



CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA

Sede legale e recapito postale:

44121 Ferrara - Via Borgo dei Leoni, 28 - C.F. 93076450381

web: www.bonificaferrara.it - e-mail: info@bonificaferrara.it

pec: posta.certificata@pec.bonificaferrara.it

aderente all' **AB**

Associazione Nazionale Bonifiche, Irrigazioni e Miglioramenti Fondiari

PROGETTO SAN BARTOLOMEO

PROGETTO ESECUTIVO

Provincia di Ferrara
Comuni di Ferrara

**Sistemazione del bacino dello scolo Principale
Inferiore e della canalizzazione a servizio
della zona di S.Bartolomeo in Bosco**

FINANZIAMENTO D.G.R. Num. 1917 del 04/11/2019

RELAZIONI

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA

Data: **01.09.2022**

Elab.:

2.1

IL PROGETTISTA

(Dott. Ing. Valeria Chierici)



IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

(Dott. Ing. Marco Volpin)



Sommario

1	STUDI SPECIALISTICI.....	2
1.1	INDAGINI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE.....	2
1.1.1	GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA	2
1.1.2	SCHEMATIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI	4
1.1.3	PROBLEMATICHE GEOTECNICHE	5

1 STUDI SPECIALISTICI

L'intervento oggetto di studi consiste sostanzialmente in una manutenzione straordinaria dei canali del comparto, pertanto si prevedono esclusivamente il ripristino della situazione originaria, con eventuale miglioramento delle condizioni di stabilità delle sponde, e il ripristino di manufatti per una migliore derivazione delle acque.

1.1 Indagini geologiche e geotecniche

Premesso che le opere in progetto non sono vere e proprie opere strutturali, ma soltanto interventi localizzati per la ricostruzione di sponde in terra e la loro eventuale protezione contro fenomeni erosivi, si riportano nel presente progetto elementi desunti dalla relazione geologico-geotecnica redatta in occasione dell'ultimo intervento realizzato sui canali del bacino nei primi anni 2000:

1.1.1 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

1.1.1.1 Inquadramento geologico

La parte sud-orientale della Pianura Padana è caratterizzata dalla presenza di fenomeni tettonici profondi rivelati dalle prospezioni sismiche dell'AGIP.

A grande scala si evidenzia un gruppo di pieghe sepolte noto come "Arco delle pieghe ferraresi-romagnole", suddiviso in Pieghe Ferraresi, Pieghe Romagnole e Pieghe Adriatiche.

La dinamica di queste strutture pre-plioceniche di sollevamento ha determinato le modalità deposizionali dei sedimenti presenti in questa parte di pianura: infatti lo schema litostratigrafico mostra, dall'alto verso il basso, passaggi da sedimenti continentali a sedimenti di transizione (lagunari) e infine marini, riflettendo le variazioni di modalità posizionale che si sono succeduti nel tempo.

Questa sequenza corrisponde a un periodo di trasgressione marina iniziato nel Pliocene, accompagnato da marcati fenomeni di subsidenza e caratterizzato dal deposito di spessori considerevoli di sedimenti (fino a 2.000 m nel Pliocene medio, 1.500-1.700 m nel Pleistocene inferiore-medio relativamente alle aree sinclinali, mentre in corrispondenza delle strutture anticlinali gli spessori sono in genere ridotti a qualche centinaio di metri, identificando comunque un quadro di abbassamento generalizzato.

Dal Pleistocene medio il ciclo entra in fase regressiva e si verifica il colmamento accelerato dell'intero bacino padano, con la ripresa di movimenti differenziali e l'individuazione in superficie di aree a sollevamento e abbassamento relativo, probabilmente in relazione a fenomeni interessanti le strutture sepolte. Gli spessori dei depositi attribuibili a questo periodo, Pleistocene medio-superiore e Olocene, possono superare i 1.000 m.

I passaggi di facies deposizionale cui si è accennato avvengono a diverse profondità in corrispondenza degli antichi corsi fluviali e sono probabilmente legati alle vicende di tipo strutturale profondo descritte, combinate con le diverse potenzialità deposizionali dei vari corsi d'acqua.

I depositi continentali di sedimenti prettamente grossolani (ghiaie e sabbie), presenti con grande spessore nella parte alta della pianura, fanno transizione con sedimenti sempre continentali, ma più fini (argille, limi e sabbie); questi ultimi infine poggiano su sedimenti marini depositi dalle strutture tettoniche profonde.

Nelle conoidi pedeappenniniche si hanno corpi ghiaiosi intercalati a lenti di materiali più fini per una larghezza di 15 km circa in corrispondenza del fiume Reno e lievemente inferiori per gli altri corsi d'acqua. Nella media e bassa pianura, sia in superficie che in profondità, si riscontrano lenti a sedimentazione grossolana di limitato spessore intercalate a predominanti sedimenti a tessitura fine.

Le tessiture dei sedimenti sono state determinate dalle caratteristiche idrauliche dei corsi d'acqua e quindi dalle modalità deposizionali del trasporto solido, tenuto conto che l'energia di trasporto della corrente fluviale diminuisce, e diminuisce, con l'allontanarsi dalla fascia collinare.

Agli sbocchi vallivi, in condizioni di brusca rottura del gradiente idraulico e quindi di corrispondente forte diminuzione dell'energia di trasporto fluviale, si depositavano i sedimenti grossolani di conoide (ghiaie e sabbie prevalenti).

In pianura la deposizione fluviale dava origine, attraverso successivi episodi di tracimazione, a dossi; queste strutture, sviluppate longitudinalmente e all'interno delle quali scorreva il corso d'acqua, corrispondono a momenti della vita del fiume caratterizzati da condizioni di energia di trasporto particolarmente alta e sono quindi costituite dai materiali più grossolani trasportati, principalmente sabbie.

Gli spazi tra i dossi venivano progressivamente riempiti dai sedimenti più fini trasportati dalle stesse onde di tracimazione che si disperdevano nelle aree topograficamente più depresse (condizioni di energia di trasporto bassa o nulla).

Nelle condizioni critiche di questo equilibrio, dovute a un eccessivo accrescimento in altezza del dosso e/o a momenti di piena fluviale, si sono verificate più volte rotte e conseguenti diversioni del corso d'acqua, con abbandono del precedente alveo fluviale e impostazione di una nuova direttrice di scorrimento in aree topograficamente più favorevoli. In tali occasioni vaste aree di pianura venivano sommerse, con la creazione di ampie valli e paludi, soggette a un più o meno rapido riempimento.

Gran parte della bassa pianura è stata colmata in questo modo.

In epoca storica, verso la fine del XII secolo, si ha l'episodio di rotta che ha dato origine al corso attuale del Po grande, con abbandono del vecchio alveo del Po di Primaro, destinato a subire un rapido interrimento. I corsi d'acqua della pianura bolognese, non potendo più scaricare le acque nel vecchio recapito (ad eccezione di un solo ramo del fiume Reno), formarono nuovamente una serie di valli e paludi, in cui l'acqua permaneva in continuazione.

A partire dal 1740, sotto il pontificato di Benedetto XIV, furono realizzati dei lavori di bonifica che verranno completati solo nella prima metà del '900, con le opere della Bonifica Renana. Essi consistettero principalmente nell'inalveamento del fiume Reno in un canale che ricalcava, in parte, il tracciato del Po di Primaro e in analoghe regimazioni dei corsi d'acqua minori.

1.1.1.2 Geomorfologia e litologia

La morfologia di superficie del territorio considerato corrisponde geneticamente ai meccanismi descritti in precedenza.

L'area è situata interamente nella bassa pianura ed è compresa tra due grandi unità morfologiche che corrispondono agli alvei attuali del Reno e del Po di Primaro.

Queste unità sono fittamente collegate fra loro da una serie di linee di colmo minori,

corrispondenti agli antichi alvei fluviali abbandonati o a opere di canalizzazione artificiale.

Si riconoscono tracce evidenti di grossi sistemi di rotta in vari punti del corso attuale del Reno, ma anche in corrispondenza degli antichi dossi, in località Spinazzino e in località Ca' Rossa.

L'area non interessata dalle strutture morfologiche citate si presenta uniforme, con dislivelli molto modesti. Sono frequenti depressioni a forma di bacino chiuso, con allungamenti molto vari nell'orientazione che, in alcuni settori, indicano un andamento meandriforme nell'evoluzione del tracciato del fiume.

La litologia dell'area (v. tav. 1) è caratterizzata in superficie e in profondità da una grande abbondanza di sedimenti a tessitura fine, spesso argillosa, argilloso-limosa o limoso-argillosa, contenenti corpi prismatici di litologia differente, in alcuni casi sabbiosa, ascrivibili ai dossi fluviali (in particolare ai canali fluviali) e a singoli episodi di rotta fluviale.

Per quanto riguarda i terreni più superficiali, in corrispondenza del vecchio corso del Po di Primaro si ha la massima percentuale di sabbia, mentre a est e a sud dell'area considerata si hanno le percentuali minime, corrispondenti a volte al 100% di materiali finissimi nelle aree di Poggio Renatico e San Biagio di Ferrara.

1.1.2 SCHEMATIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

1.1.2.1 Schema litostratigrafico di riferimento

L'area interessata dai lavori, sotto il profilo litostratigrafico, a livello macroscopico, si presenta abbastanza uniforme.

Sotto uno strato superficiale costituito da materiali coesivi sovraconsolidati per essiccamento (spessore 1-1,5 m circa), si rileva la presenza di un'unica formazione costituita da argille, argille limose e limi argillosi poco compatti.

Localmente e casualmente si rinvencono livelli di torba (spessore massimo 1,5 m) e/o di limi e argille morbide.

Ancora carattere episodico riveste la presenza di sabbie fini limose (spessore massimo 2 m circa).

1.1.2.2 Parametri geotecnici

Vengono qui valutati i parametri geotecnici utili per le verifiche di cui ai punti successivi, relativi ai materiali argillosi (argille, argille limose) caratterizzanti la formazione coesiva presente da 1-1,5 m fino alla massima profondità indagata di 12 m.

Le caratteristiche dei vari livelli torbosi e sabbiosi, rivestendo, a livello generale, limitata importanza, non vengono esaminate.

Classificazione

Pur in assenza di determinazioni dirette, sulla base di risultati relativi a prove di classificazione condotte precedentemente dagli scriventi su terreni di caratteristiche paragonabili, si possono assumere:

- peso di volume naturale $\gamma = 1.800 \text{ kg/mc}$;
- indice di plasticità $I_p \approx 20-25\%$.

Condizioni di resistenza al taglioCondizioni non drenate

Per quanto concerne le caratteristiche di resistenza al taglio in condizioni non drenate, viene valutato il valore della coesione non drenata C_u sulla base:

- dei risultati di prove con pocket penetrometer e vane eseguite durante il corso dei sondaggi;

- dei risultati ottenuti ricorrendo all'uso dell'espressione $C_u = q_c - \sigma_v / N_k$

essendo

q_c = resistenza alla punta misurata nelle CPT;

σ_v = pressione verticale totale;

N_k = fattore empirico assunto, nel caso in esame, pari a 16.

Condizioni drenate

In assenza di determinazione diretta, per i terreni coesivi in esame, un valore orientativo dell'angolo di resistenza al taglio ϕ_{NC} viene desunto facendo riferimento a correlazioni del tipo $\phi_{NC} = f(I_p)$ [LADD e altri, 1977].

Per i valori di $I_p \approx 20-25\%$ assunti, si ricava: $\phi_{NC} \approx 28-30^\circ$

Nelle verifiche che seguiranno si farà riferimento a un valore di progetto di 29° .

Essendo i materiali coesivi caratterizzati anche da un, sia pur modesto, effettivo stato di sovraconsolidazione ($OCR \approx 1,5-2$) [Schmertmann, 1978], sembra corretto assumere per gli stessi un valore di coesione in termini efficaci c diverso da zero.

A tale parametro viene assegnato il valore di $0,04 \text{ kg/cmq}$.

1.1.3 PROBLEMATICHE GEOTECNICHE

1.1.3.1 Stabilità delle scarpate

Per quanto concerne le scarpate dei canali, sia nei tratti di risezionamento che nei tratti di nuova costruzione, è stata fissata una pendenza di 1,5 (in sezione orizzontale) su 1 (in direzione verticale) analoga a quella delle scarpate esistenti.

Questa scelta progettuale risulta fondamentalmente giustificata dal fatto che i modesti problemi di instabilità che si sono registrati in passato sono risultati poco numerosi e dovuti a situazioni locali particolari (ad es. in presenza di materiali organici in quantità considerevoli). In queste situazioni, anche con pendenze sensibilmente meno accentuate (es. 2 su 1), l'insorgere di limitati fenomeni di scivolamento di brevi tratti spondali non sarebbe stato evitato.

La valutazione teorica degli effettivi margini di sicurezza nei confronti di fenomeni di instabilità di elementi spondali risulta molto difficoltosa. Ciò principalmente a causa della sostanziale impossibilità di poter quantificare correttamente gli effetti di erosione legati al moto dell'acqua da un lato e le forze messe in gioco dai moti di filtrazione dall'altro.

Si riporta estratto della Tavola del PSC del Comune di Ferrara al fine di inquadrare le zone oggetto di intervento in merito al rischio geotecnico.

