

COMUNE DI FANO PROVINCIA DI PESARO E URBINO	
OGGETTO:	444 – AT-39-PCC (ex comparto ST3_P32) “COMPARTO RESIDENZIALE DI COMPLETAMENTO VIA U. BASSI” – MODIFICA DEL MASSIMO INGOMBRO DEL PROGETTO PLANIVOLUMETRICO APPROVATO CON D.C.C. 196/2020
COMMITTENTE:	GICA Srl (p. iva03329880615)
UBICAZIONE:	Via Ugo Bassi – Fano
ELABORATO: <i>INTEGRAZIONI</i>	
	10/04/2026  DOTT. GEOL. LAURA PELONGHINI Via Mario Morosi 24 - FANO (PU) tel. 0721/826847 cell 347/3212936 e-mail: laura.pelonghini@gmail.com C.F. PLN LRA 71H63 D488K P.IVA 01437530411

1. PREMESSA

A seguito dell'esito della Conferenza dei Servizi per il progetto in oggetto sono state richieste integrazioni relative all'ottemperanza delle prescrizioni contenute nel parere (n.3724/20) reso dalla P.F. Tutela del Territorio di Pesaro e Urbino con nota prot.reg.n.1065586 del 21/09/2020 in cui risultano contenute indicazioni cogenti da eseguire in sede di progettazione esecutiva sia per quanto riguarda gli aspetti geologici-geotecnici-simici che per la rete drenante delle acque meteoriche.

Si procederà pertanto alla definizione di una puntuale ricostruzione del modello geologico stratigrafico tramite la realizzazione di prove in sito ed alla definizione dei valori di permeabilità specifici per l'area.

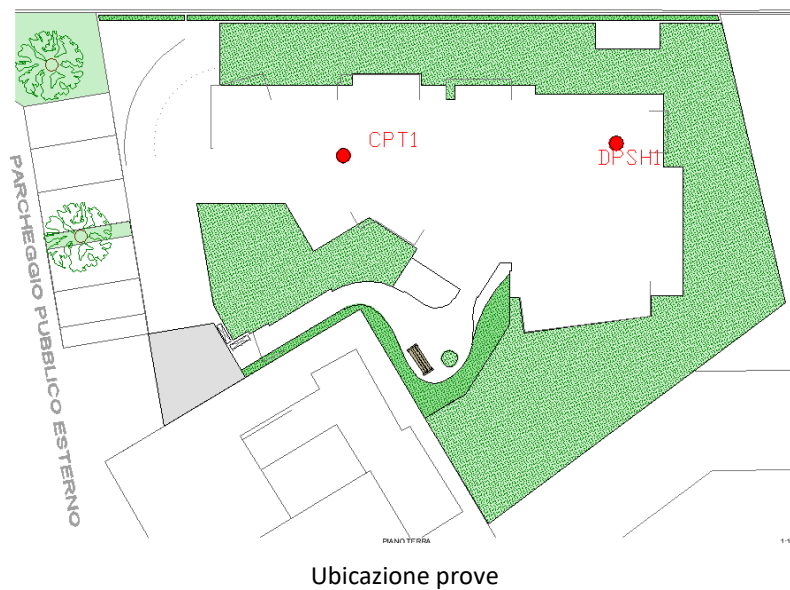
Dopo un sopralluogo nell'area in studio, vista la conoscenza stratigrafica dell'area in studio, si è ritenuto opportuno effettuare n. 2 prove penetrometriche di tipo CPT/DPSH ubicate in opportuna planimetria.

Per la definizione della permeabilità è stato realizzato uno scavo verticale rivestito con anelli in cemento ed è stata effettuata una prova per valutare numericamente il coefficiente di permeabilità.

2. RICOSTRUZIONE DEL MODELLO STRATIGRAFICO

Descrizione e ubicazione delle indagini

La ricostruzione della situazione stratigrafica è stata resa possibile, oltre che da un rilievo geologico di superficie, dall'esame dei risultati ottenuti dalla realizzazione di n. 2 prove penetrometriche di tipo CPT/DPSH ubicate come da planimetria seguente.



Le indagini penetrometriche sopra indicate sono state eseguite con sonda penetrometrica Pagani TG63 200KN; le caratteristiche strumentali della sonda utilizzata sono indicate nei certificati di prova allegati a fine elaborato.



CPT1



DPSH1

Stratigrafia

Le indagini considerate testimoniano e dimostrano l'uniformità stratigrafica dell'intera area afferente al terrazzo alluvionale di III ordine.

Ai sensi quindi delle vigenti NTC2018 si ritiene di poter fornire un'adeguata ricostruzione del modello geologico del sito considerando le stratigrafie sopra indicate e di seguito descritte.

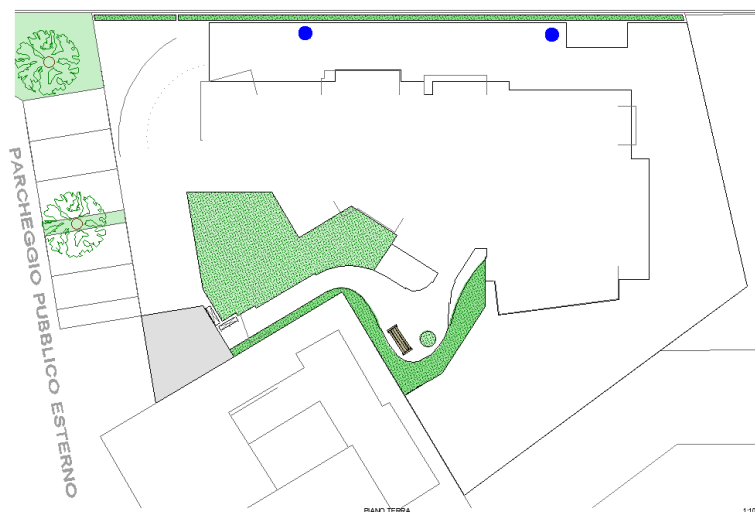
PROVA PENETROMETRICA CPT1

da 0,0 m a 1,0 m	ORIZZONTE A Terreno vegetale di copertura superficiale e di riporto.
da 1,0 m a 4,2 m	ORIZZONTE B Limo sabbioso.
da 4,2 m a 4,8 m	ORIZZONTE C Sabbia ghiaiosa passante a ghiaia e sabbia.

PROVA PENETROMETRICA DPSH1

da 0,0 m a 1,4 m	ORIZZONTE A Terreno vegetale di copertura superficiale con frustoli radicali e di riporto.
da 1,4 m a 3,8 m	ORIZZONTE B Limo sabbioso.
da 3,8 m a 7,0 m	ORIZZONTE C Sabbia ghiaiosa passante a ghiaia e sabbia, tra la quota di -5,4 e -6,0 m dal piano campagna la percentuale ghiaiosa scende e il litotipo si può configurare come sabbia debolmente ghiaiosa (C').

La stratigrafia ricostruita con le prove sopra schematicamente riassunte è stata confermata dall'esecuzione di n. 2 trincee esplorative eseguite a ridosso del muro di confine con il sottopasso di Via Anna Frank. Le trincee sono state eseguite per valutare le modalità costruttive del muro di contenimento.

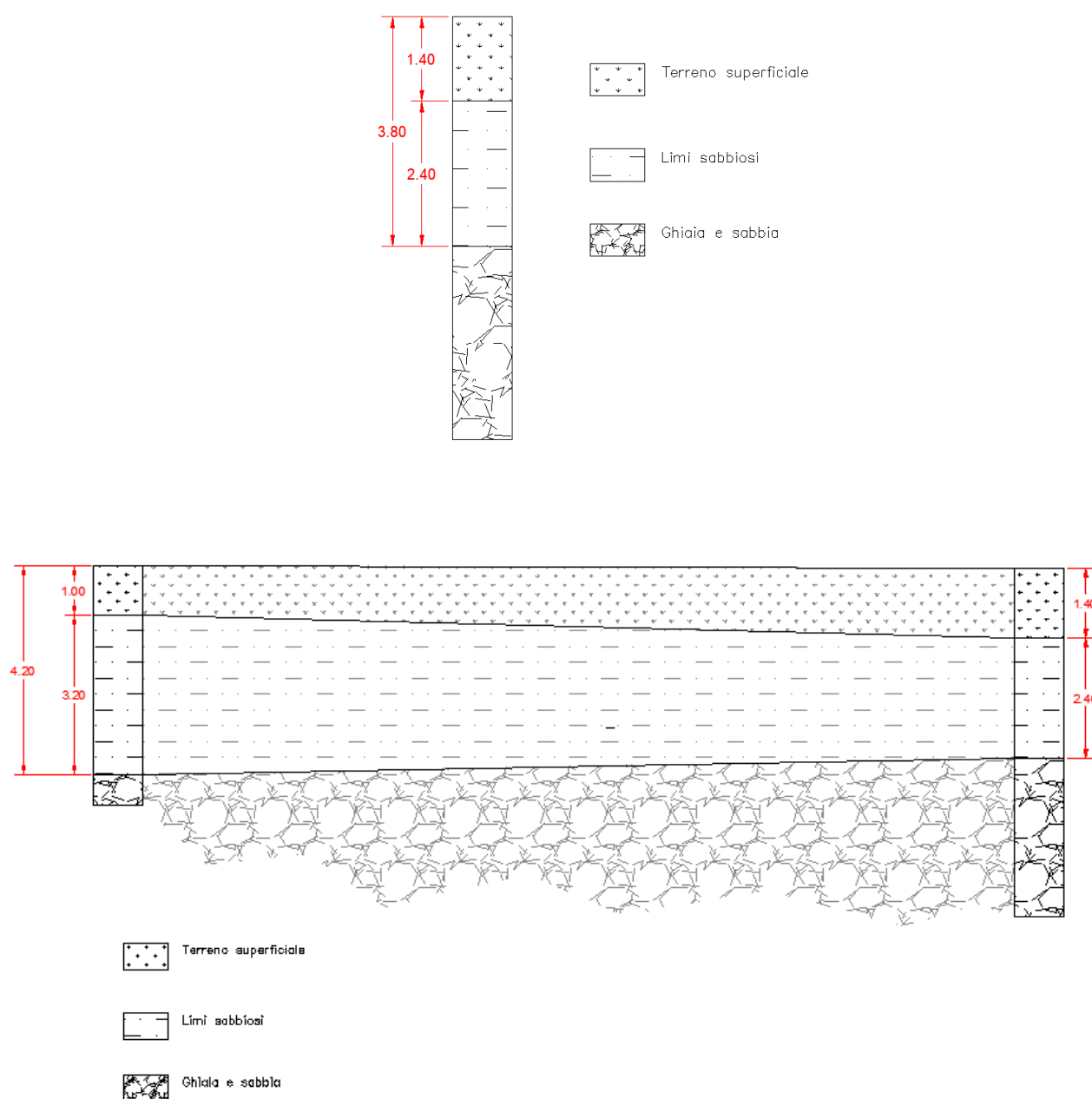


Le immagini mostrano la scarpa del muro di contenimento e la litologia limoso sabbiosa successiva alla copertura vegetale. Il muro di contenimento non è dotato di drenaggio.

Ricostruzione del modello geologico

Sulla base dei dati descritti nel precedente paragrafo è stata elaborata una ricostruzione del modello geologico che tiene conto dell'indagine effettuata. Si vuole porre in evidenza come durante l'esecuzione dell'indagine è stata rilevata una caduta di resistenza all'avanzamento della punta penetrometrica tra la quota di 5,4 m e -6,0 m in corrispondenza dell'indagine DPSH1. I valori di resistenza sono comunque buoni.

MODELLO GEOLOGICO



3. CONSIDERAZIONI SULLA FATTIBILITA' DEL PROGETTO

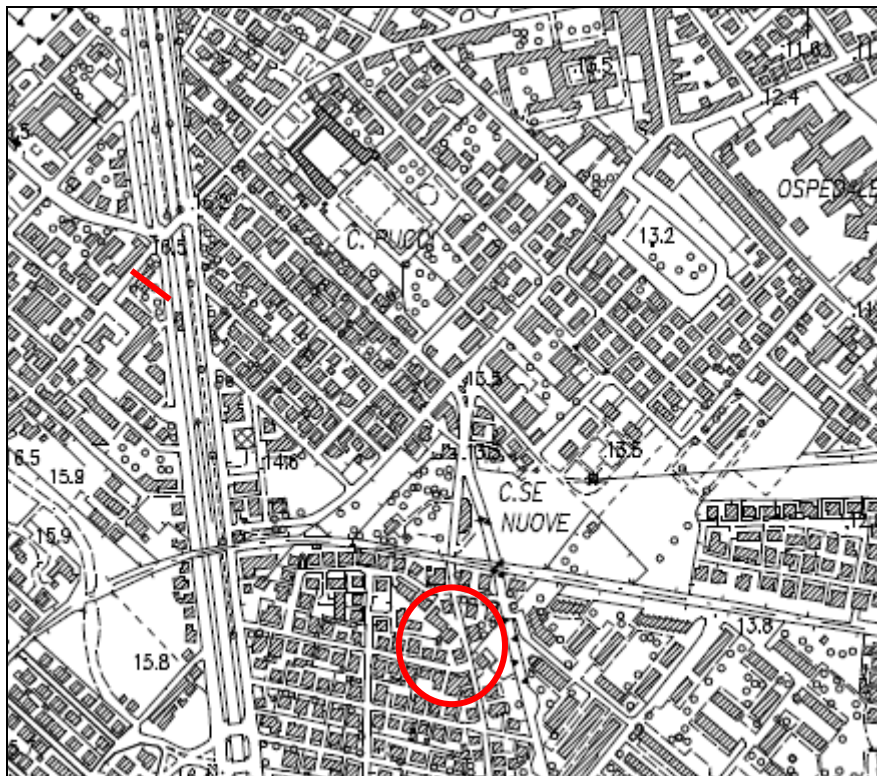
Azione sismica

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. 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 documentazione agli atti presenta un approccio semplificato riportando i risultati di una misurazione MASW eseguita sulla medesima successione stratigrafica.

Considerando l'uniformità del materasso alluvionale in un'area estremamente vasta, come testimoniato dalla prova di permeabilità descritta nei paragrafi successivi, si descrive una misurazione MASW eseguita ad una distanza di 500 m dall'area in esame che riporta le stesse risultanze di quella allegata.



L'indagine sismica di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) si basa sulla propagazione delle onde di superficie Rayleigh. Si utilizza uno stendimento lineare di geofoni ed il terreno viene energizzato attivamente attraverso una massa battente.



Le caratteristiche degli strumenti utilizzati, la metodologia e l'acquisizione dei dati sono riportati in maniera esaustiva nel rapporto di indagine allegato alla presente relazione di cui fa parte integrante.

L'interpretazione geofisica individua il modello geofisico dell'area distinguendo le unità geofisiche, a cui si associano intervalli di valore di V_p e V_s e dei relativi parametri elastici.

La velocità delle onde di massa dipende dai parametri elastici dei mezzi attraversati che sono a loro volta influenzati da numerosi fattori quali la compattezza o il grado di litificazione, la porosità, la tessitura, il grado di alterazione e/o fratturazione, la composizione mineralogica, il contenuto di fluidi, ecc.

Una corretta determinazione della velocità delle onde di massa (V_p e V_s) consente quindi di ricavare i moduli elastici dinamici che caratterizzano il mezzo in cui si propaga la perturbazione ed ottenere informazioni circa la sua natura e il tipo di risposta alle sollecitazioni dinamiche.

I risultati forniti dall'indagine sismica MASW effettuata permettono di caratterizzare al meglio l'area d'indagine.

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

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

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

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

N numero di strati;

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

Per depositi di terreno con profondità H del substrato sismico ($V_s \geq 800$ m/sec) superiore a 30 metri, come nel caso specifico in esame, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro V_{s30} , ottenuto ponendo $H = 30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Il profilo verticale delle onde di taglio e il valore V_{S30} necessario per la classificazione dei terreni di fondazione dell'area di interesse nelle categorie di sottosuolo descritte al paragrafo 3.2.2 delle NTC. 2018 sono riassunti nelle tabelle seguenti:

Profondità [m]		Spessore [m]	Vs [m/s]	Densità [kN/m³]	VS_EQ = (0-30 m) [m/s]	Categoria di suolo
0.00	÷	1.07	1.07	197	397	B
1.07	÷	2.31	1.24	208		
2.31	÷	3.71	1.40	345		
3.71	÷	5.27	1.57	442		
5.27	÷	7.01	1.73	440		
7.01	÷	8.90	1.90	403		
8.90	÷	10.96	2.06	377		
10.96	÷	13.19	2.23	382		
13.19	÷	15.58	2.39	409		
15.58	÷	18.13	2.55	440		
18.13	÷	20.85	2.72	463		
20.85	÷	23.74	2.88	476		
23.74	÷	26.79	3.05	481		
26.79	÷	30.00	3.21	481		

La velocità stimata delle onde di taglio nei primi trenta metri di profondità è $V_{seq} = V_{S30} = 397$ m/sec circa, rendendo così i terreni di sedime del sito in esame attribuibili alla categoria di sottosuolo B, come si evince dalla tabella 3.2.II delle N.T.C. 2018 di seguito allegata.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

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

L'area analizzata può essere inclusa nella **CATEGORIA B**.

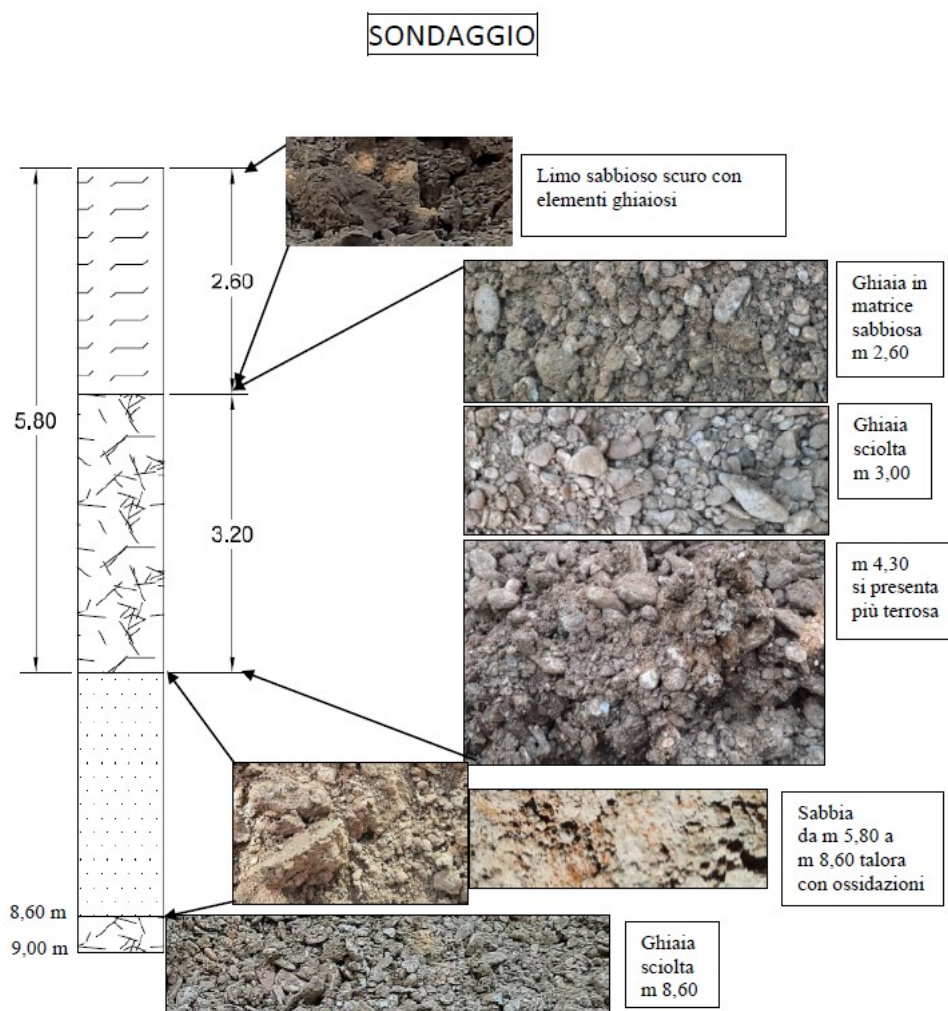
Per quanto concerne eventuali influenze dell'assetto topografico sull'azione sismica le NTC distinguono le categorie sotto riportate.

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

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

La zona esaminata appartiene ad una CATEGORIA TOPOGRAFICA T1.

Per verificare l'attendibilità della semplificazione utilizzata, si descrive di seguito il sondaggio eseguito sul tracciato della misurazione MASW riportata sopra del tutto confrontabile con la stratigrafia rilevata nel sito.

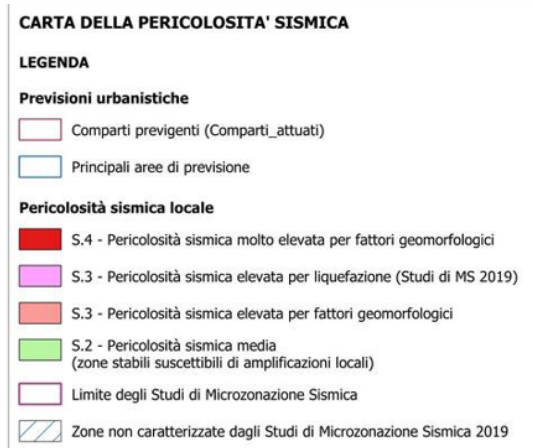


Pericolosità sismica

La pericolosità sismica locale, come specificato all'art. 90 delle NTA del PRG 2023, all'interno del territorio comunale sono state definite sulla base di due criteri:

- a) tramite l'applicazione di criteri di Microzonazione Sismica di secondo livello (MZS 2018-2020), riferiti alle aree edificate e interessate dalle principali previsioni urbanistiche,
- b) tramite l'applicazione di criteri geologici e geomorfologici, riferiti alle aree non edificate del territorio comunale.

L'area risulta edificata pertanto si è consultata la carta delle pericolosità sismiche allegata al PRG:



L'area risulta caratterizzata da pericolosità sismica media per cui le NTA del Piano regolatore 2023 stabiliscono:

4. Le pericolosità sismiche bassa e media, sulla base degli studi di Microzonazione Sismica disponibili, non determinano limiti alla pianificazione urbanistica, ai nuovi interventi e agli interventi sul Patrimonio Edilizio Esistente (PEE).

La relazione geologica agli atti affronta il tema della risposta sismica locale secondo l'approccio semplificato come permesso dalla vigente normativa delle NTC2018.

Si precisa che, oltre alla modellazione geologica (cap. 6.2.1) e geotecnica (cap. 6.2.2) del sito, le NTC18 prevedono la modellazione sismica del sottosuolo finalizzata alla definizione dell'azione sismica di progetto e, quindi, alla valutazione della risposta sismica locale. L'effetto di quest'ultima va valutato mediante specifiche analisi (cap. 7.11.3) o, limitatamente ai casi in cui le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, facendo riferimento all'approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s).

La ricostruzione dell'andamento delle V_{s30} eq non mostra inversioni nel profilo in profondità, si ritiene pertanto di non dover svolgere ulteriori approfondimenti.

Verifica del potenziale di liquefazione

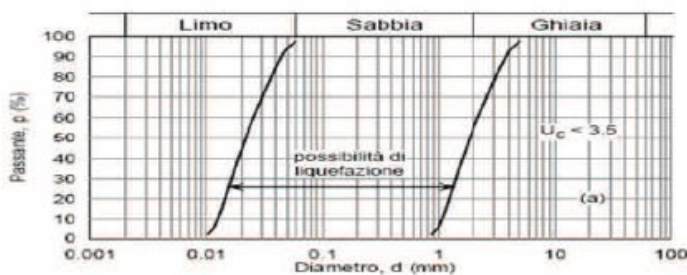
Ai sensi del D.M. 17/01/2018 si vuole prendere in analisi il problema della liquefazione dei terreni. Secondo la definizione data nell'Eurocodice 8, la liquefazione denota una diminuzione di resistenza a taglio e/o di rigidità causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino all'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno. Essa dipende essenzialmente dal grado di addensamento, dalla granulometria e dalla profondità della falda (che deve essere prossima al piano campagna). I terreni in posto sono caratterizzati da spessori variabili di depositi fini e granulari sovrastanti la il materasso ghiaioso alluvionale.

7.11.3.4.2 Esclusione della verifica a liquefazione

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 3 depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata* ($N1/60 > 30$ oppure $qc1N > 180$ dove ($N1/60$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e $qc1N$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

(U_c rapporto D_{60}/D_{10} , dove D_{60} e D_{10} sono il diametro delle particelle corrispondenti rispettivamente al 60% e al 10% del passante sulla curva granulometrica cumulativa).



U_c rapporto D_{60}/D_{10} , dove D_{60} e D_{10} sono il diametro delle particelle corrispondenti rispettivamente al 60% e al 10% del passante sulla curva granulometrica cumulativa

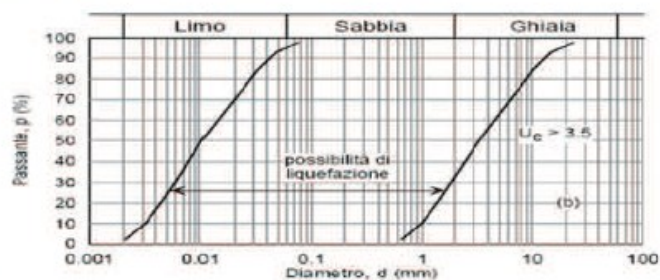


Figura 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione.

All'interno del paragrafo 7.11.3.4.3 delle NTC 2018 – Metodi di analisi di stima del rischio liquefazione (Metodo di tipo storico –empirico), sono riportate delle casistiche che in base all'età del deposito, alla profondità della falda e alla tipologia di morfologia geologica del sito permettono di determinare in modo approssimativo la suscettibilità e la possibilità alla liquefazione.

Metodo geologico					
Età del deposito	Profondità della falda			Suscettibilità alla liquefazione	
	< 9 m	9 ÷ 15 m	> 15 m		
Olocene recente	Elevata	Bassa	Molto bassa		
Alto Olocene	Moderata	Bassa	Molto bassa		
Pleistocene recente	Bassa	Bassa	Molto bassa		
Pleistocene antico e depositi anteriori	Molto bassa	Molto bassa	Molto bassa		

Categoria	Morfologia	Liquefazione	Probabilità di liquefazione
A	Letti di fiume, antichi e recenti, paludi, terreni di bonifica, zone interdunari	Probabile	
B	Conoidi, argini naturali, dune, pianure di esondazione, spiagge	Possibile	
C	Terrazzi, colline, montagne	Improbabile	

L'adozione del metodo storico empirico indica una suscettibilità molto bassa alla liquefazione (criterio temporale) ed una improbabile eventualità del suo verificarsi (criterio morfologico).

4. ACCENNI SUL MODELLO GEOTECNICO

Le informazioni contenute nel seguente paragrafo costituiscono una guida per la stesura della relazione geotecnica vera e propria che dovrà essere redatta a corredo del progetto strutturale.

Con la normativa del D.M. 17/01/2018 l'analisi del sistema terreno struttura viene trattato con metodi semiprobabilistici e compare il concetto di coefficienti di sicurezza parziali.

I dati seguenti (valori nominali) potranno essere utilizzati per la determinazione dei parametri caratteristici nella relazione geotecnica. I principali parametri fisico-meccanici attribuibili ai terreni del sottosuolo vengono dedotti dalle prove considerate utilizzando dati disponibili ed ampiamente documentati dalla letteratura tecnica e scientifica.

I parametri fisico-meccanici sono per i terreni di natura granulare. La definizione del quadro geologico stratigrafico permette una ricostruzione del modello geotecnico. I terreni vengono parametrizzati al di sotto del piano di terreno vegetale di riporto.



ORIZZONTE A Terreno vegetale



ORIZZONTE B (da -1,0/1,4 a -3,8/4,2 m)

Limo sabbioso

$\gamma = 1,8 \text{ t/mc}$ $C' = 0 \text{ Kg/cmq}$

Mod. edometrico = 40 Kg/cmq

$\phi = 25^\circ$ Mod. Young = 45 Kg/cmq



ORIZZONTE C (da -3,8/4,2 a fine sondaggio)

Ghiaia e sabbie

$\gamma = 2,0 \text{ t/mc}$ $C' = 0 \text{ Kg/cmq}$

$\phi = 35^\circ$ Mod. Young = 300 Kg/cmq

ORIZZONTE C' sabbia deb ghialosa (da -5,4 a -6,0 m)

$\gamma = 1,9 \text{ t/mc}$

$\phi = 31^\circ$ mod. Young = 123 Kg/cmq

5. VALUTAZIONI SULLA PERMEABILITA' DEI TERRENI

La documentazione esaminata dagli enti competenti prevede per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica e lo smaltimento delle acque bianche, per il parcheggio pubblico, la realizzazione di una vasca di laminazione e la dispersione tramite un pozzo drenante di 6 m dal piano campagna. La quota è stata determinata dalla presenza dello strato ghiaioso con maggiori caratteristiche di permeabilità ed è tale da mantenere un idoneo franco con la falda freatica.

Per valutare l'efficienza del sistema di smaltimento si riporta una prova di permeabilità effettuata in data 30/03/2026 nell'area che verrà adibita a parcheggio.

Il sondaggio della prova di permeabilità è stato eseguito mediante trivella a rotazione continua e distruzione di nucleo con un carotiere Φ 80 cm, all'interno del foro, rivestito con anelli in cemento Φ 60 cm sono state eseguite le prove di permeabilità.



All'interno del pozzo sono stati immessi 10 ql di acqua. La prova ha avuto durata di 8 minuti dopo il quale si è misurata la quantità d'acqua rimasta nel pozzo.

Quota iniziale -3.57 m dal fondo

Quota finale -0.4 m dal fondo



Per il calcolo del coefficiente di permeabilità si è utilizzata la seguente formula:

$$K = d (h_2 - h_1) / 32 (t_2 - t_1) \times h_m$$

h_m = altezza media dell'acqua nel pozzetto ($h_m > d/4$);

d = diametro del pozzetto;

$t_2 - t_1$ = intervallo di tempo;

$h_2 - h_1$ = variazione di livello dell'acqua nell'intervallo $t_2 - t_1$

Considerando i dati misurati in campagna si sono calcolati i seguenti valori del coefficiente di permeabilità:

$$K = 8,25 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

Il valore misurato è leggermente superiore a quello stimato di $2,1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$.

Si conferma pertanto il dimensionamento delle opere già previste a vantaggio della sicurezza dello smaltimento delle acque bianche.

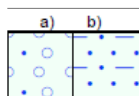
Fano, 10/04/2026

Geol. Laura Pelonghini

CARTA GEOLOGICA REGIONALE

Edizione CTR

Sezione 269130 FANO



MUSb

Depositi alluvionali attuali

a) ghiaie e sabbie prevalenti con lenti sabbioso- limoso- argillose

b) sabbie limi e argille con subordinate lenti ghiaiose

CARTA GEOLOGICA DI DETTAGLIO



Scarpata morfologica

alluvione terrazzate del III ordine