



**Consorzio Bonifica
Muzza Bassa Lodigiana**

via Nino Dall'Oro 4 - 26900 LODI tel. 0371 - 420189 r.a. fax 0371 - 50393
e-mail: cmuzza@muzza.it - pec. consorzio.muzza@pec.regione.lombardia.it



Regione Lombardia

Comuni di: **Cavenago d'Adda**

PROVINCIA DI LODI

Istanza: Convenzione per la progettazione e la realizzazione dell'intervento:
**IMMISSIONE IDRICA ALLA LANCA DI CAVENAGO D'ADDA SUL
FIUME ADDA IN PROVINCIA DI LODI.
CONDIZIONALITA' EX ANTE.**

tra Regione Lombardia, Direzione Generale Ambiente, Energia e
Sviluppo Sostenibile e Consorzio Bonifica Muzza Bassa Lodigiana

Competenze: Soprintendenza per i Beni Architettonici e Paesaggistici - Milano
Parco Adda Sud
Comune di Cavenago d'Adda

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE SPECIALISTICA GEOLOGICA - GEOTECNICA

Edizione
Settembre 2017

Il Responsabile del Procedimento
dott. ing. Marco Chiesa

I Progettisti
dott. ing. Ettore Fanfani - dott. ing. Marco Chiesa

Introduzione

La presente relazione tecnica **geologico – geotecnica** espone le indagini tecniche esecutive condotte per gli interventi da eseguirsi nell'ambito del procedimento di cui alla Convenzione per la progettazione e la realizzazione dell'intervento "Immissione idrica alla lanca di Cavenago d'Adda sul fiume Adda in provincia di Lodi. Condizionalità ex ante" in essere tra Regione Lombardia - D.G. Ambiente, Energia e Sviluppo Sostenibile e il Consorzio Bonifica Muzza Bassa Lodigiana.

A supporto delle scelte tecniche eseguite sono state condotte indagini di carattere tecnico-scientifico al fine della migliore implementazione delle soluzioni adottate, in coerenza alla specificità dei luoghi e delle caratteristiche geomorfologiche delle zone oggetto di intervento.

Le indicazioni scaturite dai rilievi di campagna e dai sopralluoghi eseguiti nell'iter progettuale hanno permesso di calibrare le soluzioni tecniche individuate e di adeguarle alla specificità dello stato in essere delle infrastrutture d'alveo rinvenute. Le opere si suddividono in più parti distinte a formare un unico "corpo" di intervento rivolto al perseguimento dell'obiettivo prioritario della ricostituzione della funzionalità ecologica della fascia perfluviale dell'Adda a sud di Lodi, denominata lanca di Cavenago d'Adda, con superiori standard di naturalità e biodiversità, mantenuti costanti anche nelle stagioni non irrigue od in periodi di siccità.

I risultati ottenibili sono comunque inquadrabili in una generale unitarietà delle caratteristiche fisiche del territorio lodigiano, ovvero delle macrozone che lo compongono, con particolare riferimento all'assetto litologico.

Per quanto riguarda i periodi migliori per l'esecuzione delle opere, questi coincidono con i mesi invernali in quanto statisticamente gli eventi pluviali si manifestano con minor frequenza, inducendo periodi sufficientemente lunghi caratterizzati da ridotti deflussi in torrente.

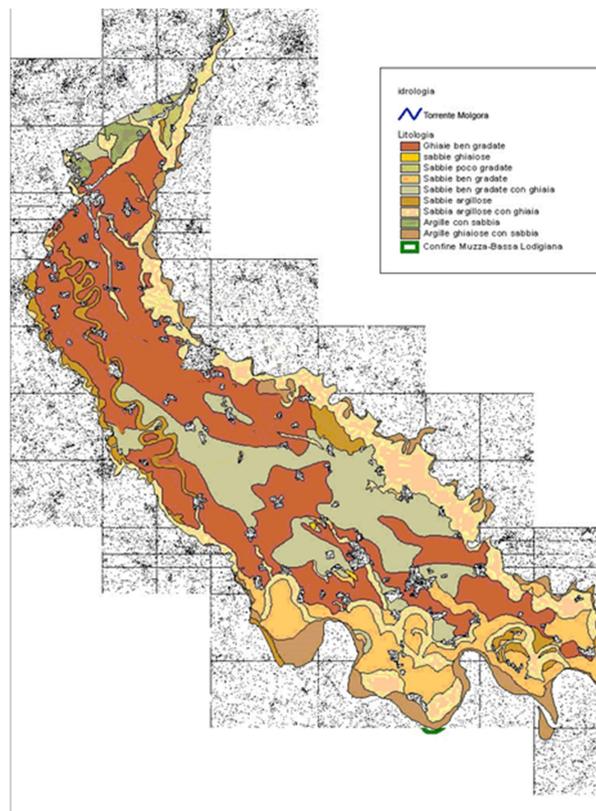
Infine, per quanto concerne le opere propedeutiche all'esecuzione dei lavori per il conseguimento delle condizioni di lavorabilità, esse consistono nelle manovre idrauliche finalizzate all'ottenimento del minor deflusso in canale. Nello specifico, si tratta di deviare e ridurre dove possibile i flussi idrici di origine colatizia (per la verità poche) afferenti al canale, utilizzando i canali interconnessi allo stesso. E' questa una tipica attività di regolazione e gestione idraulica che il Consorzio esercisce

specificamente sulla rete irriguo - idraulica direttamente gestita, ottemperando alle molteplici necessità afferenti alla circolazione idrica superficiale con quelle proprie cantieristiche. Basti pensare al verificarsi di eventi pluviometrici in corso d'opera: condizione che impone in tempi brevi il riassetto idraulico del corso d'acqua, che non può essere escluso dal ciclo di recepimento - vettoriamento - smaltimento misto pluviale e la conseguente adozione di azioni preventive di mitigazione e adeguamento della pianificazione delle lavorazioni in cantiere.

Aspetti idrogeologici - geotecnici

Vengono qui analizzati gli aspetti fisici, idrogeologici e geotecnici del territorio nel quale sono previsti gli interventi in progetto per la realizzazione della derivazione della roggia Molgora verso la lanca di Cavenago d'Adda. Tale roggia scorre attraverso il Comune di Cavenago d'Adda nella regione sud-est di Lodi e la relativa gestione è di competenza del Consorzio Muzza Bassa Lodigiana.

Al fine di inquadrare dal punto di vista litologico della zona nella quale è inserito il Comune di Cavenago d'Adda, nella figura seguente sono riportate le litologie presenti nel comprensorio Muzza bassa lodigiana.



Litologia del comprensorio Muzza Bassa Lodigiana

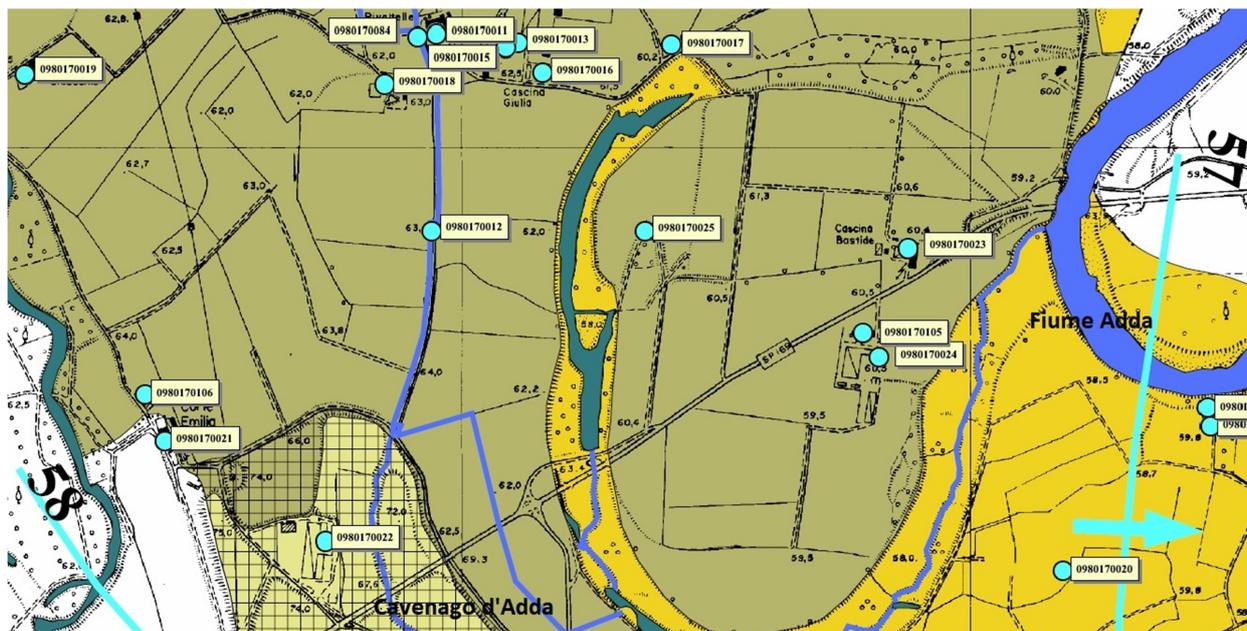
Il comprensorio del Consorzio Bonifica Muzza Bassa Lodigiana presenta una morfologia pianeggiante con andamento altimetrico via via decrescente spostandosi dalle zone a Nord (Cassano d'Adda altezza media s.l.m. m 133) a quelle a Sud (Caselle Landi altezza media s.l.m. m 43). Lungo i circa 70.000 ha del territorio esiste una fitta ed estesa rete di canali con alvei, per la stragrande maggioranza in terra, che oltre ad assolvere la propria funzione prettamente irrigua e di bonifica, danno luogo ad un intenso e fondamentale interscambio con la sottostante falda freatica.

In questo contesto si evidenzia l'effetto drenante esercitato dai fiumi Lambro, Adda e Po al contorno che intercettano la falda delimitandone il perimetro. Si è quindi in presenza di una struttura acquifera sotterranea che ha una direzione principale di scorrimento nord-ovest sud-est passando parallela ai fiumi Lambro e Adda, con il bacino del fiume Po quale recapito ultimo.

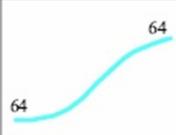
La direzione generale dei deflussi è influenzata localmente dalle interazioni che esistono tra il livello d'acqua in canale e la quota piezometrica della falda, confinata o meno che sia. In tale inquadramento, la **roggia Molgora** scorre in direzione nord sviluppandosi dall'abitato di Cavenago d'Adda e distribuendo acqua per irrigazione lungo tutto il suo sviluppo.

Alla luce di queste osservazioni, risulta di primaria importanza la definizione dell'assetto piezometrico dell'acquifero in termini di soggiacenza e direzione di flusso. Questo è stato fatto con l'ausilio della carta di soggiacenza della falda elaborata dal Comune di Cavenago d'Adda e della quale se ne riporta nel seguito uno stralcio dedicato alle zone oggetto degli interventi.

Accertando che per la tipologia di interventi in progetto che prevedono la realizzazione di difese e manufatti idraulici sono necessari movimenti terra poco profondi e altre lavorazioni diverse in superficie, l'influenza dei fenomeni di interazione con il livello freatico restano comunque marginali. Nel caso di condizioni idrometeorologiche avverse, oltre ad operare come anzidetto con specifiche manovre idrauliche per la riduzione dei flussi idrici afferenti al canale, si provvederà anche con puntuali sistemi di aggotamento e smaltimento idrico, quali pompe idrovore mobili o impianti well-point nel caso di getti di platee o diaframmi sotterranei.



Estratto della carta idrogeologica del Comune di Cavenago d'Adda (PGT)

CORPI IDRICI SOTTERRANEI	
Linea isopiezometrica della falda superficiale e relativa quota in m s.l.m. (rilievo piezometrico gennaio 2004)	
Depressione morfologica naturale o artificiale con acqua di falda affiorante o subaffiorante	
Traccia delle sezioni litostratigrafiche	Sezione 1  Sezione 2 
CORPI IDRICI SUPEFICIALI	
Reticolo idrografico	
ELEMENTI ANTROPICI	
Pozzo e relativa numerazione	
CENTRI DI PERICOLO	
Impianto tecnologico smaltimento rifiuti	
Aree oggetto di caratterizzazione e/o bonifica ai sensi del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.	
CLASSIFICAZIONE IDROGEOLOGICA PER AREE OMOGENEE	
UNITA' 1: LIVELLO FONDAMENTALE DELLA PIANURA	
SOGGIACENZA MEDIA DELLA FALDA SUPERFICIALE	

Legenda estratto della carta idrogeologica del Comune di Cavenago d'Adda (PGT)

Analizzando l'estratto di carta, si osserva che il passo di scala idrometrica non è purtroppo così elevato da consentire un'analisi di dettaglio locale nelle zone di interesse. Infatti, pur avendo un intervallo ridotto (1 m), tale differenza ingloba la zona oggetto di intervento, presupponendo un livello di falda pressoché costante e senza fornire pertanto informazioni specifiche. Inoltre, dalla legenda riportata nella figura successiva, si nota che per il territorio in esame è stata indicata una soggiacenza media della falda superficiale, senza indicare l'intervallo relativo di tolleranza.

Tali incertezze d'analisi indicano che si hanno valori che potrebbero essere critici per i lavori, ovvero per la funzionalità delle opere di progetto. Tuttavia da esperienze dirette in loco si può dire che, come già esposto nella relazione tecnica, gli ultimi anni hanno visto una progressiva riduzione del fenomeno risorgivo sia in termini quantitativi delle portate emunte che dell'affioramento di falda.

Al fine di ridurre tali incertezze, sono stati ricercati eventuali dati piezometrici recenti al fine del riscontro di un'eventuale affioramento vicino al piano campagna, importante non solo ai fini cantieristici di realizzazione delle opere, bensì anche per la funzionalità idraulica del manufatto in modo tale che non venga interessato da significative filtrazioni idriche che ne accrescerebbero il carico idraulico.

A tale scopo, sono stati acquisiti i valori di piezometria di alcuni pozzi della zona in oggetto forniti anche in questo caso dal Comune di Cavenago d'Adda nell'ambito del PGT. I valori di ricavati si riferiscono ai dati rilevati durante la campagna geognostica (settembre 2009) e sono riportati nella tabella successiva.

PROVA	Profondità della falda rilevata (m da p.c)
SCPT1	3.0
SCPT2	3.0
SCPT3	3.0
SCPT4	1.50
SCPT5	1.50
SCPT6	1.50
SCPT7	1.50
SCPT8	1.50
S1	2.50
S2	n.r.
S3	3.0/3.1

Valori di soggiacenza della falda rilevati dal Comune di Cavenago d'Adda durante la campagna geognostica (settembre 2009)

Le misure appena mostrate riguardano le soggiacenze misurate durante l'esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche e dei pozzetti esplorativi, dalle quali si evidenzia la presenza della falda prossima a piano campagna.

Per quanto riguarda la caratterizzazione geolitologica del terreno in oggetto, il paragrafo C.2 della relazione geologica del Comune di Cavenago d'Adda relativa al PGT, evidenzia che in seguito a prove eseguite in 3 pozzetti di scavo per profondità fino ai 4 m dal p.c., si ha la presenza di un primo orizzonte di riporto (R) costituito da ghiaie e materiale lapideo, di spessore variabile, presente fino a una profondità massima di 2.1 m. Al di sotto si trova il suolo (S) costituito da materiale argilloso-limoso, in alcuni casi sabbioso, di colore grigio-marrone con spessore variabile tra 0.6-1.5 m. Più in profondità si trovano infine le ghiaie (GS) eterometriche (diametro massimo compreso tra 10 e 20 cm), di colore grigio in scarsa matrice sabbiosa. Nel pozzetto S3 nella porzione sommitale si è stato rinvenuto un orizzonte dello spessore di 20-30 cm di materiale prevalentemente sabbioso con scarsa presenza di ghiaia; la presenza di tale orizzonte è evidenziata anche dalle prove penetrometriche. Di seguito si riporta il riepilogo dei materiali ricavati dagli scavi dei pozzetti.

LIVELLI (m da p.c.)	SCPT1	SCPT2	SCPT3	SCPT4	SCPT5	SCPT6	SCPT7	SCPT8
R - riporto	0.00-0.60	0.00-1.80	0.00-2.10	-	-	-	0.00-0.30	0.00-0.30
S - suolo	0.60-2.10	1.80-3.30	2.10-3.00	0.00-1.20	0.00-0.90	0.00-1.20	0.30-0.90	0.30-0.90
GS - ghiaie	2.10-3.60	3.30-4.20	3.00-4.20	1.20-3.30	0.90-3.00	1.20-3.30	0.90-3.30	0.90-3.30

LIVELLI (m da p.c.)	S1	S2	S3
R - riporto	0.00-1.00	0.00-0.90	0.00-0.30
S - suolo	1.00-2.50	0.90-1.90	0.30-1.50
GS - ghiaie	2.50-4.05	1.90-2.50	1.50-3.30

Risultati materiale di scavo da 3 pozzetti – Relazione generale Comune Cavenago d'Adda

Infine, si riportano nella tabella che segue i valori di permeabilità della falda del territorio lodigiano in quanto, essendo strettamente adiacente alla zona in oggetto, costituisce un sicuro riferimento per i relativi parametri di interesse.

Nel merito, la falda freatica principale presenta dei valori di permeabilità che sono influenzati dalle caratteristiche litostratigrafiche dei depositi alluvionali.

Permeabilità oltre 1 m/s	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-7} - 10^{-9}$
Ciottoli, ghiaie senza elementi fini	Sabbie, sabbie e ghiaie	Sabbie fini, limi, argille con limi e sabbie	Argille omogenee
Perm. elevata	buona	cattiva	impermeabile

Valori di permeabilità della falda freatica del territorio lodigiano

In effetti i litotipi ghiaiosi e ghiaioso - sabbiosi presentano valori di permeabilità da buoni a medi all'aumentare delle granulometrie più fini. Nel comprensorio sono presenti un po' ovunque principalmente lungo le aree adiacenti al fiume Adda. Da segnalare invece che i depositi sabbiosi, sabbioso-limosi, limoso-argillosi e argillosi, che sono poi quelli più frequenti in tutto il territorio, hanno una permeabilità da media a bassa proporzionale all'aumentare della componente argillosa.