

**STUDIO DI GEOLOGIA**

Via Socco Ferrante, 5 50053 - Empoli (FI)

tel. e fax 0571 74489

dott. Monica geol. Ancillotti

cell. 339.6710824

e-mail moniaci@internetlibero.it

dott. Ilaria geol. Bocini

cell. 349.7750093

e-mail ilariaboc@tiscali.it

**RELAZIONE GEOLOGICA E  
GEOLOGICO-TECNICA DI FATTIBILITA'  
con considerazioni sul Rischio Idraulico**

Variante al Piano Strutturale ed al Regolamento  
Urbanistico per la rilocalizzazione di  
un edificio per civile abitazione da demolire per la  
realizzazione della Variante al S.R. n.429  
loc. Carraia  
Comune di Empoli (FI)

Empoli, 01/10/2007

(geol. Ilaria Bocini)

(geol. Monica Ancillotti)

---

## SOMMARIO

### PREMESSA

1. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO DEL SITO IN ESAME
2. INQUADRAMENTO IDROLOGICO DEL SITO IN ESAME
3. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E VULNERABILITA' IDROGEOLOGICA DEL SITO IN ESAME
4. SISMICITÀ DELL'AREA
5. INDAGINI ESPLETATE
6. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E GEOLOGICO-TECNICHE DEL SITO IN ESAME
7. OSSERVAZIONI TECNICO-OPERATIVE
8. QUADRO CONOSCITIVO: PERICOLOSITÀ E FATTIBILITÀ DEL SITO IN ESAME AI SENSI DEL REGOLAMENTO URBANISTICO
9. RISCHIO IDRAULICO AI SENSI: DCR N.72 DEL 24/07/07 (EX DCR N.12/00), DPCM DEL 05/11/99, DPCM DEL 06/05/05 - NORME DI ATTUAZIONE DEL PAI
10. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA, IDRAULICA E SISMICA LOCALE DEL SITO IN ESAME
11. VALUTAZIONE DELLA FATTIBILITA' GEOMORFOLOGICA, IDRAULICA E SISMICA DEL SITO IN ESAME
12. SCHEDA DI FATTIBILITA' IDRAULICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA

### ALLEGATI

FG.1 LOCALIZZAZIONE AREA IN ESAME SC. 1:25.000 E SC. 1:10.000

#### QUADRO CONOSCITIVO

FG.2 CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA SC. 1:10.000

FG.3 CARTA IDROGEOLOGICA SC. 1:10.000

FG.4 UBICAZIONE INDAGINE PENETROMETRICA SC. 1:2.000

FG.5 CARTA LITOLOGICO-TECNICA SC. 1:10.000

FG.6 SEZIONE SCHEMATICA DEL SOTTOSUOLO SC. VERT. E SC. ORIZZ. 1:100

FG.7 CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA E CARTA DELLA FATTIBILITA' SOTTO IL PROFILO GEOLOGICO-TECNICO SC. 1:10.000

FG.8 CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA E CARTA DELLA FATTIBILITA' SOTTO IL PROFILO IDRAULICO SC. 1:10.000

FG.9 PERIMETRAZIONE AREE CON PERICOLOSITÀ IDRAULICA, PAI SC. 1:10.000

#### CARTE DELLA VARIANTE

FG.10 CARTA DELLE ZONE A MAGGIOR PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (ZMPSL) SC. 1:2.000

FG.11 CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA, IDRAULICA E SISMICA LOCALE SC. 1:2.000

FG.12 CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOMORFOLOGICA, IDRAULICA E SISMICA SC. 1:2.000

INDAGINE PENETROMETRICA CPT1 E CPT2

INDAGINE GEOFISICA ST

**RELAZIONE GEOLOGICA E  
GEOLOGICO-TECNICA DI FATTIBILITA'  
con considerazioni sul Rischio Idraulico**

**Variante al Piano Strutturale ed al Regolamento Urbanistico  
per la rilocalizzazione di un edificio per civile abitazione da demolire  
per la realizzazione della Variante al S.R. n.429  
loc. Carraia - Comune di Empoli (FI)**

## **PREMESSA**

La presente relazione riferisce i risultati delle indagini geologiche e geognostiche, condotte in corrispondenza del sito ove è in progetto la rilocalizzazione di un edificio di civile abitazione. Tale intervento necessita di *Variante al Piano Strutturale e Variante al Regolamento Urbanistico* del Comune di Empoli.

Il sito di studio è ubicato in loc. Carraia, Comune di Empoli.

Nel presente lavoro, sono state riportate:

- le caratteristiche geo-litologiche, geomorfologiche, idrologiche e idrogeologiche di un significativo intorno del sito di interesse, come dedotte da un attento rilievo di superficie e dalla documentazione cartografica di supporto al Piano Strutturale del Comune di Empoli;
- i risultati delle indagini geognostiche eseguite specificatamente sul sito in esame, consistenti in *n.2 prove penetrometriche* e in una *prospezione sismica a rifrazione con onde P e SH*. Tali indagini sono state mirate alla definizione delle caratteristiche geometriche e geologico-tecniche dei terreni nel sottosuolo, nell'ambito di una profondità significativa;
- le considerazioni sul Rischio Idraulico ai sensi delle normative vigenti;
- le valutazioni di Pericolosità e Fattibilità relative alle Varianti in oggetto.

Sulla base dei dati raccolti, e' stato redatto un profilo geologico-tecnico del sottosuolo, in riferimento al quale sono state effettuate osservazioni tecnico-operative preliminari e generali sulla fondazione, il carico ammissibile e i relativi cedimenti.

I risultati ottenuti hanno consentito di determinare i rapporti tra la struttura in progetto ed i livelli di fondazione, in ottemperanza a quanto previsto nel D.M. 11/3/88 e specificato nella Circ. LL.PP. n.30383 del 24/09/99 in attuazione dell'art.1 della L.64 del 02/02/74 nonchè del D.M. 19/3/82.

## **1. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO DEL SITO IN ESAME**

L'area in esame, ubicata a SO del nucleo urbano di Empoli, è situata nella pianura alluvionale del F.Arno e dei suoi affluenti, tra cui il Rio di S.Maria e S.Anna, alla quota

di circa m 24.4 s.l.m. (fg.1). Tale Rio, come osservabile anche nella *Carta Geomorfologica* di supporto al Piano Strutturale del Comune (Getas, '98), risulta arginato (fg.2).

Il territorio del Comune di Empoli si sviluppa su terreni geologicamente giovani, in parte sedimenti del mare pliocenico, che formano la struttura morfologica del sistema collinare (porzione meridionale del comune), ed in parte frutto dei depositi alluvionali del F.Arno e dei suoi affluenti (porzione meridionale), la cui struttura pianeggiante ha favorito lo sviluppo dell'urbanizzazione. La successione stratigrafica dall'alto è:

- *depositi attuali e recenti*: limi argillosi e/o limi sabbiosi del F.Arno e del F.Elsa, *a* (Quaternario);
- *alluvionali terrazzate*: limi con rari livelli sabbiosi, *at* (Quaternario recente);
- *ghiaie e ciottoli in matrice limosa e sabbiosa*, *q* (Quaternario antico);
- *conglomerati*: ciottoli poligenici, in parte cementati in matrice limoso-sabbiosa, *Pcg* (Pliocene);
- *sabbie*: sabbie debolmente cementate, alternate a silt sabbiosi e argille sabbiose di colore giallastro, *Ps* (Pliocene);
- *argille grigie e turchine*: a carattere plastico, con intercalazioni di sabbie fini, più o meno limose, *Pag* (Pliocene).

L'area in esame è caratterizzata da depositi alluvionali determinati dalle divagazioni del corso del F.Arno e del Rio di S.Maria e S.Anna, il cui spessore è stimato nell'ordine di diverse decine di metri. Tali terreni presentano granulometria eterogenea, con variazioni orizzontali e verticali a breve distanza, dovute ai diversi apporti sedimentari nel tempo. Si tratta di limi argillosi e/o sabbiosi e sabbie limose, riferibili al Quaternario Recente ed indicati nella *Carta Geologica* di supporto al Piano Strutturale del Comune di Empoli sc. 1:10.000 (Getas, 1998) come *depositi alluvionali attuali e recenti, a* (fg.2).

## 2. INQUADRAMENTO IDROLOGICO DEL SITO IN ESAME

L'idrografia superficiale dell'area in esame è caratterizzata da:

- un reticolo principale, rappresentato dal Rio di S.Maria e S.Anna (affluente in sinistra orografica del F.Arno), che defluisce in direzione S-N, ad una distanza dal lotto in esame di circa 120 m;
- un reticolo antropico secondario a pattern reticolare, costituito da fossi campestri ecc... per il drenaggio delle aree coltivate.

L'idrografia superficiale della più ampia area è regolarizzata dalla rete fognaria associata alla viabilità esistente, risultando la zona di intervento adiacente ad area urbanizzata.

Per quanto riguarda il *Rio di S.Maria e S.Anna*, è da considerarsi, allo stato attuale, in sicurezza a fronte di eventi con tempo di ritorno 200 anni, così come meglio spiegato

-----

nella Relazione di Fattibilità Idraulica degli Ing. Idraulici Pozzolini e Pucci (2007). Infatti, sono già state realizzate opere di messa in sicurezza del corso d'acqua consistenti nella realizzazione di una cassa di laminazione a servizio del suddetto Rio e del *Rio Stella*. Per la riduzione del rischio idraulico del *F.Elsa* (che defluisce a più di 3 Km ad ovest del sito di studio) si evidenzia la realizzazione della cassa di laminazione di Madonna della Tosse che risulta già terminata e collaudata e la conclusione dei rinforzi arginali nei tratti compresi tra la restituzione di Madonna della Tosse e Molin Nuovo e tra Ponte a Elsa e la confluenza in Arno.

La rete idrografica, relativamente alla più ampia area di indagine, è condizionata dalla natura dei litotipi affioranti, caratterizzati da una medio-bassa permeabilità per porosità (permeabilità di tipo primario). Pertanto, i corsi d'acqua presentano un pattern poco ramificato nel tratto defluente su sedimenti pliocenici, mentre nel tratto intercettante i terreni alluvionali, si presentano dendriformi, con buona densità di drenaggio e discretamente gerarchizzati.

### **3. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E VULNERABILITA' IDROGEOLOGICA DEL SITO IN ESAME**

Il reticolo idrografico sotterraneo del sito di studio può ritenersi caratterizzato da un acquifero multistrato ospite di litotipi marcatamente sabbioso limosi e limoso sabbiosi di origine alluvionale.

Durante l'esecuzione delle prove penetrometriche, è stato intercettato un livello acquifero a circa 1.0 m dal p.c. attuale. Tale livello superficiale, anche se risalito lungo le verticali penetrometriche e comunque legato all'andamento delle precipitazioni, potrà interferire (in relazione a quando saranno realizzati i lavori) con il piano fondale dell'edificio in progetto, anche nel caso in cui questo non preveda un piano interrato.

Tale livello può essere associato all'orizzonte limoso sabbioso e sabbioso limoso ubicato intorno ai 5-6 m dal p.c. attuale e messo in evidenza con l'indagine penetrometrica. Tale acquifero corrisponde a quello individuato nella *Carta Idrogeologica* di supporto al Piano Strutturale del Comune di Empoli (sc. 1:10.000), eseguita da Getas nel 1998, in cui, in corrispondenza dell'area d'intervento, la superficie piezometrica è ubicata a circa 17 m s.l.m., quindi a circa 5-7 m dal p.c. attuale (fg.3).

Da un punto di vista idrogeologico, i depositi che affiorano nel sito di studio sono alluvioni a componente prevalentemente limoso argillosa. Tali sedimenti sono caratterizzati da una granulometria fine e da numerosi pori di piccole dimensioni scarsamente comunicanti tra loro. Queste caratteristiche granulometriche e tessiturali conferiscono a questi depositi una bassa permeabilità di tipo primario.

La continuità nel sottosuolo di tale orizzonte (presente in entrambe le prove

penetrometriche) rappresenta con lo strato vegetale, un livello di protezione naturale della falda acquifera, permettendo l'esplicarsi dei processi autodepuranti. Inoltre, l'intervento in progetto, consistente nella ricollocazione di una civile abitazione, non incrementerà in modo rilevante la vulnerabilità dell'acquifero suddetto.

#### 4. SISMICITA' DELL'AREA

Il territorio del Comune di Empoli, in cui si definisce il sito di intervento, e' classificato ai sensi e per gli effetti della **L. n.64 del 02.02.74** e del **D.M. 19.03.82**, sismico di *II categoria* con grado di sismicità  $S=9$ , per il quale viene a calcolarsi un coefficiente di intensità sismica pari a:  $C = (S - 2)/100 = 0,07$

Tale valore esprime l'accelerazione massima orizzontale in superficie che si sviluppa durante un evento sismico.

In riferimento alla **D.C.R. 94/1985** della Regione Toscana, è stata introdotta una differenziazione in tre classi dei Comuni sismici di II categoria. Il Comune suddetto è inserito nella *classe 3*, caratterizzata dai seguenti parametri:

- accelerazione (convenzionale) massima  $a < 0,20 * g$
- intensità massima  $I_{max} < 8,0$

La valutazione del *coefficiente sismico di fondazione* ( $\varepsilon$ ), corretto in relazione alle caratteristiche locali del terreno (tipo di deposito, spessore, litologia e consistenza), alla morfologia ( $\alpha_1$ ) e all'interazione terreno-struttura ( $\alpha_2$ ), e' determinato secondo la relazione:

$$\varepsilon' = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \varepsilon$$

dove, limitatamente alle variabili di competenza strettamente geologica, si ritiene opportuno adottare per il coefficiente  $\varepsilon$  un valore pari a 1.0, in riferimento alla metodica proposta da Broili (Zonazione geologico-tecnica di Tarcento, 1976) e al **D.M. 16/01/96**, e per il coeff.  $\alpha_1$ , un valore di 1. Sarà compito del calcolatore geotecnico e strutturale attribuire il valore ad  $\alpha_2$ , in quanto la valutazione del rapporto terreno-struttura e' di stretta competenza ingegneristica.

In riferimento all'**O.P.C.M. n.3274 del 20/03/03 e succ.m.i.**, il Comune di Empoli è individuato in *zona sismica 2* corrispondente a valori del parametro  $a_g$  (accelerazione orizzontale max sul suolo espressa come frazione dell'acceleraz. di gravità  $g$ ) compresi nell'intervallo 0,25g-0,35g. Per la definizione dell'azione sismica di progetto, il sottosuolo dell'area in esame può essere individuato in CATEGORIA D ( $C_u < 70$  kPa) con  $V_{s30} < 180$  m/s.

Successivamente, ai sensi della **D.G.R. n.431 del 19/06/2006 "Riclassificazione sismica del territorio regionale"** - Attuazione del D.M. 14/09/05 e del O.P.C.M. n.3519 del 29/04/06, la Regione Toscana ha proposto la variazione della classificazione sismica del territorio regionale, spostando il Comune di Empoli in *zona sismica 3s*, che comprende tutti i comuni che cambiano zona al variare delle sottozone (classi mobili). In

tale zona non viene diminuito il livello di protezione precedente e le costruzioni devono essere progettate e realizzate con azioni sismiche della zona 2.

## 5. INDAGINI ESPLETATE

Al fine di caratterizzare dal punto di vista geometrico e geologico-tecnico i terreni oggetto di studio, sono state eseguite sul lotto in esame:

- n.2 prove penetrometriche statiche Cpt1 e Cpt2, spinte fino alla profondità di m 10.0 dal p.c. attuale (fg.4 e allegato indagine penetrometrica);
- un'indagine geofisica consistente in una prospezione sismica con onde P e SH (linea sismica ST) (vedi allegato indagine geofisica).

Le PROVE PENETROMETRICHE STATICHE sono state eseguite con penetrometro statico di tipo *PAGANI da 20t*, impiegando una punta di infissione meccanica tipo Begemann. Le prove sono state condotte secondo le procedure e gli standard ISSMFE. I dati registrati sono consistiti nella misura della resistenza alla penetrazione di punta e laterale dell'utensile, in fase di avanzamento, per intervalli di cm 20. I valori così ricavati sono stati opportunamente elaborati, impiegando relazioni sperimentali di diffusa applicazione.

In riferimento al D.P.G.R. n. 26/R del 27/04/07, Regolamento di Attuazione dell'art. 62 della L.R. 1/05, è stata eseguita un'INDAGINE SISMICA per la determinazione della velocità di propagazione delle onde sismiche P e SH, al fine di caratterizzare da un punto di vista dinamico i terreni che costituiscono il sottosuolo dell'area in esame.

La prospezione sismica a rifrazione utilizza l'energia sismica che, dopo aver attraversato il sottosuolo lungo traiettorie di raggi rifratti, torna in superficie. Tale prospezione si realizza con uno stendimento sismico costituito da N geofoni allineati, a distanza nota, che registrano le onde sismiche generate in corrispondenza di X punti di energizzazione, ubicati in posizione nota. Ogni geofono trasmette il segnale sismico al sismografo, dove viene registrato, amplificato e visualizzato.

L'indagine sismica è consistita nell'esecuzione di un profilo sismico a rifrazione utilizzando il sismografo PASI 16S24 predisposto con 24 geofoni per le onde P e 24 geofoni per le onde SH. I sismogrammi acquisiti sono stati elaborati mediante software INTERSISM 1.0. Il profilo sismico è stato ubicato come in allegato. Le acquisizioni sono state eseguite con un tempo di campionamento di 125  $\mu$ s per una durata di acquisizione sulle battute esterne di 256 ms e sulle restanti di 128 ms. La distanza intergeofonica è stata predisposta in 3 m e sono stati realizzati n.5 punti di energizzazione (di battuta).

I risultati dell'indagine sismica sono stati rappresentati graficamente nei profili sismici allegati alla presente. In particolare, è stata riconosciuta una superficie di discontinuità, rappresentata da un rifrattore che separa lo strato aerato, dai depositi alluvionali sottostanti caratterizzati dalla presenza di acqua, come si può osservare dal

valore caratteristico assunto dalla  $V_p$  nell'Orizzonte 2.

Le velocità medie determinate per i due orizzonti sismici sono riportate in tabella:

Orizzonte	$V_p$ (m/s)	$V_s$ (m/s)
<u>Orizzonte 1</u> : strato aerato vegetale e depositi limoso argillosi	277.2	86.8
<u>Orizzonte 2</u> : depositi alluvionali limoso argillosi e limoso sabbiosi	1503.0	216.3

Il valore della velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde S (onde di taglio) è stata calcolata con la seguente formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum h_i/V_i}$$

Tale valore è risultato  $V_{s30}=170.5$  m/s.

## 6. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E GEOLOGICO-TECNICHE DEI TERRENI

Nella *Carta Litologico-tecnica* di supporto al Piano Strutturale del Comune di Empoli sc. 1:10.000 (Getas, 1998), sono evidenziati in corrispondenza del sito di studio alluvioni recenti costituite prevalentemente da limi argillosi e limi sabbiosi (fg.5), così come evidenziato con l'indagine penetrometrica allegata alla presente.

Le prove penetrometriche Cpt1 e Cpt2, eseguite in corrispondenza del lotto in esame, unitamente alla prospezione sismica e al rilievo geologico di superficie esteso ad un intorno significativo, hanno consentito di:

- ricostruire qualitativamente la stratigrafia dei terreni fino alla profondità d'indagine, distinguendoli sulla base dei parametri di coesione e angolo d'attrito;
- valutare le qualità geotecniche dei terreni nel sottosuolo, in una profondità ritenuta significativa.

L'indagine eseguita verifica una buona omogeneità areale delle qualità geolito-logiche e geotecniche dei diversi orizzonti individuati e non evidenzia variazioni laterali di significatività. E' stata, quindi, individuata la seguente successione tecnico-stratigrafica, caratterizzata prevalentemente da limi argillosi intercalati a limi sabbiosi e sabbie limose, di origine alluvionale (Olocene) e dotati, complessivamente, di medie qualità geotecniche (fg.6).

**Orizzonte A - m 0.0-0.80 dal p.c. attuale:** terreno vegetale e agrario a matrice limoso argillosa;

**Orizzonte B - m 0.80-4.80 dal p.c. attuale:** depositi limoso argillosi, dotati di media consistenza, appartenenti ai depositi alluvionali;

$$\gamma = 1.8-1.9 \text{ g/cm}^3 \quad mv = 0.016-0.022 \text{ cm}^2/\text{kg} \quad Cu = 0.5-0.7 \text{ Kg/cm}^2$$

**Orizzonte C - m 4.80-10.0 dal p.c. attuale:** depositi limoso argillosi e limoso sabbiosi intercalati con livelli sabbioso limosi con medie qualità geotecniche, di origine alluvionale;  $\gamma = 1.9 \text{ g/cm}^3$   $mv = 0.015-0.022 \text{ cm}^2/\text{kg}$   $Cu = 0.5-0.7 \text{ Kg/cm}^2$   $\varphi = 23-24^\circ$  (nelle intercalazioni)

## 7. OSSERVAZIONI TECNICO-OPERATIVE

In riferimento alle qualità tecniche dei terreni presenti nel sottosuolo dell'area in esame, si prevede di ubicare, in via preliminare, la quota fondale del fabbricato (che sarà successivamente progettato) a ca m 1.0 dal p.c. attuale, al di sotto del terreno vegetale. A tale quota, si individuano terreni con medie qualità geotecniche (orizzonte B).

Al piano di fondazione, il carico che tale fabbricato potrà trasmettere, determinato ritenendo valide ed applicabili le ipotesi di Terzaghi, viene calcolato impiegando la relazione semplificata per terreni a comportamento coesivo. Come esempio di calcolo, è stata considerata una fondazione continua di larghezza  $B=1.0 \text{ m}$ .

$$\sigma_l = Cu * Nc + \gamma * D * Nq$$

Tale relazione determina un *carico limite* dell'ordine di  $\sigma_l = 3.0 \text{ kg/cm}^2$ , che ridotto di un coefficiente di sicurezza pari a 3, in condizioni statiche, calcola valori di *carico di sicurezza* al piano fondale pari a  $\sigma_a = 1.0 \text{ kg/cm}^2$ .

I valori dei *cedimenti assoluti* sono risultati pari a  $\Delta H_1=3.20 \text{ cm}$  e  $\Delta H_2=3.30 \text{ cm}$ , considerando, come esempio di calcolo, una trave rovescia di larghezza  $B=1.0 \text{ m}$  alla profondità  $D=1.0 \text{ m}$  e un carico ammissibile pari a  $1.0 \text{ kg/cm}^2$ .

Per quanto riguarda il *cedimento differenziale*, vista l'omogeneità litologica e geotecnica rilevata con l'indagine penetrometrica, è risultato, in via preliminare, pari a  $\Delta H_{diff} = 0.10 \text{ cm}/20 \text{ m}$ , quindi, inferiore ai limiti di distorsione angolare ammissibili per vari tipi di strutture, proposti da Bjerrum, 1963.

In fase di intervento diretto, il valore del carico ammissibile dovrà essere verificato in modo preciso per il fabbricato in progetto e in relazione ai cedimenti assoluti e differenziali prevedibili in fondazione, per effetto dei nuovi gradienti di carico.

Tramite indagini analitiche, è stato ricavato il valore del *coefficiente di sottofondo*  $K$  in funzione del modulo di compressibilità o di elasticità  $E$  del terreno. Terzaghi ricollega, infatti, il coefficiente di sottofondo ai parametri di deformazione del terreno ed alle dimensioni della fondazione, attraverso la relazione:  $k = \alpha * E / B$

Il valore determinato, considerando il piano fondale costituito da terreni prevalentemente limoso argillosi e una fondazione continua di larghezza  $B=1.0 \text{ m}$ , è pari a  $k=0.9-1.1 \text{ Kg/cm}^3$ .

## 8. QUADRO CONOSCITIVO: PERICOLOSITA' E FATTIBILITA' DEL SITO IN ESAME AI SENSI DEL REGOLAMENTO URBANISTICO

### - Pericolosità Geologica e Fattibilità Geologica del RU

Per quanto riguarda la documentazione cartografica disponibile nel Comune di Empoli, si rileva che l'area d'intervento è individuata, negli elaborati geologici di supporto al *Regolamento Urbanistico* del Comune di Empoli (Getas, 2003), in **classe di pericolosità geologica 2**, pericolosità bassa, *situazioni geologico-tecniche apparentemente stabili sulle quali però permangono dubbi che potranno essere chiariti a livello d'indagine geognostica di supporto alla progettazione edilizia*. La medesima area è individuata nella **Carta della Fattibilità del territorio per aree omogenee sotto il profilo geologico-tecnico** di supporto al RU (Getas, 2003) in **zona A**, condizionamento basso (fg.7). Secondo le matrici di fattibilità generale, è stata assegnata in base alla classe di pericolosità geologica e al tipo di progetto (edificio a due piani), una **classe di fattibilità geologica 2**.

### - Pericolosità Idraulica e Fattibilità Idraulica del RU

L'area di studio è inserita in **classe di pericolosità idraulica 3**, *"aree interessate da episodi di alluvionamento o difficoltoso drenaggio delle acque superficiali"* ed in **classe di fattibilità sotto il profilo idraulico 3 (zona 2)**, *"aree per le quali è previsto un sopralzo del piano di calpestio fino a quota 26.13 s.l.m."* (fg.8).

In riferimento alle *Norme del Regolamento Urbanistico del Comune di Empoli* per le aree all'interno della classe di fattibilità 3 (zona 2), per la destinazione residenziale, è previsto quanto segue: *"quota di sicurezza del piano di calpestio ad almeno 26.13 m s.l.m.. Consentiti scantinati o garage sotto il p.c. purchè realizzati con ingressi a quota di sicurezza (26.13m s.l.m.), paratie stagne ed impiantistica adatta a resistere ad eventuale allagamento o progettata in maniera da risultare non sommergibile, cioè al di sopra della quota di sicurezza. Obbligo di pavimentazioni drenanti per parcheggi e aree asfaltate"*.

## 9. RISCHIO IDRAULICO AI SENSI: DCR n.72 del 24/07/07 (ex DCR n.12/00), DPCM del 05/11/99, DPCM del 06/05/05 - NORME DI ATTUAZIONE DEL PAI

Il sito in esame rientra in ambito B del Borro di S.Maria e S.Anna, classificato nella **D.C.R. n.12 del 25/01/00** con codice FI174AB e succ. **D.C.R. n.72 del 24/07/07**.

Gli Ing. Pozzolini e Pucci hanno redatto, a supporto della Variante in oggetto, una *Relazione di Fattibilità Idraulica* al fine di individuare l'eventuale presenza del rischio idraulico valutato sulla base della piena con  $Tr=200$  anni. A tale proposito, si osserva, come meglio riportato in tale studio che, in corrispondenza del lotto oggetto di Variante, la pericolosità idraulica con  $Tr=200$  anni corrisponde alla quota di massimo allagamento duecentennale prevista nell'ambito della redazione del PAI. Pertanto, in base ai dati

forniti dall'Autorità di Bacino del F.Arno (vedi certificato allegato), il lotto in oggetto risulta allagato solo in occasione di eventi duecentennali con una quota pari a  $H_{Tr=200 \text{ anni}} = 24.50 \text{ m s.l.m.}$ . Tale valore, quindi, viene considerato per le Varianti quota di sicurezza, che va a sostituire quella indicata nel RU.

Ai sensi del **D.P.C.M. del 05/11/99**, l'area in esame è individuata all'interno delle "aree interessate da inondazioni eccezionali e aree interessate dagli eventi alluvionali del triennio 91-93" della *Carta Guida delle Aree Allagate* sc. 1:25.000 e, secondo la *Norma 6*, "le opere potranno essere eseguite a condizione che venga documentata dal proponente ed accertato dall'Autorità Amministrativa competente al rilascio dell'autorizzazione il non incremento del rischio idraulico da esse determinabili o siano individuati gli interventi necessari alla mitigazione di tale rischio...". Anche sulla *Carta delle Aree Allagate* di supporto al RU del Comune di Empoli (Getas 2003), l'area di studio risulta essere stata soggetta ad allagamento e/o ristagno sia nel novembre 1966 sia nel 1992-93.

In riferimento alla **Norma 6**, vengono indicate le seguenti prescrizioni al fine di mitigare il rischio per le persone e i beni conseguente fenomeni di esondazione e/o ristagno e allo scopo di dimostrare il non incremento della pericolosità nelle aree adiacenti (vedi Relazione di Fattibilità Idraulica, 2007 degli Ing. Pozzolini e Pucci):

- quota di sicurezza del piano di calpestio ad almeno 24.50 m s.l.m. (come da Studio di Fattibilità Idraulica di Pozzolini e Pucci, 2007);
- consentiti scantinati o garage sotto il p.c. purchè realizzati con ingressi a quota di sicurezza (24.50 m s.l.m.), paratie stagne ed impiantistica adatta a resistere ad eventuale allagamento o progettata in maniera da risultare non sommergibile, cioè al di sopra della quota di sicurezza;
- obbligo di pavimentazioni drenanti per parcheggi e aree asfaltate;
- recupero del volume sottratto alle acque di esondazione con la realizzazione del fabbricato mediante uno scavo di volumetria uguale a quella sottratta con il riporto fino alla quota di massimo allagamento con  $Tr=200$  anni (24.50 m s.l.m.).

In base alle considerazioni sopra esposte, si dichiara che il rischio di allagamento e/o ristagno per l'area in esame è mitigato (norma 6 DPCM del 05/11/99).

In ottemperanza al **DPCM del 06/05/2005**, "Approvazione del Piano di Bacino del F.Arno, Stralcio Assetto Idrogeologico", **PAI**, il sito di studio è inserito in **classe P.I.2**, aree a pericolosità idraulica media, della cartografia di Piano, *Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica*. Secondo le Norme di Attuazione del PAI, nella classe P.I.2 sono consentiti "gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio" e quindi l'intervento di progetto è fattibile (fg.9).

## 10. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA, IDRAULICA E SISMICA LOCALE DEL SITO IN ESAME

Per quanto riguarda la **pericolosità geomorfologica**, è stata attribuita al sito di studio la **classe G.1**, che individua le *aree pianeggianti e sub-pianeggianti in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa* (fg.11).

Per quanto riguarda la **pericolosità idraulica**, è stata assegnata la **classe I.3**, pericolosità idraulica elevata, in cui sono inserite le *aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra  $30 < T_r \leq 200$  anni* (fg.11).

Nella presente relazione è stata valutata anche la pericolosità sismica locale del sito in esame. Quindi, è stata costruita la **Carta della Zona a Maggior Pericolosità Sismica Locale (Carta ZMPSL, fg.10)** sc. 1:2.000, in cui si evidenzia la presenza di depositi alluvionali granulari e/o sciolti, con possibile amplificazione per effetti stratigrafici ("9"). Il sito di studio è ubicato, infatti, nella pianura alluvionale del F.Arno e dei suoi affluenti. La natura litologica dei terreni nel sottosuolo del sito in esame, nell'ambito della profondità d'indagine raggiunta, è rappresentata da alternanze di limi argillosi, limi sabbiosi e sabbie limose. Quest'ultime non si presentano come pure e monogranulari, ma con una matrice più fine e coesiva.

La **classe di pericolosità sismica locale elevata S.3** è stata attribuita facendo riferimento alla sismicità di base connessa alla zona sismica di appartenenza del territorio comunale (zona 3s) e agli elementi di pericolosità sismica locale ("9"), secondo l'allegato n.1 alle Direttive del DPGR del 27 aprile 2007 n.26/R (fg.11). Tale classe di pericolosità si riferisce alle *"zone con possibile amplificazione per effetti stratigrafici (9, 10, 11) in comuni a media-elevata sismicità (zone 2 e 3s)"*.

## 11. VALUTAZIONE DELLA FATTIBILITA' GEOMORFOLOGICA, IDRAULICA E SISMICA DEL SITO IN ESAME

In riferimento alla classe di pericolosità geomorfologica e alla previsione urbanistica, è stata attribuita una **classe di fattibilità geomorfologica F.2**, fattibilità con normali vincoli, *che si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia d'indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia* (fg.12).

Per quanto riguarda la **fattibilità in relazione agli aspetti idraulici**, è stata attribuita la **classe F.3** (fg.12). Tale classe si riferisce *alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali (...) è necessario definire la tipologia degli approfondimenti d'indagine da svolgersi in sede di predisposizione di Piani Complessi, Piani Attuativi o di progetti edilizi*.

Relativamente all'intervento in esame, consistente nella rilocalizzazione di volumetrie nel tessuto insediativo esistente, *la messa in sicurezza rispetto ad eventi con  $T_r=200$  anni può essere conseguita anche tramite adeguati sistemi di autosicurezza nel rispetto delle seguenti condizioni: dimostrazioni dell'assenza o dell'eliminazione di pericolo per le persone e i beni; dimostrazione che gli interventi non determinano aumento della pericolosità in altre aree (art. 3.2.2 comma d del DPGR n. 26/R del 2007).* A tale proposito, si precisa che i sistemi di autosicurezza e la compensazione dei volumi sono stati definiti nella Relazione di Fattibilità Idraulica degli Ing. Pozzolini e Pucci (2007).

In base alla classe di pericolosità sismica locale attribuita e alla destinazione d'uso delle previsioni urbanistiche, è stata attribuita una **classe di fattibilità sismica F.3** (fg.12). *Nei comuni in zona 2 e 3s, nelle zone con possibile amplificazione stratigrafica (9-10-11), deve essere prescritta una campagna di indagini geofisica e geotecnica che definisca spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica dei terreni tra alluvioni e bedrock sismico.*

## **12. SCHEDA DI FATTIBILITA' GEOMORFOLOGICA, IDRAULICA E SISMICA**

**Fattibilità geomorfologica:** classe F.2

**Prescrizioni di carattere geomorfologico:** nella presente relazione sono state riportate l'indagine geofisica e l'indagine penetrometrica eseguite in corrispondenza del lotto oggetto di Varianti. Non sono, quindi, necessarie ulteriori indagini.

**Fattibilità idraulica:** classe F.3

**Prescrizioni di carattere idraulico:**

- ✓ quota di sicurezza del piano di calpestio del piano terra del fabbricato a 24.50 m s.l.m. (Studio di Fattibilità Idraulica degli Ing. Pozzolini e Pucci, 2007);
- ✓ consentiti scantinati o garage sotto il p.c. purchè realizzati con ingressi a quota di sicurezza (24.50 m s.l.m.), paratie stagne ed impiantistica adatta a resistere ad eventuale allagamento o progettata in maniera da risultare non sommergibile, cioè al di sopra della quota di sicurezza;
- ✓ obbligo di pavimentazioni drenanti per parcheggi e aree asfaltate;
- ✓ recupero del volume sottratto alle acque di esondazione con la realizzazione del fabbricato mediante uno scavo di volumetria uguale a quella sottratta con il riporto fino alla quota di massimo allagamento con  $T_r=200$  anni (24.50 m s.l.m.).

**Fattibilità sismica:** classe F.3

**Prescrizioni di carattere sismico:** nella presente relazione sono state riportate

---

l'indagine geofisica e l'indagine penetrometrica eseguite in corrispondenza del lotto in esame. Non sono, quindi, necessarie ulteriori indagini. In sede di predisposizione del progetto edilizio, dovrà essere verificato in modo puntuale il carico ammissibile, i cedimenti assoluti e differenziali in relazione al progetto della nuova civile abitazione.

Empoli, 01/10/2007

(geol. Ilaria Bocini)

(geol. Monica Ancillotti)