COMUNE DI MONTERONI D'ARBIA

PROGETTO PER LA RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE DELLA PIAZZETTA DEL RE

RELAZIONE GEOLOGICA

Ai sensi del D. M. 17.01.2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni"

Richiedente:
Comune di Monteroni d'Arbia
Edilizia ed Urbanistica
Via Roma, 87 - 53014 Monteroni d'Arbia (SI)

Siena, dicembre 2018

GEOSOL s.r.l.
Dott.Geol. Andrea Capotorti

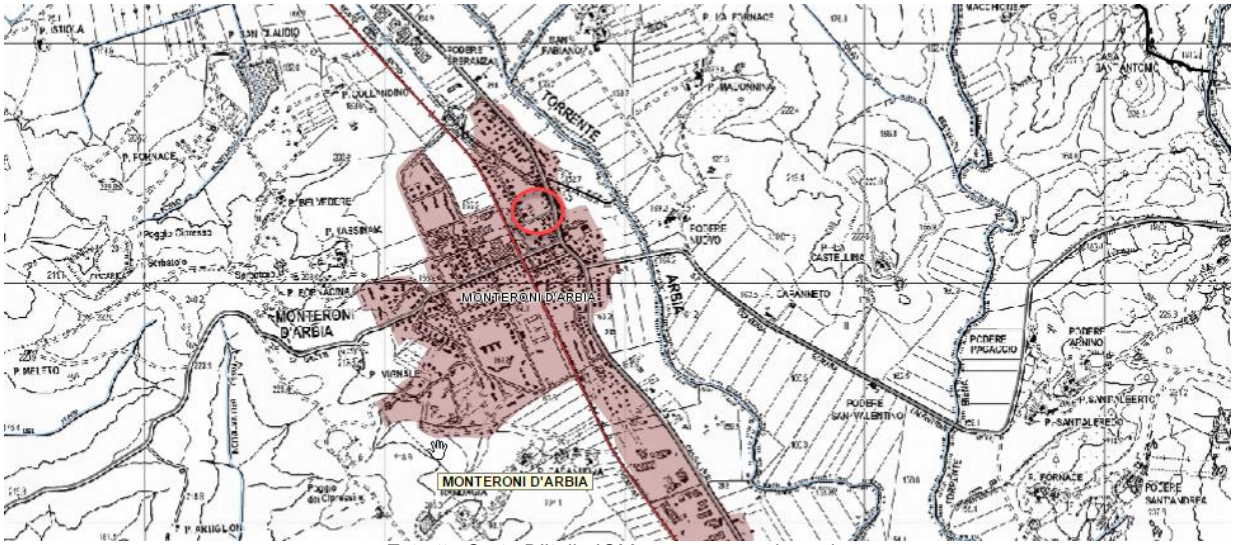


GEOSOL s.r.l.
Viale Europa 31
53100 Siena
Tel. 0577.44470
Fax 0577.222011
e-mail: studio@geosol.it
Partita IVA IT 00707530523
CCIAA Siena n. 85428
Isc. Trib. Siena n.6345 Vol.8133

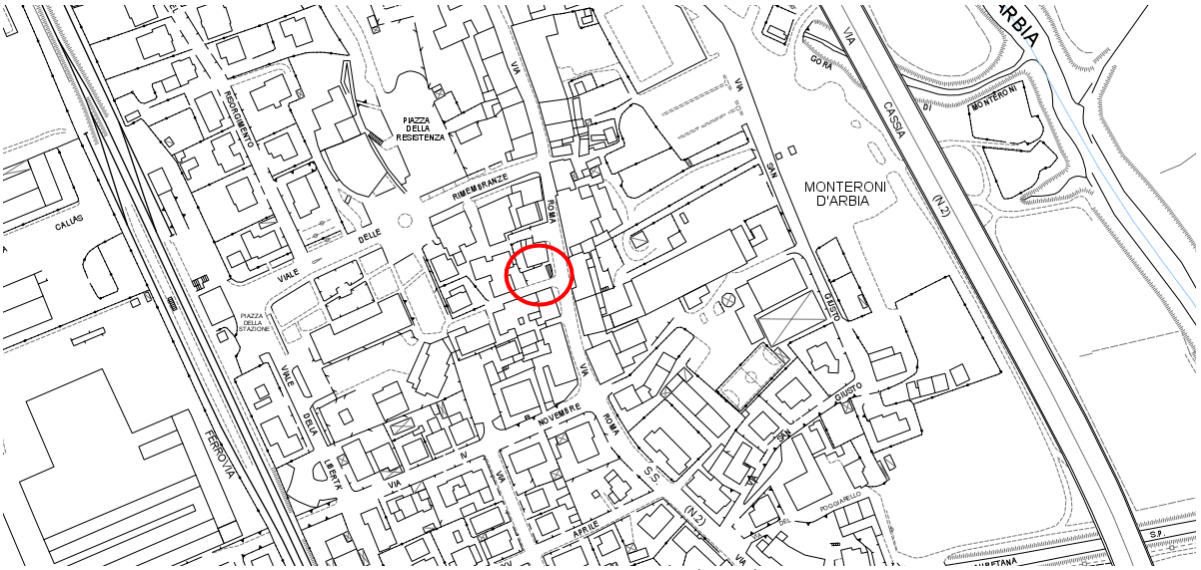
numero archivio:
6475a

1. PREMESSA

Su incarico della Amministrazione Comunale sono state eseguite le indagini geologiche a supporto del progetto di riqualificazione ambientale della piazzetta denominata del Re già Piazza caduti sul lavoro, nel Comune di Monteroni d'Arbia: l'area oggetto dei lavori è indicata nelle immagini seguenti.



Estratto Carta D'Italia IGM - Estratto non in scala

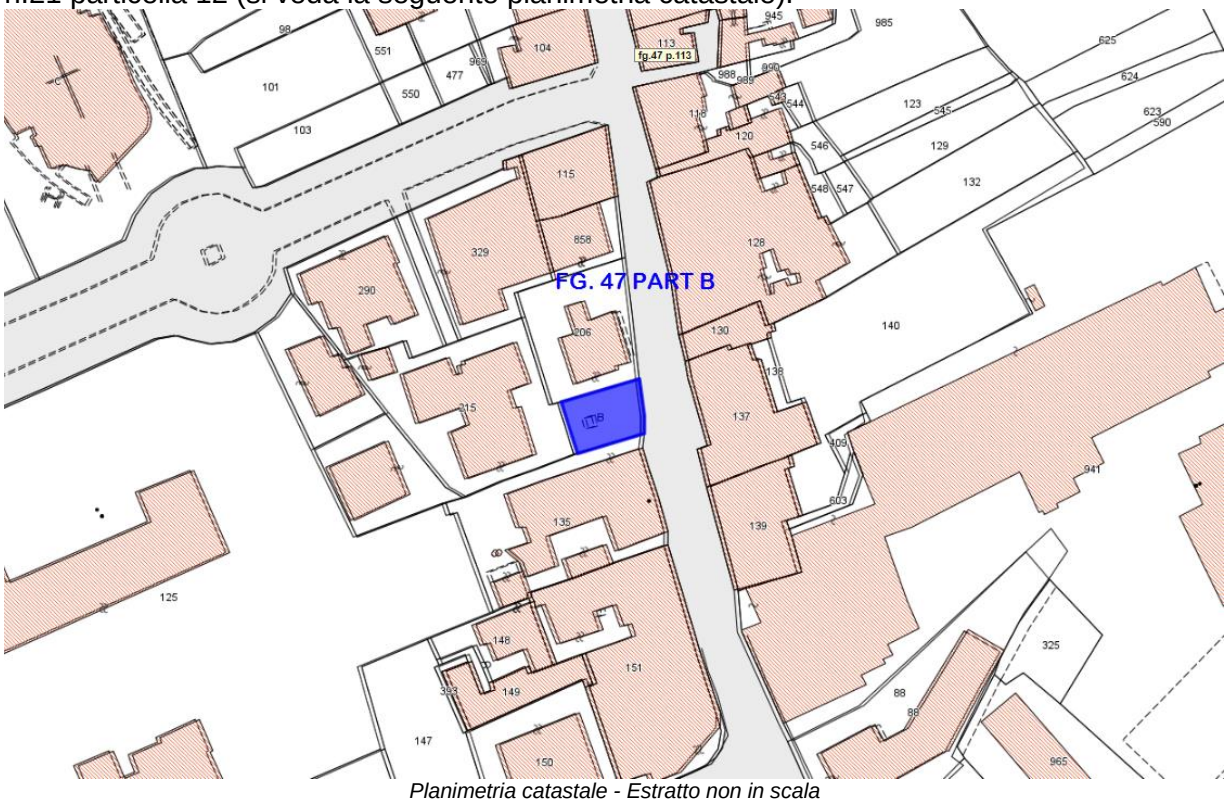


Estratto CTR - Estratto non in scala



Foto satellitare - Estratto non in scala

L'area in studio è censita al N.C.T. del Comune di Monteroni d'Arbia al foglio catastale n.21 particella 12 (si veda la seguente planimetria catastale).



Planimetria catastale - Estratto non in scala

1.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata effettuata secondo quanto previsto dalle seguenti normative:

- ***Decreto Ministeriale 17.01.2018:*** *Aggiornamento delle "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 del 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;*
- ***D.P.G.R. del 09.07.2009 n. 36/R –*** *Regolamento di attuazione dell'art. 117, commi 1 e 2, della Legge Regionale 3 gennaio 2005 n. 1 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico.*
- ***Piano Strutturale e Regolamento Urbanistico*** *del Comune di Monteroni d'Arbia*
- ***Piano di Assetto Idrogeologico*** *del Fiume Ombrone;*
- ***Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni*** *(PGRA) marzo 2016;*
- ***Piano Territoriale di Coordinamento*** *della Provincia di Siena.*

Per quanto riguarda gli aspetti sismici il documento si attiene al D.G.R.T. n°431 del 19 giugno 2006 in attuazione al D.M. del 14 settembre 2005 e O.P.C.M. n°3519 del 28 aprile 2006 ed alla delibera GRT n.421 del 26/05/2014; in base a tale normativa tutto il territorio regionale viene considerato sismico e distinto in differenti zone sulla base del differente grado di pericolosità di base.

1.2 INTERVENTI IN PROGETTO

Il progetto consta nella riqualificazione della esistente piazzetta con modifiche varie, ampliamenti e la realizzazione di una vetrata calpestabile; prevede anche la sua copertura parziale con una tettoia in acciaio corten; il dettagli del progetto sono visibili negli elaborati del tecnico progettista.



Intervento in progetto



Intervento in progetto



Intervento in progetto

CLASSE D'INDAGINE D.P.G.R. DEL 09.07.2009 N. 36/R

L'intervento in progetto ricade nella seguente classe di indagine definita dal D.P.G.R. del 09/07/09 n. 36/R, Art. 7 punto 3:

- ***Classe d'indagine n.2****, riferita alle opere di volume lordo inferiore a millecinquecento metri cubi con altezza in gronda inferiore a dieci metri. Con riferimento a tale classe d'indagine, la categoria di suolo di fondazione e le geometrie sepolte si determinano mediante indagini geofisiche, quali quelle sismiche a rifrazione o riflessione o mediante prove geotecniche elaborate mediante le metodologie ufficialmente riconosciute. Le indagini sono effettuate nel sito oggetto di studio o in aree adiacenti caratterizzati dagli stessi contesti geologici, geomorfologici e geotecnici.*

In presenza di problematiche di versante è prodotta, altresì, la verifica di stabilità del pendio e del complesso opera-pendio.

TIPO DI COSTRUZIONE E CLASSE DI USO

Si definiscono di seguito la vita nominale, la classe ed il coefficiente d'uso di quanto in progetto ai sensi del paragrafo 2.4 del Decreto Ministeriale 17.01.2018: Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni:

- Tipo di costruzione 2: *Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale (**Vita Nominale $V_N \geq 50$ anni**);*

- Classe d'uso II: *Costruzioni con normali affollamenti …. Ambienti ad uso residenziale …*

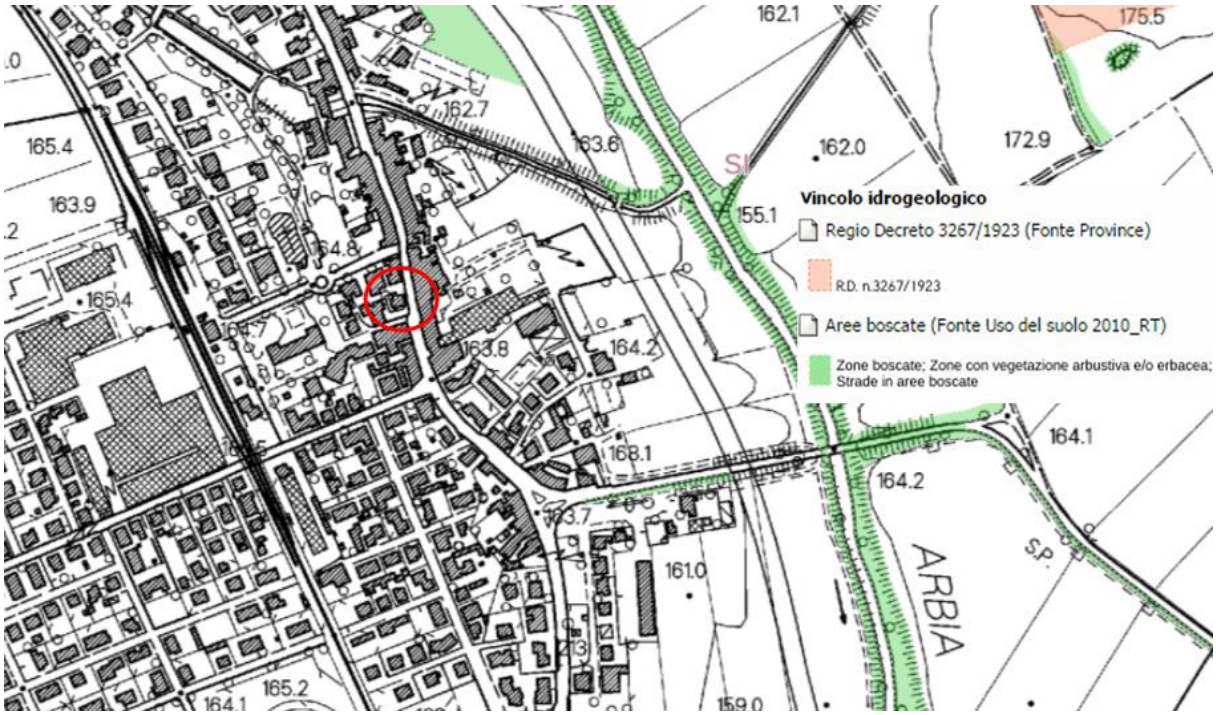
- Coefficiente d'uso Cu = 1;

- Periodo di riferimento per l'azione sismica ***$V_R = V_N * Cu = 50$ anni.***

1.5 VINCOLO IDROGEOLOGICO

R.D.L. n.3267/23 vincolo idrogeologico *(regolamentato dalla L.R.T. n.10 del 19/02/1979, dalla L.R. n.39 del 21/03/2000 e relativo Regolamento di Attuazione n.48/R del 8 agosto 2003):* le opere in studio ***ricadono*** *in zona a vincolo idrogeologico*.

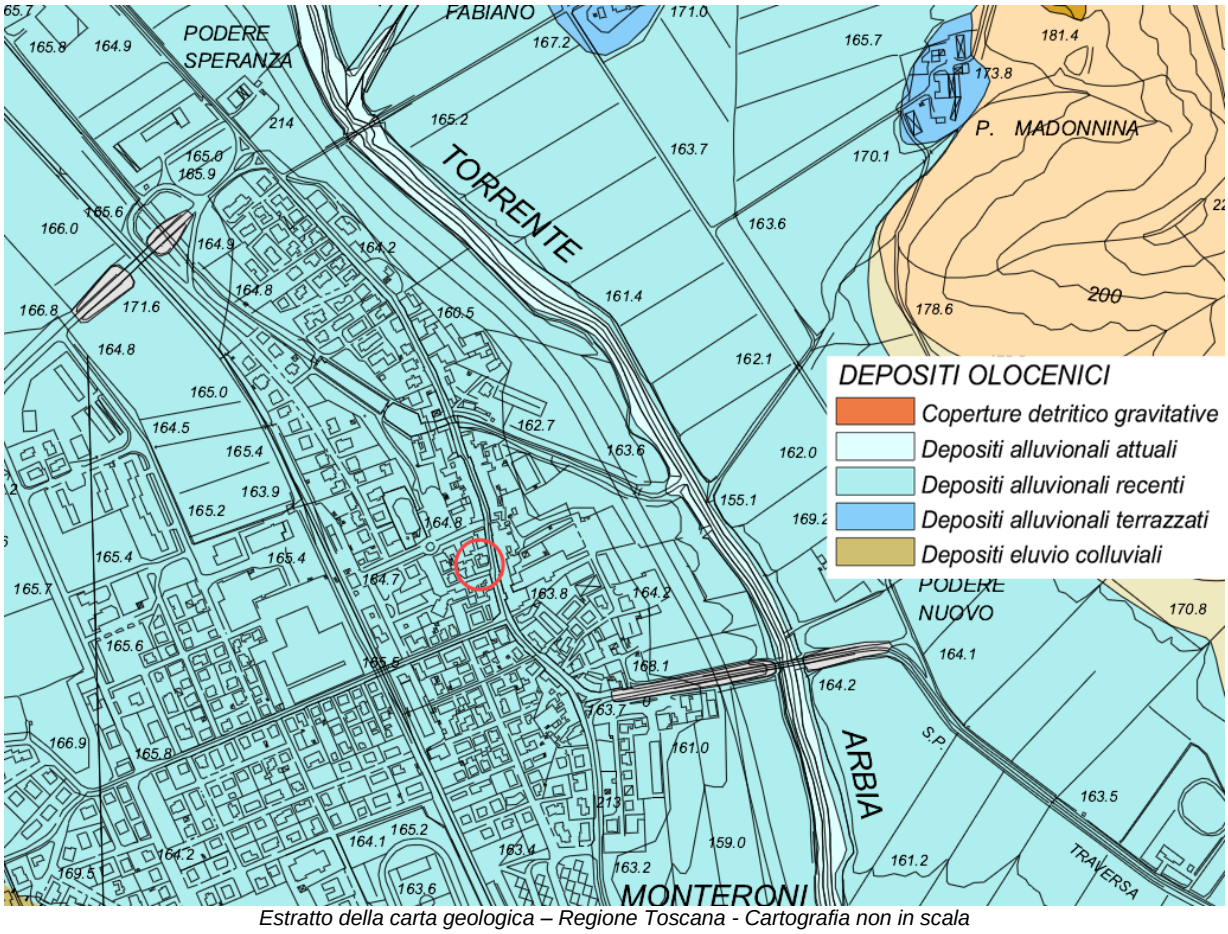
L.R. 39/00 Legge Forestale della Toscana (art.3): gli interventi in progetto *ricadono in aree* ***non interessata da bosco*** *come né stato di fatto né come stato colturale* all'esterno delle zone sottoposte a *vincolo idrogeologico.*



Carta del vincolo idrogeologico (da Geoscopio - Regione Toscana).

2. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Allo scopo di evidenziare le caratteristiche geologiche, è stato eseguito un rilevamento di dettaglio che ha interessato il sito in studio ed un'ampia zona circostante a verifica della cartografia ufficiale di cui si allega il seguente estratto della carta geologica del Piano Strutturale.



Estratto della carta geologica – Regione Toscana - Cartografia non in scala

Tale rilievo concorda con la geologia del database geologico della Regione Toscana evidenziando la presenza, nell'area in studio, la presenza dei litotipi appartenenti alla Formazione Sabbie ed arenarie gialle plioceniche marine.

Depositi alluvionali recenti (b)

La locale successione litostratigrafica dei terreni presenta, in affioramento, depositi alluvionali recenti dovuti alle varie fasi di esondazione dei fossi e torrenti di fondovalle, i quali hanno inciso la formazione limo-argillosa pliocenica sottostante depositandovi una coltre di materiale alluvionale

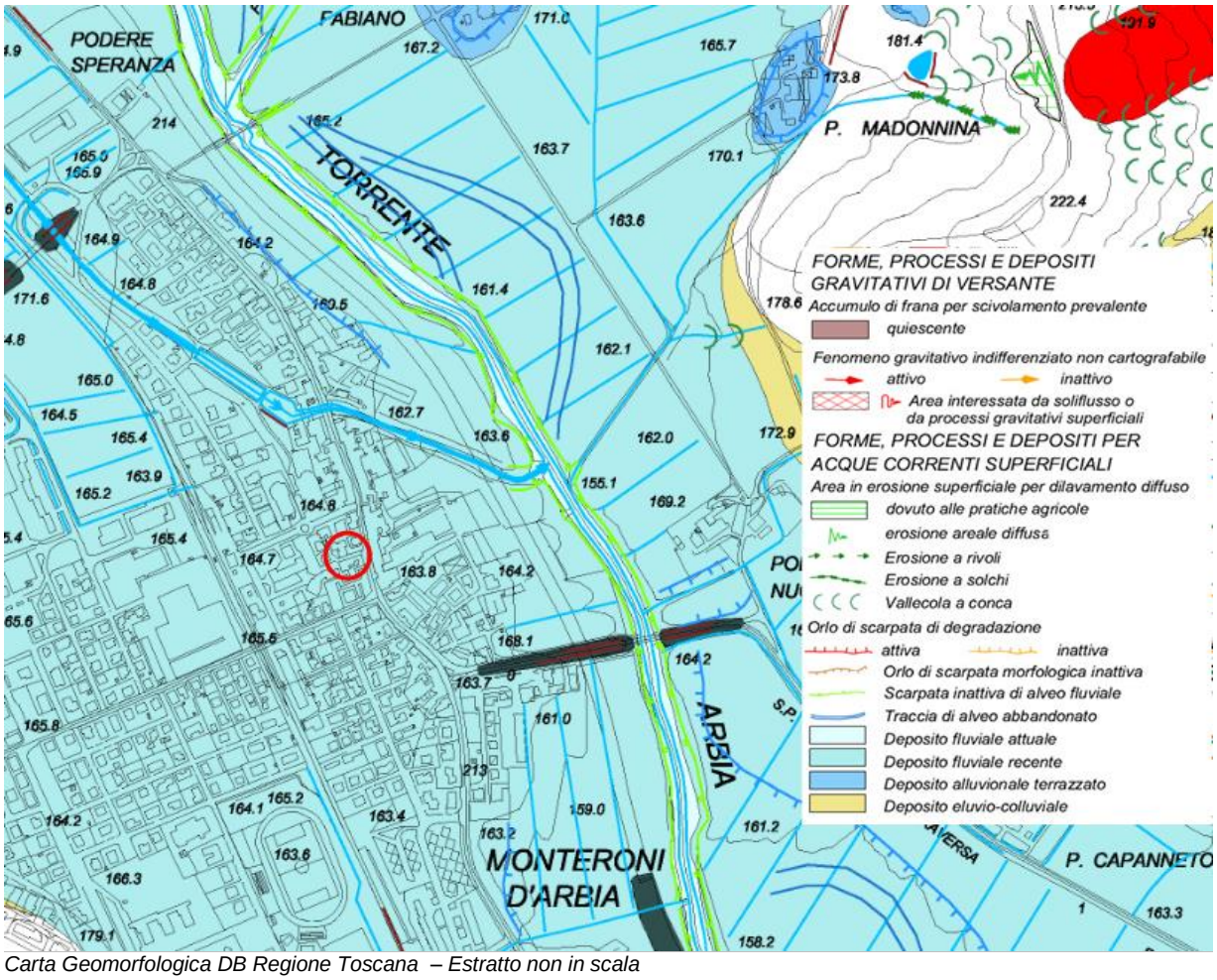
Tale coltre di materiale risulta costituita da alternanze di litotipi a granulometria variabile, con stratificazione incrociata; infatti, si trovano livelli limo sabbiosi o limo argillosi, alternati a strati con ciottoli e ghiaia, senza che vi sia una regolarità nei passaggi sia in senso verticale che orizzontale (età Olocene).

3. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Dal punto di vista morfologico l'area in studio è situata in corrispondenza della pianura alluvionale del Fiume Arbia e dei sui tributari, delimitata dai rilievi collinari costituiti da depositi argillosi plioceni che conferiscono al paesaggio il tipico aspetto caratterizzato da forme di rilievo rotondeggianti a struttura mammellonare interrotte da incisioni vallive poco accentuate.

L'edifico in analisi è ubicato ad una quota di 166m s.l.m. ed interessa una zona di fondovalle su depositi alluvionali recenti, caratterizzata da una morfologia pianeggiante.

Come si vede dalle seguenti figure (estratto della carta geomorfologica del PS vigente e database geologico della Regione Toscana) nell'area in studio non sono state indicate paleofrane, frane attive, frane stabilizzate o zone interessate da franosità diffusa rilevabili in scala 1:10.000. I sopralluoghi eseguiti confermano quanto desumibile dalla cartografia allegata.



Carta Geomorfologica DB Regione Toscana – Estratto non in scala

4. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE E IDROGEOLOGICHE

L'area in studio si trova nella porzione nord del centro urbano di Monteroni d'Arbia su terreni alluvionali frapposti fra i rilievi collinari argillosi ed il Torrente Arbia.

Gli elementi idrografici di maggiore rilevanza sono rappresentati dal Torrente Arbia che scorre circa 350 m ad est dell'area in studio e dai suoi fossetti affluenti di origine naturale ed antropica.

Per quanto riguarda l'assetto idrologico, essendo l'area in studio inserita all'interno di una zona urbanizzata, si osserva che le acque superficiali vengono regolarmente raccolte e smaltite dalle opere fognarie che le convogliano verso valle nei fossetti e canalette esistenti, raccordandosi alla rete idrografica principale facente capo al Torrente Arbia.

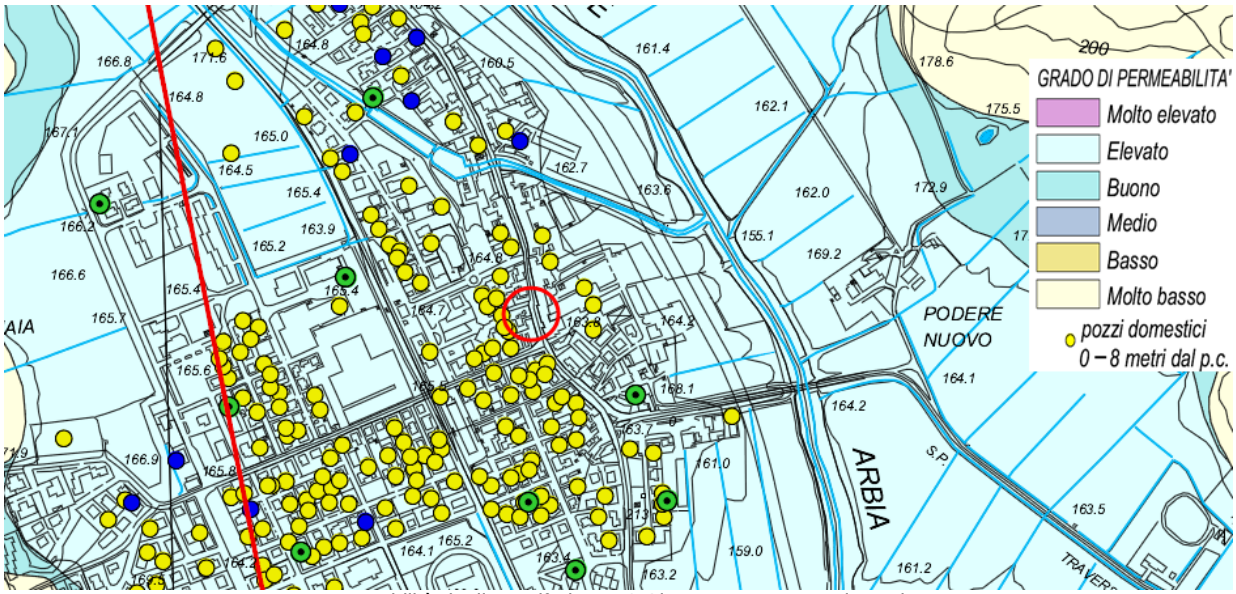
Pertanto si osserva che la rete di drenaggio naturale ed antropica allo stato attuale consente il corretto deflusso delle acque meteoriche verso valle e nell'area non si rilevano zone di ristagno o deflusso difficoltoso.

I fossetti che bordano i terreni e la rete fognaria, anche in relazione agli interventi di sistemazione eseguiti in passato dall'Intesa, hanno minimizzato i problemi di rischio gravanti sull'area, riducendo al minimo possibile il livello di rischio idraulico per le aree in esame.

Per quanto concerne le caratteristiche idrogeologiche, i depositi alluvionali costituiti da alternanze di livelli limo-argillosi e limo-sabbiosi sono caratterizzati generalmente da buona permeabilità primaria per porosità; le argille plioceniche, le quali si trovano direttamente in affioramento nei rilievi circostanti e costituenti il substrato dell'area in studio, sono dotate di caratteristiche di permeabilità praticamente nulle.

L'assetto idrogeologico precedentemente descritto crea una situazione favorevole ad una buona circolazione idrica nei depositi alluvionali, con formazione di una falda idrica nella confinata al di sopra del substrato argilloso impermeabile.

Nell'area si rileva la presenza di una falda superficiale posta alla quota media di circa 2.60 m rispetto al piano campagna individuata durante l'esecuzione delle penetrometrie.



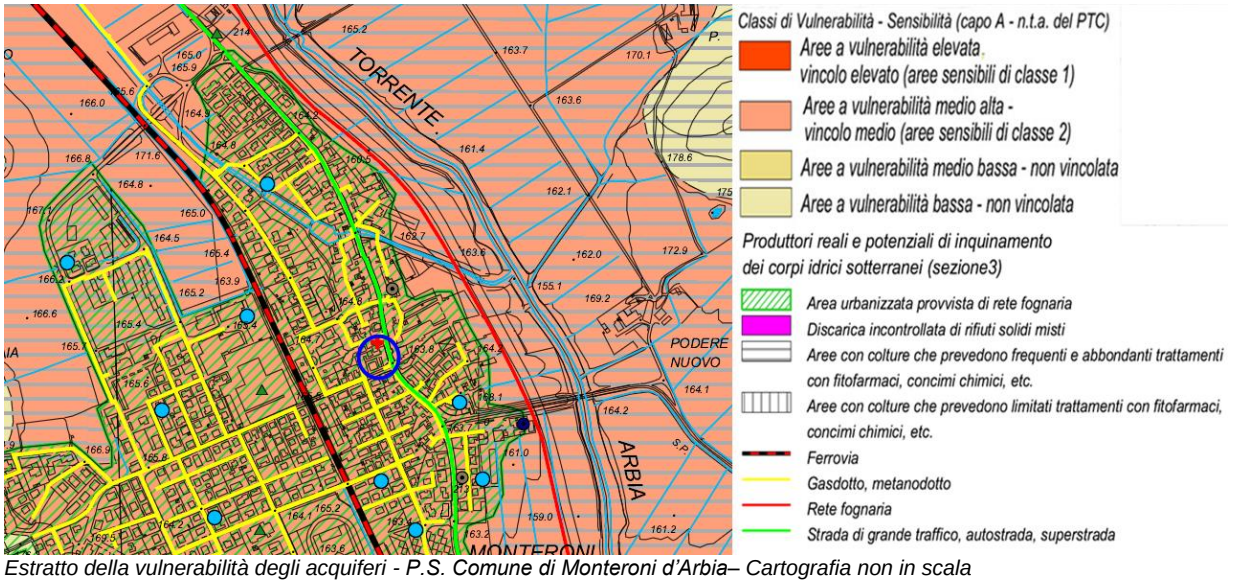
Permeabilità degli acquiferi – PTC Siena – Estratto non in scala

4.3 TUTELA DEI COMPLESSI IDROGEOLOGICI: VERIFICA DEGLI STRUMENTI URBANISTICI ESISTENTI

Per quanto concerne la compatibilità idrogeologica dell'intervento previsto con le falde acquifere profonde, è stata valutata anche la compatibilità con gli strumenti urbanistici esistenti (Piano Strutturale e PTCP 2010).

- **PIANO STRUTTURALE VIGENTE E REGOLAMENTO URBANISTICO**

Di seguito è riportato un estratto della Carta della vulnerabilità del P.S. del Comune di Monteroni d'Arbia, da cui si evince che l'area in studio è classificata a vulnerabilità medio alta – vincolo medio classificata a sensibilità 2.



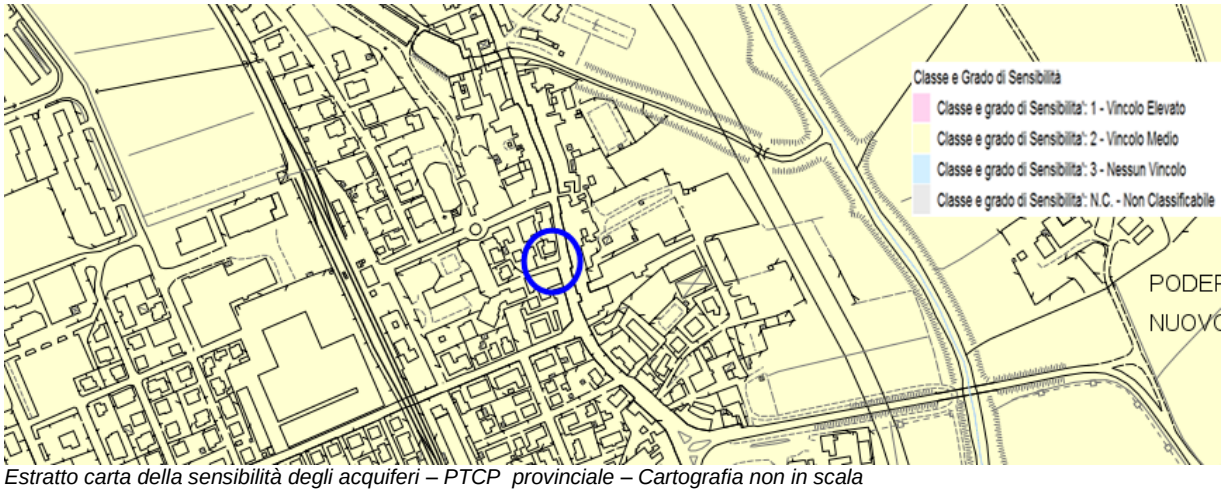
Estratto della vulnerabilità degli acquiferi - P.S. Comune di Monteroni d'Arbia– Cartografia non in scala

➢ **PTCP 2010**

Di seguito si esegue la valutazione di compatibilità di quanto realizzato con le indicazioni del PTC della Provincia di Siena relativamente al PTC 2010 approvato con D.C.P. n. 124 del 14/12/2011.

In materia di acquiferi, il PTC 2010 è teso alla tutela degli acquiferi strategici della Provincia di Siena (in particolare quelli dell'Amiata e della zona Monte Maggio/Montagnola Senese, che racchiudono risorse idropotabili fondamentali per la provincia di Siena, nonchè quelli della dorsale Rapolano-M. Cetona, che costituiscono le aree di ricarica dei sistemi termali) e dei corpi idrici sotterranei mediante discipline differenziate in funzione del loro grado di vulnerabilità, nonché alla tutela delle aree di alimentazione delle opere di captazione per uso idropotabile e termale.

Si riporta un estratto della Carta della sensibilità degli acquiferi del PTCP della Provincia di Siena approvato con D.P.C. n. 124 del 14/12/2011, da cui si evince che l'area in studio **rientra nelle aree di sensibilità di Classe 2 (vincolo medio)** e pertanto non vi sono problematiche di incompatibilità relativamente a quanto realizzato.



Estratto carta della sensibilità degli acquiferi – PTCP provinciale – Cartografia non in scala

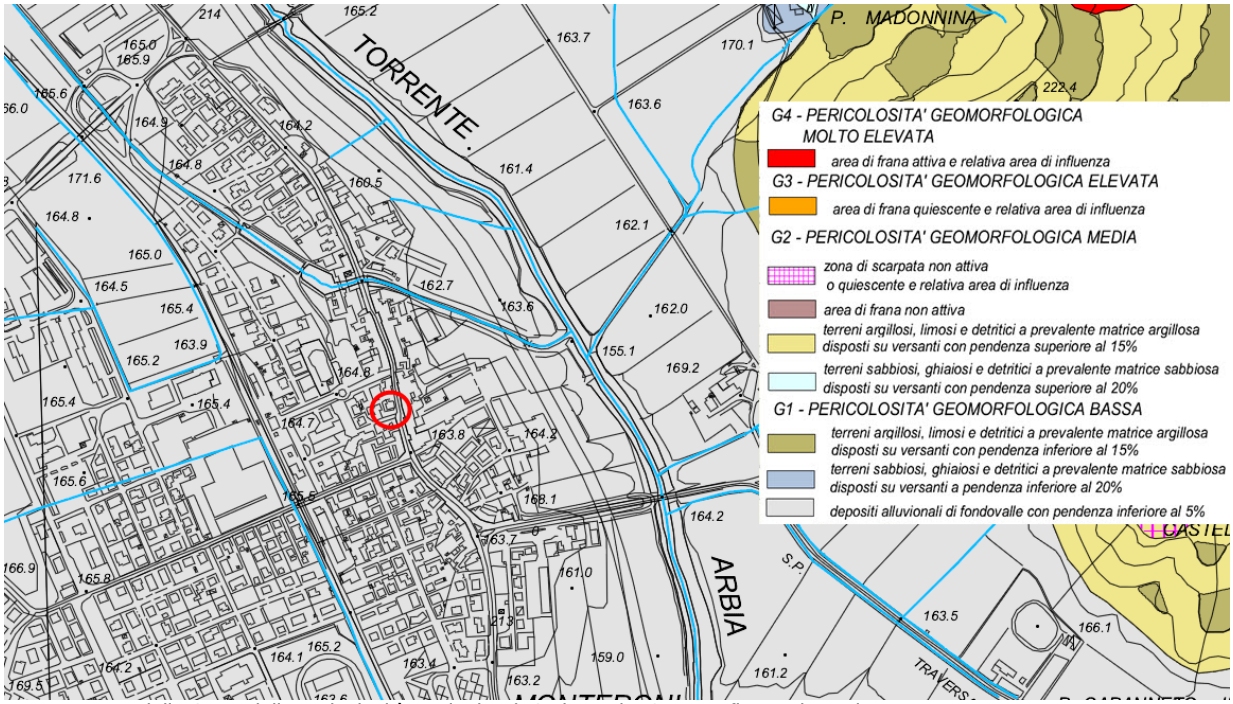
PIANIFICAZIONE TERRITORIALE ED URBANISTICA - QUADRO CONOSCITIVO

5. PERICOLOSITA' GEOLOGICA

Qui di seguito, si riporta uno stralcio della carta della pericolosità geologica del vigente P.S. del Comune di Monteroni d'Arbia, da cui si evince che l'area in studio classificata come "depositi alluvionali di fondovalle con pendenza inferiore al 5%" inserita all'interno della seguente classe di pericolosità geologica:

- **CLASSE 1 – PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA BASSA**

Le aree a pericolosità geomorfologica bassa, sono caratterizzate dall'assenza di fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa.



Estratto carta della Carta della pericolosità geologica (PS vigente) - Cartografia non in scala

6. PERICOLOSITA' IDRAULICA

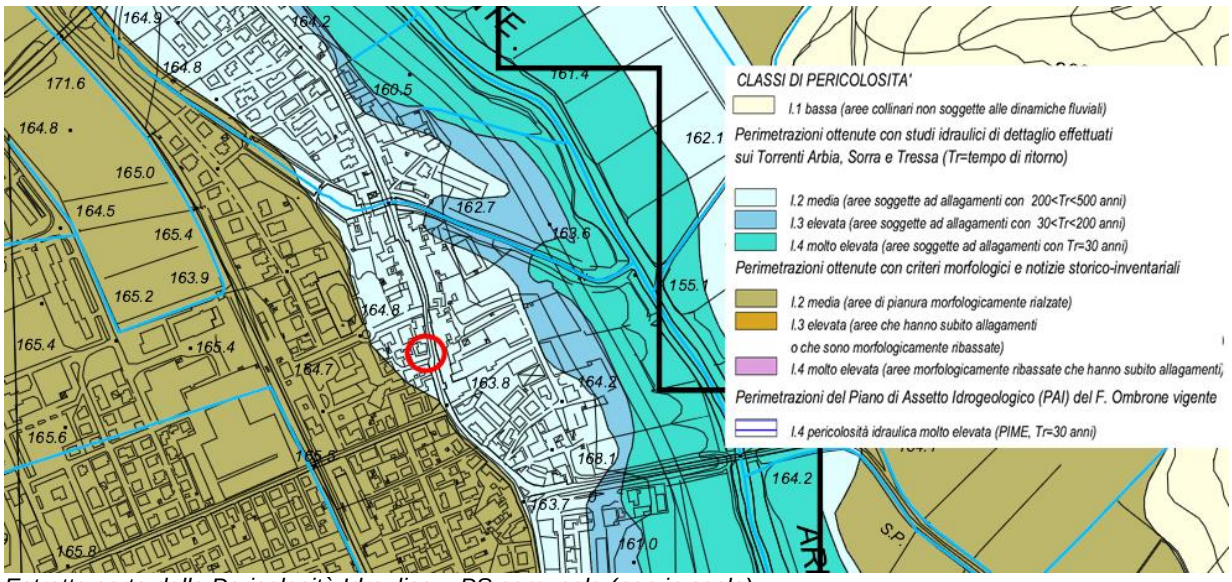
Si riporta qui di seguito l'estratto della carta della pericolosità idraulica del vigente P.S. del Comune di Monteroni d'Arbia (D.P.G.R. 53/R 2011), secondo il quale l'area di intervento è interessata da Pericolosità Idraulica media (I2):

- **PERICOLOSITÀ IDRAULICA MEDIA: CLASSE I.2**

Aree interessate da allagamenti per eventi con Tempi di Ritorno TR compresi tra 200 e 500 anni (200<TR≤500 anni). Fuori dall'UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative ed infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici ed idraulici, rientrano in classe di pericolosità elevata le aree di fondovalle per le quali ricorrano le seguenti condizioni:

a) non vi sono notizie storiche di inondazioni;

b) sono morfologicamente in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a 2.00 m sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra al ciglio di sponda.

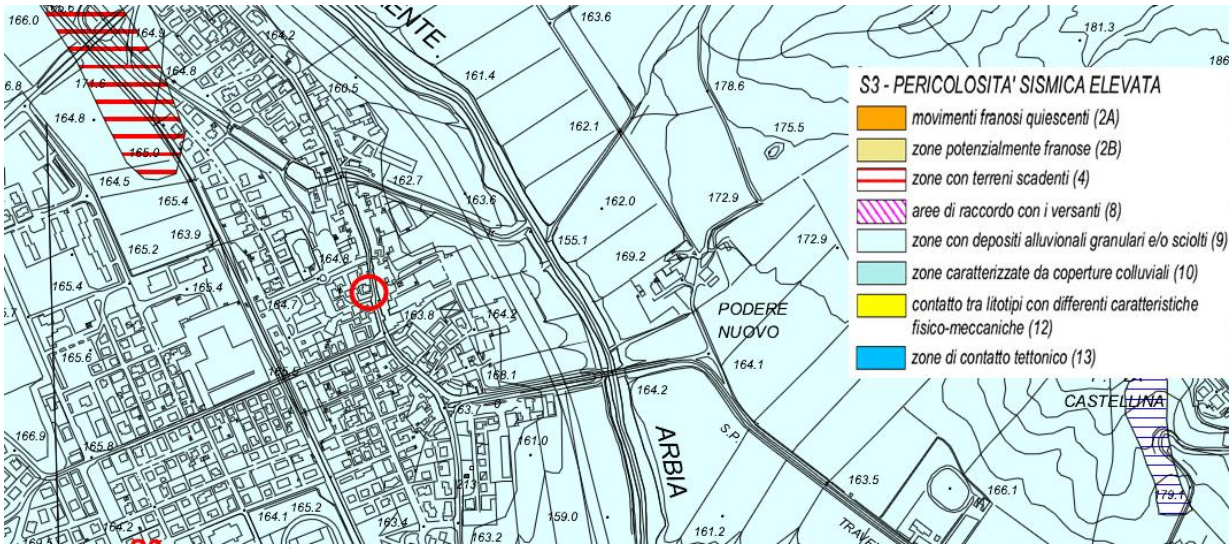


Estratto carta della Pericolosità Idraulica – PS comunale (non in scala).

6. PERICOLOSITÀ SISMICA

Relativamente alla pericolosità sismica, come si può evincere dall'estratto del vigente Piano Strutturale del Comune di Monteroni d'Arbia qui di seguito allegato, per l'area oggetto dei lavori risulta presente la seguente zona con possibili effetti di amplificazioni o accentuazioni dovute al verificarsi di un sisma:

Zona 9: zona con depositi alluvionali granulari e/o sciolti.



Estratto carta della pericolosità sismica - PS comune Monteroni d'Arbia – Cartografia non in scala

Nella seguente immagine si riporta la carta della ZMPSL: il Comune di Monteroni d'Arbia, in base al D.G.R.T. n°431 del 19 giugno 2006 "Riclassificazione sismica del territorio regionale: Attuazione al D.M. del 14 settembre 2005 e O.P.C.M. n°3519 del 28 aprile 2006 pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale in data 11 maggio 2006" ed in base alla classificazione sismica della Toscana a sei anni di distanza dall'entrata in vigore della precedente classificazione del 2006, approvata con Del. GRT n° 878 del 8/10/2012 (pubblicata su BURT Parte Seconda n. 43 del 24.10.2012 Supplemento n. 136), è inserito nella **Zona 3**.

Di conseguenza, in base alla classificazione sismica nazionale ed al DPGR n. 26/R del 2007 con cui è stato redatto il PS vigente che assegna alle varie zone ZMPSL le corrispondenti classi di pericolosità sismica, è possibile dedurre che alla aree d'intervento che rientrano in Zona 13 è stata attribuita la seguente classe di pericolosità sismica:

- **CLASSE S3: PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE ELEVATA**

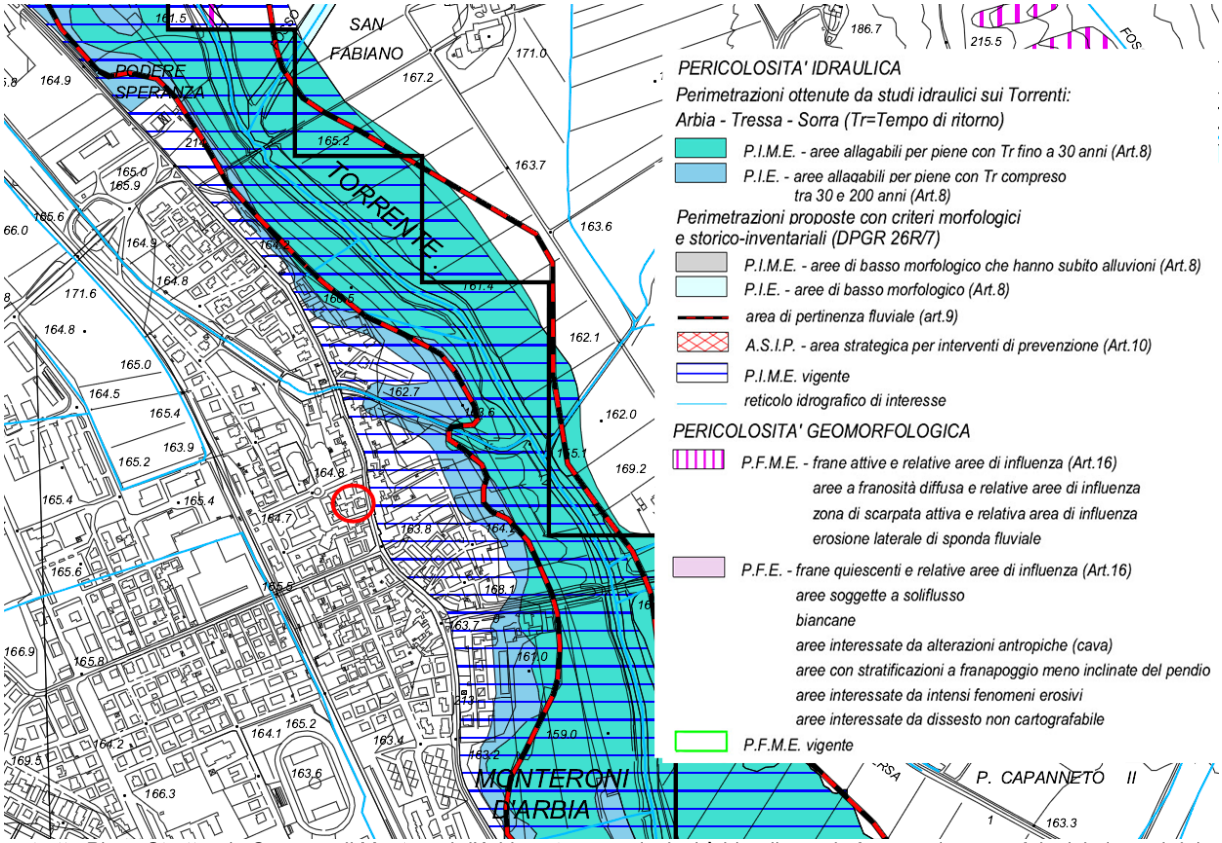
Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (zona 4) che possono dare luogo a cedimenti diffusi e zone con possibile amplificazione per effetti stratigrafici (zona 9), per le quali occorrono adeguate indagini geotecniche e geofisiche che definiscano in modo dettagliato i litotipi sepolti.

7. VERIFICA DI COMPATIBILITÀ DELL'INTERVENTO CON IL PAI

Nel corso del presente studio, è stata valutata la compatibilità degli interventi realizzati con quanto definito dai Piani di Assetto Idrogeologico di Bacino: in particolare, l'area in studio ricade all'interno del bacino idraulico del Fiume Ombrone.

In particolare, si allega qui di seguito l'estratto della Carta di adeguamento al PAI relativamente alla pericolosità geomorfologica ed idraulica del P.S. del Comune di Monteroni d'Arbia in adeguamento al PAI.

Da tale cartografia si evince che l'area in studio non ricade all'interno delle aree a pericolosità idraulica elevata PIE o molto elevata PIME, ne all'interno delle aree a pericolosità geomorfologica elevata PFE o molto elevata PFME.



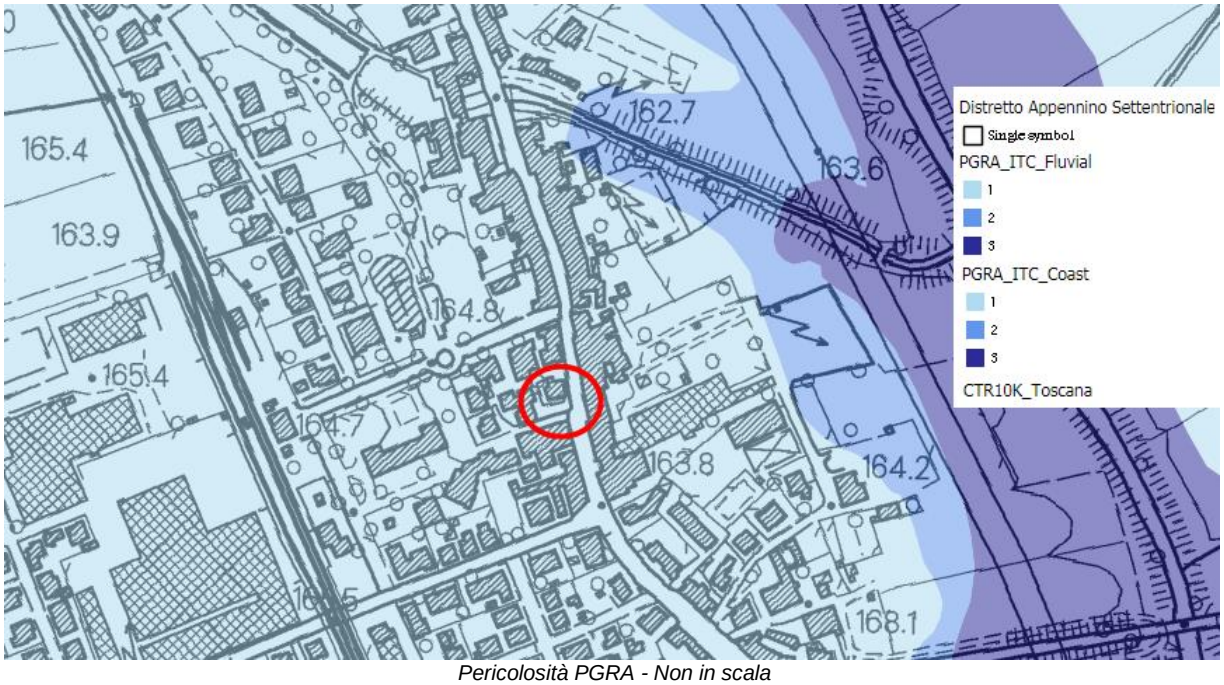
Estratto Piano Strutturale Comune di Monteroni d'Arbia – Carta pericolosità idraulica e da fenomeni geomorfologici ai sensi del PAI - Cartografia non in scala

Da tale cartografia si evince che l'area in studio non ricade all'interno delle aree a pericolosità idraulica elevata PIE o molto elevata PIME, ne all'interno delle aree a pericolosità geomorfologica elevata PFE o molto elevata PFME.

- **VERIFICA DEL RISCHIO E PERICOLOSITÀ DAL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI (PGRA)**

Per l'area analisi, è stato valutato il rischio e la pericolosità dal Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) ai sensi della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione del rischio di alluvioni, recepita nell'ordinamento italiano con il Decreto Legislativo 23 febbraio 2010 n. 49 (http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/alluvioni.html).

- Pericolosità da direttiva alluvioni: non presente
- Rischio da direttiva alluvioni: non presente



Pericolosità PGRA - Non in scala

CONSIDERAZIONI FINALI SULLE CONDIZIONI DI PERICOLOSITÀ E FATTIBILITÀ GEOMORFOLOGICA IN RELAZIONE ALLE NTA

In merito alla classificazione di pericolosità geomorfologica riportata nei precedenti paragrafi si riportano le seguenti considerazioni:

- La cartografia geomorfologica del Piano Strutturale Comunale non evidenzia alcun fenomeno attivo relativamente alle aree interessate dal progetto
- Gli interventi quindi *non implicano un aumento delle condizioni di pericolosità* e saranno ininfluenti circa il grado di stabilità del versante;

In relazione a tali classi di pericolosità assegnate dal Piano Strutturale ed alla tipologia progettuale prevista, si può assegnare la classe di fattibilità alla realizzazione delle opere in progetto.

PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA 1 > FATTIBILITÀ GEOMORFOLOGICA FG.1

PERICOLOSITÀ IDRAULICA 2-> FATTIBILITÀ IDRAULICA FI.2

PERICOLOSITÀ SISMICA 3-> FATTIBILITÀ SISMICA 3

7. CAMPAGNA GEOGNOSTICA

Per la caratterizzazione del terreno di sedime, in relazione alla tipologia di intervento previsto ed alle classi di fattibilità assegnate, è stata eseguita un'indagine geognostica diretta espletata mediante la realizzazione di n. 2 prove penetrometriche dinamiche DPSH ubicate come mostra l'immagine sottostante ed i cui certificati si allegano in copia.



Ubicazione DPSH - Non in scala

7.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH

E' stato impiegato un penetrometro statico-dinamico della ditta PAGANI TG 63-120 montato su cingoli in gomma. Il penetrometro dinamico pesante ha le seguenti caratteristiche:

peso massa battente	63.50 kg
altezza di caduta	0.75 m
diametro punta conica	51.00 mm
area di base punta c avanzamento punta conica	20.43 cm^2
angolo apertura punta conica	60°
avanzamento punta	0.20 m

La prova consiste nel misurare il numero dei colpi necessari per far avanzare di 20 cm nel terreno la punta conica e misurare così la resistenza del terreno.

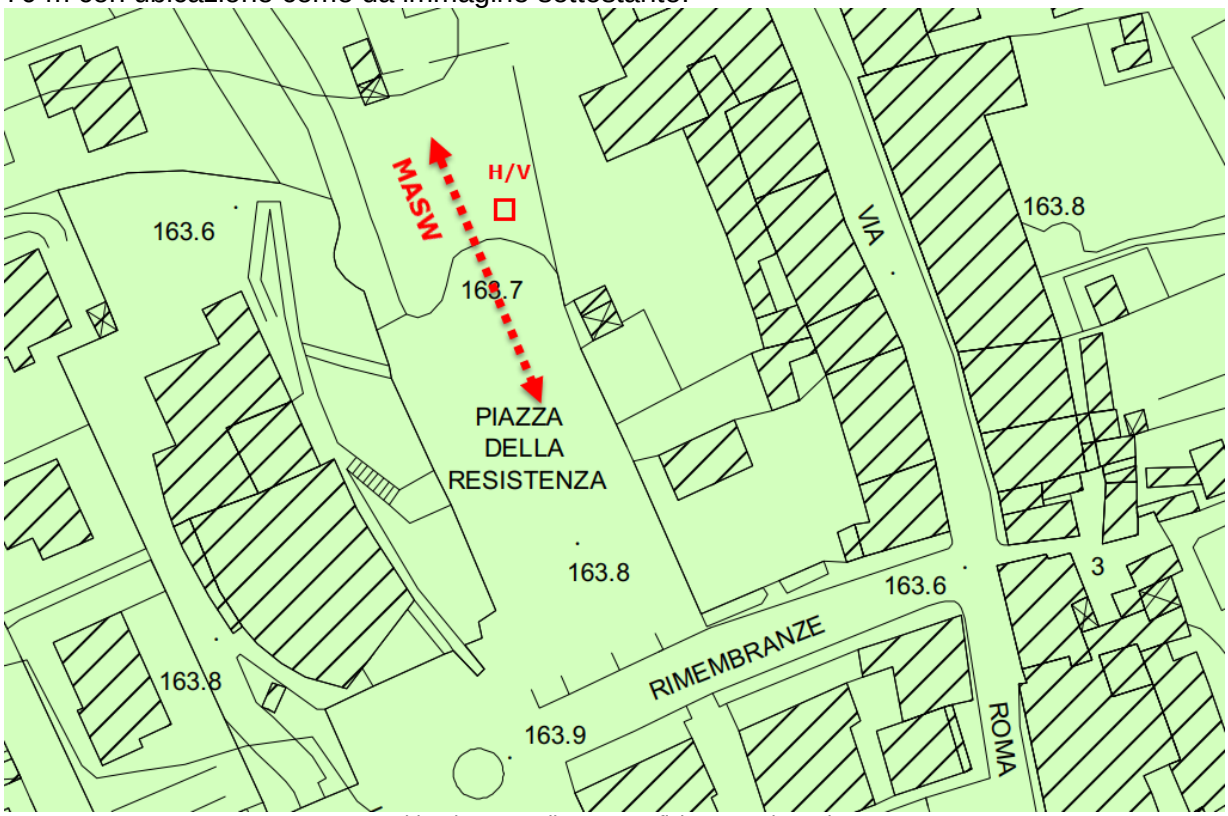
7.2 INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

Dall'osservazione globale dei grafici riportanti i risultati delle penetrometrie è stato possibile individuare i seguenti litotipi:

PROVA PENETROMETRICA DPSH1					
Profondità in metri		**Litologia**	**N20 Valore minimo**	**N20 Valore massimo**	**N20 Valore medio**
0.00	0.60	*Massicciata*	2	6	3.7
0.60	2.00	*Terreno di riporto*	9	13	10.1
2.00	4.00	*Limo sabbioso argilloso scarsamente consistente*	3	5	3.8
4.00	7.20	*Limo argilloso consistente*	*6*	12	10

8. INDAGINE SISMICA

Con lo scopo di avere informazioni sulla stratigrafia e sulle caratteristiche sismiche del terreno interessato dal fabbricato è stata eseguita un'indagine Masw avente una lunghezza di 70 m con ubicazione come da immagine sottostante.



Ubicazione stendimento geofisico - Non in scala

8.2 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA PER I RILIEVI

→ MASW

- *Sismografo PASI 16GN24*
- *Geofoni verticali da 4.5 hz*
- *Massa battente (mazza da 8 kg)*



CARATTERISTICHE TECNICHE SERIE 16S-N	
Processore	Intel Celeron M o superiore
Trattamento dati	Floating Point 32-bit
Ambiente operativo	Windows XP
Interfaccia multilingue	Italiano,Inglese,Francese,Spagnolo,etc.
Numero canali	12 / 24
Display	VGA a colori in LCD-TFT 10.4", touch screen
Supporto di memorizzazione	Hard-Disk 80 Gb (o superiore)
Risoluzione di acquisizione	24bit con sovracampionamento e post-processing
Stampante (opzionale)	Windows standard (solo su richiesta)
Porte dati esterne	LPT, 2xUSB2, LAN
Sensore ambiente interno	temperatura
Protezioni termiche	prevenzione e controllo surriscaldamenti interni (warning sul display e blocco)
Compatibilità dati acquisiti	SEG-2 e PASI standard
Connettori cavo geofoni	standard NK-27-21C
Alimentazione	batteria esterna 12VDC
Temperatura di funzionamento	da 0°C a +55°C
Temperatura di immagazz.	da -55°C a +150°C
Umidità	da 5% a 90%, non condensante
Dimensioni fisiche	486x392x192 mm
Peso	10 kg (12 canali), 11 kg (24 canali)

8.3 SOFTWARE UTILIZZATO PER LA VISUALIZZAZIONE, L'ACQUISIZIONE, IL FILTRAGGIO E L'ELABORAZIONE DATI

- ***Acquisizione dei dati***

SISMOPC 1.0 - PASI AMBROGEO

- ***Elaborazione e filtraggio***

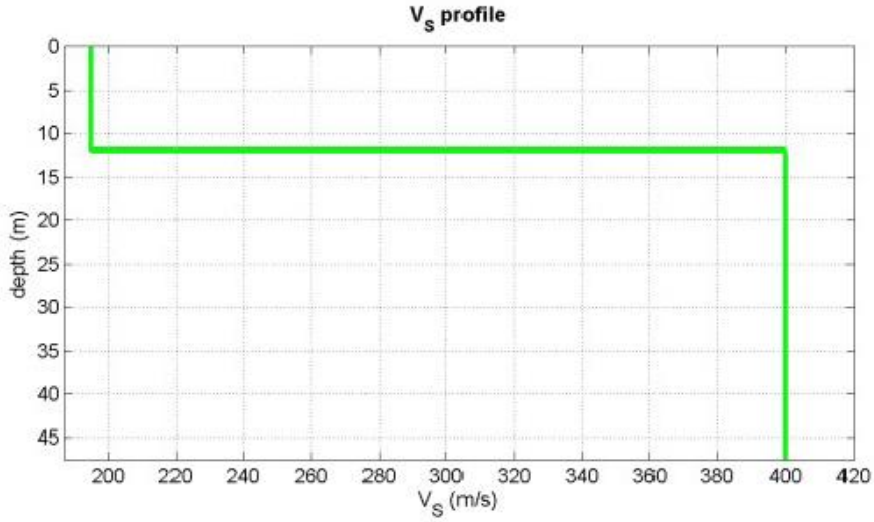
Visual Sunt 20	*Wgeosoft-filtraggio dati (sismica a riflessione)*
Seismic Unix	*Software libero-filtraggio dati (sismica a riflessione)*
WinMasw Pro	*Eliosoft-elaborazione Masw-Remi-H/V-Attenuazione*

- ***Modelli 1 D e rischio sismico***

Deep Soil	*software libero-Risposta di sito modellazione 1D*
Rexel	*software libero-risposta di sito-terremoto di progetto*
Shake 2000	*Geo Motions-risposta di sito –modellazione 1D –liquefazione*
Ciclic 1D	*software libero-liquefazione*

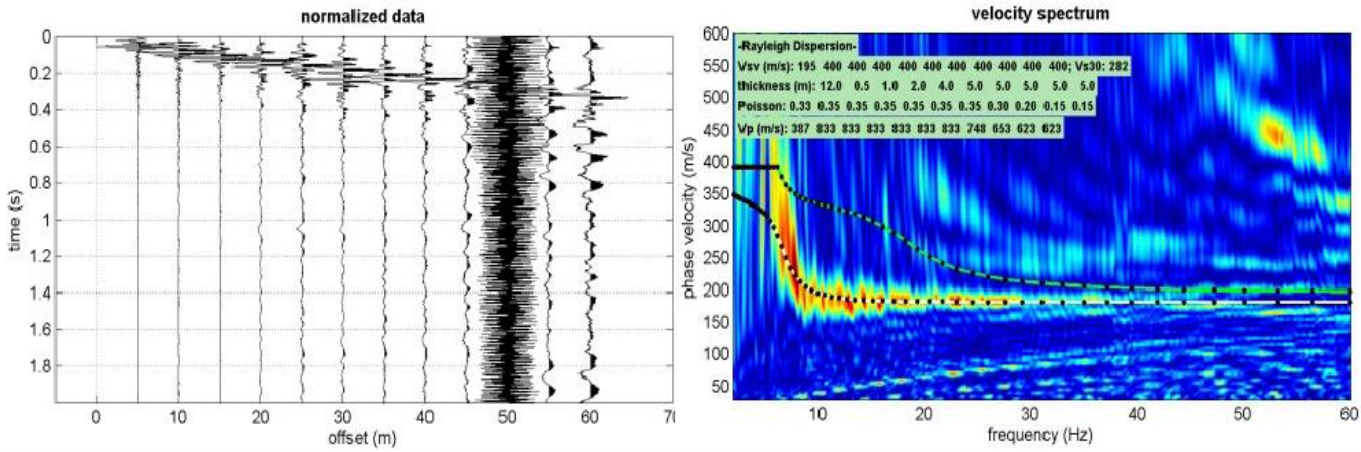
Risultati ottenuti dall'indagine MASW

E' stato predisposto lo stendimento sismico sul terreno quindi si è energizzato tramite mazza da 8 kg: sono stati utilizzati n. 12 geofoni da 4,5 hz disposti alla distanza di 5 m; l'energizzazione è avvenuta a 5 metri dal primo geofono, mentre si sono effettuate registrazioni di 1 sec.



I dati sono stati analizzati nel dominio delle frequenze, si è ricavato quindi la curva di dispersione ed il modello sismostratigrafico in onde S:

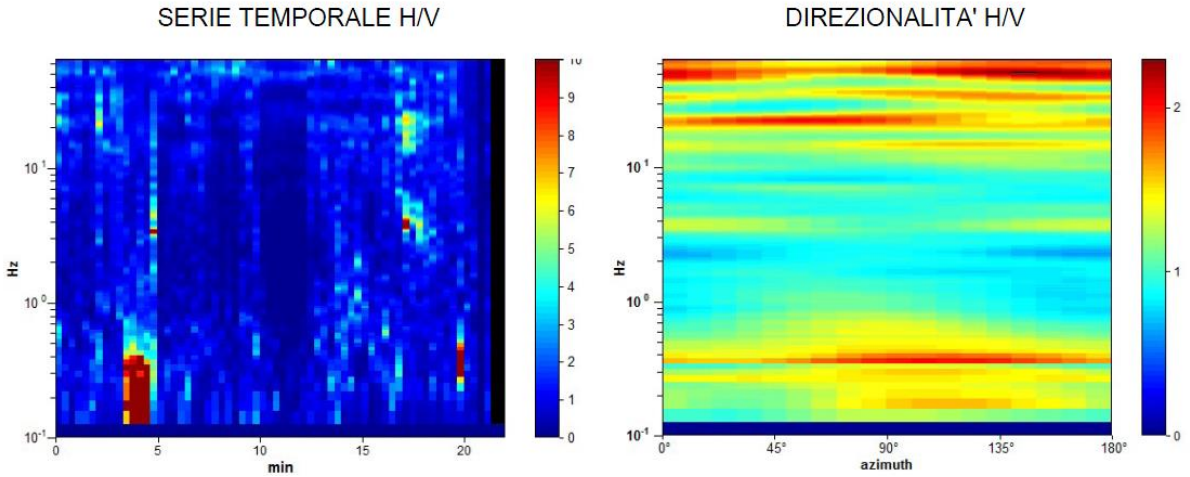
Mean model
Vs (m/s): 195, 400, 400, 400, 400, 400, 400, 400, 400, 400, 400
Thickness (m): 12.0, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 5.0, 5.0, 5.0, 5.0, 5.0
Density (gr/cm3) (approximate values): 1.82 2.01 2.01 2.01 2.01 2.01 2.01 1.98 1.95 1.94 1.94
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 69 322 322 322 322 322 322 317 312 310 310
Estimated static shear modulus (MPa) (approximate values): 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Analyzing Phase velocities
Analysis: Rayleigh Waves
Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual)
Vp (m/s): 387 833 833 833 833 833 833 748 653 623 623
Poisson: 0.33 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.30 0.20 0.15 0.15



Curva di dispersione e modello preliminare in sv

8.4 RISULTATI OTTENUTI

La tromometria è stata effettuata nel resede dell'abitazione: il tromino è stato disposto mettendolo in bolla ed allineandolo con il nord geografico, quindi è stata effettuata una registrazione del rumore di fondo per 22 minuti.



Segnale nel dominio dei tempi registrato con il Tromino nel dominio delle frequenze e del tempo

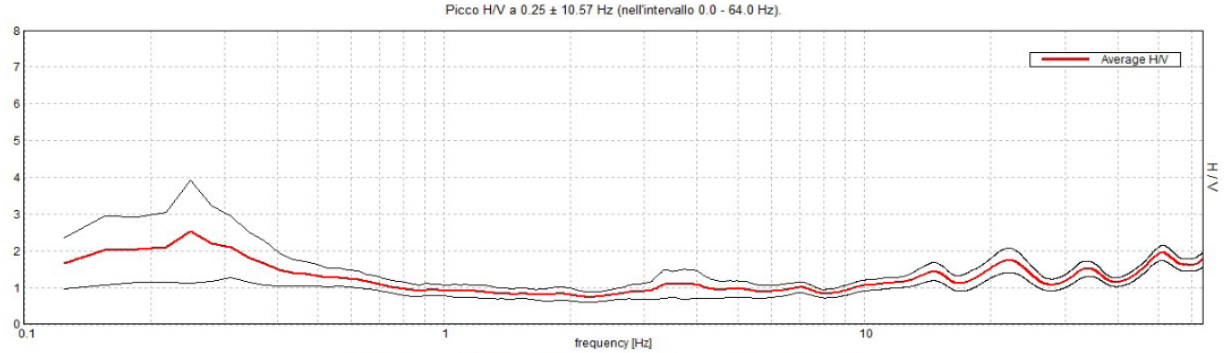
Si ottiene quindi il rapporto spettrale dei dati registrati:

RILIEVO H/V

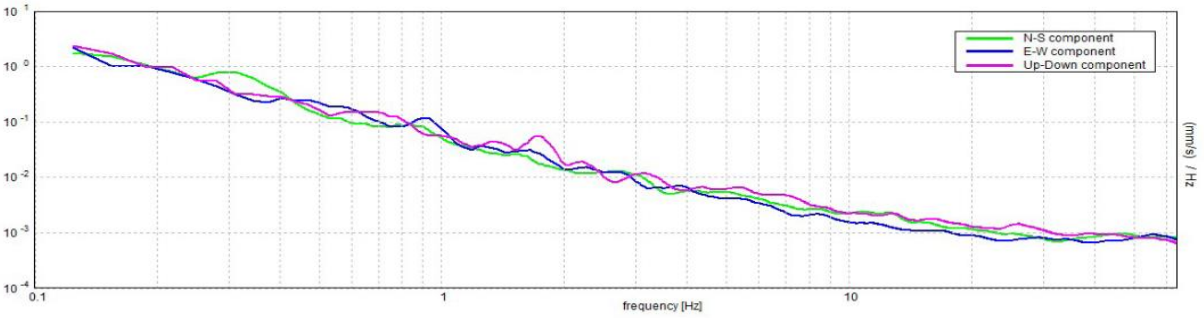
Strumento: TRZ-0135/01-11
Formato dati: 16 byte
Fondo scala [mV]: n.a.
Inizio registrazione: 05/12/18 12:39:33 Fine registrazione: 05/12/18 13:01:34
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h22'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Picco H/V a 0.25 ± 10.57 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	0.25 > 0.50		NO
$n_c(f_0) > 200$	330.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$Hz $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$Hz	Superato 0 volte su 13	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.594 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.53 > 2	OK	
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|42.29117| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	10.57279 < 0.05		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.409 < 2.5	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{logH/V}(f)$	deviazione standard della funzione log $A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ per $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

8.5 ANALISI CONGIUNTA MASW E H/V

I risultati mostrano che non è stato individuato il contatto con bedrock sismico.

Vs30 = Vs eq = **282** m/sec **CLASSE C**

9. CONSIDERAZIONI GENERALI IN CONDIZIONI SISMICHE

Il Comune di Monteroni d'Arbia, in base alla delibera GRT n.421 del 26/05/2014 che ha aggiornato la classificazione sismica regionale, è stato inserito nella zona sismica 3 (per la consultazione della mappa vedi http://www.regione.toscana.it/-/classificazione-sismica-della-toscana).

L'aggiornamento della delibera ha reso coerente la classificazione sismica regionale con i criteri nazionali di stima della pericolosità sismica (O.P.C.M. 3519/2006, NTC 2008 e 2018 che prescrivono la determinazione puntuale di tale parametro con approccio "sito-dipendente"), ed hanno permesso in tal modo di discriminare a livello regionale le aree a maggior pericolosità sismica.

In particolare le norme tecniche O.P.C.M. 3519/2006 indicano, in base al parametro a_g=accelerazione orizzontale ed all'accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico a_g/g, quattro zone di cui le prime tre vengono suddivise in quattro intervalli caratterizzati da differenze di accelerazione pari a 0.025g, mentre la quarta, visti i bassi valori di accelerazione, non prevede ulteriori suddivisioni:

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (a_g/g)
1	$0.25 < a_g \leq 0.35$	0.35g
2	$0.15 < a_g \leq 0.25$	0.25g
3	$0.05 < ag \leq 0.15$	0.15g
4	$a_g \leq 0.05$	0.05g

ZONA SISMICA DEL COMUNE DI MONTERONI D'ARBIA => 3

CATEGORIA TOPOGRAFICA DELL'AREA (PENDENZA MEDIA <5%) => T1

Le categorie topografiche vengono disciplinate nel paragrafo 3.2.2 delle NTC 2018.

Per situazioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale, mentre per configurazioni superficiali semplici si potrà adottare la

seguente classificazione:

CATEGORIA	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA
T1	*Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15° (i ≤ 26.7%)*
T2	*Pendii con inclinazione media i > 15° (i > 26.7%)*
T3	*Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media 15°≤ i ≤ 30° (26.7% ≤ i ≤ 57.7%)*
T4	*Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media i > 30° (i > 57.7%)*

Tab. 3.2.III - Categorie topografiche

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

Essendo il fabbricato in progetto su depositi alluvionali recenti in situazione praticamente pianeggiante in base alla suddetta tabella, si è considerato appartenente alla categoria topografica **T1** *(Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15° (i ≤ 26.7%)).*

COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA => ST = 1.0

In relazione alla categoria topografica rilevata si definisce il coefficiente di amplificazione topografica St che è disciplinato nel paragrafo 3.2.3 delle NTC 2018.

Per tenere conto delle condizioni topografiche ed in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico **ST** riportati nella tabella 3.2.V in funzione delle categorie topografiche definite nel precedente paragrafo e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento:

CATEGORIA	UBICAZIONE DELL'OPERA O DELL'INTERVENTO	ST
T1	-----	**1.0**
T2	*In corrispondenza della sommità del pendio*	**1.2**
T3	*In corrispondenza della cresta del rilievo*	**1.2**
T4	*In corrispondenza della cresta del rilievo*	**1.4**

Tab. 3.2.V - Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica St

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o del rilievo, dalla sommità o cresta, dove St assume il valore massimo riportato nella tab. 3.2.V, fino alla base, dove St assume valore unitario. Pertanto, si affida al terreno in studio, il seguente coefficiente topografico **ST** di amplificazione sismica:

ST = 1.0

CONSIDERAZIONI GENERALI PER LA DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Le Norme Tecniche (D.M. 17/01/2018 "Norme Tecniche per le costruzioni"), nel paragrafo 3.2.2, indicano delle categorie di sottosuolo di riferimento per la definizione dell'azione sismica di progetto.

L'effetto della risposta sismica locale in situazioni complesse si valuta mediante specifiche analisi da eseguire con le modalità indicate al paragrafo 7.11.3 delle NTC 2018.

In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, Vs.

I valori di Vs sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche

statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, Vs_{eq} (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

hi spessore dell'i-esimo strato;
Vs,i velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
N numero di strati;
H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio Vs_{eq} è definita dal parametro Vs_{30}, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II delle NTC 2018.

DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO => CATEGORIA C

Per la definizione della Vs_{eq} o della Vs_{30} e conseguentemente della categoria di sottosuolo per l'opera in progetto si farà riferimento alle indagini sismiche eseguite che hanno evidenziato i seguenti risultati rispetto al piano campagna:

Bedrock sismico entro 30 m	**Vs_{30} = Vs_{eq} (m/sec)**
NO	**282**

Si ritiene che l'indagine sismica eseguita e le velocità rilevate, anche alla luce dei risultati dell'indagine geognostica, siano rappresentative delle caratteristiche dei terreni per le tipologie strutturali in progetto.

Pertanto il terreno in analisi appartiene alla categoria di sottosuolo C (così come definite in Tab. 3.2.II delle NTC 2018).

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato

Quindi, è possibile riassumere per l'intervento in progetto, l'area in analisi ed i terreni in studio le categorie individuate:

Azione sismica per intervento in progetto Fondazioni struttura	
Zona sismica comune	**3**
Quota fondazione da p.c.	**0.0 m**
Profondità bedrock da quota fondazione	**-**
Vs_{eq}	**282 m/s**
Categoria di sottosuolo	**C**
Categoria topografica	**T1**
Coefficiente di amplificazione topografica	**S_T = 1.0**

STIMA DELL'ACCELERAZIONE MASSIMA E DEL COEFFICIENTE SISMICO ORIZZONTALE KH

Per ottenere il valore del coefficiente sismico orizzontale kh e verticale Kv, si deve prima valutare l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito a_{max}:

$$a_{max} = Ss\ S_T\ a_g \qquad \text{[formula 7.11.5 - NTC 2018]}$$

in cui: - *a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido;*

- *Ss = coefficiente di amplificazione stratigrafica (par.3.2.3.2 NTC 2018);*

- *S_T = coefficiente di amplificazione topografica (par.3.2.3.2 NTC 2018).*

I coefficienti sismici orizzontale e verticale che rappresentano l'azione sismica si ottengo dalle seguenti formule:

$$Kh = \beta s\ (a_{max}/g) \qquad \text{[formula 7.11.3 - NTC 2018]}$$

$$Kv = \pm 0.5\ kh \qquad \text{[formula 7.11.4 - NTC 2018]}$$

in cui g è l'accelerazione di gravità e βs=coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa del sito riportato nella seguente tabella:

	Categoria di sottosuolo	
	A	**B, C, D, E**
	βs	**βs**
$0.2<a_g(g)\leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1<a_g(g)\leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g(g)\leq 0.1$	0.20	0.20

Tab. 7.11.I – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

Inoltre, per valutare la sismicità dell'area mediante il metodo sito-dipendente, è necessario localizzare geograficamente il terreno in oggetto:



Sito in esame

latitudine: 43,231161
longitudine: 11,422941
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

riferimento

Sito 1	ID: 22502	Lat: 43,2154	Lon: 11,3632	Distanza: 5144,676
Sito 2	ID: 22503	Lat: 43,2166	Lon: 11,4318	Distanza: 1768,015
Sito 3	ID: 22281	Lat: 43,2666	Lon: 11,4302	Distanza: 3987,314
Sito 4	ID: 22280	Lat: 43,2654	Lon: 11,3615	Distanza: 6266,306

Parametri sismici

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

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	30	[anni]
ag:	0,048 g	
Fo:	2,508	
Tc*:	0,248	[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	50	[anni]
ag:	0,059 g	
Fo:	2,541	
Tc*:	0,256	[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	475	[anni]
ag:	0,141 g	
Fo:	2,486	
Tc*:	0,278	[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	975	[anni]

ag:	0,176 g
Fo:	2,520
Tc*:	0,283 [s]

SLO:		SLV:	
Ss:	1,500	Ss:	1,490
Cc:	1,660	Cc:	1,600
St:	1,000	St:	1,000
Kh:	0,014	Kh:	0,050
Kv:	0,007	Kv:	0,025
Amax:	0,704	Amax:	2,061
Beta:	0,200	Beta:	0,240
SLD:		**SLC:**	
Ss:	1,500	Ss:	1,430
Cc:	1,650	Cc:	1,590
St:	1,000	St:	1,000
Kh:	0,018	Kh:	0,060
Kv:	0,009	Kv:	0,030
Amax:	0,868	Amax:	2,467
Beta:	0,200	Beta:	0,240

10. VALUTAZIONI DELLE AMPLIFICAZIONI SISMICHE LOCALI

Tra gli effetti di amplificazione sismica locale, le tipologie di pericolo sismico da tenere in considerazione sono le seguenti:

- *instabilità dei pendii;*
- *liquefazione di sabbie sature;*
- *addensamento di terreni a grana grossa;*
- *subsidenza di terreni molli a grana fine;*
- *scorrimento di faglia.*

Instabilità dei pendii: nel caso in esame le opere in progetto si trovano in un'area caratterizzata da una pendenza del 1%; *pertanto sono state omesse le verifiche di stabilità*.

Liquefazione di sabbie sature: denota una diminuzione di resistenza al taglio o rigidezza causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno. Il rischio di liquefazione si presenta nel caso di falda freatica superficiale in presenza di terreni sabbiosi sciolti anche se contenenti una frazione fine limo argillosa; la verifica alla 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 di campagna in assenza di manufatti minori di 0.1 g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal p.c. (con p.c. sub-orizzontale) e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)60 > 30$ oppure con qc1N > 180 dove:

   - $(N_1)60$ = valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche SPT normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

   - qc1N = valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche CPT normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nelle seguenti figure:

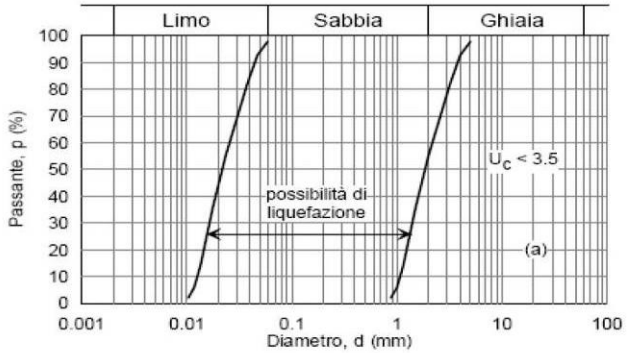


Figura 1: *Terreni con coefficiente di uniformità Uc<3.5*

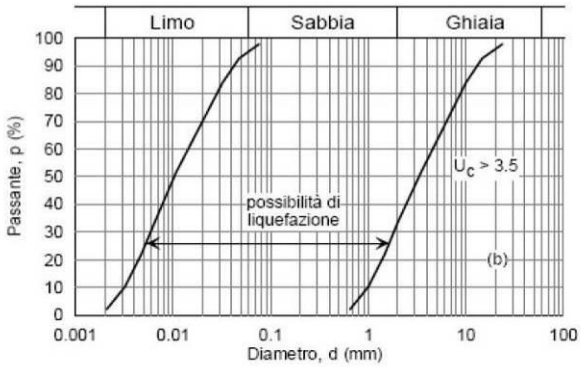


Figura 2: *Terreni con coefficiente di uniformità Uc>3.5*

ESAME DELLE CIRCOSTANZE PER CUI PUÒ ESSERE OMESSA LA VERIFICA A LIQUEFAZIONE

In condizioni sismiche, il termine liquefazione indica tutti i fenomeni che danno luogo alla perdita di resistenza a taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni incoerenti e saturi, sollecitati da azioni transitorie e ripetute che agiscono in condizioni non drenate (Kramer, 1996). Tali fenomeni sono legati allo sviluppo di sovrappressioni neutre che, se positive, causano una riduzione della tensione efficace media presente nel terreno e quindi una riduzione della resistenza a taglio. La riduzione della resistenza può rappresentare solo una condizione temporanea, seguita da un successivo recupero, o può indurre nel terreno una condizione di collasso generalizzata e definitiva. *L'avvenuta liquefazione si manifesta in presenza di manufatti attraverso la perdita di capacità portante e/o lo sviluppo di elevati cedimenti e rotazioni.*

Circostanza	***Valori***	***Valori sito***	***Omissione verifica***
Eventi sismici	Magnitudo M < 5	*4.77*	***SI***
Amax attesa	Amax < 0.1 g	*0.125 g - 0.150 g*	***NO***
Profondità falda	Profondità > 15 m da p.c.	*Circa 2.60 m*	***NO***
Resistenza penetrometrica	$(N_1)60$ > 30 o qc1N > 180	*Minore di 30*	***NO***
Granulometria	Esterna ai diagrammi	*Esterna*	***SI***

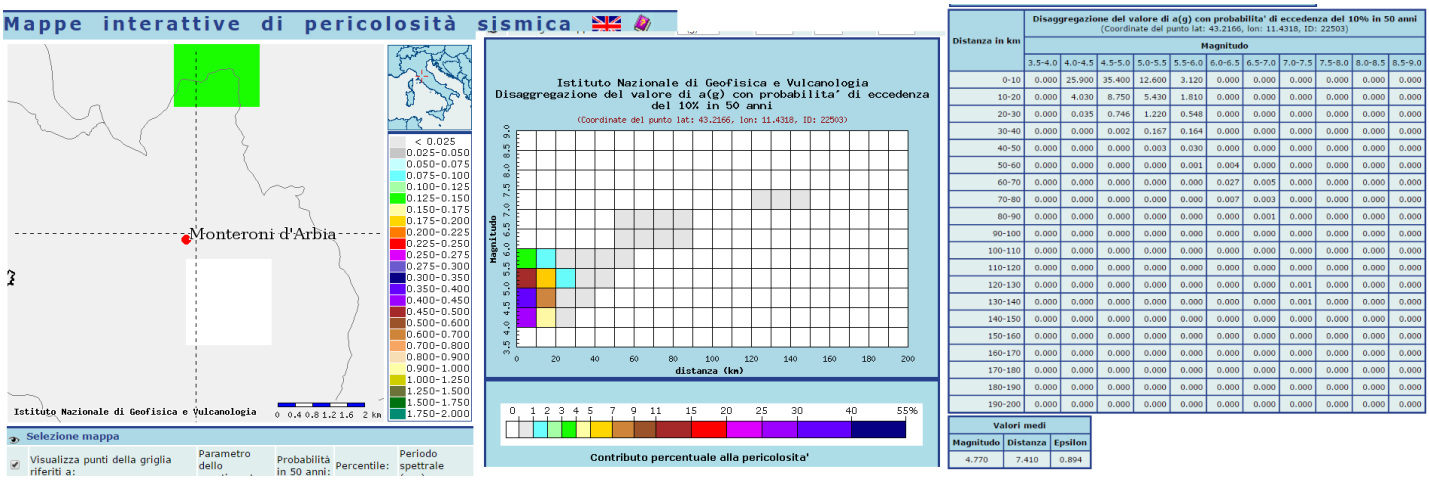
Si ricorda che la verifica a liquefazione può essere omessa qualora si manifesti almeno una delle precedenti cinque circostanze, qui di seguito si procede all'analisi dettagliata di ciascuna di esse.

1) *Massime intensità macrosismiche osservate*

*Per quanto riguarda la magnitudo da usare in analisi sulla liquefazione, il consiglio dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia è quello di usare la magnitudo massima attesa in ogni zona sismogenetica. Questo valore è ricavabile dalla consultazione delle mappe interattive di pericolosità sismica (*http://esse1-gis.mi.ingv.it/*) e dall'elaborazione dei corrispettivi grafici dell'analisi di disaggregazione si evince che la* ***magnitudo attesa per gli eventi sismici relativamente al sito in analisi è pari a 4.77****.*

Si ricorda che la disaggregazione è l'operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. La forma più comune di disaggregazione

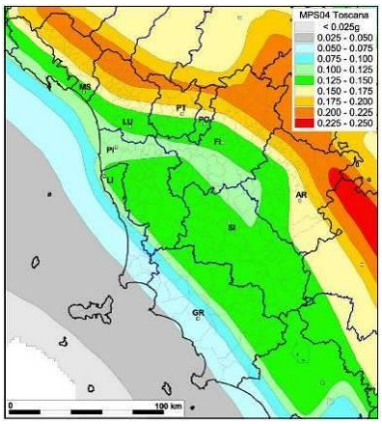
è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M. Espresso in altri termini il processo di disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso. Analogamente alla disaggregazione in M-R è possibile definire la disaggregazione tridimensionale in M-R-ε dove ε rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento (logaritmico) devia dal valore mediano predetto da una data legge di attenuazione dati M ed R.



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.2166, lon: 11.4318, ID: 22503) — Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	25.900	35.400	12.600	3.120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	4.030	8.750	5.430	1.810	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.035	0.746	1.220	0.548	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.002	0.167	0.164	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.003	0.030	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.027	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.003	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.770	7.410	0.894

2) ***Accelerazioni massime attese***



Per la valutazione della massima accelerazione g attesa si farà riferimento alla proposta di riclassificazione sismica dei comuni della Regione Toscana (conseguente alla pubblicazione della nuova Mappa di Pericolosità Sismica nazionale con l' O.P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006). Qui sotto si allega la figura della tavola 2 che riassume la mappa della pericolosità sismica della Toscana sul valore mediano.

- *0.125 g < Amax < 0.150 g -> <u>circostanza non soddisfatta</u>*
- ***<u>Profondità della falda acquifera nella media stagionale</u>***

- Falda profondità di 2.60 m -> <u>circostanza non soddisfatta</u>

- ***<u>Resistenza penetrometrica normalizzata</u>***

- I valori medi di Nspt rilevati nei sondaggi eseguiti sono inferiori a 30 -> <u>circostanza non soddisfatta</u>

- ***<u>Distribuzione granulometrica</u>***

- Le analisi granulometriche sui campioni argillosi eseguii in passato nei dintorni dell'area hanno escluso la presenza di potenziali fenomeni di liquefazione; le analisi visuali delle carote dei sondaggi mostrano una granulometria per lo più mista per quanto concerne i litotipi superficiali con elevata componente ghiaiosa -> <u>circostanza soddisfatta</u>

<u>Pertanto, come dimostrato in precedenza, sono verificate due delle cinque circostanze analizzate ed è possibile omettere la verifica a liquefazione.</u>

Addensamento di terreni a grana grossa: I terreni affioranti sono costituiti da materiali estremamente eterogenei con presenza di elementi a granulometria fine pertanto, in relazione alla natura del litotipo in esame, si ritiene che non si possano generare cedimenti per improvvisa compattazione del terreno relativa a terreni a grana grossa.

Subsidenza di terreni molli a grana fine: Anche per quanto riguarda l'effetto di amplificazione per subsidenza di terreni molli si ritiene che, data la presenza di materiali

mediamente addensati, non sussista il pericolo di subsidenza dei terreni di fondazione.

Scorrimento di faglia: Allo stato attuale delle conoscenze si esclude che l'area sia interessata, in superficie, da dislocazioni tettoniche attive.

11. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE

In base ai dati ottenuti dalla campagna geognostica realizzata, è stato possibile evidenziare il più probabile assetto stratigrafico del terreno di fondazione.

In particolare, si ritiene che il terreno di fondazione possa essere costituito dalla seguente successione litotecnica:

→ ***Unità M:*** *Massicciata*

→ ***Unità Tr:*** *Terreno di riporto*

→ ***Unità Las:*** *Limo argilloso sabbioso mediamente consistente*

→ ***Unità La:*** *Limo argilloso consistente*

1.1 STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI

La scelta dei parametri affidati alle seguenti unità geotecniche è stata fatta utilizzando i seguenti valori:

- valori ragionevolmente prossimi ai valori medi, come indicato nei casi in cui si voglia rappresentare elevati volumi di terreno; il modello proposto ha lo scopo di riassumere l'assetto litostratigrafico e geotecnico di tutta l'area nel suo insieme;
- valori sottoposti ad analisi statistica, come indicato nei casi in cui sono coinvolti puntualmente modesti volumi di terreno; si dovrà ricorrere alle relazioni indicate dall'Eurocodice 7 che fissa, per i parametri della resistenza al taglio, una probabilità di non superamento del 5%, alla quale corrisponde, per una distribuzione di tipo gaussiano, un valore di X (frattile 5%) uguale a –1,645. Dovranno esser applicate le seguenti relazioni ai parametri medi (m) per ottenere quelli caratteristici (k):

  (1) $\phi'k = \phi'm\ (1+C.V\phi)$

  (2) $c'k = c'm\ (1+C.Vc)$

  diventeranno:

  (3) $\phi'k = \phi'm\ (1- 1{,}645\ V\phi\ )$

  (4) $c'k = c'm\ (1- 1{,}645\ Vc\ )$

  V coefficiente di variazione = rapporto fra lo scarto quadratico medio e la media dei valori.

Ai valori caratteristici (fk) e medi (fm) trovati si applicheranno i coefficienti di sicurezza parziali (CP) in funzione dello stato limite considerato secondo l'approccio di calcolo scelto in base alla NCT 2018.

Ai sensi delle istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici si consiglia di utilizzare i parametri geotecnici medi esclusivamente per calcoli geotecnici che coinvolgano un gran volume di terreno (verifiche di stabilità, calcoli strutturali per platee e travi rovesce, paratie e portanza laterale dei pali).

Ai sensi delle istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici si consiglia di utilizzare i parametri geotecnici caratteristici per calcoli geotecnici che coinvolgano un piccolo volume di terreno (calcoli strutturali per portanza alla punta dei pali, plinti non collegati e tiranti).

Ai sensi delle istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici si consiglia di utilizzare il modulo edometrico per la valutazione dei cedimenti in relazione agli stati limite di

esercizio.

1.2 STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Prove DPSH

Per la parametrizzazione geotecnica dei litotipi individuati nell'area in studio sono state utilizzate le seguenti correlazioni empiriche:

- *Trasformazione del valore N_{20} in N_{SPT}*

Il valore N_{20} fornito dalla prova DPSH viene trasformato attraverso un coefficiente teorico di energia ßt = 1.52 tramite la seguente formula:

$$N_{SPT} = ßt\ N_{20}$$

- *Stima del valore dell'angolo di attrito*

Tramite l'applicazione della seguente formula, viene ricavato il valore della coesione non drenata (Road Bridge Specification):

$$\phi = \sqrt{}\ 15\ N_{SPT} + 15$$

- *Stima della coesione non drenata*

Tramite l'applicazione della seguente formula, viene ricavato il valore della coesione non drenata (SANGLERAT):

$$Cu = 0.5\ \alpha\ N_{SPT}$$

in cui:

α = 2.50 per argille
α = 2.00 per argille limose
α = 1.33 per argille limoso sabbiosi

- *Modulo di compressibilità del terreno*

Mentre per la determinazione del modulo di compressibilità si è utilizzata la seguente formula (BUISMAN e SANGLERAT):

$$Ed = 6\ N_{SPT}$$

UNITÀ M – MASSICCIATA

Questa unità rappresenta il primo livello della massicciata presente nell'area in esame. Al litotipo in oggetto può essere affidato, vista la prevalente natura granulare, un comportamento globalmente incoerente. Dall'elaborazione statistica delle indagini in situ disponibili per tale unità litotecnica si ricavano, pertanto i seguenti parametri geotecnici:

- ***$N20_{med}$ = 11.7***
- ***$NSPT_{med}$ =17.7***
- ***peso di volume γ = 1.70 t/m³***
- ***angolo di attrito medio Φ'm = 31.31°***
- ***modulo edometrico Eed = 106.40 kg/cm²***

UNITÀ TR – TERRENO DI RIPORTO

Questa unità rappresenta il primo livello di terreno di riporto presente al di sotto della massicciata stradale. Esso è presente a partire da una profondità di 0.60 m fino ad un a una profondità di 2.00 m.

Al litotipo in oggetto può essere affidato, vista la prevalente natura granulare, un comportamento globalmente incoerente. Dall'elaborazione statistica delle indagini in situ disponibili per tale unità litotecnica si ricavano, pertanto i seguenti parametri geotecnici:

- ***$N20_{med}$ = 4.9***
- ***$NSPT_{med}$ =7.4***

- ***peso di volume γ = 1.60 t/m³***
- ***angolo di attrito medio Φ'm = 25.52 °***
- ***modulo edometrico Eed = 44.30 kg/cm²***

UNITÀ LSA: LIMO SABBIOSO ARGILLOSO MEDIAMENTE CONSISTENTE

Questa unità rappresenta il primo livello del terreno in posto. Essa è costituita da un deposito limo sabbioso-argilloso di origine alluvionale caratterizzato da medi valori di resistenza. È presente al disotto del precedente strato di riporto fino a profondità di 4.00 m.

Al litotipo in oggetto può essere affidato, vista la prevalente natura granulare, un comportamento globalmente incoerente. Dall'elaborazione statistica delle indagini in situ disponibili per tale unità litotecnica si ricavano, pertanto i seguenti parametri geotecnici:

- ***$N20_{med}$ = 7***
- ***$NSPT_{med}$ =10.60***
- ***peso di volume γ = 1.80 t/m³***
- ***angolo di attrito medio Φ'm = 27.63°***
- ***modulo edometrico Eed = 63.84 kg/cm²***

UNITÀ LA: LIMO ARGILLOSO MEDIAMENTE CONSISTENTE

Questa unità è costituita da un sedimento a prevalente componente argillosa e può essere considerato il substrato dell'area in studio alla scala di questa indagine. Come evidenziato dalle prove è caratterizzata da buone caratteristiche di resistenza all'infissione in graduale aumento con la profondità.

Al litotipo in oggetto, di natura prettamente coesiva, in relazione ai risultati delle prove penetrometriche effettuate, tramite l'applicazione delle formule menzionate, possono essere affidati i seguenti parametri geotecnici:

- ***$N20_{med}$ = 11.80***
- ***$NSPT_{med}$ =17.90***
- ***peso di volume γ = 2.00 t/m³***
- ***coesione non drenata Cu = 1.19 Kg/cmq***
- ***modulo edometrico Eed = 107.16 kg/cm²***

MODELLO LITOSTRATIGRAFICO DI RIFERIMENTO - CONSIDERAZIONI SULLE FONDAZIONI

In base alle considerazioni sopra esposte ed alle interpretazioni litostratigrafiche delle indagini effettuate, si propone per l'intervento in progetto il seguente modello geotecnico di riferimento.

Saranno fornite in particolare delle tabelle con i *valori geotecnici medi qualora utilizzino fondazioni superficiali*.

SCHEMA GEOTECNICO PER IL DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE DI FONDAZIONE FONDAZIONI SUPERFICIALI STRATIGRAFIA DA QUOTA PINAO CAMPAGNA ATTUALE						
Profondità (m)		***Unità***	***γ (t/m³)***	***ϕm***	***Cu (Kg/cm²)***	***Edm(Kg/cm²)***
0.00	0.60	M	1.70	31.31°	-	106.40
0.60	2.00	Tr	1.60	25.52°	-	44.30
2.00	4.00	Lsa	1.90	27.63°	-	63.84
>4.00		Ac	2.00	-	1.19	107.16
Profondità falda acquifera: 2.60 m dal piano campagna						
• γ= peso di volume			• ϕ' = angolo di attrito interno efficace			
• C'= coesione drenata			• ϕ = angolo di attrito interno			
• Cu= coesione non drenata			• Eed = modulo edometrico			

12.TERRE E ROCCE DA SCAVO - RIUTILIZZO IN LOCO

In base alle disposizioni del D.P.R. 13 giugno 2017, n° 120 *"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",* qualora per il cantiere in oggetto si preveda il completo riutilizzo delle terre all'interno dello stesso ai sensi dell'art.24 del D.P.R. 120/2017 "*utilizzo nel sito di produzione delle terre e rocce escluse dalla disciplina rifiuti"*, al fine di individuare le condizioni per la corretta gestione delle terre da scavo dal cantiere in oggetto, dovranno essere seguite le procedure di caratterizzazione chimico fisiche e accertamento delle qualità ambientali, secondo le disposizioni indicate nell'allegato n. 4 del D.P.R. 120/2017.

Qualora non sia possibile il completo riutilizzo del materiale di risulta nello stesso sito di produzione si dispone che il sottoprodotto restante sia destinato a discarica autorizzata previa compilazione di apposito formulario da parte del produttore (ditta esecutrice dei lavori).

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'insieme delle indagini geologico geomorfologiche eseguite nell'area in studio, non hanno messo in luce elementi contrari alla realizzazione delle opere in progetto.

In relazione a quanto desunto dall'indagine geognostica, geofisica e dalle osservazioni di campagna, si rileva la presenza al di sotto di un primo livello di massicciata stradale (**Unità M**) la presenza di terreno per uno spessore di 2.00 m (**Unità Tr**). Al di sotto del terreno di riporto si trovano i depositi alluvionali, costituiti da un livello di limi argilloso sabbiosi (**Unità Las**) fino ad una profondità di 4.00 m e da Limi argillosi consistenti a profondità superiori (**Unità La**). Si fa inoltre presente che i depositi alluvionali individuati al di sotto del terreno di riporto, sono sede di una falda idrica, ad una profondità media di 2.60 m dal p.c..

Le indagini sismiche effettuate confermano l'assetto geologico strutturale rilevato durante i sopralluoghi e nelle indagini geognostiche eseguite. In base alle considerazioni sopra esposte ed alle interpretazioni litostratigrafiche delle indagini effettuate, si propone per la realizzazione delle opere in progetto il modello geotecnico di riferimento sopra riportato.

In base alle indagini sismiche eseguite avremo la seguente velocità media delle Vs nei primi 30 metri:

Vs 30 = VsEQ = 282 m/sec.

Pertanto, si ritiene che i terreni presenti appartengano alla seguente categoria di suolo:

C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Di conseguenza, in base a quanto fin qui detto, è possibile riassumere per il terreno in studio le categorie individuate:

- Zona sismica: 3;
- Categoria di sottosuolo: Categoria C;
- Categoria topografica: T1;
- Coefficiente di amplificazione topografica: S_T = 1.00.

I terreni in studio, non sono classificati come bosco, non interessando aree boscate, né piante o siepi sparse. Quanto in progetto, ai sensi degli art.n.101 e n.75 del Regolamento Forestale, non altererà la stabilità dei terreni né la regimazione delle acque superficiali; inoltre, non ha alcuna interferenza con le falde idriche profonde.

Infine, al fine di realizzare correttamente le opere previste, dovranno essere tenute in debita considerazione tutte le problematiche relative alle caratteristiche idrologiche del sito: a

tale scopo si ritiene indispensabile prevedere la realizzazione degli accorgimenti necessari per la regimazione delle acque superficiali e meteoriche mediante opportune canalette o fossetti perenni che ne regolino il deflusso superficiale in modo da limitare ristagni ed infiltrazioni nel terreno di sedime del manufatto da realizzare.

Il dimensionamento delle eventuali opere di fondazioni e le verifiche, in base al D.M. 17.01.2018, dovranno essere fatte allo stato limite ultimo ed allo stato limite d'esercizio in condizioni statiche e sotto sisma, e saranno effettuate in fase esecutiva nella specifica relazione geotecnica che potrà ricorrere a tutti i parametri stratigrafici, idrogeologici, sismici e geotecnici indicati nella presente relazione geologica.

In base a quanto fin qui riportato, in relazione alle classi di pericolosità assegnate dal P.S. del Comunale ed alla tipologia progettuale, si ritiene che gli interventi in progetto rispettino le raccomandazioni NTA del P.S.:

Pertanto, si ritiene che gli interventi in progetto si inseriscano positivamente nel contesto geomorfologico, idraulico e idrogeologico dell'area senza aggravarne le condizioni di stabilità.

Inoltre, vista la litologia dei terreni affioranti, caratterizzati generalmente da permeabilità molto bassa, dovrà essere predisposta un'adeguata regimazione idrica mediante drenaggio profondo perimetrale e canalette di raccolta e smaltimento, in modo tale da limitare le infiltrazioni delle acque superficiali in prossimità delle fondazioni del fabbricato.

Siena, dicembre 2018

GEOSOL s.r.l.

Dott. Geol. Andrea Capotorti

GEOSOL s.r.l.
V.le Europa, 31 - SIENA
Tel. 0577 44470 - Fax 0577 222011
Partita IVA 00707530523

ORDINE DEI GEOLOGI DELLA TOSCANA
DOTT. GEOL. ANDREA CAPOTORTI N° 617