

Regione Emilia-Romagna  
Direzione Generale Cura del Territorio e dell'Ambiente

IDROVIA FERRARESE - 1° LOTTO 1° STRALCIO / PARTE  
DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE BOTTE SIFONE DEL CANALE BIANCO  
ALL'ATTRAVERSAMENTO DEL CANALE BOICELLI

PROGETTO ESECUTIVO

RUP:

Dott. Claudio Miccoli  
REGIONE EMILIA-ROMAGNA  
AGENZIA REGIONALE PER LA SICUREZZA TERRITORIALE E LA PROTEZIONE CIVILE  
SERVIZIO AREA RENO PO DI VOLANO - SEDE DI FERRARA

PROGETTAZIONE:

MC Engineering Srl



SOCIETA' DI INGEGNERIA  
Via Zanardi 157/6 - 40131 Bologna (BO)  
Tel. +39 051 4211945 Fax +39 051 4213490  
E-mail info@studio-chinni.it

Direttore tecnico:  
Ing. Mario Chinni  
(Albo Ingegneri Bologna nr. 4776/A)

Gruppo di lavoro:  
Ing. Giorgio Fantini  
Ing. Cristina Osti  
Geom. Dario Calvanese


Titolo:

RELAZIONE GENERALE

Codice elaborato


1 5 0 9 R 0 0 1 0 E 1

| Data | 14/04/2017 | Archivio   | 1509_R_0010_E_1.pdf | Scala   |             |           |
|------|------------|--|---------------------|---------|-------------|-----------|
|      |            |  |                     |         |             |           |
|      |            |  |                     |         |             |           |
|      |            |  |                     |         |             |           |
|      |            |  |                     |         |             |           |
| 01   | 14/04/2017 | Aggiornamento a seguito istruttoria tecnica del 05/04/2017 |                     | GF      | MC          | MC        |
| 00   | 07/10/2016 | Emissione  |                     | GF      | MC          | MC        |
| Rev. | Data       | Oggetto  |                     | Redatto | Controllato | Approvato |

|   |  |  |                            |
|---|--|--|----------------------------|
| MC Engineering Srl<br>Società di Ingegneria | <br><b>ISO 9001</b><br>LL-C (Certification)<br><br>392876 | Cliente:<br>REGIONE EMILIA ROMAGNA   | Codice:<br>1509-R-0010-E-1 |
|   |  |  | Data:<br>14/04/2017        |
|   |  | Demolizione e ricostruzione della botte<br>sifone del canale Bianco<br>all'attraversamento del canale Boicelli | Relazione Generale         |

## INDICE

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1   | PREMESSA.....   | 2  |
| 2   | NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....  | 4  |
| 3   | ILLUSTRAZIONE DELL'INTERVENTO.....                                    | 5  |
| 3.1 | Nuova Botte Sifone.....   | 6  |
| 3.2 | Fasi esecutive.....   | 7  |
| 3.3 | Opere provvisoriale e consolidamenti .....                            | 8  |
| 4   | INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOTECNICO .....                              | 9  |
| 5   | CARATTERISTICHE DELLE TERRE DI SCAVO .....                            | 11 |
| 6   | LOCALIZZAZIONE CAVE E DISCARICHE .....                                | 13 |
| 6.1 | Cave .....  | 13 |
| 6.2 | Smaltimento rifiuti .....   | 13 |
| 7   | SERVIZI PUBBLICI INTERFERENTI .....                                   | 16 |
| 7.1 | Linee elettriche aeree AT (gestore TERNA) .....                       | 16 |
| 7.2 | Linee elettriche aeree MT (gestore IFM) .....                         | 16 |
| 7.3 | PIPE-LINE(gasdotto - gestore Polimeri Europa).....                    | 17 |
| 7.4 | Linee adduzione acqua (gestore HERA) .....                            | 17 |
| 7.5 | Linee fognarie.....   | 17 |
| 8   | PORTATA RESIDUA DEL CANALE BOICELLI DURANTE LE FASI DI CANTIERE ..... | 19 |
| 9   | AREE OCCUPATE .....   | 21 |
| 10  | TEMPI DI REALIZZAZIONE .....  | 23 |

|  |   |  |   |
|--|---|--|---|
| <b>MC Engineering Srl</b><br>Società di Ingegneria |  <b>ISO 9001</b><br>LL-C (Certification)<br>392876 | Cliente:<br>REGIONE EMILIA ROMAGNA   | Codice: 1509-R-0010-E-1<br>Data: 14/04/2017 |
|  |   | Demolizione e ricostruzione della botte<br>sifone del canale Bianco<br>all'attraversamento del canale Boicelli | Relazione Generale                          |

## 1 PREMESSA

Nelle pagine seguenti vengono illustrati gli aspetti tecnico - funzionali relativi al progetto esecutivo inerenti la demolizione e ricostruzione della botte sifone che attualmente permette il sottopassaggio del canale Boicelli da parte del canale Bianco. L'intervento si inserisce all'interno del più ampio progetto di adeguamento dell'idrovia ferrarese al traffico idroviario di classe V Europea nel tratto che va da Ponte Lagoscuro a Ferrara. L'idrovia Ferrarese è parte del sistema idroviario Padano-Veneto individuato dall'Unione Europea tra i grandi progetti di interesse per lo sviluppo della rete trans europea dei trasporti.

L'idrovia ferrarese collega il Po con il mare Adriatico, partendo da Pontelagoscuro e terminando a Porto Garibaldi, ed attraversando il territorio della Provincia Ferrarese per 70 km, composta dai seguenti tronchi:


- Canale Boicelli (5.5 km da Pontelagoscuro a Ferrara);
- Po di Volano (34.5 km da Ferrara a Fiscaglia di Migliarino);
- Canale navigabile Migliarino-Porto Garibaldi (30 km).

L'intervento in progetto si inserisce all'interno dell'adeguamento del tratto del Canale Boicelli. L'area di intervento viene visualizzata nell'immagine satellitare di Figura 1-1.



**Figura 1-1** – Stralcio immagine satellitare

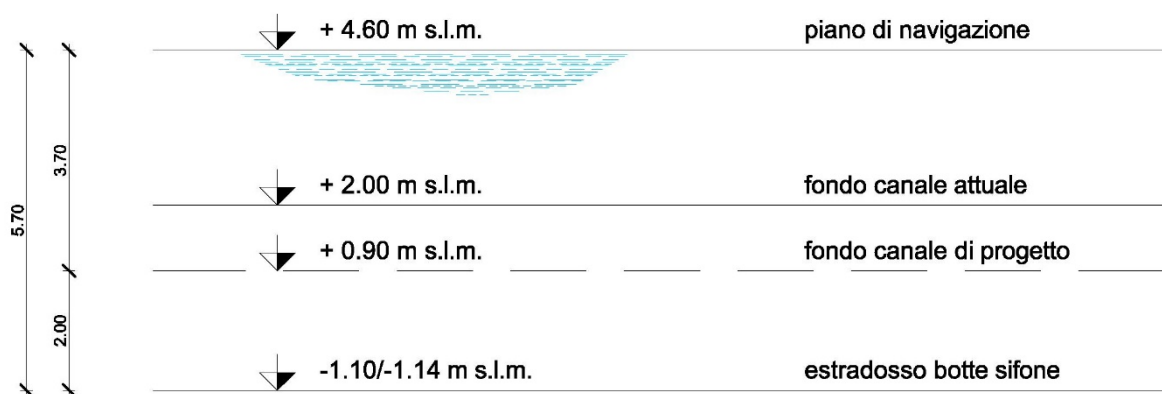
La nuova botte sifone è integrata nel progetto dell'idrovia e della modifica delle sezioni idrauliche previste per il risezionamento del Canale Boicelli, adattata principalmente mediante scavi al fondo e sulle sponde arginali. La quota di fondo del canale attuale, variabile tra 0.90÷3.42 m (quota assoluta, la quota convenzionale del Consorzio di Bonifica I

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| <b>MC Engineering Srl</b><br>Società di Ingegneria |  <b>ISO 9001</b><br><small>LL-C (Certification)</small><br>392876 | Cliente:<br>REGIONE EMILIA ROMAGNA   | Codice: 1509-R-0010-E-1<br>Data: 14/04/2017 |
|  |  | Demolizione e ricostruzione della botte<br>sifone del canale Bianco<br>all'attraversamento del canale Boicelli | Relazione Generale                          |


Circondario Polesine di Ferrara è assunta +10.00 m rispetto alla quota assoluta), viene portata a 0.90 m, la quota di navigazione risulta di 4.60 m, come richiamato in “Progettazione Preliminare, Definitiva ed Esecutiva del nuovo tratto di Idrovia per l'attraversamento della città di Ferrara, dalla conca di Pontelagoscuro all'abitato di Baura (FE)”: Progetto definitivo - 1 Lotto - 1 Stralcio: dalla conca di Pontelagoscuro alla confluenza con il Canale Burana – redatto nell'aprile 2009 da C.Lotti e Associati SpA - CNR - CESI - RPA - S.TE.P, (denominato da ora PD09) con riferimento a: Elaborato 1.5 – Relazione idrologica e idraulica

Per gli aspetti inerenti le specificità idrauliche della botte sifone di nuova costruzione si rimanda all'elaborato: 1509-R-4010-E.

La demolizione della botte sifone esistente è resa quindi necessaria dalla nuova configurazione delle sezioni. La generatrice superiore del tubo sotto il canale è prevista ad una quota variabile tra -1.10 m s.l.m e -1.14 m s.l.m (pendenza del fondo botte pari a 0.1%). Il ricoprimento minimo risulta di circa 2.00 m, valore superiore al franco minimo di 1.50 m (parere AIPO – Settore Navigazione Interna – Prot. 0030657 del 08/11/2012) indicato tra la generatrice superiore del tubo della botte ed il fondo del canale (cfr Figura 1-2).



**Figura 1-2 - Quote altimetriche di riferimento**

|   |   |  |                            |
|---|---|--|----------------------------|
| MC Engineering Srl<br>Società di Ingegneria | <br>392876 | Cliente:<br>REGIONE EMILIA ROMAGNA   | Codice:<br>1509-R-0010-E-1 |
|   |   | Demolizione e ricostruzione della botte<br>sifone del canale Bianco<br>all'attraversamento del canale Boicelli | Data:<br>14/04/2017        |
|   |   |  | Relazione Generale         |

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Decreto Ministero delle Infrastrutture del 14 gennaio 2008. - Norme Tecniche per le Costruzioni (G.U. n. 29 del 04/02/2008 - Suppl. Ordinario n.30)
- CSLLPP - Circolare 2 febbraio 2009, n.617. – Nuova Circolare delle Norme Tecniche per le Costruzioni (G.U. n. 27 del 26/02/2009 – Suppl. Ordinario n. 27)
- UNI EN 1990 : Eurocodice - Criteri generali di progettazione strutturale
- UNI EN 1991: Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture
- UNI EN 1992: Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo
- UNI EN 1993: Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture in acciaio
- UNI EN 1994: Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio - calcestruzzo
- UNI EN 1997: Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica
- UNI EN 1998: Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica
  
- UNI EN 1536: "Esecuzione di Lavori Geotecnici Speciali: Pali trivellati"
- UNI EN 12716: "Esecuzione di Lavori Geotecnici Speciali: Getti per Iniezione (Jet Grouting)"
- UNI EN 12063: "Esecuzione di Lavori geotecnici speciali – Palancolate"
  
- D. Lgs. 03 aprile 2006 n. 152 – Norme in materia ambientale

|  |   |  |   |
|--|---|--|---|
| <b>MC Engineering Srl</b><br>Società di Ingegneria |  <b>ISO 9001</b><br>LL-C (Certification)<br>392876 | Cliente:<br>REGIONE EMILIA ROMAGNA   | Codice: 1509-R-0010-E-1<br>Data: 14/04/2017 |
|  |   | Demolizione e ricostruzione della botte<br>sifone del canale Bianco<br>all'attraversamento del canale Boicelli | Relazione Generale                          |

### 3 ILLUSTRAZIONE DELL'INTERVENTO


L'intervento consiste nella costruzione di una nuova botte sifone della sezione interna di 3.00 x 3.00 m e la successiva demolizione dell'attuale botte sifone costituita da due condotte di sezione interna di 2.00 x 2.00 m. L'attuale botte sifone rimarrà in funzione fino al completamento del nuovo manufatto, evitando così la necessità dell'utilizzo di pompe di aggettamento nel periodo di demolizione e ricostruzione della botte a sifone previsto nel progetto preliminare. Tale soluzione è stata resa possibile attraverso la previsione di un nuovo posizionamento della botte sifone spostato verso sud e la realizzazione di tracciato provvisorio nelle fasi di realizzazione della nuova botte.

Il progetto prevede la realizzazione di un primo tratto di manufatto, impostato con fondazione a -5.20/-5.25, partendo dall'argine sinistro del Canale Boicelli, prevedendo delle opere provvisorie formate da palancole con testa a 6.0 m, infisse a formare una camera di forma rettangolare di dimensione interna di 29.4 m x 12.3 m. Entro la camera di lavoro avranno quindi luogo le opere di prima fase di aggettamento al fondo canale (+1.50 m slm), l'esecuzione del consolidamento mediante colonne consolidate bifluido (jet grouting), con lunghezza consolidata dal piede delle palancole al fondo scavo previsto (quota fondo scavo -5.35 m slm, lunghezza colonne Jet grouting 9.65 m). Successivamente, inseriti i puntelli di irrigidimento, si procederà a completare lo scavo e a costruire la prima porzione di sifone, compreso il pozzetto in argine sinistro. Per collegare i due tratti si prevede di costruire un muro di contenimento, collegato al tubo del sifone e immorsato nel jet grouting, che sostituirà su tale lato le palancole nella fase successiva (tale muro sarà successivamente demolito). Al completamento della struttura in cls, che prevede un'impermeabilizzazione esterna, si prevede il riempimento e la ricostituzione del profilo della sezione del canale alla quota attuale e l'estrazione delle palancole che verranno reimpiegate per il completamento della botte sifone seguendo le stesse fasi precedentemente descritte, partendo dall'argine destro. In questa fase le palancole formeranno un'area rettangolare della dimensione interna di 27.4 m x 12.3 m.

Lo scavo verrà eseguito mediante gru a torre, fondata su pali trivellati di grande diametro, dotata di benna mordente. Tutte le movimentazioni interne alla camera di lavoro verranno eseguite con le medesime modalità.

A protezione dell'argine del canale Boicelli interessato dai lavori è prevista la messa in opera di una scogliera di protezione estesa sia agli argini che al fondo canale, estesa 20 m al fine di consolidare le aree di lavorazione. La quota di estradosso del rivestimento fondale sarà posizionato in modo tale da non dover essere rimosso nella fase di approfondimento del canale Boicelli. Nelle fasi di realizzazione della scogliera si prevede l'installazione di palancole a protezione dei lavori per le aree arginali, con quota di testa a 6.00 m e lunghezza 12.00 m, con esclusioni delle palancole in corrispondenza della nuova botte sifone che avranno lunghezza minore (L=6.50 m) per evitare il contatto con il manufatto realizzato. La posa del fondo del canale Boicelli è previsto avvenga tramite pontone.

In sponda sinistra, in funzione dei limitati spazi a disposizione, è previsto il collegamento tra il sifone ed il canale Bianco mediante un tombinamento a sezione rettangolare. Per non interrompere la continuità del servizio idraulico fornito dal canale Bianco si prevede di realizzare una deviazione temporanea del canale mediante la costruzione sul lato Nord di una doppia fila di palancole poste a distanza di 5.0 m con puntelli di irrigidimento in testa. La fase di passaggio tra il sedime

|   |  |  |                    |                 |
|---|--|--|--------------------|-----------------|
| MC Engineering Srl<br>Società di Ingegneria | <br><b>ISO 9001</b><br>I.I.-C (Certification)<br><br>392876 | Cliente:   | Codice:            | 1509-R-0010-E-1 |
|   |  | REGIONE EMILIA ROMAGNA   | Data:              | 14/04/2017      |
|   |  | Demolizione e ricostruzione della botte<br>sifone del canale Bianco<br>all'attraversamento del canale Boicelli | Relazione Generale |                 |

attuale del canale Bianco e la deviazione temporanea e tra quest'ultima e il sedime definitivo modificato del canale Bianco dovrà avvenire in periodi in cui è presente una bassa portata in modo da permettere al Consorzio di Bonifica della Pianura di Ferrara di provvedere eventualmente all'intercettazione della portata mediante le pompe idrovore presenti nell'impianto del "Betto" con chiusura della paratoia esistente sul canale. Dovranno perciò essere evitate le date della stagione irrigua (dal 21/04 al 30/09) e periodi in cui sono previste piogge intense o continuative. Comunque, prima di procedere alla deviazione del canale, dovranno essere presi opportuni accordi con il Consorzio di Bonifica. Nella fase di attivazione dell'impianto idrovoro del "Betto" dovrà comunque essere presente un sistema di pompaggio in grado di garantire una portata di 200 l/s per lo smaltimento delle acque di infiltrazione e di quelle non intercettabili dal sistema del Consorzio come da richiesta espressa durante il tavolo tecnico del 07/10/2016.

Si provvederà anche alla risagomatura del fondo del canale Bianco che attualmente risulta parzialmente riempito da depositi di fondo rispetto alla quota di scorrimento della bocca dell'attuale botte sifone. Tale risagomatura sarà realizzata a monte del tratto rivestito con massi per una lunghezza di 20 m, mentre nel tratto a valle sarà estesa per tutto il tratto compreso tra il rivestimento in massi e il sottopasso della SS 16.

La presenza di scarichi fognari in corrispondenza delle opere da realizzare comportano la necessità di prevedere la deviazione degli stessi sia in fase di cantiere sia in fase definitiva. Sul lato Est del canale Boicelli sono presenti 5 condotte fognarie che scaricano direttamente nella parte a cielo aperto del canale Bianco, due in corrispondenza del lato nord, di cui uno in corrispondenza del tratto rivestito e uno che emerge subito a valle dello stesso tratto (tubo che risulta dismesso) e tre sul lato sud del canale Bianco di cui uno in corrispondenza del tratto rivestito, mentre gli altri due emergono a valle di tale tratto. In fase di realizzazione del tratto tombinato occorrerà verificare se la tubazione presente a nord sia attiva (non risulta al Consorzio di Bonifica della Pianura di Ferrara alcuna concessione allo scarico e in questa fase non risulta possibile la determinazione dell'origine dello scarico) ed eventualmente provvedere alla raccolta e lo scarico mediante pompa non essendo sufficiente lo spazio residuo tra il palancolato di deviazione provvisorio e la fascia di rispetto della condotta pipe-line della Polimeri Europa. A palancolato provvisorio rimosso occorrerà prevedere alla loro collocazione interrata. Per gli scarichi a sud è possibile prevedere la realizzazione degli scarichi già in configurazione definitiva per i due più a ovest, mentre per quello più a est è possibile mantenere lo scarico nella posizione attuale.

A deviazione completata si prevede di aggottare l'acqua dalla botte sifone esistente, riempire i pozzetti ed il tratto al di sotto dell'argine con conglomerato cementizio, e procedere alla demolizione della parte centrale della condotta. A seguito della demolizione del vecchio tubo della botte sifone, si dovrà procedere alla ricostituzione del profilo del canale Boicelli alla configurazione attuale.


### 3.1 Nuova Botte Sifone

Data la natura particolarmente aggressiva dell'ambiente di inserimento del manufatto il cls dovrà avere classe di esposizione adeguata. È prevista la classe di esposizione XA3.

Il tubo del sifone e dei pozzetti è a sezione quadrata di dimensioni interne 3.00 m x 3.00 m.

Lo sviluppo in piano della botte è di poco superiore a 50 m e la generatrice superiore del tubo sotto il fondo del canale è impostata a quota -1.10 m slm (-1.14 considerando la pendenza dello 0.1% del tubo sotto il fondo del canale). I pozzetti



|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| <b>MC Engineering Srl</b><br>Società di Ingegneria |  <b>ISO 9001</b><br><small>LL-C (Certification)</small><br>392876 | Cliente:<br>REGIONE EMILIA ROMAGNA   | Codice: 1509-R-0010-E-1<br>Data: 14/04/2017 |
|  |  | Demolizione e ricostruzione della botte<br>sifone del canale Bianco<br>all'attraversamento del canale Boicelli | Relazione Generale                          |

lateralali hanno sviluppo in altezza di circa 8-9 m (l'estradosso dei pozzetti si colloca a circa 7.1 m e 7.9 m slm in corrispondenza delle sommità degli argini) e prevedono una riduzione della sezione per favorire i passaggi delle linee degli Enti lungo l'argine, mantenendo comunque una dimensione idonea al passaggio degli addetti alle manutenzioni. Il collegamento in destra idraulica con il canale Bianco è previsto con un tombinamento della stessa sezione del sifone con uno sviluppo di circa 48.4 m e fondazione impostata alle quote da 0.50 m slm allo sbocco, con sbocco mediante manufatto con sviluppo di 7.25 m. In sinistra idraulica il collegamento tra il canale e la botte a sifone avviene con un manufatto di sviluppo pari a 8.90 m con quota di scorrimento coincidente con la quota attuale del canale risagomato, pari a 0.50 m slm. Il sifone prevede un'impermeabilizzazione, su tutta la parte esterna, con membrana bitumata armata con geotessile non tessuto di spessore complessivo di 4 mm.


### 3.2 Fasi esecutive

Le fasi esecutive generali sono riportate nell'elaborato grafico 1509-X-0070-E. In sintesi possono riassumersi nei seguenti punti:

- 1) Sezionamento e spostamento interferenze, inserimento strutture provvisorie di contenimento e di guida alla navigazione e realizzazione della prima parte della botte sifone e successivo riempimento seguendo il profilo della sezione con predisposizione scogliera di protezione;
- 2) Rimozione strutture provvisorie di 1° fase, inserimento strutture provvisorie di contenimento e di guida alla navigazione e realizzazione del completamento della botte sifone e successivo riempimento seguendo il profilo della sezione con predisposizione scogliera di protezione. In questa fase si prevede la realizzazione di una parte della condotta di collegamento con lo sbocco (per una lunghezza di 1.5 m) al fine da fungere da appoggio alla condotta temporanea della fognatura in pressione gestione HERA;
- 3) Rimozione strutture provvisorie di 2° fase, deviazione scarichi fognari presenti e predisposizione deviazione fognatura in pressione gestione HERA, inserimento strutture provvisorie per deviazione canale Bianco e imbocco, realizzazione di parte della scogliera in corrispondenza dello sbocco della condotta e completamento collegamenti e sbocchi;
- 4) Rimozione strutture provvisorie imbocco, costruzione arginature nuova sagoma canale Bianco, realizzazione palancolato e scogliera canale Boicelli e scogliera residua canale Bianco, rimozione parziale palancolato di deviazione ed attivazione della botte sifone di nuovo impianto
- 5) Aggottamento acqua botte sifone da dismettere, predisposizioni per la demolizione, riempimento pozzetti con cls magro, completamento riempimento relitto canale Bianco, collegamenti scarichi esistenti definitivi;
- 6) Costruzione rampa di ingresso all'argine mezzi di servizio, demolizione della botte sifone dismessa nel tratto di tubo sotto il fondo del canale e ripristino sagoma sezione canale Boicelli.

Nella 3° e 4° fase è necessario prendere accordi con il Consorzio di Bonifica della Pianura di Ferrara al fine di concordare le fasi di deviazione del Canale Bianco.



|  |   |  |   |
|--|---|--|---|
| <b>MC Engineering Srl</b><br>Società di Ingegneria |  <b>ISO 9001</b><br>LL-C (Certification)<br>392876 | Cliente:<br>REGIONE EMILIA ROMAGNA   | Codice: 1509-R-0010-E-1<br>Data: 14/04/2017 |
|  |   | Demolizione e ricostruzione della botte<br>sifone del canale Bianco<br>all'attraversamento del canale Boicelli | Relazione Generale                          |

### 3.3 Opere provvisionali e consolidamenti

Le fasi operative delle opere provvisionali per la realizzazione delle camere di lavoro sono riportate nell'elaborato grafico 1509-X-0071-E. Le fasi operative delle opere provvisionali per la realizzazione della deviazione temporanea del canale Bianco, delle guide per la navigazione, la protezione dell'imbocco e delle aree di lavoro per la realizzazione delle scogliere di protezione dell'argine del canale Boicelli sono riportate nell'elaborato 1509-X-0070-E.

Le palancole per la creazione delle camere di lavoro per la realizzazione della botte sifone all'interno dell'alveo del canale Boicelli, per la deviazione temporanea del canale Bianco, delle protezioni dell'imbocco e dello sbocco, per la protezione delle fasi di realizzazione delle scogliere arginali del canale Boicelli e per la guida per la navigazione sono previste con profili a Z sono del tipo AZ44-700 (in acciaio di grado S355 GP). Gli elementi di contrasto ed i puntelli sono profili in acciaio S355J0. Gli elementi di contrasto ed i puntelli previsti per la deviazione temporanea del canale Bianco sono profili in acciaio S355J0.


Per le palancole di protezione delle camere di lavoro all'interno del canale Boicelli si prevede una quota di testa a quota 6.0 m s.l.m. e lunghezza di 21 m. Scavi ed altezza del battente d'acqua devono tenere conto delle quote di progetto attuali. Le palancole di navigabilità e di protezione per la realizzazione della scogliera avranno una quota di testa pari a 6.0 m s.l.m. e lunghezza di 12 m (con esclusione di quelle da realizzarsi in corrispondenza della nuova botte sifone che dovranno avere una lunghezza massima di m. 6.50 al fine di non danneggiare il manufatto realizzato), mentre le palancole di protezione dell'imbocco e di deviazione temporanea del canale Bianco presenteranno lunghezza di 8.0 m.

La normativa che regola l'esecuzione delle palancole è la UNI EN 12063: Esecuzione di Lavori geotecnici speciali – Palancole.

Il sifonamento del fondo scavo e la resistenza a valle delle palancole viene garantito da un consolidamento mediante la formazione di colonne consolidate ad elevata pressione (jet grouting bifluido) da mettere in opera entro il perimetro formato dalle palancole. Le colonne sono di diametro 1200 mm e sono disposte a quinconce con disposizione angolare di 60° in modo da non lasciare vuoti di iniezione. Le colonne sono iniettate dalla quota di base delle palancole fino al fondo scavo ed avranno anche il compito di garantire maggiore resistenza al terreno di sedime del tubo e dei pozzetti del sifone.

Le caratteristiche di esecuzione delle colonne consolidate dovranno essere valutate sulla base delle risultanze di un campo prove preventivo all'esecuzione dei lavori. La normativa che regola l'esecuzione del jet grouting è la UNI EN 12716: "Esecuzione di Lavori Geotecnici Speciali: Getti per Iniezione (Jet Grouting)"

La presenza di gru a torre, previste per le movimentazioni e gli scavi di cantiere, richiede l'esecuzione di pali trivellati di fondazione le cui caratteristiche verranno definite in fase costruttiva sulla base delle caratteristiche delle azioni derivanti dalla gru. I pali saranno eseguiti in conformità alla Norma UNI EN 1536: "Esecuzione di Lavori Geotecnici Speciali: Pali trivellati".

|   |  |  |                    |                 |
|---|--|--|--------------------|-----------------|
| MC Engineering Srl<br>Società di Ingegneria |  <b>ISO 9001</b><br>U-C (Certification)<br><br>392876 | Cliente:   | Codice:            | 1509-R-0010-E-1 |
|   |  | REGIONE EMILIA ROMAGNA   | Data:              | 14/04/2017      |
|   |  | Demolizione e ricostruzione della botte<br>sifone del canale Bianco<br>all'attraversamento del canale Boicelli | Relazione Generale |                 |

#### 4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOTECNICO

Risultano di riferimento generale gli elaborati compresi nella “Progettazione Preliminare, Definitiva ed Esecutiva del nuovo tratto di Idrovia per l'attraversamento della città di Ferrara, dalla conca di Pontelagoscuro all'abitato di Baura (FE)”: Progetto definitivo - 1 Lotto - 1 Stralcio: dalla conca di Pontelagoscuro alla confluenza con il Canale Burana – redatto nell'aprile 2009 da C.Lotti e Associati SpA - CNR - CESI - RPA - S.TE.P, con particolare riferimento a:

- Elaborato 1.2.1 – Relazione Geologica
- Elaborato 1.3.1 – Relazione Geotecnica
- Elaborato 1.4 – Indagini geognostiche

e per gli aspetti specifici del progetto della botte sifone:

- Elaborato 1509-R-6010-E – Relazione Geotecnica
- Elaborato 1509-R-6011-E – Indagini Geognostiche
- Elaborato 1509-R-6020-E – Relazione Sismica
- Elaborato 1509-G-6000-E – Ubicazione Indagini e Stratigrafia


Il territorio comunale di Ferrara ricade in un'area caratterizzata in superficie dall'affioramento dei depositi olocenici della piana deltizia del fiume Po.

La successione stratigrafica dell'area è il risultato di alterne vicende legate all'avanzamento e all'arretramento della linea di costa in concomitanza alle fluttuazioni climatiche ed eustatiche ed agli accentuati fenomeni tettonici e di subsidenza che interessano il territorio in esame sin dai tempi geologici remoti. La pluralità degli ambienti deposizionali, sia a livello spaziale che temporale, causa un'elevata variabilità litologica degli strati costituiti da sabbie, limi e argille.

Dal punto di vista geomorfologico, il sito di progetto si inserisce nel sistema della pianura padana, ad una quota altimetrica di circa 6 m s.l.m.

Le prove CPTU integrative hanno evidenziato una stratigrafia caratterizzata da alternanze di limi argillosi ed argille limose che poggiano su sabbie addensate, in particolare:

- *CPTU 1*
  - Da 3.57 m slm a 2.69 m slm è stata riscontrata la presenza di sabbia limosa/limo sabbioso; la velocità delle onde di taglio presenta un valore medio di 156 m/s e la resistenza alla penetrazione (CPTU) mostra un valore medio di 4 MPa;
  - Da 2.69 m slm a -9.35 m slm è presente uno strato di argilla/argilla limosa, con lenti di sabbia limosa e terreno organico; la storia tensionale del deposito presenta un grado di sovraconsolidazione medio modesto (OCR =

|   |   |  |         |                    |
|---|---|--|---------|--------------------|
| MC Engineering Srl<br>Società di Ingegneria |  <b>ISO 9001</b><br>LL-C (Certification)<br><br>392876 | Cliente:   | Codice: | 1509-R-0010-E-1    |
|   |   | REGIONE EMILIA ROMAGNA   | Data:   | 14/04/2017         |
|   |   | Demolizione e ricostruzione della botte<br>sifone del canale Bianco<br>all'attraversamento del canale Boicelli |         | Relazione Generale |

2.88). La velocità delle onde di taglio presenta un valore medio di 146 m/s e la resistenza alla penetrazione (CPTU) mostra un valore medio di 0.90 MPa;

- Da -9.35 m slm a -24.78 m slm è stata riscontrata la presenza di sabbia pulita a sabbia limosa/limo sabbioso con un valore di resistenza alla punta medio pari all'incirca a 14 MPa; la velocità delle onde di taglio presenta un valore medio di 266 m/s.
- *CPTU 2*
  - Da 7.39 m slm a 5.07 m slm è presente uno strato di sabbia limosa/limo sabbioso; la velocità delle onde di taglio presenta un valore medio di 163 m/s e la resistenza alla penetrazione (CPTU) mostra un valore medio di 2.6 MPa;
  - Da 5.07 m slm a -9.75 m slm è stata riscontrata la presenza di limo argilloso/argilla limosa intervallato da terreno organico ed è presente una lente di sabbia limosa/limo sabbioso; la storia tensionale del deposito presenta un grado di sovraconsolidazione medio modesto ( $OCR = 2.7$ ). La velocità delle onde di taglio presenta un valore medio di 169 m/s e la resistenza alla penetrazione (CPTU) mostra un valore medio di 1.2 MPa;
  - Da -9.75 a -27.39 m slm è presente uno strato di sabbia pulita a sabbia limosa/limo sabbioso con la presenza di una lente di argilla/argilla limosa. La resistenza alla punta presenta un valore medio di 17 MPa e la velocità delle onde di taglio mostra un valore medio di 289 m/s.

Il livello di falda è risultato a profondità di 3.20 m dal pc (0.77 m slm, CPTU 1) e di 6.40 m dal pc (1.55 m slm, CPTU 2) nel dicembre 2015.

|   |  |  |         |                 |
|---|--|--|---------|-----------------|
| MC Engineering Srl<br>Società di Ingegneria | <br><b>ISO 9001</b><br>LL-C (Certification)<br><br>392876 | Cliente:   | Codice: | 1509-R-0010-E-1 |
|   |  | REGIONE EMILIA ROMAGNA   | Data:   | 14/04/2017      |
|   |  | Demolizione e ricostruzione della botte sifone del canale Bianco all'attraversamento del canale Boicelli |         |                 |
|   |  | Relazione Generale   |         |                 |

## 5 CARATTERISTICHE DELLE TERRE DI SCAVO

A seguito di una vasta campagna di indagine ambientale eseguita dalla Provincia di Ferrara nel 2009 e 2010, inerente l'istruttoria per la procedura di VIA del PD09, è risultata l'aggressività ambientale dei materiali di scavo in alcuni punti del percorso del Canale Boicelli.

In particolare dalle indagini risulta un tratto con idrocarburi pesanti oltre i limiti della tabella B del DL 152/06 a valle dell'intervento, in corrispondenza dei campionamenti eseguiti a cavallo del ponte Betto. Tale area risulta in corrispondenza delle attività legate alle industrie petrolchimiche.


Il materiale da scavare in corrispondenza dell'intervento di rifacimento della botte sifone del canale Bianco non risulta invece oggetto di inquinamento tale da risultare non conforme al riutilizzo.

Il volume dei materiali di scavo in alveo prodotto dalla costruzione della nuova botte sifone risulta di circa 9740 m<sup>3</sup>, a cui aggiungere i materiali derivanti allo scavo necessario per la demolizione della botte sifone dismessa per un volume di circa 910 m<sup>3</sup> e i materiali derivanti dalla costruzione delle protezioni arginali per un volume di 1600 m<sup>3</sup>. Ai volumi predetti occorre aggiungere il materiale derivante dagli scavi in corrispondenza delle aree arginali e di riprofilatura del canale Bianco per un volume di circa 5010 m<sup>3</sup>.

I profili chimici dei terreni nell'area di intervento rilevati durante il campionamento del 2009 (punto prelievo n. 4) hanno evidenziato concentrazioni di Zinco (Zn) e Idrocarburi pesanti (C> 12) superiori ai limiti di colonna A della tabella 1 dell'allegato 5 – parte quarta del D.Lgs. 152/06 (riutilizzo per siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale), ma comunque inferiori ai limiti della colonna B (riutilizzo per siti ad uso Commerciale e Industriale).

Un approfondimento di indagine del 2015 nell'ambito del progetto del risezionamento del canale Boicelli (punto prelievo n. 4-1 - Rapporto di prova N. 8626/2015 del 30/04/2015 emesso da Studio Alfa di Reggio Emilia) ha confermato la presenza di idrocarburi pesanti (C > 12) al di sopra del limite della colonna A, pur mantenendosi al di sotto del limite della colonna B della tabella 1 dell'allegato 5 – parte quarta del D.Lgs. 152/06.

| Elemento          | Campione 4<br>campagna 2009               | Campione 415                              | Limiti D.Lgs. 152/06<br>colonna A         | Limiti D.Lgs. 152/06<br>colonna B         |
|-------------------|---|---|---|---|
|                   | (mg·kg <sup>-1</sup> espressi<br>come ss) | (mg·kg <sup>-1</sup> espressi<br>come ss) | (mg·kg <sup>-1</sup> espressi<br>come ss) | (mg·kg <sup>-1</sup> espressi<br>come ss) |
| Arsenico (As)     | 10.3                                      | -   | 20  | 50  |
| Cadmio (Cd)       | 0.43                                      | -   | 2   | 15  |
| Cromo totale (Cr) | 73  | -   | 150                                       | 800                                       |
| Mercurio (Hg)     | 0.2                                       | -   | 1   | 5   |
| Nichel (Ni)       | 77  | -   | 120                                       | 500                                       |
| Piombo (Pb)       | 12.4                                      | -   | 100                                       | 1000                                      |

|   |  |  |                    |                 |
|---|--|--|--------------------|-----------------|
| MC Engineering Srl<br>Società di Ingegneria | <br><b>ISO 9001</b><br>LL-C (Certification)<br><br>392876 | Cliente:   | Codice:            | 1509-R-0010-E-1 |
|   |  | REGIONE EMILIA ROMAGNA   | Data:              | 14/04/2017      |
|   |  | Demolizione e ricostruzione della botte<br>sifone del canale Bianco<br>all'attraversamento del canale Boicelli | Relazione Generale |                 |


|   |            |            |     |      |
|---|------------|------------|-----|------|
| Rame (Cu)                               | 31         | -          | 120 | 600  |
| Stagno (Sn)                             | 1          | -          | 1   | 350  |
| Zinco (Zn)                              | <b>242</b> | -          | 150 | 1500 |
| Idrocarburi policiclici aromatici (IPA) | 0.25       |            |     |      |
| Policlorobifenili (PCB)                 | 0.014      |            |     |      |
| Idrocarburi leggeri (C<12)              | <1.0       | -          | 10  | 250  |
| Idrocarburi pesanti (C>12)              | <b>290</b> | <b>440</b> | 50  | 750  |

**Tab. 5.1 Concentrazioni e soglie di contaminazione nel suolo, sottosuolo e nelle acque sotterranee.**

Conformemente alle risultanze delle analisi di cui sopra e in considerazione della destinazione d'uso del sito (area industriale) si ritiene idoneo il riutilizzo dei materiali derivanti dagli scavi per il rinterro degli stessi, con esclusione dei lavori di ripristino arginale del canale Boicelli, per il quale si prevede il ricorso a materiale idoneo proveniente da cave costituito da terreno di classe A5-A6 (UNI 11531-1.) .

Occorre inoltre evidenziare che i materiali presenti nel fondo del canale Boicelli saranno rimossi fino alla quota di +0.90 m s.l.m. in occasione della realizzazione del progetto di risezionamento per adeguamento dell'Idrovia Ferrarese.

Dal bilancio delle terre all'interno dell'area di cantiere risulta possibile il riutilizzo parziale in loco delle terre scavate, risultando un eccesso di circa 4755 m<sup>3</sup> da conferire in discarica.

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| <b>MC Engineering Srl</b><br>Società di Ingegneria |  <b>ISO 9001</b><br>U-C (Certification)<br>392876 | Cliente:<br>REGIONE EMILIA ROMAGNA   | Codice: 1509-R-0010-E-1<br>Data: 14/04/2017 |
|  |  | Demolizione e ricostruzione della botte<br>sifone del canale Bianco<br>all'attraversamento del canale Boicelli | Relazione Generale                          |

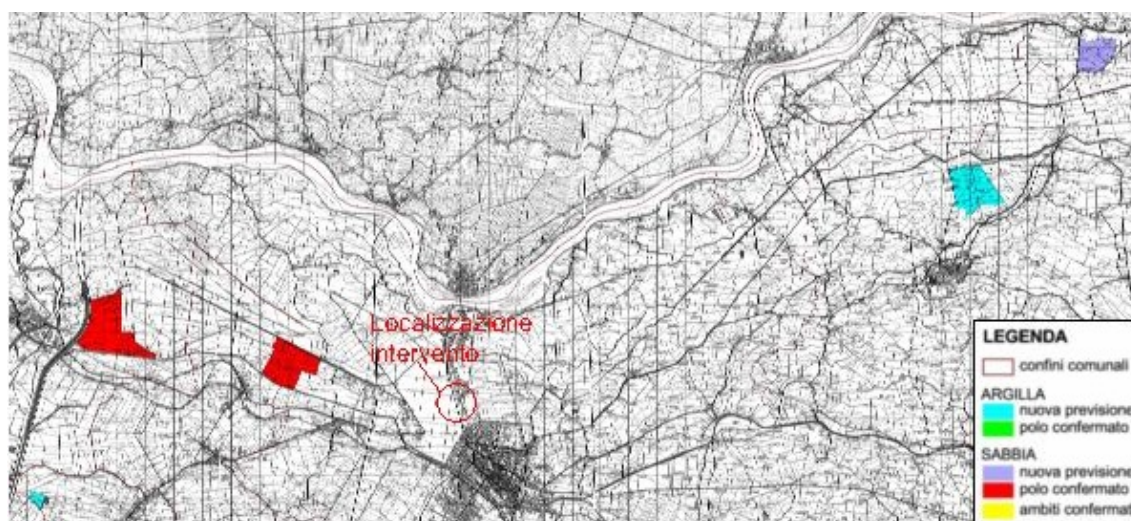
## 6 LOCALIZZAZIONE CAVE E DISCARICHE

Nel presente capitolo si riporta la localizzazione delle cave e discariche (impianti di recupero) presenti nel territorio.

### 6.1 Cave

Per il reperimento dei materiali necessari per l'esecuzione dell'opera si prevede di ricorrere alle cave esistenti nelle vicinanze dell'area di intervento. In particolare risulta necessario reperire circa 2080 m<sup>3</sup> di materiale di tipo coesivo (appartenente ai gruppi A5 e A6 della classifica di cui alla Norma UNI 11531-1) per la realizzazione dei corpi arginali e delle aree limitrofe esterne all'alveo. Risulterà inoltre necessario provvedere al reperimento di pietrame calcareo per la realizzazione delle scogliere per la protezione arginale per un volume di circa 828 m<sup>3</sup>.

Come si evince dalla tavola relativa alla localizzazione dei poli estrattivi (Figura 6-1, tratta dal *PIAE 2009-2028 della Provincia di Ferrara, tavole 5.2 e 5.3*) nei pressi della zona di intervento sono presenti nuove cave di previsione per l'estrazione di materiale argilloso, riportate in ciano, ad una distanza di 16 km ad ovest della zona di intervento e di 33 km ad est della stessa. Sono inoltre presenti poli confermati per l'estrazione di materiale sabbioso, riportati in rosso, rispettivamente ad una distanza dalla zona di intervento di circa 7 km e 16 km, una nuova previsione di polo di estrazione di materiale sabbioso, riportato in viola ad una distanza di circa 40 km.




**Figura 6-1** - Localizzazione poli estrattivi (PIAE 2009/2028)

### 6.2 Smaltimento rifiuti

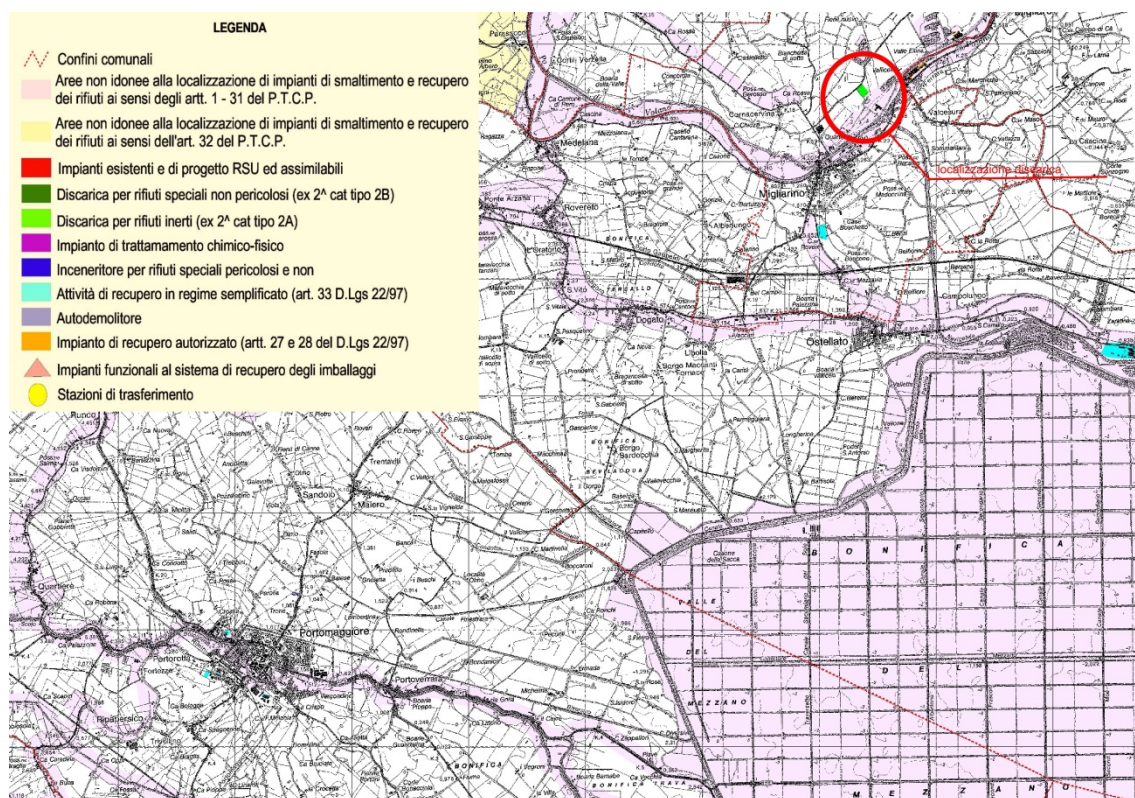
Per lo smaltimento dei materiali provenienti dagli scavi, di cui la maggior parte viene riutilizzata all'interno del cantiere, risulta necessaria l'individuazione di discariche per materiali provenienti dagli scavi per un volume pari a circa 4755 m<sup>3</sup>. Risulta necessaria inoltre l'individuazione di discariche per materiali inerti derivanti dalle demolizioni per un volume di circa 275 m<sup>3</sup>.



|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| <b>MC Engineering Srl</b><br>Società di Ingegneria | <br><b>ISO 9001</b><br>U.C. (Certification)<br>392876 | Cliente:<br>REGIONE EMILIA ROMAGNA   | Codice: 1509-R-0010-E-1<br>Data: 14/04/2017 |
|  |  | Demolizione e ricostruzione della botte<br>sifone del canale Bianco<br>all'attraversamento del canale Boicelli | Relazione Generale                          |


Come si evince dalla tavola relativa agli impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti (Figura 6-3 Figura 6-1, tratte dal *Piano Provinciale dei Rifiuti della Provincia di Ferrara, Allegato C/1*) nei pressi della zona di intervento sono presenti due discariche per i rifiuti inerti:

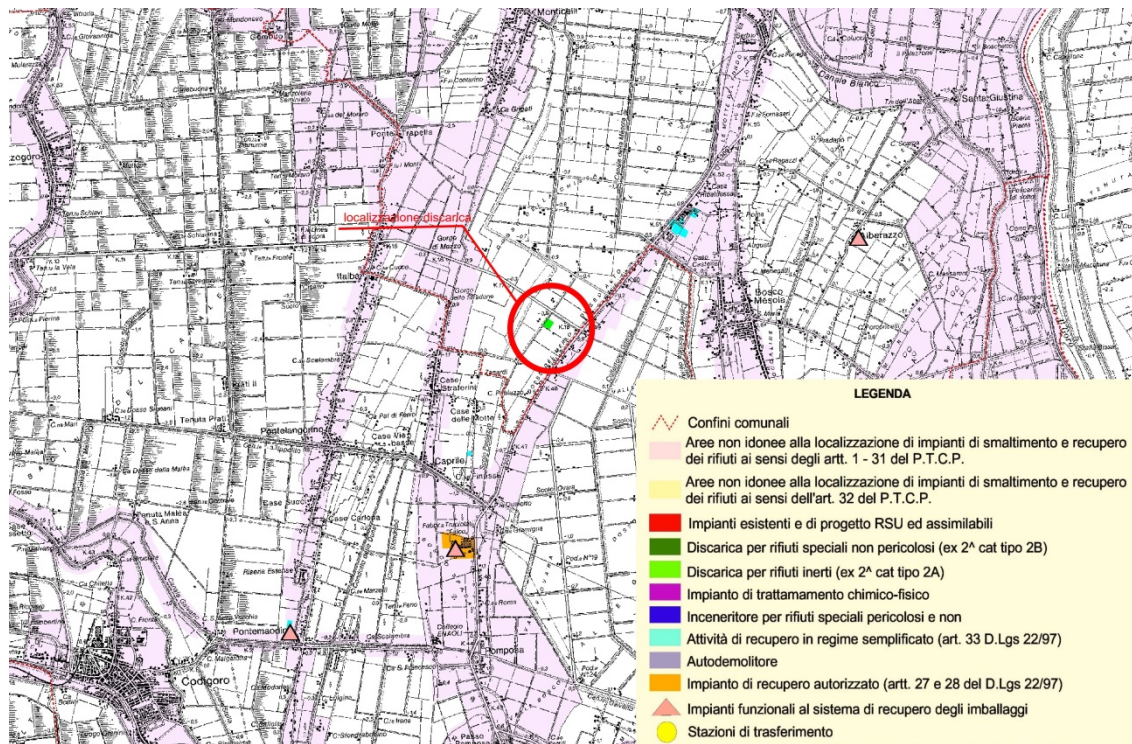
- Discarica nei pressi di Migliarino a circa 40 km dall'intervento (Figura 6-2);
- Discarico nei pressi di Mesola a circa 53.2 km dall'intervento (Figura 6-3).



**Figura 6-2** – Estratto All. C/1-tav.7 – Impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti, in attività e previsti, sulla base della rappresentazione delle aree non idonee (Piano Provinciale di Gestione dei Rifiuti – Provincia di Ferrara) – Localizzazione discarica per rifiuti inerti nei pressi di Migliarino



|   |  |  |                    |                 |
|---|--|--|--------------------|-----------------|
| MC Engineering Srl<br>Società di Ingegneria | <br><b>ISO 9001</b><br>U.C. (Certification)<br><br>392876 | Cliente:   | Codice:            | 1509-R-0010-E-1 |
|   |  | REGIONE EMILIA ROMAGNA   | Data:              | 14/04/2017      |
|   |  | Demolizione e ricostruzione della botte<br>sifone del canale Bianco<br>all'attraversamento del canale Boicelli | Relazione Generale |                 |



**Figura 6-3** – Estratto All. C/1-tav.4 – Impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti, in attività e previsti, sulla base della rappresentazione delle aree non idonee (Piano Provinciale di Gestione dei Rifiuti – Provincia di Ferrara) – Localizzazione discarica per rifiuti inerti nei pressi di Mesola

|  |   |  |   |
|--|---|--|---|
| <b>MC Engineering Srl</b><br>Società di Ingegneria |  <b>ISO 9001</b><br>LL-C (Certification)<br>392876 | Cliente:<br>REGIONE EMILIA ROMAGNA   | Codice: 1509-R-0010-E-1<br>Data: 14/04/2017 |
|  |   | Demolizione e ricostruzione della botte<br>sifone del canale Bianco<br>all'attraversamento del canale Boicelli | Relazione Generale                          |

## 7 SERVIZI PUBBLICI INTERFERENTI


All'interno dell'area di intervento sono presenti linee di servizi pubblici che, essendo interferenti con le lavorazioni, dovranno essere protette, delocalizzate o adeguate prima dell'inizio dei lavori al fine di rendere possibile la realizzazione del manufatto. Le linee rilevate all'interno dell'area sono le seguenti:

### 7.1 Linee elettriche aeree AT (gestore TERNA)

Sono presenti tre linee aeree ad Alta Tensione potenzialmente interferenti con le opere in progetto. In particolare sono presenti due linee trasversali ed una linea parallela (sull'argine est) al canale Boicelli. Le linee trasversali sono poste ad una quota tale per cui non interferiscono con le normali lavorazioni di realizzazione dei manufatti, mentre per la linea presente sull'argine est del canale Boicelli occorrerà prevedere una opportuna protezione atta ad evitare contatti dei mezzi durante le lavorazioni. Dovrà inoltre essere richiesto il sezionamento temporaneo della linea nelle fasi di infissione ed estrazione delle palancole per la deviazione temporanea del canale Bianco. Sarà comunque necessario provvedere ad una verifica e ad un'eventuale protezione o messa fuori servizio anche per le linee elettriche AT trasversali qualora per le lavorazioni da effettuarsi non risulti possibile l'esecuzione in completa sicurezza. Si dovranno comunque prevedere opportune precauzioni (blocchi di movimentazione / rotazione) per evitare che le gru che verranno utilizzate all'interno del cantiere possano avvicinarsi alle linee in tensione. Dovranno essere inoltre predisposti opportune sagome per il passaggio dei mezzi al di sotto della linea. Dovrà essere contattato l'Ente gestore della linea per concordare le protezioni da predisporre e i tempi di sezionamento della linea interferente.

### 7.2 Linee elettriche aeree MT (gestore IFM)

E' presente una linea aeree di Media Tensione di alimentazione del polo industriale interferente con le opere in progetto in corrispondenza dell'argine ovest del canale Boicelli. In particolare la linea interferisce con la realizzazione dell'imbocco della botte sifone con la presenza di un palo di sostegno ricadente all'interno del futuro manufatto. Per l'adeguamento della linea occorrerà prevedere lo spostamento del palo di sostegno e spostamento temporaneo della linea al di fuori delle aree di lavoro. Sarà scelta della proprietà della linea valutare se mantenere il tracciato provvisorio anche a completamento delle lavorazioni oppure ripristinare la linea nel tracciato originario. L'intervento sarà progettato ed eseguito direttamente dall'Ente gestore della linea. Il tracciato proposto prevede l'attraversamento ortogonale del canale Bianco in corrispondenza del palo esistente a sud delle aree di lavoro, per poi riportarsi sul tracciato attuale in corrispondenza del palo a nord dell'intervento. Come da richiesta del Consorzio della Bonifica della Pianura di Ferrara in occasione del tavolo tecnico tenutosi in data 07/10/2016 occorrerà sottoporre il progetto della modifica alla loro approvazione in quanto il tracciato proposto (sia che assuma carattere temporaneo sia che tale tracciato diventi quello definitivo) risulta interferente con il canale Bianco e potrebbe comportare difficoltà nelle fasi manutentive del canale. A completamento dello spostamento temporaneo della linea si dovranno comunque prevedere opportune precauzioni per evitare che le gru e i mezzi d'opera che verranno utilizzate all'interno del cantiere possano entrare in contatto con le linee in tensione. Dovranno essere inoltre

|   |  |  |         |                 |
|---|--|--|---------|-----------------|
| MC Engineering Srl<br>Società di Ingegneria | <br><b>ISO 9001</b><br>LL-C (Certification)<br><br>392876 | Cliente:   | Codice: | 1509-R-0010-E-1 |
|   |  | REGIONE EMILIA ROMAGNA   | Data:   | 14/04/2017      |
|   |  | Demolizione e ricostruzione della botte<br>sifone del canale Bianco<br>all'attraversamento del canale Boicelli |         |                 |

predisposti opportune sagome per il passaggio dei mezzi al di sotto della linea. Dovrà essere contattato l'Ente gestore della linea per concordare le protezioni da predisporre.

### **7.3 PIPE-LINE (gasdotto - gestore Polimeri Europa)**

Parallelamente all'intervento in attraversamento del canale Boicelli è presente una condotta interrata per il gas (PIPE-LINE) che pur non interferendo con le opere da realizzarsi costituisce un vincolo per tutte le operazioni di scavo che dovessero essere realizzate nelle vicinanze della fascia di rispetto della linea. Tale fascia di rispetto è estesa per 10 m per lato rispetto all'asse della linea. Per tale motivi si prevede di limitare gli scavi in vicinanza (l'eventuale esecuzione di scarico delle condotte fognarie presenti nelle vicinanze realizzate mediante raccolta e sollevamento con pompa, esecuzione di scavi a sezione obbligata). Si rimanda all'elaborato 1509-X-0060-E per i dettagli del tracciato.

### **7.4 Linee adduzione acqua (gestore HERA)**

È presente una linea di adduzione acqua in ghisa DN550 in corrispondenza dell'argine destro del canale Boicelli (lato ovest). La linea interferisce con le opere per la realizzazione del nuovo manufatto, per cui risulta necessario una sua delocalizzazione nelle fasi di cantiere e la posa di una nuova condotta in sostituzione dell'esistente. L'intervento sarà progettato ed eseguito dall'Ente gestore sia per la deviazione temporanea, sia per il ripristino definitivo della linea. Il progetto della deviazione temporanea prevede l'attraversamento del canale Bianco a sud delle aree di intervento, con la realizzazione di un opportuno sostegno della linea, per poi ricongiungersi con la linea esistente a nord delle aree di lavoro lateralmente alla fascia di rispetto della PIPE LINE. Si rimanda all'elaborato 1509-X-0060-E per i dettagli del tracciato.


### **7.5 Linee fognarie**

Ai piedi del argine sinistro del canale Boicelli (lato est) è presente una coppia di tubi che sovrappassano il canale Bianco, che dovranno essere adeguati alla nuova configurazione dell'attraversamento, sia in fase definitiva, sia in fase di realizzazione in quanto interferenti con il manufatto e con le opere provvisorie. Tale intervento sarà concordato con l'Ente gestore (HERA) prevedendo la predisposizione da parte dell'Impresa esecutrice del tratto da rifare fino a due punti di connessione il cui collegamento sarà eseguito da HERA.

È inoltre presente un tratto di condotta dismessa in testa all'argine che dovrà essere rimossa e smaltita nelle fasi di realizzazione dell'opera.

In corrispondenza del tratto di canale Bianco a valle dell'attraversamento del canale Boicelli sono presenti cinque sbocchi di condotte di fognatura, due sul lato nord e tre sul lato sud. Uno dei condotti a nord del canale Bianco risulta in disuso (linea parallela al canale con scarico al di sotto del tratto rivestito in cemento), mentre per i restanti non risultano allo stato attuale conferme della dismissione. Per garantire la continuità del servizio occorre prevedere la deviazione dei tracciati attivi in modo da riportare gli scarichi in corrispondenza del tratto a cielo aperto del canale.

A seguito del tavolo tecnico del 07/10/2016 si è deciso di verificare lo stato dello scarico a nord in quanto al gestore del canale Bianco non risulta alcuna richiesta di concessione allo scarico. Su richiesta della Regione si è optato di procedere alla verifica dello stato dello scarico e procedere alla deviazione qualora esistano gli estremi per la regolarità, vista anche


|   |  |  |         |                 |
|---|--|--|---------|-----------------|
| MC Engineering Srl<br>Società di Ingegneria | <br><b>ISO 9001</b><br>LL-C (Certification)<br><br>392876 | Cliente:   | Codice: | 1509-R-0010-E-1 |
|   |  | REGIONE EMILIA ROMAGNA   | Data:   | 14/04/2017      |
|   |  | Demolizione e ricostruzione della botte<br>sifone del canale Bianco<br>all'attraversamento del canale Boicelli |         |                 |

la possibilità che tale tubazione costituisca il tombinamento del fosso di guardia dell'argine del canale Boicelli. Per tale motivo l'importo per l'intervento di deviazione della condotta verrà inserita nelle somme a disposizione dell'Amministrazione. Qualora risulti necessario procedere alla deviazione è stato previsto l'inserimento di un pozzetto da cui deviare il flusso verso il tratto a valle dello sbocco di progetto. Occorre inoltre prevedere nella fase transitoria di realizzazione della deviazione del canale Bianco un sollevamento dello scarico mediante una coppia di pompe da prevedersi nel pozzetto di immissione per permettere di avere la tubazione a poca profondità nel terreno e limitare gli scavi nelle vicinanze della fascia di rispetto della PIPE LINE esistente.

Per i tratti a sud del canale Bianco occorre prevedere la deviazione di due condotte in modo da portare gli scarichi a valle dello sbocco del nuovo intervento, mentre lo scarico più a est può essere mantenuto nella posizione attuale.

Gli interventi di smaltimento dei relitti di condotta e la deviazione degli scarichi presenti saranno realizzate dall'Impresa esecutrice.

Si rimanda all'elaborato 1509-X-0060-E per i dettagli del tracciato.

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| <b>MC Engineering Srl</b><br>Società di Ingegneria |  <b>ISO 9001</b><br><small>LL-C (Certification)</small><br>392876 | Cliente:<br>REGIONE EMILIA ROMAGNA   | Codice: 1509-R-0010-E-1<br>Data: 14/04/2017 |
|  |  | Demolizione e ricostruzione della botte<br>sifone del canale Bianco<br>all'attraversamento del canale Boicelli | Relazione Generale                          |

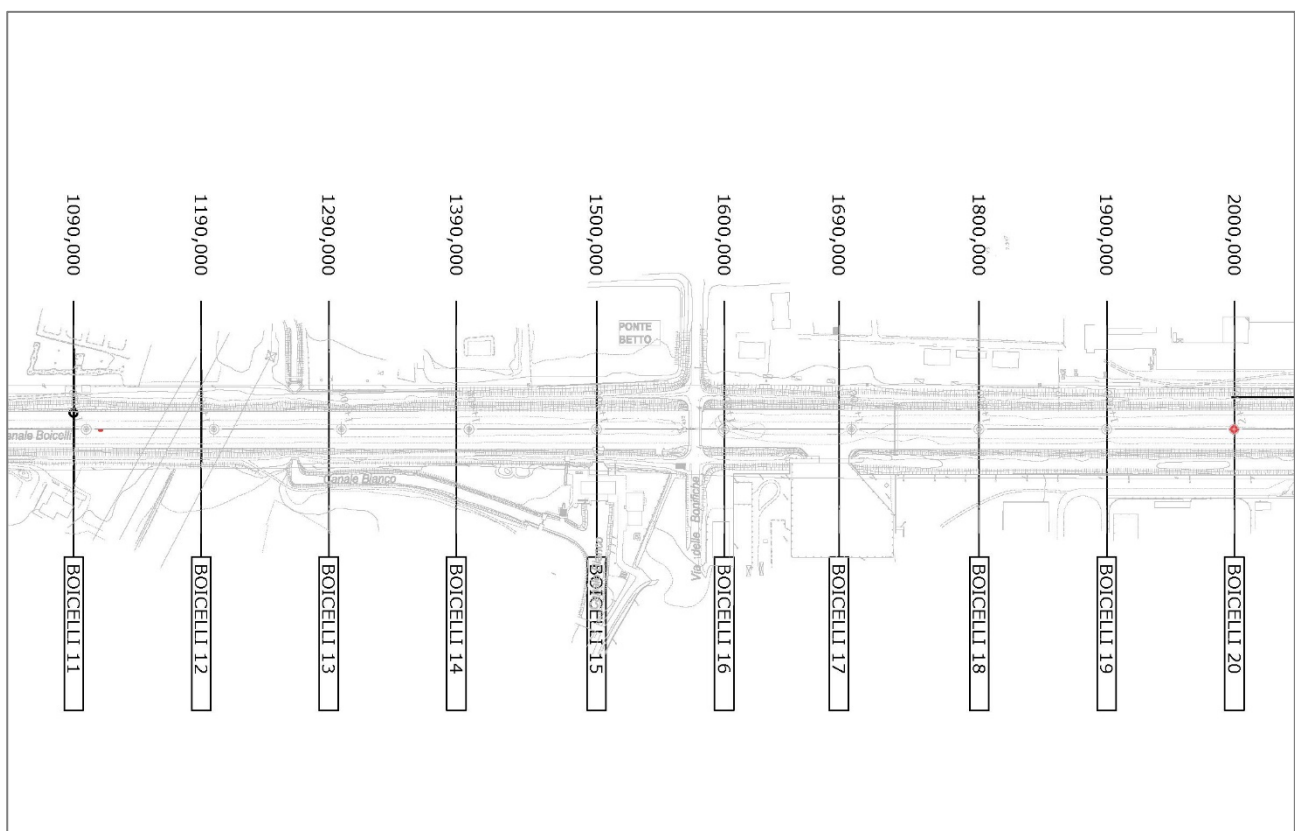
## 8 PORTATA RESIDUA DEL CANALE BOICELLI DURANTE LE FASI DI CANTIERE

Il Consorzio di Bonifica della Pianura di Ferrara ha richiesto che il canale Boicelli garantisca anche nelle fasi di realizzazione della botte sifone un deflusso verso valle con una portata di almeno 12 mc/sec.

Le due fasi risultano sostanzialmente equivalenti per quanto riguarda la portata residua, con una piccola differenza del restringimento maggiore della sezione del canale Boicelli coincidente con la fase n.1 (si veda par. 3.2) dove è prevista la costruzione del primo tratto della botte sifone sul lato in sinistra idraulica.

Per la verifica della portata residua si fa riferimento ai “Rilievi topo-batimetrici e calcolo dei volumi – 2° intervento” della “Progettazione preliminare, definitiva ed esecutiva del nuovo tratto di idrovia per l'attraversamento della città di Ferrara, dalla conca di Pontelagoscuro all'abitato di Baura (FE)” della Provincia di Ferrara.

La sezione rappresentativa dell'alveo del canale Boicelli in corrispondenza della botte sifone coincide con la sezione denominata “Boicelli 13” alla progressiva 1.290,00 (si vedano Figura 8-1).



**Figura 8-1** – Estratto All. B.1 “Canale Boicelli – Planimetria con ubicazione delle sezioni”

Per la pendenza in corrispondenza della sezione n. 13 del canale Boicelli si assume il valore medio tra la sezione n. 13 e la n. 19 pari a 0.03% ottenuto dal profilo longitudinale del canale.

Per la verifica della portata minima da garantire, si procede ad un calcolo semplificato e cautelativo considerando la sezione ridotta con quota massima dell'acqua corrispondente alla quota del piano di navigazione (+4.60 m s.l.m.). La



SEZIONE ASSE BOTTE SIFONE




In Figura 8-3 si riporta il calcolo della portata.

### CALCOLO PORTATA CONDOTTA A SEZIONE TRAPEZIA A PELO LIBERO (FORMULA DI CHEZY)

|                  |            |                    |
|------------------|------------|--------------------|
| p%               | 0.0003 m/m | pendenza condotta  |
| Pb=              | 16.550 m   | Perimetro bagnato  |
| Pb(palancolato)= | 2.570 m    |                    |
| Pb(canale)=      | 13.980 m   |                    |
| K(palancolato)=  | 40         |                    |
| K(canale)=       | 50         | coeff.di scabrezza |
| K(totale)=       | 48.447     | Gauckler-Strickler |
| A=               | 27.520 mq  | Area bagnata       |
| R=               | 1.663 m    | raggio idraulico   |

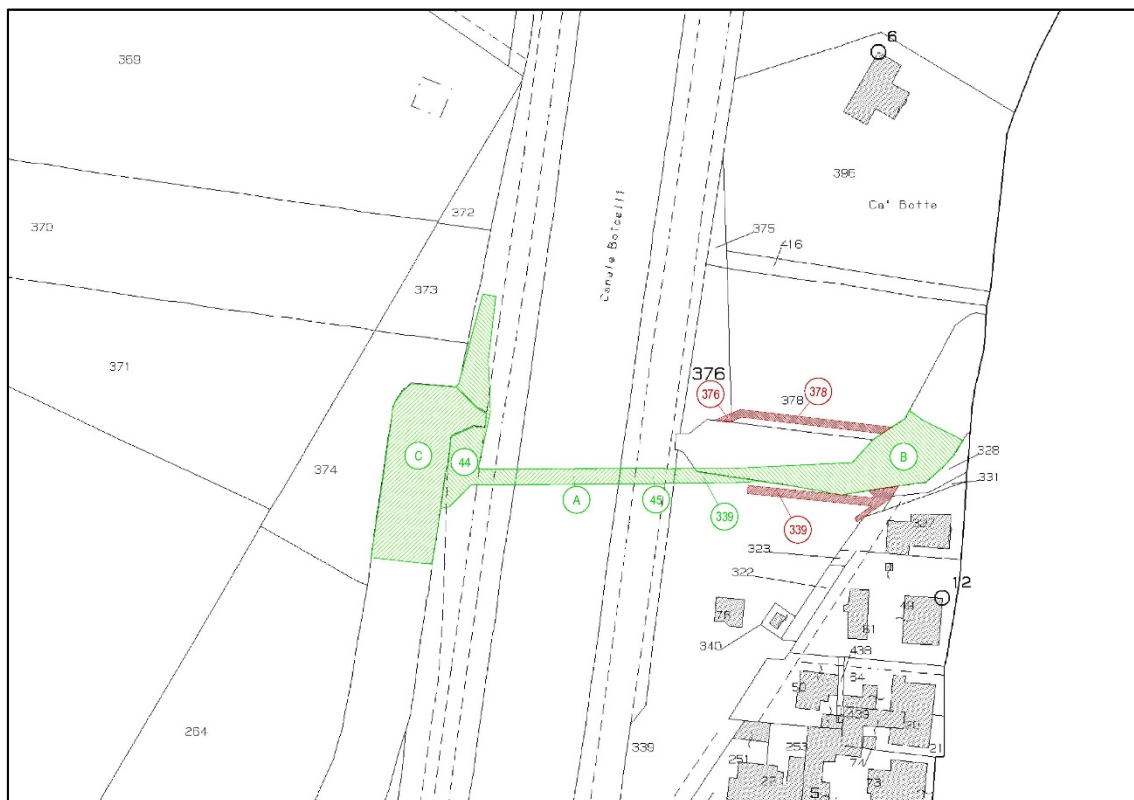
|    |               |          |
|----|---------------|----------|
| V= | 1.177775 m/s  | velocità |
| Q= | 32.41237 mc/s | portata  |

MC Engineering Srl  
Via Zanardi 157/6 – 40131 Bologna  
Tel 051 4211945 – Fax 051 19902235

|   |   |  |                    |                 |
|---|---|--|--------------------|-----------------|
| MC Engineering Srl<br>Società di Ingegneria |  <b>ISO 9001</b><br>LL-C (Certification)<br><br>392876 | Cliente:   | Codice:            | 1509-R-0010-E-1 |
|   |   | REGIONE EMILIA ROMAGNA   | Data:              | 14/04/2017      |
|   |   | Demolizione e ricostruzione della botte<br>sifone del canale Bianco<br>all'attraversamento del canale Boicelli | Relazione Generale |                 |


## 9 AREE OCCUPATE

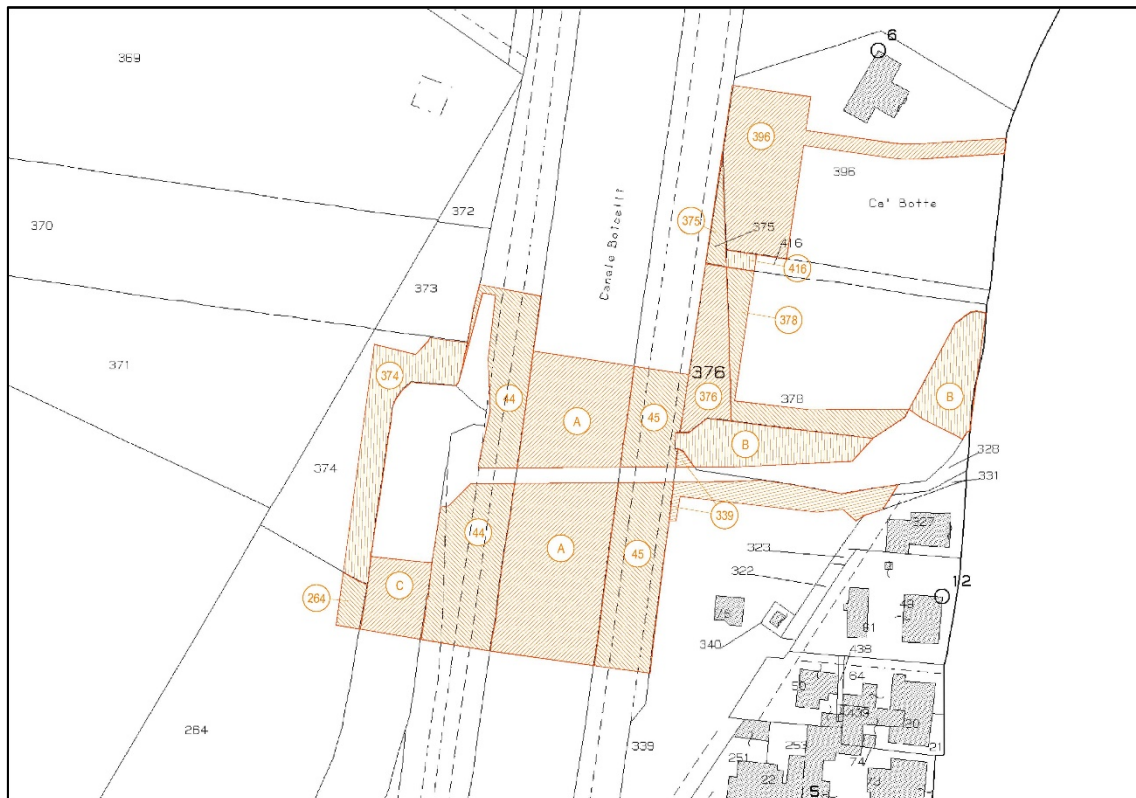
Per la ricostruzione del botte a sifone del canale Bianco sono previste degli espropri permanenti e delle servitù da apporre (Figura 8-1) e delle occupazioni temporanee di aree, legate alle attività di cantiere (Figura 8-2).



**Figura 8-1 - Occupazione aree espropri e servitù**




|   |   |  |                    |                 |
|---|---|--|--------------------|-----------------|
| MC Engineering Srl<br>Società di Ingegneria |  <b>ISO 9001</b><br>LL-C (Certification)<br><br>392876 | Cliente:   | Codice:            | 1509-R-0010-E-1 |
|   |   | REGIONE EMILIA ROMAGNA   | Data:              | 14/04/2017      |
|   |   | Demolizione e ricostruzione della botte<br>sifone del canale Bianco<br>all'attraversamento del canale Boicelli | Relazione Generale |                 |



**Figura 8-2 - Occupazioni temporanee**

Le aree da alienare e da sottoporre a vincolo di servitù per la costruzione della nuova botte a sifone ricadono all'interno di aree di proprietà pubblica e proprietà privata, così come per l'occupazione temporanea per aree di cantiere necessaria per la realizzazione dell'opera (aree non soggette a procedimento espropriativo). Per tutte le aree private occorrerà procedere con l'esproprio, con i vincoli di servitù e con la procedura di occupazione temporanea o con accordo bonario tra le parti.

Si rimanda agli elaborati 1509-X-0020-E e 1509-X-0021-E per l'individuazione specifica delle particelle interessate, delle aree relative e degli intestatari.

|   |   |  |                    |                 |
|---|---|--|--------------------|-----------------|
| MC Engineering Srl<br>Società di Ingegneria | <br><b>ISO 9001</b><br><small>LL-C (Certification)</small><br><br>392876 | Cliente:   | Codice:            | 1509-R-0010-E-1 |
|   |   | REGIONE EMILIA ROMAGNA   | Data:              | 14/04/2017      |
|   |   | Demolizione e ricostruzione della botte<br>sifone del canale Bianco<br>all'attraversamento del canale Boicelli | Relazione Generale |                 |

## 10 TEMPI DI REALIZZAZIONE

I tempi previsti per la realizzazione dell'intervento sono di 540 giorni naturali consecutivi.

Si rimanda al cronoprogramma per i dettagli delle fasi lavorative previste 1509-R-2020-E. L'impresa esecutrice potrà proporre una diversa fasistica degli interventi, fermo restando il limite della durata complessiva dell'intervento. Il cronoprogramma dovrà comunque essere adeguato in funzione dei vincoli per la deviazione del flusso del canale Bianco che dovranno essere concordati con il consorzio della Bonifica della Pianura di Ferrara al fine di evitare i periodi di irrigazione e con possibilità di forti piogge.

**ALLEGATI**

# Prove di laboratorio materiale alveo canale Boicelli

Reggio Emilia, 30/04/2015

Spett.le Ditta  
PROVINCIA DI FERRARA  
C.so Isonzo, 26  
44100 FERRARA (FE)

### Rapporto di prova n° 8626/2015

Campiono Numero: 15LA05125

Descrizione campione: Sedimenti - campione medio fondo - sponda dx - sponda sx (60-15-25)

Punto di prelievo: Canale Boicelli - campione 4-1 - sez. progetto 13 Km 1+300

Campionato il: 13/04/2015

Campionamento effettuato da: Rinaldini Luca

Accettato il: 13/04/2015

N° Verbale di prelievo: 1464

Data inizio analisi: 15/04/2015

Data fine analisi: 30/04/2015

Metodi di campionamento

\* M929 - D.Lgs. n.152 del 03/04/2006 - Parte IV - Allegato 2 al Titolo V

| Parametro                          | Metodica | Risultato     | Incertezza estesa ( $\pm$ ) | Unità di misura |
|------------------------------------|----------|---------------|-----------------------------|-----------------|
| * VAGLIO tra 2 cm e 2 mm           |          | 8,0           | -                           | %               |
| * SOTTOVAGLIO 2mm                  | M1228    | 92,0          | -                           | %               |
| RESIDUO SECCO A 105°C              | M1226    | 66,76         | 0,34                        | %               |
| IDROCARBURI Cn (n>12)              | M760     | 440           | 62                          | mg/kg s.s.      |
| * LIMITI DI ATTEMBERG              | M1449    | vedi allegato | -                           | %               |
| * GRANULOMETRIA PER SEDIMENTAZIONE | M1451    | vedi allegato | -                           |                 |
| * CLASSIFICAZIONE TERRE            | M1763    | A 7-5         | -                           |                 |

I valori di incertezza contenuti nel presente documento sono relativi ad un livello di probabilità P=95%, gradi di libertà  $\geq 10$  e fattore di copertura K=2

(\*) Le voci contrassegnate con \* non sono accreditate ACCREDIA.

#### Note relative ai controlli:

I risultati riportati si riferiscono esclusivamente al campione analizzato.

Il presente Rapporto di Prova non può essere riprodotto in forma parziale senza approvazione scritta di Studio Alfa S.r.l.

Qualora il metodo lo preveda, il recupero è stato utilizzato per il calcolo del risultato.

Nota: L'analisi è stata eseguita sul campione essiccato e passante al vaglio di 2mm, il risultato è stato determinato riportando il dato al campione complessivo ottenuto dopo setacciatura a 2 cm.

#### Metodi

M1226 - DM 13/09/1999 SO GU n°248 21/10/1999 Met II.2

M1228 - DM 13/09/1999 SO GU n°248 21/10/1999 Met II.1

M1449 - CNR UNI 10014

M1451 - ASTM D422-63

M1763 - CNR UNI 10006

M760 - UNI EN 14039:2005

## Rapporto di prova n° 8626/2015

### Riconoscimenti del laboratorio

- Accreditato ACCREDIA secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2005 con il N°0231. (L'accreditamento non implica l'approvazione del prodotto da parte del laboratorio o dell'organismo accreditante).
- Certificato UNI EN ISO 9001:2008 n.14588.
- Iscritto al n.008/RE/005 del registro Regione Emilia Romagna dei laboratori abilitati a svolgere analisi nell'ambito delle procedure di autocontrollo delle imprese alimentari (riconoscimento con validità nazionale).
- Qualificato dal Ministero della Salute e da ISPESL tra i laboratori riconosciuti per effettuare analisi di fibre di amianto.
- Riconosciuto ai fini dei requisiti di idoneità tecnica ai gruppi di prodotti Ecolabel "COPERTURE DURE" cod.021 secondo la Decisione della Commissione del 9 luglio 2009 (2009/607/CE) pubblicata sulla GUUE del 12/08/2009 L. 208.
- Iscritto all'Albo Nazionale Gestori Ambientali nella Categoria 9, classe D, ai sensi dell'art. 212 del D.Lgs. 152/06.



Responsabile del laboratorio

  
Dott. Massimo Ferrari

Fine del Rapporto di Prova



| RILIEVO TOPOGRAFICO IDROVIA BOICELLI - PO di VOLANO (Ferrara) |                |                  |                  |                          |                         |                     |                       |                       |  |
|---|----------------|------------------|------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|--|
| NOME  | DESCRIZIONE    | WGS84 Nord       | WGS84 Est        | GB ROMA40 F<br>OVST Nord | GB ROMA40 F<br>OVST Est | QUOTA<br>s.l.m. (m) | UTM ED50<br>FUSO 32 N | UTM ED50<br>FUSO 32 E |  |
| IDR 01  | Campione acqua | 44°53'04.22095"N | 11°36'11.78221"E | 4973437,691              | 1705620,615             | 4,50                | 4973615,844           | 705674,589            |  |
| BOICELLI 4-1 SPONDA SX  | Sondaggio      | 44°52'18.87060"N | 11°36'02.23341"E | 4972031,554              | 1705455,962             | 7,61                | 4972209,535           | 705509,964            |  |
| BOICELLI 4-1 SPONDA DX  | Sondaggio      | 44°52'18.99065"N | 11°36'00.59109"E | 4972034,105              | 1705419,806             | 7,611               | 4972212,085           | 705473,809            |  |
| BOICELLI 4-1  | Sondaggio      | 44°52'18.94091"N | 11°36'01.31007"E | 4972033,075              | 1705435,632             | 4,494               | 4972211,055           | 705489,634            |  |
| BOICELLI 4-2  | Sondaggio      | 44°52'15.84209"N | 11°36'00.74003"E | 4971937,051              | 1705426,186             | 4,487               | 4972115,033           | 705480,19             |  |
| BOICELLI 4-2 SPONDA DX  | Sondaggio      | 44°52'15.96169"N | 11°35'59.95034"E | 4971940,187              | 1705408,74              | 7,491               | 4972118,169           | 705462,744            |  |
| BOICELLI 4-2 SPONDA SX  | Sondaggio      | 44°52'15.78850"N | 11°36'01.62056"E | 4971938,016              | 1705445,56              | 7,491               | 4972113,999           | 705499,564            |  |
| BOICELLI 7-2 SPONDA DX  | Sondaggio      | 44°51'46.19089"N | 11°35'53.86110"E | 4971017,241              | 1705304,525             | 7,912               | 4971195,243           | 705358,541            |  |
| BOICELLI 7-2  | Sondaggio      | 44°51'46.13045"N | 11°35'54.92194"E | 4971016,121              | 1705327,866             | 4,456               | 4971194,124           | 705381,882            |  |
| BOICELLI 7-1 SPONDA DX  | Sondaggio      | 44°51'50.40005"N | 11°35'54.67098"E | 4971147,696              | 1705318,141             | 7,67                | 4971325,696           | 705372,156            |  |
| BOICELLI 7-1  | Sondaggio      | 44°51'50.22987"N | 11°35'55.73976"E | 4971143,196              | 1705341,764             | 4,47                | 4971321,195           | 705395,779            |  |
| BOICELLI 11-1 SPONDA SX                                       | Sondaggio      | 44°51'11.78910"N | 11°35'49.06468"E | 4969952,304              | 1705233,218             | 7,005               | 4970130,33            | 705287,243            |  |
| BOICELLI 11-1   | Sondaggio      | 44°51'11.73001"N | 11°35'48.12108"E | 4969949,818              | 1705212,565             | 4,4                 | 4970127,844           | 705266,59             |  |
| BOICELLI 11-1 SPONDA DX                                       | Sondaggio      | 44°51'11.74115"N | 11°35'47.78875"E | 4969949,469              | 1705190,901             | 7,646               | 4970127,495           | 705244,927            |  |
| BOICELLI 12-1 SPONDA SX                                       | Sondaggio      | 44°51'05.14225"N | 11°35'47.78875"E | 4969746,3                | 1705211,772             | 7,413               | 4969924,331           | 705265,797            |  |
| BOICELLI 12-1   | Sondaggio      | 44°51'05.20978"N | 11°35'46.73031"E | 4969747,64               | 1705188,472             | 4,377               | 4969925,672           | 705242,498            |  |
| BOICELLI 12-1 SPONDA DX                                       | Sondaggio      | 44°51'05.14272"N | 11°35'45.69907"E | 4969744,847              | 1705165,902             | 8,21                | 4969922,878           | 705219,929            |  |
| BOICELLI 13-1 SPONDA SX                                       | Sondaggio      | 44°50'57.04238"N | 11°35'46.03033"E | 4969495,12               | 1705181,166             | 7,14                | 4969673,157           | 705235,193            |  |
| BOICELLI 13-1 SPONDA DX                                       | Sondaggio      | 44°50'57.33899"N | 11°35'44.29800"E | 4969503,057              | 1705142,847             | 7,10                | 4969681,094           | 705196,874            |  |
| BOICELLI 13-1   | Sondaggio      | 44°50'57.28072"N | 11°35'45.10043"E | 4969501,822              | 1705160,519             | 4,36                | 4969679,859           | 705214,546            |  |
| BOICELLI 14-1 SPONDA SX                                       | Sondaggio      | 44°50'44.64755"N | 11°35'43.86245"E | 4969111,119              | 1705145,806             | 9,07                | 4969289,166           | 705199,833            |  |
| BOICELLI 14-1 SPONDA DX                                       | Sondaggio      | 44°50'44.51826"N | 11°35'41.49059"E | 4969105,465              | 1705093,865             | 7,99                | 4969283,512           | 705147,894            |  |
| BOICELLI 14-1   | Sondaggio      | 44°50'44.48067"N | 11°35'42.61141"E | 4969105,092              | 1705118,507             | 4,319               | 4969283,138           | 705172,535            |  |
| BOICELLI 15-1 SPONDA SX                                       | Sondaggio      | 44°50'35.52187"N | 11°35'41.76819"E | 4968828,05               | 1705108,832             | 6,174               | 4969006,103           | 705162,86             |  |
| BOICELLI 15-1   | Sondaggio      | 44°50'35.68120"N | 11°35'41.08009"E | 4968832,484              | 1705093,569             | 4,288               | 4969010,537           | 705147,597            |  |
| IDR 02  | Campione acqua | 44°50'32.94102"N | 11°35'40.26006"E | 4968747,352              | 1705078,268             | 4,277               | 4968925,408           | 705132,296            |  |
| IDR 03  | Campione acqua | 44°50'15.66053"N | 11°35'53.33986"E | 4968223,296              | 1705382,485             | 4,221               | 4968401,362           | 705436,504            |  |
| BOICELLI 15-1 SPONDA DX                                       | Sondaggio      | 44°50'35.74127"N | 11°35'40.00420"E | 4968833,583              | 1705069,89              | 7,466               | 4969011,636           | 705123,918            |  |
| DARSENÀ 3-1 FONDO CANALE                                      | Sondaggio      | 44°50'01.15617"N | 11°36'24.03690"E | 4967797,328              | 1706070,829             | 4,082               | 4967975,399           | 706124,83             |  |
| DARSENÀ 4-1 FONDO CANALE                                      | Sondaggio      | 44°49'57.55428"N | 11°36'31.55194"E | 4967691,482              | 1706239,409             | 4,094               | 4967869,553           | 706293,406            |  |
| VOLANO 10   | Sondaggio      | 44°49'24.81596"N | 11°37'57.67787"E | 4966742,309              | 1708163,269             | 4,076               | 4966920,371           | 708217,23             |  |
| VOLANO 10 SPONDA SX   | Sondaggio      | 44°49'25.21237"N | 11°37'57.67432"E | 4966754,538              | 1708162,794             | 4,141               | 4966932,601           | 708216,755            |  |
| VOLANO 11   | Sondaggio      | 44°49'26.04886"N | 11°38'21.74823"E | 4966797,087              | 1708677,458             | 4,058               | 4966975,143           | 708731,416            |  |
| VOLANO 11 SPONDA DX   | Sondaggio      | 44°49'25.24351"N | 11°38'20.93094"E | 4966772,081              | 1708673,494             | 4,646               | 4966950,137           | 708727,451            |  |
| VOLANO 12   | Sondaggio      | 44°49'27.42746"N | 11°38'43.26304"E | 4966855,433              | 1709161,725             | 4,071               | 4967033,482           | 709215,681            |  |
| VOLANO 12 SPONDA SX   | Sondaggio      | 44°49'27.76629"N | 11°38'43.12303"E | 4966865,788              | 1709158,309             | 4,926               | 4967043,837           | 709212,266            |  |
| VOLANO 12 SPONDA DX   | Sondaggio      | 44°49'26.52285"N | 11°38'43.24074"E | 4966827,503              | 1709162,144             | 4,777               | 4967005,552           | 709216,1              |  |
| VOLANO 13   | Sondaggio      | 44°49'30.99343"N | 11°39'04.26151"E | 4966980,51               | 1709619,265             | 4,078               | 4967158,554           | 709673,221            |  |
| VOLANO 13 SPONDA DX   | Sondaggio      | 44°49'30.19637"N | 11°39'03.89643"E | 4966955,654              | 1709612,051             | 4,737               | 4967133,697           | 709666,007            |  |
| VOLANO 13 SPONDA SX   | Sondaggio      | 44°49'31.44081"N | 11°39'04.43804"E | 4966994,442              | 1709622,69              | 4,932               | 4967172,485           | 709676,847            |  |
| VOLANO 14   | Sondaggio      | 44°49'28.44392"N | 11°39'26.61951"E | 4966948,749              | 1710111,809             | 4,058               | 4967126,786           | 710165,766            |  |
| VOLANO 14 SPONDA SX   | Sondaggio      | 44°49'29.89017"N | 11°39'26.81965"E | 4966962,663              | 1710115,753             | 5,166               | 4967140,7             | 710169,71             |  |
| VOLANO 14 SPONDA DX   | Sondaggio      | 44°49'28.77833"N | 11°39'26.38940"E | 4966928,045              | 1710107,428             | 5,013               | 4967106,083           | 710161,384            |  |
| VOLANO 15   | Sondaggio      | 44°49'33.30711"N | 11°39'45.02504"E | 4967081,198              | 1710512,085             | 4,05                | 4967259,231           | 710566,045            |  |
| VOLANO 15 SPONDA SX   | Sondaggio      | 44°49'33.77946"N | 11°39'44.63612"E | 4967095,493              | 1710503,067             | 4,714               | 4967273,526           | 710557,026            |  |
| VOLANO 15 SPONDA DX   | Sondaggio      | 44°49'32.46645"N | 11°39'45.03115"E | 4967054,954              | 1710513,08              | 5,12                | 4967232,986           | 710567,039            |  |
| IDR 04  | Campione acqua | 44°49'31.95653"N | 11°39'40.59912"E | 4967036,336              | 1710416,26              | 4,076               | 4967214,37            | 710470,218            |  |
| DARSENÀ 3-1 FONDO   | Sondaggio      | 44°50'01.93180"N | 11°36'26.21490"E | 4967822,798              | 1706117,883             | 4,133               | 4968000,868           | 706171,883            |  |
| DARSENÀ 4-1 FONDO   | Sondaggio      | 44°49'57.77012"N | 11°36'33.03098"E | 4967699,186              | 1706271,671             | 4,111               | 4967877,257           | 706325,668            |  |

N.B. : Quote da GPS, trasformate in metri sul livello mare con riferimento caposaldo IGM "Botte"