

8

N A V I - P O R T A

sbarramenti mobili per le bocche di porto della laguna di venezia

A L B E R T O P E L L E G R I N O T T I

CON LA COLLABORAZIONE DI ■

Dott. Ing. Roberto Colombo ■

Dott. Ing. Mario Fabbris ■

Dott. Ing. Andrea Garzon ■

Dott. Ing. Massimo Moretto ■

Dott. Ing. Mario Scaglioni ■

Dott. Ing. Lionello Trischitta ■

a g o s t o - o t t o b r e 1 9 9 8 ■

Salvaguardia fisica di Venezia

Physical safeguarding of Venice

Sito Internet:
<http://digilander.libero.it/ProgettoVenezia/>

Ing. Alberto Pellegrinotti

Progetto Navi-Porta sbarramenti mobili per le bocche di porto della laguna di Venezia

Di Alberto Pellegrinotti

con la collaborazione di
Dott. ing. Roberto Colombo
Dott. ing. Mario Fabris
Dott. ing. Massimo Moretto
Dott. ing. Mario Scaglioni
Dott. ing. Francesco Steffinlongo
Dott. ing. Lionello Trischitta

In visione alla mostra del
Comune di Venezia - Ministero dell'Ambiente
di Bacino Orseolo - Venezia (Agosto - Ottobre 98)

E' un progetto nato all'inizio del 1980, in assenza di progetti ufficiali, e depositato nel 1981; richiamato da "L'ingegnere italiano" n.129 del 1982.

Si tratta di tre sbarramenti da porre alle Bocche di Porto di Lido, Malamocco e Chioggia.

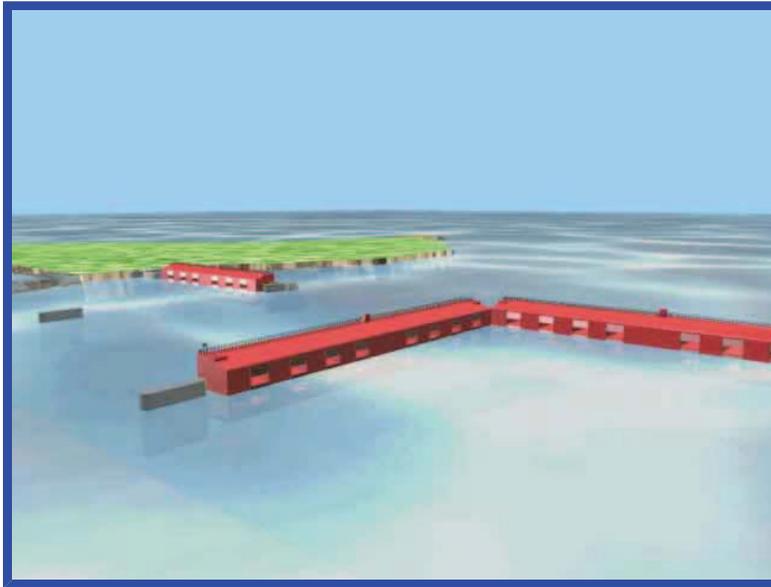
Ogni sbarramento è composto da una serie di elementi mobili e removibili, denominati **navi-porta**, fissati trasversalmente alla bocca, in chiusura, a **piloni-stipite** e longitudinalmente, in apertura, anche a **piloni-ormeggio**.

Gli elementi mobili, che l'autore, per le evidenti differenze con le normali barche-porta, ha denominato navi-porta, sono costituiti da appositi cassoni in acciaio, assimilabili a scafi navali, dei quali e' possibile l'affondamento e il galleggiamento mediante semplici operazioni di pompaggio e svuotamento di casse zavorra che ne occupano, praticamente, tutto il volume interno; l'appoggio e tenuta sul fondo è realizzato a gonna elastica, chiusa con membrana, e camera in pressione a **cuscino d'aria** (particolare non indispensabile, anche se brevettato).

Lo studio del progetto e' stato tutto rivolto alla ricerca della massima affidabilita', della massima semplificazione, della tranquillita' di manovra, della possibilita' di recupero in qualunque situazione imprevista, sia di funzionamento che funzionale. Il progetto navi-porta è un progetto marinaresco.

Le configurazioni individuate per ciascuna delle tre bocche in via preliminare, ma che comunque appaiono concettualmente corrette, sono di seguito riportate; chiaramente il posizionamento ottimale potrà essere definito solo in una eventuale fase successiva di approfondimento dello studio.

Il sistema



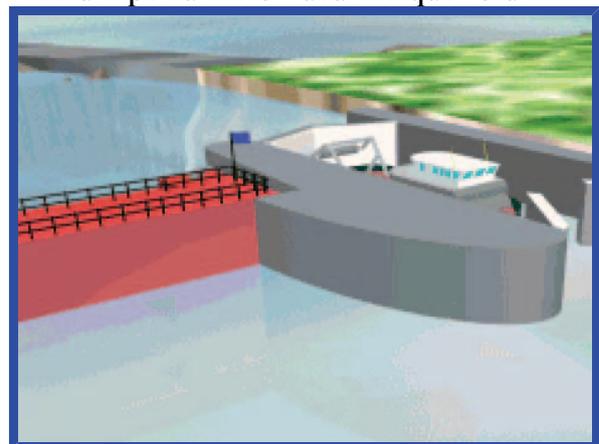
Ogni sbarramento e' composto da una serie di elementi mobili (navi-porta), fissati in chiusura su piloni-stipite, e in apertura anche a piloni-ormeggio, con appoggio e tenuta sul fondo a gonna chiusa e camera in pressione a cuscino d'aria. Tutto cio' nel pieno rispetto della possibilita' continua ed agevole del transito delle navi e del ricambio idrico, che anzi puo' essere forzato sfasando opportunamente l'apertura e la chiusura alle tre bocche (la chiusura delle bocche, lungi

dall'essere causa di ristagno e impaludamento, è un potente strumento di ricambio e pulizia lagunare). Ai fini della navigazione, le luci nette assegnate al passaggio delle navi, per altro per un breve tratto di soli 300 metri, sono di 180 m, (ma e' una misura che, chiaramente va perfezionata, eventualmente aumentandola, solo in fase di progetto esecutivo, insieme al preciso posizionamento dei piloni).

La nave-porta è munita di una serie di grandi aperture trasversali (feritoie); tali aperture sui disegni sono riportate rettangolari in doppia fila, chiudibili con paratoie a ghigliottina a comando idraulico; si è ritenuto, successivamente, essere migliore un sistema di grandi aperture circolari, in un'unica fila, chiudibili con paratoie a farfalla a comando idraulico. Queste aperture hanno un duplice scopo: quello di diminuire le forze resistenti al movimento della nave-porta nella rotazione in fase di apertura e chiusura e quello di realizzare uno strumento di regolazione, agevole e veloce, sulla portata e sulla velocità di corrente della bocca quando le navi-porta sono in posizione di chiusura, parzializzando la sezione.

Anche le aperture circolari dei bow-thrusters sono provviste di valvole a farfalla per la loro chiusura.

La forma della nave-porta, con la coperta fronte mare inclinata, è funzionale alla resistenza ai marosi.



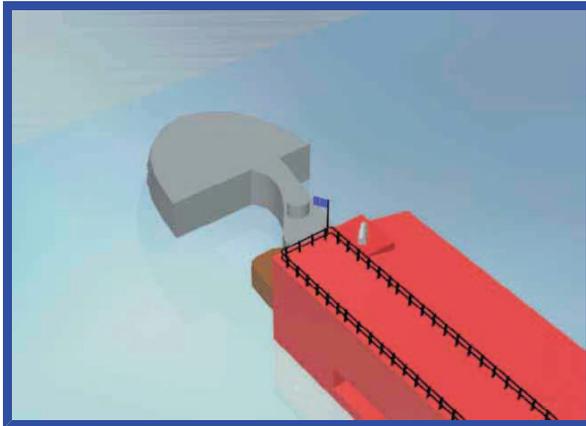
Ad una delle estremità (sottovento di scirocco) di ciascun sbarramento, è prevista la costruzione di una conca di navigazione a servizio dei natanti e dei pescherecci che dovessero transitare durante i periodi di chiusura delle bocche.

Alla bocca di Malamocco e alla bocca di Chioggia, sono state previste conche di navigazione navale, secondo la configurazione indicata nel capitolo "[Bocche di Porto](#)". Tale manufatto, nel contesto del progetto, avrebbe evidentemente più un significato di precauzione e sicurezza che di necessità funzionale, perché lo sbarramento, una volta completato, non provoca intralci alla portualità, e, nelle condizioni ambientali attuali, non appare si possa presentare l'impellente necessità di un passaggio a sbarramento chiuso, stante il periodo molto limitato di tale situazione.

Epperò, sia per tener conto delle imprevedibili future condizioni ambientali e sia per una qualunque situazione di emergenza o inconveniente tecnico, sembra saggio e razionale corredare lo sbarramento con tale opera, che non graverebbe molto nel complesso dell'impegno finanziario. Soprattutto, se realizzata prima dello sbarramento stesso, faciliterebbe enormemente tutta l'organizzazione operativa che, senza, porterebbe inevitabilmente inconvenienti alle attività del porto.

Nel periodo estivo le navi-porta vengono portate in apposito luogo per la manutenzione ordinaria; quando invece esse si trovano sul campo sono pensate sistemate in posizione di chiusura, in galleggiamento e con le aperture trasversali libere, esclusa quella relativa al varco di passaggio navi posizionata in apertura; ciò per facilitare al massimo l'operazione di chiusura a tappo che in questo modo avviene solo per un unico elemento mobile. E' chiaro che solo l'esperienza potrà definire la migliore organizzazione operativa, tenuto conto che la manovra di apertura e chiusura, in situazione normale per le navi-porta laterali in galleggiamento, non comporta più di pochi minuti.

Manovra di rotazione



Il movimento autonomo di rotazione attorno al pilone stipite, per l'apertura e la chiusura, e' realizzato da due coppie di "bow-thrusters" (eliche trasversali), una coppia per estremita'.

Sono previsti due tipi di piloni: **piloni-stipite** e **piloni-ormeggio**. La loro forma e' tale da costituire la minima resistenza al flusso di corrente, compatibilmente con la loro funzione e resistenza strutturale.

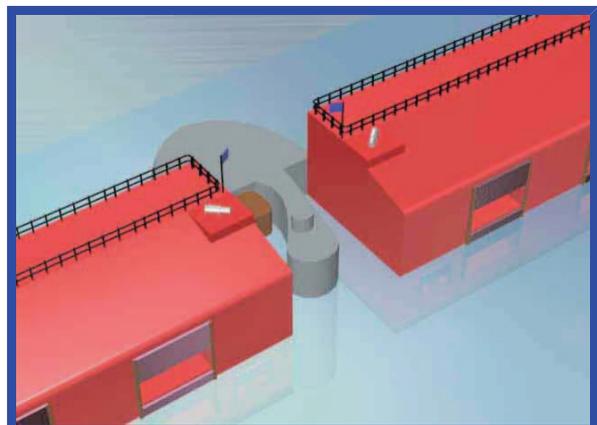
Il sistema d'accoppiamento, **girevole, scorrevole e lasco**, tra il pilone stipite ed il bottazzo strutturale alla nave-porta, è realizzato con una forma appropriata delle due strutture, ed è facilmente comprensibile dalle figure.

Questa soluzione, volutamente rudimentale anche se solo apparentemente di facile disegno, e' stata ritenuta piu' semplice, robusta e sicura rispetto ad un meccanismo rigido a bracci, con movimento a controllo idraulico.

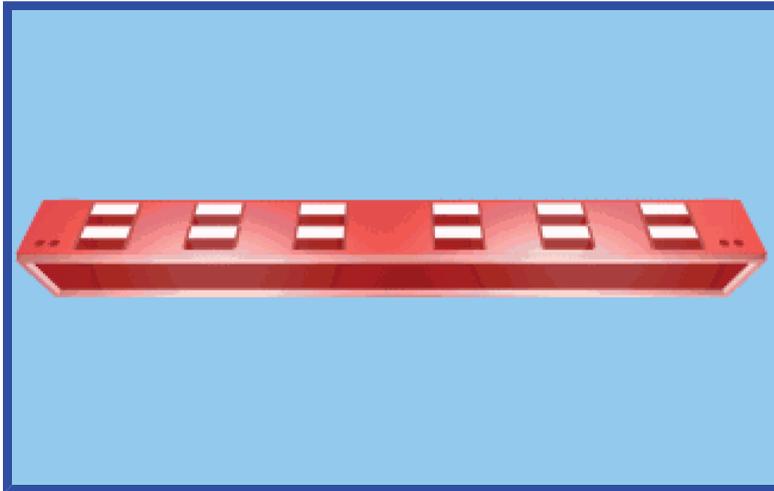
Durante la rotazione la nave porta e' tenuta lasca (circa 1,2 metri) attorno al centro di rotazione: gli sforzi di trazione sono retti da appositi cavi di acciaio mentre, alle estremita', va ad appoggiarsi sui piloni-stipite; essi sono forniti di una fascia elastica verticale di tenuta in neoprene o teflon.

La presenza dei piloni-ormeggio rende facilmente controllabile, con verricelli e cavi, qualunque manovra di apertura e chiusura con ogni tempo. In particolare la chiusura a tappo può rendersi necessaria in situazioni critiche, di notte, con mare agitato e forte vento; va inoltre tenuto conto che, nel procedere della manovra di chiusura dell'ultimo elemento, aumentano fortemente sia la corrente nel varco libero che la pressione sulla fiancata della nave-porta, quindi la forza di trascinamento; è perciò necessario che il movimento di rotazione sia perfettamente e decisamente vincolato, guidato e controllato.

E' prevista anche una soluzione con piloni e navi-porta simmetrici; in questo caso il movimento di rotazione puo' avvenire sia in senso orario che antiorario; cio' chiaramente aumenterebbe l'elasticita' di tutto il sistema.



L'elemento mobile



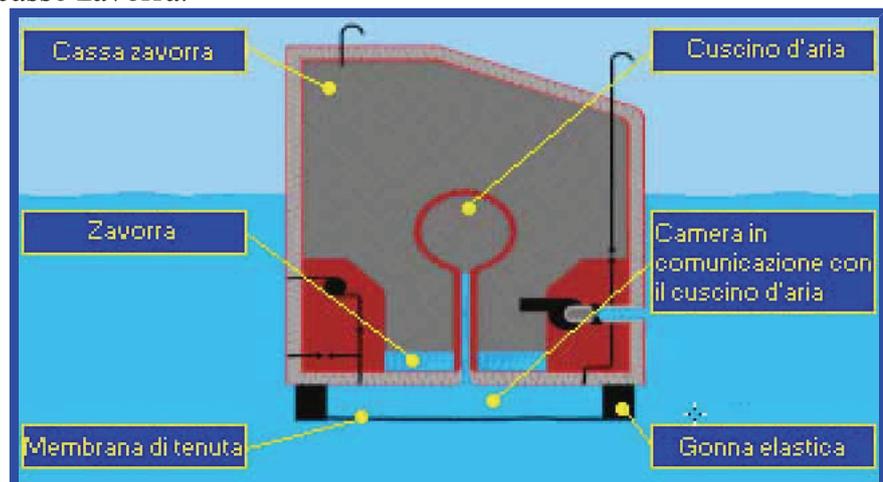
L'elemento mobile, che l'autore, per le evidenti differenze con le normali barche-porta, ha denominato **nave-porta**, è costituito da un apposito cassone in acciaio, assimilabile ad uno scafo navale, del quale e' possibile l'affondamento e il galleggiamento mediante semplici operazioni di pompaggio e svuotamento di casse zavorra che ne occupano, praticamente, tutto il volume

interno.

Il sistema di appoggio e tenuta sul fondo, in fase di affondamento, e' realizzato attraverso una "**gonna**" **elastica** che, insieme ad una **membrana** di chiusura, delimita una camera comunicante con un **cuscino d'aria** realizzato all'interno di una serie di casse comunicanti tra loro: si realizza in questo modo un appoggio morbido; il cuscino d'aria e' stato portato all'interno dello scafo per due ragioni: eliminare la forte spinta positiva della massa d'aria se prevista tutta nella camera esterna allo scafo, aumentare il controllo delle fughe sotto membrana, modificandone completamente il sistema.

La camera e' divisa in tre zone, una centrale portante e due laterali di compenso, per il controllo dell'assetto orizzontale longitudinale. Nel caso si presentassero problemi alla stabilita' trasversale (rollio), il controllo e' pensato completamente affidato ad un sistema automatico di travaso in casse zavorra.

Il funzionamento del cuscino d'aria e' facilmente intuibile analizzando le figure, cosi' come sono facilmente comprensibili i vantaggi costruttivi (sistema completamente isostatico) e di garanzia di funzionalità nel tempo rispetto ad un appoggio rigido, per la capacità

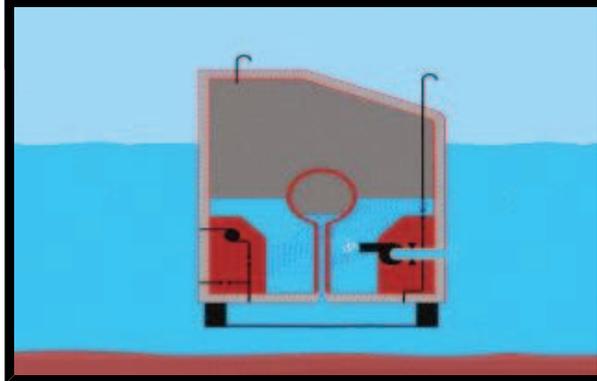
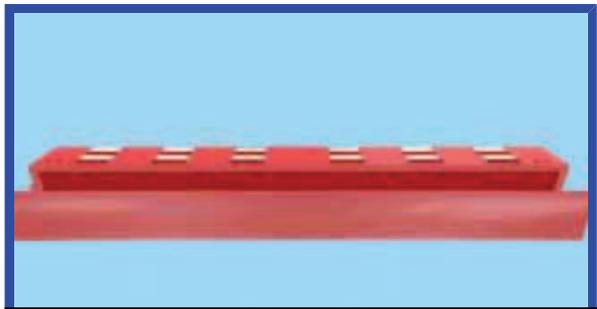
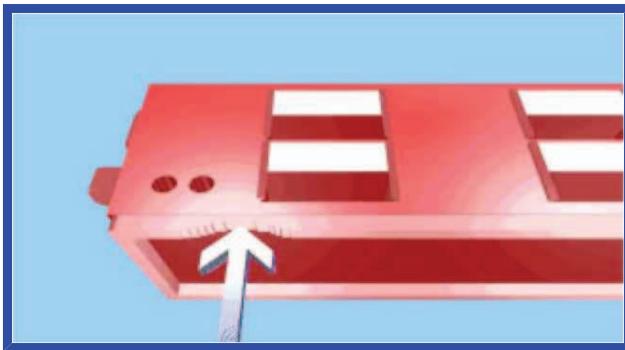


del cuscino di assorbire possibili displanarità del piano d'appoggio della nave-porta che si possono verificare nel corso dei decenni; ma il pregio maggiore è il rendere completamente normale e sicura la delicata operazione di affondamento ed appoggio sul fondo, e quindi di garantire affidabilità e tranquillità di manovra, caratteristiche che non possono non essere decisive nella tempestività di intervento e nell'organizzazione

operativa del sistema.

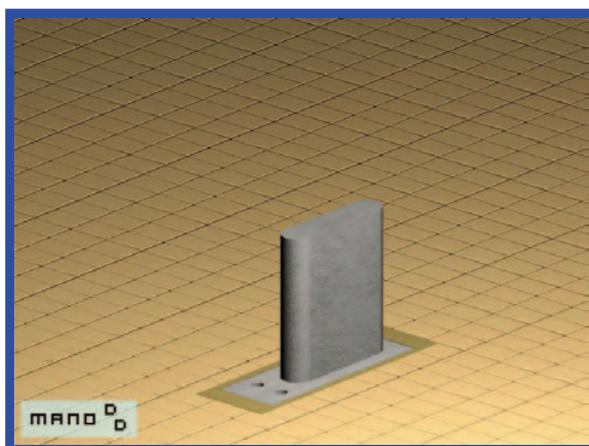
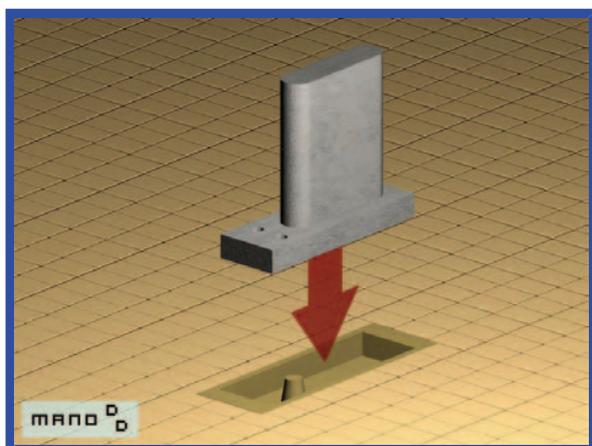
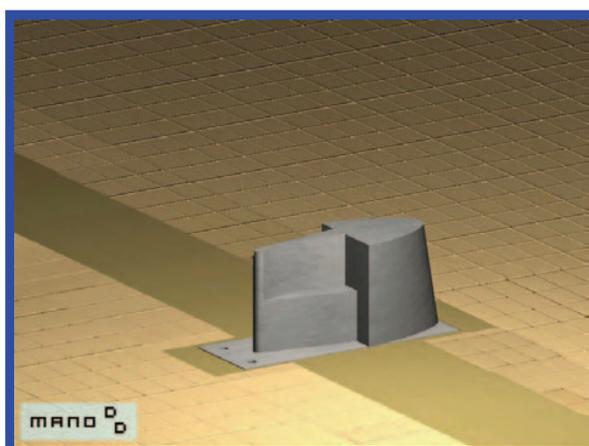
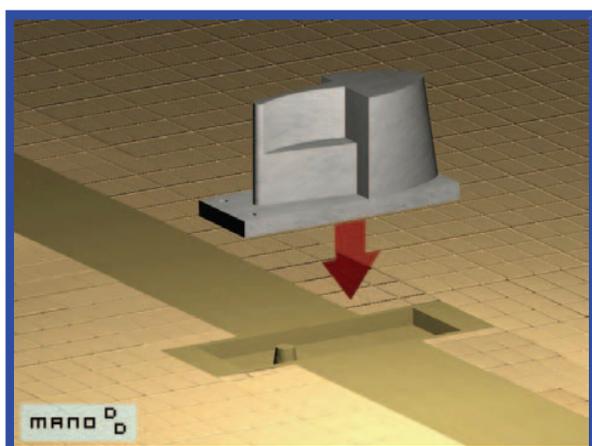
Chiaramente, tutta la filosofia del progetto, l'impostazione generale, lo schema, non cambiano se l'appoggio sul fondo avviene con sistemi diversi, affidando ad esempio, parzialmente o addirittura completamente, il carico sulla gonna del bordo, che, in questo caso, è assimilabile ad una larga e spessa guarnizione; appare comunque opportuno mantenere il cuscino d'aria per assorbire le variazioni di volume della camera delimitata dal fondo e dalla gonna, ammorbidendo l'appoggio sul fondo.

Quando le navi porta sono affondate in posizione di chiusura, esse affiorano di 3 metri sullo zero marino per cui l'altezza massima, relativa ad una profondità di 15 metri, risulta pari a 18 metri. La loro larghezza è di 15 metri, costante per le diverse misure di lunghezza e di altezza.

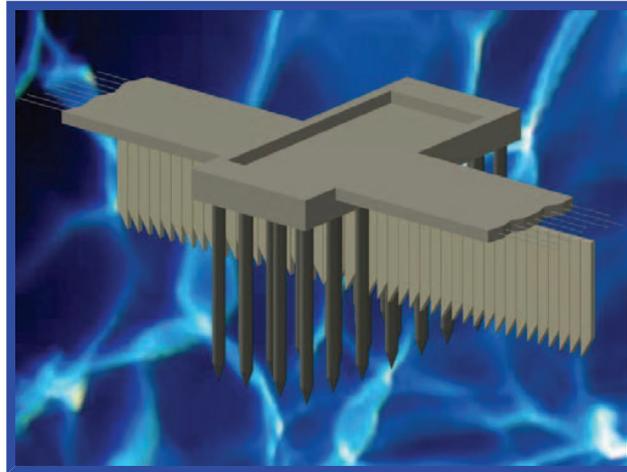


I piloni - il fondo

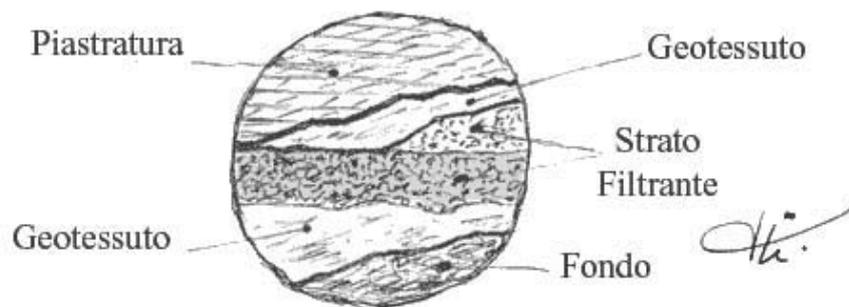
Per quanto riguarda i piloni sono possibili, chiaramente, più soluzioni, sia in cemento che in acciaio, sia definitivamente fissi che agganciati alle fondazioni; si sono però preferiti piloni in acciaio semplicemente appoggiati in appropriati alloggiamenti al fine di renderli facilmente removibili; questo per due importanti motivi: per corrispondere il più possibile a determinati concetti basilari sulla salvaguardia della laguna (sperimentabilità, reversibilità,... concetti su cui l'autore ha già trattato e scritto sin dal 1981), e per rendere tranquillamente sostituibili quei piloni che, nel tempo, potessero deperire o essere in qualche modo lesionati; i piloni sono prezavorrati ed affondati definitivamente in sito; anche il sistema di bloccaggio con cavi d'acciaio è agevolmente removibile. Chiaramente la sistemazione e la rimozione dei piloni sono operazioni che richiedono una o più giornate, ma è anche ipotizzabile una loro rimozione nel periodo estivo, in particolare per quei piloni che possono creare qualche disturbo alla portualità. Il tutto è facilmente comprensibile dalle figure.



Il tratto tra pilone-stipite e pilone-stipite, piano di appoggio della nave-porta in fase di chiusura, è in cemento armato ed ingloba il diaframma antisifonamento, sifonamento che nel tempo potrebbe minare le importanti e delicate fondazioni dei piloni.

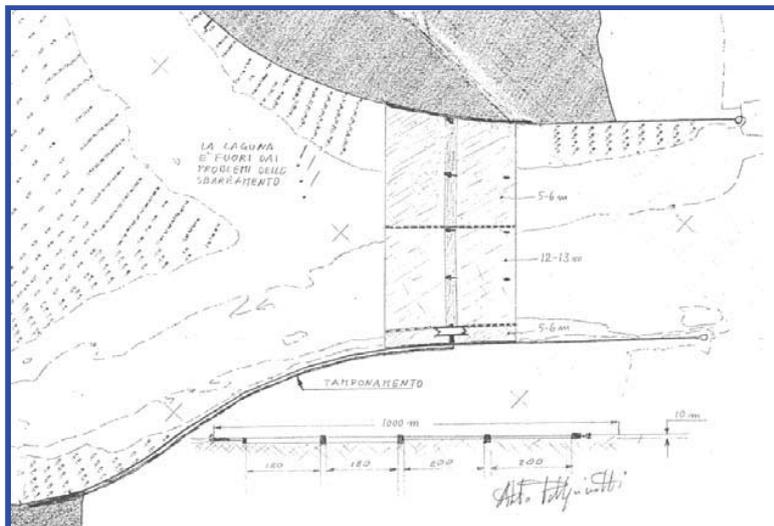


Per quanto riguarda la sistemazione del fondo è previsto, per un tratto longitudinale di circa 400 m., dopo spianatura, uno strato filtrante di 120 cm. compreso tra due manti di geotessuto, e successiva piastratura.



Le Bocche di Porto

bozze preliminari



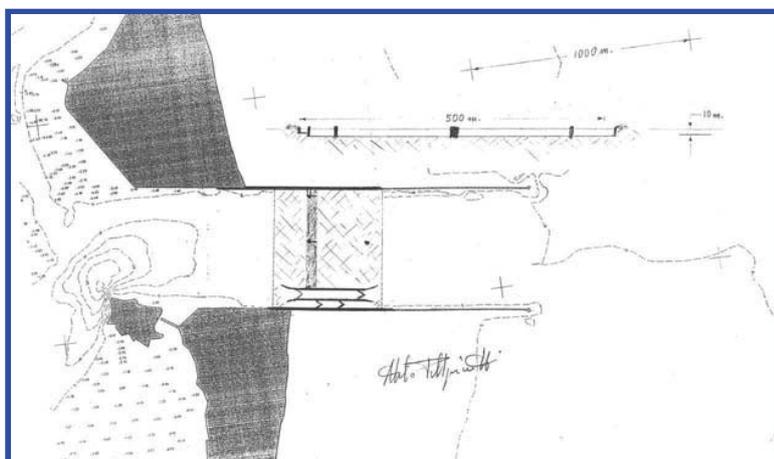
La bocca di Lido

- tre coppie di piloni con interasse 195 m. e 215 m.
- due luci nette di 180 m. e due luci nette di 200 m.
- due banchine sommerse per la variazione di profondità.
- Conca per pescherecci.



La bocca di Malamocco

- due coppie di piloni con interasse 195 m.
- una luce netta di 180 m. e due luci nette di 130 m.
- Conca navale e conca per pescherecci.



La bocca di Chioggia

- una coppia centrale di piloni
- due luci nette di 180 m.
- Conca navale e conca per pescherecci.

Costi e Tempi

Dato il carattere assolutamente preliminare del presente progetto, le quantita' sono state, seppure sommariamente, abbondantemente valutate ed i prezzi applicati presentano entita' di tutta sicurezza. Inoltre, a maggiore garanzia, sempre per i motivi ora esposti, si e' applicata una consistente percentuale (10%) di maggiorazione per opere varie ed imprevisti. Inoltre i calcoli strutturali e i relativi computi sono stati fatti per un'unica coppia di piloni e per una nave-porta alle condizioni massime (15 m. di profondita', interasse piloni 195 m.)

I risultati ottenuti sono i seguenti:

	opere civili (MLD)	opere navali (MLD)	Totale (MLD)
Bocca di Lido	521	240	761
Bocca di Malamocco	344	160	504
Bocca di Chioggia	310	150	460
Totali	1175	550	1725

Questi costi rappresentano ovviamente un parametro di fondamentale importanza ai fini della scelta del sistema di chiusura, sia per quanto attiene la realizzazione, sia per quanto concerne la gestione e la manutenzione, per il carattere di permanenza e di incremento del tempo che li distingue. Con il sistema qui indicato, e' possibile affermare che l'esercizio e la manutenzione, appaiono senz'altro di grande semplicita' e riguarderanno quasi esclusivamente gli elementi mobili (navi-porta). La loro rimozione, durante il lungo periodo annuale non operativo (6/7 mesi), consentira' di effettuare le operazioni di manutenzione in apposito cantiere, con le facilitazioni ed il risparmio che tale possibilita' consente. Una valutazione approssimativa per eccesso di questi costi, per le tre bocche, fornisce i seguenti dati:

Costi di esercizio	3,5 - 5 MLD/anno
Costi di manutenzione	6 - 8 MLD/anno

Tempi di costruzione: con le ipotesi costruttive formulate, si e' stimato, largheggiando nelle diverse fasi, in circa 48 mesi il tempo di costruzione delle opere civili di ciascuna bocca; non e' stato oggetto di verifica il tempo relativo alle opere navali in quanto chiaramente di minore entita'.

Problematica progettuale

Se si esclude l'incognita tecnologica della gonna, particolare non ancora realizzato, il progetto non presenta difficoltà progettuali particolari: per quanto riguarda la parte civile, si tratta di importanti ma normali opere marittime; l'elemento mobile, che è il cuore del progetto, è invece assimilabile ad uno scafo navale, i cui punti delicati di funzionamento, appoggio e rotazione, sono stati tutti risolti; per entrambi quindi i calcoli strutturali vanno realizzati solo in fase esecutiva.

I punti importanti dal punto di vista progettuale, anche questi da stabilire solo in fase esecutiva, riguardano tutti l'aspetto funzionale: numero e luci dei varchi di navigazione, se uno o due per bocca, e se due eguali o diverse, posizione esatta dei piloni in relazione alla navigabilità, tipizzazione delle navi-porta in relazione alle tre bocche, ancoraggio dei piloni in senso longitudinale o trasversale rispetto all'asse di bocca in relazione alla rigidità della soglia e alla possibilità di modifica della profondità di bocca (il cuscinio d'aria nasce anche per questo - ma resta sempre fermo il problema del diaframma di tamponamento per impedire il sifonamento sotto battente), posizionamento longitudinale dei piloni sull'asse di bocca qualora si ipotizzi la prospettiva di realizzare in futuro anche la conca di navigazione, definizione delle variazioni della profondità di bocca in senso trasversale, ecc.; tutti parametri, oltretutto concatenati, che, in un eventuale passaggio all'esecutivo, saranno oggetto di lunghe e complicate discussioni e trattative, anche di impronta politica, tra i diversi soggetti interessati.

Per la gonna in materiale sintetico sono state interessate la Zodiac francese e la Avon inglese che sono le uniche ditte ad avere grande esperienza di plastica marina con hovercraft e sommergibili atomici.

Per quanto riguarda la sistemazione del fondo nella zona interessata allo sbarramento si potrebbe anche ipotizzare (oltre alla soluzione proposta: strato filtrante di circa 1,2 m tra due manti in geotessuto e piastratura) l'utilizzo dell'esperienza e, soprattutto, delle attrezzature messe a punto dagli olandesi nella costruzione dello sbarramento sullo Skelda.

Lo sbarramento offre anche l'interessante possibilità dell'occasionale transito di mezzi, eventualità da considerare in relazione alle diverse funzionalità portuali delle tre bocche e delle eventuali diverse esigenze di collegamento.

Osservazioni al V.I.A.

Sollevate pubblicamente dall'ing. A. Pellegrinotti alla commissione di V.I.A. (Valutazione Impatto Ambientale) mercoledì 23 settembre 1998 presso il punto informativo di Bacino Orseolo.

- La chiusura delle bocche di porto e', per Venezia, un' **OPERAZIONE AL CUORE**: e' quindi un intervento che **NON PUO' ESSERE SBAGLIATO**.
- Lo sbarramento navi-porta e' un progetto tutto teso alla massima affidabilita', alla massima semplicita'; e' un progetto volutamente rudimentale.
- E' tranquillo, sia per le navi che per lo sbarramento, il transito delle navi sopra barriere sommerse (tipo MoSE) per la carena che le sfiora e per i fortissimi vortici provocati dalle eliche??
- E' possibile il transito delle navi durante la loro manutenzione ordinaria?? (sganciamento, trasporto in bacino, riaggancio di una paratoia) per la presenza di natanti di lavoro, sommozzatori, ecc. ??
- E' possibile il transito delle navi in caso di guasto di una paratoia (la cui riparazione puo' durare anche mesi) ??
- E' possibile sfruttare lo sbarramento tipo MoSE per realizzare una conca di navigazione a doppio sbarramento nel caso in cui l'innalzamento del mare lo renda necessario ??

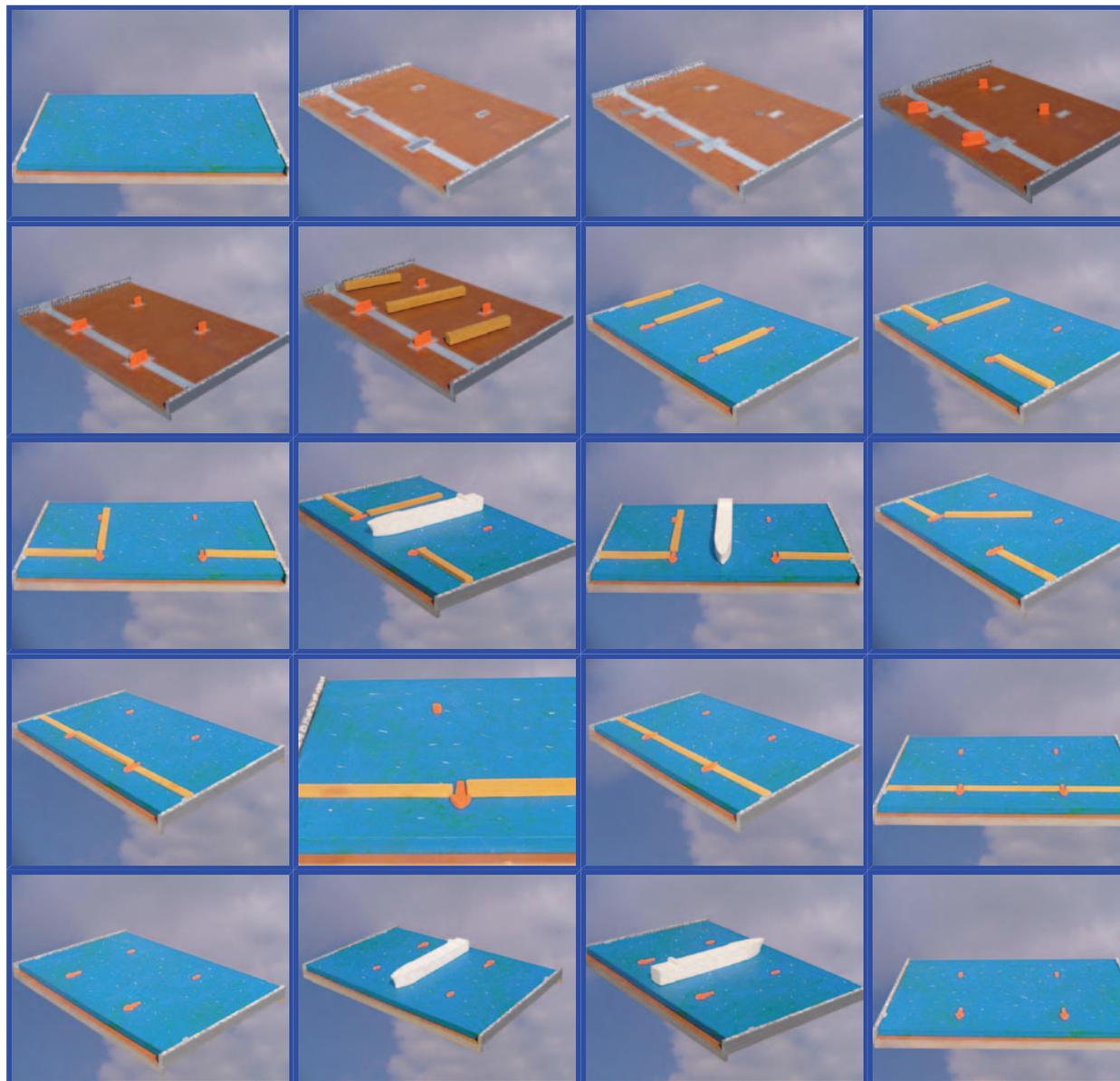
Plastico

Bocca di Malamocco

Scala 1: 666
1 mt = 1.5 mm

Profondità
15 mt

Nave
270 x 33 mt



MODELLI

Scala 1:300

3 mt = 1 cm

nave-porta

Lung. 183 mt .

larg. 15 mt.

alt. 18 mt.

pilone-stipite

Lung. 38 mt.

larg. 15 mt.

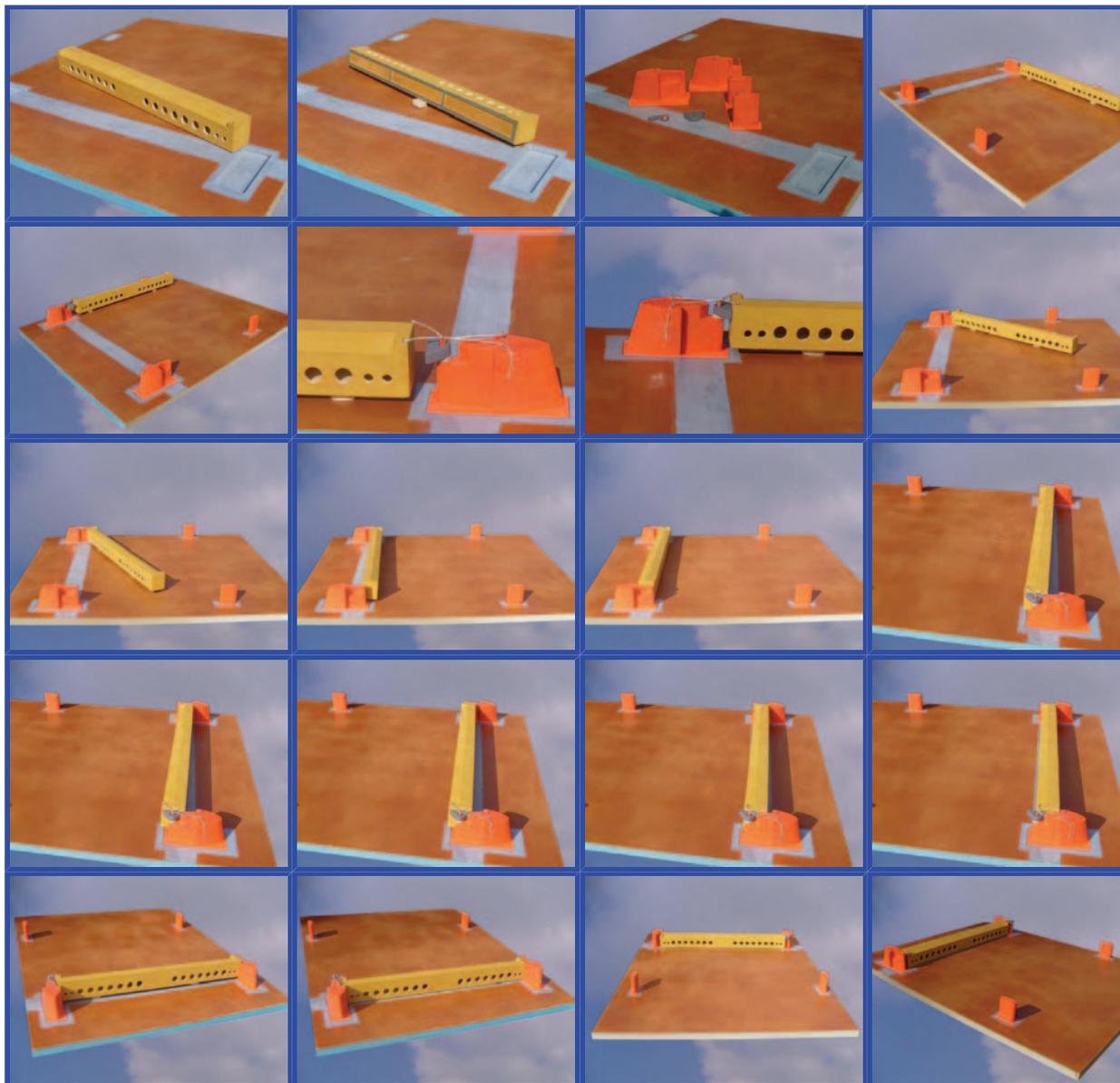
alt. 18,5 mt. + 3,2 mt

pilone-ormeggio

Lung. 15 mt.

larg. 8 mt.

alt. 18,5 mt. + 2 mt



Rotazione con
seconda
soluzione

