

COMUNE DI PIETRASANTA

**PROGETTO UNITARIO CONVENZIONATO (PUC) RELATIVO
ALL'AREA TU-t10 POSTA ALL'INTERNO DELL'UTOE 2B "LA
CITTA' DELLA COSTA" SITA IN VIA DELLE CINQUE GIORNATE,
MARINA DI PIETRASANTA**

RELAZIONE GEOLOGICA IDRAULICA E SISMICA DI FATTIBILITA'

DR. GEOL. ANTONIO FRULLANI

novembre 2025

<u>INDICE</u>	Pag.
1. INTRODUZIONE	3
2. NORMATIVA	3
3. METODOLOGIA DI STUDIO	4
 ELEMENTI PER LA VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI GEOLOGICI	
4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOLOGICO-STRUTTURALE	5
4.1 Lineamenti Strutturali	5
4.2 Lineamenti Geomorfologici	5
4.3. Stratigrafia Generale	6
5. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE	7
6. CARATTERISTICHE GEOLOGICO-TECNICHE	8
7. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE	9
7.1 Valutazioni della Vulnerabilità dell'Acquifero	10
 ELEMENTI PER LA VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI SISMICI	
8. CARATTERISTICHE SISMICHE	11
8.1 Verifica del potenziale di liquefazione	13
9. CARATTERISTICHE IDRAULICHE	16
10. CONDIZIONI DI FATTIBILITA'	17

ALLEGATI

ALL.1 "Corografia"
ALL.2 "Estratto aereo-fotogrammetrico"
ALL.3 "Estratto catastale"
ALL.4 "Stato progetto"
ALL.5 "Carta geologica"
ALL.6 "Carta della pericolosità geologica"
ALL.7 "Carta geolitotecnica"
ALL.8 "Carta idrogeologica"
ALL.9 "Carta della vulnerabilità dell'acquifero"
ALL.10 "Carta delle frequenze"
ALL.11 "Carta delle MOPS"
ALL.12 "Carta della pericolosità sismica locale"
ALL.13 "Carta della pericolosità da alluvione"
ALL.14 "Carta della magnitudo idraulica"
ALL.15 "Carta dei battenti"
ALL.16 "Carta della velocità della corrente"
ALL.17 "P.G.R.A Mappa della pericolosità da alluvione fluviale e costiera"
ALL.18 "Reticolo idrografico Enti gestori Regione Toscana"
ALL.19 "Ubicazione e risultati delle indagini geognostiche e sismiche"

1. INTRODUZIONE

La presente Relazione riguarda il Progetto Unitario Convenzionato (PUC) relativo all'area TU-t10 posta all'interno dell'UTOE 2B "LA CITTA' DELLA COSTA" sita in via delle Cinque Giornate, Marina di Pietrasanta, Comune di Pietrasanta. L'area è posta al termine della via Cinque Giornate verso NE (**ALL.1 Corografia**).

L'area è costituita da terreni non edificati (**ALL.2 Estratto aereo-fotogrammetrico**) ed è distinta al Catasto del Comune di Pietrasanta, nel foglio n°16 particelle 1246,1257,1259,1260, 1261,1262, (**ALL.3 Estratto catastale**).

L'intervento, secondo quanto disposto dalla SCHEDA NORMA TU-t10 -UTOE 2B "LA CITTA' DELLA COSTA" propone la costruzione di n.2 fabbricati di civile abitazione separati, uno ad un solo piano fuoriterza, l'altro tipo bifamiliare su due piani fuori terra e la realizzazione di ampio parcheggio pubblico. L'intervento prevede la sistemazione urbanistica dell'area, attualmente priva di fabbricati, mediante Progetto Unitario Convenzionato (PUC) (**ALL.4 Stato di Progetto**).

Il Comune di Pietrasanta con deliberazione n.41 del C.C. in data 09/11/2023 ha approvato il Piano Strutturale Comunale ai sensi dell'art.19 della L.R. n.65/2014 e L.R. n.10/2010 contenenti gli Studi Geologici e Sismici, e gli Studi Idraulici ai sensi della L.R. 41/2018, redatti sempre nel rispetto del D.P.G.R. 53/R/2011 ma rivisitati ai sensi del D.P.G.R. n. 5/R/2020 per gli aspetti geomorfologici e idraulici e con la redazione degli studi di Microzonazione Sismica di livello II. Il Piano Operativo, adottato con delibera di C.C. n.78 del 13/12/2021, definisce le condizioni per la gestione delle nuove trasformazioni urbanistiche, in coerenza con i contenuti del Piano Strutturale. La trasformabilità del territorio è strettamente legata alle situazioni di pericolosità e di criticità rispetto agli specifici fenomeni geologici, sismici e idraulici che le generano. Lo studio di fattibilità ha quindi lo scopo di definire le condizioni per la realizzazione degli interventi ammessi secondo la SCHEDA NORMA TU-t10 -UTOE 2B "LA CITTA' DELLA COSTA" in funzione degli scenari di pericolosità geologica, idraulica e sismica definiti dal Piano Strutturale. Di conseguenza per il presente PUC son stati ripresi questi ultimi approfondimenti integrandoli, dove è stato possibile, con ulteriori dati disponibili al fine di meglio individuare le condizioni di fattibilità per gli aspetti geologici, il rischio da alluvioni, le problematiche idrogeologiche e gli aspetti sismici del progetto urbanistico.

2. NORMATIVA

Lo studio rientra in quanto previsto principalmente da:

- D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni
- Circolare 21 gennaio 2019 n.7 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni"

- Decreto del Presidente Giunta Regionale 30 gennaio 2020 n. 5/R (Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre 2014 n. 65 in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche)
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20.3.2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica
- Allegato al voto n.36 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici del 27.07.2007 “Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale”
- Eurocodice 8, Parte 5: Fondazioni, Strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (1998)
- Eurocodice 7.1, 7.2, 7.3 – Progettazione geotecnica – Parte I Regole generali (1997); Parte II Progettazione prove di laboratorio e prove in situ (2002)
- Deliberazione G.R. Toscana n. 878 del 08.10.2012 “Aggiornamento della Classificazione sismica regionale” in attuazione OPCM 3519/2006
- L.R.41/2018 “Disposizioni in materia di rischio da alluvioni e tutela dei corsi d’acqua in attuazione del D.Lgs. 23 febbraio 2010 n.49 (attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi da alluvione)
- PS Piano Strutturale del Comune di Pietrasanta
- NTA del PO Piano Operativo del Comune di Pietrasanta
- PGRA (Piano Gestione Rischio Alluvioni) dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Settentrionale – Toscana Nord

3. METODOLOGIA DI STUDIO

Lo studio si è articolato secondo le seguenti fasi:

- acquisizione dei dati geotecnici e sismici disponibili per la zona in esame implementati rispetto alle banche dati esistenti;
- verifica dell’assetto geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico dell’area in studio e di un suo congruo intorno;
- acquisizione dei risultati di prove geognostiche realizzate in situ
- ricostruzione del modello geologico-tecnico dell’area sulla base delle indagini geognostiche di riferimento costituite da:
 - n1 prova penetrometrica statica CPTe;
 - n1 prove penetrometriche dinamiche DM030;
 - n.1 pozzo;
 - n.2 profili di sismica con metodologia MASW;
- verifica dello stato di pericolosità geologica, idraulica e sismica dell’area interessata in funzione delle relative classi di pericolosità attribuite ai sensi del DPGR 5/R/2020;
- individuazione delle condizioni di fattibilità per l’attuazione degli interventi urbanistici previsti in relazione agli aspetti di pericolosità e rischio geologico, sismico e da problematiche idrogeologiche ai sensi del DPGR 5/R/2020.

L’ubicazione di tutte le indagini geognostiche e sismiche presenti nella zona in esame, distinte per tipologia, ed i risultati relativi sono stati riportati nell’**ALL.19 Ubicazione e risultati delle indagini geognostiche e sismiche.**

ELEMENTI PER LA VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI GEOLOGICI

4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOLOGICO-STRUTTURALE

4.1 Lineamenti Strutturali

L'area in esame é inserita nella piana costiera versiliese a circa 900 metri dalla linea di costa. Nelle colline a margine della piana costiera affiora il nucleo autoctono metamorfico delle Apuane che costituisce una "finestra" tettonica, contornata da unità alloctone provenienti sia dallo stesso bacino di sedimentazione (dominio toscano) come le "scaglie parautoctone" e la Falda Toscana, sia provenienti da un bacino di sedimentazione situato più a Ovest (dominio ligure). In particolare sono presenti:

- la formazione delle filladi sericitico-cloritiche con ridotte intercalazioni di quarziti sericitiche ("verrucano s. l.") di età Carnico-Ladinico che fa parte della cosiddetta Zona di Massa (auct.) attribuibile alle "scaglie parautoctone".

- la formazione dei "calcarei cavernosi" di età Norico-Retico che forma la base della "Falda Toscana", costituita da una breccia autoclastica di calcare di colore biancastro, di aspetto cariato, anche con elementi di macigno nella zona di Pietrasanta.

La traslazione da Ovest verso Est delle varie unità ha generato un fenomeno di accavallamento di masse rocciose provenienti da zone paleogeografiche distinte conosciuto come falda di ricoprimento. Successivi fenomeni erosivi o diapirici hanno prodotto squarci nella falda (con la formazione della "finestra" tettonica) attraverso cui affiora il substrato autoctono.

Il margine nord-orientale della piana costiera, al limite dei rilievi collinari, si é formato in seguito all'intensa attività tettonica distensiva che, dal Miocene Superiore in poi, ha interessato l'Appennino Settentrionale ed in particolare la Toscana. Tale tettonica é caratterizzata dall'apertura di ampie fosse delimitate da faglie dirette ad andamento NO-SE di grande rigetto verticale. La fossa corrispondente alla piana apuo-versiliese é morfologicamente evidente solo nel margine a contatto con le Alpi Apuane, mentre sul lato tirrenico le faglie dirette "sbloccano" il substrato in una serie di gradoni ricoperti da depositi marini ed, in misura minore, continentali.

Da circa 80.000 anni (Trasgressione Tirreniana) in poi si sono verificati vari episodi di ingressione marina intercalati a fasi continentali (regressioni) che hanno portato alla deposizione, sui gradoni creati dalla tettonica distensiva, di una complessa serie alluvionale e marina. Il rapido mutamento di clima iniziato con la prima glaciazione Wurmiana e gli intensi movimenti tettonici apuani, hanno prodotto una circolazione idrica superficiale molto intensa con ampi conoidi di deiezione di depositi grossolani in corrispondenza dello sbocco delle valli principali. I conoidi hanno poi cessato la loro crescita durante la fase avanzata dell'ultima trasgressione marina ("Versiliano"), intorno a 5000 anni fa, e sono stati ricoperti, verso la costa, da sabbie marine litorali sulle quali è posta l'area in studio.

4.2 Lineamenti geomorfologici

Facendo riferimento alla Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000 (foglio 104, Pisa), i terreni affioranti sono costituiti da depositi sabbiosi litorali di origine marina eolica (**d2** in

carta) che formano una serie di dune a debolissimo rilievo di età molto recente in quanto posteriori all'epoca imperiale romana. La linea di costa in epoca imperiale era ubicata circa 1,5Km più verso l'interno (grosso modo parallelamente alla linea di costa attuale) secondo quanto è stato possibile stabilire ricostruendone l'andamento in funzione di alcuni reperti archeologici rinvenuti nella pianura apuo-versiliese ed attribuibili a epoca romana (porto di Luni, colonna miliaria lungo il Cinquale a circa 2Km dalla foce, un tratto di selciato a massi poligonali e frantumi di marmo lavorato nell'antichità; in destra del fosso dell'Abate circa 2Km all'interno, un ripostiglio con monete d'argento della famiglia Calpurnia, Junia e Julia, fondazioni di mura ed un sepolcro con monete di età imperiale). Nel medio evo la linea di costa si trovava a circa 1Km dalla spiaggia attuale (Forte di Motrone, antica torre di Viareggio). Da quel periodo in avanti si sono venuti formando una serie di cordoni dunali, con lagune costiere retrostanti, che si sono progressivamente spostati fino a raggiungere il presente assetto.

L'area immediatamente retrostante è stata riempita dalle alluvioni dei torrenti apuani che hanno depositato limi, argille con materiale organico (torbe) ed ancora più a monte sedimenti grossolani (ghiaie) che costituiscono i suddetti conoidi. E' possibile che i materiali fini siano in parte anche depositi di colmata del fiume Versilia che nel '700 è stato deviato per bonificare l'area.

La quota assoluta è di circa 1,60m sul livello del mare.

4.3. Stratigrafia Generale

La stratigrafia generale è stata realizzata attraverso l'interpretazione di stratigrafie di pozzi per acqua. I litotipi presenti corrispondono ad alcuni degli elementi della sequenza generale della piana versiliese, a partire dalla Trasgressione Tirreniana, fino a tutto l'Olocene (il cui inizio è fatto corrispondere, nell'area, alla Trasgressione Versiliana, datata a circa 8000 anni fa) per giungere alla situazione attuale. La successione stratigrafica generale della zona è, in linea di massima, la seguente dal basso verso l'alto:

- 1) ciottoli e ghiaie intercalati a livelli di limi e argille (Pleistocene Superiore) corrispondenti ai conoidi di deiezione dei torrenti apuani, molto attivi durante la regressione post-Tirreniana (Wurm I); oltre i 33-35m di profondità
- 2) conglomerato a cemento carbonatico, posto generalmente a tetto delle ghiaie di conoide od al tetto delle sabbie marine soprastanti, localmente chiamato "calcestruzzo"; da 30-32 a 33-35m di profondità
- 3) argille plastiche di colore beige; da 28-30 a 30-32m di profondità
- 4) sabbie e sabbie debolmente limose; da 8-10 a 28-30m di profondità
- 5) dune antiche; sabbie eoliche con frazione limosa più o meno abbondante e rari ciottoli sparsi; da 4 a 8-10m di profondità
- 6) dune attuali e recenti; sabbie eoliche presenti nella fascia più litorale; da 0 a 4m di profondità.
- 7) depositi palustri: limi ed argille con torba generatisi in corrispondenza delle lame d'acqua retrodunali

I depositi sopra descritti sono il risultato del trasporto del fiume Magra, del sistema Arno-Serchio e dei torrenti apuani, sia direttamente (nelle fasi regressive) che attraverso la rideposizione marina (correnti) e/o eolica. Il meccanismo di crescita si è realizzato nella

successione di ampi cordoni dunali che delimitavano, all'interno, zone depresse (ambienti lagunari-palustri) colmate da depositi continentali; il limite lato monte (NE) di tali zone era costituita dall'"unghia" dei conoidi di deiezione.

L'area interessata dal Progetto in esame è costituita da depositi palustri fini limo-argillosi con torba e principalmente dalle sabbie eoliche di dune recenti. Sono sabbie fossilifere eoliche di colore grigio-marroncino a grana da fine a media (0,125 - 0,5mm), subangolari; tali sabbie sono riferibili in parte a quelle provenienti dal bacino del fiume Magra, per la presenza di granuli di rocce ofiolitiche s.l. che affiorano per notevoli estensioni nel bacino del fiume Vara, tributario di destra del fiume Magra. Sono presenti anche sottili intercalazioni di sabbie debolmente limose, mentre si incontrano rari ciottoli sparsi appiattiti di rilavorazione marina.

5. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE

Per quanto riguarda la geologia di superficie, i depositi affioranti in un ampio intorno della zona interessata sono cartografati e distinti nell'**ALL.5 "Carta geologica"** (estratta dagli elaborati a supporto del PS) e sono rappresentati parte da Depositi eolici e parte da Depositi palustri,) e parte da

- Depositi eolici. Sabbie di dune costiere, Olocene, generati dalla dinamica marina ed eolica

- Depositi palustri. Argille elimi con torba, Olocene

I Depositi palustri si sono originati in corrispondenza delle lame d'acqua retrodunali e per l'attività congiunta dei canali che drenavano le acque superficiali.

L'area interessata è quindi caratterizzata, in superficie, parte da terreni alluvionali palustri fini e parte da sabbie eoliche di dune costiere.

Essa non risulta interessata dall'evoluzione di alcun processo geomorfologico significativo.

La cartografia del Progetto di PAI (Piano Assetto Idrogeologico) "dissesti geomorfologici" dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale-Toscana Nord (adottato con Del. Conf. Istituz. Perm. n.28 del 21/1/2022) inerente la perimetrazione delle aree con pericolosità da frana e da dissesti di natura geomorfologica, non include la zona in esame in alcuna delle perimetrazioni di pericolosità.

Per quanto riguarda la pericolosità geologica, negli elaborati del PS approvato ai sensi del DPGR 5/R/2020, per gli aspetti geomorfologici (vedi estratto riportato nell'**ALL.6 "Carta della pericolosità geologica"**), l'area in oggetto è definita:

- parte a *pericolosità geologica media* "**G.2**" in quanto a *pericolosità geolitotecnica media* "**G.2lt**" essendo caratterizzata da "*Situazioni geologico-tecniche apparentemente stabili, sulle quali permangono dubbi sulle capacità portanti e valutazione dei cedimenti che potranno essere chiariti a livello d'indagine geognostica di supporto alla progettazione edilizia*"

- parte a *pericolosità geologica elevata* "**G.3**" in quanto a *pericolosità geolitotecnica elevata* "**G.3lt**" essendo corrispondente a "*Aree che potrebbero essere suscettibili di*"

cedimenti sotto carichi concentrati od anche a seguito di forti emungimenti e conseguenti depressioni della falda freatica. Aree con terreni di scadenti caratteristiche geotecniche

Secondo la Scheda Norma relativa, a scopo cautelativo, su tutto il comparto è adottata una pericolosità “G.3” equivalente a G.3lt: pericolosità da liquefazione e pericolosità per subsidenza.

6. CARATTERISTICHE GEOLOGICO-TECNICHE

Nel quadro conoscitivo di riferimento degli aspetti geologici a supporto del PS approvato è presente anche la “**Carta Geolitotecnica**”, di cui riportiamo un estratto nell’**ALL.7**, dove si mette in evidenza che i terreni affioranti nell’area in esame sono rappresentati da *Rocce Incoerenti*:

parte - t - *Depositi torbosi lacustri a bassa portanza, scarsamente addensati talora con lenti di materia organica*

parte – s - *Depositi sabbiosi di diverse granulometrie, da mediamente a molto addensati, talvolta intercalati da livelli di limo e sabbie limose.*

L’area in studio è quindi caratterizzata, in superficie, parte da terreni alluvionali palustri fini e parte da sabbie eoliche.

I depositi palustri si sono originati in corrispondenza delle lame d’acqua retrodunali per l’attività congiunta dei piccoli torrenti che drenavano le acque delle alture collinari prospicienti.

Le sabbie sono eoliche di dune costiere.

La ricostruzione della successione litostratigrafica del sottosuolo nell’area interessata è stata basata sulla correlazione dei risultati di alcune indagini geognostiche di riferimento eseguite nell’area in esame ed in particolare:

- n.1 prova penetrometrica dinamica media DM030
- n.1 prova penetrometrica statica CPT
- n.1 pozzo

Le correlazioni litostratigrafiche hanno consentito di definire con buona attendibilità il contesto geologico del sottosuolo, **a parte la porzione più superficiale dove, per una certa fascia, potrebbero essere presenti terreni fini argillosi con torba.** Il modello geotecnico del terreno proposto é il seguente:

<u>dal p.c. a 1,10 m sabbia sciolta</u>	
peso specifico naturale	1650 Kg/mc
peso specifico efficace	650 Kg/mc
angolo di attrito	32°
densità relativa	38%
coeff. compressibilità volumetrica	0.03 cmq/Kg

-in alternativa nella fascia superficiale argillosa con torba –

dal p.c. a -1,10-1,80m argilla tenera con torba

peso specifico naturale	1670 Kg/mc
peso specifico efficace	846 Kg/mc
coesione U	0.25 Kg/cm ²
coeff. compressibilità volumetrica	0.04 cm ² /Kg

da 1,10-1,80 a 8,90 m sabbie mediamente addensate, medio-fini, debolmente limose con intercalazioni di limo sabbioso

peso specifico naturale	1800 Kg/mc
peso specifico efficace	800 Kg/mc
angolo di attrito	34°
densità relativa	46%
coeff. compressibilità volumetrica	0.014 cm ² /Kg

Le sabbie, riferibili in parte a quelle del bacino del Magra (presenza di granuli di rocce ofiolitiche) e in parte a quelle provenienti dai bacini Arno-Serchio e dei torrenti apuani, hanno subito una rideposizione marina (correnti) e/o eolica (venti dominanti); lo stato di addensamento è variabile ma tende ad aumentare con la profondità. Le sabbie (più o meno limose) continuano in profondità fino a circa 20m dal p.c. secondo la stratigrafia del pozzo realizzato presso il vicino campo M. Pedonese di Marina di Pietrasanta:

dal p.c. a - 20,00m sabbia (anche con ghiaiotoli)

da 20,00 fino a - 37,00m ghiaia e argilla

7. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Il livello della falda attualmente è posto a -1,0m dal p.c. La relativa permeabilità delle sabbie e la variabilità atmosferica della regione fanno sì che la superficie piezometrica possa variare di livello in modo significativo: le oscillazioni stagionali medie sono di 0,50-1,20m con possibilità di avvicinarsi al piano campagna in occasione di eventi meteorici molto intensi e prolungati. Nel mese di settembre è possibile che la superficie di falda si trovi sotto il livello del mare

La falda freatica è ricaricata in gran parte per via meteorica, anche se è presente il contributo dai conoidi di deiezione dell'area di Pietrasanta. Gli studi idrogeologici realizzati nella zona individuano linee di flusso a debolissimo gradiente con direzione NNE-SSO che dalla parte interna della piana costiera, si dirigono verso l'area retrodunale leggermente depressa dove è posta grossomodo l'area in studio.

Qualora vengano realizzati locali interrati sarà necessario controbilanciare la sottospinta idraulica sulla platea di fondazione, tenendo conto anche delle variazioni di livello della superficie piezometrica e del diverso incastro della fondazione, in modo che sia sempre verificata la seguente condizione:

☐☐☐☐☐☐☐☐

dove: ☐☐☐ carico d'esercizio

☐☐☐☐ peso di volume dell'acqua

□□□ = altezza della superficie piezometrica rispetto al piano posa fondazione

Per deprimere la falda in modo tale da poter realizzare lo scavo per gli eventuali locali interrati potrà essere usato un sistema tipo "well points". Il cono di depressione della falda acquifera generato dal sistema non dovrebbe creare problemi agli edifici limitrofi di altra proprietà: qualora questo accada sarà compito della D.LL. intervenire prontamente.

La permeabilità delle sabbie eoliche è stata misurata mediante una prova di permeabilità "globale" realizzata emungendo acqua da un foro piezometrico profondo 5m;. Si è proceduto ad estrarre acqua fino a che il livello della superficie piezometrica si è stabilizzato nel foro di sondaggio e nei piezometri adiacenti. Misurando poi la portata stabilizzata ed il livello della piezometrica nei due piezometri, è stato ricavato il coefficiente di permeabilità (K) applicando la seguente formula:

$$k = \frac{q}{\ln r_2/r_1} \frac{1}{(h_2^2 - h_1^2)}$$

dove :

q = portata stabilizzata

r1, r2 = distanza dei due piezometri dal foro di sondaggio

h1, h2 = livello della piezometrica a portata stabilizzata nei due piezometri rispetto alla quota di fondo del tubo finestrato

Il coefficiente di permeabilità K calcolato è = $4,89 \times 10^{-3}$ cm/s, medio secondo la classificazione di Casagrande e Fadum.

Nella “**Carta idrogeologica**” dell’ALL.8 estratta dagli elaborati di supporto al PS, sono individuati, in un intorno significativo della zona in esame, i punti relativi alla risorsa idrica e le unità idrogeologiche distinte in funzione della permeabilità dei terreni. L’area in esame è contraddistinta parte dall’unità PPam – “**Depositi permeabili per porosità**” (Alta-Media) riferibili alle sabbie eoliche parte dall’unità PPB/i – “**Depositi permeabili per porosità**” (bassa – impermeabili) riferibili alle argille torbose palustri.

7.1 Valutazioni della vulnerabilità dell’acquifero

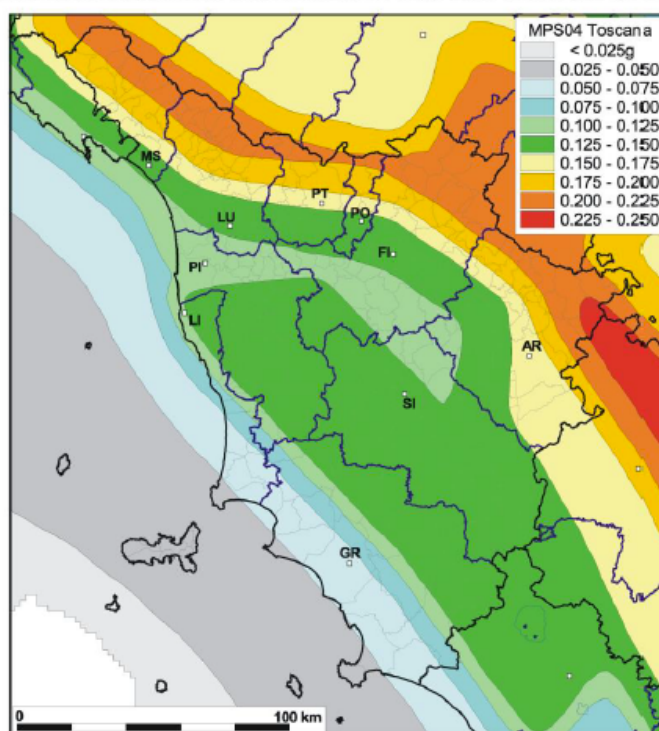
Per la stima del grado di vulnerabilità degli acquiferi è stato fatto riferimento a quanto riportato nella *Relazione sugli aspetti geologici e sismici* e nella “Carta della vulnerabilità dell’acquifero Tav.G.12” del Piano Strutturale. Nella “**Carta della vulnerabilità dell’acquifero**” dell’ALL.9 è presentato un estratto della carta di cui sopra che riporta la stima effettuata per le aree di pianura con il metodo parametrico SINTACS che prende in considerazione 7 parametri per l’elaborazione del modello. Senza entrare nel dettaglio di tale approccio, molto approfondito, l’area in studio ricade nel grado di vulnerabilità **E elevata - per le argille con torba e M media – per le sabbie eoliche** per cui sono previste alcune limitazioni in particolare per impianti e/o attività inquinanti che però non rientrano assolutamente nelle previsioni del Piano Unitario Convenzionato.

ELEMENTI PER LA VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI SISMICI

8. CARATTERISTICHE SISMICHE

Nella classificazione sismica della Regione Toscana (DGRT n.421 del 26/05/2014) il territorio comunale di Pietrasanta si colloca in zona sismica 3 (pericolosità sismica bassa che può essere soggetta a scuotimenti modesti) caratterizzata da accelerazione orizzontale massima convenzionale (ag) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico di 0,120-0,150g.

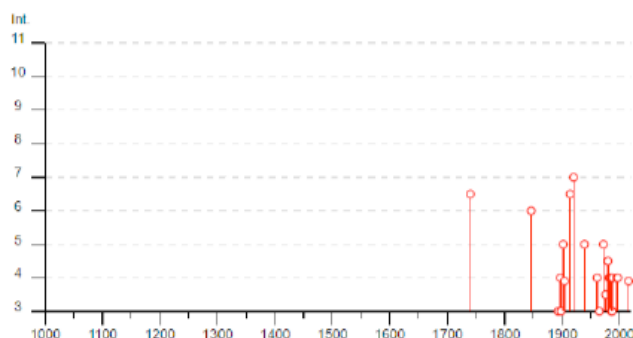
Mappa di pericolosità sismica (MPS) della Toscana (mappa mediana al 50° percentile).
I valori di accelerazione sono riferiti ad un tempo di ritorno pari a 475 anni (INGV, 2004)



La storia della sismicità del Comune di Pietrasanta è stata ricostruita facendo riferimento al Database Macrosismico Italiano DBMI15 v3.0 che fornisce un gruppo omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nell'intervallo temporale 1000-2019. Nella tabella seguente sono elencati i maggiori eventi registrati, con indicate la data (anno, mese, giorno, ora, minuto) e la magnitudo momento (Mw).

Pietrasanta

PlaceID IT_43756
 Coordinate (lat, lon) 43.957, 10.233
 Comune (ISTAT 2015) Pietrasanta
 Provincia Lucca
 Regione Toscana
 Numero di eventi riportati 31



Per la valutazione degli aspetti sismici dell'area in esame abbiamo fatto riferimento allo studio di microzonazione sismica MSII a supporto del PS e ad alcune indagini geofisiche (una realizzata in loco) costituite da n.2 profili sismici con metodologia MASW. Poiché le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni sono chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II delle NTC 2018, 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 V_s .

La ricostruzione sismostratigrafica effettuata mediante specifiche prospezioni di sismica MASW e HVSr, ha permesso di ricavare il modello medio di distribuzione delle velocità delle onde S nel sottosuolo. E' stato così possibile definire il parametro V_{seq} , che rappresenta la velocità equivalente delle onde sismiche di tipo S. Poiché la profondità del substrato con V_s non inferiore a 800 m/s è superiore a 30 m, la velocità equivalente di propagazione delle onde S di taglio $V_{s,eq}$ è definita mediante il parametro V_{s30} , ottenuto ponendo la profondità del substrato $H = 30$ m (par. 3.2.2 NTC).

Utilizzando la formula $V_{s,eq} = H / \sum_{i=1,N} h_i / V_{si}$ (dove h_i e V_{si} indicano rispettivamente lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori per $H = 30$)

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

si sono ottenuti i seguenti risultati:

- rilievo MASW realizzato in sito: V_{seq} a piano campagna = **265 m/s**
- rilievo MASW realizzato nelle immediate vicinanze: V_{seq} a piano campagna = **224 m/s**

Secondo quanto stabilisce il D.M. 17/01/18, i risultati dei rilievi sismici indicano i seguenti profili stratigrafici del terreno di fondazione del sito (par. 3.2.2):

- sismica MASW: Cat. C "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati con profondità del substrato superiori a 30m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente $>180 < 360$ m/s".

Le classi di cui sopra sono riportate nella seguente tabella (NTC 2018):

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>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.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>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.</i>
D	<i>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.</i>
E	<i>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.</i>

Come risulta evidente, la velocità delle onde S, per le due prove rientra coerentemente nel sottosuolo di categoria C.

Lo Studio di microzonazione sismica MS I a supporto del PS, realizzato sulla base dei criteri degli ICMS nazionali e delle specifiche regionali di cui al DGRT 144/2015, ha permesso di redarre una cartografia dove sono rappresentate le misurazioni di frequenza ed ampiezza acquisite presso le stazioni di rilevazione HVSR ed una cartografia di sintesi delle microzone omogenee in prospettiva sismica. In tale studio, la stazione HVSR più vicina presenta un valore di FO pari a 1,4, Vs compresa tra 200 – 400 m/s, FH_a (0.1-0.5s) = 1,1-1,2,. Un estratto di tali elaborati relativi all'area in esame viene riportato nell'**ALL.10 “Carta delle frequenze”** dove essa risulta inserita nella classe FO 1,0 – 2,5 e nella classe AO 3,0-5,0, e nell'**ALL.11 “Carta delle MOPS”**. Nella cartografia MOPS l'area in esame è stata individuata come: *Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali* ed identificata come Zona 12 e Zona 13 (Aree di pianura) corrispondenti alla specifica sezione stratigrafica tipo ivi riportata e suscettibile alla liquefazione.

La pericolosità sismica locale dell'area è stata quindi ricondotta ad una classe elevata S.3 in quanto zona suscettibile di liquefazione. L'estratto cartografico relativo alla pericolosità sismica locale della zona in esame è riportato nell'**ALL.12 “Carta della pericolosità sismica locale”**.

8.1 Verifica del potenziale di liquefazione

Per quanto riguarda la valutazione della potenzialità di liquefazione dei terreni facciamo presente che il potenziale di liquefazione prodotto per tensioni cicliche derivate da un evento tellurico, nasce dall'istantaneo incremento di pressioni neutre sottoposte all'accelerazione sismica che possono comportare il totale annullamento delle pressioni effettive intergranulari, determinando il completo decadimento della resistenza tangenziale di un terreno a comportamento esclusivamente granulare. Perché ciò possa accadere occorre che il sedimento non sia dotato di coesione e che il drenaggio non sia talmente rapido da avvenire

istantaneamente; per tali motivazioni, soltanto i depositi fini monogranulari saturi e non addensati, risultano soggetti a tale tipo di rischio.

A scopo esemplificativo è stato applicato il metodo semplificato di Seed e collaboratori (1982-1986) sviluppato presso l'Università della California, Berkeley, per una verifica alla liquefazione indicativa. Il metodo, basato su di una procedura semiempirica, si fonda su un'estesa raccolta di dati relativi al comportamento di siti sabbiosi nel corso di precedenti terremoti. Ciascun dato consiste in tre tipi di informazione:

- caratterizzazione del sisma mediante Magnitudo e a_{max} accelerazione massima superficiale
- caratterizzazione del terreno: caratteristiche granulometriche e di addensamento derivate da N SPT
- evidenze delle conseguenze del sisma in base alle quali il sito è classificato come “liquefatto” o “non liquefatto”

La correlazione tra l'insieme dei dati suddetti è stata verificata dagli Autori per terremoti di magnitudo Richter $M = 7,5$ e sabbie pulite (fine <5%); in particolare è stato correlato il rapporto di sforzo ciclico τ / σ'_v (CRR) con N SPT dove:

- τ / σ'_v esprime le sollecitazioni di taglio generate dal sisma mediante la massima accelerazione attesa in superficie con τ (CSR) = sforzo di taglio ciclico e σ'_v = pressione verticale efficace

- N SPT corretto mediante il coefficiente C_n funzione della pressione verticale efficace (o pressione efficace di confinamento)

Tale correlazione ha permesso di tracciare una curva limite che separa i domini tra “liquefazione” e “non liquefazione”.

Introducendo un fattore correttivo derivato da prove cicliche di laboratorio e basato sul diverso numero di cicli significativi equivalenti del moto del terreno che corrisponde mediamente a magnitudo diverse, sono state tracciate curve limite anche per terremoti con magnitudo da 5,3 a 8,5, ampliando quindi (secondo gli Autori) il campo di riferimento del metodo (sottostante

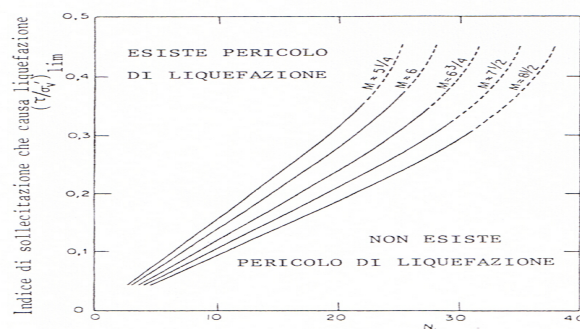


fig.a).

Nella pratica il metodo risulta applicabile disponendo dei dati di prove penetrometriche dinamiche SPT che sono le prove geognostiche dirette più diffuse ed affidabili, in particolare in terreni sabbiosi incoerenti.

Lo sforzo di taglio ciclico CSR è definito da:

$$CSR = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_v}{\sigma_v'} \cdot r_d$$

nella quale:

a_{max} = accelerazione di picco al piano di campagna

g = accelerazione di gravità

σ_v' = tensione totale verticale nel sottosuolo

σ_v = tensione efficace verticale nel sottosuolo

r_d = coefficiente riduttivo dell'azione sismica alla profondità di interesse per tenere in conto la deformabilità del sottosuolo

I valori di r_d variano tra 0,4 e 1 e sono funzione della profondità oltre che delle caratteristiche del deposito; Seed e collaboratori forniscono tale relazione in forma grafica (sottostante fig.b):

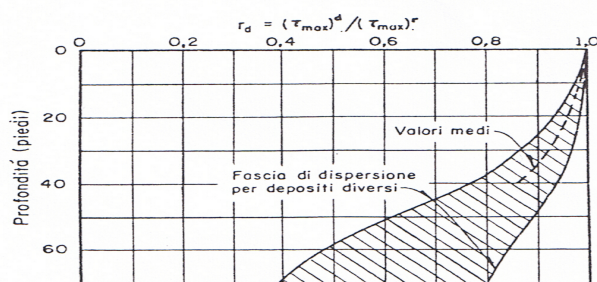


fig.b

Le curve limite della fig.a rappresentano il luogo dei minimi rapporti di sforzo ciclici necessari affinché uno strato sabbioso sia soggetto a liquefazione.

Il metodo di Seed e collaboratori è stato applicato mediante il programma Geo-Tec A prodotto e da Interstudio s.r.l. di Pistoia, numero di serie 1811, in licenza d'uso al sottoscritto. Tale programma, nel caso di dati da prove CPT come quella presente, utilizza la metodologia proposta da Robertson et al. 1983 “STP—CPT Correlations” che correlano le due tipologie di prove con la seguente relazione:

$$(qc/P_a)/N_{60} = 7.735 (D_{50})^{0,28}$$

dove P_a è la pressione atmosferica e D_{50} è la dimensione mediana delle particelle in mm.

Il programma calcola il valore del rapporto tra τ / σ_v' (CRR) e N SPT secondo la Zona sismica di appartenenza ed il valore di magnitudo Richter M scelto e lo confronta in modo automatico con le curve ricavate da Seed e collaboratori. Nella RELAZIONE TECNICA PROVA PENETROMETRICA CPT ALLEGATA, è presentata anche (parte finale) la Tabella “Caratteristiche Sismiche” dove sono riportati anche i seguenti elementi:

- il **Coefficiente 1** che rappresenta il valore corrispondente sulla curva relativa alla magnitudo scelta corrispondente a **CRR** (o resistenza alla liquefazione)
- il **Coefficiente 2** che rappresenta il rapporto di sforzo ciclico corrispondente a **CSR**

Se il rapporto di sforzo ciclico calcolato è maggiore del valore di riferimento sulla curva, ossia è posizionato nel dominio superiore “liquefazione” individuato dalla curva limite (vedi fig.a), esiste il pericolo di liquefazione e ciò viene indicato nella colonna a fianco

(denominata Liquefazione) con sì, viceversa viene indicato no. Nel caso presente si ha liquefazione nel livello di sabbie sotto della fondazione solo per terremoti con $M > 6$: con magnitudo 6 il rapporto **CRR/CSR**, nel livello di sabbie mediamente addensate in falda sotto la fondazione (vedi elaborazione prova CPTe - GEOTEC A INTERSTUDIO- caratteristiche sismiche) è:

$$\frac{\text{CRR}}{\text{CSR}} = \frac{0,4605}{0,1528} = 2,78 \text{ Fs}$$

Tale rapporto rappresenta il Coefficiente di sicurezza alla liquefazione F_s del livello di sabbie mediamente addensate per terremoti di magnitudo M uguale a 6.

Per la valutazione della pericolosità sismica del sito è stato fatto riferimento alla Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica (OPCP n.2374) Rapporto Conclusivo 2004, INGV. Nel Rapporto Conclusivo della Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica 2004, al Capitolo 6. Modalità di parametrizzazione della Sismicità, sono riportati i valori di $M_{\max}$ in funzione della M_w Magnitudo momento definita per ognuna delle zone sismiche in cui è suddiviso il territorio nazionale. In particolare Pietrasanta rientra nella Zona Sismica Versilia-Chianti n.916; considerando $M_{\max 1}$ (“osservata”) calibrata in modo cautelativo sui dati sismologici e geologici disponibili, nella Tabella 6. Valori di $M_{w \max}$ si ha un valore di $M_{w \max 1}$ pari a **$M = 5.68$** . Va ricordato, in ogni caso, che per la Zona Sismica Versilia-Chianti è stato assunto un valore più alto di una classe pur non rientrando nel caso i) del comma a) del paragrafo 6.3 del Rapporto Conclusivo.

Si dimostra quindi, a livello indicativo, che la probabilità di liquefazione per lo strato di sabbia in esame sia molto ridotta in quanto **la magnitudo M che innesca tale processo è stata calcolata > 6** . Sarà in ogni caso necessario realizzare tale verifica in fase esecutiva con prove realizzate in situ.

9. CARATTERISTICHE IDRAULICHE

Il lotto in esame rientra in parte nelle aree perimetrate a Pericolosità Idraulica **P.2** e **P.3** ed in parte non è perimetrato a Pericolosità da alluvione della Tav. I.1 del P.S. (**ALL.13 “Carta della pericolosità da alluvione**). Per quanto si riferisce alla Magnitudo Idraulica rientra in parte nelle aree perimetrate a Magnitudo Idraulica **moderata** e **severa** della Tav. I.2 del P.S. ed in parte non ha Magnitudo Idraulica (**ALL.14 “Carta della magnitudo idraulica**). Per quanto si riferisce alle altezze d’acqua (battenti) rientra in parte in battenti che vanno da $\leq 0.10\text{m}$ a 1.0m della Tav. I.3a del P.S. ed in parte non ha battente (**ALL.15 “Carta dei battenti**). Per quanto si riferisce alla Velocità della corrente in parte presenta velocità della corrente $\leq 0.25 \text{ m/s}$ ed in parte non ha velocità nella Tav. I.4 del P.S. perché non ha battente (**ALL.16 “Carta della Velocità della Corrente**).

Il P.G.R.A. Piano Gestione Rischio Alluvioni dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Settentrionale – Toscana Nord nella *Mappa della Pericolosità da alluvione fluviale e costiera* classifica l’area come **P1 – pericolosità da alluvione bassa** corrispondente ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni e comunque corrispondenti al fondovalle alluvionale (**ALL.17 “Mappa della pericolosità da alluvione fluviale e costiera**). Il P.G.R.A. non ha ancora recepito lo Studio Idrologico Idraulico

specifico per il Piano Strutturale di Pietrasanta. Verrà quindi adottato il criterio più conservativo espresso da Piano Strutturale e Piano Operativo.

Bisogna evidenziare che l'area destinata a superficie fondiaria del presente PUC è al di fuori delle aree perimetrate a pericolosità idraulica secondo quanto stabilito dalla normativa regionale vigente in materia (L.R.41/2018 “Disposizioni in materia di rischio da alluvioni e tutela dei corsi d'acqua in attuazione del D.Lgs. 23 febbraio 2010 n.49).

Nelle immediate vicinanze non è presente alcuna asta idrica del Reticolo Enti Gestori aggiornato della Regione Toscana; il fosso più vicino è posto a distanza di circa 100m dallo spigolo più vicino dell'area fondiaria (**ALL. 18 “Reticolo Idrografico Enti Gestori Regione Toscana**). La circolazione idrica superficiale è costituita dal sistema fognario delle acque bianche, dove presente.

10. CONDIZIONI DI FATTIBILITA'

Le condizioni di fattibilità vengono individuate in funzione delle situazioni di pericolosità e di rischio per gli aspetti geologici, sismici, di rischio da alluvioni ed a problematiche idrogeologiche del territorio in esame e rapportate alla sua destinazione urbanistica ed al tipo di interventi ivi previsti. I dati acquisiti, che sono stati esposti e discussi nei paragrafi precedenti, hanno consentito una verifica del quadro conoscitivo geologico nel rispetto del DPGR 5/R/2020 ed in particolare l'analisi delle caratteristiche geomorfologiche e geotecniche, il supporto degli studi di Microzonazione Sismica e delle verifiche alla liquefazione ha condotto alla conferma delle pericolosità per quanto riguarda gli aspetti geologici (G.2 e G.3), idraulici (P.2, P.3 e nessuna pericolosità) e sismici (S.3).

Ricordiamo ancora una volta che, grazie alla sensibilità del progettista, l'area destinata a superficie fondiaria del presente PUC è stata definita ricercando il minor impatto per quanto riguarda la pericolosità, semplificando quindi le condizioni di fattibilità dei progetti esecutivi. In particolare:

- pericolosità geologica-litotecnica G.3 su tutto il comparto secondo la scheda-norma (a scopo cautelativo) per suscettibilità a liquefazione e possibile subsidenza, benchè la superficie a destinazione fondiaria nel Piano Strutturale risulti a pericolosità geologica-geolitotecnica G.2
- non è classificata tra le aree perimetrate a pericolosità idraulica secondo quanto stabilito dalla normativa regionale vigente in materia
- ha pericolosità sismica S.3 in quanto suscettibile di possibile liquefazione dinamica

Le condizioni di fattibilità per le previsioni urbanistiche del presente PUC risultano quindi essere:

- Fattibilità in relazione agli aspetti geologici: il comparto in esame ricade in pericolosità geologica G.3 in quanto è passibile di liquefazione delle sabbie imbibite d'acqua ed è potenzialmente interessato da fenomeni di subsidenza.

Le condizioni di attuazione sono indicate in funzione delle specifiche indagini da eseguirsi a livello edificatorio, al fine di non modificare negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area. Gli approfondimenti di indagine consistono, anche nel rispetto del D.P.G.R. n.1/R/2022, nell'esecuzione di verifiche geotecniche dirette, volte ad investigare i terreni effettivamente interessati dalle nuove costruzioni, definendo il modello geologico e geotecnico del sottosuolo attraverso la realizzazione di prove geognostiche, eventuali sondaggi e/o analisi di laboratorio delle terre, ecc. Ciò permetterà di valutare lo spessore ed il grado di consistenza o di addensamento dei litotipi presenti, la variazione verticale e laterale delle loro caratteristiche geomeccaniche e la verifica dell'entità dei cedimenti. Deve essere inoltre valutata la necessità di proporre misure di attenuazione del rischio quali accorgimenti tecnico costruttivi particolari e fondazioni speciali.

La relazione geologica e geotecnica dovrà essere corredata da indagini geognostiche di dettaglio eseguite in sito atte a valutare la stratigrafia delle aree oggetto di intervento, dovrà definire dettagliatamente i parametri geotecnici dei diversi litotipi, le caratteristiche della falda e la sua oscillazione, riportare il dimensionamento delle opere di fondazione e la valutazione dei cedimenti a breve e lungo periodo. Le indagini di approfondimento devono essere estese all'ambito geologico-geomorfologico e geotecnico significativo.

Si indicheranno le opere di regimazione delle acque superficiali verificando **l'invarianza idraulica del progetto esecutivo** e, qualora sia necessario, stimare le opere adeguate per mantenere il regime idraulico dell'aria invariato (vedi art.7 – Invarianza idraulica - del Piano Operativo).

Per le opere di emungimento sia temporanee (scavi in falda) che permanenti (pozzi) dovrà essere valutata la compatibilità del prelievo in base agli effetti a lungo termine, in particolare la **possibile subsidenza** nei terreni fluvio-lacustri che interessano parte del comparto: **anche in questo caso l'area destinata a superficie fondiaria è posta al di fuori dei terreni fluvio-lacustri passibili di subsidenza per estrazione d'acqua. Qualora venga realizzato un pozzo per l'annaffiamento delle aiuole di corredo al parcheggio, sui terreni fluvio-lacustri, le portate di emungimento necessarie saranno molto ridotte e l'eventuale effetto di subsidenza praticamente insensibile trattandosi di infrastruttura a rete.**

L'area in studio è caratterizzata da un grado di vulnerabilità degli acquiferi da **media M a E elevata** per cui sono previste alcune limitazioni, in particolare per impianti e/o attività inquinanti: le previsioni del Progetto Unitario Convenzionato non contemplano alcun genere di impianto e/o attività di tal genere per cui non sono da prevedere limitazioni. Si dovrà in ogni caso rispettare quanto previsto dall'art. 5 – La Fragilità degli acquiferi - del Piano Operativo.

- Fattibilità in relazione agli aspetti sismici: il comparto in esame ricade in pericolosità sismica S.3 in quanto zona potenzialmente suscettibile di liquefazione dinamica (sabbie imbibite d'acqua) innescata dal movimento del suolo generato dal sisma. Sarà necessario effettuare una specifica campagna di indagini geofisiche (quali, ad esempio, profili sismici a rifrazione, prove MASW , sismica passiva HVSR) e geognostiche (quali, ad esempio, prove

penetrometriche Statiche e/o Dinamiche) che definiscano spessori, geometrie, granulometrie e **velocità sismica V_s** dei litotipi sepolti per verifiche geotecniche atte a calcolare il fattore di sicurezza relativo alla liquefazione dei terreni. La valutazione dell'azione sismica mediante l'analisi di risposta sismica locale è regolamentata dall'art. 181 della L.R.65/2014 e dal DPGR 1/R/2022, nelle zone caratterizzate da pericolosità sismica S.3 qualora vengano realizzati o ampliati edifici strategici o rilevanti o edifici ricadenti in classe d'indagine 4. Il progetto in esame non rientra in queste categorie e poiché *“le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni sono chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può far riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s (art.3.2.2 NTC 2018) per cui sarà sufficiente una campagna di indagini sismiche che definiscano appunto la velocità equivalente V_{seq} delle onde di taglio S.*

- Fattibilità in relazione agli aspetti idraulici: Il lotto in esame rientra in parte nelle aree perimetrate a Pericolosità Idraulica **P.2** e **P.3** ed in parte non è perimetrato a Pericolosità da alluvione. **Si evidenzia che l'area destinata a superficie fondiaria del presente PUC è al di fuori delle aree perimetrate a pericolosità idraulica** secondo quanto stabilito dalla normativa regionale vigente in materia (L.R.41/2018 “Disposizioni in materia di rischio da alluvioni e tutela dei corsi d'acqua in attuazione del D.Lgs. 23 febbraio 2010 n.49) **per cui l'intervento edilizio in progetto risulta fattibile senza particolari prescrizioni.**

L'area di progetto adibita a parcheggio pubblico è interessata da Pericolosità Idraulica parte **P.2** e parte parte **P.3** e rientra in quanto previsto dall'art. 13- Infrastrutture lineari o a rete - della L.R.41/2018. Il comma 4 di tale articolo prevede al punto b) che nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti P3 o poco frequenti P2 possano essere realizzati

b) parcheggi in superficie, a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, 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;

Sarà quindi necessario in fase esecutiva dimostrare che vengano assicurate le prescrizioni di cui sopra.

Forte dei Marmi, novembre 2025

Dott. Geol. Antonio Frullani