

# MOSE UNA BARRIERA PER VENEZIA

Le paratoie del Mose collocate nella bocca di Lido nord. Il Mose è un'opera idraulica in grado di trattenere l'innalzamento delle acque. Può essere definito come una diga automatizzata, con paratoie che sfruttano il proprio peso per contrastare l'onda di marea.

Il 3 ottobre scorso si sono alzate le dighe del Mose. Alle 10,15 del mattino tutte le paratoie erano in postazione e grande era l'attesa per testare il funzionamento dell'opera al suo primo vero debutto in condizioni di criticità. Le 78 paratoie sono state chiuse con un dislivello tra mare e laguna di 40 cm. In laguna l'acqua non è salita, preservando così Venezia da un ulteriore allagamento.

Si è trattato della prova ufficiale di un'opera in costruzione da quasi due

decenni, progettata con l'obiettivo di proteggere Venezia dall'acqua alta, un evento che soprattutto negli ultimi anni è diventato più frequente. Nel novembre 2019 l'acqua ha infatti raggiunto i 187 cm, il livello più alto dopo i 194 cm registrati durante l'alluvione del 1966.

#### Un progetto atteso da anni

L'idea di un sistema di paratoie in grado di fermare l'acqua è nata 40 anni fa. La costruzione vera e propria

del sistema di dighe fra ritardi, inchieste e proteste, è poi iniziata quasi 20 anni fa e probabilmente terminerà alla fine del 2021.

Il Mose (Modulo Sperimentale Elettromeccanico) è composto da un sistema di dighe mobili, formato da 78 paratoie mobili in metallo, indipendenti tra di loro e lunghe fino a 29 m. Il sistema integrato è in grado di isolare la laguna dal mare durante gli eventi di alta marea. Sono state previste anche opere complementari,



IL 3 OTTOBRE, A 17 ANNI DALL'INIZIO DEI LAVORI, HA DEBUTTATO IL SISTEMA DI PARATOIE IN GRADO DI EVITARE L'ACQUA ALTA IN CITTÀ. PRODOTTI SPECIALI MAPEI PER REALIZZARE L'OPERA



## Il Mose è un sistema di dighe mobili che entra in funzione per isolare la laguna dal mare durante l'alta marea e proteggere Venezia dagli allagamenti

come le scogliere all'esterno delle bocche di porto, in grado di attenuare i livelli delle maree più frequenti, o il rialzo delle rive e delle pavimentazioni nelle aree più basse degli abitati nella laguna. Le paratoie sono collocate in cassoni di calcestruzzo, localizzati sul fondale delle tre bocche di porto lagunari - Lido, Malamocco e Chioggia - e sono progettate per sollevarsi quando la marea supera i 110 cm. Secondo il progetto, il Mose è in grado di proteggere Venezia e la laguna da maree alte fino a 3 m e da un innalzamento del livello del mare fino a 60 centimetri nei prossimi 100 anni.

### Le bocche di accesso al mare

Il Mose è composto da quattro barriere di difesa poste sulle tre bocche di accesso al mare. La bocca più ampia - e più vicina a Venezia - è quella del Lido, che è formata da due canali con profondità diverse. Qui sono collocate due barriere, composte da 21

paratoie quella nel canale nord e da 20 quella nel canale sud. Le due barriere sono tra loro collegate da un'isola artificiale, sulla quale sono situati gli impianti di movimentazione del sistema.

La bocca del porto di Malamocco è la più profonda della laguna. Da qui transitano le navi dirette al porto industriale e commerciale: per questa ragione è stata costruita una conca di navigazione. La barriera è costituita da 19 paratoie.

La bocca di porto di Chioggia è destinata soprattutto al passaggio di pescherecci e di barche da diporto. Qui è stato realizzato un porto rifugio con doppia conca di navigazione, in modo da garantire l'entrata e l'uscita dei natanti anche durante la chiusura della barriera. In questa bocca sono situate 18 paratoie.

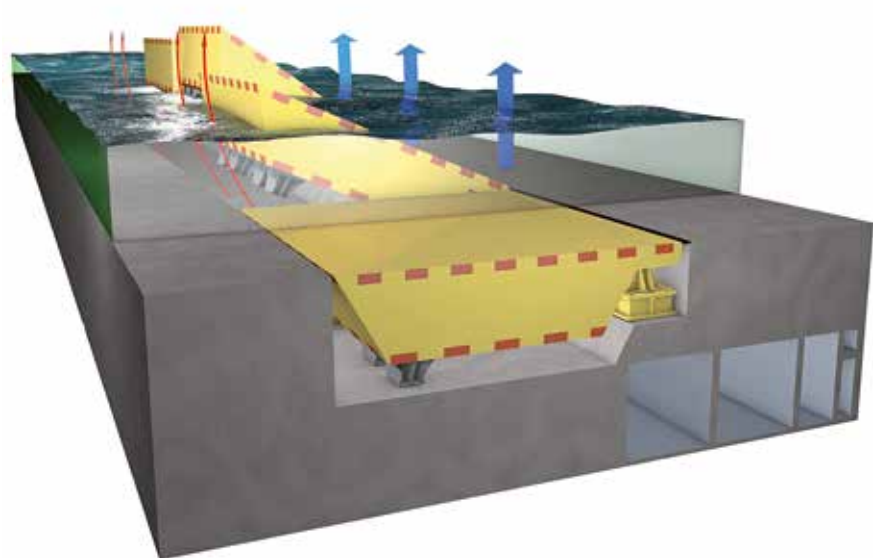
### Come funziona il Mose

Quando sono inattive, le paratoie rimangono invisibili, piene d'acqua e



**IN ALTO.** Bocca di porto di Chioggia: movimentazione delle paratoie.

**A SINISTRA.** Le paratoie sono collocate all'interno di cassoni posti sul fondale. In caso di alta marea si sollevano e bloccano il flusso dell'acqua in ingresso della laguna.



collocate in cassoni posti sul fondale. Quando sono in arrivo maree molto alte, in grado di provocare allagamenti del territorio, nelle paratoie si immette aria compressa che le svuota dall'acqua. Man mano che questa fuoriesce le paratoie, ruotando attorno all'asse delle cerniere, emergono e bloccano il flusso della marea in ingresso nella laguna. Il tempo medio di chiusura delle bocche di porto - compresi i tempi di manovra delle paratoie - è calcolato tra le 4 e le 5 ore.

Le paratoie restano in funzione per la sola durata dell'evento di acqua alta e quando la marea cala, e laguna e mare raggiungono lo stesso livello, vengono di nuovo riempite d'acqua e rientrano nel loro alloggiamento.

Ogni paratoia è composta da una struttura scatolare metallica vincolata attraverso due cerniere al cassone di alloggiamento.

Le paratoie sono larghe 20 m, hanno lunghezze diverse proporzionali alla profondità del canale di bocca dove sono state installate e uno spessore variabile.

I cassoni di alloggiamento che ospitano le paratoie e gli impianti per il loro funzionamento formano la base delle barriere di difesa e sono collegati tra di loro con un tunnel che permette le ispezioni tecniche. L'elemento di raccordo tra le barriere e il territorio è rappresentato dai cassoni di spalla. In essi sono contenuti tutti gli impianti necessari al funzionamento delle paratoie.

## STORIA E NUMERI

### 1984

Viene affidato a un gruppo di esperti il compito di realizzare uno studio di fattibilità di un sistema a protezione di Venezia dalle acque alte.

### 1992

Presentato il progetto Mose: l'obiettivo è di realizzarlo nel giro di 3 anni, con un costo di 20 miliardi di lire. Il progetto di dighe mobili viene avviato solo nel 2003, per essere pronto nel 2016.

### 2013

Il 12 ottobre viene innalzata la prima paratoia ma un'inchiesta giudiziaria blocca i cantieri fino al 2018.

### 2020

Il 3 ottobre le 78 paratoie si alzano per la prima volta fermando la marea in ingresso nella laguna e lasciando la città all'asciutto. Il completamento del Mose è previsto per la fine del 2021.

## I costi del progetto

**5,5 miliardi di euro** realizzazione del Mose

**700 milioni di euro** riparazione delle strutture degradate negli anni

**100 milioni di euro/anno** manutenzione ordinaria

Fonte dei dati: "Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche del Veneto - Trentino Alto Adige - Friuli Venezia Giulia" già Magistrato alle Acque di Venezia - tramite il concessionario Consorzio Venezia Nuova.



# LE SOLUZIONI MAPEI PER IL PROGETTO MOSE

Mapei ha contribuito al progetto del Mose come partner tecnico, interfacciandosi con progettisti, direzione lavori e imprese con uno staff dedicato. Ha fornito prodotti per diverse tipologie di intervento, dall'inghisaggio dei giunti di alloggiamento dei cassoni all'ancoraggio delle cerniere delle paratoie, dall'impermeabilizzazione dei cassoni al rinforzo delle dighe sulla terraferma.

L'Assistenza Tecnica Mapei, coordinandosi con il laboratorio di Ricerca&Sviluppo, ha proposto prodotti speciali e innovativi, con prestazioni studiate appositamente per quest'opera.

## Inghisaggio dei giunti Gina

Per questo intervento è stato fornito MAPEFILL MF 610, sviluppato ad hoc per l'inghisaggio dei giunti a tenuta stagna necessari ad accoppiare con gli elementi adiacenti i cassoni destinati a ospitare le paratoie.

I cassoni di alloggiamento sono collocati all'interno di uno scavo, alloggiati in sequenza e collegati mediante un sistema di giunzione costituito da due elementi distinti che realizzano la tenuta idraulica. Un primo giunto di forma anulare (il giunto Gina) realizza la tenuta più esterna e rende possibile la tenuta idraulica temporanea tra due cassoni contigui durante

l'installazione. Un secondo elemento (Omega) è messo in opera durante la fase di costruzione, all'interno del precedente giunto Gina, e deve garantire la tenuta idraulica definitiva dei cassoni. Era necessario utilizzare un betoncino reoplastico che assicurasse un elevato mantenimento della lavorabilità ad alte temperature (circa 3 ore a 35 °C). Il collare porta giunto Gina era realizzato in acciaio inox duplex super, materiale estremamente costoso le cui caratteristiche non lasciavano margini di errore durante l'applicazione.

Il giunto Gina è stato collegato al cassone in calcestruzzo mediante il



**1.** Cassoni in calcestruzzo armato in via di realizzazione per il Mose. I giunti di alloggiamento dei cassoni sono stati realizzati con MAPEFILL MF 610.

**2.** Preparazione e posizionamento dei cassoni sui casseri prima del pompaggio di MAPEFILL MF 610.



## MAPEFILL MF 610

Betoncino espansivo per ancoraggi di precisione di grosso spessore.

SCOPRI DI PIÙ



## COSÌ ABBIAMO RISOLTO ALCUNE CRITICITÀ COSTRUTTIVE



PARLA L'ING.  
ENRICO PELLEGRINI,  
EX-DIRETTORE  
DI CANTIERE GRANDI  
LAVORI FINCOSIT S.P.A.

### Ingegnere, che ruolo ha avuto nella realizzazione dell'opera del Mose?

Io ho diretto dal 2005 al 2015 il cantiere di prefabbricazione cassoni della Bocce di Lido San Nicolò e Malamocco, situato sull'isola di Pellestrina su di un rilevato artificiale di 13 ettari appositamente realizzato per lo scopo.

### Il Mose è un progetto estremamente complesso: quale tra gli interventi effettuati è risultato più impegnativo dal punto di vista progettuale e dei materiali da applicare?

La struttura della barriera del Mose è costituita da due elementi principali: i cassoni di fondazione in calcestruzzo armato, che sono l'ancoraggio della barriera al suolo su cui si trasferiscono le forze applicate alla barriera e che contengono al loro interno il cuore degli impianti di funzionamento, e le paratoie metalliche, che sono quelle casse di color giallo

che vediamo sollevarsi dal mare e che contrastano l'onda di marea. I due elementi sono uniti da un sofisticatissimo connettore: la cerniera. Mentre i cassoni sono installati in modo fisso sul fondo del mare, le paratoie metalliche possono (e devono) essere rimosse periodicamente per la manutenzione programmata. Pertanto l'elemento cerniera deve poter permettere lo sgancio delle paratoie rispetto ai cassoni. Per questo motivo la cerniera è realizzata in due parti: un elemento femmina, solidarizzato con il cassone, e un elemento maschio, solidale alla paratoia. Solidarizzare l'elemento femmina in acciaio su una struttura in calcestruzzo armato di enormi dimensioni (ricordiamo che i cassoni di soglia maggiori hanno dimensioni di 60m x 50m x 11m e sono grandi come delle palazzine a tre piani), con precisioni millimetriche è stato un problema superato con notevole impegno progettuale e costruttivo mediante l'applicazione di materiali di altissima qualità e prestazioni e mediante una accurata pianificazione della metodologia di posa.

### Le cerniere delle paratoie sono il cuore tecnologico delle barriere mobili. Che problemi avete dovuto affrontare per il loro ancoraggio?

Le cerniere sono in effetti l'elemento più sensibile del sistema

ed era fondamentale che si integrassero perfettamente nella struttura di fondazione.

La differenza dei due materiali utilizzati (calcestruzzo armato e acciaio), delle norme progettuali e delle modalità costruttive in vigore, del comportamento termico ed elastico dei materiali, e in aggiunta la necessità di ottenere una giunzione perfettamente stagna a grandi profondità, hanno richiesto un profondo e attento studio del comportamento dei due elementi sotto ogni condizione di carico in esercizio. Per questo motivo si è scelto MAPEFILL MF, un prodotto che garantisce la massima adesione tra i due elementi e una elevata resistenza, pur mantenendo una adeguata elasticità e la totale distribuzione negli interstizi degli spazi lasciati per il collegamento tra i due elementi. Per accertare la bontà delle scelte, sono stati realizzati alcuni modelli in scala ridotta e in scala reale con alcune parti in materiale trasparente (vetro e/o plexiglass) proprio per verificare la totale distribuzione del materiale colabile negli interstizi e confermare le procedure di posa pianificate.

### È stato di fondamentale importanza prevedere uno o più sistemi di impermeabilizzazione dei cassoni

### Per un'opera immersa nell'acqua l'impermeabilizzazione delle strutture è stata fondamentale. Quali sono le caratteristiche più importanti di questo intervento? Quali le novità tecnologiche?

Come accennavo, mentre le paratoie verranno recuperate e il loro sistema protettivo e impermeabilizzante verrà rinnovato e mantenuto con regolarità, questo non sarà possibile per i cassoni che giacciono sul fondo del mare. È stato dunque di fondamentale importanza prevedere uno o più sistemi di impermeabilizzazione totale della struttura al fine di garantire condizioni asciutte all'interno dei locali operativi dei cassoni.

Per questo motivo, sulle riprese di getto sono stati progettati sistemi di waterstop ridondanti (ben tre), tra cui sul più esterno l'applicazione di una fascia di membrana cementizia impermeabilizzante. Nonostante ciò, dopo attenta valutazione sui costi e benefici, l'impresa ha deciso in cantiere di integrare ulteriormente questa sicurezza andando a trattare tutta la superficie dei cassoni da cima a fondo. Lo abbiamo fatto utilizzando MAPELASTIC FOUNDATION in una versione leggermente modificata per l'occasione e integrata





3. I cassoni in via di realizzazione nel cantiere di Malamocco.

pompaggio, all'interno di un cassero, di MAPEFILL MF610, appositamente studiato e testato per il progetto Mose. MAPEFILL MF610 è un betoncino in polvere fibrorinforzato, composto da cementi ad alta resistenza, aggregati selezionati, speciali additivi e fibre sintetiche in poliacrilonitrile che, impastato con acqua si trasfor-

ma in un betoncino fluido esente da segregazione in grado di scorrere anche in spazi di conformazione complessa.

Il prodotto ha un basso assorbimento capillare (secondo EN 13057), un'elevata impermeabilità all'acqua, un'ottima adesione al ferro e al calcestruzzo, resistenza alle sollecitazioni

con l'applicazione di un primer appositamente studiato nei laboratori Mapei di Milano.

#### Per l'utilizzo di nuovi materiali e tecnologie il cantiere Mose può essere considerato un progetto-pilota per altre esperienze di questo tipo?

Ovviamente io posso parlare solo per la parte inerente all'esecuzione delle opere all'interno del mio cantiere e direi che più che altro è stato l'approccio tecnico con cui è stata gestita la realizzazione del progetto che può essere un esempio per come impostare cantieri di grandi opere in Italia. Per esempio l'accurata scelta dei materiali non solo dettata dal principio dell'economicità, ma valutata approfonditamente attraverso lunghe serie di test e valutazioni costi-benefici.

#### Lei ha lavorato a stretto contatto con l'Assistenza Tecnica Mapei e con il Laboratorio R&S di Milano. Come si è svolta questa collaborazione?

Sulle doti di MAPELASTIC non avevo dubbi. Avevo assistito alle varie prove dimostrative delle capacità di impermeabilità e di elasticità della membrana, ma ero preoccupato da

### Le cerniere sono l'elemento più sensibile del sistema

due fattori: l'aderenza sul supporto e la durabilità. Per cui, prima di scegliere l'uso del prodotto Mapei ho personalmente elaborato una procedura che prevedeva un grande numero di prove in situ eseguite nel mio cantiere per dimostrare quale fosse la migliore tecnologia per la preparazione del fondo, nonché il miglior prodotto di primer da applicare al fine di garantire la miglior aderenza della membrana. Il prodotto Mapei ha risposto meglio di quelli della concorrenza grazie anche all'interessamento diretto e tempestivo del laboratorio che ha effettuato quelle piccole modifiche e adeguamenti che hanno fatto migliorare moltissimo le prestazioni finali. In merito alla durabilità,

è stato utilissimo poter contare su un esperimento eseguito dal laboratorio del Politecnico di Milano, che ha dimostrato il mantenimento delle caratteristiche prestative di MAPELASTIC dopo lunghi cicli di immersione in acqua di mare. C'è da sottolineare che il laboratorio Mapei di Milano ci ha seguito, a proprie spese, durante tutta la lavorazione, durata circa un anno, venendo a monitorare e testare regolarmente l'applicazione del prodotto. Questo ha fornito un ulteriore elemento di assicurazione e garanzia sulla qualità finale dell'esecuzione dei lavori.



meccaniche anche di tipo dinamico. MAPEFILL MF 610 ha soddisfatto pienamente il committente grazie alle sue performance sia in fase applicativa che di qualifica.

#### Ancoraggio delle cerniere e impermeabilizzazione dei cassoni

Le paratoie metalliche, che si alzano per contrastare la marea, sono ancorate ai cassoni in calcestruzzo armato tramite cerniere che consentono loro di alzarsi e abbassarsi. L'ancoraggio delle cerniere ai cassoni, come racconta l'ing. Enrico Pellegrini nell'intervista alle pagine precedenti, ha richiesto uno studio approfondito che permettesse di individuare il prodotto e la tecnologia migliore. Mapei ha studiato e realizzato appositamente MAPEFILL MF, una malta fluida espansiva per ancoraggi di precisione. Iniettata da un lato della cerniera, questa malta ha saturato perfettamente ogni spazio libero in modo da rendere solidale la cerniera con il cassone sul quale era ancorata. Grazie a un particolare agente espansivo, MAPEFILL MF è caratterizzata da una totale assenza di ritiro sia in fase plastica che in fase indurita e sviluppa

elevatissime resistenze a flessione e compressione.

Anche l'impermeabilizzazione dei cassoni, che dovevano essere posizionati sul fondo del mare, ha richiesto un'attenta valutazione per selezionare prodotti che garantissero un risultato ottimale e duraturo. Dopo numerose prove in cantiere e in laboratorio, la superficie esterna dei cassoni è stata trattata con MAPELASTIC FOUNDATION, malta cementizia bicomponente elastica per l'impermeabilizzazione di superfici in calcestruzzo soggette a spinta idraulica positiva e negativa. Prima dell'applicazione di MAPELASTIC FOUNDATION, per migliorarne l'adesione al supporto è stato applicato il primer acrilico in dispersione acquosa PRIMER 3296. Nelle parti interne è stata invece preferita la malta bicomponente elastica MAPELASTIC, idonea per l'impermeabilizzazione e la protezione di strutture in calcestruzzo, intonaci, massetti cementizi. Questo intervento, come quello di ancoraggio, è stato seguito da vicino dal laboratorio di Milano, che ha testato l'applicazione dei prodotti per tutta la durata del cantiere.



4 e 5. Le paratoie sono fissate ai cassoni tramite cerniere metalliche. Questo ancoraggio è stato realizzato tramite la malta fluida espansiva MAPEFILL MF.

#### MAPEFILL MF

Malta fluida espansiva per ancoraggi.

SCOPRI DI PIÙ



**SCHEDA TECNICA**  
**Progetto Mose, Venezia**  
**Periodo di costruzione:** 2003 - in corso  
**Periodo di intervento:** 2007-2015

**Intervento Mapei:** fornitura di prodotti per l'inghisaggio dei giunti Gina, per l'ancoraggio delle cerniere delle paratoie e

per l'impermeabilizzazione dei cassoni  
**Progettista:** Ministero dei Lavori Pubblici, Technital  
**Committente:** Ministero dei Lavori Pubblici, Magistrato alle Acque di Venezia  
**Direttore di cantiere**  
**Malamocco:** ing. Enrico Pellegrini

**Impresa esecutrice Cantiere di Malamocco:** Grandi Lavori Fincosit Spa  
**Coordinamento Mapei:** arch. Claudio Azzena, geom. Renato Pasqualato, Mauro Orlando, Orlando sas, Pasquale Zaffaroni (Mapei Spa)

**PRODOTTI MAPEI**  
**Inghisaggio giunti Gina:**

Mapefill MF 610  
**Ancoraggio cerniere:** Mapefill MF  
**Impermeabilizzazione dei cassoni:** Mapelastic, Mapelastic Foundation, Primer 3296

Per maggiori informazioni sui prodotti visitare il sito [mapei.it](http://mapei.it)