

# Le dighe di Venezia

## The dams in Venice

Enrico Moretti,  
Unical S.p.A.

Sezione Grandi Clienti  
Top Clients Department

Da luglio 2009 è operativo sull'isola Pellestrina il primo impianto di calcestruzzo per la realizzazione dei cassoni prefabbricati del sistema di paratie mobili M.O.S.E. La centrale si trova alla Bocca di porto di Chioggia presso il cantiere di Clodia S.c.a.r.l.

*The first concrete mixing plant for building the prefabricated caissons for the movable bulkheads for the M.O.S.E. project has been operational on Pellestrina island since July 2009.*

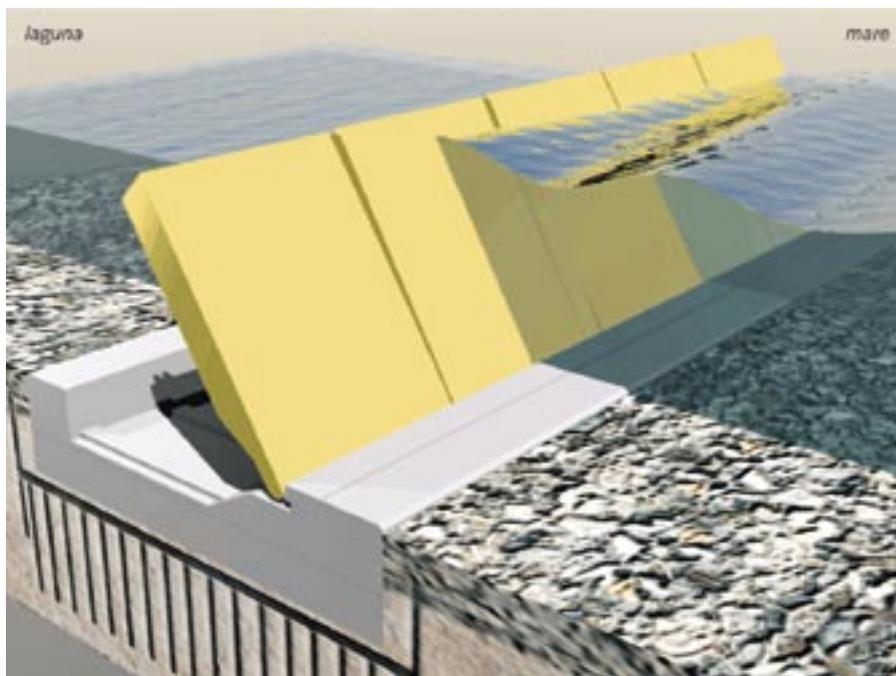
*The mixing plant is located at the Clodia S.c.a.r.l. site at the entrance of Chioggia Port.*

Immagini per gentile concessione dell'Archivio del Magistrato alle Acque di Venezia, Consorzio Venezia Nuova  
Thanks to the Archivio del Magistrato alle Acque di Venezia, Consorzio Venezia Nuova for the pictures

34

**D**opo tanti anni di studi, sperimentazioni e discussioni politiche è finalmente iniziata la terza fase della realizzazione del progetto di salvaguardia di Venezia avviato con la legge speciale 798/1984. Questa terza fase consiste nella realizzazione e installazione delle opere funzionali alle barriere di paratoie.

I lavori sono stati assegnati al Consorzio Venezia Nuova, composto da una cinquantina di imprese tra le più importanti d'Italia, a cui il Ministero dei Lavori Pubblici, tramite il Magistrato delle Acque, ha dato in concessione la progettazione e l'esecuzione degli interventi. La miglior soluzione strategica individuata comprende un sistema combinato di tipologie di opere tale da prevedere la chiusura temporanea di tutte e tre le bocche di porto (accessi alla laguna), attraverso dispositivi mobili, congiuntamente a interventi di rialzo locale delle rive, compatibili con la struttura architettonica e socio-economica



degli abitati. La parte più complessa ed il cuore dell'intervento è rappresentato dal sistema di sbarramento M.O.S.E. (MOdulo Sperimentale Elettromeccanico) costituito da schiere di paratoie mobili a scomparsa in grado di isolare la laguna veneta dal Mare Adriatico durante gli eventi di alta marea superiori ad una quota concordata (110 cm) e fino ad un massimo di 3 metri. I lavori sono iniziati nel 2003 alle tre bocche di porto del Lido, di Malamocco e di Chioggia, che costituiscono i varchi di collegamento della laguna con il mare ed attraverso i quali si svolge il flusso ed il riflusso della marea. L'avanzamento dei lavori è proseguito con stanziamenti in tranche successive sino ad un importo attuale assegnato pari a €3.200 milioni su un totale previsto per l'opera di €4.200 milioni. L'ultima parte approvata riguarda il finanziamento (800 milioni di euro) per l'avvio della costruzione degli alloggiamen-

Le tre bocche di porto di Lido, Malamocco e Chioggia. Unical è operativa sull'accesso di Chioggia

*The three port entrances of the Lido, Malamocco and Chioggia. Unical is working on the Chioggia Port entrance*

Esempio di paratoia  
Example of a floodgate



Cantiere visto dall'alto, sullo sfondo la città di Chioggia

*Birdseye view of the site, with the city of Chioggia in the background*

ti delle paratoie (i cassoni). Nell'aprile del 2009, Unical ha concluso un contratto con la Clodia S.c.a.r.l. (consorzio partecipato al 70% dalla Società Condotte d'Acqua S.p.A.) che ha in affidamento la realizzazione degli interventi alla Bocca di porto di Chioggia. L'accordo prevede lo studio e la fornitura del calcestruzzo necessario per la prefabbricazione dei cassoni del corpo diga.

L'impianto di betonaggio Unical, posizionato sull'isola di Pellestrina, realizzerà, in 30 mesi, 8 cassoni prefabbricati per un totale di 80.000 m<sup>3</sup> di calcestruzzo. I cassoni vengono costruiti in una tura (scavo eseguito sotto il livello dell'acqua) che a fine lavori sarà allagata per consentire il trasporto via mare e la messa in opera. I cassoni vengono trainati fino all'asse della diga e qui affondati per il loro posizionamento definitivo. L'operazione si conclude con un getto di zavorramento della struttura.

I cassoni sono delle strutture con pianta di 60x40 metri con 11 metri di altezza realizzate con setti e paratie interne di circa 20-30 cm. Essi costituiscono la struttura in calcestruzzo più delicata ed impegnativa di tutto il sistema e devono avere una garanzia di una vita di esercizio di 100 anni. L'iter di validazione del progetto e delle scelte operative prevede il superamento di prove sperimentali in campo, mediante la realizzazione di una porzione di cassone strumentato e testato in ogni sua componente.

Per garantire la durabilità dell'opera, i progettisti hanno rivolto la massima attenzione al problema fessurativo ed hanno prescritto calcestruzzi con elevate caratteristiche prestazionali. Viene richiesto un calcestruzzo Rck 45 in consistenza SCC a bassa permeabilità e ritiro igrometrico, confezionato con cemento a basso calore di idratazione.

Diversi settori di Buzzi Unicem e di Unical sono stati coinvolti in questo progetto, ed hanno lavorato con la sinergia che contraddistingue il nostro gruppo.

Il Centro Ricerche di Guidonia (cemento) ed il Centro Ricerche e Sviluppo di Settimello (calcestruzzo) hanno messo a punto la miscela SCC Rck45 anche mediante lo studio e la messa in produzione nella cementeria di Settimello di un cemento CEM III/A 32.5 N. Il cemento ha un elevato tenore di loppa di altoforno al fine di



contenere il calore di idratazione nel calcestruzzo, garantendo contemporaneamente la prestazione meccanica richiesta.

Complesso è l'aspetto operativo del cantiere. Il posizionamento sull'isola e i ridotti spazi di stoccaggio costringono all'impiego di un sistema organizzativo autonomo della centrale che prevede installazioni impiantistiche sovradimensionate ed un'attenta e difficile gestione degli approvvigionamenti, dei macchinari e del personale.

Ogni movimentazione ed approvvigionamento deve avvenire con l'utilizzo di pontoni e barche: gli aggregati provenienti dalla cava della ditta Mosole in provincia di Treviso vengono imbarcati a Marghera su naviglio da 300 o 600 tonnellate di portata e scaricati presso la banchina di Cà Roman mediante gru; da qui due pale meccaniche trasportano il materiale nel deposito di stoccaggio e alimentano l'impianto. Tutte le altre forniture quali cemento, il filler, gli additivi, ecc vengono approvvigionate da mezzi gommati trasportati con pontoni provenienti dal porto di Chioggia. Per ridurre i tempi, è stato realizzato un sistema di pompaggio del cemento direttamente dai pontoni senza lo sbarco dei mezzi.

Tutto il sistema è stato dimensionato in funzione dei picchi di produzione coincidenti con la realizzazione delle solette di base dei cassoni che prevedono getti da 700 m<sup>3</sup> per due giorni consecutivi con una produzione oraria effettiva di 100 m<sup>3</sup>/ora di calcestruzzo senza interruzioni di getto.

L'ufficio tecnico Unical e gli operativi dell'area Romagna-Marche si sono prodigati per studiare e realizzare l'impianto di cantiere, costituito da due impianti "mobili"

dotati di premiscelatore, con 8 silos per lo stoccaggio del cemento e del filler. Si provvederà inoltre a predisporre un laboratorio per l'esecuzione delle numerose prove previste per il controllo della produzione e per lo studio e la qualificazione delle miscele di calcestruzzo.

Attualmente un impianto è operativo ed è già entrato in produzione. Il montaggio del secondo impianto sarà completato in tempo utile per la realizzazione dei primi cassoni prevista per l'inizio del 2010.

Nel mese di agosto sono state eseguite le prime qualifiche in cantiere.

Ora non rimane che augurare ai nostri colleghi in bocca la lupo e buon lavoro, certi che gestiranno questa difficile e complicata commessa con professionalità e competenza.

**A**fter years of studying, experimenting and political debating, the Venice safeguard project entered the third phase with the enactment of special law 798/1984.

This third phase consists of constructing and installing the bulkhead barriers.

The construction work was awarded to the Consorzio Venezia Nuova (New Venice Consortium), composed of 50 or so of the largest firms in Italy which were awarded the contracts to design and execute the work by the Ministry of Public Works through the Magistrato delle Acque (Waterway Authority).

The best strategic solution they came up with is by combining a system of movable barriers to temporarily close off all the port entrances (accesses to the lagoon) and

raising the banks of the canals at the local level, ensuring that they are compatible both architecturally and socio-economically with the residential area. The most complex part and the very heart of the project is the MO.S.E. (MODulo Sperimentale Elettromeccanico / Electromechanical Experimental Module) barrier system, which consists of rows of barriers that are raised from the sea floor to block off the Adriatic Sea and prevent it from flooding the lagoon when high tides reach the predetermined height of 110 cm and up to a maximum of 3 meters.

Work began in 2003 on the three entrances of the Lido, Malamocco and Chioggia Ports, forming the gateways from the lagoon to the sea and through which the sea ebbs and flows. The work has progressed by rounds of financing, the latest one of which currently amounts to 3,200 million Euros of a projected total of 4,200 million Euros. The last round of financing approved was for 800 million Euros to start construction of the caissons that will contain the barriers.

In April 2009, Unical entered into a contract with Clodia S.c.a.r.l. (consortium 70% controlled by the Società Condotte d'Acqua S.p.A.), which won the contract for the construction work at the entrance of Chioggia Port. The contract involves designing and supplying the concrete required to build the prefabricated caissons for the dam.

Located on Pellestrina island, the Unical concrete mixing plant will build eight prefabricated caissons using a total of 80,000 m<sup>3</sup> of concrete over a period of 30 months. The caissons will be built in a cofferdam (a temporary, watertight underwater structure used for construction) which will later be flooded when the work is completed so that the caissons can be transported by sea and installed.

The caissons will be towed to the bulkhead of the dam and then sunk into their final location. The operation will be completed by ballasting the structure.

Measuring 60x40 meters and 11 meters high, the caissons are built with parting walls and interior bulkheads measuring 20-30 cm. These are the most delicate and demanding concrete structures of the entire system and must be guaranteed to last for 100 years. The validation process of the project and operational decisions made involves field-testing a partial construction of a caisson and analyzing and testing each and every component. To ensure the durability of this project, the engineers have placed great emphasis on the problem of cracking and have specified high-performance concretes, namely a self-compacting Rck 45 concrete with a low degree of permeability and hy-

grometric shrinkage together with a cement with low heat of hydration.

A variety of Buzzi Unicem and Unical departments have been involved in this project and have worked with the synergy that is distinctive of our group.

The Guidonia Research Center (cement) and the Settimello Research and Development Center (concrete) developed the SCC Rck 45 mixture, and also designed and produced the CEM III/A 32.5 N cement at the Settimello cement plant. The cement has a high content of blast furnace slag to control the heat of hydration in the concrete, ensuring the required mechanical performance at the same time.

The construction site itself is very complex. Its location on the island and the small materials storage areas require using an organizational system that is separate from the mixing plant which will install oversized facilities and carefully manage the supplies, equipment and employees.

All the materials will be handled and delivered by barge and boat. The aggregates coming from the Mosole company's quarry in Treviso will be loaded onto 300 or 600 ton vessels in Marghera and unloaded by crane at the Cà Roman dock. From here, two mechanical shovels will carry the material from the storage area to supply the plant. All the other materials such as the cement, filler, additives, etc., will be delivered by wheeled transport on barges coming from Chioggia Port. To save time, a system for

pumping the cement directly from the barges has been built so that it does not have to be unloaded. The size of the system has been designed to match the peaks of production of the slab floors for the caissons, which will involve pouring 700 m<sup>3</sup> of concrete over two consecutive days at an hourly production rate of 100 m<sup>3</sup>/hour of concrete without interruption.

Unical's technical department and the engineers from the Romagna-Marche area did their utmost to design and build the construction site, which consists of two "movable" plants equipped with a premixer and eight silos for storing the cement and filler. There will also be a laboratory that will perform the numerous production control tests and design and qualify the concrete mixtures.

One plant is currently operational and has already entered into production. The second plant will be completed in time to build the first caissons scheduled for the beginning of 2010. The first site qualifications were performed in August.

Now, all that remains is to wish our colleagues good luck and to do a good job, secure in the knowledge that they will handle this difficult and complex task professionally and competently.

**Tura di prefabbricazione in cui vengono realizzati i cassoni**

*Cofferdam where the caissons will be made*

