

REGIONE LOMBARDIA
CITTÀ DI LODI
PROVINCIA DI LODI



Piano di Governo del Territorio
VARIANTE N. 4

(L.R. 11.3.05 n.12 art. 57, D.G.R. 30.11.11 n. 9/2616

Criteria attuativi, Componente geologica, idrogeologica e sismica - Allegato 4)

**VALUTAZIONE E ZONIZZAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E
DEL RISCHIO DI INNONDAZIONE**

**AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO
DEL TRATTO DI FIUME ADDA INSERITO
NEL TERRITORIO COMUNALE**

MAGGIO 2020

REDAZIONE	Silvio Rossetti	Studio HYDRA s.r.l. Via Fermi 20 - 20090 ASSAGO (MI) - tel.(02) 87214433 fax (02) 87214432 - e-mail studiohydrasrl@studiohydra.it	IL PROFESSIONISTA INCARICATO:			
VERIFICA	Alessandra Bertoglio		Dott. Ing. SILVIO ROSSETTI			
APPROVAZIONE	Silvio Rossetti					

REVISIONI	N.	DESCRIZIONE	DATA	REDAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE
	1					
	2					
	3					

TITOLO:

RELAZIONE GENERALE

ELABORATO:

FASE

SI

TIPO

RG

COMMESSA

278-02

NUMERO

A.01.01

REV

00

I N D I C E

1.	PREMESSA	1
2.	INQUADRAMENTO NORMATIVO	10
	2.1 ATTI PIANIFICATORI DELL' AUTORITÀ DI BACINO PER IL FIUME PO (PAI)	10
	2.2 IL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI (PGR).....	16
3.	CARATTERISTICHE GENERALI DEL FIUME E DEL BACINO IDROGRAFICO	21
4.	CARATTERISTICHE IDRAULICHE ED IDROGEOLOGICHE DEL TERRITORIO LODIGIANO	23
5.	TENDENZE EVOLUTIVE DELL'ALVEO	25
	5.1 ANALISI DELL'EVOLUZIONE IDROGRAFICA	25
6.	INTERPRETAZIONE DELLA PIENA DEL NOVEMBRE 2002 A LODI.....	29
7.	PERIMETRAZIONE DELLE AREE A RISCHIO DI ESONDAZIONE.....	33
	7.1 LIMITE TRA LA FASCIA “A” E LA FASCIA “B”	33
	7.2 LIMITE TRA LA FASCIA “B” E LA FASCIA “C”	35
	7.3 LIMITE ESTERNO DI FASCIA “C”	37
	7.4 PROPOSTE DI VARIANTE DEI LIMITI DI PROGETTO INDICATI DAL PAI.....	37
	7.5 DELIMITAZIONE DELLE AREE DI FASCIA “C” SITUATE A TERGO DEI LIMITI DI PROGETTO TRA LE FASCE “B” E “C”	39
8.	OPERE PROPOSTE PER LA DIFESA IDRAULICA DI LODI.....	43
	8.1 GENERALITÀ	43
	8.2 DESCRIZIONE DELLE OPERE DI DIFESA IDRAULICA E STATO DELLA REALIZZAZIONE, PROGETTAZIONE E FINANZIAMENTO	44
	8.3 COSTO DELLE OPERE	49
	8.3.1 Opere già realizzate e collaudate	49
	8.3.2 Opere progettate di imminente realizzazione	50
	8.3.3 Opere progettate non ancora finanziate	50
	8.3.4 Riepilogo	50
	8.3.5 Priorità d'intervento.....	51
	8.4 ULTERIORI RISULTATI DELLA MODELLAZIONE	52
	8.5 REGIMAZIONE D'ALVEO	53
9.	SEQUENZA DELL'INTERESSAMENTO DELLE DIVERSE ZONE DEL TERRITORIO COMUNALE DA PARTE DELLE ACQUE DI PIENA	61

RELAZIONE TECNICA GENERALE

1. PREMESSA

La Legge 24/11/1997 n° 41 “*Prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico mediante strumenti urbanistici generali e loro varianti*”, prevede che, ai fini della prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico, i Comuni provvedano a verificare la compatibilità tra le previsioni urbanistiche e le condizioni geologiche dei territori interessati e che a tal fine debbano dotarsi di Studio geologico, idrogeologico e idraulico, secondo quanto disposto dall’art. 2 della stessa Legge.

Nell’ottica di ottemperare a quanto disposto dalla Legge n° 41/97, l’Amministrazione comunale di Lodi incaricò il sottoscritto Dott. Ing. Silvio Rossetti, iscritto all’Ordine degli Ingegneri della Provincia di Lodi al n. 171, in allora afferente all’Associazione Professionale STUDIO PAOLETTI Ingegneri Associati, per lo studio degli aspetti idrologici e idraulici ed il Dott. Geol. Giovanni Bassi per studiare gli aspetti geologici ed idrogeologici.

Le attività di predisposizione dei due studi si svolsero in stretta correlazione con numerose verifiche e adeguamenti. In particolare, i risultati dello Studio idrologico-idraulico, in termini di aree di esondazione e di livelli idrici connessi con gli eventi di piena di riferimento, costituirono la base conoscitiva per la suddivisione del territorio comunale in zone, ripresa nell’ambito dello Studio geologico-idrogeologico, e per la definizione delle norme tecniche di attuazione cui ci si deve attenere operando nelle singole zone.

Lo Studio idrologico-idraulico fu articolato in due fasi: la prima fase, conclusasi nell’ottobre 1999, fu approntata con lo scopo di definire, in prima approssimazione, utilizzando un modello idraulico monodimensionale di simulazione dei fenomeni di piena, le aree ad elevato rischio idraulico ai sensi della Legge n° 267/98, cioè quelle aree comprese tra i *limiti di progetto* di cui al “Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI)” redatto dall’Autorità di Bacino del fiume Po ed i limiti di esondazione associati ad una piena caratterizzata da tempo di ritorno pari a 50 anni individuati in assenza dei suddetti limiti di progetto di PAI; la seconda fase, conclusasi nel luglio 2001, ha avuto lo scopo di definire con maggiore precisione tutti i complessi fenomeni connessi con gli eventi di piena e di esondazione, basandosi sull’applicazione di un modello idraulico bidimensionale di simulazione dei fenomeni di propagazione delle piene, con cui si ottengono precisioni maggiori rispetto ad un

modello monodimensionale, per contro di più rapida e semplice applicazione. In particolare, con la seconda fase dello Studio furono determinate, sulla base di un'attenta indagine idrologica, volta all'interpretazione della serie storica delle portate di piena alla confluenza tra i fiumi Adda e Brembo ed a Lodi, con riferimento ad eventi di piena del F. Adda associati a differenti tempi di ritorno (segnatamente 50, 200 e 500 anni), le aree del territorio comunale di Lodi soggette ad esondazione.

Durante le fasi di realizzazione del predetto studio idraulico, con Deliberazione n. 1 in data 11 maggio 1999 l'Autorità di Bacino del Fiume Po adottò il “*Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico*” PAI – pubblicato sulla G.U. n. 175 del 28 luglio 1999 ed inviò ai Comuni interessati il Progetto di Piano per l'applicazione delle norme di salvaguardia. Successivamente, al termine di una complessa procedura di approvazione, con la pubblicazione del DPCM del 24/05/2001 sulla G.U. n. 183 dell' 8/8/2001, il PAI entrò definitivamente in vigore, dispiegando tutti i suoi effetti normativi.

Più in particolare, con riferimento ai principali corsi d'acqua (tra cui il F. Adda), il PAI individua n. 3 Fasce di competenza fluviale (denominate “A”, “B” e “C”) a differente grado di pericolosità idraulica e individua le aree urbanizzate che è necessario proteggere dalle esondazioni per gli eventi di piena di riferimento, contrassegnandole con l'apposito segno grafico “*limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C*”.

Ai sensi dell'art. 31, comma 5 delle Norme di PAI, i Comuni nei quali ricadono aree classificate come “*limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C*”, in sede di adeguamento degli strumenti urbanistici sono tenuti a valutare le condizioni di rischio e, al fine di minimizzare le stesse, ad applicare, anche parzialmente, fino all'avvenuta realizzazione e collaudo delle opere, gli articoli delle norme relative alla Fascia B.

Lo Studio del luglio 2001, oltre a verificare nel dettaglio il limite tra le fasce “A” e “B”, tra le fasce “B” e “C” ed il limite esterno di fascia “C”, ha permesso di valutare le condizioni di rischio delle aree del territorio comunale classificate come “*limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C*” così come richiesto dalle Norme di PAI. Nel Settembre 2001 tale studio venne approvato in Consiglio Comunale e valse quale documento tecnico allegato alla Variante di PRG.

A seguito di un gravosissimo evento di piena verificatosi tra il 26 ed il 29 novembre 2002 e allo scopo sia di aggiornare alcuni dettagli topografici non rappresentati nella base aerofotogrammetrica utilizzata originariamente (rampa di accesso alla tangenziale Est non ancora costruita all'epoca della levata aerofotografica di base, esistenza di fornicci irrigui nel

corpo del rilevato stradale della S.P. n° 23 Lodi – Boffalora d’A., introduzione delle corrette quote terreno del Quartiere Martinetta e di V.le Milano, con riferimento ai quali si sono potuti verificare errori significativi nella restituzione cartografica), sia di recepire la modifica delle portate idriche di riferimento apportata nel frattempo dall’Autorità di Bacino del Po, lo studio del 2001 venne aggiornato nel marzo 2005 a cura del sottoscritto professionista.

Infatti, l’attenta analisi dei dati raccolti durante l’evento di piena del Novembre 2002 ha permesso un affinamento dei modelli già utilizzati nello studio precedente, l’aggiornamento delle aree di allagamento associate ai diversi livelli di rischio idraulico e, soprattutto, un’ulteriore verifica dell’efficacia degli interventi di mitigazione proposti con lo studio 2001. Per cui, con l’aggiornamento dello studio del marzo 2005, venne definitivamente redatto il quadro complessivo degli interventi necessari per la difesa idraulica dell’abitato di Lodi.

Tale quadro generale venne discusso con tutti gli Enti interessati ed, in particolare, con l’Autorità di Bacino del Po, l’Agenzia Interregionale per il Po (AIPO) e la Regione Lombardia, che lo condivisero completamente, ritenendolo compatibile con la pianificazione a scala di bacino.

Il suddetto quadro generale degli interventi prevede, oltre ad interventi diffusi di difesa spondale in destra ed in sinistra idrografica, a monte e a valle del Ponte Storico, l’abbassamento della briglia esistente a valle dello stesso Ponte Storico di circa 1÷1,5 m e la ristrutturazione del corazzamento dell’esistente isolotto fluviale.

Allo stato attuale, tra le opere definite nello studio del marzo 2005 e confermate nell’aggiornamento 2010, sono state realizzate e collaudate le chiaviche sulle Rogge Gaetana e Gelata, le paratoie sulla Roggia Valentina, il primo lotto (tratto di valle) dell’arginatura in sponda sinistra idraulica a monte del Ponte Storico (area ex SICC), le arginature in sponda destra idraulica sia a monte, sia a valle del Ponte Storico, le opere di consolidamento delle fondazioni del Ponte Storico, di abbassamento della quota di coronamento dell’esistente briglia fluviale posta a valle dello stesso Ponte Storico e di consolidamento dell’Isolotto “Achilli”.

Attualmente, inoltre, sono state ultimate e collaudate le opere idrauliche riguardanti il secondo lotto (tratto di monte) dell’arginatura in sponda sinistra idraulica a monte del Ponte Storico. Tali opere sono inserite in un più ampio intervento che prevede anche la rettifica stradale della S.P. 25 (Lodi – Boffalora d’Adda), quest’ultima attualmente bloccata per via di opposizione da parte di proprietari privati.

A seguito della realizzazione di tutte tali opere, è stato considerevolmente ridotto il grado di rischio idraulico a carico di porzioni consistenti del territorio comunale.

Alcune di tali variazioni erano già intervenute a fine 2009 e, per questa ragione, l'Amministrazione comunale di Lodi, nell'ambito della predisposizione del PGT (Piano di Governo del Territorio), ha deciso di conferire l'incarico per l'ulteriore aggiornamento dello Studio Idrologico – Idraulico al sottoscritto Ing. Silvio Rossetti (a suo tempo afferente all'Associazione Professionale STUDIO PAOLETTI Ingegneri Associati), per la valutazione della compatibilità idraulica delle previsioni degli strumenti urbanistici e territoriali e per il suo adeguamento a quanto indicato nell'Allegato 4 alla D.G.R. della Lombardia del 28 maggio 2008 n. 8/7374.

Tale aggiornamento, rassegnato all'Amministrazione comunale nel gennaio 2010, ha previsto l'adeguamento della classificazione delle aree esondabili in funzione del rischio idraulico ad esse associato a seguito della realizzazione sul territorio comunale di alcune tra le opere di difesa contemplate nel Piano degli interventi necessari per la difesa idraulica dell'abitato di Lodi, nonché l'aggiornamento della tabella propedeutica alla redazione del piano di protezione civile, che definisce, in funzione della portata idrica in transito (o di presunto transito), le aree allagate e quelle di più imminente allagamento.

Successivamente, la Regione Lombardia, con la D.G.R. 30 novembre 2011, n. IX/2616 (Aggiornamento dei “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12”, approvati con D.G.R. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con D.G.R. 28 maggio 2008, n. 8/7374) ha stabilito che il grado di rischio idraulico deve essere determinato in funzione della pericolosità idraulica dell'area esaminata, funzione a sua volta delle caratteristiche di allagamento in termini di tiranti idrici di massima piena e velocità della corrente, del danno potenziale, funzione degli elementi a rischio contenuti, e della vulnerabilità.

Inoltre, con Deliberazione del Comitato Istituzionale n.2 del 3 marzo 2016, l'Autorità di Bacino del Fiume Po ha approvato il *Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del distretto idrografico padano* (PGRA), predisposto ai sensi dell'art. 7 della Direttiva 2007/60/CE e dell'art. 7 del D.Lgs. 49/2010 e successivamente approvato dal Presidente del Consiglio dei Ministri con DPCM 27 ottobre 2016 e pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 30 in data 6 febbraio 2017.

Il PGRA contiene l'individuazione delle aree potenzialmente interessate da alluvioni e il grado di rischio al quale sono esposti gli elementi che ricadono entro tali aree, individua le “Aree a Rischio Significativo (ARS)” e definisce le misure finalizzate alla riduzione del

rischio medesimo, suddivise in misure di prevenzione, protezione, preparazione, ritorno alla normalità ed analisi.

La mappatura delle aree a pericolosità e rischio di alluvioni contenuta nel PGRA costituisce integrazione al quadro conoscitivo del PAI.

Tra le misure prioritarie di prevenzione previste nel PGRA vi è quella di associare alle aree allagabili individuate nelle mappe di pericolosità e di rischio del PGRA una idonea normativa d'uso del territorio.

L'Autorità di Bacino del Fiume Po ha ritenuto di procedere all'attuazione di tale misura prioritaria di prevenzione attraverso l'adozione di una Variante alle Norme di Attuazione del PAI, introducendo alle stesse un nuovo Titolo V contenente *“Norme in materia di coordinamento tra il PAI e il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA)”*.

Tale variante prevede che le Regioni emanino – ove necessario – disposizioni concernenti l'attuazione del PGRA nel settore urbanistico, integrative rispetto a quelle in vigore, assunte a seguito dell'approvazione del *Piano di Assetto Idrogeologico (PAI)*.

A seguito di tutto ciò, la Regione Lombardia ha approvato, con Deliberazione n. X/6738 in data 19 giugno 2017, le *“Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, ai sensi dell'art. 58 delle Norme di Attuazione del Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Po così come integrate dalla Variante adottata in data 7 dicembre 2016 con Deliberazione n. 5 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po”*.

La delimitazione e la classificazione delle aree allagabili sono contenute nelle mappe di pericolosità e di rischio allegate al PGRA.

Infine, la Conferenza Operativa dell'Autorità di Bacino del Po, nella seduta del 25 giugno 2019, ha esaminato con esito favorevole la proposta di presa d'atto del collaudo delle opere realizzate e conseguente variazione dei limiti di fascia B in corrispondenza delle stesse.

Sulla base di tale parere favorevole della Conferenza Operativa, l'Autorità di Bacino del Po, con Decreto del Segretario Generale n. 280 in data 9 ottobre 2019, ha preso atto del collaudo tecnico delle opere idrauliche realizzate per il contenimento dei livelli idrici a difesa dell'abitato di Lodi.

A seguito della predetta presa d'atto, la revisione della delimitazione delle aree allagabili conseguente alla realizzazione delle opere di difesa è stata inclusa nella revisione 2019 delle mappe di pericolosità e di rischio del PGRA.

Allo scopo di adeguare lo Studio idrologico – idraulico ai nuovi dettami normativi, ed alla nuova situazione conseguente alla realizzazione e collaudo di alcune opere di difesa previste dal Piano degli interventi ancora non esistenti al gennaio 2010, l’Amministrazione comunale di Lodi ha incaricato il sottoscritto professionista per l’aggiornamento dello Studio stesso.

Nella presente relazione vengono esposti i risultati ottenuti dall’analisi idrologica e dalla modellazione idraulica, necessari per la caratterizzazione delle dinamiche fluviali e dei processi di interscambio fiume – tessuto urbano che si manifestano durante eventi di piena intensi.

Le analisi sono state effettuate basandosi sulle considerazioni ed i risultati riportati nei seguenti studi:

- *“Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Adda nel tratto da Olginate alla confluenza in Po, del fiume Brembo nel tratto da Lenna alla confluenza in Adda e del fiume Serio nel tratto da Parre alla confluenza in Adda”* redatto per conto dall’Autorità di Bacino del fiume Po (giugno 2003)
- *“Piano territoriale di coordinamento Parco Adda sud – Piano di settore fiume e fasce fluviali”* – novembre 1995, Dott. Ing. Silvio Rossetti (STUDIO PAOLETTI Ingegneri Associati). I risultati delle elaborazioni riportate sono stati utilizzati anche nello studio idrologico-idraulico del tratto di Fiume Adda inserito nel territorio comunale di Lodi del luglio 2001);
- *“Studio idrologico-idraulico del tratto di Fiume Adda inserito nel territorio comunale di Lodi”* – luglio 2001, Dott. Ing. Silvio Rossetti (STUDIO PAOLETTI Ingegneri Associati);
- *“Aggiornamento dello Studio idrologico-idraulico del tratto di Fiume Adda inserito nel territorio comunale di Lodi”* – marzo 2005, Dott. Ing. Silvio Rossetti (ETATEC S.r.l.);
- *“Aggiornamento dello Studio idrologico-idraulico del tratto di Fiume Adda inserito nel territorio comunale di Lodi”*, in relazione alle nuove opere di difesa realizzate – gennaio 2010, Dott. Ing. Silvio Rossetti (STUDIO PAOLETTI Ingegneri Associati).

Inoltre, per la caratterizzazione delle opere ad oggi realizzate e la verifica del loro inserimento nei modelli di simulazione idraulica, sono stati esaminati i seguenti progetti, verificando che le simulazioni effettuate nell’ambito dello Studio originario e nei successivi aggiornamenti relativamente agli “Scenari futuri di realizzazione delle opere” fossero state basate su ipotesi effettivamente rispecchiate dalla costruzione degli interventi di difesa:

- Progetto esecutivo “*Opere e lavori necessari alla realizzazione di n° 2 chiaviche con idrovore sulle Rogge Gelata e Gaetana*”;
- Progetto esecutivo “*Interventi di realizzazione dell’argine destro a valle del Ponte Storico – Tratto tra il ponte e la tangenziale Est*”;
- Progetto esecutivo “*Opere di difesa idraulica in sponda sinistra del fiume Adda, a monte del Ponte Storico, zona ex SICC*”;
- Progetto esecutivo “*Interventi di consolidamento statico – strutturale delle fondazioni del Ponte storico sul fiume Adda, di abbassamento della quota di coronamento della briglia fluviale a valle del ponte e consolidamento delle sponde dell’isolotto a valle della briglia fluviale*”;
- Progetto esecutivo “*Intervento di difesa arginale in sponda sinistra del fiume Adda, a monte del Ponte Storico, in corrispondenza della S.P. 25 con formazione di pista ciclabile*”;
- Progetto esecutivo “*Opere di difesa idraulica della città di Lodi in sponda destra del fiume Adda a monte del Ponte Storico*”.

Il metodo di lavoro utilizzato nell’ambito del presente aggiornamento è consistito nell’iniziale verifica dell’interpretazione dell’evento di piena del novembre 2002, eseguita nell’ambito dell’aggiornamento 2005, dalla quale è disceso lo scenario ottimale di taratura del modello mono – bidimensionale utilizzato per la simulazione degli eventi più gravosi e la riproduzione delle caratteristiche di allagamento in termini di aree, tiranti idrici e velocità dell’acqua.

La calibrazione dei parametri di taratura tale da generare una sostanziale corrispondenza tra lo scenario di allagamento riprodotto dal modello e l’inondazione prodotta dalla piena del novembre 2002, è stata considerata la migliore possibile e, pertanto, utilizzata per la simulazione degli effetti conseguenti a piene di differente tempo di ritorno (50, 200 e 500 anni).

Nell’ambito dei precedenti aggiornamenti, erano state effettuate le simulazioni idrauliche anche in corrispondenza degli scenari di realizzazione successiva delle opere di difesa pianificate, ma in allora non ancora esistenti.

Tenuto conto che le caratteristiche (quote sommitali, andamento planimetrico) delle opere di difesa realizzate successivamente ai precedenti aggiornamenti non sono state modificate né in fase progettuale, né durante la loro costruzione, è stato possibile verificare che i risultati delle “*modellazioni scenari futuri*”, in termini di aree allagate, tiranti idrici e velocità dell’acqua eseguite in occasione degli aggiornamenti 2005 e 2010 rimangono validi anche attualmente.

I risultati relativi agli scenari attuale e finale, caratterizzati dalle opere ad oggi realizzate e, rispettivamente, dal completamento di tutte le opere pianificate, sono stati confrontati con i limiti di fascia di cui al PAI, come modificati dalla citata “*Presenza d’atto del collaudo delle opere realizzate*”.

Tale confronto, intrecciato con la conoscenza di dettaglio della realtà locale, sia da un punto di vista della morfologia del territorio, sia per quanto riguarda le infrastrutture esistenti, in corso di realizzazione e previste, ha portato all’individuazione delle aree allagabili ed alla loro classificazione in funzione del rischio ad esse associato.

Per quanto riguarda le proposte di variante dei limiti tra le fasce “A” e “B”, tra le fasce “B” e “C” ed esterno di fascia “C”, conseguenti ai risultati dell’applicazione del modello bidimensionale di simulazione idraulica, vengono confermate le proposte di modifica dei limiti di cui al PAI già avanzate in occasione dell’aggiornamento del gennaio 2010.

A completamento degli elaborati grafici allegati al presente studio sono state predisposte tavole di aggiornamento della suddivisione del territorio comunale in aree a differente grado di rischio e di rappresentazione delle aree per le quali viene eliminato il rischio idraulico a seguito della realizzazione di tutti i limiti di progetto tra le fasce “B” e “C”.

Inoltre, i risultati ottenuti dalle simulazioni idrauliche degli eventi di piena di riferimento hanno confermato la validità e, soprattutto, la necessità delle opere di protezione idraulica definite negli studi precedenti e, ad oggi, non ancora realizzate. In questa sede sono anche state riproposte le tipologie d’intervento, già esaminate negli studi precedenti, che sono risultate essere inopportune, inutili, o addirittura dannose, quali l’abbassamento dell’esistente briglia a valle del vecchio ponte per più di 1÷1,5 m, l’eliminazione dell’isolotto posto immediatamente a valle della briglia e l’escavazione in alveo finalizzata all’abbassamento delle quote di fondo.

Infine, è stata redatta una tavola, con l’indicazione di tutte le opere di difesa idraulica realizzate, in fase di realizzazione o previste, di una serie di scenari di progressiva realizzazione di tali opere e di numerosi punti di controllo identificati con le lettere dell’alfabeto. Sulla stessa tavola sono riportate due tabelle: la prima definisce, per ciascun punto di controllo e per ciascuno scenario di realizzazione delle opere di difesa, il livello idrico massimo di piena duecentennale; la seconda, per così dire propedeutica alla redazione del piano di protezione civile, definisce, in funzione della portata idrica in transito (o di presunto transito), le aree allagate e quelle di più imminente allagamento.

La presente relazione si articola su una serie di capitoli, i primi dei quali hanno lo scopo di inquadrare la normativa di settore e di introdurre alle caratteristiche generali del fiume Adda, del relativo bacino idrografico e, più nel dettaglio, del territorio lodigiano. Di seguito viene effettuata un'analisi delle tendenze evolutive dell'alveo. Successivamente, viene analizzato l'evento alluvionale del novembre 2002 ed, infine, sulla scorta dei risultati dei calcoli idraulici descritti nell'allegata Relazione idrologico – idraulica (Atto A.01.02), viene descritta la perimetrazione delle aree esondabili per differente tempo di ritorno, la suddivisione del territorio comunale in zone a differente grado di pericolosità e di rischio idraulico, nonché l'insieme delle opere idrauliche previste per la difesa delle aree esondabili sedi di quartieri residenziali e di attività produttive.

2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

2.1 ATTI PIANIFICATORI DELL'AUTORITÀ DI BACINO PER IL FIUME PO (PAI)

Nell'ultimo trentennio la produzione legislativa in materia di difesa del suolo e di prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico è risultata particolarmente ricca e significativa, allo scopo di fornire una risposta concreta ai sempre più frequenti problemi provocati dal dissesto idrogeologico del territorio nazionale.

In particolare, la Legge 18 maggio 1989 n. 183, "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo", ha lo scopo di assicurare la difesa del suolo, il risanamento delle acque, la gestione del patrimonio idrico e la tutela degli aspetti ambientali ad essi connessi ed indica i Comuni, le Province, i Consorzi e gli Enti pubblici con sede nel bacino idrografico, come soggetti che partecipano con attività di pianificazione, programmazione ed attuazione degli interventi per la realizzazione delle finalità preposte, quali: la difesa, la sistemazione e la regolazione dei corsi d'acqua, nonché la moderazione delle piene per la difesa da inondazioni e allagamenti.

Con l'emanazione, inoltre, della Legge 24 novembre 1997 n. 41 "Prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico mediante strumenti urbanistici generali e loro varianti" è previsto che, ai fini della prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico, i Comuni provvedano a verificare la compatibilità tra le previsioni urbanistiche e le condizioni geologiche dei territori interessati e che a tal fine debbano dotarsi di studio geologico, idrogeologico e idraulico, secondo quanto disposto dall'art. 2 della stessa Legge.

Infine, con deliberazione n. 1 dell'11 maggio 1999 l'Autorità di Bacino del Fiume Po ha adottato il "Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico" PAI – pubblicato sulla G.U. n. 175 del 28 luglio 1999 ed ha inviato ai Comuni interessati il Progetto di Piano per l'applicazione delle norme di salvaguardia.

Al termine di una complessa procedura di approvazione, con la pubblicazione del DPCM del 24/05/2001 sulla G.U. n° 183 dell' 8/8/2001 il PAI, predisposto dall'Autorità di Bacino del Po, è entrato definitivamente in vigore e dispiega, pertanto, tutti i suoi effetti normativi.

L'approvazione di tale strumento di pianificazione, comportando effetti immediati in termini di indirizzi e limitazioni d'uso del suolo, determina la necessità di avviare le procedure di adeguamento degli strumenti urbanistici.

A tale proposito, la Regione Lombardia, con Delibera di G.R. 11 dicembre 2001 n. 7/7365, ha emanato una Direttiva ai sensi dell'art. 17, comma 5 della citata Legge 183/89, con cui

vengono fornite disposizioni a carattere integrativo per l'applicazione del PAI in campo urbanistico.

Più in particolare, l'art. 4.3 – Adeguamento degli strumenti urbanistici – della Direttiva stabilisce che, ai sensi dell'art. 17, comma 6 della Legge 183/89, i Comuni hanno l'obbligo di adeguare i propri strumenti urbanistici entro nove mesi dalla pubblicazione dell'atto di approvazione del Piano.

Il PAI è fondamentalmente costituito da:

- una cartografia con la delimitazione delle fasce di pertinenza fluviale, che individua le aree soggette a diversi gradi di pericolosità idraulica;
- una cartografia del dissesto, che individua le aree soggette ad instabilità dei versanti, fenomeni valanghivi e dissesti della rete idrografica minore;
- l'insieme di norme, che disciplinano l'utilizzo del territorio su tali aree, comprese quelle che forniscono indirizzi alla pianificazione urbanistica;
- i criteri generali, che rinviano a direttive successive per la progettazione e la gestione delle opere idrauliche e di sistemazione dei versanti, nonché i criteri per la gestione del reticolo idrografico artificiale in relazione a quello naturale.

Più nello specifico, l'assetto delle fasce fluviali dei corsi d'acqua principali di pianura e di fondovalle, è normativamente disciplinato al Titolo II del PAI, che completa ed aggiorna la delimitazione delle fasce fluviali effettuata dal Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, estendendola ai principali affluenti del Po nel loro tratto di pianura e fondovalle.

Il PAI definisce i limiti di tre fasce denominate A, B e C.

La **fascia A** (fascia di deflusso della piena) è costituita dalla porzione di alveo che, per la piena di riferimento di 200 anni di tempo di ritorno, è sede prevalente del deflusso della corrente (porzione ove defluisce almeno l'80% della portata e all'esterno della quale la velocità della corrente è inferiore a 0,4 m/s).

La **fascia B** (fascia di esondazione) è costituita dalla porzione di terreno – esterno alla fascia A - interessato dalle acque di esondazione in corrispondenza della piena di 200 anni di tempo di ritorno. Il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena indicata, ovvero fino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni, dimensionate per la stessa portata.

La **fascia C** (area di inondazione per la piena catastrofica) è costituita dalla porzione di terreno – esterno alla fascia B - interessato dalle acque di esondazione in corrispondenza della

massima piena storicamente registrata, se corrispondente ad un tempo di ritorno superiore a 200 anni o, in assenza di essa, la piena con tempo di ritorno di 500 anni.

Tutte le volte in cui, a seguito della necessità di salvaguardare aree urbanizzate attualmente interne al limite dell'area interessata da esondazioni per la portata di riferimento, il Piano prevede la realizzazione di interventi di progetto, la cartografia riporta con apposito segno grafico il "**limite di progetto tra la fascia B e la fascia C**". Tale limite può identificare sia il perimetro di nuove opere idrauliche (di contenimento dei livelli), sia aree da proteggere per le quali è prevista la realizzazione di interventi a monte (per le quali cioè la riduzione dell'area allagata non è riferibile – principalmente – ad interventi locali) e dove la variazione del limite dell'esondazione di riferimento è provocata dalla rimozione di interferenze che danno luogo a rigurgiti sensibili.

Ai sensi dell'art. 27, comma 1, delle Norme di PAI, i Comuni nei cui territori ricadono le aree classificate come Fascia Fluviale A e B, sono tenuti ad applicare gli articoli che stabiliscono prescrizioni riguardo alle trasformazioni d'uso del territorio possibili in relazione agli obiettivi di sicurezza idraulica del Piano.

Inoltre, ai sensi dell'art. 31, comma 5 delle Norme di PAI, i Comuni nei quali ricadono aree classificate come "aree a tergo dei limiti di progetto tra la Fascia B e la Fascia C", in sede di adeguamento degli strumenti urbanistici sono tenuti a valutare le condizioni di rischio e, al fine di minimizzare le stesse, ad applicare, anche parzialmente, fino all'avvenuta realizzazione delle opere, gli articoli delle norme relative alla Fascia B.

La perimetrazione delle aree a rischio idraulico comporta la necessità di definire i caratteri principali dei fenomeni di piena che, con assegnato tempo di ritorno, si possono manifestare nei corsi d'acqua oggetto di studio.

Le classi definite nel PAI sono le seguenti:

- **rischio moderato (R1)**: per il quale sono possibili danni sociali ed economici marginali;
- **rischio medio (R2)**: per il quale sono possibili danni minori agli edifici e alle infrastrutture che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e lo **svolgimento** delle attività socio-economiche;
- **rischio elevato (R3)**: per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi e l'interruzione delle attività socio-economiche, danni al patrimonio culturale;
- **rischio molto elevato (R4)**: per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici e alle infrastrutture, danni al patrimonio

culturale.

Le aree caratterizzate da un livello di rischio R1 o R2 possono ritenersi generalmente in condizioni di compatibilità e, quindi, può essere attuato lo Strumento Urbanistico.

Le aree caratterizzate da un livello di rischio R3 o R4, invece, sono da ritenersi in condizioni di non compatibilità, nel senso che per le aree a rischio R4 dovrà essere escluso qualsiasi tipo di infrastruttura di urbanizzazione (edifici, industrie, depositi, parcheggi, ecc.), mentre per le aree a rischio R3 dovranno essere adottati accorgimenti costruttivi che impediscano danni a beni e strutture e/o consentano la facile ed immediata evacuazione dell'area inondabile da parte di persone e beni mobili.

Tali accorgimenti sono:

A) Misure per evitare il danneggiamento dei beni e delle strutture:

- A1) realizzazione delle superfici abitabili, delle aree sede di processi industriali, degli impianti tecnologici e degli eventuali depositi di materiali sopraelevate rispetto al livello della piena di riferimento, evitando in particolare le realizzazioni di piani interrati;
- A2) realizzazione delle aperture degli edifici situate al di sotto del livello di piena di riferimento a tenuta stagna; disposizione degli ingressi in modo che siano perpendicolari al flusso principale della corrente;
- A3) progettazione della viabilità minore e della disposizione dei fabbricati così da limitare allineamenti di grande lunghezza nel senso dello scorrimento delle acque, che potrebbero indurre la creazione di canali di scorrimento a forte velocità;
- A4) progettazione della disposizione dei fabbricati in modo da limitare la presenza di lunghe strutture trasversali alla corrente principale;
- A5) previsione di metodi atti a favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo.

B) Misure atte a garantire la stabilità delle fondazioni:

- B1) opere drenanti per evitare le sottopressioni idrostatiche nei terreni di fondazione;
- B2) opere di difesa per evitare i fenomeni di erosione delle fondazioni superficiali;
- B3) fondazioni profonde per limitare i fenomeni di cedimento o di rigonfiamento di suoli coesivi.

C) Misure per facilitare l'evacuazione di persone e beni in caso di inondazione:

C1) uscite di sicurezza situate sopra il livello della piena centennale aventi dimensioni sufficienti per l'evacuazione di persone e beni verso l'esterno o verso i piani superiori;

C2) vie di evacuazione situate sopra il livello di piena centennale.

D) Utilizzo di materiali e tecnologia costruttive che permettano alle strutture di resistere alle pressioni idrodinamiche.

E) Utilizzo di materiali per costruzione poco danneggiabili al contatto con acqua.

In Fig. 2.1 è riportato lo stralcio della cartografia di PAI nella sua prima stesura, con l'indicazione dei limiti di Fascia.

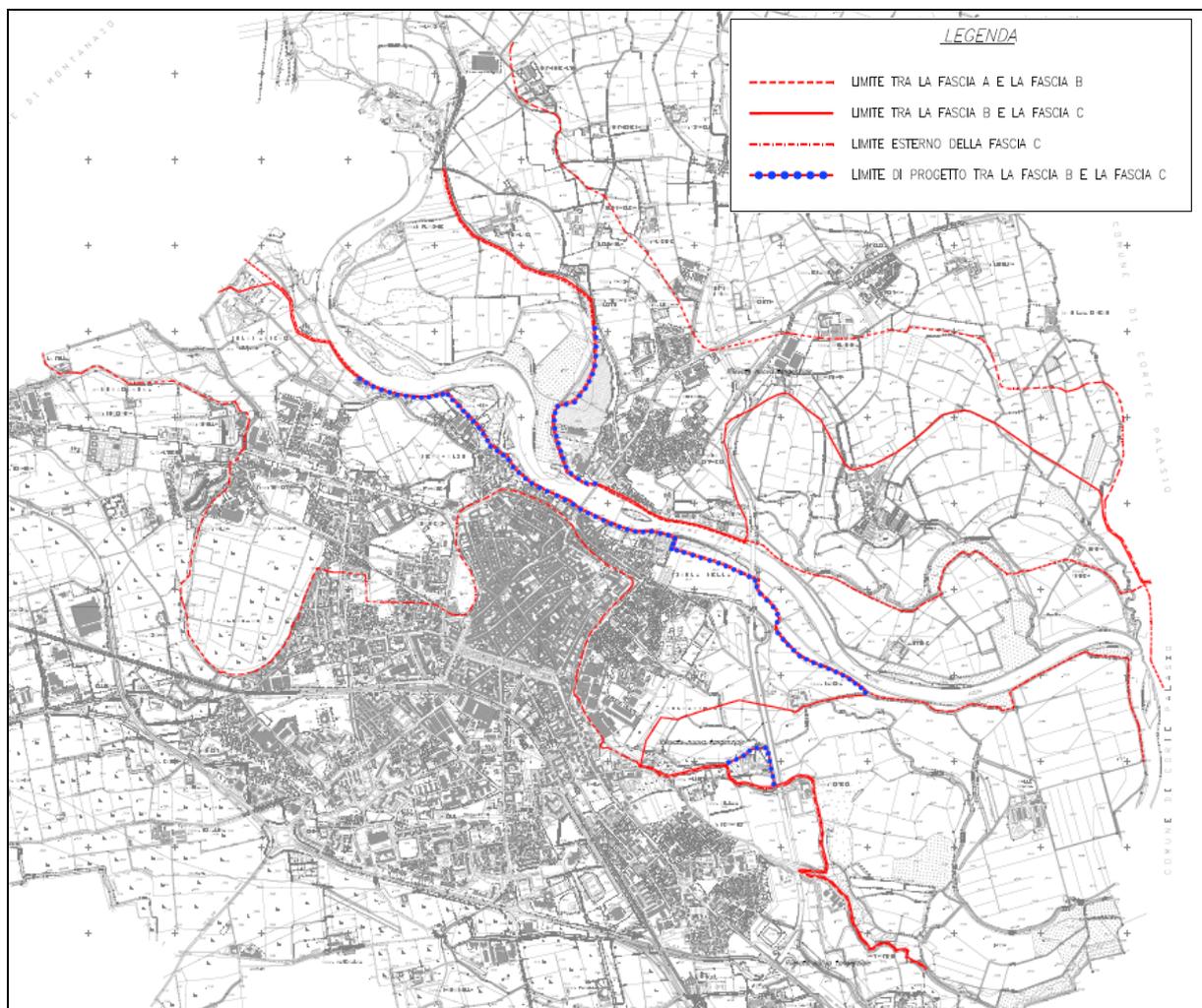


Figura 2.1: Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

Successivamente alla realizzazione ed al collaudo di una serie di opere di difesa, su richiesta dell'Amministrazione comunale di Lodi e a seguito della presentazione di tutta la necessaria

documentazione, la Conferenza Operativa dell’Autorità di Bacino del Po, nella seduta del 25 giugno 2019, ha esaminato con esito favorevole la proposta di presa d’atto del collaudo delle opere realizzate e conseguente variazione dei limiti di fascia B in corrispondenza delle stesse. Sulla base di tale parere favorevole della Conferenza Operativa, l’Autorità di Bacino del Po, con Decreto del Segretario Generale n. 280 in data 9 ottobre 2019, ha preso atto del collaudo tecnico delle opere idrauliche realizzate per il contenimento dei livelli idrici a difesa dell’abitato di Lodi.

A seguito della predetta presa d’atto, la revisione della delimitazione delle aree allagabili conseguente alla realizzazione delle opere di difesa è stata inclusa nella revisione 2019 delle mappe di pericolosità e di rischio del PGRA.

In Fig. 2.2 è riportato lo stralcio della cartografia di PAI aggiornata, con l’indicazione dei nuovi limiti di Fascia derivanti dalla presa d’atto del collaudo delle opere idrauliche di difesa alluvionale.

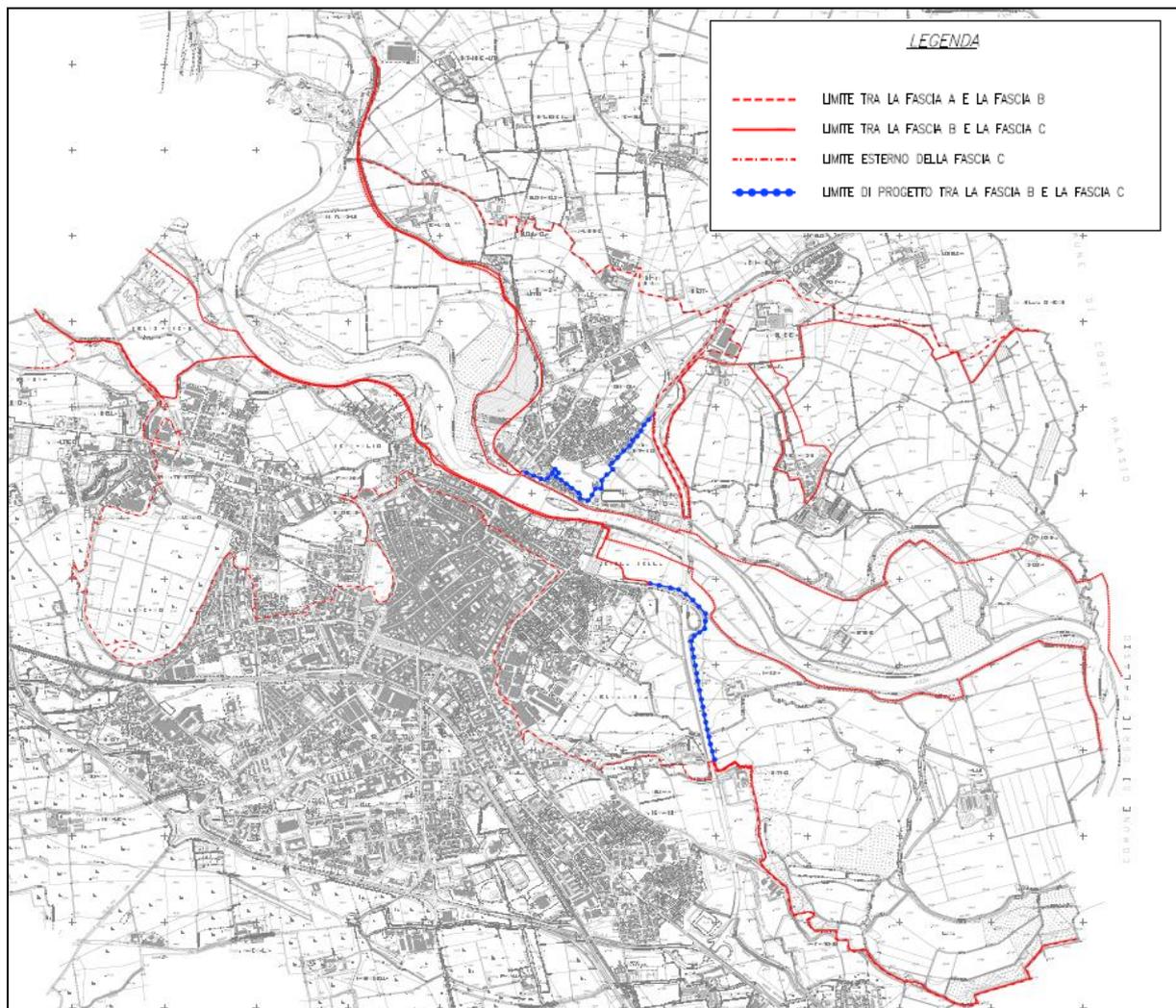


Figura 2.2: Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.) – nuovi limiti di Fascia territorio di Lodi

2.2 IL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI (PGRA)

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), predisposto in attuazione del D.Lgs. 49/2010 di recepimento della Direttiva 2007/60/CE (cosiddetta “*Direttiva Alluvioni*”), è stato adottato con Deliberazione 17 dicembre 2015 n. 4 e approvato con Deliberazione 3 marzo 2016, n. 2 dal Comitato Istituzionale dell’Autorità di bacino del fiume Po e successivamente con DPCM 27 ottobre 2016 (pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 30 del 6 febbraio 2017).

Il Piano ha la finalità di ridurre le conseguenze negative derivanti dalle alluvioni per la salute umana, il territorio, i beni, l’ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali. A tal fine, nel Piano vengono individuate le aree potenzialmente esposte a pericolosità per alluvioni, stimato il grado di rischio al quale sono esposti gli elementi che ricadono entro tali “*aree allagabili*”, individuate le “*Aree a Rischio Significativo (ARS)*” e impostate misure per ridurre il rischio medesimo, suddivise in misure di prevenzione, protezione, preparazione, ritorno alla normalità ed analisi, da attuarsi in maniera integrata.

La delimitazione e la classificazione delle aree allagabili sono contenute nelle mappe di pericolosità, la classificazione del grado di rischio al quale sono soggetti gli elementi esposti è rappresentata nelle mappe di rischio.

Le mappe, redatte nella prima versione nel 2013 e aggiornate al 2015 a seguito delle osservazioni pervenute nella fase di partecipazione, contengono la delimitazione delle aree allagabili per diversi scenari di pericolosità:

- aree P3 (H nella cartografia – colore bleu), o aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti;
- aree P2 (M nella cartografia – colore azzurro), o aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti;
- aree P1(L nella cartografia – colore celeste), o aree potenzialmente interessate da alluvioni rare.

Le mappe di rischio classificano secondo 4 gradi di rischio crescente (R1 – rischio moderato o nullo, R2 – rischio medio, R3 – rischio elevato, R4 – rischio molto elevato) gli elementi che ricadono entro le aree allagabili.

Le mappe di pericolosità e rischio contenute nel PGRA rappresentano aggiornamento e integrazione del quadro conoscitivo rappresentato negli Elaborati del PAI in quanto:

- contengono la delimitazione delle aree allagabili su corsi d'acqua del Reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP) non interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali nel PAI;
- aggiornano la delimitazione delle aree allagabili dei corsi d'acqua già interessati dalle delimitazioni delle fasce fluviali nel PAI e, per i corsi d'acqua Mella, Chiese e Serio, la estendono verso monte;
- contengono la delimitazione delle aree allagabili in ambiti (RSP e ACL) non considerati nel PAI;
- contengono localmente aggiornamenti delle delimitazioni delle aree allagabili dei corsi d'acqua del reticolo secondario collinare e montano (RSCM) rispetto a quelle presenti nell'Elaborato 2 del PAI, così come aggiornato dai Comuni;
- classificano gli elementi esposti ricadenti entro le aree allagabili in quattro gradi di rischio crescente (da R1, rischio moderato a R4, rischio molto elevato).

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni, ai sensi dell'art. 3, comma 1 del DPCM 27 ottobre 2016, costituisce stralcio funzionale del Piano di Bacino del distretto idrografico padano e ha valore di Piano territoriale di settore.

Con la DGR 19 giugno 2017, n. X/6738, la Regione Lombardia ha emanato le disposizioni concernenti l'attuazione del PGRA nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, ai sensi dell'art. 58 delle Norme di Attuazione del PAI.

Più in particolare, all'art. 3.1.4 – *Disposizioni per i corsi d'acqua già interessati nella pianificazione di bacino vigente dalla delimitazione delle fasce fluviali* – tale DGR prescrive:

...omissis

4. *entro i territori compresi tra un limite B di progetto e un limite di fascia C delle fasce vigenti: se si è proceduto in passato a svolgere una valutazione più dettagliata delle condizioni di pericolosità e rischio locali, questa valutazione deve essere verificata e, ove necessario, aggiornata tenendo conto dell'estensione dell'area allagabile contenuta nelle mappe di pericolosità del PGRA e dei relativi dati associati (portate, livelli, topografia. In particolare:*

a. *se in passato si è utilizzato solo il metodo semplificato di cui all'Allegato 2 alla DGR VII/7365/2001, che pertanto ha condotto ad un tracciamento dell'area allagabile a tergo del limite di progetto tra la fascia B e la fascia C, tale tracciamento deve essere sostituito con la nuova area allagabile tracciata nelle mappe PGRA, se diversa. Il Comune è tenuto a valutare le condizioni di rischio di eventuali edificati che ricadessero all'interno delle nuove aree allagabili con*

le finalità descritte al paragrafo 4. “Disposizioni relative all’edificato esistente esposto al rischio”;

- b. se in passato si è utilizzato il metodo approfondito di cui all’Allegato 3 alla DGR VII/7365/2001 (ora Allegato 4 alla d.g.r. IX/2616/2011) occorre verificare e, se necessario, aggiornare tale valutazione considerando i nuovi dati di riferimento utilizzati nel PGRA (portate, livelli, topografia) ed estendendo la valutazione a tutta la nuova area allagabile). Nelle more di tale aggiornamento e del suo recepimento nello strumento urbanistico comunale è facoltà del Comune applicare le norme riguardanti le aree P3/H e P2/M (fasce A e B) o richiedere che gli interventi edilizi siano supportati da uno studio di compatibilità idraulica che, partendo dalla valutazione delle condizioni di pericolosità e rischio già svolta (qualora presente) e recepita nel PGT, ne approfondisca gli esiti utilizzando come dati tecnici di input tutte le informazioni del PGRA. Detto studio può essere omissis per gli interventi edilizi che non modificano il regime idraulico dell’area allagabile, accompagnando il progetto da opportuna asseverazione del progettista (es. recupero di sottotetti, interventi edilizi a quote di sicurezza);*

...omissis

Modifiche delle aree

Le delimitazioni delle aree allagabili possono essere oggetto di segnalazioni di necessità di modifica per evidenti errori materiali o manifeste incongruenze ovvero per mutata situazione dello stato di fatto per effetto della realizzazione di nuove opere influenti sul corso d’acqua . Tali segnalazioni, adeguatamente motivate e supportate da idonea documentazione devono essere trasmesse a Regione Lombardia entro il mese di giugno di ciascun anno; le segnalazioni verranno valutate congiuntamente ad ADBPO e all’Autorità idraulica competente ai fini dei previsti riesami e aggiornamenti delle mappe e del PGRA nonché nell’ambito delle varianti PAI a scala di asta fluviale.

Le mappe di pericolosità e di rischio associate al territorio comunale di Lodi, scaricabili dal geoportale della Regione Lombardia sono rappresentate nelle Figg. 2.3 e 2.4.

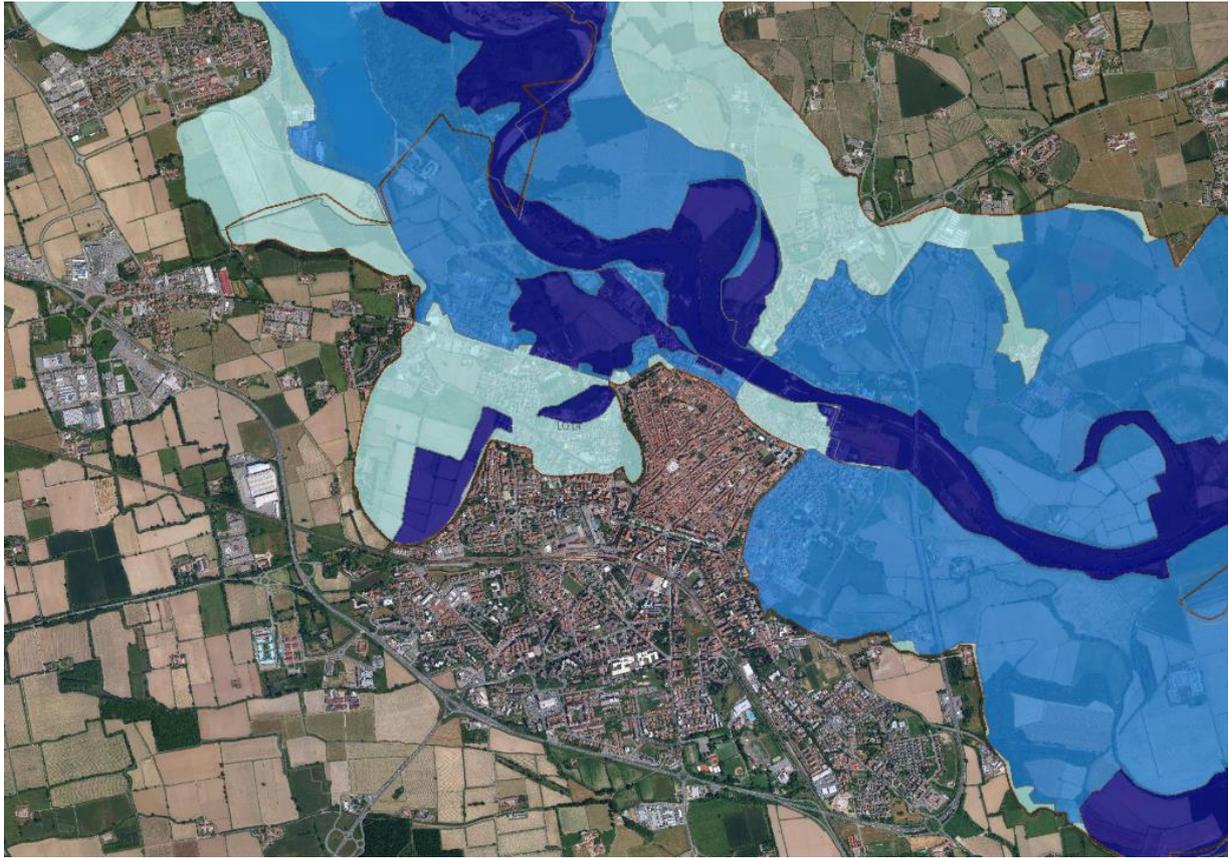


Figura 2.3: Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) – Mappa di Pericolosità territorio di Lodi

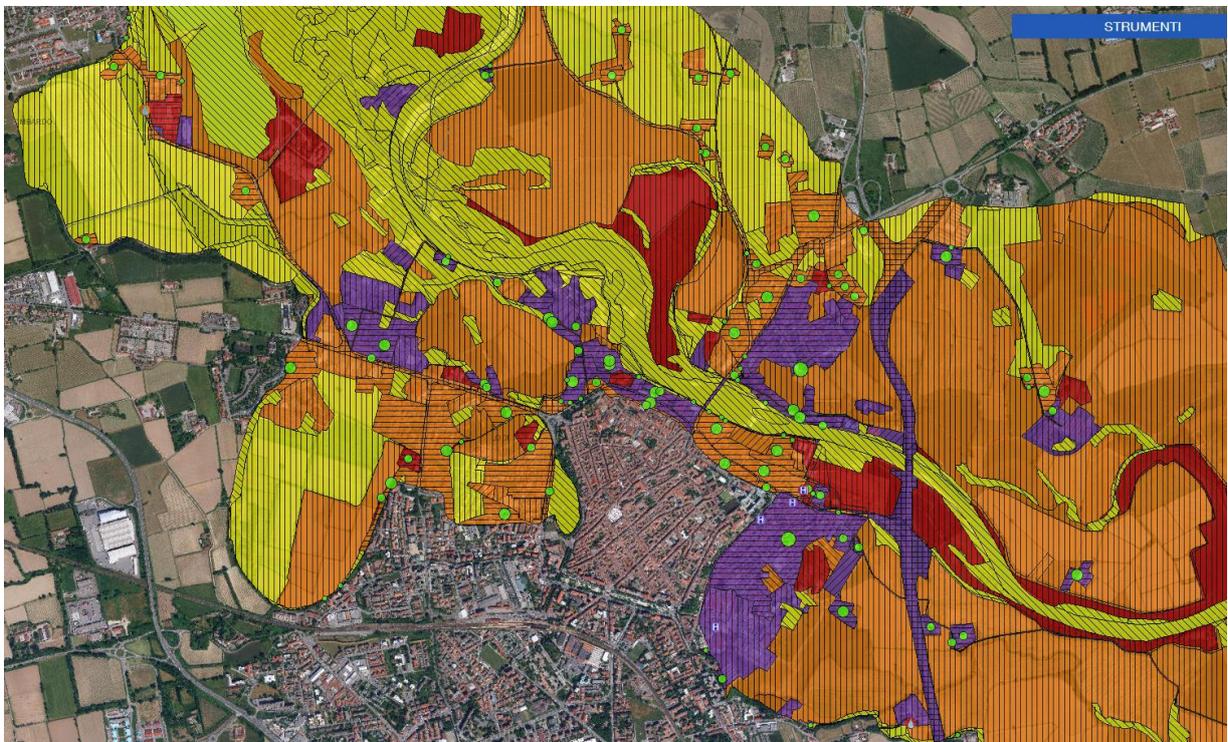


Figura 2.4: Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) – Mappa di Rischio territorio di Lodi

Tali mappe non tengono ancora conto della revisione conseguente alla presa d'atto del collaudo delle opere idrauliche di difesa di cui al Decreto del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino n. 280 in data 9 ottobre 2019.

Le mappe aggiornate sono allegate al presente Studio alle tavole grafiche D.07.01 e D.07.03.

3. CARATTERISTICHE GENERALI DEL FIUME E DEL BACINO IDROGRAFICO

Il Fiume Adda trae origine dalle sorgenti situate a monte dei laghi artificiali di S. Giacomo (1.949 m s.m.) e Cancano (1.900 m s.m.) in Val di Fraele. A partire da quest'ultimo, l'Adda si sviluppa per circa 110 km lungo la Valtellina fino a raggiungere il Lago di Como (200 m s.m.), dove si racchiude un bacino di circa 2.600 km². All'uscita del Lago di Como, a valle della diga di Olginate, la superficie del bacino complessivo raggiunge i 4.572 km², compresa la porzione lacuale.

A valle di Olginate (rapida di Lavello), ha inizio l'Adda emissario del Lago di Como, che percorre circa 28 km da Lavello fino alla confluenza con il Brembo a Vaprio d'Adda. Subito a monte della citata confluenza, il bacino dell'Adda ha una superficie complessiva pari a 4.679 km²; se si aggiungono i circa 940 km² corrispondenti al bacino del Brembo, la superficie sottesa alla sezione immediatamente a valle della confluenza con il Brembo raggiunge 5.619 km².

Da Vaprio d'Adda il fiume prosegue per altri 36 km fino a Lodi, racchiudendo, alla sezione di interesse, un bacino di 5.989 km² di estensione.

La presenza del Lago di Como segna una netta divisione del bacino imbrifero dell'Adda in due parti idraulicamente ed idrologicamente distinte.

La parte prelacuale si distingue dal resto del bacino per le sue caratteristiche fisiche tipicamente montane, in cui il corso d'acqua assume una configurazione morfologica ed un comportamento idraulico di tipo torrentizio. Nel tratto prelacuale, infatti, il regime idraulico del fiume è caratterizzato da una grande variabilità delle portate, impetuosità, brevi tempi di formazione delle onde di piena e rapida propagazione delle onde stesse lungo il fiume.

Nella parte sublacuale si ha una minore piovosità rispetto a quella del bacino prelacuale e la permeabilità delle superfici è ben maggiore a causa dei diversi tipi di suolo e di copertura vegetale che caratterizzano l'alta, la media e la bassa pianura padana.

Il regime idraulico del corso d'acqua è nettamente diverso da quello relativo al tratto prelacuale. In particolare, nel tratto di interesse compreso tra Lavello e Lodi, il comportamento del fiume è strettamente connesso alla dinamica del Lago di Como che, come è noto, regola i deflussi allo sbarramento di Olginate.

La regolazione dei deflussi e le notevoli dimensioni dell'invaso fanno sì che le onde di piena in uscita dal lago siano assai lunghe nel tempo e con portate poco variabili durante i transitori di piena.

Oltretutto, essendo il lago regolato, le vicende relative al bacino prelacuale hanno scarso interesse ai fini della valutazione delle portate di piena a valle.

Per la valutazione delle portate di piena di cui all'allegata Relazione idrologico – idraulica (Atto A.01.02) conviene, infatti, riferirsi al bacino sublacuale e al regime dei deflussi regolati che vengono immessi nell'Adda all'uscita dal lago.

A valle di Lavello, il corso d'acqua scorre inizialmente tra i rilievi pedemontani della Brianza collinare in destra e quelli della Bergamasca in sinistra per poi proseguire inciso nell'alta pianura fino alla confluenza con il Brembo. Il tratto citato sottende un bacino proprio relativamente modesto (circa 125 km²), che comprende praticamente una stretta fascia lungo il fiume, ha un tracciato planimetrico abbastanza regolare ed è caratterizzato da pendenze superiori rispetto al tratto di valle fino a Lodi. L'alveo è generalmente molto profondo e incassato tra le pareti di conglomerato che caratterizzano i terreni della zona.

A valle di Vaprio d'Adda, il regime idraulico del fiume subisce l'influenza del regime del Brembo, specialmente durante le piene quando l'onda proveniente dal Lago di Como si somma con quella prodotta dal bacino del Brembo. Contrariamente a quanto avviene nel tratto emissario a monte di Vaprio d'Adda, in cui le onde di piena sono molto appiattite, quelle in arrivo dal Brembo, prodotte da un bacino in cui prevalgono le aree montane e dove la piovosità è alta, sono caratterizzate da notevoli e rapide variazioni di portata.

Pertanto, le onde di piena a valle della confluenza con il Brembo, ed in particolare a Lodi, presentano intumescenze più sensibili rispetto al tratto emissario di monte, con minori durate dei colmi e portate sensibilmente maggiori.

4. CARATTERISTICHE IDRAULICHE ED IDROGEOLOGICHE DEL TERRITORIO LODIGIANO

Un accenno alle caratteristiche generali (morfologiche, idrauliche, idrogeologiche, ecc.) risulta indispensabile per il corretto inquadramento delle problematiche e per una valida impostazione degli studi da condurre e delle soluzioni da adottare.

Il territorio lodigiano, che – dal punto di vista idrografico – non coincide con la provincia di Lodi, ha un'estensione di circa 75.000 ettari e corrisponde alla porzione di Pianura Padana compresa tra Cassano d'Adda a Nord, i Fiumi Adda, Lambro e Po, rispettivamente ad Est, Ovest e Sud.

Il sistema di distribuzione idrica e di drenaggio di tale territorio è uno dei più antichi e consolidati del mondo e, pur mantenendo sostanzialmente intatte morfologia e caratteristiche originarie, svolge più funzioni diversificate. Alla tradizionale pratica irrigua e al drenaggio del territorio, infatti, si sono progressivamente aggiunti altri utilizzi: industriale, idroelettrico, ittiogenico, ambientale, ricreativo e civico.

L'approvvigionamento idrico a scopo irriguo del lodigiano, che avviene per il 90% dall'Adda attraverso il canale Muzza, è reso possibile da una serie di impianti di sollevamento e da circa 400 canali (oltre al Muzza) per uno sviluppo di circa 4.000 km. Il sistema idrico è idealmente suddiviso in due zone, comunque strettamente interconnesse, corrispondenti alla parte alta e alla parte bassa del territorio.

La parte alta è interamente sottesa dal canale Muzza, che – insieme alla fitta rete idrografica minore – svolge un servizio promiscuo (irriguo – idraulico) sostituendosi, di fatto, alla rete di scolo.

A Sud del “gradone” naturale, lungo la grande depressione geologica che si estende fino al Po, è ubicata – invece – la parte bassa, in tempi remoti sede naturale e perenne di acquitrini ravvivati dalle frequenti alluvioni. La giacitura dei terreni, più bassi rispetto all'altopiano di circa 10 m, è soggiacente di diversi metri al livello di piena dei fiumi Po, Adda e Lambro.

L'irrigazione della parte bassa avviene, per lo più, mediante sollevamento da Adda e Po, o con riutilizzo delle colature irrigue dell'altopiano. Quando i deflussi dei fiumi sono contenuti, è possibile scaricare a gravità; in caso contrario entrano in funzione idonei impianti di sollevamento, che evitano l'impaludamento della parte bassa.

In sostanza, il corretto governo delle acque consente di far fronte ai periodi di carenza e di eccesso d'acqua nel comprensorio: con la pratica irrigua si copre il deficit idrico nei periodi siccitosi; con la rete di scolo si smaltisce l'eventuale eccesso in occasione dei periodi di

abbondanza d'acqua, che può essere dovuto ad eventi meteorici, oppure a livelli di falda che debbono essere mantenuti a quote adeguatamente basse, che consentano l'uso dei suoli.

Oltre ai due scopi appena descritti (irrigazione e smaltimento degli eccessi idrici), il fitto reticolo idrografico presente nel territorio lodigiano consente altri importantissimi obiettivi, quali: la difesa del suolo; la produzione di energia idroelettrica; l'uso industriale; la produzione ittica intensiva; la raccolta degli afflussi pluviali provenienti dal drenaggio di molti centri urbani; la raccolta delle acque trattate da numerosi impianti di depurazione.

In aggiunta a tutte le finalità di cui sopra, è stata prospettata da più parti la possibilità che, in caso di piena dell'Adda, vengano effettuati – tramite il canale Muzza – prelievi dal fiume in modo da ridurre gli afflussi verso Lodi.

Ebbene, innanzi tutto – affinché ciò risulti possibile – occorre che si verifichino le seguenti due condizioni essenziali:

1. che non siano in corso piene del T. Molgora e di coli minori recapitanti in Muzza;
2. che non sia in corso alcun fenomeno pluviometrico di particolare intensità ed estensione tale da impegnare pesantemente il reticolo.

Ma anche qualora tali due condizioni fossero verificate, le caratteristiche stesse del canale Muzza non consentirebbero un prelievo idrico rilevante dal fiume Adda.

Il Muzza, infatti, essendo un canale irriguo, è caratterizzato da dimensioni che decrescono procedendo verso valle, in relazione alla riduzione di portata idrica convogliata, dovuta ai prelievi irrigui lungo il suo corso.

Dato che, statisticamente, gli eventi di piena più gravosi del fiume Adda si verificano nei mesi autunnali, o, più raramente, ad inizio primavera, ossia lontano dal periodo irriguo, tali caratteristiche comportano la possibilità di prelievi di poche decine di metri cubi al secondo.

In considerazione del valore della portata di picco dell'evento di piena duecentennale dell'Adda a Lodi, pari a circa 2'000 m³/s, non è possibile considerare un prelievo tramite Muzza pari a più del 1÷2% della portata al colmo di piena.

Solo con il contemporaneo e sinergico prelievo anche da parte di tutto il sistema dei grandi canali irrigui oltre al Muzza (Pasinetti, Vailata, Martesana, Ritorto, Rivoltana, Vacchelli), la diminuzione degli afflussi a Lodi potrebbe raggiungere il 4÷5% del colmo di piena.

Una percentuale maggiore (probabilmente attorno al 10%) potrebbe essere raggiunta solo con una regolazione programmata dei grandi invasi idroelettrici della Valtellina e della Val Chiavenna, peraltro estremamente difficile da attuare, dati gli ingenti interessi economici connessi (come hanno purtroppo dimostrato le recenti crisi idriche – 2003, 2007, 2017, 2018).

5. TENDENZE EVOLUTIVE DELL'ALVEO

5.1 ANALISI DELL'EVOLUZIONE IDROGRAFICA

Il movimento dell'acqua negli alvei naturali induce complessi processi di rimozione, trasporto e deposizione del materiale solido, la cui conoscenza costituisce la base teorica essenziale per una corretta comprensione di importanti fenomeni di evoluzione morfologica dei corsi d'acqua. La complessità e la varietà dei fenomeni fisici coinvolti rende ancora lontana una loro completa comprensione e i diversi aspetti della problematica sono attualmente oggetto di numerosi studi di ricerca in tutto il mondo.

La lenta evoluzione naturale del corso d'acqua è intrinsecamente protesa verso una condizione di equilibrio dinamico tra le capacità di erosione, trasporto e sedimentazione.

In particolare, la dinamica di un corso d'acqua si manifesta con un'incessante, seppur lenta, modifica sia del tracciato fluviale, sia dell'andamento e delle pendenze del fondo alveo.

In presenza di forme meandriche molto accentuate si assiste ad una migrazione dei meandri verso valle dovuta all'erosione delle sponde in curva esterna (sponde concave o sovracorrente) ed ai contemporanei fenomeni di deposizione nelle zone di curva interna (sponde convesse o sottocorrente).

Con riferimento alla Carta dell'evoluzione fluviale allegata al presente Studio (elaborato A.02.01) e allo schema di Fig. 5.1, l'evoluzione dei meandri fluviali vede, in successione: l'accentuazione del meandro ed il conseguente avvicinamento dei lobi di monte e di valle; il salto del meandro con successiva formazione di una lanca detta anche meandro morto o relitto; la morte del meandro con il prosciugamento del relitto.

Va da sé che da una tale dinamica deriva una caratteristica di marcata instabilità dei tratti fluviali meandrici e, di conseguenza, un grado di rischio piuttosto elevato connesso alla realizzazione di opere ad essi adiacenti. Ciò anche in considerazione del fatto che le tendenze evolutive di un corso d'acqua sono irreversibili e che, pertanto, gli interventi di difesa spondale e di regimazione fluviale pur modificando, rallentandola, l'evoluzione fluviale, non sembrano in grado di contrastarla in senso assoluto impedendo che il corso d'acqua stesso si evolva verso l'equilibrio.

La ricostruzione dell'andamento fluviale durante l'ultimo secolo nella zona in studio, l'interpretazione delle tendenze evolutive del corso d'acqua e la previsione della probabile evoluzione futura sono state condotte esaminando attentamente sia la cartografia storica, sia la documentazione fotografica aerea esistente. Si è in particolare esaminata la successione delle tavolette IGM in scala 1:25.000, 60 IV NO (Lodi) e 60 IV NE (Cavenago d'Adda), edite oltre

un secolo fa (1889), poco meno di un secolo fa (1921 – 1959) e a fine secolo scorso (1986), nonché le foto aeree disponibili.

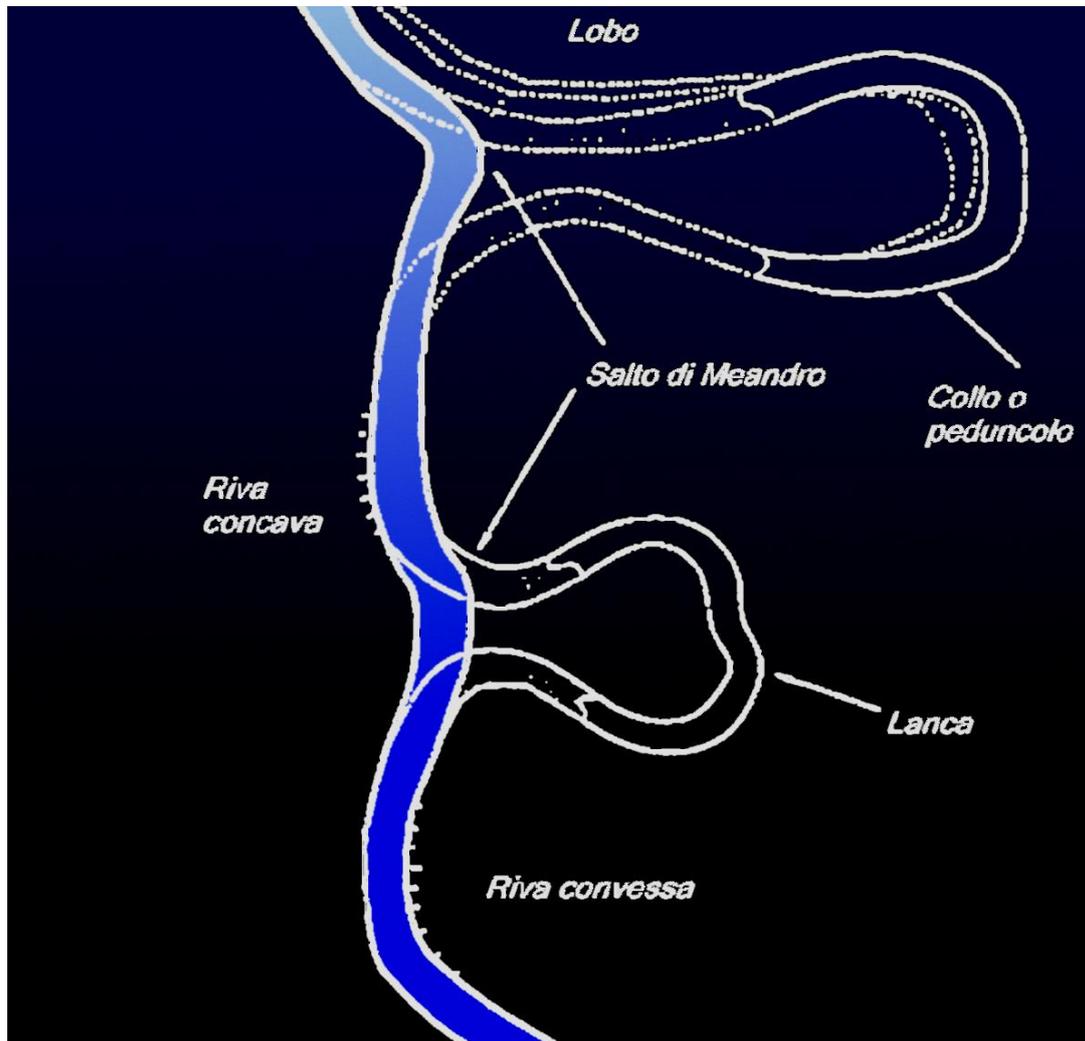


Fig. 5.1: Schema dell'evoluzione dei meandri fluviali

L'analisi di tale documentazione ha condotto alle seguenti conclusioni:

- a valle del confine tra i territori comunali di Boffalora d'Adda e Lodi il fiume Adda presenta un chiaro andamento meandriforme molto accentuato, con generale andamento del corso d'acqua e della fascia meandrica NO-SE; la fascia meandrica presenta, in particolare, larghezza pari a 3,5-4 km;
- all'interno della fascia meandrica i meandri migrano verso la foce con velocità che, nella zona dell'abitato di Lodi, ha subito negli ultimi decenni, in seguito ad importanti interventi antropici di difesa spondale, significativi rallentamenti;
- immediatamente a monte di Lodi si è assistito, dalla fine del secolo scorso ad oggi: alla rettifica del corso d'acqua nel tratto compreso tra Spino d'Adda e Boffalora d'Adda; all'abbandono, da parte del fiume, dei meandri di C.na Gelsomina e, più a valle, di

Montanaso Lombardo; all'accentuazione del meandro di C.na Cremosazza, oggi contrastata da importanti opere di difesa spondale; alla semplificazione del tracciato fluviale, nella zona di C.na Bel Giardino, un tempo caratterizzato da due rami ben distinti e, all'incirca, della medesima importanza, ed oggi costituito da un unico filone; all'abbandono del meandro di C.na Mozzanica;

- nel tratto cittadino del fiume non ci sono stati significativi mutamenti del tracciato fluviale durante l'ultimo secolo. La tendenza all'erosione in corrispondenza delle sponde concave, peraltro poco accentuate, è stata decisamente contrastata da opere di difesa spondale, che hanno conferito a questo tratto del corso d'acqua notevole stabilità dal punto di vista delle divagazioni planimetriche;
- a sud dell'abitato di Lodi, limitatamente al tratto Lodi – Cavenago d'Adda, si è avuta l'accentuazione dei due meandri in corrispondenza delle confluenze in Adda della roggia Squintana e della roggia Molina (località Morona) oggi contrastata dalla realizzazione di opere di difesa spondale; il salto dell'importante meandro di Soltarico; il definitivo abbandono dell'antico meandro di Cavenago d'Adda; l'accentuazione del meandro in località Cà de' Vagni, oggi contrastata dall'esecuzione di opere di difesa spondale; il salto del meandro nella zona di C.na Contarana a sud di Cavenago d'Adda.

Tale intensa e rapida evoluzione della dinamica fluviale ha indotto importanti modifiche delle caratteristiche del fiume nella zona di interesse.

In particolare, come accennato, il meandro di C.na Mozzanica, ancora attivo in occasione del rilievo del 1889, appare praticamente abbandonato a metà secolo scorso. Dall'ultimo rilievo esaminato (1986), dalle fotografie aeree del 1994 e dai sopralluoghi condotti recentemente risulta chiara una nuova inversione di tendenza nella zona, con la corrente che esercita una chiara attività erosiva in sponda sinistra (sponda concava) e accentua progressivamente il nuovo meandro, quasi a voler ridisegnare il vecchio percorso. Le cause di una tale inversione di tendenza sono, con tutta probabilità, da ricercarsi nell'intensa attività antropica verificatasi in questo tratto del corso d'acqua. A monte della zona della citata sponda sinistra in erosione, infatti, il fiume si presentava, in occasione sia del rilievo di fine '800, sia del rilievo di metà secolo scorso, ramificato, con due filoni di corrente: il principale, in direzione NO-SE, più interno, nel quale si concentrava la maggior parte della portata e, quindi, della corrente di piena e che è da considerarsi all'origine del salto del vecchio meandro di C.na Mozzanica; il secondario, più esterno, completamente attivo alla fine del XIX secolo e ridotto a lanca, attiva solo in occasione delle piene, a metà del secolo scorso. Una volta avvenuto il salto di meandro, la predominanza del filone principale sul secondario fece sì che, durante le piene,

non risultasse significativa l'azione della corrente convogliata da quest'ultimo in termini di erosione della sponda sinistra a valle della ricongiunzione dei due rami.

Successivamente al 1959, data dell'aggiornamento topografico di metà secolo scorso, in occasione di un importante evento di piena, il fiume ruppe l'argine naturale in sponda destra in località Bel Giardino e tornò ad alimentare in modo significativo il ramo secondario.

In seguito a tale evento, l'attività antropica venne rivolta a privilegiare, dal punto di vista del convogliamento idrico, il ramo secondario, con la costruzione di importanti arginature, atte ad impedire l'alimentazione idrica del vecchio ramo principale da parte del fiume, il cui tracciato venne così semplificato e rettificato.

Allo scopo, inoltre, di impedire che l'azione della corrente di piena provocasse l'accentuazione progressiva del meandro corrispondente al ramo secondario, a questo punto unico filone di corrente, venne realizzata un'importante ed estesa protezione spondale in destra.

Tale nuova conformazione del tracciato fluviale, con la creazione di un nuovo meandro a valle di Bosco Bel Giardino, provocò l'accentuazione della velocità e la modifica della direzione della corrente che, in uscita da tale nuovo meandro, venne ad incidere, quasi perpendicolarmente, la sponda sinistra del fiume.

L'azione di erosione conseguente è tuttora ben riscontrabile e risulta inequivocabile la progressiva accentuazione della curva verso destra e, quindi, del nuovo meandro formatosi.

A valle del Ponte Storico, invece, le modifiche delle caratteristiche del fiume non sono relative alla divagazione planimetrica dell'alveo (le esistenti opere di difesa spondale hanno conferito una sostanziale stabilità planimetrica a tale zona, anche se sono evidenti diffusi segni di cedimento delle antiche scogliere per via dell'azione erosiva della corrente in sponda concava), quanto al mutamento delle pendenze e delle quote di fondo alveo.

In particolare, un ruolo predominante è certamente da attribuirsi al salto di meandro di Soltarico, avvenuto nel 1976, per effetto del quale si è avuta la riduzione della lunghezza dell'Adda tra l'esistente ponte di Lodi e la località Casellario da circa 14 km a circa 7,5 km, con una diminuzione di tale lunghezza pari a circa 6,5 km.

Il conseguente aumento della pendenza ha comportato un incremento delle velocità idriche e l'insorgere di fenomeni di erosione che, per richiamo idraulico, si sono propagati verso monte fino alla zona dell'abitato di Lodi, in corrispondenza della quale si è avuto, in circa quarant'anni, un abbassamento del fondo alveo dell'ordine di 3 m.

A causa di tali fenomeni erosivi è stata costruita una traversa in c.a. ciclopico a valle del Ponte storico allo scopo di vincolare la quota di fondo alveo ed impedire lo scalzamento delle fondazioni delle pile del ponte stesso.

6. INTERPRETAZIONE DELLA PIENA DEL NOVEMBRE 2002 A LODI

Come più dettagliatamente esposto nell'allegata Relazione idrologico – idraulica (Atto A.01.02), in seguito ad un intenso flusso di correnti meridionali umide, associato ad una vasta area depressionaria, dal 14 Novembre 2002 si verificarono copiose precipitazioni su Piemonte e Lombardia occidentale, che provocarono elevati afflussi al Lago di Como ed il conseguente aumento dei livelli dello stesso, tanto che fin dal 15 Novembre le opere di regolazione del lago vennero completamente aperte per favorire le massime condizioni di deflusso. In data 24 Novembre 2002 sopraggiunse una seconda perturbazione, con precipitazioni complessivamente meno intense della prima, ma caratterizzate da un picco violento e concentrato, che creò un intenso picco di portata del F. Brembo. Tale picco di portata si sovrappose all'onda di piena in uscita dal Lago di Como, già pieno al sopraggiungere della seconda perturbazione.

In sostanza, si verificarono le uniche condizioni per le quali possa prodursi un evento alluvionale nel tratto di Adda a valle della confluenza col Brembo e cioè la sovrapposizione delle onde di piena provenienti dal Lario e dal Brembo.

I livelli idrici del fiume Adda nella zona di Lodi, già elevati nei giorni precedenti per via delle abbondanti precipitazioni che fin dalla metà di novembre si abbattono sull'Italia centro – settentrionale, salirono ulteriormente nella notte tra il 25 e il 26 Novembre 2002, tanto che nella mattinata del 26 Novembre cominciarono a verificarsi fenomeni di rigurgito del reticolo idrografico minore ed i primi allagamenti dei terreni agricoli delle zone “*Concoreggia*” e “*Capanno*”. I livelli idrici continuarono a salire per tutta la giornata del 26 Novembre, provocando progressivamente l'allagamento delle zone basse della città: Capanno, Bersaglio, Pratello, Pulignano, Concoreggia, Isola Carolina, Piarda Ferrari, Via Defendente Lodi e Via Mattei, Isola Bella, Borgo Adda, Martinetta, Revellino, Campo Marte, Curletto, Tre Cascine, Val Grassa.

Il colmo della piena raggiunse Lodi tra le ore 01.00 e le ore 2.00 del 27 Novembre 2002 facendo registrare un'altezza idrica massima all'idrometrografo posto immediatamente a valle del Ponte storico pari a 3,43 m sullo zero idrometrico. Essendo la quota assoluta dello zero idrometrico dell'idrometrografo del Ponte storico pari a 64,60 m s.l.m., la massima quota raggiunta dall'acqua in corrispondenza del punto di misura fu pari a circa 68,00 m s.l.m.

Nella notte tra il 26 ed il 27 Novembre 2002, pur nell'ambito di una situazione drammatica e caotica al tempo stesso, chi scrive si recò nei quartieri allagati e segnò il massimo livello raggiunto dall'acqua su muri, alberi e pali dell'illuminazione pubblica. Nei giorni seguenti

venne eseguito, sempre da chi scrive, il rilievo topografico delle massime quote raggiunte dall'acqua, anche integrando le informazioni con le preziose testimonianze dirette dei cittadini.

Questo lavoro ha consentito di tracciare con grande precisione la mappa degli allagamenti massimi di piena, non solo con riferimento alle aree interessate dalle acque, ma anche in termini di massimi tiranti idrici raggiunti nelle varie zone.

Le informazioni raccolte hanno consentito la verifica degli elaborati prodotti nell'ambito dello Studio idraulico del luglio 2001, dalla quale è emersa un'ottima corrispondenza con le aree allagate durante la piena del novembre 2002. In particolare, così come previsto, l'acqua di piena ha scavalcato e la S.P. n° 23 Lodi – Boffalora d'Adda, provocando l'allagamento del Quartiere "*Campo Marte*" ed ha superato V.le Milano all'altezza dell'incrocio semaforico con Via Cadamosto.

In sostanza, lo scenario d'inondazione previsto dallo Studio del luglio 2001 si è discostato dall'effettivo allagamento verificatosi a fine novembre 2002 solo con riferimento alle seguenti quattro zone.

Zona Laghi

Lo Studio del luglio 2001 prevedeva l'allagamento di tutta la zona "*Laghi*" situata in sponda destra, a valle del Ponte storico; zona che non è stata interessata dalle acque per due motivi. In primo luogo perché essendo stata nel frattempo costruita la rampa di accesso alla nuova tangenziale Est, essa ha funzionato da argine nei confronti dell'acqua di esondazione ed ha impedito lo scavalco di Via Massena. Inoltre, l'esame della piena di fine 2002 ha consentito di associare a tale evento un tempo di ritorno inferiore a 200 anni (all'incirca tra 100 e 150 anni). Al verificarsi di una piena duecentennale, caratterizzata da livelli idrici un po' più alti rispetto a quelli del 2002, l'acqua scavalcherebbe ugualmente la Via Massena in corrispondenza del parcheggio dell'ospedale, all'inizio della rampa d'accesso alla tangenziale ed invaderebbe la zona "*Laghi*", che, pertanto, è rimasta una zona a rischio fino alla realizzazione dell'argine destro a valle del Ponte storico.

Quartiere "Campo Marte"

Come già accennato in precedenza, l'interessamento del Quartiere "*Campo Marte*" da parte delle acque di esondazione era stato previsto dallo Studio del luglio 2001. Durante la piena di fine Novembre 2002, però, l'allagamento di questa zona è stato più pesante del previsto, interessando tutto il quartiere e non solo una porzione di esso e con livelli d'acqua maggiori del previsto. Tali differenze sono dovute alla presenza di alcuni fornicci irrigui nel corpo della

S.P. n° 23 Lodi – Boffalora d’Adda, la cui esistenza, ignorata fino ad allora e non rilevabile dall’informazione cartografica, ha provocato l’allagamento sia dei terreni agricoli situati tra la S.P. n° 23 e l’abitato di “Campo Marte”, sia di quelli posti a monte di “Campo Marte” prima che le acque dell’Adda scavalcassero la provinciale. Al momento della tracimazione della provinciale, detti terreni, depressi rispetto alla zona abitata, erano già pieni d’acqua ed in pochi minuti sono stati a loro volta tracimati, provocando l’allagamento di “Campo Marte”. In sostanza, se all’atto della tracimazione della provinciale i terreni agricoli non fossero stati già allagati, le acque di esondazione avrebbero trovato sfogo nei terreni stessi prima di giungere nelle zone abitate, che, quindi, sarebbero state interessate da volumi idrici inferiori (così come previsto dallo Studio del luglio 2001).

Quartiere “Martinetta”

Lo Studio del luglio 2001 non prevedeva l’inondazione del Quartiere “Martinetta”, che invece, durante la piena di fine 2002, è stato allagato con tiranti idrici compresi tra 30 e 60 cm. In questo caso la causa della mancata corrispondenza tra realtà e previsione modellistica è dovuta ad errori nelle quote riportate sulla cartografia disponibile, a causa dei quali il Quartiere “Martinetta” è stato introdotto nel modello digitale del terreno (DTM) a quote più alte rispetto alla realtà di circa 70 cm.

Zona a sud di V.le Milano

Così come previsto nello Studio del luglio 2001, durante la piena di fine 2002, la zona posta a sud di V.le Milano è stata pesantemente allagata.

Dall’esame dell’evento di piena, però, è emerso che tale allagamento non è stato causato solo dal rigurgito idraulico delle acque dell’Adda attraverso le rogge che sottopassano V.le Milano (Gaetana, Gelata, Sandona), ma anche dal travalicamento dello stesso V.le Milano in corrispondenza dei massimi livelli idrici registrati.

Le verifiche topografiche eseguite hanno dimostrato che, anche in questo caso, come per il Quartiere “Martinetta”, l’inconveniente è stato prodotto da errori nelle quote riportate sulla cartografia disponibile, che – in particolare – indica quote più alte rispetto alla realtà per la porzione centrale di V.le Milano.

Pur non modificandosi lo scenario di allagamento della zona, è stato necessario prevedere un’opera aggiuntiva per la messa in sicurezza, in quanto le chiaviche e le paratoie già previste dallo Studio del 2001 eliminano il rischio di allagamento indiretto (per rigurgito dalle rogge), ma non il travalicamento di V.le Milano da parte delle acque in corrispondenza dei massimi livelli idrici di piena di riferimento (200 anni di tempo di ritorno).

Più in particolare, è stata prevista la sistemazione di un muretto e la realizzazione di una serie di opere accessorie nella zona posta immediatamente a nord della porzione centrale di V.le Milano.

Tali opere, in realtà, non sono mai state costruite a causa della mancanza di copertura finanziaria. Tuttavia, la completa protezione delle zone poste a sud di V.le Milano è stata ottenuta con la realizzazione dell'argine destro a monte del Ponte storico.

Il rilievo eseguito nei giorni immediatamente successivi all'evento di piena, inoltre, è risultato fondamentale per la più corretta calibrazione del modello di simulazione idraulica utilizzato nell'aggiornamento del 2005, i cui parametri sono stati tarati progressivamente fino ad ottenere la migliore corrispondenza tra risultato del modello e scenario reale. Nella tavola grafica D.05.01 sono rappresentate le aree allagate in occasione della piena di fine novembre 2002 come riprodotte dal modello bidimensionale utilizzato nell'aggiornamento del 2005 nella configurazione dello scenario allora denominato "*Stato Attuale*". In corrispondenza di alcuni punti detti di controllo, sono riportate le differenze tra i tiranti idrici forniti dal calcolo dello "*Stato Attuale*" riferito al 2005 e quelli misurati in campo durante l'evento del novembre 2002. Come si vede, le differenze sono davvero modestissime ed assolutamente trascurabili, rientrando completamente nelle tolleranze ammesse per questo tipo di elaborazioni.

La taratura così ottenuta è stata utilizzata per le simulazioni degli eventi di piena sintetici di riferimento effettuate nell'ambito dell'aggiornamento del marzo 2005, con riferimento sia allo scenario allora denominato "*Stato Attuale*", sia agli scenari caratterizzati dalla progressiva realizzazione di tutte le opere di difesa previste dalla pianificazione.

Tali simulazioni hanno consentito il tracciamento dei limiti di esondazione per differente tempo di ritorno e la classificazione delle aree esondate in funzione del grado di rischio associato ed hanno permesso, inoltre, di congegnare la proposta di modifica dei limiti di fascia di cui al PAI e, in questa sede, di confermare la validità e necessità delle opere proposte negli studi precedenti.

7. PERIMETRAZIONE DELLE AREE A RISCHIO DI ESONDAZIONE

Sulla base dei calcoli idraulici eseguiti (vedi elaborato n. A.01.02 – Relazione idraulica), che hanno consentito, in tutto il dominio di calcolo, la determinazione delle quote della superficie del pelo libero e delle velocità della corrente in corrispondenza di piene di assegnato tempo di ritorno, si sono predisposte le seguenti carte riferite all'evento di tempo di ritorno 200 anni:

- tavola di rappresentazione dei tiranti idrici (Tav. D.03.01);
- tavola di rappresentazione del campo delle velocità (Tav. D.03.02);
- tavola di rappresentazione dei livelli d'acqua (Tav. D.03.03).

Il confronto tra le aree di esondazione risultanti dalla modellazione con i limiti definiti dal PAI, così come aggiornati a seguito della presa d'atto del collaudo delle opere realizzate (Decreto del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino n. 280 in data 9 ottobre 2019), ha riguardato sia il limite tra le fasce "A" e "B", sia quello tra le fasce "B" e "C", sia, infine, quello esterno di fascia "C" ed ha consentito di confermare le proposte di variante dei limiti di progetto tra la fascia "B" e la fascia "C" definiti dal PAI, avanzate nello studio di aggiornamento del 2005.

A seguito dell'approvazione dell'ultima edizione del PAI con D.P.C.M. 24/05/01 in G.U. 08/08/01 si sono, infine, delimitate le aree di fascia "C" situate a tergo dei limiti di progetto tra la fascia "B" e la fascia "C", nonché le aree a differente classe di rischio, allo scopo di fornire all'Amministrazione un criterio oggettivo per la valutazione del rischio nelle diverse aree del territorio comunale ed al fine di determinare, per ciascuna di queste, le modalità di applicazione anche parziale, fino all'avvenuta realizzazione delle opere di difesa idraulica, degli articoli presenti nelle N.T.A. del PAI relativi alla fascia "B".

7.1 LIMITE TRA LA FASCIA "A" E LA FASCIA "B"

Si è analizzato il campo di moto relativo alla piena di tempo di ritorno di 200 anni, individuando il tubo di flusso che convoglia una portata idrica pari ad almeno l'80% del totale e la velocità risulta non inferiore a 0,4 m/s. Dal confronto tra tale zona ed il limite di PAI tra le fasce "A" e "B", emerge quanto segue:

- resta confermato che in corrispondenza del centro abitato la fascia "A" rimane confinata nell'alveo inciso;
- in sponda sinistra, lungo il tratto di fiume a monte del centro abitato, emerge chiaramente come, nelle condizioni attuali, tale fascia tenda ad ampliarsi rispetto all'alveo inciso interessando le aree golenali, dove non sono individuabili consistenti

arginature naturali o artificiali. La fascia si appoggia, infatti, al rilevato costituito dalla S.P. n. 25 Lodi-Boffalora d'Adda, staccandosi da questo solo nelle immediate vicinanze del Ponte Storico, alla cui spalla sinistra si raccorda. L'avvenuta realizzazione dell'argine lungo la SP 25 e nella zona dell'ex stabilimento SICC, atto a difendere e salvaguardare gli insediamenti esistenti nelle immediate vicinanze del fiume, fa sì che la fascia "A" si addossi a tale opera, raccordandosi alla spalla sinistra del Ponte Storico secondo l'andamento arginale. A valle del tratto urbano, invece, data l'estrema vicinanza del limite di frontiera del dominio di calcolo con la zona in esame, che comporta influenze inaccettabili delle condizioni al contorno con il campo di moto in output, si è deciso di mantenere il limite tra le fasce "A" e "B" di cui al PAI. Esso segue indicativamente, in un primo tratto, il percorso della Roggia Squintana, seguendo anche l'ansa da essa disegnata, ripercorrendo il limite esterno di un antico meandro del fiume a valle della località Tre Cascine. Successivamente, a valle di tale antico meandro, la fascia "A" si allarga fino alla Cascina Ciribina, per tornare a seguire l'andamento dell'alveo inciso;

- in sponda destra la situazione che si delinea nelle condizioni attuali, mette in luce come, a monte del centro abitato, data la realizzazione dell'arginatura atta a difendere e salvaguardare gli insediamenti esistenti nelle immediate vicinanze del fiume nella zona compresa tra il Ponte Storico e la località "Martinetta", la fascia "A" rimane addossata a tale arginatura. A valle del tratto urbano, nelle condizioni attuali, la realizzazione dell'argine destro che collega il Ponte Storico con via Battaglia di Cassano, atto a difendere e salvaguardare gli insediamenti nella zona di via Secondo Cremonesi, fa sì che la fascia "A" rimanga addossata a tale argine sino alla rotatoria di raccordo con le rampe di accesso alla tangenziale e, a valle di essa, rimanga addossata alla proposta di nuovo limite di progetto tra la fascia B e C, previsto nello studio di aggiornamento del 2005, atto a salvaguardare gli insediamenti posti in località "Barbina".

In definitiva, i risultati della modellazione 2-D confermano quasi completamente, tenuto conto della previsione dei limiti di progetto di cui al PAI, l'andamento dei limiti tra le fasce "A" e "B" determinati dallo stesso PAI, così come aggiornati a seguito della presa d'atto del collaudo delle opere realizzate (Decreto del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino n. 280 in data 9 ottobre 2019).

7.2 LIMITE TRA LA FASCIA “B” E LA FASCIA “C”

Dal confronto delle aree di esondazione per tempo di ritorno di 200 anni risultanti dalle modellazioni idrauliche eseguite e dei limiti tra le Fasce “B” e “C” di cui alla prima stesura del PAI, riportati nella Tav. D.01.01, emerge quanto segue.

A monte del Ponte Storico, la realizzazione delle arginature in destra e in sinistra idraulica, atte a difendere e salvaguardare gli insediamenti esistenti, fa sì che il limite tra le Fasce “B” e “C” rimanga addossato a tali arginature.

A valle del Ponte Storico, valgono le seguenti considerazioni.

Sponda destra

La realizzazione dell’arginatura nel tratto compreso tra il lato di valle della spalla destra del Ponte storico e la rotatoria di raccordo con le rampe di accesso alla tangenziale fa sì che il limite tra le Fasce “B” e “C” rimanga addossato a tale arginatura, grazie alla quale il quartiere “Borgo Adda” non risulta più a rischio di allagamento.

Rimane attualmente a rischio alluvionale tutta l’area del Q.re Selvagreca e la zona dell’impianto di depurazione comunale, compresa tra via Battaglia di Cassano a nord, il rilevato stradale della tangenziale a est ed il terrazzo morfologico a sud e ad ovest. Tale porzione di territorio urbanizzato, infatti, in occasione degli eventi alluvionali estremi, risulta soggetto ad allagamento indiretto da parte delle acque che, per rigurgito da valle, superano il rilevato della tangenziale attraverso gli esistenti varchi, costituiti da n. 2 fornicci stradali (in località impianto di depurazione e C.na Barbina) e da n. 6 sottopassi idraulici (roggia Molina, n. 3 rami della roggia Sandona, n. 2 fossi di colo).

A questo proposito, l’Amministrazione comunale di Lodi ha ottenuto recentemente il finanziamento da parte della Regione Lombardia, per la “*Realizzazione della chiavica sulla roggia Molina e delle opere complementari*”, finalizzate alla salvaguardia idraulica di tutta l’area del Q.re Selvagreca e della zona dell’impianto di depurazione comunale.

Una volta realizzate e collaudate tali opere (è attualmente in corso la gara per l’appalto dei lavori), il rischio idraulico a carico delle predette aree sarà ricondotto a R1 – R2.

A valle del rilevato stradale della tangenziale, in corrispondenza dell’estremo di valle del dominio di calcolo, il limite tra le fasce “B” e “C” individuato dal PAI si allontana dal fiume addossandosi al terrazzo morfologico.

Sponda sinistra

A valle del Ponte Storico, l’inesistenza del piano campagna terrazzato fa sì che anche piccole differenze nella determinazione dei livelli idrici si riflettano in significativi scostamenti nel

tracciamento dei limiti delle aree di esondazione. L'area di esondazione per $T = 200$ anni comprende tutta la zona del quartiere *Revellino*, fino al Club *Canottieri Adda* ed al rilevato stradale della tangenziale est di Lodi, includendo un'area più ampia rispetto a quanto previsto dall'originaria versione del PAI, che indicava il limite tra le Fasce "B" e "C" in corrispondenza dell'argine fluviale fino al confine di proprietà del Club *Canottieri Adda*. A valle della nuova tangenziale est la fascia di esondazione risultante dalla modellazione 2-D è più ampia rispetto a quella di cui al PAI, involupando antichi meandri ben evidenti dall'esame della documentazione fotografica aerea.

La sostanziale maggiore ampiezza delle aree di esondazione rispetto a quanto previsto dal PAI era già stata evidenziata dai risultati della modellazione 1-D della prima fase dello studio del 2005, confermati da tutti gli aggiornamenti successivi, compreso il presente. È da segnalare che la località "Tre Cascine" risulta esterna all'area di esondazione essendo ad una quota superiore ai livelli idrici di piena calcolati (è in area esondabile l'allevamento di suini), mentre è compresa tutta una vasta area individuata grosso modo tra C.na *Spolverera* e l'abitato di *Cadilana*.

Pertanto, emerge la necessità di proporre alcune variazioni del limite tra le Fasce "B" e "C" a valle del Ponte Storico (vedi Tav. D.06.01). Più in particolare, il limite deve seguire un tracciato più lontano dal corso d'acqua, involupando antichi meandri ben evidenti dall'esame della documentazione fotografica aerea e comprendendo la vasta area individuata grosso modo tra C.na *Spolverera* e l'abitato di *Cadilana*. Inoltre, dalla fascia "B" deve essere esclusa la zona della località *Tre Cascine*, posta ad una quota sopraelevata rispetto a quella della campagna circostante. La zona dell'allevamento di suini, invece, deve essere ricompresa in fascia "B".

Le sostanziali differenze riscontrate tra i limiti calcolati e quelli di PAI possono presumibilmente ricondursi alle maggiori informazioni a disposizione degli scriventi rispetto all'Autorità di Bacino, che, avendo lavorato alla scala 1:10.000, non ha potuto scendere nel dettaglio della morfologia dei luoghi ed alla maggiore precisione dei risultati ottenuti dal presente studio, per via dell'utilizzo di un modello di simulazione bidimensionale, che ha potuto essere convenientemente calibrato anche grazie alle ulteriori preziose informazioni ricavate dalla citata campagna di integrazione topografica e batimetrica svoltasi nella primavera 2000 ed aggiornato in funzione delle opere di difesa ad oggi realizzate.

7.3 LIMITE ESTERNO DI FASCIA “C”

Dal confronto eseguito emerge che il limite esterno di fascia “C” di cui al PAI ed il limite di esondazione calcolato per $T = 500$ anni sostanzialmente coincidono tra loro aderendo al terrazzo morfologico, ad eccezione che nelle seguenti zone (vedi Tav. D.06.02):

Sponda destra

- nelle zone del *Pratello* e di via Defendente, la fascia “C” deve essere considerata un po’ più ampia di quella indicata dal PAI;
- lungo la S.S. n. 9 (Emilia), nelle zone del nuovo tribunale e della rotatoria per Montanaso Lombardo, la fascia “C” deve essere considerata meno ampia di quella indicata dal PAI.

Sponda sinistra

Come già detto con riferimento al limite tra le fasce “B” e “C”, l’inesistenza del piano generale terrazzato fa sì che anche piccole differenze nella determinazione dei livelli idrici si riflettano in significativi scostamenti nel tracciamento dei limiti delle aree di esondazione. Tenuto conto di questa circostanza, si può senz’altro affermare che non vi sono grandi differenze tra il limite esterno di fascia “C” di cui al PAI ed il limite delle aree di esondazione per $T = 500$ anni, pur dovendo considerare come più preciso il limite calcolato con il presente studio. In particolare, risulta che:

- a monte del cimitero in *Fraz. Riolo* la fascia “C” deve essere considerata meno ampia di quella indicata dal PAI;
- a valle del cimitero in *Fraz. Riolo* (cimitero compreso) la fascia “C” deve essere considerata un po’ più ampia di quella indicata dal PAI ad eccezione della zona di alcuni edifici industriali ubicati tra *C.na Spolverera* e *C.na Incantonata*.

7.4 PROPOSTE DI VARIANTE DEI LIMITI DI PROGETTO INDICATI DAL PAI

Zona posta a monte del Ponte Storico

L’avvenuta realizzazione e collaudo delle arginature in sponda destra e in sponda sinistra idraulica, a monte del Ponte Storico, materializza il tracciato dei nuovi limiti tra le Fasce “B” e “C”.

A monte del Ponte Storico, quindi, non vi è più il limite di progetto.

Zona posta a valle del Ponte Storico

Sponda destra

Nello studio del 2005 si propose l'arretramento del limite di progetto tra le Fasce "B" e "C" rispetto alla sponda destra del corso d'acqua, seguendo un percorso che lambisce il parcheggio dell'ospedale e che si congiunge con la scarpata della rampa di risalita alla tangenziale est. L'Amministrazione comunale, infatti, decise di non procedere all'urbanizzazione di tale zona. La realizzazione dell'argine destro, che si estende dal Ponte Storico alla rotatoria lungo la rampa di raccordo alla tangenziale est, modifica in parte tale proposta rendendo – di fatto – il tracciato della nuova opera il nuovo limite tra le Fasce "B" e "C".

Per la protezione del Q.re *Selvagrecia* e della zona dell'esistente impianto di depurazione dei reflui urbani è stata proposta la realizzazione di una chiavica sulla roggia *Molina* e di opere di chiusura dei n. 3 rami della roggia Sandona e di n. 2 fossi di colo in sottopassanti il rilevato della tangenziale, nonché opere di chiusura a scomparsa in corrispondenza degli esistenti n. 2 fornicci stradali lungo lo stesso rilevato della tangenziale. Tali opere, recentemente finanziate dalla Regione Lombardia e per le quali l'Amministrazione comunale di Lodi ha bandito la gara d'appalto, saranno ubicate lungo il tracciato del predetto rilevato stradale, che, pertanto, materializzerà il nuovo limite di progetto tra le Fasce "B" e "C" proposto.

Si propone, pertanto, l'eliminazione sia del limite di progetto previsto dal PAI in fregio all'alveo inciso del fiume Adda, sia del limite di progetto a protezione dell'impianto di depurazione.

Sponda sinistra

La simulazione idraulica eseguita in occasione dell'aggiornamento 2005 ha fatto emergere una situazione di rischio riguardante tutta la zona abitata in sinistra Adda compresa tra il Ponte Storico ed il rilevato stradale della tangenziale.

Allo scopo di difendere tale zona si è previsto un limite di progetto, che collega il lato di valle della spalla sinistra del ponte con il rilevato della tangenziale in prossimità di *Molino Contarico*. Inoltre, a differenza dello Studio del 2001, in cui veniva proposta la realizzazione di un limite di progetto a difesa dell'esistente isolato condominio situato in Via Po, immediatamente alle spalle del Circolo *Canottieri Adda*, si è deciso di inglobare tale condominio nel limite di progetto di cui sopra (spalla sx del ponte – *Molino Contarico*).

Nel gennaio 2018, il sottoscritto Professionista ha redatto, per conto dell'Agenzia Interregionale per il fiume Po (AIPO) il Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica delle

opere necessarie per materializzare il predetto limite di progetto tra le Fasce “B” e “C”, il cui tracciato è quello riportato nella tavola grafica D.06.03.

7.5 DELIMITAZIONE DELLE AREE DI FASCIA “C” SITUATE A TERGO DEI LIMITI DI PROGETTO TRA LE FASCE “B” E “C”

L’art. 31 comma 4 delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI, approvato con D.P.C.M. 24/05/01 IN G.U. 08/08/01, stabilisce che *“competete agli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti per i territori ricadenti in fascia C”*.

Inoltre, al successivo comma 5 dello stesso art. 31 delle N.T.A. – PAI, si legge che *“Nei territori di fascia “C”, delimitati con segno grafico indicato come limite di progetto tra la fascia “B” e la fascia “C” nelle tavole grafiche, (omissis) i Comuni competenti, in sede di adeguamento degli strumenti urbanistici, (omissis), sono tenuti a valutare le condizioni di rischio e, al fine di minimizzare le stesse ad applicare anche parzialmente, fino all’avvenuta realizzazione delle opere, gli articoli delle presenti Norme relative alla fascia “B”, (omissis)”*.

Allo scopo di classificare le condizioni di rischio, si sono seguite le indicazioni di cui alla D.G.R. 30 novembre 2011, n. IX/2616 (Aggiornamento dei “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n. 12”, approvati con D.G.R. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con D.G.R. 28 maggio 2008, n. 8/7374), che stabilisce che il grado di rischio idraulico deve essere determinato in funzione della pericolosità idraulica dell’area esaminata, funzione a sua volta delle caratteristiche di allagamento in condizioni di massima piena in termini di tiranti idrici e velocità della corrente, del danno potenziale, funzione degli elementi a rischio contenuti nell’area, e della vulnerabilità.

Più in particolare, la suddivisione del territorio in zone a differente livello di rischio attuale e potenziale (ossia conseguente ad eventuali utilizzi delle aree) avviene attraverso una quantificazione del livello di rischio, effettuata mettendo in relazione la pericolosità (H), l’entità degli elementi a rischio – o danno potenziale – (E) e la vulnerabilità degli stessi (V), secondo la relazione di natura qualitativa:

$$R = H \times E \times V$$

In sostanza, a differenza dei metodi definiti nella D.G.R. 11 dicembre 2001 – n° 7/7365, ripresi dall’Allegato 4 alla D.g.r. del 28 maggio 2008 n. 8/7374, che stabilivano che la quantificazione del rischio doveva essere funzione unicamente delle caratteristiche del campo di moto al colmo di piena nella zona di interesse (tirante idrico e velocità della corrente), le nuove disposizioni normative impongono valutazioni più ampie, che – oltre – alle condizioni previste di allagamento – mettano in relazione il rischio con le peculiarità delle diverse zone esondabili in termini di uso del suolo e dell’effettiva presenza, attuale o prevista in futuro, di elementi a rischio, quali nuclei residenziali, realtà produttive, infrastrutture, monumenti, aree attrezzate, ecc.

Le diverse condizioni di rischio sono definite come segue:

- moderato (R1) per il quale sono possibili danni sociali ed economici marginali;
- medio (R2) per il quale sono possibili danni minori agli edifici e alle infrastrutture che non pregiudicano l’incolumità delle persone, l’agibilità degli edifici e lo svolgimento delle attività socio-economiche;
- elevato (R3) per il quale sono possibili problemi per l’incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi e l’interruzione delle attività socio-economiche, danni al patrimonio culturale;
- molto elevato (R4) per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici e alle infrastrutture, danni al patrimonio culturale.

Le aree caratterizzate da un livello di rischio R1 o R2 possono ritenersi generalmente in condizioni di compatibilità, mentre quelle caratterizzate da livelli di rischio R3 ed R4 sono da ritenersi in condizioni di non compatibilità.

In particolare, le aree caratterizzate da livelli di rischio R3 vengono definite come aree urbanizzabili con accorgimenti costruttivi che impediscano danni a beni e strutture e/o che consentano la facile ed immediata evacuazione dell’area inondabile da parte di persone e beni mobili; le aree caratterizzate da livelli di rischio R4 vengono, invece, definite come aree pericolose ed incompatibili con qualunque tipo di infrastruttura di urbanizzazione (edifici, industrie, depositi, parcheggi, ecc.).

Il grado di pericolosità (H) di una determinata zona (Z) del dominio di calcolo viene valutato mediante il diagramma riportato in Fig. 7.1. Entrando in tale diagramma con i valori del tirante idrico (T_z) e della velocità della corrente (V_z) caratteristici della zona in esame, si

individua un punto nel piano cartesiano Tiranti/Velocità, che appartiene ad un'area ad assegnato grado di pericolosità.

Nell'esempio di Fig. 7.1, la zona Z, caratterizzata da tirante idrico T_Z e da velocità della corrente V_Z , viene associata ad un grado di pericolosità H3.

Nella tavola grafica D.07.01 sono evidenziate, con campiture a diversa colorazione, le aree a differente grado di pericolosità nelle attuali condizioni di realizzazione delle opere di difesa.

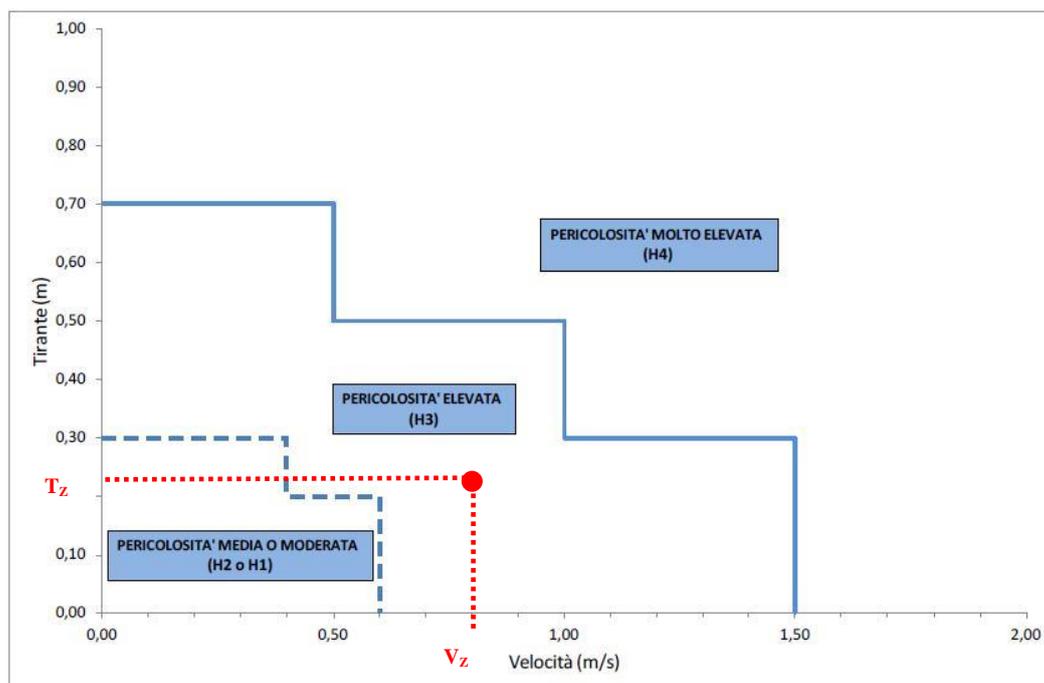


Fig. 7.1: Zonazione della pericolosità (DGR 30/11/2011, n IX/2616)

Il territorio comunale è stato suddiviso in zone a diverso livello di danno attuale e potenziale (ossia conseguente a eventuali successive utilizzazioni delle aree), sulla base di quanto riportato nelle tavole grafiche n. PdR_7_a e PdR_7_b (Assetto della città consolidata) del PGT di Lodi.

In particolare, le classi del danno potenziale sono determinate in funzione degli elementi a rischio contenuti, secondo quanto riportato in Tab. 7.1.

DANNO POTENZIALE	ELEMENTI A RISCHIO
Grave (E4)	Centri urbani, beni architettonici, storici, artistici, insediamenti produttivi, principali infrastrutture viarie, servizi di elevato valore sociale
Medio (E3)	Aree a vincolo ambientale e paesaggistico, aree attrezzate di interesse comune, infrastrutture viarie secondarie
Moderato (E2)	Aree agricole di elevato pregio (vigneti, frutteti)
Basso (E1)	Seminativi

Tab. 7.1: Danno potenziale in funzione degli elementi a rischio (DGR 30/11/2011, n IX/2616)

Nella tavola grafica D.07.02 sono evidenziate, con campiture a diversa colorazione, le aree a differente grado di danno potenziale.

Ponendo, a favore di sicurezza, la vulnerabilità pari a 1, la citata D.G.R. determina il rischio idraulico attraverso intersezione di pericolo e danno potenziale, secondo la tabella matriciale di cui alla Tab. 7.2.

	H4	H3	H2	H1
E4	R4	R4	R2	R2
E3	R3	R3	R2	R1
E2	R2	R2	R1	R1
E1	R1	R1	R1	R1

Tab. 7.2: Rischio idraulico (DGR 30/11/2011, n IX/2616)

Nella tavola grafica D.07.03 sono evidenziate, con campiture a diversa colorazione, le aree a differente grado di rischio nelle attuali condizioni di realizzazione delle opere di difesa.

Allo scopo, inoltre, di comprendere intuitivamente il beneficio, in termini di difesa idraulica, conseguente alla realizzazione di tutti i limiti di Progetto tra la fascia “B” e la fascia “C”, si è prodotta la tavola grafica D.08.01, nella quale sono evidenziate, con campiture a diversa colorazione, le aree a differente grado di rischio residue, una volta realizzate tutte le opere di difesa previste dal Piano degli interventi.

8. OPERE PROPOSTE PER LA DIFESA IDRAULICA DI LODI

8.1 GENERALITÀ

Si sono state confermate tutte le opere definite nello studio del 2005 e necessarie per la protezione delle aree urbanizzate attualmente soggette a rischio, sia quelle già realizzate, sia quelle non ancora realizzate.

A questo proposito è bene sottolineare che la definizione delle opere di difesa è stata condotta con riferimento al solo ambito locale (Comune di Lodi) e non all'intero bacino dell'Adda.

In altri termini, non si sono considerati sistemi finalizzati all'abbattimento delle massime portate di piena mediante laminazioni a monte da effettuarsi sull'Adda e/o sul Brembo; interventi senz'altro opportuni, ma destinati ad affrontare e superare complesse e lunghe procedure autorizzative, sia a causa degli importi economici molto elevati, sia in relazione all'acquisizione di aree di proprietà privata molto estese. Interventi che, comunque, potranno essere pianificati a lungo termine dall'Autorità di Bacino del Po.

Si sono, invece, immaginati interventi che, dati i più contenuti costi ed estensioni (circoscritte al solo ambito comunale), potranno essere realizzati in tempi relativamente brevi ed offrire, pertanto, in attesa della realizzazione degli interventi che verranno pianificati a scala di bacino, un idoneo grado di protezione alle popolazioni attualmente a rischio.

Le opere ritenute necessarie per la difesa idraulica di Lodi in parte ricalcano quelle previste dall'originaria stesura del PAI e in parte costituiscono variante ad esse, in aggiunta, o modifica. Le aggiunte e/o modifiche, in particolare, si sono rese necessarie sia perché suggerite dal maggior grado di dettaglio in termini di conoscenza e caratterizzazione del territorio che contraddistingue lo studio effettuato rispetto alla scala di bacino del PAI, sia allo scopo di difendere zone, che l'evento calamitoso del novembre 2002 e/o i risultati della modellazione idraulica bidimensionale hanno classificato a rischio, a differenza delle ipotesi iniziali di PAI.

Inoltre, è stato possibile definire, il costo di ciascuna delle opere previste, nonché una graduatoria di priorità da seguire nella realizzazione degli interventi, in modo da dar precedenza alle opere caratterizzate da un più basso rapporto costi/benefici.

La modellazione ha anche consentito di fare chiarezza sull'opportunità o meno di procedere a determinati interventi, quali l'asportazione dell'isolotto esistente a valle della briglia, l'escavazione generalizzata in alveo per l'abbassamento del fondo del fiume, ecc.

Infine, è bene sottolineare come il quadro di tutte le opere previste per il raggiungimento delle condizioni di compatibilità in termini di difesa idraulica della città di Lodi sia stato, a seguito di specifici coordinamenti, condiviso a tutti i livelli, tanto che quasi tutte tali opere risultano allo stato attuale realizzate.

Mancano all'appello solamente la “*Chiavica sulla roggia Molina e opere accessorie*”, di imminente avvio e di cui è in corso la gara per l'appalto dei lavori e l’ “*Arginatura in sponda sinistra a valle del Ponte Storico e campata aggiuntiva in sinistra idraulica del Ponte Storico*”, attualmente in attesa di finanziamento, e di cui AIPO ha avviato la progettazione definitiva sulla base del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica, redatto dal sottoscritto Professionista nel gennaio 2018.

8.2 DESCRIZIONE DELLE OPERE DI DIFESA IDRAULICA E STATO DELLA REALIZZAZIONE, PROGETTAZIONE E FINANZIAMENTO

La simulazione idraulica effettuata ha permesso di definire una serie di opere per la difesa idraulica delle porzioni di territorio comunale di Lodi urbanizzate e soggette ad esondazione. Tali opere sono le seguenti:

- 1) Realizzazione di n° 2 chiaviche sulle rogge Gelata e Gaetana, di una paratoia di chiusura sulla roggia Sandona, con manufatto sfioratore in roggia Gelata all'altezza di via Bocconi, di una paratoia sulla roggia Valentina a nord di V.le Milano e di un muretto di contenimento in corrispondenza della porzione più depressa di V.le Milano, grosso modo all'altezza dello svincolo semaforico di Via Cadamosto. Tali opere sono in grado di risolvere definitivamente i problemi di rischio idraulico di tutto il Quartiere “Pratello” dovuti ad allagamenti diretti da Adda e da rigurgiti delle rogge, senza provocare apprezzabili peggioramenti, valutati nell'ordine di circa 3÷5 cm di incremento di livello idrico (in condizioni di piena duecentennale), nelle altre zone a rischio poste a monte del Ponte Storico (per esempio le zone della “Martinetta”, del “Capanno” e della ex “SICC”, ma non, ad esempio, le zone del “Borgo Adda” e della “Selvagrega”). Le chiaviche sulle rogge Gelata e Gaetana e la paratoia sulla roggia Valentina sono state realizzate e collaudate da tempo (Collaudo settembre 2005 – Ing. F. Errichiello), mentre – in luogo della paratoia sulla roggia Sandona all'altezza di v.le Milano – sono imminenti i lavori di realizzazione di un manufatto derivatore da costruirsi sul ramo irrigatore della stessa roggia Sandona, appena a valle del partitore

di via Massena. Per quanto riguarda il muretto di contenimento lungo v.le Milano, esso non è stato costruito; la sua necessità è venuta meno a seguito della realizzazione dell'argine destro a monte del Ponte Storico, ormai collaudato e pienamente efficace.

- 2) Realizzazione, in sponda sinistra idrografica, immediatamente a monte del Ponte Storico, dell'argine a protezione della zona ex "SICC". Tale opera, che si estende dalla spalla sinistra del Ponte Storico fino alla rotatoria viaria di C.na Negrina, è in grado di eliminare il rischio idraulico della porzione del Quartiere "Revellino" posta tra argine, Via Cavallotti e S.P. n° 25, senza provocare alcun incremento del livello idrico di piena nelle altre zone. Tale opera è già stata realizzata e collaudata (Collaudo giugno 2010 – Ing. P.G. Malerba).



- 3) Realizzazione, in sponda sinistra idrografica, a monte del Ponte Storico, dell'arginatura lungo la S.P. n° 25 Lodi-Boffalora d'Adda nel tratto compreso tra la rotatoria viaria di C.na Negrina e la Colonia fluviale "Caccialanza", nonché della chiavica sulla roggia Mozzanica. Tale opera è in grado di ridurre significativamente il rischio idraulico dei Quartieri "Campo Marte" e "Revellino" e, più in generale, di tutto l'oltre Adda urbanizzato, provocando un incremento del livello idrico a monte del ponte vecchio, che il modello di simulazione idraulica valuta, in corrispondenza della piena di riferimento duecentennale, in ragione di circa 15 cm. Di tale intervento sono state ultimate e collaudate (Collaudo dicembre 2014 – Ing. A. Ferrari) tutte le opere idrauliche, finalizzate alla protezione dei territori da difendere. Allo stato attuale manca ancora la realizzazione della variante stradale della S.P. 25, sospesa in relazione all'opposizione dei proprietari dei terreni assoggettati ad esproprio.



- 4) Realizzazione, in sponda destra idrografica, a monte del Ponte Storico, dell'arginatura nel tratto compreso tra la spalla destra del ponte e la S.P. n° 202 Lodi-Montanaso Lombardo, nonché della chiavica sulla roggia Roggione in corrispondenza della confluenza in Adda. Tale opera è in grado di risolvere definitivamente i problemi di rischio idraulico dei Quartieri “Martinetta”, “Bersaglio”, “Capanno”, della zona di Via Defendente Lodi ed, in generale, di tutto il territorio posto in destra idrografica a monte del Ponte Storico, provocando un incremento del livello idrico a monte del Ponte Storico stesso, che il modello di simulazione idraulica valuta, in corrispondenza della piena di riferimento duecentennale, in ragione di 4÷5 cm. Tale opera è già stata realizzata e collaudata (Collaudo settembre 2017 – Ing. E. Fanfani).



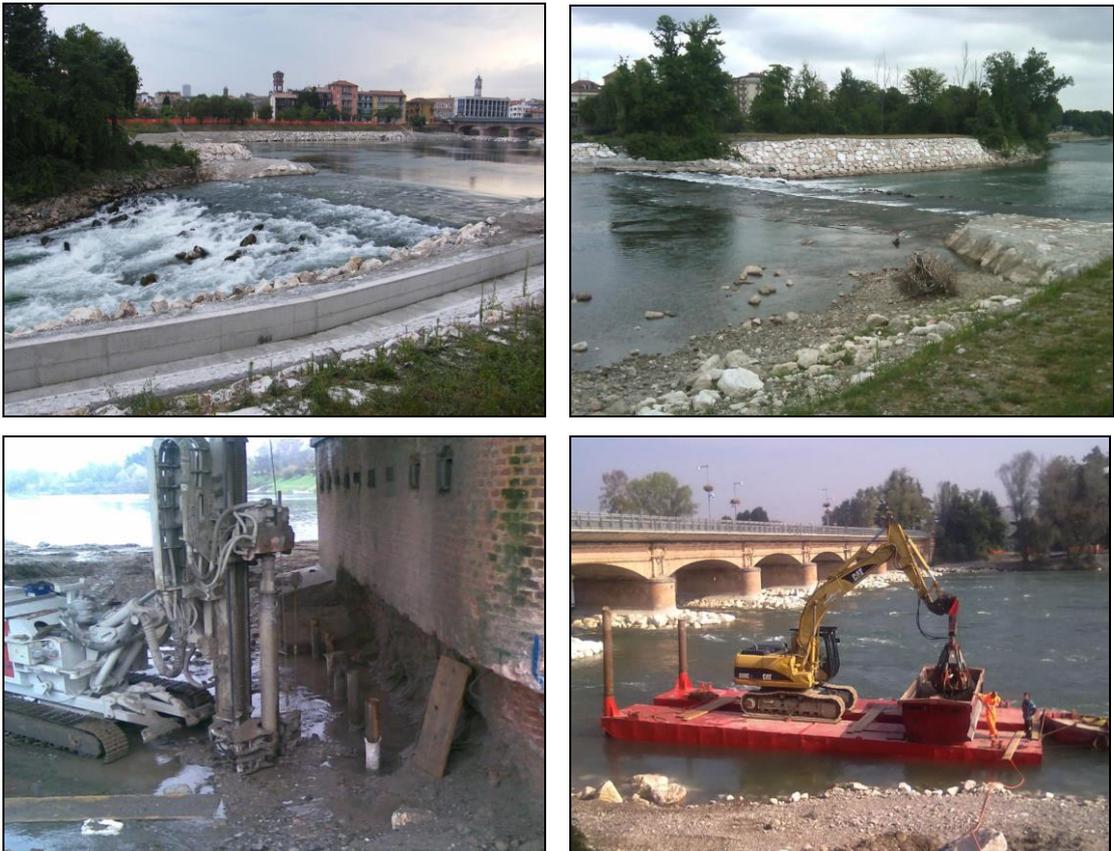
- 5) Realizzazione, a valle del Ponte Storico, in sponda destra idrografica, dell'arginatura/muratura, che si estende dalla spalla destra del ponte all'esistente rampa di accesso di Via G. Massena alla nuova Tangenziale Est. Tale opera è in grado di risolvere definitivamente i problemi di rischio idraulico dei Quartieri “Isola Bella” e “Borgo Adda”, senza provocare alcun un incremento del livello idrico di piena nelle altre zone. Inoltre, in aggiunta a quanto previsto al successivo punto 7), sarà in grado di risolvere definitivamente i problemi di rischio idraulico del Quartiere “Selvagrega”

e della zona dell'impianto di depurazione comunale, Tale opera è già stata realizzata e collaudata (Collaudo gennaio 2010 – Ing. F. Molinini).



- 6) Consolidamento delle pile del Ponte Storico, abbassamento della briglia esistente a valle del Ponte Storico di circa 1÷1,5 m e ristrutturazione del corazzamento dell'esistente isolotto. A tale abbassamento, a cui corrisponde una diminuzione dei

livelli idrici a monte della briglia (e del Ponte Storico) di circa 10 cm al massimo, si accompagnano il consolidamento delle fondazioni del Ponte Storico, in modo da evitare che la diminuzione delle quote di fondo alveo a monte della briglia provochi la crisi statica delle pile in alveo, il consolidamento dell'isolotto ed il corazzamento del fondo alveo immediatamente a valle del ponte. Tali opere sono già state realizzate e collaudate (Collaudo giugno 2013 – Ing. G.M. Calvi).



- 7) Realizzazione, a valle del Ponte Storico, in sponda destra idrografica, della chiavica sulla roggia Molina in corrispondenza dell'attraversamento del rilevato della tangenziale e delle opere di chiusura temporanea (in occasione degli allarmi di piena) degli altri corsi d'acqua (n.3 rami della roggia Sandona e n.2 fossi di colo) e di n.2 strade campestri sottopassanti la tangenziale. Tali opere, che saranno in grado di risolvere definitivamente i problemi di rischio idraulico del Q.re "Selvagrega" e della zona dell'esistente impianto di depurazione comunale, sono state recentemente finanziate ed è in corso la procedura di gara per l'appalto dei lavori da parte dell'Amministrazione comunale di Lodi.

- 8) Realizzazione, a valle del Ponte Storico, in sponda sinistra idrografica, dell'arginatura tra il lato di valle della spalla sinistra del ponte e l'esistente rilevato della tangenziale di Lodi in zona "Molino Contarico". Di tale opera, che sarà in grado di risolvere definitivamente i problemi di rischio idraulico della porzione del Quartiere "Revellino", senza provocare alcun un incremento del livello idrico di piena nelle altre zone, si è ancora in attesa della necessaria copertura finanziaria ed AIPO ha avviato la progettazione definitiva sulla base delle risultanze del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica, redatto nel gennaio 2018 da parte del sottoscritto Professionista.
- 9) Formazione, in corrispondenza della sponda sinistra del Ponte Storico, di una campata aggiuntiva, pulizia d'alveo in sinistra idraulica sia a monte, che a valle del ponte ed apertura, nella zona di monte, di un canale di alimentazione della porzione sinistra del ponte. La formazione della campata aggiuntiva ha lo scopo di aumentare la sezione libera per il deflusso in corrispondenza del Ponte Storico, mentre la pulizia d'alveo e l'apertura del canale di alimentazione serviranno, unitamente alla rettifica della briglia di cui al precedente punto 6), ad incrementare l'efficacia idraulica delle campate in sinistra rispetto alla situazione attuale. Tali opere, che produrranno una diminuzione dei livelli idrici a monte del Ponte Storico dell'ordine di 5÷10 cm, non hanno attualmente copertura finanziaria, ma sono state inserite nel Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica dell'argine sinistro a valle del Ponte Storico di cui al precedente punto 8), redatto da parte del sottoscritto Professionista per conto di AIPO e sono comprese nelle opere ad oggetto della progettazione definitiva avviata da AIPO.

8.3 COSTO DELLE OPERE

Nei successivi paragrafi vengono indicati i costi delle singole opere costituenti il "*Piano degli Interventi necessari alla difesa dell'abitato di Lodi dagli eventi alluvionali del fiume Adda*", intesi come importi globali di finanziamento necessario, che, come si vede, ammontano complessivamente ad oltre 20 milioni di euro.

8.3.1 Opere già realizzate e collaudate

Sono le seguenti (per maggiore chiarezza e facilità di lettura, i numeri d'ordine sono gli stessi del paragrafo precedente):

- 1) Chiaviche su Rogge Gaetana e Gelata e chiaviche su

Roggia Valentina	M€ 0,80
2) Argine in sponda sinistra a monte del ponte (ex SICC)	M€ 2,40
3) Argine in sponda sinistra a monte del Ponte Storico, nel tratto tra la rotatoria di Viale Piave ed il centro ricreativo “Colonia Caccialanza” (Provincia di Lodi – Comune di Lodi)	M€ 2,97
4) Argine in sponda destra a monte del Ponte Storico (AIPO)	M€ 4,39
5) Argine in sponda destra a valle del ponte	M€ 1,15
6) Consolidamento statico delle pile del Ponte Storico, abbassamento della briglia fluviale, consolidamento dell’isolotto e corazzamento del fondo alveo, immediatamente a valle del ponte	<u>M€ 2,06</u>
Totale opere già realizzate e collaudate	M€ 13,77

8.3.2 Opere progettate di imminente realizzazione

Compongono questa categoria unicamente la chiavica sulla roggia Molina e le opere accessorie in corrispondenza del rilevato della tangenziale di Lodi, con chiusura dei varchi esistenti lungo lo stesso rilevato per sottopassi stradali e idraulici.

Per la realizzazione di tali interventi, il Progetto Esecutivo posto a base della gara d’appalto, attualmente in atto, prevede una spesa di **M€ 1,62**.

8.3.3 Opere progettate non ancora finanziate

Comprendono:

7) Arginatura in sponda sinistra a valle del Ponte Storico	M€ 0,76
8) Campata aggiuntiva in sinistra del Ponte Storico	M€ 1,16
9) Pulizia d’alveo e apertura canale di monte	<u>M€ 3,58</u>
Totale opere non ancora progettate	M€ 5,50

8.3.4 Riepilogo

In definitiva, l’impegno economico complessivo per la realizzazione di tutte le opere di difesa idraulica della città di Lodi è il seguente:

Totale Opere già realizzate	M€ 13,77
Totale progettate o in fase di progettazione	M€ 1,62
Totale opere non ancora progettate	<u>M€ 5,50</u>
Totale complessivo	M€ 20,89

8.3.5 Priorità d'intervento

Non considerando le opere già realizzate e collaudate, che già attualmente esplicano la loro funzione di protezione di estese porzioni dell'abitato, né quelle di imminente realizzazione, per le quali è già in atto la gara per l'appalto dei lavori (Chiavica sulla roggia Molina e opere accessorie), la definizione di una scala di priorità per la realizzazione delle opere di difesa ancora mancanti riguarda unicamente l'arginatura in sponda sinistra, a valle del Ponte Storico, la pulizia d'alveo in sinistra idraulica sia a monte, che a valle del ponte e l'apertura del canale in alveo finalizzato al miglioramento dell'alimentazione della porzione sinistra del ponte stesso.

Premesso che tali opere sono tutte ricomprese nell'unico Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica redatto dal sottoscritto Professionista per conto di AIPO, nel caso di finanziamento solo parziale, la definizione deve tener conto di differenti criteri, tra cui:

- il numero di abitanti, l'estensione della superficie del territorio protetto e l'uso del suolo;
- il costo delle opere;
- l'eventuale aggravio, in termini di rischio idraulico complessivo delle aree/popolazioni non protette.

Per quanto riguarda il numero di abitanti e l'estensione della superficie di territorio protetto, l'opera a seguito della realizzazione della quale si otterranno i maggiori benefici è l'arginatura, che risulta anche l'opera meno costosa delle tre.

In senso generale, pertanto, l'arginatura in sponda sinistra a valle del Ponte Storico è da ritenere, tra le opere ancora mancanti, quella prioritaria, in quanto, a fronte di una spesa tutto sommato contenuta (meno di un milione di euro complessivi), consente di porre in salvaguardia idraulica tutta l'area corrispondente al Q.re "Revellino" ed i relativi residenti ed attività produttive.

Per quanto riguarda le altre due opere (Campata aggiuntiva in sinistra del Ponte Storico e Pulizia d'alveo, con apertura canale di alimentazione di monte), esse risultano, in realtà, intimamente correlate l'una all'altra, nel senso che la realizzazione di una sola delle due consentirebbe il raggiungimento di un'efficacia limitata, almeno fino alla realizzazione anche dell'altra.

Tuttavia, nel caso di limitazioni finanziarie, non sussistono motivazioni per prediligere la realizzazione di una delle due opere in anticipo rispetto all'altra. La scelta, pertanto, potrà essere compiuta in relazione alle risorse rese disponibili.

8.4 ULTERIORI RISULTATI DELLA MODELLAZIONE

Le simulazioni effettuate nell'ambito dello studio idraulico hanno messo in evidenza altre importanti circostanze, che vengono sinteticamente riassunte nel seguito.

- a) l'eventuale abbassamento della briglia esistente a valle del Ponte Storico per più di 1÷1,5 m rispetto alle quote attuali, non avrebbe comportato alcun beneficio aggiuntivo in termini di riduzione dei livelli idrici di piena a monte. Ciò è dovuto all'esistenza di un importante restringimento d'alveo a valle (in zona Isola Bella), che funziona da sezione limitante e provoca rigurgito idraulico verso monte, in grado, in condizioni di piena duecentennale, di "rigurgitare" la briglia;
- b) per lo stesso motivo di cui al precedente punto a), risulterebbe praticamente priva di senso l'eliminazione dell'esistente isolotto posto immediatamente a valle della briglia. In sostanza, il vero "tappo idraulico" è costituito dal restringimento d'alveo di valle, che, provocando rigurgito a monte, determina – in piena – condizioni di dinamica fluviale relativamente lenta e favorisce la deposizione del materiale solido trasportato dalla corrente. L'isolotto, creatosi peraltro spontaneamente, non fa altro che anticipare di circa 150 m il restringimento dell'Isola Bella, senza modificare in modo sostanziale – se non localmente – il campo di moto di piena. Per tali motivazioni, anzi, è del tutto ipotizzabile che la sua eventuale asportazione sarebbe seguita da nuovi depositi di materiale, fino, al limite, alla sua formazione ex novo;
- c) a differenza della briglia, il tratto d'alveo posto a monte del Ponte Storico risulta idraulicamente sconnesso dal citato restringimento dell'Isola Bella. Il rigurgito idraulico provocato dal restringimento, cioè, non è in grado di annegare il rigurgito provocato dal ponte. A questo proposito, è stata effettuata la simulazione della piena duecentennale con riferimento alle condizioni attuali, ma togliendo il vecchio ponte dal modello digitale del terreno (DTM). Il risultato emerso è che il livello idrico a monte risulterebbe più basso di circa 1,20 m. In altri termini, la presenza del ponte, anzi delle otto ingombranti pile in alveo, provoca un incremento dei livelli idrici di monte di oltre un metro. Pertanto, un'eventuale demolizione del Ponte Storico e la realizzazione di un ponte senza pile in alveo (o con una, o due

pile al massimo) avrebbe ridotto drasticamente il rischio idraulico di tutto il territorio posto a monte dello stesso Ponte Storico, con la necessità di realizzazione di opere molto meno impattanti ed onerose per la protezione passiva delle zone residenziali e/o produttive;

- d) un'altra possibilità, valutata ma subito scartata a causa degli ingentissimi investimenti necessari, per la significativa diminuzione dei livelli idrici di piena a monte del Ponte Storico senza ricorrere alla sua demolizione è costituita dalla realizzazione di un diversivo idraulico, cioè di una sorta di by-pass dello stesso ponte, in grado di convogliare da monte a valle una porzione significativa della portata al colmo di piena. In linea di larghissima massima, l'imbocco di tale canale di by-pass potrebbe essere previsto nella zona del "Curletto", a Sud di C.na Maggia ed il tracciato potrebbe raggiungere il rilevato della tangenziale, passando a Sud del cimitero di Riolo e a Nord-Est del Quartiere "Campo Marte". Lo sbocco del canale di by-pass potrebbe avvenire, a valle della tangenziale, nei terreni del paleomeandro a Sud di C.na Incantonata e ad Ovest delle "Tre Cascine". Ovviamente, l'efficacia del canale di by-pass è funzione del dimensionamento dell'opera. A puro titolo orientativo, il canale, che dovrebbe essere in grado di smaltire verso valle una portata idrica non inferiore a $400\div 500 \text{ m}^3/\text{s}$, potrebbe consentire, in corrispondenza della piena di riferimento duecentennale, la riduzione dei livelli idrici a monte del Ponte Storico pari ad almeno 1 m.

8.5 REGIMAZIONE D'ALVEO

Come è noto, negli ultimi decenni, i temi dell'ecologia e del recupero ambientale e paesistico a tutti i livelli sono argomenti che riscuotono interesse sempre maggiore, tanto che è di dominio pubblico l'ampio dibattito in atto circa le modalità di conciliare le esigenze derivanti dalle diverse attività dell'uomo, con quelle – spesso contrastanti – legate alla naturale evoluzione di ecosistemi e ambienti naturali. Dibattito che coinvolge tutte le categorie sociali e politiche e che vede l'affermarsi, di volta in volta, anche sugli effetti di onde emotive, di numerose teorie, che vanno da quella più naturalistica, secondo cui dovrebbe essere bandita qualsiasi interferenza dell'uomo sulla natura, a quella completamente opposta, secondo la quale la natura è al servizio dell'uomo, che – pertanto – è legittimato in tutto e per tutto ed in qualunque momento ad intervenire in virtù di motivazioni di difesa e di utilità.

Ciò vale anche con riferimento alla regimazione degli alvei fluviali, interessati in passato da numerose cave in alveo, la cui asportazione di materiali, realizzata scavando buche profonde decine di metri, è risultata eccessiva rispetto alla capacità di ripascimento dei sedimenti dei corsi d'acqua e che oggi – viceversa – a circa 40 anni dal blocco dell'attività estrattiva, sono solo raramente oggetto delle normali attività di pulizia d'alveo (asportazione di tronchi d'albero e detriti dai luoghi di deposizione, ecc.).

Con riferimento a tutta la Valle Padana, è risaputo ed evidente il progressivo generale approfondimento che ha interessato il fondo alveo di tutti i corsi d'acqua tra la fine del XIX secolo e l'inizio degli anni '80 del secolo scorso. Ciò si è verificato sostanzialmente per due motivi.

Innanzitutto l'intensa attività estrattiva, che ha interessato per un lunghissimo periodo i corsi d'acqua e in seguito alla quale si sono create buche profondissime negli alvei, che hanno accolto la quasi totalità della portata solida dei fiumi e che hanno prodotto pesanti disequilibri negli alvei stessi (basti pensare alla scogliera in sponda sinistra di Adda, appena a monte della ex Cava in Comune di Boffalora d'Adda, in località Cremosazza, franata per due volte nella buca formata dalla draga allora attiva).

In secondo luogo l'altrettanto intensa attività antropica, rivolta da un lato a contrastare l'accentuazione e l'evoluzione dei meandri fluviali e dall'altra a consolidare e rendere irreversibili gli occasionali salti di meandro, mediante la realizzazione di opere di difesa passiva atte ad impedire al fiume di ripercorrere gli antichi tracciati ed, in sostanza, di divagare liberamente. A questo proposito, dall'esame del profilo longitudinale dell'alveo del F. Adda sottolacuale (Fig. 8.1.) emerge che nel periodo di circa cent'anni compreso tra fine del IX secolo (levata del 1889) e la fine del secolo scorso (levata del 1984) il profilo del fondo alveo dell'Adda si è pesantemente abbassato e che, contemporaneamente, il tracciato del corso d'acqua tra Rivolta d'Adda e la confluenza in Po si è decisamente accorciato, per via di tagli di meandro e rettifiche antropiche succedutesi nel tempo.

Il percorso fluviale in questo tratto, lungo circa 88 km nel 1889, si è ridotto di circa 9 km ed è ben noto come in questa diminuzione abbia giocato un ruolo fondamentale il taglio di meandro di Soltarico (1976), a causa del quale la lunghezza del tracciato dell'Adda – nel tratto compreso tra Lodi e la località Casellario – si è quasi dimezzata, passando dai circa 14 km originari ai circa 7,5 km attuali.

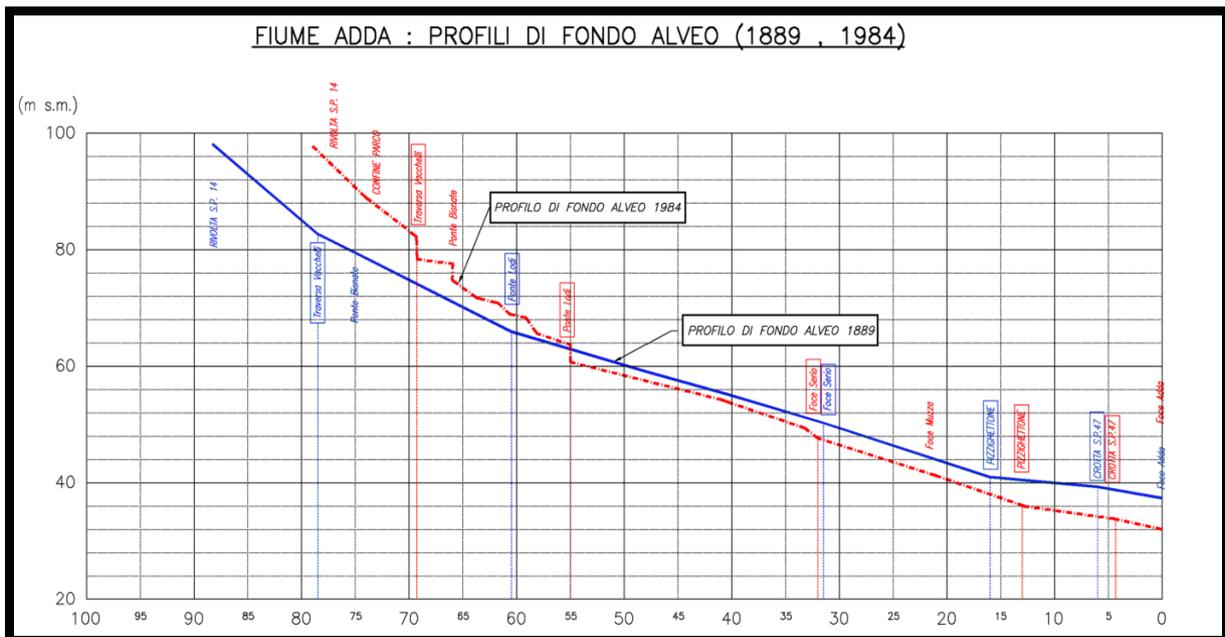


Fig. 8.1

Per quanto riguarda il fondo alveo si rilevano i seguenti abbassamenti:

- | | |
|--|-------|
| ▪ confluenza Adda / Po | 5,5 m |
| ▪ Crotta d'Adda – S.P. n° 47 | 5,5 m |
| ▪ Pizzighettone | 5,0 m |
| ▪ Confluenza Serio / Adda | 2,5 m |
| ▪ Ponte Lodi a valle della briglia | 5,5 m |
| ▪ Ponte Lodi a monte della briglia | 2,0 m |
| ▪ Ponte Bisnate a valle della briglia | 5,0 m |
| ▪ Ponte Bisnate a monte della briglia | 1,5 m |
| ▪ Traversa Vacchelli a valle della briglia | 5,0 m |
| ▪ Traversa Vacchelli a monte della briglia | 0,5 m |
| ▪ Rivolta d'Adda S.P. 14 | 0,5 m |

Una simile tendenza all'abbassamento del fondo alveo non è una caratteristica solo dell'Adda, ma, più in generale, riguarda tutti i fiumi padani (a questo proposito, vedi, ad esempio, lo "Studio di fattibilità per la regimazione del F. Serio nel tronco tra Seriate e Mozzanica" redatto dallo scrivente professionista nel luglio 1990). E' ben noto, infatti, come a causa dell'approfondimento del letto dei corsi d'acqua, si siano abbassate anche le superfici piezometriche delle falde acquifere sotterranee e che tale fenomeno costrinse gli operatori

agricoli, in tempi non lontani, a ricorrere a pesanti sollevamenti dell'acqua di falda per rendere possibile una proficua pratica irrigua.

Il blocco della pratica estrattiva in alveo del 1980 fu motivata proprio dall'esigenza di frenare la tendenza all'approfondimento degli alvei; tendenza, oltretutto, pericolosa anche per la stabilità delle numerose opere in alveo, quali pile di ponti, prese irrigue, scogliere di protezione delle sponde, ecc.

A questo proposito, significative ed impressionanti sono le condizioni di numerosi ponti sul fiume Po, di cui si riportano alcune foto in Fig. 8.2.

Tale tendenza all'approfondimento risulta assolutamente indubitabile, dato che, proprio per opporsi agli effetti negativi connessi, si rese indispensabile negli anni '80 procedere alla realizzazione di opere trasversali, quali briglie e soglie di fondo, per vincolare le quote di fondo alveo a monte e preservare le opere esistenti.

Un esempio lampante è costituito dalla briglia realizzata all'inizio degli anni '80 a valle del ponte di Lodi a protezione delle fondazioni dello stesso. Ma anche non lontano da Lodi fu necessario realizzare opere simili per preservare le esistenti opere in alveo: ad esempio a Pizzighettone, a Spino d'Adda ed a Rivolta d'Adda.

Mentre oggi, fortunatamente, l'attività estrattiva in alveo è bloccata (da circa 40 anni), gli effetti delle rettifiche fluviali sono ancora presenti ed attivi e non sono affatto compensati (globalmente) dall'apporto solido proveniente da monte.

Ancora con riferimento all'Adda sottolacuale e più in particolare al tratto posto a valle della confluenza Brembo/Adda, è noto che il materiale solido in transito e/o in deposito può provenire solo da due "fonti": o dall'Adda di monte, o dal F. Brembo, unico affluente dell'Adda nel tratto sottolacuale fino a Lodi.

Orbene, è ben noto che il materiale solido proveniente dall'Adda di monte è praticamente nullo, sostanzialmente per due motivi. Innanzi tutto il Lago di Como si comporta alla stregua di una grossa vasca di sedimentazione, per cui dal lago, nemmeno in condizioni di piena, escono quantitativi – neppure minimi – di materiale solido; in sostanza, all'Adda sottolacuale potrà giungere il materiale solido proveniente da monte (Val Tellina) solo una volta colmato il Lago di Como (il che, prima o poi, si verificherà, ma certamente in tempi geologici, ossia tra qualche millennio, o qualche decina di millenni). Inoltre, il tratto di Adda posto immediatamente a valle del lago e fino a Cassano d'Adda è costituito da una forra (un

canyon), scavata nella roccia viva, che non consente, nemmeno in condizioni di piena, alcun significativo fenomeno erosivo del fondo e delle sponde.



Fig. 8.2

Pertanto, il materiale solido in transito e/o in deposito nel tratto di F. Adda compreso tra Cassano d'Adda e Lodi proviene unicamente dal F. Brembo ed è in permanente diminuzione, per via dei continui lavori di regimazione e di sistemazione di quest'ultimo corso d'acqua.

Anche recentemente sono state ultimate, o sono in corso di realizzazione, numerose opere di trattenuta del materiale solido (briglie, traverse, bacini d'accumulo, opere di consolidamento

dei versanti, ecc.), utili ai fini del contenimento del rischio valanghivo e di colate detritiche e, quindi, della riduzione del rischio idrogeologico complessivo. E' evidente che tutto il materiale solido trattenuto a monte da tali opere non arriva più nelle zone di valle – come invece avveniva alcuni decenni or sono – ed, in particolare, non giunge più – se non in quantità più modesta – nel tratto di F. Adda in esame.

Tali considerazioni qualitative sono avvalorate da studi ufficiali (vedi per esempio *Autorità di Bacino del Fiume Po, Attività di studio e ricerca a supporto della redazione del Piano di Bacino, Progetto Po Area Assetto Idrogeologico, Sottoprogetto “Compatibilità attività estrattive”, Hydrodata, 1995, oppure Università degli studi di Parma, Compatibilità dell'estrazione di inerti con l'assetto morfologico dei corsi d'acqua – caso studio di un tratto di F. Adda, Prof. P. Mignosa, 1995*) dai quali si evince che nel tratto di Adda compreso tra le traverse fluviali di Spino d'Adda e Lodi i quantitativi di materiale solido transitato nel dodicennio di osservazione (1983-1995) sono modestissimi e dell'ordine di qualche centinaia di migliaia di metri cubi. Ancora più contenuti sono i volumi di materiale accumulato nelle zone di deposizione; ad esempio appena a monte di Lodi è calcolato un accumulo in 12 anni pari a circa 100.000 metri cubi.

Per quanto riguarda il tratto di Adda comprendente Lodi, il citato Studio di Mignosa afferma che *“è presente un trend chiaramente erosivo, con abbassamenti del fondo E' probabile che in questo tratto si risenta ancora del taglio di meandro verificatosi in occasione della piena del 1976 (zona detta “del Casellario”), evidenziato anche dall'elevata pendenza del tratto in questione”*.

Con riferimento, più in particolare, al tratto lodigiano di Adda posto a valle della briglia esistente, a causa del salto di meandro di “Soltarico”, in località “Casellario”, avvenuto nel 1976, si è innescato un processo di erosione del fondo, che ha costretto, come già detto, alla costruzione della briglia a valle del Ponte Storico di Lodi allo scopo di preservarne la stabilità. Il fenomeno erosivo a valle della briglia è tuttora ben lontano dall'esaurirsi e, infatti, nel corso degli anni – e ancora recentemente – è stato necessario realizzare opere di consolidamento e di sostegno di arginature e di varie opere in frodo in modo da difenderle dal progressivo abbassamento del fondo alveo, che a Lodi, all'altezza della briglia, è risultato pari a circa 3 m in circa 25 anni (dal 1976 al 2005); una media elevatissima, pari a più di 10 cm all'anno.

A valle della briglia di Lodi, pertanto, il fondo alveo si è abbassato e si sta ancora abbassando, come risulta da recenti misurazioni e rilievi eseguiti dall'Amministrazione comunale di Lodi e

tale abbassamento non è dovuto alla presenza della briglia, che – al contrario – è stata costruita proprio in seguito all’innescò del fenomeno erosivo dovuto al salto di meandro.

Per quanto riguarda la zona posta a monte della briglia si è avuto l’innalzamento del fondo alveo nella zona compresa tra la briglia stessa ed il Ponte Storico, ma il fenomeno di innalzamento si è esaurito molto rapidamente procedendo verso monte, come è testimoniato dal fatto che in corrispondenza dell’ampia curva verso destra, che compie l’Adda circa 900 m a monte dello stesso Ponte Storico, il fondo alveo non abbia subito modificazioni di quota. Ciò è evidente e facilmente rilevabile notando che i plinti in cemento armato che vennero posizionati in alveo dalla draga alcuni decenni or sono, sono ancora affioranti in condizioni di magra, come lo erano 40 anni fa al momento del blocco delle escavazioni. L’asportazione di materiale in questa zona, pertanto, risulterebbe assolutamente inutile, nel senso che il livello di fondo alveo è comandato dalla quota di coronamento della briglia. Escavazioni al di sotto di tale quota non verrebbero nemmeno apprezzate dal fiume. In altri termini, si costruirebbe una sorta di inutile catino a monte della briglia, che sarebbe costantemente, anche in condizioni di magra, pieno d’acqua anziché di detriti; una specie di lago in miniatura.

L’analisi dell’Adda sottolacuale porta a concludere l’assoluta inopportunità di prevedere per il futuro escavazioni generalizzate del fondo alveo. Una simile operazione, infatti, oltre ad essere del tutto negativa con riferimento all’equilibrio fluviale, comporterebbe la necessità di verificare la stabilità delle opere in alveo (ponti, arginature, traverse, opere di presa, ecc.) ed il più delle volte intervenire con opere costosissime di consolidamento fondazionale. Inoltre, non potrebbero più essere alimentate le numerose derivazioni irrigue (una su tutte il Canale Vacchelli in località Marzano), che rimarrebbero prosciugate e vi sarebbero gravi difficoltà in termini di funzionamento e gestione delle centrali idroelettriche ad acqua fluente di produzione d’energia. Ancora, si creerebbero gravi problemi di approvvigionamento irriguo da pozzo, in seguito all’abbassamento dei livelli freatici, provocati dall’abbassamento dei livelli di magra e morbida del corso d’acqua.

Appare, viceversa, certamente utile – allo scopo di evitare eccessive riduzioni della sezione fluviale di deflusso – la pulizia d’alveo consistente nell’asportazione dei depositi in eccesso che si verificano in zone particolari del fiume, anche se ciò non risolverà il problema degli elevati livelli idrici di piena. In tali località può senz’altro proporsi la creazione di “campi prova” dove eseguire l’estrazione del materiale eccedente, asportando il *cappello* del deposito (in modo da non creare disequilibri locali), comunque commisurata a quantità non superiori

alla capacità di apporto solido del corso d'acqua. Quantità che dovranno essere stabilite sulla base di accurati monitoraggi dei quantitativi provenienti da monte da eseguirsi con idonea frequenza.

Per quanto riguarda il tratto di Adda inserito nel territorio comunale di Lodi, l'unica pulizia d'alveo utile per un migliore deflusso delle piene è quello in sponda sinistra idrografica, appena a monte ed appena a valle del Ponte Storico, zona nella quale si è verificato un deposito di materiale a causa della maggiore altezza della porzione sinistra della briglia costruita a valle del ponte rispetto alla destra. Qualsiasi altra ipotesi di escavazione in alveo in Comune di Lodi risulterebbe del tutto inutile ai fini della riduzione del rischio idraulico e rischierebbe, al contrario, di diventare pericolosa per la stabilità delle sponde del fiume e delle opere esistenti in alveo e/o in frodo.

A monte di Lodi, l'asportazione controllata di sedimenti potrebbe essere proposta in località "Due Acque", dove l'esistente rottura della pendenza di fondo alveo favorisce fenomeni di deposito.

9. SEQUENZA DELL'INTERESSAMENTO DELLE DIVERSE ZONE DEL TERRITORIO COMUNALE DA PARTE DELLE ACQUE DI PIENA

I risultati della modellazione idraulica hanno consentito la predisposizione di una tavola grafica (Tav. D.09.01) utile sia per la gestione delle priorità di realizzazione delle opere di difesa, sia per la predisposizione del piano di protezione civile.

In tale tavola grafica sono indicate tutte le opere di difesa idraulica realizzate, in fase di realizzazione o previste, nonché numerosi punti di controllo identificati con le lettere dell'alfabeto; è indicata, inoltre, la successione degli scenari di progressiva realizzazione di tali opere.

Nella tavola sono riportate due tabelle: la prima definisce, per ciascun punto di controllo e per ciascuno scenario di realizzazione delle opere di difesa, il livello idrico massimo di piena duecentennale; la seconda, per così dire propedeutica alla redazione/aggiornamento del piano di protezione civile, definisce, con riferimento allo scenario attuale (Scenario 4) ed in funzione del livello idrico al Ponte Storico (in corrispondenza dell'idrometro), le aree allagate e quelle di più imminente allagamento.

Dall'esame incrociato di detta tabella e della cartografia comunale possono desumersi le zone del territorio comunale che vengono interessate dalle acque di piena prima di altre e, quindi, per le quali le procedure di protezione civile dovranno scattare prima.

In sostanza, una determinata zona è da considerarsi allagata dal momento in cui il battente risulta diverso da zero.

Evidentemente, invece, non si desumono livelli idrici letti all'idrometro del ponte in corrispondenza dei quali far scattare tali procedure, poiché ciò dipende – in modo imprescindibile – dall'interpretazione dei dati idrometrici di monte.

E' chiaro, per esempio, che un livello idrico elevato a Lodi associato ad un trend di abbassamento dei livelli ad Olginate e Ponte Briolo non dovrà far scattare alcun allarme; viceversa, livelli idrici più bassi a Lodi associati a trend di crescita a monte potranno indurre a prendere provvedimenti di allerta, allarme, evacuazione, ecc.

Assago, maggio 2020

IL PROFESSIONISTA INCARICATO

Dott. Ing. Silvio Rossetti