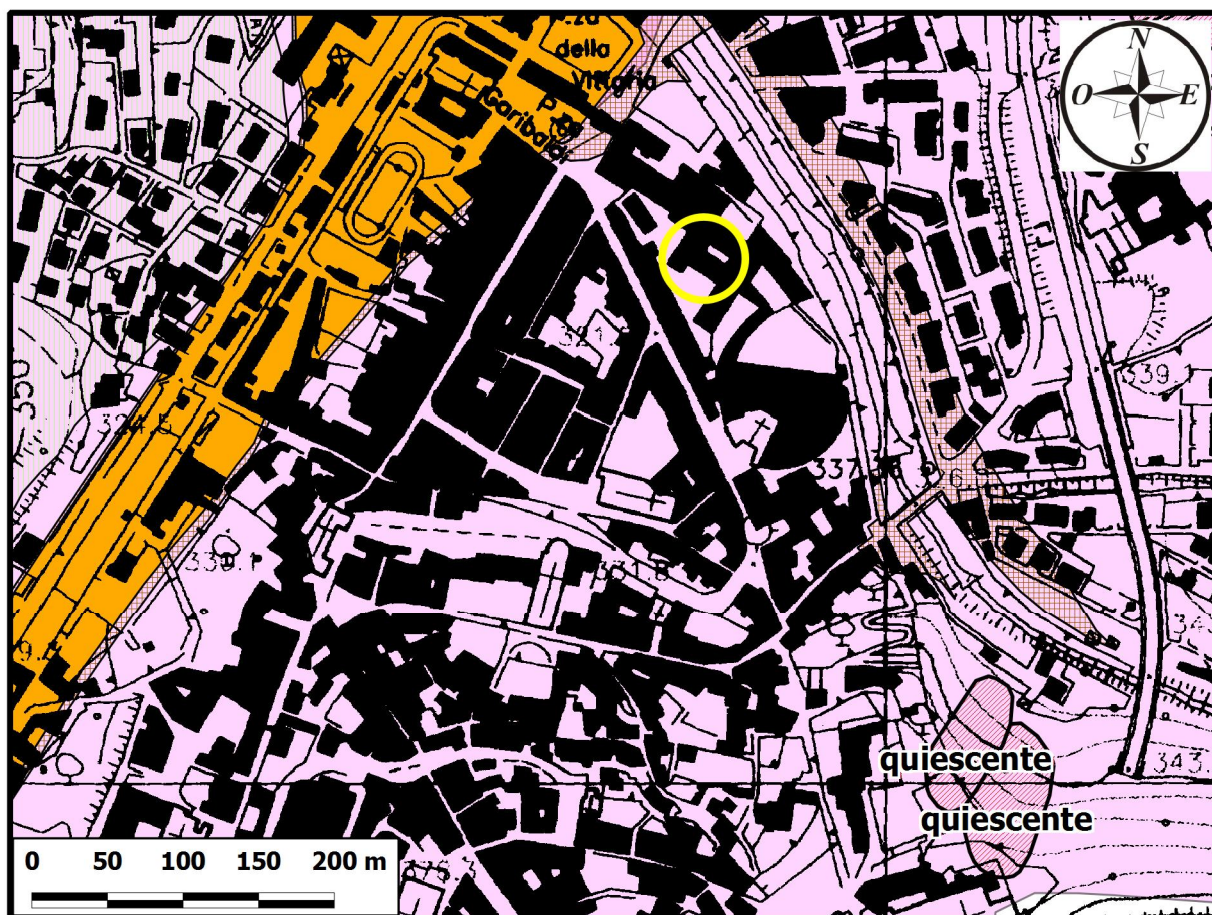
TAVOLA 1\_INT  
UBICAZIONE DELLA PORZIONE DELL'IMMOBILE  
INTERESSATA DALL'INTERVENTO



Estratto Foglio n° 164 - particella n° 1162/parte  
N.C.T. Comune di Spoleto  
Scala 1:1.000



TAVOLA 2\_INT  
 PRG (PAI): SISTEMA AMBIENTALE COMPONENTE  
 IDROGEOMORFOLOGICA  
 PUT (PTCP): AMBITI DEGLI ACQUIFERI SENSIBILI E PUNTI DI  
 APPROVVIGIONAMENTO IDRICO DELLA RETE ACQUEDOTTISTICA  
 REGIONALE - Scala 1:5.000 -



| LEGENDA                                                   |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Rischio idraulico Fascia B (PRG/PAI)                      |  |
| Rischio idraulico Fascia C (PRG/PAI)                      |  |
| R1f - Propensione al dissesto medio-basso                 |  |
| Vulnerabilità degli acquiferi da molto elevata ad elevata |  |