

Studio degli effetti dell'abbassamento di quota della briglia sulla stabilità del Ponte sull'Adda a Lodi, Traversa Interna S.S. 235 di Orzinuovi 2005 ÷ 2006

Ente committente:

Comune di Lodi

Professionista Incaricato: Prof. Ing. Pier Giorgio Malerba

Consulenza idraulica:

Dott. Ing. Silvio Rossetti (Studio Paoletti Ingegneri Associati)



L'Amministrazione comunale, dopo l'esecuzione e l'approvazione dello Studio idrogeologico-idraulico, ha pianificato la realizzazione delle opere necessarie per la difesa dell'abitato dalle piene alluvionali dell'Adda. Più in particolare, essendo prevista, a monte dell'esistente vecchio ponte, la realizzazione di arginature di contenimento dei livelli idrici, che comporterà l'incremento dei livelli stessi di 15÷20 cm, si è deciso di compensare tale incremento prevedendo l'abbassamento della briglia esistente a valle del ponte stesso.

Si è, pertanto, resa necessaria l'esecuzione di uno studio che indagasse gli effetti dell'abbassamento della briglia sulla stabilità del ponte; briglia che venne costruita all'inizio degli anni '80 allo scopo di stabilizzare l'alveo nella zona del ponte, contrastando il fenomeno di abbassamento del fondo per erosione regressiva, innescato dal salto di meandro di Soltarico, causato dall'evento di piena dell'autunno 1976.

Tempo di ritorno utilizzato: 200 anni

Pacchetti informatici utilizzati:

Strutture: Programma di modellazione ad elementi finiti Straus 7.

Idraulica:

- Modelli di simulazione idraulica, monodimensionale in moto vario e bi-tridimensionale in moto permanente.
- Modello tridimensionale di simulazione a fondo mobile dell'erosione.

Problematiche di maggior rilievo

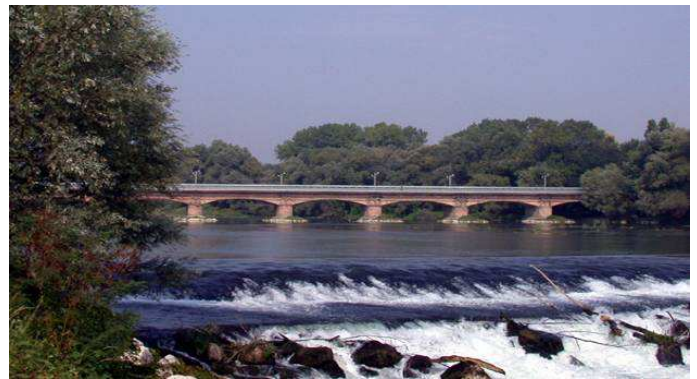
- *Condizioni di deflusso in fase di piena:* rigurgito idraulico provocato dalle pile del ponte esistente, innalzamento dei livelli di monte e incremento delle spinte idrauliche sulle strutture;
- *Condizioni di erosione del fondo in fase di piena:* formazione di buche nell'intorno delle pile e conseguente riduzione della capacità portante delle pile del ponte;
- *Condizioni di stabilità delle strutture del ponte:* aumento della spinta idraulica sulle pile ed eventuale loro scalzamento, in funzione delle differenti condizioni di abbassamento della quota di coronamento della briglia di valle.

Obiettivi dello studio

- Diminuzione dei livelli idrici di piena a monte del ponte e, quindi, delle condizioni di rischio idraulico;
- Regolarizzazione sia delle condizioni di deflusso, sia delle dinamiche di erosione, trasporto e deposizione nella zona del vecchio ponte;

- Definizione dei carichi idraulici statici e dinamici agenti sulle strutture del ponte, nonché delle condizioni di erosione del fondo nell'intorno delle pile, sia nelle condizioni attuali, sia con riferimento a diversi scenari d'abbassamento della briglia;
- Definizione delle attuali condizioni statiche generali del ponte e valutazione degli effetti dell'abbassamento della briglia, in termini di variazione dell'entità delle azioni agenti e conseguente aggravio dello stato di sollecitazione;
- Stabilizzazione delle sponde dell'esistente isolotto a valle della briglia, attualmente in condizioni di elevata erosione.

Stato dello studio: approvato dall'Amministrazione comunale. Opere in fase di realizzazione.



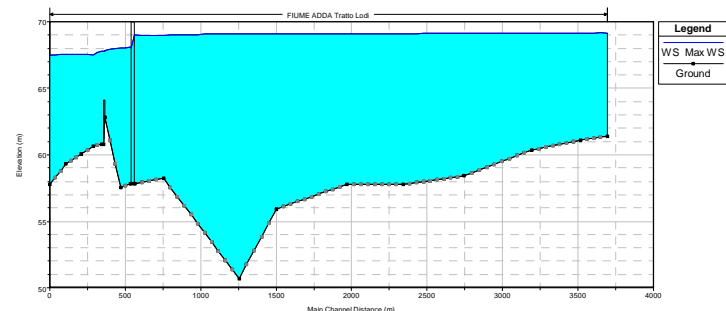
Studio idraulico

Problematiche connesse con l'abbassamento della briglia

- Abbassamento del fondo alveo a monte della briglia e, segnatamente, nella zona del ponte;
- Aumento della velocità della corrente con conseguente incremento delle spinte dinamiche sulle pile;
- Modifica delle meccaniche erosive in fase di piena.

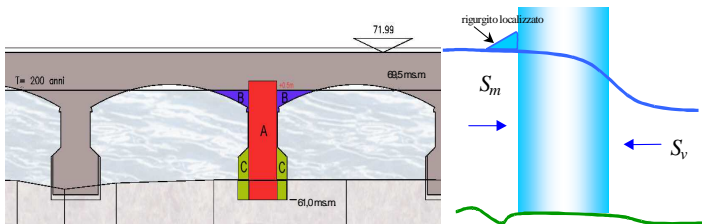
Scenari simulati

- 1) Stato di fatto (briglia inalterata: coronamento a sinistra isolotto a quota 64.10 m s.m. e a destra dell'isolotto a quota 63.50 m s.m.);
- 2) Porzione sinistra della briglia livellata alla stessa quota della porzione destra (63.50 m s.m.);
- 3) Abbassamento briglia di 0.50 m (coronamento a 63.00 m s.m.)
- 4) Abbassamento briglia di 1.00 m (coronamento a 62.50 m s.m.);
- 5) Abbassamento briglia di 1.50 m (coronamento a 62.00 m s.m.);
- 6) Abbassamento briglia di 2.50 m (coronamento a 61.00 m s.m.).



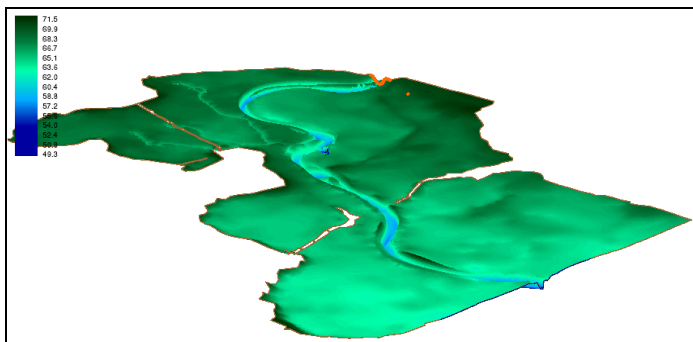
Modellazioni idrauliche effettuate

- Monodimensionale a moto vario, per la valutazione dei livelli idrici di piena;
- Tridimensionale, per la valutazione del campo delle velocità;
- Tridimensionale a fondo mobile, per la valutazione dell'entità del fenomeno di erosione transitoria rapida.



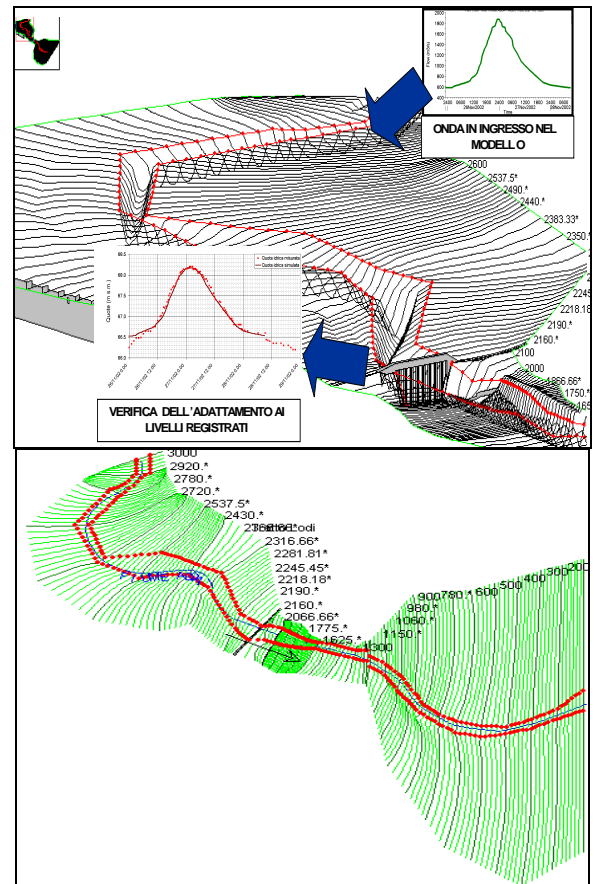
Conclusioni

- Il Modello ha evidenziato una sostanziale **indipendenza** tra abbassamento del fondo per scavo localizzato ed abbassamento della briglia, nonostante l'ipotesi - particolarmente cautelativa - di schematizzare il fondo alveo composto da sabbie e ghiaie fini, trascurando la presenza di una mantellata di grossi massi tra la sezione appena a monte del Ponte Vecchio ed una sezione non ben definita a valle dello stesso;
- Quale soluzione che determina il miglior beneficio, in termini di abbassamento dei tiranti idrici in caso di piena (10-15 cm per T=200 anni), si è individuata quella corrispondente ad un abbassamento della soglia di circa **1 m** rispetto alla quota attuale della porzione in destra idraulica e di circa **1,6 m** rispetto alla quota attuale della porzione in sinistra idraulica (più alta di circa 60 cm);



- **A grande scala**, riferendosi ad un tratto di fiume di circa 1 Km a monte della briglia, l'intervento di abbassamento della briglia stessa **comporta benefici** rispetto al verificarsi di eventi di natura alluvionale. Ciò in termini di riduzione dei livelli idrici di piena.
- **Nel tratto di circa 400 m a monte briglia**, l'intervento porta ad un miglioramento della configurazione di fondo alveo, inteso come:
 - migliore distribuzione dei fenomeni di deposizione degli inerti trasportati dalla corrente, con riduzione dei depositi in sponda sinistra (sponda interna) e di scavo in sponda destra (sponda esterna);
 - migliore ripartizione della corrente sull'intera larghezza dell'alveo, con una redistribuzione del flusso che scarica parzialmente la parte destra idraulica (in curva esterna) e viene ad interessare maggiormente la parte sinistra idraulica (in curva interna);
- **Nell'intorno diretto delle pile:**
 - durante i regimi idraulici ordinari (magra e morbida) si prevede un modestissimo aumento della velocità della corrente, con un incremento della componente dinamica della spinta idraulica;
 - in regime di piena si ha un'attenuazione degli effetti sopra descritti, per effetto del fenomeno di rigurgito provocato dalle note

condizioni geometriche d'alveo a valle del ponte. Anche nei confronti della vorticosità locale (e, di conseguenza, nei confronti di eventuali fenomeni di scalzamento), tale aumento della velocità ha effetti trascurabili.



Studio statico (prof. Ing. Pier Giorgio Malerba)

Ricostruzione della storia del Ponte

1947: consolidamento delle fondazioni. Tale intervento si è articolato nella cerchiatura delle preesistenti fondazioni con pali trivellati accostati e posti a mutuo contatto. Di questi, n. 12 pali portanti furono spinti fino alla profondità di 12,00 m a partire dalla base della pila (10,00 m stando alla contabilità dei lavori), mentre i rimanenti pali, spinti alla profondità di soli 2,00 m al di sotto della base, rivestono una funzione di presidio contro il pericolo di erosione della base stessa. Il collegamento dei pali è stato realizzato mediante un dente continuo che corre lungo tutto il perimetro della pila.

1970: rifacimento dell'impalcato. L'impalcato originale è stato demolito e sostituito con travi in c.a.p., poggianti sulle pile esistenti opportunamente adattate, e del tutto indipendenti dalle arcate dal punto di vista statico. In questo modo, alle arcate è affidato il compito di portare solo se stesse.

Modellazione ad elementi finiti

I risultati dell'analisi dei diversi modelli hanno portato alle seguenti conclusioni.

- Le fondazioni originali, di tipo diretto, erano insufficienti anche senza considerare l'azione dei carichi orizzontali. Questo spiega i cedimenti subiti dalle pile in diverse epoche.
- La capacità portante dei pali realizzati nel 1947 risulta insufficiente rispetto alle azioni agenti.
- Anche ipotizzando una ripartizione del carico tra fondazione diretta e pali, la capacità portante della fondazione risulta insufficiente.
- Gli effetti dell'abbassamento della briglia sulla stabilità del ponte sono positivi a grande scala, con modestissimi effetti negativi locali.
- Indipendentemente dagli effetti dell'abbassamento della briglia, il ponte presenta problemi di stabilità delle fondazioni, le quali necessitano di interventi di rinforzo.