

PIANO DI RECUPERO IN APPLICAZIONE DELLA
SCHEDA NORMA TU_r16, MEDIANTE ELIMINAZIONE
DELL'EDIFICIO ESISTENTE ABBANDONATO, CON LA
REALIZZAZIONE DI 15 UNITÀ RESIDENZIALI E UN
PARCHEGGIO PUBBLICO SU VIA ASTORIA

VIA ASTORIA

COMUNE DI PIETRASANTA

RELAZIONE GEOLOGICO TECNICA DI FATTIBILITA'
ai sensi del DPGR n°5/R del 30.01.2020

Dott. Geologo Alessandro Cortopassi

marzo 2026

INDICE

<i>PREMESSA</i>	4
<i>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</i>	4
<i>DATI DI PROGETTO</i>	6
<i>INQUADRAMENTO GEOLOGICO - GEOMORFOLOGICO</i>	10
<i>INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO - IDROGRAFICO</i>	11
<i>INDAGINI GEOTECNICHE</i>	12
stratigrafia media del sito	12
caratteristiche fisico-meccaniche preliminare dei terreni	13
<i>MODELLAZIONE SISMICA</i>	14
pericolosità sismica di base - valori dei parametri a_g , F_0 , T^*c	14
categorie di sottosuolo	16
accelerazione orizzontale massima attesa al sito a_{max}	18
coefficienti sismici orizzontali k_h e verticali k_v	19
<i>PERICOLOSITA' DEL SITO E CRITERI DI FATTIBILITA'</i>	20
pericolosità geologica in base al DPRG n° 5/R	20
criteri di fattibilità in relazione agli aspetti geologici in base al DPRG n° 5/R	21
pericolosità da alluvioni in base al DPRG n° 5/R	22
criteri di fattibilità in relazione al rischio di alluvioni in base al DPRG n° 5/R	23
fattibilità in relazione alla L.R. 41/2018 e s_{mi}	24
contenimento impermeabilizzazione del suolo	28
Mutamento di destinazione d'uso in funzione residenziale	28
Opere di regimazione idrica	29
pericolosità sismica locale in base al DPRG n° 5/R	33
criteri di fattibilità in relazione agli aspetti sismici in base al DPRG n° 5/R	33
valutazione della suscettibilità dei terreni a liquefazione	33

FIGURE

COROGRAFIA (scala 1:10.000)	Fig. 1
CARTA GEOLOGICA E DEI DATI DI BASE (scala 1:5.000)	Fig. 2
SEZIONE STRATIGRAFICO TECNICA AA (scala 1:200)	Fig. 3
CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA ai sensi del DPGR n.5/R del 30 gennaio 2020 (scala 1:1.000)	Fig. 4
MAPPE DI PERICOLOSITA' PGRA DISTRETTO IDROGRAFICO APPENNINO SETTENTRIONALE	Fig. 5
CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA ALLUVIONE ai sensi del DPGR n.5/R del 30 gennaio 2020 (scala 1:1.000)	Fig. 6
CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE ai sensi del DPGR n.5/R del 30 gennaio 2020 (scala 1:1.000)	Fig. 7

APPENDICI

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT	App. 1
PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE MASW	App. 2

PREMESSA

La presente relazione geologico tecnica di fattibilità è redatta ai sensi del DPGR n° 5/R del 30 gennaio 2020 a supporto del Piano di recupero in applicazione della scheda norma TU_rl6, mediante eliminazione dell'edificio esistente abbandonato, con la realizzazione di 15 unità residenziali e un parcheggio pubblico su Via Astoria nel comune di Pietrasanta (vd. COROGRAFIA di **Fig.1**, in scala 1:10.000).

Il lotto in oggetto è censito catastalmente nel Comune di Pietrasanta Foglio 44 - mappale 115 sub. 1.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il presente studio è stato svolto presa visione della seguente normativa in materia:

- *Piano Territoriale di Coordinamento – Provincia di Lucca, svolto ai sensi del D.M. LL. PP. 11 marzo 1988, adottato con delibera del C.P. n. 108 del 18 luglio 2000.*
- *Legge Regionale 39 del 21 marzo 2000 “Legge Forestale della Toscana” e s. m.. e Regolamento 48/R agosto 2003.*
- *Delibera del Consiglio Regionale n. 72 del 24 luglio 2007 – Approvazione del Piano di Indirizzo Territoriale (PIT) della Regione Toscana;*
- *Delibera della Giunta Regione Toscana n. 878 del 8 ottobre 2012 “Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell’O.P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14/01/2008 - Revoca della DGRT 431/2006.*
- *Legge Regionale n.79 del 27 dicembre 2012 – “Nuova disciplina in materia di consorzi di bonifica. Modifiche alla L.R. 69/2008 e alla L.R. 91/1998. Abrogazione della L.R. 34/1994”, e successivi aggiornamenti (di cui alla DCRT n.101/2016, DGRT n.1357/2017, DGRT n.899/2018, DCRT n.20/2019, DCRT n.28/2020, DCRT 81/2021, DCRT 103/2022, DCRT 55/2023, DCRT 25/2024, DCRT 24/2025).*
- *Legge Regionale n. 65 del 10 novembre 2014 “Norme per il governo del territorio”.*
- *Delibera del Consiglio Regionale n. 37 del 27 marzo 2015 – Approvazione integrazione del Piano di Indirizzo Territoriale (PIT) della Regione Toscana;*
- *Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del distretto idrografico Appennino Settentrionale.*
- *D.M. del 17 gennaio 2018 - “Norme tecniche per le costruzioni” – pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale n°42 del 20 febbraio 2018 con Supplemento Ordinario n°8.*
- *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”*
- *L.R. 24 luglio 2018, n. 41 “Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d’acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni). Modifiche alla L.R. 80/2015 e alla L.R. 65/2014” (pubbl. BURTT n° 33 parte I del 01.08.2018).*

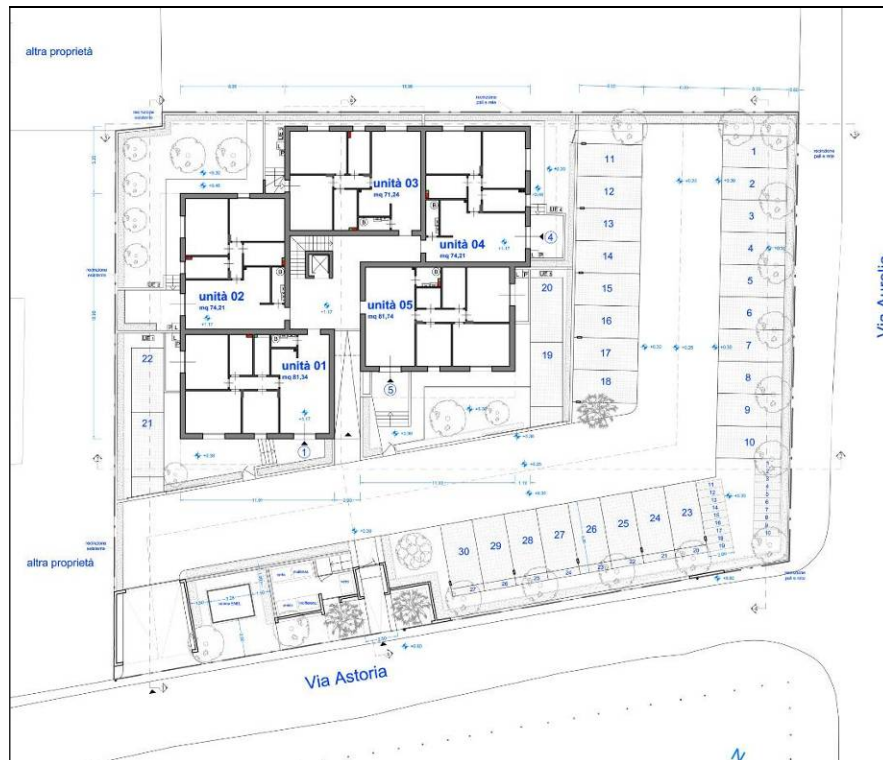
- L.R. 7 gennaio 2019, n. 3 “Legge di manutenzione dell’ordinamento regionale 2018”. (Bollettino Ufficiale n. 3, parte prima, del 11.01.2019).
- CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. – “Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018” (pubblic. Supplemento ordinario alla “Gazzetta Ufficiale”, n. 35 del 11 febbraio 2019 - Serie generale).
- Piano di Bacino stralcio Assetto Idrogeologico per la gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica (PAI) del distretto idrografico Appennino Settentrionale – “Variante generale ai vigenti Piani stralcio Assetto Idrogeologico dei bacini del fiume Arno, del fiume Serchio e dei bacini della Toscana, avente ad oggetto la revisione del quadro normativo e delle classi di pericolosità ai fini della loro integrazione a scala distrettuale”
- L.R. 17 febbraio 2020, n. 7 “Disposizioni in materia di rischio di alluvioni. Modifiche alla L.R. 41/2018”. (Bollettino Ufficiale n. 8, parte prima, del 21.02.2020)
- DPGR 30 gennaio 2020 n.5/R “Regolamento di attuazione dell’art.104 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio) contenente disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche.
- Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA) – I aggiornamento, adottato con Delibera CIP n°26 del 20 dicembre 2021 (Pubbl. GU serie Generale n°2 del 04.01.2022).
- L.R 28 dicembre 2021 n.55 “Legge di stabilità per l’anno 2022” (Pubbl. Bollettino Ufficiale n.110, parte prima, del 30.12.2021).
- D.P.G.R. 19 gennaio 2022, n. 1/R – “Regolamento di attuazione dell’articolo 181 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento dell’attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico” (Pubbl. BURT n°6 del 21.01.2022).
- Piano Strutturale comunale, approvato con Delibera CC n° 41 del 09/11/2023 (pubbl. B.U.R.T. n° 2 del 10/01/2024).
- Piano Operativo comunale, approvato con Delibera CC n° 22 del 26/06/2024 (pubbl. B.U.R.T. n° 41 del 09/10/2024).

DATI DI PROGETTO

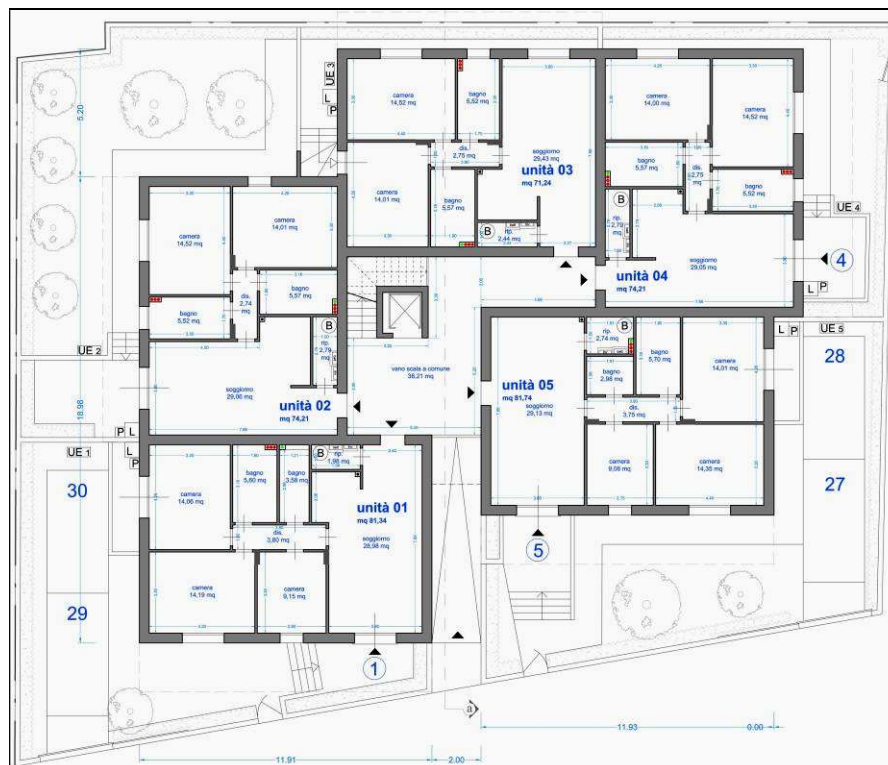
Il Piano di recupero in esame è relativo alla realizzazione di 15 unità residenziali previa demolizione di edificio esistente e realizzazione di parcheggio pubblico.



PLANIMETRIA GENERALE SUPERFICI – STATO DI PROGETTO



PLANIMETRIA GENERALE – STATO DI PROGETTO



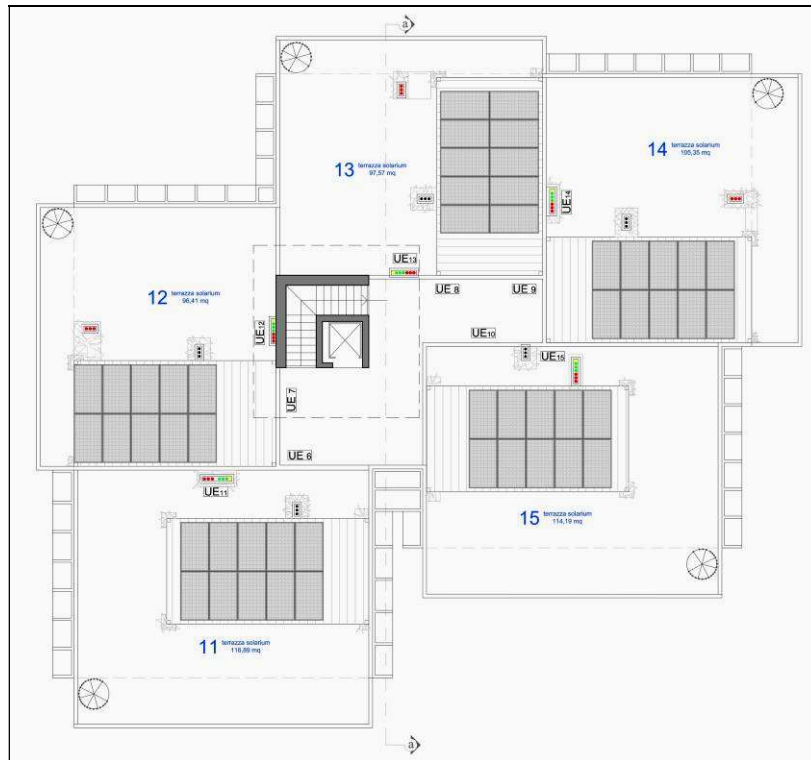
PIANTA PIANO TERRA - STATO DI PROGETTO



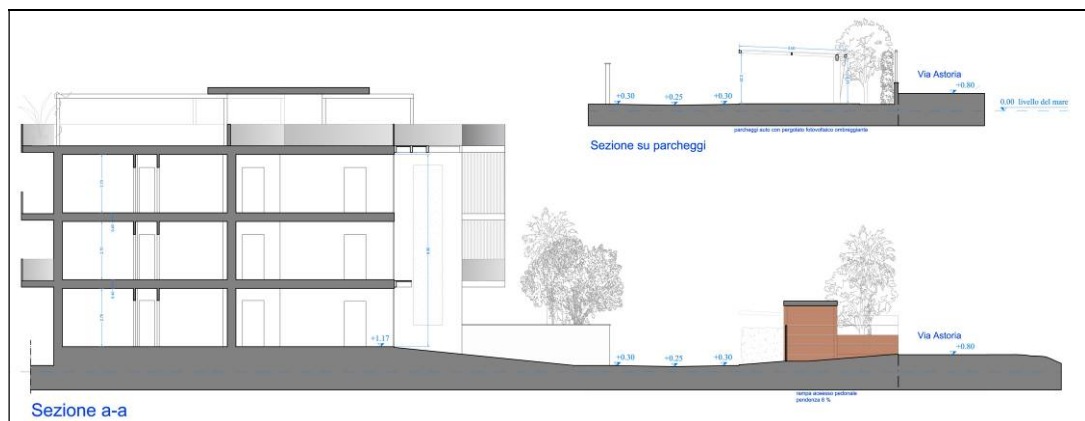
PIANTA PIANO PRIMO - STATO DI PROGETTO



PIANTA PIANO SECONDO - STATO DI PROGETTO



PIANTA PIANO COPERTURA - STATO DI PROGETTO



SEZIONI - STATO DI PROGETTO

INQUADRAMENTO GEOLOGICO - GEOMORFOLOGICO

Il sito è ubicato nella piana versiliese, circa 700m a NE della linea di costa, in prossimità del confine sud del comune di Pietrasanta; il lotto si colloca in un settore edificato compreso tra Via Astoria e Via Cavour, caratterizzato da quote altimetriche comprese tra 0 e 0.25m slm, come evidenziato dall'analisi del rilievo laser lidar.

Nella ricostruzione tettonica, la piana versiliese corrisponde al fianco più orientale della depressione triangolare versiliese-pisana, che si estende lungo la dorsale sommersa di Viareggio, tra le Alpi Apuane, i Monti Pisani, le colline di Livorno e le dorsali sommerse della Meloria e di Maestra.

All'interno della depressione, originatasi nel Miocene, si sono succedute fasi lagunari e marine sino al Pleistocene medio, quando nel modellamento morfologico, hanno assunto grande importanza le variazioni del livello marino legate alle vicende del glacialismo.

Con la fine dei periodi glaciali (Olocene) e fino al II-I secolo a.C., il mare ha invaso la piana. In seguito (dal periodo romano), si è verificato l'avanzamento delle spiagge, con formazione di barre parallele, inizialmente sommerse, che emergevano in lunghi lidi separati da altrettante strette e allungate lagune, comunicanti con il mare attraverso gli antichi scanni sommersi.

I lidi favorivano l'ampliamento delle terre emerse, mentre gli specchi d'acqua tra i nuovi lidi e le vecchie rive, assumevano inizialmente le caratteristiche di lagune, e quindi quella di stagni paludosi, detti localmente "lame".

L'assetto morfologico attuale è stato raggiunto nella prima metà del secolo scorso, dopo complesse vicissitudini nelle quali l'uomo, ha rappresentato uno dei principali agenti modificatori. La piana può essere suddivisa in tre principali fasce morfologiche:

- a) fascia pedemontana: morfologicamente più elevata, superficialmente caratterizzata da alluvioni grossolane.
- b) fascia pianeggiante con aree depresse, limoso torbose.
- c) fascia litoranea compresa tra la linea di riva e la parte posteriore della duna costiera, caratterizzata sedimenti sabbiosi e quote del terreno >1.50 m s.l.m..

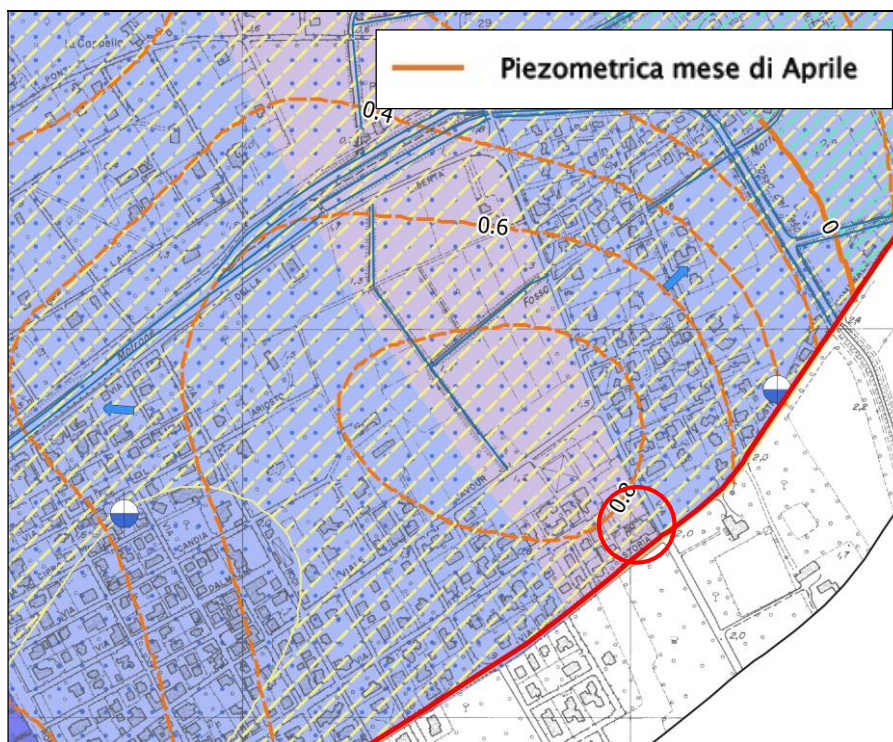
Come si può osservare dalla CARTA GEOLOGICA di **Fig.2** in scala 1:5.000, l'area in esame è ubicata in corrispondenza della fascia depressa di retro duna, caratterizzata da depositi palustri (**p**) limosi e limoso sabbiosi con livelli torbosi. Questi depositi sono sovrapposti alle sabbie di duna di origine eolica (**d**), la cui messa in posto è avvenuta durante l'ultima fase marina regressiva.

INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO - IDROGRAFICO

La successione stratigrafica dell'area determina un sistema idrogeologico costituito da un acquifero superiore, con sede nell'orizzonte prevalentemente sabbioso fino a circa 25m da p.c., e da alcuni acquiferi artesiani profondi, con sede negli orizzonti costituiti da ghiaie e sabbie intercalate a limi e argille.

Idrogeologicamente le sabbie superficiali sono sede di un acquifero di falda a pelo libero con livello piezometrico medio prossimo al piano campagna naturale ed escursione annua media di circa 80cm, con massimi piezometrici autunnali/invernali e minimi durante la stagione estiva.

In riferimento alla "CARTA IDROGEOLOGICA" (Tav. G.5) allegata al Piano Operativo comunale, nella quale sono rappresentate le isopieze relative al periodo di aprile, si evidenzia come il livello piezometrico in prossimità del periodo di massima ricarica si collochi a circa 0.7m slm.



ESTRATTO TAV. G.5 - CARTA IDROGEOLOGICA
PIANO OPERATIVO COMUNALE

Le sabbie rappresentano un livello permeabile per porosità, variabile in funzione dell'assortimento granulometrico e del grado di addensamento, il loro coefficiente di permeabilità medio ricavato in

base a prove di permeabilità a carico costante effettuate in area limitrofa è pari a $K_{medio} \sim 6 \times 10^{-5}$ m/sec.

L'alimentazione della falda è dovuta sia agli apporti idrici della zona collinare montana che alla ricarica diretta della zona dunale.

Il principale corso d'acqua dell'area è rappresentato dal Fosso di Motrone, che scorre circa 500m a NO del sito, mentre circa 300m a nord-ovest dell'area di intervento si trova il corso del Fosso della Foce morta.

Il Fosso di Motrone ed il Fosso della Foce Morta sono censiti nel reticolo idraulico e nel reticolo di gestione dei consorzi di bonifica ai sensi della L.R. 79/2012 e successivi aggiornamenti.

INDAGINI GEOTECNICHE

Per ricostruire la stratigrafia media dei terreni ed individuare le relative caratteristiche fisico-meccaniche medie, oltre alle osservazioni emerse durante i sopralluoghi, è stato fatto riferimento a numerose indagini geognostiche d'archivio, integrate mediante esecuzione nel sito di intervento di n°1 prova penetrometrica statica CPT spinta fino a 9.00m da p.c.; l'ubicazione di tutte le indagini è riportata in Fig.2.

Lo strumento impiegato per la penetrometria statica è il penetrometro Pagani modello TG63-200, con l'impiego di punta meccanica tipo Begemann e spinta di 200kN; in **Appendice 1** sono riportate le caratteristiche dello strumento ed i risultati ottenuti.

stratigrafia media del sito

La stratigrafia media dei terreni, rappresentata nella SEZIONE STRATIGRAFICO TECNICA AA di **Fig.3** in scala 1:200, ottenuta dall'elaborazione dei dati ricavati dalle indagini effettuate è sintetizzata in dettaglio di seguito:

<i>m da p.c..</i>	<i>livello</i>	<i>natura del terreno</i>
0.00 – 2.80	Las	Limo argilloso sabbioso con livelli organici
2.80 – 6.20	Sma1	Sabbia debolmente limosa moderatamente addensata
6.20 – 10.00	Sma2	Sabbia debolmente limosa moderatamente addensata

caratteristiche fisico-meccaniche preliminare dei terreni

L'indagine penetrometrica condotta in sito ha consentito la caratterizzazione fisico-meccanica preliminare dei terreni; di seguito si riporta il valore medio degli orizzonti individuati.

Livelli stratigrafici	Las	Sma1	Sma2
peso di volume naturale γ (t/m ³)	1.90	1.95	2.00
(N/m ³)	18633	19122	19613
peso di volume saturo γ' (t/m ³)	1.90	1.95	2.00
(N/m ³)	18633	19122	19613
resistenza statica di punta qc (Kg/cm ²)	17	47	94
(N/mm ²)	1.67	4.61	9.22
resistenza statica laterale fs (Kg/cm ²)	0.69	1.09	1.84
(N/mm ²)	0.068	0.107	0.18
densità relativa Dr (%)	/	45	60
coesione non drenata cu (Kg/cm ²)	0.4	0	0
(N/mm ²)	0.04	0	0
coesione drenata c' (Kg/cm ²)	0.04	0	0
(N/mm ²)	0.004	0	0
angolo di attrito interno $\phi=\phi'$ (°)	/	30	33
Scarto quadratico medio σ	/	0.7	0.5
modulo di Young E (Kg/cm ²)	40	110	200
(N/mm ²)	3.92	10.79	19.61
modulo Edometrico Mo (Kg/cm ²)	45	130	250
(N/mm ²)	4.41	12.75	24.52
coeff. di sottofondo unitario verticale Ks1* (Kg/cm ³)	1.50	3.70	5
(N/cm ³)	14.71	36.28	49.23
NSPT	3	11	21

* il valore del coefficiente di sottofondo unitario verticale $Ks1$ è espresso per terreni in assenza di falda. Noto il valore di $ks1$ è possibile determinare il coefficiente di sottofondo **Ks** (verticale e orizzontale) relativo alle fondazioni di progetto tramite la conoscenza del modulo elastico e dei momenti d'inerzia della fondazione.

I valori dei parametri geotecnici sopra indicati costituiscono i valori medi relativi ai livelli stratigrafici presenti in sito, individuati tramite elaborazione di numerose indagini a disposizione in un intorno significativo del sito.

MODELLAZIONE SISMICA

Il riferimento normativo adottato è costituito dal D.M. del 17 gennaio 2018 - “Norme tecniche per le costruzioni”, pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale n°42 del 20 febbraio 2018 con Supplemento Ordinario n°8.

pericolosità sismica di base - valori dei parametri a_g , F_o , T^*c

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, vengono definite nella nuova normativa a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g , riferibile allo spettro di risposta elastico $S_e(T)$, in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (di categoria A quale definita al § 3.2.2 del D.M. del 17 gennaio 2018) con superficie topografica orizzontale e con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_v , (come definite nel § 3.2.1 del D.M. del 17 gennaio 2018), nel periodo di riferimento V_r (come definito nel § 2.4 D.M. del 17 gennaio 2018).

Ai fini del D.M. del 17 gennaio 2018 le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_v , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g - accelerazione orizzontale massima al sito;

F_o - valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

*T^*c - periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.*

*Per i valori di a_g , F_o , T^*c si fa riferimento all’Allegato B al D.M. del 14 gennaio 2008 e successivi aggiornamenti, dove per tutti i siti considerati, sono forniti i valori di a_g , F_o , e T_c^* necessari per la determinazione delle azioni sismiche; in particolare nella Tabella 1 vengono forniti, per 10751 punti del reticolo di riferimento e per 9 valori del periodo di ritorno T_R (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni), i valori dei parametri a_g , F_o , T^*c da utilizzare per definire l’azione sismica nei modi previsti dalle NTC.*

I punti del reticolo di riferimento sono definiti in termini di Latitudine e Longitudine ed ordinati a Latitudine e Longitudine crescenti, facendo variare prima la Longitudine e poi la Latitudine.

Le Coordinate del sito (WGS84) di intervento sono:

Latitudine: 43.915650°

Longitudine: 10.220375°

Il periodo di ritorno **Tr**, necessario per la definizione dei valori dei parametri a_g , F_0 , T^*c da utilizzare per definire l'azione sismica è definito dalla seguente relazione:

$$Tr = \frac{-V_r}{\ln(1 - P_{V_r})}$$

Vr rappresenta il periodo di riferimento espresso da:

$$V_r = V_n \times C_u$$

essendo **Vn** la vita nominale dell'opera di progetto individuata in base al tipo di costruzione e definita nella Tabella 2.4.I del D.M. 17 gennaio 2018 di seguito riportata:

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale Vn (in anni)
<u>1</u>	Costruzioni temporanee e provvisorie	≤ 10
<u>2</u>	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	≥ 50
<u>3</u>	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	≥ 100

Tabella 2.4.I - D.M. 17 GENNAIO 2018 – Vita nominale VN per diversi tipi di opere

L'opera in esame è un'opera ordinaria (tipo 2) alla quale corrisponde una vita nominale **VN ≥ 50 anni**.

Cu rappresenta il coefficiente d'uso ricavabile dalla Tab. 2.4.II - D.M. 17 gennaio 2018 e dipendente dalla classe d'uso dell'opera definita al § 2.4.2 del D.M. 17 gennaio 2018.

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE Cu	0.7	1.0	1.5	2.0

Tab. 2.4.II - D.M. 17 GENNAIO 2018 – Valori del coefficiente d'uso Cu

Se $V_r \leq 35$ anni si pone comunque $V_r = 35$ anni (Circolare n°7 del 21 gennaio 2019, C.S.LL.PP.)

L'opera in esame rientra nella classe II alla quale corrisponde il coefficiente d'uso **Cu = 1.0**.

Il periodo di riferimento **Vr** per l'azione sismica per l'opera risulta pertanto:

$$V_r = V_n \times C_u = V_n = \mathbf{50 \text{ anni}}$$

Pvr è la probabilità di superamento al variare dello stato limite considerato, definito nella Tabella 3.2.I - D.M. 17 gennaio 2018:

Stati limite		Pvr: probabilità di superamento nel periodo di riferimento Vr
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limiti ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Tabella 3.2.I - D.M. 17 GENNAIO 2018 – Probabilità di superamento PVR al variare dello stato limite considerato

In tal modo è possibile individuare i valori del periodo di ritorno T_r , ed in base all'Allegato B al D.M. del 14 gennaio 2008 (§3.2 NTC 2018), ricavare i valori di a_g , F_0 , e T_c^* riferiti a ciascuno stato limite. Di seguito si riportano i dati ottenuti per il sito in esame:

Stati limite		T_r (anni)	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
Stati limite di esercizio	SLO	30	0.040	2.557	0.227
	SLD	50	0.050	2.536	0.248
Stati limiti ultimi	SLV	475	0.123	2.387	0.290
	SLC	975	0.158	2.387	0.295

categorie di sottosuolo

In base a quanto stabilito dal decreto sopraccitato, ai fini della valutazione delle azioni sismiche di progetto deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale.

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.

Categoria	Descrizione
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.

TAB. 3.2.II - D.M. 17 GENNAIO 2018 – CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

“Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato”

Per l'intervento in esame è stata definita l'azione sismica sulle strutture di progetto in base a quanto esposto nel D.M. del 17 gennaio 2018, facendo riferimento all'indagine sismica MASW effettuata immediatamente ad ovest del sito in area caratterizzata dallo stesso contesto geologico stratigrafico (vd. ubicazione in Fig.2), riportata in Appendice 2.

Dall'indagine sismica emerge la presenza di depositi caratterizzati da $V_{S,eq} = 198 \text{ m/s}$; si attribuisce pertanto ai terreni di fondazione la **categoria C**.

Il coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s per la categoria di sottosuolo C in base alla tabella 3.2.IV del D.M. del 17 gennaio 2018, risulta espresso dalla relazione:

$$S_s = 1.70 - 0.60 * F_o * a_g / g$$

Per i diversi stati limiti si ricavano i seguenti valori di S_s :

Stati limite		a_g [g]	F_o	S_s
Stati limite di esercizio	SLO	0.040	2.557	1.50
	SLD	0.050	2.536	1.50
Stati limiti ultimi	SLV	0.123	2.387	1.50
	SLC	0.158	2.387	1.47

Il coefficiente C_c per la categoria di sottosuolo C in base alla tabella 3.2.IV del D.M. del 17 gennaio 2018, risulta espresso dalla relazione:

$$C_c = 1.05 (T_c^*)^{-0.33}$$

Per i diversi stati limiti si ricavano i seguenti valori di C_c :

Stati limite		T_c^* [s]	C_c
Stati limite di esercizio	SLO	0.227	1.71
	SLD	0.248	1.66
Stati limiti ultimi	SLV	0.290	1.58
	SLC	0.295	1.57

Il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa nel sito in oggetto, così come definita nella tabella 7.11.I del D.M. del 17 gennaio 2018, risulta:

Stati limite		a_g [g]	β_s
Stati limite di esercizio	SLO	0.040	0.20
	SLD	0.050	0.20
Stati limiti ultimi	SLV	0.123	0.24
	SLC	0.158	0.24

Per quanto riguarda le condizioni topografiche complesse, considerato che il sito in esame sorge in un'area di pianura caratterizzata da morfologia pianeggiante (inclinazioni medie $<15^\circ$) si attribuisce la **categoria topografica T1**.

Il coefficiente di amplificazione topografica per la categoria topografica T1 in base alla tabella 3.2.V del D.M. del 17 gennaio 2018 risulta **$St=1$** .

accelerazione orizzontale massima attesa al sito a_{max}

L'accelerazione orizzontale massima a_{max} attesa al sito è definita dalla seguente relazione:

$$a_{max} = S * a_g = S_s * St * a_g$$

utilizzando i valori di S_s ed St ed a_g ricavati in precedenza ed esprimendo a_g in m/sec^2 ($a_g = a_g [g] * g [m/sec^2]$) si ottiene:

Stati limite		S_s	St	a_g [g]	$a_{max} (m/sec^2)$
Stati limite di esercizio	SLO	1.50	1	0.040	0.588
	SLD	1.50	1	0.050	0.732
Stati limiti ultimi	SLV	1.50	1	0.123	1.807
	SLC	1.47	1	0.158	2.280

coefficienti sismici orizzontali k_h e verticali k_v

I coefficienti sismici orizzontali e verticali sono definiti dalle seguenti relazioni:

$$k_h = \frac{\beta_s * a_{max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0.5 k_h$$

utilizzando i valori di a_{max} e β_s ricavati in precedenza si ottiene per ogni stato limite:

Stati limite		K_h (%)	K_v (%)
Stati limite di esercizio	SLO	1.20	0.60
	SLD	1.50	0.75
Stati limiti ultimi	SLV	4.40	2.20
	SLC	5.60	2.80

PERICOLOSITA' DEL SITO E CRITERI DI FATTIBILITA'

In generale la fattibilità rappresenta l'ammissibilità delle trasformazioni fisiche e funzionali del territorio e degli immobili che lo compongono.

Nel presente studio si è proceduto alla determinazione dei criteri di fattibilità per l'intervento in esame in riferimento agli aspetti di natura geologica, idraulica e sismica, secondo le indicazioni riportate nel DPGR n° 5/R del 30 gennaio 2020.

In particolare secondo quanto stabilito dal DPGR n°5/R del 30 gennaio 2020 (allegato A-Direttive per le indagini geologico-tecniche) le condizioni di fattibilità della previsione in esame sono state definite in funzione delle situazioni di pericolosità riscontrate.

pericolosità geologica in base al DPRG n° 5/R

Dato che il sito si colloca nella piana versiliese sono stati considerati quei processi geomorfologici legati alla dinamica fluviale e marina. Facendo riferimento a quanto emerso dai sopralluoghi effettuati nell'area e dalle indagini a disposizione in un intorno significativo del sito, emergono elementi di sostanziale stabilità dell'assetto locale, non risultando in atto fenomeni di erosione o di accumulo fluviale, lacustre, marino o eolico.

Per il sito in oggetto si evidenzia come esso sorge in area di retroduna caratterizzata dalla presenza di depositi palustri superficiali, sovrapposti alle sabbie di duna di origine eolica.

La penetrometria CPT condotta in sito conferma l'assetto stratigrafico descritto, con presenza di depositi superficiali (spessore 2.80m) costituiti da limo argilloso sabbioso con livelli organici, contraddistinti da scadenti proprietà geotecniche, sovrapposti a depositi sabbiosi marini.

Nella "Carta delle aree ed elementi esposti a fenomeni geologici" (QC 07a) allegata al Piano Operativo comunale approvato, il sito è inserito tra le aree a pericolosità geomorfologica geolitotecnica **G3lt**.

Per quanto sopra, in riferimento a quanto indicato nel § 2.1-C.1 (*Aree a pericolosità geologica*) - allegato A del DPGR n°5/R-2020, si attribuisce al lotto in esame il **grado di pericolosità geologica elevato (G.3)** (vd. **Fig.4** – CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA ai sensi del DPGR n°5/R-2020 – scala 1:1000).

criteri di fattibilità in relazione agli aspetti geologici in base al DPRG n° 5/R

In base a quanto esposto § 3.2 (Criteri generali in relazione agli aspetti geologici) - allegato A del DPGR n°5/R-2020 “nelle aree caratterizzate da pericolosità geologica media (G3), è necessario rispettare i criteri generali di seguito indicati, oltre a quelli già previsti dalla pianificazione di bacino.

La fattibilità degli interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture a sviluppo lineare e a rete è subordinata all'esito di studi, rilievi e indagini geognostiche e geofisiche, effettuate in fase di piano attuativo e finalizzate alla verifica delle effettive condizioni di stabilità. Qualora dagli studi, dai rilievi e dalle indagini ne emerga l'esigenza, la fattibilità degli interventi di nuova edificazione o nuove infrastrutture a sviluppo lineare e a rete è subordinata alla preventiva realizzazione degli interventi di messa in sicurezza.

Gli interventi di messa in sicurezza, che sono individuati e dimensionati in sede di piano attuativo oppure, qualora non previsto, a livello edilizio diretto, sono tali da:

- a.1) non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti;
- a.2) non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione dei fenomeni franosi;
- a.3) consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza.

La durata del monitoraggio relativo agli interventi di messa in sicurezza è definita in relazione alla tipologia del dissesto ed è concordata tra il comune e la struttura regionale competente.

Il raggiungimento delle condizioni di sicurezza costituisce il presupposto per il rilascio di titoli abilitativi.

La fattibilità degli interventi sul patrimonio edilizio esistente che comportano la demolizione e ricostruzione, o aumenti di superficie coperta o di volume, e degli interventi di ampliamento e adeguamento di infrastrutture a sviluppo lineare e a rete è subordinata alla valutazione che non vi sia un peggioramento delle condizioni di instabilità del versante e un aggravio delle condizioni di rischio per la pubblica incolumità”.

Si osserva che le indagini a disposizione per l'area, unitamente alla penetrometria CPT realizzata in sito hanno consentito di ricostruire l'assetto stratigrafico medio del sito e la caratterizzazione preliminare dei terreni; tali indagini saranno integrate a supporto del PdC, in conformità del DPGR n.1/R del 19 gennaio 2022, mediante apposite indagini geotecniche e sismiche definite al

paragrafo 3 “*Classi di indagine geologiche, geofisiche e geotecniche*” del DPGR n.1/R del 19 gennaio 2022, le quali consentiranno di effettuare la caratterizzazione fisico-meccanica media e sismica dei terreni di fondazione necessaria in fase progettuale

Viste le scadenti caratteristiche geotecniche dei terreni superficiali emerse dall'indagine condotta, in considerazione della tipologia di intervento, si prescrive l'impiego di strutture fondali profonde, impostate alla profondità minima di 7m da p.c..

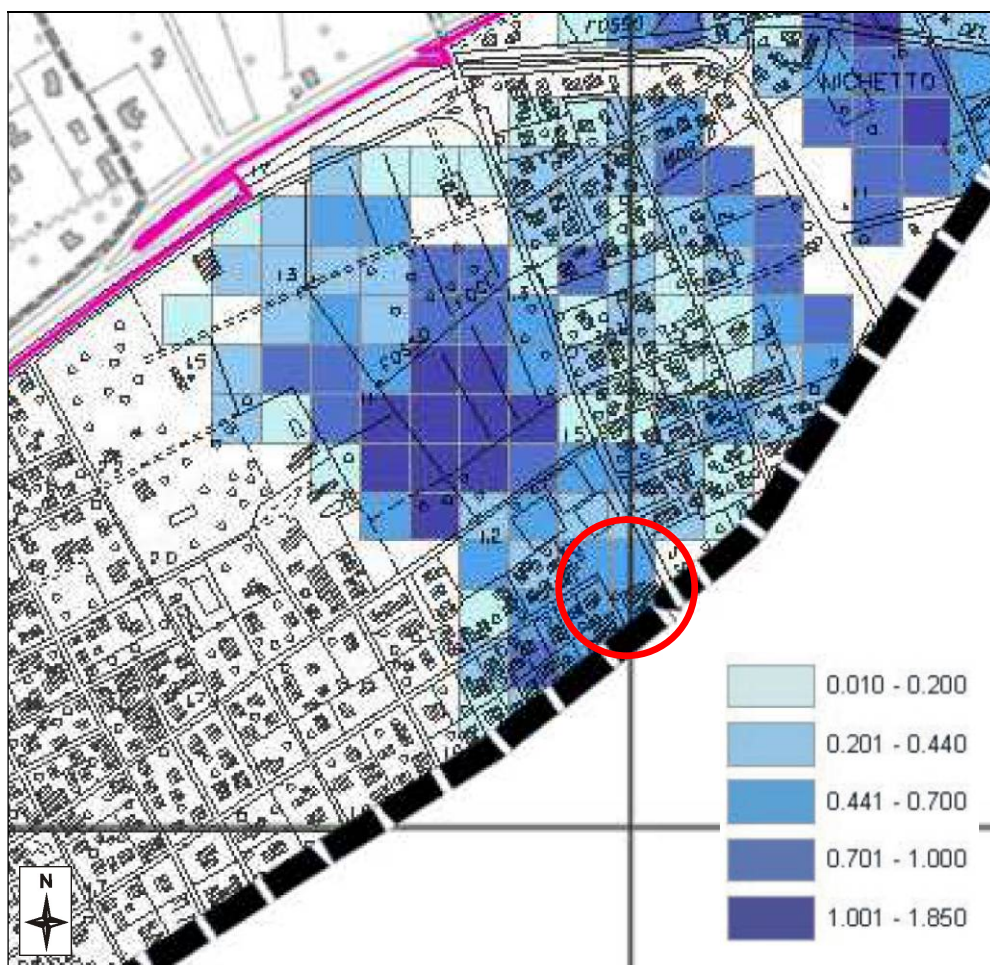
pericolosità da alluvioni in base al DPRG n° 5/R

Sulla base di quanto esposto nell'allegato A (*Direttive per le indagini geologiche*) del DPGR n°5/R del 30 gennaio 2020, le condizioni di fattibilità idraulica della previsione urbanistica in esame sono state definite in funzione delle situazioni di pericolosità riscontrate per fattori idraulici.

A tal proposito si evidenzia quanto emerso in base all'analisi della cartografia esistente relativamente al rischio idraulico dell'area:

- in riferimento alla perimetrazione da pericolosità da alluvione (di cui si riporta un estratto in **Fig.5**) individuata nel Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA) del distretto idrografico Appennino settentrionale – I aggiornamento (adoz. Delibera CIP n°26 del 20 dicembre 2021), il sito in oggetto è perimetrato nello scenario di pericolosità media **P2** – alluvioni poco frequenti;
- in base alla Carta della pericolosità da alluvioni (Tav. n°I.1) allegata al P.S. Comunale (approv. Delibera CC n° 41 del 09/11/2023) il lotto risulta inserito le aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti **P2**;
- in base alla Carta delle aree e degli elementi esposti a pericolosità idraulica (Tav. Q.C. 07c) allegata al P.O. Comunale (approv. Delibera CC n° 22 del 26/06/2024) il lotto risulta inserito le aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti **P2**.

L'area in esame risulta esterna all'ambito territoriale di aggiornamento degli studi idrologico-idraulici redatti a supporto del Piano Strutturale comunale (approv. Delib. CC n° 41 del 09/11/2023) e recepiti nel Piano Operativo (approv. Delib. CC n° 22 del 26/26/2024); per tali aree la definizione del battente viene effettuata in riferimento a studi idraulici redatti a supporto del previgente Piano Strutturale e sintetizzati per l'area in esame nella Tav. I.3b “*carta del battenti*” allegata al Piano Strutturale vigente, di cui si riporta un estratto di seguito.



ESTRATTO TAV. I.3B "CARTA DEL BATTENTI"
PIANO STRUTTURALE

In prossimità del sito è atteso un battente per tempi di ritorno duecentennali compreso tra **0.441 e 0.7m.**

Considerato quanto sopra esposto, in riferimento alle indicazioni fornite nel § 2.1-C.2 (*Aree a pericolosità da alluvione*) - allegato A del DPGR n°5/R-2020, si individua per il lotto di intervento il **grado di pericolosità idraulica medio (P2)** - aree a pericolosità da alluvioni poco frequenti) (vd. **Fig.6** - CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA ALLUVIONI ai sensi del DPGR n°5/R-2020 - scala 1:1.000).

criteri di fattibilità in relazione al rischio di alluvioni in base al DPRG n° 5/R

In base a quanto esposto § 3.3 (*Criteri generali di fattibilità in relazione al rischio di alluvioni*) - allegato A del DPGR n°5/R-2020 "Nelle aree caratterizzate da pericolosità per alluvioni frequenti e poco

frequenti la fattibilità degli interventi è perseguita secondo quanto disposto dalla L.R. 41/2018, oltre a quanto già previsto dalla pianificazione di bacino.

La fattibilità degli interventi è subordinata alla gestione del rischio di alluvioni rispetto allo scenario per alluvioni poco frequenti, con opere idrauliche, opere di sopraelevazione, interventi di difesa locale, ai sensi dell'articolo 8, comma 1 della l.r.41/2018.

Nei casi in cui, la fattibilità degli interventi non sia condizionata dalla L.R.41/2018 alla realizzazione delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, ma comunque preveda che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali, la gestione del rischio alluvioni può essere perseguita attraverso misure da individuarsi secondo criteri di appropriatezza, coniugando benefici di natura economica, sociale ed ambientale, unitamente ai costi ed ai benefici.

In particolare, sono da valutare le possibili alternative nella gestione del rischio alluvioni dalle misure maggiormente cautelative che garantiscono assenza degli allagamenti fino alle misure che prevedono eventuali allagamenti derivanti da alluvioni poco frequenti.

Nel caso di interventi in aree soggette ad allagamenti, la fattibilità è subordinata a garantire, durante l'evento alluvionale l'incolumità delle persone, attraverso misure quali opere di sopraelevazione, interventi di difesa locale e procedure atte a regolare l'utilizzo dell'elemento esposto in fase di evento. Durante l'evento sono accettabili eventuali danni minori agli edifici e alle infrastrutture tali da essere rapidamente ripristinabili in modo da garantire l'agibilità e la funzionalità in tempi brevi post evento".

Poiché per il sito in oggetto è stato determinato lo scenario di pericolosità P2 (alluvioni poco frequenti) la fattibilità dell'intervento è regolamentata dalla L.R.41/2018 e smi.

fattibilità in relazione alla L.R. 41/2018 e smi

Considerato che il Piano di Recupero, riguardante il patrimonio edilizio esistente, prevede la realizzazione di 15 unità residenziali mediante demolizione di edificio esistente, si richiama quanto previsto all'**art.12** "Interventi sul patrimonio edilizio esistente in aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti" della L.R. 41/2018 e smi, **comma 2** "Nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, per la realizzazione di interventi edilizi che comportano incrementi volumetrici, anche attraverso demolizioni con parziale o

totale ricostruzione, è realizzata almeno una delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a), b) o c). Il presente comma trova applicazione anche nel caso in cui l'incremento volumetrico comporti la realizzazione di un nuovo manufatto connesso e funzionale ad un intervento sul patrimonio edilizio esistente oppure nel caso in cui l'incremento volumetrico comporti la realizzazione di un nuovo manufatto connesso e funzionale all'ampliamento e all'adeguamento di opere pubbliche.

L'Art. 8 “Opere per la gestione del rischio di alluvioni” della LR 41/2018, prevede al **comma 1 - lettera c**:

“La gestione del rischio di alluvioni è assicurata mediante la realizzazione delle seguenti opere finalizzate al raggiungimento almeno di un livello di rischio medio R2:

c) opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree”.

opere di sopraelevazione

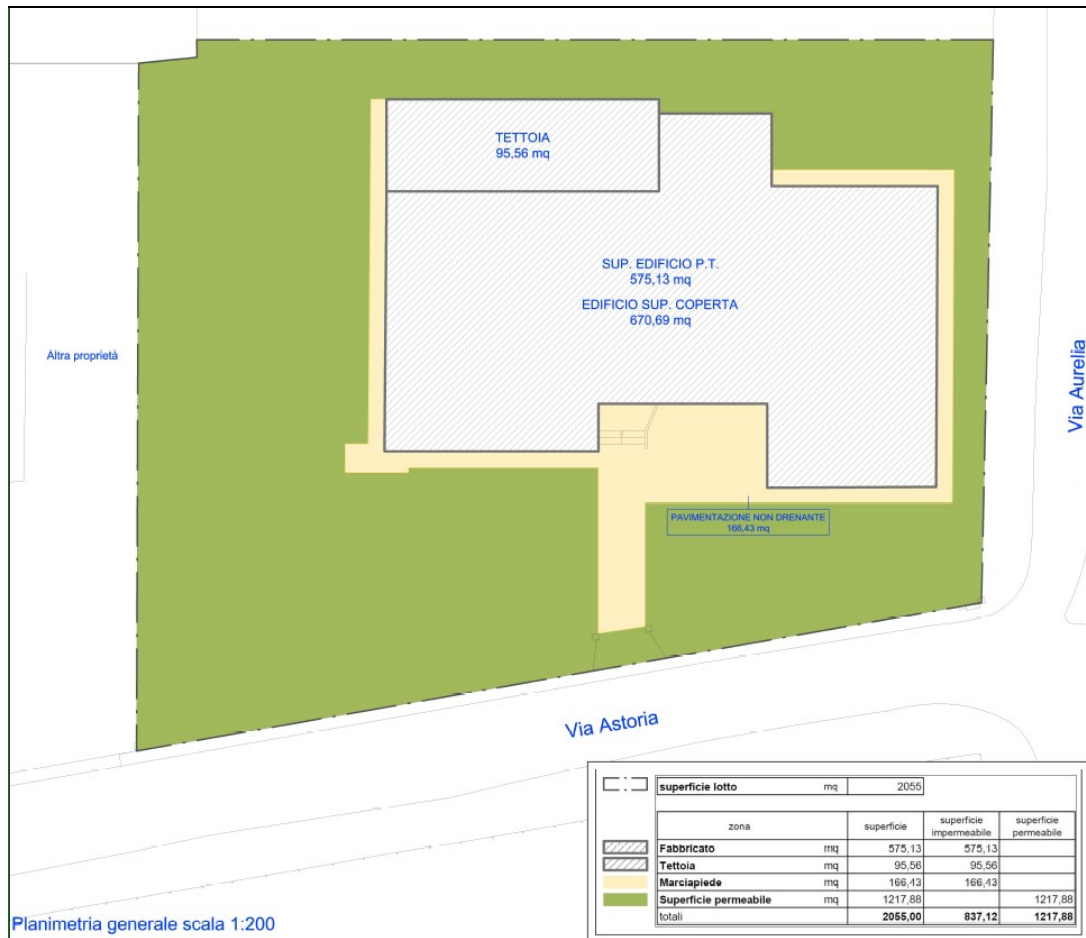
Considerato che in base agli studi idraulici a disposizione per l'area si individua nel lotto un battente idraulico per tempi di ritorno duecentennali compreso tra 0.441 e 0.7m, al fine di garantire il raggiungimento almeno di un livello di rischio medio R2 si prescrive l'imposta del piano calpestio piano terra del fabbricato di progetto a quota **+0.90m** rispetto a piano campagna attuale della resede (quota assoluta pari a **+1.17m slm**).

non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree

In merito al non aggravio di rischio idraulico in altre aree indotto dall'intervento si riportano di seguito due estratti progettuali che consentono di individuare l'entità della superficie occupata dall'edificio esistente e da quello di progetto.

Nello stato attuale la sagoma a terra del fabbricato occupa 575.13m², esclusa la tettoia, mentre nello stato di progetto la sagoma a terra del fabbricato occupa 517,77m².

L'intervento comporta pertanto riduzione della superficie a terra pari a **-57.36m²**, liberando volumi potenzialmente interessabili da esondo, garantendo in tal modo il non aggravio di rischio idraulico nelle aree limitrofe.



*ESTRATTO TAV. PR.T19 (VERIFICA SUPERFICI PERMEABILI)
STATO ATTUALE
PROGETTISTA ANTONELLO RUSSO ARCHITETTO*



*ESTRATTO TAV. PR.T19 (VERIFICA SUPERFICI PERMEABILI)
STATO DI PROGETTO
PROGETTISTA ANTONELLO RUSSO ARCHITETTO*

contenimento impermeabilizzazione del suolo

Nel rispetto delle disposizioni dell'art. 78 della Deliberazione del Consiglio Regionale 25 gennaio 2000 n.12 "Riduzione dell'impermeabilizzazione superficiale", e dell'art. 25 del PTC della Provincia di Lucca, l'intervento di progetto dovrà garantire il mantenimento di una superficie permeabile pari almeno al 25% della superficie edificabile.

Inoltre, in termini di invarianza idraulica, visto quanto emerso dal confronto delle superfici permeabili/impermeabili allo stato di progetto ed allo stato attuale, l'intervento comporta una diminuzione della superficie impermeabile pari a **5.38m²**, rispettando il criterio d'Invarianza idraulica.

Mutamento di destinazione d'uso in funzione residenziale

In merito al cambio d'uso in funzione residenziale previsto dal Piano di Recupero, si richiama l'**art.12** *"Interventi sul patrimonio edilizio esistente in aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti"* della L.R. 41/2018 e smi, **comma 6** *"Nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, caratterizzate da magnitudo idraulica severa o molto severa, sulle parti dei manufatti con piano di calpestio al di sotto del battente, sono ammessi i mutamenti di destinazione d'uso in funzione residenziale o comunque adibiti al pernottamento, a condizione che sia realizzata almeno una delle opere di cui di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a), b) o c)".*

A tal proposito considerato che:

- in base agli studi idraulici a disposizione per l'area il sito in oggetto risulta interessato da un battente idraulico per tempi di ritorno duecentennali compreso tra 0.441 ed 0.7m;
- come prescritto nel presente studio, il nuovo manufatto di progetto presenterà imposta del piano di calpestio piano terra posta a +0.90m rispetto a piano campagna resede (+1.17m slm);

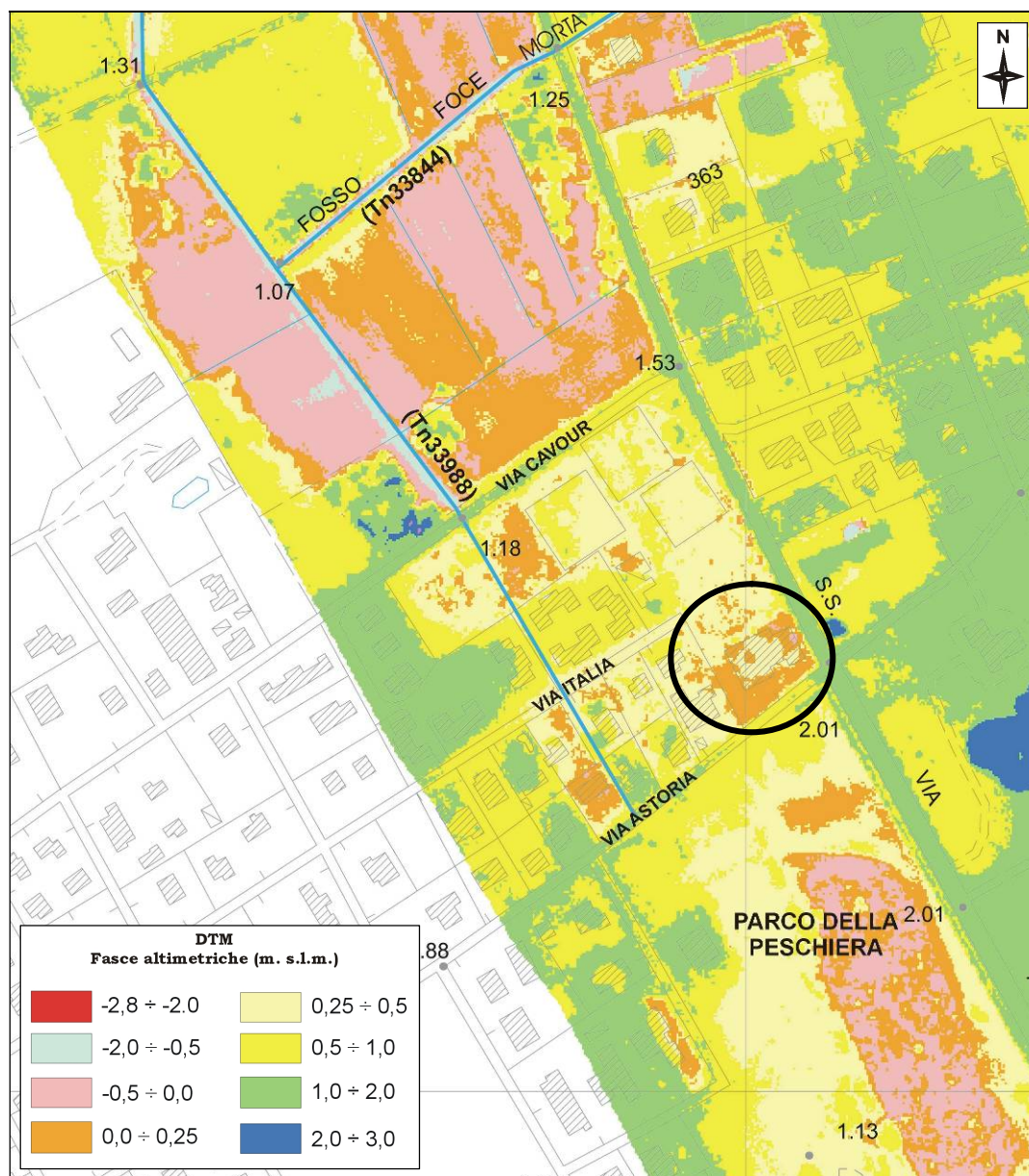
il fabbricato di progetto non presenterà porzioni con piano di calpestio al di sotto del battente, pertanto non si individuano limitazioni dettate dal comma sopra riportato, risultando il cambio d'uso coerente con quanto disciplinato dalla LR 41/2018 e smi.

Opere di regimazione idrica

Il sito in oggetto si colloca in località Focette, nella porzione meridionale del comune di Pietrasanta al confine con il comune di Camaiore ed immediatamente ad ovest di via Aurelia.

Il lotto è posizionato in un'area oggetto di storica e di recente edificazione che ha comportato, ad eccezione del lotto in oggetto, il rialzo della quota del piano campagna.

L'assetto morfologico locale è stato analizzato mediante il rilievo LASER LIDAR della regione Toscana, di cui si riporta un estratto in figura seguente.



ESTRATTO RILIEVO LASER LIDAR

In particolare si osserva come le aree circostanti la proprietà in esame, siano caratterizzate da quote comprese tra 0.5 e 1.0m slm (giallo scuro in figura). Originariamente questo settore faceva parte di un basso morfologico sviluppato parallelamente alla linea di costa a ridosso di via Aurelia, che attualmente vede come aree inalterate il “Parco della Peschiera” a sud e l’area depressa compresa tra Via Cavour ed il Fosso Motrone a nord.

Il lotto in oggetto rappresenta invece una porzione residua di questo basso morfologico, con quote comprese tra 0 e 0.25m slm (color arancio in figura), inferiore a quelle dei lotti circostanti.

E’ importante osservare che nel settore in esame non sono presenti assi di drenaggio delle acque superficiali, ad eccezione di un corso d’acqua (Tn33988) facente parte del reticolo idrografico e di gestione ai sensi della L.R. 79/2012; tale fosso si sviluppa parallelamente alla linea di costa, circa 70m ad ovest del lotto e risulta nel tratto compreso tra via Astoria e Via Cavour tombato mediante tubazione in cls di diametro interno pari a 1100mm (vedi foto seguente). Oltrepassata via Cavour il corso scorre a giorno per immettersi poco a nord nel Fosso Foce Morta (Tn33844).



ISPEZIONE DELLA TUBAZIONE DA VIA ITALIA A VIA CAVOUR

L’assetto morfologico descritto, unitamente all’assenza di un vero e proprio reticolo idraulico superficiale, determina problematiche di drenaggio delle acque meteoriche con fenomeni di ristagno presso i

terreni posti a quote più basse, anche a seguito di precipitazioni ordinarie. La foto seguente del 14 marzo scorso mostra l'evidente ristagno verificatosi nel terreno a Sud dei campi da padel di recente realizzazione, a seguito di un evento piovoso.



FOTO del 14 MARZO 2025

Le frequenti manifestazioni di ristagno che si verificano a seguito di eventi meteorici, anche non a carattere eccezionale, sono dovute all'effetto combinato dell'assetto morfologico ed dell'assenza di una rete idrica locale, combinazione che rende impossibile il drenaggio e l'allontanamento delle acque che sistematicamente interessano in particolare il settore compreso tra via Astoria a sud, via Aurelia ad Est, via Cavour a Nord.

Al fine di consentire una corretta regimazione idrica dell'area, si ritiene quindi essenziale realizzare una condotta, in parte interna alla proprietà ed in parte lungo via Italia, da collegarsi con la

tubazione presente ad Est, tra via Astoria e via Cavour (vd. schema seguente).

L'intervento di piano attuativo costituisce un'opportunità unica per drenare le acque che ristagnano nei settori a ridosso di via Aurelia, con beneficio per l'intero quartiere meridionale di Focette, attualmente gravato da ripetuti fenomeni di ristagno.



FIG.4 - SCHEMA CONDOTTA

Questo intervento consentirà quindi di realizzare il collegamento fognario di acque bianche a partire dal lotto di proprietà, a servizio anche del tratto pubblico di via Italia per complessivi 130m circa. Tale soluzione, migliorativa dell'assetto idraulico per tutto il quartiere si inserisce nell'ambito della proposta di **variante di manutenzione al piano operativo di Pietrasanta, in quanto coerente con gli obiettivi del piano strutturale e finalizzata al riequilibrio delle previsioni interne al territorio urbanizzato.**

pericolosità sismica locale in base al DPRG n° 5/R

Sulla base di quanto esposto nell'allegato A (*Direttive per le indagini geologiche*) del DPGR n°5/R del 30 gennaio 2020, le condizioni di fattibilità sismica della previsione urbanistica in esame sono state definite in funzione delle situazioni di pericolosità riscontrate per fattori sismici.

Nel caso in esame, considerato che nel presente studio è stato prescritto l'impiego di strutture di fondazione profonde intestate in corrispondenza dei livelli sabbiosi a migliori proprietà geotecniche, visto che il livello piezometrico si mantiene costantemente in prossimità del piano di campagna non è possibile escludere a priori il rischio di liquefazione per i terreni fondali, pertanto il settore in esame rientra tra le aree potenzialmente suscettibili di liquefazione dinamica.

Per quanto sopra, in riferimento a quanto indicato nel § 2.1-C.3 (*Aree a pericolosità sismica locale*) - allegato A del DPGR n°5/R-2020 si attribuisce al lotto in esame la classe di **pericolosità sismica locale elevata (S.3)** (vd. **Fig.7** – CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE ai sensi del DPGR n°5/R-2020 – scala 1:1.000).

criteri di fattibilità in relazione agli aspetti sismici in base al DPRG n° 5/R

In base a quanto esposto § 3.6.3 (*Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti sismici*) - allegato A del DPGR n°5/R-2020, considerata la presenza di terreni potenzialmente soggetti a liquefazione dinamica, si è provveduto, sulla base delle indagini geognostiche e sismiche (prospezione sismica con metodo MASW) a disposizione in un intorno significativo del sito, alla definizione preliminare dell'azione sismica sulle strutture di progetto (vd. § azioni sismiche - D.M. del 17 gennaio 2018); i dati così ottenuti hanno consentito di effettuare la valutazione della suscettibilità dei terreni a liquefazione, necessaria al fine di valutare l'attribuzione per il sito alla "zona di suscettibilità a liquefazione – ZSLQ.

valutazione della suscettibilità dei terreni a liquefazione

Considerata la presenza di terreni sabbiosi saturi al di sotto dei limi argillosi superficiali, per i quali non risultano verificate le condizioni previste al § 7.11.3.4.2 "Esclusione della verifica a liquefazione" del D.M. del 17 gennaio 2018, è necessario procedere alla valutazione della suscettibilità dei terreni a liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi,

prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Così come previsto nel § 7.11.3.4.3 "Metodologie di analisi" del D.M. del 17 gennaio 2018 nel presente studio la verifica è stata condotta con metodologie di tipo storico-empirico in cui il coefficiente di sicurezza **F1** nella verifica di resistenza alla liquefazione viene definito dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione **CRR** (Cyclic Resistance Ratio) e la sollecitazione indotta dal terremoto di progetto **CSR** (Cyclic Stress Ratio).

$$F1 = \frac{CRR * MSF}{CSR}$$

Dove MSF è un fattore correttivo funzione della magnitudo del sisma atteso in sito.

L'Eurocodice 8 suggerisce l'assunzione di un coefficiente di sicurezza a liquefazione $F1 = 1.25$.

Per il calcolo di CRR è stato utilizzato il metodo di Robertson e Wride, mentre per il CSR si è fatto ricorso al metodo semplificato di Seed e Idriss, effettuando la valutazione alla liquefazione per i terreni compresi tra 3 e 10m da piano campagna, considerando intervallo di 1 metro e ipotizzando la falda a p.c.

valutazione della resistenza disponibile alla liquefazione (CRR)

Il metodo proposto da Robertson e Wride del 1997 permette di valutare la capacità di resistenza alla liquefazione (CRR) da prove penetrometriche statiche mediante la seguente espressione:

$$CRR = 93 * [(qc1n)cs / 1000]^3 + 0.08$$

con $(qc1n)cs$ (resistenza alla punta corretta e normalizzata)

Utilizzando i valori di resistenza statica di punta (Q_c) e resistenza statica laterale (F_s) medi derivati dalle prove statiche effettuate nel sito si ottiene per profondità crescenti:

profondità (m)	resistenza statica di punta q_c (kg/cm ²)	resistenza statica laterale f_s (kg/cm ²)	$(qc1n)cs$	CRR
3	47	1.09	147.08	0.376
4	47	1.09	136.82	0.318
5	47	1.09	129.94	0.284

6	47	1.09	124.95	0.261
7	94	1.84	160.96	0.468
8	94	1.84	154.52	0.423
9	94	1.84	149.26	0.389
10	94	1.84	144.85	0.363

valutazione della domanda di resistenza a liquefazione (CSR)

Per la valutazione della variabile CSR è stato fatto riferimento al metodo proposto da Seed e Idriss nel 1971, secondo la quale il parametro CSR è definito dalla seguente espressione:

$$CSR = 0.65 * (a_{max}/g) * (\sigma_v/\sigma'_v) * r_d$$

dove:

a_{max} : accelerazione orizzontale di picco prodotta dal terremoto in superficie (1.807m/sec²);

g : accelerazione di gravità (9.81m/sec²);

σ_v = tensione verticale litostatica totale;

σ'_v = tensione verticale litostatica efficace;

r_d = coefficiente di riduzione delle tensioni, espresso per profondità dal piano di campagna $z \leq 9.15\text{m}$ da $r_d = 1 - 0.00765 * z$ e per $9.15\text{m} \leq z \leq 23\text{m}$ da $r_d = 1.174 - 0.0267 * z$.

Considerando profondità variabili tra 3 e 10m con intervallo di 1.0m si ottiene:

<i>profondità (m)</i>	<i>r_d</i>	CSR
3	0.977	0.240
4	0.969	0.238
5	0.962	0.236
6	0.954	0.234
7	0.946	0.233
8	0.939	0.231
9	0.931	0.229
10	0.923	0.223

valutazione del fattore MSF

Il fattore MSF che tiene conto della magnitudo del sisma atteso in sito, può essere dedotto dalla seguente relazione, valida per valori di magnitudo $M \leq 7.55$:

$$MSF = (M/7.5)^{-3.3}$$

M costituisce il valore di magnitudo attesa in sito per tempi di ritorno di 50 anni che per l'area in esame risulta 5.68.

Si ottiene pertanto:

$$MSF = (5.68/7.5)^{-3.3} = \mathbf{2.50}$$

Il coefficiente di sicurezza **F1** risulta pertanto:

<i>profondità (m)</i>	<i>CRR</i>	<i>CSR</i>	<i>F1</i>
3	0.376	0.240	3.92
4	0.318	0.238	3.34
5	0.284	0.236	3.01
6	0.261	0.234	2.79
7	0.468	0.233	5.02
8	0.423	0.231	4.58
9	0.389	0.229	4.25
10	0.363	0.223	4.07

Considerando le ipotesi cautelative assunte e visto il valore del fattore di sicurezza ricavato si ritiene bassa la probabilità di insorgenza di fenomeni di liquefazione a seguito di sisma atteso; si esclude pertanto l'individuazione per il sito in oggetto della "zona di suscettibilità a liquefazione – ZSLQ.

Si rimanda infine alla fase di PdC per la stesura della relazione geologica e sismica e della relazione geotecnica, da effettuarsi ai sensi del D.M. del 17 gennaio 2018 e del DPGR n.1/R del 19 gennaio 2022.

Viareggio, 19.03.2026

Dott. Geol. Alessandro Cortopassi



- *area di indagine*

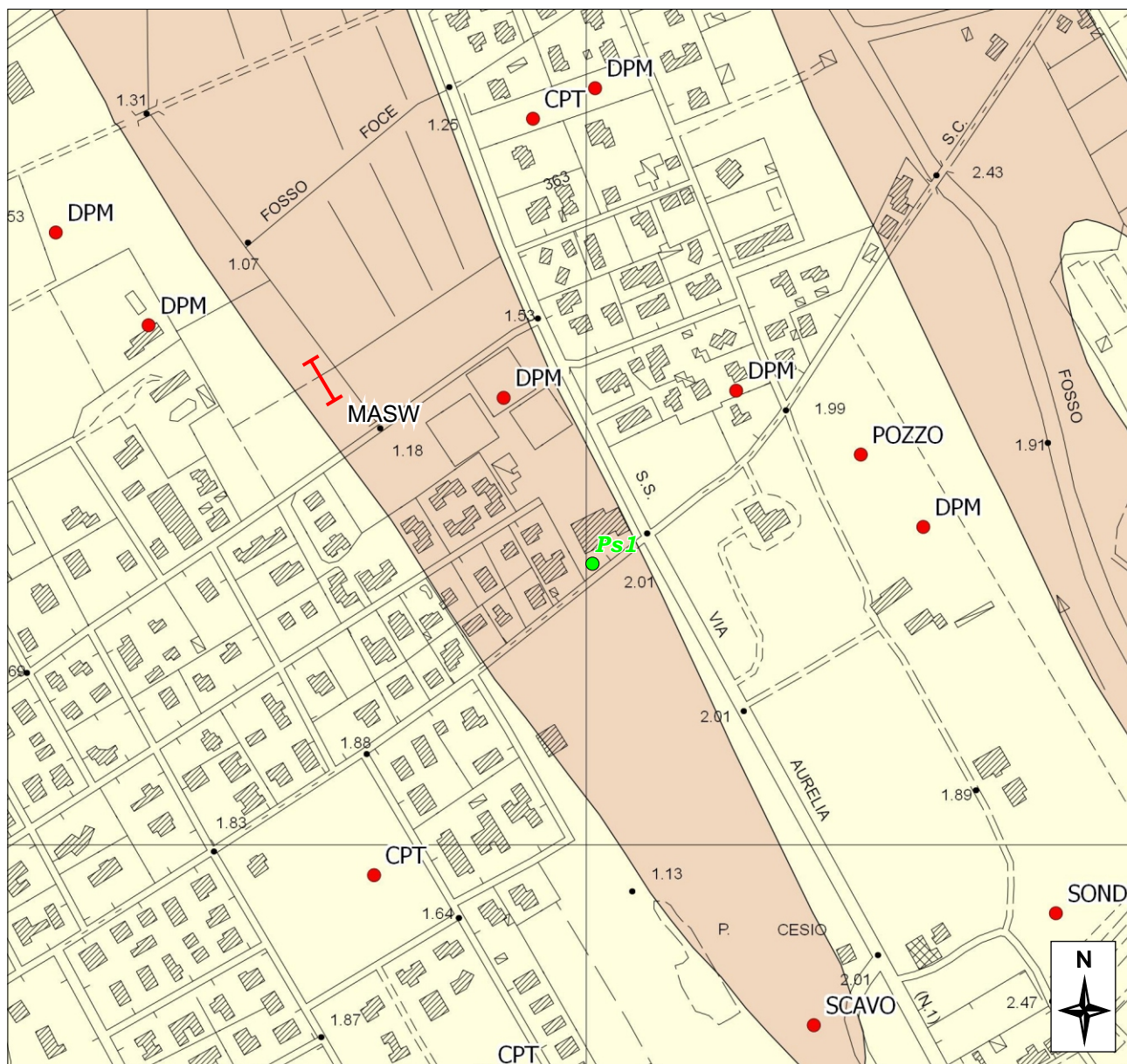


FIG.2 - CARTA GEOLOGICA E DEI DATI DI BASE - scala 1:5000

-  - *p* - depositi palustri e di retroduna: limi e limi sabbiosi con livelli torbosi
-  - *d* - depositi sabbiosi eolici e marini
-  - *s* - depositi sabbiosi di spiaggia attuale
-  - indagini geognostiche di archivio
-  - prova penetrometrica statica CPT
-  - area di indagine

Fig.3 - SEZIONE STRATIGRAFICO TECNICA AA - scala 1:200

- Las - Limo argilloso sabbioso con livelli organici
- Sma1 - sabbia debolmente limosa moderatamente addensata
- Sma2 - sabbia debolmente limosa moderatamente addensata
- Ps - prova penetrometrica statica CPT
- livello medio falda

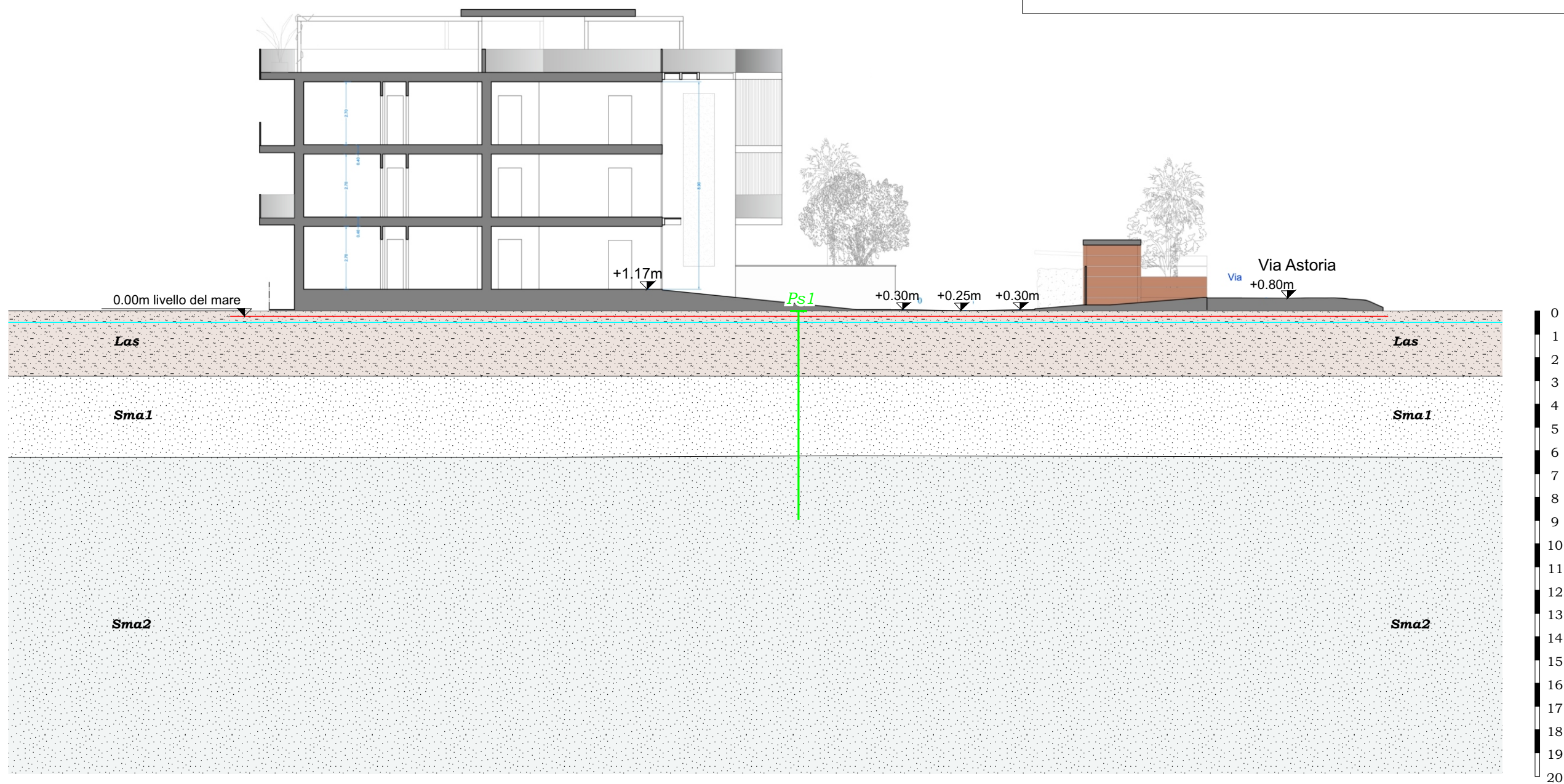
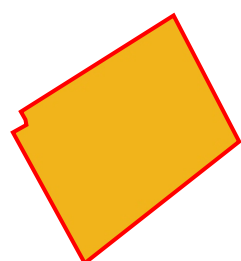




Fig.4 - CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA
ai sensi del DPGR n.5/R del 30 gennaio 2020 - scala 1:1000



- pericolosità geologica elevata **G.3**

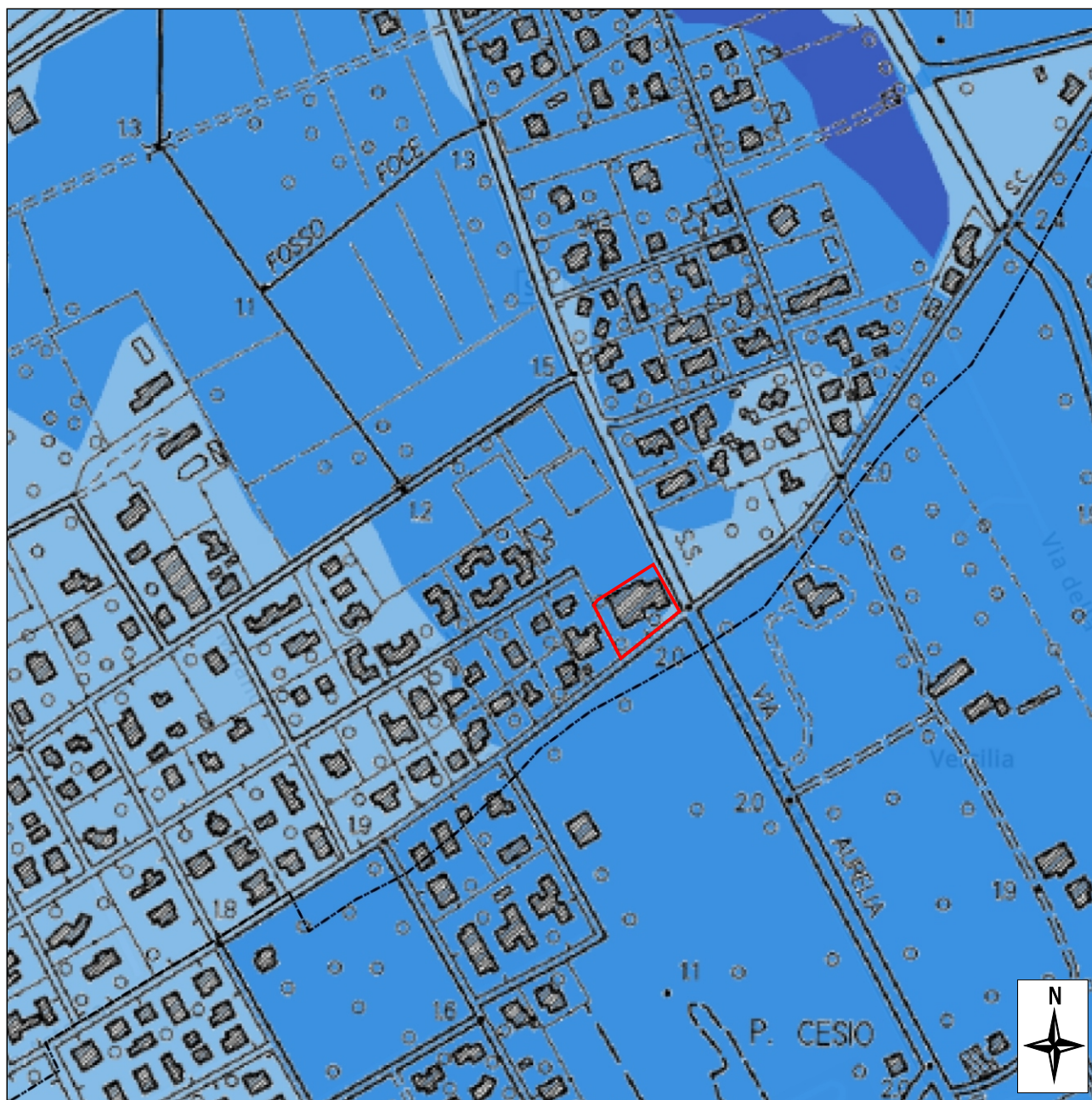


Fig.5 - MAPPE DI PERICOLOSITA'
PGRA DISTRETTO IDROGRAFICO APPENNINO SETTENTRIONALE

- | | |
|---|--|
|  | <i>P1 - pericolosità bassa (alluvioni rare e di estrema intensità)</i> |
|  | <i>P2 - pericolosità media (alluvioni poco frequenti)</i> |
|  | <i>P3 - pericolosità elevata (alluvioni frequenti)</i> |

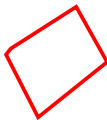
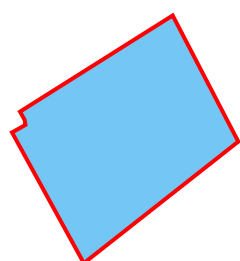
 - area oggetto di indagine



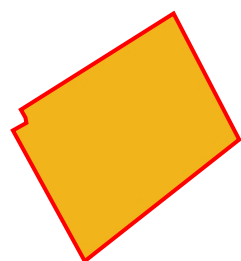
Fig.6 - CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA ALLUVIONE
ai sensi del DPGR n.5/R del 30 gennaio 2020 - scala 1:1000



- pericolosità idraulica media **P2** (aree a pericolosità
da alluvioni poco frequenti)



Fig.7 - CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE
ai sensi del DPGR n.5/R del 30 gennaio 2020 - scala 1:1000



- pericolosità sismica locale elevata **S.3**