

**S.S.N.318 DI VALFABBRICA**

Tratto Valfabbrica-Schifanoia - Interventi di completamento dal Km 16+224 al Km 19+354  
 Lotto 5 : 1 stralcio parte B: raddoppio galleria Picchiarella e viadotto Tre Vescovi  
 2 stralcio: raddoppio galleria Casacastalda e viadotto Calvario

**PROGETTO ESECUTIVO**

COD. PG131 - PG6

**PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA**

**IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:**

Dott. Ing. Nando Granieri  
 Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

**IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:**

**MANDATARIA:**

**MANDANTI:**



Dott.Ing. N.Granieri  
 Dott.Arch. N.Kamenicky  
 Dott.Ing. V.Truffini  
 Dott.Arch. A.Bracchini  
 Dott.Ing. F.Durastanti  
 Dott.Geol. G.Cerquiglini  
 Geom. S.Scopetta  
 Dott.Ing. L.Sbrenna  
 Dott.Ing. E.Sellari  
 Dott.Ing. L.Stoppini  
 Dott.Ing. L.Dinelli  
 Dott.Ing. L.Nani  
 Dott.Ing. F.Pambianco  
 Dott. Agr. F.Berti Nulli

Dott. Ing. D.Carlaccini  
 Dott. Ing. S.Sacconi  
 Dott. Ing. G.Cordua  
 Dott. Ing. V.De Gori

Dott. Ing. V.Rotisciani  
 Dott. Ing. F.Macchioni  
 Dott. Ing. M.Sorbelli  
 Dott. Ing. V.Piunno  
 Dott. Ing. G.Pulli

**IL PROGETTISTA:**

Dott. Ing. Davide Carlaccini  
 Ordine degli Ingegneri della Prov. di Terni n° A1245

**IL GEOLOGO:**

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini  
 Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

**Il R.U.P.**

Dott. Ing. Antonio Scalamandrè

**IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:**

Dott. Ing. Filippo Pambianco  
 Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

PROTOCOLLO

DATA



**GEOLOGIA, GEOTECNICA E IDROGEOLOGIA  
 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO  
 Relazione sismica**

| CODICE PROGETTO |             | NOME FILE                   | REVISIONE | SCALA:       |            |
|-----------------|-------------|-----------------------------|-----------|--------------|------------|
| PROGETTO        | LIV. PROG.  | N. PROG.                    |           |              |            |
| D P P G 0 8     | E           | 1 7 0 1                     |           |              |            |
|                 |             | CODICE ELAB.                |           |              |            |
|                 |             | T 0 0 G E 0 2 G E O R E 0 0 | A         |              | -          |
|                 |             |                             |           |              |            |
|                 |             |                             |           |              |            |
|                 |             |                             |           |              |            |
| A               | Emissione   | 25/10/2017                  | S.Sacconi | D.Carlaccini | N.Granieri |
| REV.            | DESCRIZIONE | DATA                        | REDATTO   | VERIFICATO   | APPROVATO  |

**INDICE**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. PREMESSA.....</b>  | <b>2</b>  |
| <b>2. EVOLUZIONE DEL QUADRO NORMATIVO IN MATERIA ANTISISMICA DELLA REGIONE TOSCANA .....</b>                             | <b>3</b>  |
| <b>3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA .....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>3.1 CARATTERI GEOLITOLOGICI DEI DEPOSITI SUPERFICIALI E DELLE FORMAZIONI DEL SUBSTRATO.....</b>                       | <b>6</b>  |
| <b>3.2 ASPETTI GEOLOGICO-STRUTTURALI E LITOLOGICI.....</b>   | <b>10</b> |
| <b>3.3 ASPETTI MORFOLOGICI.....</b>  | <b>14</b> |
| <b>4. INDAGINI ESEGUITE.....</b>   | <b>17</b> |
| <b>5. NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA.....</b>   | <b>26</b> |
| <b>5.1 SISMICITÀ DELL'AREA .....</b>   | <b>26</b> |
| <b>5.2 NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA .....</b>   | <b>29</b> |
| <b>6. PERICOLOSITÀ SISMICA DELL'AREA INTERESSATA DAL TRACCIATO E DEFINIZIONE DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO.....</b> | <b>32</b> |
| <b>6.1 PARAMETRI SISMICI ADOTTATI PER LE OPERE.....</b>  | <b>35</b> |

## 1. PREMESSA

La presente relazione è finalizzata a definire gli elementi sismici per il Progetto Esecutivo della: "S.S. 318 di Valfabbrica – Interventi di completamento Parte A dei Lavori di costruzione del tratto in variante sa S.S. 3 bis (S.G.C. E 45). Tratto Valfabbrica-Schifanoia - Interventi di completamento dal Km 16+224 al Km 19+354, Lotto 5 : 1 stralcio parte B: raddoppio galleria Picchiarella e viadotto Tre Vescovi, 2 stralcio: raddoppio galleria Casacastalda e viadotto Calvario.

Il tracciato in progetto, di lunghezza di circa 3 Km, risulta collocato in un'area geografica compresa tra gli abitati di Valfabbrica a SO e Casacastalda a NE, nell'ambito del territorio comunale di Valfabbrica. Tale area è posizionata nella porzione medio- orientale della regione Umbria, con sviluppo SO-NE, pressoché parallelo inizialmente al Fiume Chiascio e successivamente al corso del Rio Risacco, affluente in riva sinistra del F. Chiascio stesso, che rappresenta l'elemento idrografico principale dell'area, circondato da un contesto collinare di modesta altitudine.

In particolare si è proceduto ad illustrare la sismicità dell'area ed a fornire una caratterizzazione sismica dei terreni di fondazione interessati dal tracciato con le seguenti finalità:

- macrozonazione sismica dell'area attraverso l'individuazione delle zone sismiche dei comuni attraversati dalla nuova infrastruttura autostradale ai sensi dell'OPCM n. 3274 del 20 marzo 2003 come recepita dal DGR Umbria n. 852 del 18 giugno 2003 e dal successivo DGR n. 1111 del 18 settembre 2012 che approva la nuova riclassificazione sismica del territorio regionale;
- definire la categoria del suolo di fondazione lungo il tracciato ottenuta considerando i dati relativi alle indagini eseguite in questa fase progettuale;
- caratterizzare la pericolosità sismica dell'area mediante l'individuazione dei parametri ag (accelerazione orizzontale massima del terreno) e dell'Intensità macrosismica  $I_{max}$ ;
- definire per ogni comune i parametri spettrali che definiscono lo spettro di risposta elastico di riferimento in accelerazione  $S_e(T)$ , dai quali viene poi ricavato dal progettista lo spettro di progetto  $S_d(T)$  caratteristico del tipo d'opera seguendo le modalità riportate nel D.M. 14 gennaio 2008.

La prima fase ha pertanto comportato una ricerca bibliografica per l'acquisizione della documentazione scientifica e tecnica relativa all'area, la consultazione dei documenti ed elaborati prodotti dai Servizi Tecnici della Regione Umbria e del Comune di Valfabbrica, la raccolta dati e le informazioni provenienti dagli studi geologici allegati al Progetto Definitivo e, per quanto riguarda la pericolosità sismica dell'area, si è fatto riferimento alle mappe ed ai dati pubblicati dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia INGV e dal CNR Istituto Nazionale di Geofisica.

## 2.EVOLUZIONE DEL QUADRO NORMATIVO IN MATERIA ANTISISMICA DELLA REGIONE TOSCANA

- **O.P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003:** "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica". Il riordino della normativa antisismica in Italia inizia con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 2003, che fornisce i primi elementi in materia di classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. È in questa Ordinanza che viene introdotta la classificazione dei terreni in base ai parametri Vs30, Nspt, Cu.
- **DGR Umbria n. 852 del 18 giugno 2003:** "Approvazione classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria". DM Infrastrutture e Trasporti 14.09.2005 "Norme Tecniche per le Costruzioni" del Ministero delle Infrastrutture che, di concerto con il Dipartimento della Protezione Civile, ha emanato un nuovo corpo normativo che assorbe anche quello adottato con l'Ordinanza 3274/03, pervenendo alla suddivisione delle zone sismiche 1, 2 e 3 anche in sottozone caratterizzate da valori dell'accelerazione intermedi rispetto ai valori di soglia.
- **OPCM 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". E' stata emanata ad integrazione della OPCM n° 3274/03, tenuto conto che in tale Ordinanza contestualmente si dà atto della provvisorietà dei suddetti criteri, in attesa del completamento delle attività del Gruppo di Lavoro istituito con Decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici finalizzato alla revisione dei Criteri. Tale Ordinanza ha adottato la mappa di pericolosità sismica MPS04 (vedi Figura 1) quale riferimento ufficiale.
- **Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 C.S.LL.PP.:** "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008".
- **DGR n. 1111 del 18 settembre 2012:** "Aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria".

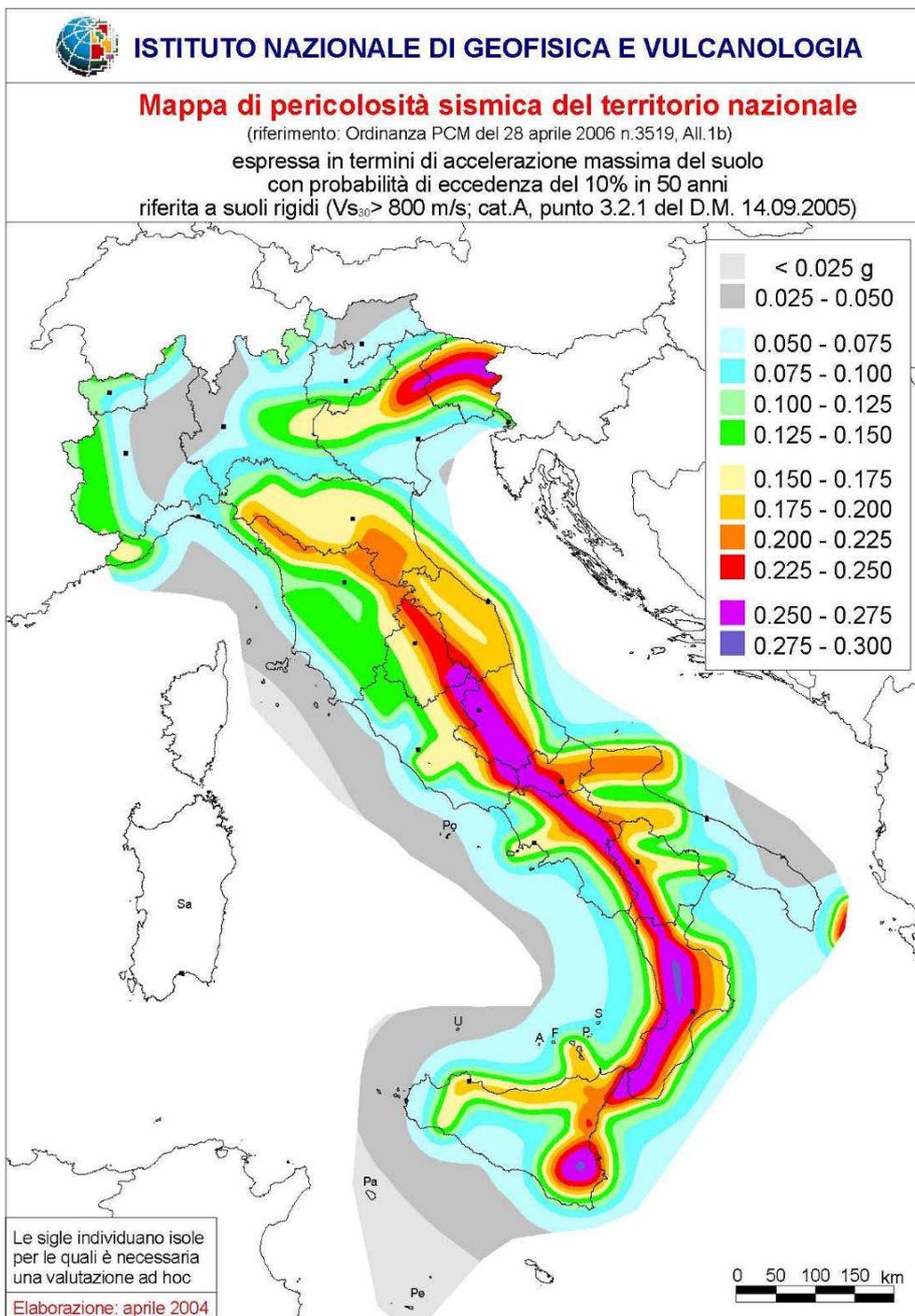


Figura 1 - Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale (OPCM 3519/06)

### 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

I terreni affioranti nell'area interessata dal tracciato in progetto sono stati raggruppati in due successioni, una "marina" ascrivibile al basamento torbiditico della Formazione della Marnoso-Arenacea s.l. (FMA4), Membro di Galeata, di età Langhiano superiore- Serravalliano superiore, l'altra "continentale" che ricopre un periodo compreso tra il Plio-Pleistocene e l'Olocene, comprendente: depositi alluvionali fluvio-lacustri (FL), depositi eluvio-colluviali (ter), depositi di frana (cfr) e accumuli antropici (ant).

La formazione torbiditica della Marnoso-Arenacea s.l. affiora diffusamente lungo gli opposti versanti della valle del F. Chiascio e del Rio Risacco e costituisce il basamento su cui si sono sedimentate le successive formazioni continentali (vedi Figura 2).

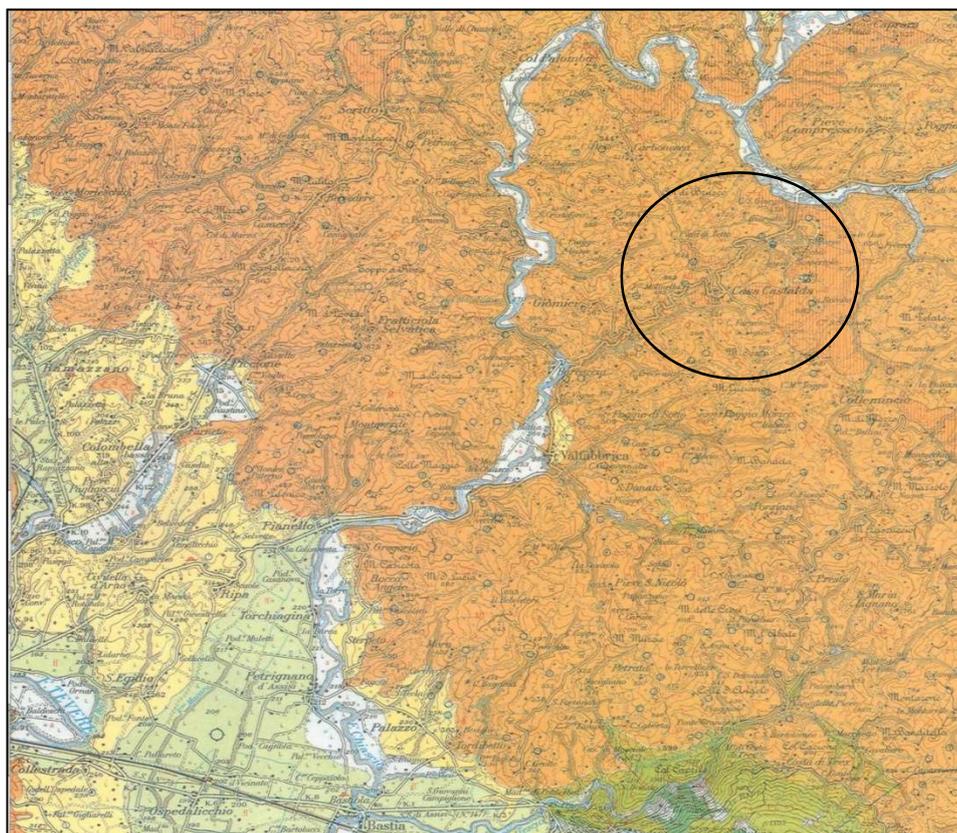


Figura 2 - Stralcio carta geologica 1:100000 - Foglio n. 123 - Assisi

Il tracciato in oggetto, interessa prevalentemente le unità litoidi della marnoso arenacea e le unità eluvio colluviali di alterazione della stessa. Solo in alcuni limitati settori le opere

andranno ad intercettare corpi eterometrici di frana e depositi antropici di spessore rilevanti, derivanti da lavorazioni eseguite in loco durante le precedenti fasi costruttive del lotto in oggetto.

Le caratteristiche litologico stratigrafiche delle unità riconosciute sono descritte nel successivo paragrafo mentre la loro distribuzione areale e verticale verrà considerata con maggiore attenzione nella trattazione di dettaglio del tracciato in progetto.

### **3.1 CARATTERI GEOLITOLOGICI DEI DEPOSITI SUPERFICIALI E DELLE FORMAZIONI DEL SUBSTRATO**

#### **SUCCESSIONE MARINA**

La successione dei termini marini comprende i termini deposizionali della formazione Marnoso arenacea romagnola.

#### **MARNOSO ARENACEA ROMAGNOLA**

**MEMBRO DI GALEATA** - FMA4 (Langhiano sup.-Serravalliano sup.). I termini ascrivibili alla formazione della Marnoso-Arenacea nella zona di interesse sono riferibili al Membro di Galeata (FMA4) dei depositi torbiditici, sedimentati in un bacino di avanfossa, generato nell'ambito della fase tettonica del Burdigaliano- Serravalliano.

Successivamente, durante la fase compressiva appenninica del Miocene-Pliocene la pila tettonica è migrata da O verso E, raggiungendo l'attuale assetto, successivamente riorganizzato dalle fasi post appenniniche distensive e trascorrenti. (Lavecchia et alii, 1988).

Il membro è solitamente suddiviso in due parti corrispondenti alle porzioni di successione rispettivamente sotto e sovrastanti lo Strato Contessa.

La successione pre-Contessa è contraddistinta dall'alternanza di strati torbiditici, sia silicoclastici che a composizione ibrida calcareo-silicoclastica, variabili da mediamente a molto spessi. La parte arenitica è compresa fra 20 e 200 cm ed il rapporto A/P è a favore della frazione pelitica con valori che oscillano tra 1/2 e 1/6.

La successione post-Contessa è rappresentata da torbiditi pelitiche e pelitico-arenacee in strati da sottili a molto spessi, con rapporto A/P molto variabile, ma in genere compreso fra 1/4 e 1/8.

Nella porzione sommitale del membro, si osserva un generale aumento della porzione pelitica, con rapporto A/P che oscilla tra 1/6 e 1/10, la diminuzione dello spessore degli strati silicoclastici e la progressiva riduzione nella frequenza delle calcareniti.

Le unità osservate negli affioramenti presenti hanno un rapporto A/P oscillante da 1/5 a 1/10 è quindi probabile che le unità litoidi affioranti siano ascrivibili alla litofacies post-Contessa.

Lo spessore complessivo del membro è stato stimato in circa 1200 m.

Le unità litoidi sopra descritte affiorano diffusamente lungo il tracciato in progetto sia in affioramenti naturali sia artificiali, derivanti dalla realizzazione delle opere in trincea e dalle generali opere in scavo già eseguite nel lotto.

**MEMBRO DI NESPOLI** - FMA8 (Serravalliano). Tale membro affiora a NE dell'abitato di Casa Castalda. È prevalentemente costituito da marne siltose e sabbiose massive, con intercalazioni arenacee di modesto spessore, da 3 cm a 60 cm.

La parte marnosa è predominante con rapporto A/P superiore ad 1:8. Sono spesso presenti intercalazioni calcarenitiche a granulometria fine. L'arenaria è di colore marrone-giallastro, ricca in quarzo e frammenti litici calcarei; le marne, di colore grigio scuro, sono spesso ricche in sostanza organica.

All'interno dei membri di Galeata e Nespoli è presente il "Complesso Argilloscistoso" che affiora a Ovest dell'abitato di Casa Castalda e al confine tra il Comune di Valfabbrica e i territori comunali di Gualdo Tadino e Nocera Umbra. Si tratta di una litologia presente in letteratura con diversi nomi; viene chiamato "complesso argilloscistoso" da Piali (1966), "argilloscisti varicolori" da Conversini (1972) e "olistostroma" da Damiani (1995). È caratterizzato da una massa caotica di argilloscisti rossi, violacei, verdastri e grigi, con intercalazione di lenti calcarenitiche. Tutto il complesso è costituito da blocchi di calcare e marne disposti in modo disordinato, immersi in una matrice di natura argillosa. Sono inoltre sede, per loro natura, di innumerevoli fenomeni di dissesto idrogeologico. Non ci sono passaggi graduali da calcarenite a marna o argilla. Sono stati definiti olistostromi, ovvero masse rocciose ad assetto caotico generate da grandi frane sottomarine. Tale complesso che, come accennato in precedenza è presente all'interno dei membri di Galeata e Nespoli, non è stato distinto nella carta geologica.

**MEMBRO DI CIVITELLA** – FMA9. (Serravalliano superiore). Tale membro affiora solo in una piccola porzione sempre a NE dell'abitato di Casa Castalda. È caratterizzato da arenarie e calcareniti a geometria lenticolare: si tratta di livelli arenacei alternati a marne e marne argillose con intercalazioni di livelli calcarenitici, anche di notevole potenza (possono raggiungere i 5m). Lo spessore dei livelli non è quantificabile in quanto altamente variabile. Il rapporto A/P passa da 1:10 a letto del membro, fino a raggiungere il rapporto di 1:1 al tetto dello stesso.

### **SUCCESSIONE CONTINENTALE**

La successione dei termini continentali comprende sia termini deposizionali di origine sedimentaria sia depositi di alterazione sia termini antropici (riporti).

La distinzione tra tali termini è stata operata riferendoci a quanto osservato nel corso del rilievo di superficie, unitamente all'analisi delle risultanze puntuali dei sondaggi meccanici,

dell'indagine sismica e delle prove di laboratorio, eseguite nei campioni prelevati nei sondaggi, permettendo di differenziare i seguenti depositi in ordine di età crescente.

#### **DEPOSITI FLUVIO-LACUSTRI - FL - (Plio-Pleistocene)**

Tale unità deposizionale non affiora nel lotto di interesse ma subito prima, in corrispondenza del tracciato dell'attuale SS 318. In tale area l'unità suddetta è caratterizzata da una successione a stratificazione suborizzontale di depositi di tipo lenticolare e tabulare a caratteristiche da limo-argillose, con medio basso grado di consistenza, di colorazione avana, e ghiaiose, con clasti di dimensioni comprese tra 0,5 e 10 cm di diametro, a grado di arrotondamento medio, in prevalente matrice sabbiosa o limosa di colore nocciola.

Gli spessori di tali terreni sono estremamente variabili e legati sia all'articolata morfologia preesistente del bacino nel quale si sono sedimentati sia all'azione erosiva cui sono stati sottoposti. Indicativamente, sulla base delle indagini effettuate gli spessori stimati raggiungono valori massimi minori di 10 m in corrispondenza dell'area di affioramento di inizio lotto.

#### **DEPOSITI FLUVIO-COLLUVIALI - TER - (OLOCENE)**

Si tratta di depositi di disfacimento ed alterazione dei sedimenti marini del basamento e delle unità fluvio lacustri, rilevati abbondantemente lungo il versante di imposta del tracciato stradale ed in particolare nelle vallecole topograficamente depresse che tagliano ortogonalmente il tracciato in direzione SE-NO.

I depositi sono costituiti da sedimenti a prevalente componente fine con frammenti arenaceo marnosi centimetrici e caratteristiche di consistenza medio-basse.

Si sviluppano prevalentemente dal disfacimento dei termini marnosi e siltitici, ma da quanto rilevato e verificato in fase di esecuzione degli stendimenti sismici a rifrazione, sono presenti in modo limitato anche in aree in cui risulta subaffiorante il basamento arenaceo. Risultano osservabili in spessori cartografabili di rilievo, nella parte iniziale del tracciato antecedente al Viadotto Barcaccia 1, nell'area di imposta del Viadotto Barcaccia 2, nella zona prossima all'imbocco E della galleria Barcaccia, nelle zone dei Viadotti Comancino e Tre Vescovi e dell'imbocco O della Galleria Picchiarella.

#### **DEPOSITI DI FRANA - cfr - (Olocene)**

Con il termini di depositi di frana si intendono le aree di accumulo generate da fenomeni gravitativi che hanno coinvolto differenti spessori in diversi termini affioranti, con prevalenza dei litotipi marnosi e siltitici del basamento torbiditico e dei depositi di alterazione di questi. Considerata la natura prevalentemente pelitica dei terreni interessati dai processi morfologici, le caratteristiche tessiturali dei depositi di frana risultano nella maggioranza dei casi costituiti da

una tessitura a struttura caotica, con matrice prevalente limosa e/o sabbiosa fine in cui si rinvencono frammenti litoidi di natura marnosa ed arenacea da centimetrici a veri e propri trovanti metrici, tali depositi sono stati considerati per il loro assetto morfologico attivi o quiescenti (cfra).

Depositi di tale natura (cfra) interferenti con il tracciato in progetto sono stati riscontrati in diverse aree.

Muovendosi lungo il tracciato, il primo corpo di frana, che d'ora in poi sarà denominato dissesto gravitativo n. 1, è localizzato in corrispondenza dell'area d'imposta del Viadotto Barcaccia 1. Coinvolge depositi eluvio colluviali e parzialmente termini del basamento; la geometria è stata determinata attraverso alcune campagne di indagini geologiche e geotecniche e di monitoraggio strumentale, che hanno permesso di individuare spessori mobilitati pari a circa 15 m.

Il secondo corpo di frana, che d'ora in poi sarà denominato dissesto gravitativo n. 2, è stato localizzato in corrispondenza del viadotto Faggeto 2, già realizzato. Tale corpo di frana non è stato oggetto di analisi specifiche in quanto l'opera è già realizzata. Si è stimato uno spessore del corpo pari a circa 10 m.

Il terzo corpo di frana, che d'ora in poi sarà denominato dissesto gravitativo n. 3, è stato localizzato in corrispondenza di un'area in rilevato in prossimità della prog. 15+850. L'evento coinvolge prevalentemente depositi eluvio colluviali; la geometria è stata determinata da analisi fotogrammetriche, rilievi di campagna e dall'interpretazione di prove penetrometriche e sondaggi a carotaggio continuo. Si è stimato uno spessore mobilitato medio prossimo a 8 m.

Il quarto corpo di frana, che d'ora in poi sarà denominato dissesto gravitativo n. 4, è stato localizzato in corrispondenza di un'area in rilevato in prossimità della prog. 16+020. L'evento coinvolge prevalentemente depositi eluvio colluviali; la geometria è stata determinata da analisi fotogrammetriche, rilievi di campagna e dall'interpretazione di prove penetrometriche e sondaggi a carotaggio continuo. Si è stimato uno spessore mobilitato medio prossimo a 12 m.

Il quinto corpo di frana, che d'ora in poi sarà denominato dissesto gravitativo n. 5, è stato localizzato in corrispondenza dell'area di imbocco occidentale della Galleria Picchiarella; il dissesto si produsse a seguito delle prime operazioni di realizzazione dell'imbocco. L'evento coinvolge esclusivamente i depositi eluvio colluviali e la geometria è stata determinata da rilievi topografici di dettaglio e dall'interpretazione di un sondaggio a carotaggio continuo. Si è stimato uno spessore mobilitato medio pari circa 6 m.

Altri depositi con tali caratteristiche composizionali e granulometriche sono stati rilevati all'intorno del tracciato in oggetto ma non interferiscono direttamente con lo stesso. Per la distribuzione areale dei suddetti si veda la cartografia geologica in scala 1:1000 allegata al progetto.

Nell'area di interesse è stato inoltre individuato, attraverso fotointerpretazione, un grande corpo di frana inattivo intersecante il tracciato, tra le prog. 14+900 e 15+350 circa. Il corpo è

costituito da marne prevalenti, in assetto giaciturale stratificato ed indisturbato; non è stimabile lo spessore ma è sicuramente di varie decine di metri (cfrb).

Tale frana, è stata definita come inattiva in quanto si pensa che l'evento sia occorso in condizioni climatiche o geomorfologiche diverse dalle attuali, e per la quale è improbabile una riattivazione completa (totale) nelle attuali condizioni climatiche, sismiche e morfologiche.

### **ACCUMULI ANTROPICI** – ant – (Olocene)

Con tali termini si considerano i depositi di origine antropica rilevati lungo il tracciato e derivanti dalle preendenti opere di scavo e riporto già eseguite in loco. Alcuni accumuli interferiscono con il tracciato in progetto e sono costituiti da terreni a struttura caotica e granulometria prevalentemente limo-argillosa, con basso grado di consistenza, colorazione da avana a grigio scura con frammenti marnoso ed arenacei di pezzatura variabile.

Corpi con spessori di rilievo sono stati individuati ad inizio lotto ed in prossimità della prog. 15+150.

Per la loro distribuzione areale e verticale si vedano la cartografia e le sezioni geologiche allegate al progetto.

## **3.2 ASPETTI GEOLOGICO-STRUTTURALI E LITOLOGICI**

Il tracciato stradale in progetto risulta inserito in un contesto tettonico legato alle fasi deformative appenniniche e post-appenniniche, documentabili a scala regionale nell'area di interesse ed in un ampio contorno.

Attraverso la fotointerpretazione, il rilevamento di campagna e le varie fasi di rilievo strutturale in affioramento ed in sondaggio, è stato possibile ricostruire il modello deformativo e le principali strutture tettoniche presenti lungo l'area di tracciato.

L'area studiata ricade nell'ambito della media valle del F. Chiascio, nel quale, a grande scala, sono presenti strutture tettoniche riferibili alle due principali fasi deformative che hanno interessato il dominio umbro-marchigiano

Una fase compressiva orogenica, datata Tortoniano-Messiniano, che ha prodotto fronti di accavallamento in un area subito esterna a quella di nostro interesse, in prossimità dell'abitato di Casacastalda.

Una successiva fase distensiva, datata Pliocene sup.-Pleistocene, cui sono riferite le lineazioni tettoniche rilevate nell'area di nostro interesse, che ha generato un insieme di faglie dirette ad alto angolo, con orientamento principale NO-SE, ed immersione sia orientale che occidentale.

A tali sistemi sono associate ulteriori lineazioni, a componente cinematica generalmente transtensiva, che hanno dislocato le lineazioni principali, con orientamento E-O e NE-SO, presenti anche nell'area di nostro interesse.

Da quanto è possibile rilevare in bibliografia, tramite l'acquisizione di nuovi dati geofisici, prevalentemente di tipo sismico (es. CROP 03), avvenuta negli ultimi anni, l'insieme di tali strutture distensive plio-pleistoceniche è stato riferito alla presenza di un'importante faglia normale, che si estende lungo il bordo interno della valle del Tevere, immergendosi verso E, fino almeno alla profondità di 12 km al di sotto della catena appenninica (Faglia Altotiberina).

Tale megastruttura risulterebbe avere il ruolo di master fault distensiva dell'area umbro-marchigiana, costituendo l'orizzonte di scollamento di tutte le altre faglie dirette plio-pleistoceniche maggiori, sia ad immersione orientale (interpretabili come splays sintetici), sia occidentale (coniugate antitetiche), in un quadro tettonico sismicamente attivo, come evidenziato dalla sismicità storica e strumentale.

Vengono di seguito allegate alcune figure tratte dalla bibliografia disponibile, esemplificative del contesto tettonico regionale, con evidenziata in rosso l'area d'interesse.

In particolare sono riportate una planimetria (Figura 3) con evidenziate le principali faglie inverse e dirette presenti a scala regionale, due sezioni schematiche rappresentanti diversi modelli interpretativi del contesto tettonico crostale (Figura 4- Figura 5) ed un possibile schema del modello sismogenetico dell'area (Figura 6).

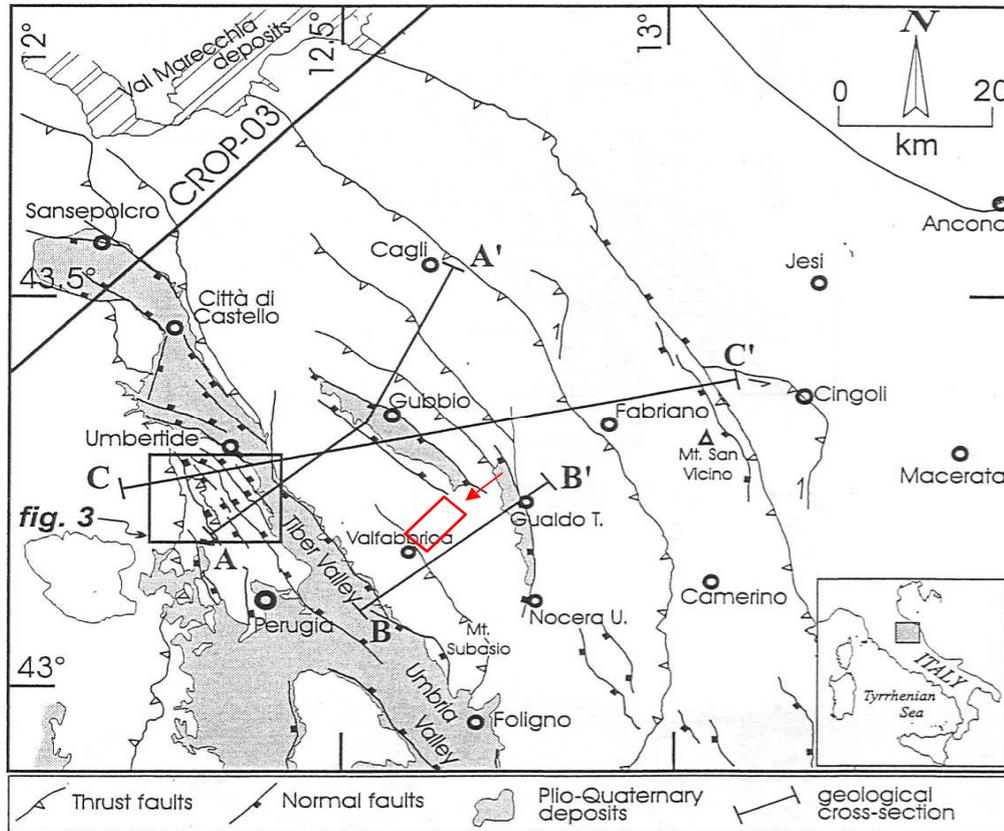


Figura 3 - Planimetria strutturale (Disegno modificato da P. Boncio et alii, 1998).

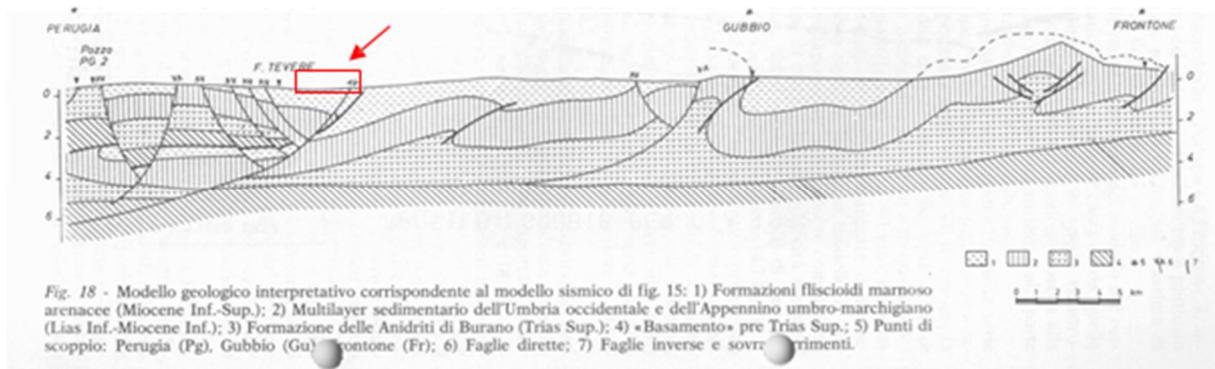


Figura 4 - Sezione strutturale - Distribuzione dei principali nuclei metamorfici della serie Toscana nell'Appennino Settentrionale. Nero: basamento metamorfico ercinico (l'esistenza di un basamento ercinico nei Monti Romani è ancora un problema aperto); grigio: Verrucano s.l. (Carbonifero-Trias superiore); grigio con rigato obliquo: copertura metamorfica alpina post-Verrucano dell'Autoctono e dell'Unità di Massa s.l. (Trias superiore - Oligocene.)

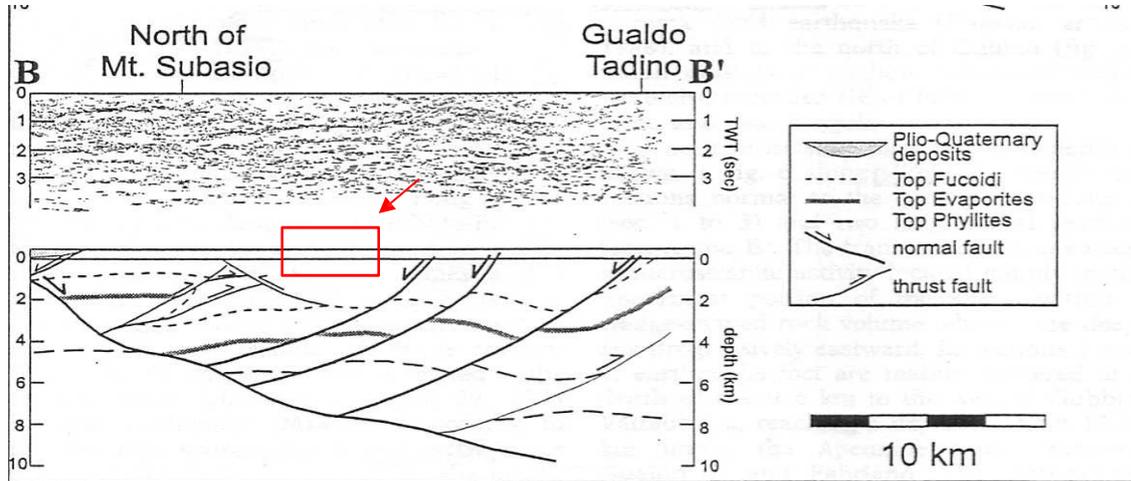


Figura 5 - Sezione strutturale (modificato da P. Boncio et alii, 1998)

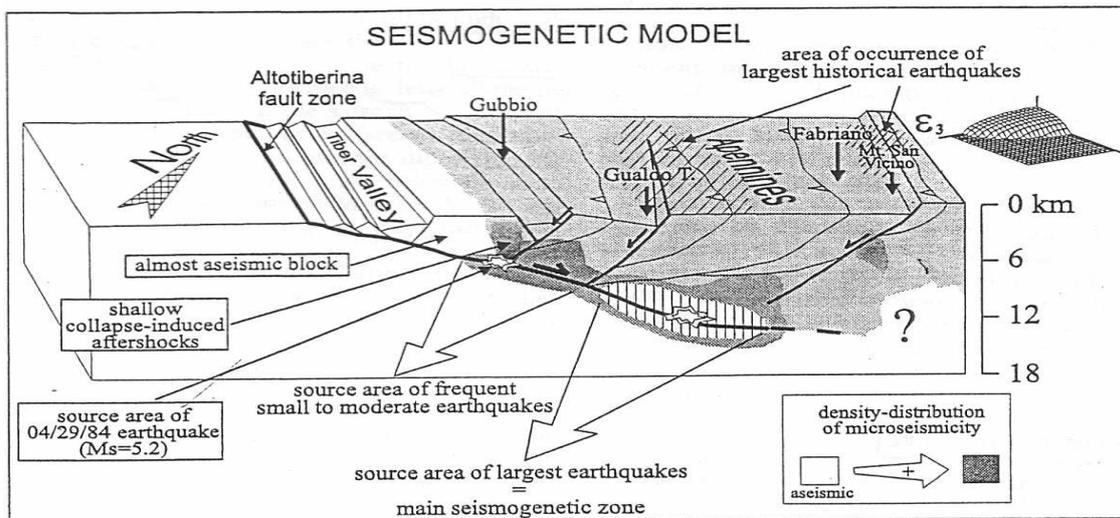


Figura 6 - Modello sismogenetico (modificato da P. Boncio et alii, 1998)

Per quanto concerne l'area di diretto interesse, l'analisi strutturale dei giunti rilevati, associati ai sistemi tettonici principali, ha permesso di stimare per le faglie rilevate o individuate come lineazioni da analisi fotointerpretativa, un cinematismo prevalente a componente distensiva, con lineazioni a componente transtensiva, che hanno generato il modello strutturale riportato nelle tavole di sintesi (carte e profili geologici).

Dai dati acquisiti, si è stimata un'estensione media delle fasce cataclastiche pari a circa 10 m con spessori minori sino a qualche metro per le dislocazioni di minor importanza.

Per quanto concerne le fasce cataclastiche relative alle litologie a minore competenza, riferibili alla componente pelitica (dalle siltiti marnoso-calcaree alle argilliti marnose), non è semplice osservare in affioramento, la natura della roccia di faglia presente lungo il piano di faglia stesso.

Dall'analisi degli affioramenti è possibile osservare la presenza di una porzione relativa al piano di faglia caratterizzata da uno sviluppo da decimetrico a plurimetrico, secondo l'importanza della faglia stessa, con la presenza di rocce di faglia nelle quali risultano completamente obliterate le strutture sedimentarie e prevale la presenza di microstrutture caratterizzate da una fitta fogliettatura, in genere dell'ordine da millimetrico a centimetrico (cataclasiti foliate).

Tale fogliettatura è caratterizzata da superfici ondulate e traslucide, con elevata componente argillosa, che separano elementi pseudo-litoidi talora sigmoidali (lithons), di dimensioni da centimetriche a decimetriche, relativamente indeformati al loro interno.

Tali elementi sono delimitati dalle suddette superfici dette anche S-surfaces, mentre, i lithons sono tangenti ai piani di taglio minori (C-surfaces), a loro volta sub- paralleli al contatto tettonico principale, ed immergono nel senso opposto a quello del trasporto tettonico; sono inoltre presenti altre superfici coniugate distensive (Riedel sintetici ed antitetici), che dislocano le superfici C ed S.

La presenza di tali strutture si osserva nelle rocce di faglia delle principali zone di taglio inverse e trascorrenti e subordinatamente distensive.

Bisogna peraltro tener conto della già descritta componente pelitica delle facies della Marnoso-Arenacea, che, in affioramento, evidenzia un rapido degrado e non facilita la definizione delle fasce di disturbo tettonico, altrimenti evidenti nelle litologie più competenti tipiche delle formazioni della serie giurassico-cretacica umbro-marchigiana

### 3.3 ASPETTI MORFOLOGICI

L'area interessata dal tracciato in progetto è inquadrabile in un ambito collinare con tracciato tendenzialmente parallelo inizialmente al Fiume Chiascio e successivamente al corso del Rio Risacco, affluente in riva sinistra del F. Chiascio stesso, che rappresenta l'elemento idrografico principale dell'area. Il tracciato corre ad una quota variabile da circa 300 a circa 400 m s.l.m., con direzione SO-NE.

Gli odierni processi morfogenetici risultano pilotati da un forte controllo strutturale sia passivo (litotipo affiorante) che attivo (sistemi di discontinuità e grado di fratturazione del bedrock). La natura del substrato roccioso e dei sedimenti di copertura è, infatti, elemento distintivo e determinante per i tipi di processi morfogenetici dominanti nell'area d'interesse.

L'intero substrato roccioso è pervaso da sistemi di faglie coniugate che ne aumentano il grado di fratturazione favorendo i processi di alterazione superficiale. La formazione Marnoso-

Arenacea è a tratti ricoperta da coltri di materiale eluvio - colluviale disposte nelle depressioni topografiche, per la maggior parte nella porzione mediana e basale dei versanti e più abbondanti nei membri a maggiore composizione pelitica.

Il substrato roccioso è costituito dalla formazione della Marnoso-Arenacea riconosciuta come appartenente al Membro di Galeata (FMA4), costituito da una successione pelitico arenacea con rapporto A/P variabile da 1/5 a 1/10. La percentuale e la disposizione giacitura dei sedimenti marnosi e silteosi condizionano generalmente la maggiore propensione al dissesto gravitativo.

La maggior parte dei fenomeni franosi è concentrata nelle aree con sviluppate coltri pluvio-colluviali anche se è riscontrato che alcuni dissesti hanno interessato anche il basamento roccioso. I dissesti riconosciuti sono stati classificati, con grado di attività da attivo a quiescente ad inattivo; per la loro distribuzione e classificazione si vedano le carte geomorfologiche allegate al progetto.

Particolare attenzione è stata rivolta alla analisi dei dissesti interferenti con il tracciato, ma sono stati analizzati nel dettaglio solo quelli interessanti opere non ancora realizzate. A tali frane sono stati dedicati specifici paragrafi descrittivi.

Per quanto riguarda i meccanismi cinematici di innesco e messa in posto si tratta di fenomeni di scorrimento prevalentemente roto-traslazionale o con meccanismo complesso. Le aree in dissesto si trovano frequentemente in corrispondenza di sistemi di faglie o joints che tendono a diminuire le caratteristiche di qualità dell'ammasso roccioso. Ciò è stato evidenziato da osservazioni di campagna e a volte provato da brusche variazioni giaciture in prossimità di tali aree.

Dal punto di vista generale, per quanto riguarda la pendenza naturale dei versanti, questa è regolata dalle unità litologiche presenti e dal loro assetto stratigrafico; laddove prevalgono le litofacies arenacee ed in modo accentuato dove l'assetto degli strati è a reggipoggio, le pendenze raggiungono i valori più elevati. La presenza di unità pelitiche o di litofacies continentali da luogo a versanti più blandi con pendenze notevolmente inferiori.

L'area è stata già oggetto, durante le lavorazioni legate al precedente appalto, di operazioni di scavo e riporto, con realizzazione di scarpate provvisorie di scavo, in corrispondenza delle zone in trincea, con pendenze massime pari a circa l'85% e altezze superiori a 20 m.

Sono stati inoltre eseguiti riporti localizzati, alcuni di carattere definitivo (vedi area di deposito in prossimità del Viadotto Ca' Baldaccio), altri di carattere temporaneo (vedi zone di accumulo in prossimità delle prog. 13+700 e 15+150), piste e piazzole di cantiere di limitate dimensioni lungo tutto il tracciato.

Particolare attenzione dovrà essere posta in fase di cantiere alla regimazione idraulica delle aree che sono già state oggetto di intervento antropico. Esempio tipico è l'area di deposito e rimodellamento morfologico nella zona del Viadotto Ca' Baldaccio esaurita nel

precedente appalto, che necessita attualmente di opere di sistemazione ambientale che limitino i fenomeni di erosione da parte delle acque di scorrimento superficiale.

Per quanto riguarda il reticolo idrografico, la quasi totalità dei fossi che scendono lungo i versanti in oggetto, si presentano con un basso grado di gerarchizzazione, la densità di drenaggio è medio alta e i pattern idrografici sono di tipo angolato, indice di un forte controllo strutturale sull'orientamento degli stessi.

La maggior parte dei fossi inoltre esercitano una forte incisione lineare, in particolare nella parte mediana e distale del loro profilo con scarpate fluviali di diversa altezza.

L'elemento idrografico più rilevante rimane comunque il F.Chiasco, collettore principale dell'area d'interesse, costantemente in sedimentazione e che divaga tra le alluvioni terrazzate ed attuali.

## 4.INDAGINI ESEGUITE

Le indagini geologiche e geotecniche sono state eseguite in varie campagne, susseguite a partire dall'anno 1994 nell'area di realizzazione dell'opera.

In particolare le campagne d'indagini eseguite sono le seguenti:

- (1994) ANAS Compartimento della Viabilità per l'Umbria – "SS318 di Valfabbrica - Lavori di costruzione del tratto in variante da SS3 bis (S.G.C./E45) in loc. Lidarno a Schifanoia -V lotto: dalla prog.13+640 alla prog. 20+433 – Progetto esecutivo".
- (2000) GRASSETTO LAVORI S.p.A. – "SS318 di Valfabbrica - Lavori di costruzione del tratto in variante da SS3 bis (S.G.C./E45) in loc. Lidarno a Schifanoia -V lotto I stralcio: dalla prog.13+640 alla prog. 17+454. III Perizia di variante tecnica e suppletiva".
- (2001) GRASSETTO LAVORI S.p.A. – "SS318 di Valfabbrica - Lavori di costruzione del tratto in variante da SS3 bis (S.G.C./E45) in loc. Lidarno a Schifanoia -V lotto I stralcio: dalla prog.13+640 alla prog. 17+454 . III Perizia di variante tecnica e suppletiva".
- (2001) ANAS Compartimento della Viabilità per l'Umbria – "SS318 di Valfabbrica - Lavori di costruzione del tratto in variante da SS3 bis (S.G.C./E45) in loc. Lidarno a Schifanoia - V lotto I stralcio: dalla prog.13+640 alla prog. 17+454 – Indagini integrative".
- (2004) ANAS S.p.A. Compartimento della Viabilità per l'Umbria – "SS318 di Valfabbrica - Lavori di costruzione del tratto in variante da SS3 bis (E45) in loc. Lidarno a Schifanoia. V lotto - completamento I stralcio – Progetto definitivo".
- (2005) ANAS S.p.A. Compartimento della Viabilità per l'Umbria – "SS318 di Valfabbrica - Lavori di costruzione del tratto in variante da SS3 bis (S.G.C. E45) loc. Lidarno a Schifanoia - V lotto I stralcio: dalla prog.13+640 alla prog. 17+454 – Indagini integrative Imbocco O Galleria Barcaccia".
- (2006) ANAS S.p.A. Compartimento della Viabilità per l'Umbria – "SS318 di Valfabbrica - Lavori di costruzione del tratto in variante da SS3 bis (S.G.C. E45) loc. Lidarno a Schifanoia - V lotto I stralcio: dalla prog.13+640 alla prog. 17+454 – Indagini integrative Viadotto Barcaccia 1".

Nell'ambito della campagna eseguita nel 1994 per la progettazione esecutiva del V lotto della variante alla SS318, sono state realizzate le seguenti indagini interessanti il I stralcio, oggetto della presente fase progettuale:

- Sondaggi meccanici verticali a carotaggio continuo n. 19, caratterizzati da:

- Installazione Piezometri a tubo aperto (Norton) n. 1;
- Installazione di Piezometro Casagrande n. 8;
- Prove SPT (Standard Penetration Test) in foro n. 21;
- Campioni di terreno e roccia n. 31;
- Prove Lugeon in foro n. 2;
- Basi sismiche a rifrazione n. 28.

Nella campagna di indagini eseguita nel 2000 nell'ambito della redazione della III perizia di Variante tecnica e suppletiva del V lotto I stralcio: dalla prog.13+640 alla prog. 17+454 della variante alla S.S. 318, sono state realizzate le seguenti indagini:

- Sondaggi meccanici verticali a carotaggio continuo n. 11, caratterizzati da:
  - Installazione di Piezometro Casagrande n. 1;
  - Campioni di terreno e roccia n. 16.

Nella campagna di indagini eseguita nel 2001 nell'ambito della redazione della III perizia di Variante tecnica e suppletiva del V lotto I stralcio della variante alla S.S. 318: dalla prog.13+640 alla prog. 17+454, sono state realizzate le seguenti indagini:

- Sondaggi meccanici verticali a carotaggio continuo n. 10, caratterizzati da:
  - Campioni di terreno e roccia n. 21;
- Prove penetrometriche dinamiche n. 49.

Nell'anno 2001 nell'ambito dei lavori di costruzione del tratto in variante della S.S. 318 di Valfabbrica da SS3 bis (S.G.C./E45) in loc. Lidarno a Schifanoia - V lotto I stralcio: dalla prog.13+640 alla prog. 17+454 è stata realizzata una campagna di indagini integrative costituita da:

- Sondaggi meccanici verticali a carotaggio continuo n. 5, caratterizzati da:
  - Prove SPT (Standard Penetration Test) in foro n. 15;
  - Campioni di terreno e roccia n. 5.

Nell'ambito della campagna di indagini eseguita nel 2004 per la progettazione definitiva dei lavori di completamento del V lotto I stralcio della variante alla SS318, sono state realizzate le seguenti indagini interessanti la tratta oggetto del presente studio geologico:

- Sondaggi meccanici verticali a carotaggio continuo n. 2, caratterizzati da:
  - Installazione Piezometri a tubo aperto (Norton) n. 2;
  - Campioni di terreno e roccia n. 10 da sottoporre a prove geotecniche;
  - Campioni di terreno e roccia n. 2 da sottoporre a prove chimiche;
  - Campioni di acqua da piezometri n.1 da sottoporre a prove chimiche;
  - Campioni di acqua dal cavo galleria n.3 da sottoporre a prove chimiche;

- Basi sismiche a rifrazione n. 3.

Nell'anno 2005 nell'ambito dei lavori di costruzione del tratto in variante alla S.S. 318 di Valfabbrica da SS3 bis (S.G.C./E45) in loc. Lidarno a Schifanoia - V lotto I stralcio: dalla progr.13+640 alla prog. 17+454 è stata realizzata una campagna di indagini integrative (in corrispondenza dell'imbocco O della Galleria Picchiarella interessato da un dissesto) costituita da:

- Sondaggio meccanico verticale a carotaggio continuo n. 1.

Nell'anno 2005 il Compartimento della viabilità per l'Umbria con sede in Perugia ha condotto una campagna d'indagini geologiche e geotecniche per la caratterizzazione dei terreni interessati dal seguente progetto: "S.S. n° 318 "DI VALFABBRICA", Lavori di costruzione del tratto in variante da S.S. n° 3 bis, in loc. Lidarno, a Schifanoia, V Lotto, Il Stralcio – Raddoppio Galleria Casacastalda".

- Sondaggi meccanici verticali a carotaggio continuo n. 7;
- Basi sismiche a rifrazione n. 7.

Nell'anno 2006 nell'ambito dei lavori di costruzione del tratto in variante alla S.S. 318 di Valfabbrica da SS3 bis (S.G.C./E45) in loc. Lidarno a Schifanoia - V lotto I stralcio: dalla progr.13+640 alla prog. 17+454 è stata realizzata una campagna di indagini integrative (in corrispondenza dell'area di ingombro del Viadotto Barcaccia 1 interessato da un dissesto) costituita da:

- Sondaggi meccanici verticali a carotaggio continuo n. 2, caratterizzati da:
  - Installazione di n.2 tubi inclinometrici;
  - Prove SPT (Standard Penetration Test) in foro n. 2;
  - Campioni di terreno n. 2.

Nell'anno 2017 sono stati svolti ulteriori servizi di indagine geognostica finalizzati al Progetto S.S. 318 Tratto Valfabbrica-Schifanoia - Interventi di completamento 5° Lotto - 1° Stralcio - parte B consistenti in:

- Sondaggi meccanici verticali a carotaggio continuo n. 5, caratterizzati da:
  - Installazione di n.1 piezometro di Casagrande;
  - Esecuzione di n. 1 prove Cross-hole;
  - Esecuzione di n. 1 prove Down-hole;
  - Esecuzione di n. 3 prove Lugeon;
  - Esecuzione di n. 7 prove Pressiometriche;
  - Campioni di terreno n. 16.
- Sondaggi meccanici verticali a distruzione n. 1, caratterizzati da:
  - Esecuzione di n. 1 prove Cross-hole;

**PROGETTO ESECUTIVO**

**RELAZIONE SISMICA**

- Esecuzione di n. 2 prove Lugeon;
- Esecuzione di n. 4 prove Pressiometriche;
- Campioni di terreno n. 9.

Nelle pagine seguenti si riportano i risultati delle prove Down-hole e Cross-hole eseguite; il valore delle Vs30 è stato ricavato dalla prova Cross-hole eseguita al sondaggio SA3CH ed ha consentito di ricavare categoria di sottosuolo come indicato nelle tabelle sottostanti:

| <b>SONDAGGIO SA3CH – CROSS HOLE (ANNO 2017)</b> |               |          |          |  |                   |               |
|---|---------------|----------|----------|--|-------------------|---------------|
| spess (m)                                       | Z (m da p.c.) | vs (m/s) | spess/v  |  |                   |               |
| 4   | 4             | 269      | 0,014870 |  |                   |               |
| 6   | 10            | 487      | 0,012320 |  |                   |               |
| 13  | 23            | 814      | 0,015971 |  |                   |               |
| 7   | 30            | 858      | 0,008159 |  |                   |               |
|   |               |          | 0,051319 |  | <b>vs30 (m/s)</b> | <b>584,57</b> |
| <b>CATEGORIA SOTTOSUOLO "B"</b>                 |               |          |          |  |                   |               |

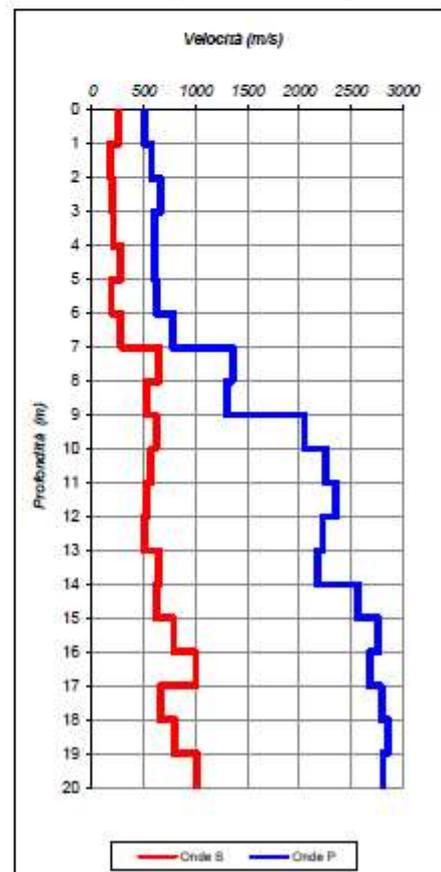
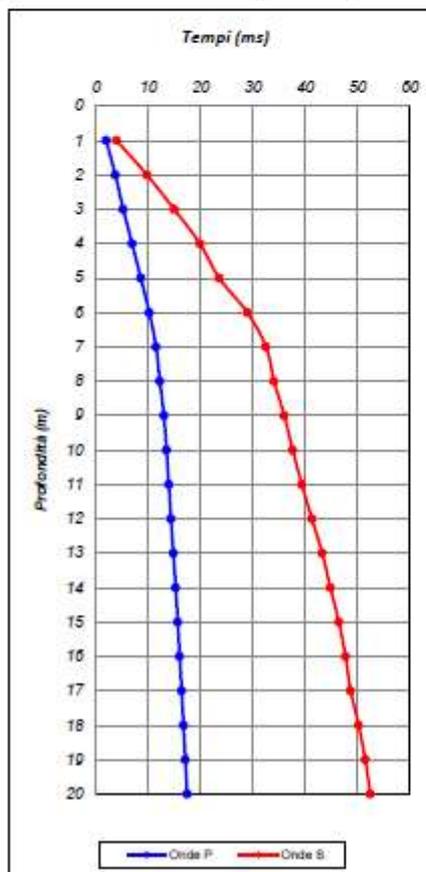
| <b>SONDAGGI S2a1 e S2b – CROSS HOLE (ANNO 2004)</b> |               |          |          |  |                   |               |
|---|---------------|----------|----------|--|-------------------|---------------|
| spess (m)   | Z (m da p.c.) | vs (m/s) | spess/v  |  |                   |               |
| 9   | 9             | 200      | 0,045000 |  |                   |               |
| 9   | 18            | 468      | 0,019231 |  |                   |               |
| 9   | 27            | 596      | 0,015101 |  |                   |               |
| 3   | 30            | 744      | 0,004032 |  |                   |               |
|   |               |          | 0,084651 |  | <b>vs30 (m/s)</b> | <b>354,39</b> |
| <b>CATEGORIA SOTTOSUOLO "C"</b>                     |               |          |          |  |                   |               |

Va evidenziato che l'indagine 2017 si riferisce all'ammasso flyschide interessato dalla realizzazione della Galleria Picchiarella, mentre l'indagine 2004 si riferisce all'area interessata dalla realizzazione della Galleria Casacastalda nella porzione argilloscistosa ed al versante presente a monte.

**PROGETTO ESECUTIVO**

**RELAZIONE SISMICA**

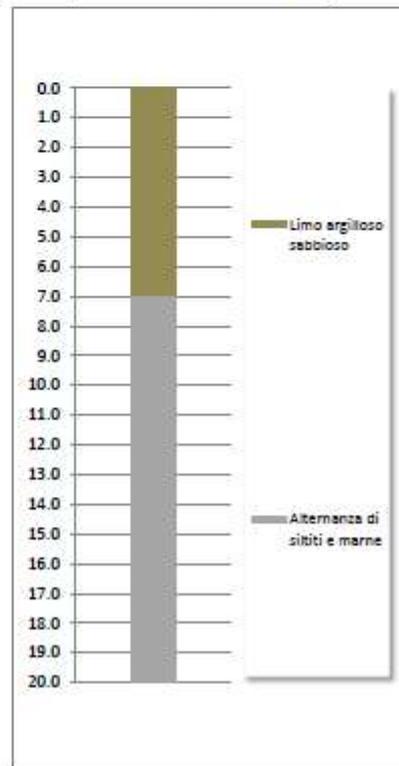
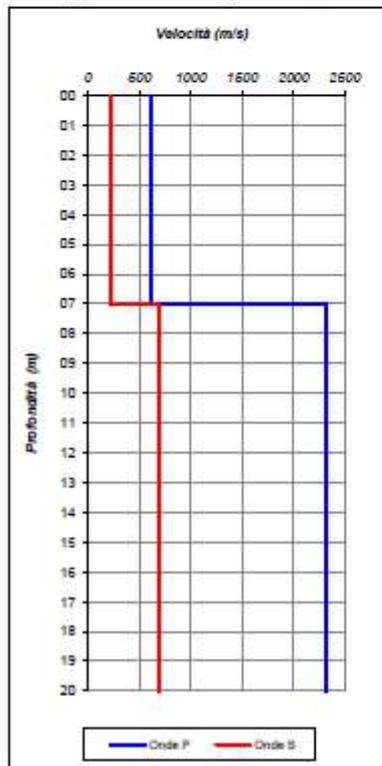
|   |  |               |     |
|---|--|---------------|-----|
|  | <b>TEST REPORT</b>   |               | 2/3 |
|   | <b>DOWN HOLE</b>   |               |     |
| <b>CLIENTE:</b>   | ANAS S.p.A.  |               |     |
| <b>LAVORO:</b>  | Accordo Quadro con unico operatore per lotto, ai sensi dell'art.59, comma 4, del D.Lgs 163/2006 e s.m.i., per l'affidamento dell'appalto dei servizi di prove laboratorio e controllo qualità dei materiali delle lavorazioni e indagini geognostiche per lavori su opere stradali con competenza di A.N.A.S. S.p.A. - Codice CIG: 6023245801 Accordo Quadro DGACQ 15-14 in data 06/07/2016 - Richiesta esecuzione attività relative alla Commessa Cod. Prog. N.PG131 (S.S. 318 Tratto Valfabbrica-Schifanoia- interventi di completamento 5° lotto - 1° Stralcio - parte B) |               |     |
| <b>UBICAZIONE:</b>  | S.S. 318 Valfabbrica, galleria Picchiarella  |               |     |
| <b>NOME TEST:</b>   | S1DH   |               |     |
| <b>DATA DI ESECUZIONE</b>   | 13/06/2017   |               |     |
| <b>COORDINATE</b>   | Y  | 43°11'12.62"N |     |
|   | X  | 12°37'51.02 E |     |



**PROGETTO ESECUTIVO**

**RELAZIONE SISMICA**

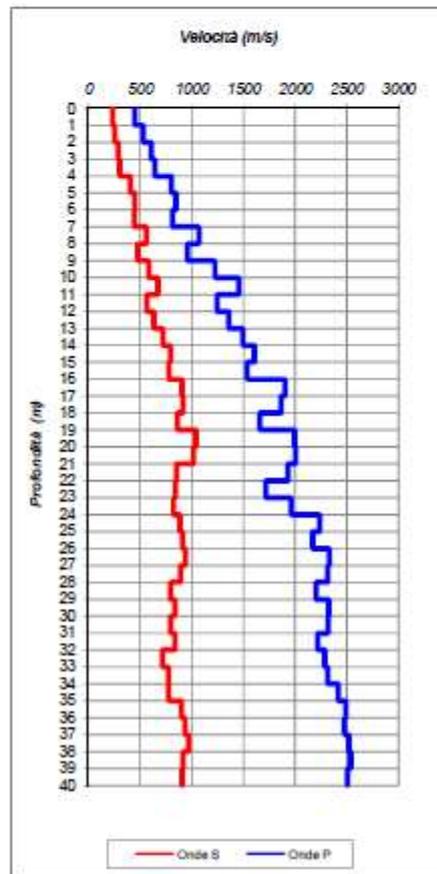
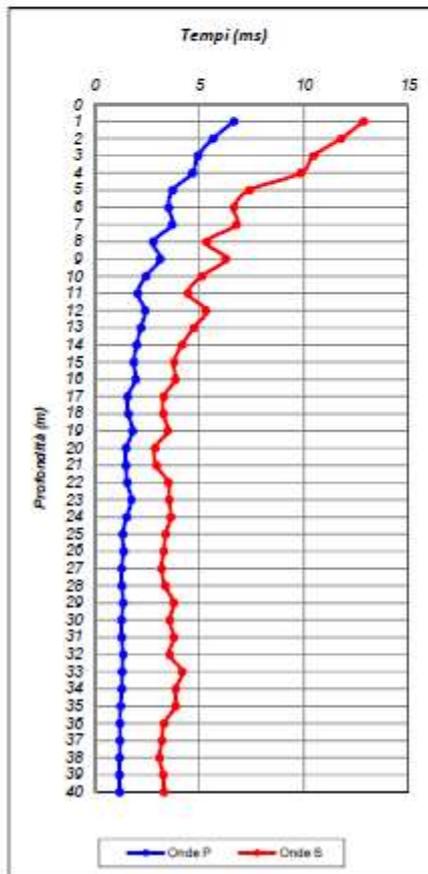
|   |                  |  |                  |               |         |             |             |            |                               |
|---|------------------|--|------------------|---------------|---------|-------------|-------------|------------|-------------------------------|
|  |                  | <b>TEST REPORT</b>   |                  | 3/3           |         |             |             |            |                               |
|   |                  | <b>DOWN HOLE</b>   |                  |               |         |             |             |            |                               |
| <b>CLIENTE:</b>   |                  | ANAS S.p.A.  |                  |               |         |             |             |            |                               |
| <b>LAVORO:</b>  |                  | Accordo Quadro con unico operatore per lotto, ai sensi dell'art.59, comma 4, del D.Lgs 163/2006 e s.m.l., per l'affidamento dell'appalto dei servizi di prove laboratorio e controllo qualità dei materiali delle lavorazioni e indagini geognostiche per lavori su opere stradali con competenza di A.N.A.S. S.p.A. - Codice CIG: 6023245801<br>Accordo Quadro DGACQ 15-14 in data 06/07/2016 - Richiesta esecuzione attività relative alla Commessa Cod. Prog. N.PG131 (S.S. 318 Tratto Valfabbrica-Schifanoia-Interventi di completamento 5° lotto - 1° Stralcio - parte B) |                  |               |         |             |             |            |                               |
| <b>UBICAZIONE:</b>  |                  | S.S. 318 Valfabbrica, galleria Picchiarella  |                  |               |         |             |             |            |                               |
| <b>NOME TEST:</b>   |                  | S1DH   |                  |               |         |             |             |            |                               |
| <b>DATA DI ESECUZIONE</b>   |                  | 13/05/2017   |                  |               |         |             |             |            |                               |
| <b>COORDINATE</b>   |                  | Y  |                  | 43°11'12.52"N |         |             |             |            |                               |
|   |                  | X  |                  | 12°37'51.02 E |         |             |             |            |                               |
| Profondità base(m)  | <b>Onde P</b>    |  | <b>Onde S</b>    |               | Poisson | Young (MPa) | Share (MPa) | Bulk (MPa) | $\gamma$ (kNm <sup>-3</sup> ) |
|   | Velocità (m/sec) |  | Velocità (m/sec) |               |         |             |             |            |                               |
| 7.00  | 617.45           |  | 222.37           |               | 0.43    | 242.97      | 85.22       | 543.43     | 17.2                          |
| 20.00   | 2321.85          |  | 884.32           |               | 0.45    | 2808.22     | 966.73      | 9940.07    | 20.6                          |



**PROGETTO ESECUTIVO**

**RELAZIONE SISMICA**

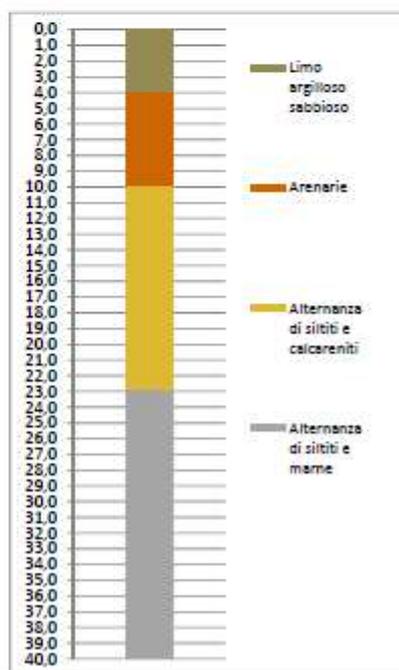
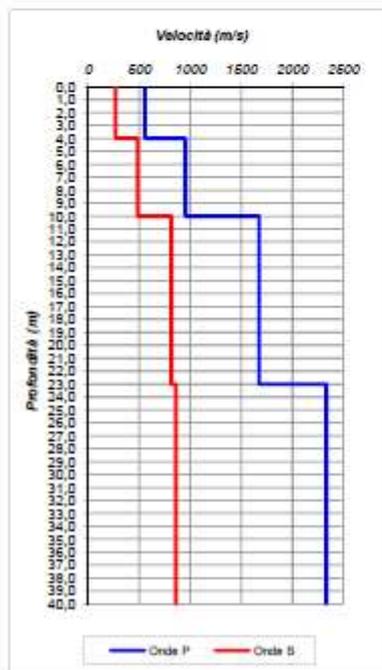
|   |  |                |                           |
|---|--|----------------|---------------------------|
|  | <b>TEST REPORT</b>   |                | 2/3                       |
|   | <b>CROSS HOLE</b>  |                |                           |
| CLIENTE:  | ANAS S.p.A.  |                |                           |
| LAVORO:   | Accordo Quadro con unico operatore per lotto, ai sensi dell'art.59, comma 4, del D.Lgs 163/2006 e s.m.i., per l'affidamento dell'appalto dei servizi di prove laboratorio e controllo qualità dei materiali delle lavorazioni e indagini geognostiche per lavori su opere stradali con competenza di A.N.A.S. S.p.A. - Codice CIG: 6023245801<br>Accordo Quadro DGACQ 15-14 in data 06/07/2016 - Richiesta esecuzione attività relative alla Commessa Cod. Prog. N.PG131 (S.S. 318 Tratto Valfabbrica-Schifanoia - interventi di completamento 5° lotto - 1° Stralcio - parte B) |                |                           |
| UBICAZIONE:   | S.S. 318 Valfabbrica, galleria Picchiarella  |                |                           |
| NOME TEST:  | SA3CH  |                |                           |
| DATA DI ESECUZIONE  | 14/06/2017   |                |                           |
| COORDINATE  | Y  | 43°11'22.19" N | INTERASSE TRA I FORI: 3 m |
|   | X  | 12°38'11.40" E |                           |



**PROGETTO ESECUTIVO**

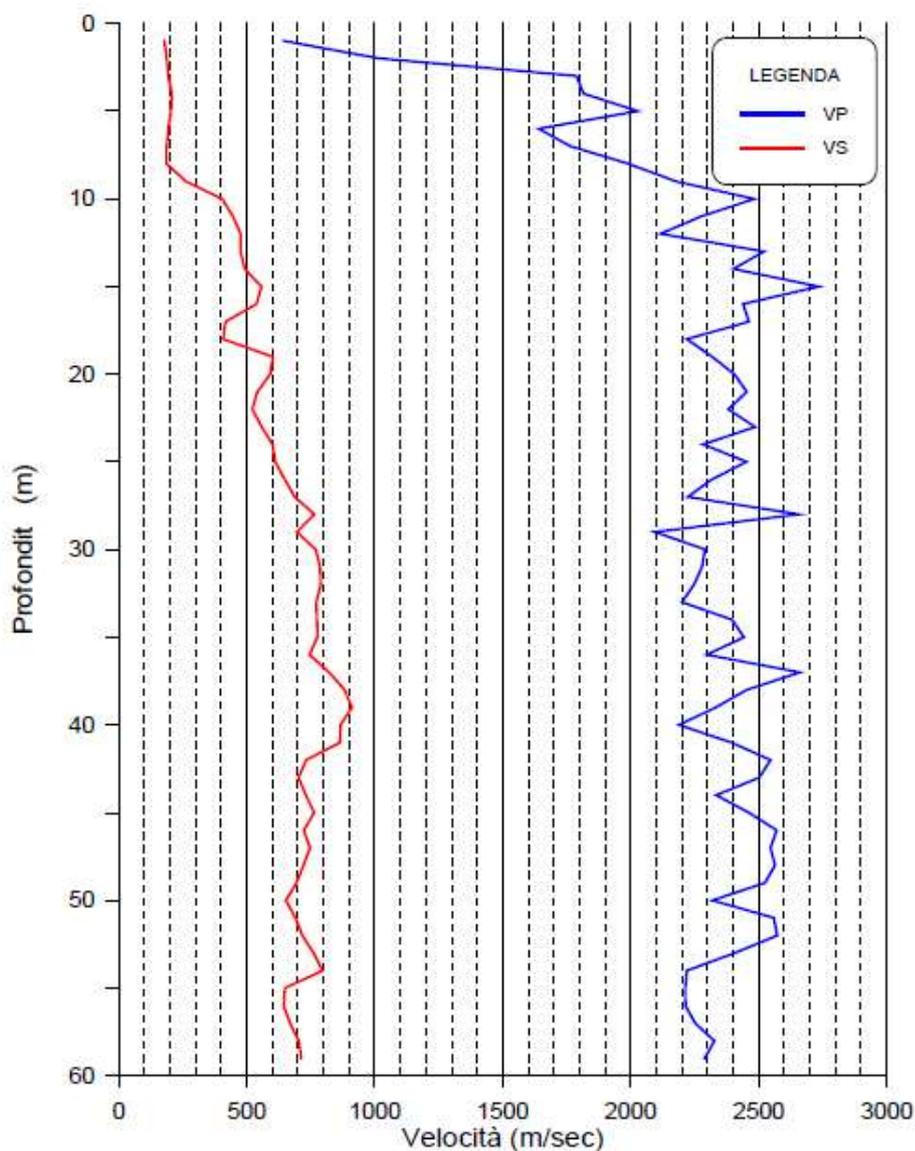
**RELAZIONE SISMICA**

|  |  | TEST REPORT                |                           | 3/3         |             |            |                               |
|---|--|----------------------------|---------------------------|-------------|-------------|------------|-------------------------------|
|   |  | CROSS HOLE                 |                           |             |             |            |                               |
| CLIENTE:  | ANAS S.p.A.  |                            |                           |             |             |            |                               |
| LAVORO:   | Accordo Quadro con unico operatore per lotto, ai sensi dell'art.59, comma 4, del D.Lgs 163/2006 e s.m.l., per l'affidamento dell'appalto dei servizi di prove laboratorio e controllo qualità dei materiali delle lavorazioni e indagini geognostiche per lavori su opere stradali con competenza di A.N.A.S. S.p.A. - Codice CIG: 6023245801 Accordo Quadro DGACQ 15-14 in data 06/07/2016 - Richiesta esecuzione attività relative alla Commessa Cod. Prog. N.PG131 (S.S. 318 Tratto Valfabbrica-Schifanoia- interventi di completamento 5° lotto - 1° Stralcio - parte B) |                            |                           |             |             |            |                               |
| UBICAZIONE:   | S.S. 318 Valfabbrica, galleria Picchiarella  |                            |                           |             |             |            |                               |
| NOME TEST:  | SA3CH  |                            |                           |             |             |            |                               |
| DATA DI ESECUZIONE  | 14/06/2017   |                            |                           |             |             |            |                               |
| COORDINATE  | Y  | 43°11'22,19" N             | INTERASSE TRA I FORI: 3 m |             |             |            |                               |
|   | X  | 12°38'11,40" E             |                           |             |             |            |                               |
| Profondità base(m)  | Onde P<br>Velocità (m/sec)   | Onde S<br>Velocità (m/sec) | Poisson                   | Young (MPa) | Share (MPa) | Bulk (MPa) | $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) |
| 4,00  | 556,84   | 289,54                     | 0,35                      | 334,04      | 124,33      | 364,87     | 17,1                          |
| 10,00   | 952,23   | 487,02                     | 0,32                      | 1123,57     | 424,67      | 1057,26    | 17,9                          |
| 23,00   | 1674,04  | 814,19                     | 0,35                      | 3450,36     | 1282,58     | 3712,03    | 19,3                          |
| 40,00   | 2331,01  | 858,58                     | 0,42                      | 4330,26     | 1523,11     | 9198,08    | 20,7                          |



|  |  |                  |
|--|--|------------------|
| <br> | <br><b>S.S. n° 318 "DI VALFABBRICA"</b><br>MONITORAGGIO DEL VERSANTE SOTTOSTANTE L'ABITATO DI CASACASTALDA<br>INDAGINI GEOFISICHE IN FORO CON LA TECNICA CROSS-HOLE | Pag.<br>17 di 18 |
|--|--|------------------|

Scheda 4 – Diagrafia di Vp e Vs



## 5. NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA

### 5.1 SISMICITÀ DELL'AREA

Secondo la zonazione GNDT 1996, l'area di Valfabbrica-Casacastalda, in cui è inserito il tracciato in progetto risiede all'interno della zona sismogenetica 45, legata al margine interno della piastra padano-adriatica-ionica in subduzione sotto la catena appenninica: in essa i meccanismi di rottura attesi sono misti, con prevalenza di meccanismi dip-slip. In realtà l'area di Valfabbrica ha principalmente risentito dell'alta sismicità legata alle zone orientali di catena, con più di 10 eventi in catalogo di intensità uguale o maggiore a IX, legate alla presenza di importanti strutture distensive ad andamento nell'insieme arcuato con direzioni da NO-SE a N-S verso meridione. Un esempio di ciò è costituito dalla recente crisi sismica del 1997-1998, con  $I_{max} = IX$ . Si riporta di seguito l'immagine dei risentimenti legati alla scossa del 26 settembre delle 11.40 locali (Figura 7).

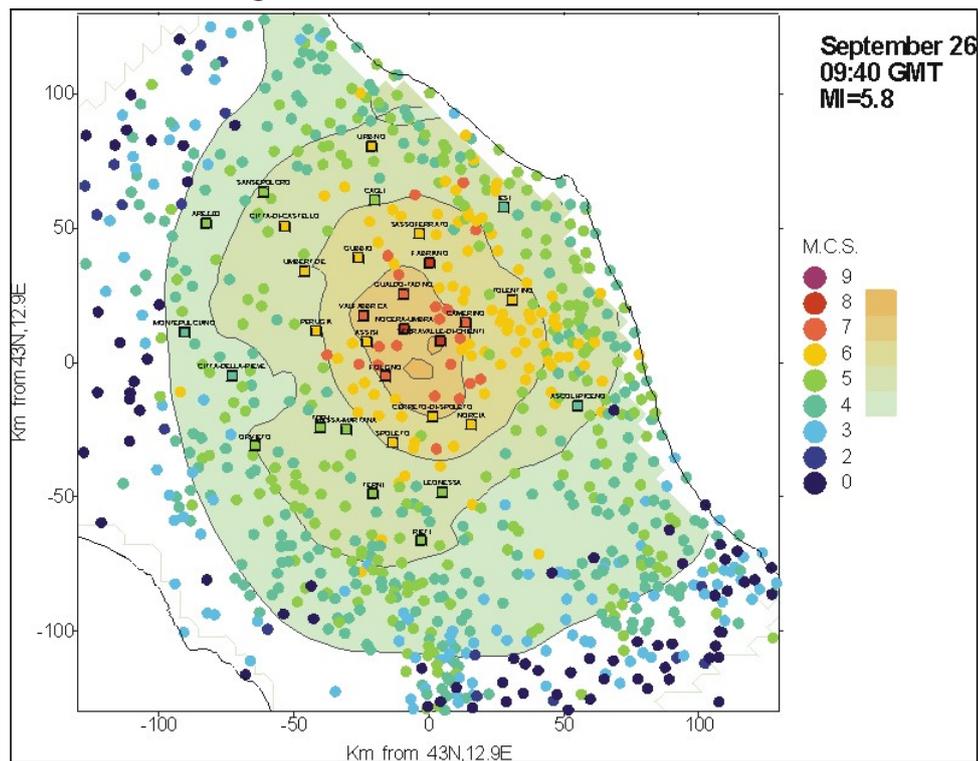


Figura 7 - Risentimenti legati alla scossa del 26 settembre 1997 delle 11.40.

La zonazione sismogenetica ZS9 (G.N.D.T.) assegna il territorio del comune di Valfabbrica alla zona sismogenetica 919 (Appennino Umbro) in cui sono previste magnitudo (MW) massime attese pari a 6,37. Tale zona include le sorgenti sismogenetiche responsabili dei terremoti di più

elevata magnitudo che caratterizzano l'arco appenninico settentrionale e centrale. La stessa è caratterizzata da un elevato numero di terremoti, molti dei quali di magnitudo maggiore o uguale a 5 ed è caratterizzata da faglie e sistemi di faglie legati all'estensione appenninica.

Dallo stralcio della tabella 1 della zonazione sismogenetica ZS9 - App. 2 al Rapporto conclusivo, possono essere ricavati la distribuzione di frequenza degli eventi, la magnitudo massima (Md), la classe di profondità dello strato sismogenetico e la profondità efficace della zona sismogenetica sopra citata (Tabella 1):

| zona | Numero di eventi<br>Md>2.0 | Numero di eventi<br>Md>2.5 | Numero di eventi<br>Md>3.0 | Magnitudo<br>massima<br>(Md) | Classe di<br>profondità<br>km | Profondità<br>efficace<br>km |
|------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 919  | 3001                       | 1545                       | 421                        | 5.0                          | 8 - 12                        | 8                            |

Tabella 1 - distribuzione di frequenza degli eventi, la magnitudo massima (Md), la classe di profondità dello strato sismogenetico e la profondità efficace della zona sismogenetica.

Dal database delle sorgenti sismogenetiche (DISS version 3) si sono evidenziate tre faglie sismogenetiche (Figura 8).

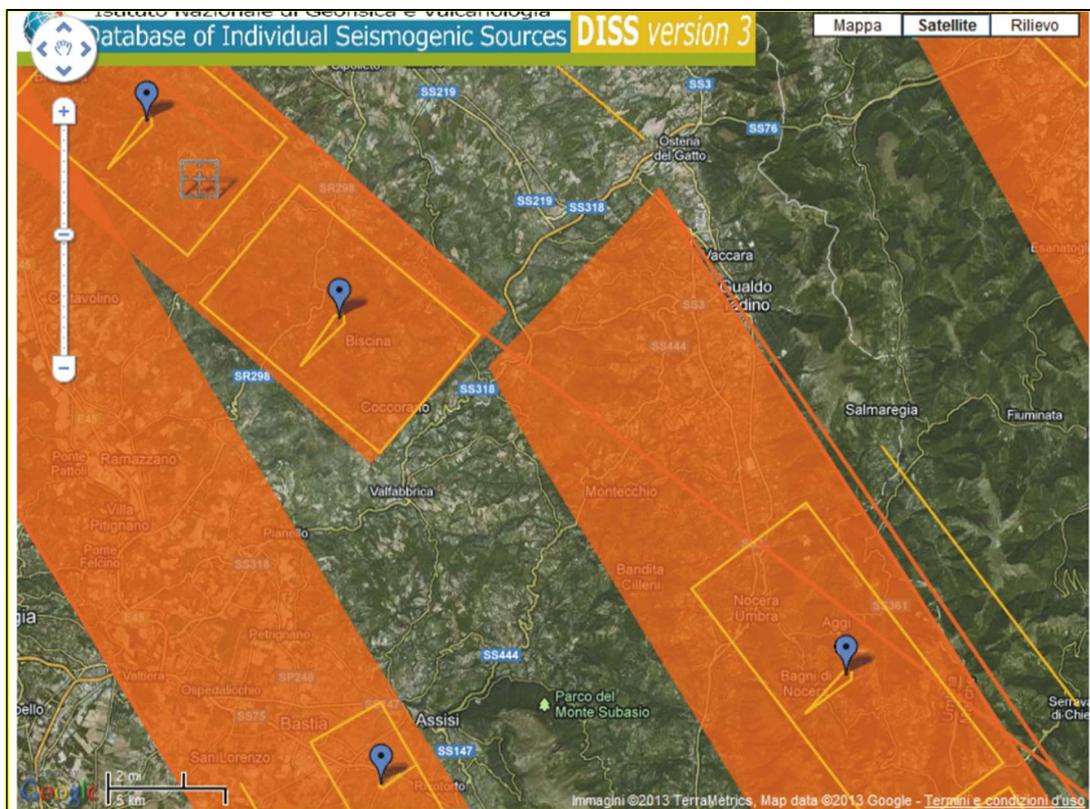


Figura 8 - Sorgenti sismogenetiche (DISS version 3) con evidenza delle tre faglie sismogenetiche.

Il grado di sismicità dell'area interessata dal progetto in esame è relativamente modesto sia in termini di frequenza degli eventi, sia di classe di magnitudo. In Tabella 2 sono stati riportati gli effetti risentiti nel comune di Valfabbrica, così come estratti dal DBMI11, il Database delle Osservazioni Macrosismiche dei Terremoti Italiani utilizzate per la compilazione del Catalogo Parametrico CPTI11 (sito internet: <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>).

L'evento sismico più importante risentito è quello del Fabrianese avvenuto il 24 aprile 1741. Fu registrata una magnitudo  $M_w=6.21$  con intensità massima risentita di IX grado MCS e intensità risentita nell'area di Valfabbrica di VII-VIII grado MCS. Un altro evento che ha avuto risentimenti nell'area di progetto si è verificato il 29 aprile 1984 con epicentro nell'area di Gubbio-Valfabbrica; fu registrata una magnitudo  $M_w=5.65$  con intensità massima risentita di VII grado MCS e intensità risentita nell'area di Valfabbrica di VI-VII grado MCS. Lo stesso risentimento nell'area di Valfabbrica si ha per l'evento sismico del 26 settembre 1997 avvenuto nell'area dell'Appennino Umbro-Marchigiano, con  $M_w=6.01$  e Intensità massima VIII-IX grado MCS. Altri quattro eventi hanno avuto risentimenti nell'area di progetto e si sono verificati il 17 ottobre 1982 con epicentro a Valfabbrica, e il 26 settembre 1997, il 3 ottobre 1997 e il 6 ottobre 1997 con epicentro nell'Appennino Umbro-Marchigiano; l'intensità risentita nel comune di Valfabbrica è di VI grado MCS. Tutti gli altri eventi sismici verificatisi finora nell'area di progetto hanno avuto risentimenti inferiori al VI grado MCS, cioè al di sotto della soglia del danno. In Figura 9 è riportato il grafico che evidenzia la distribuzione delle Intensità risentite al sito ( $I_s$ ) dei terremoti verificatisi nel comune di Valfabbrica dal 1000 al 2002.

| $I_s$ | Anno Me Gi Or       | Area epicentrale   | $I_o$ | $M_w$           |
|-------|---------------------|--------------------|-------|-----------------|
| 7-    | 1741 04 24 09:00    | Fabrianese         | 9     | 6.21 $\pm$ 0.13 |
| 6-    | 1984 04 29 05:02:60 | Gubbio/Valfabbrica | 7     | 5.65 $\pm$ 0.09 |
| 6-    | 1997 09 26 09:40:27 | Appennino Umbro-   | 8-9   | 6.01 $\pm$ 0.09 |
| 6     | 1982 10 17 06:45:37 | Valfabbrica        | 6     | 4.67 $\pm$ 0.09 |
| 6     | 1997 09 26 00:33:13 | Appennino Umbro-   |       | 5.70 $\pm$ 0.09 |
| 6     | 1997 10 03 08:55:22 | Appennino Umbro-   |       | 5.25 $\pm$ 0.09 |
| 6     | 1997 10 06 23:24:53 | Appennino Umbro-   |       | 5.46 $\pm$ 0.09 |
| 5-    | 1993 06 05 19:16:17 | Gualdo Tadino      | 6     | 4.74 $\pm$ 0.09 |
| 5-    | 1997 10 14 15:23:11 | Appennino Umbro-   | 7-8   | 5.65 $\pm$ 0.09 |
| 5-    | 1998 03 26 16:26:17 | Appennino Umbro-   | 6     | 5.29 $\pm$ 0.09 |
| 5-    | 1998 04 05 15:52:21 | Appennino Umbro-   | 6     | 4.81 $\pm$ 0.09 |
| 5     | 1979 09 19 21:35:37 | Valnerina          | 8-9   | 5.86 $\pm$ 0.09 |
| 5     | 1993 06 04 21:36:51 | Nocera Umbra       | 5-6   | 4.50 $\pm$ 0.13 |

|   |                     |           |        |     |            |
|---|---------------------|-----------|--------|-----|------------|
| 5 | 1998 06 02 23:11:23 | Appennino | umbro- | 5-6 | 4.28 ±0.09 |
|---|---------------------|-----------|--------|-----|------------|

Tabella 2 - Catalogo sismico di sito riferito al comune di Valfabbrica. Dati modificati a partire da Gruppo di Lavoro CPTI, 2011 (I0=intensità epicentrale; Mw=magnitudo; Is=intensità risentita al sito).

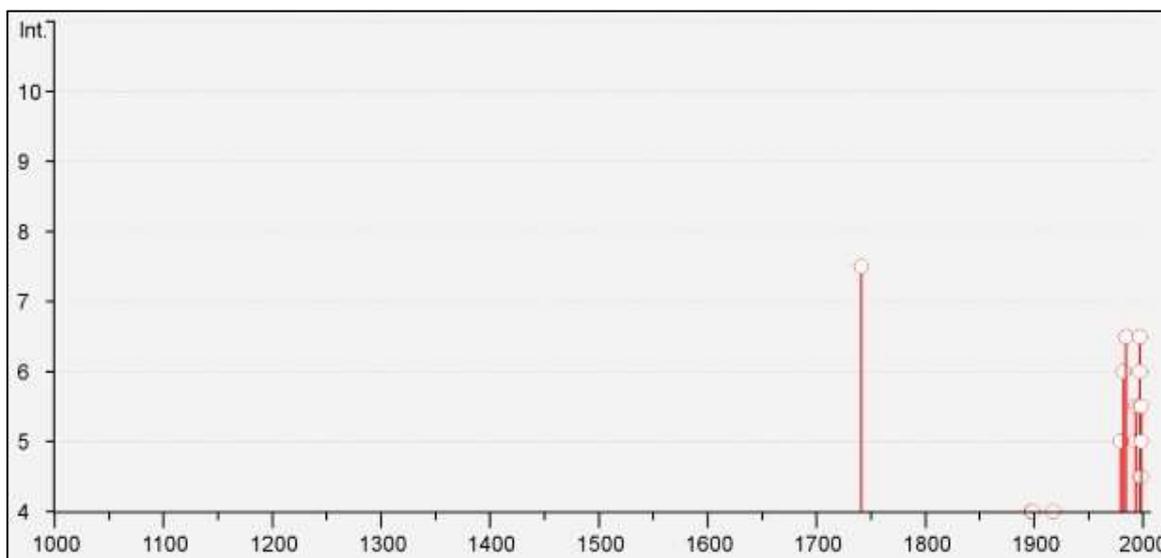


Figura 9 - Distribuzione delle intensità risentite al sito (Is) dei terremoti verificatisi nel comune di Valfabbrica dal 1000 al 2002

## 5.2 NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA

L'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", suddivide il territorio italiano in 4 zone sismiche con diversi livelli di accelerazione sismica di progetto. Secondo tale Ordinanza e la successiva Deliberazione di Giunta Regionale del 18 giugno 2003 n. 852 "Approvazione classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria" il comune di Valfabbrica è stato identificato in zona 2 (Figura 3).

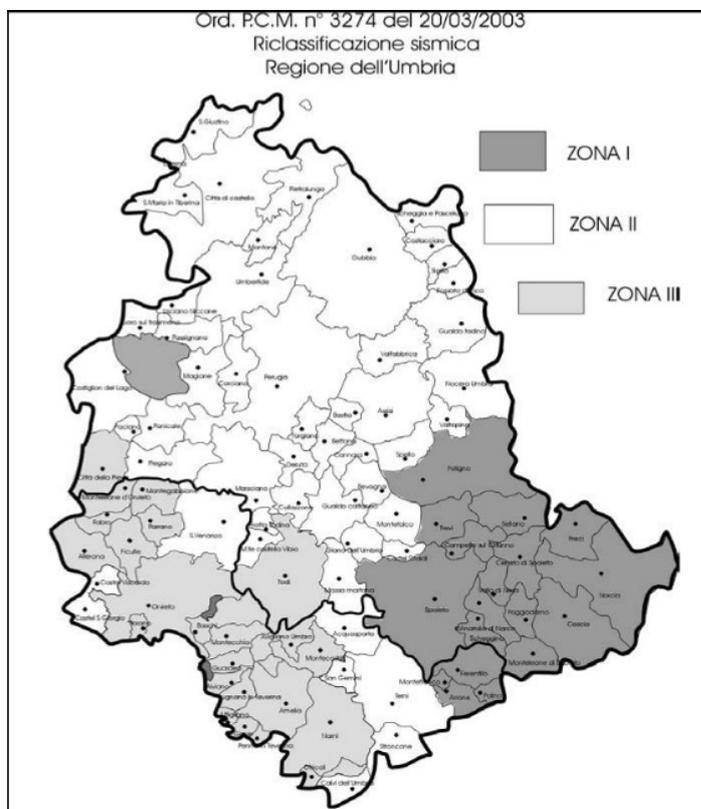


Figura 10 - Nuova Classificazione Sismica della Regione Umbria proposta secondo i "criteri" contenuti nell'Ordinanza P.C.M. - n. 3274 del 20.03.2003 giugno 2003

Nel corso del 2006 una nuova Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" - ha adottato la mappa di pericolosità sismica MPS04 quale riferimento ufficiale ed ha definito i criteri nazionali che ciascuna Regione deve seguire per l'aggiornamento della classificazione sismica del proprio territorio. Questo strumento normativo, per la prima volta, ha portato a valutare la classificazione sismica del territorio secondo parametri sismologici svincolati dal solo criterio politico del limite amministrativo utilizzato fino a quel momento.

Con DGR 1111 del 18 settembre 2012 la Giunta Regionale dell'Umbria delibera un "Aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria". Con tale aggiornamento:

- restano in zona 1 i comuni di: Campello sul Clitunno, Cascia, Cerreto di Spoleto, Foligno, Monteleone di Spoleto, Norcia, Poggiodomo, Preci, Sant'Anatolia di Narco, Scheggino, Sellano, Spoleto, Trevi, Vallo di Nera, Arrone, Ferentillo, Montefranco, Polino (complessivamente 18 Comuni in zona 1);

- sono declassificati a zona 3 i comuni di Castel Giorgio e Castel Viscardo;

**PROGETTO ESECUTIVO**

**RELAZIONE SISMICA**

---

- rimangono in zona 3 i comuni di: Città della Pieve, Allerona, Alviano, Attigliano, Fabro, Ficulle, Giove, Guardea, Lignano in Teverina, Montecchio, Montegabbione, Monteleone d'Orvieto, Orvieto, Parrano, Penna in Teverina, Porano (complessivamente 18 comuni in zona 3);
- passano da zona 3 a zona 2 i comuni di: Todi, Amelia, Avigliano Umbro, Baschi, Montecastrilli, Narni, Otricoli; i rimanenti comuni rimangono in zona 2 (complessivamente 56 comuni in zona 2).

## 6. PERICOLOSITÀ SISMICA DELL'AREA INTERESSATA DAL TRACCIATO E DEFINIZIONE DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO

Dal punto di vista sismico, il territorio comunale di Valfabbrica rientra in ZONA SISMICA 2 secondo l'aggiornamento della classificazione sismica della Regione dell'Umbria (D.G.R. 18 settembre 2012 n. 1111) ai sensi dell'Ord. P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 (Figura 11). Per quanto concerne la prevenzione del rischio sismico ed i livelli di approfondimento degli studi di microzonazione sismica a supporto degli strumenti urbanistici, il comune di Valfabbrica risulta classificato come "Zona di indagini di livello 1".

In base alla carta della pericolosità sismica della Regione Umbria, espressa in termini di accelerazione massima al suolo ( $a_g$ ) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, in base all'O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006, all. 1b, inserita nelle Norme Tecniche per le costruzioni (D.M. 14/01/2008) all. B, i valori di  $a_g$  puntuali nel territorio del Comune di Valfabbrica variano da 0,23170 a 0,23380 (vedi fig. 2).

Come visto il territorio di Valfabbrica è sismicamente attivo sin da tempi storici (1751, 1897, 1898, 1915, 1917 e più recentemente 1971, 1974, 1976, 1978, 1979, 1982, 1984, 1997). L'attività sismica potenzialmente più distruttiva in età recente che ha interessato tale comprensorio è consultabile dal database Macrosismico Italiano (I.N.G.V.) versione DBMI11 da cui risultano 36 eventi sismici per la località Valfabbrica.

| <b>Comune</b> | <b>Nuova Zona sismica n. 1111/12</b> | <b>Zona sismica ai sensi della OPCM 3274/03 e precedente DGR 825/03</b> |
|---------------|--------------------------------------|---|
| Valfabbrica   | Zona 2                               | Zona 2  |

Tabella 3 - Classificazione sismica del Comune di Valfabbrica

**PROGETTO ESECUTIVO**

**RELAZIONE SISMICA**

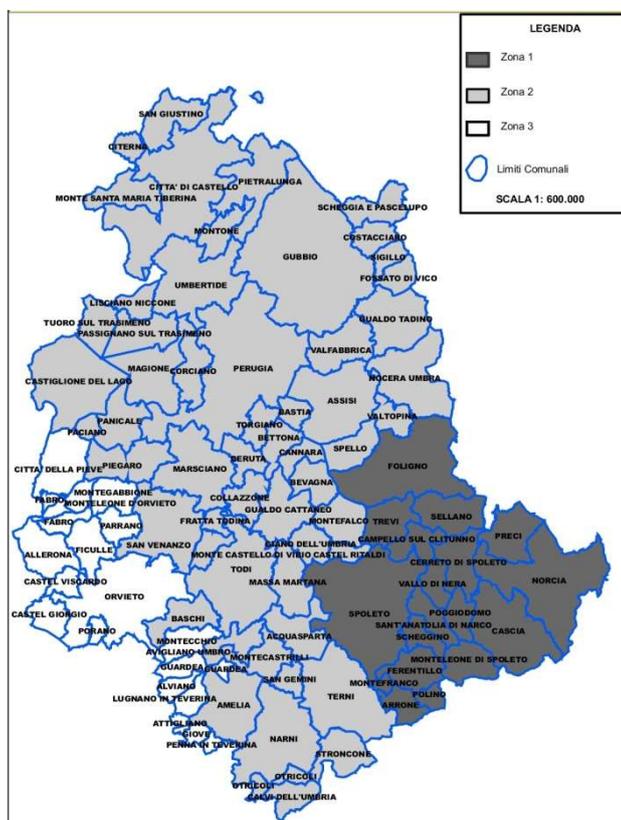


Figura 11 - Nuova Classificazione Sismica della Regione Umbria secondo il DGR n. 1111/2013.

Alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni elaborate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale il 4 febbraio 2008, è allegato un documento sulla pericolosità sismica (Allegato A), che prevede che l'azione sismica di riferimento per la progettazione venga definita sulla base dei valori di pericolosità sismica di base, più semplicemente chiamata pericolosità sismica.

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle N.T.C., dalle accelerazioni  $a_g$  e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_0$  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.

Questi tre parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento; cfr. Figura 5, Tr 475 anni), i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 975 anni).

La Figura 5 riporta i valori di pericolosità sismica secondo l'OPCM 3519 del 28 aprile 2006, All. 1b per l'area in esame. Nella mappa vengono rappresentati i valori medi (con deviazione standard) corrispondenti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni) della PGA (Peak Ground Acceleration). Dalla Figura 12 è possibile evincere che l'area in oggetto ha una PGA dell'ordine di 0.225 - 0.250g.

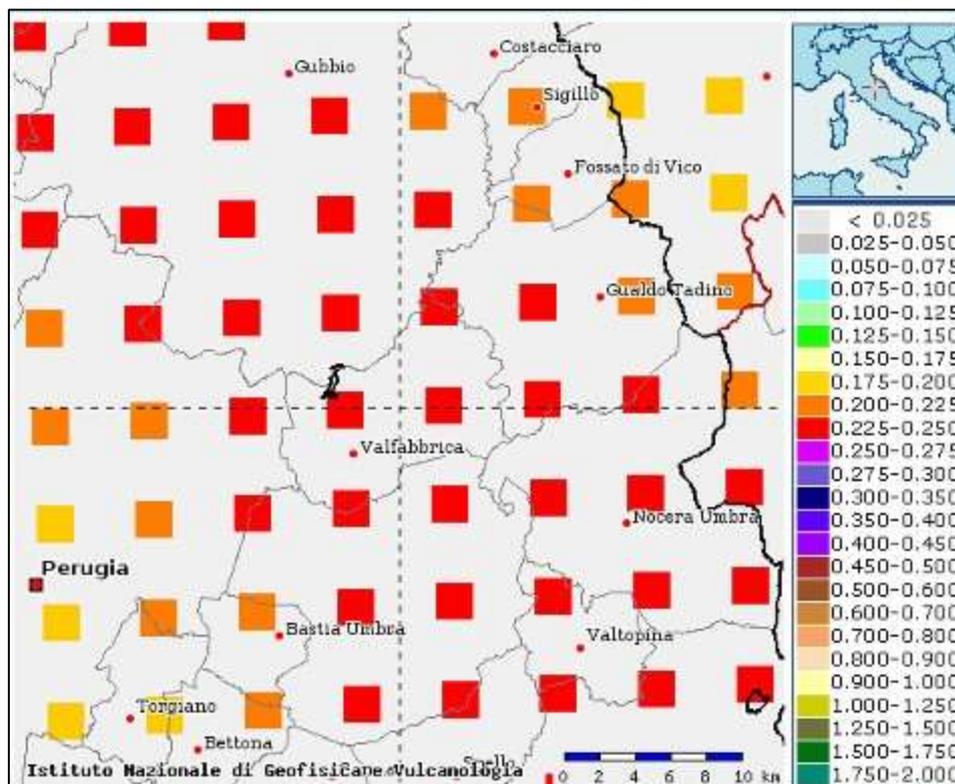


Figura 12 - Valori di pericolosità sismica (OPCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b) espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s; cat. A, punto A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005).

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, le NTC 2008 definiscono 7 categorie in cui suddividere i terreni d'imposta in base ai valori di velocità delle onde sismiche trasversali nei primi 30 m sotto il piano di posa della fondazione ( $V_{s30}$ ) (cfr. Tabella 4).

| Categoria | Descrizione  |
|-----------|--|
| A         | Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m. |

**PROGETTO ESECUTIVO**

**RELAZIONE SISMICA**

|    |   |
|----|---|
| 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 Vs30 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 fine).        |
| C  | Depositati 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 Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fine). |
| D  | Depositati 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 Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{spt,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fine).                 |
| E  | Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s).   |
| S1 | Depositati di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.   |
| S2 | Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.  |

Tabella 4 - Categorie sismiche dei terreni

La velocità delle onde sismiche trasversali nei primi 30 m sotto il piano di posa della fondazione ( $V_{s30}$ ) è definita come:

$$V_{s30} = 30 / S_i = 1, N_{hi} / V_i$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano rispettivamente lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio dello strato  $i$ esimo, entro i 30 m dalla fondazione.

## 6.1 PARAMETRI SISMICI ADOTTATI PER LE OPERE

Sono di seguito fornite le caratteristiche spettrali per tutti gli stati limite di verifica e cioè:

MANDATARIA



MANDANTE



GEOTECHNICAL  
DESIGN GROUP



ICARIA  
società di ingegneria

35 di 38

- SLO – Stato limite di operatività
- SLD – Stato limite di danno
- SLV – Stato limite di salvaguardia della vita
- SLC – Stato limite di collasso

### PARAMETRI SISMICI

Nelle verifiche delle opere sono stati assunti i seguenti parametri sismici (vedi cap. 4):

- Vita nominale dell'opera 50 anni
- Classe d'uso dell'opera IV
- Categoria del suolo B e C;
- Condizioni topografiche T2

### SPETTRI DI RISPOSTA

In dipendenza del tipo di opere verificate, sono stati adottati gli spettri di accelerazione di norma il cui andamento si riassume nei paragrafi successivi.

#### **Spettro di risposta elastico**

Lo spettro di risposta elastico, impiegato per la valutazione delle sollecitazioni conseguenti ad accelerazioni verticali, nonché per valutare i massimi delle sollecitazioni indotte da azioni verticali, è stato differenziato per eccitazioni orizzontali e eccitazioni verticali.

#### **Spettro di risposta elastico per eccitazioni orizzontali**

Lo spettro elastico delle componenti orizzontali il cui andamento in termini di periodo-accelerazione è riportato in figura 1 è caratterizzato da quattro rami definiti dalle seguenti espressioni:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(t) = ag \cdot S^* \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(t) = ag \cdot S^* \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(t) = ag \cdot S^* \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(t) = ag \cdot S^* \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

con

$S = S_S \times S_T$  coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni stratigrafiche

Dove  $S_S$  è il coefficiente di amplificazione stratigrafica

Ed  $S_T$  è il coefficiente di amplificazione topografica

$\eta = 1.00$  fattore di smorzamento valutato per uno smorzamento viscoso equivalente  $\xi = 5\%$  secondo l'espressione

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} > 0,55$$

- $F_0$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima
- $T_B$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante:  $T_B = T_c/3$
- $T_C$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante:  $T_C = C_c \times T^*C$
- $T_D$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante  $T_D = 4.0 \times ag/g + 1.60$

### Spettro di risposta elastico per eccitazioni verticali

Lo spettro di risposta elastico delle componenti verticali, il cui andamento in termini di periodo-accelerazione è riportato in figura 2 è caratterizzato da quattro rami definiti dalle seguenti espressioni:

$$0 \leq T < T_B \quad Se(t) = ag \cdot S^* \eta \cdot F_V \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_c \quad Se(t) = ag \cdot S^* \eta \cdot F_V$$

$$T_c \leq T < T_D \quad Se(t) = ag \cdot S^* \eta \cdot F_V \cdot \left( \frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad Se(t) = ag \cdot S^* \eta \cdot F_V \cdot \left( \frac{T_c \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Dove  $F_V = 1,35 \times F_0 \times (ag/g)^{0,5}$

### Spettri di progetto per gli stati limite di esercizio ed ultimi

Per gli stati limite di esercizio lo spettro di progetto da utilizzare, sia per le componenti orizzontali che verticali è lo spettro elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento considerata.

Negli stati limite ultimi lo spettro di progetto da utilizzare, sia per le componenti orizzontali che per quelle verticali, è lo spettro elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento considerata, con le ordinate ridotte sostituendo il coefficiente  $\eta$  con  $1/q$  dove  $q$  è il fattore di struttura definito opportunamente secondo quanto riportato al capitolo 7 del DM 14-1-2008.