

Al via i lavori per rendere navigabile il Po fino a Piacenza

La nuova conca di Isola Serafini

FABRIZIO BONOMO, LUISA CASAZZA

Dopo più di un decennio di attesa partono i lavori per la conca che permetterà di riaprire il Po alla navigazione commerciale fino a Piacenza e di estendere fino a Locarno l'idrovia turistica e da diporto da e per Venezia che passa dai navigli di Milano, interrotte dallo sbarramento idroelettrico di Isola Serafini e soprattutto dall'abbassamento del letto del fiume, oltre quattro metri negli ultimi decenni, che ha reso inutilizzabile la conca realizzata negli anni Sessanta

Quella di Isola Serafini è l'unica centrale idroelettrica presente lungo il corso del Po, realizzata nel 1962 dalla Società idroelettrica medio Adige (Sima), interrompendo con uno sbarramento un meandro del fiume a metà strada fra Cremona e Piacenza, e aprendo un canale che taglia il meandro alla radice e accorcia il percorso del fiume di 14 chilometri, con un salto d'acqua che alimenta la centrale idroelettrica, che ha

una potenza di 50 Mw.

La conca esistente, creata accanto alla centrale e operativa dal 1964, è parte integrante della Concessione sessantennale di cui gode oggi l'Enel (subentrata alla Sima), perchè necessaria al mantenimento della navigazione sul fiume anche a monte della centrale.

Da contratto avrebbe dovuto garantire un livello (tirante) di almeno 3,20 metri d'acqua dal fondo della conca, ma ormai da



Veduta aerea del progetto della nuova conca di Isola Serafini, realizzata accanto alla centrale idroelettrica e alla conca esistente (al centro) che si aprono su un canale artificiale che taglia il meandro; a sinistra è visibile lo sbarramento del corso principale

tempo non ha più livelli d'acqua sufficienti ed è praticamente inutilizzabile per buona parte dell'anno, a causa del progressivo abbassamento del letto del Po.

Negli ultimi trent'anni infatti, il letto di magra, dove rimane l'acqua anche in caso di siccità, è sceso dai 3 ai 4 metri, in particolare nel tratto lombardo-emiliano, con punte di oltre 5 metri verso Cremona, subito a valle dello sbarramento di Isola Serafini (vedi Dossier sul Po, pubblicato da Quarry and Construction nell'ottobre 2008).

Già dopo vent'anni dalla sua costruzione la conca di Isola Serafini era di fatto messa fuori uso – precisa Ivano Galvani, di Aipo (l'Agenzia Interregionale per il Po), che da oltre dieci anni segue il progetto di adeguamento – non tanto per la diminuzione della portata di magra del fiume, che è sempre la stessa, ma perchè raggiunge una quota più bassa, impedendo alle imbarcazioni di superare lo sbarramento.

Da qui la necessità di costruire una nuova conca, che permetta di ripristinare la navigabilità in quel tratto di fiume, cosa sollecitata già negli anni Ottanta e Novanta da Enti locali e ambienti economici del bacino del Po, interessati a un rilancio del trasporto merci sul fiume, ma anche da associazioni come gli Amici dei Navigli, che puntano a ottenere un recupero della rete di canali attorno a Milano e con essa il ripristino della via d'acqua a scala europea – turistica e da diporto – che collega



la Svizzera (Locarno), con Venezia. Oggi il progetto – un intervento da circa 47 milioni di euro – vede finalmente la luce, dopo un'iter durato dieci anni: nell'ottobre scorso è stato firmato il contratto con le imprese vincitrici della gara di appalto integrato; entro due mesi deve essere presentato il progetto esecutivo; poi inizieranno i lavori, per completarsi dopo poco più di tre anni.

Un'opera strategica

Sciogliere il nodo di Isola Serafini non significa la semplice costruzione di una

conca, un'opera ingegneristicamente rilevante ma pur sempre abbastanza limitata nei costi e nelle dimensioni, ma rappresenta la chiave di volta per l'effettiva realizzazione del sistema idroviario Padano-Veneto, con ricadute economiche potenzialmente rilevanti.

Si tratta di una rete che si estende per 812 chilometri, 564 dei quali utilizzabili per la navigazione commerciale, di cui il Po costituisce l'asse portante, con i suoi 275 chilometri da Cremona a Porto Tolle, presso la foce, servendo nel suo insieme un'area nella quale si muove il 60 per cento del traffico merci nazionale.

Certo, oggi, da Cremona al delta e sugli affluenti navigabili si registra un traffico annuo di circa 2 milioni di tonnellate di merce, che incide per lo 0,1 per cento sul totale.

Poca cosa, ma va detto che fino a pochi anni fa il sistema era ancora incompleto, perchè la rete di canali concepita negli anni Venti per risalire il fiume ha compiuto un passo significativo solo nel 2003, con l'apertura alla navigazione dell'idrovia Fissero-Tartaro-Canal Bianco, collegamento diretto fra Mantova e Chioggia/Venezia. Proprio per questo diventa decisivo ripristinare il collegamento idroviario con Piacenza e il tratto superiore del fiume, perchè estendendo la rete di altri 37 chilometri (almeno) si raggiungono bacini di

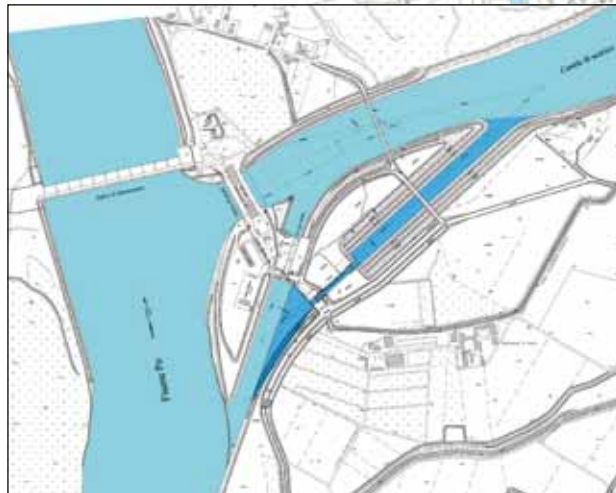
Sistema idroviario Padano-Veneto - rete in esercizio





Isola Serafini

Planimetria generale del progetto e pianta del Po fra Cremona e Piacenza, con indicata la posizione della conca



utenza importanti – da subito quello che fa capo a Piacenza e poi fino al Ticino – così da aumentare, e di molto, l'appetibilità della navigazione fluviale.

Inoltre diventerebbe giustificabile la costruzione di un porto commerciale a Piacenza, programmata da tempo, con tutte le implicazioni legate ai possibili collegamenti con l'area economicamente strategica del milanese.

In altre parole, raggiungendo questi bacini d'utenza è possibile favorire un maggiore utilizzo dei trasporti via acqua, togliendo potenzialmente quote a quelli su gomma, con un impatto ambientale decisamente inferiore e in condizioni di sicurezza superiori.

La nuova conca – afferma in un comunicato Alfredo Peri, assessore alla Mobilità e Trasporti della Regione Emilia-Romagna e Presidente di turno dell'Aipo – rappresenta un importante nuovo tassello per il rilancio della navigazione commerciale e turistica lungo il Po, nel quadro delle strategie di sviluppo del sistema idroviario del

nord Italia.

Di sicuro, come sottolinea in una nota Luigi Fortunato, Direttore di Aipo, accanto ai molti progetti che riguardano la sistemazione del fiume, questa è l'opera più importante in fase di realizzazione che l'Agenzia sta seguendo.

Un primo passo concreto quindi, dopo tanto parlare di interventi sul Po, ed estremamente significativo, perchè può essere la premessa a un rilancio economico e ambientale del bacino del Po (vedi dossier sui progetti di riassetto a larga scala, come la bacinizzazione, pubblicato da Q&C sul numero di giugno 2010).

La sistemazione e la valorizzazione del Po è a tutti gli effetti una Grande opera, ma fra le meno conosciute e più problematiche del nostro Paese, nonostante siano in corso o programmati interventi per circa 1 miliardo di euro, specie per la difesa idraulica e la navigazione, che fanno seguito a quelli ancora più consistenti realizzati negli ultimi dieci anni (stimabili in almeno 2 miliardi di euro), ai quali si ag-

giungono progetti di rilancio dal valore di ameno 2 miliardi di euro, finalizzati alla rinaturalizzazione, alla difesa del territorio. Se tutto questo si concretizzasse potrebbe segnare un'inversione di tendenza, sociale ed economica – l'equivalente delle estese bonifiche d'inizio secolo – rispetto a una situazione che oggi vede invece fallire le piccole e medie imprese della Pianura Padano-Veneta, mentre gli abitanti tendono ad abbandonare il fiume, invece di viverlo, e spostarsi nelle città.

Un progetto unico in Italia

Anche per quanto riguarda il progetto, siamo davanti a un esempio virtuoso di approccio alle nostre reti fluviali – sottolinea Ivano Galvani – dove si applicano i migliori standard italiani ed europei in fatto di opere idrauliche e di navigazione interna.

In particolare – segnala Tiziano Binini, della Binini Partners, capogruppo dell'Ati di progettazione che ha vinto la gara – è prevista la realizzazione della grande vasca in cemento armato come un unico monolito, senza giunti di dilatazione, eliminando così l'elemento debole di queste strutture; una soluzione realizzata con armature anti ritiro e derivata dall'esperienza di uno dei soci della progettazione, la RMD Consult, che ha realizzato il canale Reno-Danubio e numerose conche in Germania e nel mondo.

La struttura monolitica ha poi le due spalle irrigidite, specie alla base, in corrispondenza dei condotti per l'allagamento della conca che sono in genere un altro punto delicato di queste strutture, così da limitare i movimenti e resistere meglio, non tanto a eventuali urti di natanti, ma alle continue oscillazioni delle pareti, dovute alle operazioni di riempimento e svuotamento, oltre a limitare le deformazioni durante le manovre di riempimento della conca.

Il tutto realizzato con calcestruzzi di elevata qualità e resistenza meccanica, che garantiscono la durata nel tempo delle strutture.

Un'altro esempio dell'unicità della conca

–continua Tiziano Binini– lo si trova nei sistemi di gestione, concepiti secondo le norme DIN, anche se in Italia non è richiesto, che comprendono chiusure con porte vinciane di nuova concezione, movimentazioni elettriche e non oleodinamiche per porte e paratoie e, soprattutto, prese d'acqua e condotti di riempimento/svuotamento dotati di una presa sul letto del canale a monte, che riduce il moto ondoso nella conca ed evita i rischi di incidenti, specie per le imbarcazioni più piccole.



Pianta della nuova conca e delle sistemazioni ambientali in superficie

Risalita dei pesci automatizzata

Un'altra novità non indifferente –aggiunge Ivano Galvani– si preannuncia per le opere che devono consentire ai pesci di superare i circa 13 metri di dislivello dello sbarramento, stralciate momentaneamente perchè il progetto è in ritardo e che comunque non incidono sui tempi e l'operatività del cantiere principale, perchè sono previste negli spazi della conca esistente.

Era stata studiata, da parte di una Com-

missione della Provincia di Piacenza, una soluzione abbastanza avveniristica, che ha pochi esempi nel mondo (Iran, Canada in particolare): si basa su un sistema di ascensori, una specie di gabbia posizionata vicino alla sponda, dove si attirano i pesci con dei richiami, per poi portarli a una quota dalla quale possono risalire il fiume senza problemi.

Il ricorso a soluzioni innovative nasce dalla necessità di permettere la risalita anche ai pesci più pigri, che non saltano, come lo storione e il cheppia, due pesci pilota autoctoni di valore, che risalgono dal mare per raggiungere i luoghi di ri-

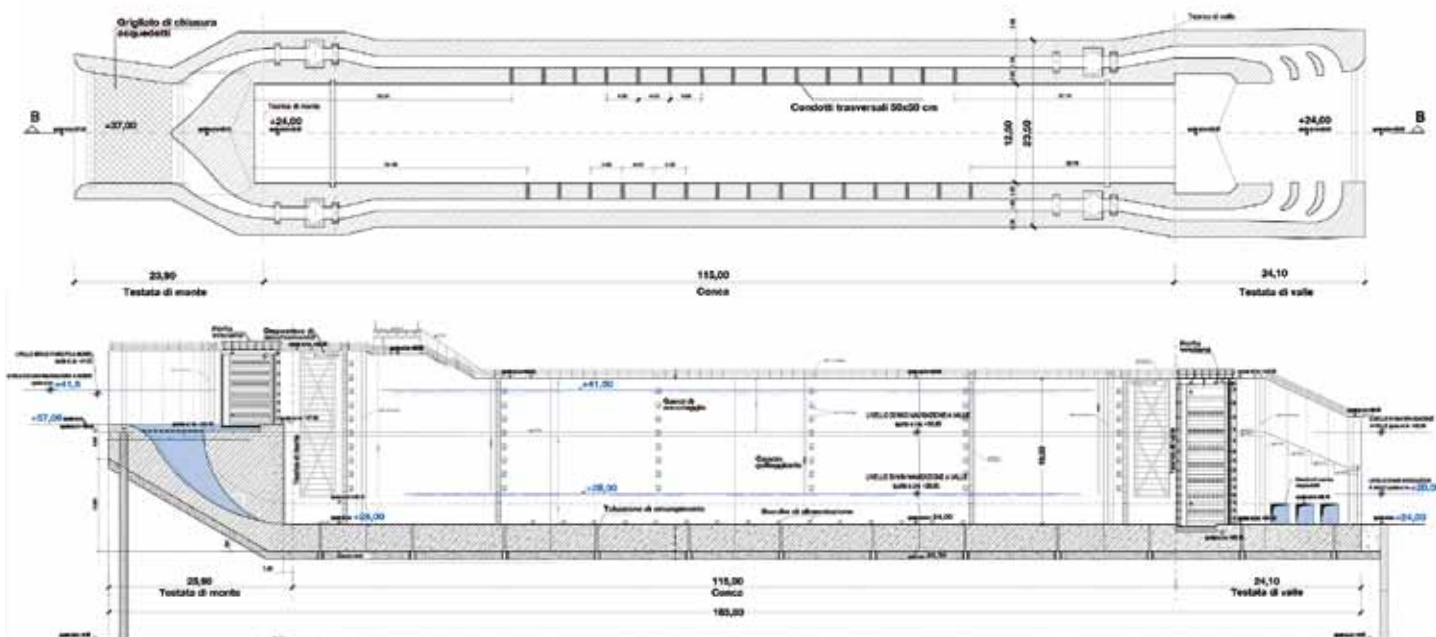
produzione nel tratto medio e superiore del Po o in quelli inferiori degli affluenti.

Per questi pesci il sistema classico a gradoni presenta difficoltà, tanto più che gli spazi limitati della vecchia conca obbligano a salti molto alti, che questi pesci probabilmente non supererebbero. I ritardi della progettazione, legati anche alla complessità del sistema, non si sono rivelati del tutto negativi, anzi, recentemente si è registrata una svolta positiva, perchè al

progetto si è associata la Regione Lombardia, Enel e altri Enti, interessati alla continuità della fauna ittica tra il mare e i suoi laghi, partecipando a un bando di cofinanziamento europeo Life. Le nuove risorse (400 mila euro la Regione Lombardia, 500 mila l'Enel e alcune decine di migliaia di euro gli altri Enti, fra cui la Provincia di Piacenza), sommate a quelle già stanziare, portano a una disponibilità totale di 3,5 milioni di euro.

Il progetto Life dell'UE, dal quale potrebbe arrivare un cofinanziamento al 50 per cento – i risultati sono previsti per l'inizio del 2012 – porterebbero la disponibilità

Pianta e sezione della conca, con in evidenza i livelli idrici previsti e il sistema di riempimento e svuotamento, in particolare la presa d'acqua a monte, i due condotti laterali di distribuzione, le bocche di alimentazione sul fondo e quelle di svuotamento a valle



totale a 7 milioni di euro, per l'impianto e una serie di attività parallele, come monitoraggi, consentendo di sviluppare soluzioni ancora migliori di quelle studiate fin'ora.

Conca per grandi imbarcazioni

La nuova conca, progettata dall'Ufficio di idraulica dell'Enel in collaborazione con l'Agenzia regionale per la navigazione della Regione Emilia-Romagna (Arni, dal 2010 inglobata nell'Aipo), è concepita per il passaggio di imbarcazioni di classe V europea – lunghe fino a 110 metri e larghe 11,50, con carichi fino a 2 mila tonnellate – che rappresenta lo standard del sistema idroviario Padano-Veneto.

La grande vasca è lunga 115 metri (contro gli 85 dell'esistente) e larga 12,5 (contro 12) e prevede un tirante minimo d'acqua superiore ai 3 metri, anche in condizioni di magra.

L'imbocco a monte è in corrispondenza all'avamposto della conca attuale, mentre a valle si apre su un nuovo canale navigabile lungo 560 metri e largo 40, che sfocia nel canale di scarico della centrale molto più avanti della testata della conca, circa 240 metri, ma soprattutto a valle del ponte stradale fra il comune di Monticelli e Isola Serafini.

Andare oltre i piloni di questo ponte, che sono a circa 150 metri dalla conca e molto vicini allo scarico della centrale, significa evitare un ostacolo che in passato ha

creato problemi alla manovra delle imbarcazioni in uscita dalla conca, a causa della forte corrente proveniente dalla centrale. Dove posizionare la nuova struttura è stato un primo oggetto di discussione – ricorda Galvani – che ha portato a considerare due soluzioni: la prima a lato di quella esistente, adattando gli avanporti a monte e a valle, la seconda appunto su un nuovo tracciato, più lungo e spostato verso l'interno; considerando che il progetto prevede una conca per imbarcazioni di classe V, era più che mai necessario che ci fossero le condizioni di sicurezza; questo è stato decisivo nella scelta di uscire a valle del ponte, anche se più onerosa.

Scommessa sugli abbassamenti dell'alveo

Un'altro aspetto cruciale del progetto – rivela Galvani – riguarda la quota di fondo della conca, cioè fino a quale livello abbassarsi, identificando una quota compatibile sia con i costi, perchè aumentano in modo esponenziale più si va in profondità (aumentano le spinte idrostatiche sia dal basso che laterali, e quindi le strutture devono avere una maggiore robustezza), sia con il futuro del Po, assorbendo cioè ulteriori abbassamenti del fiume, perchè l'opera deve durare e non ha senso rimetterci nuovamente mano fra pochi decenni.

La decisione – non facile e come tale ha richiesto tempo – è stata quella di fissare

il fondo della conca a 24 metri sul livello del medio mare, sei metri più in basso di quella esistente (a quota 30).

Quota 24 è una scelta di cautela, che consente di garantire almeno 3,5 metri d'acqua nella conca quando il Po è in magra, cioè con portate di 400 metri cubi al secondo.

Oggi il Po continua ad avere abbassamenti – ammette Galvani – ma nel progetto si è tenuto conto delle diverse misure di protezione e degli interventi messi in campo o programmati negli ultimi vent'anni dall'Autorità di bacino per frenare il fenomeno (divieto effettivo di scavo nell'alveo, il Piano di gestione dei sedimenti che riequilibra il corso del fiume ecc.), così che l'abbassamento risulta molto rallentato, con valori annuali molto più bassi che in passato.

Nel scegliere quota 24 si è calcolato che se l'abbassamento continuasse, ma con valori limitati, di due o tre centimetri l'anno (che consentono comunque al Po di vivere ed essere ancora navigabile), fra cinquant'anni la conca sarebbe ancora in grado di garantire la navigazione; superata questa progressione di abbassamento cambierebbe lo scenario e tutto il fiume entrerebbe in crisi, non solo Isola Serafini.

In altre parole – continua Galvani – un fiume a corrente libera, come è il Po, può sopportare l'abbassamento che ha avuto negli ultimi cinquant'anni e un'altro più contenuto nel futuro, ma se va oltre una determinata soglia non è più gestibile, neanche dal punto di vista ambientale, e bisognerebbe intervenire con misure più radicali, ad esempio con una bacinizzazione (o abbandonarlo al suo destino?).

Tempi e costi

Il costo complessivo della nuova conca è di 47,18 milioni di euro, tutti disponibili, finanziati dalla Regione Emilia-Romagna con mutui previsti dalle leggi nazionali 413/98, 288/2000 e 350/2003.

Di questi, l'appalto è di circa 29,5 milioni di euro, compresi gli oneri per la sicurezza e 2,4 per l'impianto di risalita dei

Livelli idrici	metri slm	m
Livello massimo del fiume a monte	41,5	
Livello massimo del fiume a valle	36,0	
Livello minimo a valle	28,0	
Letto del canale a monte	37,0	
Letto della conca e del canale a valle	24,0	
Altezza minima d'acqua a monte e a valle		4,0
Altezza massima d'acqua nella conca		17,5

Conca	interna (m)	esterna totale
Lunghezza	115,0	163,0
Larghezza	12,5	23,5
Altezza principale	19,0	22,5

pesci, a cui va aggiunta l'iva e il costo degli espropri (circa 2,5 milioni di euro), che hanno un peso significativo proprio perchè si è scelto di non stare a lato della vecchia conca, dove i terreni sono principalmente demaniali, ma di collocare la conca e le sue opere accessorie in aree interne del territorio.

Il progetto inizia il suo iter nel dicembre 2001 – ricorda Ivano Galvani – con una convenzione tra Regione Emilia Romagna, Provincia di Piacenza, Arni ed Enel, che fissa ruoli e competenze: l'Enel si impegna a realizzare gratuitamente il progetto Preliminare e il Definitivo; la Regione ad attivare le risorse (statali ed eventualmente regionali); la Provincia di Piacenza deve verificare le compatibilità urbanistiche e ambientali dei progetti e assumersi la responsabilità della loro certificazione ambientale; l'Arni, in qualità di concessionaria, segue il progetto e poi provvedere all'affidamento dei lavori.

La convenzione è l'atto finale di un contenzioso con Enel che durava da anni, su chi dovesse ripristinare la funzionalità della conca, ed è il frutto di una trattativa portata avanti dal Ministero dei trasporti, nella quale vengono decisi responsabilità, ruoli e, soprattutto, finanziamenti: risorse statali derivate dalla Legge 413/98, varata a seguito di un accordo tra le Regioni e lo Stato per sostenere il progetto complessivo di adeguamento del sistema idroviario Padano-Veneto. Alla fine del 2007 si è arrivati ad avere un progetto Definitivo e ad avviare la procedura per la Conferenza dei Sevizi e la Valutazione d'impatto ambientale.

Poi, considerando la particolarità della conca, si è deciso di acquisire know how all'estero, che portasse miglorie al progetto; lo si è fatto mettendo direttamente in gara il Definitivo, con un appalto integrato che permettesse ai partecipanti di proporre miglorie.

Cosa che in effetti è accaduta, anche se con qualche brivido.



Gara con brivido

La gara d'appalto indetta nel giugno 2009, articolata in una parte tecnica e una economica, sommando poi i due punteggi, si conclude nell'aprile 2010 con l'aggiudicazione provvisoria a un Raggruppamento temporaneo d'impresе che ha ottenuto un punteggio totale di 76,75 punti, di cui 52,81 per la parte tecnica, offrendo un ribasso economico del 30,99 per cento. Il secondo classificato, un Rti con capofila il Consorzio cooperative costruzioni (Ccc), ha ottenuto un punteggio totale di 76,48 punti, di cui 66,34 per la parte tecnica (il massimo punteggio assegnato), ma un ribasso del 13,13 per cento.

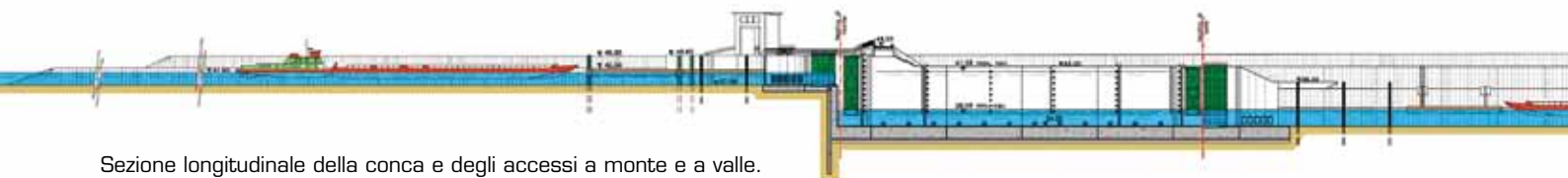
La successiva verifica dei requisiti, prevista dal Codice degli Appalti (D.Legs 163/2006) ha rilevato la mancanza di quelli dichiarati dal vincitore, che quindi viene escluso e l'aggiudicazione va al secondo classificato.

Poi sono seguiti due anni di ricorsi, al Tar e al Consiglio di Stato (l'ultima sentenza è del settembre 2011), che rallentano l'assegnazione ma confermano in tutte le sedi la correttezza delle procedure seguite dall'Aipo e la regolarità dei lavori della Commissione giudicatrice.

Con questo risultato si può essere fidu-

ciosi dal punto di vista realizzativo – dichiara Ivano Galvani – perchè, specialmente quando le opere sono importanti, una delle difficoltà che si possono incontrare è quello dei ribassi, che qui per fortuna non c'è, perchè il ribasso è contenuto. Molte volte invece ci si trova davanti a forti ribassi – continua Galvani – che pongono domande: o c'è un problema di prezzi che non sono stati valutati bene, oppure si è davanti al tentativo di accaparrare comunque un'opera (perchè lo richiede il mercato, l'economia); però diventa poi difficile realizzare l'opera, perchè il risparmio va comunque recuperato da qualche parte; certo si può ridurre l'utile d'impresa, ma più di tanto non si può fare. Così il rischio è che nelle lavorazioni si vada a incidere nella qualità del prodotto per far quadrare i bilanci; significa che l'impresa tende a massimizzare e il direttore dei lavori, se rispetta il suo ruolo, ne contesta le modalità, indicando come invece si deve fare, come deve essere il cemento ecc.; quindi discussioni e contenziosi, con il rischio di non realizzare l'opera, oppure di farla ma non di qualità.

Nel caso di Isola Serafini l'agio dell'impresa c'è comunque, essendo il ribasso contenuto – conclude Galvani – e quindi non dovrebbe esserci quel tipo di forzature in sede di realizzazione.



Sezione longitudinale della conca e degli accessi a monte e a valle.

Le opere in cemento armato

Struttura senza giunti di dilatazione

Dal punto di vista strutturale l'opera è complessa – sostiene Ivano Galvani – specie perchè si lavora a contatto con l'acqua e ci sono problemi legati alla falda, con spinte e controspinte conseguenti.

Non è un caso quindi che uno degli elementi caratterizzanti del progetto (fra le migliori proposte da chi ha vinto la gara) consiste nella realizzazione della grande vasca come un unico monolito, senza giunti di dilatazione, eliminando così l'elemento debole di queste strutture.

La soluzione fa proprie le numerose esperienze su conche di navigazione già realizzate in Germania, in particolare da uno dei progettisti, la RMD Consult GmbH, che ha costruito il canale Reno-Danubio e numerose conche nel mondo.

La costruzione monolitica – spiega Tiziano Binini – si distingue per essere molto robusta, in grado di resistere sia agli spostamenti differenziali che a quelli dovuti agli eventuali sforzi di scorrimento; inoltre, l'assenza giunti di dilatazione, ottenuta utilizzando armature anti ritiro, porta a una durabilità maggiore delle strutture, in quanto riduce i problemi dovuti agli spostamenti differenziali e all'impermeabilizzazione, oltre a semplificare la manutenzione rispetto alle soluzioni tradizionali.

Dal punto di vista costruttivo, la conca non è necessariamente costruita in un'unica fase – continua Tiziano Binini – ma possono essere adottati giunti di ripresa per separare i singoli elementi

costruttivi (solette/muri in elevazione).

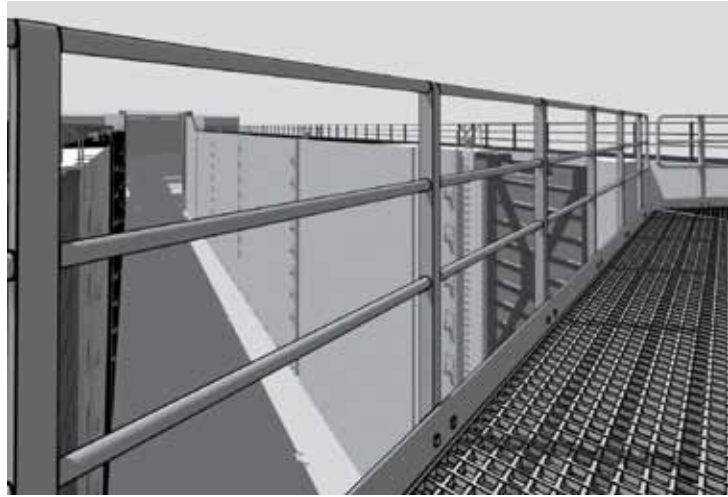
Per la soletta di base, in particolare, si prevede un unico getto, predisponendo giunti di ripresa di getto in corrispondenza dei muri laterali, migliorando ulteriormente la tenuta del manufatto e riducendo la deformabilità della conca.

Le pareti verticali, gettate con l'uso di casseri prefabbricati rampanti, sono invece suddivise in sette conci di circa 24 metri di lunghezza e in cinque livelli verticali, ottimizzando l'uso dei casseri per ottenere superfici di getto finito più regolari e una accuratezza nella costruzione, cosa necessaria nelle conche di tipo monolitico.

Infine, l'utilizzo dei casseri prefabbricati, oltre a ridurre i tempi di esecuzione dell'opera, consente di non utilizzare i tradizionali ponteggi metallici e quindi assicura un'attività di cantiere con maggiori condizioni di sicurezza.

Spalle irrigidite per limitare i movimenti

Dal punto di vista della sezione strutturale, la principale novità riguarda l'introduzione di una sezione di tipo massiccio, al posto di una tradizionale a contrafforti, che permette di realizzare una struttura molto rigida, specie alla base, dove si trovano i condotti per l'allagamento/svuotamento della conca che sono in genere un punto debole di que-

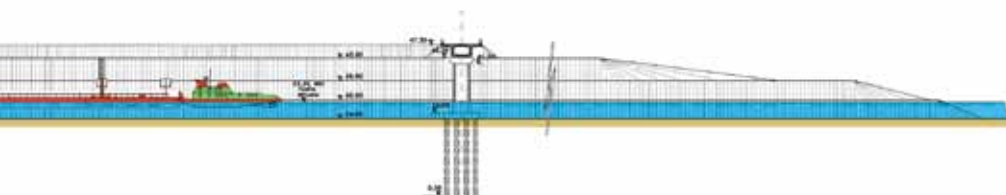


ste strutture, ma soprattutto alla sommità delle spalle, dove i movimenti sono più accentuati.

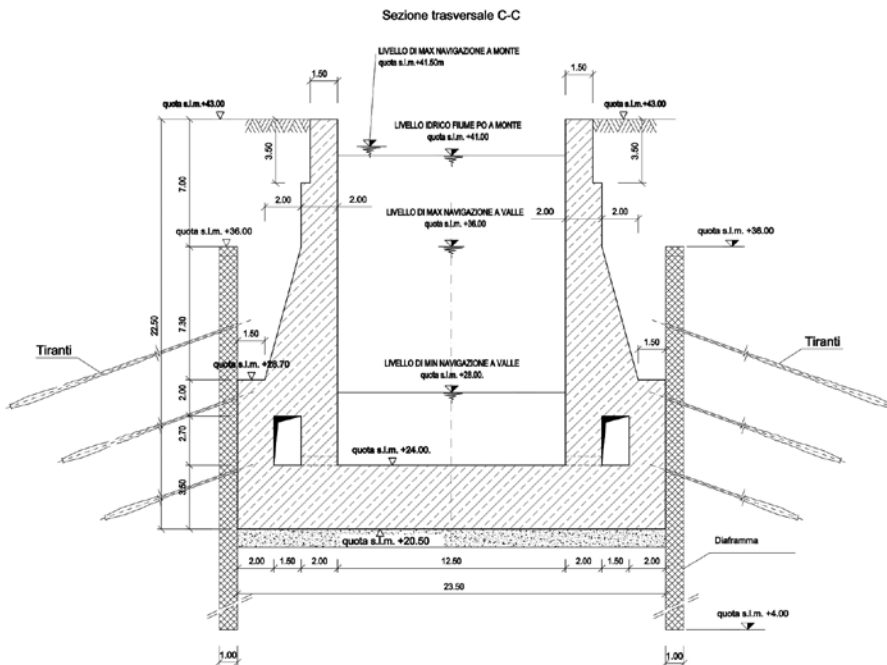
L'ingrossamento della sezione di base è ottenuto aumentando di 1 metro la distanza fra i diaframmi provvisori il cui interasse passa da 22,50 metri a 23,50. La maggiore inerzia complessiva garantisce un migliore comportamento nei confronti di eventuali urti di natanti – puntualizza Binini – e allo stesso tempo consente di limitare le deformazioni durante le manovre di riempimento della conca. La riduzione dei fenomeni deformativi aumenta la durabilità dell'opera riducendo lo stato sollecitativo sia sulla struttura che sulle apparecchiature elettromeccaniche della conca.

Calcestruzzi ad alte prestazioni

Un ulteriore elemento caratterizzante delle strutture in cemento armato è l'utilizzo di calcestruzzi di elevata qualità e resistenza meccanica, per garantire la resistenza nel tempo aumentando l'efficacia della realizzazione monolitica senza giunti e la rigidità e inerzia delle pareti. In particolare, per la platea di fondazione (circa 163 x 23,5 metri, per uno spessore di 3,5 metri) si prevede l'utilizzo di



Sezione trasversale della conca



calcestruzzo di classe C25/30, classe di esposizione XC2 (ambiente bagnato, raramente asciutto) e classe di consistenza S4 (fluida).

Il calcestruzzo con classe XC2 – sottolinea Binini – è particolarmente indicato per opere idrauliche e quindi permette di evitare o ridurre al minimo la corrosione dei ferri d'armatura.

Per le pareti (le due laterali sono lunghe 163 metri ciascuna, per un'altezza principale di 22,5 metri e uno spessore di 1,5 metri alla sommità e di 5,5 alla base), si impiega calcestruzzo C32/40, classe di esposizione XF2 (ambiente con moderata saturazione d'acqua in presenza di agenti disgelanti) e classe di consistenza S4 (fluida).

Il calcestruzzo XF2 è particolarmente adatto alle pareti della conca – continua Binini – che saranno esposte direttamente ai cicli di gelo e disgelo e all'azione dei sali disgelanti: secondo quanto prescritto dalla norma, dovrebbe avere una classe di resistenza minima C25/30, ma per evitare problemi di corrosione, essendo in un ambiente ciclicamente asciutto e bagnato (corrispondente a una classe XC4) si utilizza una classe

di resistenza C32/40, che produce un aumento delle caratteristiche meccaniche della miscela, consentendo così di raggiungere prestazioni migliori dal punto di vista strutturale e di durabilità. Inoltre – aggiunge Binini – la classe di consistenza S4 (fluida) prevista per entrambi i calcestruzzi, con dimensione massima dell'aggregato di 31 millimetri, permette notevoli vantaggi in termini di controllo della lavorabilità in corso d'opera e di fenomeni come la segregazione (separazione dei diversi componenti del conglomerato) e il bleeding (essudazione del calcestruzzo).

Per ridurre le fessurazioni dovute alle reazioni di idratazione all'interno del calcestruzzo, che possono ridurre le sue caratteristiche di durabilità in getti massivi che raggiungono spessori di 3,50 metri, sono adottati particolari accorgimenti, come l'utilizzo di un sistema di controllo del differenziale di temperatura mediante termocoppie posizionate nella parte centrale del getto e nella fascia corticale, con un monitoraggio puntuale dello sviluppo del calore di idratazione.

I dati registrati sono acquisiti da centra-

line in grado di rilevare e memorizzarli per circa un mese.

Le informazioni sono poi elaborate e diagrammate per mantenere un controllo costante sui getti, mentre parallelamente sono previste prove di laboratorio mediante calorimetro adiabatico per lo studio e il monitoraggio dello sviluppo del calore; il tutto per mantenere, durante il primo mese di maturazione, il differenziale termico tra interno ed esterno inferiore a 20 gradi.

Nelle prime due settimane, la superficie del getto viene poi bagnata costantemente e, nel caso l'elaborazione dei dati lo indicasse necessario, protetta termicamente con sovrastrutture a teli con mezzi di estrazione e immissione dell'acqua calda.

Come ulteriore cautela si prevede di posizionare armature di collegamento e ripartizione tra le facce esterne, sia delle pareti che della soletta, per contrastare e assorbire gli sforzi di trazione all'interno del getto.

Concessionaria

- Aipo

Responsabile del procedimento

- Ivano Galvani

Rti Imprese appaltatrici

- Consorzio Cooperative
Costruzioni CCC Soc. coop.
(capogruppo mandatario)

- Costruireoggi Srl

Rti Incaricato della Progettazione Esecutiva

- Binini Partners Srl
(capogruppo mandataria)

- RMD Consult GmbH

- Studio Paoletti Ingegneri
Associati

- Ing. Roberto Zermani

- Ing. Luca Zermani

Strutture e Sistemi operativi

Porte vinciane di nuova concezione

La tipologia delle porte per la conca è stata oggetto di un approfondimento già nelle fasi iniziali del progetto – ricorda Galvani – prendendo in considerazione l'opportunità di utilizzare quelle a scorrimento verticale, a ghigliottina (come nella conca esistente), che consente di riempire o svuotare la vasca semplicemente alzando la porta di testata, oppure porte vinciane, dove l'alimentazione avviene attraverso condotti idraulici laterali, caratterizzate dalla chiusura a "V" rivolta verso monte, che impedisce il riflusso dell'acqua sfruttando la pressione idraulica del fiume. La scelta è caduta poi sulle porte vinciane che, oltre alla validità tecnica, presentano vantaggi in termini di impatto ambientale, per l'assenza di sovrastrutture.

Le dimensioni di queste porte sono notevoli: entrambe comprendono due ante larghe 7 metri ciascuna, mentre l'altezza varia dai 9,6 metri della porta di monte, più piccola perchè deve chiudere solo il canale a monte, e i 19 metri di quella di valle, che deve sostenere la quota massima di navigazione all'interno della conca (17,5 metri d'acqua).

La porta a monte ha un peso complessivo di circa 60 tonnellate (30 per anta), quella a valle di circa 160 tonnellate (80 per anta).

Anche per queste conche il progetto fa propri gli sviluppi più recenti per la loro costruzione (ad esempio la conca di Uelzen II, presso Amburgo, in Germania), adottando strutture in lamiera piegata che offre una buona resistenza con l'impiego di minore materiale.



Simulazione dell'inserimento ambientale

In particolare – segnala Binini – questa tecnologia ha diversi vantaggi rispetto alle tipologie classiche: una maggiore rigidità della porta e quindi maggior resistenza agli sforzi; semplificazione delle operazioni di ispezione e di manutenzione; migliore protezione contro la corrosione, per effetto della mancanza di spigoli vivi e di lunghe aree orizzontali (si riduce la presenza di interstizi e nicchie che possono favorire il deposito dei sedimenti trasportati dalla corrente che, a lungo andare, possono danneggiare il metallo); una trasmissione ottimizzata

Particolare di una delle porte vinciane della conca di Uelzen II, in Germania



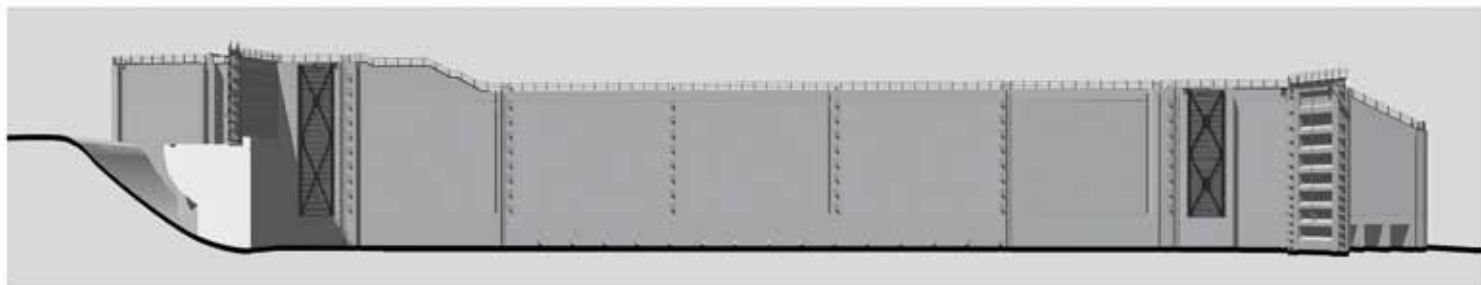
degli sforzi alla struttura in cemento armato; la presenza minima di potenziali punti di infiltrazione dell'acqua con la conseguente diminuzione delle opere di impermeabilizzazione da inserire nella struttura; una maggiore resistenza ad eventuali urti di natanti grazie alla presenza di rinforzi in polietilene.

Il materiale scelto per la loro costruzione è di un solo tipo – l'acciaio S235J2N – privilegiando le caratteristiche di duttilità rispetto a quelle di resistenza meccanica del materiale, che comunque consente di migliorare il comportamento a fatica, garantendo allo stesso tempo un incremento della vita utile e la riduzione dei costi di manutenzione.

L'utilizzo di una sola tipologia di acciaio – continua Binini – è poi un'ulteriore garanzia di maggiore durabilità delle porte vinciane, perchè evita i processi corrosivi e/o di deterioramento in corrispondenza dei punti di contatto fra materiali con caratteristiche chimico-fisiche diverse fra loro. La costruzione e l'assemblaggio avviene in officina, dove si ritiene più efficace la gestione del processo costruttivo (piegature, saldature, verniciatura ecc.) e sono garantiti i controlli di qualità, come quelli a ultrasuoni e radiografici, sia sulle lamiere sia sulle saldature che su tutti i giunti saldati.

La stessa verniciatura della porta, effettuata in stabilimento, consente una maggiore durata e l'eliminazione dell'inquina-

Porte vinciane	Altezza (m)	Larghezza (m)	peso (t)
Porta di monte (singola anta)	9,6	7,0	30,0
Porta di valle (singola anta)	19,0	7,0	80,0



mento ambientale prodotto da una lavorazione in sito.

Il trasporto in cantiere dovrebbe essere fatto attraverso la rete fluviale (a patto che il livello del Po sia sufficiente a garantire la navigabilità nel periodo di installazione), oppure con i tradizionali mezzi speciali su gomma.

Il montaggio in opera viene effettuato con due autogrù da 500 e 150 tonnellate.

Condotti di alimentazione della vasca a norma DIN

Il sistema di riempimento e svuotamento della vasca è uno degli elementi più delicati di una conca di navigazione – sottolinea Ivano Galvani – perché avviene con imbarcazioni all'interno della conca e deve essere quindi equilibrato, facendo salire (o abbassare) il livello dell'acqua in maniera lenta e progressiva, senza creare onde e sollecitazioni che potrebbero spostare l'imbarcazione da una parte all'altra e spingerla contro le pareti della conca, creando danni.

Le conche di navigazione sono strutture complesse – conferma Tiziano Binini – specie per quanto riguarda il sistema di riempimento e di svuotamento, che avviene tra i 10 e 15 minuti: il sistema d'entrata deve evitare l'ingresso di aria, per scongiurare eventuali fenomeni di cavitazione, e va disegnato in modo da ridurre onde e correnti che possano disturbare le manovre delle navi creando disagi ai passeggeri delle imbarcazioni; allo stesso modo deve es-

sere limitata la velocità della corrente all'interno dei condotti e delle tubazioni. Per Isola Serafini – continua Binini – questo risultato è ottenuto ottimizzando la geometria dei condotti e disegnando l'imbocco come un'unica apertura ricavata nella soletta di base della testata di monte: un ingresso sagomato a forma di imbuto curvilineo verso il basso da cui escono i due condotti laterali che portano ad altrettanti canali ricavati nelle pareti (ciascuno di 2,7 metri x 1,5) da dove l'acqua entra poi nella vasca, attraverso una serie di bocche laterali.

La forma dell'imbocco è rastremata, per eludere brusche variazioni di direzione del flusso in ingresso, evitando deviazioni ad angolo retto e un contenimento delle velocità che consente di limitare le perdite di carico e i possibili fenomeni di erosioni delle pareti dei condotti.

Le bocche di alimentazione sono 30, 15 per lato, ciascuna con una dimensione di 50x50 centimetri, per una superficie d'ingresso/uscita complessiva di 3,75 metri quadrati su ogni lato della conca.

La distribuzione delle bocche ha un interesse di 4 metri ed è concentrata nella zona centrale della conca, con un allinea-

mento frontale disassato tra loro, così da garantire una miglior distribuzione dei flussi in ingresso alla vasca e ridurre i fenomeni di turbolenza.

Numero, interasse e dimensione di questi condotti sono stati attentamente calcolati – precisa Binini – utilizzando anche modelli matematici, per ottenere una velocità d'ingresso del flusso tale da limitare le oscillazioni di pressione sotto le paratoie durante le manovre.

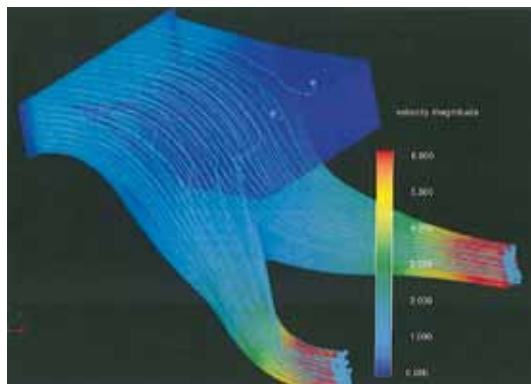
Infine, il sistema di scarico è progettato secondo uno schema a tre bocche a geometria differenziata, per garantire una distribuzione uniforme delle pressioni e delle velocità d'uscita, con riduzione di mulinelli e gorgi che potrebbero determinare fenomeni erosivi sulle sponde del canale a valle.

Azionamento elettrico per porte e paratoie

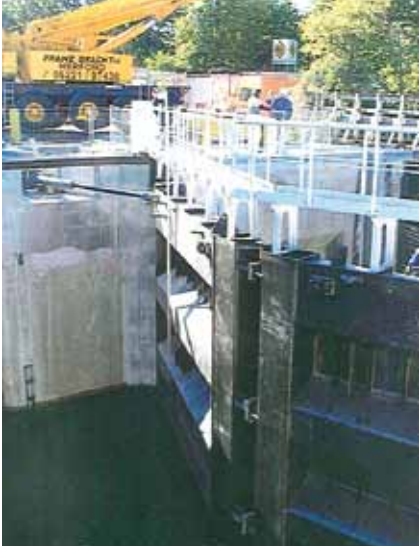
I sistemi per la movimentazione degli elementi di chiusura e di regolazione della manovra di conca (porte vinciane, dispositivi di smorzamento, paratoie dei condotti di riempimento/svuotamento) fanno anch'essi propri gli sviluppi più recenti adottati nella realizzazione di conche di navigazione.

Rispetto alle soluzioni più diffuse, che prevedono una movimentazione attraverso pistoni oleodinamici, il progetto per Isola Serafini utilizza sistemi elettromeccanici, soluzione più semplice che, fra l'altro, riduce la necessità di manutenzione e la rumorosità.

In Italia non ci sono molte conche con que-



Modello matematico della velocità di entrata dell'acqua dalla testata di monte



Particolare degli attuatori elettrici della conca di Uelzen II

sto tipo di movimentazione – puntualizza Binini – ma all'estero sono presenti in diverse conche, specie in Germania, dove si sono sviluppate tecnologie all'avanguardia nel campo della progettazione ed esecuzione di infrastrutture idrauliche.

L'uso di sistemi elettromeccanici porta a numerosi vantaggi – prosegue Binini – a partire appunto dalla riduzione degli interventi di manutenzione, grazie alla semplificazione della componentistica necessaria (motori elettrici e cavi di collegamento agli organi di azionamento senza parti in pressione); poi si ha una maggiore facilità d'uso degli impianti, con conseguente miglioramento della funzionalità complessiva del sistema.

Altro vantaggio è l'eliminazione dei rischi ambientali, come avviene invece in caso di rottura dei pistoni e/o dei cavi oleodinamici, con possibile fuoriuscita e dispersione in acqua di oli inquinanti. Infine, si ha una maggiore semplificazione esecutiva, sia impiantistica che strutturale (non è infatti necessario realizzare vasche di contenimento in caso perdite e/o fuoriuscite accidentali di oli inquinanti), a tutto vantaggio di una riduzione dei tempi di esecuzione dell'opera.

Opere di servizio

Il nuovo ponte verso Isola Serafini

Il viadotto che assicura il collegamento viario con Isola Serafini, superando il canale a valle della conca e il corso del Po, viene realizzato con la stessa logica innovativa che caratterizza l'intero progetto, prevedendo una struttura mista acciaio-calcestruzzo a tre campate di luci 20-80-20 metri, con tre travi di acciaio Corten e soletta collaborante in cemento armato.

Le tre travi hanno un interasse di circa 4,15 metri, per una larghezza complessiva di 8,30 metri; la soletta, in cemento armato gettato in opera su copelle autoportanti, ha uno spessore totale di 25 centimetri e una larghezza di 12,50 metri.

Nell'insieme, si tratta di una struttura leggera, poco ingombrante e facile da realizzare – afferma Binini – con fondazioni contenute e alti coefficienti di sicurezza, oltre a caratteristiche di du-

rabilità e di manutenibilità perchè combina le caratteristiche prestazionali elevate del materiale con la maggiore resistenza all'aggressione dell'ambiente esterno.

Inoltre, dal punto di vista della cantierizzazione, l'impalcato può essere assemblato a piè d'opera in tempi contenuti, per essere poi varato velocemente, riducendo la durata del cantiere. La luce di 80 metri della campata centrale permette poi un miglioramento significativo degli spazi per la navigazione, agevolando le manovre delle imbarcazioni in entrata/uscita dalla conca e consentendo la navigazione in sicurezza anche per i massimi livelli navigabili previsti nel canale, cosa non da poco visto che l'area vede la presenza frequente di nebbie molto fitte.

Simulazione del nuovo ponte verso Isola Serafini

