



CONSORZIO BONIFICA MUZZA BASSA LODIGIANA

Lodi: Via Nino dall'Oro n° 4 – tel. 0371/420189 – fax: 0371/50393 – e-mail: cmuzza@muzza.it

REGIONE LOMBARDIA - Direzione Generale Sicurezza,
Protezione Civile e Immigrazione - Decreto n° 7448 del 28/07/2016

RIPRISTINO FUNZIONALITA' DELL'ALVEO DEL COLATORE
MUZZA CON CONSOLIDAMENTO SPONDALE IN COMUNE
DI TURANO LODIGIANO E CASTIGLIONE D'ADDA

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA IDROLOGICO – IDRAULICA

Edizione
Settembre 2016

Il Presidente
Ettore Grecchi

Il Responsabile del Procedimento
Dott. Ing. Marco Chiesa

Il Progettista
dott. Ing. Marco Chiesa – dott. Ing. Giuseppe Meazza

1 GENERALITA'

Il presente progetto esecutivo “*Intervento 58 (scheda Rasda 19171) - “Ripristino Funzionalità dell’alveo del colatore Muzza con consolidamento spondale” - **Importo contributo di € 200.000,00** come da Decreto della Direzione Generale Sicurezza, Protezione Civile e Immigrazione- Regione Lombardia n° 7448 del 28/07/2016*, edizione Settembre 2016 riguarda le opere di ripristino della funzionalità idraulica, statica e di esercizio del colatore Muzza in seguito ai danni provocati dagli eventi meteorologici critici del novembre 2014. Gli interventi sono interamente ricadenti in provincia di Lodi.

Il canale in oggetto è un canale naturale caratterizzato da una giacitura d’alveo fortemente in trincea, che funge da recapito per diversi scarichi connessi a sistemi di drenaggio superficiale.

Gli interventi ricadono interamente nel territorio comunale di Castiglione d’Adda in provincia di Lodi. Nel seguito essi vengono descritti sulla base delle loro caratteristiche funzionali e territoriali unitamente al territorio nel quale si sviluppa il canale oggetto degli interventi qui previsti.

1.1 IL TERRITORIO “BASSO”

Il colatore Muzza, si origina al così detto manufatto “terminale” di Tripoli, in comune di Massalengo, ovvero, il nodo idraulico tramite cui si esaurisce la funzione distributiva dell’omonimo canale ed avviene la regolazione delle eccedenze idrauliche: di esercizio ma in particolare di controllo delle piene.

Dal quel punto, in corrispondenza del ponte della s.p. n° 23 Lodi-S.Colombano, il colatore si sviluppa per circa 20 Km con direzione generale sud-est, sfociando lungo la sponda lodigiana del fiume Adda, in comune di Castiglione, poco a monte del nucleo urbano del paese. All’interno dei due precise linee direzionali, est-sudest (tratte iniziale e finale) e sud-sudest (tratta intermedia), l’andamento è molto irregolare con parti fortemente meandrici. L’alveo infatti, specialmente tra l’intersezione con le strade ss n°9 e la sp n°23, si presenta con sviluppo lineare. L’alveo scavato, quello che per intenderci è più o meno sempre occupato dai deflussi, ha una sezione relativamente costante, il profilo liquido libero è infatti variabile da 20 a 25m. Morfologicamente la sezione trasversale è sempre in trincea rispetto al piano delle terre di riviera con differenza depressionaria che varia da 2 a 7 m circa. La pendenza si differenzia da tratta a tratta mantenendosi comunque

<0,03%. Significativi sono i quattro salti di fondo: ponte canale Turana (~1,50m), Colombina (~4,50m), Biraghina (~4,50m), e cascina Taccagna (~1,50m). Una peculiarità del corso d'acqua è la presenza di una pseudo area di golena, rappresentata da superfici laterali più o meno ampie dove è presente una fitta vegetazione spontanea. Detta golena, che in alcuni punti raggiunge e supera tra gli apici opposti distanze di 120m, può essere definita o dal dislivello tra l'alveo scavato ed i piani limitrofi del corso d'acqua, ovvero, come nel caso del tratto parallelo alla sp.26, come sviluppo delle ampie rive che segnano il collegamento tra il fondo molto depresso ed il profilo delle campagne limitrofe alle rive stesse. Dal punto di vista idraulico, la peculiarità del colatore è di non aver un bacino tributario proprio. Se si esclude infatti una trascurabile superficie di riviera, il contributo idraulico risulta essere tutto di provenienza indiretta, ovvero, generato dallo scarico di regolazione dei numerosi canali artificiali (primo fra tutti il Muzza) e dall'immissione dei pochi corsi d'acqua naturali (primo fra tutti il Valguercia). La portata presente, per natura propria e funzionalità del colatore, è fortemente variabile. Detta variabilità si rappresenta in un'alternanza tra un minimo di 2,00m³/s ed un massimo di 25-30,00 m³/s, portata quest'ultima che si manifesta nei periodi di piena con tempo di ritorno pari a 100anni. Si può ragionevolmente affermare che, mediamente, anche contando su una imprecisata comunque apprezzabile presenza di acque risorgive ed affioranti per filtrazione, la portata sia di ~4,00 m³/s.

1.2 IL COLATORE MUZZA: CARATTERISTICHE E FUNZIONALITA'

Gli utilizzi, senza dubbio, rispetto agli aspetti storici ed ambientali sono argomento marginale. La peculiarità del colatore è tale infatti che, le pur dignitose attività produttive e di fruibilità, perdono valore nei confronti di tutto il resto. V'è detto che è sempre stata una distinzione del colatore. Le attività in esso sviluppate sono infatti storicamente molto posteriori alla occupazione antropica permanente del territorio circostante.

Se si può affermare che, già a partire dal XVI sec gli insediamenti attuali, pur con estensioni limitate, già esistevano (Turano, Bertinico, Castiglione ecc) così come

le infrastrutture principali, via emilia in primis che risulta addirittura di fattura romana, per quanto riguarda gli utilizzi, bisogna aspettare la fine del XIX sec per registrare la prima attività produttiva diretta, con le acque del colatore Muzza. Esistevano già mulini lungo il corso del colatore, tuttavia lo stesso fungeva unicamente da recapito degli scarichi di regolazione. Verosimilmente la giacitura molto depressa del tracciato rendeva difficoltoso ogni prelievo. Infatti, la prima utilizzazione avveniva verso la fine del 1800 con la derivazione irrigua del canale Regona, realizzata per le nuove terre della bassa di Castiglione, oggetto di precedente bonifica idraulica per colmata. La bocca è situata in corrispondenza del salto della Biraghina, poco a monte della intersezione con la sp n°26. I prelievi di concessione, attuabili con un manufatto a tre luci ubicato in sponda destra, variano tra 0,90 e 1,10m³/s a seconda dei periodi. In epoche più recenti, sui due salti più significativi del colatore, sono state realizzate due centrali idroelettriche. La prima in ordine di tempo ed ubicazione è quella posta nei pressi della località Colombina, esercita a partire dal 1998 come riattivazione di una precedente installazione Enel degli anni 60, la seconda, recentissima (febbraio 2015) in corrispondenza del salto della Biraghina sullo stesso nodo idraulico da cui si diparte la menzionata roggia Regona.

Gli utilizzi non produttivi sono, come accennato, principalmente quelli legati alla funzionalità idraulica e quelli invece riconducibili al buon stato di salute ecologico, ambientale e paesaggistico del corso d'acqua. Queste peculiarità, favoriscono la frequentazione del colatore a scopo ricreativo, in particolare per pesca sportiva e percorrenze ciclistiche-pedonali. In tempi relativamente recenti, l'esecuzione di alcuni tratti di vie verdi e di piste ciclabili, limitrofe alle sponde del canale, ha sicuramente incrementato la fruizione delle aree connesse al corso d'acqua.

Il corso d'acqua oggetto degli interventi è, come già accennato, il colatore Muzza, un canale naturale caratterizzato da una giacitura d'alveo fortemente in trincea, che funge da recapito per diversi scarichi connessi a sistemi di drenaggio superficiale. Il percorso del canale si snoda naturalmente per oltre 20 km in senso nord-ovest su-est prendendo origine da dall'ideale prosecuzione del canale irriguo Muzza, in località Tripoli al limite del confine territoriale con il comune di Massalengo, sfociando nel fiume Adda in comune di Castiglione d'Adda.

Il contesto territoriale è quindi quello tipico rurale basso padano, capillarmente irrigato, regolarmente pianeggiante ed estensivamente coltivato, contraddistinto dalla presenza di centri urbani di piccola – media estensione con sistemi di drenaggio urbano di natura mista, gravanti per la parte pluviale, nella maggioranza dei casi, sul reticolo idrico irriguo-idraulico superficiale gestito dal Consorzio Bonifica Muzza Bassa Lodigiana.

Gli input idrologici al colatore sono quindi di duplice natura:

- **puntuali:** derivanti da immissioni di natura urbana o di regolazione irrigua. Le prime sono costituite dagli scarichi pluviali delle reti di drenaggio urbano, le seconde sono relative a scarichi di regolazione o di colatura direttamente connessi alla rete irriguo - idraulica superficiale. Da notare inoltre l'immissione diretta delle portate di scarico del canale irriguo Muzza nel punto di inizio del colatore, attraverso sifoni autoadescanti, per un deflusso massimo di 18,4 mc/s.
- **distribuito:** è la parte connessa al drenaggio diretto del territorio sotteso di competenza. In virtù della capillare estensione del reticolo idrico irriguo idraulico superficiale che drena e smaltisce le acque territoriali in più recettori (naturali o meno) distribuiti sul territorio, il bacino diretto di competenza del colatore Muzza si riduce alla fascia territoriale limitrofa allo stesso. La sua estensione risulta quindi limitata in rapporto alle portate effettivamente vettorate.

2 LA SITUAZIONE IDROLOGICA GENERALE:

GLI EVENTI IDROMETEOROLOGICI AVVERSI ALL'ORIGINE DEI DANNI ALLA RETE CONSORTILE

Durante lo scorso mese di novembre 2014 si sono verificati fenomeni idrometeorologici avversi che hanno coinvolto il territorio e le infrastrutture idrauliche del Consorzio bonifica Muzza bassa Lodigiana: piogge intense e persistenti, deflussi di piena dei fiumi al contorno, in particolare Adda e Po, nonché di alcuni corsi d'acqua del sud milanese, idraulicamente connessi alla rete consortile.

Detti eventi idrometeorologici sono riconducibili a perturbazioni che hanno interessato estesamente il nord Italia, sia la parte pianeggiante che quella montana di formazione dei deflussi dei fiumi.

Gli elementi di criticità possono essere individuati in 3 eventi concomitanti che hanno interessato il territorio: le piogge intense e persistenti sul territorio, le modalità di accadimento dei fenomeni pluviali che hanno visto un andamento in crescendo sia delle intensità di pioggia che dei volumi pluviali apportati e le piene dei grandi fiumi al contorno Adda, Lambro e Po, contestualmente alle piene del torrente Molgora che recapita in Muzza le portate drenate nel proprio bacino nell'est milanese. In passato si è assistito a numerosi eventi alluvionali che hanno coinvolto il Lodigiano, diversi ognuno dall'altro, ma difficilmente si è constatato un sincronismo così gravoso di elementi a formare un evento di tali dimensioni e conseguenti pesanti effetti.

Le piogge che hanno interessato il territorio Lodigiano hanno avuto carattere di assoluta eccezionalità: i pluviometri di Lodi e Codogno hanno registrato rispettivamente 260 mm e 268 mm di pioggia cumulata dal 3 al 18 novembre 2014, pari a quasi un terzo della pioggia che mediamente in un anno cade sul territorio (vedasi il grafico delle pluviometrie cumulate di pioggia ai due pluviometri allegato). Al di là della quantità pluviale eccezionale, il fattore che ha incrementato gli effetti negativi degli eventi è stata la loro modalità di esplicazione, che ha visto svilupparsi la parte iniziale ad intensità ordinaria e costante dando luogo alla graduale saturazione dei suoli permeabili del territorio (le estese superfici rurali), seguita da una fase caratterizzata da scrosci concentrati di elevata intensità (vedasi quello del 12 novembre u.s. sul grafico delle cumulate).

Questa seconda parte di eventi, a causa della condizione di imbibizione ormai completa dei suoli, ha allagato le aree depresse e riversato nei corsi d'acqua del territorio le portate pluviali con intensità e velocità come se fosse piovuto su suoli impermeabili.

Ecco quindi che la rete idraulica Lodigiana è stata sottoposta ad un input di portate che ha superato le capacità idrauliche disponibili dei corsi d'acqua e che pertanto in diversi punti ha manifestato tale criticità con azzeramento dei franchi di sponda, fenomeni di rigurgito ed esondazioni, alle quali è stato assoggettato diffusamente il colatore Muzza.

Il terzo elemento sopra esposto ha oltremodo inciso sulla criticità del periodo: i fiumi che contornano il perimetro del territorio Lodigiano sono stati sottoposti a deflussi di carattere straordinario, con fenomeni di piena che li hanno portati a livelli idrometrici molto elevati (massimo registrato Adda + 2,36 m il 16/11/2014

sullo zero all'idrometro di Lodi, Po +7,55 m il 17/11/2014 sullo zero all'idrometro di Piacenza) assumendo di fatto una critica condizione idrometrica che ha impedito, o quanto meno reso molto difficoltoso, lo scarico dei corsi d'acqua territoriali che in essi recapitano (vedasi i grafici allegati relativi all'idrometria di piena dell'Adda, del relativo affluente Brembo e del fiume Po).

Il torrente Molgora ha costituito una criticità per la rete idraulica territoriale con modalità ormai ben note. Esso infatti immette le proprie portate nel canale Muzza, in località Lavagna in comune di Comazzo, con tempi ed intensità proprie di un torrente alpino: da pochi mc/s a 40, 50 mc/s in 3 - 4 ore. Durante l'evento in oggetto esso ha scaricato in Muzza in due occasioni, il 12 ed il 15 novembre scorsi, le portate connesse a due colmi di piena di carattere straordinario (vedasi i grafici allegati riportanti la pluviometria del bacino idrografico del Molgora e l'idrometria di piena del torrente) che sono stati recepiti riducendo tempestivamente la portata del Muzza a Cassano d'Adda, pena il superamento della capacità idraulica del medesimo e la conseguente esondazione di paesi e centri produttivi rurali ed industriali presenti lungo il suo percorso.

Conseguentemente si è reso subito necessario distribuire tale portata nella rete consortile, attivandola con modalità inidonee, in termini di tempi ridotti e di eccessive quantità, al raggiungimento dei necessari equilibri idraulici e piezometrici delle strutture d'alveo.

Da un punto di vista idrologico, gli eventi sopra elencati, nella loro concomitanza, hanno dato luogo ad effetti pesantissimi in praticamente tutto il comprensorio, interessando diverse tipologie di infrastrutture idrauliche tra le quali in particolare il colatore Muzza, che ha subito pesanti danni come di seguito descritto.

Nel prossimo paragrafo detti eventi vengono analizzati in rapporto alle criticità alle quali hanno dato luogo.

2.1 Precipitazioni intense e prolungate sul territorio concomitanti con gli eventi di piena: il reticolo idraulico interno

Il territorio del comprensorio Muzza bassa lodigiana è stato interessato nel corso del mese di novembre 2014, al pari di gran parte del nord Italia, da eventi pluviali di carattere eccezionale sia in termini di durata che di intensità. I volumi pluviali connessi sono stati tali da superare la capacità idraulica ricettiva del sistema idraulico superficiale del comprensorio e più in generale del territorio lodigiano, con conseguenti danni diffusi pressoché uniformemente distribuiti. Si è trattato di un

evento prolungato ed esteso, che ha persistito per oltre due settimane con modalità di scroscio che tuttavia possono essere distinte in fasi definite.

La prima di queste ha caratterizzato la prima settimana dell'evento, con intensità debole e piovosità intermittente che, con riferimento al pluviometro di Lodi, a fronte dei circa 30 mm caduti, ha avuto l'effetto di dare luogo alla graduale imbibizione dei suoli. In seguito, dal 10 novembre, è stato un crescendo di intensità e numero di scrosci, succedutisi con cadenza incredibilmente regolare. Si distinguono chiaramente (vedasi il grafico delle piogge cumulate ai pluviografi di Lodi e Codogno allegato) ulteriori 4 scrosci di circa 60, 110, 40 e 20 mm rispettivamente, per una totale cumulata nei 14 giorni dell'evento di oltre 260 mm, pari a circa un terzo della cumulata annua. Se al secondo scroscio del 9 - 11 novembre si può ancora attribuire carattere saturativo della capacità di campo delle superfici permeabili del territorio, ancorchè con una cumulata già di ben 80 mm, lo scroscio successivo del 12 - 13 novembre è stato di criticità assoluta. Intensità di pioggia elevatissima per una durata prolungata (95,6 mm nelle 12 ore) hanno massimizzato l'apporto di volume pluviale (considerato quale accadimento isolato, costituirebbe di per sé un elemento di notevole criticità idrogeologica) che, con un tempo di ritorno singolo di circa 26 anni, ha trovato superfici sature che, non più ritenive per infiltrazione, hanno avuto l'effetto di piani di scorrimento impermeabili sui quali si sono formati veloci ed intensi volumi idrici eccezionali, non ricevibili dalla rete idraulica superficiale. Gli ultimi due eventi di pioggia hanno ricalcato nelle modalità di accadimento il terzo, aggravando le impraticabili condizioni di esercizio della rete consortile e non solo, ormai in condizioni di deficit idraulico, ulteriormente appesantita dall'impossibilità di scaricare con efficacia nei fiumi al contorno per le loro concomitanti piene. Condizioni così critiche e gravose per il comparto irriguo idraulico lodigiano non si registravano da decenni. La concomitanza dei tre fattori incidenti: intensità di pioggia, modalità di scroscio e piene dei fiumi al contorno hanno costituito nel loro insieme combinato una criticità statisticamente eccezionale con effetti devastanti su tutta l'infrastruttura idraulica territoriale consortile e più in generale lodigiana.

Gli effetti sono stati subito visibili lungo tutta la rete: i corsi d'acqua consortili, canali e colatori, sono stati per giorni sollecitati da portate eccezionali che ne hanno saturato gli alvei e imbibite le sponde, in condizioni geotecniche e idrogeologiche di disequilibrio, l'impossibilità di vettoriare e smaltire i volumi idrici ricevuti hanno "liquefatto" paramenti spondali, argini e strade limitrofe con frane, smottamenti e cedimenti che interessano **decine di canali e manufatti idraulici da nord a sud nel comprensorio, tra i quali il colatore Muzza è risultato tra i più colpiti.**

Va considerato altresì che, come esposto nel seguito nello specifico paragrafo, la rete lodigiana ha recepito e smaltito al suo interno le portate che gli derivavano dall'immissione del Molgora e dai colatori del sud milanese, con valori di colmo dell'ordine dei 100 mc/s e che hanno costretto alla chiusura totale del canale alla derivazione di Cassano d'Adda. Tali portate sono state in parte scaricate nel canale Addetta al nodo idraulico di Paullo e per la maggior parte mantenute in Muzza e quindi distribuite all'interno della rete consortile, in aggiunta a quanto stava ad essa pervenendo dagli eventi pluviali in corso sul territorio. In questo scenario di estrema criticità idrometeorologica il Consorzio ha agito cercando di gestire flussi idrici al limite, se non incompatibili, con le possibilità della rete, nel prioritario obiettivo di salvaguardare i centri urbani e produttivi ubicati lungo il canale Muzza e presenti diffusamente sul territorio.

Il rilevamento ed il censimento dei danni che ne è seguito ha condotto alla constatazione delle condizioni di ammaloramento di svariate infrastrutture consortili in moltissime zone del comprensorio, in conseguenza del passaggio della perturbazione responsabile degli eventi idrometeorologici di cui sopra.

2.2 Eventi di piena del torrente Molgora e dei colatori afferenti all'alto corso del canale Muzza

Come già descritto nei precedenti paragrafi, una delle concause che ha contribuito alla estrema criticità degli eventi idrometeorologici del novembre scorso, è stato l'apporto idrico al canale Muzza derivante dalla immissione del torrente Molgora e dei colatori dell'est milanese afferenti all'alto corso del canale Muzza nei comuni di Comazzo e Truccazzano in provincia di Milano (vedasi in proposito i diagrammi di piena del Molgora allegati). Al pari degli altri territori del nord Italia, il bacino imbrifero del torrente Molgora è stato interessato da intensi eventi pluviali che lo hanno portato in condizioni di piena in due occasioni, il 12 e il 15 novembre scorsi, con livelli idrometrici di oltre 3 m misurati all'idrometro di Gorgonzola. Contestualmente a dette condizioni anche gli altri principali colatori del comparto idraulico est milanese afferenti al corso nord del canale Muzza (in particolare le Trobbie) hanno raggiunto elevati valori di deflusso, tutti recapitati in quest'ultimo in tempi rapidissimi.

La situazione idrologica si è quindi presentata da subito particolarmente gravosa, ancorchè debitamente monitorata e prevista, con i limitati tempi concessi dalla veloce corrivazione dei corsi d'acqua in input, inducendo la necessità di chiudere

completamente la derivazione del canale Muzza a Cassano d'Adda, azzerandone la portata (non essendo più sufficiente la sola riduzione della derivazione) in modo da rendere disponibile la massima capacità idraulica ricettiva. Questo è stato eseguito in due occasioni: il 12 ed il 15 novembre scorsi, in concomitanza dei due picchi di piena del Mologra. Ebbene ciò è stato appena sufficiente a recepire tutti i flussi idrici in ingresso: a derivazione chiusa, la portata rilevata in Muzza a valle dei comuni di Comazzo e Truccazzano è stata di circa 110 mc/s, ovvero pari a quella massima estiva di esercizio irriguo allorquando però tutta la rete sottesa è in attività ed in grado di distribuire la risorsa al territorio in modo graduale, ed organizzato.

Tale portata, rispetto alla quale non sarebbe stato possibile fare alcuna altra manovra ricettiva (viene quindi da chiedersi cosa sarebbe stato se fosse stata maggiore) è stata quindi vettoriata nel canale Muzza sino al nodo idraulico di Paullo dove in parte, circa 25 mc/s, è stata scaricata nel colatore Addetta.

A valle di Paullo i circa 85 mc/s sono stati mantenuti in Muzza, con tempi di riempimento velocissimi ed in condizioni di azzeramento dei franchi di sicurezza e scaricati nei canali e colatori che si dipartono dal Muzza, oltre che nello scaricatore Belgiardino in comune di Montanaso Lombardo, nelle medesime condizioni limite di urgenza tempistica ed idraulica. Tra i principali di questi vi è il canale derivatore Cà de Bolli e il colatore Muzza.

2.3 Eventi di piena dei fiumi Adda e Po

Nel periodo compreso tra i giorni che vanno dal 4 al 18 novembre 2014 il fiume Adda è stato soggetto a ripetuti eventi di piena in connessione all'apporto pluviale nel rispettivo bacino idrografico, in particolare nella bassa Valtellina e in val Brembana (vedasi il grafico delle piogge cumulate rilevate in vari pluviometri ubicati in val Brembana allegato).

Le portate del fiume, a valle della confluenza del Brembo, sono andate soggette a 4 punte di piena raggiungendo il valore massimo di portata nell'evento del 15-16 novembre, a fronte di una pluviometria cumulata complessiva media di oltre 400 mm in val Brembana e di un deflusso dal lago di Como di oltre 600 mc/s. La portata massima è stata di circa 1.400 mc/s alla sezione di Lodi, con un valore idrometrico massimo pari a 2,36 m sullo zero idrometrico, registrato alle ore 10.40 del 16/11/2014. Come noto il Consorzio Muzza Bassa Lodigiana gestisce il nodo

idraulico di Cassano d'Adda, in corrispondenza del quale avviene la ripartizione delle portate tra il fiume ed il canale Muzza attraverso una serie di manufatti scaricatori e sfioratori sommergibili.

Tutta la portata in ingresso al nodo viene recepita dall'incile del canale Muzza e viene restituita, da subito, attraverso due sfioratori di piena sommergibili (denominati Traversino e rottura grande) che si innescano automaticamente per portate di oltre 300 mc/s e 260 mc/s rispettivamente, nonché attraverso quattro scaricatori di piena dotati di paratoie metalliche verticali. Durante gli eventi in oggetto detti manufatti sono stati attivati e soggetti al deflusso di elevate portate in scarico, (per un periodo prolungato di oltre due settimane: vedasi i grafici di piena del fiume Adda allegati), con paratoie tutte aperte.

Altresì in considerazione delle elevatissime portate che sono pervenute al canale Muzza dal torrente Molgora e dagli altri colatori del sud est milanese, come sotto descritto, si sono dovute chiudere completamente le paratoie dello sbarramento di S. Bernardino, incile del canale, al fine di creare la capacità idraulica per consentirne il recepimento. Detta manovra è stata eseguita due volte repentinamente in occasione dei due eventi di piena del Molgora del 12 e del 15/11/2014, in una condizione di esercizio del nodo idraulico di Cassano d'Adda del tutto straordinaria, con un deflusso dell'Adda in transito di oltre 1.300 mc/s.

Relativamente al fiume Po, la cui condizione di piena prolungata è una delle cause dirette dei danni indotti alla rete di bonifica consortile ed in particolare al collettore primario di bonifica Ancona, è possibile affermare che si è trattato di un evento di piena che ha portato il fiume a raggiungere un livello idrometrico all'idrometro di Piacenza il 17 novembre scorso pari a m 7,56 con una portata stimata in circa 7.500 mc/s (come riferimento, la piena del novembre 2000 ha raggiunto, sempre all'idrometro di Piacenza, quota 10,50 m). L'origine idrologica dell'evento è individuabile nei diffusi eventi pluviali che hanno interessato il bacino idrografico del fiume, con particolare riferimento alla sua parte nord-occidentale e meridionale ed una sequenza di eventi pluviali che hanno alternativamente interessato diversi affluenti del fiume (uno per tutti il Tanaro). Non si è trattato di un evento di piena tipico, con idrogramma di massimo deflusso unico e definito, bensì dalla somma di contributi diversi e ripetuti che hanno portato il fiume a formare a Piacenza tre diversi colmi di piena ad intensità crescente (vedasi il grafico allegato relativo agli idrometri di Ponte becca - pv e di Piacenza) il primo, il 6 novembre ad oltre 5 m sullo zero idrometrico, il secondo a quasi 7 m il 14 novembre ed il terzo e più intenso, come detto, a 7,56 m il 17 novembre.

In conseguenza della dinamica sopra esposta, in termini temporali l'evento nel suo complesso è stato altrettanto gravoso, con elevati tempi di permanenza dei deflussi in seguito alla persistenza delle piogge nei bacini idrografici degli affluenti. Si tratta pertanto di un periodo di oltre una settimana nel quale il livello del fiume Adda si è mantenuto su valori superiori allo zero idrometrico (valore corrispondente al deflusso ordinario stagionale), con diretta influenza sulla piezometria dei territori limitrofi al fiume quale risulta essere la fascia perfluviale più orientale dove si sviluppa il colatore Muzza. Quest'ultimo risente direttamente delle condizioni piezometriche indotte dal del fiume Adda, avendone diretta conseguenza sul proprio stato idraulico attraverso l'influenza dei campi di filtrazione e dei flussi idrici generati e governati dal regime idrico del fiume stesso, in particolare nel tratto terminale in comune di Castiglione d'Adda, in prossimità dello sfocio del colatore Muzza nel fiume Adda. Si sono così create condizioni particolarmente critiche dal punto di vista idrogeologico e geotecnico che hanno dato luogo a diffusi danni alle strutture d'alveo del colatore Muzza, oggetto del prossimo paragrafo.

3 I DANNI PROVOCATI AL COLATORE MUZZA

I danni indotti dagli eventi esposti al colatore Muzza nel territorio comunale di Castiglione d'Adda, hanno interessato il tratto terminale del colatore in cui il deflusso del colatore risente dell'effetto di rigurgito indotto dall'idrometria del proprio recettore il fiume Adda.

La dinamica di danneggiamento indotta dagli eventi idrometeorologici critici del novembre 2014, sopra accennata, è consistita in un repentino (e ripetuto per diversi giorni) incremento delle portate vettorate legate sia alle piogge sul territorio direttamente drenate che alla difficoltà di smaltimento delle portate dovuta al completo stato di saturazione del proprio recettore, fiume Adda, senza che si potessero gradualmente instaurare le necessarie condizioni di equilibrio idrogeologico e geotecnico delle strutture d'alveo. Si sono pertanto registrati numerosi tratti in frana e soggetti ad erosioni, sbrecciature e danni diffusi dei paramenti spondali, sollecitati oltremodo da azioni di carattere piezometrico e meccanico straordinarie a seguito della dinamica di recepimento idrico sopra descritta.

Il repentino e ripetuto incremento - decremento idrometrico, a cui è stato sottoposto il colatore, ha dato luogo sia ad azioni meccaniche che a squilibri

piezometrici che si sono ripercossi sui paramenti spondali assoggettando le sponde a sollecitazioni idrauliche e meccaniche intense e diffuse.

Si sono avuti:

- ampi cedimenti spondali,
- erosioni dei paramenti,
- sbrecciature e deposito del materiale franato in alveo,
- scalzamento delle difese realizzate con interventi di ingegneria naturalistica
- compromissione dell'efficienza idraulica e strutturale delle sponde del colatore

Come detto, il tratto oggetto d'intervento è il tronco nel territorio comunale di Castiglione d'Adda in provincia di Lodi, della lunghezza di circa 1 km dove si sono riscontrati i danneggiamenti di maggiore entità che rivestono la maggiore priorità di intervento.







I problemi indotti sono di più ordini: la precarietà statica delle strutture d'alveo è quella più evidente, stante la compromissione della sicurezza strutturale dei corpi spondali.

Nel seguito vengono descritte le opere e le soluzioni tecniche adottate per il ripristino della piena funzionalità statica, idraulica e funzionale del tratto terminale del Colatore Muzza.

4 LE OPERE DI RIPRISTINO - SINTESI

Come detto, la gran parte dei danni si sono riscontrati alle strutture d'alveo, quali sponde, paramenti arginali, soggetti a frane, smottamenti ed erosioni per le quali si prevede la rimessa in esercizio mediante il ripristino e la ricostruzione dei rilevati spondali e arginali secondo la geometria originaria dell'alveo.

La ripresa delle frane e le sistemazioni spondali per la colmata delle erosioni e dei cedimenti eseguita con mezzi meccanici sono lavorazioni tipiche e ben note nelle modalità esecutive ed organizzative. Le difese idrauliche vengono realizzate mediante l'utilizzo di pietrame posato a secco previa la propedeutica rimozione della vegetazione insistente sui luoghi di esecuzione dei lavori e la sistemazione e regolarizzazione delle aree di intervento.

5 VERIFICHE IDRAULICHE

Come già descritto sopra e nella relazione tecnica generale, il colatore Muzza è un corso d'acqua naturale, caratterizzato da una giacitura d'alveo fortemente in trincea, che funge da recapito per diversi scarichi connessi a sistemi di drenaggio superficiale.

Nel seguito vengono riportate le verifiche idrauliche di alcune sezioni più significative nel tratto in comune di Castelnuovo Bocca d'Adda oggetto di intervento.

Le verifiche idrauliche, in coerenza alla soluzione prospettata in sede di relazione tecnica, riguardano le sezioni di progetto relative alla formazione di difese idrauliche in pietrame da costituirsi in blocchi calcarei posati a secco.

Per tutte le tipologie di sezioni, le verifiche idrauliche sono state effettuate con la formula di Chezy con coefficiente di scabrezza di Manning

$$Q = V \cdot A = A \cdot C \cdot (R \cdot J)^{0,5}$$

dove

Q = portata di esercizio del canale misurata in l/s

A = area liquida della sezione misurata in m²

V = velocità media della corrente misurata in m/s

J = cadente piezometrica della corrente nel sifone

C = coefficiente di attrito (espresso in m²/s) calcolato con le seguenti relazioni di Kutter e di Manning:

$$C(h) = (100 \times R^{0,5}) / (m + R^{0,5})$$

$$C(h) = (1/n)R(h)^{1/6}$$

Essendo:

R = raggio idraulico medio della sezione (rapporto tra area liquida e contorno bagnato) espresso in m

m = coefficiente di scabrezza della scala di Kutter (espresso in m^{1/2}) assunto pari a 0.35 (alvei in c.c.a.)

h = altezza idrica nel canale

n = coefficiente di scabrezza di Manning = $0,0300 \text{ m}^{-1/3}$ s determinato secondo la seguente relazione:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m_5$$

dove, in funzione delle condizioni dell'alveo, i valori n_i ed m che compongono il valore di n , assumono i valori riportati nella tabella seguente

Materiale costituente l'alveo	Terra	n_0	0.020
	Roccia		0.025
	Alluvione grossolana		0.028
	Alluvione fine		0.024
Irregolarità della superficie della sezione	Trascurabile	n_1	0.000
	Bassa		0.005
	Moderata		0.010
	Elevata		0.020
Variazione della forma e della dimensione della	Graduale	n_2	0.000
	Variazione		0.005
	Variazione frequente		0.010-0.015
Effetto relativo di ostruzioni	Trascurabile	n_3	0.000
	Modesto		0.010-0.015
	Apprezzabile		0.020-0.030
	Elevato		0.040-0.060
Effetto della vegetazione	Basso	n_4	0.005-0.010
	Medio		0.010-0.025
	Alto		0.025-0.050
	Molto alto		0.050-0.100
Grado di sinuosità dell'alveo	Modesto	m_5	1.000
	Apprezzabile		1.150
	Elevato		1.300

Si è ottenuto nel caso in esame:

$$n = (0,020 + 0,0030 + 0,000 + 0,00 + 0,0100) 1,00 = 0,0330$$

Per la verifica delle sezioni sono stati assunti a base dei calcoli i valori massimi nominali delle portate attese in occasione di eventi pluviali intensi che possono portare il canale in condizioni di raggiungimento di livelli idrici al limite dei franchi di sicurezza.

Nella tabelle che seguono sono riportati i risultati delle verifiche eseguite per la sezione idraulica di progetto: trapezia ad alveo naturale.

Scala di portate colatore Muzza

Dati della sezione

H=	250	cm	(Altezza sezione)
b=	1245	cm	(Base minore sezione)
B=	2700	cm	(Base maggiore)
<i>Angolo</i>	71.07113	gradi	
<i>Area=</i>	49.31	mq	
Pendenza	0.02	%	
n	0,033	Coefficiente di scabrezza di Manning	

H defl (cm)	Contorno bagnato	Area deflusso (mq)	Raggio idraulico (ml)	Portata (mc/sec)	Velocità (m/sec)
12.5	1322.07	1.602	0.121	0.1664	0.10388
25	1399.13	3.295	0.235	0.533049	0.16179
37.5	1476.20	5.079	0.344	1.057976	0.20831
50	1553.27	6.954	0.448	1.726616	0.24829
62.5	1630.33	8.920	0.547	2.531731	0.28382
75	1707.40	10.978	0.643	3.469499	0.31605
87.5	1784.47	13.126	0.736	4.538024	0.34572
100	1861.53	15.366	0.825	5.736608	0.37333
112.5	1938.60	17.697	0.913	7.065351	0.39925
125	2015.67	20.119	0.998	8.52491	0.42373
137.5	2092.73	22.632	1.081	10.11634	0.447
150	2169.80	25.236	1.163	11.84099	0.46921
162.5	2246.86	27.931	1.243	13.70043	0.49051
175	2323.93	30.718	1.322	15.69639	0.51099
187.5	2401.00	33.595	1.399	17.83075	0.53075
200	2478.06	36.564	1.475	20.10545	0.54987
212.5	2555.13	39.624	1.551	22.52255	0.56841
225	2632.20	42.775	1.625	25.08414	0.58643
237.5	2709.26	46.017	1.698	27.79237	0.60396
250	2786.33	49.350	1.771	30.64943	0.62107

Lodi, Settembre 2016