



Consorzio Bonifica Muzza Bassa Lodigiana

via Nino Dall'Oro 4 - 26900 LODI tel. 0371 - 420189 r.a. fax 0371 - 50393

email: cmuzza@muzza.it

**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO FUNZIONALE E
MANUTENZIONE DELLA ROGGIA REGINA CODOGNA
E DEI CANALI AFFERENTI E INTERFERITI NEI
COMUNI DI: LODI - CORNEGLIANO LAUDENSE - SAN
MARTINO IN STRADA - MASSALENGO - CAVENAGO
D'ADDA - IN PROVINCIA DI LODI – LOTTO 1**

PROGETTO ESECUTIVO

**RELAZIONE SPECIALISTICA
GEOLOGICO - GEOTECNICA**

Edizione
Luglio 2018

Il Responsabile del Procedimento
Dott. Ing. Marco Chiesa

I Progettisti
Geom. Ernesto Davidi Dott. Ing. Andrea Mazzi

Introduzione

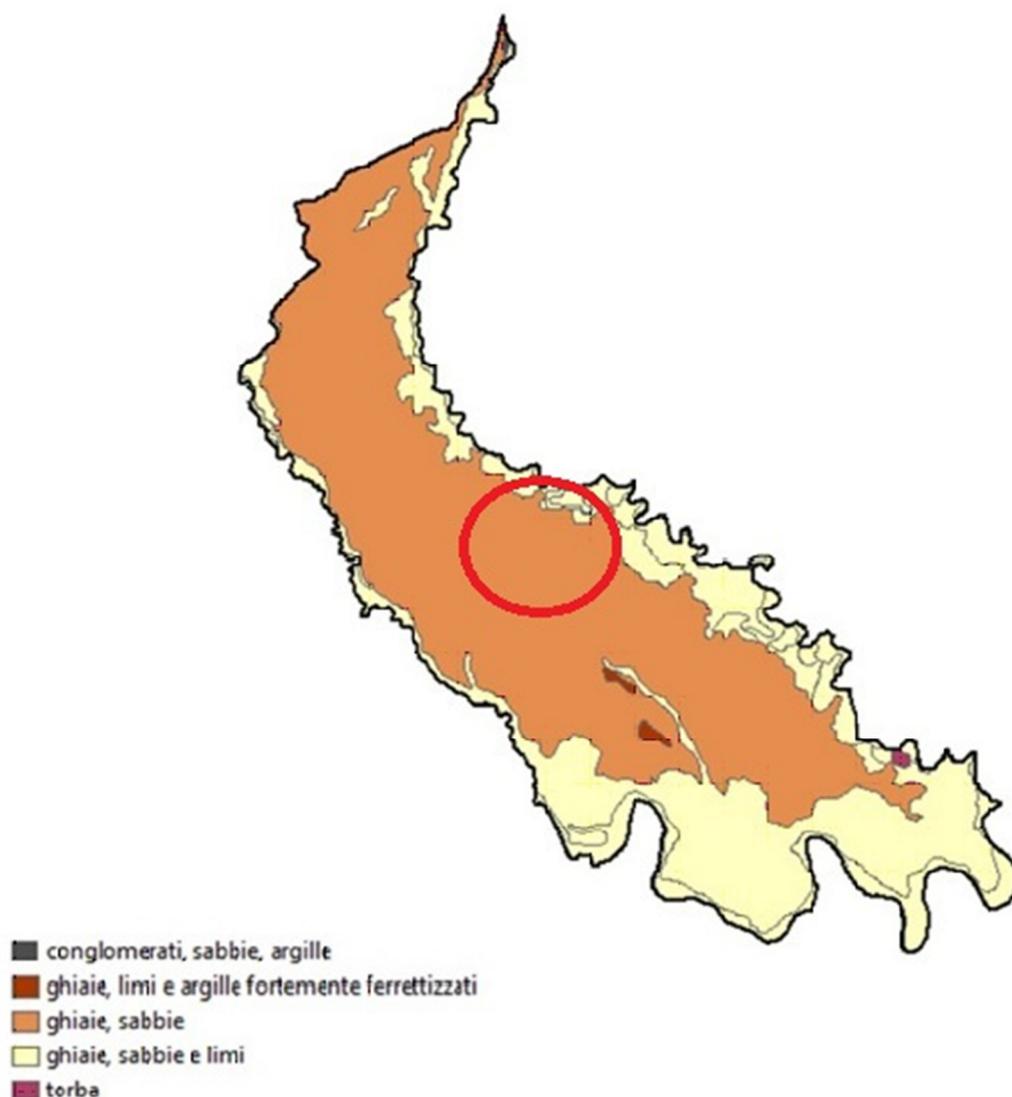
La presente relazione tecnica **geologico – geotecnica** espone le indagini tecniche esecutive condotte per gli interventi da eseguirsi nell'ambito del progetto “Interventi di adeguamento funzionale e manutenzione della roggia Regina Codogna e dei canali afferenti e interferenti nei comuni di: Lodi, Corneigliano Laudense, San Martino in Strada, Massalengo e Cavenago d’Adda in provincia di Lodi - Lotto 1”.

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 due parti distinte, a completamento di quanto previsto nel 1° lotto. 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.

Gli aspetti che sono stati presi in esame sono i seguenti:

- geologici e geotecnici

I risultati ottenuti 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. Nella figura seguente sono riportate le litologie presenti nel comprensorio Muzza bassa lodigiana con particolare riferimento alla zona oggetto dell'intervento.



Litologia del comprensorio Muzza Bassa Lodigiana con indicazione della zona di intervento – Banca dati: Geoportale

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 afferenti al

canale, utilizzando la rete interconnessa 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 geologici e geotecnici

Vengono qui analizzati gli aspetti fisici, idrogeologici e geotecnici del territorio nel quale sono previsti gli interventi in progetto per la realizzazione dell'intervento di sistemazione del canale Regina Codogna. La zona oggetto dell'intervento comprende i Comuni di Lodi, Cornegliano Laudense, San Martino in Strada, Massalengo e Cavenago d'Adda in Provincia di Lodi.

Il Comune di Lodi, secondo quanto riportato nella relazione geologico-geotecnica del PGT, è suddiviso in tre zone che riprendono le unità morfologiche e che presentano le seguenti caratteristiche di permeabilità e drenaggio:

1. Livello Fondamentale della pianura (LF2): depositi caratterizzati da permeabilità mediobassa nei primi metri (sabbie medio-fini, limi e argille) e da permeabilità medio elevate in profondità. Il drenaggio può essere difficoltoso per l'azione congiunta di depositi fini e di suoli profondi;
2. Alluvioni intermedie (VA): permeabilità generalmente elevate in superficie ed in profondità (ghiaie e sabbie). Locali diminuzioni di permeabilità superficiale nelle aree debolmente depresse. Il drenaggio può essere difficoltoso in queste ultime aree per falda subaffiorante;
3. Alluvioni attuali e recenti della valle dell'Adda (VA8): sono generalmente grossolane (sabbie e ghiaie) nelle aree di nucleo di meandro e di divagazione; in queste zone si ha pertanto permeabilità elevata e drenaggio da buono a mediocre dove la falda è più superficiale. Nelle aree esterne infossate di paleomeandri e nel complesso dei paleomendri più interni si hanno depositi a minore granulometria e la permeabilità è

molto più bassa. Il drenaggio è decisamente difficoltoso e i meandri più recenti sono ancora occupati da paludi. In particolare, nel sottosuolo della pianura lodigiana in cui si colloca il territorio in discussione, è possibile distinguere due litozone:

1. Litozona superficiale, dalla superficie, fino a 40 - 70 m; è costituita da ghiaie e sabbie prevalenti, con pochi livelli argillosi, privi di continuità, è sede di acquifero freatico. Nel settore occidentale sono frequenti depositi fini o molto fini (sabbie, limi e argille) nei primi metri, localmente questi possono raggiungere 15 m di potenza. I depositi fini non diminuiscono le potenzialità dell'acquifero superficiale, in quanto essi si trovano prevalentemente al di sopra della superficie freatica. Le trasmissività di questo primo acquifero sono elevate e danno portate superiori a 50 l/sec con abbassamenti di pochi metri. Come già accennato, quest'acquifero è probabilmente sovrafruttato nella zona del centro storico, dove sono state rilevate, in passato, soggiacenze fino a 14 m. Su questi abbassamenti influisce la prossimità dell'orlo di terrazzo morfologico e che, per condizioni geometriche, la ricarica, almeno nei livelli più superficiali, può verificarsi solo dal quadrante SO;

2. Litozona profonda, è caratterizzata da depositi argilloso-limosi, con rari livelli sabbiosi o ghiaiosi. Gli acquiferi che vi si trovano sono di tipo artesiani. A questa litozona si rivolge il prelievo dell'acquedotto civico, di essa non si conosce il limite inferiore né le caratteristiche idrauliche totali. In sinistra idrografica le quote della superficie piezometrica degli acquiferi profondi sono più elevati di circa 2 m rispetto a quelli dei livelli freatici. Tale fenomeno, oltre che da un minore sfruttamento, può essere provocato dal rilevante abbassamento dell'alveo medio dell'Adda, sopraggiunto in tempi recenti.

Il Comune di Cornegliano Laudense, in continuità con quanto riportato nel PGT del Comune di Lodi, si presenta totalmente pianeggiante, geologicamente tutto il territorio si colloca nel "Livello fondamentale della pianura richiamato precedentemente". L'unità geologica presente in territorio comunale è esclusivamente il fluvioglaciale wurmiano formato da alluvioni prevalentemente sabbiose, con lenti limose e sottili livelli ghiaiosi.

Il Comune di San Martino in Strada, secondo le indicazioni contenute nel PGT, si presenta abbastanza omogeneo dal punto di vista fisiografico e geologico. Si distinguono infatti solo due unità fisiografiche principali: il "Livello Fondamentale della Pianura" che comprende la maggior parte del territorio comunale compreso il nucleo abitativo principale e la "Valle Alluvionale Attuale del Fiume Adda". Dal punto di vista

tessiturale il Livello Fondamentale della Pianura, in analogia alle forme geologiche descritte per i precedenti Comuni, è formato prevalentemente da sabbie e sabbie limose debolmente argillose con intercalazioni di ghiaie. L'origine fluviale e fluvioglaciale si esprime in una maggiore variabilità tessiturale e laterale dei corpi sedimentari. L'unità fisiografica Valle Alluvionale Attuale dell'Adda è invece formata da corpi ghiaioso, sabbiosi intercalanti a lenti limose, il cui andamento superficiale permette di ricostruire l'andamento di paleocanali fluviali.

Il Comune di Cavenago d'Adda, secondo quanto riportato nella relazione geologico geotecnica del relativo PGT, si inserisce nelle ampie strutture regionali della pianura: nel raggio di alcuni chilometri affiorano solo depositi continentali di origine fluviale e fluvioglaciale caratterizzati da condizioni di giacitura decisamente uniformi, al di sotto dei quali si sviluppa un basamento di origine marina interessato da una situazione strutturale complessa e non priva di significato neotettonico. Le caratteristiche di ambienti deposizionali fluviali e di età compresa tra il Pleistocene superiore e l'Olocene, sono:

- Alluvioni attuali (Olocene superiore) - si tratta di forme deposizionali in evoluzione, poste all'interno dell'alveo inciso del Fiume Adda (isole, barre di accrescimento ecc.) e sono costituite da depositi prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi.
- Alluvioni medio-recenti (Olocene medio- superiore) – sono i depositi che costituiscono il substrato del principale ripiano posto all'interno della valle dell'Adda, terrazzati sui corsi d'acqua attuali e parzialmente inondabili in caso di piene straordinarie.
- Alluvioni antiche (Olocene inferiore) – si tratta dei depositi olocenici più antichi, presenti isolatamente ai margini della valle dell'Adda, posti ad una quota intermedia tra il Livello Fondamentale della Pianura e la piana alluvionale recente del corso d'acqua, da tempo indisturbati dai fenomeni sedimentari e morfogenetici del corso d'acqua.
- Fluviale Wurm (Pleistocene superiore) - è costituito da depositi prevalentemente sabbiosi, con lenti limose e sottili livelli ghiaiosi e con strato di alterazione superficiale di debole spessore, generalmente brunastro, affioranti nel substrato del Livello Fondamentale della Pianura (o Piano Generale Terrazzato) a valle della linea delle risorgive.

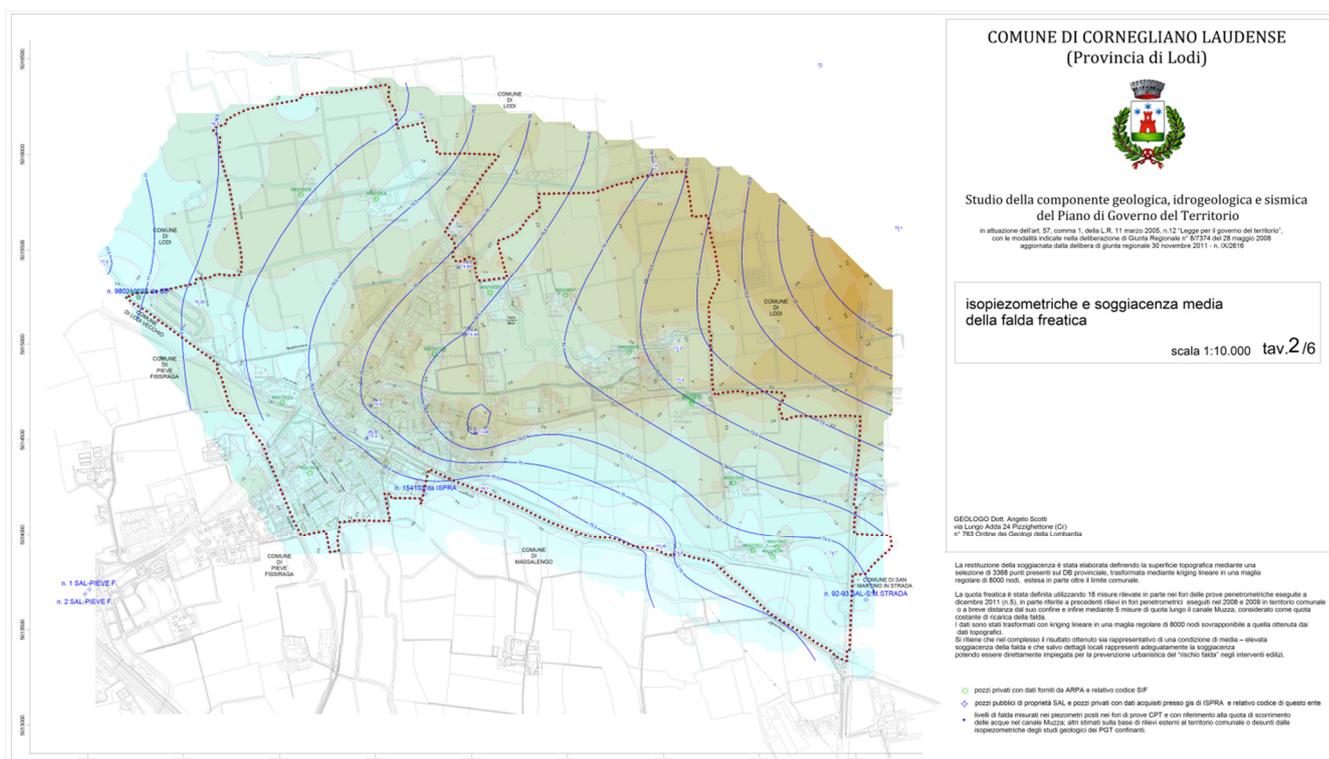
Idrogeologia del territorio

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 i quali, 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 e sud-est passando parallela ai fiumi Lambro e Adda, con il bacino del fiume Po quale recapito ultimo. In particolare la zona oggetto degli interventi, nei Comuni di Lodi, Cornegliano Laudense, San Martino in Strada, Massalengo e Cavenago d'Adda in provincia di Lodi, è caratterizzata da una prerogativa idrogeologica caratterizzata da una oscillazione della falda compresa tra 1 m e 4 m dal piano campagna; intervallo rilevato dall'analisi degli studi idrogeologici allegati ai PGT dei comuni citati precedentemente e che hanno permesso di definire l'assetto piezometrico dell'acquifero in termini di soggiacenza e direzione di flusso. In particolare, lo studio geologico del PGT di Cornegliano Laudense, preso come esempio per via dell'evidente influenza del canale Muzza sulla ricarica della falda, sottolinea che, sulla base di indagini piezometriche dirette effettuate tra dicembre 2011 e gennaio 2012 in fori nei quali erano state effettuate 5 prove penetrometriche per la valutazione della stratigrafia del terreno e la seguente ricostruzione delle isopiezometriche elaborando le stesse misure dirette e le prove messe a disposizione da professionisti privati, da altre misurazioni eseguite nei territori limitrofi (località S. Alberto di Lodi, Cascina Favalla a San Martino in Strada, intorno all'abitato di Massalengo) e delle ricostruzioni della falda fornite dai PGT dei comuni confinanti, 5 misure del livello dell'acqua lungo il canale Muzza considerato come quota costante di ricarica della falda, la profondità della falda freatica risulta compresa tra 1 m e 1,5 m intorno al canale Muzza (i valori inferiori ad 1 metro sono poco probabili in quanto le misure risentono eccessivamente dell'effetto della carenza di dati e delle approssimazioni di scale), e nella porzione settentrionale del territorio, a nord delle cascine Fabia e Campolungo. Altre aree caratterizzate da soggiacenza inferiore a 2 metri sono state

osservate presso le C.ne Melesa, Cesarina e Ospitala principalmente a causa di locali depressioni topografiche.

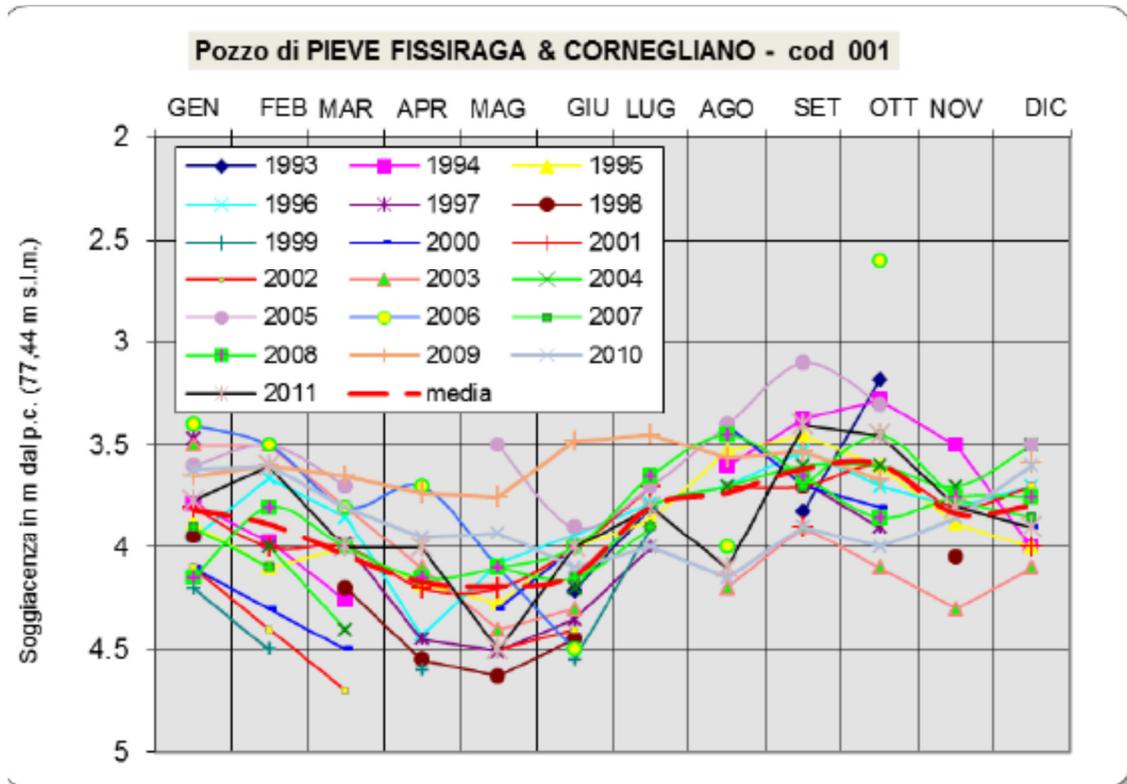
I valori incrementano in direzione nord est fino a valori di 2,5 -3,0 metri lungo la provinciale 235 e lungo la provinciale 186, mentre un incremento più marcato e costante si rileva nel quadrante NE del territorio a causa dell'approfondimento della falda generata dal deflusso verso la valle dell'Adda, con valori di quasi 4 metri in prossimità del confine con il territorio di Lodi.

La ricostruzione delle isopiezometriche è stata effettuata tramite kriging lineare ed è riportata nella seguente figura. L'andamento della linea di falda evidenzia un flusso da ovest verso est con gradiente di circa l'1,5‰, che nella porzione di territorio a est della località Muzza e a sud della SP 186 appare influenzata dal contributo di ricarica del canale stesso, con formazione di un gradiente verso NE di circa il 2,3 ‰.



Estratto della tavola 2 – "Isopiezometriche e soggiacenza media della falda freatica" dello studio geologico allegato al PGT del comune di Corneigliano Laudense

Le **oscillazioni freatiche** possono essere descritte dai dati di soggiacenza rilevati presso il citato pozzo n° 1 di C.na S. Antonio, resi disponibili dall'Ufficio Geologico del CAP di Milano ed illustrati nel grafico seguente.



Estratto dallo studio geologico del PGT del comune di Corneigliano Laudense – "Oscillazioni freatiche rilevate nel pozzo SAL n°1 di Pieve Fissiraga – Corneigliano Laudense"

Dal grafico appena riportato, si osserva innanzitutto un andamento estremamente regolare negli anni e lo stretto legame delle fluttuazioni con la stagione irrigua. L'escursione media annua è di 0,91 m, compresa tra un minimo di 0,3 m nel 2009 ed un massimo di 1,1 m osservato negli anni 2000 e 2002 (un massimo nel 2006 pare attribuibile ad una errata lettura). I singoli valori mensili risultano relativamente dispersi nei mesi da gennaio a marzo, con differenze di soggiacenza comprese tra 0,7 ed 1 m, mentre risultano più strettamente distribuite intorno alla media nei mesi di luglio e agosto, con differenze di livello pari a 0,6 m. Questa circostanza pare ragionevolmente attribuibile alla predominanza dei fattori climatici nei mesi invernali, mentre nei mesi estivi il fattore irrigazione determina un apporto relativamente costante in tutte le annate.

Accertando che per la tipologia di interventi in progetto, che prevedono la realizzazione di difese e manufatti idraulici, 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.

Permeabilità media del territorio lodigiano

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.