



Andrea Casella Geologo

studio tecnico - Piazza Berlinguer 38, 56010 Metato (San Giuliano Terme - PI)

LOTTIZZAZIONE ZONA INDUSTRIALE
TERRAFINO VIA DELLA BASTIA (PUA 12.7)
IN COMUNE DI EMPOLI (FI)

RELAZIONE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA

Proprietà: Galgani Marcella e Graziano
Galgani Edil Manufatti Snc
Bernini Luigi Srl
Galgani Renzo
Galgani Tamara e Reali Fabio
Terrafino Immobiliare S.r.l.
Riviera s.a.s.

LUGLIO 2013



LOTTIZZAZIONE ZONA INDUSTRIALE TERRAFINO VIA DELLA BASTIA (PUA 12.7) IN
COMUNE DI EMPOLI (FI).

RELAZIONE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA

PREMESSE

Il presente studio è stato effettuato ai sensi del *DPGR n. 53/R* del 2011 a supporto di un piano di lottizzazione che interessa un'area posta in loc. Terrafino, in comune di Empoli (FI), in zona di espansione artigianale ed industriale D1.

Esso segue allo studio generale di fattibilità della zona di lottizzazione, allo studio del Luglio 2010 (redatto ai sensi del *DPGR n. 26/R*) e agli studi di fattibilità di una variante parziale al R.U. del Comune di Empoli, la quale ha avuto lo scopo di ripianificare alcune aree soggette a P.U.A., e successiva integrazione (Luglio e Novembre 2012).

INQUADRAMENTO GENERALE

L'area in oggetto (PUA 12.7) si inquadra nel tratto di pianura, in destra del T. Elsa, posto a NE di "C.se Chiassoli" (vedi corografia scala 1:25.000 allegata). Si tratta di una zona pianeggiante, con quote di campagna comprese tra i 24 ed i 25,5 metri slm circa, originariamente a vigneto, prato e seminativo.

GEOLOGIA

Come rilevabile dall'allegata carta di inquadramento geologico, la zona in oggetto è impostata nei depositi alluvionali olocenici, costituiti litologicamente, in prevalenza, da alternanze tra sedimenti limo-argillosi e limo-sabbiosi, con livelli più francamente sabbiosi ed orizzonti di argilla organica.

L'assetto litologico-stratigrafico viene esaminato in maggior dettaglio nel paragrafo relativo, in cui sono sintetizzati i risultati delle prove penetrometriche statiche,

In carta sono riportati anche i sedimenti della zona golenale del T. Elsa (ad W), i depositi terrazzati olocenici, le formazioni del Pleistocene medio, che affiorano nella zona di Pianezzoli, ed i sedimenti della serie del Pliocene inf.-Medio, in corrispondenza delle colline di P. a Elsa e del piccolo rilievo di loc. Bastia.

GEOMORFOLOGIA

La zona in oggetto si presenta complessivamente pianeggiante; le salienze morfologiche principali erano originariamente costituite dall'andamento "bombato" degli appezzamenti agricoli, dalla presenza di fossette e canalizzazioni principali, e dai riporti esistenti in corrispondenza degli stradelli e di alcuni piccoli manufatti. La zona era infatti prevalentemente a seminativo, vigneto e prato spontaneo (vedere le cartografie scala 1:2.000 che si riferiscono allo stato pre-urbanizzazione).

Le aree circostanti sono in corso di urbanizzazione ed edificazione, in seguito all'approvazione di piani di lottizzazione nelle zone adiacenti.

In corrispondenza di periodi di forte e prolungata piovosità, si osservano ristagni acquiferi in alcune limitate zone, corrispondenti ad appezzamenti più depressi ed isolati, in cui le fossette drenanti hanno perso parte della funzionalità. Allo stato finale, l'assetto idrologico-idraulico verrà completamente ridefinito, e all'originaria rete scolante, costituita da fossette disposte prevalentemente in senso NNW-SSE, si sostituiranno vie fognarie facenti capo a fossi principali ricalibrati in funzione degli studi idrologico-idraulici effettuati a scala comprensoriale.

Non si segnalano fenomenologie di dissesto, processi morfologici in corso o, dato l'assetto pianeggiante, situazioni al limite di equilibrio.

La carta idro-geomorfologica allegata, redatta alla scala 1:2.000, è relativa allo stato dell'area precedentemente agli interventi di urbanizzazione che hanno riguardato le zone circostanti. In essa sono segnalati:

- alcuni nuclei urbanizzati ed edificati, posti al di fuori della delimitazione dell'area di lottizzazione in oggetto;
- lo sviluppo della rete idrografica superficiale principale, successivamente modificata in funzione degli interventi di sistemazione e messa in sicurezza sotto gli aspetti idraulici.

IDROGEOLOGIA

In occasione di studi a carattere più generale sull'idrogeologia superficiale eseguiti preventivamente in zona, sono state effettuate misure del livello piezometrico della freatica, con riferimento a tubi piezometrici superficiali (quotati) e a pozzi che interessano la falda freatica. Anche nei fori relativi a prove penetrometriche statiche si sono rilevati (Gennaio 2000 / Maggio 2000 / Gennaio 2001) i battenti della falda superficiale (in m da p.c. locale).

Nell'allegata cartografia si sono riportati tali dati, alcuni dei quali sono relativi alla quota di campagna locale, mentre per altri è stato possibile definire la quota in metri slm.

In base a queste misurazioni, alla scala dell'intera zona (considerando anche le lottizzazioni a Nord e a Sud di quella in oggetto) si è osservato come il livello piezometrico della freatica stessa, in periodo di alta risalianza, possa raggiungere le seguenti quote (in metri slm - a partire dalla zona S procedendo verso Via I Maggio):

piez. PP5	m 25,48
piez. PP4	m 24,73
piez. PP3	m 24,63
piez. Saggio S1	m 24,26
piez. PP6	m 24,11
pozzo PA	m 24,25
piez. PP2	m 23,74
piez. PP1	m 23,75 .

I livelli rilevati appaiono fra loro coerenti, e sembrano individuare (nell'ambito dell'errore di misura) una "tavola d'acqua" con andamento relativamente uniforme. Tali dati sembrano anche in accordo con l'osservazione diretta in alcuni tratti dell'asta drenante del Rio delle Volpi, in cui il terreno (saturo al di sotto di una quota media dell'ordine di -1,0 m) alimenta un flusso d'acqua regolare sul fondo dell'alveo, poco più profondo di tale quota.

In una serie di saggi geognostici effettuati (dei quali s5 ricade nell'area in studio) si è inoltre osservato che i terreni superficiali (al di sotto di uno strato di terreno agrario a base limosa e limo-argillosa) sono litologicamente costituiti, in prevalenza, da limo, limo argilloso e limo sabbioso. Solo in alcuni punti si hanno, in superficie, componenti sabbiose significative.

Nei saggi in cui i terreni superficiali sono risultati a prevalenza coesiva (limo-argillosa) le prime infiltrazioni acquifere sono state rilevate a profondità nettamente maggiori rispetto alla quota piezometrica; dove invece si hanno terreni più permeabili già a deboli profondità, le percolazioni acquifere si sono manifestate già a profondità dell'ordine del metro.

In pratica, come si verifica nella maggior parte delle zone del comprensorio pianeggiante circostante, la falda freatica presenta, perlomeno nei livelli superficiali, circolazione discontinua, essendo condizionata nel suo flusso dall'alternanza (sia in senso laterale che verticale) tra sedimenti a diverso grado di permeabilità. In alcuni casi lo strato di alluvioni a maggiore contenuto argilloso, impermeabili, può sostenere acque di saturazione dello spessore superficiale di terreno agrario. D'altro canto, malgrado queste differenze litologiche, si osserva che in tutti gli scavi, e nei fori penetrometrici più superficiali, si sono rilevate effettivamente infiltrazioni acquifere, a riprova del fatto che il livello piezometrico è regolare, ed in periodo invernale particolarmente elevato.

Le escursioni stagionali del tetto di falda sono piuttosto pronunciate, tanto che in rilievi effettuati durante il mese di Maggio i livelli sono risultati dell'ordine dei 2,2-2,4 m da p.campagna; in piena estate tale quota può deprimersi ulteriormente.

Nella carta idrogeologica parte dei precedenti studi di supporto al PRG sono riportate misure del tetto di falda tra i 2,87 ed i 3,7 m da p.campagna (Ott '86).

INDAGINI IN SITU - RICOSTRUZIONE LITOTECNICA

Nell'allegata cartografia scala 1:2.000 sono indicate le prove in situ eseguite in zona, per una prima ricostruzione litotecnica avente lo scopo di fornire un indirizzo geotecnico preliminare, e di evidenziare eventuali problematiche a riguardo delle caratteristiche di resistenza meccanica dei terreni presenti.

Si hanno prove penetrometriche statiche (CPT) relative alla campagna del Gen/Feb 2001 (cpt1/cpt2/cpt3/cpt4), prove eseguite nel Gen 2000 (cpt2**/cpt3**) e prove eseguite nel Mag 2000 (cpt 1*/cpt2*).

In carta si sono anche indicati i saggi geognostici s5 e s10, e la prova statica superficiale pp4; queste prove sono relative agli studi preliminari sulla permeabilità dei terreni superficiali e sulla falda freatica, eseguiti a supporto degli studi idrologico-idraulici.

Si è tenuto conto, in particolare, delle prove penetrometriche statiche eseguite con

attrezzatura *Pagani TG 73* da 20 t ditta *Geoservizi* di Ghezzano (PI), ed aventi profondità variabile tra i 12 ed i 25 m. I risultati delle prove, opportunamente elaborati ed interpretati, sono stati esaminati lungo 3 sezioni.

La prova penetrometrica statica CPT si articola nell'infissione di successivi tratti di asta di 20 cm, con velocità costante di $2 \pm 0,5$ cm/sec, e nella misurazione di:

- resistenza alla punta;
- resistenza alla punta + manicotto;
- resistenza totale (punta + manicotto + batteria delle aste).

Si perviene così alla determinazione di:

- resistenza alla punta (Q_c o R_p) [Kg/cm²]
- resistenza laterale (R_l) [Kg/cm²]
- resistenza totale (T).

Il rapporto tra resistenza alla punta e resistenza laterale consente, in base a diverse relazioni (*Begemann - Schmertmann - etc.*) una valutazione di massima delle caratteristiche litologico-granulometriche dei terreni attraversati.

I dati di campagna delle prove sono allegati alla presente relazione. L'allegata tavola in cui sono riportate le sezioni di correlazione tra i diagrammi penetrometrici evidenzia le caratteristiche dei terreni indagati, che sono ovunque costituiti da sedimenti alluvionali, con alternanza fra litotipi limo-argillosi e limo-sabbiosi, con livelli più francamente sabbiosi (e talvolta argilloso-torbosi) in subordine.

Sez. CPT1-CPT2-CPT3

Lungo questa sezione si ha tutto sommato una certa correlabilità tra i risultati delle varie prove; in genere, al di sotto di uno strato di terreno rimaneggiato vegetale a prevalenza limo-argillosa, si ha un primo "pacco" di strati ancora a dominante limosa e limo-argillosa di buona consistenza, fino a profondità dell'ordine dei 3,6-3,8 m.

Segue, fino a profondità tra 11,4 e 13,4 m, un'alternanza tra livelli limo-argillosi e limo-sabbiosi di consistenza complessivamente bassa, con orizzonti e strati limosi o sabbiosi più addensati.

Al di sotto si ha in media un incremento di resistenza piuttosto marcato, anche se in CPT 1 al di sotto dei 14,4 m si passa nuovamente ad argille limose di bassa consistenza.

Sez. CPT2-CPT2*-CPT1**

Lungo la fascia parallela al Rio delle Volpi si osserva una certa corrispondenza di massima tra i litotipi evidenziati, e tra i livelli sabbiosi e limo-sabbiosi, anche se tra una zona e l'altra variano sensibilmente sia spessori che profondità e resistenze alla punta.

In CPT2* e CPT1 è più marcato il passaggio tra sedimenti superficiali prevalentemente coesivi di buona consistenza e gli strati sottostanti, meno consistenti, mentre in CPT2** si ha una buona consistenza complessiva fino a profondità dell'ordine dei 7m. In CPT2** e CPT2* è maggiore la percentuale sabbioso-limosa in superficie; in CPT2** si osserva, infine, una certa

-
- le risultanze delle specifiche indagini geo-sismiche, le quali hanno consentito di rilevare un profilo delle Vs (indagine *MASW*) e di individuare (indagine in sismica passiva), l'esistenza di frequenze di risonanza associabili a contatti tra litotipi a caratteristiche di velocità sismica (e quindi fisico-meccaniche) significativamente differenti.

Lo studio di approfondimento del locale assetto geo-sismico ha consentito di rilevare che, pur in presenza di un'area morfologicamente stabile e con caratteristiche litotecniche non particolarmente sfavorevoli, esiste una suscettibilità di amplificazione locale a causa della presenza di contrasti di impedenza sismica, per la presenza di una copertura alluvionale.

In particolare, l'indagine di microtremore relativamente sia alla postazione TREM1 che alla TREM2 ha rilevato un massimo H/V dell'ordine di 3 nel campo fra 1,2 e 1,6 Hz. Il picco ha presumibilmente significato stratigrafico, nel senso di una risonanza legata a un passaggio litologico.

L'entità del picco evidenziato non denota un fenomeno di risonanza particolarmente severo; quindi, pur avendo esso un significato di passaggio litologico fra terreni a diversa velocità sismica, non si ritiene che esistano le premesse per attribuire all'area una pericolosità sismica locale elevata.

PERICOLOSITÀ AI SENSI DEL DPGR n. 53/R del 25.10.2011

Il precedente studio del 2010 aveva definito le classi di pericolosità per l'area in oggetto ai sensi del *DPGR 26/R*, e in particolare delle "direttive per le indagini geologico-tecniche". Nel regolamento *53/R*, e in particolare nell'allegato "A" (direttive per le indagini geologiche) le classificazioni di pericolosità geologica e idraulica non si differenziano se non sotto alcuni aspetti da quelle del precedente regolamento; considerati gli approfondimenti geo-sismici e idraulici, in relazione all'area in esame si può in sintesi definire quanto segue:

- **Pericolosità geologica bassa (G.1):** aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.
- In base alle risultanze degli studi idraulici del Luglio 2012 effettuati dal comune di Empoli, e considerando le opere di messa in sicurezza nei bacini dei rii Volpi e Friano, si può considerare l'area in oggetto non interessata da allagamenti a carattere duecentennale, per cui viene ad essere attribuita una **Pericolosità idraulica media (I.2)**.
- Le indagini di approfondimento geo-sismico hanno evidenziato un fenomeno di risonanza non particolarmente severo; quindi, pur avendo esso un significato di passaggio litologico fra terreni a diversa velocità sismica, non si ritiene che esistano le premesse per attribuire all'area una pericolosità sismica locale elevata, ma si rientri nella classe di **Pericolosità sismica locale media (S.2)**, in quanto *zone stabili suscettibili di fenomeni di amplificazione locale* (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3).

FATTIBILITÀ AI SENSI DEL DPGR n. 53/R del 25.10.2011

Sulla base delle caratteristiche di pericolosità rilevate per l'area, e della destinazione d'uso (piano attuativo che comporta il completamento dell'area industriale) sono state definite le classi di fattibilità specifiche per l'area in esame.

- La fattibilità in relazione agli aspetti geomorfologici è **Fg2** con la conferma delle prescrizioni contenute nella precedente relazione di fattibilità: cioè in fase esecutiva è necessario basare la progettazione dei vari interventi su dati geognostici che consentano la valutazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, considerando i disposti del *D.M. 14.01.2008* e del *DPGR 9 luglio 2009 n. 36/R*. A supporto della fase esecutiva dei vari interventi è quindi richiesta un'indagine geognostica puntuale di approfondimento, per acquisire i parametri sui quali basare un corretto progetto delle strutture di fondazione. In particolare si esamineranno le problematiche relative a cedimenti e cedimenti differenziali, come previsto anche nelle condizioni di fattibilità degli studi geologico-tecnici di supporto al R.U. di Empoli per il PUA in oggetto.

Sulla base delle indagini geognostiche eseguite in fase di studio preliminare a supporto del piano di lottizzazione, si possono già fin da ora effettuare alcune considerazioni generali relativamente agli aspetti geotecnici:

. Tranne poche locali eccezioni, al di sotto dello spessore superficiale di terreno vegetale rimaneggiato ed alterato (che varia di solito tra 0,6 e 1,2 m) si hanno litotipi coesivi di consistenza da media a buona, fino ad una profondità che varia dai 3,0/3,5 ai 5 m circa. La consistenza di questo strato può consentire in linea di massima, a meno di carichi molto elevati, concentrati o disuniformi, l'adozione di fondazioni di tipo superficiale.

. La variabilità esistente nell'ambito dell'area in oggetto, e in particolare la presenza di livelli di bassa consistenza a profondità diverse, implica, come supporto alla fase esecutiva, una ricostruzione litotecnica-geotecnica puntuale; questo soprattutto per una valutazione attendibile di cedimenti e cedimenti differenziali, fondamentali per la definizione del carico ammissibile, e quindi per la scelta della tipologia di fondazione. Nel caso di carichi elevati, o di strutture che non tollerano cedimenti se non di lieve entità, potrebbe infatti rendersi necessaria l'adozione di fondazioni a platea o su pali.

. La realizzazione di eventuali scavi dovrà tener conto della presenza temporanea di livelli di falda freatica piuttosto prossimi alla quota di campagna, con quanto essa comporta in termini di procedure e metodologie in fase di esecuzione, necessità di impermeabilizzazione, variazioni a carattere stagionale dell'assetto tensionale del terreno.

- La fattibilità in relazione agli aspetti idraulici è **Fi2**, in relazione alle condizioni di pericolosità idraulica che emergono in virtù degli studi disponibili sulla zona. Le prescrizioni sono relative alle quote di calpestio degli ambienti e della viabilità indicate nello studio specifico redatto dall' Ing. Caroli per la zona, al quale si rimanda per i dettagli.

Si consideri altresì che fino al recepimento da parte dell' *Aut. Bacino del F. Arno* degli studi idrologico-idraulici del Comune di Empoli (cui si riferisce la cartografia di pericolosità di cui è allegato l'estratto), restano valide la classificazione in termini di pericolosità e le prescrizioni del P.A.I. per l'area in oggetto (classificata in *P.I.3*).

- La fattibilità in relazione agli aspetti sismici viene definita come **Fs2**, in accordo con il grado di pericolosità sismica locale evidenziato (S2). Non vengono quindi indicate condizioni di fattibilità specifiche per la fase attuativa, fatto salvo quanto previsto dalle norme correnti (NTC 14.01.2008 e DPGR 36/R-2009), per cui per la valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia dovranno eseguirsi i necessari approfondimenti relativamente alla situazione geo-sismica locale. In quest'ottica le indagini già effettuate possono essere considerate un utile riferimento iniziale.

ALLEGATI

- ubicazione area in oggetto – corografia scala 1:25.000
- inquadramento geologico scala 1:10.000
- carta idro-geomorfologica scala 1:2.000
- planimetria generale scala 1:2.000 – carta dei dati litotecnici di base
- raffronto tra i diagrammi delle prove penetrometriche statiche e relativa interpretazione litotecnica (1)
- raffronto tra i diagrammi delle prove penetrometriche statiche e relativa interpretazione litotecnica (2)
- estratto dallo studio idrologico-idraulico di supporto al nuovo regolamento urbanistico del comune di Empoli : tavola 2.1 – Modello idraulico Elsa
- estratto dallo studio idrologico-idraulico di supporto al nuovo regolamento urbanistico del comune di Empoli : tavola 3.1 – Pericolosità idraulica Fiume Elsa ai sensi del DPCM 06/05/2005
- carta di pericolosità geomorfologica/idraulica/sismica relativa alla zona in oggetto ai sensi del DPGR 53/R/2011
- planivolumetrico aggiornato – scala 1:1.000
- carta della fattibilità in relazione agli aspetti geomorfologici / idraulici / sismici relativa all'area in esame ai sensi del DPGR 53/R
- risultati indagini geosismiche e relativi allegati

San Giuliano T.me, Luglio 2013



Andrea Casella

