

COMUNE DI SANSEPOLCRO

Provincia di Arezzo

RELAZIONE DI FATTIBILITA'

**PROPOSTA DI VARIANTE AL R.U. PER AMPLIAMENTO
LOGISTICA POSTO IN VIA MALPASSO NEL COMUNE DI
SANSEPOLCRO**

Committente: Maxi di S.r.l.

Foglio 82 particelle n. 165, 170, 602, 605 e 627
Località: Sansepolcro

Città di Castello 03/05/2017

Dott. Geol. Lorenzo Martinelli

INDICE

- Premessa e conclusioni
- 1.0. Caratteristiche morfologiche e geologiche
- 2.0. Caratteristiche idrogeologiche
- 3.0. Indagini geognostiche
 - 3.1 Analisi onde superficiali
 - 3.1.1 Indagine H/V
- 4.0. Sismicità del sito
- 5.0. Verifica del rischio di liquefazione
- 6.0 - Valutazione dei parametri geotecnici

ALLEGATI

- Rilevamento topografico d'Italia F° 289 IV SE
- Planimetria catastale scala 1:2000
- Rilevamento geologico scala 1:2000
- Carta geologica dell'area scala 1:10000
- Carta geomorfologica dell'area scala 1:5000
- Carta litotecnica dell'area scala 1:5000
- Carta idrogeologica scala 1:10000
- Carta delle pericolosità idrogeologica dell'area scala 1:5000
- Carta di fattibilità dell'area scala 1:5000
- Carta della pericolosità geologica scala 1:10000
- Ubicazione prove scala 1:2000

Premessa e conclusioni

Su incarico della ditta **MAXI DI S.r.l.** con sede in Belfiore (VR), viale del Lavoro n. 20, codice fiscale, partita IVA e iscrizione al registro delle imprese di Verona n. 00542090238, numero REA VR - 142404, redigo la presente relazione a corredo della manifestazione di interesse prevista dalla delibera di Giunta Comunale nr. 45/2017, è stata condotta un'indagine geologica in via Malpasso Sansepolcro, sul terreno cartografato al Foglio 82 particelle n. 165, 170, 602, 605 e 627. L'indagine è stata finalizzata all'individuazione delle caratteristiche geomorfologiche applicative, litologiche ed idrogeologiche, dei terreni sui quali è prevista una è prevista un ampliamento di un capannone.

Per la valutazione di tali caratteristiche, è stato eseguito un rilevamento geologico e geomorfologico di campagna, ed 2 prove penetrometriche con strumentazione DPSH spinte fino alla profondità massima di 7.0 m dal p.c. ed uno stendimento sismico di lunghezza di mt. 30.

Dall'elaborazione di tutti i dati acquisiti, si è constatato che i terreni studiati sono contraddistinti da sabbie e limi con sviluppo lenticolare.

La zona di studio è morfologicamente inquadrabile su un terrazzo alluvionale con pendenze pressoché nulle ed assenza totale di fenomeni di instabilità.

L'area è sopraelevata dall'alveo del fiume Tevere di circa 5 m.

Dal punto di vista idrogeologico, le indagini condotte in campagna, hanno permesso di appurare la presenza di falda alla profondità di circa 15 m dal p.c..

Dal punto di vista strettamente geotecnico, la discreta omogeneità laterale e verticale dei litotipi attraversati, non genera differenti risposte meccaniche alle sollecitazioni di carico pur garantendo la possibilità di realizzare strutture poggianti su

fondazioni di tipo superficiale (platea, trave rovescia, ecc), che in fase di progetto esecutivo verranno fornite le dimensioni delle fondazioni, portanza, e cedimenti totali e differenziali.

Sulla base di quanto osservato, da un punto di vista geologico non esistono controindicazioni per la fattibilità dell'intervento di cui al titolo.

1.0 - Caratteristiche morfologiche e geologiche

L'area di progetto si trova sud-ovest dell'Abitato di Sansepolcro alla quota topografica di circa 310 m s.l.m.

La zona dal punto di vista morfologico è all'interno di un terrazzo alluvionale sopraelevato di circa 10 m sul letto del Fiume Tevere. Le pendenze sono praticamente nulle e si ritiene che data la distanza da qualsiasi corso d'acqua non sussistano problemi di esondazione.

Il rilevamento condotto in campagna all'interno dell'area ha mostrato che in superficie sono presenti depositi alluvionali di facies essenzialmente fluviale con termini sabbiosi fino ad arrivare a livelli silto-argillosi rinvenibili al di sotto dei 4.0 m dall'attuale piano di campagna.

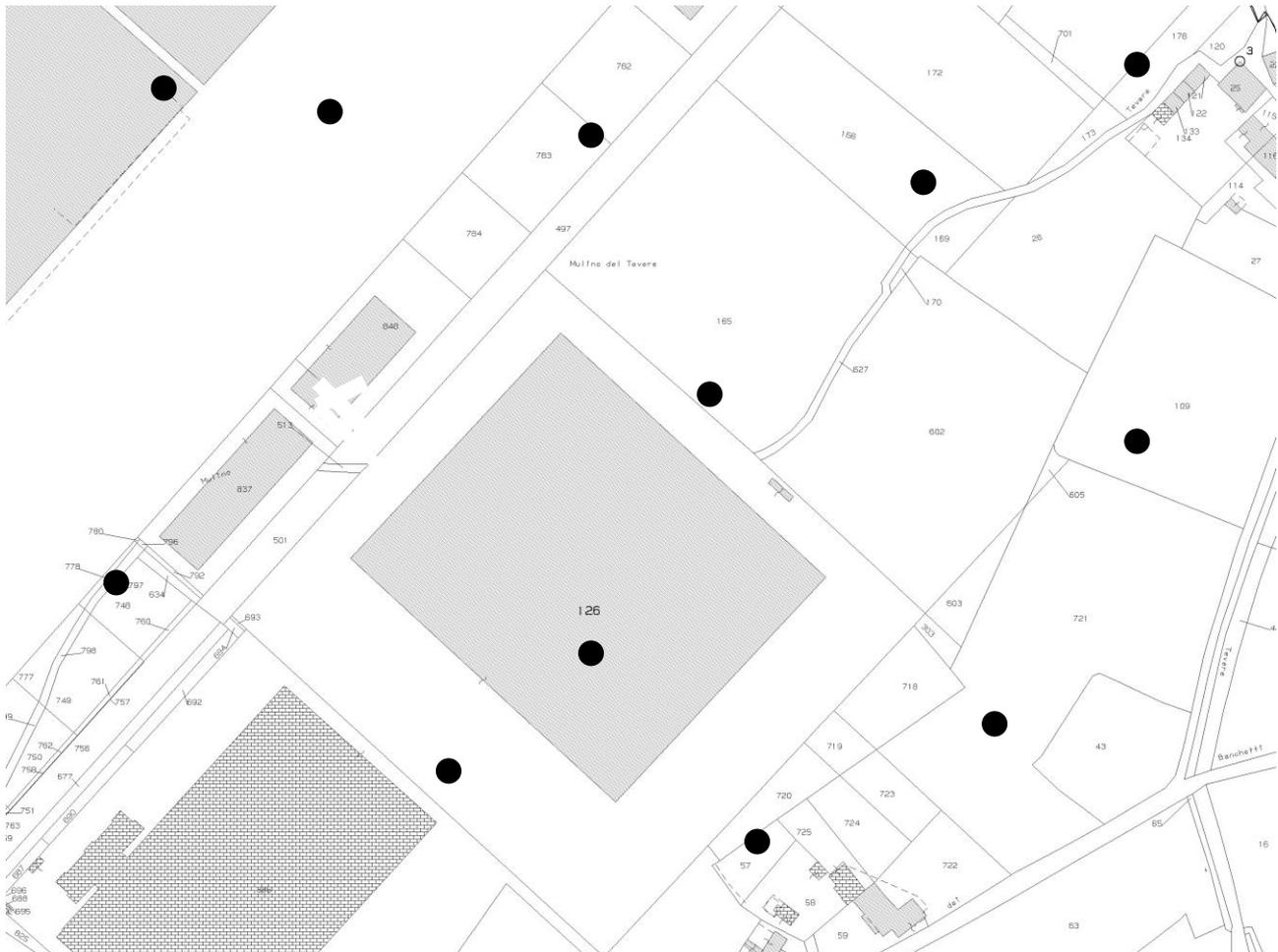
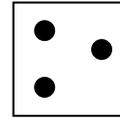
L'esecuzione di campionamento con scarpetta in fase di indagine DPSH spinti fino alla profondità massima di 7.0 m dal p.c. ha permesso nel particolare di ricostruire le successioni stratigrafiche dei depositi attraversati.

E' stata riscontrata una discreta continuità spaziale dei depositi alluvionali su tutta l'area di progetto.

Rilevamento geologico

Scala 1:2000

Alluvioni terrazzate di medio-alta quota.



2.0 - Caratteristiche idrogeologiche

Le caratteristiche idrografiche del luogo sono individuabili in presenza di una fitta rete di canalizzazione delle acque di corrivazione. Tale canalizzazione delle acque meteoriche è in discreto stato di conservazione, anche se la prevalente composizione sabbiosa delle terre tende a facilitare l'infiltrazione a scapito della corrivazione.

La circolazione delle acque freatiche all'interno dei terreni attraversati è presente alla profondità di 3.0 m.

L'acquifero è costituito da sabbie limose e limi-sabbiosi.

La circolazione idrica sotterranea è decisamente facilitata dalla discreta permeabilità dei terreni in situ e dà luogo a frange capillari talora estese. Sulla base di quanto osservato, si ritiene che la circolazione delle acque obbedisce a leggi di regime transitorio ed è da considerare di tipo freatico.

La presenza della falda è rinvenibile alla profondità di circa 15 m dal p.c..

3.0. Indagini geognostiche

La campagna d'indagine è consistita nell'esecuzione di uno stendimento in sismica attiva per la valutazione della velocità di fase delle onde superficiali (MASW) dalla quale risalire alla velocità delle onde di taglio Vs.e da prove penetrometriche DPSH spinte fino alla profondità di 7.0 mt

L'acquisizione dei dati in campagna è stata eseguita utilizzando un sistema costituito dalle seguenti parti:

- > Sismografo multicanale DoReMi a 12 canali
- > Sorgente energizzante
- > Trigger
- > Strumentazione ricevente
- > Software di analisi e elaborazione

Il sistema DoReMi incorpora e distribuisce lungo il cavo multipolare un sismografo modulare, canale per canale, riducendo notevolmente i rumori di natura elettromagnetica che sono acquisiti quando la digitalizzazione avviene nell'unità centrale e il segnale viene trasferito su cavo per decine di metri. Ogni elemento possiede 64Kb di memoria ed è indipendente, pertanto può essere aggiunto o tolto, disponendo di connettori maschio-femmina prima e dopo il digitalizzatore, configurando una installazione "a catena".

Le principali caratteristiche dello strumento sono le seguenti:

cavo multipolare: 60 m

Impedenza d'ingresso: >100k Ω

Convertitore A/D, Tipologia: SAR Risoluzione: 16 bit Dinamica: 96 dB

Dinamica totale senza postprocessing: > 127dB (a qualsiasi frequenza di campionamento)

Memoria: 64 kByte (>30000 campioni)

Frequenze di registrazione selezionabili variabili tra 200 e 20000 Hz

Durata di campionamento variabile da 0.1s a 150s in funzione della frequenza di campionamento selezionata.

Filtri digitali programmabili passa basso e passa alto oltre che a fase zero

Gain variabile da 27dB a 80dB

Possibilità di registrazione in autostack, inversione della polarità e workaway

Conversione dei file di acquisizione dal formato proprietario in SEG2, SEGY e CSV.

Il sistema energizzante adottato per generare onde di compressione (P) è costituito da una mazza di ferro dal peso di 8 Kg battente verticalmente su una piastra in duralluminio del diametro di 18 cm, spessore 4 cm e peso di 2 Kg, posta a diretto contatto con il terreno.

Il trigger consiste di un geofono starter che al primo arrivo dell'onda diretta generata dall'energizzazione chiude un circuito elettrico, consentendo al sistema di individuare l'istante di attivazione della sorgente e quindi di fissare l'inizio della registrazione.

Per quanto riguarda la strumentazione ricevente, sono stati utilizzati 12 geofoni verticali Geo Space con frequenza propria di 4.5 Hz.

3.1 Analisi onde superficiali

L'andamento delle velocità delle onde di taglio con la profondità, è stato determinato analizzando le onde superficiali di Rayleigh con il metodo MASW.

La metodologia è di tipo attivo in quanto le onde superficiali, generate dalla composizione vettoriale delle onde di volume (P ed S) incidenti sulla superficie libera, sono prodotte da energizzazioni artificiali.

Utilizzando uno stendimento di geofoni verticali a bassa frequenza (4.5 Hz) si analizza la parte di sismogramma registrato riconducibile alle onde di Rayleigh, caratterizzate da velocità di propagazione correlabile alla rigidità della parte di terreno attraversata da tali onde (VS @ 1.1VR).

Le onde di Rayleigh sono soggette al fenomeno della dispersione, cioè le differenti lunghezze d'onda e frequenze con le quali si propagano nel semispazio forniscono informazioni su volumi di terreno più spessi proporzionalmente alla lunghezza d'onda e inversamente alla frequenza.

La determinazione della curva di dispersione sperimentale, con l'ausilio del software GEOPSY, rappresentante la relazione che lega la velocità di fase delle onde superficiali con la frequenza, costituisce il primo passo di questo tipo di analisi. Il passo successivo è costituito dal processo d'inversione con il quale si generano un gran numero di modelli geofisici di sottosuolo a ciascuno dei quali è associata una curva di dispersione teorica con lo scopo di approssimare al meglio la curva di dispersione sperimentale.

Il software utilizzato per questo tipo di analisi è il DInver il quale impiega come metodo di ricerca della curva di dispersione il Neighborhood Algorithm, appartenente alla famiglia degli algoritmi genetici.

I dati di campagna sono stati raccolti utilizzando uno stendimento con distanza intergeofonica pari a 3 m. Sono stati eseguiti 2 shot esterni a una delle estremità dello stendimento con offset pari rispettivamente a 3, e 9 m mentre per mancanza di spazio è stato possibile registrare solo lo shot coniugato a 3 m dall'altra estremità. Per ogni shot sono state sommate tre registrazioni al fine di migliorare il rapporto segnale/rumore. La lunghezza delle registrazioni è stata fissata in 2 sec con frequenza di campionamento pari a 4000 Hz.

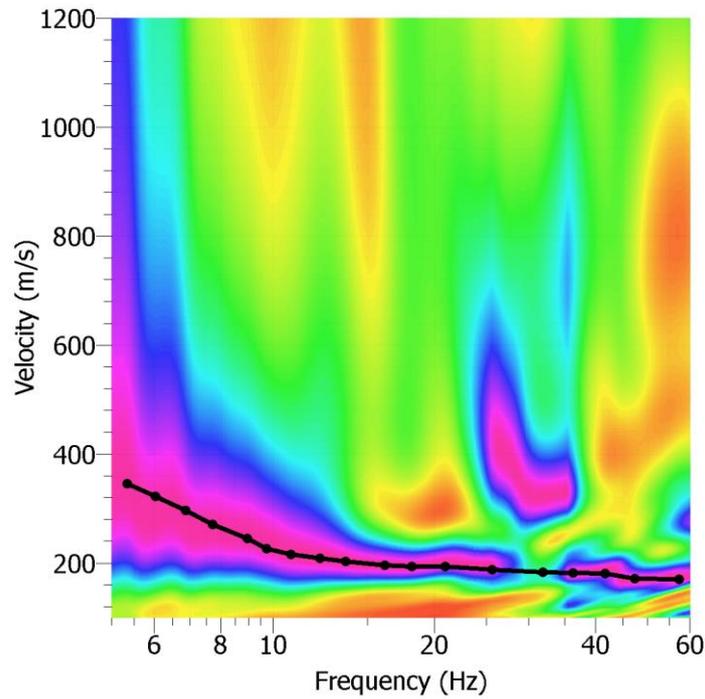
Con tale configurazione si ottiene una frequenza di Nyquist pari a 1000 Hz con una risoluzione di 0.5 Hz.

Sui dati raccolti è stata verificata la coerenza di fase del segnale per determinare la frequenza minima affidabile, risultata intorno a circa 10 Hz.

Dall'elaborazione dei dati lo shot che ha consentito una migliore identificazione della curva di dispersione è risultato quello a 3 m dal geofono 1, osservando tuttavia che la qualità del dato è da ritenere abbastanza scarsa.

Nella figura seguente si riporta la densità spettrale nel piano frequenza - velocità di fase dalla quale risulta che, seppur in modo approssimato,

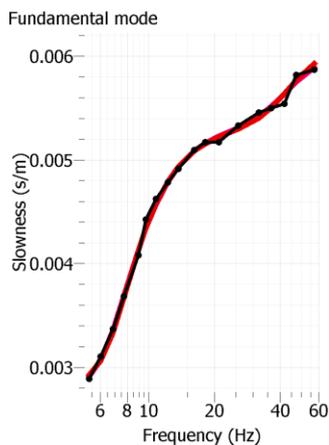
e stata stimata non solo la curva di dispersione relativa al modo fondamentale ma anche il primo modo superiore.



Il processo d'inversione con il quale sono stati ricercati i modelli geofisici di sottosuolo che meglio approssimano il dato sperimentale e iniziato ipotizzando una variazione lineare della rigidezza con la profondita entro margini relativamente ampi.

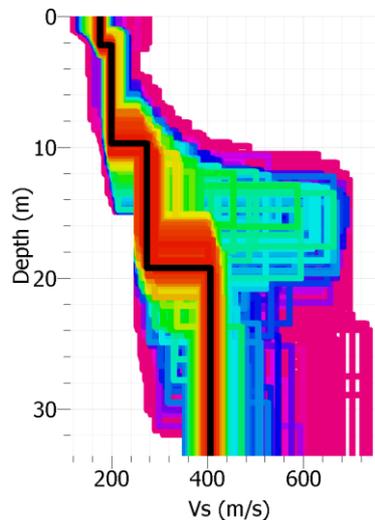
Successivamente il modello e stato affinato per ridurre al minimo possibile lo scarto con il dato sperimentale.

Nella figura seguente si riporta il confronto tra curva sperimentale e curva teorica relativa al modello che presenta il misfit minore.



Misfit value

Il profilo di sottosuolo, per quanto riguarda il parametro velocità delle onde di taglio (VS), relativo a tale modello e riportato nella figura seguente, indicato con la linea nera. Per quanto riguarda il grado d'incertezza del risultato osserviamo che il margine di variabilità sia della velocità sia della profondità delle discontinuità sismo stratigrafiche rilevate e abbastanza contenuto (linee rosse intorno al modello di riferimento).



In conclusione il profilo della velocità delle onde di taglio è così riassumibile :

- un primo sismostrato con velocità variabile tra 170 e 180 m/s (val. rif. 175 m/s) e base a profondità pari a 2,2 m dal p.c. con variabilità della profondità della base compresa nell'intervallo 2,00 - 2,50 m dal p.c.
- un secondo sismostrato caratterizzato da velocità compresa tra 195 e 205 m/s (val. rif. 200 m/s) e base posta a profondità variabile tra 8,60 e 10,4 m dal p.c. (val. rif. 9,7 m)
- un terzo sismostrato con velocità di 275 m/s e un intervallo di variabilità compreso tra 260 e 295 m/s per modelli con misfit prossimi a quello di riferimento . La base dello strato è posta a profondità variabile tra 16,6 e 20,2 m dal p.c. (val. rif. 19,2 m).
- un quarto sismostrato identificabile, dati i limiti e le risultanze della presente indagine, come semispazio omogeneo con valori compresi tra 395 e 415 m/s (val. rif. 405 m/s).

Utilizzando il modello geofisico sopra riportato, il calcolo della velocità delle onde di taglio nei primi 30 m di terreno VS30 è stato ottenuto con la seguente espressione ed è risultato pari a:

$$Vs_{30} = 30 / (\sum h_i / v_i) = 270 \text{ m/s}$$

La massima profondità d'investigazione, sulla base della geometria dello stendimento e della frequenza minima ritenuta affidabile per la determinazione della curva di dispersione, oltre ovviamente alla curva di dispersione stessa, è valutabile poco superiore a 30 m dal piano di campagna. In tale intervallo non è stata riscontrata la presenza di

bedrock sismico e la velocità delle onde di taglio risulta crescere con discreta regolarità al crescere della profondità.

Date le precedenti premesse il sito è attribuibile alla categoria di sottosuolo C.

Si ricorda che per il calcolo della VS30 relativa ad edifici e altre opere d'ingegneria lo spessore di 30 m deve essere valutato a partire dal piano d'imposta della fondazione mentre il valore sopra riportato è riferito ai primi 30 m di terreno analizzati, quindi a partire dal piano di campagna.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</i>

3.1.1 Indagine H/V

Lo scopo dell'indagine sismica condotto con tecnica H/V risiede nella valutazione della frequenza alla quale è lecito attendersi in caso di sisma una significativa amplificazione dello scuotimento per l'effetto combinato di fattori sismostratigrafici locali.

La conoscenza di tale frequenza, nota la velocità delle onde di taglio, consente, nel caso di modelli sismostratigrafici semplificati costituiti da copertura omogenea su bedrock sismico, di stimare in prima approssimazione la profondità del substrato rigido con la seguente espressione:

$$f_0 = V_s/4H$$

L'analisi in questione è stata condotta registrando su stazione singola a tre componenti mutuamente ortogonali, due orizzontali e una verticale, con velocimetri aventi frequenza propria di 4,5 Hz, 20 min di rumore sismico ambientale a una frequenza di campionamento di 300 Hz.

La tecnica utilizzata per l'elaborazione dei dati si basa sulla valutazione del rapporto spettrale tra l'ampiezza quadratica media delle componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V) del rumore registrato in funzione della frequenza.

I punti di massimo della curva che si ricava da tale elaborazione consentono di determinare la frequenza di risonanza del terreno al di

sotto del punto di misura. Tale stima sarà più precisa quanto più forte e il contrasto di impedenza sismica responsabile della risonanza.

L'elaborazione dei dati è stata eseguita con il software Geopsy. Nella fase di preprocessing si selezionano in modo automatico finestre temporali di lunghezza pari a 30 s applicando un algoritmo antitriggering (STA/LTA) che consente di eliminare le porzioni di segnale con presenza di transienti ed

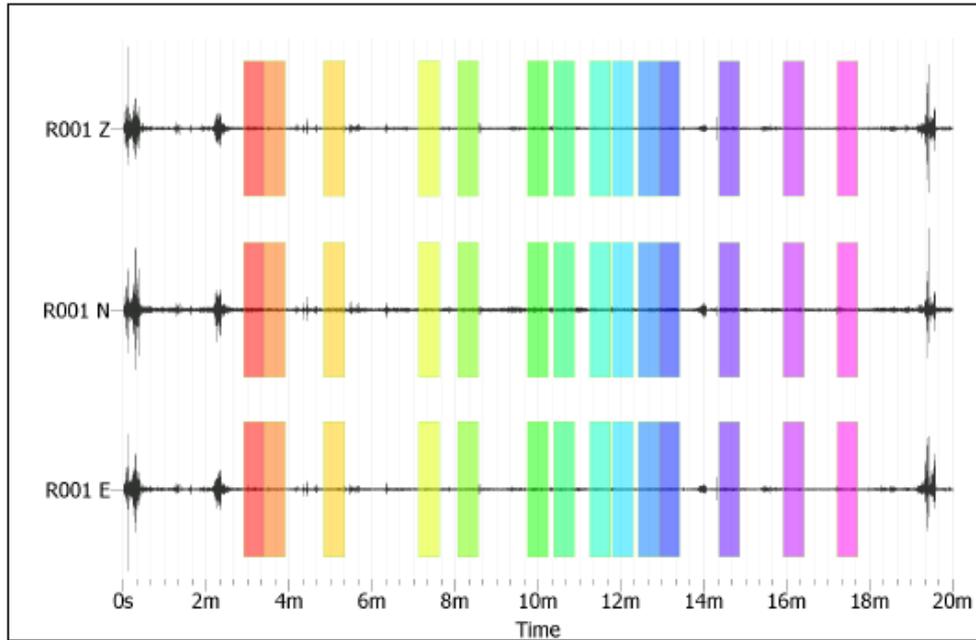
$$Vs_{30} = 30 / (\sum h_i / v_i) = 270 \text{ m/s}$$

elaborare solo quelle parti dove l'ampiezza del segnale è quasi stazionaria. Sulle finestre utili il programma calcola la trasformata di Fourier adottando un cosine taper (Tukey window) per limitare gli effetti di bordo della finestrazione del segnale, applicando inoltre una funzione di liscio (Konno & Ohmachi) sia sullo spettro orizzontale (media quadratica delle due componenti) sia su quello verticale. Il rapporto H/V viene determinato con la media degli H/V calcolati su tutte le finestre utilizzate. Di seguito si riportano in modo schematico i parametri di acquisizione e processing del segnale.

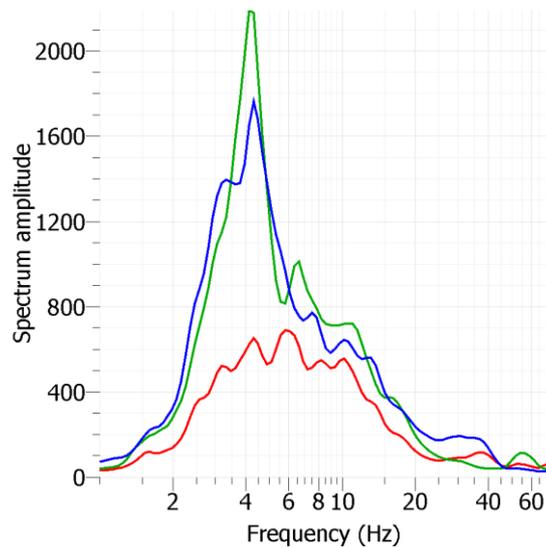
Lunghezza registrazione	20 minuti
Frequenza di campionamento	300 Hz
Lunghezza finestra	30 s
Overlap	NO
Anti triggering sul segnale naturale	STA = 1 s; LTA = 30 s; min STA/LTA = 0,50; max STA/LTA = 2,50
Filtri	NO
Funzione di liscio	Konno & Homachi
Costante di liscio	40
Taper	Tukey window, ampiezza 5%

L'ubicazione del punto di misura è riportata in allegato.

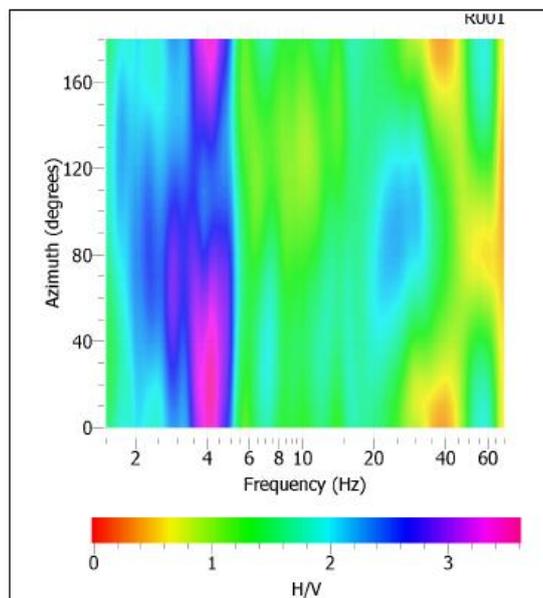
Nella figura seguente sono riportate le registrazioni delle vibrazioni ambientali nelle tre componenti per la stazione H/V, con le finestre selezionate dopo l'applicazione dell'algoritmo anti-triggering e successivo controllo manuale per una ulteriore verifica dell'assenza di finestre con transienti energetici.



Nel grafico successivo sono riportate le ampiezze spettrali delle tre componenti del segnale registrato. In rosso la componente verticale Z, in verde quella orizzontale con direzione E-O e in blu la componente orizzontale con direzione N-S. Dall'esame del loro andamento si può notare come entrambe le componenti orizzontali presentano il massimo di ampiezza spettrale a circa 4 Hz, mentre il massimo della componente verticale è traslato intorno a 6 Hz.

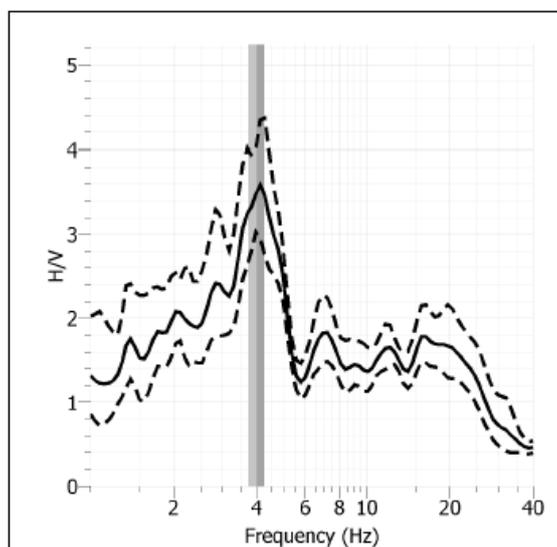


Nella figura seguente si riportano le ampiezze spettrali del rapporto H/V in funzione della direzione azimutale di provenienza del segnale.



Tale analisi ha lo scopo di verificare che la distribuzione delle sorgenti del segnale registrato sia isotropa. Si può notare che a circa 4 Hz la massima ampiezza registrata è grosso modo costante e indipendente dalla direzione azimutale di provenienza del segnale.

Da quanto sopra riportato e analizzando la curva H/V riportata nel grafico seguente si osserva che l'ampiezza del rapporto spettrale H/V in corrispondenza del picco a 4 Hz è significativa (> 2) indicando quindi che probabilmente è da ricondurre a un marcato contrasto d'impedenza.



Se confrontiamo i risultati ottenuti con la ricostruzione sismostratigrafica del sito ottenuta dall'indagine MASW notiamo che il maggior contrasto d'impedenza si verifica al passaggio tra terzo sismostrato e semispazio quindi a una profondità del tutto compatibile con un picco nella curva H/V a quella frequenza date le velocità stimate dei terreni soprastanti.

Sottolineiamo inoltre che sia la curva H/V nel suo complesso sia il picco individuato soddisfano le condizioni di robustezza statistica fissate nel

Progetto SESAME (Site Effects Assessment Using Ambient Excitations, 2004) sinteticamente riportate nella tabella seguente.

Criteri per una curva H/V affidabile (tutti e tre devono essere verificati)		
i) $f_0 > 10 / L_w$	3,99 > 0,33	OK
ii) $n_c(f_0) > 200$	1679 > 200	OK
iii) $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$	0 su 37	OK
or $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$		
Criteri per un Picco H/V chiaro (almeno 5 su 6 soddisfatti)		
i) $\exists f^- \in [f_0/4, f_0] A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	1,12 Hz	OK
ii) $\exists f^+ \in [f_0, 4f_0] A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	5,76 Hz	OK
iii) $A_0 > 2$	3,5 > 2	OK
iv) $f_{\text{peak}} [A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		OK
v) $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0,26 < 0,2	NO
vi) $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1,21 < 1,58	OK

Sulla scorta dei risultati ottenuti e sulla base delle informazioni circa la geologia del sito ricavabili dalla cartografia tematica disponibile e ipotizzabile che il primo sismostrato sia costituito da coltre detritica superficiale pedogenizzata con valori della rigidezza relativamente modesti. Seguono sedimenti della stessa natura relativamente più consolidati il cui spessore è abbastanza elevato in rapporto al contesto geologico nel quale ci troviamo. Il terzo sismostrato, considerati i valori di rigidezza relativamente modesti, contribuisce a complicare ulteriormente il quadro interpretativo dato che sposta la possibile presenza del tetto alterato della formazione lapidea suddetta a circa 19 m dal piano di campagna.

I risultati ottenuti dall'applicazione della tecnica HVSR in linea di massima confermano quanto ricavato con l'indagine MASW; e tuttavia ipotizzabile, sulla base delle caratteristiche del picco sulla curva H/V, un contrasto d'impedenza più marcato in corrispondenza del semispazio rispetto a quello ottenuto utilizzando il metodo MASW.

In ultimo è raccomandabile che le opere in progetto presentino frequenza propria di oscillazione significativamente diversa da 4 Hz per evitare il fenomeno della doppia risonanza o quantomeno di tenerne conto in fase di progettazione strutturale delle stesse.

Si ricorda che la presente indagine è basata su metodologie la cui validità teorica è condizionata dal verificarsi di condizioni particolari quali la presenza di strati omogenei con interfacce piane e parallele in corrispondenza dell'intero stendimento.

Inoltre il processo d'inversione della curva di dispersione non ha soluzione univocamente determinata per cui i risultati ottenuti sono da considerare con una certa cautela e possibilmente confrontati con dati ricavati impiegando altri metodi d'indagine del sottosuolo

4. Sismicità del sito

Il D.M. 14/01/2008 suddivide il territorio nazionale in base alla pericolosità sismica di base definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa **ag** in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, oltre a individuare le ordinate dei relativi spettri di risposta elastici con probabilità di superamento variabile. Per ognuno dei nodi appartenenti alla griglia che discretizza il territorio nazionale sono forniti i seguenti parametri: **ag** accelerazione orizzontale massima di ancoraggio del relativo spettro di risposta elastico, **F_o** valore massimo di amplificazione dello spettro e **T_c*** periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro stesso mentre i parametri di sito si ottengono con media pesata dei valori ai nodi del quadrilatero all'interno del quale ricade l'area oggetto di studio.

Nel nostro caso le coordinate geografiche di un punto interno all'area oggetto di recupero risultano:

Latitudine sito: 43.557388 Longitudine sito: 12.1269

Nella tabella seguente sono riportati i valori dei parametri interpolati in funzione del tempo di ritorno T_R , rappresentativi come detto di condizioni di campo libero su suolo roccioso e morfologia pianeggiante.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,068	2,410	0,265
50	0,090	2,359	0,269
72	0,107	2,327	0,273
101	0,124	2,340	0,277
140	0,142	2,349	0,279
201	0,164	2,353	0,284
475	0,226	2,375	0,295
975	0,289	2,399	0,311
2475	0,388	2,404	0,329

Rispetto alle condizioni ideali ipotizzate per la determinazioni dei valori sopra riportati per ogni sito deve essere valutata l'amplificazione sismica locale derivante dalla specificità delle condizioni stratigrafiche e topografiche che lo caratterizzano.

Nel nostro caso possono essere esclusi effetti di amplificazione derivanti da morfologia irregolare del sito trattandosi di area sub-pianeggiante.

Per quanto riguarda l'amplificazione derivante da effetti stratigrafici la normativa vigente consente di determinare un coefficiente di amplificazione S_s della componente orizzontale del moto del suolo, funzione del parametro V_{s30} e della probabilità di superamento dell'evento sismico atteso per un prefissato tempo di ritorno.

Il valore del parametro V_{SH} , date le caratteristiche stratigrafiche e geofisiche determinate nella presente indagine, è stato calcolato con la seguente espressione:

$$V_{S_h} = 30 / \{Z h / v\} = 270 \text{ m / s}$$

Il valore sopra calcolato comporta l'attribuzione del sito studiato alla categoria di sottosuolo C. Se ipotizziamo una probabilità di superamento del 10 % in 50 anni il valore del coefficiente di amplificazione stratigrafica risulta:

$$S_s = 1,38$$

Utilizzando il procedimento di valutazione seditiva, riportato negli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica", redatto a cura della Protezione Civile

Nazionale, con particolare riferimento agli abachi nei quali sono riportati i valori dei coefficienti di amplificazione sismica in funzione della velocità media delle onde di taglio e del gradiente di profondità nei terreni di copertura, della natura di tali terreni e dell'accelerazione di picco attesa, il valore dei coefficienti di amplificazione stratigrafica relativi alle azioni rispettivamente orizzontali e verticali F_A e F_V risultano:

$$F_A = 0.77$$

$$F_V = 1.97$$

I valori calcolati risentono pesantemente delle approssimazioni, in parte intrinseche al metodo, in parte derivanti dalla debolezza dei dati disponibili circa la caratterizzazione dei terreni di copertura a forte profondità, risultando tuttavia in buon accordo con il valore di normativa. Da quanto sopra risulta quindi che il sito studiato è soggetto a una significativa amplificazione delle azioni sismiche.

con le Norme tecniche per le costruzioni, dopo gli abachi dei fattori F_A e F_V , sono riportate due **tabelle**

(Tabella 3.2.1 e Tabella 3.2.2), per i soli profili con V_s crescente con la profondità, con i valori di $V_{s.30}$

(velocità equivalente nei primi 50 m) alle diverse profondità (H) corrispondenti alle diverse V_{SH} (velocità equivalenti su tutto lo spessore del deposito

5. Verifica del rischio di liquefazione

Dato il modello geologico e geotecnico del sito in esame, considerata la presenza di uno strato sabbioso in falda a pochi metri di profondità, è stata valutata la possibilità che si verifichi il fenomeno della liquefazione.

Lo sforzo di taglio ciclico indotto dal sisma è stato valutato ricorrendo al metodo semplificato proposto da Seed e Idriss (1971) utilizzando la seguente espressione:

$$CSR = (t_{1a} J = 0.65 (1g) (a_{vo} l a_{vo}) r_d$$

Nell'espressione sopra riportata il valore dell'accelerazione di progetto è stato calcolato moltiplicando il valore dell'accelerazione di ancoraggio, considerando lo spettro di risposta elastico con probabilità di superamento del 10 % in 50 anni (SLV Tr = 475 anni), per il valore del coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s , ottenendo un valore pari a 0,31g.

La resistenza allo sforzo di taglio ciclico CRR delle sabbie in falda è stata valutata utilizzando la procedura proposta da Robertson e Wride (1998). I valori dei coefficienti di sicurezza F_s sono stati calcolati utilizzando la seguente relazione:

$FS = (CRR / CSR) MSF$ con il fattore di scala per la magnitudo M_w , ipotizzata pari a 6,1, ricavato con la seguente espressione (Idriss, 1999) :

$$MSF = 6,9 e^{-M} \cdot 4^{-0,058} < 1,8$$

In ultimo considerando che lo strato sabbioso ghiaioso non è stato attraversato per intero e che la probabile profondità del letto di tale strato, valutato sulla base delle indagini sismiche, dovrebbe trovarsi a circa 6,2 m dal piano di campagna, le penetrometrie sono state arbitrariamente estese fino a tale profondità attribuendo i valori caratteristici calcolati con i dati noti.

I valori dei coefficienti di sicurezza F_s per le sabbie in falda in condizioni *free field* risultano, per valori della resistenza alla punta normalizzata inferiori a 160, compresi tra 1,09 e 2,04, con un valore del cedimento atteso pari a 0,6 cm.

Da quanto emerso risulta che la possibilità che il fenomeno della liquefazione si manifesti è abbastanza remota e in ogni caso andrebbe a interessare un livello sabbioso dello spessore intorno a 20 cm con deformazioni attese molto basse. Tuttavia si rimarca che la valutazione contenuta nel presente lavoro si basa su dati e correlazioni affette da margini d'incertezza relativamente elevati.

6.0 - Valutazione dei parametri geotecnici

Le caratteristiche meccaniche dei terreni di fondazione sono direttamente legate alla presenza dei depositi alluvionali a cui si è fatto riferimento; l'andamento delle resistenze alle sollecitazioni meccaniche di carico, mostra infatti la netta differenza comportamentale dei livelli sabbio-siltosi sede delle acque di circolazione dai terreni silto-argillosi presenti al di sotto dei 3.8-4.0 m dal p.c.

Dal punto di vista strettamente geotecnico, la discreta variabilità laterale e verticale dei litotipi attraversati, ingenera differenti risposte meccaniche alle sollecitazioni di carico pur garantendo la possibilità di realizzare strutture a due piani con scantinati poggianti su fondazioni di tipo superficiale. Pertanto in base alla normativa si ritiene che per ogni lotto si potrà adattare delle fondazioni superficiali (Platea, Trave rovescia) per edifici a due piani con eventuali scantinati. La profondità di incastro, i carichi d'esercizio, cedimenti totali e differenziali, dovranno essere di volta in volta adattati in funzione sia delle caratteristiche progettuali dell'opera da realizzare che dei risultati delle indagini in situ ed in laboratorio effettuate nei singolo siti di intervento, come imposto dalla normativa vigente nella attuale fase di studio, dal punto di vista geologico, si ritiene che non esista alcuna controindicazione al progetto di cui al titolo.

Dott. Geol. Lorenzo Martinelli

Lo studio geologico è stato esteso solamente all'area interessata all'ampliamento

A seguito dell'acquisizione di tali dati è stato possibile redigere cartografie tematiche quali:

1.) CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA
2.) CARTA LITOTECNICA
3.) CARTA IDROGEOLOGICA
4.) CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA
5.) CARTA DELLA FATTIBILITÀ IDRAULICA
6.) CARTA DELLA AREE A PERICOLOSITA' GEOLOGICA
7.) CARTA DELLA PERICOLOSITA SISMICA
8.) CARTA DELLA AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA
9.) CARTA DEL MOPS

Dalla sintesi ed elaborazione dei dati acquisiti, l'area oggetto di studio viene inquadrata come di seguito:

La zona si trova nella zona C e rispetto alle classi individuate dalla normativa vigente rientra in area a pericolosità bassa (classe 2), fattibilità con normali vincoli (classe 2) essendo distante dal fiume Tevere oltre 50 m e sopraelevata rispetto allo stesso di almeno 10 m,

Dalla sintesi ed elaborazione dei dati acquisiti, l'area oggetto di studio viene inquadrata come di seguito:

- .

Carta geomorfologica

La zona di intervento si trova nella zona C di Sansepolcro alla quota topografica di circa 304 m s.l.m..

L'area è inquadrata ai margini del fiume Tevere ed è all'interno di un terrazzo alluvionale da un punto di vista morfologico con pendenze decisamente nulle ed assenza totale di fenomeni di instabilità in atto o latenti

Carta geologica

I litotipi affioranti e presenti per uno spessore di almeno 8-10 m, sono riconducibili ai depositi alluvionali terrazzati antichi (Mousteriano) di facies fluviale consistenti in termini che vanno dalle sabbie ai limi con aumento verso il basso della frazione fine.

L'osservazione diretta del terreno, resa possibile grazie all'esecuzione di due sondaggi e prove penetrometriche dinamiche spinti fino alla profondità di 6.0 m ha permesso di ricostruire la stratigrafia come visto.

Carta litotecnica

La carta litotecnica è individuabile in un'unica unità litostratigrafica identificabile nei depositi di copertura a comportamento coesivo, che è rappresentata da una successione di, limi-argillosi mediamente consistenti.

Carta idrogeologica

Le caratteristiche idrogeologiche sono contraddistinte dall'assenza di linee di drenaggio superficiali per la presenza di una sviluppata rete urbana di canalizzazione delle acque.

La circolazione delle acque freatiche all'interno dei terreni attraversati è presente alla profondità di circa 15 m dal p.c..

In base ad indizzi raccolti in fase di indagine è stato inoltre osservato che aumenti della saturazione in fluidi sono normalmente individuabili al contatto fra i terreni a prevalente componente sabbiosa e quelli essenzialmente limosi.

Come già detto precedentemente, in considerazione della distanza da corsi d'acqua di rilievo si esclude la possibilità che la zona C di Sansepolcro possa essere oggetto di esondazioni fluviali durante i periodi di piena, sia per la distanza, superiore ai 50m dal fiume Tevere, sia perché ci sono ben 10m di dislivello tra l'alveo.

Nell'area di studio si esclude infine qualsiasi forma di ristagno superficiale.

Carta delle Pendenze

Per quanto riguarda tale carta non si è presentata in quanto la zona rientra in un'unica zona di appartenenza e compresa tra i 3% e 5% di pendenza .

Carta della pericolosità geologica

Il comune di Sansepolcro ricade all'interno della classe 2 (pericolosità bassa) così come individuata dal MM.LL.PP. per la classificazione dei Comuni Toscani in zona sismica

L'indagine condotta a supporto del presente studio hanno evidenziato che effetti di amplificazione sismica locale possono essere potenzialmente indotti dalle differenze granulometriche e dallo stato di addensamento dei depositi alluvionali presenti nella zona C.

Sono da escludere fenomeni di amplificazione connessi ad effetti morfologici, per liquefazione e per fenomeni franosi.

Carta della pericolosità sismica

Tale area è classificata in classe **S2** (pericolosità sismica locale media in quanto appartiene alle aree in cui sono presenti fenomeni di instabilità quiescenti e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone potenzialmente franose o esposte a rischio frana per le quali non si escludono fenomeni di instabilità indotta dalla sollecitazione sismica; zone con possibile amplificazione sismica connesse a zone di bordo della valle e/o aree di raccordo con il versante; zone con possibile amplificazione per effetti stratigrafici; zone di contatti tra litotipi con caratteristiche fisicomeccaniche significativamente diverse; presenza di faglie e/o contatti tettonici

Carta della fattibilità geomorfologica e idrogeologica

Il vigente P.R.G. individua la zona di studio in classe 2 di fattibilità, "in aree con normali vincoli da precisare a livello di progetto ed equivalente a livello di basso rischio raggiungibili in aree non sufficientemente note anche se ipotizzabili a bassa pericolosità".

Anche in questo caso, la sovrapposizione delle carte di destinazione d'uso dei suoli con quelle di rischio definite in base alle risultanze del presente studio determinano la riconferma della classe di fattibilità già definita a livello di P.R.G. generale.

Rispetto a quanto disposto dalla normativa nazionale vigente con particolare riferimento alla prescrizione delle zone sismiche, è fatto obbligo in tale zona dell'esecuzione di studi geologici e geotecnici corredate da opportune indagini dirette ad accettare la costituzione del sottosuolo a supporto della progettazione esecutiva.

Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica.

Nella zona in oggetto gli interventi previsti, sono attuabili senza particolari tecniche fondali ed edilizie definibili a questo livello di indagine.

Carta delle aree a pericolosità idraulica

Tale area è classificata in classe **I₂** (pericolosità media) in quanto esterna alle aree di ambito B (comma 6) essendo distante dal fiume Tevere oltre 5 m e sopraelevata di circa 10,

Carta della Aree a pericolosità geomorfologica

Per quanto concerne l'area di studio, essa è classificata in classe **G₂** pericolosità geomorfologica media. Aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto

Dott. Geol. Lorenzo Martinelli

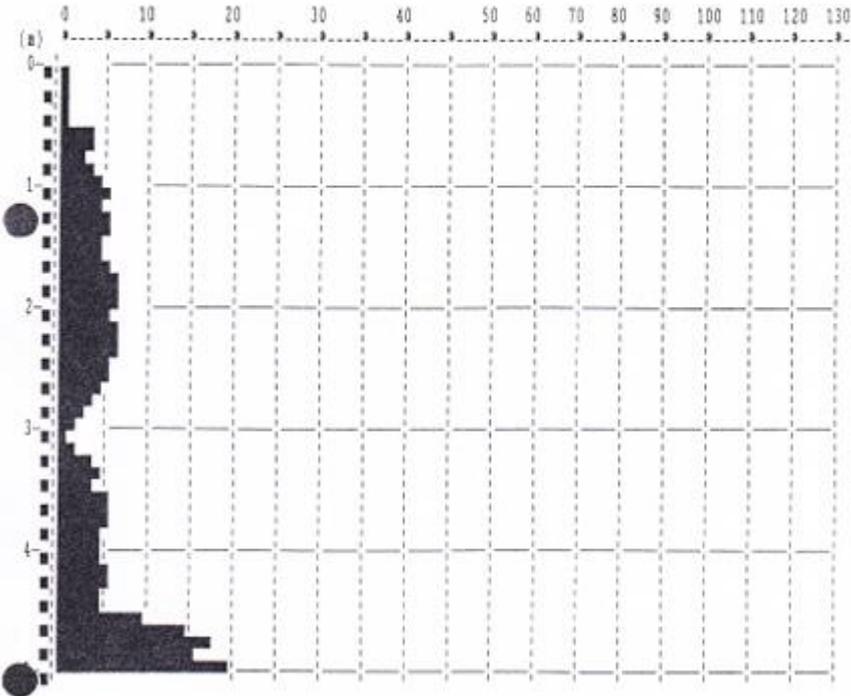
ALLEGATI

PROVA PENETROMETR. DINAMICA n. 1
DIAGRAMMA NUM. COLPI PUNTA

PENETROMETRO DINAMICO tipo MB10 - [DPM] ■
 M = 20.0 kg - H = 0.50 m - A = 10.00 cm² - D = 35.7 mm

uso rivestimento/fanghi iniezione : NO
 N = N(10) (O = 10 cm)
 quota inizio : ---
 prof. falda : ---
 data : 05/05/2003

N = N10 numero di colpi penetrazione punta - avanzamento O = 10 cm



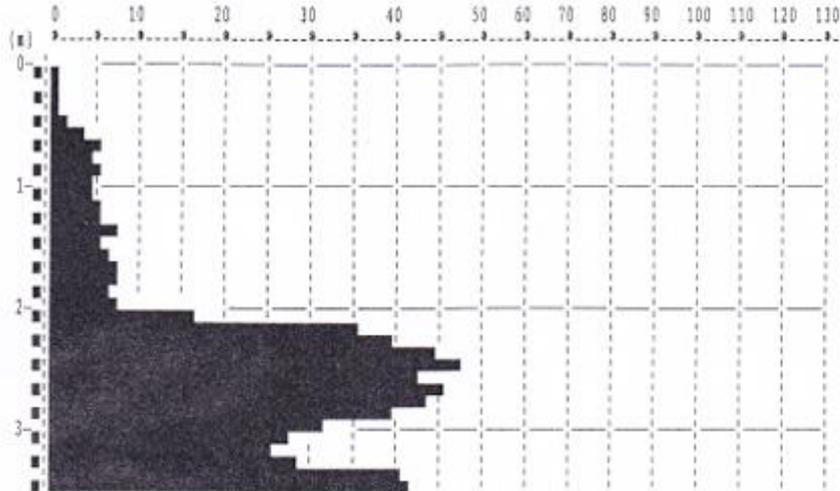
PROVA PENETROMETR. DINAMICA n. 2
IAGRAMMA NUM. COLPI PUNTA

PENETROMETRO DINAMICO tipo MEDIO - [DPM] ■
 M = 20.0 kg - H = 0.50 m - A = 10.00 cm² - D = 35.7 mm

uso rivestimento/fanghi iniezione : 90
 N = N(10) [D = 10 cm]
 quota inizio : ---
 prof. falda = 7.00 m da quota inizio
 data : 07/05/2003

note : ghisale sotto 7.1 m dal p.c.

N = N10 numero di colpi penetrazione punta - avanzamento D = 10 cm

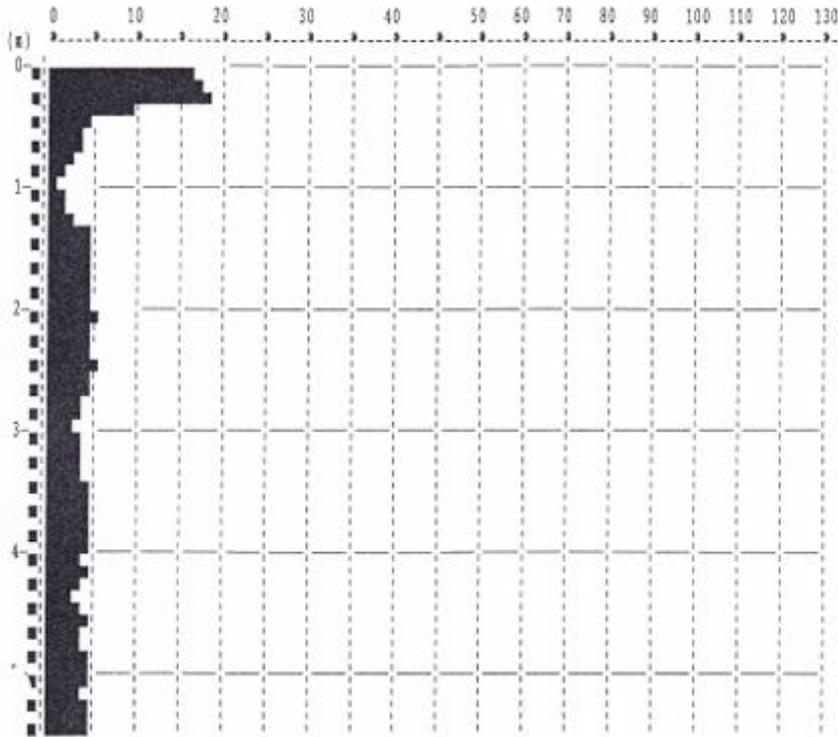


PROVA PENETROMETR. DINAMICA n. 3
IAGRAMMA NUM. COLPI PUNTA

PENETROMETRO DINAMICO tipo MRD10 - (DPM) ■
 M = 20.0 kg - H = 0.50 m - A = 10.00 cm² - D = 35.7 mm
 Cantiere :
 Località :
 note : assenza di acqua fino a 5.5

uso rivestimento/fanghi iniezione : NO
 N = N(10) [0 = 10 cm]
 quota inizio : ---
 prof. falda = 7.00 m da quota inizio
 data : 05/05/2003

N = N10 numero di colpi penetrazione punta - avanzamento 0 = 10 cm

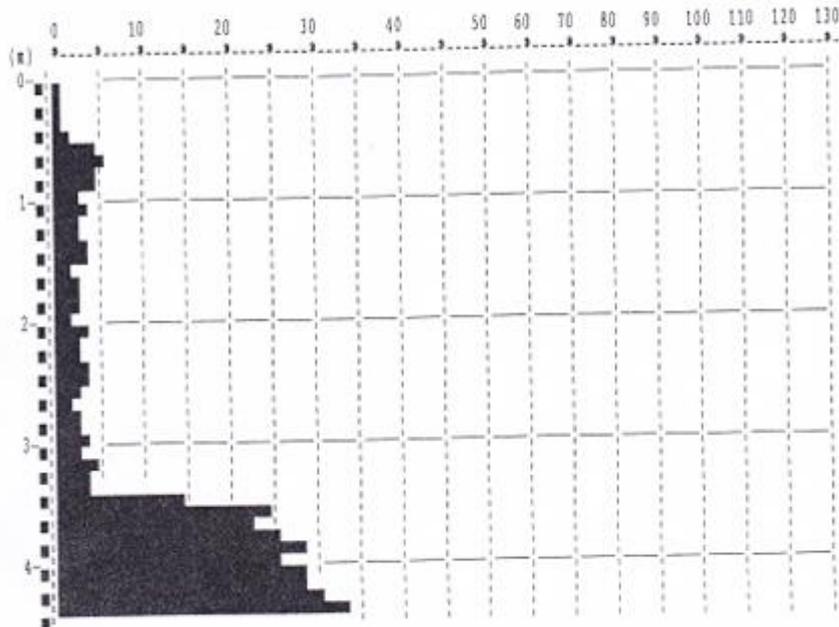


PROVA PENETROMETR. DINAMICA n. 4
IAGRAMMA NUM. COLPI PUNTA

PENETROMETRO DINAMICO tipo MEDIO - (DPM) ■
 M = 20.0 kg - H = 0.50 m - A = 10.00 cm² - D = 35.7 mm
 Cantiere :
 Località :

uso rivestimento/fanghi iniezione : NO
 N = N(10) (Q = 10 cm)
 quota inizio : ---
 prof. falda = 7.00 m da quota inizio
 data :

N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento Q = 10 cm



SONDAGGIO STRATIGRAFICO S1	COMMITTENTE: Tecnimp s.r.l.
	LOCALITÀ : DATA : 14/05/2003 QUOTA : PROF. TEST : 10.7 m

Prof. p.c.(m)	stratigrafia campioni	Descrizione stratigrafica	livello acqua
0.0 -	[Diagramma stratigrafico: 0.0-0.4 m: sabbie e ghiaie; 0.4-0.8 m: limi sabbiosi]	- Coltre eluviale silto-sabbiosa con ghiaie in superficie	
0.4 -			
0.8 -	0.8	-	
1.2 -	[Diagramma stratigrafico: 0.8-2.4 m: limi sabbiosi]	- Limi-sabbiosi di color castagno scuro con intercalazioni di livelletti sabbio-siltosi con frazione sabbiosa in aumento verso il basso.	-----
1.6 -			
2.0 -			
2.4 -			
2.8 -	[Diagramma stratigrafico: 2.4-3.3 m: limi]	-	-----
3.2 -		3.3	
3.6 -	[Diagramma stratigrafico: 3.3-4.5 m: limi]	- Limi di color castagno con vene azzurre e residui organici	
4.0 -			
4.4 -		4.5	
4.8 -			
5.2 -	[Diagramma stratigrafico: 4.5-5.7 m: argille]	- Argille grigio scure passanti ad argille azzurre plastiche.	
5.6 -		5.7	
6.0 -		- Argille azzurre con sabbie fini con frazione sabbiosa in aumento verso il basso.	
6.4 -		6.5	
6.8 -	[Diagramma stratigrafico: 6.5-7.5 m: sabbie]	- Sabbie in matrice argillosa di colore azzurro.	
7.2 -			
7.6 -	7.5		
8.0 -	[Diagramma stratigrafico: 7.5-10.7 m: sabbie e ghiaie]	- Sabbie e ghiaie in matrice limo argillosa con frazione ghiaiosa in aumento verso il basso fino a passare a ghiaie sciolte in matrice sabbiosa.	
8.4 -			
8.8 -			
9.2 -			
9.6 -			
10.0 -			
10.4 -	10.7	-	
10.8 -			
11.2 -			
11.6 -			
12.0 -			
12.4 -			

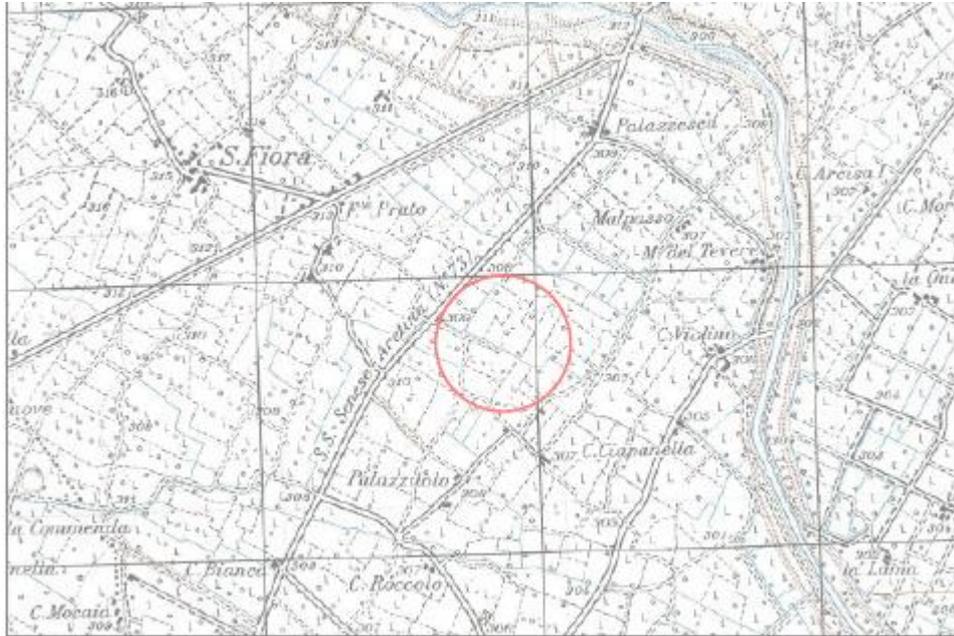
	COMMITTENTE: Tecnimp s.r.l. LOCALITÀ : DATA : 14/05/2003 QUOTA : PROF. TEST : 9.7 m
SONDAGGIO STRATIGRAFICO S2	

Prof. p.c. (m)	stratigrafia campioni	Descrizione stratigrafica	livello acqua	
0.0 -		- Coltre eluviale siltosa con ciottoli sparsi in superficie		
0.4 -				
0.8 -		0.7	-	
1.2 -			Limi color marrone scuro con abbondante materiale organico e intercalazioni di livelletti sabbio-siltosi saturi.	
1.6 -				
2.0 -				
2.4 -				
2.8 -				
3.2 -		3.2	-	-----
3.6 -			Limi di color castagno con vene azzurre e residui organici	
4.0 -				
4.4 -				
4.8 -				
5.2 -	5.0	- Argille azzurre compatte con venature nerastre		
5.6 -				
6.0 -				
6.4 -	6.5	- Argille azzurre con sabbie fini in aumento verso il basso colore azzurro.		
6.8 -				
7.2 -				
7.6 -	7.6	-		
8.0 -		Sabbie e ghiaie in matrice limo argillosa con frazione ghiaiosa in aumento verso il basso fino a passare a ghiaie sciolte in matrice sabbiosa.		
8.4 -				
8.8 -				
9.2 -				
9.6 -	9.7	-		
10.0 -		Presenza di concrezioni carbonatiche e parziale cementazione della matrice sabbiosa.		
10.4 -				
10.8 -				
11.2 -				
11.6 -				
12.0 -				
12.4 -				

Rilevamento Topografico d'Italia

F° 289 IV SE - Sansepolcro -

scala 1:25000



Planimetria catastale del Comune di Sansepolcro

F. n° 82 part.le n° 165, 170, 602, 605, 627

scala 1:2000

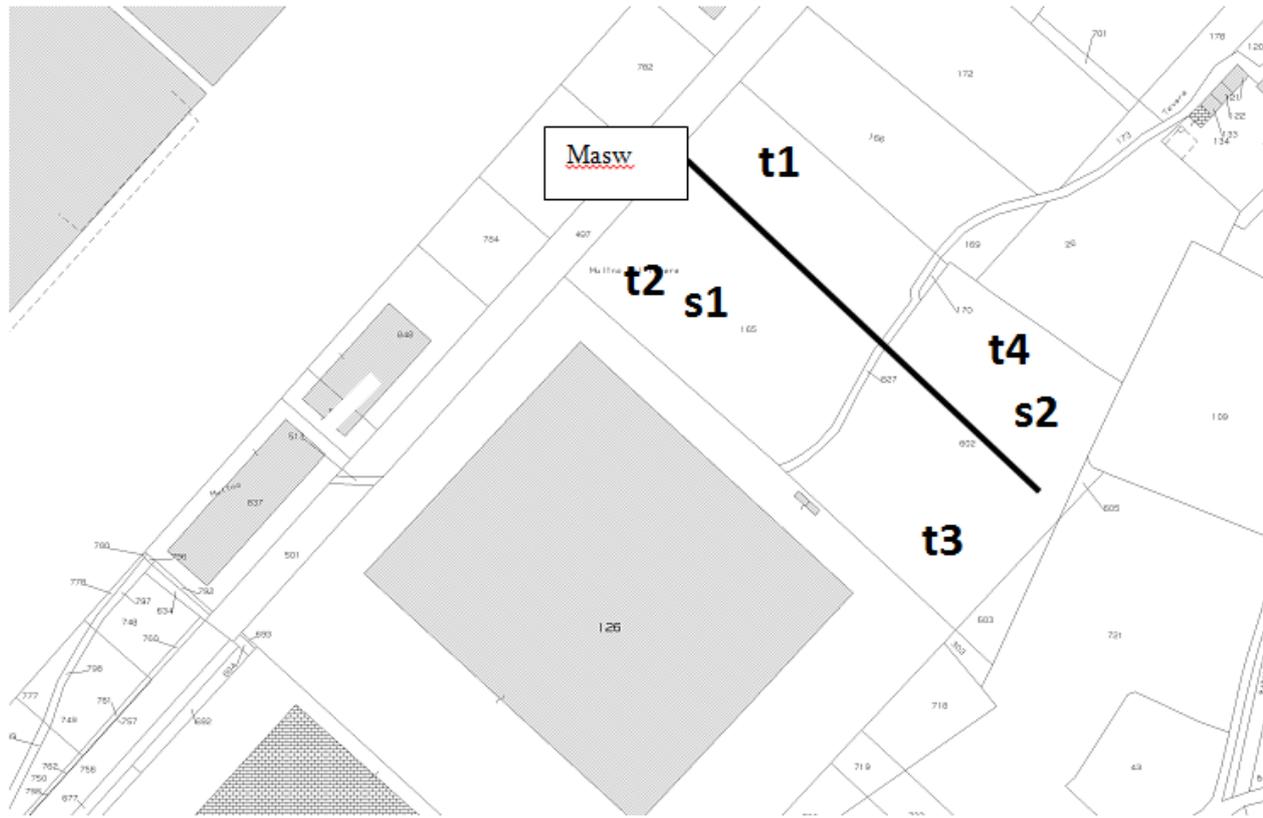


Ubicazione prove

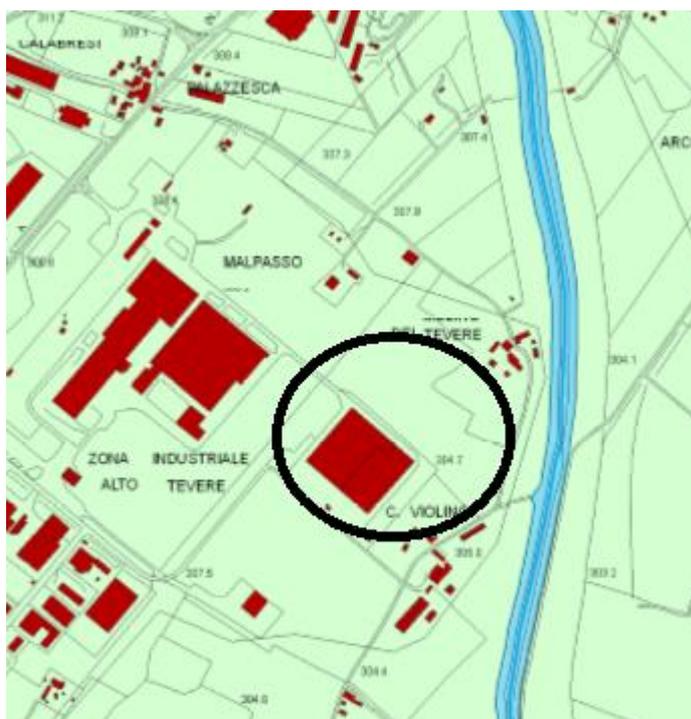
T1 T2 T3 T4 Prove penetrometriche dinamiche

S1 S2 sondaggi Stratigrafici

Elaborato planimetrico scala 1:2000



Carta geologica

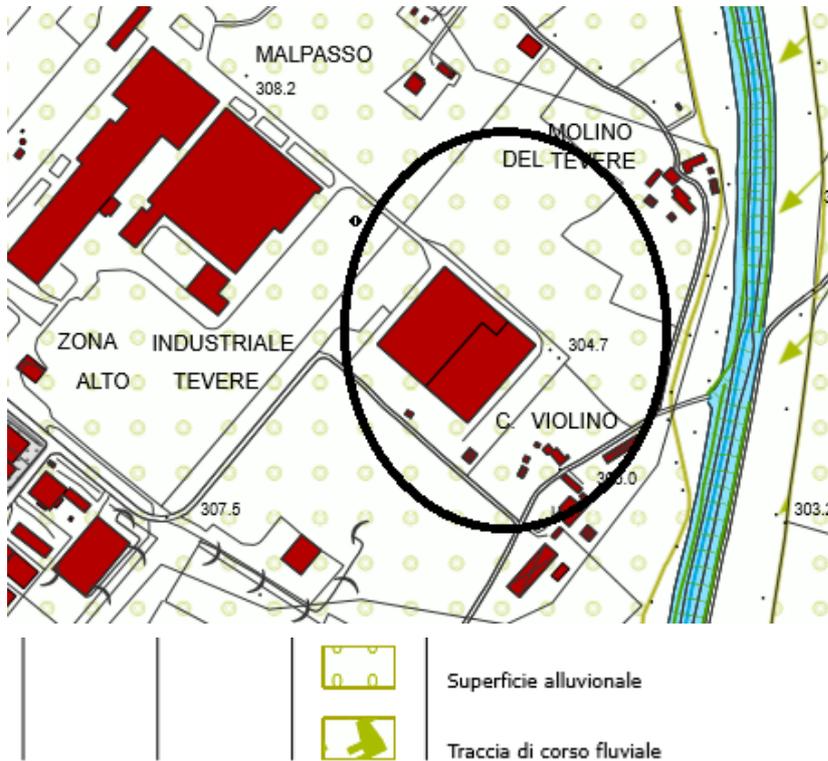


Legenda

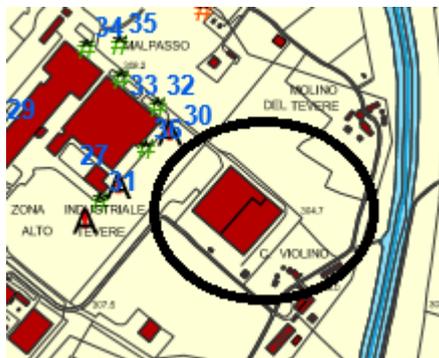
Depositi quaternari

-  Depositi di frana
-  Detrito di versante
-  Depositi eluvio-colluviali
-  Depositi alluvionali

Carta Geomorfológica



Carta Litotecnica



Materiali a comportamento eterogeneo

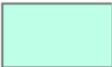
 Litotipi con presenza di intercalazioni limoso - sabbioso - argillose, moderatamente addensati e/o consistenti

Carta Idreogeologica

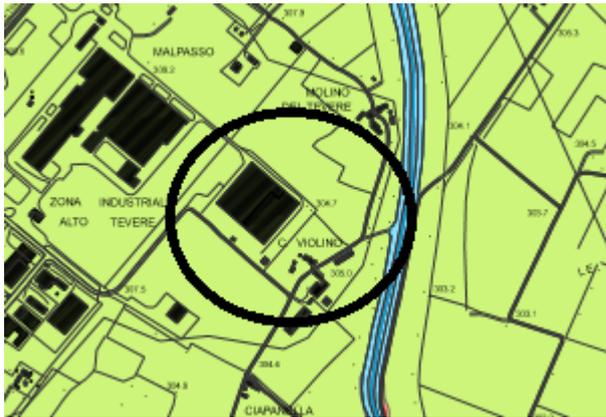


LEGENDA

CLASSE DI PERMEABILITA'

primaria	secondaria	
		Elevata
		Media
		Medio - bassa
		Bassa
		Molto bassa

Carta Pericolosità Geomorfológica



Legenda

AREE A PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

G.4 - Pericolosità geomorfológica molto elevata

 Aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza

G.3 - Pericolosità geomorfológica elevata

 Aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza

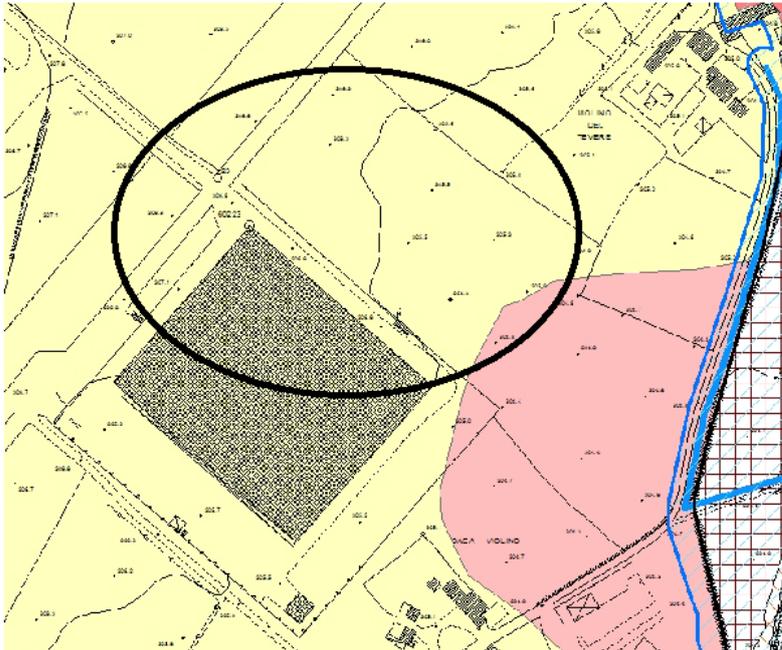
G.2 - Pericolosità geomorfológica media

 Aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfológicos, litológicos e giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto

G.1 - Pericolosità geomorfológica bassa

 Aree in cui i processi geomorfológicos e le caratteristiche litológicas, giaciturali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa

Carta della Pericolosità Idraulica da modellazione



I.3 - Pericolosità Idraulica elevata

 Aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $30 < tr \leq 200$ anni

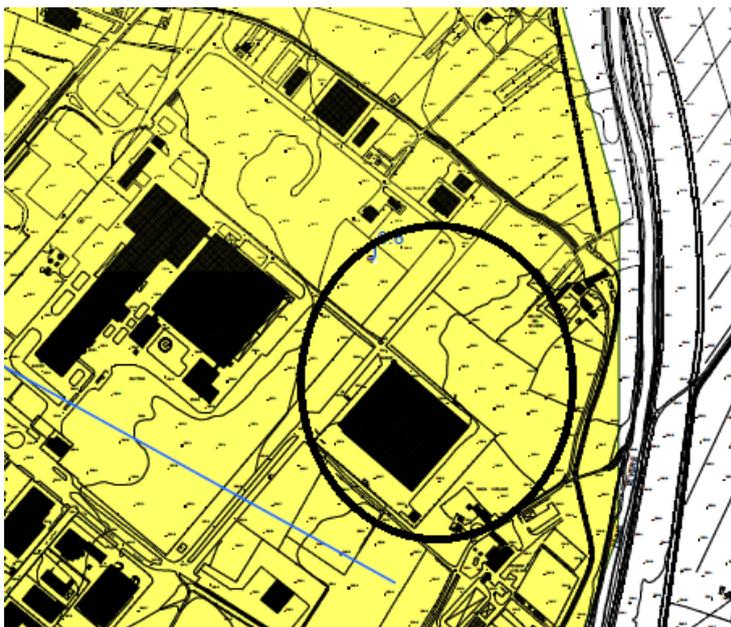
I.2 - Pericolosità Idraulica media

 Aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $200 < tr \leq 500$ anni

I.1 - Pericolosità Idraulica bassa

 Aree collinari prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:
a) non vi sono notizie storiche di inondazioni
b) sono in situazione di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

Carta del MOPS



Zona 17

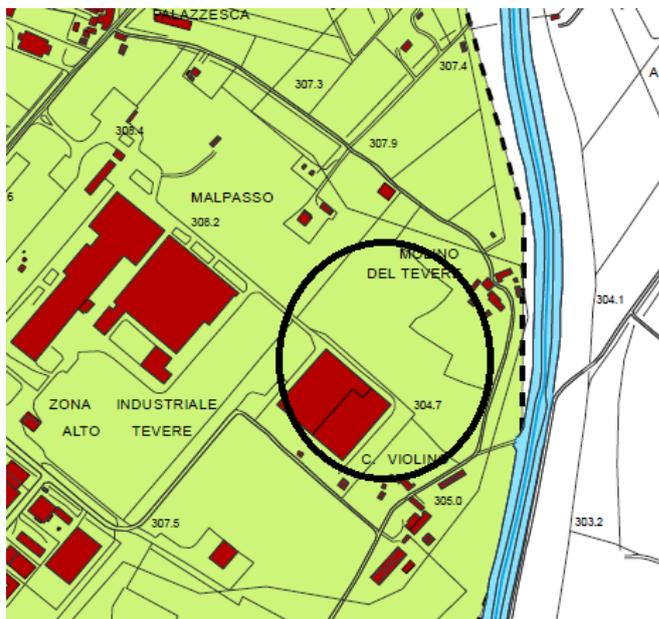


Limi sabbiosi (5-15 m) (moderatamente consistente)

Ghiaie sabbiose (10-20 m) (addensato)

Limi con argille (spessore >30 m) (consistente)

Carta della Pericolosità sismica locale



Legenda

Pericolosità Sismica Locale ai sensi del DPGR n.53/R

S.4 - Pericolosità sismica locale molto elevata

 zone suscettibili di instabilità di versante attiva che pertanto potrebbero subire una accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici (corpi di frana attivi)

S.3 - Pericolosità sismica locale elevata

 zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici (corpi di frana quiescenti); zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri.

S.2 - Pericolosità sismica locale media

 zone stabili suscettibili di amplificazioni locali non rientranti tra i criteri previsti per la Classe "Pericolosità sismica locale elevata" (S.3)

Fattibilità geologica dell'intervento ai sensi del DGRT 53/R

Fattibilità geologica dell'opera ai sensi del DCRT 53/R

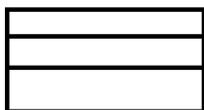
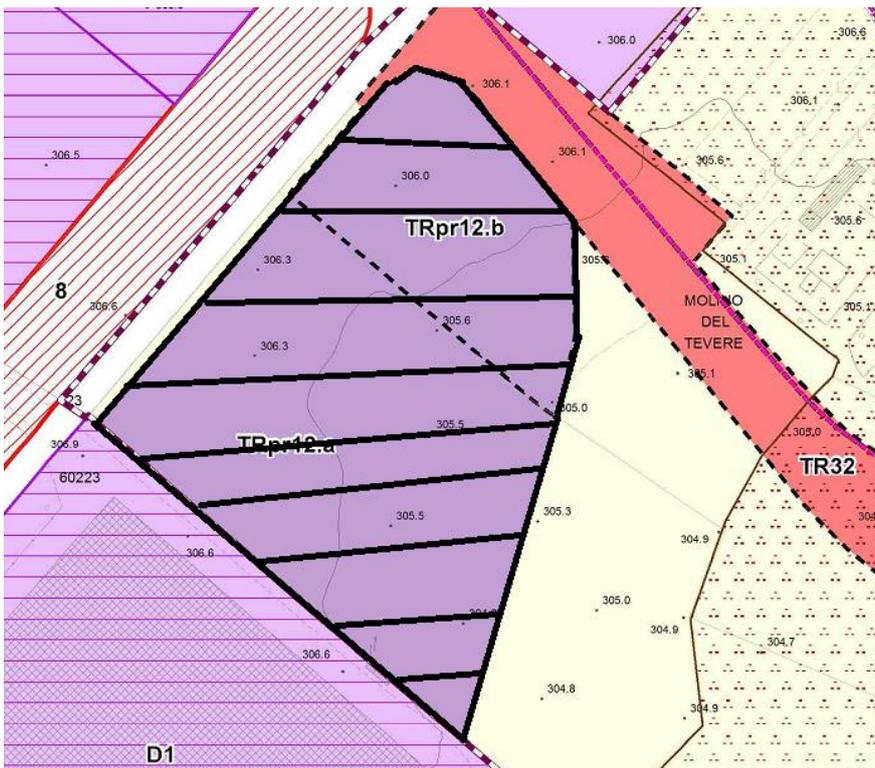
La consultazione della relazione di fattibilità geologica redatta a supporto del R. U. che si basa sulla pericolosità geologica locale permette di fare le seguenti considerazioni: l'area di sedime dell'ampliamento ricade nelle seguenti classificazioni di pericolosità:

Pericolosità geomorfologica(geologica) = G.2

Pericolosità sismica Locale = S.2

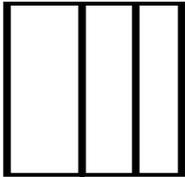
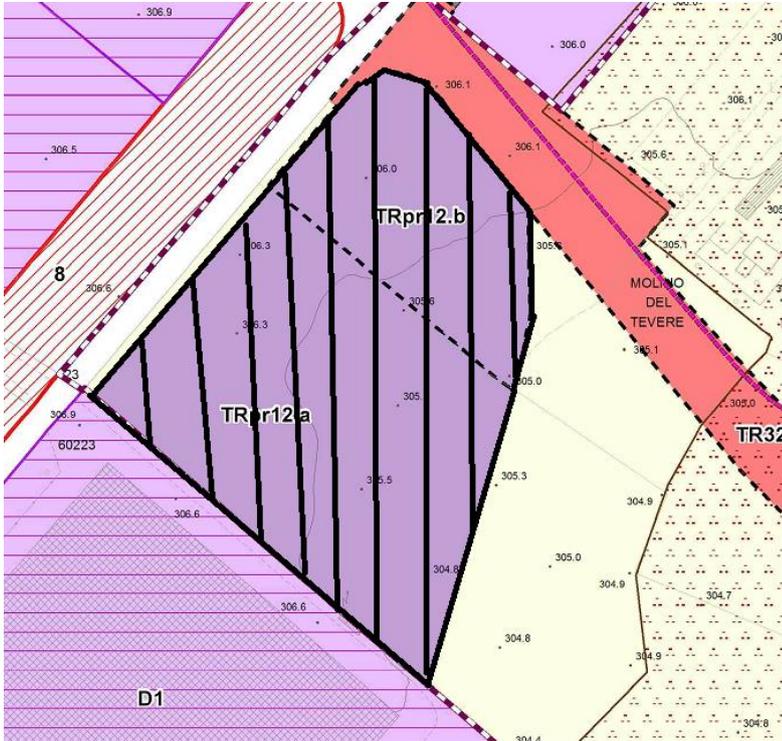
Pericolosità idraulica = I.2

Carta della Fattibilità geologica e geomorfologica



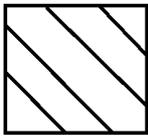
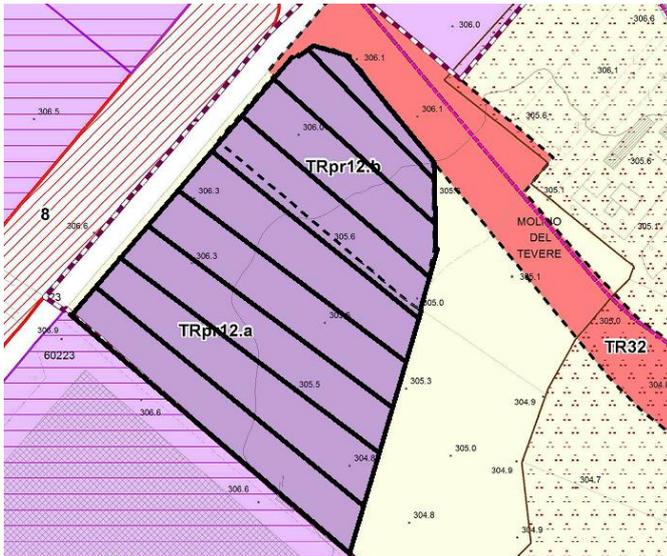
Fattibilità geologica 2

Carta della Fattibilità sismica



Fattibilità sismica 2

Carta della Fattibilità Idraulica



Fattibilità Idraulica 2

In conclusioni l'ampliamento risulta geologicamente fattibile senza che questo comporti modifiche tali da pregiudicare la stabilità locale delle terre, turbamento del regime di flusso idrico sotterraneo e/o superficiale, rischi per la privata e pubblica incolumità.

Dott. Geol. Lorenzo Martinelli