

CO	04/09/14	Emissione per approvazione		FJ	AC	YE
REVISIONE		DESCRIZIONE		EL.	CON.	APP.

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
 PROVVEDITORATO INTERREGIONALE PER LE OPERE PUBBLICHE
 VENETO - TRENINO ALTO ADIGE - FRIULI VENEZIA GIULIA

NUOVI INTERVENTI PER LA SALVAGUARDIA DI VENEZIA

CONVENZIONE REP. N° 7191 DEL 04-10-1991
 ATTO ATTUATIVO A VALERE SU 10ª ASSEGNAZIONE CIPE PER IL "SISTEMA MOSE"

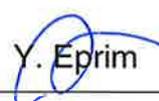
INTERVENTI ALLE BOCCHE LAGUNARI PER
 LA REGOLAZIONE DEI FLUSSI DI MAREA
 CUP: D51B02000050AD1 (CIPE 10B)

PROGETTO ESECUTIVO

WBS: CH.E1.14
 WBE: CH.E1.14.PE.01B

**RIELABORATO IN CONFORMITA'
 AL VOTO N.42..... IN DATA
 24.09.2014 DEL COMITATO
 TECNICO AMMINISTRATIVO .
 Venezia,**

BOCCA DI CHIOGGIA CONCHE: PORTE E OPERE ELETTROMECCANICHE PORTE, PASSERELLE, PANCONI ED IMPIANTI AFFERENTI ESTRATTO RELAZIONE TECNICA GENERALE

ELABORATO F.  Jacobelli	CONTROLLATO A.  Chiarelli	APPROVATO Y.  Eprim
N. ELABORATO MV048P-PE-CAR-6021-C0	CODICE FILE MV048P-PE-CAR-6021-C0.doc	DATA 04 Settembre 2014

CONSORZIO "VENEZIA NUOVA"

COORDINAMENTO PROGETTAZIONE VERIFICATO  Esposito CONTROLLATO V.  Ardone  CONSORZIO VENEZIA NUOVA Ing.  A. Redi	PROGETTAZIONE  PEGNIT DOTT. ING. ALBERTO SCOTTI Sez. A Settori: a) civile e ambientale b) infrastrutturale c) dell'informazione IL RESPONSABILE : 
--	---

 GENERAL	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 2
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

**PROVVEDITORATO INTERREGIONALE PER LE OPERE PUBBLICHE
VENETO – TRENINO ALTO ADIGE – FRIULI VENEZIA GIULIA**

NUOVI INTERVENTI PER LA SALVAGUARDIA DI VENEZIA

CONVENZIONE REP. N° 7191 DEL 04-10-1991

ATTO ATTUATIVO A VALERE SU 10ª ASSEGNAZIONE CIPE PER IL “SITEMA MOSE”

CONSORZIO VENEZIA NUOVA

**INTERVENTI ALLE BOCHE LAGUNARI PER LA
REGOLAZIONE DEI FLUSSI DI MAREA**

**BOCCA DI CHIOGGIA
CONCHE: PORTE E OPERE ELETTROMECCANICHE
PORTE, PASSERELLE, PANCONI ED IMPIANTI AFFERENTI**

RELAZIONE TECNICA GENERALE

 REGENTRA	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 3
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

INDICE

1.	PREMESSA	7
2.	CARATTERISTICHE DELLE CONCHE	12
2.1.	Localizzazione dell'opera e stato di fatto	12
2.2.	Descrizione componenti della conca e loro suddivisione in WBE	13
2.2.1.	WBS CH.E1.10 - Vasche delle conche	14
2.2.2.	WBS CH.E1.10 - Strutture di alloggiamento delle porte	15
2.2.3.	WBS CH.E1.10 - Arredi marini e completamenti opere civili	15
2.2.1.	WBS CH.E1.14 – WBE 01A – Protezione Catodica	16
2.2.2.	WBS CH.E1.14- WBE01B- Porte e relativi sistemi di movimentazione	17
2.2.3.	WBS CH.E1.14- WBE01B-Panconi e passerelle di attraversamento conche	18
2.2.4.	WBS CH.E1.14- WBE01B-Impianti	18
2.2.5.	WBS CH.E1.14- WBE02-Edificio di Controllo e completamento	21
3.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	22
3.1.	Organizzazione delle WBS e delle WBE delle porte e opere elettromeccaniche delle conche di Chioggia	22
3.2.	Elaborati del progetto definitivo	23
3.3.	Studi e documenti specialistici sviluppati per la Conca di navigazione nell'ambito del progetto delle opere di Regolazione dei Flussi di Marea	23
3.4.	Elaborati del progetto esecutivo	24
3.5.	Normative e standard applicabili	24
3.5.1.	Normativa italiana sulle strutture	24
3.5.2.	Eurocodici	24
3.5.3.	Norme specifiche sull'acciaio	25
3.5.4.	Norme sulle costruzioni marittime	26
3.5.5.	Norme specifiche sulle conche di navigazione	27
4.	ORGANIZZAZIONE DEI DOCUMENTI DI PROGETTO	28
4.1.	Organizzazione della documentazione di progetto	28
4.2.	Elenco degli elaborati del progetto esecutivo della WBE-01B	29
5.	SINTESI E CONCLUSIONI DEL PROGETTO	30
5.1.	Quali sono le opere della WBE-01	30
5.2.	Quali sono stati i principali indirizzi di progetto	30
5.2.1.	Studi di moto ondoso e di traffico	30

 TECNIPAL	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 4
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

5.2.2.	Progettazione strutturale	30
5.3.	Quali sono stati i principali risultati di progetto	30
5.3.1.	Verifica delle strutture	30
5.3.2.	La scelta dei materiali e la manutenzione delle opere	31
6.	DATI DI BASE	32
6.1.	Vita utile di progetto	32
6.2.	Condizioni ambientali: marea e moto ondoso	33
6.2.1.	Livelli di marea e moto ondoso	33
6.3.	Onde di fronte alle conche lato mare	35
6.3.1.	Periodo di ritorno delle azioni	36
6.3.2.	Altezza d'onda	36
6.3.3.	Livelli di marea nella situazione sismica	37
6.3.4.	Onda generata dal traffico di natanti nel canale di conca	37
6.4.	Sisma	37
6.4.1.	Zonazione dell'Istituto Nazionale di Vulcanologia	37
6.4.1.	Azione sismica - Spinte date dalla presenza dell'acqua	38
6.4.2.	Azione sismica - Valori inerziali	39
6.5.	Sovraccarichi dovuti all'operatività delle passerelle	40
6.6.	Carichi dovuti alle fasi costruttive	40
6.7.	Carichi dovuti ad azioni accidentali: urto accidentale di navi	40
7.	CRITERI GENERALI DI ANALISI E VERIFICA DELLA PROGETTAZIONE STRUTTURALE	44
7.1.	Situazioni progettuali	44
7.2.	Azioni sulle strutture e periodi di ritorno	45
7.3.	Verifica con il metodo dei coefficienti parziali	46
7.3.1.	Valore di progetto delle azioni	47
7.3.2.	Valore di progetto delle proprietà dei materiali	47
7.3.3.	Stati limite ultimi	48
7.3.4.	Stati limite di esercizio	49
7.3.5.	Coefficienti di sicurezza parziali per i materiali (acciaio e calcestruzzo)	50
7.3.6.	Coefficienti di sicurezza parziali per i collegamenti	50
8.	MATERIALI	51
8.1.	Acciaio	51
8.1.1.	Acciaio per porta	51
8.1.2.	Acciaio per collegamenti bullonati	51
8.1.3.	Acciai speciali	51

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 5
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

9.	ASPETTI REALIZZATIVI DELLE PORTE	53
9.1.	Caratteristiche progettuali delle porte a settore	53
9.1.1.	Perché è stata scelta una porta a settore	53
9.1.2.	Le porte delle conche di Chioggia	53
9.1.3.	Schema strutturale delle porte	56
9.1.4.	Le 'Tenute delle porte'	60
9.1.5.	Gli snodi delle porte	64
9.1.6.	Telaio reggi – fender	71
9.1.7.	Chiavistello	73
9.1.8.	Cilindro oleodinamico	74
9.1.9.	Operazioni di apertura e chiusura porte	76
9.1.10.	Trasporto e montaggio delle porte	79
9.1.11.	Protezione dalla corrosione e trattamento superficiali	80
9.2.	Note per il montaggio e regolazione delle porte	82
9.3.	Panconi per la messa all'asciutto delle testate	84
9.3.1.	Le guide e le tenute dei panconi	86
9.4.	Passerelle pedonali	87
9.5.	Getti di completamento per inghisaggi porte e gargami	87
9.6.	Impianti meccanici	88
9.7.	Impianti elettrostrumentali	89
10.	CONFRONTO CON PROGETTO DEFINITIVO	92
11.	FUNZIONALITA' DELLA CONCA - SISTEMA DI RIEMPIMENTO E SVUOTAMENTO (LIVELLAMENTO)	99
11.1.	Premessa	99
11.2.	Scelta del sistema per innalzare e abbassare il livello dell'acqua nelle camere	100
11.3.	Il processo di livellamento	101
11.3.1.	Fasi delle operazioni di livellamento	103
11.4.	Verifiche di funzionalità delle operazioni di livellamento	104
11.4.1.	Dislivelli operativi	104
11.4.2.	Verifiche idrauliche del sistema di livellamento	105
11.4.3.	Azioni idrodinamiche sugli scafi alloggiati nelle conche	111
12.	DURABILITA' E MANUTENZIONE	117
12.1.	Premessa	117
12.2.	Porte delle conche - Corrosione di elementi strutturali in acciaio	117
12.2.1.	Corrosione e protezione delle carpenterie in acciaio nelle zone immerse	117

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 6
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

12.3. Piani di manutenzione per le porte

118

 REGENTAL	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 7
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

1. PREMESSA

Le opere di difesa dall'acqua alta per la laguna di Venezia comprendono, in corrispondenza della barriera alla bocca di Chioggia, la realizzazione di due conche di navigazione per navi da diporto e pescherecci che consentono il transito delle imbarcazioni quando la barriera sia alzata, ovviando all'interdizione di ingresso nel canale della bocca e limitando i tempi di attesa delle navi per varco chiuso.

Le conche potranno inoltre consentire i transiti in tutti i casi in cui l'attraversamento della bocca dovesse risultare temporaneamente impedito.

Il progetto esecutivo delle opere civili delle conche (WBS CH.E1.10) è stato favorevolmente esaminato dal comitato tecnico del 27/02/04 con voto N° 34, e successivamente approvato con Decreto del Presidente N° 1458 del 03/06/04; i lavori relativi alle opere civili delle conche sono stati ultimati il 05/01/2010.

La WBS CH.E1.14 ha come oggetto la fornitura delle porte ed opere elettromeccaniche afferenti alle conche di navigazione; tale WBS si articola nelle seguenti WBE:

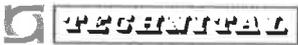
- WBE01 – Protezione Catodica, Porte, Passerelle e Panconi;
- WBE02 – Edificio di Controllo e Completamento.

Per esigenze legate ai finanziamenti effettivamente disponibili la WBE01, approvata favorevolmente dal Comitato Tecnico di Magistratura del 28/02/2008 con voto n°27, è stata suddivisa in due parti.

La WBE01A è stata già approvata e realizzata: essa aveva come oggetto la realizzazione del sistema di protezione catodica degli adiacenti palancolati di spalla nord.

Il presente stralcio progettuale (WBE01B), approvato tecnicamente contestualmente con la WBE01A ma che viene ora presentato nella sua forma finale per il finanziamento, ha come oggetto in particolare la fornitura e l'installazione delle porte, panconi, e passerelle comprensivi dei relativi impianti.

La presente versione del progetto di WBE01B contiene, rispetto alla prima stesura presentata in Comitato Tecnico del Febbraio 2008, alcune importanti migliorie ed integrazioni: innanzitutto include la totalità gli impianti afferenti alle Conche, compresi i collaudi, mentre la precedente versione del progetto non contemplava la fornitura dei sistemi di controllo e degli impianti elettrici afferenti alle opere elettromeccaniche. Inoltre le porte di regolazione del livello nelle conche sono state ora dotate di una passerella che permetterà più agili operazioni di controllo e manutenzione dei cilindri di movimen-

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 8
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

tazioni, in quanto rende visitabile la zona di attacco del pistone alle opere civili, ora ricollocata rispetto alla precedente versione del progetto. Sono state inoltre aggiunte alcune dotazioni di sicurezza, quali cancelli automatici di chiusura all'accesso delle passerelle di attraversamento conche, lampeggianti di avviso movimento porte e pulsanti per il blocco di emergenza della movimentazione delle porte, oltre ad includere forniture atte a migliorare la operazioni di recupero infortunati dai pozzi di spalla.

Rispetto alla prima versione del progetto, la presente versione è stata anche aggiornata alla luce della nuova Normativa entrata in vigore nel frattempo: in particolare sono state rivisitate le verifiche statiche e sismiche alla luce del DM 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" mentre la specifica tecnica di fabbricazione delle componenti metalliche è stata aggiornata per rendere le forniture di carpenteria metallica conformi alle nuove norme EN 1090-1:2012 e EN 1090-2:2011.

Sono state infine aggiunte alcune dotazioni anticendio come da richiesta proveniente dal Comando Provinciale dei VVFF (prot. 0018687 del 13/07/2011): si tratta in dettaglio della fornitura di 4 monitori a schiuma a protezione dei mezzi transitanti nelle conche e di una linea aggiuntiva lato nord dell'anello anticendio, completa di 3 idranti soprasuolo a protezione di un eventuale incendio proveniente dall'area boschiva Caroman (si veda lettera dei VVFF allegata alla presente).

La successiva WBE02 "Edificio di controllo e completamento" comprenderà la progettazione dell'edificio di controllo e dei relativi impianti minori e dei completamenti delle conche.



FIG. 1.1- CONCHE DI CHIOGGIA – VISTA DELLA BOCCA DA LATO CHIOGGIA



FIG. 1.2 - CONCHE DI CHIOGGIA – VISTA DELLA BOCCA DA LATO MARE (NOVEMBRE 2013); LE CONCHE SONO SULLA DESTRA



FIG. 1.3 - CONCHE DI CHIOGGIA – DURANTE LA COSTRUZIONE DELLE OPERE CIVILI (WBS CH.E1.10) GIUGNO 2007

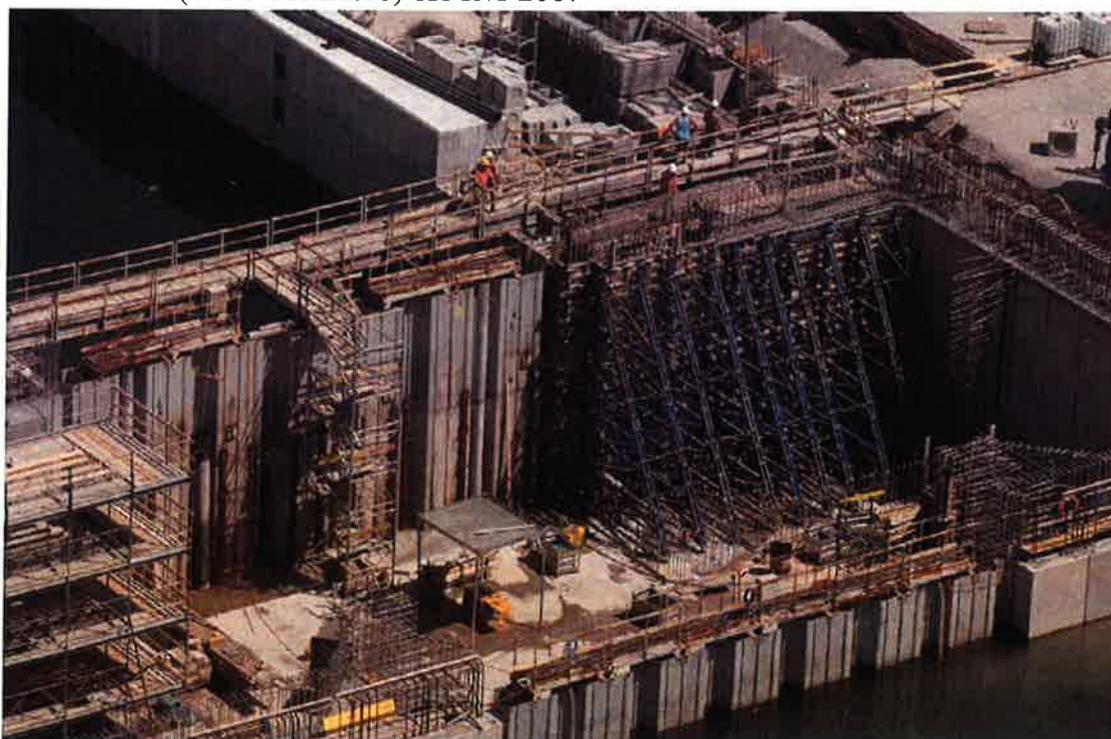


FIG. 1.4 - CONCHE DI CHIOGGIA – DETTAGLIO DELLA TESTATA LATO LAGUNA DURANTE LA REALIZZAZIONE

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 11
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	



FIG. 1.5 - CONCHE DI CHIOGGIA – FOTO AEREA AL COMPLETAMENTO DELLE OPERE CIVILI DELLA WBS CH.E1.10 NEL 2012

2. CARATTERISTICHE DELLE CONCHE

2.1. Localizzazione dell'opera e stato di fatto

Le conche di Chioggia sono localizzate lungo il lato Nord della bocca, in prossimità del lato interno della spiaggia di Ca Roman. La posizione delle strutture è stata stabilita nel progetto definitivo per la sistemazione della bocca, di cui questo progetto costituisce uno stralcio esecutivo. Le opere verranno realizzate lungo la sponda, e interferiscono con l'esistente molo guardiano per un tratto di circa 150m. Ai fini di minimizzare le profondità degli scavi per la realizzazione della struttura della conca (nel progetto definitivo previsti a -10.0m) e di ridurre l'interferenza con il territorio (Ca Roman), la tipologia strutturale è stata modificata sostituendo i manufatti in calcestruzzo armato con palancole.

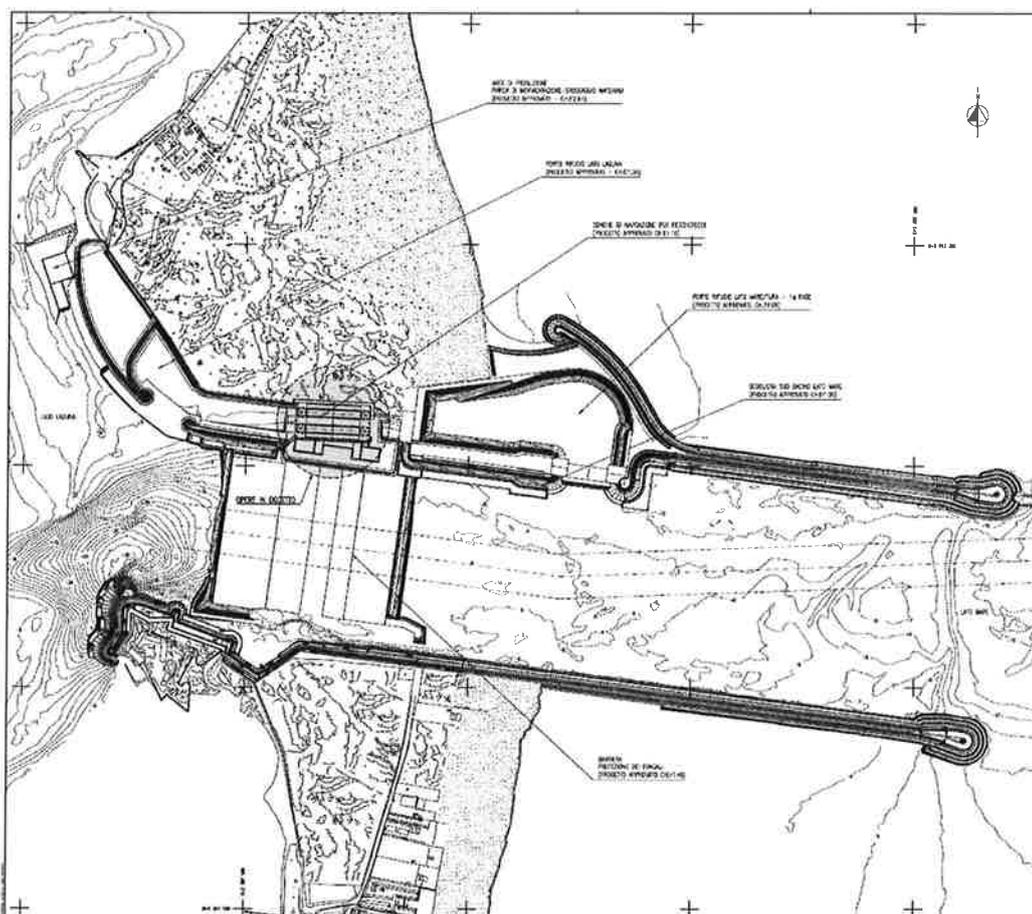


FIG. 2.1 - CONCHE DI CHIOGGIA – POSIZIONE DELLE CONCHE NELLA BOCCA

2.2. Descrizione componenti della conca e loro suddivisione in WBE

Le conche di navigazione si presentano costituite dalle seguenti componenti principali:

- vasche delle conche e getti di seconda fase;
- strutture di alloggiamento delle porte;
- arredi marini;
- porte e relativi sistemi di movimentazione;
- impianti ausiliari e di servizio;
- Edificio di controllo e finiture.

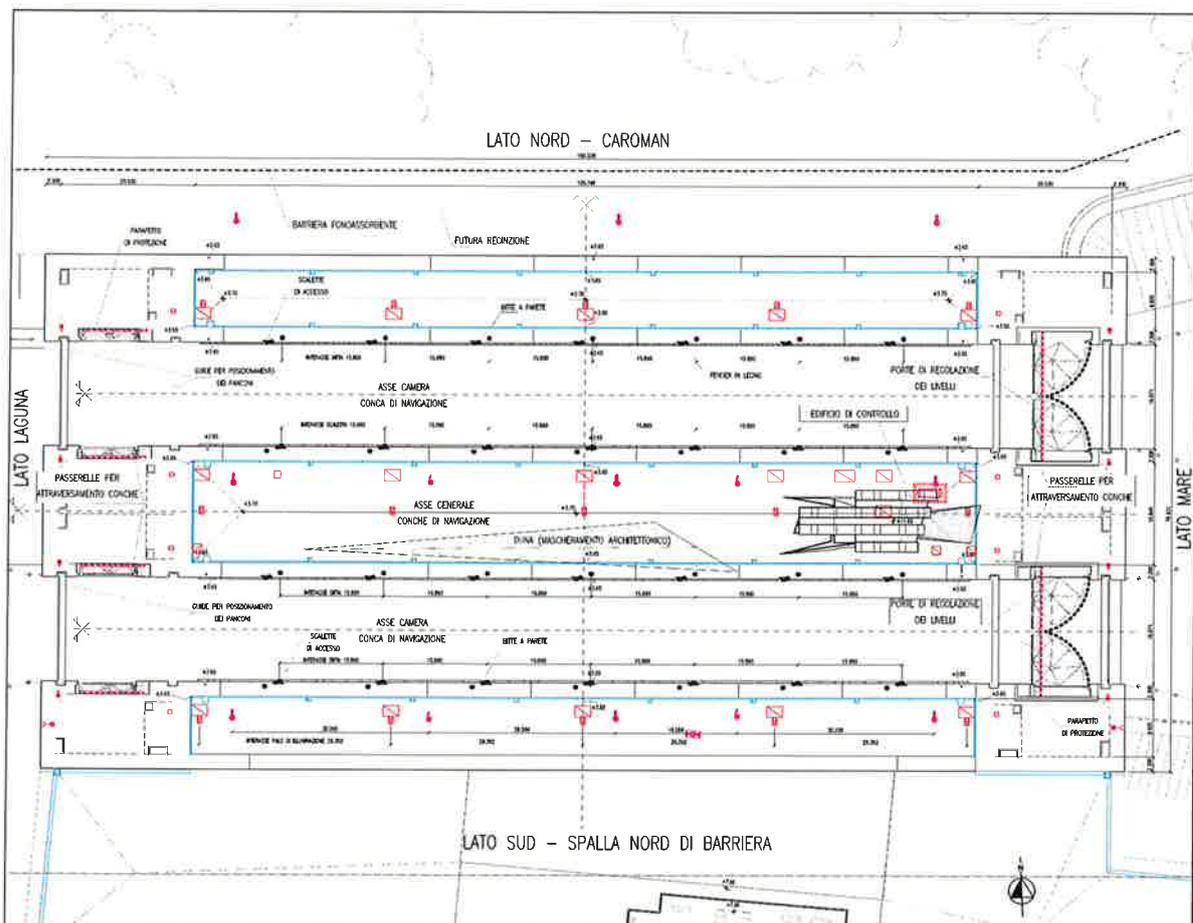


FIG. 2.2 - CONCHE DI CHIOGGIA – PLANIMETRIA DELLE CONCHE AL TERMINE DELLA PRESENTE WBS CH.E1.14

 GENERALI	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 14
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

2.2.1. WBS CH.E1.10 - Vasche delle conche

Le vasche delle conche, parte della WBS CH.E1.10, i cui lavori sono già completati, hanno dimensioni nette di circa 130m x 16m e sono delimitate da pareti longitudinali e, alle estremità trasversali, dalle porte e dalle strutture adibite al loro alloggiamento. La quota di fondo delle conche è pari a -5.00m s.m.

Le pareti laterali di ciascuna camera sono realizzate da un doppio paramento di palancolati tirantato in sommità, che confina un terrapieno: un paramento realizza le fiancate della camera e un paramento parallelo, posto a distanza di circa 11m per i paramenti esterni e di circa 18m per quello interno centrale, ha la funzione di ancoraggio e di contenimento.

Il palancolato delle pareti longitudinali è costituito da una parete combinata ottenuta interponendo elementi portanti ad elementi di tenuta. Il passo della disposizione dei profili è mantenuto costante in maniera che gli elementi portanti di due pareti parallele si corrispondano. Le barre di ancoraggio connettono così coppie di elementi portanti, realizzando il collegamento sommitale che completa il confinamento del terrapieno.

Il palancolato delle testate è invece costituito da una parete continua di elementi portanti non tirantati alternati ad una parete combinata nei tratti in corrispondenza delle due conche, all'interno dei quali viene posta la camera di alloggiamento delle porte.

Le pareti longitudinali sono completate da un cordolo di ripartizione in c.a.(da quota +2.00m s.m. a quota +3.65m s.m.) e sono rivestite sul lato verso la camera, dalla sommità a quota +3.65m s.m. fino a quota -2.70m s.m. (circa 1.40m sotto il livello di bassa marea), con elementi prefabbricati in calcestruzzo, solidarizzati alle palancole con un getto in opera. Tali elementi costituiscono la finitura delle pareti interne delle conche, garantiscono il coronamento delle pareti ripartendo i carichi di superficie e proteggono dalla corrosione il palancolato nella fascia soggetta alla maggiore aggressione da parte dell'acqua salmastra.

Sullo stesso lato delle pareti vengono alloggiati ganci, scalette di accesso al bordo e bitte di ancoraggio.

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 15
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

2.2.2. WBS CH.E1.10 - Strutture di alloggiamento delle porte

Le porte Ogni porta è installata all'interno di una struttura di alloggiamento che ne fornisce le battute e il ricovero quando è aperta.

Queste strutture, che fanno parte della WBS CH.E1.10 già completata, sono realizzate in corrispondenza delle testate delle conche mediante una perimetrazione completa di palancole a parete continua. All'interno di esse vengono costruiti due vani in calcestruzzo armato: uno adibito all'alloggiamento delle porte, uno con polifora, permanentemente asciutta, adibito al passaggio dei cavi.

2.2.3. WBS CH.E1.10 - Arredi marini e completamenti opere civili

Una bitta da 300kN stata inghisata nella trave di coronamento, ogni 16m circa, lungo le due pareti delle vasche, per l'ormeggio delle imbarcazioni di dimensioni maggiori. Scalette di accesso al terrapieno sono state inoltre alloggiate, anch'esse ogni 16m circa, a ridosso del cordolo di coronamento e poggianti sui pannelli prefabbricati costituenti il rivestimento interno delle pareti delle vasche. In corrispondenza delle scalette sono stati disposte coppie di bitte a parete da 100kN. I terrapieni ai lati delle conche verranno resi percorribili per il transito dei mezzi di manutenzione; è prevista la raccolta e lo smaltimento dell'acqua meteorica lungo tali terrapieni tramite la realizzazione di un sistema fognario. Tali elementi (bitte, scalette, rete di smaltimento acque meteoriche, polifore interrato e pozzetti per passaggi impianti, rete antincendio) sono stati inseriti nella WBS CH.H1.10.

Boe di segnalazione marittima sono installate in corrispondenza degli ingressi alle conche, su entrambi i lati, all'esterno e all'interno. Sempre nella WBS CH.E1.10 sono stati pavimentati con calcestruzzo fibrorinforzato tutti i terrapieni delle conche: sono state lasciate delle riserve nella pavimentazione nelle sole aree dove è prevista la realizzazione dell'edificio di controllo delle conche.

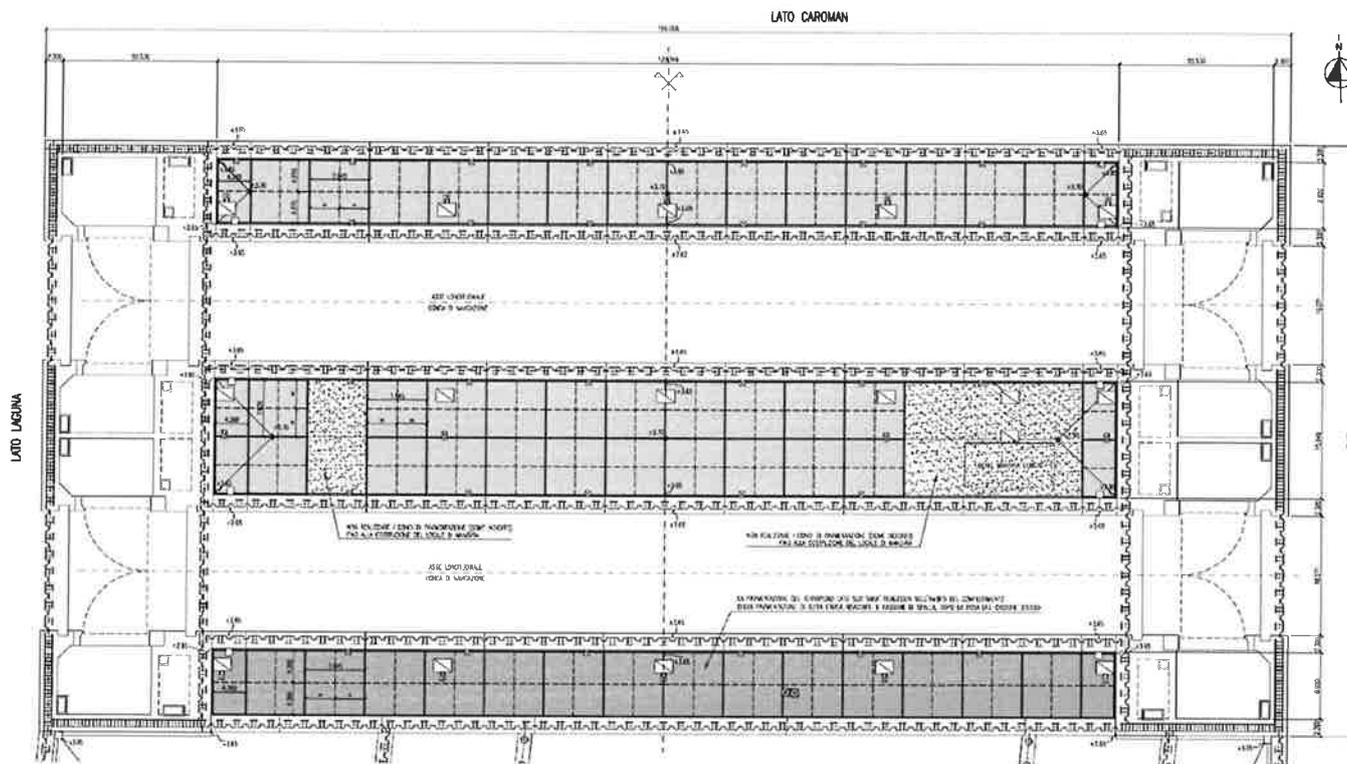


FIG. 2.3 - CONCHE DI CHIOGGIA – PLANIMETRIA DELLE CONCHE – STATO DI FATTO AL TERMINE DELLA WBS CH.E1.10

2.2.1. WBS CH.E1.14 – WBE 01A – Protezione Catodica

Nella WBE01A della WBS CH.E1.14 comprende il progetto delle predisposizioni del sistema di protezione catodica attiva delle porte delle conche integrato con la protezione catodica delle strutture adiacenti di spalla. Tutti i sistemi fanno capo all'edificio ELE/HVAC posto sulla spalla nord di barriera in prossimità delle conche.

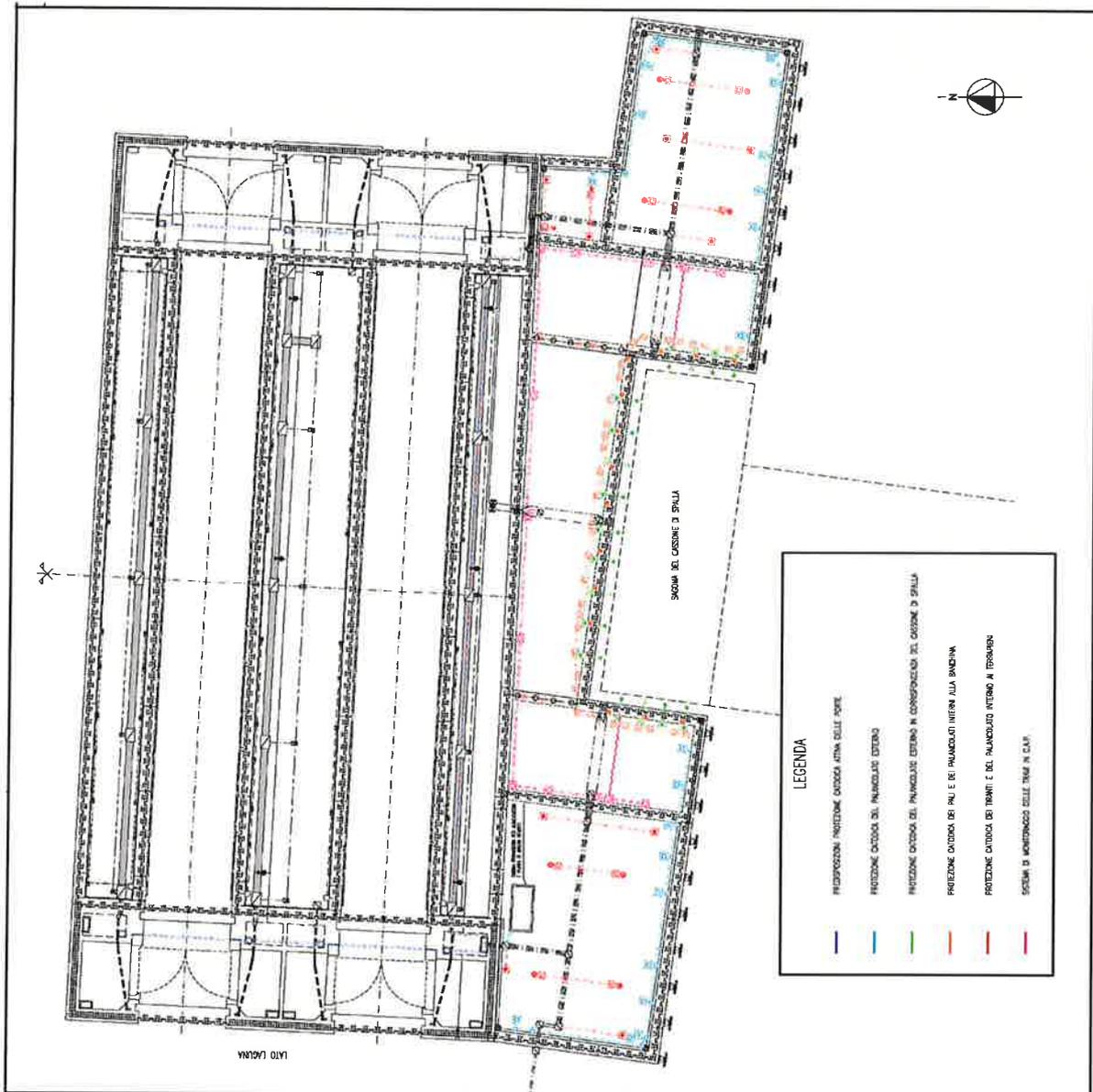


FIG. 2.4 – PLANIMETRIA DELLE OPERE SOGGETTE ALLE PREDISPOSIZIONI PER LA PROTEZIONE CATHODICA DI WBE 01A

2.2.2. WBS CH.E1.14- WBE01B- Porte e relativi sistemi di movimentazione

Le porte ed i relativi sistemi di movimentazione fanno parte WBS CH.E1.14 e sono incluse nella presente WBE CH.E1.14.PE.01B. Le chiusure delle vasche sono costituite da porte a settore ad asse verticale in acciaio. Quando esse sono aperte

 GENERALI	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 18
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

sono ritirate in apposite strutture di alloggiamento in testata alle conche, lasciando completamente libera l'imboccatura della camera.

Le porte, in numero di 8 (una coppia per ogni ingresso alla conca) regolano quindi il flusso idrico e le operazioni di concata mediante loro graduale apertura.

Le quattro coppie di porte sono identiche e le loro dimensioni sono funzione principalmente, oltre che della geometria dell'imboccatura della conca, del battente d'acqua da sostenere e della stabilità in galleggiamento. La protezione alla corrosione è assicurata mediante verniciatura ed un sistema di protezione catodica ad anodi sacrificali.

2.2.3. WBS CH.E1.14- WBE01B-Panconi e passerelle di attraversamento conche

Le panconature per la messa in asciutto delle testate delle conche e le passerelle di attraversamento conche sono anch'esse fanno parte WBS CH.E1.14 e sono incluse nella presente WBE CH.E1.14.PE.01B.

2.2.4. WBS CH.E1.14- WBE01B-Impianti

Nel presente stralcio esecutivo è anche prevista la fornitura degli impianti afferenti al funzionamento delle porte.

Per il corretto esercizio delle conche di navigazione di Chioggia vengono forniti ed installati diversi sistemi meccanici ed elettrostrumentali cui si aggiungono sistemi ausiliari di completamento e protezione come la ventilazione ed il condizionamento, l'antincendio, l'antintrusione, le telecomunicazioni e le segnalazioni marittime.

Nei paragrafi sottostanti viene riportata una breve illustrazione dei diversi componenti da fornire ed installare.

Impianti meccanici

In questa sezione sono comprese tutte le apparecchiature che presiedono alla movimentazione delle porte e quelle ausiliarie di servizio per il corretto esercizio delle conche.

In particolare in questo sistema sono inclusi:

- il sistema oleoidraulico per la movimentazione e d il blocco delle porte che comprende:

	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 19
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

- i cilindri di movimentazione e di blocco delle porte;
- la centralina oleoidraulica con la vasca di contenimento dell'olio, le elettropompe di pressurizzazione, le tubazioni di collegamento di mandata e ritorno tra la centralina ed i pistoni (sia di movimentazione che di blocco) complete delle relative valvole di regolazione ed intercettazione,
- il sistema di guarnizioni per realizzare la tenuta delle porte quando sono chiuse;
- il sistema di produzione e distribuzione dell'aria compressa per il gonfiaggio delle guarnizioni di tenuta delle porte e per la regolazione di valvole pneumatiche e strumenti;
- la rete di distribuzione dell'acqua potabile derivata del sistema a servizio della barriera di Chioggia.

Impianti elettrici

In questa sezione sono comprese tutte le apparecchiature che presiedono alla distribuzione dell'energia elettrica per l'esercizio delle apparecchiature meccaniche, per l'illuminazione e per la realizzazione della rete di terra.

In particolare in questo sistema sono inclusi:

- il sistema di controllo e distribuzione dell'energia elettrica per l'alimentazione dei motori elettrici delle diverse apparecchiature a movimentazione che comprende:
 - i quadri elettrici con i relativi interruttori,
 - i cavi elettrici di collegamento con i quadri di barriera e con le diverse utenze;
- il sistema di alimentazione per l'impianto di illuminazione dell'edificio di controllo e dell'area esterna
- il sistema di alimentazione tramite UPS in emergenza;
- le vie cavi da realizzare con tubazioni conduit o con passerelle meccaniche;
- la rete di terra.

 TECINTRA	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 20
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Impianti di strumentazione e controllo

In particolare in questo sistema sono inclusi:

- tutta la strumentazione necessaria per il corretto esercizio e controllo dei sistemi elettromeccanici compresi i relativi cavi di collegamento;
- il sistema di controllo e gestione di tutte le apparecchiature e dei sistemi collegati (PCS – DCS) con la relativa raccolta e gestione dati;
- il sistema di alimentazione tramite UPS in emergenza;
- la rete di terra

Impianti di ventilazione e condizionamento

In particolare in questo sistema sono inclusi tutte la apparecchiature di ventilazione e condizionamento con i relativi collegamenti elettrici e di convogliamento dell'aria.

Impianti di rilevazione e spegnimento incendi

In particolare in questo sistema sono inclusi:

- il sistema di rilevazione incendi;
- il sistema di spegnimento incendi con idranti con relativo collegamento alla rete antincendio della barriera di Chioggia;
- il sistema di spegnimento incendi con sistema a schiuma (tramite monitori) a servizio di una parte dell'area esterna;
- il sistema di spegnimento incendi con gas inerte (Tipo IG 55) a protezione delle sale elettriche, della sala PLC e della sala controllo.

Impianti antintrusione e antipermanenza

In particolare in questo sistema sono inclusi:

- il sistema di controllo degli accessi;
- serie di telecamere per il controllo dell'area;
- il sistema di rilevamento della presenza di personale all'interno dei locali;

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 21
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Impianti di telecomunicazione

In particolare in questo sistema sono inclusi:

- il sistema interfonico all'interno dell'area delle conche;
- il sistema per le comunicazioni telefoniche con l'esterno;
- la disponibilità di una radio per comunicazioni.

Impianti per le segnalazioni marittime.

In particolare in questo sistema sono inclusi:

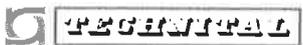
- il sistema semaforico all'interno ed all'esterno delle conche;
- i quadri, posti all'esterno delle conche, con l'indicazione delle frequenze da utilizzare per i contatti con la capitaneria di porto.

2.2.5. WBS CH.E1.14- WBE02-Edificio di Controllo e completamento

L'edificio di controllo delle conche, posto sul terrapieno centrale, i suoi impianti minori afferenti ed i completamenti fanno parte WBS CH.E1.14 e saranno incluse nella successiva WBE CH.E1.14.PE.02.

Oltre all'edificio di controllo, verranno incluse quelle parti d'opera necessarie a dare completamento alle conche, come il completamento delle pavimentazioni.

Inoltre lungo le pareti della camera delle conche verranno disposti parabordi in legno azobè per evitare contatti tra le imbarcazioni e le pareti stesse. Tali elementi erano stati previsti nella WBS CH.E1.10, ma sono stati stralciati nel corso dell'approvazione del progetto esecutivo e saranno quindi inseriti nella WBS CH.E1.14.PE.02.

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 22
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

3.1. Organizzazione delle WBS e delle WBE delle porte e opere elettromeccaniche delle conche di Chioggia

Le parti del progetto delle opere mobili sono codificate secondo una Work Break-down Structure (WBS).

In particolare, le porte e le opere elettromeccaniche delle conche sono individuate dalla WBS: CH.E1.14 – Bocca di Chioggia – Conche : Porte ed opere elettromeccaniche.

La suddivisione in WBE è la seguente:

- WBE: CH.E1.14.PE.01 – Bocca di Chioggia – Conche: Porte ed opere elettromeccaniche – Protezione catodica, porte, passerelle e panconi;
- WBE: CH.E1.14.PE.02 – Bocca di Chioggia – Conche: Porte ed opere elettromeccaniche – Edificio di Controllo e Completamento.

La WBE01 “Bocca di Chioggia – Conche : Porte ed opere elettromeccaniche – Protezione catodica, porte, passerelle e panconi”, per esigenze legate ai finanziamenti effettivamente disponibili, è stata suddivisa in due parti:

- WBE 01A, già finanziata con voto del CTM n° 27 del 28/02/2008 e già stata realizzata, relativa alle predisposizioni per la protezione catodica attiva delle porte e alla protezione catodica delle adiacenti strutture di spalla;
- WBE 01B, relativa alle porte, alle passerelle, ai panconi delle conche per pescherecci di Chioggia ed ai relativi impianti afferenti.

Oggetto del presente stralcio progettuale è la sola WBE 01B.

Il presente stralcio progettuale (WBE01B), approvato tecnicamente contestualmente con la WBE01A ma che viene ora presentato nella sua forma finale per il finanziamento, ha come oggetto in particolare la fornitura e l’installazione delle porte, panconi, e passerelle comprensivi dei relativi impianti.

La presente versione del progetto di WBE01B contiene, rispetto alla prima stesura presentata in Comitato Tecnico del Febbraio 2008, alcune importanti migliorie ed integrazioni: innanzitutto include la totalità gli impianti afferenti alle Conche, compresi i collaudi, mentre la precedente versione del progetto non contemplava la fornitura dei si-

	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 23
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

stemi di controllo e degli impianti elettrici afferenti alle opere elettromeccaniche. Inoltre le porte di regolazione del livello nelle conche sono state ora dotate di una passerella che permetterà più agili operazioni di controllo e manutenzione dei cilindri di movimentazioni, in quanto rende visitabile la zona di attacco del pistone alle opere civili, ora ricollocata rispetto alla precedente versione del progetto. Sono state inoltre aggiunte alcune dotazioni di sicurezza, quali cancelli automatici di chiusura all'accesso delle passerelle di attraversamento conche, lampeggianti di avviso movimento porte e pulsanti per il blocco di emergenza della movimentazione delle porte, oltre ad includere forniture atte a migliorare la operazioni di recupero infortunati dai pozzi di spalla.

Rispetto alla prima versione del progetto, la presente versione è stata anche aggiornata alla luce della nuova Normativa entrata in vigore nel frattempo: in particolare sono state rivisitate le verifiche statiche e sismiche alla luce del DM 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" mentre la specifica tecnica di fabbricazione delle componenti metalliche è stata aggiornata per rendere le forniture di carpenteria metallica conformi alle nuove norme EN 1090-1:2012 e EN 1090-2:2011.

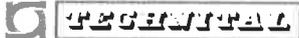
Sono state infine aggiunte alcune dotazioni anticendio come da richiesta proveniente dal Comando Provinciale dei VVFF (prot. 0018687 del 13/07/2011): si tratta in dettaglio della fornitura di 4 monitori a schiuma a protezione dei mezzi transitanti nelle conche e di una linea aggiuntiva lato nord dell'anello anticendio, completa di 3 idranti soprasuolo a protezione di un eventuale incendio proveniente dall'area boschiva Caroman (si veda lettera dei VVFF allegata alla presente).

3.2. Elaborati del progetto definitivo

- Relazione tecnica della Bocca di Chioggia, doc. TCH VE0734-PDRT004.

3.3. Studi e documenti specialistici sviluppati per la Conca di navigazione nell'ambito del progetto delle opere di Regolazione dei Flussi di Marea

- Navigational study through the Inlets of Venice Lagoon - DMI - Ottobre 2002
- Doc. Studio B.6.70 - Studio delle strutture e delle modalità operative per separare le esigenze della navigazione da quelle della salvaguardia nei canali di bocca di Lido, Malamocco e Chioggia, Technital, Ottobre 2003.

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 24
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

3.4. Elaborati del progetto esecutivo

Per l'elenco degli elaborati del progetto esecutivo della conca si rimanda alla serie MV048P-PE-CZL-1000.

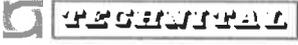
3.5. Normative e standard applicabili

3.5.1. Normativa italiana sulle strutture

- DM.LL.PP. del 14/1/2008, Norme tecniche per le costruzioni;
- Legge n. 1086 del 5/11/1971, “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso, e a struttura metallica”;
- DM.LL.PP. del 16/1/96, Norme tecniche relative ai “Criteri generali per la per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi” e relative Istruzioni applicative;
- Circolare 4/7/96, “Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi” di cui al DM prec.;
- DM.LL.PP. 9/1/96, “Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche” e relative Istruzioni applicative;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20/03/2003, “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionali e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e successive integrazioni e modificazioni;
- Circolare Min.LL.PP. del 15/10/96, “Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche” di cui al D.M. prec.;
- DM. Infrastrutture e Trasporti 14/09/05, “Norme tecniche per le costruzioni”.

3.5.2. Eurocodici

- UNI EN 1990:2004 - “Eurocodice - Criteri generali di progettazione strutturale”;
- UNI EN 1992-1-1:2005 – “Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1 - 1 -Regole generali e regole per gli edifici”;

	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 25
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

- UNI EN 1993-1-1:2005 – “Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1 - 1 -Regole generali e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1993-1-5:2007 – “Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1 - 5 –Plated structural element”;
- UNI EN 1993-1-8:2005 – “Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1 - 8 –Design of joints”;
- UNI EN 1994-1-1:2005 - Eurocodice 4 – “Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 1 - 1 -Regole generali e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1997-1:2005 – “Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica - Parte 1: regole generali”;
- UNI EN 1998-1:2005 – “Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1998-5:2005 – “Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”.

3.5.3. Norme specifiche sull'acciaio

- UNI EN 10025:2005 – “ Prodotti laminati a caldo di acciai non legati per impieghi strutturali. Condizioni tecniche di fornitura”;
- EN 10210 : 1999 Hot finished structural hollow sections of non-alloy and fine grain steels. Technical delivery requirements.
- EN 10088 :2005 Stainless steel - Technical delivery conditions for sheet/plate and strip for corrosion resisting steels for general purposes.
- EN 1090-1:2012 Execution of steel structures. General rules and rules for buildings.
- EN 1090-2:2011 Execution of steel structures and aluminium structures. Technical requirements for steel structures.
- CNR UNI 10011, “Costruzioni in acciaio. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione”, 1987.

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 26
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

3.5.4. Norme sulle costruzioni marittime

- Consiglio Superiore Lavori Pubblici, 23-09-0994 n.156 – “Istruzioni tecniche per la progettazione delle dighe marittime”;
- USACE: “Coastal Engineering Manual”, 2006
- BSI 6349: part 1 - 1984 – “Maritime structures - Part. 1 - General criteria”, issued by the British Standard Institution;
- BSI 6349: part 2 - 1988 – “Maritime structures - Part. 2 -Design of quay walls, jetties and dolphins”, issued by the British Standard Institution;
- BSI 6349: part 3 - 1988 – “Maritime structures - Part. 1 –Code of practice for general criteria”, issued by the British Standard Institution;
- BSI 6349: part 1 - 2000 – “Maritime structures - Part. 1 - General criteria”, issued by the British Standard Institution;
- ROM 0.2-1990 – “Actions in the design of maritime and harbour works”, Maritime works recommendations issued by Puertos del estado, Spain;
- ROM 0.2-2000 – “General procedure and requirements in the design of harbour and maritime structures”, Maritime works recommendations issued by Puertos del estado, Spain;
- EAU 1996 – “Recommandations of the Committee for waterfront structures, Harbours and Waterways”, issued by the Committee for Waterfront Structures of the Society for Harbour Engineering and the German Society for Soil Mechanics and Foundation Engineering;
- PIANC - 2003 – “Breakwaters with vertical and inclined concrete walls”, issued by the Permanent Association of navigation Congresses;
- PIANC - 2002 – “Guidelines for the design of fender systems”, issued by the Permanent Association of navigation Congresses;
- PIANC - 1997 – “Dredged material management guide”, issued by the Permanent Association of navigation Congresses;
- PIANC - 1997 – “Guidelines for the design of armoured slopes under open piled quay walls”, issued by the Permanent Association of navigation Congresses;
- PIANC - 1987 – “Guidelines for the design and construction of flexible revetments incorporating geotextiles for inland waterways”, issued by the Permanent Association of navigation Congresses.

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 27
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

3.5.5. Norme specifiche sulle conche di navigazione

- PIANC - 1986 - “Final report of the international commission for the study of locks”, issued by the Permanent Association of navigation Congresses;
- USACE - 1995 - "Planning and design of navigation locks", EM1110-2-2602;
- USACE - 2006 - “Hydraulic design of navigation locks”, EM1110-2-1064;
- USACE – 1975 - “Hydraulic design of dams”, EM1110-2-1610;
- USACE- 1994 – “Navigation locks. Fire protection provisions”, EM1110-2-2608;
- USACE – 2003 – “Lock and dam gate operating and control systems”, EM1110-2-2703;
- Regio decreto 9/12/1937, 2669, “Regolamento sulla tutela delle opere idrauliche di 1a e 2a categoria e delle opere di bonifica.

 CONSORZIO	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 28
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

4. ORGANIZZAZIONE DEI DOCUMENTI DI PROGETTO

4.1. Organizzazione della documentazione di progetto

Le opere di questa WBE sono costituite da strutture in acciaio, da dispositivi elettromeccanici a servizio delle porte e della protezione catodica. Le attività di progettazione sono quindi prevalentemente quelle legate al calcolo strutturale e al dimensionamento delle parti meccaniche ed elettriche.

Gli elaborati di progetto sono organizzati nella maniera seguente:

DOCUMENTAZIONE GENERALE:

La relazione tecnica generale, il presente documento, che descrive sinteticamente tutte le opere, le inquadra nell'ambito del progetto definitivo, degli studi specialistici e dei progetti esecutivi già approvati o in corso di approvazione alla Bocca di Lido Treporti. Vengono quindi trattati i dati di base e i criteri di progetto; capitoli specifici sono dedicati alle particolarità realizzative/costruttive di queste WBE;

Gli elaborati amministrativi includono il capitolato speciale, i computi, gli elaborati della sicurezza, il piano di manutenzione ecc. e sono organizzati come di consueto nei progetti delle opere mobili;

Gli elaborati relativi alla sicurezza;

Il piano di manutenzione.

PROGETTO STRUTTURALE:

Le relazioni di calcolo strutturale sono due. Una prima relazione riguarda le verifiche delle parti strutturali principali della porta; la seconda riguarda le verifiche di dettaglio della porta (passerella, fender e particolari porta).

Una specificazione tecnica di fornitura delle strutture in acciaio;

Una specificazione tecnica e di calcolo per la protezione catodica delle porte;

Gli elaborati grafici sono divisi in tre gruppi:

- gli elaborati grafici di inquadramento (planimetrie della bocca, corografie, inquadramento topografico, ecc.);
- Elaborati grafici di progettazione esecutiva relativa ai getti di seconda fase;
- Elaborati grafici di progettazione esecutiva relativa alle carpenterie metalliche.

	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 29
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

PROGETTO IMPIANTI:

Gli elaborati del progetto impianti sono divisi nei seguenti gruppi:

- Automazione e strumentazione;
- Impianti elettrici;
- Impianti meccanici;
- Impianto antincendio;
- Impianto HVAC;
- Impianto di telecomunicazione;

Per ogni parte di progetto sono presenti specifiche di fornitura, elaborati grafici di layout e schemi funzionali.

4.2. Elenco degli elaborati del progetto esecutivo della WBE-01B

Per l'elenco degli elaborati di progetto della WBE-01B si veda il documento:

Bocca di Chioggia – Conche per pescherecci – Porte e opere elettromeccaniche -
Elenco elaborati – codice MV048P-PE-CZL-6000.

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 30
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

5. SINTESI E CONCLUSIONI DEL PROGETTO

5.1. Quali sono le opere della WBE-01

La WBE-01 delle opere elettromeccaniche delle conche comprende:

- Il progetto delle porte, delle passerelle e dei panconi;
- Il progetto degli impianti elettromeccanici ed elettrostrumentali afferenti alle conche di navigazione.

5.2. Quali sono stati i principali indirizzi di progetto

5.2.1. Studi di moto ondoso e di traffico

Sulla base degli studi relativi al moto ondoso e ai livelli di marea alla bocca di Chioggia ed a quelli relativi al traffico di pescherecci sono stati dimensionati, già in sede di progetto definitivo, i requisiti funzionali e la geometria delle conche.

La scelta delle tipologie di porte è stata condotta, anch'essa, in sede di progetto definitivo e risponde sia ai requisiti di funzionalità che di economicità.

5.2.2. Progettazione strutturale

La progettazione strutturale è stata impostata impiegando, come di consueto, gli Eurocodici e l'ordinanza sismica, oltre che tenendo presente il DM08. La vita utile di progetto è stata assunta pari a 100 anni. Le caratteristiche delle soluzioni strutturali sono sempre volte, ove possibile e nei limiti di quanto consentito dalle norme, alla realizzazione di strutture con comportamento duttile, durevoli e di facile manutenibilità.

Va da sé che nel caso delle opere elettromeccaniche la vita di progetto di 100 anni si raggiunge solo con piani di manutenzione ordinaria e straordinaria che prevedano la riparazione o la sostituzione delle parti di impianto in relazione alle loro condizioni d'uso.

5.3. Quali sono stati i principali risultati di progetto

5.3.1. Verifica delle strutture

Le opere sono state verificate allo stato limite ultimo per quel che riguarda la stabilità strutturale globale e quella strutturale locale in tutte le fasi, sia di costruzione, sia di esercizio. Le verifiche sono sempre risultate soddisfatte ai sensi delle

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 31
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

normative vigenti. Analoghe verifiche sono state effettuate per lo stato limite di esercizio (principalmente verifiche di deformabilità).

5.3.2. La scelta dei materiali e la manutenzione delle opere

Le ipotesi in termini di scelte dei materiali e durabilità delle stesse hanno condotto alla stesura di un piano di manutenzione e di specifiche indicazioni di capitolato in merito alle procedure realizzative. Alle procedure di manutenzione è stato dedicato un documento specifico.

	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 32
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

6. DATI DI BASE

6.1. Vita utile di progetto

La vita utile di progetto è definita come il “periodo durante il quale si assume che la struttura sarà utilizzata per gli scopi previsti, con manutenzione anticipata, ma senza che risultino necessari sostanziali interventi di riparazione”. Nel caso delle opere per la regolazione delle maree, trattandosi di una struttura di ingegneria civile di primaria importanza, si assume, conformemente alla EN 1990, $T_v = 100$ anni.

La durabilità delle opere è un requisito di base del progetto legato alla vita di servizio prescritta.

Stabilita la vita di servizio della struttura, la durabilità viene perseguita, a livello progettuale, in base a consolidate prescrizioni normative (principalmente contenute negli Eurocodici e nel DM 08) e in base all'esperienza maturata dal Progettista per opere della medesima tipologia.

Con riferimento alle Istruzioni Tecniche per la progettazione delle dighe marittime, edite dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (1996), alle opere suddette è opportuno associare un livello di sicurezza pari a 3 e trattandosi di infrastrutture civili di uso generale, anche in base a tale normativa, è richiesto di assumere una vita utile di 100 anni.

Infine, definita la vita di servizio e con lo scopo di conseguirla, si è proceduto a:

- definire le azioni sulle strutture in funzione delle diverse destinazioni d'uso e delle diverse fasi realizzative
- stabilire le deformazioni ammissibili in relazione alle diverse condizioni d'uso e alle diverse fasi di realizzazione delle strutture principali e degli elementi strutturali minori
- definire le azioni sulle strutture in funzione dell'interazione delle opere con l'ambiente in cui sono inserite
- definire gli effetti non strutturali dell'ambiente sulle opere (ad es. la corrosione)
- redigere il progetto dei materiali (composizione, prestazioni, proprietà)
- effettuare la scelta del sistema strutturale ottimale

 GENERAL	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 33
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

- redigere il progetto delle sezioni strutturali resistenti ottimali
- redigere le specifiche di realizzazione delle opere
- individuare specifiche misure precauzionali da mettere in atto per garantire la durabilità delle opere
- garantire l'inquadramento in un piano generale di manutenzione.

6.2. Condizioni ambientali: marea e moto ondoso

6.2.1. Livelli di marea e moto ondoso

Nel progetto il livello dell'acqua è riferito al livello medio mare (l.m.m), il cui riferimento (0.00 m s l.m.m.) attualmente si trova 23 cm sopra il livello misurato a Punta della Salute, dove è collocato il mareografo storico di Venezia. Nella situazione attuale il livello a Punta della Salute durante la marea è praticamente uguale (a parte uno sfasamento temporale) a quello delle bocche di porto: pertanto nel dimensionamento delle opere in esame si farà riferimento alla statistica dei livelli misurati a Punta della Salute. Tale statistica evidenzia che valori frequenti di marea sono di circa $\pm 0,50$ m s.l.m.m.

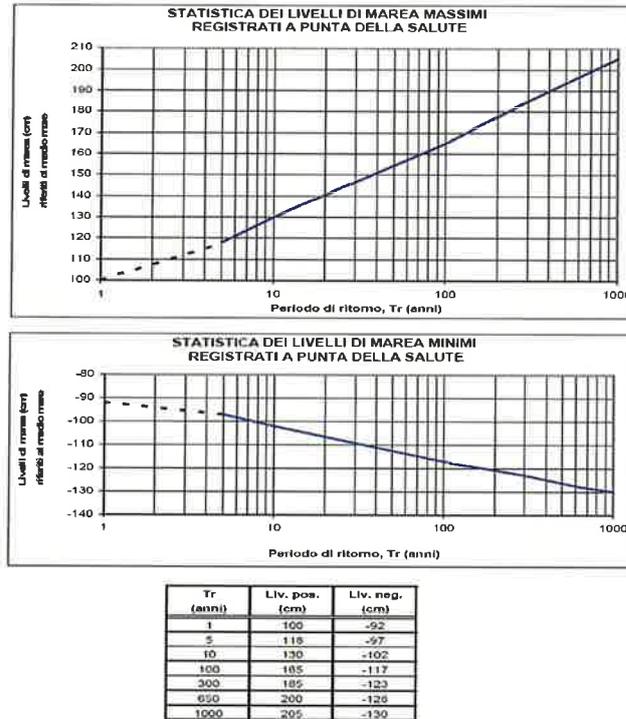


FIG. 6.1 - STATISTICA DEI LIVELLI DI MAREA AL COLMO E AL CAVO REGISTRATI A PUNTA DELLA SALUTE

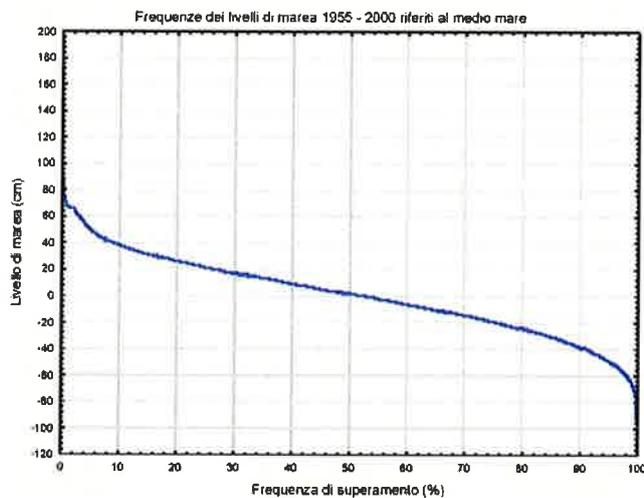


FIG. 6.2 - FREQUENZA DI SUPERAMENTO RILEVATA A PUNTA DELLA SALUTE

6.3. Onde di fronte alle conche lato mare

Per il dimensionamento delle opere della porta della bocca di Chioggia si possono considerare le seguenti condizioni di moto ondoso e livelli (rif. tabella seguente).

TAB. 6.1 STATISTICA COMBINATA ONDE-LIVELLI ALLA PORTA DI CHIOGGIA

STATISTICA COMBINATA ALLA PIATTAFORMA			STATISTICA COMBINATA IN C2				DAVANTI ALLA CONCA 1%					
Tr (anni)	liv (m)	Hspff (m)	BORA		SCIROCCO		SCIROCCO			BORA		
			Tp (s)	Hs C2 (m)	Tp (s)	Hs C2 (m)	Hs lunga (m)	livelli >0 (m)	livelli <0 (m)	Hs lunga (m)	livelli (m)	
5	<0.7	4.4	8.4	4.2	9.4	4.0	0.8	0.6	-0.3	0.9	+/-	0.6
5	1.00	4.0	8.0	3.8	9.0	3.6	0.6	0.5	-0.2	0.7	+/-	0.4
5	1.18	3.0	6.9	3.0	7.8	2.8	0.2	0.2	0.0	0.3	+/-	0.2
10	<0.75	4.7	8.7	4.4	9.8	4.2	0.9	0.7	-0.4	1.0	+/-	0.6
10	1.00	4.4	8.4	4.2	9.4	4.0	0.8	0.6	-0.3	0.9	+/-	0.6
10	1.30	3.5	7.5	3.4	8.4	3.2	0.4	0.4	-0.1	0.5	+/-	0.3
100	<0.8	5.6	9.5	4.9	10.6	4.9	1.2	1.0	-0.6	1.2	+/-	0.8
100	1.30	5.0	8.9	4.6	10.1	4.4	1.0	0.8	-0.4	1.1	+/-	0.7
100	1.50	4.6	8.6	4.3	9.7	4.1	0.8	0.7	-0.4	0.9	+/-	0.6
100	1.65	4.0	8.0	3.8	9.0	3.6	0.6	0.5	-0.2	0.7	+/-	0.4
300	<1.00	6.0	9.8	5.1	11.0	5.2	1.4	1.1	-0.7	1.3	+/-	0.8
300	1.50	5.5	9.4	4.8	10.6	4.7	1.1	0.9	-0.5	1.2	+/-	0.7
300	1.70	5.0	8.9	4.6	10.1	4.4	1.0	0.8	-0.4	1.1	+/-	0.7
300	1.85	4.0	8.0	3.8	9.0	3.6	0.6	0.5	-0.2	0.7	+/-	0.4
650	<1.2	6.2	10.0	5.2	11.2	5.4	1.5	1.2	-0.7	1.3	+/-	0.9
650	1.60	5.8	9.6	5.0	10.8	5.1	1.3	1.0	-0.6	1.3	+/-	0.8
650	1.90	5.0	8.9	4.6	10.1	4.4	1.0	0.8	-0.4	1.1	+/-	0.7
650	2.00	4.0	8.0	3.8	9.0	3.6	0.6	0.5	-0.2	0.7	+/-	0.4
1000	<1.25	6.4	10.1	5.2	11.4	5.5	1.5	1.2	-0.8	1.4	+/-	0.9
1000	1.70	6.0	9.8	5.1	11.0	5.2	1.4	1.1	-0.7	1.3	+/-	0.8
1000	2.00	5.0	8.9	4.6	10.1	4.4	1.0	0.8	-0.4	1.1	+/-	0.7
1000	2.05	4.0	8.0	3.8	9.0	3.6	0.6	0.5	-0.2	0.7	+/-	0.4

Nel dimensionamento delle opere ai livelli dovuti al moto ondoso occorre aggiungere quelli dovuti alla marea ed, eventualmente, quelli dovuti all'eustatismo.

Per una trattazione dell'analisi delle maree e dei moti ondosi e delle prove su modello effettuate si veda quanto contenuto nell'appendice A allegata alla presente relazione.

 GENERAL	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 36
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

6.3.1. Periodo di ritorno delle azioni

Nel caso dello stato limite ultimo, il tempo di ritorno viene calcolato, salvo più precisa determinazione⁽¹⁾, moltiplicando per 10 la durata in anni della vita di progetto dell'opera.

Nel caso dello stato limite di servizio, la normativa prescrive la considerazione di diverse combinazioni di carico: la rara, la frequente e la quasi-permanente. I valori della azioni vengono combinati impiegando coefficienti parziali che hanno la funzione, nei diversi casi, di far passare l'azione variabile dal suo valore caratteristico a quello di combinazione, a quello frequente e a quello quasi-permanente. Tali coefficienti, però, sono codificati nelle normative solo per il caso degli edifici e possono essere penalizzanti per le opere di sostegno, specie per le azioni meteorologiche. In effetti, le azioni dovute ad agenti meteorologici sono, in genere, azioni statiche equivalenti, quindi sono di per sé tendenzialmente conservative nelle analisi di deformazione delle strutture.

Un approccio alternativo all'adozione tout court dei coefficienti ψ_{02} di normativa, consigliabile solo quando si stiano considerando delle fasi di costruzione o delle opere provvisorie (in quanto non apertamente codificato dalle norme), è quello di impiegare, per le verifiche nelle situazioni frequenti e quasi-permanenti, dei valori caratteristici delle azioni desunti da diagrammi o tabelle presentati che illustrino la ricorrenza dell'azione in relazione alla effettiva durata della situazione in analisi e di individuare direttamente quali valori di combinazione, frequente e quasi-permanenti adottare. Si ottiene in tal modo una verifica calibrata sulla situazione di effettivo esercizio.

6.3.2. Altezza d'onda

Di fronte alle conche, all'interno del porto rifugio, l'onda di breve periodo è inferiore a 0.20 m, mentre l'onda lunga cresce all'aumentare dell'onda di breve periodo in generazione, raggiungendo in condizioni estreme il valore $H_s=1.5$ m.

Le onde di breve periodo hanno effetto limitato e pertanto possono essere considerate trascurabili, mentre l'effetto dell'onda di lungo periodo può essere considera-

⁽¹⁾ La relazione rigorosa prevede che $T_{rp}=T_v/[-\ln(1-P_f)]$, dove T_{rp} è il periodo di ritorno dell'azione, T_v è la vita di progetto dell'opera, P_f è la probabilità di superamento del valore di progetto (o probabilità di danneggiamento dell'opera).

 GENERAL	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 37
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

ta equivalente ad una variazione di livello, infatti i periodi di picco associati a tali onde sono dell'ordine dei 250 s (4 minuti).

Pertanto valgono i valori di altezza d'onda riportati nella statistica combinata del paragrafo "Livelli di marea e moto ondoso".

6.3.3. Livelli di marea nella situazione sismica

Nella situazione sismica, sia allo stato limite ultimo sia allo stato limite di danno, si considera, come effetto degli agenti meteomarinari una marea di + 1 metro slmm.

6.3.4. Onda generata dal traffico di natanti nel canale di conca

Il traffico nel canale di conca genera un moto ondoso che incide sulle porte. Il valore dell'altezza d'onda significativa è pari a 0.45 m. Tale valore non sono stati considerati nelle verifiche in quanto la porta è dimensionata con i valori massimi di dislivello che non prevedono l'operatività della conca.

6.4. Sisma

L'evento sismico viene trattato secondo quanto prescritto dal DM 14-01-08 "Norme tecniche per le costruzioni".

6.4.1. Zonazione dell'Istituto Nazionale di Vulcanologia

Nel novembre 2006, l'Istituto Italiano di Vulcanologia ha predisposto un sito web in cui è possibile determinare con estremo dettaglio le caratteristiche di sismicità del territorio italiano. Le stesse informazioni sono ricavabili dall'allegato al DM del 14-01-08 che riporta, per latitudine e longitudine, la zonazione del rischio sismico del territorio italiano.

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che si verifichi in un certo intervallo temporale un evento sismico di entità pari ad un valore prefissato.

Tutte le strutture del MOSE appartengono alla classe II (punto 2.4.2 della norma) a cui è attribuito un coefficiente $C_u = 1$ (punto 2.4.3). La vita nominale (grandi opere infrastrutturali) è stabilita in $V_n = 100$ anni (punto 2.4.1).

Il periodo di riferimento dell'azione sismica (punto 2.4.3) risulta dunque:

$$V_r = V_n \cdot C_u = 100 \text{ anni.}$$

 GENERAL	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 38
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

La probabilità Pr di superamento dell'azione sismica nella vita VR è data dalla tabella 3.2.I della norma.

Il periodo di ritorno TR dell'azione sismica, da prendere in conto per verificare gli stati limite suddetti, è dato dalla relazione:

$$Tr = Vr / \ln (1-Pr)$$

In conclusione per gli stati limite di danno e di salvaguardia della vita (SLV) rispettivamente utilizzati per le verifiche strutturali agli SLE ed agli SLU, si ha:

SLD Pr = 63% TR = 101 anni

SLV Pr = 10% TR = 949 anni

I parametri che definiscono la sismicità del sito (spettro di risposta elastico) su terreno tipo A sono dati dal INGV (si veda al sito www.ingv.it per le coordinate del punto lat: 45.1788, long: 12.2854).

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63%

TR: 101 [anni]

ag: 0,037 g

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10%

TR: 949 [anni]

ag: 0,069 g

6.4.1. Azione sismica - Spinte date dalla presenza dell'acqua

Le verifiche in fase sismica della struttura sono condotte in maniera semplificata mediante un'analisi pseudo-statica. In presenza di acqua libera è necessario tenere in conto la sovrappressione dell'acqua dovuta all'effetto idrodinamico, avente pressione distribuita pari a:

$$p_{h,w} = \mp \frac{7}{8} k_h \gamma_w (yh)^{\frac{1}{2}}$$

essendo h l'altezza del pelo libero dalla quota del terreno ed y la quota del singolo elemento.

 GENERAL	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 39
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

L'azione sismica orizzontale k_h è così valutata :

$$k_h = \frac{a_{\max}}{g}$$

Essendo a_{\max} la massima accelerazione attesa al sito, valutata con la relazione:

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

in cui S è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T).

I coefficienti S_T e S_S valgono rispettivamente 1 e 1.5 (terreno di tipo C).

I coefficienti k_h introdotti nelle analisi valgono:

$$k_h = 1 \cdot 1.5 \cdot 1 \cdot 0.037 = 0.055 \quad \text{stato limite di danno (SLD)}$$

$$k_h = 1 \cdot 1.5 \cdot 1 \cdot 0.069 = 0.103 \quad \text{stato limite salvaguardia della vita (SLV)}$$

6.4.2. Azione sismica - Valori inerziali

Le azioni inerziali sono valutate in funzione dei pesi degli elementi strutturali e dei carichi permanenti, in modo da riprodurre gli effetti inerziali del sisma sulla struttura e le masse ad essa applicate.

I valori di accelerazione orizzontali sono i seguenti:

$$k_h = 1 \cdot 1.5 \cdot 1 \cdot 0.037 = 0.055 \quad \text{stato limite di danno (SLD)}$$

$$k_h = 1 \cdot 1.5 \cdot 1 \cdot 0.069 = 0.103 \quad \text{stato limite salvaguardia della vita (SLV)}$$

 GENERAL	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 40
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

6.5. Sovraccarichi dovuti all'operatività delle passerelle

Su ognuna delle porte è previsto il posizionamento di passerelle (della larghezza di 1.5 metri) hanno la funzione di permettere l'attraversamento delle conche.

Per ogni passerella è previsto un sovraccarico di

$$q = 5 \text{ kN/m}^2$$

6.6. Carichi dovuti alle fasi costruttive

L'assemblaggio della porta è previsto in officina, mentre il trasporto avverrà per mezzo di pontoni ed il varo direttamente con gru all'interno della testata messa all'asciutto grazie all'ausilio dei panconi.

E' previsto che la porta venga varata sulla piletta dello snodo inferiore e su 3 appoggi provvisori (posti in prossimità del fasciame) per permettere le necessarie regolazioni degli snodi; sono quindi state inserite, al termine degli irrigidimenti verticali tubolari del fasciame, 3 piastre di 20 mm per il contrasto degli appoggi provvisori.

La porta è quindi stata verificata in fase di sollevamento ed in configurazione provvisoria.

Per il sollevamento sono stati considerati 4 punti di vincolo in corrispondenza del tubolare centrale e dei 3 tubolari irrigidenti del fasciame. Il peso proprio è stato aumentato considerando un coefficiente di movimentazione $C=1.3$.

E' stata anche effettuata una verifica della porta sottoposta a peso proprio e fouling vincolata sugli appoggi provvisori e piletta.

I carichi considerati per tali fasi sono quelli relativi al peso proprio aumentati di un coefficiente di 1.3.

6.7. Carichi dovuti ad azioni accidentali: urto accidentale di navi

Sono state effettuate alcune analisi circa le conseguenze dovute agli effetti di urti da parte di natanti in fase di ingresso nella conca oppure in navigazione all'interno della conca.

	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 41
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Prendendo a riferimento la principale normativa esistente sulle porte per conche di navigazione (la DIN 19704) si considera che la porta debba essere in grado di resistere ad azioni di strisciamento/atrito (urti che avvengono a limitate velocità) e non ad urti per impatto (urti effettuati a velocità sostenute) che, se considerati, comporterebbero uno stravolgimento delle strutture della porta tale da non renderla proporzionata ai suoi usi.

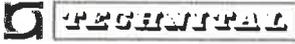
E' stato quindi verificato che il fasciame rinforzato con le costolature fosse in grado di reggere ad azioni concentrate di 100 kN (valore di riferimento fornito dalla norma DIN 19704) per prevedere possibili urti lato esterno conca; dato il previsto sistema di regolazione semaforica del traffico e degli allarmi inseriti, l'evento di un urto lato esterno conca appare comunque remoto. Inoltre, una improbabile apertura di falla sul fasciame derivata dall'urto di un natante, potrebbe essere facilmente riparata senza coinvolgere le restanti parti strutturali della porta.

Sul telaio lato interno conca l'evento urto per frizione appare invece meno improbabile, dato il possibile l'affollamento di natanti all'interno della conca; eventuali danneggiamenti concentrati sul telaio potrebbero inoltre avere effetti non solo locali, ma coinvolgere anche la funzionalità del telaio nel suo insieme.

Per tale ragione è stato studiato un telaio che regge dei fenders piccoli che proteggono da urti per strisciamento i profili del telaio posizionati al di sopra di quota medio mare.

I fender sono fissati su un telaio in acciaio indipendente collegato tramite bullonature alla struttura della porta in prossimità dei nodi in modo da poterne garantire la rimozione in caso di sostituzione/manutenzione.

La tabella seguente consente di valutare l'energia d'impatto mobilitabile per la tipologia di imbarcazioni massime e di imbarcazioni più probabili (pescherecci con 38 t di dislocamento).

	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 42
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

TAB. 6-2 - TIPOLOGIA DI IMBARCAZIONI IN TRANSITO ATTRAVERSO IL CANALE E RELATIVE ENERGIE D'ACOSTO SVILUPPATE

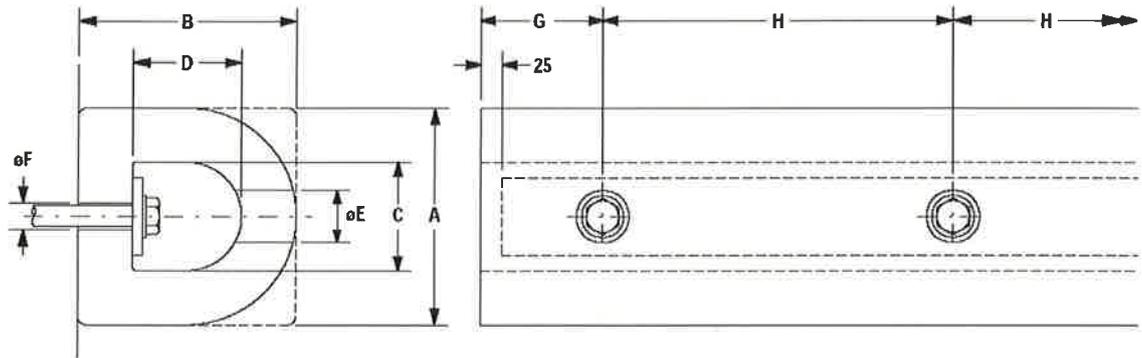
GIVEN:	Equation, Variation range	Unit	Fishing vessel Displ. 380 t	Fishing vessel Displ. 830 t	Fishing vessel 30,3 t	
			Urto imb. A	Urto imb. B	Urto con nave più probabile	
			v_1	v_1		
Length Overall	L_{oa}	m	30.00	32.00	15.00	
Beam	B	m	8.24	9.00	4.22	
Draught	T	m	2.90	3.50	1.10	
Block coefficient	$C_b = M_D / (L * B * D * \rho_w)$		0.55	0.80	0.55	
Specific weight of water	ρ_w	t/m ³	1.03	1.03	1.03	
Displacement	M_D	t	394	806	38	
Collision angles	α	(°)	90	90	90	
Water depth in front of quay	h	m	5.00	5.00	5.00	
CALCULATION:						
Under Keel Clearance	UKC	m	2.10	1.50	3.90	
Velocity of vessel (in longitudinal direction) - SHIPMA	V_b	Derived from simulation with fast time simulator (SHIPMA 6.2)	m/s	0.20	0.14	0.50
Length Between Perpendicular	Lpp	m	24.00	25.60	13.50	
Berthing Energy **	$E_N = 0.5 C_M M_D (V_b)^2 C_E C_S C_C$	kNm (KJ)	7.89	7.90	4.79	

*: "Guidelines for Design of Fenders Systems: 2002", MarCom Report of WG33 2002

Il valore di riferimento dell'energia preso in conto in fase di accosto alle strutture è pari a circa 7.9 kNm. Tale energia equivale a quella prodotta da natanti di stazza di 380 t, velocità di urto di 0.2 m/s e da imbarcazioni con dislocamento di 830 t e velocità $v = 0.14$ m/s.

Per pescherecci di stazza media (con 30 t di dislocamento) con velocità di 0.5 m/s si ottiene un'energia di accosto di circa 4.80 kNm.

E' stato previsto quindi l'utilizzo di dissipatori di energia costituiti da fenders del tipo 'DD fenders' della Fentek disposti a protezione dei tubolari posti al di sopra del livello del mare che, nella configurazione 250x200, sono in grado di assorbire energie fino ad 8.9 kNm.



APPLICATION

Extruded Fenders are ideal for:-

- Smaller jetties and wharves
- Workboats and service craft
- Mooring pontoon protection
- Inland waterways
- General purpose applications



▲ SD-Fenders, Portsmouth (ENGLAND)

FIG. 6.3 - TIPOLOGIA DI FENDER ADOTTATI IN DIFESA DELLE PORTE DELLA CONCA DI CHIOGGIA

 FRONTAL	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 44
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

7. CRITERI GENERALI DI ANALISI E VERIFICA DELLA PROGETTAZIONE STRUTTURALE

Le verifiche strutturali e geotecniche vengono effettuate facendo riferimento al metodo semi-probabilistico agli stati limite applicato così come descritto negli Eurocodici (in particolare EN-1990, EC1, EC2, EC3, EC7, EC8) e richiamato nella vigente normativa (DM 14/01/2008).

Vengono considerati sia gli stati limite ultimi, che sono quelli associati al collasso della struttura (o dell'insieme struttura-terreno) o alla rottura di parti di essa, sia gli stati limite di servizio, che corrispondono a condizioni oltre le quali specifiche richieste d'uso per una struttura o per un elemento strutturale non sono più soddisfatte.

Le verifiche di sicurezza verranno condotte con il Metodo dei coefficienti parziali: in tutte le situazioni progettuali significative, si verificherà che gli stati limite non vengono superati quando i valori di progetto delle azioni, delle proprietà del materiale e dei dati geometrici sono introdotti nei modelli strutturali e di carico impiegati.

La verifica del non superamento delle situazioni limite consente di concludere che la probabilità di raggiungere una certa situazione limite, durante la vita utile della struttura (o durante l'orizzonte temporale di riferimento nel caso di una fase esecutiva/costruttiva), è inferiore al valore prefissato dalla norma.

Le verifiche effettuate consentiranno di assicurare che:

- le azioni di progetto non provochino il collasso globale della struttura o del terreno (anche in situazioni eccezionali/accidentali, ad esempio sisma);
- gli effetti delle azioni di progetto non superino la resistenza di progetto della struttura allo stato limite ultimo;
- gli effetti delle azioni di progetto non superino i criteri di funzionalità per lo stato limite di servizio.

7.1. Situazioni progettuali

Nel prossimo capitolo verranno individuate le *situazioni di progetto* significative tenendo conto delle circostanze nelle quali si richiede alla struttura di esercitare la propria funzione.

In generale, le situazioni progettuali saranno classificate nella maniera seguente:

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 45
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

- situazioni persistenti, che si riferiscono a condizioni di esercizio normale;
- situazioni transitorie, che si riferiscono a condizioni temporanee applicabili alla struttura, per esempio in fase di esecuzione o di riparazione;
- situazioni eccezionali o accidentali, che si riferiscono a condizioni eccezionali applicabili alla struttura, quali urti, incendi, esplosioni, ecc.;
- situazioni sismiche, che si riferiscono a condizioni applicabili alla struttura quando è soggetta ad eventi sismici.

Le situazioni progettuali che verranno descritte nel seguito, si inquadreranno nelle categorie appena presentate. Si noti che ciascuna categoria richiede una specifica analisi dell'orizzonte temporale in cui la situazione si manifesta; la situazione progettuale può manifestarsi durante tutta la vita utile della struttura o essere limitata alla durata di una specifica fase di esecuzione o riparazione.

7.2. Azioni sulle strutture e periodi di ritorno

Le azioni che agiscono sulle strutture sono classificate in base alla loro variazione nel tempo:

- azioni permanenti (G), come ad esempio il peso proprio delle strutture ed i carichi permanenti portati;
- azioni variabili (Q), come per esempio i sovraccarichi, le azioni dovute alle maree e alle onde;
- azioni eccezionali o accidentali (A), come l'azione di una mareggiata eccezionale o la forza di impatto dovuta all'urto di un natante;
- azioni sismiche (E).

Tutte le azioni che agiscono sulla struttura vengono introdotte nei calcoli di verifica in termini di un *valore rappresentativo* $F_{rep} = \psi \cdot F_k$. Il principale valore rappresentativo di una azione è il suo *valore caratteristico* $F_{rep} = F_k$, che viene specificato in genere come valore medio, valore superiore o inferiore o valore nominale, secondo la natura dell'azione e i dati disponibili. Tale scelta verrà di volta in volta evidenziata e discussa nei capitoli seguenti.

Nella definizione del valore caratteristico dell'azione si procederà secondo i seguenti criteri. Qualora sia definita, sulla base di un adeguato campione di osservazioni, la distribuzione statistica dell'azione, il valore caratteristico corrisponde al valore avente una prefissata probabilità di superamento, durante il periodo di rife-

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 46
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

rimento che si considera (nel caso delle situazioni persistenti coincidente con la vita utile di progetto della struttura). Nel caso in cui la variabilità dell'azione è piccola o non ne è compiutamente definita la distribuzione statistica, si farà riferimento ad un valore medio o ad un valore nominale dell'azione.

Nel progetto verranno impiegati anche altri valori rappresentativi delle azioni variabili, in particolare:

- il valore $\psi_0 \times Q_k$, detto valore di combinazione, che riduce il valore caratteristico ad un valore con periodo di ritorno inferiore; esso rappresenta il valore dell'azione da considerare concomitante con il valore caratteristico dell'azione variabile dominante⁽²⁾;
- il valore $\psi_1 \times Q_k$, detto valore frequente, che viene ottenuto dal valore caratteristico attraverso un fattore positivo inferiore a 1, scelto in modo che il valore dell'azione abbia una specifica probabilità di essere superato durante il tempo di riferimento della situazione progettuale⁽³⁾;
- il valore $\psi_2 \times Q_k$, detto valore quasi-permanente, che viene ottenuto dal valore caratteristico attraverso un fattore positivo inferiore a 1, scelto in modo che il valore dell'azione abbia il 50% di probabilità di essere superato durante il tempo di riferimento della situazione progettuale.

Sulla base di questa classificazione generale, nel capitolo seguente verranno definite tutte le azioni significative che agiscono sulle strutture in esame nelle diverse situazioni progettuali considerate ed i corrispondenti valori caratteristici e rappresentativi.

7.3. Verifica con il metodo dei coefficienti parziali

I coefficienti parziali si applicano ai valori rappresentativi dei parametri (ottenuti fattorizzando i rispettivi valori caratteristici con i coefficienti ψ) per determinare i corrispondenti valori di progetto (contrassegnati col pedice "d").

⁽²⁾ La definizione del valore appropriato di ψ_0 è dipendente dalla probabilità di rovina P_f ammesse per la struttura durante la sua vita utile; la norma lo assume in genere pari a 0.7.

⁽³⁾ Normalmente si è considerata una probabilità di superamento pari al 10% del periodo di riferimento della situazione progettuale.

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 47
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

7.3.1. Valore di progetto delle azioni

Il valore di progetto F_d di una azione viene espresso in termini generali da:

$$F_d = \gamma_f \times (\psi \times F_k)$$

essendo $F_{rep} = \psi \times F_k$ il valore rappresentativo dell'azione considerata e γ_f il coefficiente parziale che tiene conto della possibilità di scostamenti sfavorevoli dei valori dell'azione rispetto al valore rappresentativo stesso.

Le azioni di progetto opportunamente combinate, insieme alle proprietà del materiale e ai dati geometrici, vengono applicate al modello di calcolo che idealizza la struttura per determinarne gli effetti E_d :

$$E_d = \gamma_{sd} \times E \{ \gamma_{f,i} \times F_{rep,i}; a_d \} \quad \text{con } i \geq 1$$

dove a_d rappresenta i valori di progetto delle caratteristiche geometriche (di cui nel seguito sono stati considerati i valori nominali), mentre γ_{sd} è un coefficiente che tiene conto della modellazione degli effetti o delle stesse azioni.

Nel caso in cui il problema sia lineare (analisi elastica), vale il principio di sovrapposizione degli effetti, pertanto è possibile applicare al modello le azioni caratteristiche singolarmente e combinarne gli effetti. Nel caso di analisi non lineari si specificherà di volta in volta come procedere (specie per quel che riguarda l'interazione terreno struttura).

7.3.2. Valore di progetto delle proprietà dei materiali

Il valore di progetto X_d di una proprietà del materiale viene espresso in termini generali da:

$$X_d = \gamma_m \cdot X_k$$

essendo X_k il valore caratteristico della proprietà del materiale considerata e γ_m il coefficiente parziale che tiene conto sia di possibili variazioni sfavorevoli dei valori caratteristici, sia della parte aleatoria delle prove, misure e conversioni che portano alla determinazione dei valori caratteristici (nel seguito, in genere, tale coefficiente è tenuto implicitamente in conto nello stesso valore caratteristico).

La resistenza di progetto R_d viene espressa nel modo seguente:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \cdot R \{ X_{d,i}; a_d \} \quad \text{con } i \geq 1$$

 REGENTRA	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 48
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

dove γ_{Rd} è un coefficiente parziale che tiene conto dell'incertezza del modello di resistenza.

7.3.3. Stati limite ultimi

Per le strutture in progetto sono stati verificati, secondo i casi, i seguenti stati limite ultimi (la codifica si rifà alla EN 1990 e all'EC7):

- lo stato limite ultimo EQU: perdita di equilibrio statico della struttura o di qualsiasi parte di essa considerata come rigida;
- lo stato limite ultimo STR: collasso interno o deformazione eccessiva della struttura o degli elementi strutturali;
- lo stato limite ultimo GEO: collasso o deformazione eccessiva del terreno;
- lo stato limite ultimo UPL: perdita di equilibrio della struttura o del terreno dovuta a forze di sollevamento indotte dalla sottopressione dell'acqua;
- lo stato limite ultimo HYD: sifonamento del terreno indotto da gradienti idraulici.

In generale, quando si è considerato uno stato limite di equilibrio statico (EQU), di sollevamento (UPL) o di sifonamento (HYD) si è verificato che :

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stab}$$

dove $E_{d,dst}$ è il valore di progetto dell'effetto delle azioni instabilizzanti ed $E_{d,stab}$ è il valore di progetto dell'effetto delle azioni stabilizzanti.

Negli altri casi (STR e GEO), trattandosi di stati limite di rottura o di eccessiva deformazione, si è verificato che:

$$E_d \leq R_d$$

dove E_d è il citato valore di progetto dell'effetto delle azioni e R_d è il valore di progetto della resistenza corrispondente.

Per ogni stato limite ultimo considerato, i valori di progetto delle azioni (o dei loro effetti, secondo quanto precisato nei diversi casi) sono stati determinati combinando il valore rappresentativo delle azioni che si verificano simultaneamente nel modo seguente:

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 49
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

- situazioni persistenti e transitorie – basate sul valore di progetto delle azioni permanenti e dell'azione variabile dominante e sui valori di combinazione delle altre azioni variabili non dominanti⁽⁴⁾:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} "+" \gamma_P P "+" \gamma_{Q,l} Q_{k,l} "+" \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- situazioni di progetto eccezionali (o accidentali) – basate sui valori di progetto delle azioni permanenti e dell'azione eccezionale (o accidentale), sul valore frequente (o quasi permanente⁵) dell'azione variabile dominante e sui valori quasi permanenti delle altre azioni variabili:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} "+" P "+" A_d "+" (\psi_{1,1} \circ \psi_{2,1}) Q_{k,1} "+" \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

- situazioni di progetto sismiche – basate sui valori caratteristici delle azioni permanenti, sui i valori quasi permanenti delle azioni variabili e sul valore di progetto dell'azione sismica:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} "+" P "+" A_{Ed} "+" \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

7.3.4. Stati limite di esercizio

Le combinazioni da considerare per le verifiche agli stati limite di servizio sono definite dalle seguenti espressioni:

Combinazione caratteristica (o rara):

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} "+" P "+" Q_{k,1} "+" \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Combinazione frequente:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} "+" P "+" \psi_{1,1} Q_{k,1} "+" \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Combinazione quasi permanente:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} "+" P "+" \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

⁽⁴⁾ La notazione “+” significa “si combina con”. Nell’espressione si è passati, secondo le modalità già descritte, dal valore caratteristico al valore rappresentativo delle azioni attraverso il coefficiente ψ

⁵ La scelta fra il valore frequente o quello quasi permanente dell’azione dipende dalla specifica situazione di progetto eccezionale e viene discusso caso per caso

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 50
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Nelle condizioni di servizio si controllano le ampiezze degli spostamenti delle paratie e delle fessure nel calcestruzzo e, ove significativo, i tassi di lavoro dei materiali.

Si noti che, con riferimento al punto 2 del paragrafo precedente, se per ottenere gli effetti delle azioni della combinazione DA1-C1 si effettua una analisi con valori caratteristici delle azioni per poi applicare i coefficienti di amplificazione/abbattimento a tali effetti, i risultati dell'analisi possono essere direttamente impiegati nelle combinazioni per la verifica degli stati limite di esercizio.

7.3.5. Coefficienti di sicurezza parziali per i materiali (acciaio e calcestruzzo)

I coefficienti di sicurezza parziali per i materiali costituenti gli elementi strutturali oggetto di verifica nelle relazioni di calcolo sono:

Sezioni in cemento armato

1. $\gamma_{cls} = 1.60$ coefficiente relativo al calcestruzzo
2. $\gamma_s = 1.15$ coefficiente relativo all'acciaio per cls armato

Sezioni in acciaio da carpenteria

3. $\gamma_{M0} = 1.05$ sezioni di classe 1-2-3-4
4. $\gamma_{M1} = 1.05$ fenomeni di instabilità
5. $\gamma_{M2} = 1.2$ resistenza sezioni nette

7.3.6. Coefficienti di sicurezza parziali per i collegamenti

I coefficienti di sicurezza parziali per i collegamenti (bulloni e saldature) degli elementi strutturali sono:

6. $\gamma_{Mb} = 1.35$ bulloni
7. $\gamma_{Mw} = 1.35$ saldature d'angolo
8. $\gamma_{M1} = 1.05$ saldature di Ia classe
9. $\gamma_{M2} = 1.2$ saldature di IIa classe

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 52
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Snodi:

Elementi per snodi (inghisati) : Acciaio DUPLEX SAF 2005 (EN 1.4462 EN10088-2)

Piastre di collegamento e cassoni : Acciaio al carbonio S 355 (UNI EN 10025)

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 53
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

9. ASPETTI REALIZZATIVI DELLE PORTE

9.1. Caratteristiche progettuali delle porte a settore

9.1.1. Perché è stata scelta una porta a settore

Le situazioni peculiari della laguna veneta e la richiesta di operatività della porta in situazioni meteorologiche particolari, hanno fatto ricadere la scelta su porte a settore ad asse verticale che meglio si adattano alla necessità di garantire la funzionalità della gestione dei flussi in conche in presenza di correnti e di dislivelli su entrambi i lati del fasciame.

Le porte radiali con asse verticale presentano infatti i seguenti vantaggi:

- il meccanismo di azionamento per le manovre di apertura e chiusura è molto semplificato rispetto a quello delle porte vinciane. Infatti nelle porte radiali la risultante della spinta idraulica agisce secondo la direzione dell'asse di rotazione e quindi non genera alcun momento antagonista. Per tale motivo inoltre possono essere azionate senza attendere l'uguaglianza dei livelli riducendo quindi i tempi del ciclo di ciascuna conca;
- possono essere manovrate in presenza di correnti. Ciò permette di mantenere aperte le porte nel periodo di sicurezza (di circa 30 minuti) antecedente l'inizio del sollevamento delle paratoie. In questo intervallo di tempo le imbarcazioni, che vengono obbligate a passare attraverso la conca, non subiscono alcun ritardo nell'ingresso al porto;
- possono sostenere il dislivello nei due sensi senza dover ricorrere a particolari meccanismi la cui messa in funzione richiede degli automatismi poiché il dislivello laguna-mare può essere dovuto a cause accidentali;
- l'immissione di acqua all'interno, con sbocco ortogonale al suo asse, permette di minimizzare la zona di turbolenza durante le manovre e quindi di migliorare l'utilizzazione dello spazio.

9.1.2. Le porte delle conche di Chioggia

Le porte delle conche fanno parte della WBE 01B della presente WBS.

Ciascuna porta si presenta planimetricamente come un settore circolare descritto da un raggio di circa 8.30 m (da asse cerniera ad asse battuta) su un angolo di 90°.

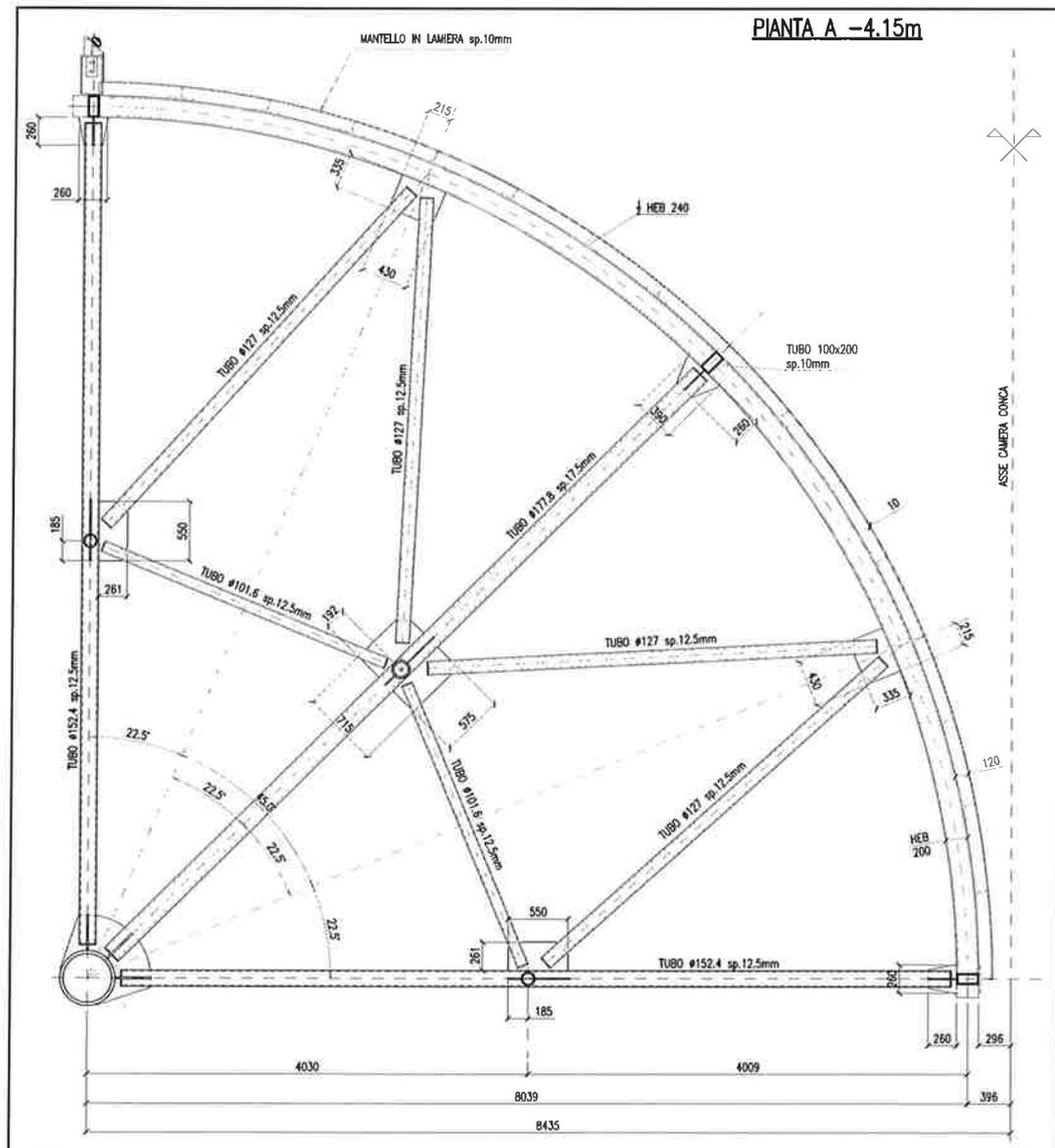


FIG. 9.1 - PIANTA PORTA A QUOTA -4.15

La porta è costituita da una intelaiatura metallica rivestita lungo l'arco circolare da un mantello continuo in lamiera. I supporti sono costituiti da due cerniere distanziate di 6.65 m: quella inferiore sostiene il peso della struttura (~310 kN) mentre entrambe sono in grado di riprendere la risultante delle forze orizzontali.

La tenuta idraulica è assicurata dalle guarnizioni gonfiabili a pressione fissate lungo il perimetro della superficie cilindrica, facenti battuta contro profilati metallici inghisati nel manufatto di calcestruzzo con getti di seconda fase.

Il dispositivo per la manovra di apertura e chiusura della porta prevede l'impiego di un cilindro oleodinamico, fissato sulla parete laterale del recesso che trasmette azioni di tiro e spinta sul telaio della porta che si traducono in moto rotazionale attorno al perno verticale della porta.

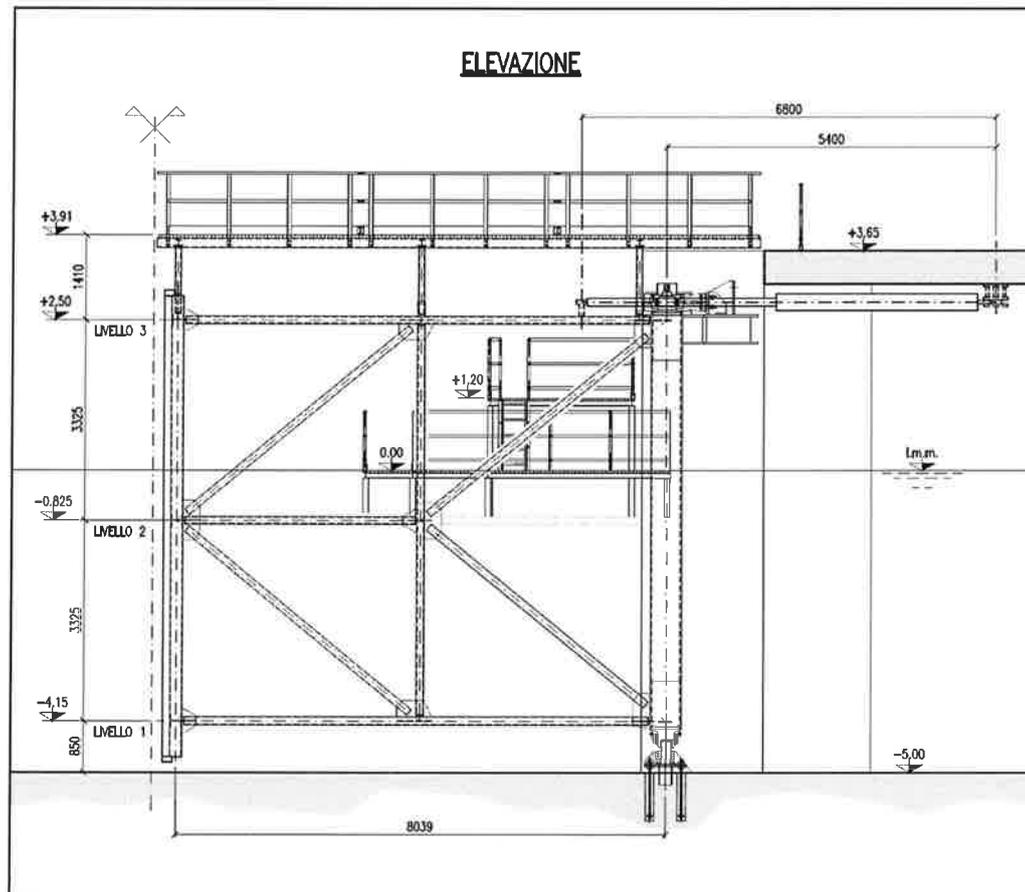


FIG. 9.2 - VISTA PORTA DA INTERNO CONCA

La manovra di apertura delle porte verrà effettuata in due tempi: in un primo momento ciascuna porta sarà ruotata di pochi gradi per consentire la messa in comunicazione tra il livello interno alla conca e quello esterno, con un opportuno trafileggiaggio in corrispondenza delle battute con il manufatto, allontanando in questo modo le zone di turbolenza dallo spazio utile per le imbarcazioni; successivamente, quando il dislivello si sarà ridotto a 10 cm circa, la rotazione della porta potrà essere completata in un'unica soluzione.

Per il collegamento fra i due lati delle conche è previsto l'inserimento di passerelle pedonali, fissate su ogni porta, aventi una larghezza utile di 1.5 m.

9.1.3. Schema strutturale delle porte

Come detto, ciascuna porta si presenta in pianta come un quadrante di cerchio con apertura angolare di 90° in cui i principali elementi strutturali sono ordinati secondo le due direzioni, radiale e tangenziale.

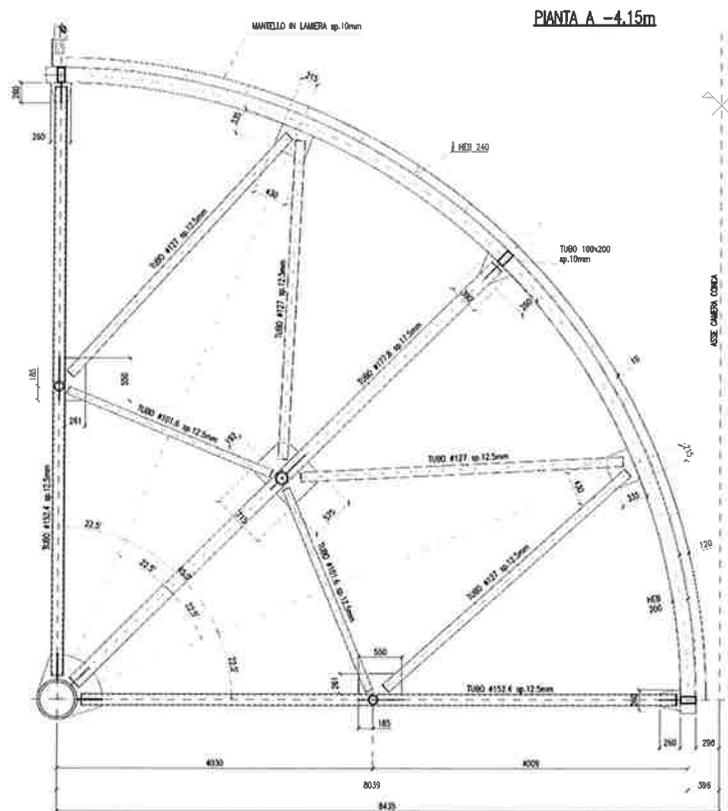


FIG. 9.3 - PIANTE TELAIO SPAZIALE A QUOTA - 4.15

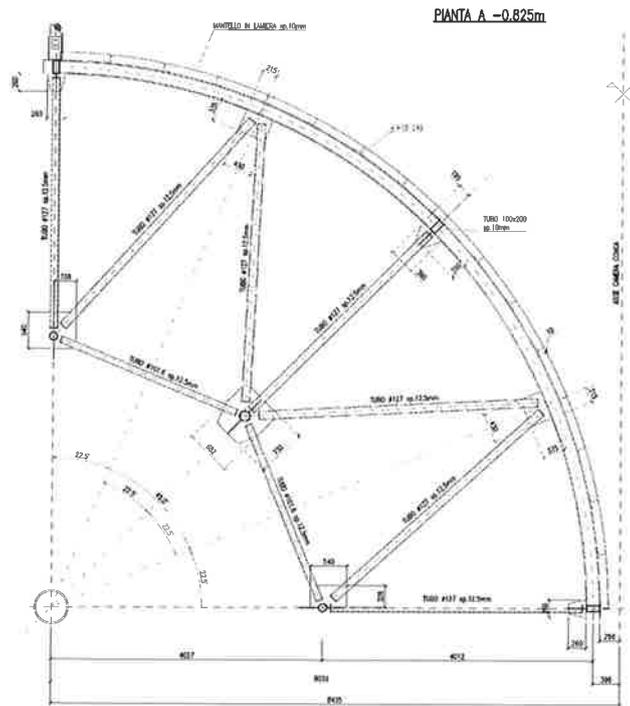


FIG. 9.4 - PIANTA TELAIO SPAZIALE A QUOTA - 0.825 M

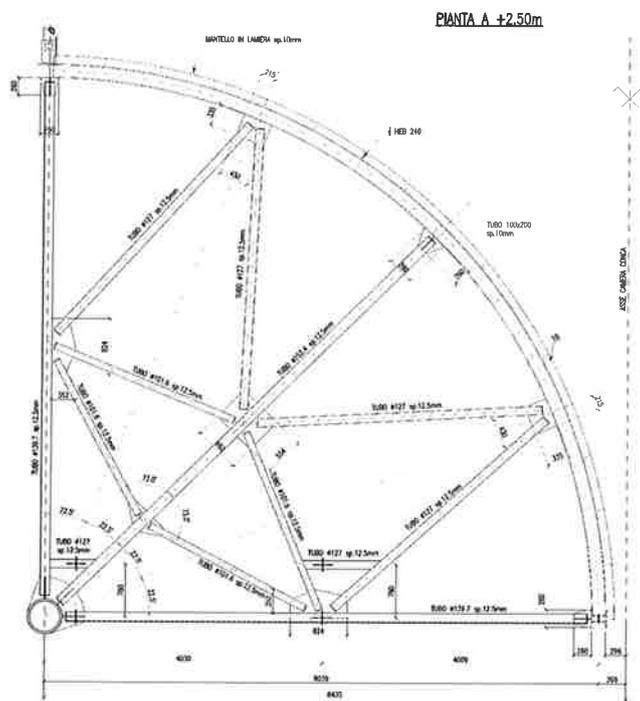


FIG. 9.5 - PIANTA TELAIO SPAZIALE A QUOTA +2.500 M

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 58
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Come si evince dalle figure sopra riportate, i telai radiali sono tre loro ciascuno ha uno sviluppo di 90°. Il telaio radiale superiore ed inferiore sono direttamente vincolati ad un elemento tubolare verticale collegato agli snodi e tramite loro alle opere civili in calcestruzzo armato della conca. La tipologia del vincolo è isostatica ed è stata studiata in modo che tutta la struttura possa ruotare attorno all'elemento tubolare centrale. I 2 telai radiali principali che portano direttamente in prossimità degli snodi (quota -4.15 e +2.50) sono quindi costituiti da tre correnti continui realizzati con profilo tubolare, saldati alle estremità al perno centrale ed al montante esterno sul quale sono collegati gli elementi di irrigidimento del mantello.

I restanti elementi presenti sui 2 telai principali hanno invece funzione controventante e di rottura della lunghezza di libera inflessione degli elementi orizzontali HEB200 che fungono da appoggio per gli irrigidimenti del mantello. Il telaio a quota -0.825 m ha invece la funzione di ripartire i carichi provenienti dal fasciame e di fare da supporto all'elemento orizzontale HEB200 posto centralmente sullo sviluppo in altezza del mantello.

Sulle tre sezioni verticali, la struttura è costituita da elementi correnti e da ulteriori elementi di controvento in modo da realizzare un piano fisso.

Per ridurre la lunghezza libera d'inflessione dei correnti ed il carico sugli stessi è stato infatti previsto un sistema di controventi che riporta la maggior parte del carico, mediante i diagonali disposti a K, sul montante centrale, direttamente dal montante in prossimità degli appoggi.

Il perno centrale, i diagonali ed i montanti intermedio ed esterno sono stati considerati come travi continue incernierate alle estremità. I correnti dei due diaframmi orizzontali a quota -4.15 e +2.50 m sono invece stati considerati elementi incastrati al tubolare principale. Essendo il traliccio spaziale sostanzialmente isostatico, tale schematizzazione non comporta comunque una modifica sostanziale delle sollecitazioni rispetto ad uno schema di semplici cerniere.

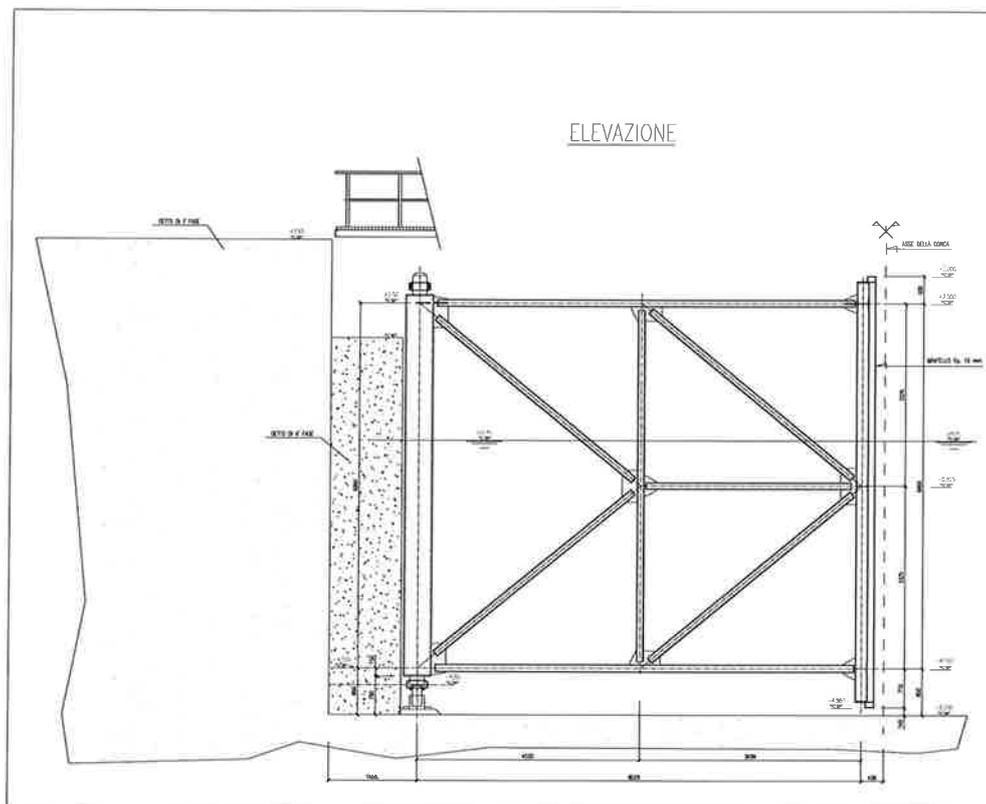


FIG. 9.6 - VISTA LATERALE DEL TELAIO CONTROVENTANTE VERTICALE DELLA PORTA

La struttura a sviluppo circonferenziale deputata a sorreggere il mantello è costituita anch'essa da un telaio costituito da 3 montanti principali (elementi rettangolari 200x100x10) ai quali sono saldati tre traversi orizzontali calandrati HEB 200 (posti a 3325 mm di distanza tra loro) a tali elementi vengono fissati i profili irrigidenti verticali 1/2 HEB 240 e orizzontali ad L 100x10. Il mantello, che è l'elemento di tenuta dell'acqua, è costituito da una lamiera caldrata spessa 10 mm collegata mediante saldatura agli elementi di irrigidimento a T (1/2 HEB 240) ed a piatti (anch'essi calandrati) che formano elementi tubolari rettangolari 150x100x10 posti alle estremità inferiori e superiori del mantello.

SVILUPPO FASCIAME

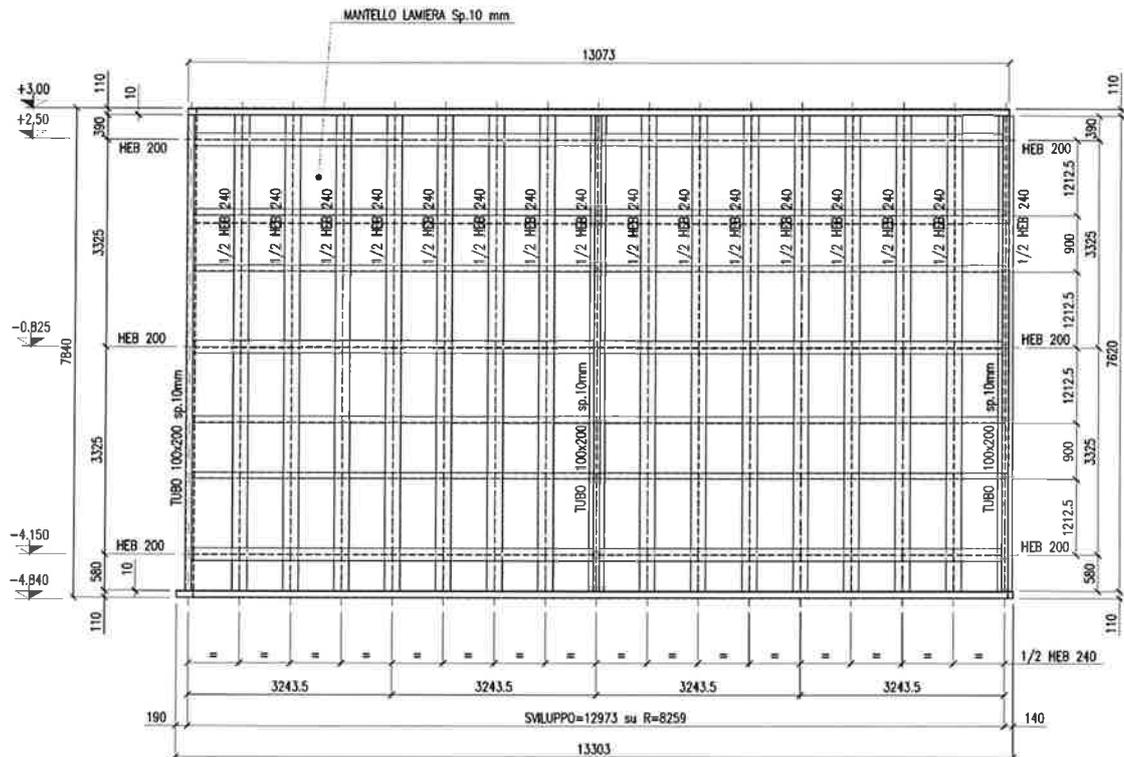


FIG. 9.7 - VISTA LATO INTERNO DEL FASCIAME IRRIGIDITO DELLA PORTA

9.1.4. Le 'Tenute delle porte'

Con il termine di 'tenute' si definiscono gli elementi in elastomero che, fissati sulle parti terminali delle carpenterie delle porte, battono in chiusura contro il gergame fissato alle opere civili facendo funzione di guarnizione di chiusura. Tali elementi devono quindi garantire la 'tenuta' al carico idrostatico sui bordi laterali delle conche che non sono direttamente coperti dal fasciame delle porte, assicurando il mantenimento dei dislivelli tra il livello dell'acqua interna conca ed i livelli esterno conca.

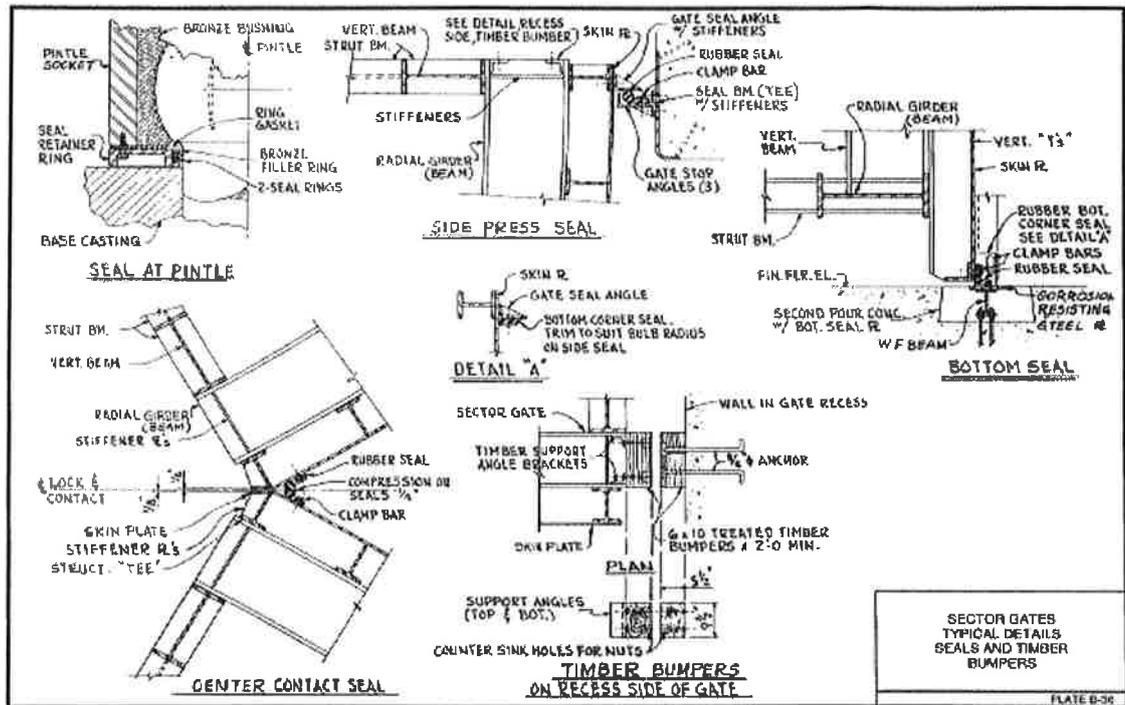


FIG. 9.8 - TIPICHE GUARNIZIONI PER PORTE A SETTORE (DA ISTRUZIONI USACE)

La scelta della tipologia di tenuta da utilizzare scaturisce dalla volontà di poter operare aperture e chiusure delle porte in tempi rapidi (in circa 2 minuti dopo il livellamento della conca) ed allo stesso tempo dall'intenzione di minimizzare il più possibile gli effetti di attrito per strisciamento che le tenute esplicano in fase di apertura delle porte che contrastano le azioni di tiro e spinta dei cilindri oleodinamici di movimentazione delle porte.

Per raggiungere i due obiettivi indicati si è quindi preferito utilizzare tenute di tipo gonfiabile a pressione in luogo delle classiche tenute J (a nota musicale). L'utilizzo di tenute J avrebbe infatti permesso velocità massime di apertura di circa 1-1.5 metri /minuto per evitare effetti di abrasione per strisciamento degli elastomeri. Le operazioni di apertura e chiusura porta avrebbero quindi richiesto tempi di almeno 9- 10 minuti.

Il funzionamento delle guarnizioni pneumatiche avviene attraverso il passaggio di aria compressa all'interno di un tubo elastomerico rinforzato che, deformandosi, va a comprimersi sul gargame di fondo garantendo la tenuta del sistema al passaggio di acqua con perdite praticamente nulle. Prima di ogni movimentazione il

Per ogni ingresso alle conche, il cui sbarramento è costituito dalle 2 porte che si incontrano in asse conca, sono stati inseriti 5 elementi di tenute gonfiabili: 2 di soglia dello sviluppo di circa 13 metri, 2 laterali, di 8 metri circa di lunghezza, fissate su entrambe le porte dell'ingresso, ed 1 elemento di tenuta gonfiabile in asse conca montato sulla porta di sinistra guardando dall'interno conca, mentre la porta corrispondente è provvista degli elementi che fanno da battuta alla guarnizione.

Naturalmente per il funzionamento delle tenute è necessario portare aria compressa alle porte passando con l'alimentazione all'interno dei profili tubolari del telaio della porta. Si prevede quindi che le porte di sinistra abbiano 3 punti di alimentazione, mentre quelle di destra ne abbiano 2. Tutte le tenute gonfiabili sono vincolate alle carpenterie tramite fissaggi asolati che permettono la regolazione della posizione delle tenute e la sostituzione degli elastomeri in maniera piuttosto semplice.

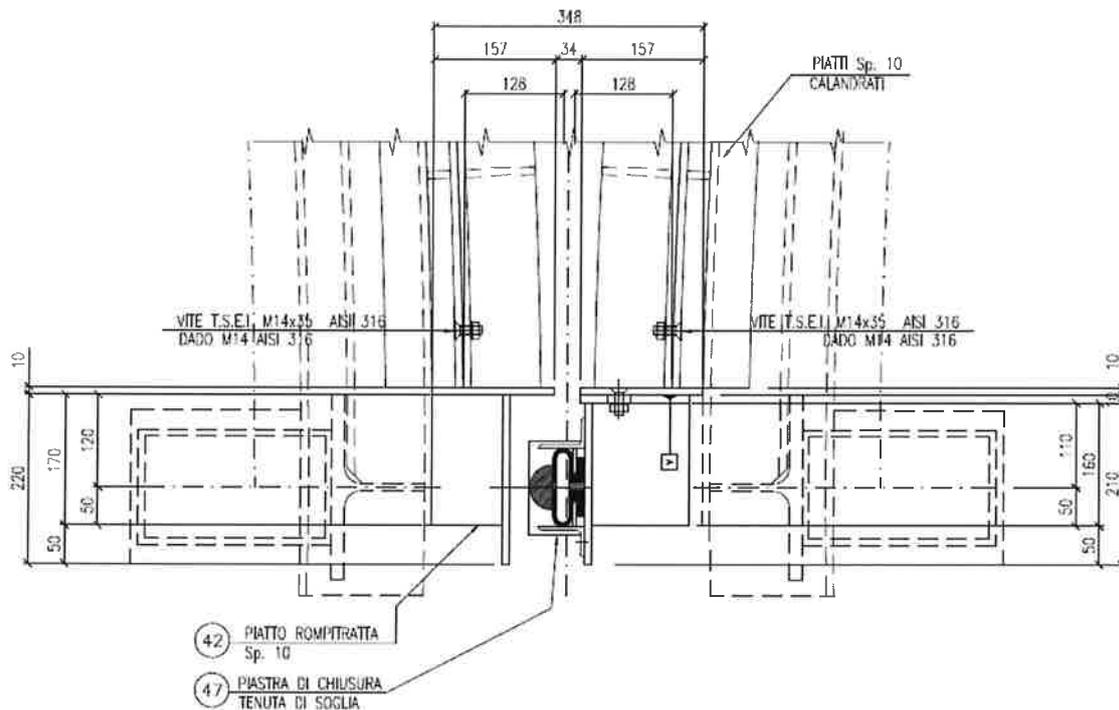


FIG. 9.10 - GUARNIZIONI CENTRALI

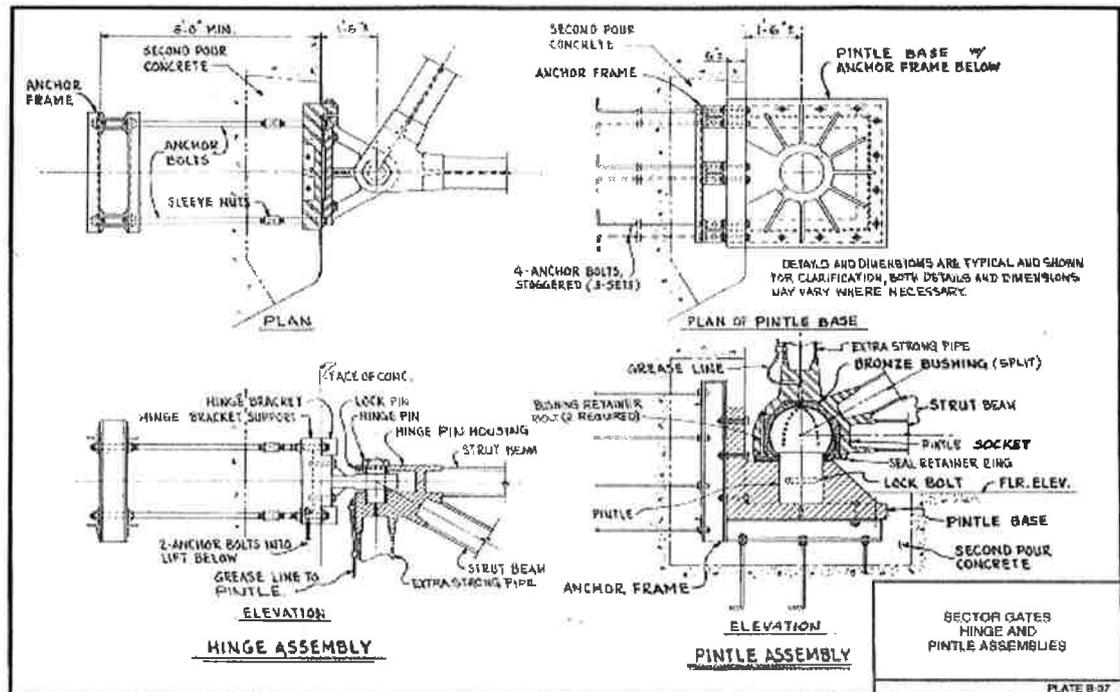


FIG. 9.12 - SNODI PER PORTE A SETTORE (DA ISTRUZIONI USACE)

Gli snodi sono concepiti come due cuscinetti, innestati su perni, che assorbono carichi orizzontali posti sull'asse di rotazione verticale della porta a 7.25 m di distanza. I cuscinetti (parte fissa) sono vincolati, tramite una struttura rigida, al getto di seconda fase mediante tirafondi ed apparecchi di taglio. I perni (parte mobile) sono invece solidali alla carpenteria della porta e pertanto, in fase di movimentazione della porta, i perni scorrono all'interno dei cuscinetti.

I cuscinetti sono costituiti da materiale in bronzo lubrificato mentre perni sono in acciaio inox. Tale accoppiamento permette lo sviluppo di un coefficiente di attrito durante la movimentazione del perno sul cuscinetto inferiore a $\mu = 0.15$.

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 67
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Oltre alla regolazione in esercizio, è naturalmente possibile effettuare la regolazione della struttura in fase di posa con la presenza di tasche per gli inghisaggi ed accorgimenti per gli aggiustamenti finali.

- Snodo superiore

Il supporto superiore, realizzato con un elemento scatolare, oltre alla funzione di sostenere la cerniera superiore, ha anche la funzione di consentire nel tempo l'eventuale riallineamento dell'asse verticale della porta. L'elemento scatolare, ha spessore totale di circa 500 mm, risulta eccentrico rispetto all'asse della porta, è vincolato alle strutture in c.a. mediante sei tirafondi M56 alloggiati in tubi passanti e collegati alle nervature della struttura scatolare ed è dotato di apparecchi di taglio per assorbire le forze orizzontali gravanti sulla cerniera.

Il supporto della cerniera è vincolato con due piastre tra loro ortogonali ad altrettante piastre verticali solidarizzate alla parte superiore del corpo scatolare della piastra di base. Nella stessa parte superiore della piastra di base, al di sopra della piastra di ancoraggio del cuscinetto, libero di scorrere verticalmente sul perno della porta, è previsto il sistema dell'eventuale regolazione nel tempo della verticalità dell'asse della porta.

Tale sistema consiste in due tiranti orizzontali tra loro a 90° vincolati ad un ulteriore cuscinetto posto sull'asse della porta al di sopra del cuscinetto di vincolo ed in grado di avvicinare od allontanare la parte superiore della stessa. Gli spostamenti sono compensati da spessori di dimensioni variabili inseriti tra la piastra di sostegno del cuscinetto di rotazione della porta e le relative piastre di ancoraggio.

Il sistema di regolazione della verticalità dell'asse della porta può essere messo in opera solo all'occorrenza.

Il perno superiore e le relative parti di sostegno sono stati previsti di qualità tale da resistere alla corrosione provocata dall'acqua di mare (acciai DUPLEX per le parti inghisate nelle opere civili e quelle a diretto contatto con il cuscinetto); non essendo però sempre immersi è stato previsto, per le parti più delicate, una ulteriore protezione realizzata con coperchi e con anelli di sigillatura.

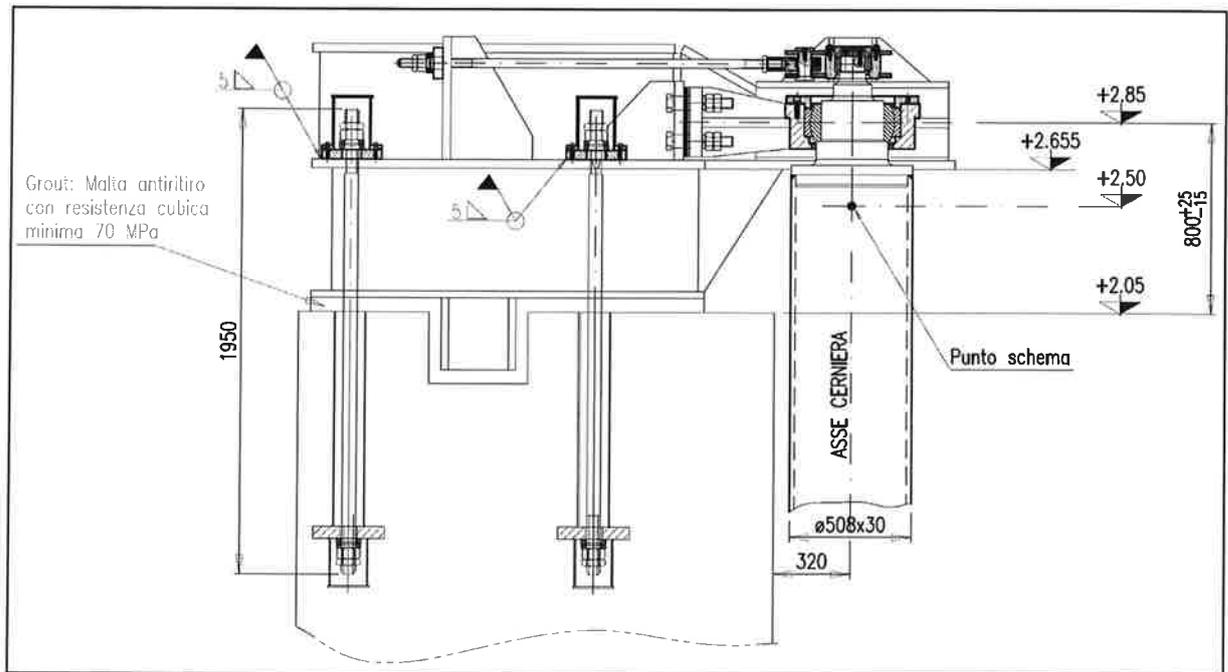
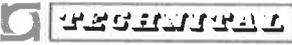


FIG. 9.14 - SNODO SUPERIORE PER LE PORTE DI CHIOGGIA

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 69
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

- Snodo inferiore

Lo snodo inferiore è composto da due elementi separati ma tra loro coassiali : l'elemento di supporto radiale e lo scarico verticale.

I due elementi hanno la funzione di assorbire uno il carico verticale totale dovuto al peso proprio direttamente su esso gravante e l'altro le sole azioni orizzontali provocate dall'eccentricità del carico verticale della porta rispetto all'asse di rotazione e da tutte le azioni esterne che su di essa agiscono (principalmente i dislivelli di marea tra l'interno e l'esterno camera di conca).

La parte verticale della cerniera inferiore è realizzata da una piastra di base, ancorata alle opere civili in c.a. con sei tirafondi M24, che risulta essere prevalentemente compressa e da un supporto cilindrico all'interno del quale è alloggiato un perno sull'estremità superiore del quale è appoggiato un cuscinetto reggispinta su cui grava direttamente la porta. Il cuscinetto è contenuto lateralmente dalla sede opportunamente ricavata nel perno solidarizzato alle parti strutturali della porta.

La parte orizzontale della cerniera inferiore è costituita da una piastra di base ancorata alla struttura in c.a. delle opere civili mediante quattro tirafondi M56 e provvista di apparecchio resistente a taglio per far fronte alle elevate azioni orizzontali agenti sulla cerniera; alla piastra di base, mediante piastre verticali ed orizzontali, è vincolata la sede dello snodo sferico in cui scorre libero verticalmente il perno inferiore della porta.

I materiali con cui sono realizzati il perno inferiore e le relative parti di sostegno, sono stati previsti di qualità tale da resistere alla corrosione in acqua di mare (acciai DUPLEX per le parti inghisate nelle opere civili e quelle a diretto contatto con il cuscinetto).

La piastra di ancoraggio, in acciaio al carbonio S355, verrà verniciata con lo stesso ciclo previsto per le parti immerse della porta, secondo specifiche di capitolato; è presente comunque un sistema di protezione catodica che copre gli elementi immersi.

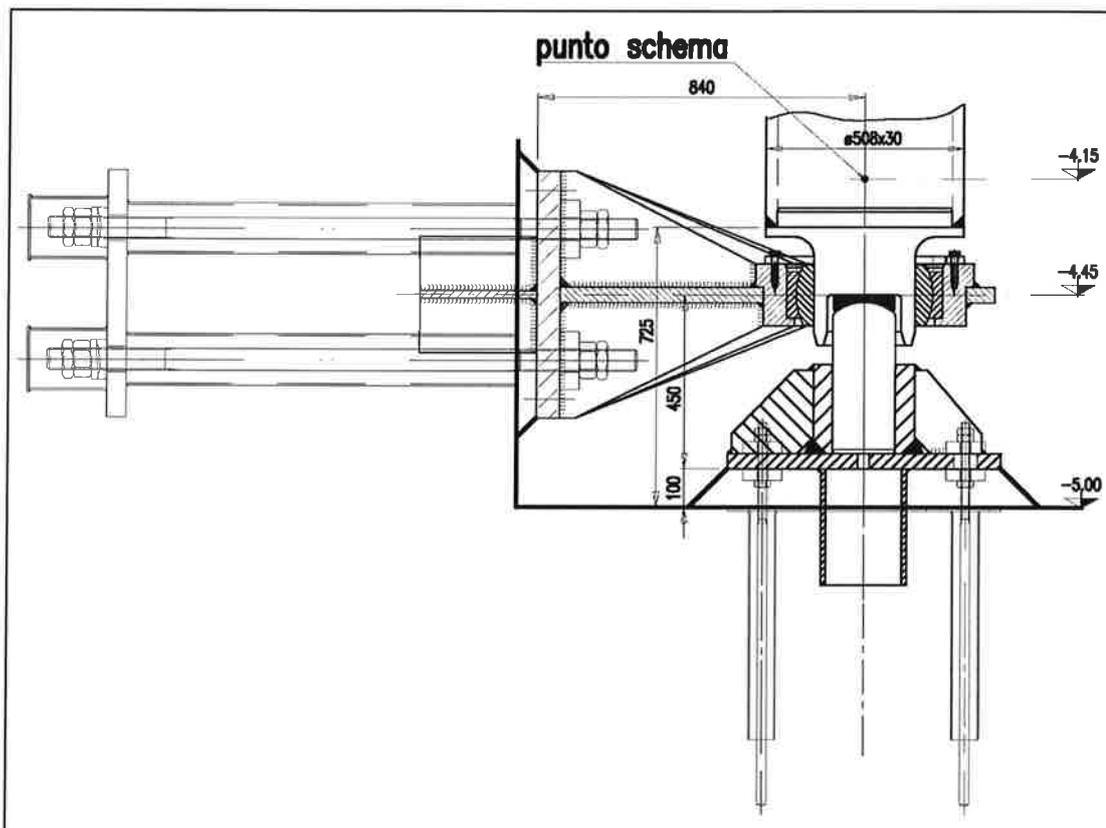


FIG. 9.15 - SNODO INFERIORE PER LE PORTE DI CHIOGGIA

- Protezione dalla corrosione degli snodi

La protezione dalla corrosione per i due snodi è differenziata :

Snodo inferiore : lo snodo inferiore, posto a quota -5.00 slmm, è permanentemente immerso in acqua di mare. Lo snodo viene protetto dalla corrosione tramite un apposito sistema di protezione catodica ad anodi sacrificali. Gli anodi sacrificali avranno vita utile di 20 anni; saranno controllati ogni 10 anni e dovranno essere sostituiti qualora l'ispezione metta in luce un deterioramento superiore al 50%.

Snodo superiore: lo snodo superiore, innestato sui getti di seconda fase a +2.05 slmm e con il cuscinetto a quota +2.80 slmm, è sottoposto a spruzzi di acqua di mare ma non è immerso. La protezione viene effettuata prevedendo una copertura in modo tale da evitare il contatto diretto dell'acqua di mare con lo snodo.

9.1.6. Telaio reggi – fender

Sul lato interno conca gli urti per frizione di natanti sulle porte, dato il possibile l'affollamento di natanti all'interno della conca, potranno essere frequenti; in alcuni casi tali eventi potrebbero rivelarsi anche dannosi per le strutture, in quanto carichi concentrati potrebbero arrivare a danneggiare gli elementi dei telai arrivando anche a coinvolgere la funzionalità del telaio nel suo insieme.

Per tale ragione, è stato studiato un telaio apposito che regge dei parabordi in gomma di piccole dimensioni che potranno proteggere da urti per strisciamento i profili della porta posizionati al di sopra di quota medio mare.

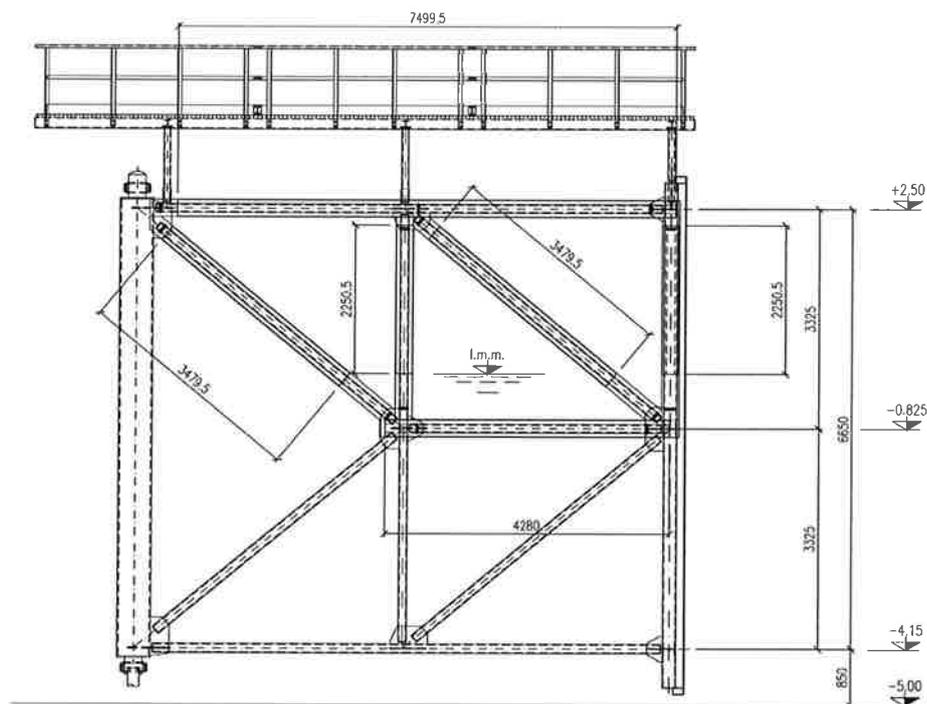


FIG. 9.16 TELAIO REGGI - FENDERS

I fender sono fissati su un telaio in acciaio indipendente dalla struttura della porta e collegato ad essa tramite bullonature poste in prossimità dei nodi in modo da poterle garantire la rimozione in caso di sostituzione/manutenzione.

Il dimensionamento del fender è stato effettuato tenendo conto dell'energia sprigionata da un'imbarcazione con dislocamento di 380 tonni che urta il telaio ad una

	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 72
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

velocità di 0.2 m/s. Il valore di riferimento dell'energia preso in conto in fase di accosto alle strutture è pari a circa 7.9 kNm.

Adottando ad esempio parabordi del tipo 'DD fenders' della Fentek disposti a protezione dei tubolari posti al di sopra del livello del mare che, nella configurazione 250x200, sono in grado di assorbire energie fino ad 8.9 kNm.

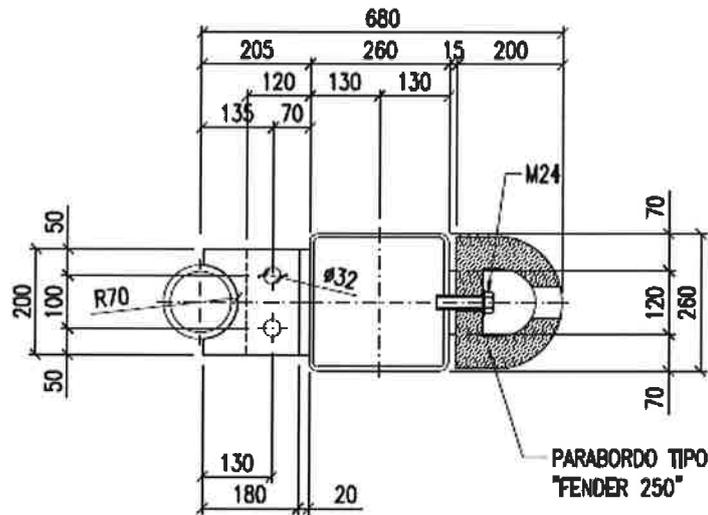


FIG. 9.17 DETTAGLIO DEL FISSAGGIO DEL PARABORDO AL TELAIO E DEL TELAIO ALLA PORTA

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 74
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

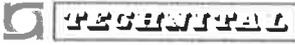
9.1.8. Cilindro oleodinamico

La movimentazione delle porte potrà essere effettuata tramite un cilindro a doppio effetto ad unica sfilata fissato sulla parete del recesso a quota +2.80 slmm. Il cilindro avrà pressione di esercizio indicativa di 150 bar, con ingombro massimo di 400 mm dati i vincoli geometrici dati dalla soletta del recesso. L'elemento verrà fissato sul telaio della porta a quota +2.50 m; in corrispondenza del punto di vincolo sono previsti degli irrigidimenti del telaio per far fronte agli effetti di tiro e spinta sulla struttura.

Vincolando il cilindro sulla soletta superiore in c.a. del recesso della porta a 1.40 metri dall'asse di rotazione in direzione dell'asse conca e a 5.40 m dall'asse di rotazione nella direzione perpendicolare all'asse conca, si ha un elemento a singola sfilata con corsa di circa 2.8 metri con lunghezza massima di 6.8 metri. In tale configurazione la forza di tiro e spinta massimi richiesti sono di 250 kN (si veda a tal proposito la relazione di calcolo MV048P-PE-CAR-6027).

Gli otto cilindri oleodinamici in totale saranno gestiti da 1 centralina posizionata all'interno dell'edificio di controllo. In configurazione di chiusura i cilindri di movimentazione saranno sbloccati poiché il fissaggio della porta viene garantito dalla presenza dei chiavistelli di bloccaggio.

Per le caratteristiche delle forniture si vedano in particolare le specifiche tecniche MV048P-CMS-5001 e MV048P-CMS-5002.

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 76
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Una pedana di accesso all'area in cui il cilindro viene fissato alla soletta in cemento armato del recesso è inoltre stata posta sulle strutture della porte. Per alleggerire le strutture delle porte e limitare gli effetti corrosivi, la passerella è realizzata con elementi amovibili.

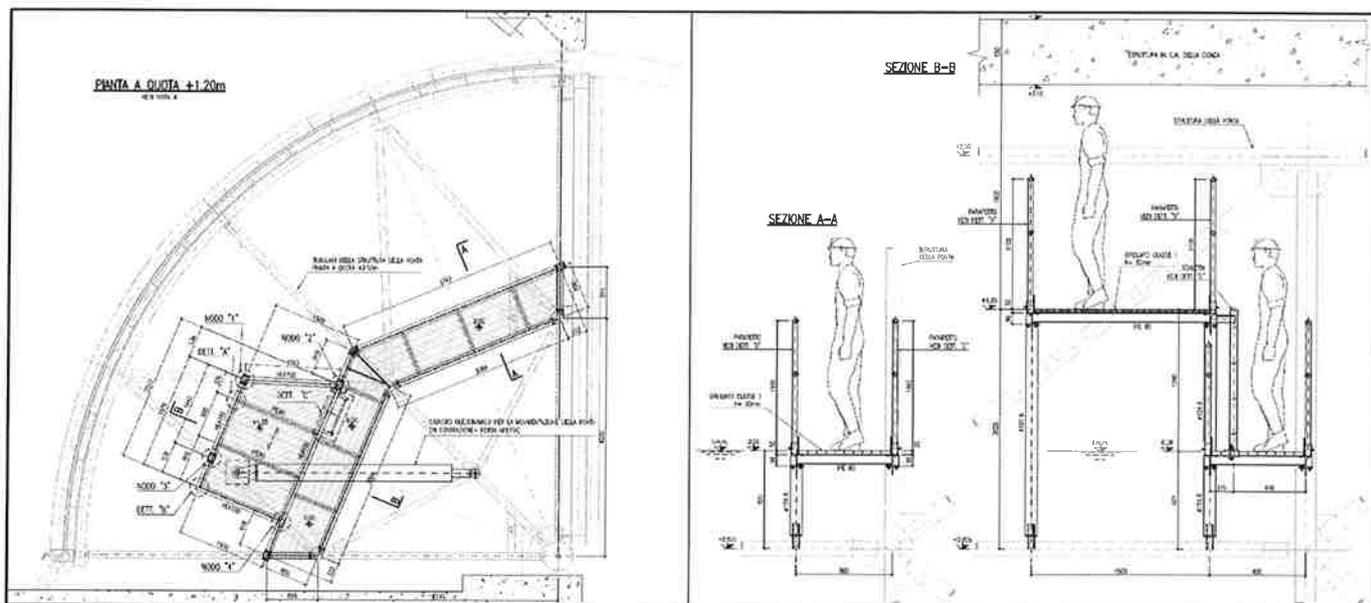


FIG. 9.20 - PEDANA DI ACCESSO AL PUNTO DI FISSAGGIO DEL CILINDRO

9.1.9. Operazioni di apertura e chiusura porte

La funzionalità delle porte durante la movimentazione è identificabile in sintesi con questa serie di dati:

- Porte a settore ad asse verticale $R = 8.3$ metri, $H = 8$ metri;
- Tenute verticali e di soglia pneumatiche;
- Movimentazione con cilindro oleodinamico a doppio effetto incernierato sulla parete verticale del recesso della porta;
- Trasduttore posto all'interno del cilindro che controlli in continuo la posizione del cilindro e di conseguenza regoli in continuo le azioni di tiro e spinta e quindi la velocità di rotazione della porta;
- Sistema di fine corsa di sicurezza posti sul fasciame delle porte ed sulla carpenteria dei getti di seconda fase;

- Alla richiesta di spinta / tiro massimo per più di 5 secondi, dovrà entrare il blocco automatico del cilindro.

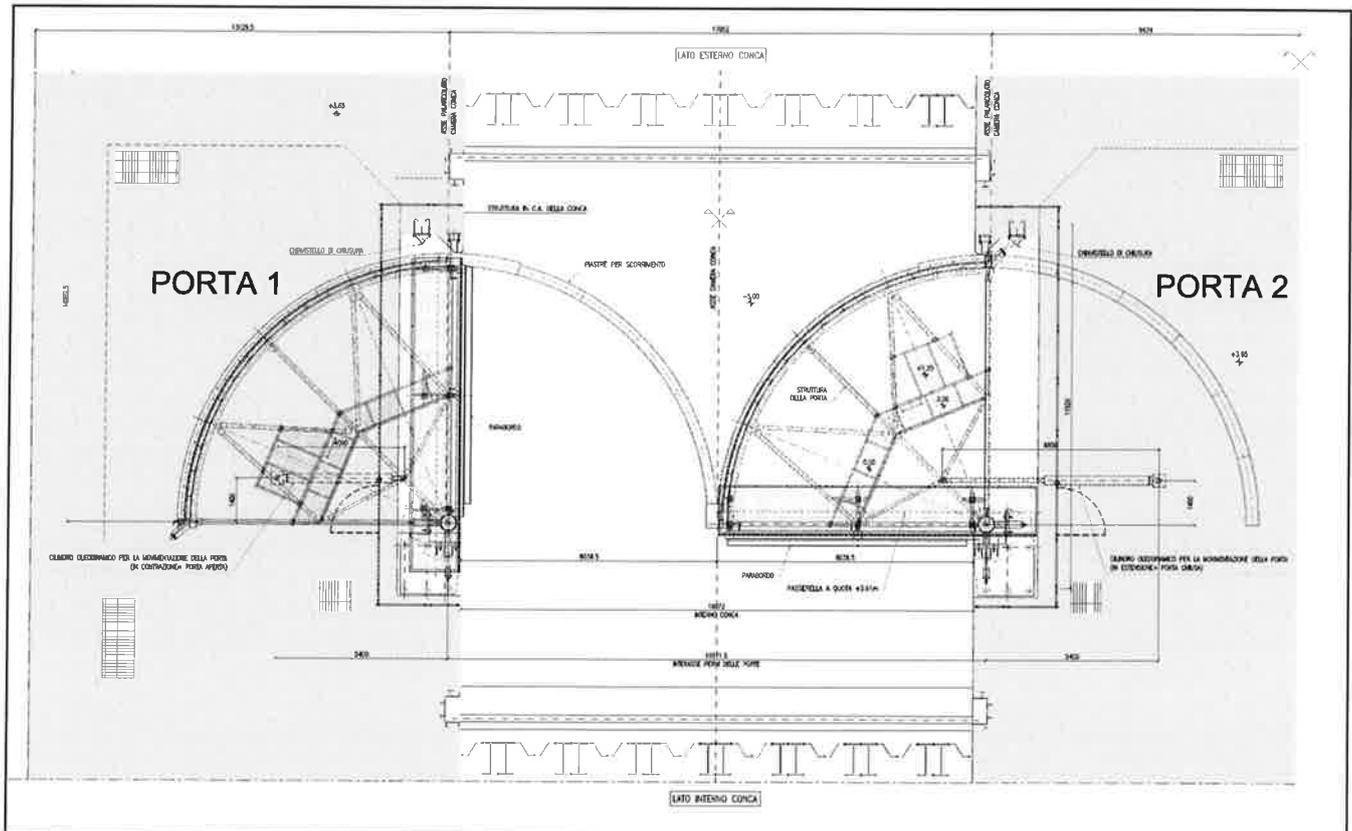


FIG. 9.21 - PORTE IN APERTURA / CHIUSURA

- Fasi di apertura

Si procederà all'apertura di un varco di ingresso alla conca, solo dopo aver verificato che il secondo varco di ingresso afferente alla stessa conca sia chiuso.

Le fasi di apertura delle porte sono legate strettamente alle attività di concata. Esse sono così di seguito riassumibili:

- 1) Abbattimento delle pressioni nelle tenute inferiori, laterali e centrali.
- 2) Apertura delle 2 porte fino ad un angolo di circa 3.5° a velocità di circa $\omega = 1.75 \text{ grad/min} = 0.0005 \text{ rad/sec}$; durante tale operazione, della durata di circa 2 minuti, il movimento della porta 2 (con tenuta) è leggermente ritardato rispetto a quello della porta 1 (senza tenuta).
- 3) A porte ferme a 3.5° gradi dalla configurazione di chiusura, si effettua la parte terminale del livellamento della conca; la durata della presente fase varierà di-

 GENERALI	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 78
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

pendentemente dal dislivello presente. Ad esempio con un dislivello di 600 mm tra interno ed esterno conca, si avrà un fermo di circa 2 minuti (tempo totale di livellamento sarà quindi la somma tra i tempi di fase 2 e fase 3).

- 4) Quando il dislivello tra l'interno e l'esterno conca raggiunge circa i 100 mm, le porte riprendono la fase di apertura. Il cilindro oleodinamico procede quindi all'apertura delle porte con una velocità $\omega \cong 85 \text{ grad/min} \cong 0.0245 \text{ rad/sec}$ fino ad 1-2 gradi dalla posizione terminale nei recessi. In tal modo l'apertura delle porte avverrà in circa 1 minuto. Si può prevedere uno sfasamento temporale di azionamento tra la porta 2 (con tenuta) e la porta 1 (senza tenuta) di qualche secondo.
- 5) Le porte raggiungono la posizione finale nei recessi, a velocità ridotta ($\omega = 1.75 \text{ grad/min} = 0.0005 \text{ rad/sec}$).
- 6) I fine corsa sono verificati tramite trasduttore lineare su cilindro e verifica con sensori di posizione; inserimento fermi sui cilindri.

Fine corsa con controllo tramite trasduttore su cilindro e fine corsa di sicurezza; inserimento fermi sui cilindri.

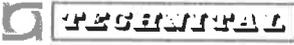
Tempi di Apertura (con dislivello 60 cm):

Fase 1	:	<1 minuto
Fase 2	:	2 minuti
Fase 3	:	3 minuti
Fase 4	:	1 minuti
Fase 5	:	1 minuto

- Fasi di chiusura

Le fasi di chiusura delle porte sono le seguenti.

- 1) Inizio delle operazioni di chiusura delle 2 porte a velocità di circa $\omega \cong 1.75 \text{ grad/min} = 0.0005 \text{ rad/sec}$ in 1 minuto.
- 2) Operazioni di chiusura delle porte con una velocità $\omega \cong 85 \text{ grad/min} \cong 0.0245 \text{ rad/sec}$ fino a 2° circa dalla posizione finale di chiusura. La fase della durata circa di 1 minuto, consente quindi di coprire la gran parte del moto rotazionale delle porte. Si potrà prevedere uno sfasamento temporale di aziona-

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 79
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

mento tra la porta 1 (senza tenuta) e la porta 2 (con tenuta) di qualche secondo.

- 3) La porta 1 raggiunge la posizione di chiusura finale a velocità ridotta ($\omega \cong 1.75 \text{ grad/min} \cong 0.0005 \text{ rad/sec}$).
- 4) La porta 2 raggiunge la posizione di chiusura a velocità ridotta ($\omega \cong 1.75 \text{ grad/min} \cong 0.0005 \text{ rad/sec}$).
- 5) Fermo dei cilindri e posizionamento dei fermo porta (chiavistelli).
- 6) Messa in pressione delle tenute inferiori, laterali e centrali; sblocco dei pistoni di movimentazione.

Tempi di Chiusura:

Fase 1	:	<1 minuto
Fase 2	:	1 minuti
Fase 3 – Fase 5	:	2 minuti
Fase 6	:	1 minuto

9.1.10. Trasporto e montaggio delle porte

Il progetto della struttura della porta è impostato in maniera che il telaio della porta possa essere completamente assemblato nel sito di fabbricazione (ove si opererà secondo le procedure contenute nel capitolato speciale di costruzione).

Il telaio verrà trasportato tramite un pontone o altro mezzo marittimo fino alla testata di destinazione. Verrà calato nella testata, precedentemente messa all'asciutto.

La porta verrà posizionata correttamente nella sede e appoggiata temporaneamente su martinetti (secondo quanto specificato nei disegni).

Al varo verranno effettuati i getti di inghisaggio dei tirafondi, dopo aver verificato che tutte le regolazioni abbiano determinato un posizionamento congruente con le tolleranze richieste.

Completato il posizionamento, verranno allentati i martinetti e rimossi i punti di sostegno. Si procederà alle regolazioni finali dei dispositivi di tenuta e degli snodi e quindi al collegamento della parte elettro-meccanica e strumentale.

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 80
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Si rimanda alla relazione MV048P-PE-CAC-6033 per la trattazione completa delle fasi di montaggio delle porte ed alla relazione MV048P-PE-CZM-6023 per la procedura di varo della porta.

9.1.11. Protezione dalla corrosione e trattamento superficiali

La protezione della struttura metallica dalla corrosione verrà garantita dall'insieme dei seguenti provvedimenti:

- La struttura metallica è progettata considerando un sovrappessore di sacrificio di 1 mm su tutti i profili a contatto con acqua marina.
- Un trattamento superficiale della struttura metallica avente funzione anticorrosive e di anti-fouling⁽⁶⁾.

Esistono in commercio due tipologie di anti-fouling: trattamenti a rilascio progressivo e trattamenti che agevolano il distacco meccanico; l'impiego della prima categoria è stato scartato per ragioni ambientali. Il secondo sistema agisce creando una superficie molto dura, compatta e liscia; in tal modo è il peso stesso della patina di organismi marini attecchiti a determinarne il distacco.

Tali trattamenti mantengono una piena funzionalità per almeno dieci/quindici anni, trascorsi i quali la loro efficacia va riducendosi e deve essere verificata con periodiche ispezioni. Si assume, cautelativamente, che il trattamento abbia una efficacia del 100% per i primi cinque anni e che essa vada riducendosi, in base alle indicazioni del produttore, all'80% in dieci anni. Di questa ridotta efficacia si è tenuto in conto valutando, nei dimensionamenti e nelle specifiche di taratura dell'assetto di galleggiamento della porta, un peso aggiuntivo dato dal fouling di 0,1 kN/m² per il fouling attecchito sull'intera superficie della porta posta al di sotto di quota medio mare. Per il controllo (e la limitazione) di questo peso aggiuntivo, specie negli ultimi anni del decennio in questione, nei piani di manutenzione si è previsto che, con periodicità almeno annuale, dovranno essere comunque effettuate delle puliture, eventualmente limitate a quelle zone che si dimostrano più ricettive allo sviluppo del fouling stesso.

⁽⁶⁾ Il fouling è costituito dall'insieme di organismi, anche microscopici, di natura animale e vegetale che si sviluppano sulla parte immersa delle strutture. Il fouling può creare condizioni anaerobiche e rendere possibile l'attacco di batteri solfato-riduttori o condizioni di areazione differenziale e quindi fenomeni di corrosione localizzata.

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 81
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

- In concomitanza con il sovrappessore di corrosione e il trattamento superficiale agisce un sistema di protezione catodica. Il sistema di protezione catodica, ad anodi sacrificali, è progettato per durare 20 anni.

La tabella seguente riporta i trattamenti superficiali previsti, diversificati in funzione della necessità di prevedere una protezione specifica al fouling e /o all'aggressività dell'ambiente marino.

TAB. 9-1 - TRATTAMENTO DELLE SUPERFICI DELLE PORTE E DELLE PASSERELLE

Ciclo	Tipologia di prodotto	Spessore (µm)
- anticorrosione in ambiente marino e antifouling a distacco meccanico; per porta da quota +1.00 a quota -5.00 (compresi elementi in acciaio al carbonio dello snodo inferiore)	Sabbiatura ISO Sa 2 ½	
	Primer zincante epossidico	25
	Anticorrosivo epossidico	600
	Antivegetativo a base silicica monocomponente	150
	Spessore totale	775
- anticorrosione in ambiente marino; per porta da quota +3.00 a quota +1.00 (compresi elementi in acciaio al carbonio dello snodo superiore)	Sabbiatura ISO Sa 2 ½	
	Primer zincante epossidico	25
	Anticorrosivo epossidico	600
	Smalto Poliuretano	50
	Spessore totale	675
- per panconi e passerelle	Sabbiatura ISO Sa 2 ½	
	Primer zincante inorganico	75
	Anticorrosivo epossidico	150
	Anticorrosivo epossidico	150
	Spessore totale	375

La vita utile delle verniciature è di 30 anni, fermo restando la necessità di prevedere ogni 10 anni la manutenzione e l'eventuale ripristino dello strato antifouling a distacco meccanico previsto per le parti immerse in acqua.

Pertanto, il piano di manutenzione ordinaria potrà essere organizzato nella maniera seguente:

- Nei primi 5 anni sono necessarie solo attività ispettive e di scrostamento annuali (lo scrostamento avviene con apposite palette ed è enormemente agevolato dalla piena efficacia della vetrificazione);

	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 82
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

- Fra i 5 e i 10 anni di vita, con cadenza semestrale o annuale si procede all'ispezione e allo scrostamento (che localmente può richiedere impegno maggiore rispetto alla fase precedente);
- Allo scadere dei 10 anni la porta è messa all'asciutto (svuotamento delle testate delle conche) e si procede alla manutenzione ed eventuale ripristino degli strati anti-fouling secondo specifiche di capitolato;
- Ogni 10 anni gli anodi sacrificali verranno verificati e dovranno essere sostituiti qualora l'ispezione metta in luce un deterioramento superiore al 50%;
- Al più ogni 30 anni si procederà alla rimozione dell'intero strato anticorrosivo ed al ripristino totale della verniciatura.

9.2. Note per il montaggio e regolazione delle porte

In fase di progetto, sono stati previsti alcuni accorgimenti che potranno facilitare le regolazioni necessarie in fase di montaggio al fine di ottenere la corretta verticalità dell'asse di rotazione delle porte permettendo, eventualmente, di regolarne nel tempo nuovamente l'allineamento in caso di accidentale disallineamento.

In particolare, per il sistema di rotazione inferiore è previsto un perno ausiliario che permette il posizionamento corretto sia del supporto verticale che di quello orizzontale. Il perno ausiliario lega infatti tra loro i due elementi nella posizione che dovranno avere in fase di esercizio, mentre in opera si effettuerà il posizionamento altimetrico del perno inferiore (e quindi fissando la quota di imbasamento della porta) e soprattutto la regolazione della verticalità dell'asse di rotazione della porta.

La regolazione dei due elementi del supporto di rotazione inferiore è possibile attraverso:

- la regolazione in pianta ed in verticale per il gioco tirafondi di ancoraggio-tubi di contenimento della malta di sigillatura;
- il supporto del perno verticale inoltre può, a sigillatura dei tiranti di ancoraggio avvenuta, essere ulteriormente regolato in verticale attraverso i dadi posti inferiormente alla piastra di base;

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 83
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

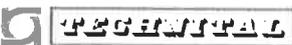
- la posizione dei due supporti può infine essere affinata attraverso il gioco foro-bullone previsto nelle piastre di base per il passaggio dei tirafondi; questo gioco da una possibilità di spostamento nel piano di circa 2,5 cm in tutte le direzioni.

Una ulteriore possibilità di regolazione nel piano, è possibile per la presenza di spessori di regolazione poste tra le piastre di base del supporto del cuscinetto di rotazione e le piastre di contrasto saldate alla struttura a cassone che realizza la piastra di base.

E' quindi possibile effettuare il fissaggio degli snodi alle opere civili con estrema precisione grazie alle possibilità di regolazione delle stesse. Il fissaggio con grout delle piastre dello snodo superiore potrà essere effettuato a valle del varo della porta e quindi dopo aver verificato la perfetta verticalità della porta, oppure, mediante ausilio di dime (o di mezzi di equivalente precisione), prima del varo della porta, a patto di poter controllare e verificare le posizioni degli snodi rispetto all'asse teorico con estrema precisione durante ogni operazione.

Alla luce di quanto sopra evidenziato, una possibile procedura di montaggio dei supporti delle porte, può essere quella qui di seguito in sintesi proposta.

1. Realizzazione dei getti di seconda fase nel quale vengono lasciate le riserve per i tirafondi e le piastre per le pilette di scarico, mentre vengono già annegati nel getto i lamierini con i tirafondi degli snodi inferiori e superiori (fase già effettuata con la realizzazione delle opere civili);
2. Predisposizione al suolo della piastra inferiore e tirafondi;
3. Predisposizione della piastra di fissaggio dello snodo inferiore;
4. Prima della posa della porta tramite un'apposita dima verifica della posizione reciproca tra piletta di fondo e dell'ancoraggio dello snodo inferiore. Fissaggio preliminare della piastra di base mediante inghisaggio dei tirafondi;
5. Inserimento della piletta alla piastra di base e fissaggio della stessa tramite grout;
6. Verifica tramite un'apposita dima (o mezzo di precisione equivalente) della posizione reciproca tra l'ancoraggio dello snodo inferiore e dello snodo superiore tenendo a riferimento l'asse di rotazione della porta;

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 84
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

7. Regolazione di precisione dello snodo superiore;
8. Getto del grout di fissaggio del cassone dello snodo superiore;
9. Varo della porta in acciaio. La porta potrà essere trasportata su pontone e calata con l'ausilio di 4 funi; il telaio viene varato sulla pileta e su appoggi provvisori posti in corrispondenza dei montanti tubolari;
10. Verifica della posizione plano/altimetrica della porta, della posizione del tubolare centrale di rotazione, dello snodo inferiore e della pileta;
11. Regolazione della porta in posizione di chiusura tramite tensionatori idraulici che agiscono sui tiranti che ancorano lo snodo superiore sotto l'azione del peso proprio della porta, aumentando o diminuendo gli spessoramenti tra le piastre in contatto dello snodo superiore;
12. Regolazione dei piatti terminali e degli elementi di supporto alle tenute;
13. Posizionamento del cilindro di movimentazione varandolo dall'alto, poggiandolo sul telaio della porta e fissandolo prima al telaio e poi alla parete del recesso;
14. Smontaggio dei tiranti di regolazione dello snodo superiore e posizionamento della copertura per lo snodo superiore.

9.3. Panconi per la messa all'asciutto delle testate

La manutenzione delle porte può richiedere la messa all'asciutto di un tratto limitato della conca a valle e a monte della chiusura (praticamente coincidente con la lunghezza dell'elemento di testata).

A tale scopo sono stati previsti, alle due estremità del suddetto elemento, dei gargami atti ad alloggiare una serie di 8 panconi in totale (da inserire in numero di 4 per apertura).

Ciascun pancone è essenzialmente costituito da un mantello in lamiera irrigidito, alto complessivamente circa 2.00 m, contro cui sono saldate due lamiere orizzontali trapezoidali che portano alle estremità due coppie di rotelle con assi ad angolo retto ed aventi la funzione di agevolare e guidare l'imbocco dei gargami. La chiusura laterale è realizzata con altri due piatti verticali a tutta altezza.

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 85
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

La larghezza del pancone è variabile e compresa fra 700 mm (testate) e 1500 mm (tratto centrale).

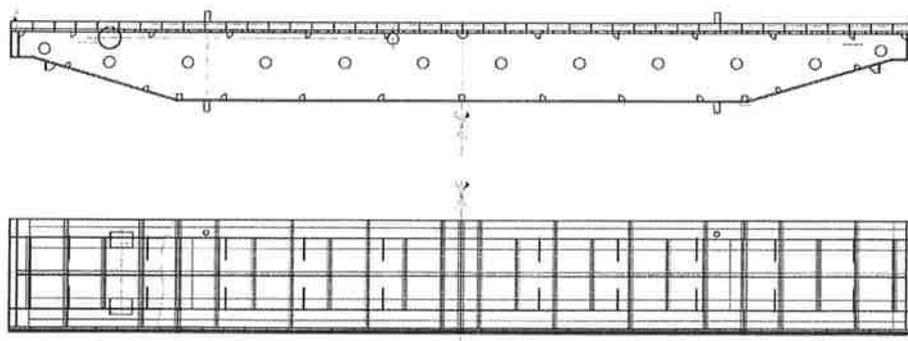


FIG. 9.22 - PANCONE PROVVISIONALE

I panconi saranno stoccati sulla banchina centrale, debitamente protetti (tramite una pensilina) e protetti con doppio strato di verniciatura (spessore tot 300 micron).

Ciascun pancone è dotato di un dispositivo atto a consentire l'aggancio e la movimentazione in sicurezza con una trave pescatrice.

Lo svuotamento di questo vano sarà realizzato mediante l'impiego di una pompa sommersa portatile.

La movimentazione dei panconi viene fatta con gru e trave pescatrice dotata di agganci semiautomatici.

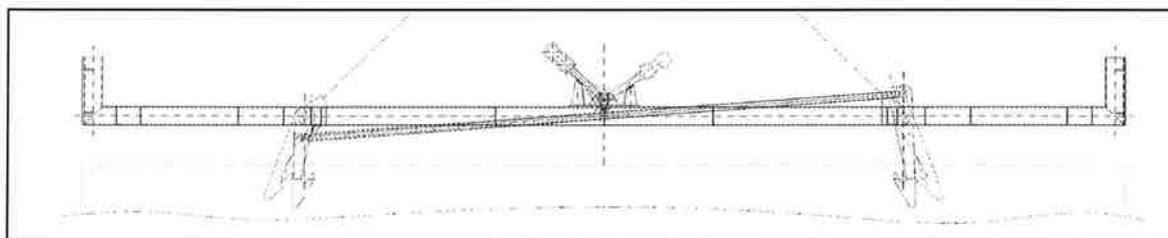


FIG. 9.23 - TRAVE PESCATRICE

I panconi sono dotati di una valvola di by-pass per il riempimento della conca a fine lavoro. La valvola di by-pass può essere azionata come illustrato in figura: mediante una pertica con terminale ad uncino si agisce sulla valvola di scarico del pancone. In alternativa, la valvola può essere azionata dal bordo della conca.

Gli 8 panconi sono differenziati in peso tra i 4 che saranno posizionati inferiormente e che sono progettati per resistere ad un dislivello massimo di 8.3 metri ed i 4 superiori che sono progettati per far fronte a dislivelli di 4.2 metri. I panconi superiori dovranno essere riconoscibili rispetto ai panconi inferiori da una differente colorazione superficiale e da marcature sul fasciame ben visibili.

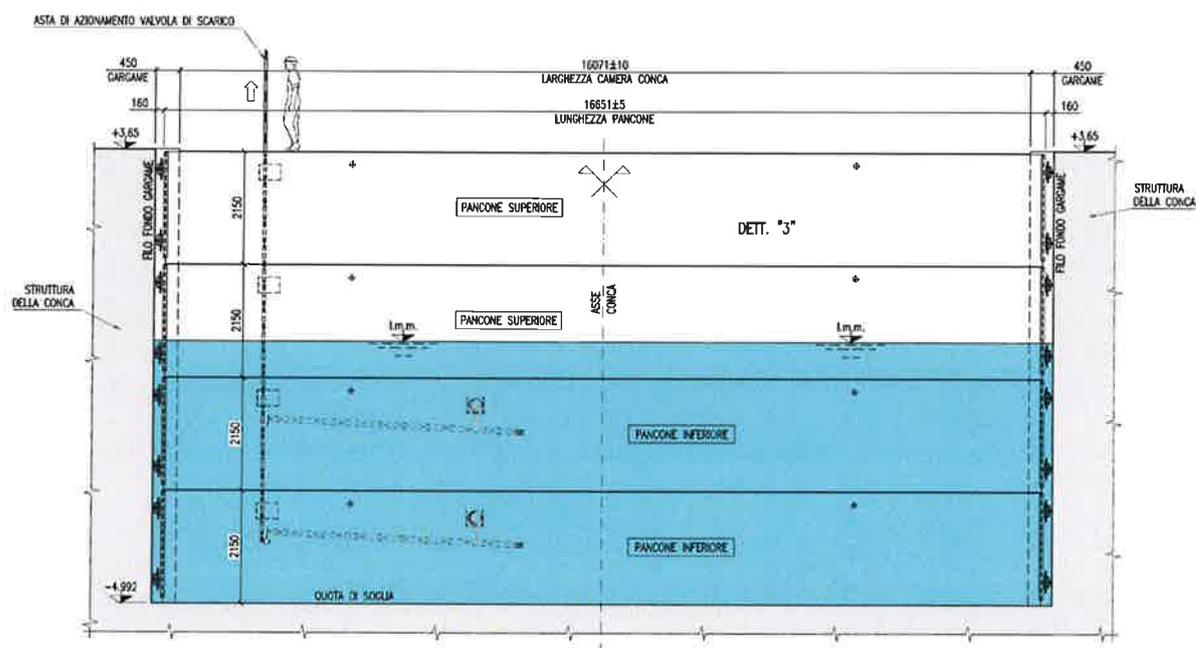


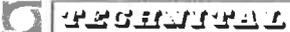
FIG. 9.24 - MODALITÀ DI AZIONAMENTO DELLA VALVOLA BY-PASS

9.3.1. Le guide e le tenute dei panconi

La tenuta verticale viene realizzata con una guarnizione a labbro regolabile lato monte che corre lateralmente al pancone e fa battuta sul gargame laterale. Tali tenute sono direttamente collegate, tramite pezzi angolari speciali, alle tenute di soglia. Le guarnizioni di soglia, disposte perpendicolarmente all'asse conca, effettuano la tenuta tra pancone e pancone e sul fondo della conca battendo sul gargame di fondo.

E' prevista una guida composta da 2 rotelle per ogni lato per facilitare l'inserimento dei panconi nei gargami sul lato perpendicolare alla conca.

La spinta del pancone sotto carico verrà assorbita tramite appoggio sul bordo del gargame, appositamente rinforzato.

	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 87
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

9.4. Passerelle pedonali

Si prevede che vi sia sempre almeno una coppia di porte chiusa per ciascuna camera, in modo che non si formino correnti rilevanti attraverso la conca. Di conseguenza, le porte sono un ponte ‘naturale’ attraverso il quale passare per raggiungere il terrapieno intermedio e quello lato Cà Roman.

Sulle porte sono state quindi previste delle passerelle della larghezza di 1.5 m che collegano le sponde opposte delle conche. La quota di calpestio delle passerelle, posta a quota + 3.98 m con intradosso impalcato a +3.70 m permette agli utenti un agevole passaggio dalle opere civili della conca garantendo allo stesso tempo la non compenetrazione della stessa sulla soletta del recesso, posta a quota +3.65 m.

Le passerelle sono vincolate alla struttura a traliccio delle porte tramite coppie di montanti tubolari che posti a distanza di circa 4 metri tra loro. La lunghezza totale delle passerelle è di circa 10 metri.

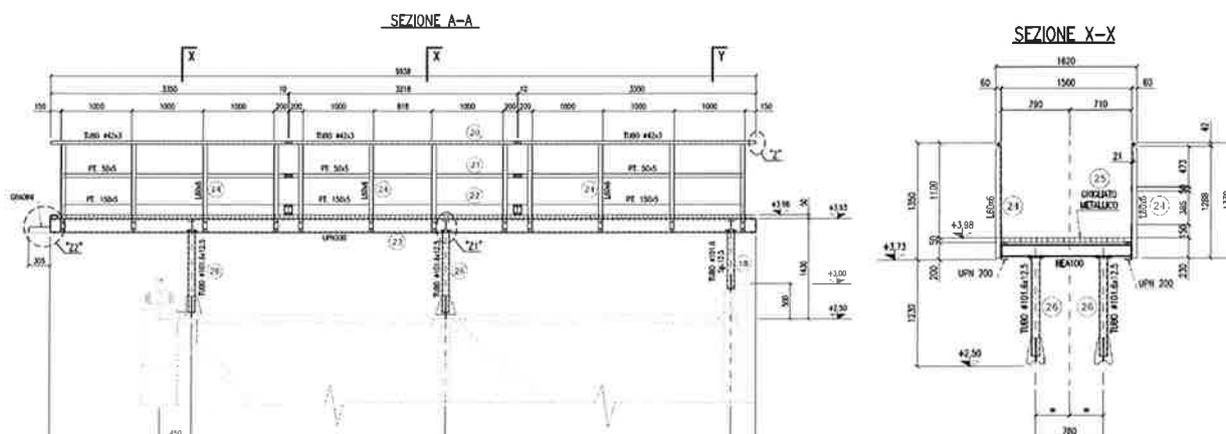


FIG. 9.25 - SEZIONI LONGITUDINALE E TRASVERSALE DI UNA PASSERELLA

9.5. Getti di completamento per inghisaggi porte e gargami

I getti di completamento e l'inghisaggio degli elementi di interfaccia tra le carpenterie metalliche delle porte e le opere civili sono state realizzate in precedenti stralci del progetto (WBS CH.E1.10). Gli elaborati grafici del presente stralcio esecutivo sono stati redatti considerando le interfacce mostrate nei disegni costrut-

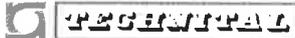
 TECNOITAL	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 88
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

tivi redatti prima della realizzazione in campo delle opere. Prima di procedere con la costruzione delle carpenterie metalliche delle porte e delle panconature sarà necessario procedere al misurazioni di campo per verificare le effettive geometrie e le varie interfacce previste in loco. Nel caso le misurazioni di campo portassero alla luce differenze rispetto a quanto previsto a disegno, le geometrie dei dettagli di completamento delle varie carpenterie dovranno essere conseguentemente riviste.

9.6. Impianti meccanici

Al fine di garantire la funzionalità della conca, nella presente WBE vengono forniti i seguenti sistemi meccanici:

- 1) sistema oleoidraulico per la movimentazione delle porte ed il blocco in posizione di chiusura comprendente:
 - i. N° 8 cilindri oleodinamici (uno per ogni semiporta) di azionamento delle porte;
 - ii. i sistemi di tenuta di ogni semiporta sia sul fondo che alle pareti della conca;
 - iii. N° 8 chiavistelli idraulici di fissaggio delle semi porte in chiusura e la relativa strumentazione di sicurezza;
 - iv. una centralina oleodinamica di azionamento dei cilindri e dei chiavistelli, con le relative pompe, serbatoio dell'olio e i loro quadri/centraline di comando e controllo da installare in ciascuno degli otto pozzi di spalla;
 - v. le tubazioni per la circolazione dell'olio in pressione con le loro valvole di azionamento comandate dalla logica di funzionamento;
- 2) il sistema di produzione e di distribuzione dell'aria compressa ed essiccata (aria strumenti) utilizzata per il gonfiaggio delle tenute pneumatiche delle semiporte, per il comando delle valvole pneumatiche e degli strumenti;
- 3) la reti di distribuzione nell'area della conca, per l'acqua potabile, derivata dalla rete a servizio della barriera di Chioggia, prelevata dall'edificio di spalla nord;
- 4) il sistema antincendio che comprende:

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 89
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

- i. anello interrato con idranti esterni e manichette nei manufatti (locali, cunicoli, pozzi), derivato, ad anello, dalla rete antincendio dell'area impianti di Chioggia;
 - ii. sistema di protezione con gas inerte nelle sale elettrostrumentali;
 - iii. sistema di protezione a schiuma nei locali con presenza di olio idraulico ed in alcuni punti dell'area esterna così come richiesto dai VV.F in fase di approvazione del progetto di prevenzione incendi;
- 5) il sistema di ventilazione e condizionamento per i locali dell'edificio di controllo e per i pozzi di spalla.

9.7. Impianti elettrostrumentali

Il sistema elettrico, alimentato in bassa tensione dalla rete della spalla nord di Chioggia, comprende gli impianti per l'alimentazione in BT delle utenze, delle apparecchiature, dell'illuminazione interna ed esterna, delle Conche di navigazione.

Il sistema elettrico comprende anche la rete di terra.

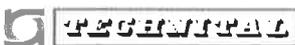
La distribuzione elettrica nell'area delle conche di navigazione (aree esterne, pozzi lato mare e lato laguna, edificio di controllo) è realizzata attraverso l'alimentazione di tutti i carichi da due quadri elettrici di bassa tensione:

- 4-QSA8005
- 4-QUP8005

ubicati entrambi nella sala elettrica all'interno dell'edificio di controllo conca.

Il quadro 4-QSA8005 è alimentato in BT da due interruttori di arrivo interbloccati tra di loro. A ciascun interruttore si attesta la linea in cavo proveniente dalla sbarra privilegiata di ognuno dei due quadri principali di distribuzione in bassa tensione (Power Center) ubicati all'interno dell'edificio ELE/HVAC Spalla Nord di Chioggia (quadri 4-QGB8003A e 4-QGB8003B).

Il quadro 4-QUP8005 è alimentato con una linea in cavo proveniente dal quadro 4-UPS-8005 ubicato all'interno dell'edificio ELE/HVAC Spalla Nord di Chioggia.

	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 90
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

La strumentazione di campo sarà ridondata ove necessario e le misure principali sono effettuate con l'ausilio di strumenti che dovranno utilizzare differenti tecnologie per la stessa misura. La strumentazione consta di trasmettitori del livello del mare, della conca e della laguna, trasmettitori della velocità di rotazione della porta, trasmettitori di posizione della porta, finecorsa per la determinazione della posizione della porta (aperta/chiusa), trasmettitori di pressione per il controllo della pressione nelle camere d'aria di tenuta, finecorsa per la verifica della chiusura/apertura del chiavistello di tenuta della porta, strumentazione locale.

Il sistema di comando e di controllo computerizzato delle operazioni, alimentato tramite proprio UPS, comprendente un PLC ridondata per il controllo automatico delle operazioni relative all'apertura/chiusura delle porte, le unità di I/O remoto per l'acquisizione dei segnali della strumentazione di campo e dei segnali provenienti dal sistema elettrico (tutto in un medesimo armadio). Tale sistema di controllo è interconnesso con il sistema di controllo di processo della barriera di Chioggia (PCS) e riceverà segnali anche dai sistemi semaforici, dal sistema TVCC, dal sistema HVAC e dagli altri sistemi dislocati nell'impianto che richiedano una visualizzazione e/o comando dalla sala controllo.

Al PLC giungono i seguenti segnali delle misure del livello del mare a monte ed a valle delle conche;

e per ogni porta:

- a. velocità di rotazione della porta (tramite trasduttore lineare all'interno del pistone);
- b. posizione della porta (misura dell'allungamento del pistone, finecorsa magnetici ed a leverismi utilizzati per le posizioni di porta aperta/chiusa);
- c. posizione angolare della porta tramite misuratore angolare;
- d. pressione delle camere d'aria di tenuta.
- e. segnali di stato per la chiusura/apertura del chiavistello di tenuta della porta;
- f. segnali vari dalla centralina del cilindro oleodinamico.

IL PLC comanderà, tramite il cilindro oleodinamico, l'apertura/chiusura della porta, le valvole di immissione aria nelle camere d'aria di tenuta, il chiavistello oleodinamico per la tenuta in chiusura della porta.

Il sistema di rilevazione incendi composto da rilevatori, posizionati in luoghi sensibili, invierà segnali alla centralina locale e disporrà di un loop collegato alla cen-

 TECNOFAR	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 91
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

tralina dell'area impianti di Chioggia. Il sistema è sviluppato per comandare i diversi sistemi di spegnimento (acqua, schiuma, gas) ed attivare i necessari allarmi.

Il sistema di segnalamenti marittimi e rilevamento nebbia riceverà i valori di intensità della nebbia, adeguando conseguentemente l'intensità luminosa dei semafori marittimi. È prevista una predisposizione per l'installazione di fari direzionali posizionati ai due imbocchi del canale. Il sistema permetterà all'operatore di gestire il movimento delle navi tramite il posto operatore del PLC in sala controllo. L'altezza dell'impianto semaforico dovrà essere tale da mantenere le imbarcazioni in attesa di entrare in conca a debita distanza dalle porte.

È inoltre previsto un sistema di telecamere a circuito chiuso TVCC costituito da telecamere posizionate ai due imbocchi del canale di navigazione per monitorare il movimento delle navi, l'illuminazione delle banchine ed un sistema di controllo dell'accesso alle passerelle di attraversamento conca a mezzo di cancelletti automatici. Telecamere ed avvisatori ottico acustici entrano in funzione durante la movimentazione delle porte.

La dotazione della conca prevede infine un sistema di altoparlanti installati lungo il canale di navigazione, per consentire la diffusione di eventuali messaggi di emergenza.

10. CONFRONTO CON PROGETTO DEFINITIVO

La soluzione progettuale adottata nel progetto definitivo delle porte ed opere elettromeccaniche delle conche di Chioggia (rif. elaborato VE0734-PDDS7078) è confermata nel presente progetto esecutivo, con la sola eccezione della modifica relativa agli attraversamenti delle conche che mettono in collegamento tra loro le banchine. Vengono qui di seguito effettuati i confronti tra progetto definitivo e progetto esecutivo per i singoli elementi componenti la WBE01.

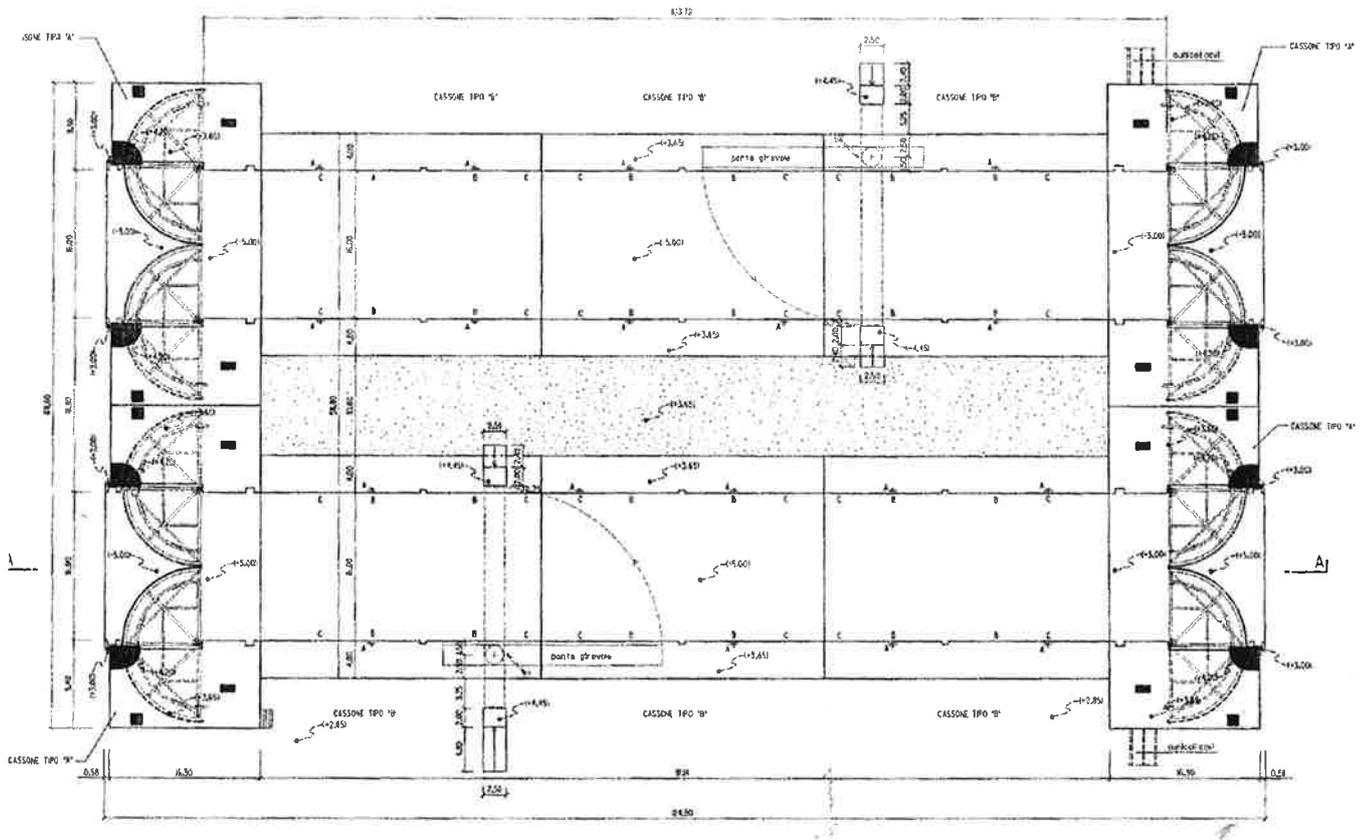


FIG. 10.1 - PLANIMETRIA GENERALE CONCHE DI CHIOGGIA PROGETTO DEFINITIVO

Porte:

Rispetto al progetto definitivo (rif. Elaborati VE0734-PDDS7078; VE0734-PDDS7082), per le porte non si segnalano modifiche sostanziali; in particolare la scelta tipologica di coppie porte a settore ad asse verticale che presidiano ogni ingresso in conca è del tutto confermata.

	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 93
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

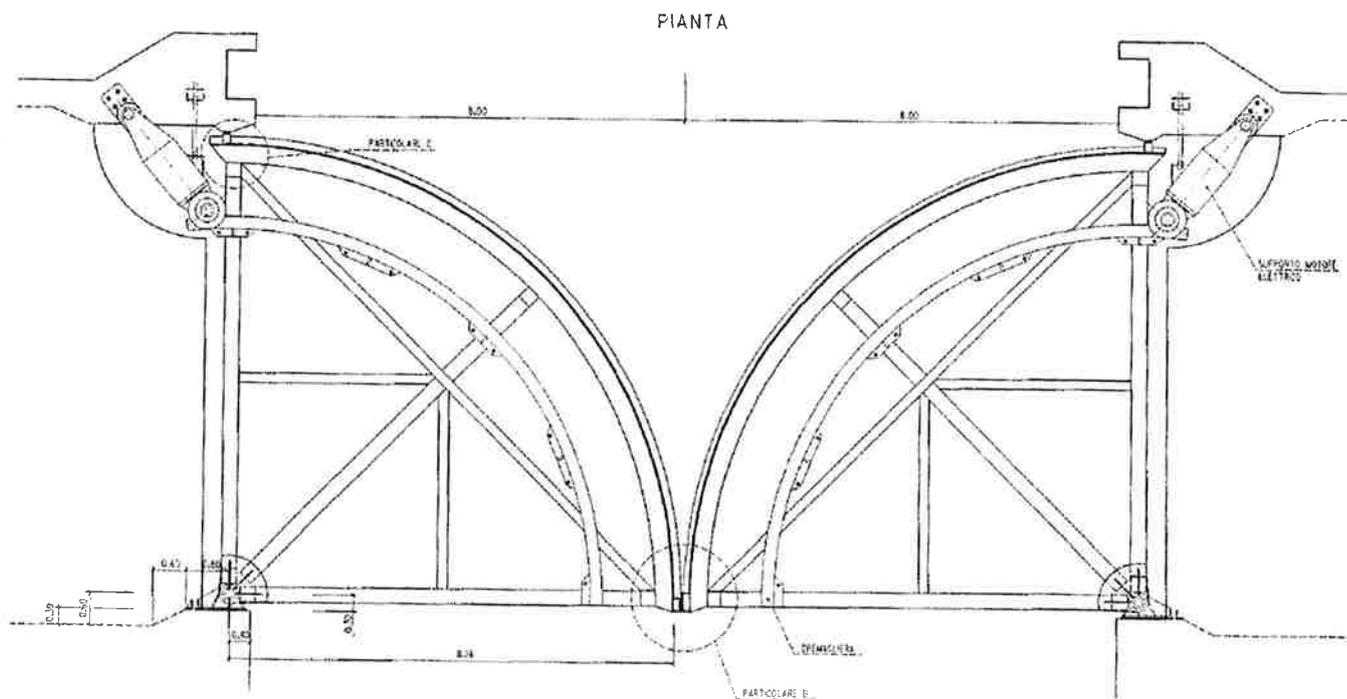


FIG. 10.2 - PIANTE PORTE CONCHE DI CHIOGGIA PROGETTO DEFINITIVO

I livelli all'interno delle conche vengono infatti regolati per ogni ingresso da due porte a settore ad asse verticale con sviluppo emicilindrico di 90° ed 8 metri circa di raggio; l'altezza totale delle porte è di 8 metri con quote che vanno dal fondo conca, posto alla -5.00 slmm, alla +3.00 slmm; il collegamento delle singole porte alle opere civili è assicurato da 2 snodi radiali collegati da un tubolare verticale che fa da asse di rotazione. Tutte queste caratteristiche, presenti nel progetto definitivo, sono state confermate nel presente progetto.

Le modifiche apportate al progetto delle porte riguardano sostanzialmente approfondimenti tipici della progettazione esecutiva e riguardano in particolare i raccordi con le opere civili della conca. E' stato utilizzato un differente sistema di movimentazione e guarnizioni con tenute pneumatiche al posto delle classiche tenute J. Tali modifiche consentono un migliore controllo dell'apertura e chiusura delle porte ed una maggiore velocità nella movimentazione. E' stata rivista l'orditura della tralicciatura spaziale delle porte non modificando però nella sostanza la rigidità globale della porta; è stato infine aggiunto un sistema di protezione al traliccio delle porte tramite dei fender di pic-

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 94
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

cola dimensione che proteggono i profili dei telai da urti per frizioni di imbarcazioni lato interno conca.

Passerelle:

Nel progetto definitivo era previsto un attraversamento per ogni conca mediante un ponticello girevole (rif. Elaborati VE0734-PDDS7083, VE0734-PDDS7084). Nel presente progetto il suddetto ponticello è stato sostituito da passerelle poste al di sopra delle porte che, in configurazione di chiusura delle porte, consentono l'attraversamento delle conche.

L'impalcato del ponticello di progetto definitivo, avendo larghezza di 1.50 metri e parapetti disposti lateralmente, avevano funzione di attraversamento esclusivamente pedonale. Il sovraccarico variabile previsto per tale installazione era infatti di 400 kg/m^2 .

La struttura in acciaio prevedeva la presenza di alcuni stralli ed era imperniata e resa girevole su un supporto a ralla che permetteva una rotazione di 90° .

Il peso della struttura doveva essere centrato sull'asse di rotazione zavorrando la parte non aggettante della passerella.

In corrispondenza dei punti di accesso erano previste due rampe per coprire il dislivello fra il piano di calpestio della passerella a quota + 4.45 m ed il piano di banchina a quota + 3.65 m.

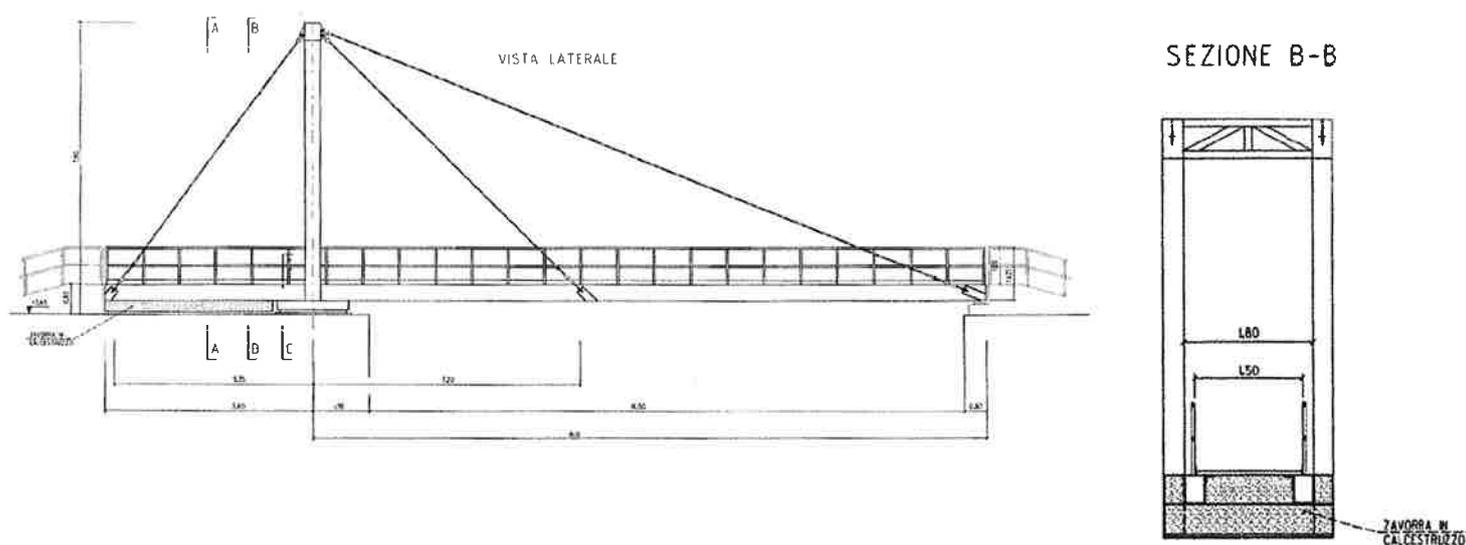


FIG. 10.3 - VISTA LATERALE E SEZIONE TRASVERSALE DEL PONTICELLO GIREVOLE PREVISTO IN PROGETTO DEFINITIVO

 PROGETTA	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 95
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Il sistema, oltre a prevedere un unico passaggio tra le banchine, non permetteva la possibilità di effettuare le operazioni di apertura e chiusura dei ponticelli in fase di operatività della conca.

Durante la progettazione esecutiva, sviluppando il progetto definitivo e verificando le condizioni di navigabilità all'interno della conca, si è notato come il ponticello girevole non garantisce la necessaria flessibilità nel collegamento tra le banchine in quanto la presenza di imbarcazioni all'interno della conca non permette l'azionamento dei ponti girevoli, vincolo che potrebbe rivelarsi piuttosto condizionante in eventuali situazioni di emergenza.

Partendo da tale constatazione, è stato quindi reputato necessario sostituire il ponticello con 2 passerelle in analogia con quanto realizzato in altre conche di navigazione: ad esempio nelle figure successive viene mostrata la configurazione adottata per la conca della Rance nei pressi di St. Malo, in Francia, dove sono state inserite passerelle al di sopra delle porte utili per l'attraversamento della conca da parte del personale addetto. Le porte sono di fatto un ponte 'naturale' utilizzato per collegare i lati opposti della conca.



FIG. 10.4 - CONCA DELLA RANCE – ST. MALO – LAYOUT PASSERELLE DI COLLEGAMENTO BANCHINE

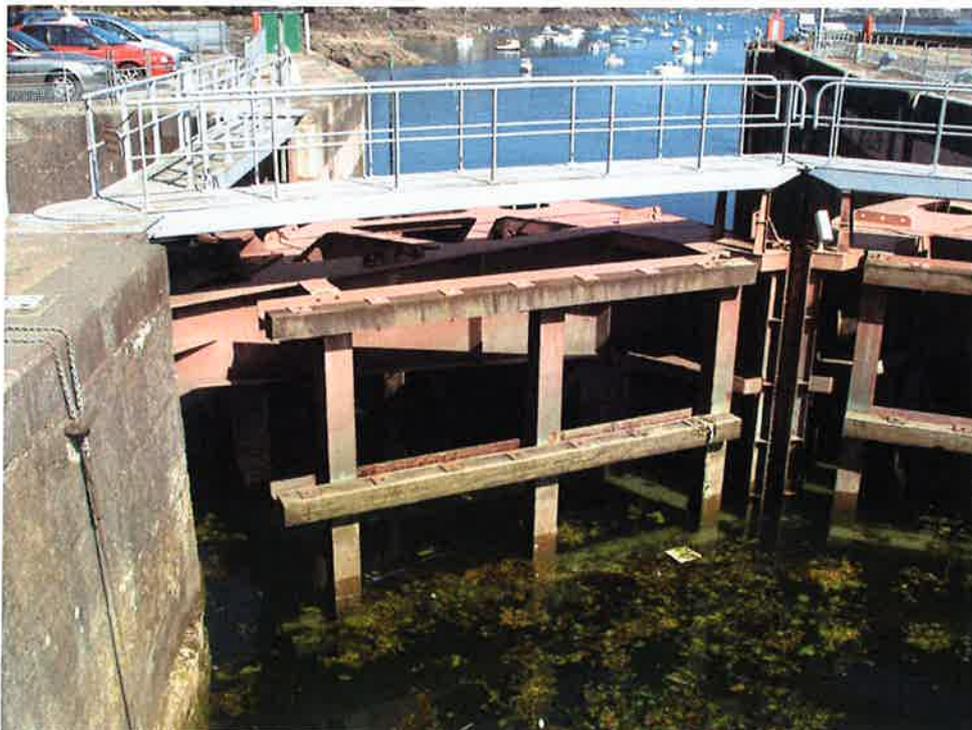


FIG. 10.5 - CONCA DELLA RANCE – ST. MALO – PASSERELLE DI COLLEGAMENTO LATO MARE

 PROVVEDITORATO	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 97
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Tale soluzione consente, nel caso delle conche di Chioggia, di superare l'intralcio tra la navigazione e l'azionamento degli attraversamenti, permettendo allo stesso tempo di raddoppiare i collegamenti e ponendo gli stessi, oltretutto, in posizione maggiormente funzionale alle esigenze di manutenzione. Inoltre, in ogni fase della concata, viene sempre garantita la presenza di un attraversamento, in quanto uno dei due ingressi in conca deve di regola essere chiuso.

Naturalmente i criteri progettuali adottati per le passerelle sono gli stessi utilizzati per il ponticello girevole, e mantengono gli stessi standard previsti nel progetto definitivo, migliorandoli, dove possibile.

Confrontando gli attraversamenti della conca utilizzati in progetto esecutivo (2 passerelle) rispetto a quanto previsto nel progetto definitivo (1 ponticello girevole), si possono individuare i seguenti vantaggi per la configurazione da esecutivo:

- 1) Raddoppio delle vie di attraversamento (nel progetto attuale sono presenti due attraversamenti contro il singolo attraversamento precedente).
- 2) La movimentazione delle passerelle è indipendente dalla navigazione delle imbarcazioni interne alla conca; per il ponte girevole la manovra di rotazione poteva essere ostacolata dalla presenza di imbarcazioni all'interno della conca e, quindi, per ragioni di sicurezza, sarebbe stata interdetta in presenza di imbarcazioni all'interno delle camera della conca.
- 3) Per le passerelle è sempre possibile l'attraversamento della conca a piedi utilizzando almeno una delle due passerelle, poiché una coppia di porte dovrà di regola essere sempre chiusa.
- 4) Il posizionamento delle passerelle in corrispondenza delle porte agevola sensibilmente la visitabilità dei punti più delicati per l'intero "sistema conca": l'ubicazione attuale delle passerelle aiuta infatti il lavoro di controllo e verifica periodico previsto dal piano di manutenzione delle strutture delle porte, dei sistemi meccanici di movimentazione e degli snodi (si veda la relazione "procedura della manutenzione delle porte" MV048P-PE-CZM-6023).
- 5) I requisiti prestazionali degli attraversamenti di progetto esecutivo garantiscono, ed in alcuni punti migliorano, quanto già previsto in progetto definitivo. Infatti:
 - è stata confermata la larghezza libera della passerella (di 1.5 metri);
 - sono presenti i medesimi parapetti con parapiedi;

 GENERALI	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 98
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

- è stato aumentato il sovraccarico variabile, portandolo a 500 kg/m² (contro i precedenti 400 kg/m²);
- è stato inoltre possibile abbassare la quota dell'attraversamento, eliminando le piccole rampe di accesso e limitando quindi gli ingombri sulle banchine;
- Rispetto al progetto definitivo è stato aggiunto un sistema di protezione tramite verniciatura in doppio strato di tipo epossidico (si vedano il cicli previsti in tabella).

Ciclo	Tipologia di prodotto	Spessore (µm)
per passerelle	Sabbiatura ISO Sa 2 ½	
	Primer zincante inorganico	75
	Anticorrosivo epossidico	150
	Anticorrosivo epossidico	150
	Spessore totale	375

Panconi:

Rispetto al progetto definitivo (rif. Elaborato VE0734-PDDS7085) per i panconi non si segnalano sostanziali modifiche nel presente progetto. Le dimensioni degli elementi, il loro layout esterno, la presenza della valvola bypass, così come la conformazione dei gargami laterali ed il sistema di guida con rotelle poste interno conca, presenti nel progetto definitivo, viene confermato nel presente progetto esecutivo.

Si segnalano modifiche relative ad alcuni dettagli dati da approfondimenti progettuali, quali ad esempio la modifica della tipologia delle guarnizioni laterali, che ora trovano battuta esternamente al recesso dei gargami laterali, e la posizione della valvola di allagamento posta in prossimità del bordo conca, per permetterne l'apertura direttamente dalla banchina.

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 99
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

11. FUNZIONALITA' DELLA CONCA - SISTEMA DI RIEMPIMENTO E SVUOTAMENTO (LIVELLAMENTO)

11.1. Premessa

La principale funzione delle conche è quella nautica: le conche devono permettere il transito delle imbarcazioni dal mare alla laguna e viceversa durante la chiusura delle barriere.

Non è invece previsto che le conche possano assolvere la funzione di mettere in comunicazione la laguna con il mare (sluicing), in quanto almeno una porta di ciascuna conca di norma resterà sempre chiusa quando la conca non è utilizzata, per evitare la formazione di forti correnti di marea attraverso la camera e quindi limitare il transito di sedimenti all'interno della conca.

Al fine di garantire la funzionalità delle conche durante gli eventi di chiusura è necessario rendere efficiente il ciclo di concata ottimizzando le varie fasi di cui si compone. Per un ciclo a doppio senso di transito si ha: ingresso delle imbarcazioni dal bacino lato laguna; chiusura porte lato laguna; abbassamento del livello interno alle conche; apertura porte lato mare; uscita delle imbarcazioni nel bacino lato mare; ingresso delle imbarcazioni di rientro in laguna attraverso le porte lato mare; chiusura porte lato mare; innalzamento del livello interno alle conche; apertura porte lato laguna; uscita delle imbarcazioni nel bacino lato laguna.

Le fasi più critiche dell'intero ciclo di concata dal punto di vista idraulico, in termini di turbolenze idrodinamiche e quindi di sollecitazioni indotte sui natanti ormeggiati nelle camere, sono rappresentate dalle manovre di apertura delle porte e dalle operazioni di innalzamento e abbassamento del livello all'interno delle conche, ossia le fasi di livellamento.

Nel presente capitolo è presentato e analizzato il sistema di livellamento adottato nelle conche di Chioggia, verificando la sua funzionalità in relazione alla necessità di evitare significative fluttuazioni dell'acqua all'interno delle camere che comportino eccessivi tiri sugli ormeggi dei natanti. In particolare sono trattati i seguenti aspetti:

- criteri di scelta del sistema di livellamento;
- descrizione di modalità e fasi del processo di livellamento;
- verifica della durata delle operazioni di livellamento;

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 100
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

- verifica delle azioni idrodinamiche indotte sugli scafi durante il livellamento.

11.2. Scelta del sistema per innalzare e abbassare il livello dell'acqua nelle camere

I sistemi in uso per regolare l'ingresso e il deflusso dell'acqua all'interno delle conche di navigazione marittime sono sostanzialmente due:

sistemi disposti in testata, costituiti da dispositivi realizzati nelle porte della conca o dalle porte stesse, che possono fungere da organo di regolazione del flusso mediante un'appropriata manovra di apertura; questi sistemi comportano la generazione di un flusso idrodinamico diretto prevalentemente lungo l'asse della camera; sistemi disposti lungo l'asse longitudinale della conca, costituiti da cunicoli/canalizzazioni lungo le pareti o il fondo della conca, con aperture dotate di saracinesca per effettuarne l'apertura e la chiusura; questi sistemi inducono un flusso idrodinamico con componenti prevalentemente trasversali.

In linea generale, i sistemi di innalzamento e abbassamento del livello d'acqua nella conca attraverso cunicoli allineati con l'asse della camera sono quelli che permettono di avere una minore sollecitazione dei cavi di ormeggio delle navi in transito e, allo stesso tempo, tempi più brevi nella compensazione del livello; hanno però l'inconveniente di comportare oneri molto elevati per le opere civili. I sistemi di testata sono sempre decisamente più economici sia per la costruzione che per la manutenzione; l'efficienza rimane accettabile per dislivelli da compensare non eccessivi, sicché il rapporto qualità/prezzo resta più favorevole.

Generalmente, quando il dislivello da compensare con la conca è superiore a 6 m, è preferibile adottare un sistema con canali longitudinali e aperture sulle pareti e sul fondo; per dislivelli tra 3 e 6 m sono comunemente utilizzati sistemi con canali e valvole in testata e/o nelle porte; per dislivelli di 3 m o inferiori è usuale impiegare aperture valvolate direttamente nelle porte oppure utilizzare le porte stesse come sistema di regolazione attraverso un'idonea manovra di apertura.

Per le conche di navigazione di Chioggia si è adottato un sistema di livellamento disposto in testata. I dislivelli operativi da compensare nel caso in esame risultano infatti sempre inferiori a 2m; ci si situa quindi in un intervallo ottimale per l'adozione di un sistema di afflusso/deflusso installato nelle testate.

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 101
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

In particolare, l'innalzamento e l'abbassamento del livello d'acqua all'interno delle camere è realizzato direttamente mediante il flusso che si genera durante la manovra di apertura delle porte attraverso i recessi laterali, il varco centrale e l'intercapedine di fondo, senza quindi l'impiego di valvole installate nelle porte.

Questa soluzione, sicuramente meno onerosa rispetto a quella che prevede aperture presidiate nella parete della porta, è resa possibile grazie:

- alla particolare geometria della struttura delle porte, che consente una movimentazione agevole anche in presenza di un dislivello monte-valle. Infatti nelle porte radiali la risultante della spinta idraulica agisce secondo la direzione dell'asse di rotazione e quindi non genera alcuna azione antagonista;
- ai modesti dislivelli monte-valle da compensare;
- all'immissione d'acqua attraverso i recessi laterali e quindi con sbocco all'interno di una specie di camera di smorzamento, che permette di minimizzare la zona di turbolenza nella camera durante le manovre di apertura anche senza valvole di regolazione del flusso.

11.3. Il processo di livellamento

Il livellamento della camera avviene mediante la manovra di apertura delle porte soggette al dislivello, facendo fluire l'acqua direttamente attraverso i varchi che si creano tra le porte in movimento e le strutture fisse di testata. La portata affluente viene opportunamente modulata facendo variare il livello dell'acqua nella camera fino a che è annullato il dislivello idraulico.

Il flusso idrodinamico che concorre al livellamento della conca si compone di tre contributi:

- flusso attraverso le luci che si aprono in corrispondenza delle tenute laterali; la larghezza della singola luce laterale aumenta con l'angolo di rotazione della porta da un valore iniziale di circa 2 cm fino ad un massimo di 30 cm per un angolo di rotazione di circa 3.5 °;
- flusso attraverso l'apertura centrale; la larghezza della luce aumenta gradualmente con l'angolo di rotazione delle porte, a partire da una larghezza iniziale

	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 102
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

di circa 2cm in seguito all'abbattimento della pressione nelle tenute pneumatiche;

- flusso attraverso la luce di fondo che si crea all'abbattimento delle pressioni nelle tenute inferiori; l'altezza della luce è costante e pari a 2 cm durante l'intero processo di livellamento.

Durante il livellamento il rapporto tra le dimensioni delle luci attraverso cui transitano i tre flussi è tale per cui, a parità di battente, il volume d'acqua che fluisce attraverso i varchi laterali è nettamente predominante rispetto agli altri.

L'obiettivo del progetto del sistema di livellamento è quello di minimizzare i tempi di riempimento/svuotamento, limitando nel contempo le azioni idrodinamiche indotte sugli scafi delle navi alloggiate all'interno della conca anche per distanze molto ridotte fra la poppa/prua delle imbarcazioni e le porte, in maniera da ottimizzare l'occupazione della camera e quindi l'impiego della conca.

Al fine di minimizzare le turbolenze causate dal flusso d'acqua originato dalle operazioni di livellamento e le conseguenti azioni idrodinamiche sugli scafi ormeggiati nella camera, le modalità e le fasi di livellamento sono state definite secondo i seguenti criteri:

- la variazione nel tempo del flusso idrodinamico in ingresso/uscita deve essere la più regolare possibile, senza picchi o cuspidi; le irregolarità nella legge di riempimento/svuotamento tendono a generare onde di traslazione e quindi a dar luogo a un incremento della risultante di azione;
- il massimo efflusso deve essere contenuto in quanto velocità troppo elevate generano una pendenza della superficie libera che può essere eccessiva ai fini delle sollecitazioni indotte sugli scafi;
- il flusso d'acqua entrante nella conca deve dissipare la maggior energia possibile prima di giungere nella zona occupata dalle imbarcazioni. Nelle conche di Chioggia, il sistema di livellamento è progettato in modo tale che il volume d'acqua necessario alla compensazione entri prevalentemente dalle aperture laterali e sia diretto verso i recessi di alloggiamento delle porte, che quindi fungono da vere e proprie camere di smorzamento;
- eventuali getti concentrati immessi direttamente all'interno della camera devono essere mantenuti preferibilmente paralleli all'asse della conca, in modo

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 103
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

da non introdurre componenti di azione non longitudinali. Nel caso delle conche di Chioggia, la manovra di apertura delle porte prevede anche un flusso attraverso l'apertura centrale, che di fatto può essere assimilato ad un getto concentrato parallelo all'asse della conca. Il flusso in corrispondenza delle tenute inferiori resta invece localizzato nella parte inferiore della sezione della camera e non arreca un disturbo apprezzabile alle imbarcazioni, mentre i flussi laterali sono indirizzati nei recessi di testata dove dissipano gran parte della loro energia prima di giungere nella camera.

11.3.1. Fasi delle operazioni di livellamento

Di seguito sono descritte nel dettaglio le fasi delle operazioni di livellamento (innalzamento e abbassamento del livello delle camere) delle conche di Chioggia, realizzato mediante l'apertura delle porte a settore. A partire dalla condizione di porte chiuse con tenute pneumatiche in pressione, si procede nel modo seguente:

- Abbattimento delle pressioni nelle tenute pneumatiche inferiori, laterali e centrali delle porte soggette al dislivello idrico. La durata di questa operazione può essere stimata in qualche decina di secondi (nei calcoli di livellamento si assume una durata di 30s);
- Apertura lenta delle due porte ($\omega \approx 1.75^\circ/\text{min}$) fino a raggiunge la massima larghezza ($\approx 30\text{cm}$) delle luci laterali in corrispondenza dei recessi, ovvero fino ad un angolo di apertura 3.5° . In questa configurazione la luce centrale presente tra le due porte ha una larghezza di circa 5 cm. Durante questa fase, della durata di 2 minuti, la portata di efflusso/afflusso aumenta con regolarità all'aumentare del grado di apertura.
- Attesa con porte ferme a 3.5° dalla configurazione di chiusura fino a quando il dislivello tra l'interno e l'esterno conca si riduce a 10cm; la durata della presente fase varierà in funzione del dislivello presente. Durante questa fase la portata di afflusso/efflusso si riduce nel tempo.
- Completamento del processo di livellamento fino ad annullare il dislivello interno/esterno mediante una rapida apertura delle porte ($\omega \approx 85^\circ/\text{min}$) che si conclude in circa 1 minuto. Questa manovra di apertura anticipata è possibile perché il dislivello residuo è modesto e quindi non si generano pericolose azioni idrodinamiche per le imbarcazioni. In effetti, essendo la velocità di variazione del livello decrescente nella fase finale (il carico è ormai limitato e

quindi la velocità di flusso è molto bassa), il tempo per equilibrare gli ultimi 10cm a porte bloccate è significativo (20-30% della durata del livellamento totale) e poterlo scontare anticipando l'apertura delle porte consente di ridurre la durata dell'operazione di livellamento e quindi dell'intero ciclo della condotta.

11.4. Verifiche di funzionalità delle operazioni di livellamento

11.4.1. Dislivelli operativi

Per le verifiche idrauliche del sistema di livellamento sono state prese in considerazione le due condizioni operative seguenti corrispondenti a due diversi dislivelli di esercizio:

TAB. 11.1 – CONDIZIONI OPERATIVE ASSUNTE PER LE VERIFICHE DI FUNZIONALITÀ DEL SISTEMA DI LIVELLAMENTO

condizioni operative	livello lato mare (m l.m.m.)	livello lato laguna (m l.m.m.)	battente (m)
medie	+1.22	+0.65	0.57 ≈ 0.60
massime per $T_r=100$ anni	+2.27	+0.60	1.67 ≈ 1.70

Il livello operativo medio lato mare corrisponde al valore medio del massimo annuale (corrispondente a +1.00 m l.m.m.) sommato a 0.22m di eustatismo per considerare le condizioni a 100 anni. Non si considera l'effetto dell'onda lunga perché il suo valore per un tempo di ritorno $T_r=1$ anno è trascurabile.

Il livello operativo massimo lato mare corrisponde al livello con periodo di ritorno 100 anni (corrispondente a +1.65 m l.m.m.) sommato al sovrizzo dovuto all'onda lunga (0.40 m) e a 0.22 m di eustatismo.

Il livello lato laguna è determinato dalle procedure di chiusura e tiene conto del periodo di ritorno degli eventi previsti, di un margine per le imprecisioni di misura e di previsione, della possibile concomitanza, durante la chiusura delle bocche, di fenomeni che innalzano il livello della laguna (infiltrazioni tra le paratoie, apporto idrico dal bacino scolante e sovrizzi locali dovuti al vento e/o alla pioggia).

 GENERALI	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 105
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

11.4.2. Verifiche idrauliche del sistema di livellamento

Il sistema di apertura delle porte regola il flusso in ingresso/uscita dalla conca, facendone variare la portata con una legge temporale prefissata; il risultato è un flusso di riempimento o svuotamento che cresce nel tempo fino a raggiungere un valore massimo per poi tendere a zero quando si arriva all'uguaglianza dei livelli intero/esterno. L'innalzamento o abbassamento del livello d'acqua è funzione dell'efflusso attraverso la testata e della superficie planimetrica della camera.

Le verifiche idrauliche di funzionalità delle operazioni di livellamento sono condotte assumendo le seguenti ipotesi:

- il livello liquido esterno alla conca rimane costante durante le manovre;
- gli effetti d'inerzia sono ritenuti trascurabili;
- il livello interno della conca si mantiene orizzontale in ogni istante;
- le perdite di carico sono descritte da un unico coefficiente C;
- l'apertura delle porte e quindi delle luci di alimentazione è schematizzata come una sequenza di manovre lineari nel tempo.

In queste condizioni, le equazioni che descrivono il processo sono le seguenti:

$$\begin{cases} Q = CA(t)\sqrt{2g[H - h(t)]} \\ Q = F \frac{dh}{dt} \end{cases}$$

dove

Q = portata affluente/effluente;

h(t) = livello idrico interno alla conca in un generico istante t, misurato rispetto al fondo della camera;

H = quota della superficie libera esterna alla conca rispetto al fondo della camera;

A(t) = A_f + bH = sezione liquida di passaggio del flusso attraverso le porte in un generico istante t, pari alla somma della luce di fondo (A_f) e delle aree delle aperture laterali e dell'apertura centrale (bH), essendo b la larghezza totale delle aperture laterali e centrale nel generico istante t;

	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 106
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

C = coefficiente di portata, assunto costante e pari a $0.55^{(7)}$;

F = superficie dello specchio liquido della conca, data dalla somma della superficie della camera e dei recessi di alloggiamento delle porte.

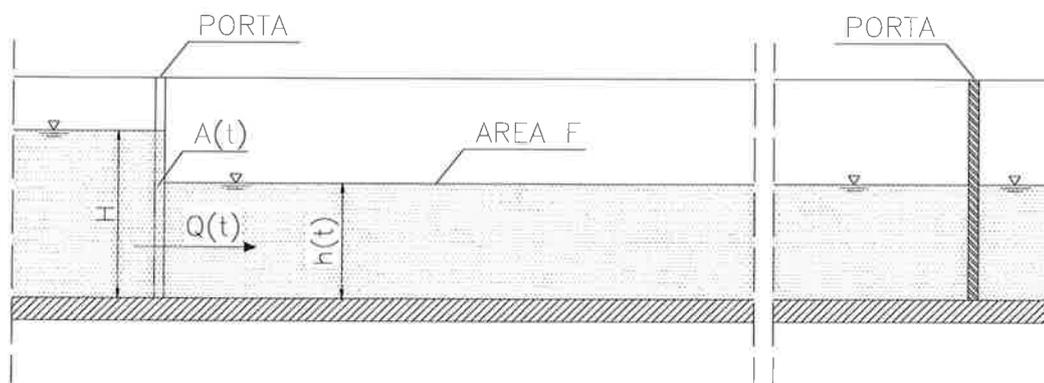


FIG. 11.1 – SCHEMA IDRAULICO PER IL RIEMPIMENTO DI TESTATA

La verifica di livellamento è stata condotta per le condizioni operative medie e per le condizioni operative massime descritte nel paragrafo 11.4.1.

Nelle Fig. 11.2 e Fig. 11.3 sono riportati in forma grafica i risultati delle analisi svolte. Le figure descrivono:

- la variazione nel tempo del dislivello interno/esterno ($H-h$) da compensare;
- la variazione nel tempo della sezione liquida (A) di passaggio del flusso attraverso le porte;
- la variazione nel tempo della portata di afflusso/efflusso (Q).

La legge di apertura delle porte e quindi la funzione $A(t)$ è stata definita sulla base della sequenza temporale descritta nel paragrafo 11.3.1:

$0 \leq t \leq T_0 = 30s \Rightarrow A = A_0 \cdot t / T_0$, dove A_0 è l'area delle luci di alimentazione che si aprono al venire meno delle tenute pneumatiche, a porte ancora chiuse;

⁽⁷⁾ Il valore del coefficiente di portata C per conche con alimentazione di testata attraverso porte radiali è stato assunto come suggerito nel manuale "Hydraulic Design of Navigation Locks", US Army Corps of Engineers (EM 1110-2-1604).

	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 107
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

$T_0 < t \leq T_1 = 210 \Rightarrow A = A_0 + (t-T_0) \cdot (A_{\max} - A_0) / (T_1 - T_0)$, dove A_{\max} è l'area totale delle luci di alimentazione nell'istante $T_1 = 210s$, al termine della prima fase di apertura (angolo di rotazione delle porte pari a 3.5°) in cui si raggiunge la massima larghezza delle luci laterali in corrispondenza dei recessi;

$T_1 < t \leq T_2 \Rightarrow A = A_{\max}$, fase di livellamento con porte ferme, dove T_1 è l'istante in cui si raggiunge un dislivello interno/esterno pari a 10cm. Di fatto all'istante T_1 si può considerare completato il processo di livellamento ai fini del ciclo di concata, in quanto a partire da T_1 si procede all'apertura delle porte;

$T_2 < t \leq T_3 \Rightarrow A = A_{\max}$, dove T_3 è l'istante in cui si verifica l'uguaglianza dei livelli nell'ipotesi di mantenere le porte bloccate a 3.5° . Nella realtà in questa fase si ha una rapida apertura delle porte e quindi l'uguaglianza dei livelli si ottiene in un istante inferiore a T_3 , ma le analisi sono state svolte simulando la condizione di porte ferme per dimostrare che anticipare l'apertura delle porte con un battente di 10cm comporta una significativa riduzione dei tempi di livellamento e quindi della durata totale del ciclo di concata.

Le durate dei livellamenti sono riassunti nella tabella Tab. 11.2, dove si riportano, per i livelli iniziali considerati, la durata del livellamento a meno degli ultimi 10 cm e quella totale.

TAB. 11.2 – DURATE DEL PROCESSO DI LIVELLAMENTO NELLE CONDIZIONI OPERATIVE MEDIE E MASSIME

Condizioni operative	Battente iniziale	Durata del livellamento	Durata del livellamento
	H-h ₀ (m)	-0.10m T ₂ (s)	totale T ₃ (s)
medie	0.60	315	480
massime per T _r =100 anni	1.70	525	670

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 108
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Il tempo necessario per ottenere il dislivello di 10cm nella camera della conca è di poco superiore a 5 minuti nella situazione operativa media (2 minuti in apertura lenta porte + 3 minuti a porte ferme), fino a un massimo di poco inferiore a 9 minuti nella condizione di massimo operativo.

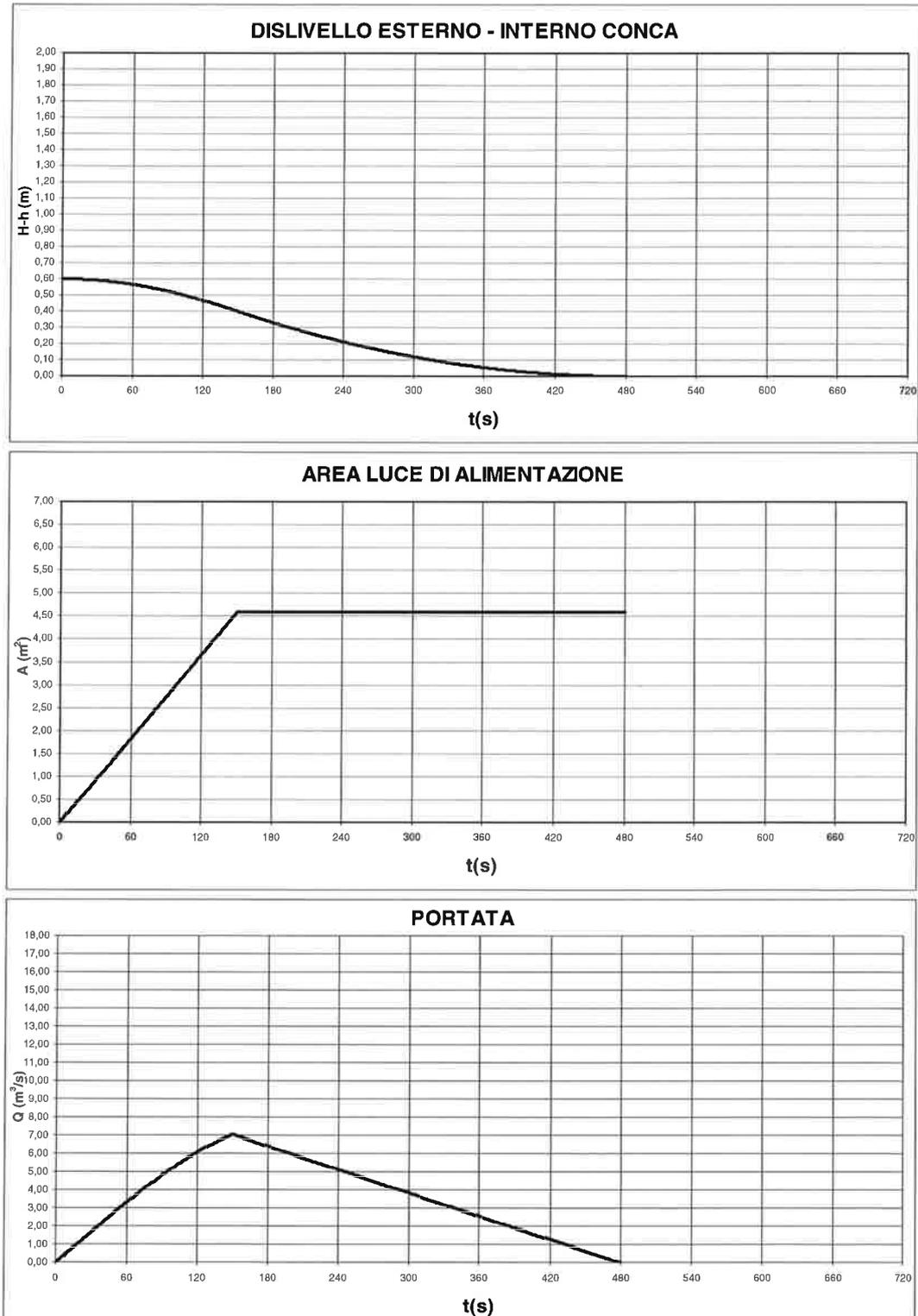


FIG. 11.2 – ANALISI DI LIVELLAMENTO: CONDIZIONI OPERATIVE MEDIE (BATTENTE INIZIALE 0.60M)

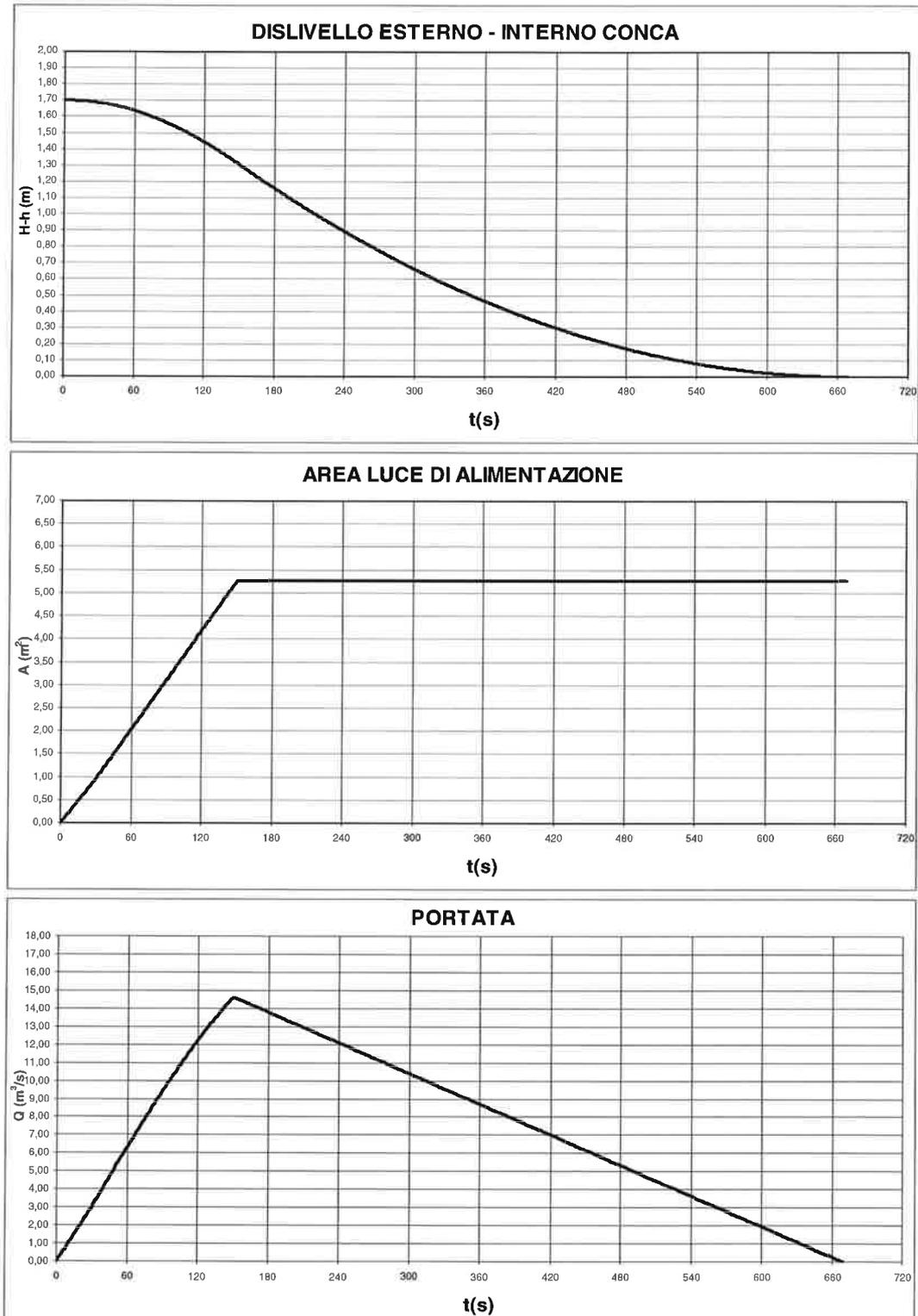
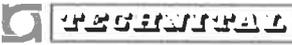


FIG. 11.3 – ANALISI DI LIVELLAMENTO: CONDIZIONI OPERATIVE MASSIME PER $T_r=100$ ANNI (BATTENTE INIZIALE 1.70M)

	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 111
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

11.4.3. Azioni idrodinamiche sugli scafi alloggiati nelle conche

Quando una nave è ormeggiata nella camera, il suo scafo è soggetto alle forze idrodinamiche causate dal flusso di acqua originato dalle operazioni di livellamento.

Dal momento che il riempimento avviene attraverso le porte, le azioni idrodinamiche indotte sullo scafo delle imbarcazioni alloggiato nella camera sono dirette prevalentemente lungo l'asse della conca.

La massima forza longitudinale ammissibile sullo scafo durante il processo di livellamento, tale da minimizzare il disturbo sulle imbarcazioni ormeggiate, è espressa in genere come un valore relativo in ‰ del peso del fluido spostato dall'imbarcazione di progetto (dislocamento). Usualmente si adotta il criterio restrittivo di limitare la massima azione longitudinale al 1‰ del dislocamento del natante.

L'analisi delle azioni idrodinamiche sulle imbarcazioni è stata condotta considerando i pescherecci di maggiori dimensioni tra quelli previsti in transito attraverso la bocca di Chioggia; pertanto nei calcoli è stata assunta una nave di progetto avente le seguenti caratteristiche:

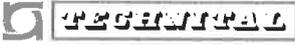
- lunghezza $L = 32 \text{ m}$
- larghezza $B = 9 \text{ m}$
- pescaggio $D = 3.5 \text{ m}$
- coefficiente di blocco $C_b = 0.8$
- dislocamento $\Delta = 830 \text{ t}$

In generale la forza longitudinale nasce dalla composizione di due effetti:

effetto delle onde traslazionali dovute alla variazione del livello nella conca;

effetto dovuto all'azione diretta del flusso entrante sulle imbarcazioni. Questo effetto si verifica solamente durante il processo di riempimento della camera per la penetrazione di getti concentrati. Durante il processo inverso di svuotamento, invece, il getto concentrato è assente e quindi le sollecitazioni sulle imbarcazioni risultano molto inferiori.

La forza indotta sugli scafi dalle onde di traslazione può essere valutata attraverso la seguente espressione:

	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 112
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

$$F_1 = \frac{\gamma_w C_b L B D}{g(B_c h - B D)} \frac{dQ}{dt}$$

dove

γ_w = peso specifico dell'acqua

C_b = coefficiente di blocco dell'imbarcazione di progetto

L = lunghezza dell'imbarcazione di progetto

B = larghezza dell'imbarcazione di progetto

D = pescaggio dell'imbarcazione di progetto

B_c = larghezza della camera della conca

h = livello idrico interno alla conca in un generico istante t, misurato rispetto al fondo della camera

dQ/dt = derivata nel tempo della portata transitante dalle porte della conca

Per quanto riguarda il flusso che investe direttamente le imbarcazioni ormeggiate, l'unico vero getto concentrato sulle imbarcazioni è prodotto dal flusso in ingresso attraverso l'apertura centrale durante il processo di riempimento, in quanto i flussi attraverso le aperture laterali sono diretti all'interno dei recessi dove dissipano la loro energia e il flusso attraverso la luce di fondo resta localizzato nella sezione inferiore della camera.

L'azione longitudinale indotta sulle imbarcazioni dal flusso centrale può essere determinata attraverso la seguente espressione:

$$F_2 = \frac{\gamma_w}{2g} C_L B D V_m^2$$

dove

C_L = fattore di forma dipendente dalla geometria dello scafo (nel caso di scafi convenzionali si assume pari a 0.6, come suggerito nelle ROM 0.2-90);

V_m = velocità media della corrente generata dal getto

Per il calcolo della velocità della corrente generata dal getto si utilizza la formula di espansione di un getto libero piano all'interno di un canale rettilineo⁽⁸⁾, che fornisce la velocità media del getto V_m in funzione della distanza x dall'apertura centrale e del battente H-h:

⁽⁸⁾ "Memento de pertes de charge", Idel'cik, 1969

$$V_m = \frac{0.47 \cdot 1,2}{\sqrt{0.41 + \frac{2 \cdot 0.09 \cdot x}{b_c}}} \sqrt{2g(H-h)}$$

valida per $x > 5b_c$, essendo b_c la larghezza dell'apertura centrale da cui ha origine il getto (vedi Fig. 11.4).

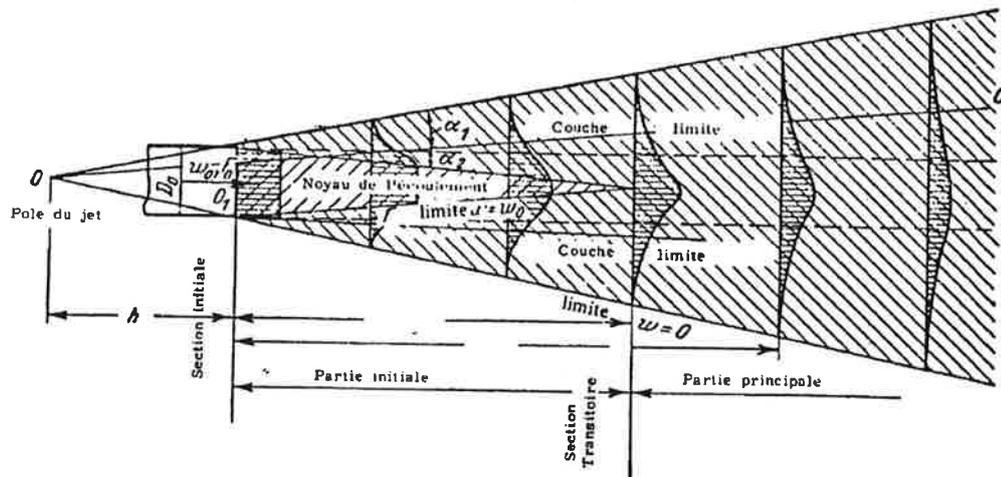


FIG. 11.4 – SCHEMA IDRAULICO DEL GETTO LIBERO (IDEL'CIK, 1969)

Il getto libero si espande all'interno della camera con un angolo di diffusione di circa 24° e la sua velocità media V_m (e quindi la forza F_2 indotta sullo scafo) si riduce in ragione di $1/\sqrt{x}$ man mano che ci si allontana dalle porte.

In Fig. 11.5 è riportato l'andamento nel tempo delle forze longitudinali (esprese in ‰ di dislocamento) indotte dal getto concentrato durante il processo di riempimento per diverse distanze x della prua dell'imbarcazione dalle porte della conca.

Si può osservare che nelle condizioni operative medie la forza longitudinale risulta sempre inferiore al 1‰ del dislocamento, ma anche nelle condizioni operative massime è sufficiente mantenere la prua del natante a una distanza di $x = 3\text{m}$ dalle porte per avere sollecitazioni inferiori alla soglia del 1‰ del dislocamento.

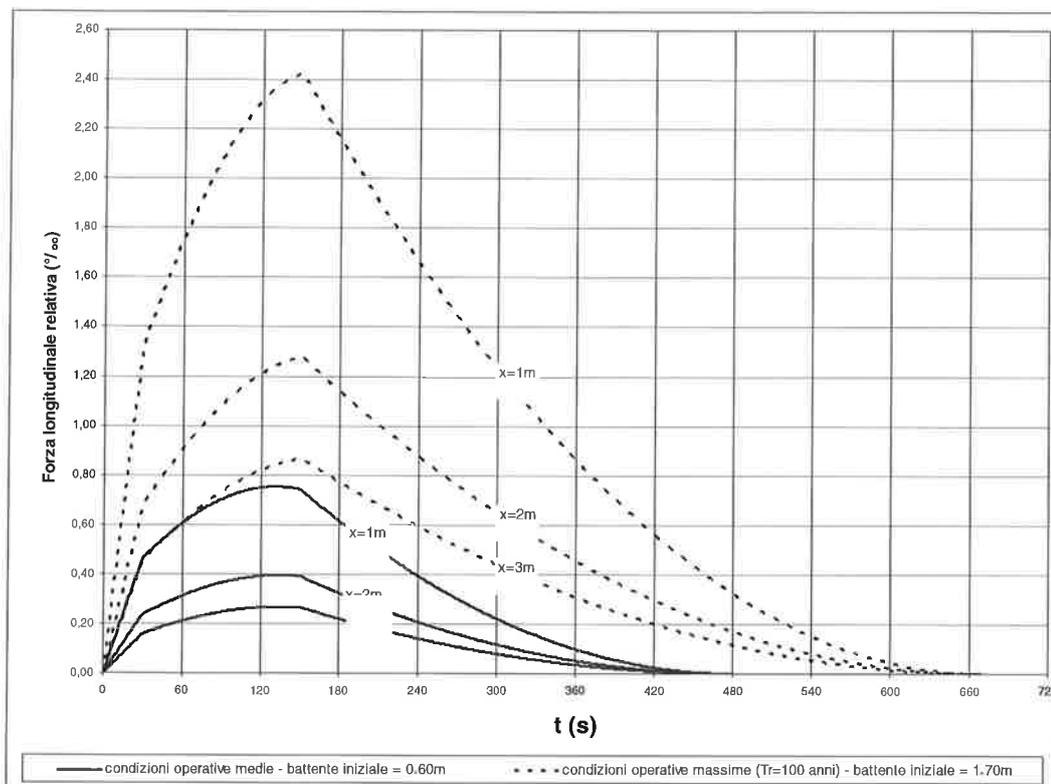


FIG. 11.5 – AZIONI LONGITUDINALI F₂ INDOTTE DAL GETTO CONCENTRATO SU IMBARCAZIONI POSTE A DIVERSE DISTANZE X DALLE PORTE DELLA CONCA DURANTE IL PROCESSO DI RIEMPIMENTO (CONDIZIONI OPERATIVE MEDIE E MASSIME)

L'effetto combinato delle forze longitudinali F_1 e F_2 è illustrato nei grafici di Fig. 11.6 e Fig. 11.7, dove è riportato l'andamento temporale delle singole forze e della loro risultante F_1+F_2 durante le operazioni di riempimento in condizioni operative medie (battente iniziale 0.60m) e in condizioni operative massime con $Tr=100$ anni (battente 1.70m). La discontinuità nella curva della forza F_1 è dovuta solamente al modello semplificato di calcolo assunto per la legge di deflusso $Q(t)$, che prevede una discontinuità della derivata della portata dQ/dt all'istante T_1 in cui la luce di alimentazione A assume il valore massimo.

In Tab. 11.3 sono riportati i valori massimi della risultante F_1+F_2 (espressi in ‰ di dislocamento) in funzione della distanza x della prua dell'imbarcazione di progetto dalle porte in movimento, in particolare per $x = 1m, 2m$ e $3m$.

 TECNOITAL	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 115
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

TAB. 11.3 – VALORI MASSIMI DELLE FORZE LONGITUDINALI F1+F2 AGENTI SULL'IMBARCAZIONE DI PROGETTO IN FUNZIONE DELLA SUA DISTANZA X DALLE PORTE DURANTE IL PROCESSO DI RIEMPIMENTO

condizioni operative	Battente iniziale H - h ₀ (m)	Forze massime sull'imbarcazione di progetto (F1+F2) _{max} (‰)		
		x = 1m	x = 2m	x = 3m
medie	0,60	0,813	0,455	0,330
massime per T _r =100 anni	1,70	2,538	1,391	0,981

Pertanto le massime forze longitudinali agenti sullo scafo di progetto nelle operazioni di riempimento risultano sempre inferiori al limite restrittivo del 1‰ del dislocamento, a condizione che in occasione dei massimi dislivelli operativi (1.70m), caratterizzati da un periodo di ritorno di 100 anni, la prua dell'imbarcazione sia ad una distanza non inferiore a 3m dalle porte che effettuano la manovra di apertura.

Nella fase di svuotamento le sollecitazioni sullo scafo sono nettamente inferiori a quelle riportate in Tab. 11.3, in quanto non vi sono getti concentrati che generano le azioni più penalizzanti e pertanto non è necessario fissare una distanza di rispetto dalle porte.

L'applicazione di tale distanza di rispetto per la fase di riempimento in occasione di eventi centenari non rappresenta comunque una restrizione sul numero di imbarcazioni che la camera può ospitare durante un ciclo di concata. Infatti i natanti che transitano attraverso la conca durante gli eventi di chiusura sono prevalentemente quelli che rientrano dal mare verso la laguna e che quindi occupano la camera durante la fase di svuotamento, in cui i getti concentrati che generano le sollecitazioni più gravose sono assenti, e pertanto possono occupare tutto lo spazio utile della conca.

L'azione del getto centrale concentrato contro le imbarcazioni si verifica solamente durante la fase di riempimento della conca, che interessa unicamente i pochi natanti in transito dalla laguna verso il mare nel periodo di interdizione della navigazione attraverso la bocca. In tali circostanze all'interno della camera vi saranno prevedibilmente poche imbarcazioni, che quindi potranno disporsi facilmente a un'adeguata distanza dalle porte.

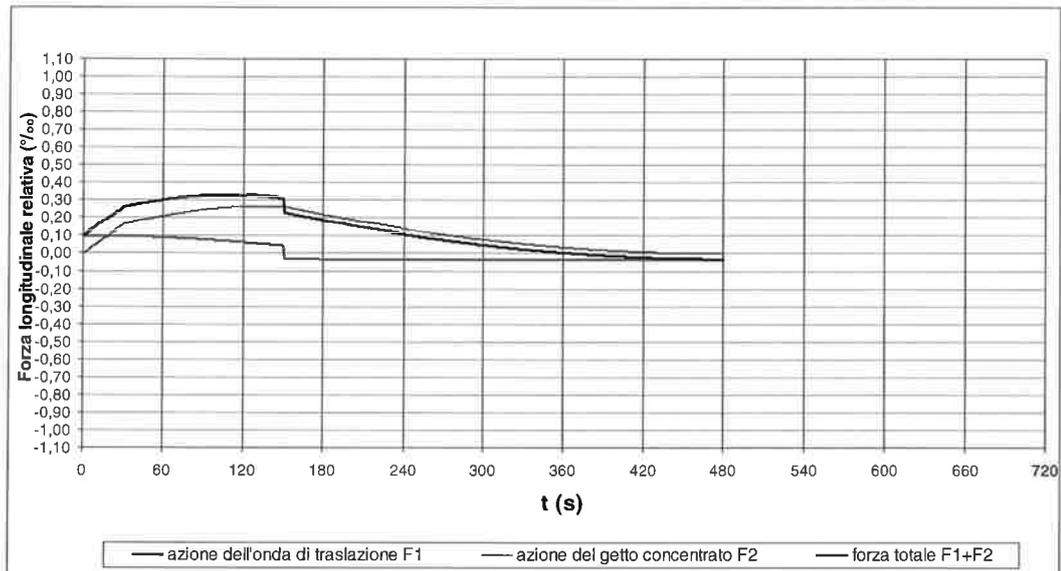


FIG. 11.6 – AZIONI LONGITUDINALI SULLO SCAFO POSTO A X=3M DALLE PORTE DURANTE LE OPERAZIONI DI RIEMPIMENTO: CONDIZIONI OPERATIVE MEDIE (BATTENTE INIZIALE 0.60M)

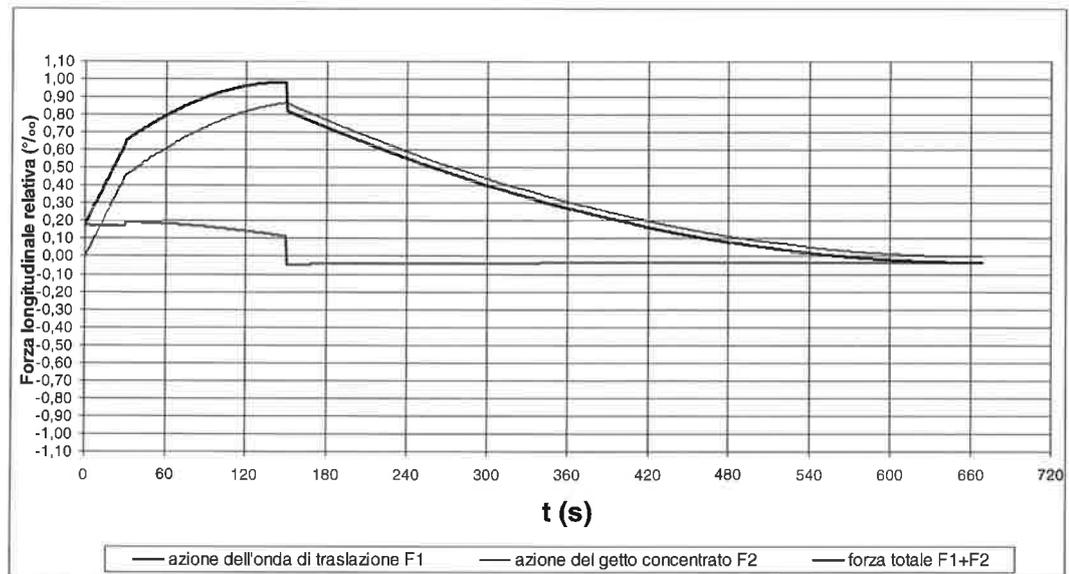


FIG. 11.7 – AZIONI LONGITUDINALI SULLO SCAFO POSTO A X=3M DALLE PORTE DURANTE LE OPERAZIONI DI RIEMPIMENTO: CONDIZIONI OPERATIVE MASSIME PER $T_R=100$ ANNI (BATTENTE INIZIALE 1.70M)

	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 117
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

12. DURABILITA' E MANUTENZIONE

12.1. Premessa

La vita utile di 100 anni prevista per le strutture, gioca un ruolo fondamentale nelle scelte di progetto e dei materiali.

L'obiettivo di garantire una vita utile (o di servizio) di 100 anni viene perseguito:

- a) analizzando in maniera sistematica le condizioni di servizio e valutando l'azione di tutte le situazioni di carico ad esse correlate, sia per quel che concerne le prestazioni richieste all'esercizio, sia individuando la necessaria riserva ultima di risorsa delle strutture;
- b) geometrizzando i manufatti in modo che siano tutti facilmente ispezionabili e, laddove sia più complicato ripararli o sostituirli, dotarli di tutte le caratteristiche e le risorse necessarie per mantenersi efficienti durante l'arco della vita di servizio, inclusa la pianificazione di un'adeguata attività di manutenzione;
- c) progettando i materiali in funzione dell'aggressività dell'ambiente o provvedendoli del sistema di protezione più adeguato e duraturo;
- d) progettando un sistema integrato di monitoraggio e manutenzione che qualifichi e pianifichi gli interventi necessari.

Questo capitolo individua le principali cause di attacco ai manufatti da parte di agenti aggressivi ambientali e le contromisure attuate in termini di progettazione dei materiali e dei sistemi di protezione.

Le norme e il piano di manutenzione saranno oggetto di trattazione multidisciplinare e integrata nell'ultimo stralcio di progetto relativo alle finiture.

12.2. Porte delle conche - Corrosione di elementi strutturali in acciaio

Le pareti della vasche e delle sponde sono costituite da opere di sostegno in acciaio.

12.2.1. Corrosione e protezione delle carpenterie in acciaio nelle zone immerse

La velocità di corrosione delle carpenterie in acciaio varia a seconda delle condizioni di esposizione. Indicativamente, considerando che le parti siano a contatto

 TECNOFERRAL	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 118
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

con l'acqua di mare, si possono individuare i seguenti valori di velocità di corrosione:

- lato mare a contatto con l'acqua di mare: corrosione media uniforme di tipo generalizzato con velocità medie di attacco di 30-70 $\mu\text{m}/\text{anno}$; possibile corrosione localizzata per aerazione differenziale pari a 400/600 $\mu\text{m}/\text{anno}$.

Questo scenario porta a fare le seguenti valutazioni:

- dovranno essere protette con verniciatura apposita tutte le carpenterie, sia le parti immerse che quelle nella zona del bagnasciuga;
- verrà applicato un sovradimensionamento sugli elementi strutturali che tenga conto di uno spessore di sacrificio di 1mm in 100 anni per garanzia di sicurezza strutturale;
- Accanto ai primi due accorgimenti viene predisposto un progetto di protezione catodica ad anodi sacrificali con periodo di vita di 20 anni;
- la predisposizione della struttura a futuri interventi di protezione è comunque necessaria per far fronte ad una eventuale diversa dinamica della velocità di corrosione o alla presenza di fenomeni corrosivi localizzati in parti critiche dei manufatti.

Si è pertanto considerato di progettare le strutture mettendo in conto adeguati sovrasspessori, protezioni superficiali e prevedendo per i manufatti una protezione catodica ad anodi sacrificali.

12.3. Piani di manutenzione per le porte

Le attività di manutenzione possono essere classificate secondo le seguenti categorie:

- a. Movimentazioni delle porte e messa in azione delle parti d'opera per tenere in esercizio le varie componenti della porta;
- b. Attività di controllo e verifica della situazione dei singoli elementi;
- c. Attività di pulizia degli elementi;
- d. Attività sostituzione e/o di riabilitazione degli elementi.

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 119
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Partendo dalle categorie sopra descritte, il piano della manutenzione può quindi essere così riassunto:

- 1) Una volta alla settimana (attività tipo “a”): tutte le porte dovranno subire una movimentazione in apertura o in chiusura per tenere in esercizio gli snodi delle porte, per effettuare un ciclo di sgonfiaggio e gonfiaggio delle tenute pneumatiche e per effettuare la pulizia del fondo ed evitare eccessivi accumuli sulla soglia. Nei periodi di inoperosità della porta (tipicamente quelli estivi) dove una porta dovrà sempre essere chiusa, si potrà procedere a cicli di chiusura delle porte lato mare e lato laguna alternandoli settimanalmente;
- 2) Per i primi 5 anni: annualmente attività tipo “c” di pulizia del fouling (lo scrostamento avviene con apposite palette ed è enormemente agevolato dalla piena efficacia della vetrificazione); contestualmente a tale attività si procede ad un’attività di tipo “b” per la verifica dello stato delle tenute gonfiabili, degli snodi e degli anodi sacrificali;
- 3) Fra i 5 ed i 10 anni di vita: attività di tipo “c” di pulizia del fouling con cadenza semestrale o annuale (lo scrostamento avviene con apposite palette ed è enormemente agevolato dalla piena efficacia della vetrificazione); contestualmente a tale attività si procede ad un’attività di tipo “b” per la verifica dello stato delle tenute gonfiabili, degli snodi e degli anodi sacrificali;
- 4) Allo scadere dei 10 anni la porta è messa all’asciutto, utilizzando i panconi e svuotamento delle testate delle conche; si procede alle seguenti attività di tipo “b”, “c” e “d”:
 - i. ripristino degli strati anti-fouling secondo specifiche di capitolato;
 - ii. sostituzione delle tenute gonfiabili;
 - iii. verifica ed eventuale sostituzione degli anodi sacrificali: la sostituzione degli anodi avverrà qualora l’ispezione metta in luce un deterioramento superiore al 50%;
 - iv. Verifica dello stato degli snodi;
 - v. Verifica di verticalità della porta ed eventuale regolazione planimetrica tramite i tiranti dello snodo superiore;
 - vi. Verifica del sistema di movimentazione della porta;

	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6021	Pag. n. 120
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

- vii. Verifica dello stato di tutti gli elementi strutturali principali e secondari (telaio, fasciame, fenders, passerelle);
- 5) Ogni 20/30 anni: la porta dovrà essere sganciata e trasportata in officina dove potrà essere totalmente riverniciata.
- 6) Quando necessario: quando sarà necessario potranno essere effettuate le sostituzioni delle parti meccaniche più resistenti (cilindri oleodinamici, snodi e pilette, fenders).
- Si rimanda alla relazione MV048P- PE-CZM-6023 per una trattazione più completa del sistema di manutenzione previsto per le porte.