



Città di Empoli

PIANI URBANI INTEGRATI M5C2 - investimento 2.2

Rigenerazione urbana del complesso di Piazza Guido Guerra con realizzazione del Nuovo Teatro Comunale

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO – ECONOMICA

(art. 48, comma 7, D.L. n. 77 del 31 maggio 2021, convertito in L. n. 108 del 29 luglio 2021)

COORDINAMENTO GENERALE

Dirigente Sett. Lavori Pubblici – Ing. Roberta Scardigli
Dirigente Sett. Politiche Terr. – ing. Alessandro Annunziati

PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA

Openlab Company s.r.l. – Arch. Luca Ruzza

PROGETTAZIONE IMPIANTISTICA

GPA Energy s.r.l. – Ing. Matteo Gestri

PROGETTAZIONE VARIANTE URBANISTICA

Arch. Giovanni Parlanti
Arch. Gabriele Banchetti

PROGETTAZIONE INFRASTRUTTURE E SPAZI APERTI

Ing. Sara Malatesti
Ing. Giulia Marconcini
Arch. Simone Scortecci

ANALISI E SUPPORTO URBANISTICO

Arch. Valentina Acquasana
Arch. Martina Gracci
Geol. Monica Salvadori

GARANTE DELL'INFORMAZIONE E DELLA PARTECIPAZIONE

Dott.ssa Romina Falaschi

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Dirigente Sett. Lavori Pubblici – Ing. Roberta Scardigli

A.R 1.1 Relazione di Fattibilità Geologica, Idrogeologica e Idraulica



Sommario

Sommario	2
1. PREMESSA.....	3
2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO DEL SITO IN STUDIO.....	3
3. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO.....	6
4. INQUADRAMENTO SISMICO.....	8
5. INQUADRAMENTO IDRAULICO.....	11
6. FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO	12

1. PREMESSA

Le seguenti note trattano dell'inquadramento geologico, geomorfologico, idrogeologico, idraulico e sismico dell'area in cui si inserisce il progetto di rigenerazione urbana in oggetto ed hanno la finalità di definirne la fattibilità in relazione alle suddette tematiche.

La metodologia di lavoro seguita si è articolata nelle seguenti fasi:

- consultazione degli elaborati geologici, idrogeologici, idraulici e sismici a corredo del Piano Strutturale e Regolamento Urbanistico del Comune di Empoli per elaborare l'inquadramento dell'area di intervento;
- consultazione lavori pregressi in aree contigue e limitrofe e consultazione portale cartografico "Geoscopio" per il reperimento di indagini geognostiche per l'elaborazione del modello concettuale dei terreni;
- consultazione delle carte di pericolosità e rischio idraulico dell'Autorità Distrettuale Appennino Settentrionale per la definizione delle condizioni di fattibilità dell'intervento;
- definizione del piano di indagini a corredo del progetto definitivo/esecutivo.

2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO DEL SITO IN STUDIO

L'area di intervento si colloca nella parte settentrionale del territorio comunale di Empoli, in prossimità del fiume Arno che dista circa 90 metri, ad una quota di circa 27,80 metri s.l.m.. La morfologia dell'area è prevalentemente pianeggiante e completamente urbanizzata.



Figura 1 - Inquadramento dell'Area di intervento

A.R 1.1 Relazione di Fattibilità Geologica, Idrogeologica e Idraulica

Il territorio del Comune di Empoli si sviluppa su terreni geologicamente “recenti”, per la maggior parte depositi alluvionali del F. Arno e dei suoi affluenti che si appoggiano su un substrato di sedimenti marini pliocenici costituiti da un’alternanza di sabbie debolmente cementate e argille grigie plastiche per profondità elevate. I sedimenti alluvionali recenti sono caratterizzati da una granulometria limoso-argillosa o limoso-sabbiosa con spessori variabili di qualche decina di metri.



Figura 2- Estratto PS Comunale - Carta Geologica

L’area di intervento sotto il profilo litologico-tecnico è caratterizzata dalla presenza di sedimenti sciolti con granulometria variabile da fine (argilla) a grossolana (ghiaia) della serie quaternaria attuale e recente. I litotipi incoerenti, sabbiosi e/o ghiaiosi, possono talora presentarsi pseudocoerenti in ragione di un relativo contenuto argilloso o limoso e/o di cementazioni secondarie. I depositi argillosi sono, in genere normalconsolidati, raramente leggermente sovraconsolidati. I livelli limoso-argillosi si presentano potenzialmente compressibili, anche se in misura diversa.

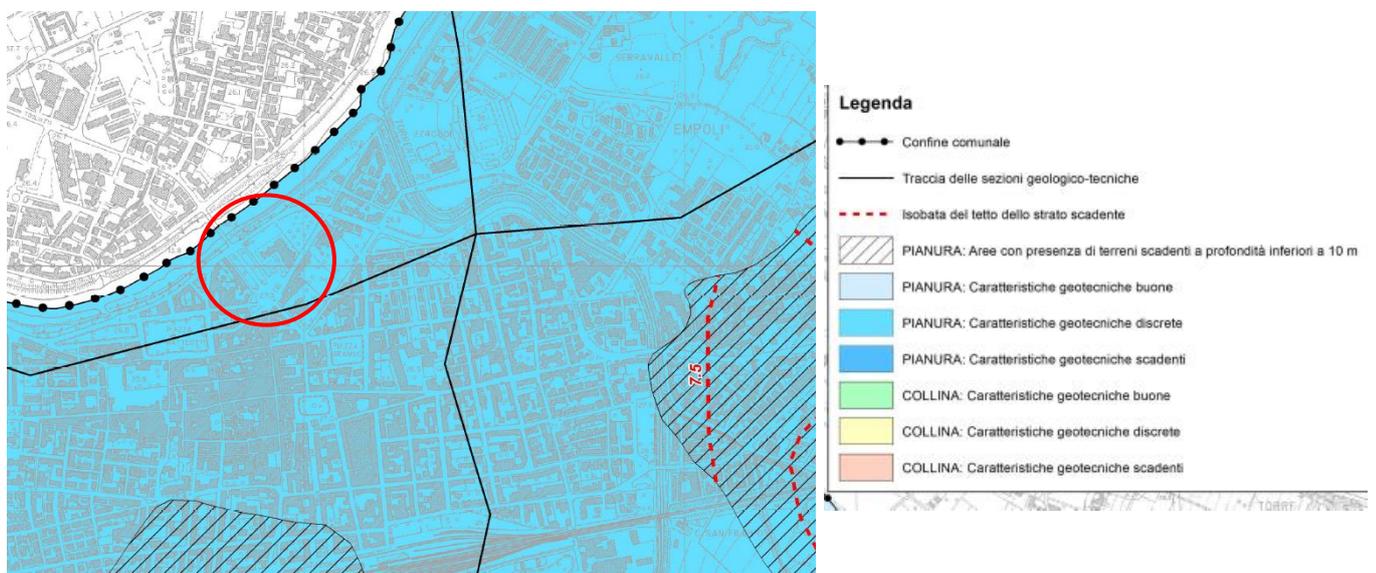
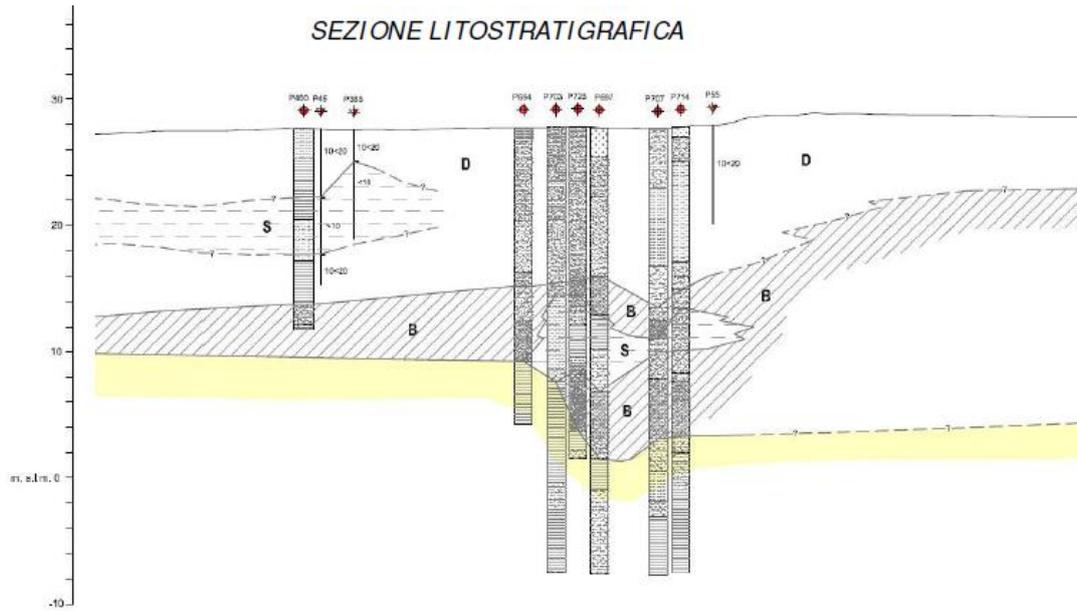


Figura 3- Estratto PS Comunale - Carta di Pericolosità Geologica



STRATIGRAFIA NEI SONDAGGI

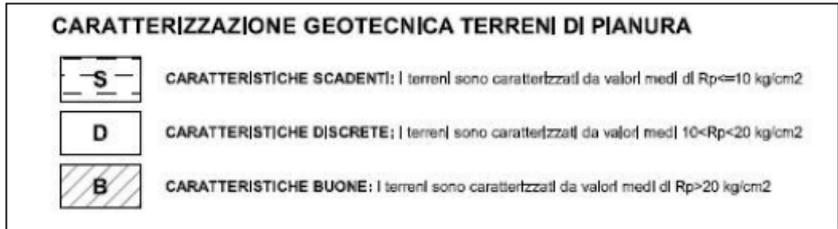
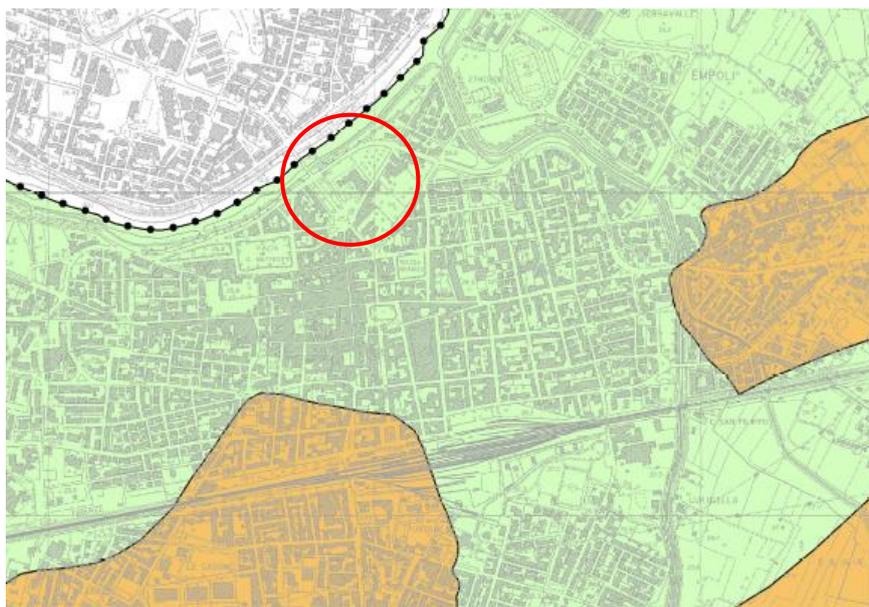


Figura 4- Estratto PS Comunale - Sezione Stratigrafica

Nell’area di studio sono presenti depositi alluvionali che si caratterizzano per “eteropia di facies”, ovvero presenza di contatti orizzontali tra terreni a composizione differente (es. limi argillosi e sabbie limose), che si riflettono sul comportamento geotecnico degli stessi. Come si osserva dalla sezione litostratigrafica sopra esposta, ai diversi litotipi corrispondono caratteristiche geotecniche differenti, variabili da scadenti a buone. In linea generale, nell’area di intervento prevalgono depositi con caratteristiche geotecniche discrete, caratterizzati da valori medi di resistenza alla penetrazione compresi tra $10 < R_p < 20 \text{ kg/cm}^2$.

Dalla carta di Pericolosità Geologica di seguito si evince che l’area è classificata in G2 – pericolosità media con caratteristiche litologiche - geotecniche, giacaturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al verificarsi di processi morfoevolutivi.



LEGENDA:		
 D1	PERICOLOSITA' GEOLOGICA BASSA	Are in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, glaciali non costituiscono fattori propenzioni ai verificarsi di processi morfologici.
 D2	PERICOLOSITA' GEOLOGICA MEDIA	Are in cui sono presenti fenomeni fraini inattesi e stabilizzati (naturalmente e artificialmente), aree con elementi geomorfologici, litologici e glaciali dalla cui evoluzione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 20%.
 D3	PERICOLOSITA' GEOLOGICA ELEVATA	Are in cui sono presenti fenomeni quescenti, aree con indizi di instabilità connessi alla glaciatura, all'attività, alla morfologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da subsidenza; aree caratterizzate da terreni con scendenze caratteristiche geotecniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 20%.
 D4	PERICOLOSITA' GEOLOGICA MOLTO ELEVATA	Are in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza, aree interessate da scotture e da intensi fenomeni erosivi.
	DISCARICA	
	CONFINE COMUNALE	

Figura 5- Estratto PS comunale - Carta Litotecnica

TIPO DI TERRENO	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE
Alluvioni attuali e recenti: <u>argille mediamente compatte normalconsolidate, limi più o meno addensati e sabbie fini sciolte.</u>	Terreni caratterizzati generalmente dalla presenza di strati con Rp compresa tra 10 e 20 kg/cm ² e da intervalli limitati con Rp > 20 kg/cm ² . Queste caratteristiche possono peggiorare o migliorare in funzione dell'incidenza dei livelli con Rp intorno a 10 kg/cm ² su quelli con Rp intorno a 20 kg/cm ² . La resistenza a rottura è variabile da media a bassa mentre la compressibilità è variabile da media ad elevata. Caratteristiche geotecniche SCADENTI .
Alluvioni attuali e recenti: <u>ghiaie, sabbie addensate e livelli di argille anche molto compatte al di sotto dei quali, per profondità comprese entro i primi 5+10 m dal p.c. sono presenti argille molli e limi sciolti.</u>	Terreni superficiali caratterizzati da Rp superiore sempre a 20 kg/cm ² , da elevata resistenza a rottura e da compressibilità scarsa, sovrastanti livelli con caratteristiche geotecniche SCADENTI , caratterizzate da valori di Rp che si mantengono mediamente intorno o inferiori a 10 kg/cm ² e che comportano una bassa resistenza a rottura e compressibilità elevata.

Figura 6- Estratto PS comunale - Scheda delle Caratteristiche litotecniche

3. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO

L'idrografia superficiale dell'area in esame è caratterizzata da un reticolo principale, rappresentato dal F.Arno che defluisce con direzione est-ovest. Il reticolo idrografico, relativamente alla più ampia area d'indagine, è condizionato dalla natura dei litotipi affioranti, permeabili per porosità primaria. Dalla planimetria seguente del Reticolo Idrografico Regionale si evince la presenza ad est del Torrente Orme e a sud dell'area di intervento la presenza del Rio dei Cappuccini completamente tombato.



Figura 7- Estratto da Geoscopia Regione Toscana - Carta del Reticolo Idrografico

Dal punto di vista idrogeologico la piana dell'Arno nella sua parte più a nord è caratterizzata da un sistema di acquiferi che hanno sede nei terreni delle alluvioni attuali e recenti a granulometria grossolana e media (ghiaie e sabbie), affioranti in alcuni settori della pianura. Nella carta idrogeologica le classi di permeabilità individuate sono analoghe a quelle di collina e si riferiscono ai soli terreni affioranti. Gli acquiferi principali sono:

- Acquifero A1 (superiore)

E' essenzialmente un livello sabbioso, localmente ciottoloso, lenticolare e di spessore variabile entro 15 metri dal piano campagna. E' generalmente freatico, ma localmente può assumere caratteristiche di confinamento. L'alimentazione è determinata oltre che dall'infiltrazione diretta della pioggia anche dalla ricarica da parte dei corsi d'acqua (Arno, Orme e rii minori).

A questo acquifero attingono i numerosi pozzi agricoli della pianura ed i pozzi più superficiali delle centrali acquedottistiche di Corniola, Farfalla e Serravalle-Arnovecchio.

- Acquifero A2 (inferiore)

E' l'acquifero principale dell'area studiata, sia per continuità che per spessore. E' legato ad un livello ciottoloso-ghiaioso presente alla base del ciclo sedimentario alluvionale. Il tetto della falda si trova tra i 10 e i 20 metri dal p.c.; lo spessore è estremamente variabile fino ad un massimo di 10 metri. E' separato dall'acquifero A1 da un setto argilloso continuo che ne determina il confinamento. Localmente i due

A.R 1.1 Relazione di Fattibilità Geologica, Idrogeologica e Idraulica

acquiferi vengono a contatto per vie laterali. L'alimentazione è assicurata dalla rete idrografica, dall'infiltrazione diretta di pioggia, dai livelli permeabili dei fianchi delle colline plioceniche quando sono in contatto con il materasso alluvionale. A questo acquifero attingono la maggior parte dei pozzi delle centrali acquedottistiche.

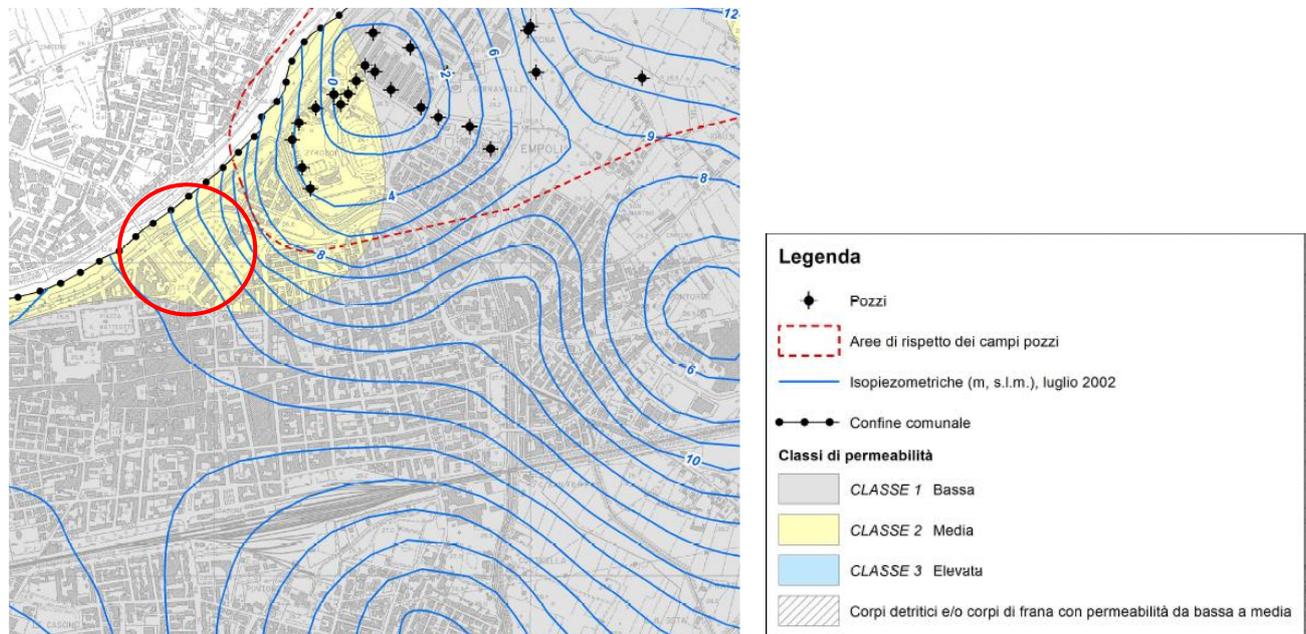


Figura 8- Estratto da PS comunale - Carta Idrogeologica

Tenuto conto del quadro geologico stratigrafico e delle classi di permeabilità attribuibili ai diversi litotipi affioranti, è possibile definire la vulnerabilità per l'acquifero contenuto e/o sottostante tali terreni come appartenente alla Classe 2 – Media, falda acquifera protetta da una copertura limosa e/o argillosa a bassa permeabilità di spessore variabile da pochi metri a qualche decina di metri. Nello specifico dell'area di intervento la falda si attesta intorno ai 13,0 metri dal p.c..

4. INQUADRAMENTO SISMICO

Il territorio comunale di Empoli ricade in Zona 3 di sismicità secondo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274/ 2003, aggiornata con la Deliberazione di G.R. del 19.06.2006, n. 431.

In base ai dati reperibili su terremoti verificatisi nei comuni toscani, la massima intensità macrosismica osservata per il comune di Empoli risulta non superiore alla magnitudo 7.



Figura 9 - Classificazione della Pericolosità Sismica Regionale

Dall'analisi e dalla valutazione integrata di quanto emerge dall'acquisizione delle conoscenze, relative agli elementi esistenti di tipo geologico-litotecnico, geomorfologico e delle indagini geofisiche, geotecniche e geognostiche a supporto del Piano Strutturale e Regolamento Urbanistico vigenti, sono definite le aree ove potenzialmente soggette a effetti locali o di sito (Studio di Microzonazione sismica MOPS). La cartografia tematica prodotta suddivide il territorio esaminato in zone omogenee dal punto di vista litostratigrafico e del comportamento sismico ed individua qualitativamente gli elementi potenzialmente in grado di generare fenomeni di amplificazione locale ed instabilità dinamica.

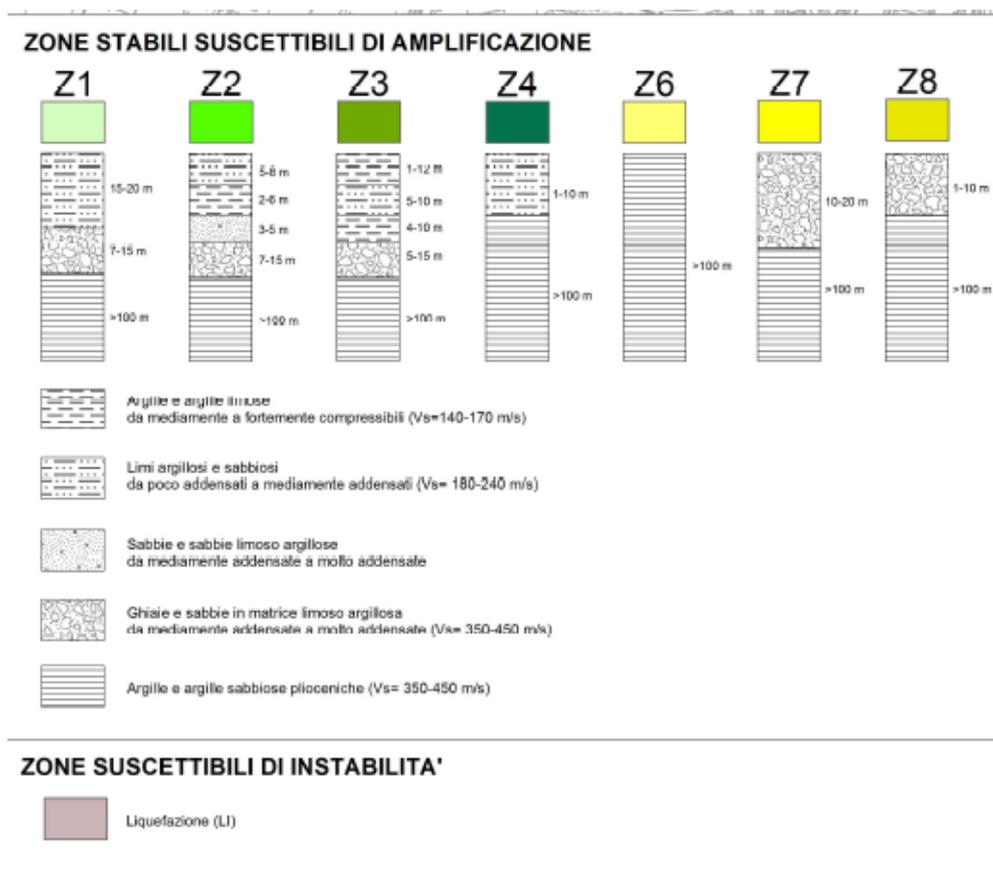
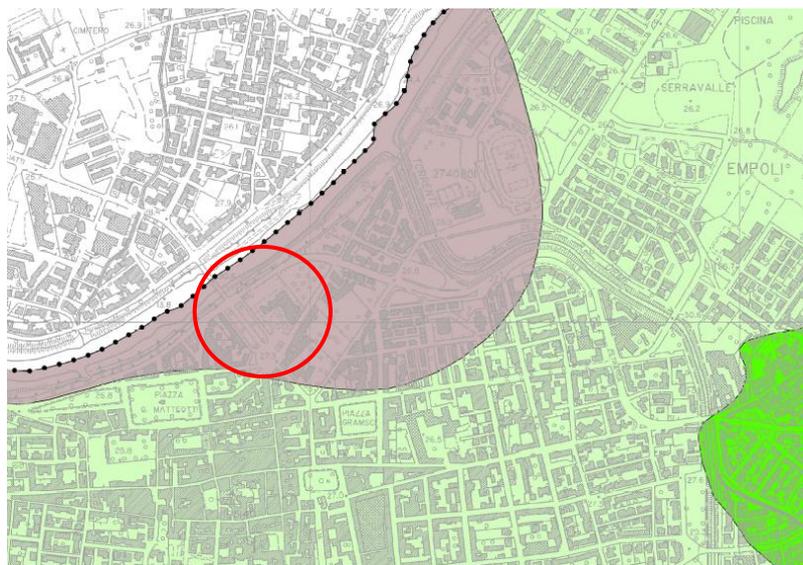


Figura 10- Estratto PS comunale - Studio di Microzonazione Sismica MOPS livello 1

Per valutare la risposta sismica locale, come prescritto nelle D.M. 14/ 01/ 2008 "Norme Tecniche per le costruzioni", è necessario definire la categoria topografica e la categoria di sottosuolo. Dalla consultazione dei lavori citati in premessa, è stato riscontrato che la categoria di sottosuolo sismica (ai sensi della Tab

3.2.2 delle N.T.C. 2008) è la **C**: “Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori della resistenza penetrometrica $15 < N_{spt} < 50$, o coesione non drenata $70 < C_u < 250$ kPa”.

5. INQUADRAMENTO IDRAULICO

Il Comune di Empoli, a supporto del nuovo Regolamento Urbanistico del Comune di Empoli ai sensi del D.P.G.R. n. 53R/2011 della Regione Toscana e in attuazione della L.R. 1/2005, ha fatto eseguire uno studio idrologico-idraulico, finalizzato anche all’aggiornamento della pericolosità idraulica del Piano di Assetto Idrogeologico dell’Autorità di Bacino del Fiume Arno relativamente al proprio territorio. Dalla carta di Pericolosità Idraulica ai sensi del DPGR 53/R l’area di intervento ricade in classe I2 – Pericolosità media Aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $200 < T_r < 500$ anni. Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici idraulici rientrano in classe di pericolosità media le aree di fondovalle per le quali ricorrano le seguenti condizioni:

- a) non vi sono notizie storiche di inondazioni;
- b) sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell’argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

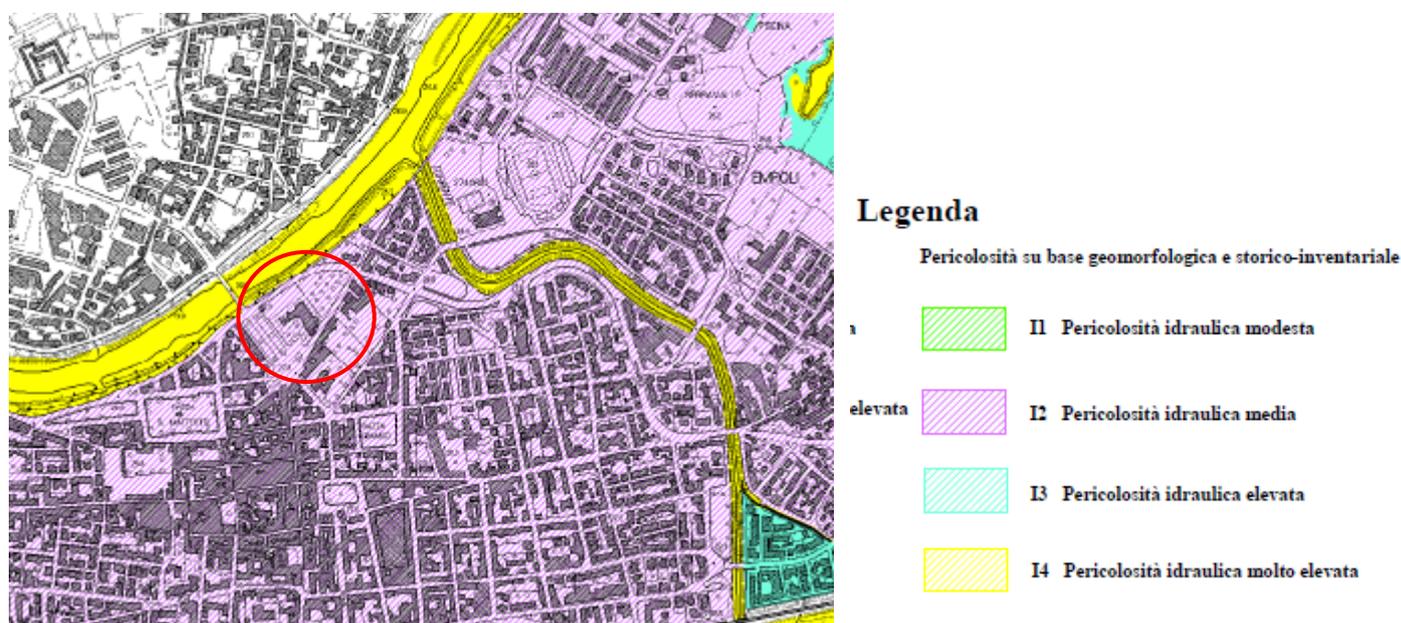


Figura 11- Estratto da PS comunale - Carta della Pericolosità Idraulica ai sensi del DPGR 53/R

Per quanto concerne la cartografia del Piano di Gestione Rischio Alluvioni dell’Autorità Distrettuale dell’Appennino Settentrionale, l’area in studio risulta essere inserita in P.I.=1 (ovvero pericolosità idraulica bassa).

La Disciplina di Piano del PGRA all’Art.11 indica che nelle aree a pericolosità da alluvione bassa (P1) “sono consentiti gli interventi previsti dagli strumenti urbanistici garantendo il rispetto delle condizioni di mitigazione e gestione del rischio idraulico”.



Figura 12- Estratto dal PGRA - Carta di pericolosità idraulica

6. FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO

In base alle considerazioni fatte nei paragrafi precedenti e in considerazione di quanto previsto nella valutazione della Fattibilità degli strumenti di Pianificazione e Governo del Territorio si definisce quanto segue.

Condizioni di Pericolosità'

- Pericolosità Geologica: G.2 Pericolosità geologica media. Tale quadro appare compatibile con il tipo di intervento in progetto. Sono da prevedersi carichi di esercizio non particolarmente elevati sui terreni di fondazione e, comunque, compatibili con il quadro litotecnico locale.
- Pericolosità Idraulica: I.1 Pericolosità idraulica media.
- Pericolosità Sismica: Z1- Pericolosità sismica locale media con suscettibilità alla liquefazione.

Alla luce del quadro conoscitivo geologico-sismico e idraulico ricostruito non si evidenziano quindi problematiche particolari che possano condizionare in maniera negativa la fattibilità degli interventi in progetto e si ritengono peraltro rispettate le raccomandazioni legate alla Fattibilità Geologica, Fattibilità Sismica e Idraulica **F2 - Fattibilità con normali vincoli**. Si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all’attività edilizia.

Per soddisfare le condizioni sopra descritte e per la caratterizzazione nel dettaglio del sito dal punto di vista geologico e geotecnico e dal punto di vista sismico, sarà necessario seguire una campagna geognostica in situ:

- N. 4/5 Prove penetrometriche statiche al fine di poter determinare la stratigrafia del sottosuolo nei primi metri dal piano campagna e ricavare i parametri geotecnici dei terreni;
- N. 1 sondaggio geognostico finalizzato alla ricostruzione stratigrafica dei terreni e all'esecuzione di una prova sismica in foro tipo DOWNHOLE;
- Sistemazione dei fori delle prove penetrometriche e del sondaggio con piezometri per la definizione della superficie dell'acquifero e per il livello freatico;
- N. 1 prova sismica di tipo MASW per la determinazione del parametro Vs30 per determinare la categoria di sottosuolo sismica ai sensi delle N.T.C. 2008;

Empoli 7 Marzo 2022

Il Geologo

Geol. Monica Salvadori

