



# Provincia di Prato

Area Tecnica

Servizio assetto e gestione del territorio

## Strada Regionale SR325


Intervento di consolidamento strutturale del ponte alla  
p.Km 48+300 nel Comune di Vernio (PO)

### PROGETTO ESECUTIVO

TIPO  
ELABORATO

ELABORATI STRUTTURALI

RELAZIONE GEOLOGICA

|  |                                   |   |   |           |
|--|-----------------------------------|---|---|-----------|
| RESPONSABILE PROGETTAZIONE:  |                                   | RESPONSABILE UNICO<br>DEL PROCEDIMENTO: |   |           |
| <br>Tel./Fax 0571/489221<br>Mob. 338/3274556<br>E-mail studio@ingep.it<br>Pec: emanuele.pacini@ingpec.eu |                                   | ING. ELISA GORGAI                       | _____<br>(IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO) |           |
| RIFERIMENTO ELABORATO  |                                   | DATA DI STAMPA:                         | RIFERIMENTO INTERNO                               |           |
| N° Ordine  | Codice Elaborato                  | dicembre 21                             | Progetto n.                                       | PR-175-21 |
| 27   | PESTES0400                        | SCALA:                                  | REVISIONE   |           |
|  |                                   | INDICATA                                | n.  | data      |
|  |                                   |   | n.  | data      |
| REDATTO:   | <i>Dott. Geol. Giuseppe Lotti</i> | VERIFICATO:                             | <i>Ing. Emanuele Pacini</i>                       |           |
| APPROVATO:   | <i>Ing. Emanuele Pacini</i>       | NOME FILE:                              | 27-PE.ST.ES.04.00_relazione geologica             |           |

### SERVIZIO ASSETTO E GESTIONE DEL TERRITORIO

|           |                       |                   |
|-----------|-----------------------|-------------------|
| TAVOLA N. | VISTO DEL COMMITTENTE | IL PROFESSIONISTA |
|           |                       |                   |



# Provincia di Prato

---

Area Tecnica

Servizio assetto e gestione del territorio

## Strada Regionale SR325

*Intervento di consolidamento strutturale del ponte alla  
p.Km 48+300 nel Comune di Vernio (PO)*

## PROGETTO ESECUTIVO

### Relazione geologica

IL PROGETTISTA



D – Elaborati Strutturali



**INDICE**

**1   PREMESSA ..... 2**

1.1 Normativa di riferimento..... 4

**2   INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE ..... 5**

**3   SISMICITÀ ..... 6**

3.1 Sismicità storica..... 6

3.2 Zonazione sismica nazionale e regionale..... 7

3.3 Classificazione sismica comunale..... 9

**4   SR 325 km 48+300 – LOC. LA CANTONIERA ..... 14**

4.1 Ubicazione intervento..... 14

4.2 Inquadramento geologico e geomorfologico..... 14

4.3 Inquadramento normativo ..... 17

4.4 Indagini geognostiche ..... 19

4.5 Parametrizzazione dei terreni..... 24

    4.5.1 Stratigrafia ..... 24

    4.5.2 Parametrizzazione fisico-meccanica dei terreni ..... 25

4.6 Caratterizzazione sismica..... 27

**5   CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE ..... 28**

□ - □ - □ - □ - □

**ALLEGATI**

- SEZIONI LITOTECNICHE INTERPRETATIVE
- SCHEDE SONDAGGI CON DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
- INDAGINE SISMICA DI RIFERIMENTO
- CARATTERIZZAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO

Tav. 2

## 1 PREMESSA

La presente nota costituisce l'elaborato di sintesi dell'indagine geologica svolta a supporto del progetto per il consolidamento strutturale di un ponte stradale ubicato nel Comune di Vernio al km 48+300 della SR 325. L'ubicazione dell'opera in parola è contenuta negli stralci cartografici riprodotti in Fig. 2 su base 1:25.000 e 1:10.000 disponibili rispettivamente sul sito web del Ministero dell'Ambiente e sul sito web della Regione Toscana.

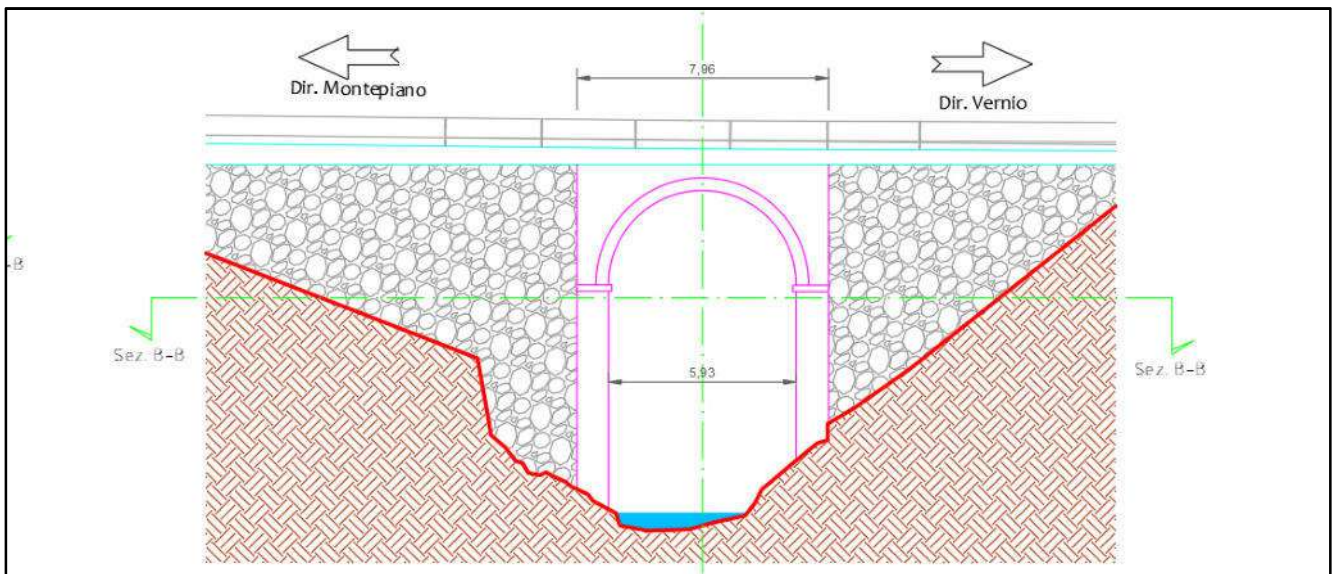


Figura 1 - rappresentazione schematica del ponte (da elaborati progettuali redatti da Ing. Emanuele Pacini)

L'indagine geologico-ambientale è stata finalizzata alla definizione del modello geologico rappresentativo dell'area, ovvero la ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell'area di studio, attraverso la descrizione delle peculiarità genetiche dei diversi terreni presenti, delle dinamiche dei diversi termini litologici, dei rapporti di giustapposizione reciproca, delle vicende tettoniche subite e dell'azione dei diversi agenti morfogenetici, in ottemperanza al contenuto nel §6.2.1 delle NTC 2018.

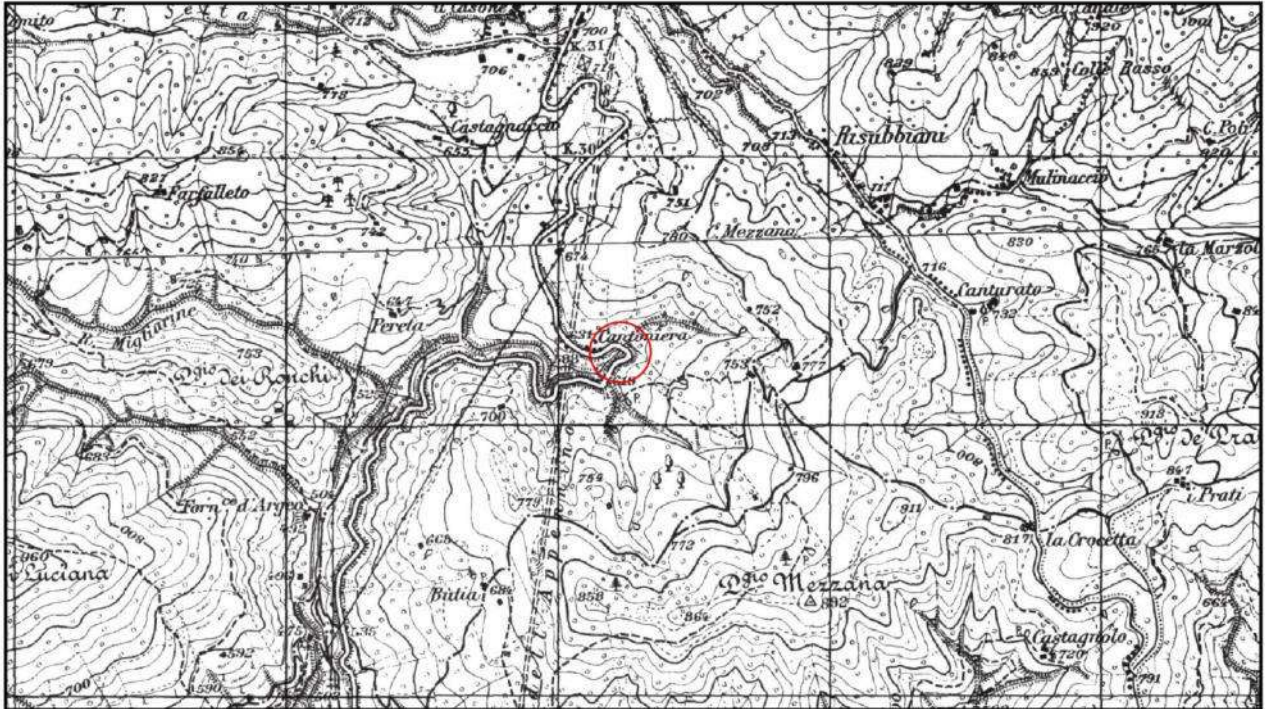
La disamina è stata quindi articolata nella preliminare ricostruzione dell'assetto geologico dell'area a livello di inquadramento generale attraverso la raccolta di tutti i dati di letteratura disponibili per l'area, confrontato con quanto raccolto sul posto entro un intorno significativo in fase di sopralluogo ricognitivo necessario per un approfondimento delle peculiarità dell'area di intervento e per la pianificazione delle indagini geognostiche possibili in base all'accessibilità e successivamente nel recupero e consultazione di indagini pregresse disponibili al contorno. Sono stati inoltre consultati gli studi redatti a livello comunale e regionale, in particolare i documenti della pianificazione territoriale a livello comunale (PS e RU) e sovracomunale (PAI, PGRA, PIT, PTCP, etc.) particolarmente finalizzati all'individuazione di eventuali problematiche di versante legate a dissesti pregressi o incipienti.

Successivamente si è proceduto con la *modellazione geologica* del sito articolata nella caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni interessati dai lavori in base ai risultati delle indagini svolte e nella definizione della fattibilità dell'intervento.



Corografia generale  
Comune di Vernio (PO)  
Tav. 1

scala 1:25.000



scala 1:10.000

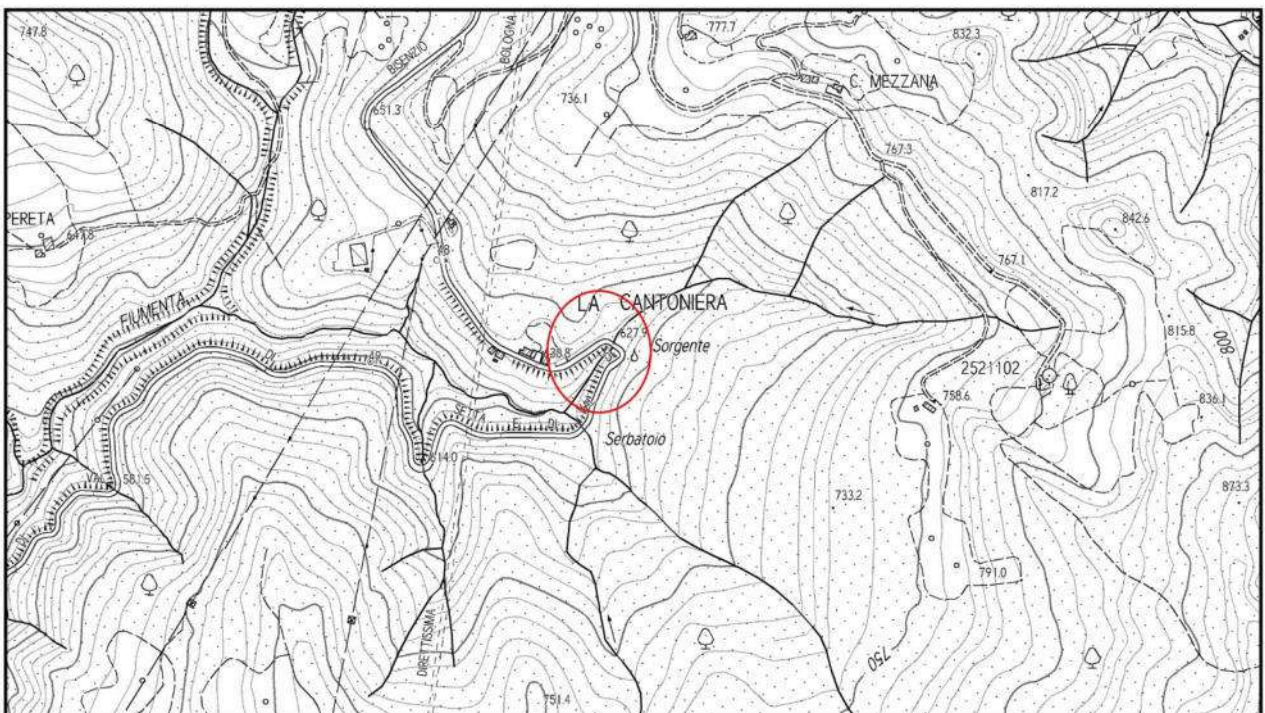


Figura 2 - inquadramento corografico (Fonte: Geoportale Nazionale e Geoscopio).

## **1.1 Normativa di riferimento**

L'indagine geologica del sito per la caratterizzazione geologica che consenta il successivo passaggio alla definizione del modello geotecnico del substrato di intervento fa riferimento al DM 17.01.2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" pubblicato sulla G.U. n. 42 del 20 Febbraio 2018 e relativa circolare applicativa "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle NTC" (Circ.LL.PP., n. 2 del 21.01.2019). L'indagine attiene inoltre alle disposizioni di cui al Regolamento Regionale in materia di edificazione in zona sismica DPGRT 36/R/2009 "Regolamento di attuazione dell'articolo 117, commi 1 e 2 della legge regionale 3 gennaio 2005 n. 1 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico", ed è stata programmata coerentemente con la struttura geologica del sito e con le necessità della progettazione strutturale ed in ottemperanza alle disposizioni di cui alla LR 65/2014 Norme per il governo del territorio.

In materia di rischio sismico l'indagine è redatta a norma dell'OPCM 3274/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successivo OPCM 3519/2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone", approvata per la Regione Toscana con DGRT 431/2006, recentemente aggiornata con DGRT 421/2014 e smi.

In materia di difesa del suolo l'indagine attiene, per il rischio idraulico:

- alle disposizioni di cui al Nuovo Piano Gestione Rischio Alluvioni adottato dal Comitato Istituzionale Integrato il 17 dicembre 2015 ed approvato definitivamente con Delibera n. 235/2016, mentre per gli aspetti geomorfologici al DPCM 6.5.2005 "Approvazione del Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico e relative norme di salvaguardia".

- alla Legge Regionale 24 Luglio 2018, n. 41 Disposizioni in materia di rischio alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione al DLgs 23 Febbraio 2010 n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni). Modifiche alla LR 80/2015 e alla LR 65/2014.

Gli strumenti urbanistici di gestione del territorio di riferimento sono:

- Piano di Indirizzo Territoriale della Regione Toscana approvato con DCRT n. 72/2007 e modificato con DCRT n. 37 del 27 marzo 2015 attribuendo una valenza di Piano Paesaggistico approvato;



- Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Prato approvato con DCP n. 7 del 04 Febbraio 2009;
- Piano Strutturale approvato con D.C.C. n. 15 del 19 aprile 2011 e succ. Varianti;
- Regolamento Urbanistico approvato con D.C.C. n. 30 del 16.09.2014 e pubblicato sul BURT n.42 del 22.10.2014, successivamente aggiornato con D.C.C. n.6 e n.7 del 05.02.2015.

## **2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE**

La zona oggetto di studio si trova in area Appenninica, la sua storia geologica è molto complessa e prende avvio dall'impilamento successivo di formazioni terrigene depostesi in ambiente marino tra il Cretaceo ed il Miocene, quando si è verificata la progressiva chiusura del paleo-oceano ligure con la formazione di un prisma di accrezione di materiale sedimentario, legato ai complessi movimenti che hanno interessato le placche Europea ed Africana, e si è realizzato in tempi successivi procedendo da Ovest verso Est. Nel complesso la catena è andata strutturandosi a partire dal Miocene, tuttavia la sua formazione non è avvenuta in maniera continua ed ininterrotta, ma piuttosto in maniera impulsiva, con periodi di intensa crescita seguiti da periodi di quiete.

Le fasi deformative che si sono succedute dall'Oligocene in poi, sono state caratterizzate da un regime collisionale che ha interessato le successioni toscane ed umbre. La migrazione continua del fronte deformativo per tutto il Miocene ed il Pliocene ha coinvolto successivamente i domini più esterni (umbro marchigiano e padano) fino a determinare la configurazione attuale della catena nord appenninica. Scendendo nel dettaglio, la zona di Vernio è occupata prevalentemente dalle unità toscane distinte in unità tettonica Cervarola e di Sestola-Vidiciatico.

Di queste, la prima risulta sovrascorsa dalla seconda la quale ha interrotto la sedimentazione torbidity durante la deposizione della formazione di Castiglione dei Pepoli, dando luogo a fenomeni gravitativi testimoniati dalla presenza delle brecce argillose (BRB). A sua volta l'unità Sestola Vidiciatico viene sovrascorsa dall'unità tettonica Cervarola. Quest'ultima risulta la più diffusa nel territorio di Vernio, ed è suddivisibile in varie sottounità tettoniche separate fra loro da superfici di sovrascorrimento all'interno delle quali possono essere presenti più formazioni in successione, una sola formazione o parte di essa. Dalla più interna alla più esterna affiorano la sottounità Acquerino, la sottounità Carigiola e la sottounità Castiglione dei Pepoli.

Tutte le formazioni che costituiscono le sottounità sono deformate al loro interno in uno stile a pieghe rovesciate con vergenza variabile da N a NE e con direzione assiale da E-W a NW-SE; queste strutture plicative evolvono, in alcuni casi, in pieghe-faglie e sovrascorrimenti di minore entità.

Le Unità Liguri si trovano sovrapposte a quelle Toscane, questa è una caratteristica diffusa in tutto l'Appennino Settentrionale, la complessa tettonica che interessa tutta l'area ha permesso di conservare questo contatto esclusivamente nell'area circostante Montetiglioli.

Nelle due sezioni geologiche della tavola QC05 (la sezione 1 è riprodotta in Fig. 11), oltre a indicare



i rapporti cronologici tra le varie formazioni, si evidenzia lo stile tettonico dell'area e si mostrano le principali strutture plicative ed i sovrascorrimenti tra le varie unità riconosciute (V. Fig. 3).

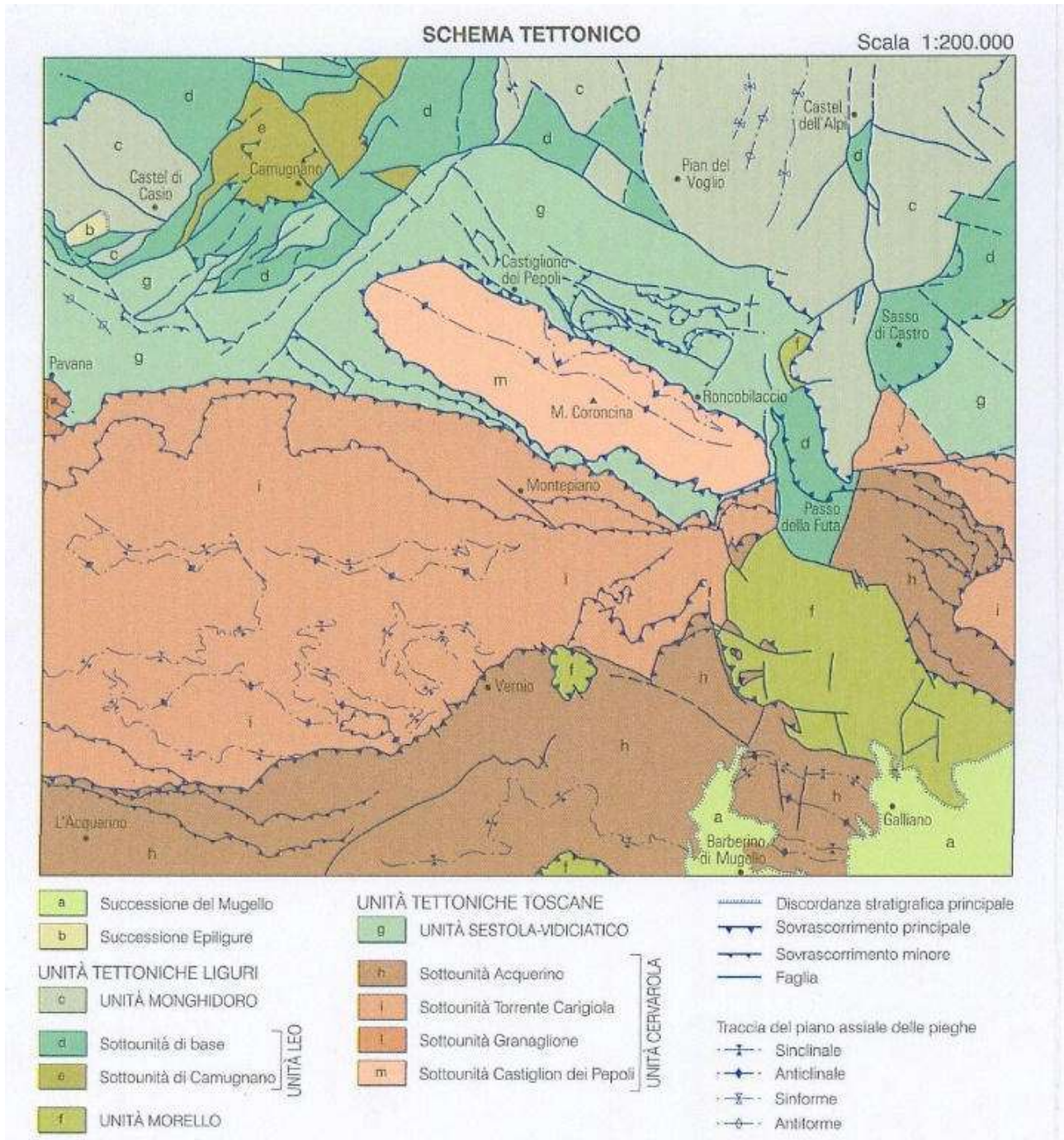


Figura 3 – Schema tettonico dell'appennino Settentrionale (Fonte: Carta Geologica d'Italia - Progetto CARG F. 252)

### 3 SISMICITÀ

#### 3.1 Sismicità storica

La sismicità storica del Comune di Vernio è stata desunta dal database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani (DBMI15 vers. 3.0) utilizzate per la compilazione del catalogo





parametrico nella versione più recente (CPTI15 vers. 3.0) che fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima  $\geq 5$  o magnitudo  $\geq 4.0$  d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2019, realizzati nell'ambito delle attività dell'Allegato A dell'Accordo quadro tra il Dipartimento di Protezione Civile e l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia 2012-2021.

La sismicità storica del territorio comunale è riassunta graficamente nel diagramma di Figura 13, unitamente agli eventi a maggiore intensità registrati nel sito, elencati nella tabella affiancata in ordine cronologico. Nella tabella sono indicate oltre alla stessa intensità al sito (Int.), l'anno, il mese (Me), il giorno (Gi), in cui si è verificato, l'intensità massima epicentrale in scala MCS (Io), e la magnitudo momento (Mw).

Per il reperimento dei dati relativi alla sismicità osservata è stato considerato il catalogo storico contenente gli eventi degli ultimi 1.000 anni magnitudo maggiore o uguale a 4 (Fig. 4).

### **3.2 Zonazione sismica nazionale e regionale**

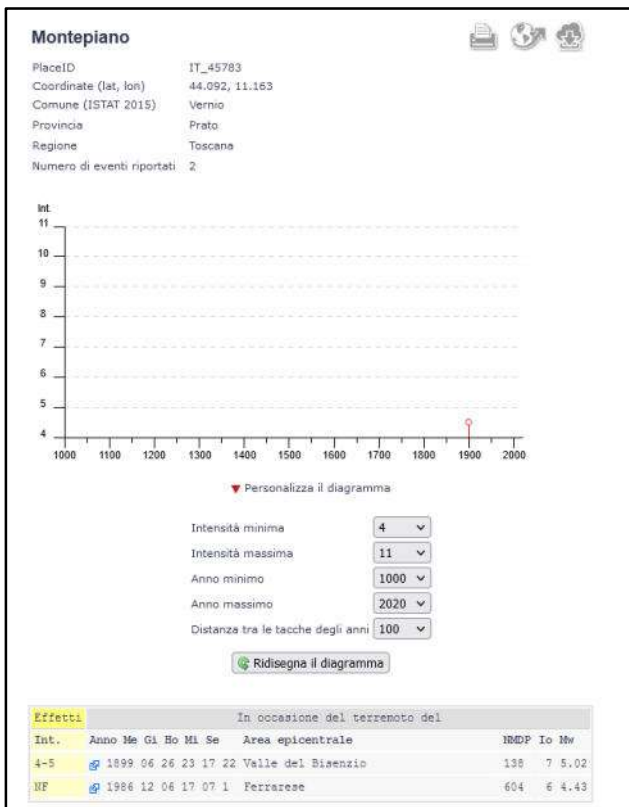
Negli ultimi anni il punto di riferimento per le valutazioni di pericolosità sismica è stato rappresentato dalla zonazione sismogenetica ZS9 (Scandone et al. 1996 - 2000) che rappresenta la traduzione operativa del modello sismotettonico riassunto in Meletti et al. (2000). In seguito all'emanazione dell'O.P.C.M. 20.3.2003, n. 3274 è stato redatto a cura di un gruppo di lavoro dell'INGV un documento denominato "Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall' O.P.C.M. 20-3-2003, n. 3274. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici".

Tale modello riprende sostanzialmente il retroterra informativo della precedente zonazione, recependo i più recenti avanzamenti delle conoscenze sulla tettonica attiva della penisola anche considerando le indicazioni derivanti da episodi sismici più recenti (es. Bormio 2000, Monferrato 2001, ecc...).

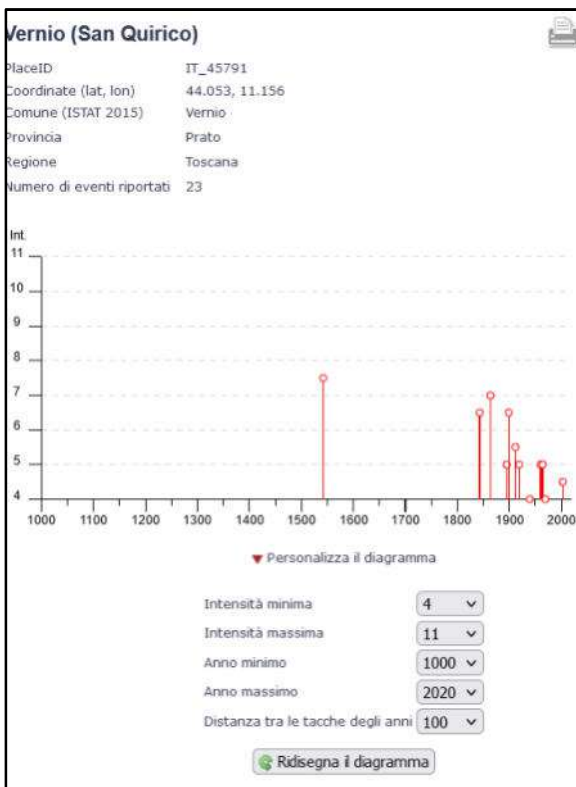
La zonizzazione è stata condotta tramite l'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale. Il confronto tra le informazioni che hanno condotto alla costruzione del modello geodinamico e la sismicità osservata ha permesso di costruire la carta nazionale delle zone sismogenetiche.

La zona che interessa l'area in esame è la ZS 915 "Garfagnana-Mugello".

Nel Rapporto Conclusivo per la Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica alla ZS 915, ritenuta la più attiva dei dintorni, è associata una magnitudo attesa massima (MwMax CPTI2) calibrata sulle evidenze geologico-sismiche e storiche pari a 6,60.



| Località                | EQs | Distanza (km) |
|-------------------------|-----|---------------|
| La Badia                | 1   | 2             |
| Boccardirio [santuario] | 1   | 4             |
| Vernio (San Quirico)    | 23  | 4             |
| Baragazza               | 2   | 5             |
| Roncobilaccio           | 2   | 5             |
| Monte Gatta             | 3   | 5             |
| Castiglione dei Pepoli  | 31  | 5             |
| Montegatta              | 1   | 6             |
| Sant'Ippolito           | 1   | 7             |
| Canagallo (Luiciana)    | 7   | 8             |
| Bruscoli                | 3   | 8             |
| La Puta                 | 1   | 9             |
| Montecarelli            | 1   | 9             |
| San Gavino              | 1   | 9             |
| Piano del Voglio        | 4   | 10            |
| Guzzano                 | 6   | 10            |
| Rocca Cerbaia           | 1   | 10            |



| Effetti | In occasione del terremoto del |    |    |    |    |    |                           |      |     |      |
|---------|--------------------------------|----|----|----|----|----|---------------------------|------|-----|------|
| Int.    | Anno                           | Me | Gi | Ho | Mi | Se | Area epicentrale          | NMDF | Io  | Mw   |
| 7-8     | 1542                           | 06 | 13 | 02 | 15 |    | Mugello                   | 46   | 9   | 6.02 |
| 6-7     | 1843                           | 10 | 25 | 03 | 30 |    | Mugello                   | 17   | 6-7 | 5.03 |
| 7       | 1864                           | 12 | 11 | 17 | 40 |    | Mugello                   | 9    | 7   | 5.11 |
| 2-3     | 1874                           | 10 | 07 |    |    |    | Imolese                   | 60   | 7   | 4.96 |
| 5       | 1895                           | 05 | 18 | 19 | 55 | 12 | Fiorentino                | 401  | 8   | 5.50 |
| 3       | 1898                           | 03 | 04 | 21 | 05 |    | Farnese                   | 313  | 7-8 | 5.37 |
| 6-7     | 1899                           | 06 | 26 | 23 | 17 | 22 | Valle del Bisenzio        | 138  | 7   | 5.02 |
| 5-6     | 1912                           | 08 | 15 | 23 | 50 |    | Mugello                   | 7    | 5   | 4.22 |
| 5       | 1919                           | 06 | 29 | 15 | 06 | 13 | Mugello                   | 565  | 10  | 6.38 |
| 4       | 1939                           | 02 | 11 | 11 | 17 |    | Mugello                   | 31   | 7   | 5.01 |
| NF      | 1951                           | 09 | 01 |    |    |    | Monti Sibillini           | 80   | 7   | 5.25 |
| 2       | 1956                           | 05 | 26 | 18 | 40 |    | Appennino forlivese       | 76   | 7   | 4.99 |
| 2       | 1956                           | 06 | 03 | 01 | 45 | 57 | Appennino forlivese       | 62   | 6   | 4.51 |
| 5       | 1960                           | 10 | 29 | 00 | 08 | 39 | Mugello                   | 69   | 7   | 4.91 |
| 5       | 1964                           | 09 | 05 | 21 | 09 |    | Appennino tosco-emiliano  | 22   | 5   | 4.35 |
| 4       | 1969                           | 01 | 06 | 22 | 03 | 28 | Appennino pistoiese       | 74   | 6-7 | 4.67 |
| NF      | 1984                           | 05 | 07 | 17 | 50 |    | Monti della Meta          | 911  | 8   | 5.86 |
| NF      | 1984                           | 05 | 11 | 10 | 41 | 4  | Monti della Meta          | 342  | 7   | 5.47 |
| NF      | 1986                           | 12 | 06 | 17 | 07 | 1  | Ferrarese                 | 604  | 6   | 4.43 |
| 3-4     | 1995                           | 10 | 10 | 06 | 54 | 2  | Lunigiana                 | 341  | 7   | 4.82 |
| NF      | 1996                           | 03 | 14 | 01 | 56 | 3  | Appennino tosco-romagnolo | 20   | 4-5 | 3.56 |
| NF      | 2002                           | 06 | 18 | 22 | 23 | 0  | Frignano                  | 186  | 4   | 4.30 |
| 4-5     | 2003                           | 09 | 14 | 21 | 42 | 5  | Appennino bolognese       | 133  | 6   | 5.24 |

Figura 4 - Diagrammi rappresentanti la storia sismica del Comune di Vernio (Fonte: sito web INGV)

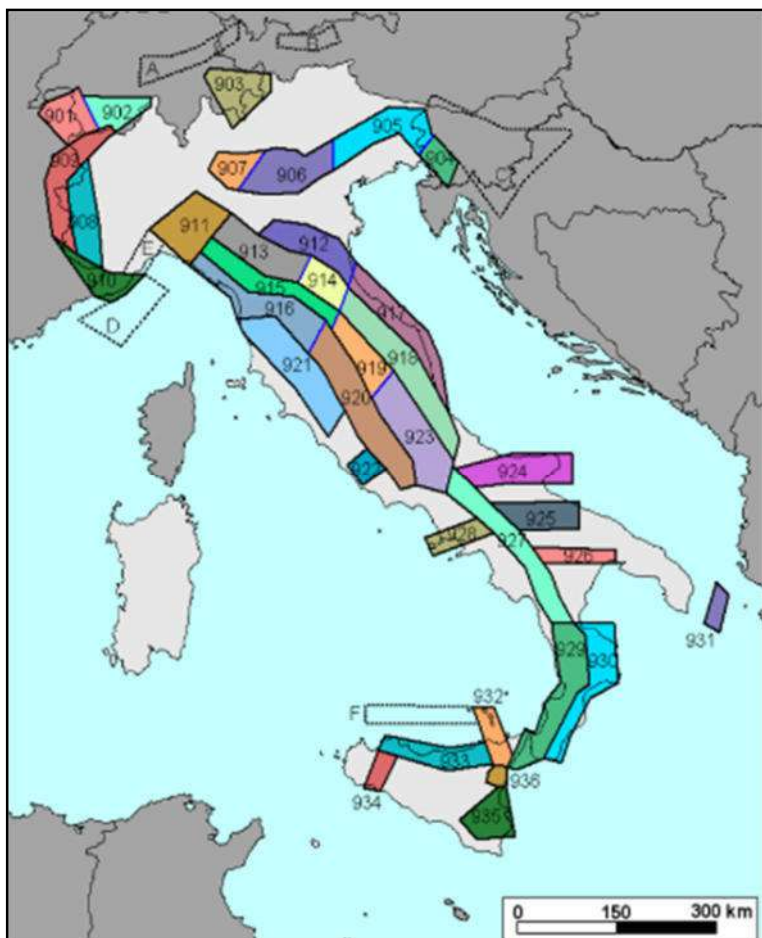


Figura 5 - Zonizzazione sismogenetica ZS9

Ogni zonizzazione sismogenetica è caratterizzata da un definito modello cinematico il quale sfrutta una serie di relazioni di attenuazione stimate sulla base di misurazioni accelerometriche effettuate sia sul territorio nazionale che europeo. Sulla base di tali zone, per tutto il territorio italiano, sono state sviluppate le carte della pericolosità sismica.

Il risultato, per ogni comune, è rappresentato da una stima del rischio sismico che tiene conto dell'intera storia sismica riportata nel catalogo sismico nazionale e che viene espresso in termini probabilistici. La pericolosità sismica di riferimento ipotizza un substrato omogeneo in roccia ed è espressa in PGA (Peak Ground Acceleration) con associato un periodo di ritorno di 475 anni,

valore convenzionale in quanto rappresenta l'accelerazione associata alla probabilità del 90 % di non superamento considerando un periodo di ritorno di 50 anni.

Il territorio italiano è stato suddiviso in quattro zone (o categorie) contraddistinte da differenti valori di PGA. Di seguito si riporta la zonizzazione relativa al territorio regionale (Figura 6).

### 3.3 Classificazione sismica comunale

Il territorio comunale di Vernio è classificato sismico ed è stato incluso nella zona 2 dall'OPCM 3274/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"; nel successivo OPCM 3519/2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone", classificazione confermata fino all'ultimo aggiornamento (DGRT n. 421 del 26/05/2014).

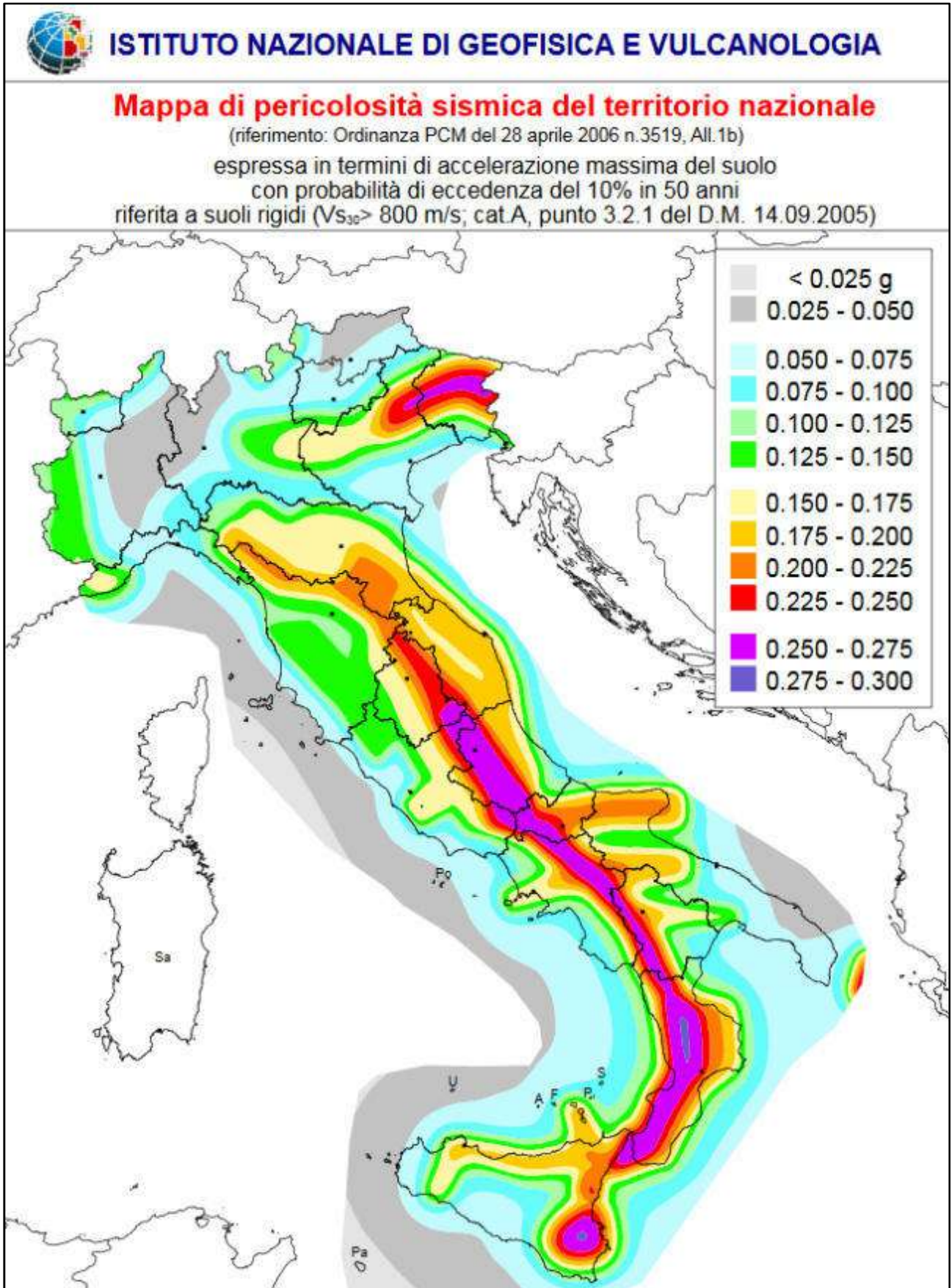


Figura 6 - mappa di pericolosità sismica nazionale



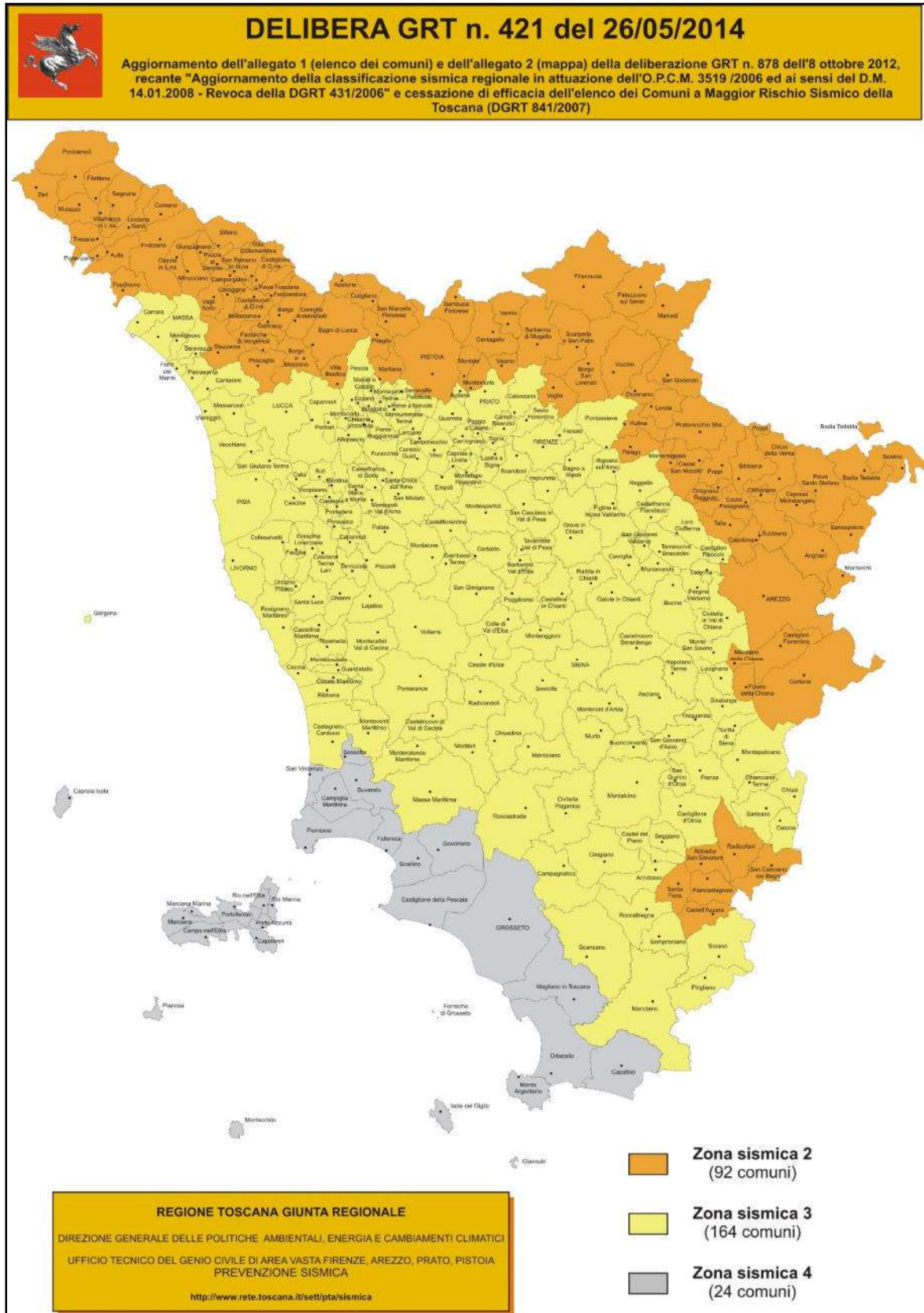


Figura 7 - Classificazione sismica vigente dei Comuni della Regione Toscana

Si riporta a seguire la tabella che individua ciascuna zona distinta in base al valore di accelerazione di picco orizzontale al suolo  $a_g$  con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

| zona sismica | Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [ $a_g/g$ ] | Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [ $a_g/g$ ] |
|--------------|---|--|
| 1            | > 0.25  | 0.35   |
| 2            | 0.15 – 0.25   | 0.25   |
| 3            | 0.05 – 0.15   | 0.15   |
| 4            | < 0.05  | 0.05   |

Figura 8 - valori di accelerazione al suolo distinto per zona sismica

L'accelerazione massima di riferimento, per i siti oggetto di studio, raggiunge valori massimi di PGA pari a 0,25g.

Le Norme Tecniche per le costruzioni del D.M. 14.01.2008, come confermato nel recente aggiornamento del 2018, hanno modificato le modalità di valutazione delle azioni di progetto. In particolare nel documento sulla pericolosità sismica (Allegato A), l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base, che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le NTC e da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali.

Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni  $a_g$  e dai parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC 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;

TC 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 di riferimento, 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).

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.

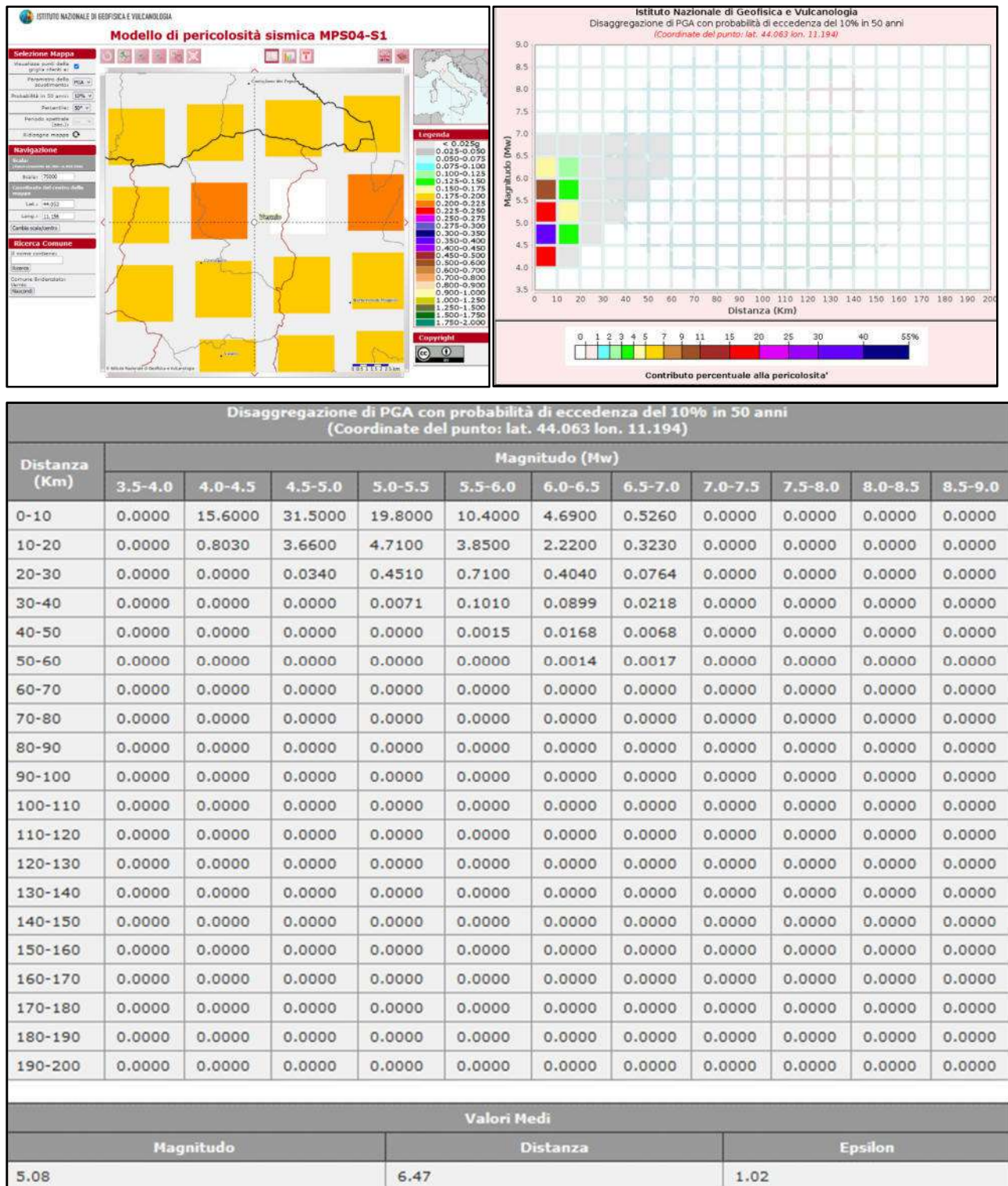


Figura 9 - Mappe interattive di pericolosità sismica (Fonte: sito web INGV)



## **4 SR 325 km 48+300 – LOC. LA CANTONIERA**

### **4.1 Ubicazione intervento**

L'opera oggetto di intervento si ubica in corrispondenza del toponimo La Cantoniera nel settore settentrionale del territorio amministrato dal Comune di Vernio e costituisce un elemento fondamentale della viabilità (SR 325) che collega il capoluogo comunale all'abitato di Montepiano in quanto consente l'attraversamento di un corso d'acqua senza denominazione, affluente in sinistra idraulica del Torrente Fiumenta.

L'area ricade all'interno della tavoletta IGM F. 098 III SE (Vernio), della Carta d'Italia redatta in scala 1:25.000. Nella cartografia di nuovo impianto in scala 1:50.000 ricade nel F. 252 e nella sezione 100 della CTR in scala 1:10.000.

La quota altimetrica del tracciato stradale in corrispondenza del ponte è circa 628 m slm.

### **4.2 Inquadramento geologico e geomorfologico**

L'assetto geologico dell'area, per un notevole areale, è caratterizzato da litologie classificate come Formazione del Torrente Carigiola (TCG) riconducibili alle Unità Tettoniche Toscane, come visionabile nello stralcio cartografico rappresentato in Fig.10. Questa formazione è costituita da alternanze arenaceo-pelitiche caratterizzate in gran parte da un rapporto reciproco variabile e, soprattutto, dalla presenza di strati arenacei particolarmente spessi (megastrati) a grana grossolana e microconglomeratica. Al tetto della formazione si rilevano prevalentemente le peliti. Gli strati arenacei hanno composizione feldspatolitica e sono molto ben cementati; le peliti si mostrano di colore grigio e molto indurite. L'analisi delle direzioni delle paleocorrenti indicano la provenienza dei flussi di torbida da W-NW. La formazione è stata suddivisa in due membri e rappresenta un sistema torbiditico pienamente sviluppato la cui età è riferibile all'Aquitaniense (Miocene inferiore):

1. il membro a "megastrati" arenacei è rappresentato da alternanze arenaceo-pelitiche caratterizzate dalla presenza di potenti strati, di spessore fino a 35 metri, gradati, alla base dei quali si riconoscono gli elementi più grossolani di dimensioni microconglomeratiche, seguiti da un potente strato arenitico, con gradazione spesso assente, scarsa cernita e con grossi inclusi pelitici e strutture interne caotiche. Questi strati si chiudono con un intervallo pelitico di spessore raffrontabile con la porzione arenitica. Nel complesso si tratta di depositi torbiditici di lobo arenaceo che rappresentano eventi di risedimentazione di grandi volumi di materiale terrigeno in un bacino relativamente confinato;
2. il membro pelitico è costituito da siltiti marnose e marne siltose molto indurite con stratificazione molto sottile, non sempre in evidenza, talvolta marcata da sottili areniti a grana molto fine. Si tratta di depositi emipelagici e torbiditici delle ultime fasi deposizionali. Lo spessore complessivo della



formazione è di circa 1.000 metri e netto è il contatto con la formazione di Stagno stratigraficamente soprastante.

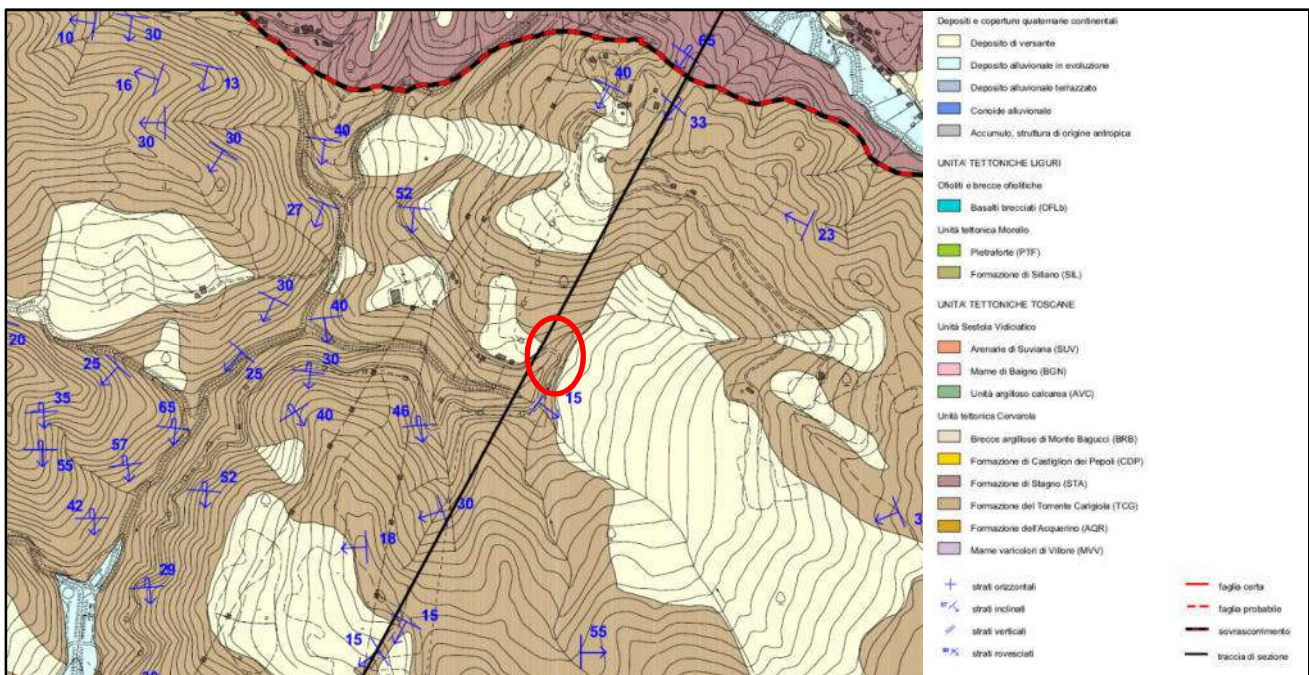


Figura 10 - Carta Geologica (estratto Tav. QC04 PS)

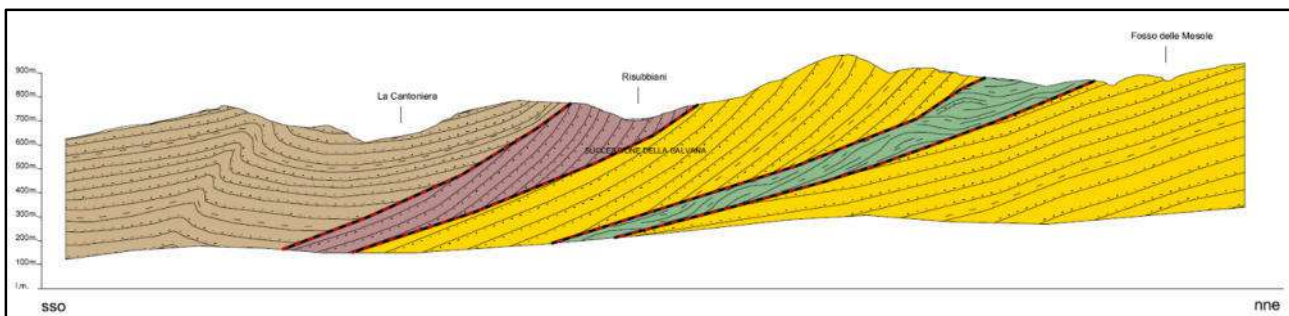


Figura 11 – sezione geologica 1 (estratto Tav. QC05 PS)

Dal punto di vista morfologico il sito si ubica in un contesto con caratteristiche tipicamente appenninico, con rilievi che superano la quota altimetrica dei 900 m slm caratterizzati da versanti piuttosto acclivi con pendenze medie dal 20% al 35%, coerentemente con la competenza dei litotipi affioranti, modellati prevalentemente ad opera delle acque di ruscellamento superficiale che hanno generato incisioni vallive profonde e strette. Alcune rare eccezioni sulla pendenza dei versanti sono dovute all'accumulo di depositi detritici di natura eluvio-colluviale o gravitativa.

Il ponte in parola, situato ad una quota di 628 m slm, insiste appunto su una di queste incisioni che ha eroso completamente il detrito superficiale esponendo il substrato litoide che costituisce l'alveo del corso d'acqua a carattere torrentizio. Lungo le sponde asimmetriche si riscontra la presenza di accumuli detritici di materiali sciolti con spessore variabile sui due lati presumibilmente per l'assetto giaciturale locale della formazione litoide che la predispone più o meno ai fenomeni erosivi.

In fase di sopralluoghi ricognitivi non sono state riscontrate particolari criticità entro un intorno significativo dall'opera oggetto di intervento, coerentemente con le cartografie tecniche e tematiche consultate a tutte le scale riprodotte in stralcio all'interno del presente elaborato. Si segnala comunque la presenza di opere di contenimento dei versanti lungo la viabilità principale, particolarmente nel tratto di valle.

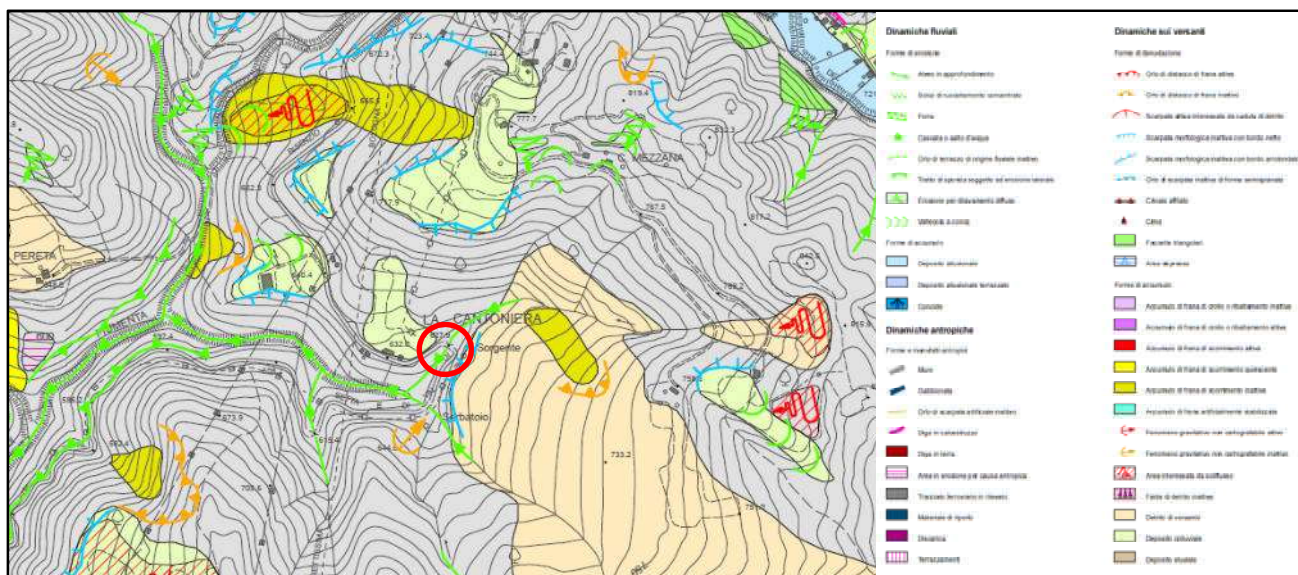


Figura 12 - Carta Geomorfologica (estratto Tav. QC06 PS)

L'assetto idrologico ed idrogeologico dell'area è governato dal grado di permeabilità delle litologie affioranti, definita *permeabilità secondaria* in quanto legata al grado di fratturazione del substrato roccioso affiorante (V. Fig. 13) ed alla pendenza dei versanti, fattori che ostacolano la formazione di falde superficiali e favoriscono l'alimentazione di falde profonde e lo sviluppo del reticolo idraulico minuto che solca i versanti circostanti.

In prossimità del ponte, in sinistra idraulica del corso d'acqua, sono segnalate numerose sorgenti la cui origine è verosimilmente da ricollegare alle infiltrazioni delle acque meteoriche all'interno del vasto corpo detritico che caratterizza il versante nord-occidentale di Poggio Mezzana fino alla venuta a giorno delle acque sotterranee alla base dello stesso detrito per contrasto di permeabilità con la roccia sottostante (sorgente di contatto).

Come anticipato nei paragrafi precedenti, il corso d'acqua attraversato dal ponte ha carattere prettamente torrentizio, anche se è stata riscontrata una minima quantità di acqua sul letto anche nei mesi estivi dell'anno in corso. Per le elevate pendenze dell'asta fluviale fino al tratto di interesse, per il tipo litologico che costituisce l'alveo caratterizzato da bassa permeabilità come indicato nella Carta Idrogeologica (permeabilità secondaria per fratturazione), si esclude la presenza di una vera e propria falda di subalveo, l'alimentazione del corso d'acqua è quindi strettamente legata agli eventi piovosi ed al deflusso superficiale.



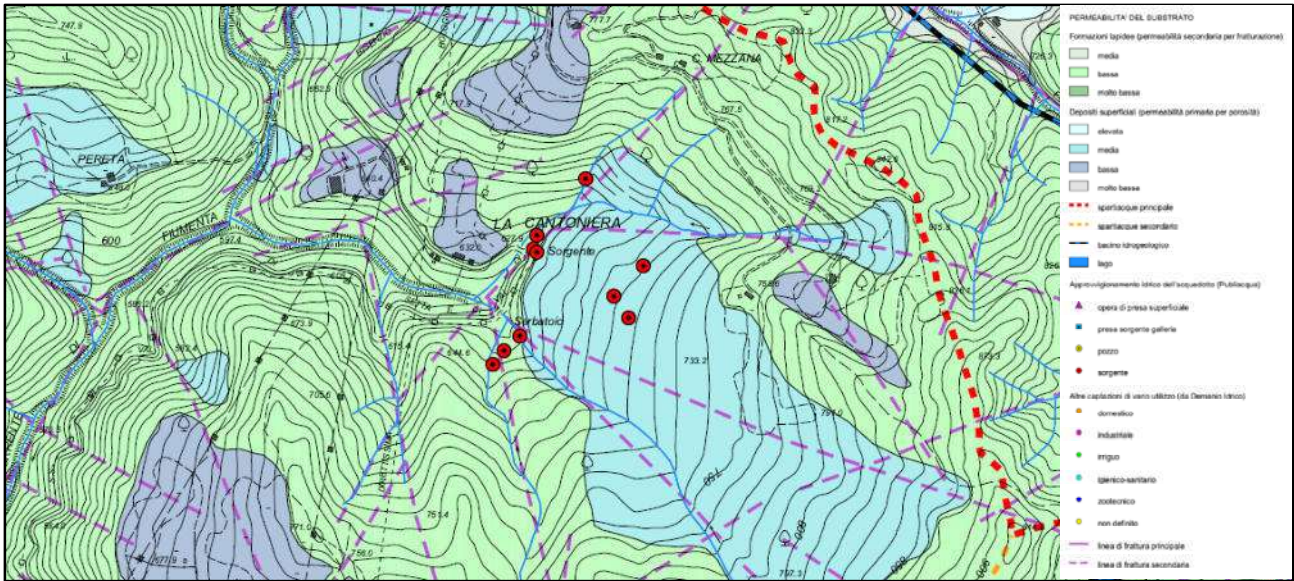


Figura 13 – Carta Idrogeologica (estratto Tav. QC08 PS)

### 4.3 Inquadramento normativo

Il corso d’acqua senza denominazione (codice identificativo MV6046) attraversato dal ponte in parola appartiene al reticolo idraulico cartografato ai sensi della LR 79/2012 aggiornato con DCR 81/2021 (V. Fig. 14). L’area d’interesse ricade dunque all’interno della fascia di rispetto assoluto dei corsi d’acqua (RD 523/1904 e DCRT 72/2007) e soggetto alle disposizioni di cui alla LR 41/2018.

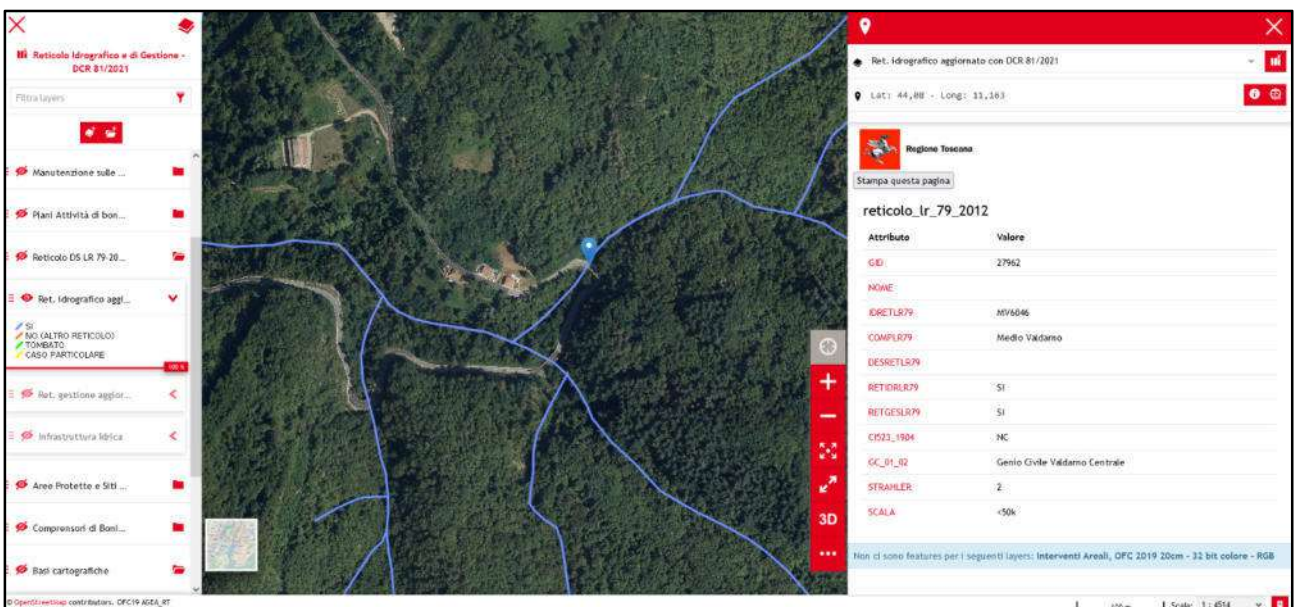


Figura 14 - reticolo idrografico (Fonte: Servizio Lamma RT)

Nelle cartografie del Piano di Bacino stralcio “Assetto Idrogeologico” (P.A.I.), approvato con DPCM 06/05/2005 e smi., risulta ricade nelle aree classificate per la pericolosità da processi geomorfologici a **PF1 – bassa propensione al dissesto** (V. Fig. 15).



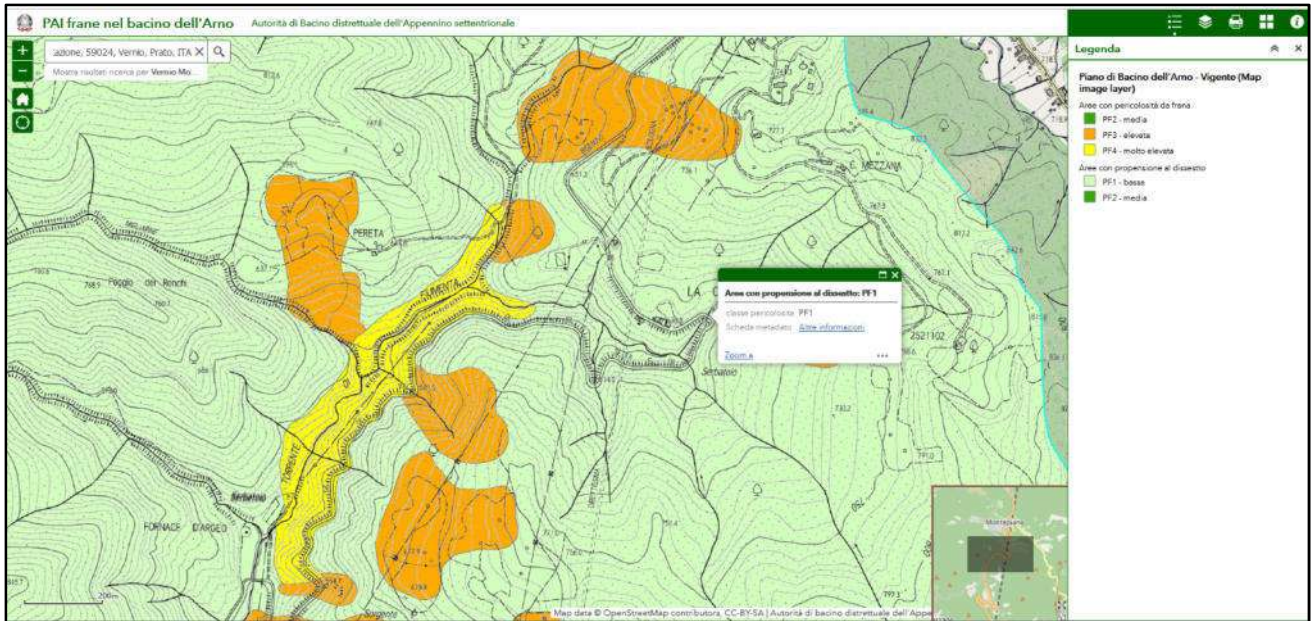


Figura 15 - estratto cartografico PAI Arno (Fonte: autorità di bacino distrettuale dell'appennino settentrionale)

Per posizione morfologica l'area è esterna alle perimetrazioni di rischio del Piano di Bacino Riduzione Rischio Idraulico (DPCM 05.11.99), quindi non risulta interessata da fenomeni legati alle dinamiche idrauliche ed esterno alle perimetrazioni previste dal Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) predisposta dall'Autorità di Bacino.

Negli elaborati geologico-tecnici di supporto al Regolamento Urbanistico, redatti ai sensi del DPGRT 53/R/2011 all'area sono state attribuite le seguenti classi di pericolosità:

- per gli aspetti geomorfologici classe di pericolosità **G.4 – molto elevata** limitatamente all'alveo del corso d'acqua segnalato in approfondimento (V. Fig. 16)

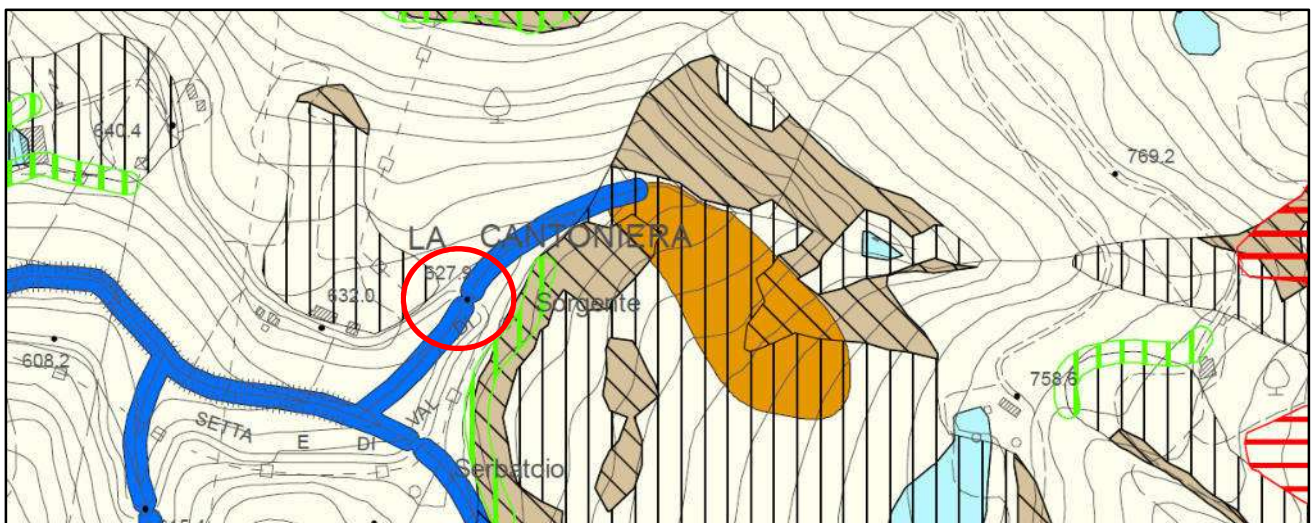


Figura 16 - Carta della Pericolosità Geologica (estratto Tav. P02 Nord RU)



- per gli aspetti idraulici classe di pericolosità **I.1 – bassa** (V. Fig. 17)



Figura 17 - Carta della pericolosità idraulica (estratto Tav. P03 Nord RU)

Per gli aspetti relativi al rischio sismico la riclassificazione sismica regionale di cui alla recente Deliberazione G.R.T. n. 421 del 26/05/2014, aggiornamento della precedente Del. GRT n.878 dell'ottobre 2012 al fine del recepimento delle novità introdotte dalle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008 e succ. agg. NTC 2018), conferma per il territorio comunale di Vernio la zona sismica 2.

Il Comune di Vernio è dotato di studi di Microzonazione Sismica di I liv. Tale studio è stato realizzato solo per le aree urbanizzate che non comprendono l'area in studio.

Dalla consultazione della Carta delle Problematiche Idrogeologiche a supporto del RU (Tav. P05 Nord) l'area ricade all'interno della zona di rispetto dei pozzi idropotabili e delle sorgenti (art. 94 DLgs 152/2006) e all'interno delle aree di ricarica delle sorgenti; è inoltre soggetta a Vincolo Idrogeologico ai sensi del RD 3267/1923 e classificata come area boscata (Fonte: Geoscopio RT).

Non risultano ulteriori vincoli tali da limitare la fattibilità dell'intervento.

#### 4.4 Indagini geognostiche

A supporto della progettazione esecutiva è stata realizzata una campagna di indagine in situ consistente di due sondaggi a carotaggio continuo finalizzati alla caratterizzazione dei terreni di fondazione e all'intercettazione del substrato litoide fino alla ricostruzione del modello geologico-stratigrafico e geotecnico del sito. Il primo sondaggio è stato spinto fino a 10,0 metri dalla sede stradale, mentre il secondo fino a 14,0 metri. Entrambe le perforazioni sono state seguite sulla sede stradale, corsia di valle, in corrispondenza circa delle curve opposte che delimitano lo stesso attraversamento, andando dunque ad intercettare, nel primo tratto, il corpo della struttura. L'esatta ubicazione delle prove

è consultabile nella documentazione fotografica in allegato. L'indagine è stata completata con prove dinamiche in foro (SPT).

Poiché il prelievo di campioni "indisturbati" nei terreni detritici con elevata variabilità granulometrica non risulta efficace ai fini delle eventuali analisi geotecniche di laboratorio, per acquisire dati sulle caratteristiche geomeccaniche relativi a questi litotipi, l'unica alternativa è rappresentata dall'esecuzione di prove penetrometriche SPT (Standard Penetration Test) da eseguire in foro in fase di avanzamento. La prova SPT si realizza mediante l'infissione di un campionatore standard (con punta conica aperta (campionatore tipo Raymond) in terreni scarsamente o mediamente addensati, con punta conica chiusa (come il caso specifico) in previsione di terreni ghiaiosi o comunque molto addensati, a mezzo di un dispositivo a percussione del peso di 63,5 kg che cade da un'altezza costante di 76 cm; nel corso della prova viene registrato il numero di colpi necessario per l'infissione del campionatore per tratti consecutivi di 15 cm ciascuno (raccomandazioni AGI, 1977).

Il valore di resistenza (NSPT) è rappresentato dalla somma dei colpi necessari all'infissione del secondo e terzo tratto; quando per l'infissione di un tratto di 15 cm vengono superati i 50 colpi la prova viene interrotta per raggiunto rifiuto (R).

Il seguente quadro illustra i risultati (le profondità indicate sono riferite al p.c. del punto di perforazione del sondaggio):

| Sondaggio | Codice prova | Profondità (m) | N° colpi (ogni 15 cm) | N <sub>SPT</sub> |
|-----------|--------------|----------------|-----------------------|------------------|
| S1        | SPT1         | 3,00 – 3,45    | 5 – 3 – 6             | 9                |
| S1        | SPT2         | 5,00 – 5,45    | 5 – 7 – 9             | 16               |
| S2        | SPT1*        | 3,00 – 3,45    | 9 – 13 – 15           | 28               |

\* eseguito sul riempimento

I dati ottenuti dai carotaggi sono stati confrontati ed integrati con i dati raccolti in situ; a causa della folta vegetazione che ha occultato o impedito l'accesso agli affioramenti più vicini, vista la presenza della stessa formazione entro un buon intorno, alcuni dati per la caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso sono stati raccolti da affioramenti presenti lungo la viabilità (Vedi foto 1 - 2) in sinistra orografica. Sull'altra sponda il substrato risulta meno esposto in quanto la formazione risulta sub-affiorante sotto una copertura detritica eluviale, di spessore comunque modesto, in matrice limosa sabbiosa prevalente di colore marrone ocra con talora blocchi e ciottoli spigolosi di materiale roccioso arenaceo e/o marnoso di dimensioni da centimetriche a decimetriche.

Come indicato nel paragrafo precedente, all'interno dello stesso corso d'acqua, in prossimità del ponte, è facilmente distinguibile l'asimmetria dell'alveo per la presenza di spessore di materiale sciolto in quantità variabile sulle due sponde opposte.





Foto 1

Gli affioramenti rocciosi osservabili sono costituiti da strati arenacei a grana grossolana da grigio-chiari a grigio-scuri al taglio fresco piuttosto spessi, alternati a strati più sottili, da grigi a marroncini, rappresentati da siltiti ed argilliti. Testate decimetriche di strati rocciosi sono visibili in affioramento anche lungo l'alveo del torrente per un breve tratto a monte del ponte.

La giacitura degli strati lungo la SR 325 in prossimità del ponte è coerente con i dati riportati nelle carte geologiche consultate e risulta avere direzione circa E-W, con polarità inversa, ed immersione prevalente verso S con inclinazione di circa 30°- 40°.

I dati registrati sono stati utilizzati per la caratterizzazione del substrato avvalendosi delle tecniche proposte in letteratura.

La classificazione di Bieniawski (1989) si basa sui valori assunti dall'indice di qualità della roccia RMR, correlato ai seguenti parametri dell'ammasso:

- resistenza a compressione monoassiale della roccia;
- indice RQD;





Foto 2





- condizione dei giunti (alterazione delle pareti, scabrezza, apertura e materiale di riempimento);
- condizioni idrauliche.

Ciascuno di tali parametri è stato valutato sia quantitativamente sull'esito dei sondaggi che qualitativamente sul terreno in ragione dell'alto grado di fratturazione delle "carote", verosimilmente attribuibile alle modalità di avanzamento della perforazione, con particolare riferimento al sondaggio S2, dal quale lo stato del substrato può essere ritenuto rappresentativo del solo cappellaccio di alterazione, a ciascun parametro è stato attribuito il relativo indice numerico che ha così consentito la parametrizzazione del substrato.

Nel caso trattato, in base all'esito dei sondaggi, la caratterizzazione della formazione rocciosa intercettata col primo sondaggio è stata interpretata sottounità in cui prevale la componente di arenaria, mentre nel secondo è stata interpretata a maggior componente pelitica inquadrabile come flysch.

In particolare si fa presente che, dato il riscontro di rocce con bassa resistenza con tendenza a frantumarsi durante la perforazione avvenuta con carotiere semplice, soprattutto in S2, per l'attribuzione del valore di RQD è stato tenuto conto della spaziatura e frequenza delle discontinuità sugli affioramenti analizzati.

Dalla somma dei valori assegnati a ciascuno due ammassi rocciosi distinti, tenuto conto del grado di alterazione e dell'orientazione delle discontinuità, si ottiene un R.M.R. corrispondente alle seguenti classificazioni:

Arenarie classe III: << ROCCIA MEDIOCRE >>

Flysch (cappellaccio superficiale) classe V: << ROCCIA MOLTO SCADENTE >>

L'altro metodo di caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso utilizzato è il modello empirico di Hoek & Brown, espresso dalla formula:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} [m_b (\sigma_3/\sigma_{ci}) + s]^a$$

dove  $\sigma_1$  e  $\sigma_3$  sono gli sforzi effettivi massimo e minimo,  $\sigma_{ci}$  è la resistenza della roccia intatta alla compressione uniassiale,  $m_b$ ,  $s$ ,  $a$  sono parametri correlati alle condizioni geomeccaniche dell'ammasso:  $m_b$ , è collegato al grado di interbloccaggio delle particelle esistenti;  $s$  è in relazione al grado di fratturazione nel campione di roccia.

La resistenza della roccia intatta alla compressione uniassiale ( $\sigma_{ci}$ ) si misura con prove di laboratorio su provini di roccia integra o si stima in base a tabelle empiriche basate sulla litologia e sulle osservazioni di campagna.

I parametri della precedente formula si ricavano da alcune relazioni con delle costanti dipendenti

dal tipo di roccia e dalle rispettive condizioni. La costante  $m_i$  varia con la litologia. Il Geological Strength Index (GSI) consente la riduzione della resistenza dell'ammasso roccioso nelle diverse condizioni. D è un fattore che dipende dal grado di disturbo determinato dalle modalità di scavo e può variare tra 0 (danneggiamento della roccia nullo) a 1 (elevato disturbo dell'ammasso).

Il criterio di rottura di Hoek & Brown può essere approssimato al criterio di Colulomb per un determinato campo di valori, nell'ambito dei quali i rapporti tra le tensioni principale e secondaria sono simili. I valori di coesione e angolo di attrito di Colulomb sono correlati ai parametri di Hoek & Brown mediante complesse formule. Altre relazioni servono inoltre alla stima del modulo elastico.

Per la valutazione delle costanti e dei parametri sopra detti è stato utilizzato il programma RocLab 1.0 della RocScience, ricavando la parametrizzazione allegata in coda, riferita a condizioni geomeccaniche cautelative, definite in base all'esame degli affioramenti rocciosi (V. schede allegate in coda).

## **4.5 Parametrizzazione dei terreni**

### **4.5.1 Stratigrafia**

Per la ricostruzione stratigrafica dei terreni si riportano in maniera sintetica gli esiti dei due sondaggi eseguiti rimandando per maggiori approfondimenti alle schede di dettaglio allegate in coda ed alla sezione litotecnica interpretativa (Tav. 2). L'assetto generale risulta comunque perfettamente coerente con il contesto di inserimento e con quanto atteso per l'area risultando costituito da un substrato litoide sub-affiorante con stratigrafia a prevalente componente arenacea a cui si alternano livelli pelitici più o meno persistenti; l'intera formazione intercettata risulta interessata da un elevato grado di alterazione e fratturazione in funzione del tipo litologico e degli eventi tettonici di formazione della catena appenninica. In posizione superficiale è presente una sottile coltre di materiale detritico sciolto, a composizione direttamente ricollegabile al substrato, con spessore variabile.

#### **Stratigrafia S1**

- 0 – 0.6 m      asfalto + massiciata di sottofondo stradale
- 0.6 – 2.0 m    corpo del ponte
- 2.0 – 4.0 m    sabbie da fini a medie con angolari e subangolari di arenaria alterata, marroni. Colore da bruno a rossastro. Da poco a mediamente addensate (**riempimento**)
- 4.0 – 4.7 m    sabbie da medie a grosse, colore marrone/giallo ocra con clasti come sopra. Da mediamente a ben addensate
- 4.7 – 6.10 m   matrice limo-sabbiosa e sabbioso limosa, colore marrone grigiastro, con clasti subangolari da cm a mm. Mediamente addensata
- 6.10 – 10.0 m   Arenarie grigie a grana fine, stratificate, fratturate, con interstrati siltitici/pelitici

## **Stratigrafia S2**

0 – 0.4 m asfalto + massicciata di sottofondo stradale

0.4 – 0.9 m corpo del ponte

0.9 – 2.8 m sabbie da fini a medie colore marrone grigiastro con clasti mm e cm subangolari. Da poco a mediamente addensato (**riempimento**)

2.8 – 7.8 m ghiaie e sabbie grosse, marroni, Clasti subangolari. Mediamente addensate (**riempimento**)

7.8 – 14.0 m Livelli siltitici/pelitici alteranti ad arenarie grigie a grana fine, stratificate, intensamente fratturate (**cappellaccio di alterazione del substrato**).

### **4.5.2 Parametrizzazione fisico-meccanica dei terreni**

L'interpretazione dei dati ottenuti dalle prove in foro e soprattutto la correlazione con i parametri geotecnici del terreno si basa su raffronti statistici con altri dati sperimentali descritti e diagrammati da autori noti, in analogia con terreni assimilabili a quelli in oggetto e naturalmente dalla correlazione con le altre indagini svolte. I dati risultanti dai test SPT – elaborati secondo relazioni empiriche e semi-empiriche proposte da vari Autori su bibliografia specializzata – forniscono buone informazioni sui parametri geomeccanici dei terreni. Naturalmente l'elaborazione dei dati su base geotecnica richiede un preciso riferimento di tipo litologico, che nel caso specifico è stato ottenuto dagli stessi sondaggi a carotaggio continuo.

#### **Densità relativa**

| Codice prova | Profondità<br>(m) | N <sub>SPT</sub> | Dr (%)      |          |         |
|--------------|-------------------|------------------|-------------|----------|---------|
|              |                   |                  | Gibbs-Holtz | Meyerhof | Bazaraa |
| S1 SPT1      | 3,00 – 3,45       | 9                | 60          | 55       | 36      |
| S1 SPT2      | 5,00 – 5,45       | 16               | 70          | 65       | 47      |
| S2 SPT1      | 3,00 – 3,45       | 28               | 93          | 95       | 64      |

in cui  $p_a$  è la pressione atmosferica ( $p_a=100$  se  $\sigma'_{v0}$  è espresso in kPa)

$$D_R = 1,5 \cdot \left( \frac{N_{SPT}}{F} \right)^{0,222} - 0,6 \quad \text{con} \quad F = 0,65 \cdot \left( \frac{\sigma'_{v0}}{p_a} \right)^2 + 16,8 \cdot \left( \frac{\sigma'_{v0}}{p_a} \right) + 14$$

(Gibbs e Holtz, 1957)

$$D_R = 0,21 \cdot \sqrt{\frac{N_{SPT}}{\frac{\sigma'_{v0}}{p_a} + 0,7}} \quad \text{(Meyerhof, 1957)}$$





Peck e Bazaraa (1969) propongono un'espressione per le sabbie dipendente dalla tensione verticale efficace. Tale relazione fornisce stime più alte rispetto a quelle che si possono ottenere con Gibbs e Holtz.

$$Dr = \sqrt{\frac{N}{20 + 0.84 \cdot \sigma'_{v0}}} \quad \text{per } \sigma'_{v0} < 72kPa$$

$$Dr = \sqrt{\frac{N}{65 + 0.21 \cdot \sigma'_{v0}}} \quad \text{per } \sigma'_{v0} \geq 72kPa$$

### Angolo d'attrito

| Sondaggio | Profondità (m) | Jap. Road Bridge Specification | Japanese National Railway | Schmertmann |
|-----------|----------------|--------------------------------|---------------------------|-------------|
| S1 SPT1   | 3,00 – 3,45    | 26                             | 29                        | 35          |
| S1 SPT2   | 5,00 – 5,45    | 30                             | 31                        | 36          |
| S2 SPT1   | 3,00 – 3,45    | 35                             | 35                        | 38          |

### Road Bridge Specification

$$\varphi = \sqrt{15Nspt} + 15$$

### Japanese National Railway

$$\varphi = 0,3Nspt + 27$$

### Schmertmann

|                            |               |
|----------------------------|---------------|
| $\varphi = 28 + 0,14Dr$    | Sabbia fine   |
| $\varphi = 31,5 + 0,115Dr$ | Sabbia media  |
| $\varphi = 34,5 + 0,10Dr$  | Sabbia grossa |
| $\varphi = 38 + 0,08Dr$    | Ghiaia        |

### Modulo di deformazione

| Sondaggio | Profondità (m) | E'25 Jamiolkowski (MPa) | E' Stroud (MPa) |
|-----------|----------------|-------------------------|-----------------|
| S1 SPT1   | 3,00 – 3,45    | 8,0                     | 8,1             |
| S1 SPT2   | 5,00 – 5,45    | 13,9                    | 14,4            |
| S2 SPT1   | 3,00 – 3,45    | 22,8                    | 25,2            |



### Jamiolkowski

$$E'_{25} = (10,5 - 3,5 \cdot Dr) \cdot N_{SPT} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

### Stroud

$$E' = 0,9 \cdot N_{SPT} \quad (\text{MPa})$$

Sull'esito delle interpretazioni dei risultati secondo le formule di letteratura adottate, ai vari orizzonti litologici distinti sono stati attribuiti i seguenti parametri nominali:

| Livelli geotecnici                          | $\gamma$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | Dr<br>(%)             | c'<br>(kPa) | $\phi'$<br>(°) | E<br>(MPa) |
|---|----------------------------------|-----------------------|-------------|----------------|------------|
| Strada + struttura<br>0 – 4,0÷7,8 m         | -                                | -                     | -           | -              | -          |
| Detrito di versante<br>0,9÷4,0 – 5,0÷6,10 m | 19,0                             | 55 - 65               | 0           | 27 - 30        | 9,0 – 10,0 |
| Substrato roccioso                          | $\gamma$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | Classe<br>Beniawski   | c'<br>(kPa) | $\phi'$<br>(°) | E<br>(MPa) |
| Arenarie<br>Oltre 6,10 m (S1)               | 24,0                             | III - Mediocre        | 200 ÷300    | 25÷35          | > 1000     |
| Flysch<br>Oltre 7,8 m (S2)                  | 23,0                             | V – Molto<br>scadente | < 100       | < 15           | 500        |

Tabella riassuntiva parametri geotecnici

#### 4.6 Caratterizzazione sismica

A causa dei limitati spazi a disposizione che non consentivano la realizzazione di uno stendimento sismico sufficientemente esteso in adiacenza alla struttura in parola, attenendosi alle disposizioni di cui alle Nuove NTC2018, per l'attribuzione della categoria di suolo sismico si è fatto riferimento ad uno stendimento a rifrazione eseguito poco a valle, sulla stessa viabilità SR 325, ed in particolare al km 48+500. Per le modalità esecutive ed i risultati si rimanda agli elaborati originali, richiamando in questo testo i soli aspetti salienti.

Laddove le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.11 delle NTC2018, per la definizione dell'azione sismica di progetto la normativa consente di fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, Vs.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della

velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

$h_i$  spessore dell'*i*-esimo strato;

$V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato;

$N$  numero di strati;

$H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, non inferiore a 800 m/s.

Nel presente caso il terreno potrà essere inserito, sulla base delle indagini geofisiche a disposizione prese come riferimento, in **categoria di suolo sismico B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s (Tab. 3.2.II NTC 2018).**

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$ , coefficiente definito in base alle condizioni topografiche del sito che per configurazioni semplici può adottare le classificazioni contenute in Tab. 3.2.III ed assumere i valori contenuti in Tab. 3.2.V delle NTC 2018.

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

Tab. 3.2.V – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$*

| Categoria topografica | Ubicazione dell'opera o dell'intervento  | $S_T$ |
|-----------------------|--|-------|
| T1                    | -  | 1,0   |
| T2                    | In corrispondenza della sommità del pendio   | 1,2   |
| T3                    | In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a $30^\circ$ | 1,2   |
| T4                    | In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di $30^\circ$       | 1,4   |

In questo caso la **categoria topografica risulta T2**, ed il coefficiente  $S_T = 1,2$ .

## 5 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'esito dell'indagine geologica svolta per il consolidamento strutturale di un ponte stradale ubicato





lungo la SR 325, poco a valle dell'abitato di Montepiano, finalizzata alla ricostruzione del *modello geologico* dell'area di intervento secondo le indicazioni contenute nelle NTC 2018, ovvero nella definizione della fattibilità delle opere e nella individuazione dei parametri geotecnici e sismici dei terreni di fondazione, ha dato esito.

La disamina è stata articolata nella preliminare verifica delle criticità segnalate negli strumenti di governo del territorio (PAI, PTCP, Strumenti Urbanistici, etc.): il sito in studio ricade in area soggetta a Vincolo Idrogeologico e classificata come area boscata, mentre non sono emersi particolari elementi di rischio legati alla stabilità dei versanti circostanti entro intorno significativo che possano vincolare od ostacolare la fattibilità delle opere proposte, così come trattato in questa nota.

L'analisi svolta, basata sulla raccolta di tutti i dati pregressi a disposizione e delle indagini svolte nelle aree contermini, all'interno dello stesso contesto, affiancata dall'esito di indagini mirate di carattere geotecnico (sondaggi a carotaggio continuo) eseguite in corrispondenza della struttura in parola, prescelte soprattutto in funzione dell'accessibilità dell'area, ha permesso di definire la successione stratigrafica dei terreni interferenti con le opere entro il cuneo di influenza; l'area è risultata costituita da un substrato litoide affiorante o sub-affiorante, sovrastato da una coltre di depositi sciolti di natura eluvio-colluviale con spessore variabile, comunque sempre molto modesto.

L'interpretazione e rielaborazione dei dati raccolti dai carotaggi e dall'analisi degli affioramenti disponibili nei dintorni, e la consultazione di una prova geofisica eseguita poco a valle, ha condotto alla caratterizzazione geotecnica dei singoli orizzonti litotecnici distinti e alla definizione della categoria di suolo e categoria topografica per gli aspetti sismici.



Per il tipo di intervento trattato non sono necessarie opere in scavo di impatto significativo sui versanti, né sono previste interferenze significative con l'assetto idrogeologico dell'area, non saranno creati ostacoli al normale deflusso delle acque meteoriche, né alterazioni della circolazione idrica superficiale.

Se durante l'esecuzione delle opere dovessero presentarsi caratteristiche diverse da quanto emerso dalle indagini, si avrà cura di effettuarne tempestiva comunicazione in modo da rivedere eventualmente tali previsioni.

Dall'insieme dei rilievi e dei dati di base di riferimento si deduce che l'intervento in oggetto risulta compatibile con l'assetto geologico-morfologico e con le caratteristiche litotecniche del terreno, nei limiti delle prescrizioni espresse nel presente elaborato.

Geol. Giuseppe Lotti

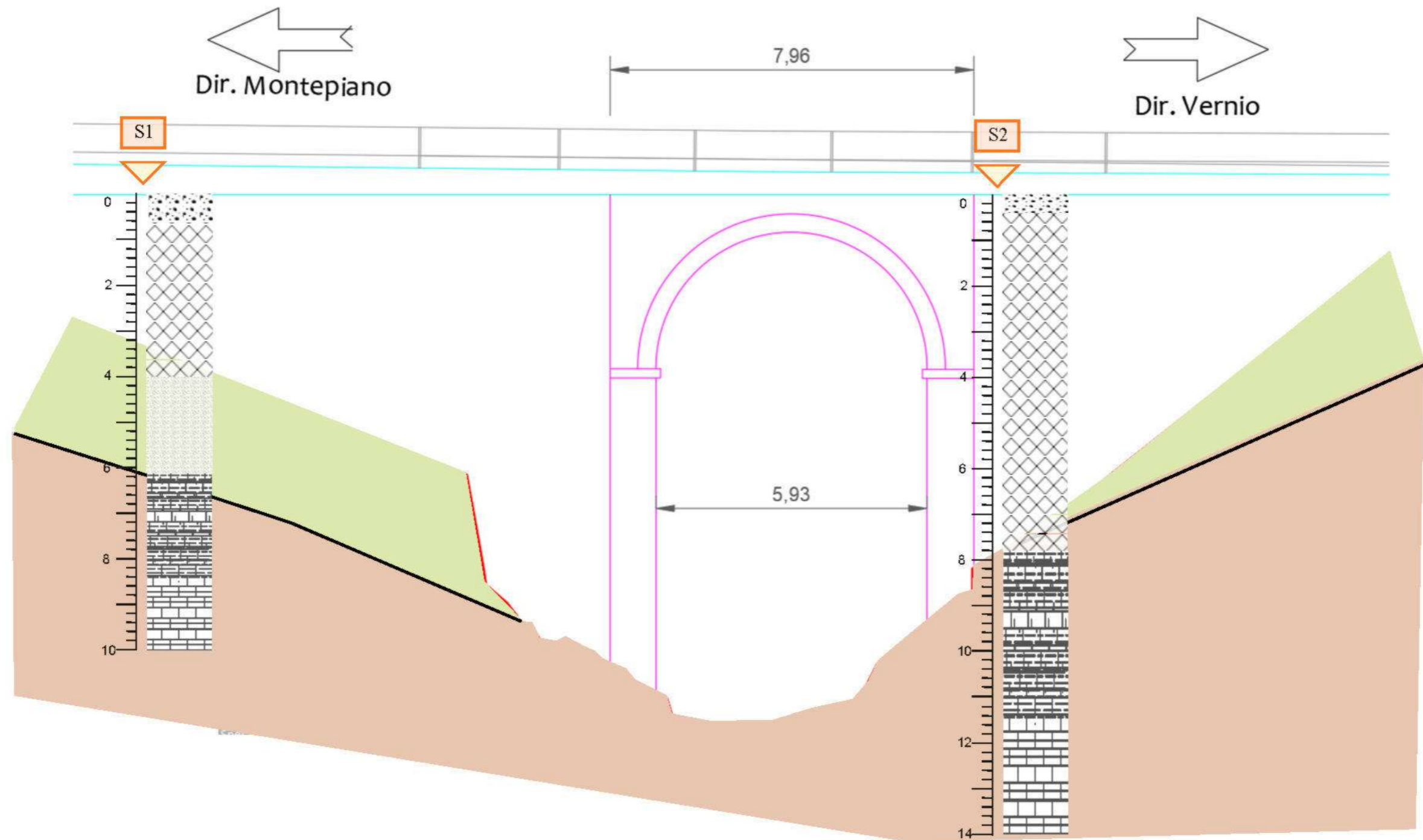
Legenda

-  detrito di versante
-  substrato roccioso con cappellaccio di alterazione

SEZIONI LITOTECNICHE INTERPRETATIVE

scala 1:100

Tav. 2









SR 325 km 48+300 - Vernio (PO)

Sondaggi a carotaggio continuo

- documentazione fotografica -



*ubicazione e dettaglio del punto di indagine (Fonte: Google Earth)*



*Ubicazione S1*



*Ubicazione S2*



SR 325 km 48+300 - Vernio (PO)

Sondaggi a carotaggio continuo



*S1 0 – 5 metri*



*S1 5 – 10 metri*



SR 325 km 48+300 - Vernio (PO)

Sondaggi a carotaggio continuo

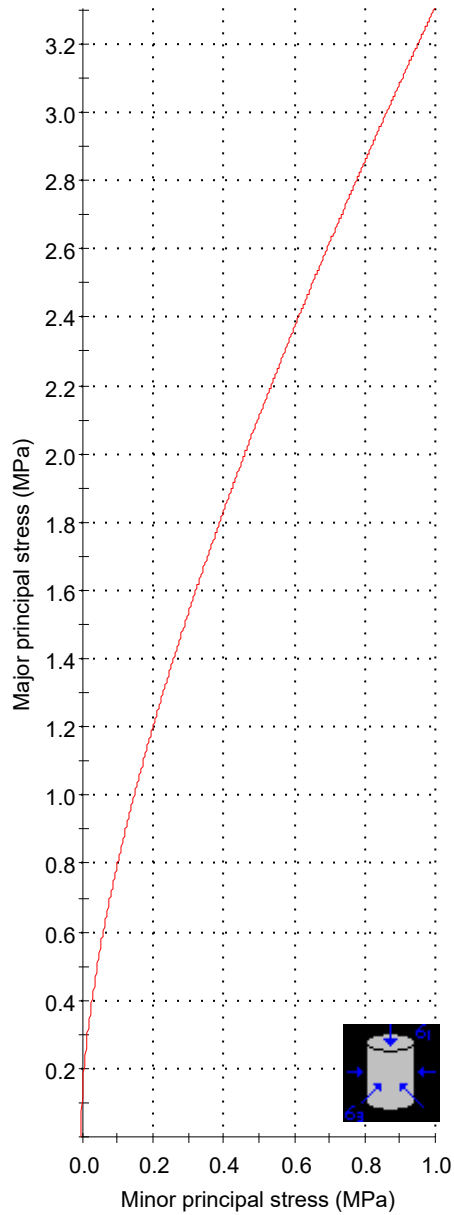


*S2 0 – 6,5 metri*



*S2 6,5 – 14,0 metri*

## Analysis of Rock Strength using RocLab



### Hoek-Brown Classification

intact uniaxial compressive strength = 75 MPa  
GSI = 28  $m_i = 17$  Disturbance factor = 1

### Hoek-Brown Criterion

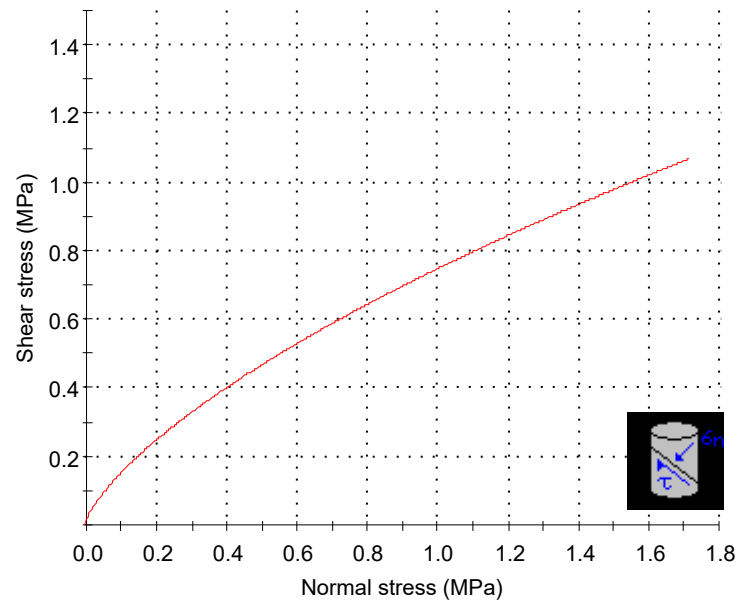
$m_b = 0.099$   $s = 6.14e-6$   $a = 0.526$

### Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.170 MPa friction angle = 29.01 deg

### Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.005 MPa  
uniaxial compressive strength = 0.137 MPa  
global strength = 2.650 MPa  
modulus of deformation = 1220.40 MPa



## Analysis of Rock Strength using RocLab

### Hoek-Brown Classification

intact uniaxial compressive strength = 35 MPa  
GSI = 20  $m_i = 7$  Disturbance factor = 1

### Hoek-Brown Criterion

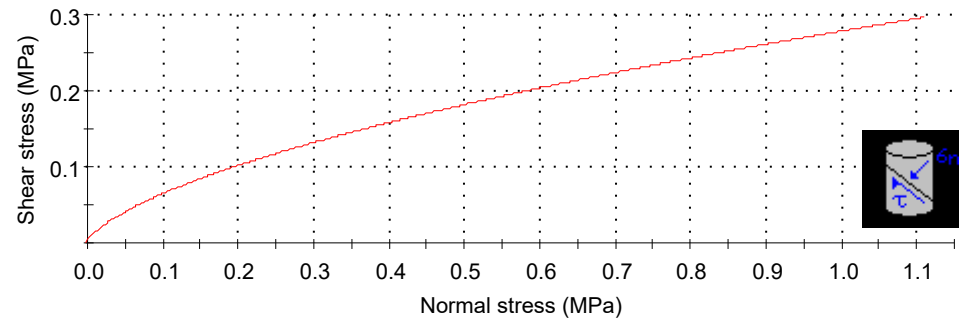
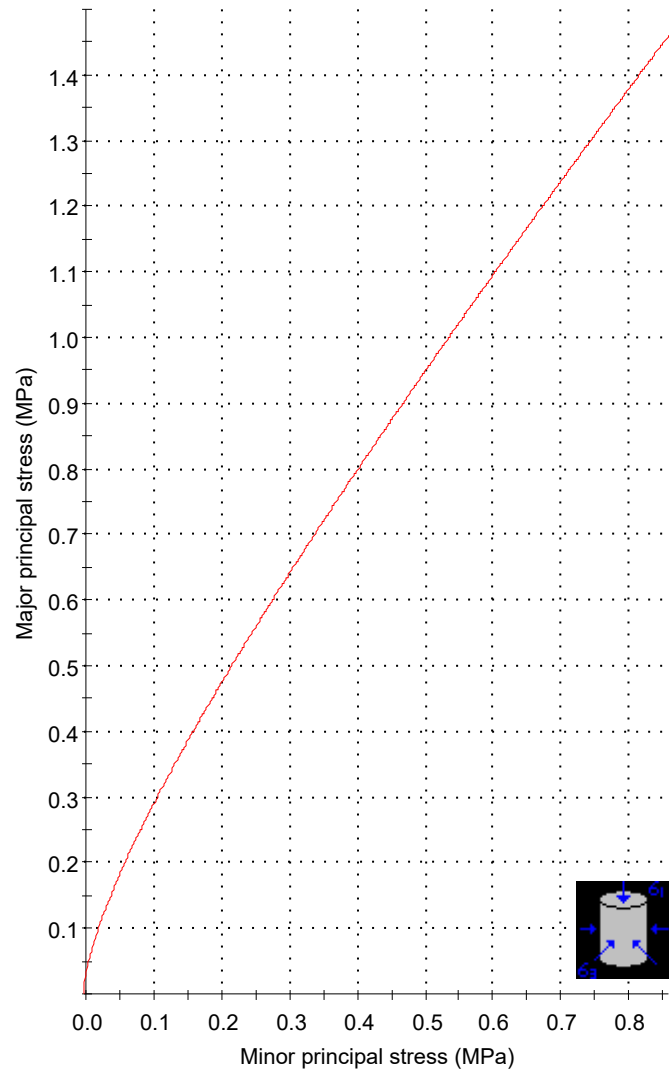
$m_b = 0.023$   $s = 1.62e-6$   $a = 0.544$

### Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.056 MPa friction angle = 13.00 deg

### Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.002 MPa  
uniaxial compressive strength = 0.025 MPa  
global strength = 0.494 MPa  
modulus of deformation = 526.02 MPa





Firmato da:

**Lotti Giuseppe**

codice fiscale LTTGPP71C06I046X

num.serie: 28953693444735285899963266404411960562

emesso da: ArubaPEC S.p.A. NG CA 3

valido dal 11/12/2020 al 12/12/2023

**Pacini Emanuele**

codice fiscale PCNMNL78B14D612X

num.serie: 151784363803881037269789361634263171229

emesso da: ArubaPEC S.p.A. NG CA 3

valido dal 04/10/2019 al 04/10/2022