Comuni di Monteroni d'Arbia e Buonconvento

Provincia di Siena

Interventi di consolidamento strutturale del ponte sul torrente Sorra in località Ponte d'Arbia a confine tra i Comuni di Buonconvento e Monteroni d'Arbia

(Codice CIG Z591B7E23C)



Ba-Relazione geologica, sismica e caratterizzazione geotecnica

Committenti: **Amm.ne comunale di Monteroni d'Arbia**

Data: 05/12/2017

Il tecnico:

Dott. Geol. Duccio Notari

Sommario

1 PREMESSA 2
2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 5
3 VINCOLI SOVRAORDINATI 6
3.1 Vincoli Ambientali 6
3.1.1 Riserve naturali o aree naturali protette di interesse locale 6
3.1.2 Vincolo idrogeologico 6
3.2 Vincolo Paesaggistico e Aree di Tutela 7
3.3 Destinazione Urbanistica 7
4 ANALISI GEOLOGICA E STRATIGRAFICA 9
5 ANALISI MORFOLOGICA E GEOMORFOLOGICA 11
6 ANALISI IDROLOGICA E IDROGEOLOGICA 14
7 ZONE A MAGGIOR PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE 15
8 ANALISI DELLE PERICOLOSITÀ 17
9 INDAGINI GEOTECNICHE - GEOFISICHE 22
9.1 Sondaggio a Carotaggio Continuo 23
9.2 Prove SPT 24
9.3 Prova sismica Down Hole 24
9.4 Prove penetrometriche dinamiche pregresse 24
9.5 Campagna geofisica pregressa 25
10 RISULTATI DELLE INDAGINI GEOFISICHE 26
11 SISMICITA' APPROCCIO SITO DIPENDENTE 28
11.1 Valutazioni sulle Amplificazioni Sismiche Locali 33
11.2 Stabilità nei confronti della liquefazione 34
11.3 Caratteristiche edificio in costruzione 36
11.4 Parametri Sismici 37
12 PARAMETRIZZAZIONE DEI TERRENI ED INDICAZIONI PROGETTUALI 39
12.1 Modello geologico del terreno 39
12.2 Parametrizzazione geotecnica e tipologia di fondazione 39
12.3 Fronti di scavo 41
12.4 Stabilità dell'area 44
12.5 Terre e rocce da scavo 44
13 FATTIBILITA' E CONCLUSIONI 45

APPENDICE:
Verifiche di stabilità delle pareti dello scavo
Relazione prova sismica Down-Hole
Stratigrafie da sondaggio a carotaggio continuo
Documentazione fotografica cassette catalogatrici
Certificati prove di laboratorio
Prove pregresse

1 PREMESSA

In questa relazione sono riportate tutte le valutazioni di carattere geologico effettuate per il progetto di consolidamento del ponte sul torrente Sorra, località Ponte d'Arbia, al confine tra i Comuni di Buonconvento e di Monteroni d'Arbia (SI).
Tale ponte (Figura 1) è stato danneggiato dalle piene succedutesi negli ultimi anni ed in particolare in quella del 24 Agosto 2015.



Figura 1 Vista del ponte da ripresa da valle

L'intervento in progetto prevede, dopo la messa a giorno della struttura interna del ponte per verificarne lo stato, la consolidazione del ponte in muratura originario e la realizzazione di una nuova struttura metallica fondata su pali che, sovrapposta a quella esistente, sorreggerà la strada in modo da diminuire le sollecitazioni al ponte storico e garantire la portate previste dal codice stradale senza modificare la larghezza attuale della carreggiata.

Il primo sopralluogo è stato eseguito il giorno 8 Settembre 2015 per verificare lo stato dei luoghi; successivamente sono stati eseguiti altri sopralluoghi anche per valutare le indagini necessarie ai fini progettuali e per la loro esecuzione; in particolare nei giorni 12 e 13 Dicembre 2016 è stata eseguita la perforazione del sondaggio geognostico e il giorno 16 Gennaio 2017 è stata eseguita la prova Down-Hole.

L'area di indagine è ubicata al confine tra i comuni di Monteroni d'Arbia e Buonconvento, circa 400 metri a Sud-Est dell'abitato di Ponte d'Arbia. È compresa nel foglio 308 (sezione IV "Buonconvento") dalla carta topografica 1:25.000 dell' IGM (Figura 2) e nella sezione n.308020 della CTR toscana scala 1:10.000 (Figura 4).

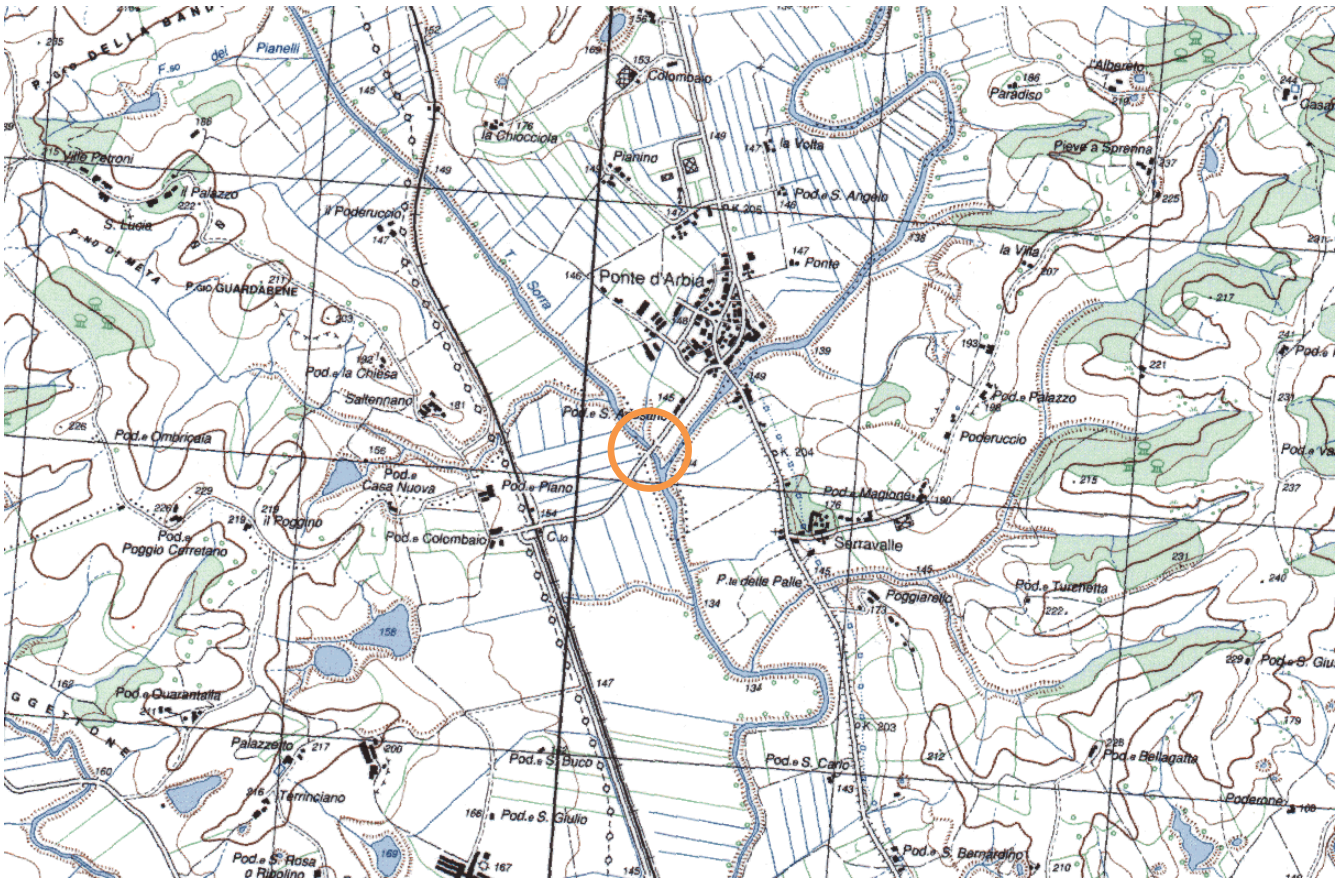


Figura 2 Ubicazione dell'area di indagine su cartografia IGM da Geoportale nazionale (non in scala)

Si segnala che in molte delle cartografie ufficiali in uso, rese in questa relazione, è riportata la confluenza dei torrenti Sorra e Arbia non aggiornata rispetto allo stato attuale (presente invece in Figura 4).

L'area del ponte risulta censita al N.C.T. nell'area demaniale compresa tra il Foglio di Mappa n° 0116 del Comune di Monteroni d'Arbia e il Foglio di Mappa n° 0010 del Comune di Buonconvento (Figura 3).

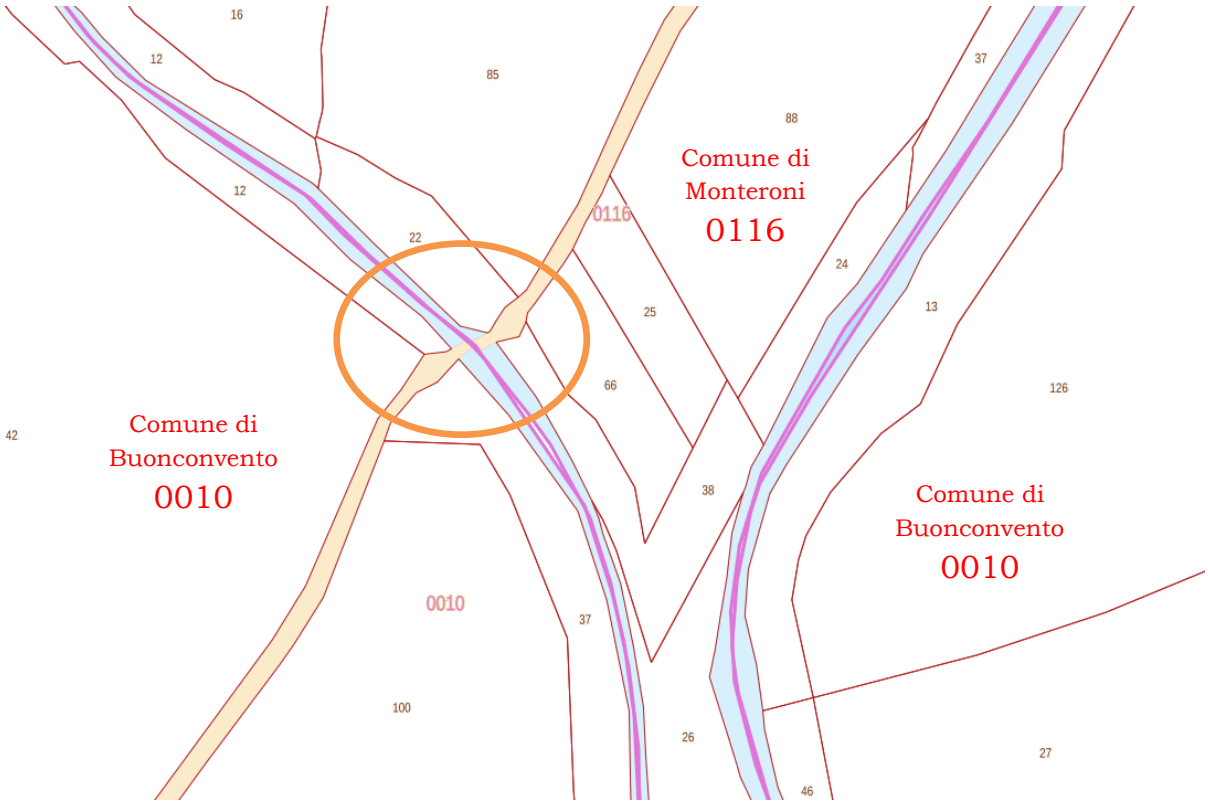


Figura 3 Mappa Catastale (non in scala)

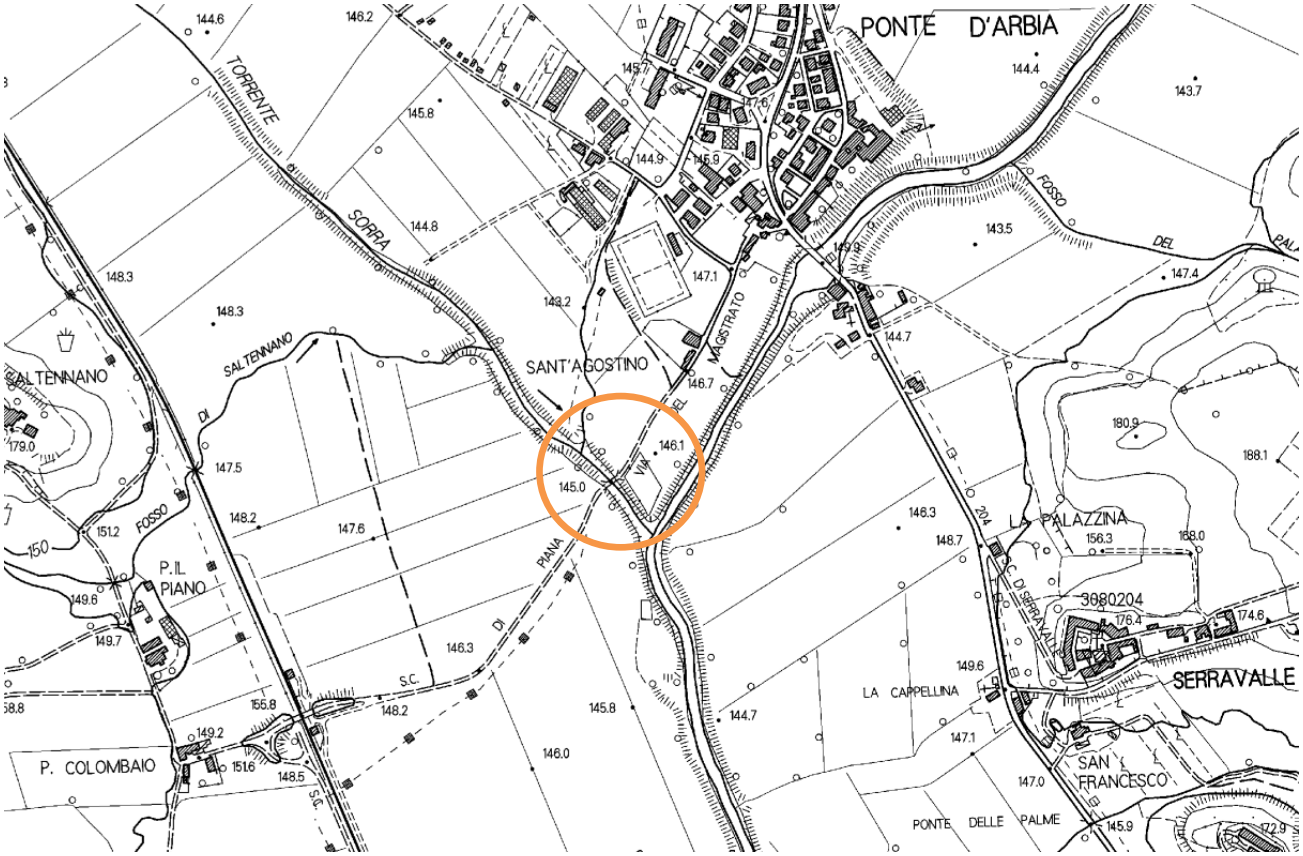


Figura 4 Ubicazione su CTR toscana 1:10.000 (non in scala)



2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la redazione della presente relazione geologica si è fatto riferimento a quanto previsto dalle seguenti direttive tecniche:
Decreto Ministeriale 14.01.2008 - Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni;
Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009;
Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007;
Eurocodice 8 (1998) Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003);
Eurocodice 7.1 (1997) Progettazione geotecnica – Parte I: Regole Generali. – UNI;
Eurocodice 7.2 (2002) Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI;
Eurocodice 7.3 (2002) Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002). UNI;
O.P.C.M. n°3274 del 20/03/2003 e s.m.i., O.P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006.
Leggi regionali in materia di pianificazione e di Vincolo Idrogeologico Ordinanze Autorità di Bacino nazionale, regionale o interregionale; si fa presente che il terreno in esame ricade nel Bacino del Fiume Ombrone.
DPGR 9 luglio 2009, n. 36/R Regolamento di attuazione dell'articolo 117, commi 1 e 2 della LR 3 gennaio 2005 n. 1(abrogata).
L.R. 10 novembre 2014, n. 65 e s.m.i. - Norme per il governo del territorio
Rete Natura 2000 Toscana "Siti di importanza regionale" L.R. 6 Aprile 2000 N°56 agg. alla D.C.R. 22/12/2009 n°80.
R.D. n.3267 del 30/12/1923, disciplinato dalla Legge Regionale 39/2000 "Legge Forestale Toscana"e s.m.i. (regolamento DPGRT 48R/2003)
DPR 120/2017, Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164.
Piano Indirizzo Territoriale (P.I.T.) della Regione Toscana
Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Siena (P.T.C.P.).
PRG e Piano Strutturale del Comune di Monteroni d'Arbia .
Piano Strutturale del Comune di Buonconvento .

3 VINCOLI SOVRAORDINATI

3.1 Vincoli Ambientali

3.1.1 Riserve naturali o aree naturali protette di interesse locale

L'area in esame non rientra in nessuna riserva naturale o area naturale protetta (Figura 5).

3.1.2 Vincolo idrogeologico

L'area in esame non risulta all'interno del vincolo idrogeologico istituito dal R.D. n.3267 del 30/12/1923, disciplinato dalla Legge Regionale 39/2000 "Legge Forestale Toscana" e s.m.i (Figura 5).

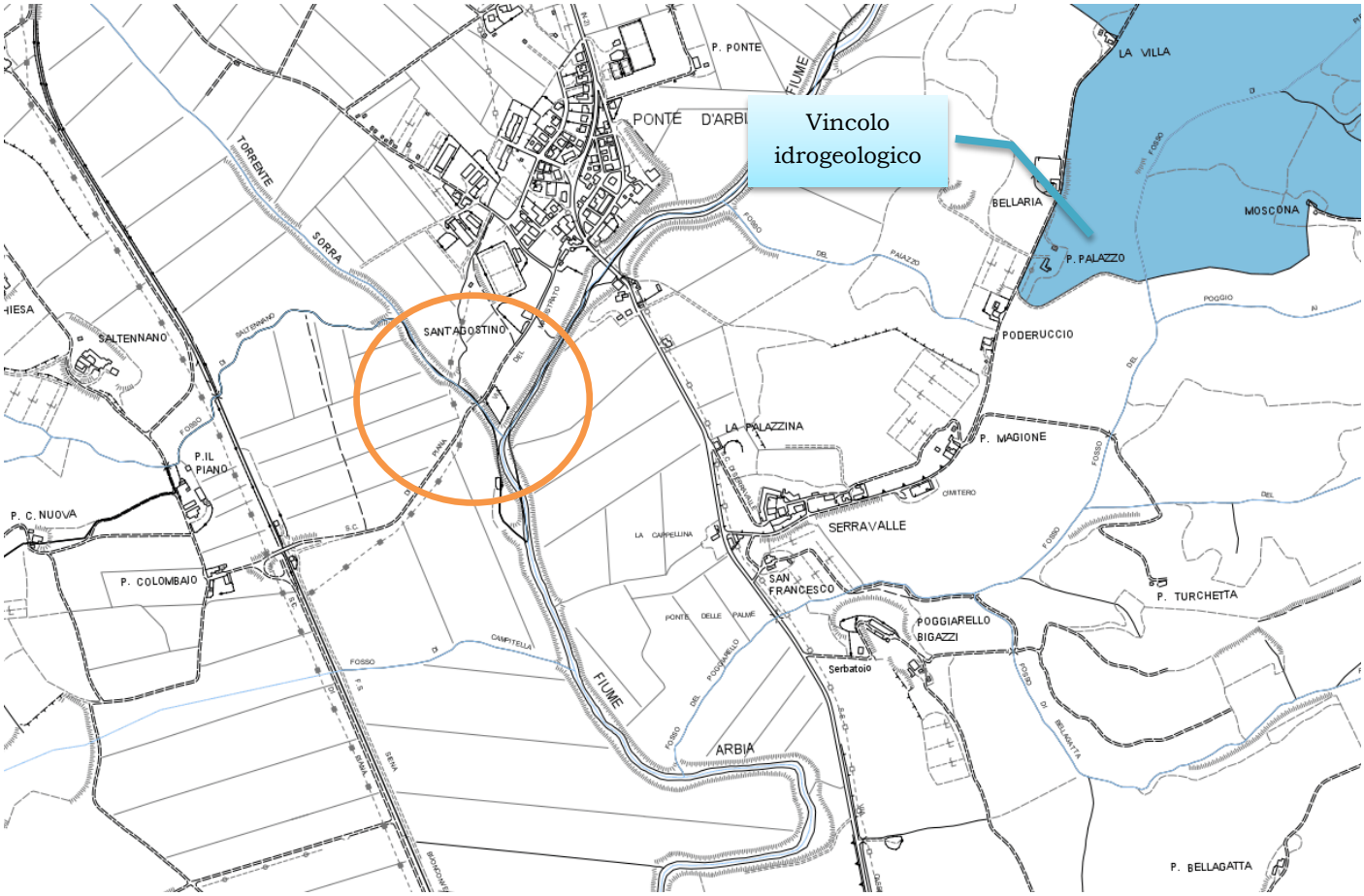


Figura 5 Vincoli ambientali, estratto dal PTCP di Siena (non in scala)

3.2 Vincolo Paesaggistico e Aree di Tutela

L'area in esame risulta sottoposta al vincolo paesaggistico (Figura 6) in quanto area prossima a *Fiumi, torrenti, corsi d'acqua* (Dlgs 42 /2004 - art.142 comma c).

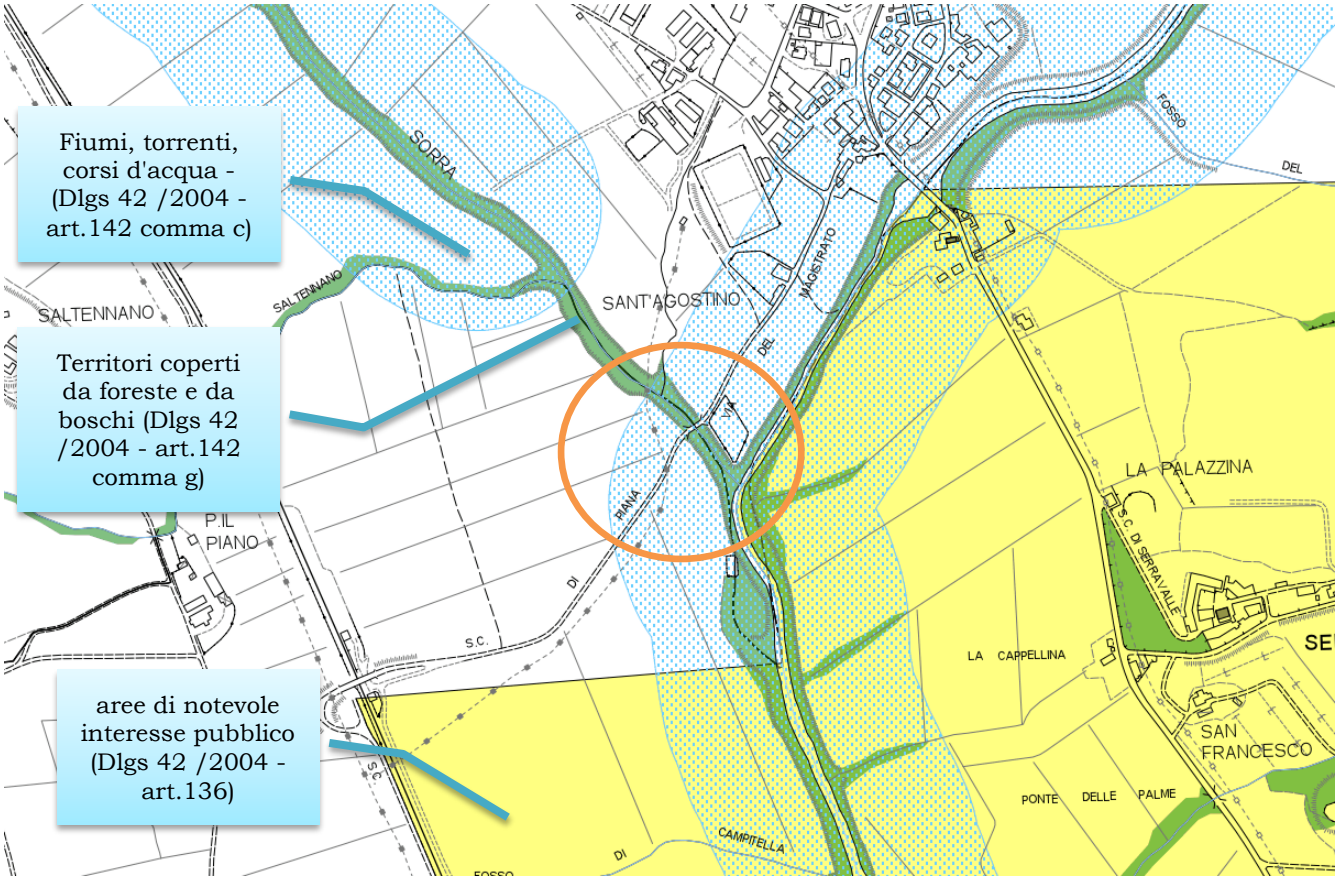


Figura 6 Vincoli paesaggistici, estratto dal PTCP di Siena (non in scala)

3.3 Destinazione Urbanistica

Il Piano Strutturale del Comune di Monteroni d'Arbia classifica l'area come "E1 aree produttive agricole di rispetto ambientale poste in prossimità delle zone urbanizzate" (Figura 7) regolamentata quindi dall'art. 70 delle NTA del PRG.

Il Piano Strutturale del Comune di Buonconvento classifica l'area come "A1.b pianura inondabile" (Figura 8) regolamentata quindi dall'art. 8 delle NTA del PS.

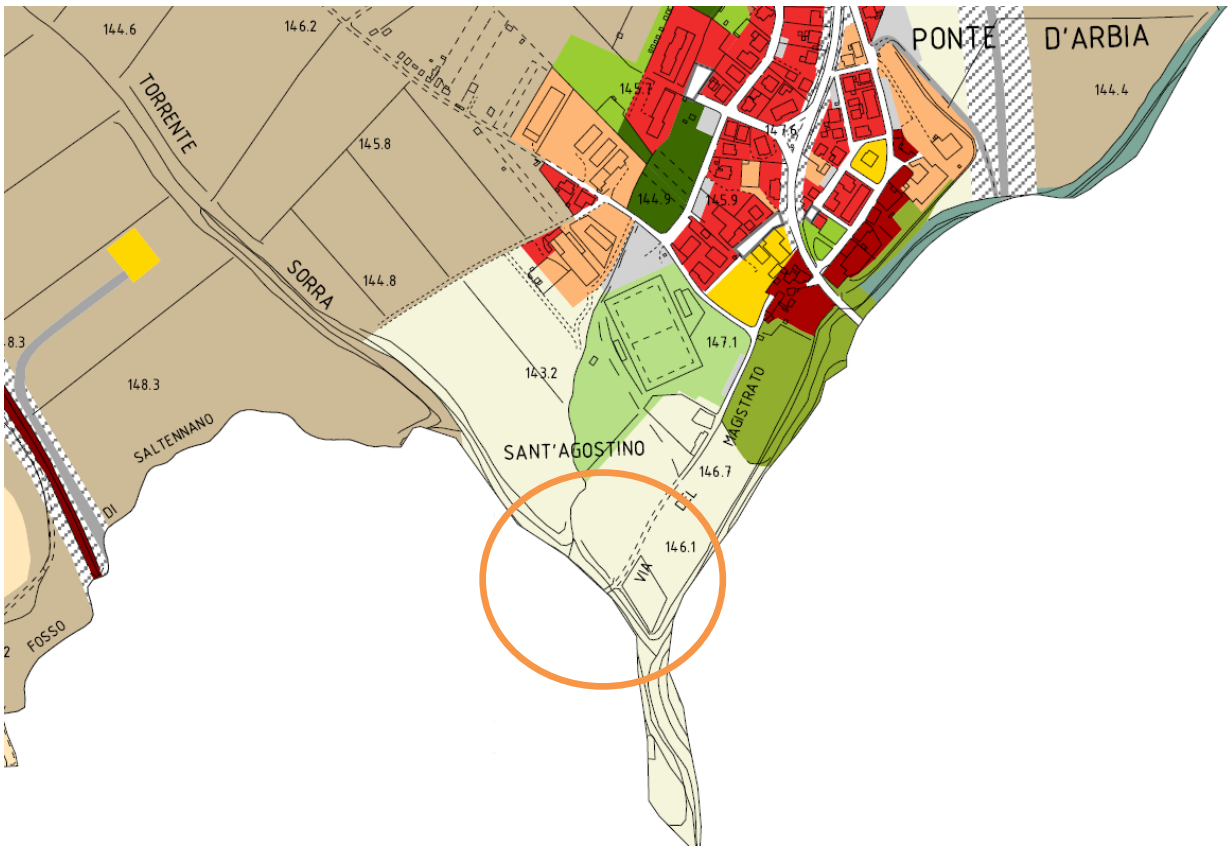


Figura 7 Estratto del Piano Strutturale di Monteroni d'Arbia Tav.b3 (non in scala)



Figura 8 Estratto del Piano Strutturale di Buonconvento Tav.1v_n (non in scala)

4 ANALISI GEOLOGICA E STRATIGRAFICA

Al fine di evidenziare ed approfondire la conoscenza delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del sito in studio (Figura 9), è stato eseguito un rilevamento di dettaglio che ha interessato l'area in studio ed un'idonea zona ad essa circostante. È stato inoltre realizzato, nei giorni 12 e 13 Dicembre 2016, un sondaggio a carotaggio continuo (di cui in appendice si riporta la stratigrafia) successivamente attrezzato per la prova Down-Hole.
Sono state considerate inoltre le informazioni, le prove e gli studi geologici reperibili in bibliografia che interessassero aree limitrofe o geologicamente comparabili, in particolare si farà riferimento alle prove in sito dello studio geologico commissionato dai Comuni di Monteroni d'Arbia e Buonconvento alla ditta Geosol per la progettazione della posa in opera di un ponte metallico in questo sito nel 2013 (poi non realizzato).
A livello storico le sponde in prossimità del ponte sono sempre state utilizzate (e lo sono purtroppo spesso anche oggi) come discarica dagli abitanti delle zone circostanti; non è raro quindi rinvenire rifiuti solidi o piccoli accumuli di calcinacci.



Figura 9 Sponda sinistra a valle del ponte portata a giorno durante i lavori di costruzione di un muro andatore

Come riportato anche nella carta geologica del CARG (Figura 10), l'area in esame è caratterizzata dalla presenza di un esteso deposito alluvionale recente derivato dalle divagazioni del torrente Sorra e del Fiume Arbia soprastante le argille e argille sabbiose plioceniche.

In dettaglio le principali formazioni presenti nell'area sono:

Depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati – Olocene (bna) : Costituiti da coltri alluvionali color nocciola che sono caratterizzate da alternanze di sabbie e limi con ghiaie e ciottolami disposti in successione stratigrafica ed eteropica secondo le modalità deposizionali fluviali. Il sondaggio eseguito ha riscontrato questa formazione fino a circa 9metri dal piano campagna.

Alternanze decimetriche e metriche di argille e sabbie risedimentate – Pliocene (FAAd) : litofacies delle argille azzurre plioceniche, costituita da alternanze sabbiose e argillose di colore grigio o nocciola. Al tetto di questa formazione il sondaggio eseguito ha individuato la presenza di uno strato ghiaioso di circa un metro (riscontrato anche altrove nella valle ma in modo discontinuo). Questa formazione si presenta nell'area con spessori ben superiori alla profondità di indagine necessaria a questo progetto, ed è caratterizzata da buone caratteristiche geotecniche.

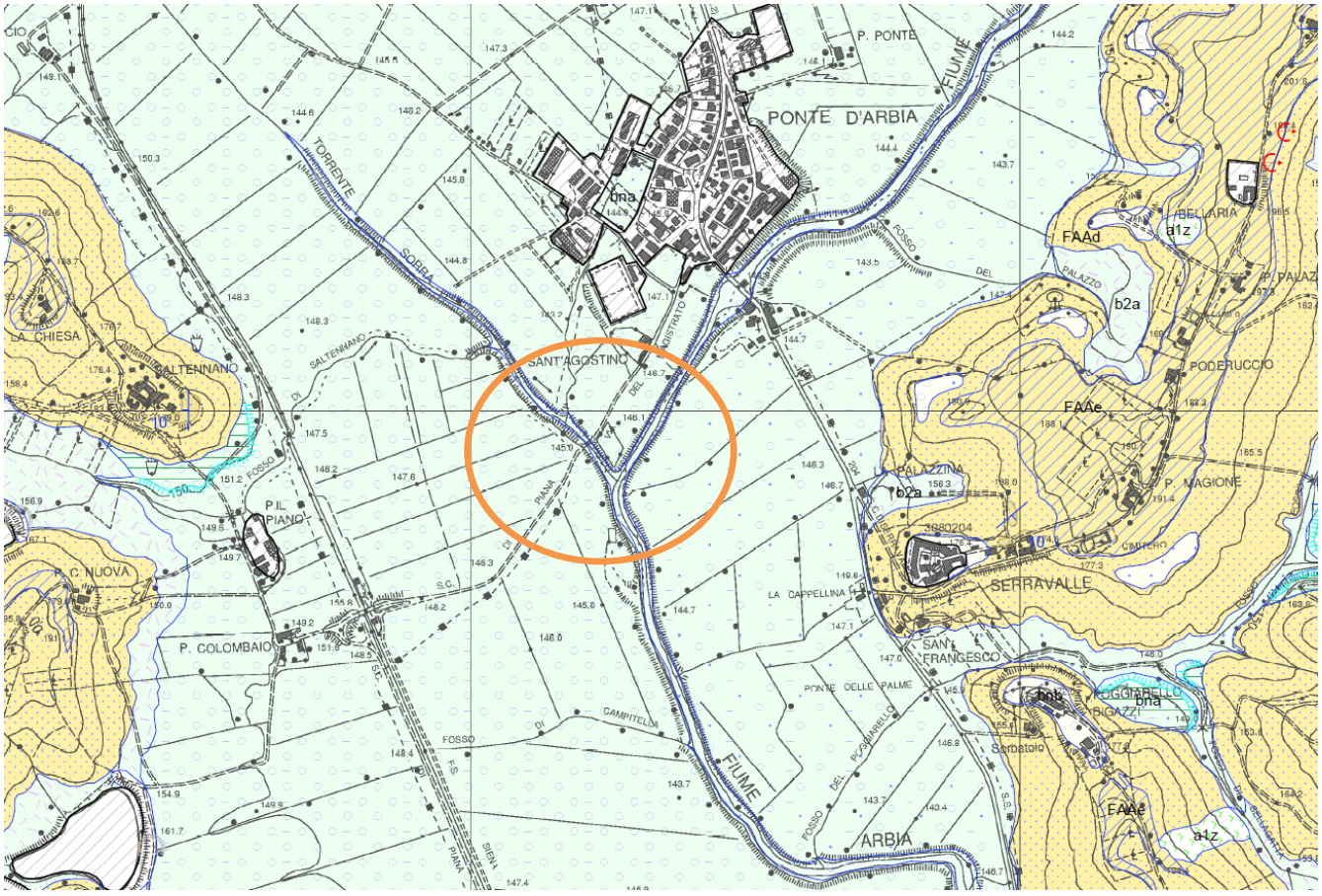


Figura 10 Carta geologica, estratto non in scala dal progetto CARG (1:10.000)

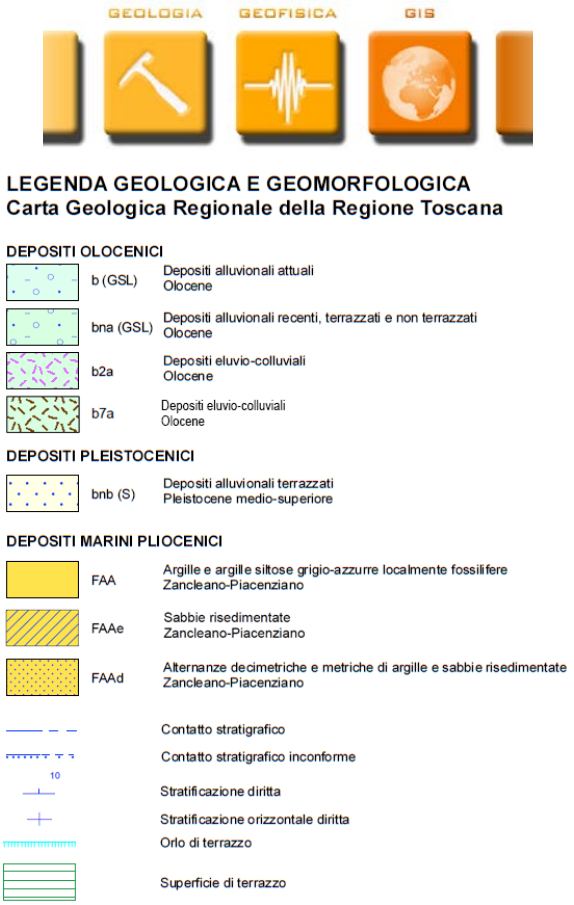


Figura 11 Legenda ridotta della carta geologica

5 ANALISI MORFOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Dal punto di vista morfologico il terreno in esame è situato in un fondovalle pianeggiante, in prossimità di rilevi collinari con versanti dolci e poco acclivi.
Il piano campagna si attesta tra i 144 e i 145 metri s.l.m. mentre la quota del torrente in prossimità del ponte è di circa 137 metri s.l.m..
Durante la piena del 24 Agosto 2015 immediatamente a valle del ponte si creò un profondo scavo di circa cinque metri di profondità per cavitazione che si allargò fino a far cedere parte della sponda sinistra del torrente; i successivi eventi di piena hanno parzialmente riempito questa conca ma l'effetto sulla sponda è ancora visibile e sarà importante mettere in sicurezza quest'area per evitare interferenze con le fondazioni del ponte attuale anche se le notizie dei rilievi storici le pongono a profondità maggiori.
Nel Luglio del 2017 Il Consorzio di Bonifica 6 Toscana Sud ha effettuato la riprofilatura delle sponde del torrente, tuttavia ad oggi la sponda sinistra a valle del ponte sta di nuovo mostrando segni di cedimento.
Nel 2016 circa 70m a monte del ponte è stata realizzata un'opera di protezione della tubatura della rete SNAM (Figura 13); tale opera, oltre a fissare la quota di fondo di scorrimento del torrente, ha modificato il naturale orientamento del torrente costringendo la corrente in direzione della spalla destra a monte del ponte: attualmente sono visibili i primi segni di dissesto sulla sponda destra e si ritiene necessario approfondire con adeguati studi idraulici la possibilità che si arrechino danni al ponte stesso come già avvenuto in passato.



Figura 12 Sponda sinistra dissestata a valle del ponte



Figura 13 Opera di protezione della rete SNAM e vista dal ponte

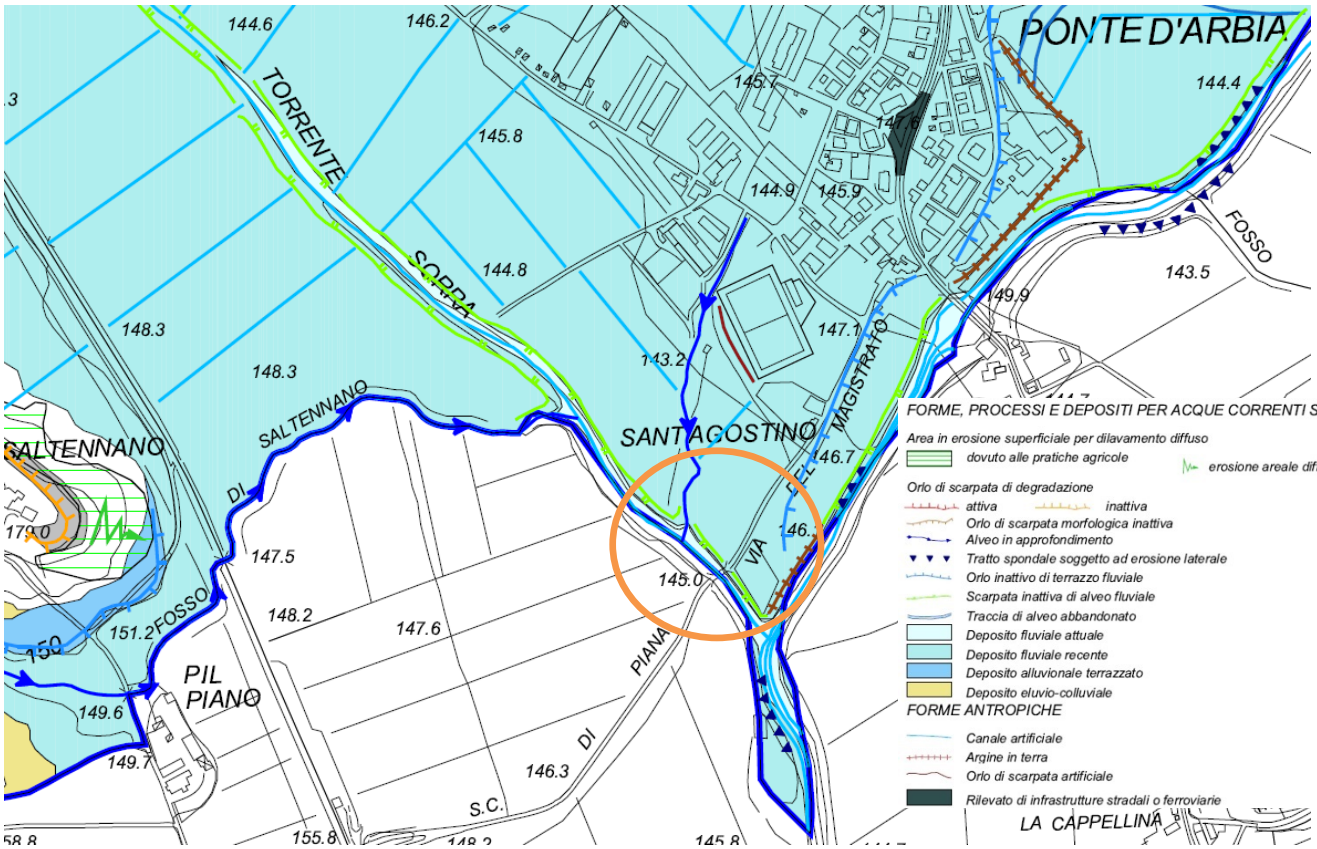


Figura 14 Carta geomorfologica, Estratto dal PS di Monteroni (non in scala)

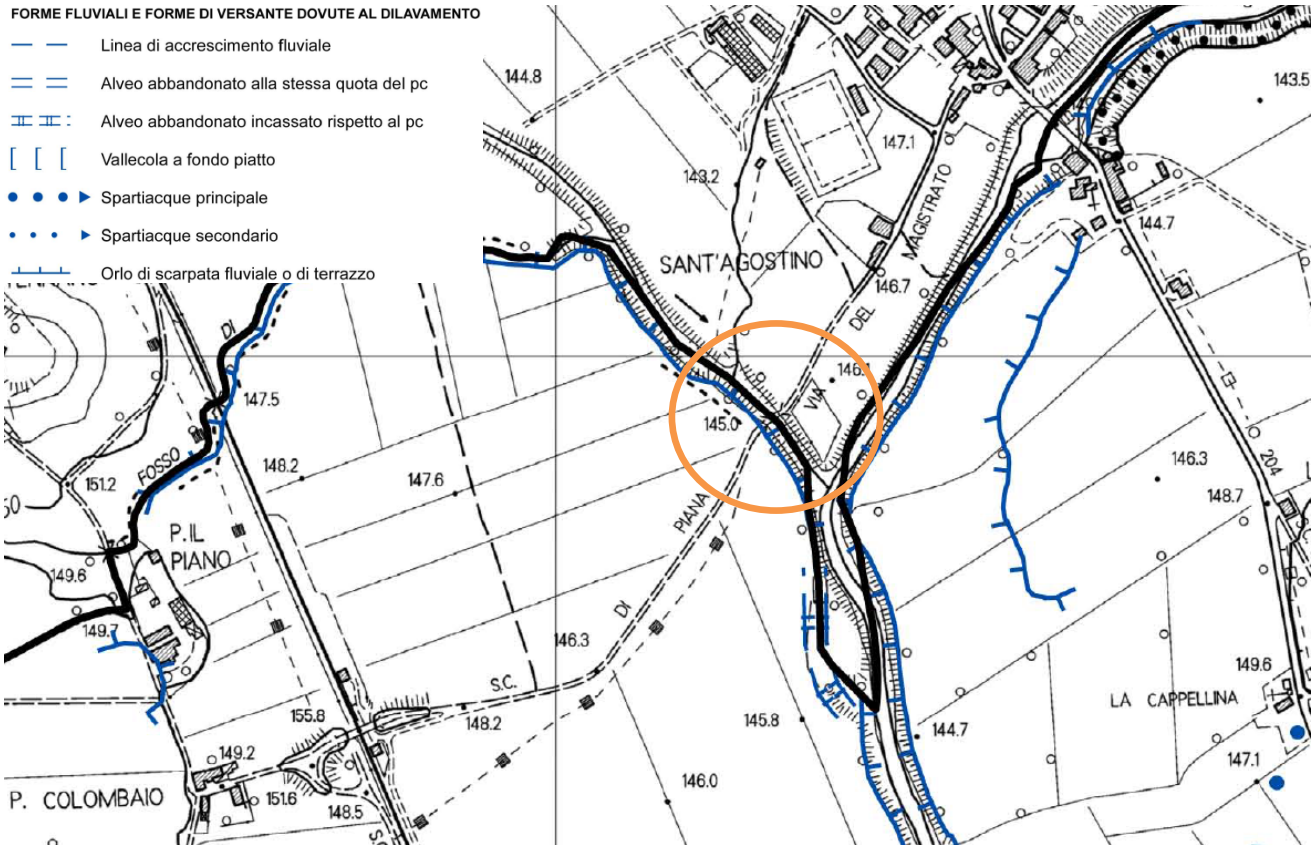


Figura 15 Carta geomorfologica, Estratto dal PS di Buonconvento (non in scala)

6 ANALISI IDROLOGICA E IDROGEOLOGICA

Il torrente Sorra è un affluente del Fiume Arbia, in cui si immette circa 100m a valle del ponte , ed è sottoposto all'Autorità di Bacino del fiume Ombrone.
La parte finale del bacino del torrente Sorra insiste sulle *formazioni ad elevata permeabilità* delle alluvioni recenti(Figura 16); di fatto la permeabilità di queste formazioni è molto variabile a seconda della percentuale di materiale fine presente ed è possibile riscontrare la presenza di più livelli acquiferi.
Nelle aree circostanti il ponte sono presenti vari pozzi domestici e per irrigazione (ma non per uso idropotabile), che intercettano la falda nei primi metri da piano campagna; il sondaggio effettuato a Dicembre 2016 ha incontrato l'acquifero a 1,7m dalla superfice pur essendo a circa 25 m di distanza dal torrente e ad una quota più alta di sette metri dal pelo dell'acqua.
L'area rientra nella classe di vulnerabilità medio alta e quindi nelle aree sensibili di classe 2 del PTCP della Provincia di Siena.

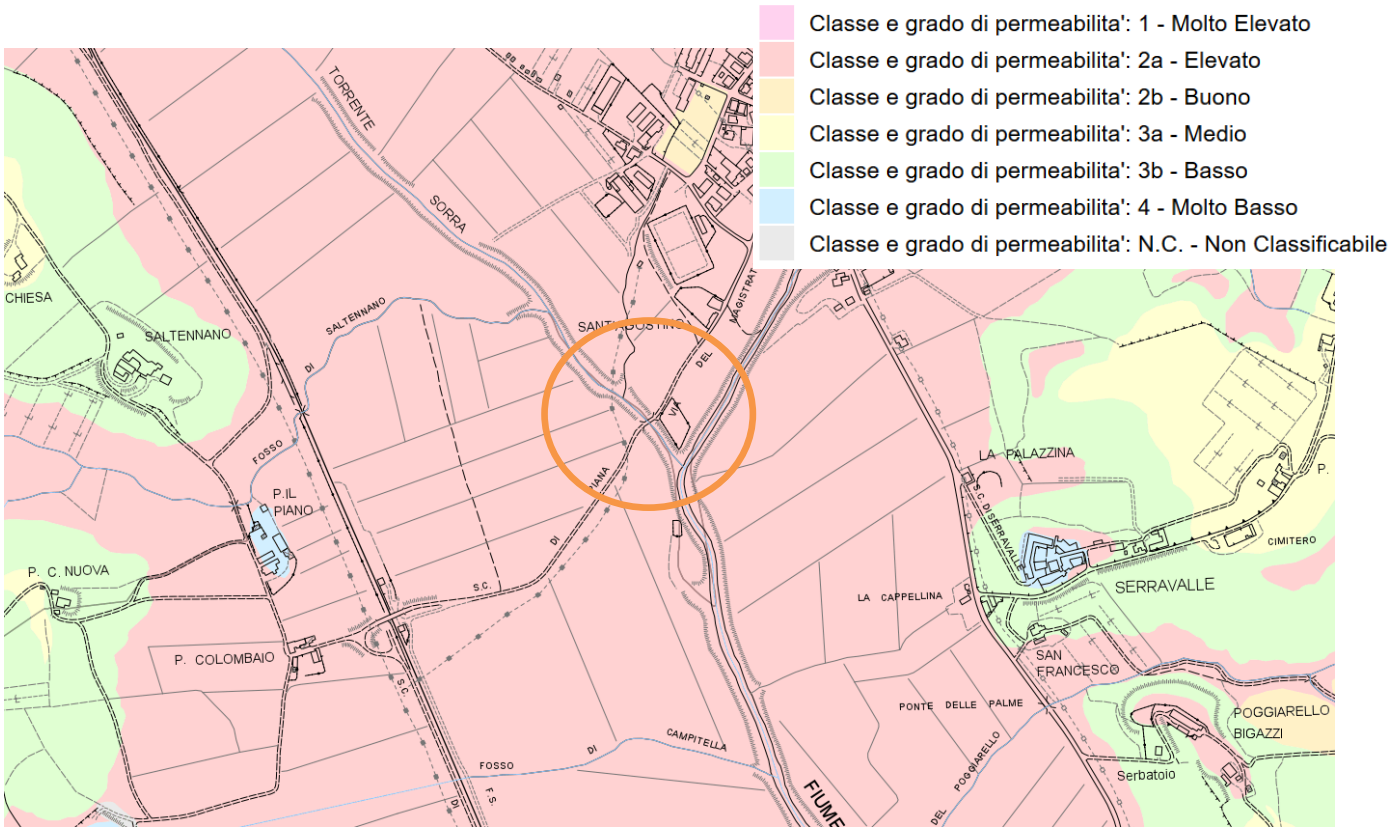


Figura 16 Carta della permeabilità, Estratto dal PTCP della Provincia di Siena (non in scala)

7 ZONE A MAGGIOR PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Secondo la D.G.R.T. n. 421 del 26 Maggio 2014, i Comuni di Buonconvento e Monteroni d'Arbia fanno parte dei comuni sismici classificati in zona 3.

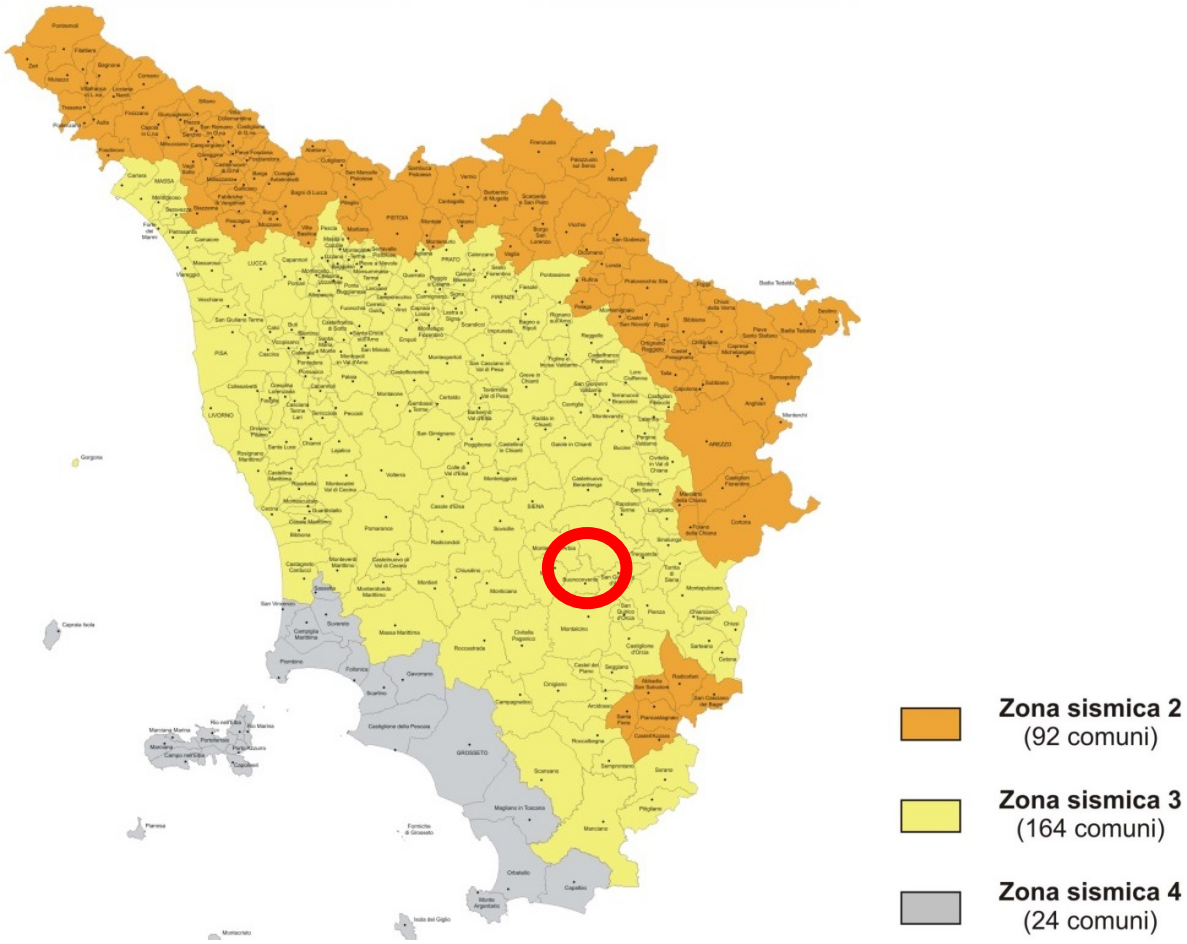
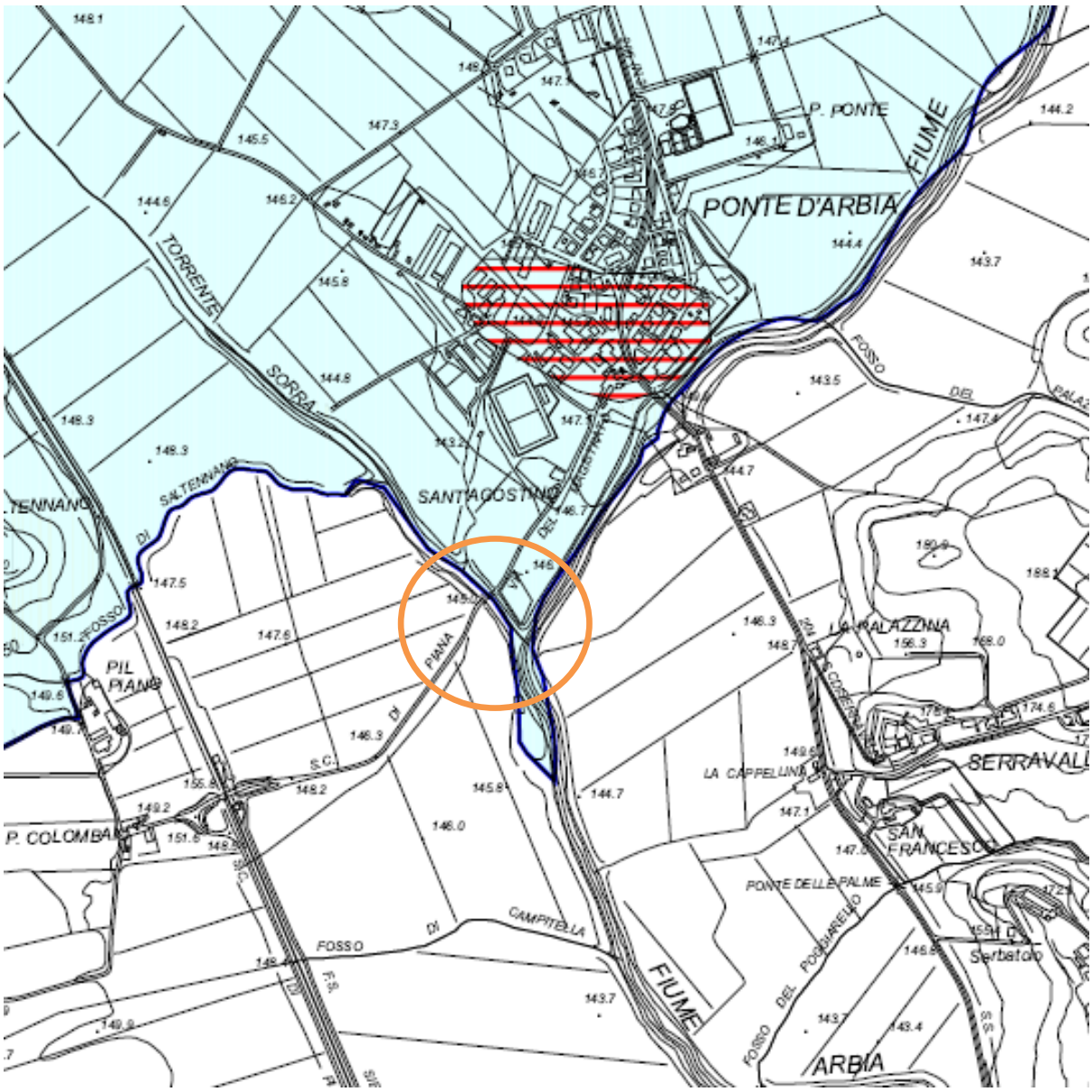


Figura 17 classificazione sismica della Toscana (D.G.R.T. n. 421 del 26 Maggio 2014)

Il quadro conoscitivo del Piano Strutturale del Comune di Monteroni d'Arbia indica l'area in oggetto come "*zone con depositi alluvionali granulari e/o sciolti* (9)" ricadenti quindi nelle aree a pericolosità sismica elevata S3 (vedi Figura 18).
Il Piano Strutturale del Comune di Buonconvento non affronta in dettaglio il tema del rischio sismico per l'area in esame; basandosi sulle conoscenze geologiche dell'area si ritiene comunque corretto espandere le indicazioni del PS anche al sito di costruzione del ponte; estendendo quindi la Carta delle Zone a Maggior Pericolosità Sismica Locale (ZMPSL), il sito di costruzione risulta rientrare nelle "*zone con presenza di depositi alluvionali granulari e/o sciolti* (9)" ricadenti nelle aree a pericolosità sismica media S2.
L'area risulta quindi in zona suscettibile di amplificazione.



S4 - PERICOLOSITA' SISMICA MOLTO ELEVATA

- *movimenti franosi attivi (1)*

S3 - PERICOLOSITA' SISMICA ELEVATA

- *movimenti franosi quiescenti (2A)*
- *zone potenzialmente franose (2B)*
- *zone con terreni scadenti (4)*
- *aree di raccordo con i versanti (8)*
- *zone con depositi alluvionali granulari e/o sciolti (9)*
- *zone caratterizzate da coperture colluviali (10)*
- *contatto tra litotipi con differenti caratteristiche fisico-meccaniche (12)*
- *zone di contatto tettonico (13)*

S2 - PERICOLOSITA' SISMICA MEDIA

- *movimenti franosi inattivi (3)*
- *bordo di scarpata di cava (6)*

S1 - PERICOLOSITA' SISMICA BASSA

- *aree non caratterizzate da elementi che possono produrre effetti di amplificazione e/o instabilità indotta dalle sollecitazioni sismiche*

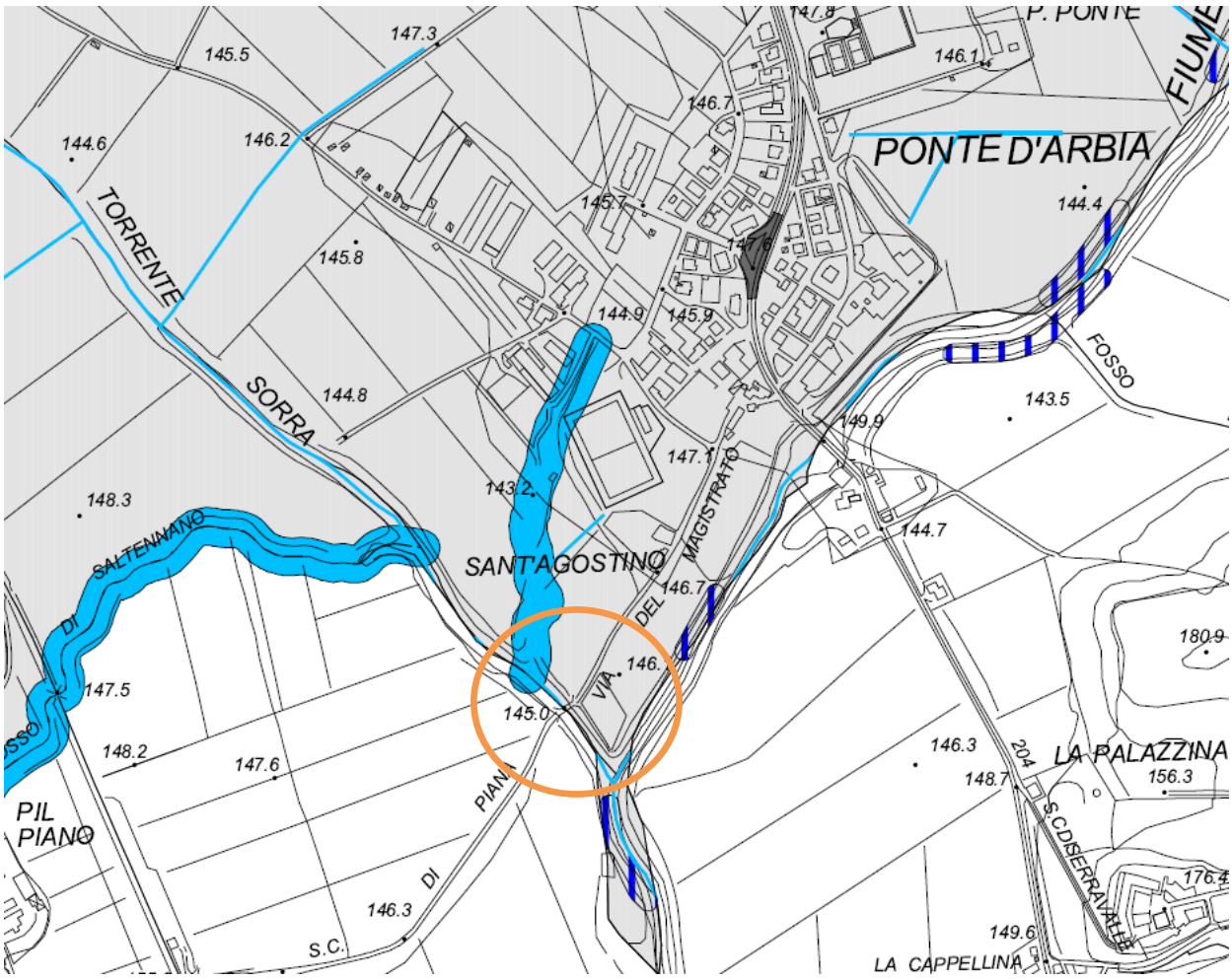
Figura 18 Estratto non in scala della Carta di Pericolosità Sismica Locale del Comune di Monteroni

8 ANALISI DELLE PERICOLOSITÀ

I Piani Strutturali di entrambi i Comuni interessati (Figura 19 e Figura 20) indicano l'area in oggetto come ricadente in classe di Pericolosità Geologica bassa (**G.1**), in quanto depositi alluvionali di fondovalle con pendenze inferiori al 5%, individuando quindi un'area in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche e giaciturali del substrato non costituiscono fattori predisponenti il verificarsi di movimenti di massa. Il Comune di Monteroni d'Arbia indica però sia a monte che a valle del ponte aree a pericolosità geomorfologica maggiore dovute a erosione del Fiume o del canale di scolo delle fognature di Ponte d'Arbia; si ricorda che un ulteriore pericolo per il ponte in oggetto deriva dall'erosione spondale causata dall'opera di protezione del gasdotto a monte del ponte stesso.
L'Autorità di Bacino del Fiume Ombrone non prevede alcuna pericolosità.

Per quanto riguarda la valutazione della pericolosità idraulica, sempre secondo i PS di entrambi i Comuni (Figura 21 e Figura 22), l'area in esame risulta ricadere in area a pericolosità molto elevata (**I.4**) perché subisce allagamenti con tempi di ritorno trentennali; l'Autorità di Bacino del Fiume Ombrone prevede pericolosità molto elevata (P.I.M.E.) e individua la zona tra le aree strategiche per interventi di prevenzione (A.S.I.P.).

La deliberazione GRT n. 421 del 26/05/2014 indica che i Comuni di Monteroni d'Arbia e di Buonconvento sono entrambi classificati in zona sismica 3.
Come già riportato nel capitolo precedente Il Piano Strutturale del Comune di Monteroni d'Arbia indica l'area in oggetto come area a pericolosità sismica elevata (**S.3**), mentre espandendo le indicazioni del PS di Buonconvento si può identificare la zona del ponte come area a pericolosità sismica media (**S.2**); trattandosi solamente di una diversa classificazione dello stesso fenomeno si ritiene cautelativo considerare la zona in pericolosità sismica elevata.



G4 - PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA MOLTO ELEVATA

- area di frana attiva e relativa area di influenza
- area a franosità diffusa e relativa area di influenza
- zona di scarpata attiva e relativa area di influenza
- erosione laterale di sponda fluviale

G3 - PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA ELEVATA

- area di frana quiescente e relativa area di influenza
- versante con giacitura a franapoggio meno inclinata del pendio
- area soggetta a soliflusso
- area interessata da erosione calanchiva (biancane)
- alveo in approfondimento per erosione di fondo
- terreni litoidi poco fratturati disposti su versanti con pendenza superiore al 50%
- area interessata da processi di degrado di natura antropica
- area in dissesto di dimensioni non cartografabili

G2 - PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA MEDIA

- zona di scarpata non attiva o quiescente e relativa area di influenza
- area di frana non attiva
- terreni argillosi, limosi e detritici a prevalente matrice argillosa disposti su versanti con pendenza superiore al 15%
- terreni sabbiosi, ghiaiosi e detritici a prevalente matrice sabbiosa disposti su versanti con pendenza superiore al 20%
- terreni litoidi poco fratturati su versanti con pendenza compresa tra il 10 e il 50%
- alveo in erosione moderata

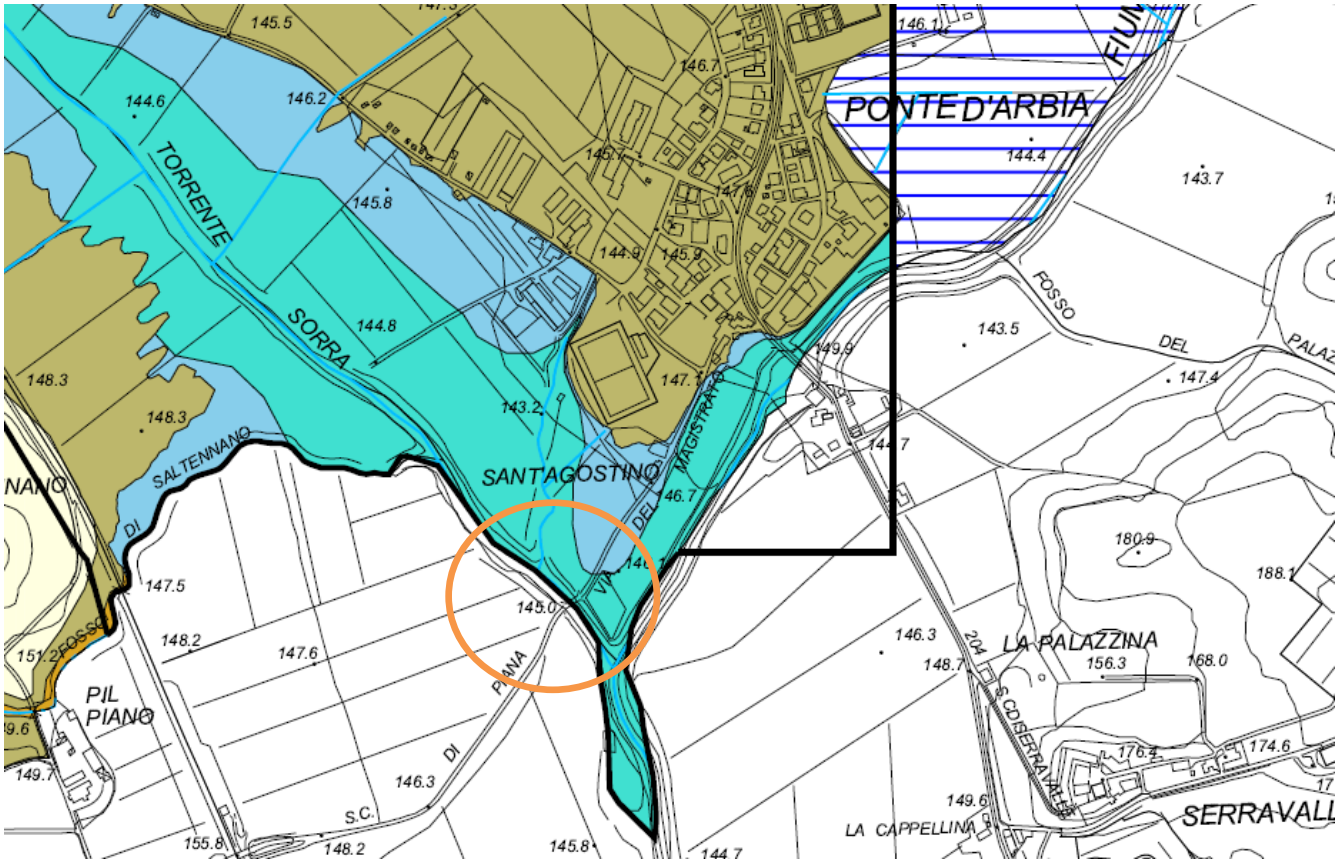
G1 - PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA BASSA

- terreni argillosi, limosi e detritici a prevalente matrice argillosa disposti su versanti con pendenza inferiore al 15%
- terreni sabbiosi, ghiaiosi e detritici a prevalente matrice sabbiosa disposti su versanti a pendenza inferiore al 20%
- terreni litoidi poco fratturati disposti su versanti con pendenza inferiore al 10%
- depositi alluvionali di fondovalle con pendenza inferiore al 5%

Figura 19 Carta della pericolosità geomorfologica, Estratto dal PS del Comune di Monteroni (non in scala)



Figura 20 Carta delle aree a pericolosità geomorfologica, Estratto dal PS del Comune di Buonconvento (non in scala)



I.1 bassa (aree collinari non soggette alle dinamiche fluviali)

Perimetrazioni ottenute con studi idraulici di dettaglio effettuati sui Torrenti Arbia, Sorra e Tressa (Tr=tempo di ritorno)

I.2 media (aree soggette ad allagamenti con 200<Tr<500 anni)
I.3 elevata (aree soggette ad allagamenti con 30<Tr<200 anni)
I.4 molto elevata (aree soggette ad allagamenti con Tr=30 anni)

Perimetrazioni ottenute con criteri morfologici e notizie storico-inventariali

I.2 media (aree di pianura morfologicamente rialzate)
I.3 elevata (aree che hanno subito allagamenti o che sono morfologicamente ribassate)
I.4 molto elevata (aree morfologicamente ribassate che hanno subito allagamenti)

Perimetrazioni del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) del F. Ombrone vigente

I.4 pericolosità idraulica molto elevata (PIME, Tr=30 anni)

Figura 21 Carta della pericolosità idraulica, Estratto dal PS del Comune di Monteroni (non in scala)

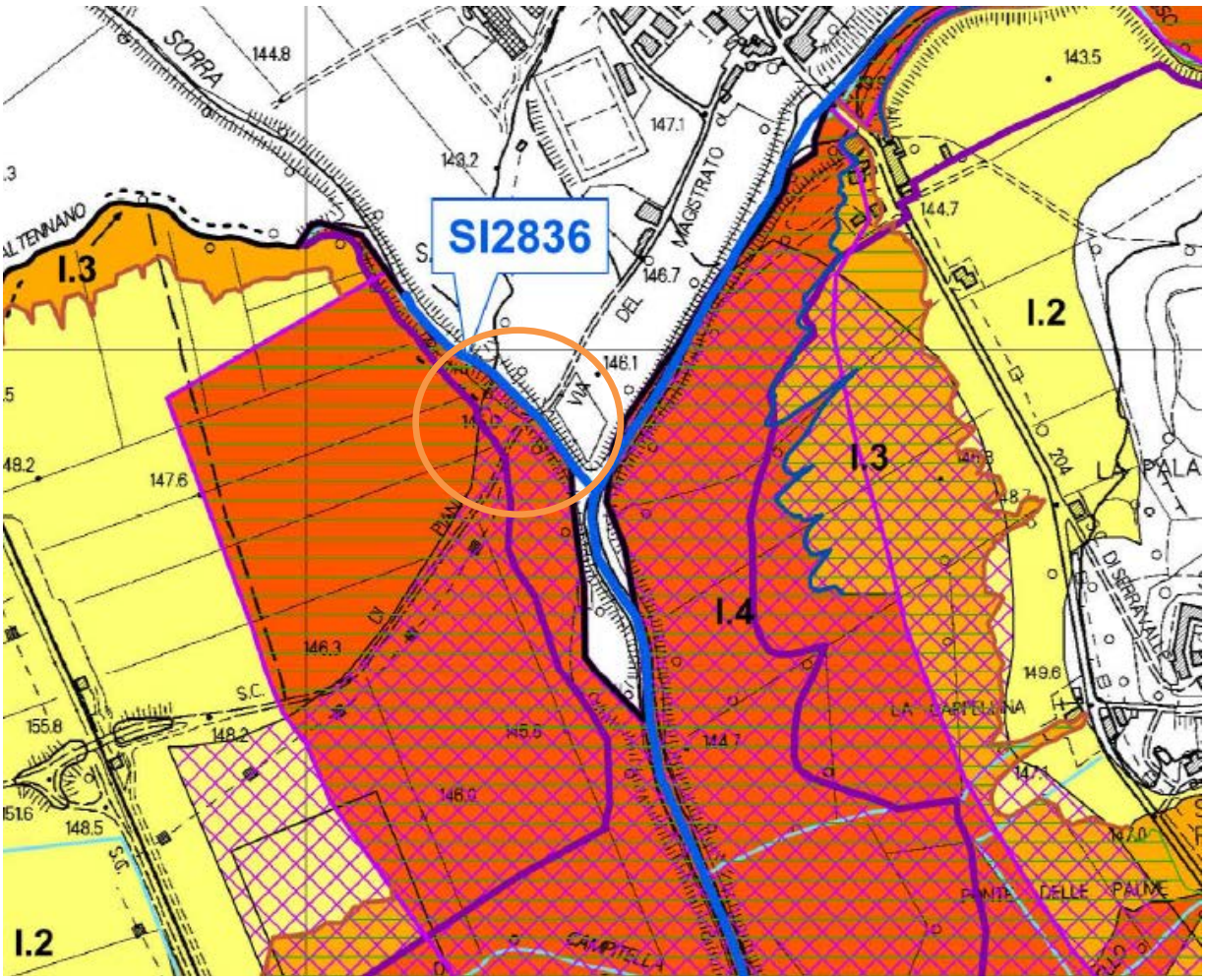


Figura 22 Carta delle aree a pericolosità idraulica, Estratto dal PS del Comune di Buonconvento (non in scala)

9 INDAGINI GEOTECNICHE - GEOFISICHE

Per la definizione delle caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione per il ponte in oggetto, è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche e geofisiche, e sono state considerate le indagini eseguite nello stesso sito nel 2013 dalla ditta Geosol per conto dei Comuni di Buonconvento e Monteroni d'Arbia.
La campagna di indagini è consistita nell'esecuzione di un sondaggio a carotaggio continuo con prove SPT (Standard Penetration Test) e prelievo di campioni per analisi di laboratorio e con l'acquisizione di una prova sismica Down-Hole; nel 2013 erano state eseguite due penetrometrie dinamiche DPSH e sono state effettuate una prova MASW ed una misurazione H/V che vengono riportate in appendice.
I risultati di dettaglio della prova Down-Hole sono riportati nella relazione allegata, di seguito se ne riporterà solo un estratto, la stratigrafia, i certificati del laboratorio e le foto delle cassette catalogatrici sono riportate in allegato alla presente relazione.
L'ubicazione delle indagini è riportata nella Figura 23, includendo le prove di vecchia e nuova realizzazione .

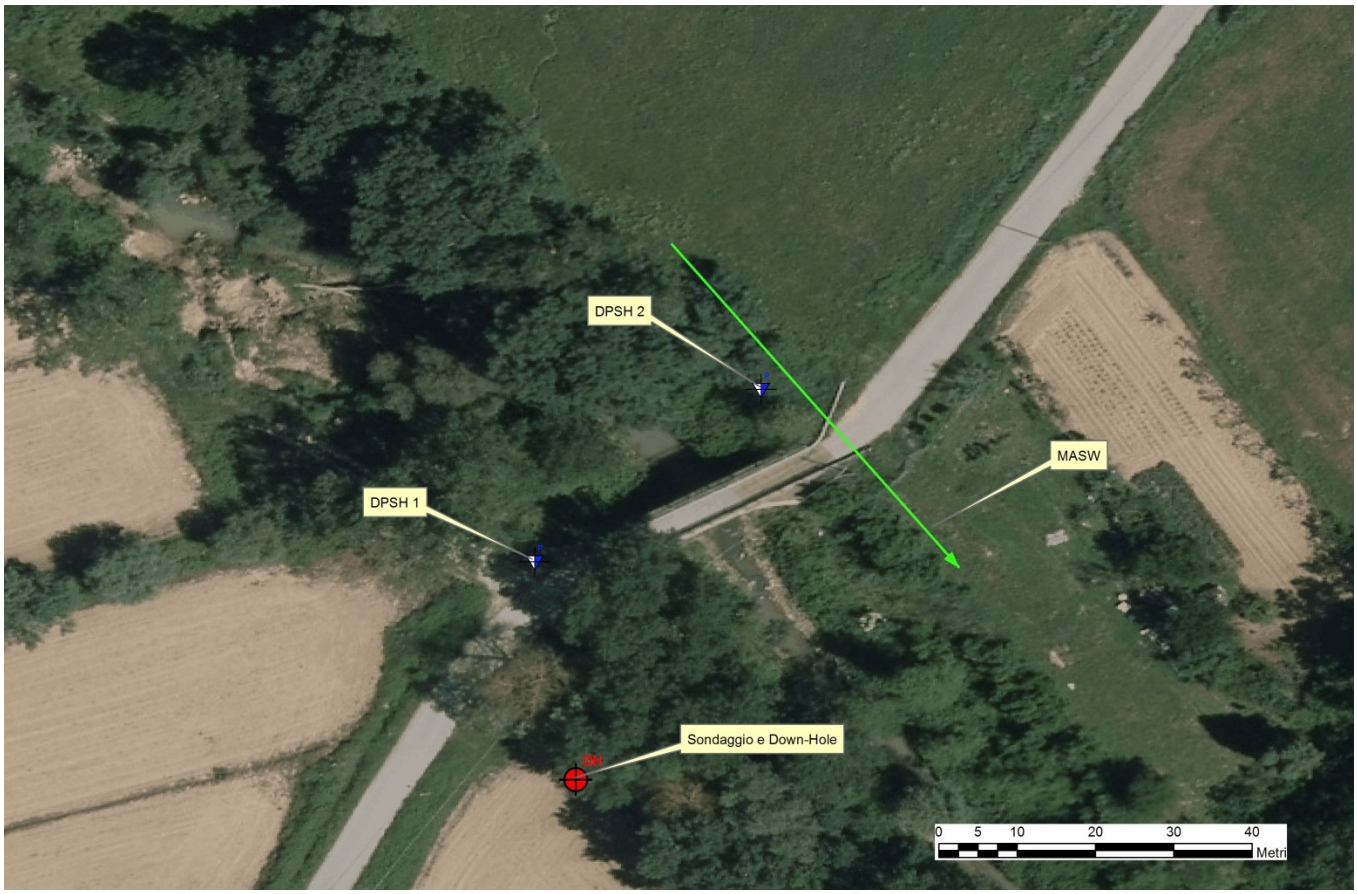


Figura 23 Ubicazione delle indagini attuali e pregresse



9.1 Sondaggio a Carotaggio Continuo

La strumentazione utilizzata per realizzare il carotaggio geotecnico è costituita da Sonda CMV MK600F con le seguenti caratteristiche:

CINGOLI	**CRAWLERS**		
Larghezza	Width	mm	1600
Lunghezza	Length	mm	2525
Pattini	Track shoes width	mm	300
Stabilizzatori indipendenti	Independent outriggers	no.	4
Pressione specifica al suolo	Ground pressure	N/cm²	5.64
Velocità di traslazione	Travelling speed	km/h	2.7
MOTORE DIESEL	**DIESEL ENGINE**		
Modello	Model	type	Cummins B 3.3 LT
Potenza installata	Rated power	kW/hp	62.5/85
ANTENNA	**MAST**		
Corsa rotary	Rotary stroke	mm	3300
Velocità avanzamento rotary	Rotary stroke speed	m/min	38
Forza di spinta	Crowd force	kN	26
Forza di estrazione	Extraction force	kN	38.5
DOPPIE MORSE	**DOUBLE CLAMPS**		
Diametro min/max	Clamps diameter min/max	mm	60 - 260
Forza di chiusura	Clamping force	kN	100
ARGANO	**WINCH**		
Forza di sollevamento max	Line pull capacity max	kN	13
Diametro fune	Rope diameter	mm	8
Velocità fune	Rope speed	m/min	20
TESTA DI ROTAZIONE	**ROTARY HEAD**	type	**TR 600 SP**
Coppia max	Torque max	kNm	7.64 @ 46 rpm
Velocità min/max	Speed min/max	rpm	0 - 92
Modello	**Model**	type	**TR 600 V**
Coppia max	Torque max.	kNm	6.31 @ 56 rpm
Velocità min/max	Speed min/max	rpm	0 - 140
Modello	**Model**	type	**TR 600 2V**
Coppia max	Torque max	kNm	7.63 @ 46 rpm
Velocità min/max	Speed min/max	rpm	0 - 155
PESO TOTALE	**OPERATING WEIGHT**	kg	6750
OPTIONALS	**OPTIONALS**		
Lubrificatore di linea	Lubricating liner	lt/bar	8.5/21
Pompa acqua a coclea	Screw type water pump	lt/bar	125/21
Pompa scarotatrice	Core ejection pump	lt/bar	15/150
Pompa schiumogeni	Foam pump	lt/bar	30/50
JET GROUTING	**JET GROUTING**		
Profondità corsa singola	Single stroke depth max	m	10
Diametro mandrimo idraulico	Hydraulic mandrel rods dia.	mm	60 - 76

Figura 24 Caratteristiche tecniche sonda

Il sondaggio, ha raggiunto i 31m di profondità e in fase di avanzamento del sondaggio sono state eseguite due prove SPT e prelevati due campioni indisturbati per le analisi di laboratorio; la stratigrafia è stata riportata in allegato insieme alle foto delle cassette catalogatrici e ai certificati delle prove di laboratorio.

Il sondaggio è stato eseguito nei giorni 12 e 13 Dicembre 2016.

9.2 Prove SPT

Nella tabella sottostante sono riportati i valori del N° colpi delle Standard Penetration Test eseguite durante la realizzazione del sondaggio, il relativo valore di Nspt e il valore corretto per le tensioni litostatiche:

	Profondità (m)	Nr. Colpi	Nspt	$N1_{(60)}$ corretto
SPT 1	5,50	4	11	14
	5,65	4		
	5,80	7		
SPT2	8,00	3	17	18
	8,15	6		
	8,30	11		

9.3 Prova sismica Down Hole

La strumentazione utilizzata dallo Studio di Geologia Giorgi Filippo per realizzare la prova Down-Hole sono costituiti da:

n°	**Strumentazione prova DOWN-HOLE**
1	Sismografo GEOMETRICS "GEODE" 24 ch - 24 bit
1	Computer portatile HP per registrazione dei dati di campagna
1	Sonda geofonica con doppia terna tridimensionale da foro, con aste per orientamento e sistema pneumatico di ancoraggio alla parete del foro
1	Sistema specifico per la generazione di onde polarizzate S_H
1	Trigger dispositivo "hammer switch"
1	Massa battente del peso di 6,5 kg

9.4 Prove penetrometriche dinamiche pregresse

Per le prove penetrometriche eseguite nel 2013 dalla ditta Geosol è stato impiegato un penetrometro statico-dinamico della ditta PAGANI montato su cingoli in gomma. La prova penetrometrica dinamica pesante è stata eseguita con le seguenti caratteristiche:

- peso massa battente 63.50 kg
- altezza di caduta 0.75m
- diametro punta conica 0.50mm
- area di base punta conica 20.00 cm^2
- angolo apertura punta conica 90°
- avanzamento punta 0.20m

9.5 Campagna geofisica pregressa

Durante le indagini geofisiche eseguite nel 2013 erano stati effettuati una misura HVSR con un Tromino Micromed e una prova MASW. La prova MASW aveva queste caratteristiche:

- lunghezza registrazioni 2 sec
- n°12 geofoni da 4,5 hz con interdistanza 5 metri
- energizzazione tramite mazza da 8 kg
- energizzazione a 5 metri dal primo geofono



Figura 25 Esecuzione del sondaggio geognostico e della prova Down-Hole

10 RISULTATI DELLE INDAGINI GEOFISICHE

La prova Down-Hole eseguita ha permesso di caratterizzare il sottosuolo dal punto di vista sismico fino alla profondità di 31m.
Sulla base delle velocità sismiche (P e SH, vedi Figura 26) è stato possibile calcolare i moduli elastici dinamici dei terreni attraversati secondo lo schema riportato nella stratigrafia del sondaggio. I valori di densità attribuiti a ciascuno strato sono stati desunti da dati reperibili in bibliografia. I risultati sono riportati nella tabella sottostante:

Litotipo	Profondità	Densità	VP	VS_H	coeff. Poisson ν	modulo taglio dinamico	modulo Young E	modulo bulk K
	m	(kN/m^3)	m/s	m/s		(kN/m^2)	(kN/m^2)	(kN/m^2)
sabbia limosa	*0 - 2*	*18.0*	*359*	*184*	*0.32*	*6.21E+04*	*1.64E+05*	*1.54E+05*
argilla limosa	*2 - 5*	*19.0*	*557*	*228*	*0.40*	*1.01E+05*	*2.82E+05*	*4.67E+05*
argilla sabbiosa	*5 - 9*	*19.0*	*858*	*234*	*0.46*	*1.06E+05*	*3.10E+05*	*1.28E+06*
sabbia ghiaiosa argillosa	*9 - 12*	*19.0*	*1123*	*292*	*0.46*	*1.65E+05*	*4.83E+05*	*2.22E+06*
argilla limosa	*12 - 16*	*20.0*	*1472*	*297*	*0.48*	*1.80E+05*	*5.32E+05*	*4.18E+06*
argilla	*16 - 22*	*20.5*	*1822*	*362*	*0.48*	*2.74E+05*	*8.10E+05*	*6.57E+06*
argilla	*22 - 31*	*20.5*	*1934*	*431*	*0.47*	*3.88E+05*	*1.14E+06*	*7.30E+06*

Sulla base delle velocità delle onde di taglio (S_H), è stato inoltre calcolato il valore Vs30, utile per la classificazione dei suoli di fondazione nelle categorie previste dalla normativa antisismica.
In quest'area il valore di Vs30, riferito al piano campagna, risulta pari a **300 m/s**.
Ricalcolando il Vs30 a partire dalla quota di testa dei pali di fondazione, posta indicativamente a -3m dal p.c., tale valore sale a **327 m/s**.
Si evidenzia, quindi, che l'area in esame può essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **C**, cioè:
"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s".

Tali risultati sono coerenti con quelli della prova MASW effettuata nel 2013.

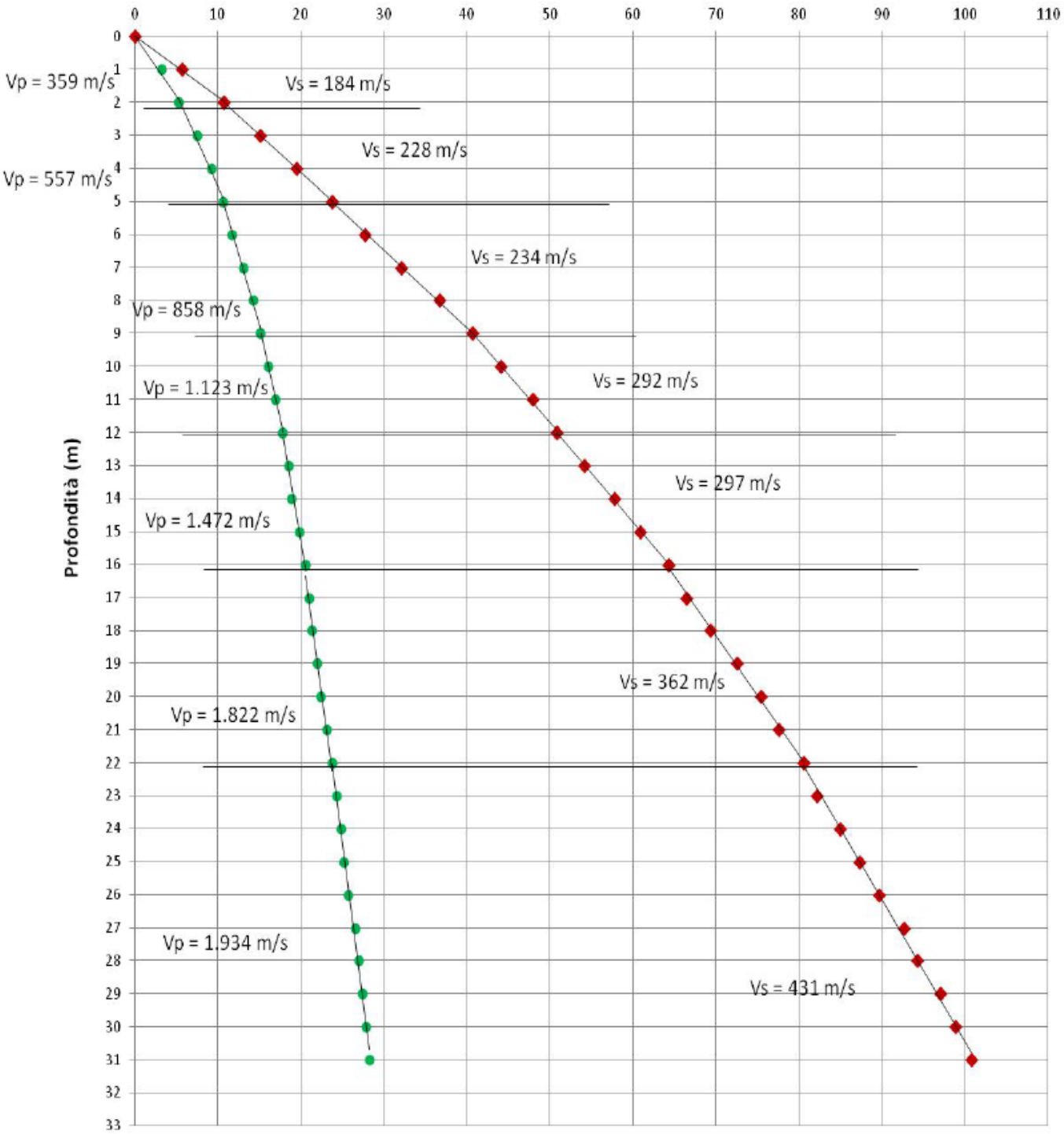


Figura 26 Dromocrone sismiche in onde P ed SH

11 **SISMICITA' APPROCCIO SITO DIPENDENTE**

Come già riportato, il Comune di Monteroni d'Arbia e il Comune di Buonconvento ricadono in zona **3**.

Attualmente la pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale è stata definita con l'OPCM 3519 del 28 aprile 2006 attraverso la mappa di pericolosità sismica per il territorio nazionale (Figura 27). I valori di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni sono riferiti a suoli rigidi di categoria A (Vs30>800 m/s) e rappresentano la pericolosità sismica di base del territorio.

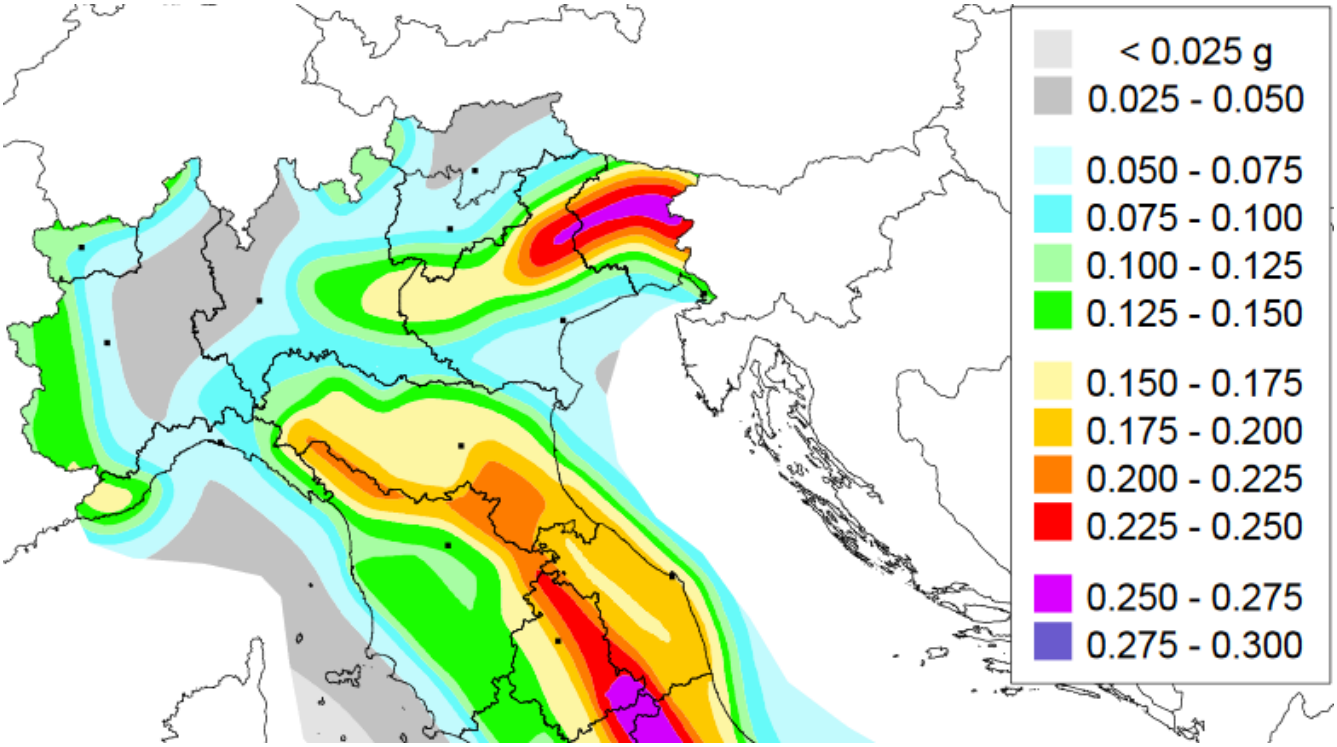


Figura 27 Mappa di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Vs30>800 m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14/09/2005.)

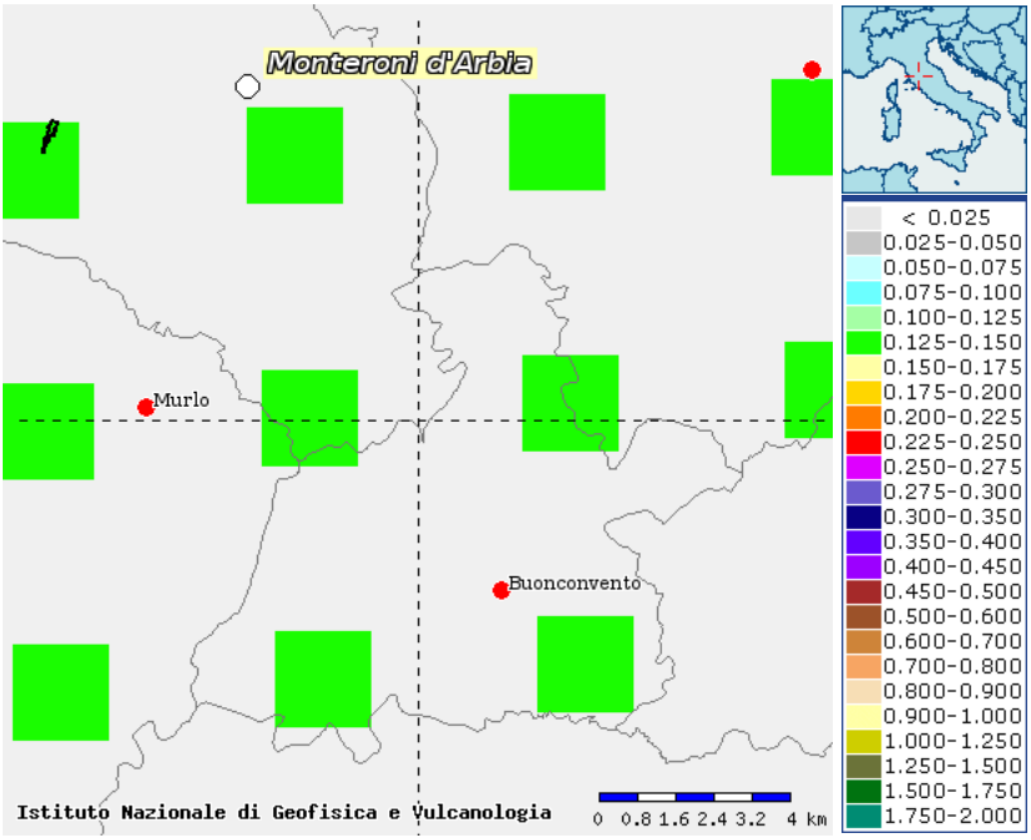


Figura 28 Mappa di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni estratta dal sito http://esse1-gis.mi.ingv.it/

Dalle carte sopra riportate è possibile dedurre che il territorio in oggetto fa parte di un'area caratterizzata dai valori dell'accelerazione massima compresi nell'intervallo tra 0,125 e 0,150 g.
Utilizzando il foglio di calcolo "Spettri-NTCver.1.0.3" realizzato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici è stato definito il valore di 0,142 g indicato come a_g per il sito in base all'allegato B del D.M. 14/01/2008.

Di seguito (Figura 29) viene riportato l'elenco dei terremoti che hanno interessato il territorio di Ponte d'Arbia, con evidenziato data, ora, epicentro e magnitudo, per completezza vengono riportati anche gli elenchi relativi ai Comuni di Monteroni d'Arbia e Buonconvento.

Ponte d'Arbia -Numero di eventi riportati 1

Effetti	In occasione del terremoto del				
Intensità	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7-8	1909 08 25 00 22	Crete Senesi	259	7-8	5.34

Figura 29 Storia sismica di Ponte d'Arbia , dal database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI15. http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/.

Monteroni d'Arbia -Numero di eventi riportati 23

Effetti	In occasione del terremoto del				
Intensità	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1781 01 03 02 30	Crete Senesi	22	7-8	5.19
3	1859 04 12 03 28	Senese	24	6	4.46
4	1859 04 12 13 03	Senese	16	6-7	4.83
3	1895 10 25 00 24 58.00	Chianti	36	5-6	4.51
NF	1897 05 22 02 05	Valdelsa	23	5	4.26
NF	1897 11 15 23 52	Val d'Orcia	26	5	4.1
NF	1905 02 12 08 28	Monte Amiata	61	6	4.55
4	1906 04 21 06 35	Valdelsa	45	5-6	4.3
NF	1906 12 20 02 38	Valdelsa	28	4	3.96
3	1907 12 15 13 06 55.00	Chianti	20	5	4.19
F	1907 12 20 10 29 15.00	Chianti	35	6	4.44
7-8	1909 08 25 00 22	Crete Senesi	259	7-8	5.34
5	1911 09 13 22 29 02.00	Chianti	115	7	5.08
F	1914 05 15 13 06	Chianti	6	5	4.16
NF	1919 09 10 16 57	Val di Paglia	67	7-8	5.36
NF	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67
4	1940 01 31 11	Siena	30	5-6	4.23
3	1956 02 22 22 55 06.00	Senese	29	5	4.03
NF	1984 04 29 05 02 59.00	Umbria settentrionale	709	7	5.62
2	1997 09 26 00 33 12.88	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
3	1997 09 26 09 40 26.60	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
NF	1997 10 14 15 23 10.64	Valnerina	786		5.62
NF	2001 11 26 00 56 55.46	Casentino	211	5-6	4.63

Figura 30 Storia sismica di Monteroni d'Arbia , dal database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI15. http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/.

* NF =non avvertito (not felt)

Buonconvento -Numero di eventi riportati 13

Effetti	In occasione del terremoto del				
Intensità	**Anno Me Gi Ho Mi Se**	**Area epicentrale**	**NMDP**	**Io**	**Mw**
5-6	1802 10 30 18 30	Val d'Orcia	17	7	5.15
5-6	1859 01 30	Crete Senesi	4	5-6	4.4
4	1897 11 15 23 52	Val d'Orcia	26	5	4.1
NF	1904 06 10 11 15 28.00	Frignano	101	6	4.82
7-8	1909 08 25 00 22	Crete Senesi	259	7-8	5.34
5	1911 09 13 22 29 02.00	Chianti	115	7	5.08
3	1940 01 31 11	Siena	30	5-6	4.23
5	1947 12 24	Crete Senesi	26	6	4.46
3	1956 02 22 22 55 06.00	Senese	29	5	4.03
3	1997 09 26 00 33 12.88	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66

Effetti	In occasione del terremoto del				
Intensità	**Anno Me Gi Ho Mi Se**	**Area epicentrale**	**NMDP**	**Io**	**Mw**
NF	1997 10 14 15 23 10.64	Valnerina	786		5.62
NF	2000 04 01 18 08 03.68	Monte Amiata	68	6	4.52
NF	2001 11 26 00 56 55.46	Casentino	211	5-6	4.63

Figura 31 Storia sismica di Buonconvento, dal database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI15. http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/.

* NF =non avvertito (not felt)

Ai fini della parametrizzazione sismica assume particolare importanza il valore della magnitudo attesa. Tale parametro entra in gioco in quanto, maggiore è la magnitudo maggiore è l'energia rilasciata e quindi la capacità di generare cicli di deformazione del terreno di numero ed ampiezza.
Secondo la mappa delle zone sismogenetiche, il territorio di Ponte d'Arbia ricade all'interno della zona sismogenetica 921 (Figura 33). La magnitudo attesa per l'area in studio, risulta essere pari a **6,14** (Figura 32).

Nome ZS	Numero ZS	M_{wmax}
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio – Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

Figura 32 Valori di Mwmax per le zone sismogenetiche

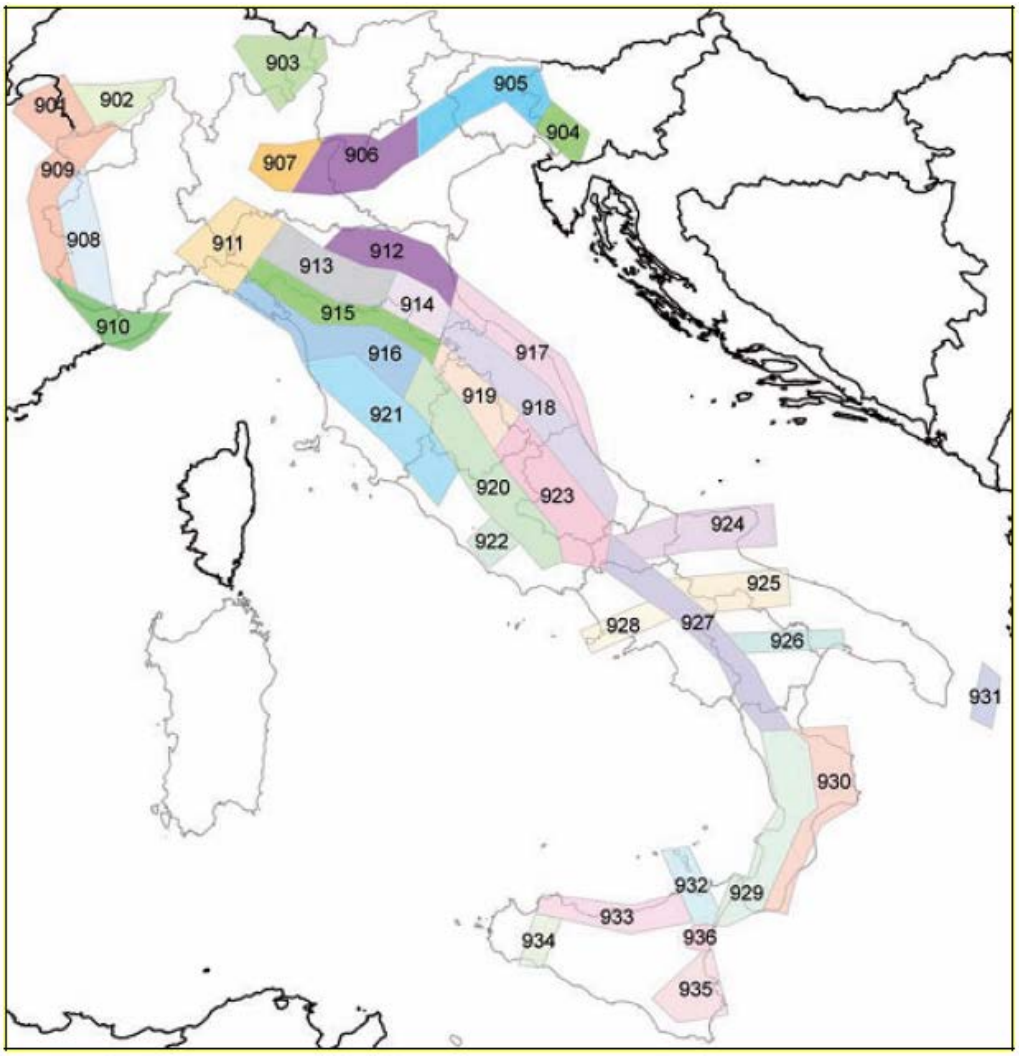


Figura 33 Zone sismogenetiche per la mappa di pericolosità sismica di base di riferimento (Gruppo di lavoro, 2004)

Eseguendo infine l'analisi di disaggregazione (utile nell'individuazione della sorgente sismogenetica che contribuisce maggiormente a produrre il valore di scuotimento stimato in termini probabilistici) del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni utilizzando gli strumenti messi a disposizione dall' Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, si ottiene una magnitudo media attesa pari a 4.770 e una distanza epicentrale media di 7.5km (è stato anche identificato un range di magnitudo attesa compreso tra 4 e 6 ed un range di distanze epicentrali comprese tra 0 e 30 km).



11.1 Valutazioni sulle Amplificazioni Sismiche Locali

Amplificazione stratigrafica:
Espressioni di Ss (coefficiente stratigrafico) e Cc (coefficiente che modifica il valore del periodo Tc): in base alla categoria di sottosuolo presente **C**, dalla tabella si ottengono i seguenti valori di S_s e C_c.

Categoria di sottosuolo	S_s	C_c
A	1.00	1.00
B	1.00≤1.40 – 0.40*F0ag/g≤1.20	$1.10*(T^{0}c)^{-0.20}$
C	1.00≤1.70 – 0.60*F_0ag/g≤1.50	$1.05*(T^{0}_c)^{-0.33}$
D	0.90≤2.40 – 1.50*F_0ag/g≤1.80	$1.25*(T^{0}_c)^{-0.50}$
E	1.00≤2.00 – 1.10*F_0ag/g≤1.60	$1.15*(T^{0}_c)^{-0.40}$

Amplificazione topografica: Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico St, riportato sotto nella tabella, in funzione delle categorie topografiche e dell'ubicazione dell'opera d'intervento (**T1**).

Categoria topografica	**Ubicazione dell'opera o dell'intervento**	**S_t**
T1	- Superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°	1.0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio pendii con inclinazione media i > 15°	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazioni medie 15°≤ i ≥ 30°	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazioni medie i > 30°	1.4

Nella scelta del valore St, relativo all'amplificazione topografica, il sito dove si intende realizzare gli interventi in progetto viene inserito in categoria topografica **T1: S_t = 1,0**

11.2 Stabilità nei confronti della liquefazione

In base alle NTC 08, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti cinque circostanze:

1.

eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;

2.

accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;

3.

profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;

4.

depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata* (N1)60 > 30 oppure qc1N > 180 dove (N1)60 è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc1N è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

5.

distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 34 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc < 3,5 ed in Figura 35 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc > 3,5 (UC è pari al rapporto D60/D10, dove D60 e D10 sono il diametro delle particelle corrispondenti rispettivamente al 60% e al 10% del passante sulla curva granulometrica cumulativa).

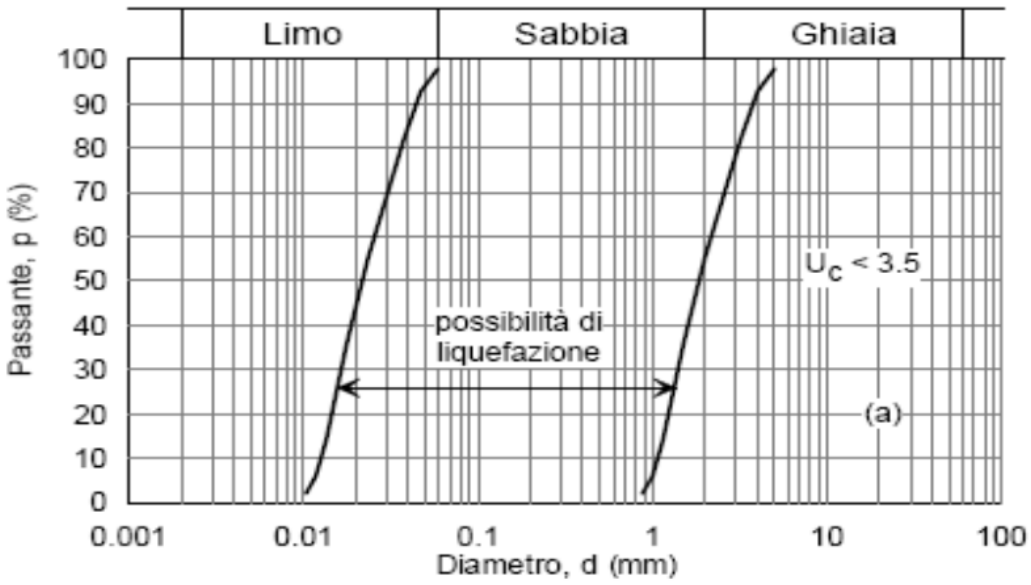


Figura 34 fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione con coefficiente di uniformità<3.5

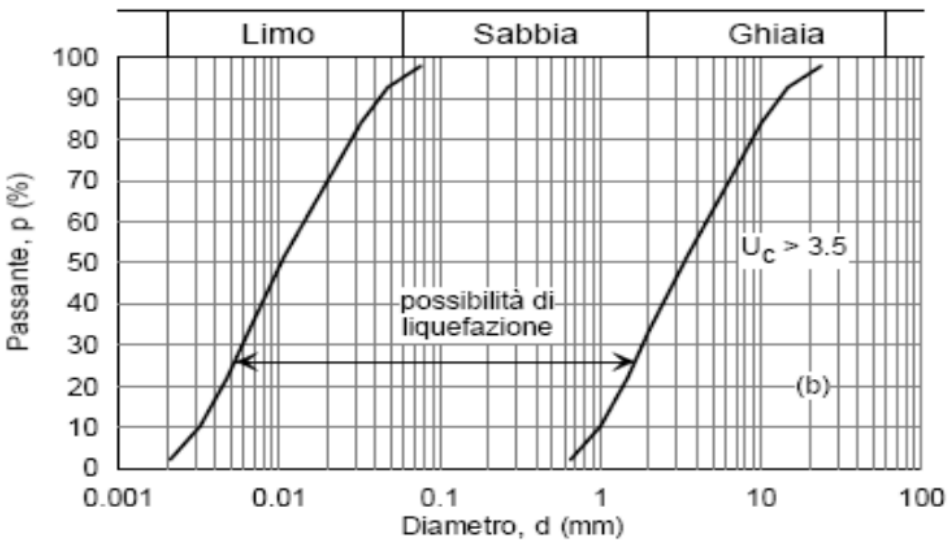


Figura 35 fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione con coefficiente di uniformità>3.5

Condizione 1, eventi sismici attesi

Il grafico di disaggregazione per l'area in esame, pubblicato dell'istituto nazionale di geofisica e vulcanologia, individua una magnitudo attesa pari a 4.77 (Figura 36), quindi inferiore a 5

Condizione soddisfatta

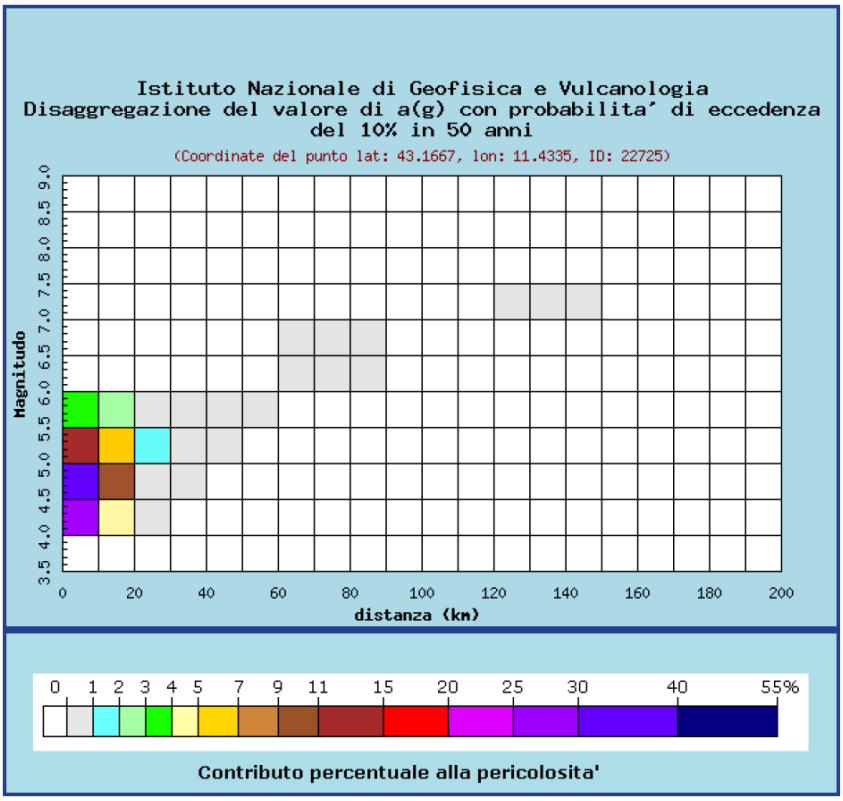


Figura 36 grafico di disaggregazione di a(g) dell'istituto nazionale di geofisica e vulcanologia



Condizione 2, accelerazioni massime attese

Considerando la mappa dell'accelerazione di picco su terreno rigido realizzata dall'istituto nazionale di geofisica e vulcanologia, per l'area in esame è attesa una accelerazione compresa tra 1.25 e 1.50g (Figura 27 e Figura 28), quindi superiore a 0,1g

Condizione non soddisfatta

Condizione 3, profondità media stagionale della falda

Dai rilievi effettuati durante la perforazione, dalle misurazioni effettuate per lo studio del 2013 e dai valori riportati nei database regionali sui pozzi nell'area circostante il ponte la falda risulta a profondità inferiori ai 15 metri richiesti.

Condizione non soddisfatta

Condizione 4, resistenza penetrometrica

I valori di Nspt derivabili dalle prove penetrometriche superpesanti della campagna indagini del 2013 e i valori riscontrati nelle prive SPT realizzate in fase di avanzamento del sondaggio risultano inferiori a 30.

Condizione non soddisfatta

Condizione5, distribuzione granulometrica

Non sono state effettuate analisi granulometriche ma vista la natura fortemente eterogenea dei depositi alluvionali in oggetto si ritiene la condizione come superata, a maggior ragione considerando che i pali di fondazione svolgeranno il loro compito per lo più nelle argille compatte che stanno sotto le alluvioni e che sono senza dubbio al di fuori dei fusi indicati

Condizione soddisfatta

In conclusione, si ritiene che la verifica di liquefazione possa essere omessa.

11.3 Caratteristiche edificio in costruzione

Qui di seguito sono riportati i calcoli relativi ai Parametri sismici in relazione al sito in esame, eseguiti con il foglio di calcolo SpettriNTC versione 1.0.3 realizzato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici:

TIPO DI COSTRUZIONE	2
VITA NOMINALE Vn	50 ANNI
CLASSE D'USO	II
COEFFICIENTE D'USO Cu	1
VITA DI RIFERIMENTO Vr = Vn * Cu	50 ANNI

11.4 Parametri Sismici

Sito in esame.

Latitudine*: 43,162055
Longitudine*: 11,458425
Classe: II
Vita nominale: 50

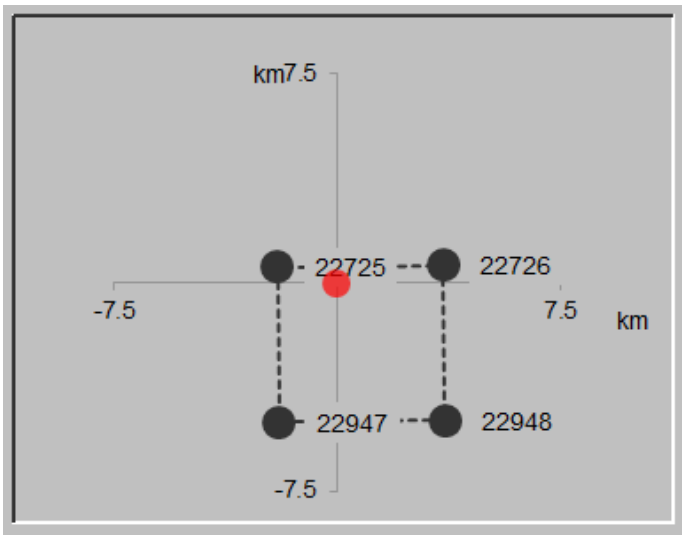


Figura 37 Siti di riferimento

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente cu: 1

STATO LIMITE	T_R (anni)	a_g (g)	F_0	T_c (s)
SLO	30	0.049	2.505	0.248
SLD	50	0.060	2.541	0.256
SLV	475	0.142	2.493	0.278
SLC	975	0.177	2.525	0.284

Operatività (SLO)/ Danno (SLD)/ Salvaguardia della vita (SLV)/ Prevenzione dal collasso (SLC)



Coefficienti Sismici orizzontali per gli stati limite SLV e SLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.142 g
F_o	2.493
T_C^*	0.278 s
S_S	1.488
C_C	1.602
S_T	1.000
q	2.400

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0.060 g
F_o	2.541
T_C^*	0.256 s
S_S	1.500
C_C	1.646
S_T	1.000
q	2.400

Parametri dipendenti

S	1.488
η	0.417
T_B	0.148 s
T_C	0.445 s
T_D	2.167 s

Parametri dipendenti

S	1.500
η	0.417
T_B	0.140 s
T_C	0.421 s
T_D	1.840 s

Coefficienti Sismici verticali per gli stati limite SLV e SLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{gv}	0.072 g
S_S	1.000
S_T	1.000
q	1.500
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_{gv}	0.020 g
S_S	1.000
S_T	1.000
q	1.500
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	1.268
S	1.000
η	0.667

Parametri dipendenti

F_v	0.841
S	1.000
η	0.667

12 PARAMETRIZZAZIONE DEI TERRENI ED INDICAZIONI PROGETTUALI

12.1 Modello geologico del terreno

Dall'analisi delle indagini e dei rilievi effettuati è stato possibile elaborare il seguente modello geologico del sottosuolo dell'area circostante il ponte

Profondità (m)	Litotipo	Formazione
0.0 – 8.0	Alternanza di argilla e sabbia	bna
8.0 - 9.1	Argilla sabbiosa	bna
9.1 – 10.1	Sabbia ghiaiosa	FAAd
10.1 – 12.8	Sabbia argillosa	FAAd
12.8 – 31.0	Argilla	FAAd

Dalle prove penetrometriche effettuate nel 2013 a monte delle spalle del ponte emerge una stratigrafia sostanzialmente concordante con il sondaggio: lo strato di argille compatte in cui si ritiene più opportuno intestare le fondazioni si trova alla stessa profondità in entrambe le sponde, ma le alluvioni presentano uno spessore minore nella sponda sinistra, con un miglioramento generale delle caratteristiche geotecniche di questo lato del ponte.

12.2 Parametrizzazione geotecnica e tipologia di fondazione

Per poter parametrizzare i litotipi presenti vengono utilizzati i risultati della perforazione eseguita, ed in particolare sono stati utilizzati i risultati delle prove geotecniche di laboratorio e delle prove penetrometriche SPT eseguite nel corso della perforazione confrontandole con i valori di N_{SPT} calcolati dalle prove penetrometriche pregresse.

Facendo riferimento alle NTC, attribuiamo i successivi parametri secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2) che rispetto alle altre combinazioni è più severa nella parametrizzazione geotecnica.

I parametri fisico – meccanici dei vari litotipi, **già opportunamente ridotti**, possono essere così schematizzati:



Alternanza di argilla e sabbia (da prove di laboratorio)

		valore	valore corretto	unità di misura
Peso di volume	γ	20	20	kN/m³
Coesione non drenata	cu	59.59	42.56	kN/m²
Modulo di Young	E	6849	/	kN/m²
Modulo secante	EU50	4259	/	kN/m²
Angolo di attrito interno	φ'	27.8°	22.9°	gradi
Coesione	c'	14.1	11.3	kPa

Argilla sabbiosa (da SPT)

		valore	valore corretto	unità di misura
Peso di volume	γ	20	20	kN/m³
Coesione non drenata	cu	68.4	48.6	kN/m²
Modulo di taglio	μ	13.3	/	Mpa

Sabbia ghiaiosa (da correlazione con prove penetrometriche)

		valore	valore corretto	unità di misura
Peso di volume	γ	20	20	kN/m3
Coesione non drenata	cu	55.4	39.6	kN/m2
Angolo di attrito interno	φ'	29.8°	24.6°	gradi

Sabbia argillosa (da correlazione con prove penetrometriche)

		valore	valore corretto	unità di misura
Peso di volume	γ	20	20	kN/m3
Coesione non drenata	cu	127.0	90.7	kN/m2
Angolo di attrito interno	φ'	33.4°	27.8°	gradi

Argilla (da prove di laboratorio)

		valore	valore corretto	unità di misura
Peso di volume	γ	21	21	kN/m³
Coesione non drenata	cu	420.4	300.3	kN/m²
Modulo di Young	E	35549	/	kN/m²
Modulo secante	EU50	15948	/	kN/m²
Angolo di attrito interno	φ'	22.8	18.6	gradi
Coesione	c'	187.4	149.9	kPa

		valore	valore corretto	unità di misura
Coefficiente di consolidazione	Cv	2.91E-04	/	cm^2/s
Coefficiente di permeabilità	K	4.16E-09	/	cm/s
Modulo edometrico	Med	6828	/	KN/m^2

Note: i parametri riportati sono stati ridotti secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2); i coefficienti di consolidazione e di permeabilità ed il modulo edometrico sono stati considerati nell'intervallo tra 100 e 200 KN/m^2, per intervalli diversi si rimanda alle prove allegate.

In riferimento alle caratteristiche dei litotipi presenti ed in funzione della struttura del ponte, per quanto attiene la tipologia delle fondazioni si prospetta il ricorso a tipologie di fondazioni profonde; nello specifico potranno essere realizzate come pali in c.a. che raggiungano e si intestino per un buon tratto nelle argille compatte viste le scarse caratteristiche meccaniche dei depositi superficiali.

12.3 Fronti di scavo

Per l'esecuzione della nuova struttura portante e delle sue fondazioni è previsto uno scavo di circa 3m di profondità da entrambi i lati del ponte.
Per ciò che riguarda la realizzazione lo scavo ed in particolare per i fronti dello scavo stesso sono necessari alcuni accorgimenti tecnici costruttivi. Nello specifico possiamo escludere il ricorso a specifiche opere di contenimento sicuramente poco convenienti dal punto di vista economico, ma la pareti dello scavo dovranno avere una inclinazione tale da essere adeguate alle caratteristiche intrinseche del terreno stesso considerando anche la presenza della falda.
Trattandosi di materiali a componente argillosa, l'ipotizzare ad esempio, scarpate con una inclinazione pari a 75°, dovrà essere appurato per mezzo di specifiche verifiche di stabilità.
Si è perciò verificato la stabilità delle pareti dello scavo sulla base delle norme tecniche per le costruzioni (D. M. 14 gennaio 2008) e le "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni" della Circolare n. 617 del 2/2/2009. Tali norme adottano e recepiscono quanto riportano nell'Eurocodice 8.
Il metodo pseudo-statico, che viene usato nelle successive verifiche, consiste di verificare la stabilità di una massa di terreno delimitata dalla superficie libera e dalla più sfavorevole delle superfici di potenziale scorrimento.
Secondo la citata normativa, il grado di sicurezza, espresso come coefficiente di sicurezza, deve essere accettato e giustificato dal progettista in funzione del livello di conoscenza raggiunto e dell'affidabilità dei dati disponibili. In conclusione a ciò

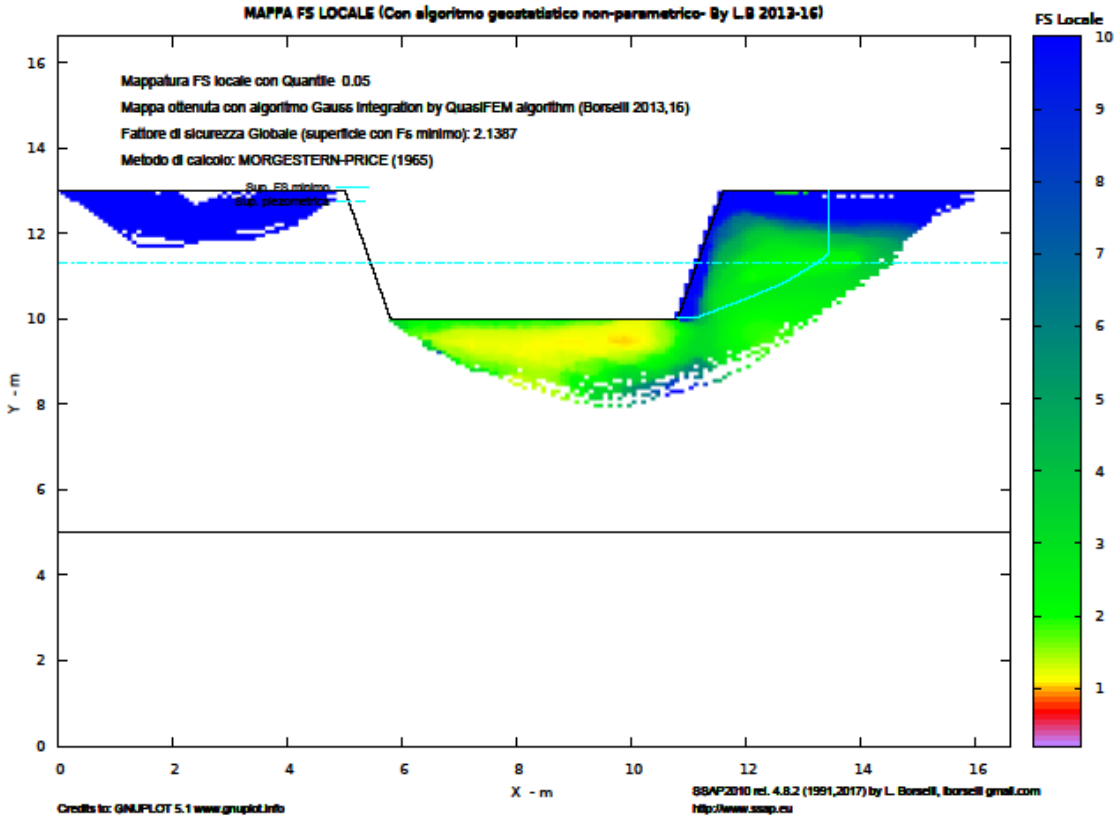
è comunque utile ricordare che il coefficiente parziale di resistenza R2 deve essere almeno uguale a **1,1.**

L'analisi di stabilità è stata effettuata considerando sia il metodo di Morgestern e Price (1965) che il metodo di Sarma II (1979), utilizzando il software "Slope Stability Analysis Program" versione 4.8.2 senza individuare superfici caratterizzate da un fattore di sicurezza inferiore o uguale a quello di legge (pari a 1.1). Le verifiche di stabilità sono state eseguite in condizioni normali e sismiche (si restituiscono solo queste ultime ritenute più cautelative).
Le caratteristiche fisico-meccaniche dei litotipi presenti sono già state riportate in precedenza così come le accelerazioni orizzontali e verticali massime previste.
In appendice sono riportate le sezioni di calcolo con le dieci superfici di possibile instabilità a fattore di sicurezza minore tra le 10.000 considerate.

Dai calcoli effettuati emerge che la scarpata dello scavo realizzata con **75°** di inclinazione risulta **stabile**(Figura 38). Infatti delle 10.000 superfici di potenziale scivolamento, quella con il coefficiente di sicurezza più basso ha un coefficiente pari a 2,13 che indica perciò una condizione di stabilità.

Si ricorda inoltre, che appena verrà realizzata la struttura, quest'ultima dovrà essere rincalzata con terreno di riporto al fine di contrastare la parete libera dello scavo. Il riempimento dovrà essere realizzato con materiale drenante opportunamente costipato.

Per evitare di arrecare danni alla struttura esistente sarà opportuno effettuare contemporaneamente gli scavi su entrambe le sponde in modo da non annullare la controspinta della terra su di una sponda lasciando l'altra a pieno carico.



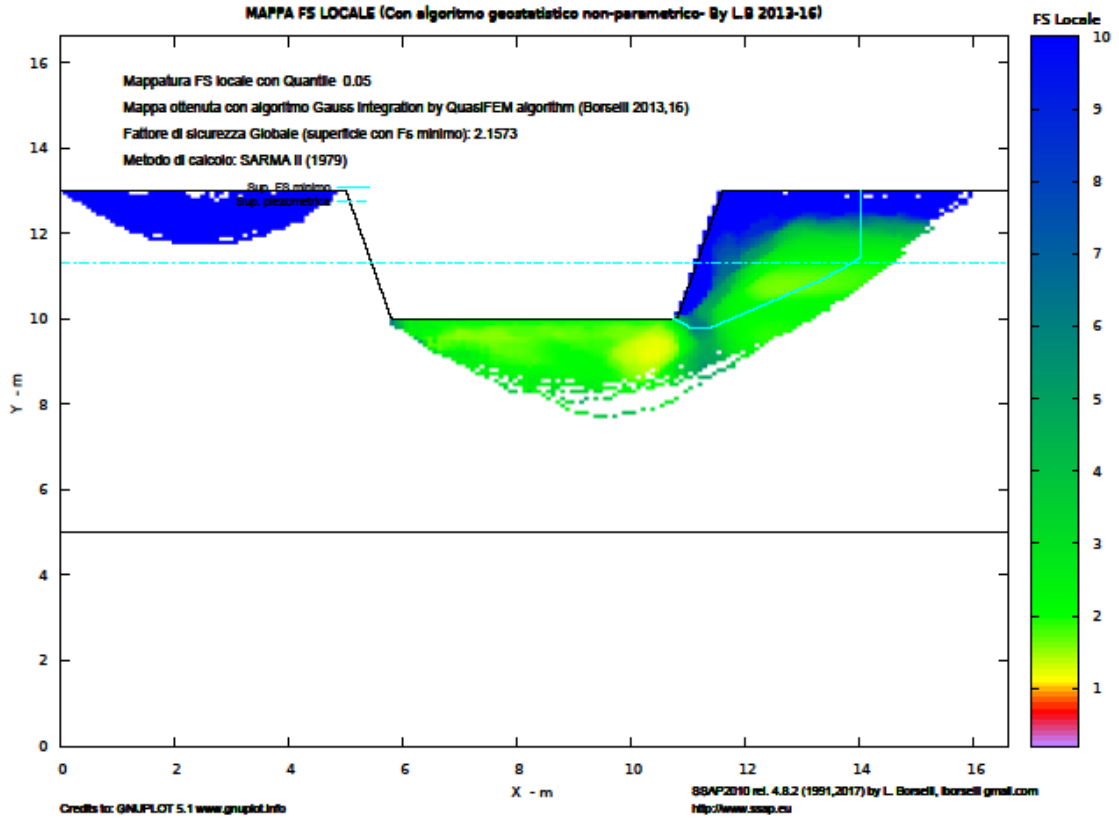


Figura 38 Analisi di stabilità sui fronti di scavo, mappe del Fattore di Sicurezza locale



12.4 Stabilità dell'area

L'area in esame non presenta problematiche dal punto di vista geomorfologico, se non quelle dovute all'erosione spondale del torrente Sorra; la realizzazione del ponte moderno e la ristrutturazione del ponte storico non determinerà una variazione delle condizioni morfologiche, anzi le opere a contorno di ripulitura e risistemazione morfologica del fondale e delle sponde garantiranno un miglioramento della situazione generale dell'area.
Come già sottolineato nel capitolo 5 sarà necessario tenere sotto osservazione gli effetti dell'opera di protezione realizzata dalla SNAM a monte del ponte, per evitare effetti di erosione sulla sponda destra del ponte.

12.5 Terre e rocce da scavo

Le terre e rocce da scavo generate durante i lavori verranno interamente riutilizzate in sito, in parte per il ritombamento degli scavi effettuati ed in parte come rincalzo dell'ala sinistra a valle del ponte che è stata svuotata dalla piena del 2015.
Ai sensi del DPR 120/2017 sarà necessario effettuare una caratterizzazione ambientale delle terre da scavo per accertare la sussistenza dei requisiti di qualità ambientale richiesti per la qualifica di sottoprodotto; per poter escludere tali materiali dalla disciplina dei rifiuti si dovrà inoltre verificare che la componente di materiali di origine antropica frammisti ai materiali di origine naturale non superi la quantità massima del 20% in peso.
La caratterizzazione del materiale di riempimento delle spalle del ponte potrà essere effettuata dopo la demolizione della piattaforma stradale.

13 FATTIBILITA' E CONCLUSIONI

Determinate le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche della zona in oggetto si può valutare ai fini del relativo **D.C.R. n.94/85** la classe di fattibilità dell'intervento conformemente alla classe di destinazione d'uso relativa all'intervento.

Riassumendo abbiamo:
***Pericolosità Geomorfologica* [CLASSE 1]:** - in questa classe ricadono i depositi alluvionali di fondovalle con pendenze inferiori al 5%, in cui risulta una bassa propensione al dissesto.
***Pericolosità Idraulica* [CLASSE 4]:** l'intervento interessa una zona pericolosità idraulica molto elevata, ubicata in un'area che subisce allagamenti con tempi di ritorno trentennali; è area a P.I.M.E. secondo l'Autorità di Bacino del Fiume Ombrone.
***Pericolosità Sismica* [CLASSE 3]:** il progetto interessa una zona con depositi alluvionali granulari e/o sciolti , ed è quindi indicata come sottoposta a pericolosità sismica elevata.

Classe di pericolosità

GEOLOGICA	IDRAULICA	SISMICA
1	4	3

Applicando le direttive riportate nelle NTA dei PS dei Comuni di Monteroni d'Arbia e Buonconvento e considerando la tipologia di intervento ne risultano le seguenti fattibilità:

Fattibilità

GEOLOGICA	IDRAULICA	SISMICA
1	4	3

Quindi le NTA individuano i seguenti vincoli:
FATTIBILITA' GEOLOGICA SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI (F1): << Per queste zone, in sede di formazione del Regolamento Urbanistico, non sarà necessario stabilire condizioni di fattibilità per gli interventi previsti.>>

FATTIBILITA' IDRAULICA CONDIZIONATA (F4): << Nelle aree non sono da prevedersi interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture per i quali non sia dimostrabile il rispetto di condizioni di sicurezza o non sia prevista la preventiva o contestuale realizzazione di interventi di messa in sicurezza per eventi con tempo di ritorno di 200 anni; tali interventi non devono aumentare il

livello di rischio in altre aree con riferimento anche agli effetti dell'eventuale incremento dei picchi di piena a valle. Nelle aree che risultino soggette a inondazioni con tempi di ritorno inferiori a 30 anni sono consentite solo nuove previsioni per infrastrutture a rete non diversamente localizzabili, per le quali sarà comunque necessario attuare tutte le dovute precauzioni per la riduzione del rischio a livello compatibile con le caratteristiche dell'infrastruttura. >>

FATTIBILITA' SISMICA CONDIZIONATA (F3): <<Per le aree il Regolamento Urbanistico individuerà le necessarie verifiche geologiche e indagini geotecniche e geofisiche da effettuare in relazione alla tipologia degli interventi ammessi, in riferimento alle particolari condizioni fisiche e geomorfologiche del contesto in cui si inseriscono. Tali verifiche dovranno riguardare le effettive condizioni di stabilità dell'intervento, anche in condizioni dinamiche, prima e dopo la realizzazione degli eventuali interventi di messa in sicurezza e dovranno dimostrare che non determineranno aggravio dei processi geomorfologici presenti nell'area. >>

Alla luce delle sopra citate condizioni, è stata realizzata una campagna geognostica e geofisica per poter verificare in fase di progetto le condizioni di stabilità dell'intervento anche in condizioni dinamiche; è stato inoltre effettuato uno studio idraulico (allegato al progetto) per verificare l'impatto dell'opera sulla piena duecentennale allo stato attuale e dopo la realizzazione del progetto, riscontrando in tal modo che l'intervento non solo non aumenta il livello di rischio in altre aree, ma migliora sensibilmente la situazione attuale riducendo l'impatto dovuto al rialzamento del timpano nel corso degli anni per i rifacimenti della carreggiata e all'uso di barriere di contenimento che ostacolano il deflusso delle acque.

L'intervento, in quanto si riduce per lo più alla sovrapposizione del ponte nuovo sull'esistente, non altererà sostanzialmente la situazione attuale, né dal punto di vista paesistico, né dal punto di vista dell'infiltrazione efficace, né per quanto riguarda gli assetti idrogeologici superficiali.

In base a quanto è stato rilevato in fase di sopralluogo, dall'analisi dei dati delle campagne geognostiche e geofisiche e in base alle conoscenze dell'area in esame, non sono state riscontrate particolari problematiche di natura geologica e idrogeologica tali da rendere non realizzabile l'opera in progetto.

Siena, 05 Dicembre 2017

Dott. Geol. Duccio Notari

Dott. Geol.
Duccio Notari



APPENDICE

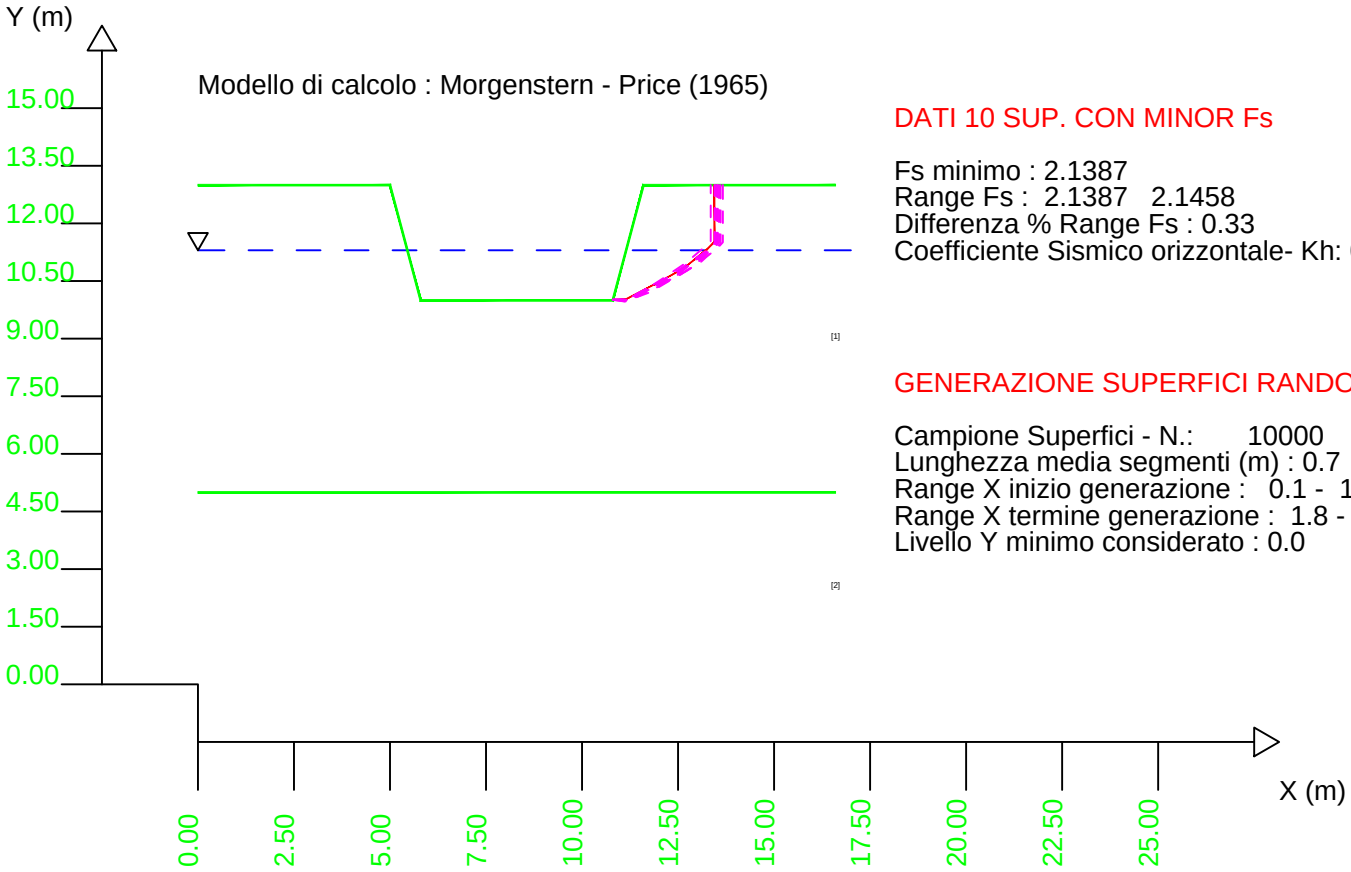
VERIFICHE DI STABILITÀ DELLE PARETI DELLO SCAVO

SSAP 4.8.2 (2017) - Slope Stability Analysis Program
Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu

Localita' : Sorra
Descrizione : Trincea temporanea
[n] = N. strato o lente

Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi`	C`	Cu	Gamm	GammSat
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3
1	0	0	42.56	18.00	20.00
2	0	0	48.60	18.00	20.00



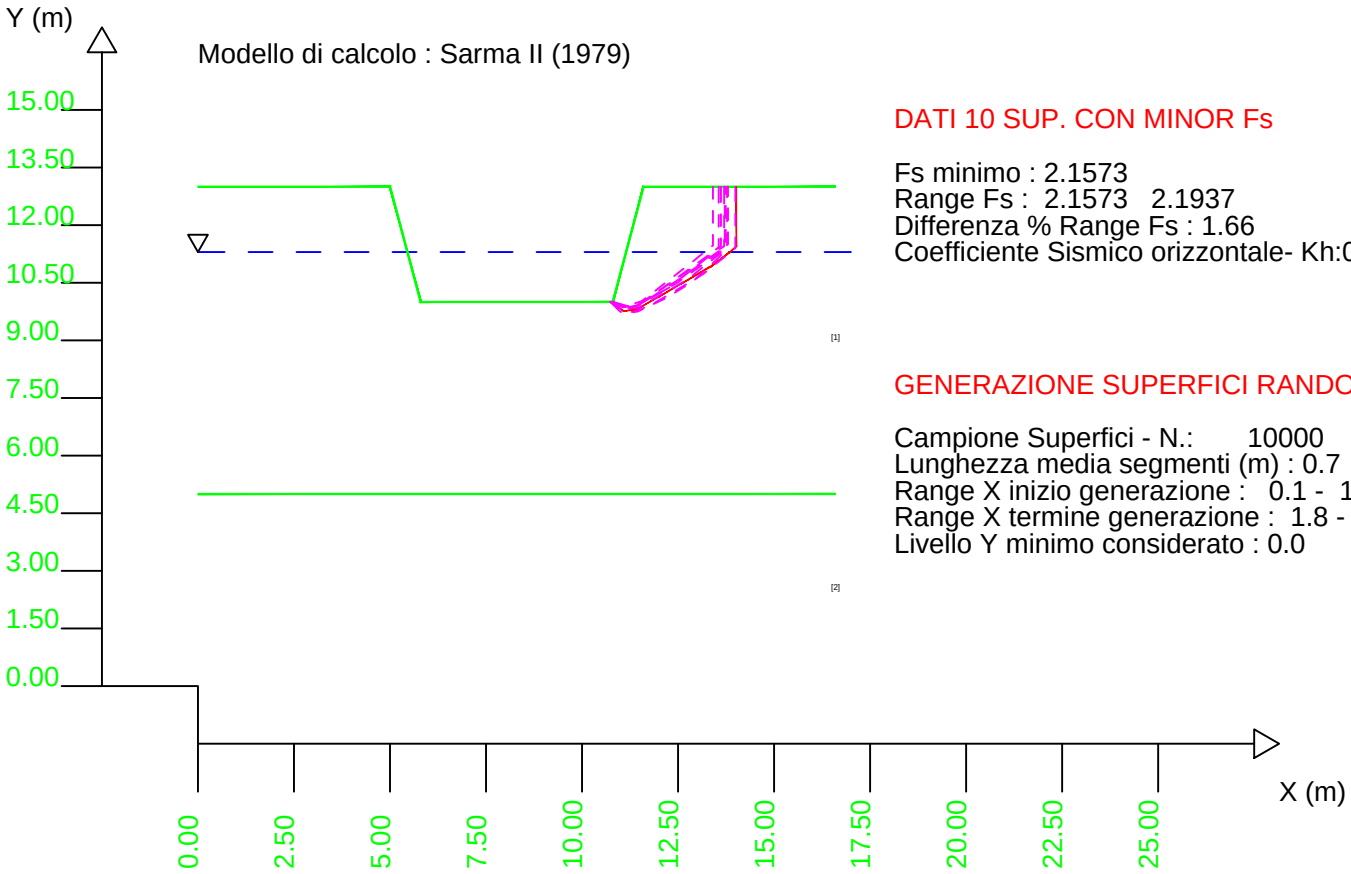
Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 2.1387
Range Fs : 2.1387 2.1458
Differenza % Range Fs : 0.33
Coefficiente Sismico orizzontale- Kh: 0.142

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 10000
Lunghezza media segmenti (m) : 0.7
Range X inizio generazione : 0.1 - 15.0
Range X termine generazione : 1.8 - 16.3
Livello Y minimo considerato : 0.0



Modello di calcolo : Sarma II (1979)

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 2.1573
Range Fs : 2.1573 2.1937
Differenza % Range Fs : 1.66
Coefficiente Sismico orizzontale- Kh:0.142

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 10000
Lunghezza media segmenti (m) : 0.7
Range X inizio generazione : 0.1 - 15.0
Range X termine generazione : 1.8 - 16.3
Livello Y minimo considerato : 0.0

Dott. Geol.
Duccio Notari



RELAZIONE PROVA SISMICA DOWN-HOLE

REV.	DESCRIZIONE DELLA REVISIONE	DATA

COMMITTENTE:

COMUNE DI MONTERONI D'ARBIA

COMUNE DI BUONCONVENTO

Progettazione degli interventi di consolidamento strutturale del ponte sul torrente Sorra in loc. Ponte d'Arbia a confine tra i Comuni di Buonconvento e Monteroni d'Arbia (Codice CIG Z591B7E23C)

PROVA SISMICA DOWN-HOLE

LOCALITÀ	COMUNE	PROVINCIA
PONTE D'ARBIA	MONTERONI D'ARBIA	SIENA



STUDIO DI GEOLOGIA
GIORGI FILIPPO
Sede: Strada d'Istieto n. 6 – 53100 SIENA –
Tel: +39 0577 378209 Fax:+39 0577 378209
e-mail: filippo.giorgi@studiogf.eu
www.studiogf.eu
C.F.: GRGFPP70S30I726P – P.IVA: 01327030522

Archivio n. **201703**

DATA 18/01/2017

IL TECNICO
Dott. Geol. Filippo Giorgi

INDICE

1. PREMESSA....2

2. UBICAZIONE....3

3. STRUMENTAZIONE IMPIEGATA....4

4. FINALITÀ DELLA PROSPEZIONE....4

5. CARATTERISTICHE DELLA PERFORAZIONE E LAVORI SVOLTI....4

6. PROVA SISMICA DOWN-HOLE....5

7. METODOLOGIA INTERPRETATIVA....7

8. RISULTANZE OTTENUTE....11

STUDIO DI GEOLOGIA GIORGI FILIPPO
Sede: Strada d'Istieto n. 6 – 53100 SIENA –
Tel: +39 0577 378209 - Fax: +39 0577 378209
e-mail: filippo.giorgi@studiogf.eu
www.studiogf.eu
C.F.: GRGFPP70S30I726P – P.IVA: 01327030522

1. PREMESSA

Il rapporto riferisce le risultanze ottenute da un indagine geofisica finalizzata a fornire il valore Vs30 utile per la classificazione del terreno nelle varie categorie di suolo come prescritto dalla nuova normativa antisismica. Lo scopo è di ricostruire, sulla base delle caratteristiche fisiche, i rapporti geometrici dei terreni presenti nel sottosuolo dell'area indagata e di determinare i moduli elastici dinamici in sito dei terreni mediante la misura della velocità sismica.

Per ottenere tali risultati è stata realizzata 1 una prova *Down-Hole* su di un foro di sondaggio appositamente attrezzato per definire la successione sismica stratigrafica in modo diretto e quindi calcolare il valore Vs30 su tali risultati.

L'indagine si è svolta il giorno 16 Gennaio 2017 in prossimità del ponte sulla Sorra in loc. Ponte d'Arbia nel Comune di Monteroni d'Arbia (SI), secondo le indicazioni tecniche della DL nella persona del Dott. Geol. Duccio Notari.

2. UBICAZIONE

L'area in esame è situata in corrispondenza del ponte sul Torrente Sorra, all'interno dei confini amministrativi del Comune di Monteroni d'Arbia (SI), è individuabile nel foglio 308020 della Carta Tecnica Regionale in scala 1: 10.000 e più precisamente può essere individuata nell'elemento 12M57 in scala 1: 2.000. Di seguito è riportato l'ubicazione planimetrica del sondaggio (fig. 2.1 e 2.2).

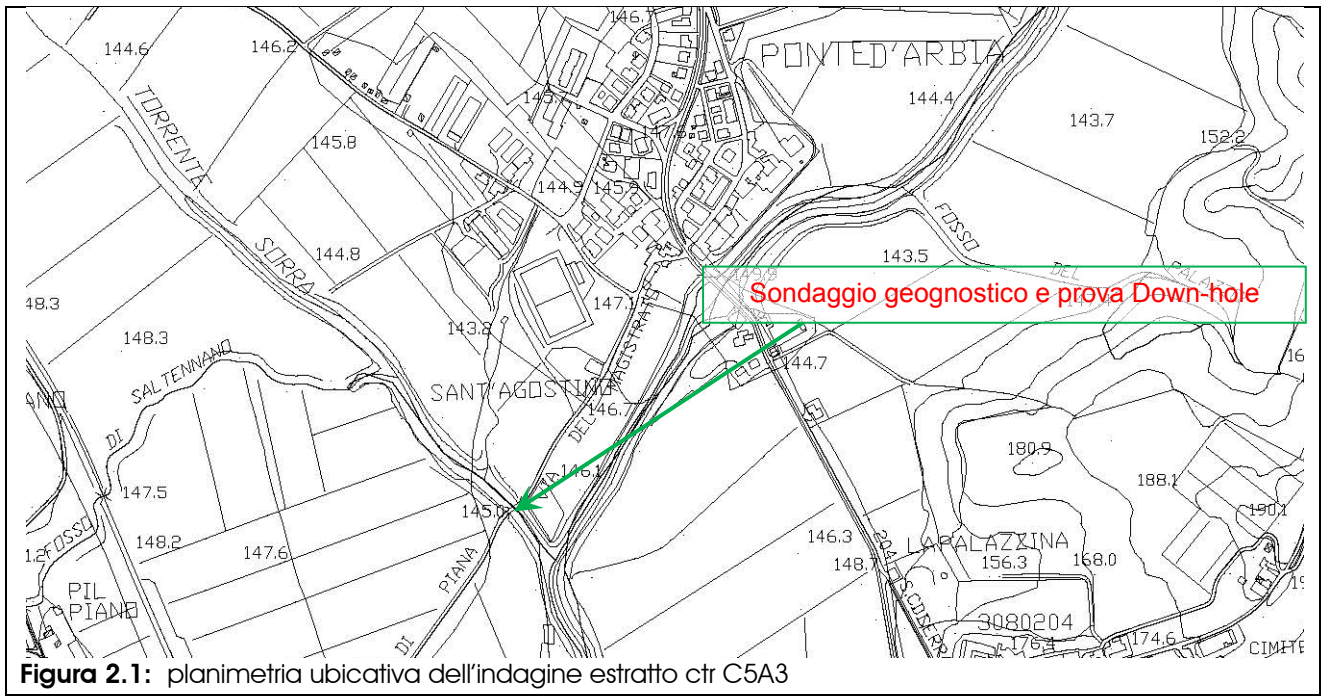


Figura 2.1: planimetria ubicativa dell'indagine estratto ctr C5A3

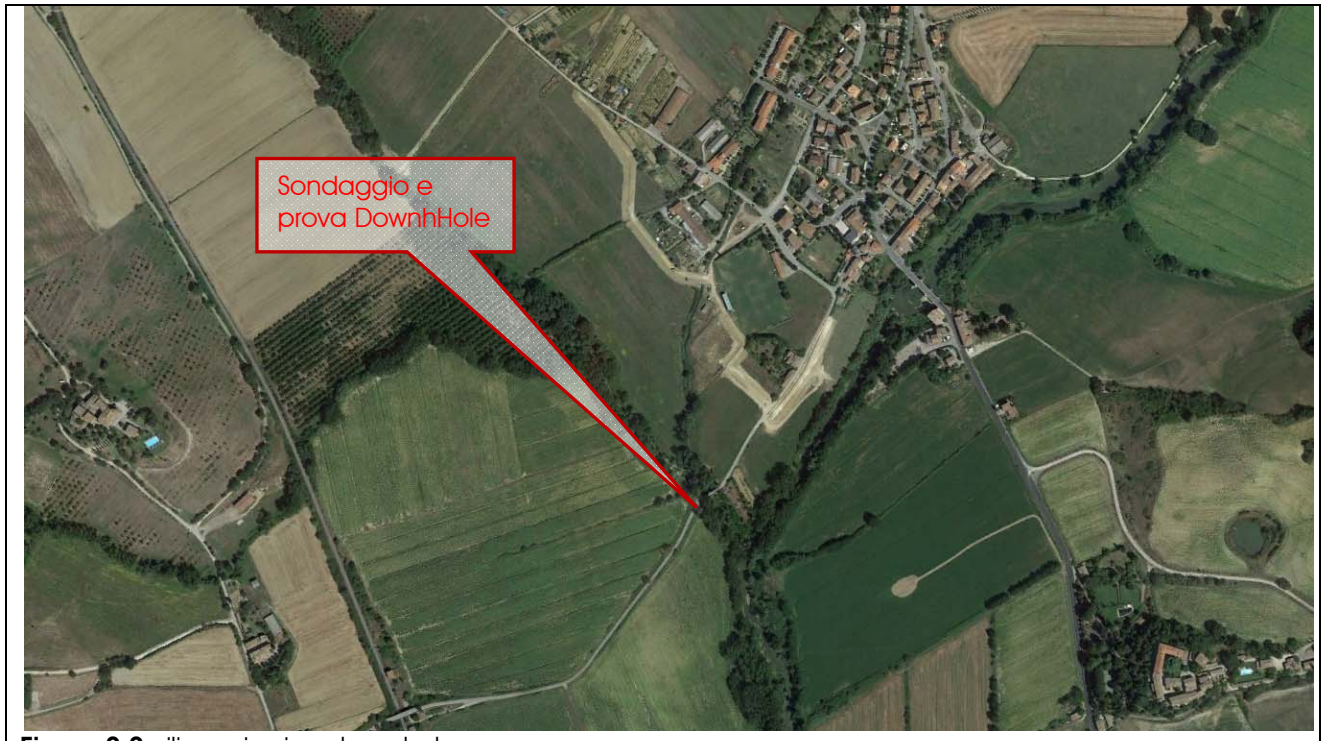


Figura 2.2: rilievo sismico down-hole

3. STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

n°	Strumentazione prova DOWN-HOLE
1	Sismografo GEOMETRICS "GEODE" 24 ch - 24 bit
1	Computer portatile HP per registrazione dei dati di campagna
1	Sonda geofonica con doppia terna tridimensionale da foro, con aste per orientamento e sistema pneumatico di ancoraggio alla parete del foro
1	Sistema specifico per la generazione di onde polarizzate S_H
1	Trigger dispositivo "hammer switch"
1	Massa battente del peso di 6,5 kg

4. FINALITÀ DELLA PROSPEZIONE

Le finalità della prospezione geofisica possono così essere sinteticamente riassunte:

- definire la velocità di propagazione delle onde sismiche P ed S_H nel sottosuolo;
- parametrizzazione dinamica dei terreni attraverso le misure geofisiche.
- definire il valore Vs30 per la classificazione dei suoli di fondazione nelle categorie previste dalla normativa antisismica

5. CARATTERISTICHE DELLA PERFORAZIONE E LAVORI SVOLTI

Al momento dell'esecuzione del carotaggio sismico il sondaggio meccanico risultava completamente rivestito con tubazione in pvc. La profondità del sondaggio è risultata di 31 metri. Le registrazioni sismiche, all'interno del sondaggio, sono state eseguite con un'interdistanza fra le misure pari ad 1,0 metro, a partire dal piano campagna fino al fondo foro. In totale sono stati quindi eseguiti 31 metri di carotaggio sismico.



Figura 5.1: rilievo sismico down-hole

6. PROVA SISMICA DOWN-HOLE

La prova down-hole consiste nel determinare la velocità di propagazione delle onde di compressione (onde P) e di taglio (onde S_H), generate in superficie a una distanza nota dal sondaggio meccanico e registrate all'interno del sondaggio stesso appositamente attrezzato.

La prova consiste nel produrre in superficie sollecitazioni verticali per la generazione di onde di compressione P, ed orizzontali per la generazione di onde di taglio polarizzate orizzontalmente S_H e nel registrare l'istante di "primo arrivo" del treno d'onde ad un sistema composto da una terna di geofoni, ancorati a profondità nota nel foro di sondaggio (fig.6.1).

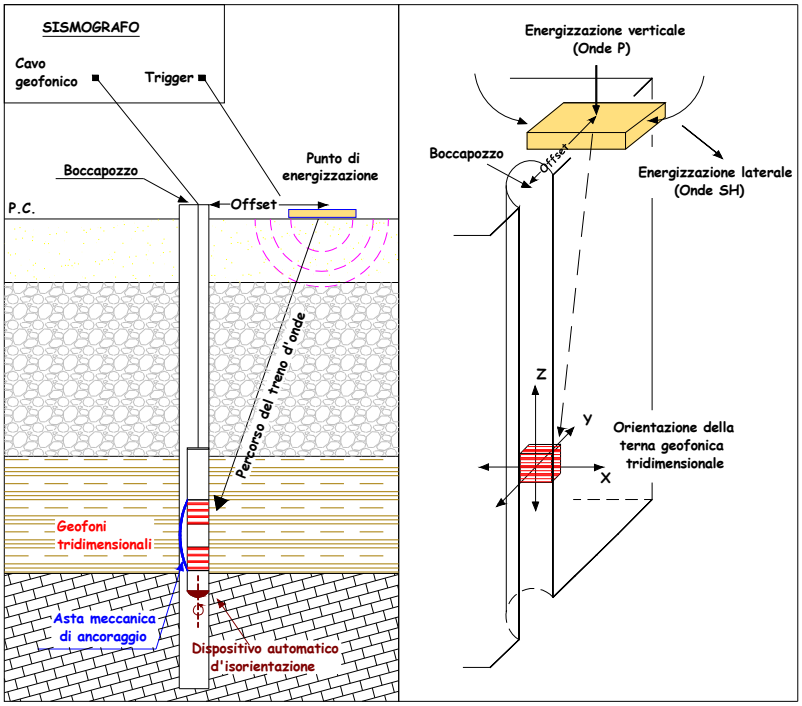


Figura 6.1: Rappresentazione schematica di un carotaggio sismico down-hole.

Conosciuta la distanza tra la sorgente ed i ricevitori e determinato il tempo di propagazione, è possibile stimare in maniera accurata la distribuzione delle velocità sismiche (P e S_H) in corrispondenza della verticale di misura.

Per generare le onde di compressione P è stata utilizzata una massa battente da 6,5 kg. Per la generazione delle onde S_H è stata utilizzata una specifica apparecchiatura ancorata al terreno che ha permesso di compiere delle sollecitazioni secondo le direttrici orizzontali opposte e ripetibili.

Come sistema di ricezione è stata utilizzata una sonda meccanizzata al cui interno sono alloggiati tre geofoni disposti secondo le tre direttrici cartesiane principali. In particolare uno posizionato secondo la verticale e gli altri due ortogonalmente tra loro secondo il piano orizzontale. La direzione dei geofoni orizzontali è garantita da aste che permettono di orientare la sonda secondo la direttrice di energizzazione delle onde S_H. L'aderenza con il rivestimento del foro di sondaggi è garantita da un sistema di ancoraggio pneumatico.

L'acquisizione avviene tramite il sismografo GEODE Geometrics multicanale in grado di registrare su ciascun canale in modo digitale le forme d'onda; inoltre permette di eseguire la somma di più eventi con l'inversione di fase. Questa operazione risulta fondamentale per la registrazione delle onde polarizzate sul piano orizzontale generate in senso opposto. In questo modo è possibile definire l'arrivo delle onde S o di taglio in modo univoco eliminando le onde di compressione P (metodo cross-over).

L'intera prova è stata ottenuta effettuando la misura delle onde P e delle onde S_H per tutta la lunghezza del sondaggio con interdistanza delle misure pari a 1,0 m.

7. METODOLOGIA INTERPRETATIVA

Le onde elastiche si propagano nelle rocce con vari schemi e con diverse velocità. Secondo queste modalità le onde sismiche pertanto sono distinte in longitudinali, trasversali, superficiali (Stoneley, Love, Rayleigh, etc..).

Nelle varie applicazioni della sismica di superficie e anche nei carotaggi sismici, s'impiegano impulsi artificiali d'energizzazione che producono onde elastiche di diversi tipi; tra queste sono prese in esame solo le onde longitudinali o "prime" (P) e quelle trasversali o "seconde" (S).

Occorre ricordare che la componente dell'onda sismica compressionale (P) risulta più veloce dell'altra componente (S) e pertanto l'arrivo di queste onde di taglio deve essere ricercato all'interno del sismogramma registrato.

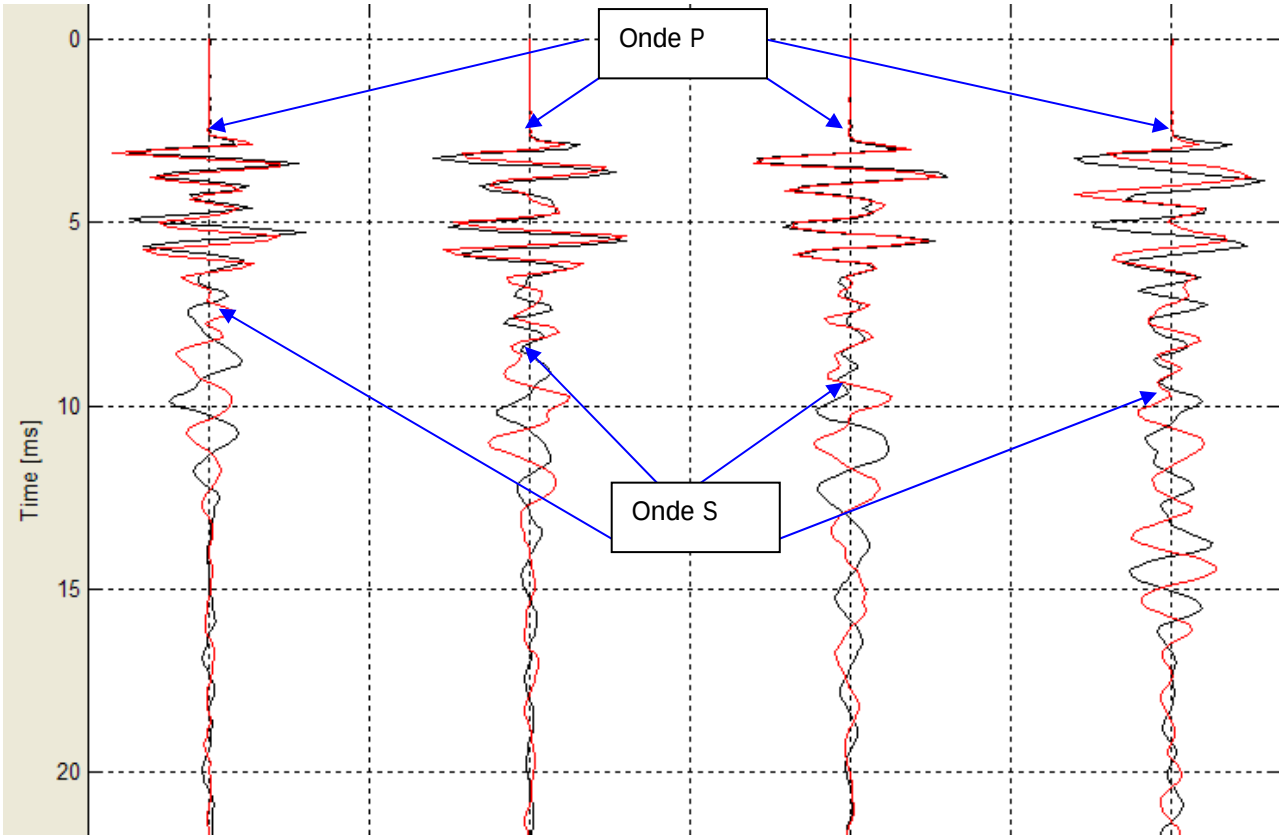


Fig. 7.1: Sismogramma - Identificazione dei tempi onde P e onde Sh

I due tipi di onde, com'è noto, si differenziano per la diversa modalità di deformazione dei terreni durante la loro diffusione: la propagazione delle onde longitudinali avviene mediante compressioni e decompressioni delle rocce, mentre quella delle onde trasversali si basa sulla trasmissione di sforzi di taglio.

Le indagini sismiche in sito hanno permesso di determinare direttamente la velocità di propagazione, all'interno del mezzo in esame, delle onde di compressione (onde "P") e delle onde di taglio (onde "Sh") ed

indirettamente, utilizzando i valori delle velocità acquisite, alcune proprietà meccaniche delle litologie investigate.

Nell'ambito del presente studio si è provveduto alla parametrizzazione dinamica delle litologie del sottosuolo. Nello specifico sono state acquisite misure della velocità delle onde sismiche che hanno permesso di determinare la rigidezza iniziale (G0 o Gmax), ossia la rigidezza a livelli di deformazione molto bassi. Nell'indagine geofisica svolta tale parametrizzazione è stata ottenuta attraverso misure delle onde di compressione (P) e di taglio (S_H), mediante prova sismica tipo down-hole. Per quanto riguarda le principali proprietà dinamiche dei terreni, è opportuno ricordare che per sottosuoli naturali, a causa della rapidità delle azioni e del fatto che questi si trovano per gran parte sotto falda, ci si trova in condizioni di drenaggio impedito e pertanto il fenomeno sismico produce deformazioni volumetriche trascurabili, rispetto a quelle distorsionali. Per questo motivo appare giustificato ricondurre la modellazione meccanica di un fenomeno sismico all'analisi degli effetti prodotti da un insieme d'onde "S", che si propagano dal substrato alla superficie, con un campo di spostamenti del terreno in pratica orizzontale. Tale assunzione è oltretutto giustificata dal fatto che, da un punto di vista ingegneristico, il moto più verosimile ai fini della verifica sismica dei manufatti è quello orizzontale. In tal senso, a livelli di deformazione bassi, è assunta l'ipotesi che il terreno in esame presenti un comportamento tensione-deformazione di tipo elastico lineare (deformazioni inferiori a 10-3 %).

Attraverso i valori di velocità di propagazione delle onde P (Vp) e delle onde S_H (Vs) si sono determinati, in riferimento alla teoria dell'elasticità alcune delle proprietà meccaniche del mezzo attraversato quali:

- il modulo di deformazione a taglio Gmax: $(G = \rho \cdot V_S^2)$
- il modulo di Young E: $E = 2\rho \cdot V_S^2 \cdot (1+\nu)$
- il coefficiente di Poisson v: $\nu = 0.5 \cdot \left(\frac{V_P}{V_S}\right)^2 - 1 \Big/ \left(\frac{V_P}{V_S}\right) - 1$
- il modulo di compressibilità volumetrica E_v.: $E_v = \rho \cdot \left(V_P^2 - \frac{4}{3} V_S^2\right)$

dove: ρ = rappresenta la densità del mezzo;

γ = peso di volume (= ρ . g)

g = l'accelerazione di gravità ;

ν = è il coefficiente di Poisson.

Le velocità delle onde P misurate per terreni perfettamente saturi (Sr = 100%) dipendono talora in maniera decisiva dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale e perciò tali valori possono non essere rappresentativi delle proprietà meccaniche del materiale in questione

secondo le relazioni matematiche espresse in precedenza; invece le velocità delle onde "S" e delle onde di superficie, sono caratteristiche delle vibrazioni trasmesse prevalentemente dal solo scheletro solido e perciò rappresentative delle proprietà meccaniche del terreno. Ne consegue che per alcuni terreni sotto falda le uniche onde in grado di fornire informazioni precise sulla rigidezza del terreno sono quelle di taglio e, subordinatamente, le onde di superficie.

Rilievo sismico in foro Down-Hole

La prova down-hole permette di effettuare la misura diretta in sito della velocità sismica delle onde P e S_H e definire il valore Vs30 per la classificazione dei suoli di fondazione nelle categorie previste dalla normativa antisismica, inoltre indirettamente possono essere calcolati i moduli elastici dinamici dei terreni.

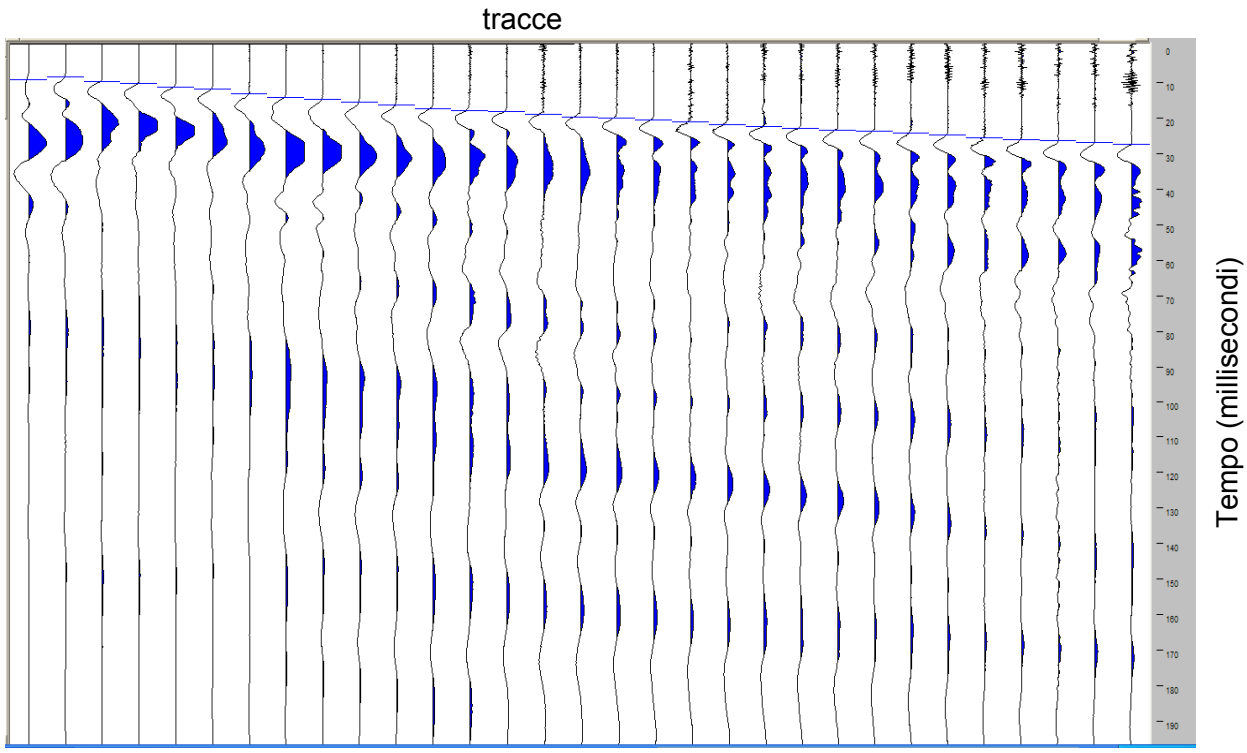


Fig. 7.2 **:** sismogramma completo delle onde P

La fase interpretativa ha visto in prima analisi la composizione del sismogramma completo realizzato scomponendo e assemblando le registrazioni effettuate ogni metro sia delle onde P sia delle onde S_H (figure 7.2 e 7.3). Infatti per avere un buon controllo sulla procedura di lettura dei tempi e valutare al contempo la qualità dei dati sismici acquisiti per tutto il tragitto del sondaggio, i valori numerici dei primi arrivi delle onde sismiche P ed S_H sono stati riportati su diagrammi tracce/tempo ove le varie tracce sono scelte in funzione dell'orientamento del sistema ricevitore/sorgente.

Nel presente rilievo sono stati impiegati rispettivamente fondo scala di 0,5 secondi e passo di campionamento di 0,125 millisecondi.

I tempi relativi alle onde P ed S_H sono stati letti attraverso uno specifico programma di picking SeisOptPicker.

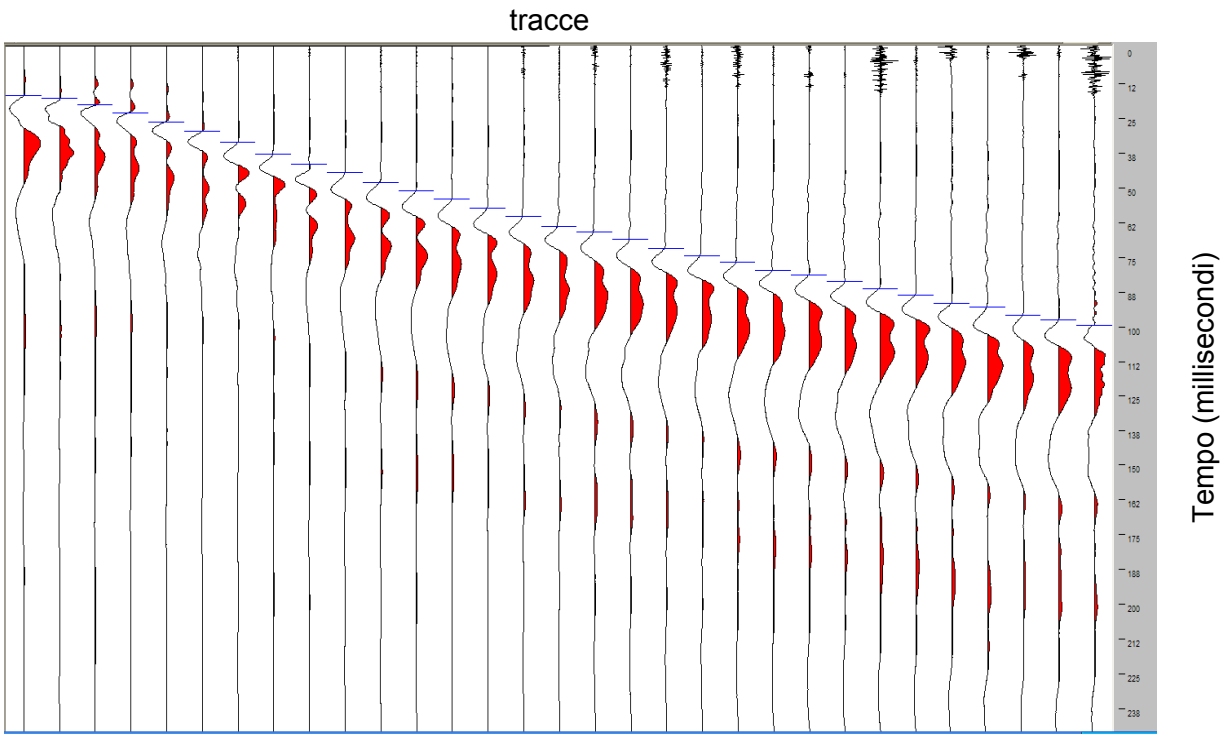


Fig. 7.3 : sismogramma completo delle onde S

Successivamente i tempi d'arrivo delle onde di compressione e di taglio sono stati letti quindi corretti, rispetto alla verticale, e riportati su un diagramma profondità – tempi sui quali sono stati individuati i tratti a pendenza circa costante. Dalla pendenza dei tratti sono state determinate le velocità intervallari delle onde P ed S_H nel terreno.

Tale procedura consente di ottenere così delle forme d'onda più definite nelle ampiezze. In particolare con riferimento alle onde di taglio sono state scelte le tracce riferite alla somma tra la battuta destra e quella sinistra.

I tempi d'arrivo delle onde di compressione e di taglio sono stati quindi corretti, rispetto alla verticale, e riportati su un diagramma profondità – tempi sui quali sono stati individuati i tratti a pendenza circa costante. Dalla pendenza dei tratti sono state determinate le velocità intervallari delle onde P ed SH nel terreno.

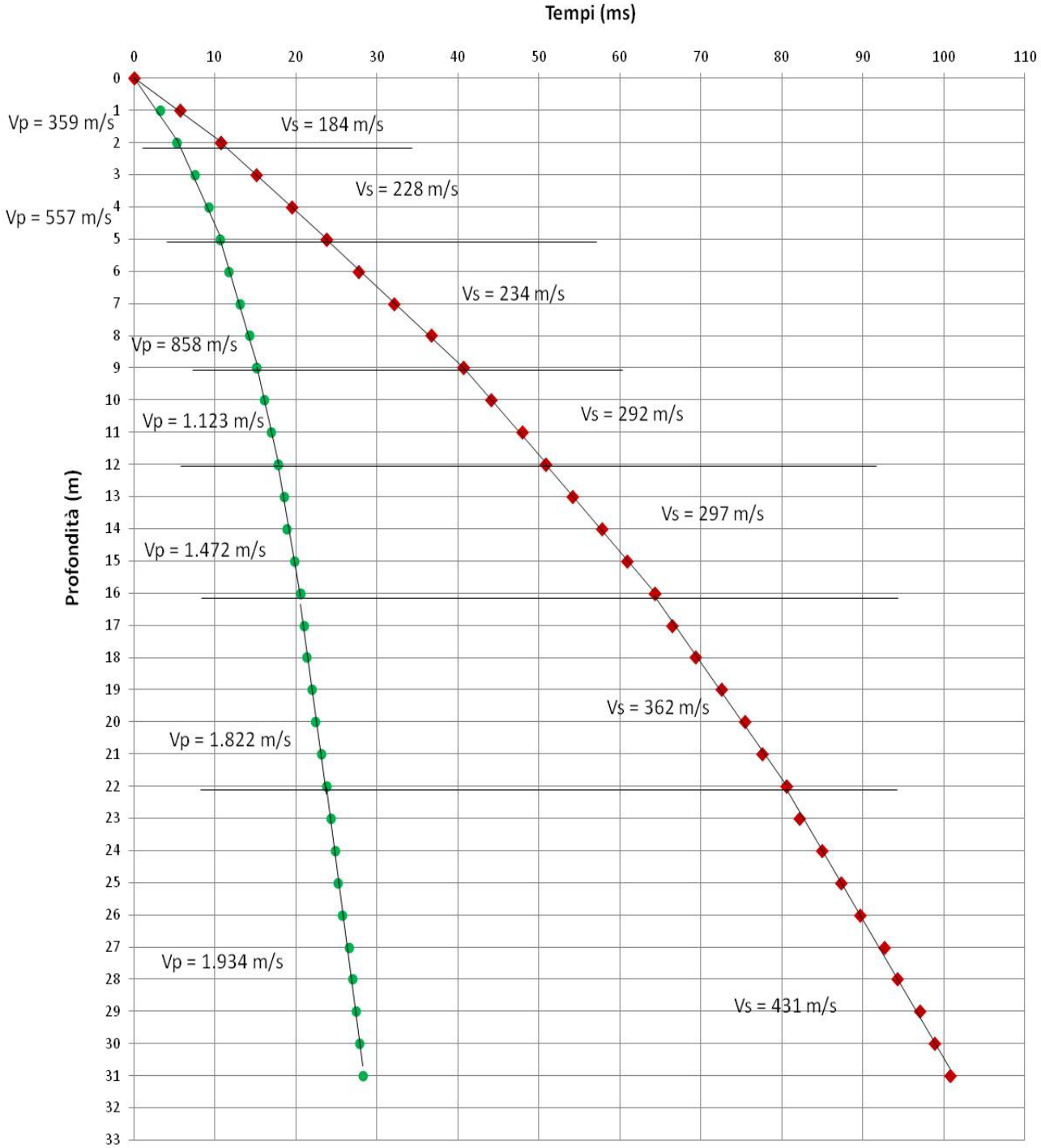
8. RISULTANZE OTTENUTE

L'elaborazione delle misure geofisiche ha permesso di ricostruire la porzione di terreno immediatamente adiacente il sondaggio per una profondità, da piano campagna, di 31 metri. Di seguito si riportano le tabelle con indicazioni dei tempi d'arrivo originali e quelli corretti in funzione della profondità di misura e le dromocrone sismiche delle onde P ed S_H.

prof, m pc	*onde P sperimentali tempo, (ms)*	*onde P tempo corretto, (ms)*	*onde S_H sperimentali tempo, (ms)*	*onde S_H tempo corretto, (ms)*
0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	10.3	3.3	18.0	5.7
2	9.5	5.3	19.3	10.7
3	10.7	7.6	21.4	15.1
4	11.5	9.2	24.4	19.5
5	12.4	10.6	27.8	23.8
6	13.1	11.7	31.0	27.7
7	14.3	13.1	35.0	32.2
8	15.2	14.2	39.2	36.7
9	16.0	15.2	42.9	40.7
10	16.8	16.1	46.1	44.2
11	17.6	17.0	49.7	47.9
12	18.4	17.9	52.4	50.8
13	19.0	18.5	55.6	54.2
14	19.3	18.9	59.1	57.8
15	20.2	19.8	62.1	60.9
16	20.9	20.5	65.4	64.3
17	21.3	21.0	67.5	66.5
18	21.6	21.3	70.3	69.3
19	22.2	21.9	73.4	72.5
20	22.6	22.3	76.3	75.5
21	23.4	23.2	78.4	77.6
22	24.0	23.8	81.3	80.6
23	24.5	24.3	82.9	82.2
24	25.0	24.8	85.6	84.9
25	25.4	25.2	87.9	87.3
26	25.9	25.7	90.3	89.7
27	26.7	26.5	93.2	92.6
28	27.2	27.0	94.8	94.3
29	27.6	27.5	97.5	97.0
30	28.0	27.9	99.3	98.8
31	28.4	28.3	101.2	100.7

I valori dei tempi di transito, sia delle onde P che delle S_H, risultano ben allineati su delle rette con scarsa dispersione.

Dromocrone sismiche in onde P ed SH



Sulla base delle velocità sismiche (P e S_H) è stato possibile calcolare i moduli elastici dinamici dei terreni attraversati secondo lo schema riportato nella stratigrafia del sondaggio. I valori di densità attribuiti a ciascuno strato sono stati desunti da dati reperibili in bibliografia. I risultati sono riportati nella tabella sottostante:

Litotipo	Profondità	densità	V_P	V_{SH}	coeff. Poisson ν	modulo taglio dinamico G	modulo Young E	modulo bulk K
	m	(kN/m^3)	m/s	m/s		(kN/m^2)	(kN/m^2)	(kN/m^2)
sabbia limosa	*0 - 2*	*18.0*	*359*	*184*	*0.32*	*6.21E+04*	*1.64E+05*	*1.54E+05*
argilla limosa	*2 - 5*	*19.0*	*557*	*228*	*0.40*	*1.01E+05*	*2.82E+05*	*4.67E+05*
argilla sabbiosa	*5 - 9*	*19.0*	*858*	*234*	*0.46*	*1.06E+05*	*3.10E+05*	*1.28E+06*
sabbia ghiaiosa argillosa	*9 - 12*	*19.0*	*1123*	*292*	*0.46*	*1.65E+05*	*4.83E+05*	*2.22E+06*
argilla limosa	*12 - 16*	*20.0*	*1472*	*297*	*0.48*	*1.80E+05*	*5.32E+05*	*4.18E+06*
argilla	*16 - 22*	*20.5*	*1822*	*362*	*0.48*	*2.74E+05*	*8.10E+05*	*6.57E+06*
argilla	*22 - 31*	*20.5*	*1934*	*431*	*0.47*	*3.88E+05*	*1.14E+06*	*7.30E+06*

Sulla base delle velocità delle onde di taglio (S_H), è stato inoltre calcolato il valore Vs30, utile per la classificazione dei suoli di fondazione nelle categorie previste dalla normativa antisismica.

In quest'area il valore di Vs30, riferito al piano campagna, risulta pari a **300 m/s**. Si evidenzia, quindi, che l'area in esame può essere collocata, secondo la normativa italiana vigente, in classe **C**.

> *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*

Siena , Dicembre 2016

Il Tecnico

Dott. Geol. Filippo Giorgi



STRATIGRAFIE DA SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO

Committente:

Comune di Monteroni d'Arbia — **Comune di Buonconvento**

Progetto:

Progettazione degli interventi di consolidamento strutturale del ponte sul torrente Sorra in loc. Ponte d'Arbia a confine tra i Comuni di Buonconvento e Monteroni d'Arbia (Codice CIG Z591B7E23C)

CAROTAGGIO NUMERO: **S1**

Località: **Ponte sulla Sorra** - Ponte d'Arbia
Comune di Monteroni d'Arbia

Coordinate ETRF2000: Lon 11.462310°
Lat 43.163295°

Quota : 144.0 m s.l.m.

Data inizio/fine: 12-13 Dicembre 2016
Metodo di perforazione: Sondaggio a carotaggio continuo
Tipo di carotatrice: SONDA CMV MK600F
Note: a 9.5m da p.c. è stata sospesa la perforazione per la notte

Profondità raggiunta : 31m da pc

Sondaggio eseguito da:

Descritto da:

GEOTECNICA LAVORI S.R.L.
VIA DELLA SCIENZA, 50 - PONTE S. GIOVANNI (PG)
PARTITA IVA N. 01971610546 - C.C.I.A.A. N. 171646

GEOLOGIA GEOFISICA GIS

DOTT. GEOL. DUCCIO NOTARI
VIA VALLEPIATTA 22, 53100 SIENA
3332113300, DUCCIO@GEONOTARI.IT
WWW.GEONOTARI.IT

Quota relativa p.c. (m)	Colonna stratigrafica	Campione (C.I. indisturbato, C.SI. semi ind., C.R. rimaneggiato)	R.Q.D. 25 50 75	% Recupero 25 50 75	Album fotografico	Falda	Descrizione litologica
0.00 – 10.00		C.I.					Da *m 0.00 a m 0.50* - **Suolo argilloso** color nocciola, compatto Da *m 0.50 a m 1.00* - **Sabbia limosa** di colore nocciola asciutta Da *m 1.00 a m 1.70* - **Argilla limosa** di colore nocciola asciutta Da *m 1.70 a m 5.00* - **Argilla limosa** di colore nocciola umida Da *m 1.70 a m 5.00* - **Argilla** di colore nocciola umida, con livelli a maggiore componente limosa/sabbiosa di massimo 10cm CAMPIONE C1 Da *m 5.50 a m 5.95* - Prova SPT in **Argilla sabbiosa** (4.4.7) Da *m 5.95 a m 8.00* - **Sabbia argillosa** di colore nocciola Da *m 8.00 a m 8.45* - Prova SPT in **Argilla sabbiosa** (3.6.11) Da *m 8.45 a m 9.10* - **Argilla sabbiosa** di colore nocciola Da *m 9.10 a m10.10* - **Sabbia ghiaiosa** di colore grigio, con ciottoli fino a centimetrici e basse percentuali di matrice limosa

Committente:

Comune di Monteroni d'Arbia — **Comune di Buonconvento**

Progetto:

Progettazione degli interventi di consolidamento strutturale del ponte sul torrente Sorra in loc. Ponte d'Arbia a confine tra i Comuni di Buonconvento e Monteroni d'Arbia (Codice CIG Z591B7E23C)

CAROTAGGIO NUMERO: **S1**

Località: **Ponte sulla Sorra** - Ponte d'Arbia
Comune di Monteroni d'Arbia

Coordinate ETRF2000: Lon 11.462310°
Lat 43.163295°

Quota : 144.0 m s.l.m.

Data inizio/fine: 12-13 Dicembre 2016
Metodo di perforazione: Sondaggio a carotaggio continuo
Tipo di carotatrice: SONDA CMV MK600F
Note: eseguito un lavaggio alla quota di 15.7m da p.c.

Profondità raggiunta : 31m da pc

Sondaggio eseguito da:

Descritto da:

GEOTECNICA LAVORI S.R.L.
VIA DELLA SCIENZA, 50 - PONTE S. GIOVANNI (PG)
PARTITA IVA N. 01971610546 - C.C.I.A.A. N. 171646

DOTT. GEOL. DUCCIO NOTARI
VIA VALLEPIATTA 22, 53100 SIENA
3332113300, DUCCIO@GEONOTARI.IT
WWW.GEONOTARI.IT

Quota relativa p.c. (m)	Colonna stratigrafica	Campione (C.I. indisturbato, C.SI. semi ind., C.R. rimaneggiato)	R.Q.D. 25 50 75	% Recupero 25 50 75	Album fotografico	Falda	Descrizione litologica
10.00 – 20.00		C.I.					Da *m 10.10 a m12.80* - **Sabbia Argillosa** di colore grigio, più compatta della soprastante, con livelletti con ciottoli fino mezzo centimetro Da *m 12.80 a m13.50* - **Argilla limosa** di colore grigio, con presenza di ciottoli a circa m13.40 CAMPIONE C2, forte resistenza all'infissione Da *m 13.80 a m15.70* - **Argilla** di colore grigio Da *m 15.70 a m31.00* - **Argilla** compatta di colore grigio con livelletti a maggiore componente sabbiosa e limosa

Committente:

Comune di Monteroni d'Arbia — **Comune di Buonconvento**

Progetto:

Progettazione degli interventi di consolidamento strutturale del ponte sul torrente Sorra in loc. Ponte d'Arbia a confine tra i Comuni di Buonconvento e Monteroni d'Arbia (Codice CIG Z591B7E23C)

CAROTAGGIO NUMERO: **S1**

Località: **Ponte sulla Sorra** - Ponte d'Arbia
Comune di Monteroni d'Arbia

Coordinate ETRF2000: Lon 11.462310°
Lat 43.163295°

Quota : 144.0 m s.l.m.

Data inizio/fine: 12-13 Dicembre 2016
Metodo di perforazione: Sondaggio a carotaggio continuo
Tipo di carotatrice: SONDA CMV MK600F
Note:

Profondità raggiunta : 31m da pc

Sondaggio eseguito da:

Descritto da:

GEOTECNICA LAVORI S.R.L.
VIA DELLA SCIENZA, 50 - PONTE S. GIOVANNI (PG)
PARTITA IVA N. 01971610546 - C.C.I.A.A. N. 171646

DOTT. GEOL. DUCCIO NOTARI
VIA VALLEPIATTA 22, 53100 SIENA
3332113300, DUCCIO@GEONOTARI.IT
WWW.GEONOTARI.IT

Quota relativa p.c. (m)	Colonna stratigrafica	Campione (C.I. indisturbato, C.SI. semi ind., C.R. rimaneggiato)	R.Q.D. 25 50 75	% Recupero 25 50 75	Album fotografico	Falda	Descrizione litologica
20.00 – 30.00							Da *m 15.70 a m31.00* - **Argilla** compatta di colore grigio con livelletti a maggiore componente sabbiosa e limosa

Committente:

Comune di Monteroni d'Arbia — **Comune di Buonconvento**

Progetto:

Progettazione degli interventi di consolidamento strutturale del ponte sul torrente Sorra in loc. Ponte d'Arbia a confine tra i Comuni di Buonconvento e Monteroni d'Arbia (Codice CIG Z591B7E23C)

CAROTAGGIO NUMERO: **S1**

Località: **Ponte sulla Sorra** - Ponte d'Arbia
Comune di Monteroni d'Arbia

Coordinate ETRF2000: Lon 11.462310°
Lat 43.163295°

Quota : 144.0 m s.l.m.

Data inizio/fine: 12-13 Dicembre 2016

Metodo di perforazione: Sondaggio a carotaggio continuo

Tipo di carotatrice: SONDA CMV MK600F

Note:

Profondità raggiunta : 31m da pc

Sondaggio eseguito da:

Descritto da:

GEOTECNICA LAVORI S.R.L.
VIA DELLA SCIENZA, 50 - PONTE S. GIOVANNI (PG)
PARTITA IVA N. 01971610546 - C.C.I.A.A. N. 171646

DOTT. GEOL. DUCCIO NOTARI
VIA VALLEPIATTA 22, 53100 SIENA
3332113300, DUCCIO@GEONOTARI.IT
WWW.GEONOTARI.IT

Quota relativa p.c. (m)	Colonna stratigrafica	Campione (C.I. indisturbato, C.SI. semi ind., C.R. rimaneggiato)	R.Q.D. 25 50 75	% Recupero 25 50 75	Album fotografico	Falda	Descrizione litologica
30.00 31.00							Da *m 15.70 a m31.00* - **Argilla** compatta di colore grigio con livelletti a maggiore componente sabbiosa e limosa **Fine carotaggio**

Dott. Geol.
Duccio Notari

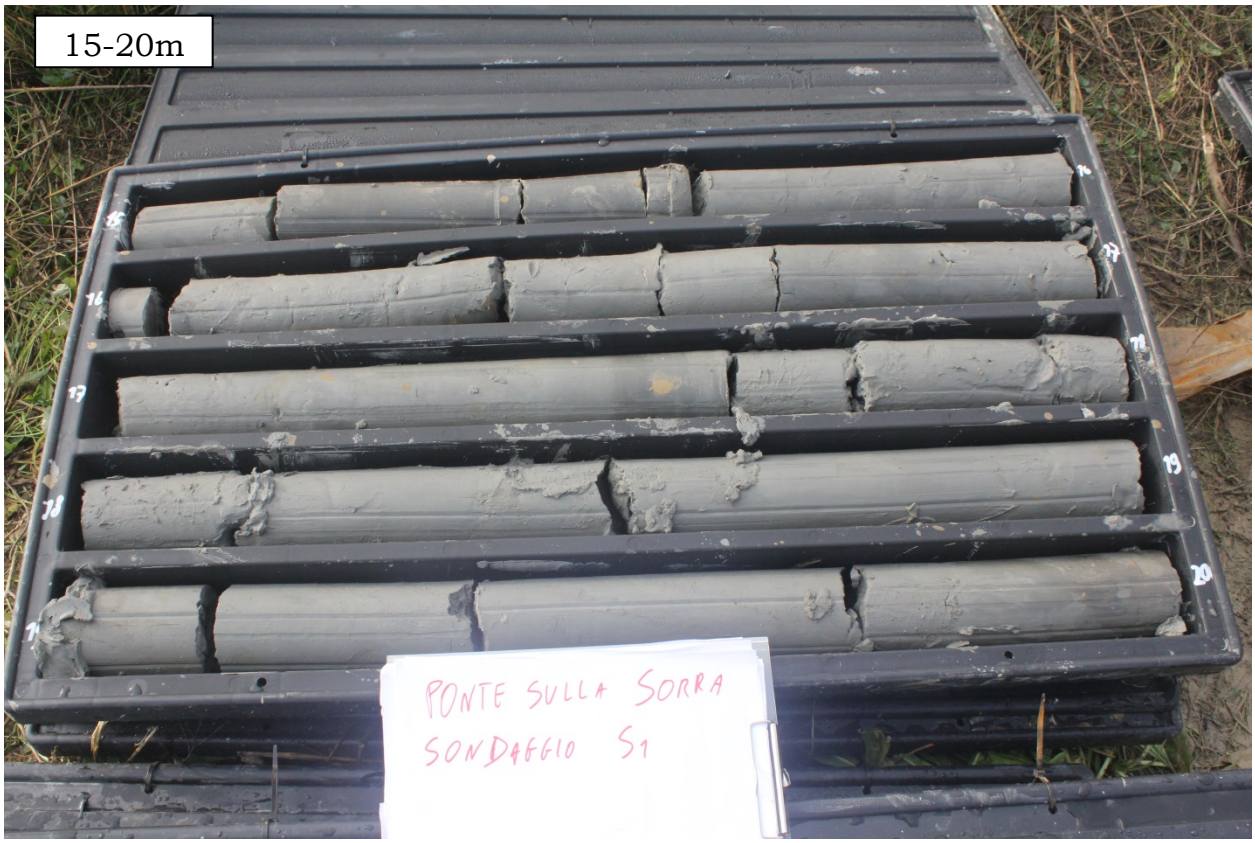


DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA CASSETTE CATALOGATRICI


0-5m
PONTE SULLA SORRA
SONDAGGIO S1


5-10m
SPT. 3-6-11.
PONTE SULLA SORRA
SONDAGGIO S1


10-15m
CAMPIONE


15-20m
PONTE SULLA SORRA
SONDAGGIO S1


20-25m
PONTE SULLA SORRA
SONDAGGIO S1


25-30m
PONTE SULLA SORRA
SONDAGGIO S1


30-31m
PONTE SULLA SORRA
SONDAGGIO S1



CERTIFICATI PROVE DI LABORATORIO

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici:Via Sangallo110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www. pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

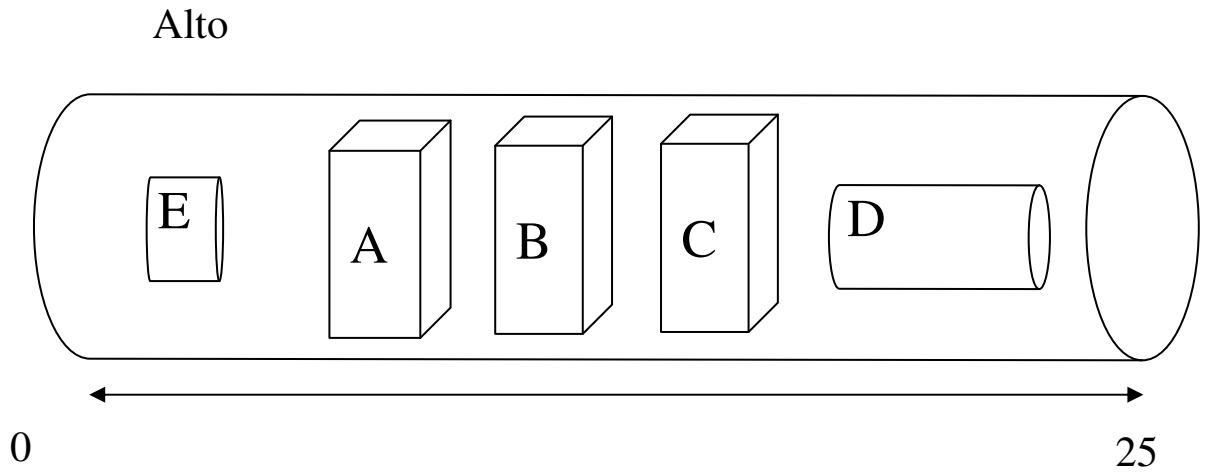
Apertura e descrizione Campione (Racc. AGI 1977)

Committente:	Studio di Ingegneria Dott. Zanchi		
Cantiere:	Ponte d'Arbia (SI) Ponte sulla Sorra		
Data consegna:	19/12/2016	*Data apertura:*	19/12/2016
V.Acc. N.	245/16	*del*	19/12/2016
Sigla:	C1		
Prof. (m):	5.0-5.50		
Tipo di campione		Camp. Shelby	
Qualità campione (se dichiarata):		n.d.	

A	*Provino per:*	Taglio diretto
B	*Provino per:*	Taglio diretto
C	*Provino per:*	Taglio diretto
D	*Provino per:*	E.L.L.
E	*Provino per:*	Edometria

Descrizione visuale:
Limo debolmente sabbioso marrone
(Rif. Munsell 10YR5/3 Brown)

Prove richieste:
Compressione semplice
Prova di taglio diretto Casagrande



PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici:Via Sangallo110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Prova di Compressione semplice (UNI CEN ISO/TS 17892-7:2005)

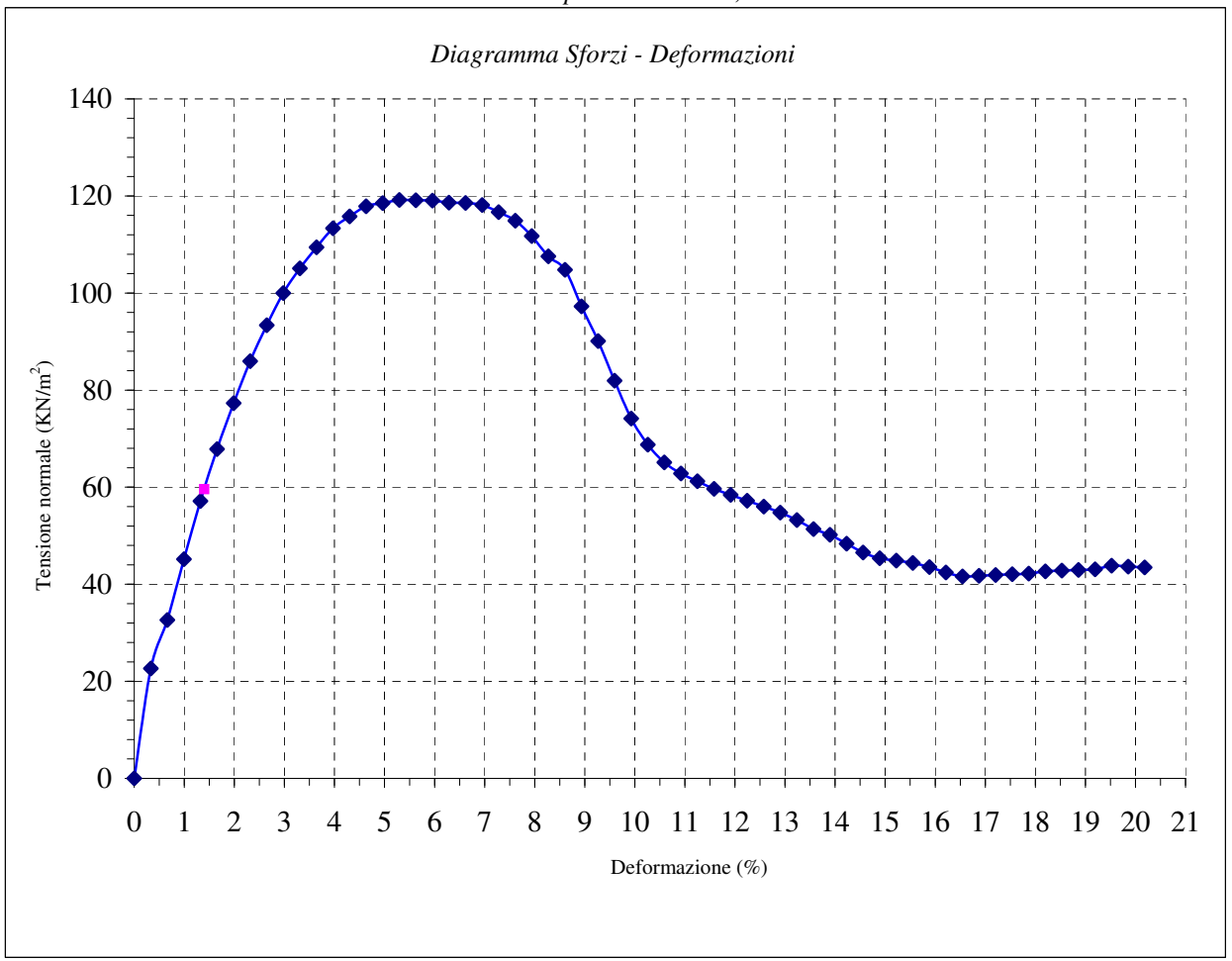
Committente Studio di Ingegneria Dott. Zanchi
Cantiere Ponte d'Arbia (SI) Ponte sulla Sorra
Data consegna campione 19/12/2016
Data apertura campione 19/12/2016
V.Acc. N. 245/16 *del* 19/12/2016
Sigla C1
Profondità (m) 5.0-5.50

Descrizione: Limo debolmente sabbioso marrone
(Rif. Munsell 10YR5/3 Brown)

Data inizio prova 19/12/2016
Data fine prova 19/12/16

Umidità media del campione		W (%)	23.36%
Umidità del provino		W (%)	22.83%
Massa volumica app.		ρ (Mg/m^3)	1.997
M. volumica app. secca		ρd (Mg/m^3)	1.626
Dimensioni provino:	*D;h*	35*76	mm





Certificato Ufficiale N° 565 pag. 1 di 1 **Data Certificato 30/12/2016**

Documento con firma digitale avanzata ai sensi della normativa vigente

Prova di Compressione semplice: interpretazione risultati

Committente	Studio di Ingegneria Dott. Zanchi	Umidità med. campione	W (%)	23.36%
Cantiere	Ponte d'Arbia (SI) Ponte sulla Sorra	Massa volumica app.	ρ (Mg/m^3)	2.00
Sigla	C1	M. volumica app. secca	ρd (Mg/m^3)	1.63
Profondità (m)	5.0-5.50			

Resistenza al Taglio non drenata Su	119.181	(KN/m^2)
Coesione non drenata Cu (assunta come 1/2 Su)	59.590	(KN/m^2)
Modulo di Young	6849	(KN/m^2)
Modulo secante EU50	4259	(KN/m^2)

PANGEO

PANGEO s.n.c. di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici:Via Sangallo110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www. pangeo.it
C.F. P. IVA e Reg. Imprese CCIAA SI 0087076 052 7 - REA SI 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

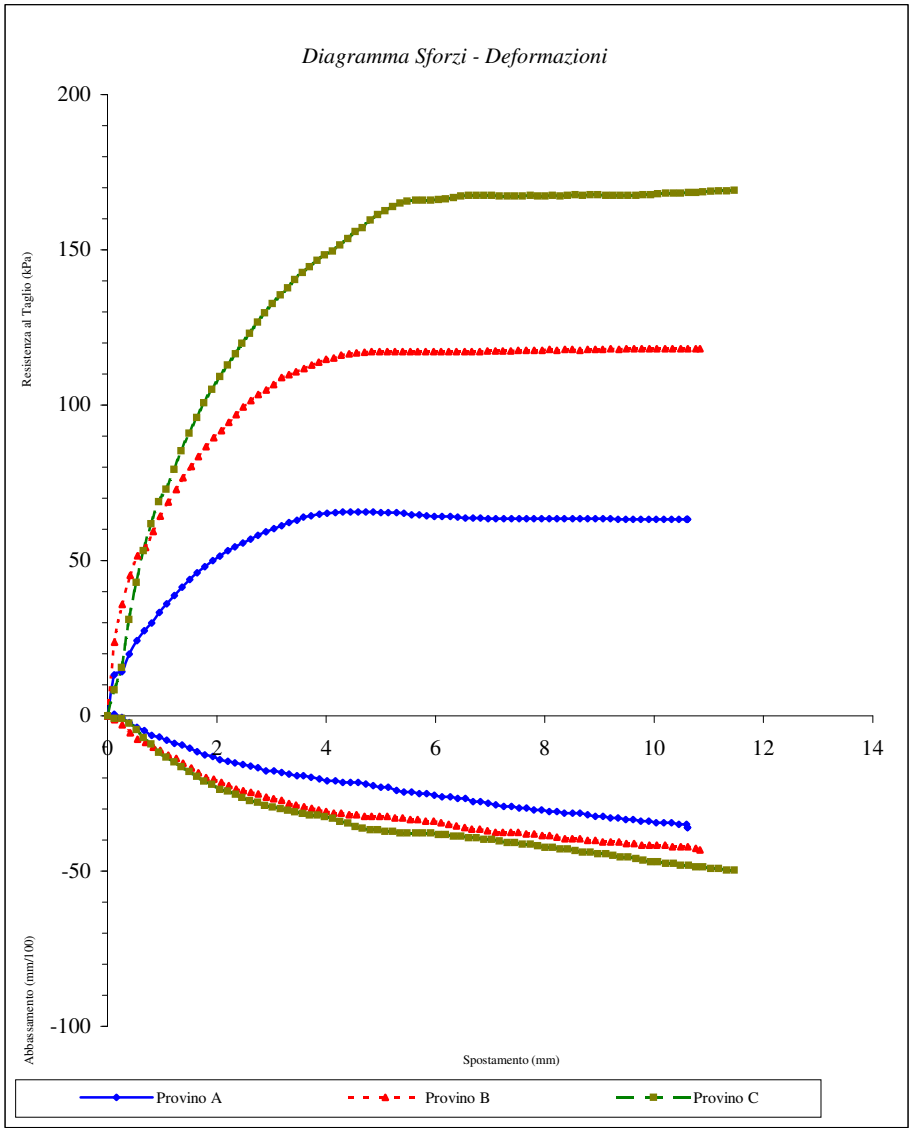
Prova di Taglio Diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10:2005)

Committente: Studio di Ingegneria Dott. Zanchi
Cantiere: Ponte d'Arbia (SI) Ponte sulla Sorra
Data consegna campione: 19/12/2016
Data apertura campione: 19/12/2016
Verb. Acc. N. 245/16 *del* 19/12/2016
Sigla: C1
Prof: (m) 5.0-5.50

Descrizione Limo debolmente sabbioso marrone
(Rif. Munsell 10YR5/3 Brown)

Data inizio prova 19/12/2016
Data fine prova 21/12/16

Velocità di deform. media : *(mm/min)* 0.002
Dimensione dei provini(L,l,h) : *(mm)* *60*60*20*
Umidità media del campione: 23.4%



Provino			A	B	C
Umidità naturale	W in.	Iniziale	23.92%	23.09%	22.96%
Umidità naturale	W fin.	finale	21.11%	19.02%	18.92%
Massa volumica apparente		ρ (Mg/m³)	1.98	2.04	2.04
Massa volumica apparente secca		ρd (Mg/m³)	1.60	1.65	1.66

Certificato Ufficiale n° 566 pag. 1 di 1 **Data Certificato: 30/12/2016**

Documento con firma digitale avanzata ai sensi della normativa vigente

Prova di Taglio diretto: interpretazione risultati

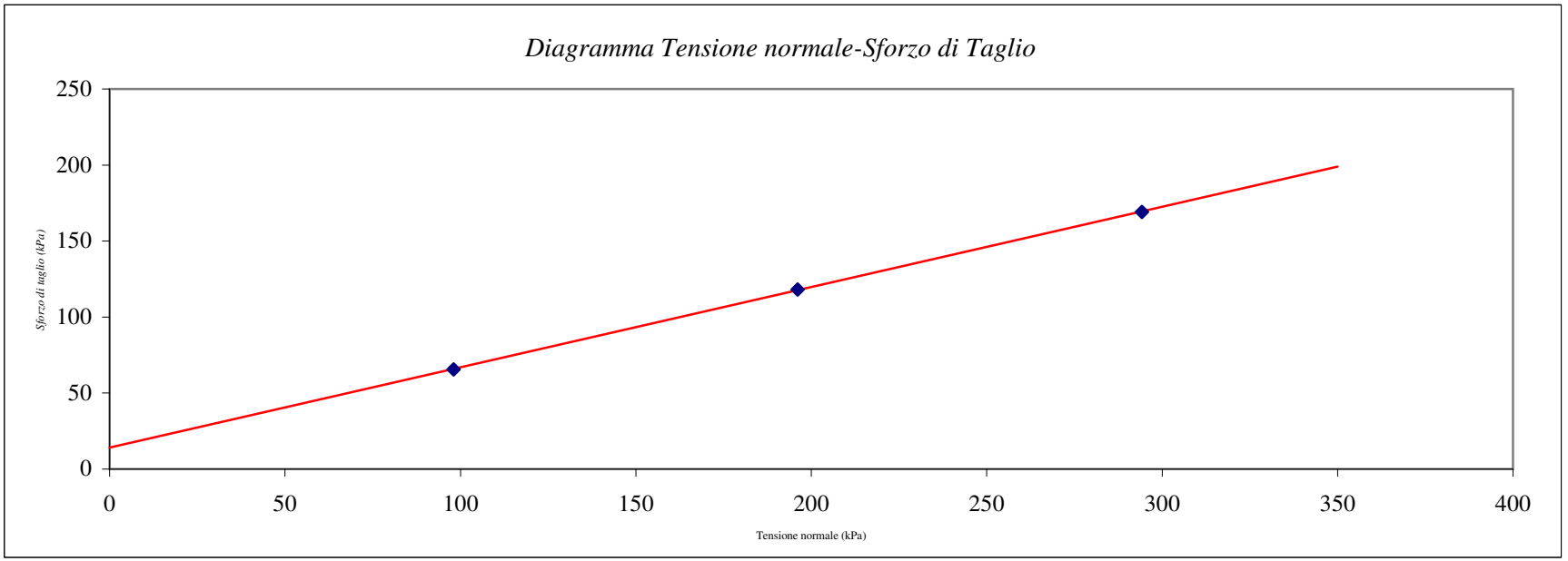
Committente: Studio di Ingegneria Dott. Zanchi
Cantiere: Ponte d'Arbia (SI) Ponte sulla Sorra
Sigla: C1

Prof: (m) 5.0-5.50

Massa volumica apparente media	ρ (Mg/m^3)	2.02
Massa volumica apparente secca media	ρd (Mg/m^3)	1.64
Umidità media del campione (%)		23.36%

Provino		A	B	C
Tensione verticale σv (kPa)		98.07	196.14	294.21
Valori di picco	Sforzo di taglio max. τf (kPa)	65.64	118.15	169.21
	Spostamento (mm)	4.302	9.207	11.462
	Abbassamento (mm)	-0.214	-0.407	-0.497

Attrito Interno ϕ'	27.8°
Coesione c' (kPa)	14.096



PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici:Via Sangallo110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www. pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

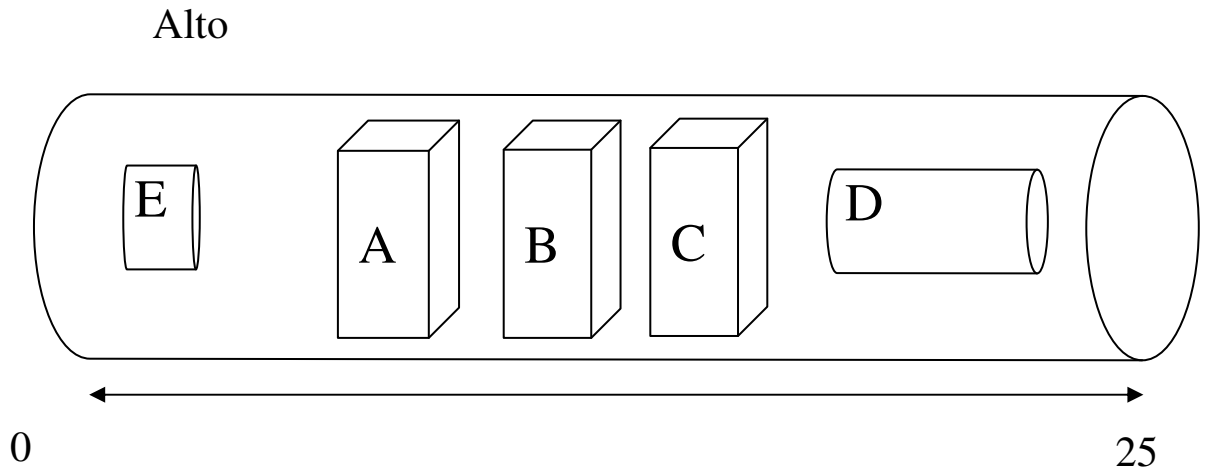
Apertura e descrizione Campione (Racc. AGI 1977)

Committente:	Studio di Ingegneria Dott. Zanchi		
Cantiere:	Ponte d'Arbia (SI) Ponte sulla Sorra		
Data consegna:	19/12/2016	*Data apertura:*	19/12/2016
V.Acc. N.	246/16	*del*	19/12/2016
Sigla:	C2		
Prof. (m):	13.50-13.80		
Tipo di campione		Camp. Shelby	
Qualità campione (se dichiarata):		n.d.	

A	*Provino per:*	Taglio diretto
B	*Provino per:*	Taglio diretto
C	*Provino per:*	Taglio diretto
D	*Provino per:*	E.L.L.
E	*Provino per:*	Edometria

Descrizione visuale:
Argilla a tratti limosa a tratti limo sabbiosa grigio
(Rif. Munsell N5/Gray)
varvata

Prove richieste:
Prova di Compressione Edometrica
Compressione semplice
Prova di taglio diretto Casagrande



PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici:Via Sangallo110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Prova Edometrica (UNI CEN ISO/TS 17892-5:2005)

Committente: Studio di Ingegneria Dott. Zanchi

Cantiere: Ponte d'Arbia (SI) Ponte sulla Sorra

Data consegna campione: 19/12/2016
Data apertura campione: 19/12/2016
V.Acc. N. 246/16 *del* 19/12/2016
Sigla: C2
Profondità (m): 13.50-13.80

Descrizione: Argilla a tratti limosa a tratti limo sabbiosa grigio (Rif. Munsell N5/Gray)

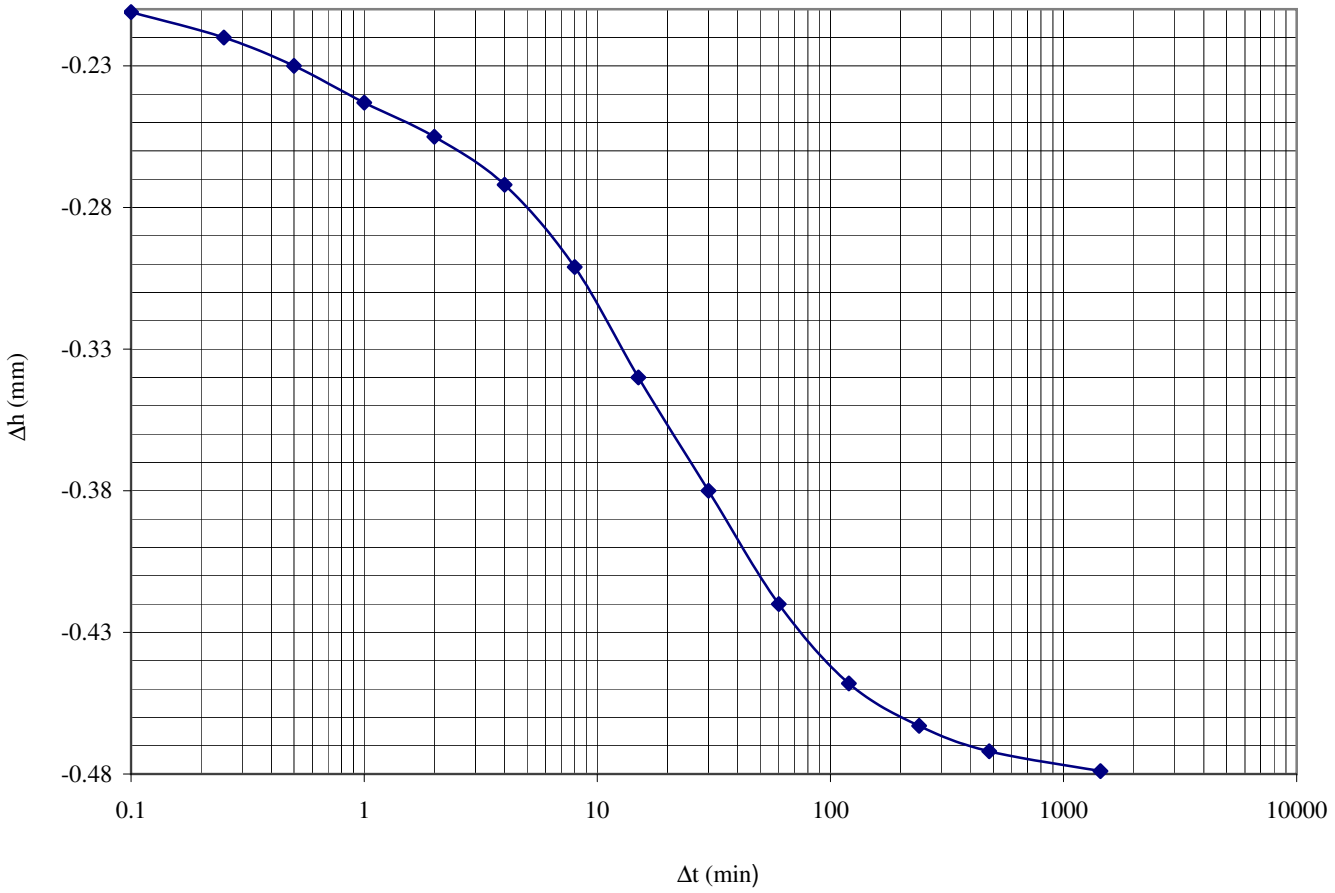
Data inizio prova: 19/12/2016
Data fine prova: 02/01/2017

Intervallo di carico

da 98.07 KN/m^2
a 196.14 KN/m2

Δt (min)	Δh (mm)
0.1	-0.211
0.25	-0.22
0.5	-0.23
1	-0.243
2	-0.255
4	-0.272
8	-0.301
15	-0.34
30	-0.38
60	-0.42
120	-0.448
240	-0.463
480	-0.472
1440	-0.479

Diagramma Cedimenti-Log Tempo



Certificato Ufficiale n° 567 pag. 3 di 3 Data Certificato 30/12/2016

Documento con firma digitale avanzata ai sensi della normativa vigente

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici:Via Sangallo110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Prova Edometrica (UNI CEN ISO/TS 17892-5:2005)

Committente: Studio di Ingegneria Dott. Zanchi

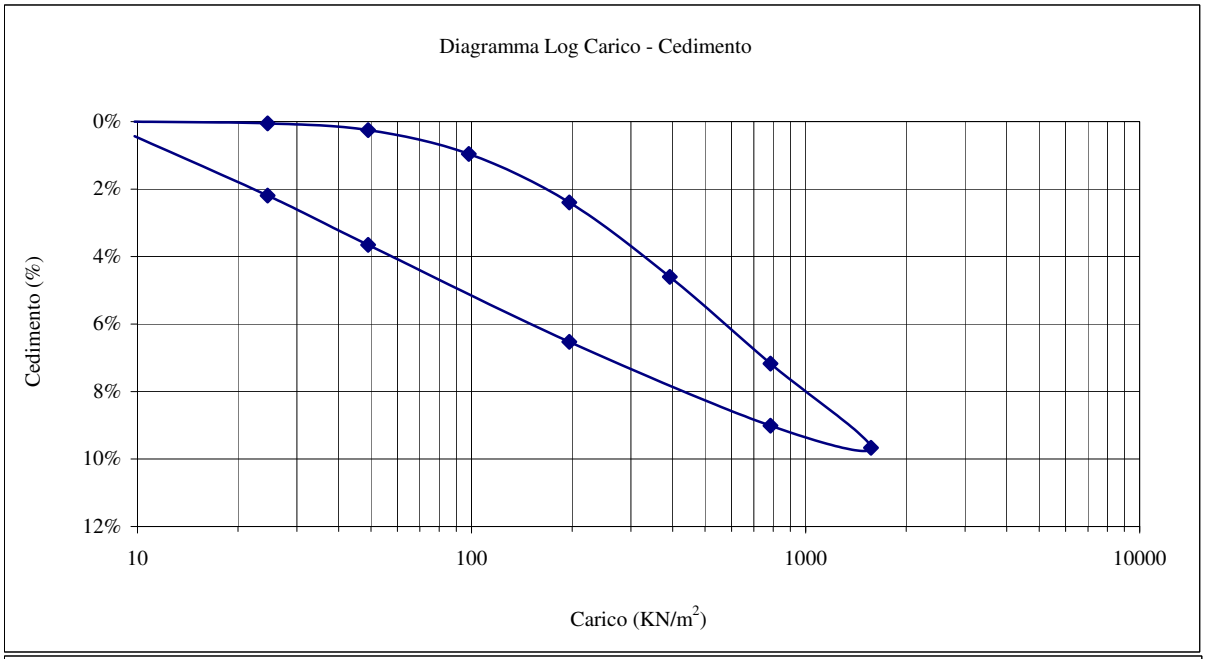
Cantiere: Ponte d'Arbia (SI) Ponte sulla Sorra
Data consegna campione: 19/12/2016
Data apertura campione: 19/12/2016
V.Acc. N. 246/16 *del* 19/12/2016
Sigla: C2
Profondità (m): 13.50-13.80

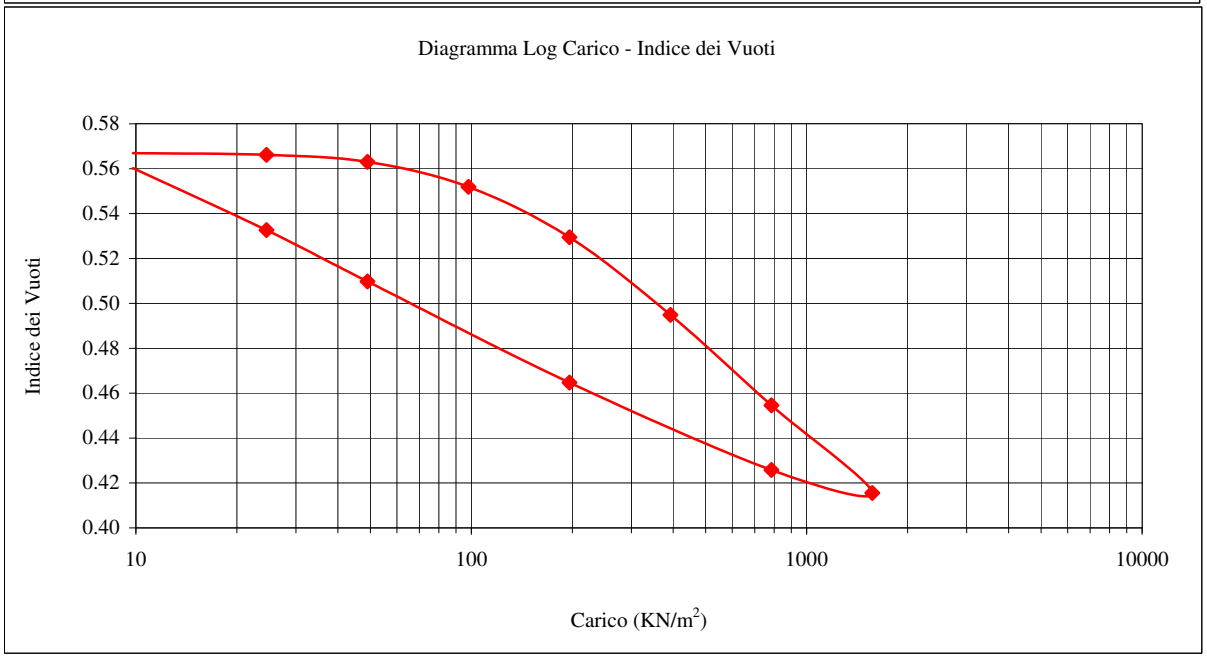
Descrizione: Argilla a tratti limosa a tratti limo sabbiosa grigio
(Rif. Munsell N5/Gray)

Data inizio prova: 19/12/2016
Data fine prova: 02/01/2017

Umidità
W iniziale: 17.57%
W finale: 22.67%

M. Volum. apparente:	ρ	2.033	Mg/m^3
Densità secca:	ρd	1.672	Mg/m^3
Indice dei Vuoti iniziale:	e0	0.567	
Gravità Specifica (a 20°C)		2.624	
Dimensioni provino:	*D;h*	70*20	mm





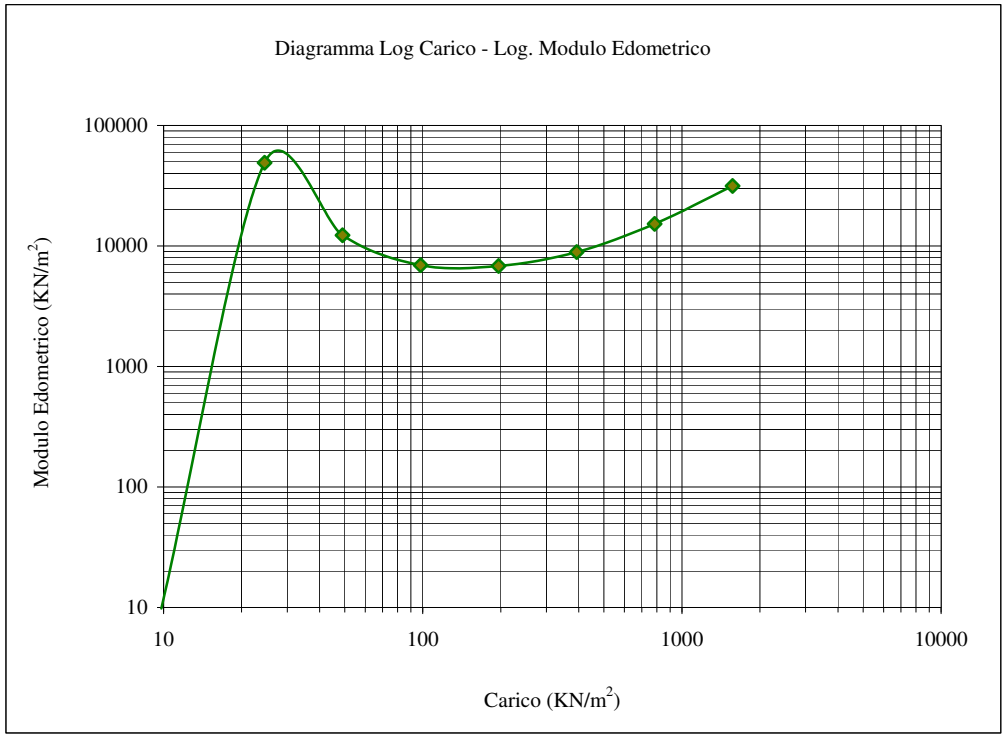
Documento con firma digitale avanzata ai sensi della normativa vigente

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici:Via Sangallo110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Prova Edometrica (UNI CEN ISO/TS 17892-5:2005)

Committente: Studio di Ingegneria Dott. Zanchi
Cantiere: Ponte d'Arbia (SI) Ponte sulla Sorra
Data consegna campione: 19/12/2016
V.Acc. N. 246/16 *del* 19/12/2016
Sigla: C2
Profondità (m): 13.50-13.80
Descrizione: Argilla a tratti limosa a tratti limo sabbiosa grigio (Rif. Munsell N5/Gray)

Data inizio prova: 19/12/2016
Data fine prova: 02/01/2017



σ v (KN/ m²) da	a	ΔH (cm)	ΔH/H0 %	e (-)	mv (m²/KN)	Med (KN/m²)	av (m²/KN)
0	24.518	0.001	0.050%	0.566	0.00002	49035	0.00003
24.518	49.035	0.005	0.250%	0.563	0.00008	12259	0.00013
49.035	98.07	0.019175	0.959%	0.552	0.00014	6918	0.00023
98.07	196.14	0.0479	2.395%	0.529	0.00015	6828	0.00023
196.14	392.28	0.092	4.600%	0.495	0.00011	8895	0.00018
392.28	784.56	0.1434	7.170%	0.455	0.00007	15264	0.00010
784.56	1569.1	0.1933	9.665%	0.416	0.00003	31445	0.00005
1569.12	784.56	0.1802	9.010%	0.426			
784.56	196.14	0.1305	6.525%	0.465	0.00004	23679	0.00007
196.14	49.035	0.073	3.650%	0.510	0.00020	5117	0.00031
49.035	24.518	0.0438	2.190%	0.533	0.00060	1679	0.00093
24.5175	9.807	0.0086	0.430%	0.560	0.00120	836	0.00187

Documento con firma digitale avanzata ai sensi della normativa vigente

Prova Edometrica: Interpretazione risultati

Committente: Studio di Ingegneria Dott. Zanchi

Cantiere: Ponte d'Arbia (SI) Ponte sulla Sorra
Sigla: C2
Profondità (m): 13.50-13.80

Indice di compressione Cc:	0.132	Rapporto di compressione CR	0.084
Indice di ricompressione Cr:	0.0104	Rapporto di ricompressione RR	0.0066
Indice di rigonfiamento Cs:	0.065	Rapporto di rigonfiamento SR	0.041

Umidità

W iniziale:	17.57%
W finale:	22.67%

M. Volum. apparente:	ρ	2.033	Mg/m3
Densità secca:	ρδ	1.672	Mg/m3
Indice dei Vuoti iniziale:	e0	0.567	
Gravità Specifica (a 20°C)		2.624	

Calcolo di Cv (Metodo di Casagrande)
e del Coefficiente di Permeabilità

Int carico (KPa)	Cv cm2/sec	K cm/sec
100-200	2.91E-04	4.16E-09

PANGEO S.n.c.
di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici:Via Sangallo110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www.pangeo.it
P. I.V.A. 0087076 052 7 Iscr. C.C.I.A.A n° 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

Prova di Compressione semplice (UNI CEN ISO/TS 17892-7:2005)

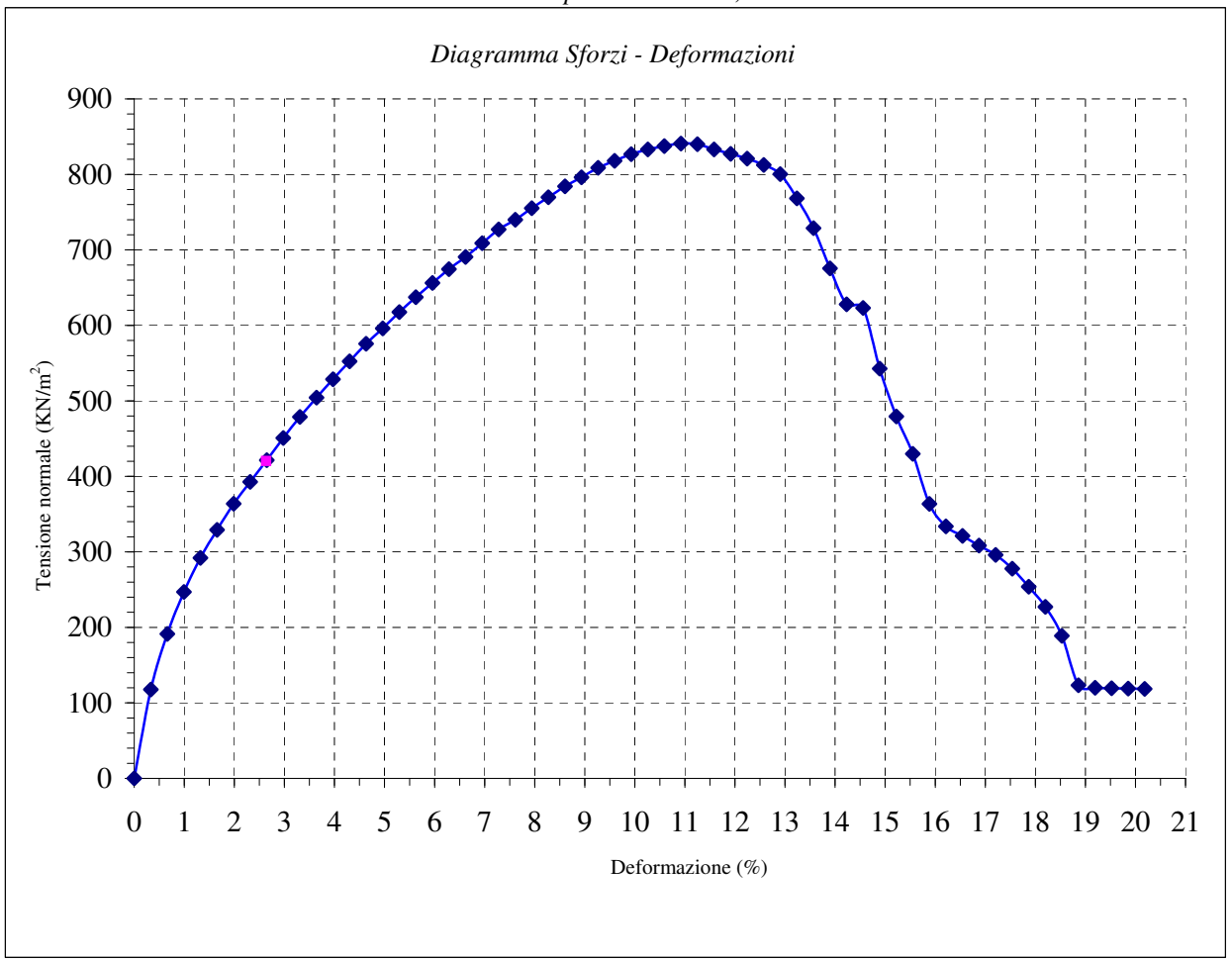
Committente Studio di Ingegneria Dott. Zanchi
Cantiere Ponte d'Arbia (SI) Ponte sulla Sorra
Data consegna campione 19/12/2016
Data apertura campione 19/12/2016
V.Acc. N. 246/16 *del* 19/12/2016
Sigla C2
Profondità (m) 13.50-13.80

Descrizione: Argilla a tratti limosa a tratti limo sabbiosa grigio (Rif. Munsell N5/Gray)

Data inizio prova 19/12/2016
Data fine prova 19/12/16

Umidità media del campione	W (%)	17.57%
Umidità del provino	W (%)	19.89%
Massa volumica app.	ρ (Mg/m^3)	2.120
M. volumica app. secca	ρd (Mg/m^3)	1.769
Dimensioni provino: D;h		35*76 mm





Certificato Ufficiale N° 568 pag. 1 di 1 **Data Certificato 30/12/2016**

Documento con firma digitale avanzata ai sensi della normativa vigente

Prova di Compressione semplice: interpretazione risultati

Committente	Studio di Ingegneria Dott. Zanchi	Umidità med. campione	W (%)	17.57%
Cantiere	Ponte d'Arbia (SI) Ponte sulla Sorra	Massa volumica app.	ρ (Mg/m^3)	2.12
Sigla	C2	M. volumica app. secca	ρd (Mg/m^3)	1.77

Profondità (m) 13.50-13.80

Resistenza al Taglio non drenata Su	840.836 (KN/m^2)
Coesione non drenata Cu (assunta come 1/2 Su)	420.418 (KN/m^2)
Modulo di Young	35549 (KN/m^2)
Modulo secante EU50	15948 (KN/m^2)

PANGEO

PANGEO s.n.c. di Campatelli Leonardo & C.
Laboratorio e Uffici:Via Sangallo110/A - 53036 Poggibonsi (SI)
Tel 0577983450 - Fax 0577997537- www. pangeo.it
C.F. P. IVA e Reg. Imprese CCIAA SI 0087076 052 7 - REA SI 96924
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti con Decreto N.54065 del 07/11/2005
Settore A: Prove di Laboratorio su terreni (ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. n° 246/1993)

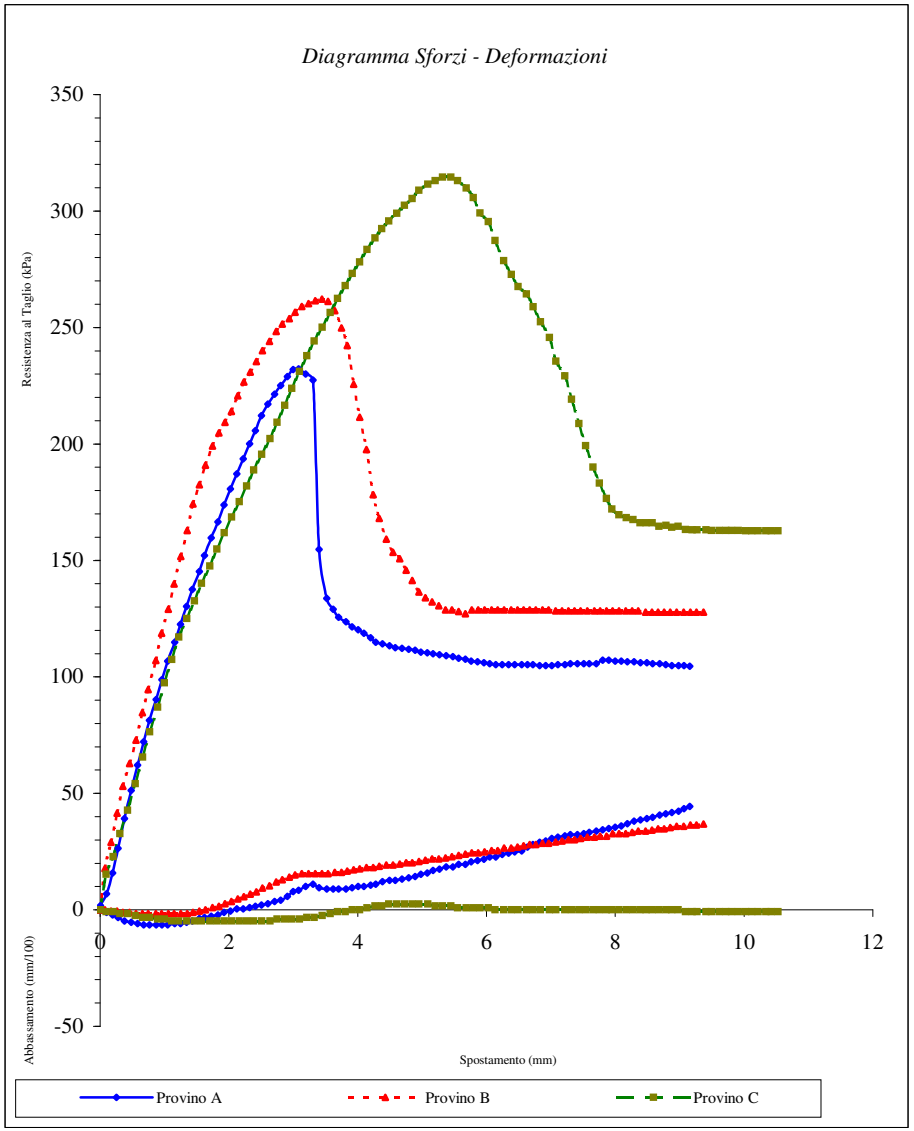
Prova di Taglio Diretto (UNI CEN ISO/TS 17892-10:2005)

Committente: Studio di Ingegneria Dott. Zanchi
Cantiere: Ponte d'Arbia (SI) Ponte sulla Sorra
Data consegna campione: 19/12/2016
Data apertura campione: 19/12/2016
Verb. Acc. N. 246/16 *del* 19/12/2016
Sigla: C2
Prof: (m) 13.50-13.80

Descrizione Argilla a tratti limosa a tratti limo sabbiosa grigio (Rif. Munsell N5/Gray)

Data inizio prova 19/12/2016
Data fine prova 21/12/16

Velocità di deform. media : *(mm/min)* 0.002
Dimensione dei provini(L,l,h) : *(mm)* *60*60*20*
Umidità media del campione: 17.6%



Provino			A	B	C
Umidità naturale	W in.	Iniziale	17.78%	17.90%	15.40%
Umidità naturale	W fin.	finale	17.45%	17.21%	14.94%
Massa volumica apparente		ρ (Mg/m³)	2.10	2.15	2.07
Massa volumica apparente secca		ρd (Mg/m³)	1.79	1.82	1.80

Certificato Ufficiale n° 569 pag. 1 di 1 **Data Certificato: 30/12/2016**

Documento con firma digitale avanzata ai sensi della normativa vigente

Prova di Taglio diretto: interpretazione risultati

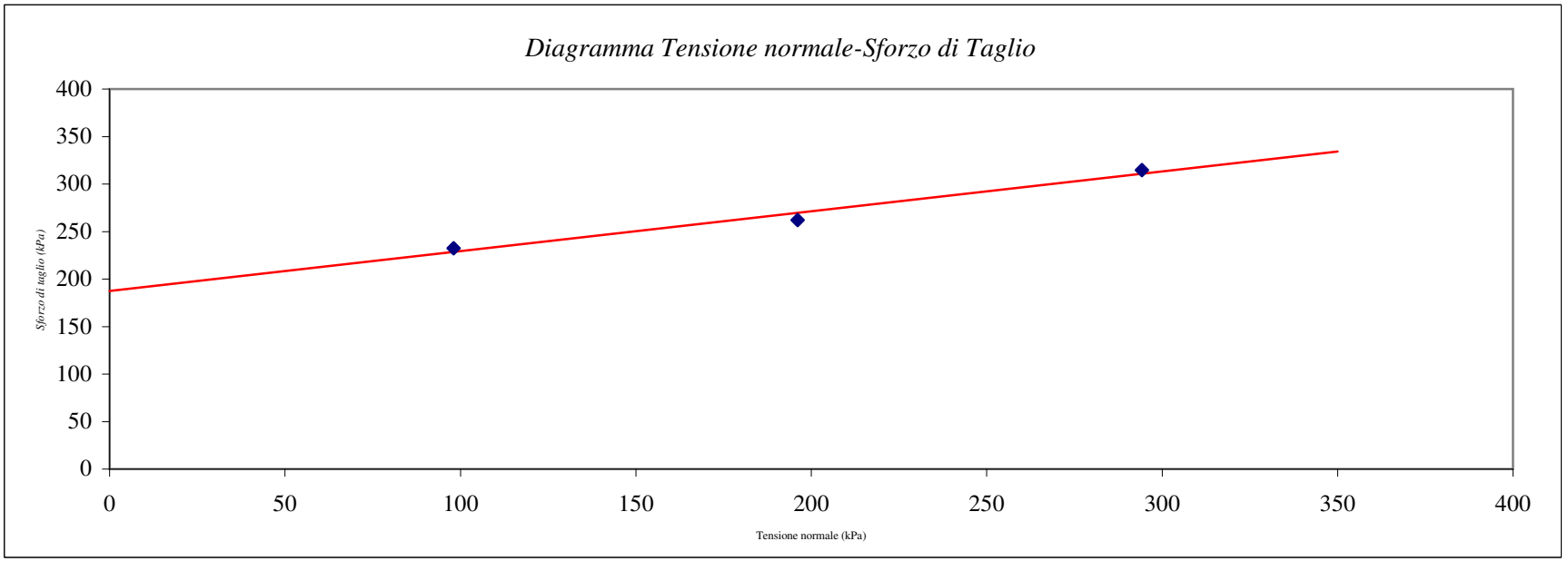
Committente: Studio di Ingegneria Dott. Zanchi
Cantiere: Ponte d'Arbia (SI) Ponte sulla Sorra
Sigla: C2

Prof: (m) 13.50-13.80

Massa volumica apparente media	ρ (Mg/m^3)	2.11
Massa volumica apparente secca media	ρd (Mg/m^3)	1.80
Umidità media del campione (%)		17.57%

Provino		A	B	C
Tensione verticale σv (kPa)		98.07	196.14	294.21
Valori di picco	Sforzo di taglio max. τf (kPa)	232.29	262.13	314.57
	Spostamento (mm)	3.084	3.445	5.321
	Abbassamento (mm)	0.084	0.156	0.017

Attrito Interno ϕ'	22.8°
Coesione c' (kPa)	187.383





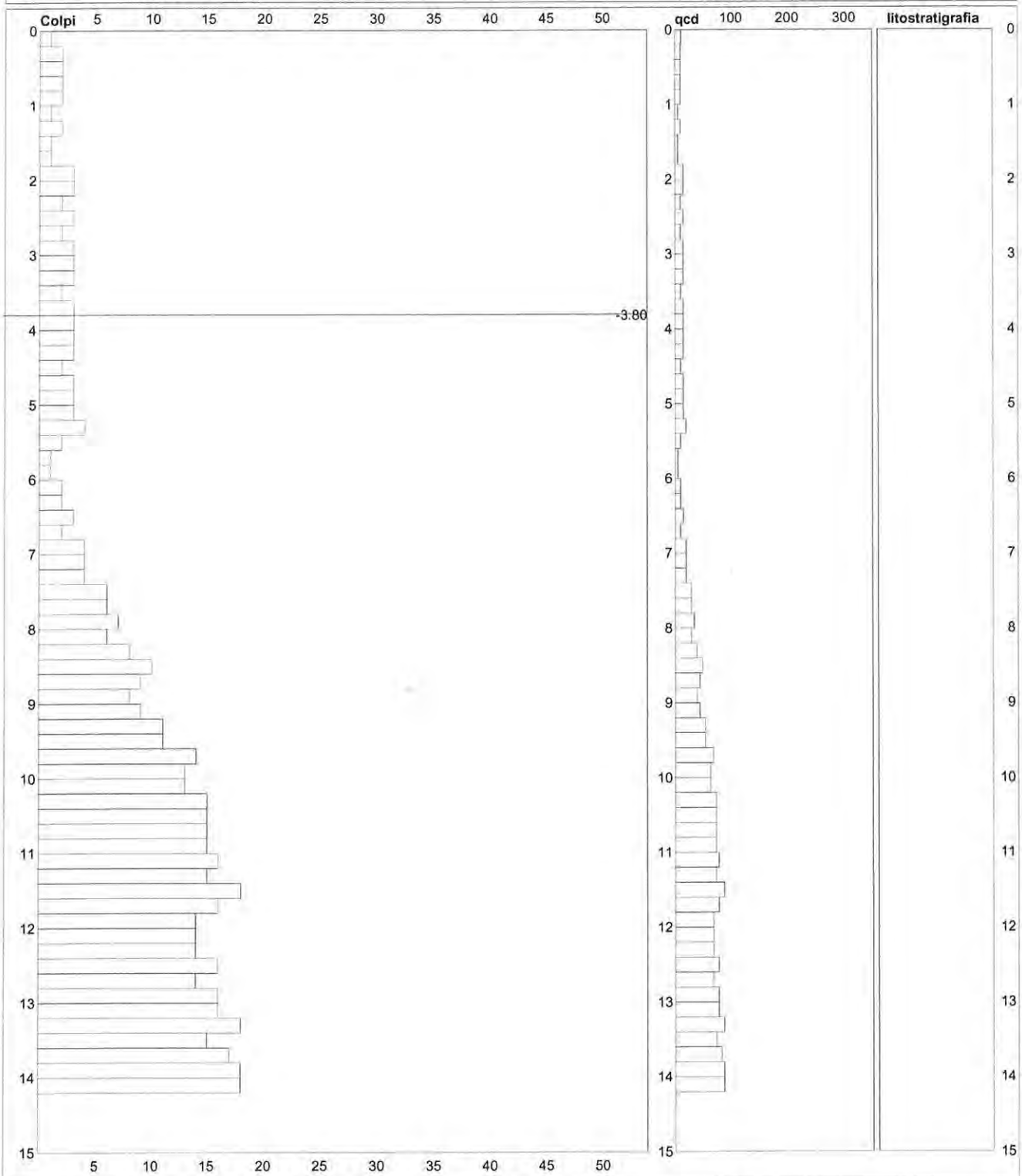
PROVE PREGRESSE

GALILEO GEOFISICA
loc. Ponte alla Chiassa 293, Arezzo
3939097089 - 3383680385

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA

DIN	1
riferimento	PonteArbia

Committente:	Dott. Geologo Andrea Capotorti	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 25/11/2013
Cantiere:	ponte	Scala: 1:75	Quota ass.: Piano Campagna
Località:	Ponte d´Arbia (SI)	Pagina: 1	Falda: -3.80 m da p.c.
		Elaborato:	



Penetrometro:	DPSH (S. Heavy)	Litologia:	Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone	Preforo:	m
Massa battente:	63.50 m	Responsabile:		Corr.astine:	kg/ml
Altezza caduta:	0.75 m	Assistente:		Cod.ISTAT:	0
Avanzamento:	0.20 m				

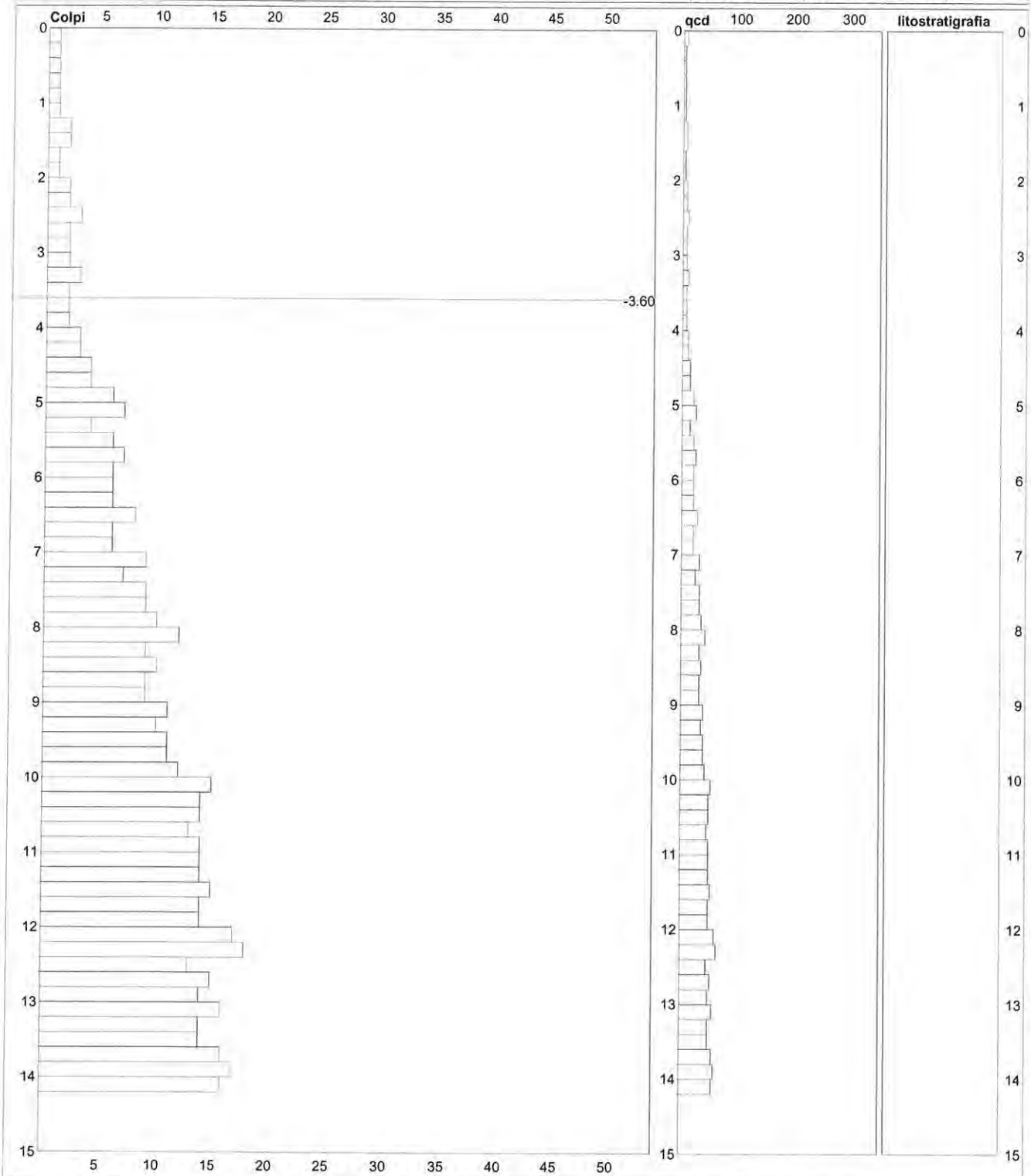
nota: FON050

GALILEO GEOFISICA
loc. Ponte alla Chiassa 293, Arezzo
3939097089 - 3383680385

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA

DIN	2
riferimento	PonteArbia

Committente:	Dott. Geologo Andrea Capotorti	U.M.:	kg/cm²	Data esec.:	25/11/2013
Cantiere:	ponte	Scala:	1:75	Quota ass.:	Piano Campagna
Località:	Ponte d´Arbia (SI)	Pagina:	1		
		Elaborato:		Falda:	-3.60 m da p.c.



Penetrometro:	DPSH (S. Heavy)	Litologia:	Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone	Preforo:	m
Massa battente:	63.50 m	Responsabile:		Corr.astine:	kg/ml
Altezza caduta:	0.75 m	Assistente:		Cod.ISTAT:	0
Avanzamento:	0.20 m				

nota:

FON050

GALILEO GEOFISICA
loc. Ponte alla Chiassa 293, Arezzo
3939097089 - 3383680385

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE

DIN riferimento | **1** **PonteArbia**

Committente: **Dott. Geologo Andrea Capotorti**
Cantiere: **ponte**
Località: **Ponte d'Arbia (SI)**

U.M.: **kg/cm²** | Data esec.: 25/11/2013
Pagina: 1
Elaborato:
Falda: -3.80 m da p.c.

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²
0.20	1	1		10.8
0.40	1	2		9.7
0.60	2	2		9.7
0.80	2	2		9.7
1.00	2	2		9.7
1.20	2	1		4.9
1.40	2	2		9.7
1.60	3	1		4.9
1.80	3	1		4.9
2.00	3	3		14.6
2.20	3	3		14.6
2.40	3	2		9.7
2.60	4	3		14.6
2.80	4	2		9.7
3.00	4	3		14.6
3.20	4	3		14.6
3.40	4	3		14.6
3.60	5	2		9.7
3.80	5	3		14.6
4.00	5	3		14.6
4.20	5	3		14.6
4.40	5	3		14.6
4.60	6	2		9.7
4.80	6	3		14.6
5.00	6	3		14.6
5.20	6	3		14.6
5.40	6	4		19.5
5.60	7	2		9.7
5.80	7	1		4.9
6.00	7	1		4.9
6.20	7	2		9.7
6.40	7	2		9.7
6.60	8	3		14.6
6.80	8	2		9.7
7.00	8	4		19.5
7.20	8	4		19.5
7.40	8	4		19.5
7.60	9	6		29.2
7.80	9	6		29.2
8.00	9	7		34.0
8.20	9	6		29.2
8.40	9	8		38.9
8.60	10	10		48.6
8.80	10	9		43.8
9.00	10	8		38.9
9.20	10	9		43.8
9.40	10	11		53.5
9.60	11	11		53.5
9.80	11	14		68.1
10.00	11	13		63.2
10.20	11	13		63.2
10.40	11	15		73.0
10.60	12	15		73.0
10.80	12	15		73.0
11.00	12	15		73.0
11.20	12	16		77.8
11.40	12	15		73.0
11.60	13	18		87.6
11.80	13	16		77.8
12.00	13	14		68.1
12.20	13	14		68.1
12.40	13	14		68.1
12.60	14	16		77.8
12.80	14	14		68.1
13.00	14	16		77.8
13.20	14	16		77.8
13.40	14	18		87.6
13.60	15	15		73.0
13.80	15	17		82.7
14.00	15	18		87.6
14.20	15	18		87.6

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²

H = profondità
L1 = prima lettura (colpi punta)
L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)
qcd = resistenza dinamica punta
Asta = numero di asta impiegata

nota:

FON050

GALILEO GEOFISICA
loc. Ponte alla Chiassa 293, Arezzo
3939097089 - 3383680385

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE

DIN riferimento | **2** **PonteArbia**

Committente: **Dott. Geologo Andrea Capotorti**
Cantiere: **ponte**
Località: **Ponte d´Arbia (SI)**

U.M.: **kg/cm²** | Data esec.: 25/11/2013
Pagina: 1
Elaborato:
Falda: -3.60 m da p.c.

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²
0.20	1	1		7.4
0.40	1	1		3.5
0.60	2	1		3.5
0.80	2	1		3.5
1.00	2	1		3.5
1.20	2	1		3.5
1.40	2	2		7.1
1.60	3	2		7.1
1.80	3	1		3.5
2.00	3	1		3.5
2.20	3	2		7.1
2.40	3	2		7.1
2.60	4	3		10.6
2.80	4	2		7.1
3.00	4	2		7.1
3.20	4	2		7.1
3.40	4	3		10.6
3.60	5	2		7.1
3.80	5	2		7.1
4.00	5	2		7.1
4.20	5	3		10.6
4.40	5	3		10.6
4.60	6	4		14.2
4.80	6	4		14.2
5.00	6	6		21.2
5.20	6	7		24.8
5.40	6	4		14.2
5.60	7	6		21.2
5.80	7	7		24.8
6.00	7	6		21.2
6.20	7	6		21.2
6.40	7	6		21.2
6.60	8	8		28.3
6.80	8	6		21.2
7.00	8	6		21.2
7.20	8	9		31.9
7.40	8	7		24.8
7.60	9	9		31.9
7.80	9	9		31.9
8.00	9	10		35.4
8.20	9	12		42.5
8.40	9	9		31.9
8.60	10	10		35.4
8.80	10	9		31.9
9.00	10	9		31.9
9.20	10	11		39.0
9.40	10	10		35.4
9.60	11	11		39.0
9.80	11	11		39.0
10.00	11	12		42.5
10.20	11	15		53.1
10.40	11	14		49.6
10.60	12	14		49.6
10.80	12	13		46.0
11.00	12	14		49.6
11.20	12	14		49.6
11.40	12	14		49.6
11.60	13	15		53.1
11.80	13	14		49.6
12.00	13	14		49.6
12.20	13	17		60.2
12.40	13	18		63.7
12.60	14	13		46.0
12.80	14	15		53.1
13.00	14	14		49.6
13.20	14	16		56.7
13.40	14	14		49.6
13.60	15	14		49.6
13.80	15	16		56.7
14.00	15	17		60.2
14.20	15	16		56.7

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²

H = profondità
L1 = prima lettura (colpi punta)
L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)
qcd = resistenza dinamica punta
Asta = numero di asta impiegata

nota:

FON050