



C0	04/09/14	Emissione per approvazione		AE	AC	YE
REVISIONE		DESCRIZIONE		EL.	CON.	APP.
<b>MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI</b> <b>PROVVEDITORATO INTERREGIONALE PER LE OPERE PUBBLICHE</b> <b>VENETO – TRENTINO ALTO ADIGE – FRIULI VENEZIA GIULIA</b>						
<b>NUOVI INTERVENTI PER LA SALVAGUARDIA</b> <b>DI VENEZIA</b>						
CONVENZIONE REP. 7191 DEL 04-10-1991 ATTO ATTUATIVO A VALERE SU 10 <sup>a</sup> ASSEGNAZIONE CIPER PER IL “SISTEMA MOSE”						
<b>INTERVENTI ALLE BOCCHE LAGUNARI PER</b> <b>LA REGOLAZIONE DEI FLUSSI DI MAREA</b> CUP: D51B02000050AD1 (CIPE 10B)						
<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>						
<b>WBS: CH.E1.14</b> <b>WBE: CH.E1.14.PE.01B</b>						
<b>BOCCA DI CHIOGGIA</b> <b>CONCHE: PORTE E OPERE ELETTROMECCANICHE</b> <b>PORTE, PASSERELLE, PANCONI ED IMPIANTI AFFERENTI</b>						
<b>RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA</b> <b>ELEMENTI PRINCIPALI</b>						
ELABORATO		CONTROLLATO		APPROVATO		
A. Erba		A. Chiarelli		Y. Eprim		
N. ELABORATO		CODICE FILE		DATA		
MV048P-PE-CAR-6024-C0		MV048P-PE-CAR-6024-C0.doc		04 Settembre 2014		
<b>CONSORZIO “VENEZIA NUOVA”</b>						
COORDINAMENTO PROGETTAZIONE  VERIFICATO V. Esposito   <b>CONSORZIO VENEZIA NUOVA</b> Ing. H. Redi				PROGETTAZIONE DOTT. ING.  IL RESPONSABILE Ing. A. SCOTTI n° A 9782 MILANO		
OPERA PROTETTA AI SENSI DELLA LEGGE 22 APRILE 1941 N° 633 TUTTI I DIRITTI RISERVATI QUALSIASI RIPRODUZIONE ED UTILIZZAZIONE NON AUTORIZZATE SARANNO PERSEGUITE A RIGORE DI LEGGE						

 <b>REPUBBLICA ITALIANA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 2
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI**

**PROVVEDITORATO INTERREGIONALE PER LE OPERE PUBBLICHE  
VENETO – TRENTINO 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 10<sup>a</sup> ASSEGNAZIONE CIPE PER IL “SISTEMA MOSE”**

**CONSORZIO VENEZIA NUOVA**

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


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

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA  
ELEMENTI PRINCIPALI**

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 3
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

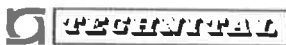
## INDICE

1. PREMESSA	6
2. CARATTERISTICHE DELLE CONCHE	7
2.1. Localizzazione dell'opera e stato di fatto	7
2.2. Descrizione componenti della conca e loro suddivisione in WBE	8
2.2.1. WBS CH.E1.10 - Vasche delle conche	9
2.2.2. WBS CH.E1.10 - Strutture di alloggiamento delle porte	10
2.2.3. WBS CH.E1.10 - Arredi marini e completamenti opere civili	10
2.2.4. WBS CH.E1.14 – WBE 01A – Protezione Catodica	11
2.2.5. WBS CH.E1.14- WBE01B- Porte e relativi sistemi di movimentazione	13
2.2.6. WBS CH.E1.14- WBE01B-Panconi e passerelle di attraversamento conche	13
2.2.7. WBS CH.E1.14- WBE01B-Impianti	13
2.2.8. WBS CH.E1.14- WBE02-Edificio di Controllo e completamento	16
3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	17
3.1. Organizzazione delle WBS e delle WBE delle porte e opere elettromeccaniche delle conche di Chioggia	17
3.2. Elaborati del progetto definitivo	17
3.3. Studi e documenti specialistici sviluppati per la Conche di navigazione nell'ambito del progetto delle opere di Regolazione dei Flussi di Marea	17
3.4. Elaborati del progetto esecutivo	18
3.5. Normative e standard applicabili	18
3.5.1. Normativa italiana sulle strutture	18
3.5.2. Eurocodici	18
3.5.3. Norme specifiche sull'acciaio	19
3.5.4. Norme sulle costruzioni marittime	20
3.5.5. Norme specifiche sulle conche di navigazione	21
4. CONTENUTI DELLA RELAZIONE E DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE PRINCIPALI	22
4.1. Caratteristiche progettuali delle porte a settore	22
4.1.1. Perché è stata scelta una porta a settore	22
4.1.2. Le porte delle conche di Chioggia	23
4.1.3. Sistema di vincolo delle porte	26
4.1.4. Oggetto della presente relazione	27
5. SOFTWARE DI CALCOLO	28
6. CRITERI DI VERIFICA DELLE STRUTTURE	29
6.1. Stati limite ultimi: combinazione delle azioni	30
6.2. Stati limite ultimi: coefficienti di sicurezza parziali per i materiali	31
6.3. Stati limite di esercizio: combinazione delle azioni	31
6.4. Coefficienti di sicurezza parziali per i materiali (acciaio e calcestruzzo)	32
7. MATERIALI	34
7.1. Acciaio	34


 <b>PROVVEDITORATO</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 4
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

7.1.1. Acciaio per porta	34
7.1.2. Acciaio per collegamenti bullonati	34
7.1.3. Acciai speciali	35
8. DURABILITA' E MANUTENZIONE	36
8.1. Premessa	36
8.2. Porte delle conche - Corrosione di elementi strutturali in acciaio	36
8.2.1. Corrosione e protezione delle carpenterie in acciaio nelle zone immerse	37
8.3. Piani di manutenzione per le porte	37
9. DATI DI BASE E CONSIDERAZIONI PRELIMINARI	40
9.1. Vita utile di progetto	40
9.2. Condizioni ambientali: marea e moto ondoso	42
9.2.1. Livelli di marea e moto ondoso	42
9.3. Bacino lato mare	45
9.3.1. Onde di fronte alle conche lato mare	47
9.4. Fouling	49
9.5. Urto natanti in manovra	51
9.6. Sisma	51
9.6.1. Zonazione dell'Istituto Nazionale di Vulcanologia	51
9.6.2. Azione sismica - Spinte date dalla presenza dell'acqua	52
9.6.3. Azione sismica - Valori interziali	53
9.7. Azioni in fase di movimentazione delle porte	53
10. STRUTTURA PORTE	54
10.1. Premessa	54
10.2. Tipologia	54
10.3. Schema strutturale	54
10.4. Azioni permanenti	62
10.4.1. Pesi telaio strutturale e fasciame (AZIONE 1)	62
10.4.2. Anodi sacrificali (AZIONE 1)	62
10.4.3. Passerella (AZIONE 1)	62
10.4.4. Fender (AZIONE 1)	62
10.4.5. Telaio reggi fender (AZIONE 1)	62
10.4.6. Sottospinta idrostatica (AZIONE 2)	63
10.4.7. Fouling (AZIONE 3)	63
10.5. Azioni variabili	63
10.5.1. Azioni meteomarine	63
10.5.2. Condizioni operative con porta in esercizio (apertura/chiusura) (AZIONI 6 - 9)	66
10.5.3. Condizioni massime operative con porta chiusa (AZIONI 5 - 8)	67
10.5.4. Condizioni estreme con porta chiusa (AZIONI 4 - 7)	68
10.5.5. Sovraccarichi accidentali pedonali passerella (AZIONE 10)	69
10.5.6. Movimentazione (AZIONE 11)	69
10.5.7. Urto natanti in manovra lato interno conca (AZIONI 12-13-14)	69
10.5.8. Urto natanti in manovra lato esterno conca (AZIONE 15)	70
10.5.9. Azioni termiche	70



	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 5
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

10.5.10. Azioni del vento	70
10.6. Valutazioni delle sollecitazioni in ambito sismico	71
10.7. Combinazioni di carico	74
10.7.1. Combinazioni Stato limite ultimo (da aggiornare)	74
10.7.2. Combinazioni Stato limite esercizio	75
10.8. Criteri di modellazione delle strutture della porta	75
10.9. Analisi strutturale	76
10.9.1. Dimensionamento del fasciame ed irrigidimenti :	76
10.9.2. Modelli di calcolo :	80
10.10. Modello Esercizio (COMB 0 – COMB 10) e (C ESE I – C ESE V)	82
10.10.1. Deformazioni sotto peso proprio:	86
10.10.2. Deformazioni in esercizio:	86
10.11. Modello porta vincolato su cerniere e fissato con chiavistello (COMB 11 – COMB 19)	92
10.12. Modello Martinetti (COMB 0)	97
10.12.1. Reazioni vincolari	98
10.13. Modello Sollevamento	99
10.13.1. Reazioni vincolari	100
10.13.2. Sollecitazioni e Verifiche profili	101
10.13.3. Sollecitazioni e Verifiche fasciame ed irrigidimento	149

 <b>PROVVEDITORATO</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 6
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	


## 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 durante le fasi di costruzione della barriera, in tutti i casi in cui l'attraversamento della bocca dovesse risultare temporaneamente impedito.

Questo progetto riguarda le opere elettromeccaniche, con particolare riferimento alle porte, ai panconi, alle passerelle e alla protezione catodica.

La presente relazione di calcolo illustra i calcoli e le verifiche effettuati sugli elementi principali in acciaio delle porte.

 <b>PROVVEDITORATO INTERREGIONALE PER LE OPERE PUBBLICHE VENETO – TRENTINO ALTO ADIGE FRIULI VENEZIA GIULIA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 7
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

## 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 Caroman. 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 -10.0 m) e di ridurre l'interferenza con il territorio (Ca Roman), la tipologia strutturale è stata modificata sostituendo i manufatti in calcestruzzo armato con palancole.

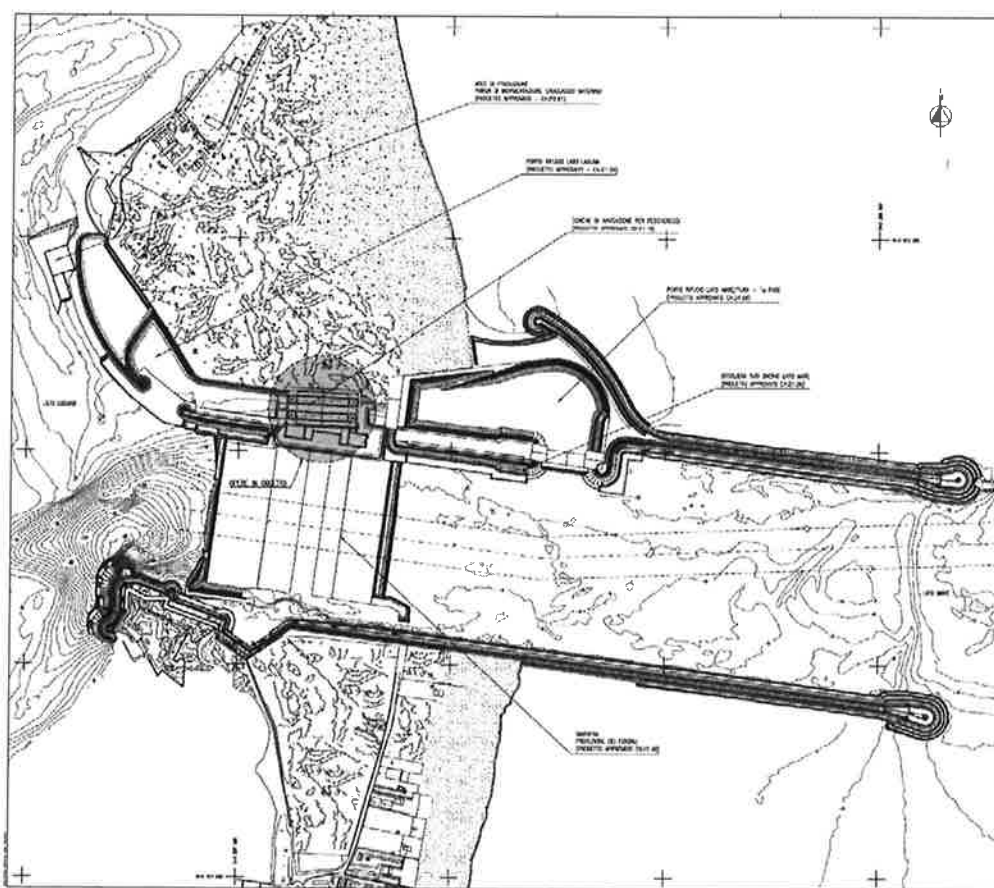



FIG. 2.1 - CONCHE DI CHIOGGIA – POSIZIONE DELLE CONCHE NELLA BOCCA



 <b>PROVVEDITORATO</b>	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 9
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

### 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-6024	Pag. n. 10
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

### 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.

 <b>PROGETTA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 11
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

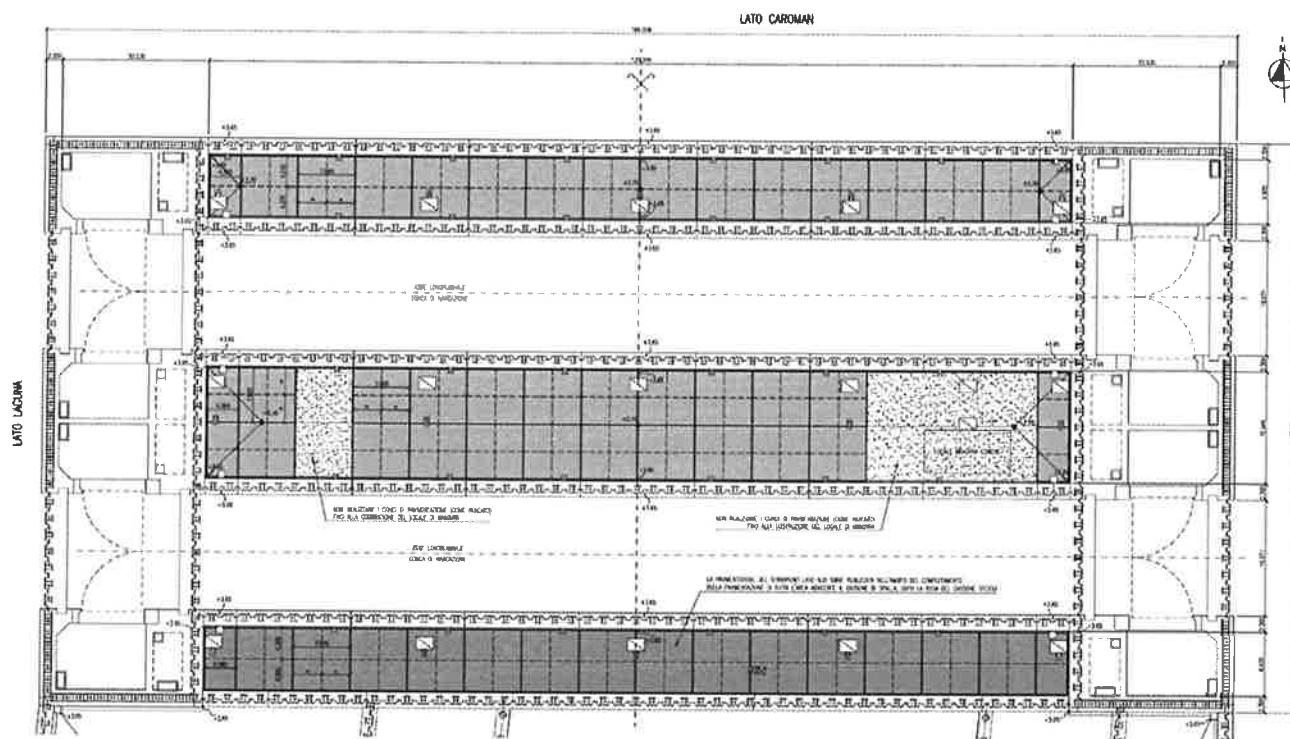


FIG. 2.3 - CONCHE DI CHIOGGIA – PLANIMETRIA DELLE CONCHE – STATO DI FATTO AL TERMINE DELLA WBS CH.E1.10

#### 2.2.4. 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.

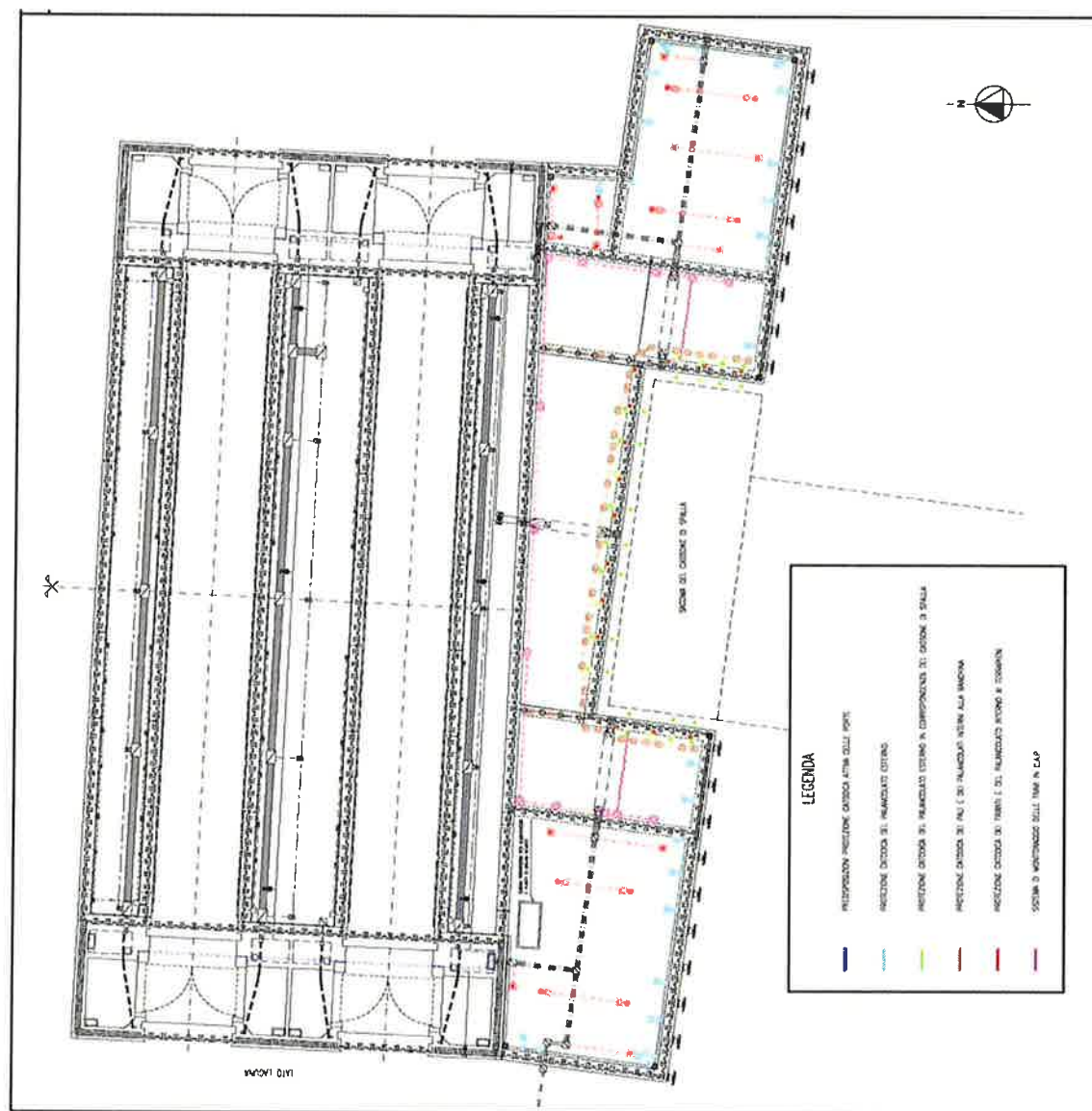
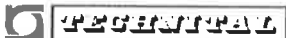


FIG. 2.4 – PLANIMETRIA DELLE OPERE SOGGETTE ALLE PREDISPOSIZIONI PER LA PROTEZIONE CATODICA DI WBE 01A



	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 13
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

#### 2.2.5. 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 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.

#### 2.2.6. 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.

#### 2.2.7. 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.

 <b>REGIONE</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 14
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

### 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:

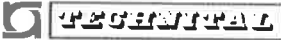
- il sistema oleoidraulico per la movimentazione e d il blocco delle porte che comprende :
  - i cilindri di movimentazione e di blocco delle porte;
  - la centralina oleoidraulica con la vasca di contenimento dell'olio, le elettropompe di pressurizzazione, le tubazioni di collegamento di mandata e ritorno tra la centralina ed i pistoncini (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;

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 15
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

- 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

#### 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:	EI. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 16
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

#### 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.

#### 2.2.8. 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-6024	Pag. n. 17
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

### **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 e 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.

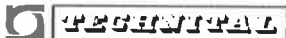
Oggetto del presente stralcio progettuale è la sola WBE 01B.

#### **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 Conche 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

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 18
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

- 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.

### 3.4. Elaborati del progetto esecutivo

Per l'elenco degli elaborati del progetto esecutivo della conca si rimanda alla serie MV048P-PE-CZL-6000.


### 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;
- 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.

#### 3.5.2. Eurocodici


- UNI EN 1990:2004 - “Eurocodice - Criteri generali di progettazione strutturale”;

 <b>TEGENITAL</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 19
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

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

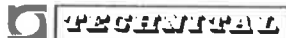
- CNR UNI 10011, “Costruzioni in acciaio. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione”, 1987;
- UNI EN 10025:1995 – “Prodotti laminati a caldo di acciai non legati per impieghi strutturali. Condizioni tecniche di fornitura”.
- UNI EN 10210:2006 – “Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche di fornitura”

 <b>PROGETTAZIONE</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 20
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

#### 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 2004 – “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;




	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 21
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

- PIANC - 1987 – “Guidelines for the design and construction of flexible re-  
vetments incorporating geotextiles for inland waterways”, issued by the Per-  
manent Association of navigation Congresses.

### 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 idauli-  
che di 1a e 2a categoria e delle opere di bonifica.

 <b>REGIONE DEL VENETO</b>	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 22
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

#### 4. CONTENUTI DELLA RELAZIONE E DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE PRINCIPALI

La presente relazione di calcolo strutturale presenta le verifiche delle parti strutturali principali della porta, vale a dire del telaio spaziale, dell'asse centrale di rotazione e del fasciame della porta; la relazione MV048P-PE-CAR-6025 presenta invece le verifiche di dettaglio della porta (passerella, telaio reggi – fender e particolari della porta). Le verifiche dei dettagli dei nodi della tralicciatura della porta sono invece riportate nella relazione MV048P-PE-CAR-6028, mentre le verifiche degli snodi di movimentazione delle porte sono comprese nella relazione MV048P-PE-CAR-6026.

Vengono qui di seguito descritte la geometria e presentati gli elementi principali delle porte, oggetto delle verifiche della presente relazione.

##### 4.1. Caratteristiche progettuali delle porte a settore

###### 4.1.1. 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 delle porte in presenza di correnti e di dislivelli su entrambi i lati delle porte.

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 concata;

- 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 le conche, non subiscono alcun ritardo nell'ingresso al porto;

 	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 23
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

- 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.

#### 4.1.2. Le porte delle conche di Chioggia

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°.

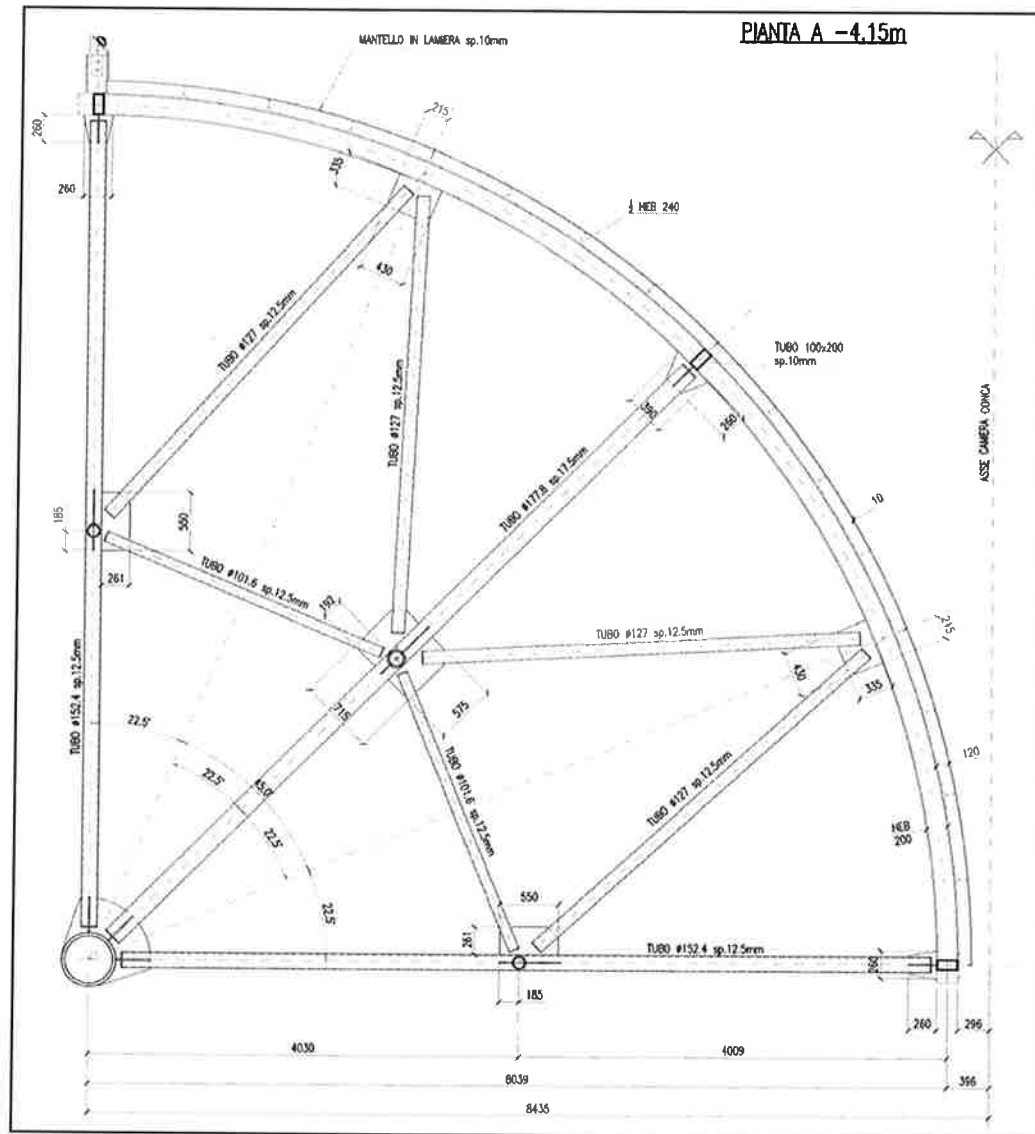



FIG. 4.1 - PIANTA TRALICCIO SPAZIALE PORTE CONCHE DI CHIOGGIA

 <b>PROGETTA</b>	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 25
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

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.

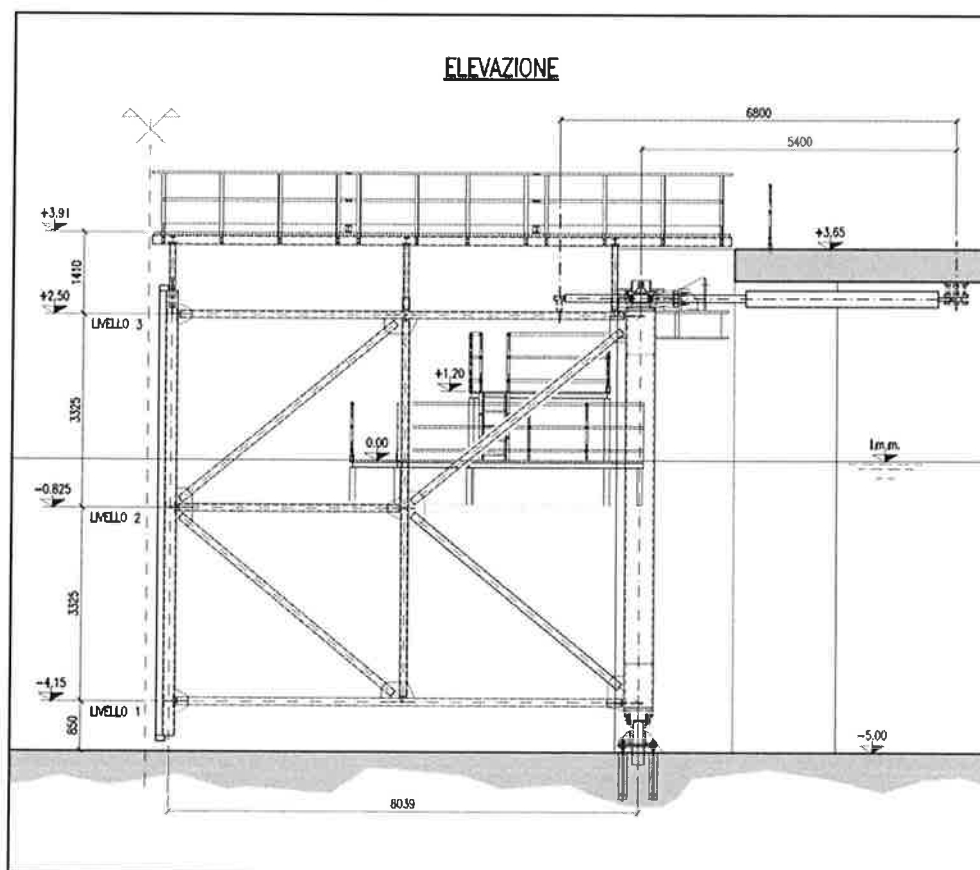
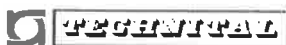


FIG. 4.2 - SEZIONE TRALICCIO SPAZIALE PORTE CONCHE DI CHIOGGIA

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 26
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

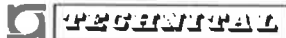
La manovra di apertura delle porte verrà effettuata in due tempi: in un primo momento ciascuna porta sarà ruotata di pochi gradi per consentire la messa in comunicazione tra il livello interno alla conca e quello esterno, con un opportuno trafileggiaggio in corrispondenza delle battute con il manufatto, 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.

#### 4.1.3. Sistema di vincolo delle porte

Vengono distinti 4 differenti situazioni nella vita della singola porta in funzione delle quali potranno variare il sistema con cui è vincolato il manufatto, dipendentemente dalla fase (esercizio, varo o trasporto) e considerando la possibilità che agiscano o meno i vincoli di chiusura porta speciali (chiavistelli).

- Con le porte in esercizio le reazioni vincolari della struttura sono collocate in corrispondenza delle 2 cerniere poste, come detto, a 6,65 m di interasse tra loro. Lo scarico verticale del peso proprio della struttura avviene su una piletta posta in corrispondenza dello snodo radiale inferiore, mentre le azioni orizzontali provenienti dai carichi idrostatici e dalle reazioni equilibranti i momenti originati dai pesi propri, sono ripresi da entrambe le cerniere. In tal modo lo schema si presenta come isostatico.
- In presenza di azioni la cui risultante non è diretta sull'asse di rotazione, per evitare aperture, la porta viene fissata in un ulteriore punto non posto sull'asse di rotazione. E' infatti previsto un chiavistello a quota +2.500 slmm che fissa il telaio della porta all'opera civile della conca. Il chiavistello è costituito in pratica da un cilindro oleodinamico che, a porta chiusa, viene messo in posizione con lo stelo a contatto con una piastra di riscontro fissata sulle opere civili; nel caso in cui la porta tendesse ad aprirsi sotto carichi con risultante non in direzione dell'asse di rotazione (come ad esempio le azioni derivate da urti di imbarcazioni), esso bloccherebbe meccanicamente l'apertura della porta.

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 27
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

- Nella fase di movimentazione e trasporto sono invece previsti 4 punti di sollevamento della porta tutti posti sul telaio di piano a quota +2.500. Il primo punto si trova in corrispondenza dell'asse di rotazione verticale, mentre i tre supplementivi sono posizionati sui 3 tubolari verticali 200x100 di irrigidimento del fasciame di 10 mm.
- Nella fase di posizionamento della porta vengono invece considerati 4 punti su cui viene posata la porta (sottoposta al solo peso permanente). Il primo è la piletta dello snodo inferiore, mentre i tre supplementivi sono in corrispondenza dei 3 tubolari verticali 200x100 di irrigidimento del fasciame di 10 mm a quota - 4.740m; a tal fine vengono previste 3 piastre sp 20 mm su cui i martinetti spingono in fase di sollevamento.

#### 4.1.4. Oggetto della presente relazione

La presente relazione fornisce le verifiche delle seguenti parti strutturali:


- 1) Telaio spaziale delle porte
- 2) Fasciame di tenuta

E fornirà gli input per il calcolo delle seguenti parti d'opera:

- 3) Dettagli di interfaccia e particolari (si veda relazione MV048P-PE-CAR-6025).
- 4) Cerniere (verifiche presentate nella relazione MV048P-PE-CAR-6026);
- 5) Nodi della porta (si veda relazione MV048P-PE-CAR-6028);

Il calcolo viene eseguito con modelli agli elementi finiti, che schematizzano i telai nelle varie condizioni di vincolo (programma di calcolo SAP2000).


Le verifiche, sia allo stato limite di esercizio che ultimo, condurranno al dimensionamento strutturale che sarà effettuato su tutti gli elementi, tenendo conto delle caratteristiche dei profili con spessori diminuiti, a sicurezza per la corrosione, di 1 mm su tutte le superfici a contatto continuo con l'acqua di mare.

 <b>REGISTRATO</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 28
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

## 5. SOFTWARE DI CALCOLO

- SAP2000 ““Non linear finite element code”. Computer & Structures, Berkeley, CA, USA.



 <b>REGIONE DEL VENETO</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 29
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

## 6. CRITERI DI VERIFICA DELLE STRUTTURE

Le verifiche strutturali sono state effettuate facendo riferimento al metodo semi probabilistico agli stati limite, così come applicato nella normativa nazionale vigente (DM 14/01/08 e DM del 09/01/96) e negli Eurocodici (in particolare EC1, EC3, EC8).

Vengono considerati sia gli stati limite ultimi, che sono quelli associati al collasso della struttura o alla rottura di parti di essa, sia gli stati limite di esercizio, 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 vengono condotte secondo il *Metodo dei coefficienti parziali*: l'affidabilità viene ottenuta verificando che, in tutte le situazioni progettuali significative, gli stati limite non vengono raggiunti quando i valori di progetto delle azioni, delle proprietà del materiale e dei dati geometrici sono introdotti nei modelli progettuali.

In particolare si verificherà che:

- le azioni di progetto non provochino il collasso globale delle strutture (anche in situazioni eccezionali, ad esempio sisma);
- gli effetti delle azioni di progetto non superino la resistenza di progetto delle strutture allo stato limite ultimo;
- gli effetti delle azioni di progetto non superino i criteri di funzionalità per lo stato limite di esercizio.

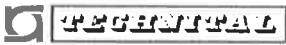
Il valore di progetto  $F_d$  di una azione viene espresso in termini generali da:

$$F_d = \gamma_F \cdot F_K$$

essendo  $F_K$  il valore caratteristico dell'azione considerata e  $\gamma_F$  il coefficiente parziale che tiene conto:

- della possibilità delle variazioni sfavorevoli delle azioni;
- della possibilità di una poco accurata modellazione delle azioni;
- di incertezze nella valutazione negli effetti delle azioni.

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  $E_d$ .

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 30
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

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  $\gamma_M$  il coefficiente parziale che comprende:

- variazioni sfavorevoli dei valori caratteristici;
- poca precisione nei coefficienti di conversione;
- incertezze nelle proprietà geometriche ed in quelle del modello resistente.

I valori di progetto delle proprietà del materiale, i dati geometrici e gli effetti delle azioni, quando pertinenti, vengono usati per determinare la resistenza di progetto  $R_d$ .

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.

Pertanto le verifiche sono soddisfatte quando è verificata la disuguaglianza:

$$E_d \leq R_d$$


### 6.1. Stati limite ultimi: combinazione delle azioni

Per ogni situazione di carico critica, i valori di progetto degli effetti delle azioni ( $E_d$ ) devono essere determinati combinando il valore di azioni che si verificano simultaneamente nel modo seguente:

- *Combinazioni per situazioni persistenti e transitorie in fase di costruzione:* valori di progetto delle azioni permanenti  $G_i$  e contemporanea presenza delle azioni variabili  $Q_j$

$$F_d = \sum_i \gamma_{Gi} G_{ik} + \gamma_q (Q_{1k} + \sum_j \psi_{0j} Q_{jk})$$

assumendo per i coefficienti parziali  $\gamma_G$  e  $\gamma_q$  e per i coefficienti di combinazione  $\psi_{0j}$  i valori definiti nei capitoli relativi alle singole strutture studiate.

 <b>PROVVEDITORATO</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 31
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

- *Combinazioni per situazioni persistenti e transitorie:* valori di progetto delle azioni permanenti  $G_i$  e contemporanea presenza delle azioni variabili  $Q_j$

$$F_d = \sum_i \gamma_{Gi} G_{ik} + \gamma_q (Q_{1k} + \sum_j \psi_{0j} Q_{jk})$$

assumendo per i coefficienti parziali  $\gamma_G$  e  $\gamma_q$  e per i coefficienti di combinazione  $\psi_{0j}$  i valori definiti nei capitoli relativi alle singole strutture studiate.

- *Combinazioni per situazioni di progetto sismiche* – valori caratteristici delle azioni permanenti  $G_j$  con i valori frequenti delle azioni variabili  $Q_i$  e con il valore di progetto dell'azione sismica  $A_{ed}$

$$F_d = \sum_i G_{ik} + \gamma_I A_{Ed} + \sum_j \psi_{2j} Q_{jk}$$

assumendo per i coefficienti parziali  $\gamma_G$  e  $\gamma_I$  e per i coefficienti di combinazione  $\psi_{2j}$  i valori definiti nei capitoli relativi alle singole strutture studiate.

## 6.2. Stati limite ultimi: coefficienti di sicurezza parziali per i materiali

I coefficienti di sicurezza parziali per i materiali costituenti gli elementi strutturali oggetto di verifica nella presente relazione sono:


$\gamma_{cls} = 1.60$	coefficiente relativo al calcestruzzo
$\gamma_s = 1.15$	coefficiente relativo all'acciaio per cls armato
$\gamma_{M0} = 1.05$	coefficiente relativo all'acciaio per carpenteria

## 6.3. Stati limite di esercizio: combinazione delle azioni

Le combinazioni considerate per le verifiche agli stati limite di esercizio sono definite dalle seguenti espressioni:

- *per combinazioni di carico rare:* valori caratteristici delle azioni permanenti  $G_i$  associati ai valori caratteristici delle azioni variabili  $Q_j$

$$F_d = \sum_i G_{ik} + Q_{1k} + \sum_{j \geq 2} \psi_{0j} Q_{jk}$$

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 32
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

assumendo per i coefficienti di combinazione  $\psi_{0j}$  i valori definiti nei capitoli relativi alle singole strutture studiate.

- *per combinazioni di carico frequenti*: valori caratteristici delle azioni permanenti  $G_i$  combinati alle azioni variabili  $Q_j$

$$F_d = \sum_i G_{ik} + \psi_{11} Q_{1k} + \sum_{j \geq 2} \psi_{2j} Q_{jk}$$

assumendo per i coefficienti di combinazione  $\Psi_{11}$  e  $\Psi_{2j}$  i valori definiti nei capitoli relativi alle singole strutture studiate.

- *per combinazioni di carico quasi permanenti*: valori caratteristici delle azioni permanenti  $G_i$  combinati alle azioni variabili  $Q_j$

$$F_d = \sum_i G_{ik} + \sum_{j \geq 1} \Psi_{2j} Q_{jk}$$

assumendo per i coefficienti di combinazione  $\Psi_{2j}$  i valori definiti nei capitoli relativi alle singole strutture studiate.

Nelle condizioni di esercizio si controllano le ampiezze degli spostamenti e, ove significativo, i tassi di lavoro dei materiali.


Azioni		Simbolo	Set
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_G$	1,4
	Favorevole		1,0
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_Q$	1,5
	Favorevole		0,0

#### 6.4. 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 acciaio da carpenteria

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

 <b>PROVVEDITORATO</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 33
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	


#### Sezioni in cemento armato

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

#### Coefficienti di sicurezza parziali per i collegamenti

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

6.  $\gamma_{M2} = 1.25$                       bulloni
7.  $\gamma_{M2} = 1.25$                       saldature d'angolo
8.  $\gamma_{M1} = 1.05$                       saldature di Ia classe
9.  $\gamma_{M2} = 1.25$                       saldature di IIa classe

 <b>REGIONE DEL VENETO</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 34
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

## 7. MATERIALI

### 7.1. Acciaio

#### 7.1.1. Acciaio per porta

Le caratteristiche dei profilati in acciaio per gli elementi della porta impiegati nel presente progetto sono le seguenti:

Tubolari: UNI EN 10210 S 355 J0 H (ex Fe510-C)  
 $f_y \geq 355 \text{ Mpa}$

Profili/ Piatti: UNI EN 10025 S 355 J0 H (ex Fe510-C)  
 $f_y \geq 355 \text{ MPa}$

Le condizioni tecniche di fornitura per i profilati cavi laminati a caldo per strutture saldate a sezione circolare sono regolate, oltre che dalla vigente normativa sulle strutture metalliche, dalla norma europea UNI EN 10210; per i profili ed i piatti si fa invece riferimento alla norma europea UNI EN 10025.

Per maggiori informazioni a riguardo si veda la specifica relativa al montaggio della porta MV048P-PE-CAC-6033.


#### 7.1.2. Acciaio per collegamenti bullonati

Elementi in acciaio inox tipo AISI 316L

- Viti: A4-70 EN-3506 (UNI 5737 - UNI 5739)
- Dadi: A4-70 EN-3506 (UNI 5587-88-89)
- Rondelle: A4-70 EN - 3506 (UNI 6589)


Bulloni A4-70 EN-3506

$f_{yb} = 700 \text{ MPa}$                       resistenza nominale a rottura per trazione

 <b>PROVVEDITORATO</b>	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 35
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

### 7.1.3. Acciai speciali

Alcune parti di progetto saranno realizzate in acciaio speciali. In particolare, i piatti terminali su porte e panconi a diretto contatto con le tenute sono in acciaio INOX 316 L.

 <b>REGIONE DEL VENETO</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 36
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

## 8. DURABILITA' E MANUTENZIONE

### 8.1. 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:

- 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;
- 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;
- progettando i materiali in funzione dell'aggressività dell'ambiente o provvedendoli del sistema di protezione più adeguato e duraturo;
- 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.

### 8.2. Porte delle conche - Corrosione di elementi strutturali in acciaio

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



 <b>PROGETTA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 37
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

### 8.2.1. Corrosione e protezione delle carpenterie in acciaio nelle zone immerse

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

### 8.3. **Piani di manutenzione per le porte**

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


- Movimentazioni delle porte e messa in azione delle parti d'opera per tenere in esercizio le varie componenti della porta;
- Attività di controllo e verifica della situazione dei singoli elementi;
- Attività di pulizia degli elementi;

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 38
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

d) Attività sostituzione e/o di riabilitazione degli elementi.


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 (prova in bianco) per tenere in esercizio gli snodi delle porte, per effettuare un ciclo di sgonfiaggio e/o 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 svuotando delle testate delle conche; si procede alle seguenti attività di tipo “b”, “c” e “d” :
  - i. Ripristino ed eventuale riverniciatura 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%;

 <b>CONSORZIO VENEZIA NUOVA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 39
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

- 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;
  - 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.

 <b>PROGETTISTA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 40
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

## 9. DATI DI BASE E CONSIDERAZIONI PRELIMINARI

### 9.1. 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 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),

 <b>PROVVEDITORATO</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 41
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

- effettuare la scelta del sistema strutturale ottimale;
- 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.

## 9.2. Condizioni ambientali: marea e moto ondoso

### 9.2.1. 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..

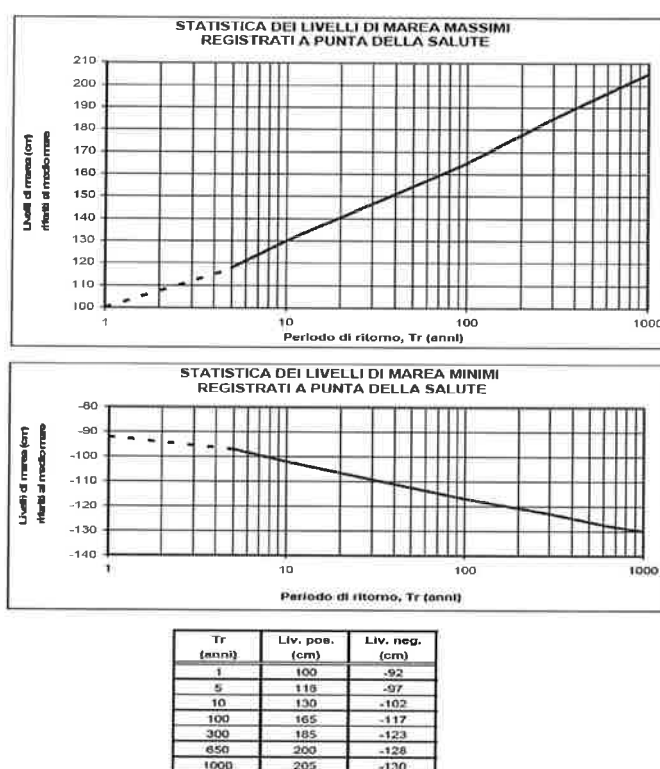



FIG. 9.1 - STATISTICA DEI LIVELLI DI MAREA AL COLMO E AL CAVO REGISTRATI A PUNTA DELLA SALUTE

 <b>PROGETTA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 43
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

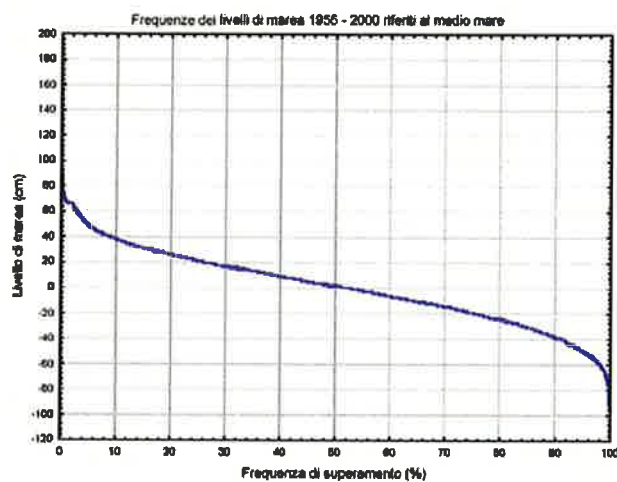


FIG. 9.2 - FREQUENZA DI SUPERAMENTO RILEVATA A PUNTA DELLA SALUTE

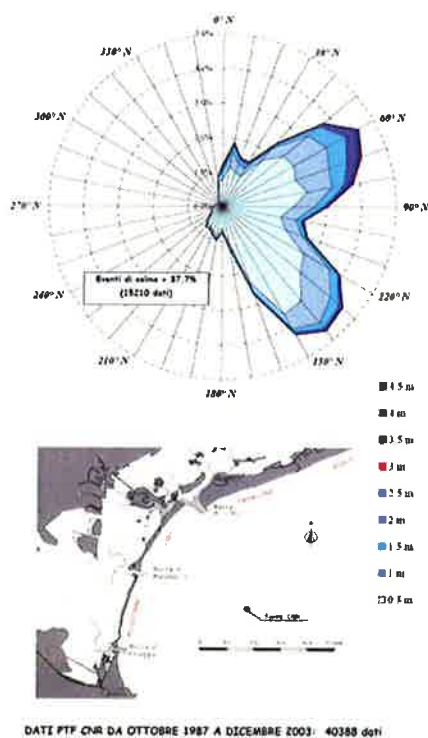
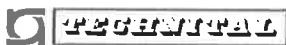



FIG. 9.3 - CLIMA DEL MOTO ONDOSO ALLA PIATTAFORMA ACQUA ALTA DEDOTTO DALLE MISURE ESEGUITE NEL PERIODO OTT.1987-DIC.2003

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 44
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

L'agitazione ondosa all'interno del porto rifugio viene definita sulla base dei risultati delle prove eseguite nel modello fisico in scala 1:60 della bocca di Chioggia, nell'ambito della 2<sup>a</sup> variante dello studio B.6.53. A tal fine sono state eseguite 13 prove di durata pari a circa 5h prototipo, di cui 2 in condizioni di corrente di flusso, nella configurazione finale del porto rifugio (configurazione 2003) variando le caratteristiche dell'onda incidente e del livello del mare, come indicato in tabella

N°	NOME PROVA	Posizione paratoie	Liv mare (m)	Liv. laguna (m)	ONDA INCIDENTE			
					Dir (°N)	Hs (m)	Tp (s)	$\gamma$
1	E122_56_00s115D3p3	sollevate	0.6	0.6	115	5.59	12.39	3.3
2	E80_30_10s115D3p3	sollevate	0.6	1.6	115	3.28	8.09	3.3
3	E101_36_10s115D3p3	sollevate	0.6	1.6	115	3.5	10.15	3.3
4	E107_44_20s115D3p3	sollevate	0.6	2.6	115	4.58	10.82	3.3
5	E106_49_00s115D3p3	abbassate	0.6	0.6	115	4.65	10.87	3.3
6	E122_56_00a115D3p3	abbassate	0.6	0.6	115	5.57	12.39	3.3
7	E78_30_10s80D3p3	sollevate	0.6	1.6	80	2.98	7.70	10.0
8	E100_30_10s80D3p3	sollevate	0.6	1.6	80	3.01	10.09	3.3
9	E87_44_10s80D3p3	sollevate	0.6	1.6	80	4.11	8.78	3.3
10	E95_49_10s80D3p3	sollevate	0.6	1.6	80	4.67	9.56	3.3
11	E101_52_20s80D3p3	sollevate	0.6	2.6	80	5.57	10.44	3.3
12	E101_52_10a80D3p3	abbassate	1.6	1.6	80	5.00	10.39	10.0
13	E95_49_10a80D3p3	abbassate	1.6	1.6	80	4.90	9.56	3.3



	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 45
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

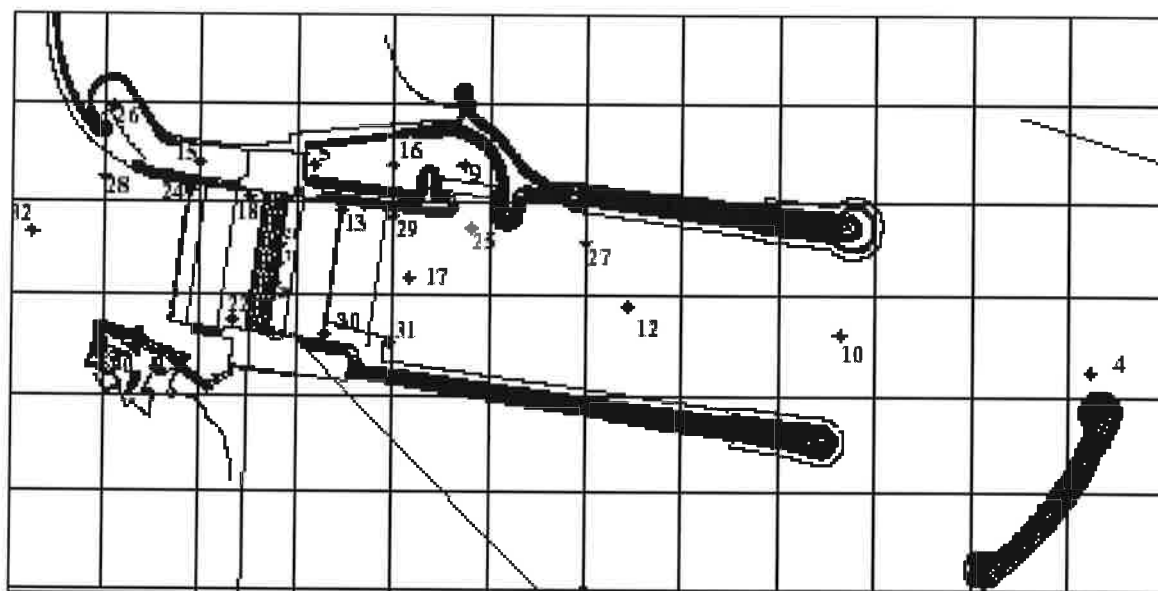


FIG. 9.4 - PLANIMETRIA MODELLO FISICO CON INDICAZIONE DELLE SONDE DI MISURA DEL MOTO ONDOSO (PROVE A PARATOIE ABBASSATE)

### 9.3. Bacino lato mare

Nell'area di interesse, si evidenziano le seguenti sonde:

- Sonda 25: all'ingresso del porto rifugio
- Sonda 9: al centro dell'avamporto
- Sonda 16: nel bacino interno
- Sonda 5: di fronte alle porte delle conche

Nella Tab. 9.1 seguente si riportano le altezze d'onda di breve ( $T < 33$  s) e di lungo periodo ( $T > 33$  s) misurate nelle sonde sopraelencate in tutte le prove eseguite, i valori misurati sono diagrammati in Fig. 9.5 in funzione dell'onda in generazione.

TAB. 9.1 - ALTEZZE D'ONDA REGISTRATE ALL'INTERNO DEL PORTO RIFUGIO SU MODELLO FISICO

nome prova	config Paratoie	ONDE IN GENERAZIONE					SONDA 25		SONDA 9		SONDA 16		SONDA 5		
		dir	livelli (m)		TP	Hs di breve periodo	Hs di breve periodo	Hs di lungo periodo	Hs di breve periodo	Hs di lungo periodo	Hs di breve periodo	Hs di lungo periodo	Hs di breve periodo	Hs di lungo periodo	Hmax lungo periodo
		(*N)	lag	mare	(s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
E78_30_10s80D3p3	soll	80	0.6	1.6	7.78	2.96	0.77	0.15	0.25	0.23	0.09	0.29	0.06	0.40	0.69
E100_30_10s80D3p3	soll	80	0.6	1.6	10.08	3.41	0.89	0.28	0.32	0.42	0.14	0.51	0.12	0.71	1.12
E87_44_10s80D3p3	soll	80	0.6	1.6	8.81	4.42	1.04	0.30	0.34	0.47	0.15	0.61	0.11	0.82	1.16
E95_49_10s80D3p3	soll	80	0.6	1.6	9.56	4.81	1.50	0.46	0.48	0.65	0.20	0.76	0.15	1.04	1.51
E101_52_20s80D3p3	soll	80	0.6	2.6	10.31	5.36	1.27	0.51	0.48	0.70	0.21	0.86	0.16	1.10	1.62
E95_49_10a80D3p3	abb	80	0.6	1.6	9.67	5.02	1.24	0.42	0.42	0.55	0.18	0.91	0.14	1.13	1.52
E101_52_10a80D3p3	abb	80	0.6	1.6	10.17	5.52	1.34	0.57	0.47	0.71	0.20	1.05	0.17	1.38	1.94
E122_56_00a115D3p3	soll	115	0.6	0.6	12.39	5.59	1.10	0.65	0.38	1.12	0.24	0.78	0.14	1.22	1.86
E80_30_10s115D3p3	soll	115	0.6	1.6	8.09	3.28	0.70	0.17	0.10	0.12	0.03	0.17	0.05	0.31	0.52
E101_36_10s115D3p3	soll	115	0.6	1.6	10.15	3.50	1.23	0.40	0.41	0.61	0.17	0.59	0.08	0.56	0.86
E107_44_20s115D3p3	soll	115	0.6	2.6	10.82	4.58	1.76	0.61	0.57	0.87	0.16	0.66	0.12	0.90	1.36
E122_56_00a115D3p3	abb	115	0.6	0.6	12.39	5.57	1.13	0.58	0.39	0.84	0.09	0.47	0.16	1.26	1.96
E106_49_00a115D3p3	abb	115	0.6	0.6	12.39	4.65	1.11	0.44	0.39	0.63	0.07	0.39	0.14	1.05	1.54

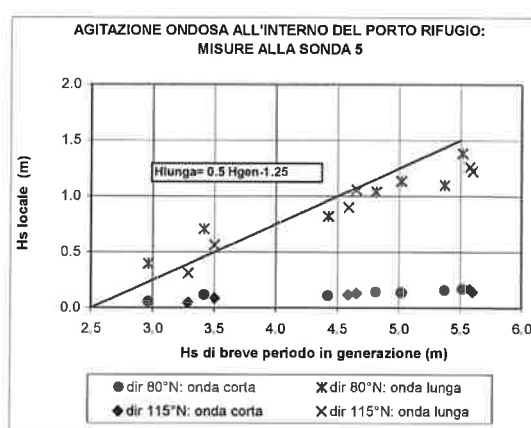
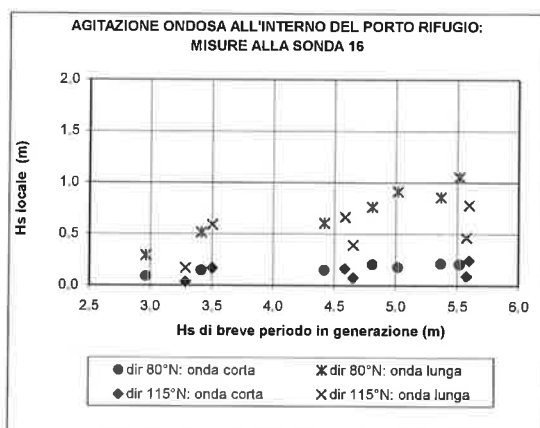
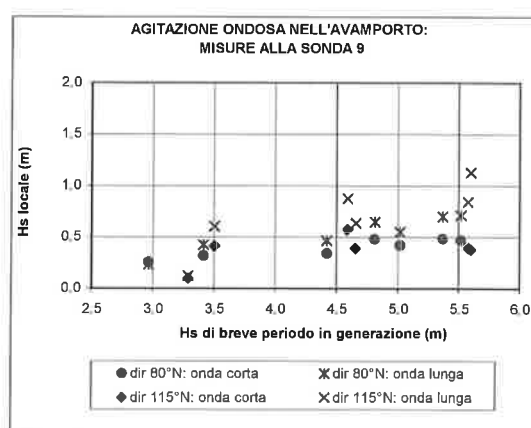
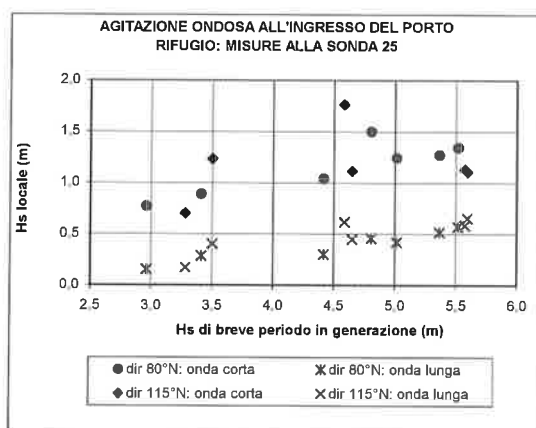



FIG. 9.5 - ALTEZZE D'ONDA REGISTRATE ALL'INTERNO DEL PORTO RIFUGIO IN FUNZIONE DELL'ALTEZZA D'ONDA AL GENERATORE

 <b>TECNOITAL</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 47
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

Si osserva che via via che si procede all'interno del porto rifugio, l'onda di breve periodo decresce, mentre aumenta quella di lungo periodo.

### 9.3.1. Onde di fronte alle conche lato mare

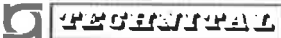
Di fronte alle conche l'onda di breve periodo è inferiore a 0.20 m, mentre l'onda lunga cresce all'aumentare dell'onda di breve periodo in generazione, raggiungendo in condizioni estreme il valore  $H_s=1.5$  m.

L'effetto delle onde di breve periodo ha effetto limitato e pertanto può essere considerato trascurabile, mentre l'effetto dell'onda di lungo periodo può essere considerata equivalente ad una variazione di livello, infatti i periodi di picco associati a tali onde sono dell'ordine dei 250 s ( 4 minuti).

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).

STATISTICA COMBINATA ALLA PIATTAFORMA			STATISTICA COMBINATA IN C2				DAVANTI ALLA CONCA 1%					
			BORA		SCIROCCO		SCIROCCO			BORA		
Tr (anni)	liv (m)	Hsptf (m)	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

FIG. 9.6 - STATISTICA COMBINATA ONDE-LIVELLI NEL PUNTO C2 (DI FRONTE ALLA BOCCA DI CHIOGGIA) E DAVANTI ALLE CONCHE DI CHIOGGIA

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 48
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

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

Per una completa trattazione si veda l'allegato statistico delle onde (allegato [A]).


#### Periodo di ritorno delle azioni

Nel caso dello stato limite ultimo, il tempo di ritorno viene calcolato, salvo più precisa determinazione<sup>(1)</sup>, 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 meteo-marine. In effetti, le azioni dovute ad agenti meteomarinari sono, in genere, azioni statiche equivalenti, quindi sono tendenzialmente conservative nelle analisi di deformazione delle strutture).

Un approccio alternativo all'adozione tout court dei coefficienti  $\psi_{02}$  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 tarata sulla situazione di effettivo esercizio.

<sup>(1)</sup> La relazione rigorosa prevede che  $T_p = T_v / [-\ln(1-P_f)]$ , dove  $T_p$  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)

 <b>PROGETTAZIONE</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 49
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

#### 9.4. Fouling

Si elencano gli studi effettuati alla bocca di Chioggia tra gli anni 1988 -1991 e quelli del 2004:

**Studio B.6.14/III**, “Esercizio del modulo sperimentale - Sperimentazione di terza fase da condursi con il MOSE - Studio dell’insediamento di macro e microfouling sulle strutture sommerse del MOSE al termine del I° stralcio della III<sup>a</sup> fase sperimentale”. **Relazione Finale (MAV-CVN 1991).**

Periodo di immersione del MOSE alla Bocca di Lido: 15 mesi (da Marzo 1990 a Giugno 1991).

La parte del modulo indagata che più si avvicina alle porte della conca in progetto, con particolare riguardo alla parte soggetta all’escursione di marea ed alla “splashing zone”, è costituita dalla fascia intertidale delle colonne montanti. A tale fascia si riferiscono i valori di seguito riportati.

Valore ponderale fresco: 3.3 kg/m<sup>2</sup>

Spessore: 90 mm


Ricoprimento: 70%

Nella II<sup>a</sup> fase sperimentale del medesimo studio, sono stati invece misurati 2.3 kg/m<sup>2</sup> di peso fresco, 57 mm di spessore ed un ricoprimento pari al 70%. Da notare che il numero di mesi di immersione del modulo è stato inferiore (6 contro i 15 della III<sup>a</sup> fase, da Giugno a Dicembre 1989); le differenze in peso fresco possono essere ricondotte anche a tale aspetto.

**Studio 2.2.6/I**, “Prima campagna di misure per la valutazione del micro e del macrofouling nelle zone di installazione delle paratoie”. **Rapporto Finale macro/microfouling (MAV-CVN, 1989).**

Periodo di immersione dei pannelli alla Bocca di Chioggia: 10 mesi (da Luglio 1988 a Aprile 1989).

Quota di immersione dei pannelli: circa -10 m s.l.m.m., in prossimità del canale di Bocca.

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 50
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

Valore ponderale fresco:  $14 \text{ kg/m}^2$

Spessore: 70 mm

Ricoprimento: 100%.

Nella II<sup>a</sup> Fase dello Studio (da Dicembre 1989 a Dicembre 1990), caratterizzata da una annata con andamento climatico differente (da temperature invernali più rigide) sono stati invece misurati  $11.1 \text{ kg/mq}$  con spessori di 65 mm e ricoprimento del 100%; il numero di mesi di immersione è stato sempre pari a 12 (1 anno).

**Studio MELa1, Attività B2, “Rilievo delle comunità incrostanti di substrato duro”. Rapporto Finale (MAV-CVN, 2004).**

La stazione di indagine prossima alla Bocca di Chioggia è la stazione 8C, ubicata lungo il Canale Poco Pesce.

Quota di immersione del pannello: da 0.2 m s.l.m.m. a -0.6 m s.l.m.m.

Dimensioni del pannello: 20 cm (larghezza) x 80 cm (altezza): superficie di  $0.16 \text{ m}^2$

Periodo di immersione (monitoraggio di 3 anni): da Maggio a Ottobre 2000, da Febbraio a Ottobre 2001 e da Febbraio a Ottobre 2002

Valore ponderale fresco:  $555.55 \text{ g}/0.16 \text{ m}^2 = 3.5 \text{ kg/m}^2$


Spessore: non è stato misurato

Ricoprimento: 60%

**Studio 2.2.6/I, “Prima campagna di misure per la valutazione del micro e del macrofouling nelle zone di installazione delle paratoie”. Rapporto Finale macro/microfouling (MAV-CVN, 1989).**

Periodo di immersione dei pannelli alla Bocca di Chioggia: 10 mesi (da Luglio 1988 a Aprile 1989). Quota di immersione dei pannelli: circa -10 m s.l.m.m., in prossimità del canale di Bocca.

Valore ponderale fresco:  $14 \text{ kg/m}^2$ ; Spessore: 70 mm; Ricoprimento: 100%.

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 51
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

### 9.5. Urto natanti in manovra

Si prevede che le imbarcazioni in attesa di uscire dalla conca possano, in fase di manovra, urtare contro le barriere.

Le caratteristiche delle imbarcazioni che possono provocare l'urto sono determinate sulla base degli studi di traffico disponibili.

### 9.6. Sisma

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

#### 9.6.1. Zonazione dell'Istituto Nazionale di Vulcanologia

Nel seguito si riportano le informazioni relative al Comune di Chioggia (Lat 45.225; Long 12.288) nella zona prossima alle conche di Navigazione. Si è ritenuto significativo concentrare l'attenzione sui valori di accelerazione di picco su suolo rigido, e riportare le diverse zonazioni in funzione del periodo di ritorno dell'azione sismica.

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:

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

La probabilità  $P_r$  di superamento dell'azione sismica nella vita  $V_r$  è data dalla tabella 3.2.I della norma.

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

$$T_r = V_r / \ln(1 - P_r)$$

 <b>REGIONE</b> Trentino-South Tyrol	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 52
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

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 e sono riportati nel seguito.

#### Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63%

$T_R$ :    101 [anni]

$a_g$ :    0,037 g

#### Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10%

$T_R$ :    949 [anni]

$a_g$ :    0,069 g

#### 9.6.2. 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 della 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.

L'azione sismica orizzontale  $k_h$  è così valutata:

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



 <b>GENERALI</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 53
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

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:

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

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

#### 9.6.3. Azione sismica - Valori interziali

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 :

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

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

#### 9.7. **Azioni in fase di movimentazione delle porte**

Si veda quanto esposto nella relazione MV051P-PE-CAR-6027.

 <b>PROVVEDITORATO</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 54
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

## 10. STRUTTURA PORTE

### 10.1. Premessa

Oggetto del presente capitolo è l'analisi strutturale del telaio e del fasciame delle porte, posizionate nelle testate delle conche, tramite le quali viene controllato il traffico dei natanti ed i livelli di riempimento delle conche per pescherecci di Chioggia.

### 10.2. Tipologia

Le porte delle conche di Chioggia sono porte a settore ad asse verticale. Ogni porta, a forma emicilindrica con  $90^\circ$  di sviluppo ha altezza e raggio di circa 8.3 metri. In configurazione di chiusura 2 porte si incontrano in asse conca (larga in tutto circa 16 metri) e vengono fissate tra loro tramite 2 chiavistelli che fissano le porte alle carpenterie dell'opera civile sul lato della battuta laterale delle porte. Per aprire la conca al livellamento ed al traffico, le porte vengono ruotate di  $90^\circ$  attorno all'asse verticale e trovano allocazione in appositi recessi costruiti sulle testate delle conche.

### 10.3. Schema strutturale

La porta si presenta in pianta come un quadrante di cerchio con apertura angolare di  $90^\circ$  in cui i principali elementi strutturali sono ordinati secondo le due direzioni, radiale e tangenziale.

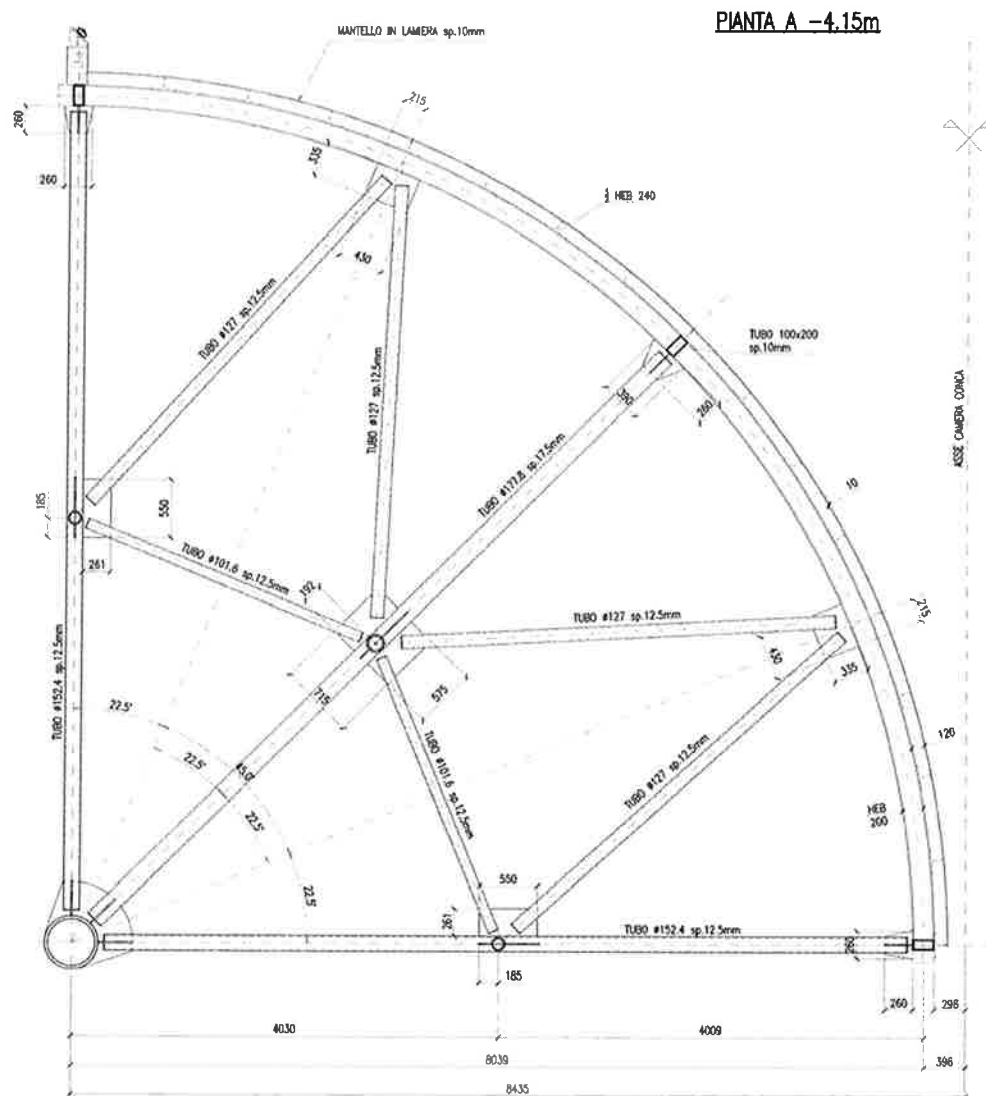


FIG. 10.1 - PIANTELA TELAIO SPAZIALE A QUOTA -4.15

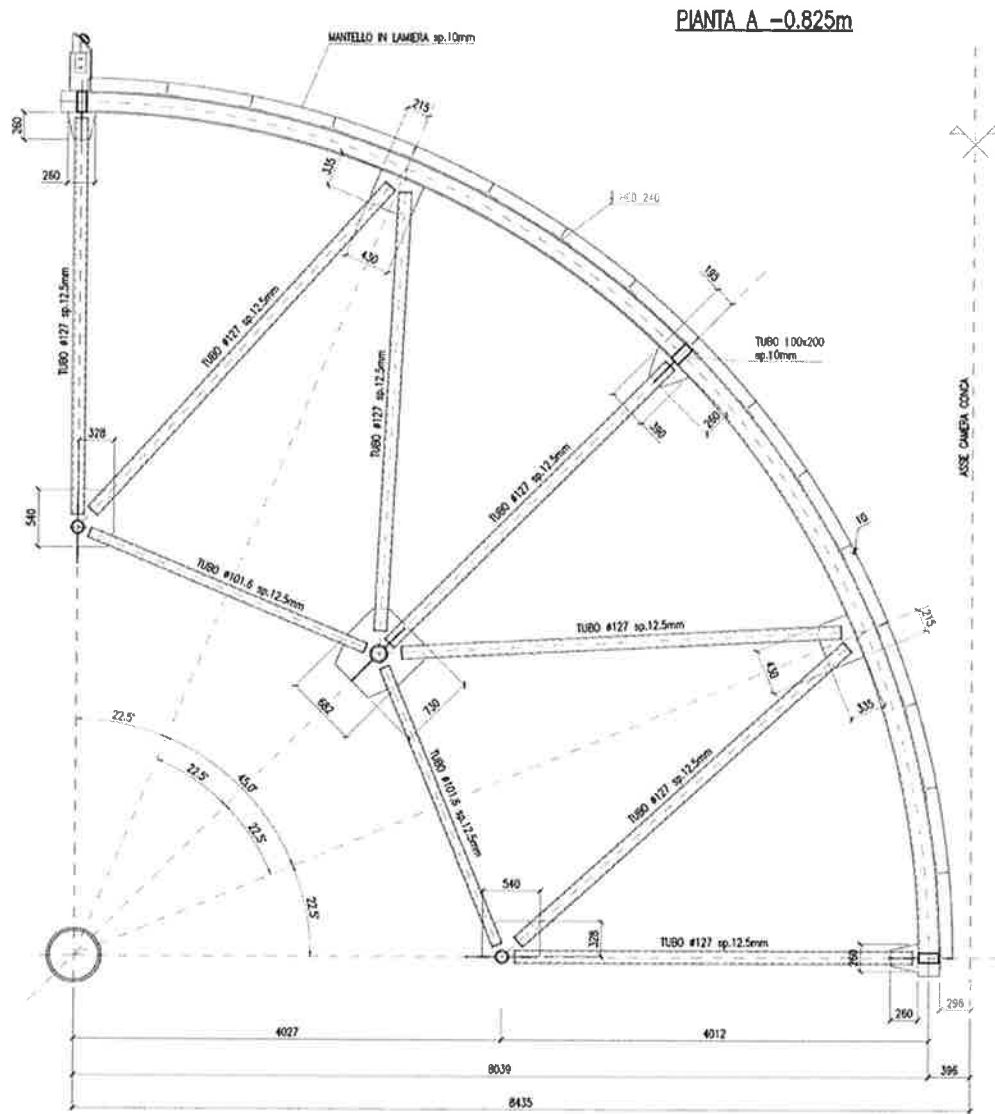


FIG. 10.2 - PIANTELA TELAIO SPAZIALE A QUOTA -0.825 M

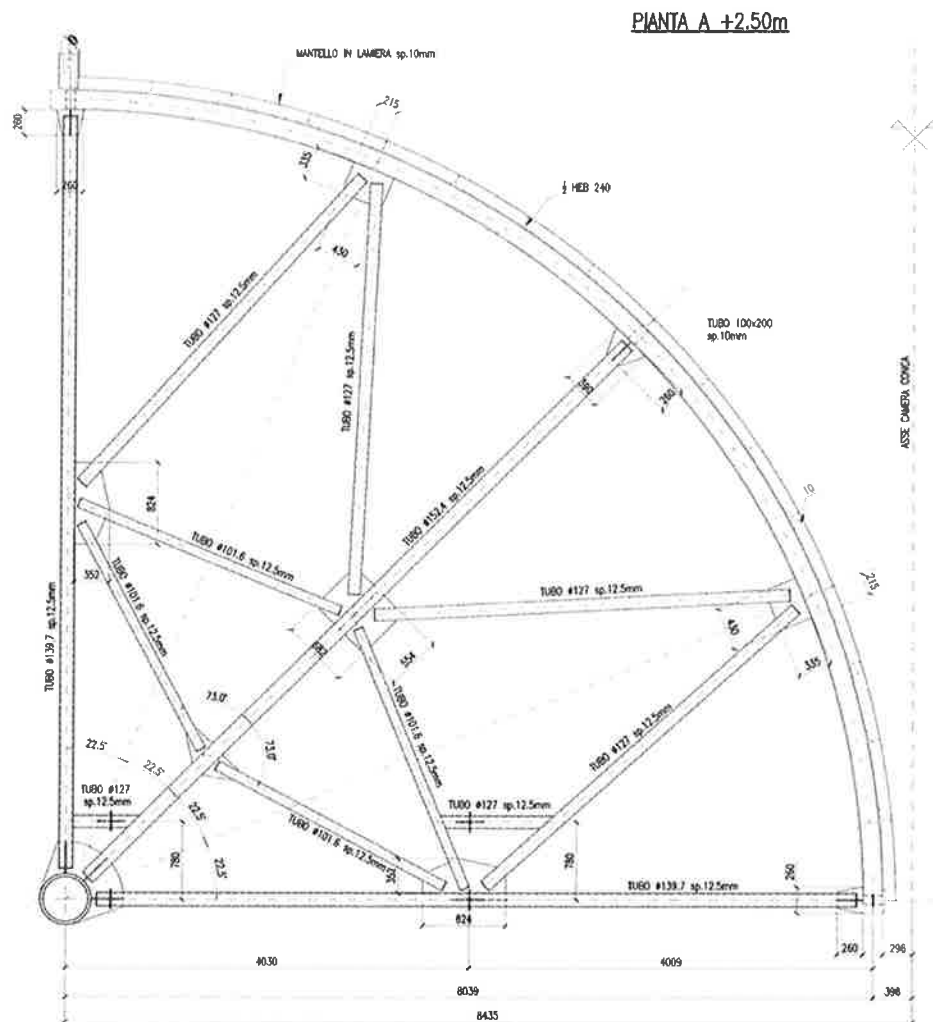
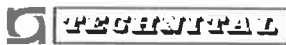


FIG. 10.3 - PIANTELA TELAIO SPAZIALE A QUOTA +2.500 M

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.


	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 58
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

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.

	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 59
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

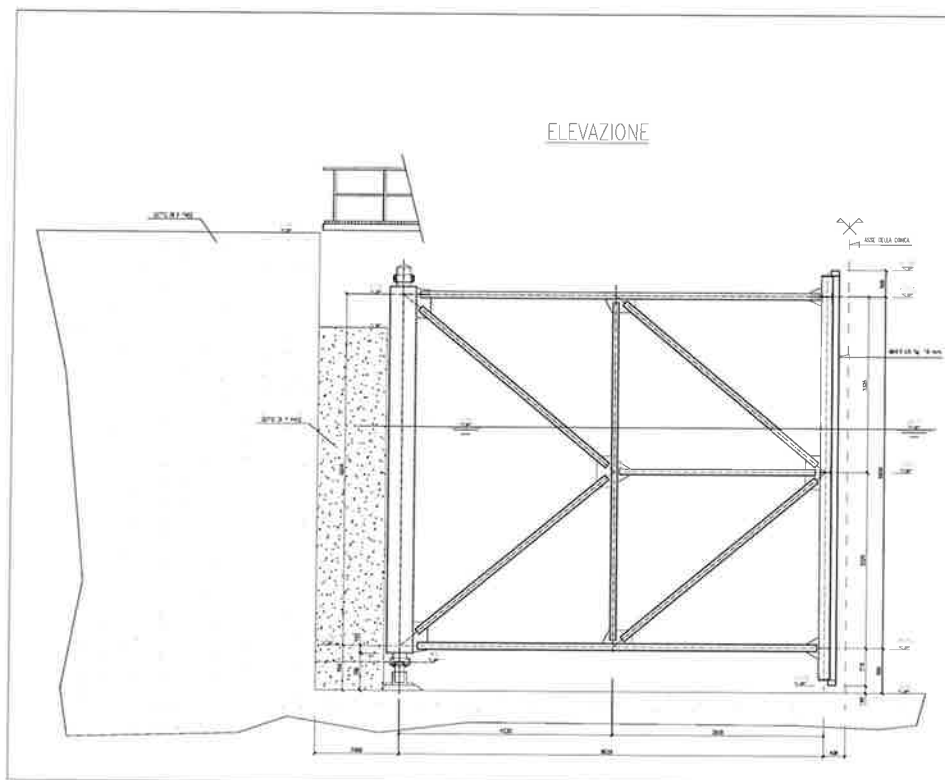



FIG. 10.4 - VISTA LATERALE DEL TELAIO CONTROVENTANTE VERTICALE DELLA PORTA

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 calandrata 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.





	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 61
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

Di seguito viene effettuata una rappresentazione schematica degli snodi superiori ed inferiori :

#### NODO SUPERIORE

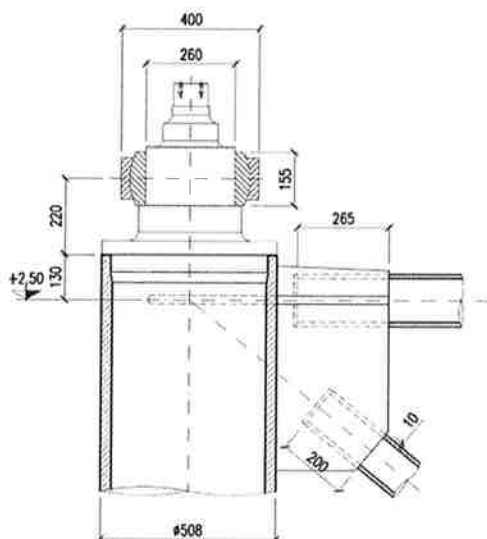


FIG. 10.6 - RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA SNODO SUPERIORE A QUOTA +2.500 M

#### NODO INFERIORE

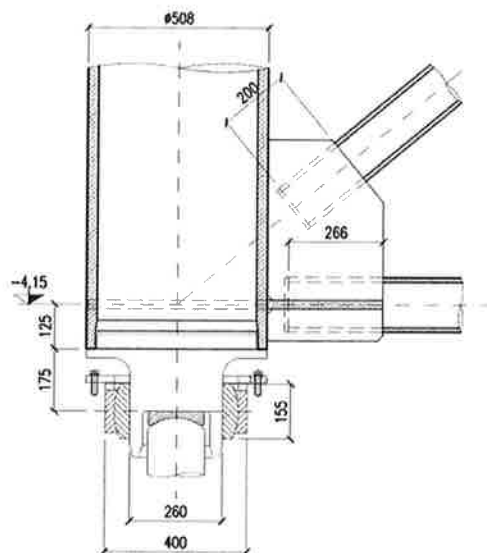
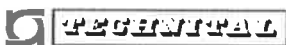


FIG. 10.7 - RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA SNODO INFERIORE A QUOTA -4.450 M

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 62
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

#### 10.4. Azioni permanenti

##### 10.4.1. Pesi telaio strutturale e fasciame (AZIONE 1)

Per le strutture in esame si considerano i seguenti valori (nominali):

$$\gamma_c = 78,5 \text{ kN/m}^3 \quad \text{peso specifico acciaio da carpenteria}$$

Sui tratti terminali di soglia vengono aggiunti pesi permanenti di 1.0 kN/ml, mentre per i tratti terminali laterali vengono aggiunti pesi permanenti di 1.30 kN/ml. Tali sovraccarichi schematizzano i piatti di supporto alle tenute pneumatiche.

Per tenere conto di tutte le parti non modellate (piatti, saldature ed irrigidimenti in corrispondenza dei montanti) si considera un peso maggiorato del 5 %.

##### 10.4.2. Anodi sacrificali (AZIONE 1)

Gli anodi sacrificali sono tenuti in conto con una maggiorazione del peso della struttura del 2 %.

##### 10.4.3. Passerella (AZIONE 1)

E' presente una passerella di larghezza di 1.5 metri che permette, a porte chiuse, l'attraversamento della conca; la passerella è posta sul telaio spaziale lato interno conca ed ha peso di circa.

$$p = 1.2 \text{ kN/ml}$$


##### 10.4.4. Fender (AZIONE 1)

Viene presa in considerazione la presenza del fender realizzato in elastomero posizionato sul lato interno delle porte a protezione del telaio (per uno sviluppo lineare di 25 metri circa) :

$$\gamma_f = 0.47 \text{ kN/ml} \quad \text{peso al metro lineare}$$

##### 10.4.5. Telaio reggi fender (AZIONE 1)

I fender sono fissati ad un telaio in acciaio che ha sviluppo di circa 29 metri. Il telaio ha peso di circa

 <b>REGIONE VENETA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 63
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

$$p = 0.62 \text{ kN/ml}$$

#### 10.4.6. Sottospinta idrostatica (AZIONE 2)

Per la determinazione della spinta idrostatica agente sulle porte si considera:

$$\gamma_w = 10.10 \text{ kN/m}^3 \quad \text{peso specifico acqua di mare}$$

Nella determinazione di tali azioni si considera un livello del mare prefissato, coincidente con il “livello medio mare”, cui corrisponde la parte permanente delle spinte dovute all’acqua; le azioni conseguenza delle variazioni di livello del mare (maree) sono considerate come azioni variabili definite nel seguito.

#### 10.4.7. Fouling (AZIONE 3)

Viene preso in considerazione un’azione data dalla presenza di fouling sulla parte immersa del fasciame pari al valore massimo di accumulo annuo misurato u superficie non trattata tra le varie prove messe a disposizione diminuito di un terzo :

$$p_f = 0.10 \text{ kN/m}^2 \quad \text{accumulato per anno.}$$

data la presenza di apposite verniciature antifouling sulla porta, tale valore risulta essere a sicurezza.


### 10.5. Azioni variabili

#### 10.5.1. Azioni meteomarine

Le azioni meteomarine sono applicate nei suoi dislivelli su entrambi i lati della porta, poiché le porte hanno orientamento differente tra quelle poste su lato mare, che hanno il carico idrostatico agente sul lato esterno del fasciame, e quelle poste sul lato laguna, che hanno il carico idrostatico agente sul lato interno fasciame; pertanto per ogni dislivello di progetto, verranno studiati nel modello 2 azioni con pressioni uguali in modulo, ma di segno opposto.

Sono considerati 3 differenti situazioni di marea (e le relative onde) :

1. Condizioni operative con porta in esercizio apertura/ chiusura (Tr 100 Anni con altezza massima di onda al largo di 3.5 m)
2. Condizioni massime operative con porta chiusa (Tr 100 anni)

 <b>PROVVEDITORATO</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 64
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

### 3. Condizioni estreme con porta chiusa (Tr 1000 anni)

#### Eustatismo

Si considera il seguente aumento del livello del medio mare per fenomeni antropici :

$\Delta = + 0.22 \text{ m}$                       Tr = 100 anni

$\Delta = + 0.60 \text{ m}$                       Tr = 1000 anni

#### Maree

I livelli di marea verranno dedotti in base a quelli delle tabelle della statistica combinata di onde-maree presentate in precedenza e in relazione ai criteri di scelta delle altezze d'onda di progetto di cui al paragrafo seguente.


#### Onde

Come si è detto nel paragrafo sugli eventi meteomarinari si considerano:


1. azioni meteomarine (onde+livelli) con  $T_r$  pari a 100 anni per verificare la deformabilità delle strutture in esercizio (SLS);
2. azioni meteomarine (onde+livelli) con  $T_r$  pari a 1000 anni per verificare la resistenza delle strutture in esercizio (SLU).

#### Azioni da considerare:

- valore caratteristico di alta e bassa marea;
- livello di progetto in laguna = +0.60m s.m.;
- altezza d'onda breve caratteristica: l'effetto è trascurabile (valore massimo di 0.3 m);
- Onda lunga : si considera l'effetto per 'livelli' anziché per altezze d'onda; a tale scopo la seguente tabella correla le altezze delle onde ai livelli da adottare (si considera una probabilità di superamento dell'1%) :

 <b>PROGETTA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 65
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

STATISTICA COMBINATA ALLA PIATTAFORMA			DAVANTI ALLA CONCA 1%				
			SCIROCCO			BORA	
Tr (anni)	liv (m)	Hsptf (m)	Hs lunga (m)	livelli >0 (m)	livelli <0 (m)	Hs lunga (m)	livelli (m)
5	<0.7	4.4	0.8	0.6	-0.3	0.9	+/- 0.6
5	1.00	4.0	0.6	0.5	-0.2	0.7	+/- 0.4
5	1.18	3.0	0.2	0.2	0.0	0.3	+/- 0.2
10	<0.75	4.7	0.9	0.7	-0.4	1.0	+/- 0.6
10	1.00	4.4	0.8	0.6	-0.3	0.9	+/- 0.6
10	1.30	3.5	0.4	0.4	-0.1	0.5	+/- 0.3
100	<0.8	5.6	1.2	1.0	-0.6	1.2	+/- 0.8
100	1.30	5.0	1.0	0.8	-0.4	1.1	+/- 0.7
100	1.50	4.6	0.8	0.7	-0.4	0.9	+/- 0.6
100	1.65	4.0	0.6	0.5	-0.2	0.7	+/- 0.4
300	<1.00	6.0	1.4	1.1	-0.7	1.3	+/- 0.8
300	1.50	5.5	1.1	0.9	-0.5	1.2	+/- 0.7
300	1.70	5.0	1.0	0.8	-0.4	1.1	+/- 0.7
300	1.85	4.0	0.6	0.5	-0.2	0.7	+/- 0.4
650	<1.2	6.2	1.5	1.2	-0.7	1.3	+/- 0.9
650	1.60	5.8	1.3	1.0	-0.6	1.3	+/- 0.8
650	1.90	5.0	1.0	0.8	-0.4	1.1	+/- 0.7
650	2.00	4.0	0.6	0.5	-0.2	0.7	+/- 0.4
1000	<1.25	6.4	1.5	1.2	-0.8	1.4	+/- 0.9
1000	1.70	6.0	1.4	1.1	-0.7	1.3	+/- 0.8
1000	2.00	5.0	1.0	0.8	-0.4	1.1	+/- 0.7
1000	2.05	4.0	0.6	0.5	-0.2	0.7	+/- 0.4

 <b>TECENITAL</b>	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 66
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

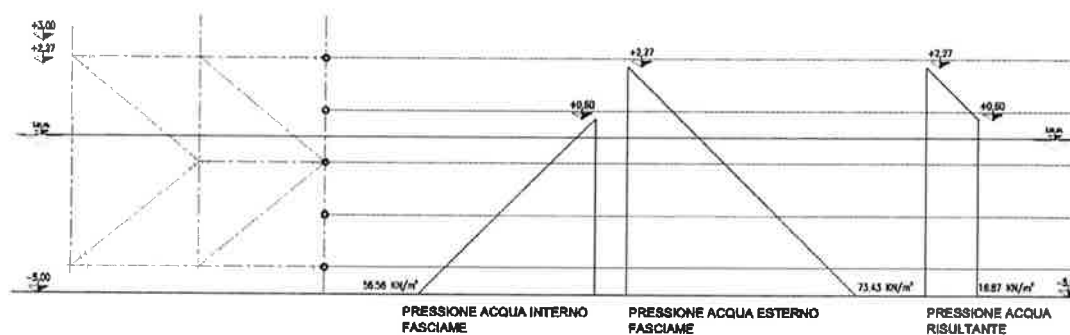
### 10.5.2. Condizioni operative con porta in esercizio (apertura/chiusura) (AZIONI 6 - 9)


In esercizio si considera l'effetto di un'onda lunga derivante da un'onda al largo di altezza non superiore a 3.5 m.

A)  $Tr = 100$  anni, dislivello di riferimento teorico 1.70m, livello esterno pari a:

- marea +1.30m s.m.m., livello +0.4m, eustatismo +0.22  $\Rightarrow$  +1.92m s.m.m.
- marea +1.50m s.m.m., livello +0.4m, eustatismo +0.22  $\Rightarrow$  +2.12m s.m.m.
- marea +1.65m s.m.m., livello +0.4m, eustatismo +0.22  $\Rightarrow$  +2.27m s.m.m.

si assume +2.27m s.m.m. a  $Tr$  100 anni e un livello interno di + 0.60m s.m.m.



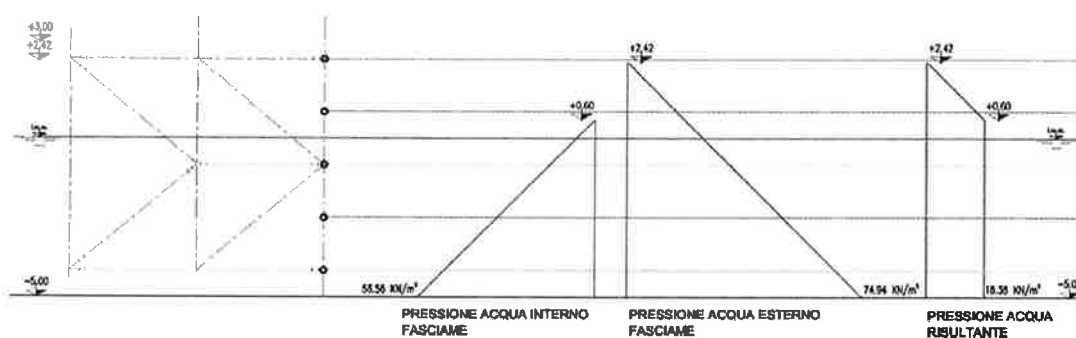
 <b>PROGETTA</b>	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 67
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

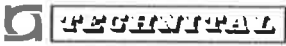
### 10.5.3. Condizioni massime operative con porta chiusa (AZIONI 5 - 8)

B)  $Tr = 100$  anni, dislivello di riferimento teorico 1.70m, livello esterno pari a:

- marea +1.30m s.m.m., livello +0.8m , eustatismo +0.22  $\Rightarrow$  +2.32m s.m.m.
- marea +1.50m s.m.m., livello +0.7m , eustatismo +0.22  $\Rightarrow$  **+2.42m s.m.m.**
- marea +1.65m s.m.m., livello +0.5m , eustatismo +0.22  $\Rightarrow$  +2.37m s.m.m.

si assume +2.42m s.m.m. a  $Tr$  100 anni e un livello interno di + 0.60m s.m.m.



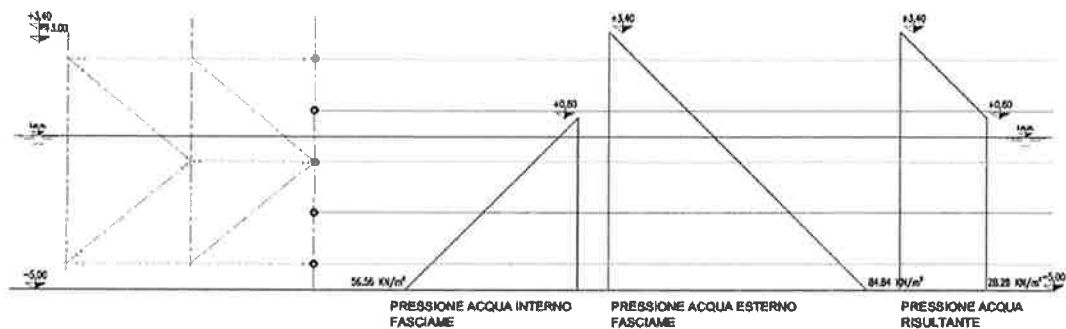
	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 68
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

#### 10.5.4. Condizioni estreme con porta chiusa (AZIONI 4 - 7)

C)  $Tr = 1000$  anni, dislivello di riferimento teorico 2.00m, livello esterno pari a:


- marea +1.25m s.m.m., livello +1.2m , eustatismo +0.60  $\Rightarrow$  +3.05m s.m.m.
- marea +1.70m s.m.m., livello +1.1m , eustatismo +0.60  $\Rightarrow$  +3.40m s.m.m.
- marea +2.00m s.m.m., livello +0.8m , eustatismo +0.60  $\Rightarrow$  +3.40m s.m.m.
- marea +2.05m s.m.m., livello +0.5m , eustatismo +0.60  $\Rightarrow$  +3.15m s.m.m.

si assume + 3.40m s.m.m. a  $Tr = 1000$  anni, livello interno di +0.60m s.m.m.



Le azioni 5 ed 8 (per  $Tr = 100$  anni) vengono assunte nel calcolo ma sono di fatto superate dalle azioni 4 e 7 (per  $Tr = 1000$  anni) che sono assunte nelle combinazioni per SLU. A vantaggio di sicurezza per gli SLE sono considerate le azioni per  $Tr = 1000$  anni.



 <b>TECNOPTA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 69
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

#### 10.5.5. Sovraccarichi accidentali pedonali passerella (AZIONE 10)

L'opera viene progettata considerando un carico variabile agente sulla passerella di passaggio superiore di :

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

#### 10.5.6. Movimentazione (AZIONE 11)

In fase di movimentazione viene considerata l'azione data dal cilindro oleodinamico per la parte radiale ai nodi, le cui azioni vanno a sollecitare le membrature della porta, tale azione massima, diretta verso lo snodo e posizionata a quota + 2.50 slmm, è pari all'azione massima di tiro/spinta proiettata sull'asse radiale :

$$q = 250 \text{ kN}$$

#### 10.5.7. Urto natanti in manovra lato interno conca (AZIONI 12-13-14)

Si prevede che le imbarcazioni in attesa di uscire dalla conca possano, in fase di manovra, avere un urto per "frizione" contro il telaio della porta.

Le caratteristiche delle imbarcazioni che possono provocare l'urto sono determinate sulla base degli studi di traffico disponibili. Vengono considerate le seguenti caratteristiche :

Dislocamento di progetto per urto = 380 t

Gli urti saranno assorbiti da fenders di piccola dimensione solidali ad un apposito telaio che viene collegato ai nodi della struttura della porta tramite bullonature. I fender saranno in grado di assorbire energie dati provocate da natanti con il massimo dislocamento che urtano i fender ad una velocità (di accosto) di  $v = 0.2 \text{ m/s}$ .

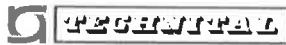
L'energia che i fenders dovranno essere in grado di assorbire sarà quindi :

$$E = \frac{1}{2} m v^2 = 8.9 \text{ kNm}$$

Le reazioni sul telaio che avranno i fenders sarà di (si veda a tal proposito il calcolo fender e la verifica del telaio reggi fenders) :

$$F = 191 \text{ kN}$$

Tali reazioni verranno quindi applicati su 3 punti differenti del telaio.

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 70
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

URTO INT I : scarico effetto urto sull'appoggio del telaio fender a quota +2.50 m a 4 metri dal tubolare centrale verticale.

URTO INT II : scarico effetto urto sull'appoggio del telaio fender a quota -0.825 m a 4 metri dal tubolare centrale verticale.

URTO INT III : scarico effetto urto sull'appoggio del telaio fender a quota +2.50 m 8 metri dal tubolare centrale verticale.

#### 10.5.8. Urto natanti in manovra lato esterno conca (AZIONE 15)

Sul lato esterno conca, dati i sistemi semaforici e di allarmi previsti, l'evento urto è da considerarsi un evento eccezionale e si configura comunque come meno gravoso in termini di riparazione di un eventuale danno.

Ad ogni buon conto si effettua una verifica sugli irrigidimenti verticali del fasciame considerando un'azione eccezionale  $F = 100 \text{ kN}$  posta alla +1.00 m slmm in direzione parallela all'asse conca agente direttamente sull'irrigidimento.

#### 10.5.9. Azioni termiche

Come raccomandato dalla normativa DIN 19704-1 per porte in parziale immersione in contatto con l'acqua su entrambi i lati, si considerano i seguenti gradienti di temperatura uniformi :


$$\Delta = \pm 20 \text{ C}^{\circ}$$

Poiché la porta è libera di deformarsi, in condizione di azioni termiche uniformi, gli effetti provocati sulla struttura sono nulli.

#### 10.5.10. Azioni del vento

Si assume una velocità di riferimento pari a 30 m/s, compatibile con la statistica del vento al largo a disposizione.

Le azioni del vento sono comunque considerate trascurabili, in quanto poco significative rispetto a quelle date dalle spinte idrostatiche.

 <b>PROGETTA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 71
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

### 10.6. Valutazioni delle sollecitazioni in ambito sismico

Il verificarsi dell'azione sismica si considera non contemporaneo con la situazione di barriera sollevata. Pertanto in concomitanza alle azioni sismiche, sulle porte agiranno le sole azioni di peso permanente; a vantaggio di sicurezza, si ipotizza che l'evento avvenga in presenza di un livello di marea pari a + 1.00 m slmm.

Nel presente paragrafo vengono valutate le pressioni agenti sul fasciame originate dall'azione di sovrappressione dell'acqua dovuta all'effetto idrodinamico e confrontate con le massime azioni sul fasciame date dai dislivelli massimi di progetto.

Le sovrappressioni idrauliche in fase sismica sono calcolate tramite la legge di Westergaard; in tale configurazione, essendo  $h$  l'altezza del pelo libero dalla quota del terreno ed  $y$  la quota del singolo elemento, la pressione è pari a :

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

Dove 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:

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


Per lo stato limite di salvaguardia della vita, l'accelerazione di progetto è pari a:

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

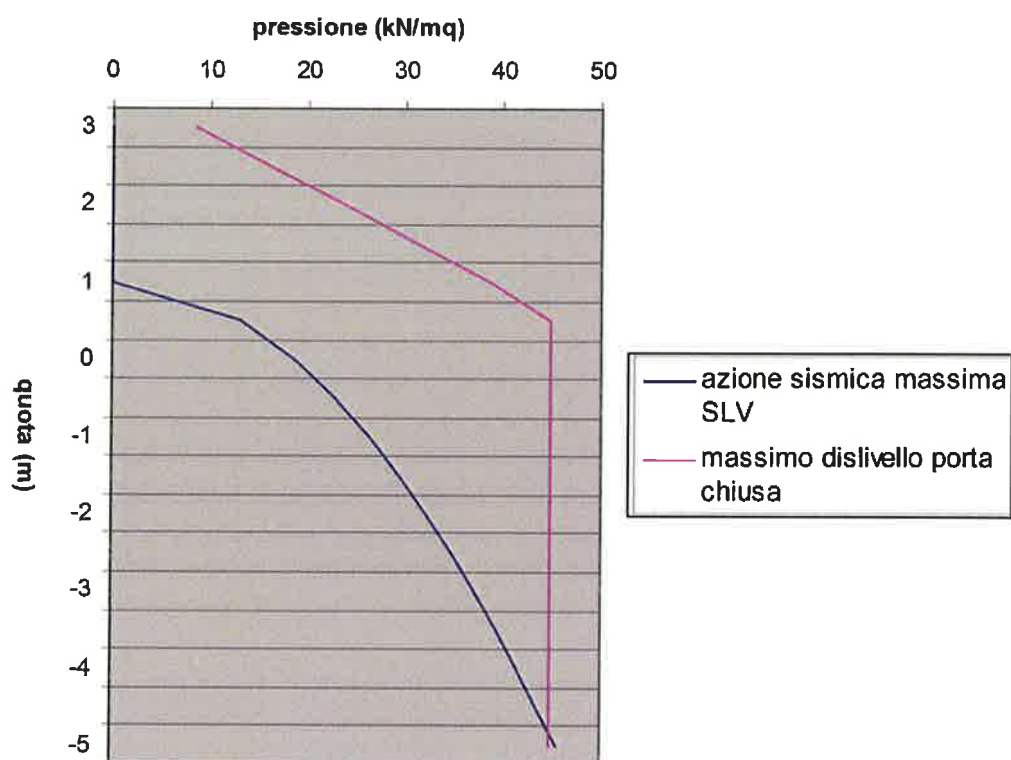
$$k_h = 1 \cdot 1.5 \cdot 1 \cdot 0.069 = 0.103 \quad \text{stato limite salvaguardia della vita (SLV)}$$

Proiettando l'azione perpendicolarmente al fasciame, sommando alla sovrappressione ottenuta considerando l'acqua libera di valle, un contributo dell'acqua a tergo moltiplicato per un coefficiente pari a 0.7, si ottiene la sovrappressione dinamica totale massima su una generica striscia di fasciame verticale sotto azione sismica.



Sovrapponendo lungo l'altezza del fasciame la sovrappressione sismica riferita allo stato limite di salvaguardia dalla vita così calcolata, con la pressione determina-

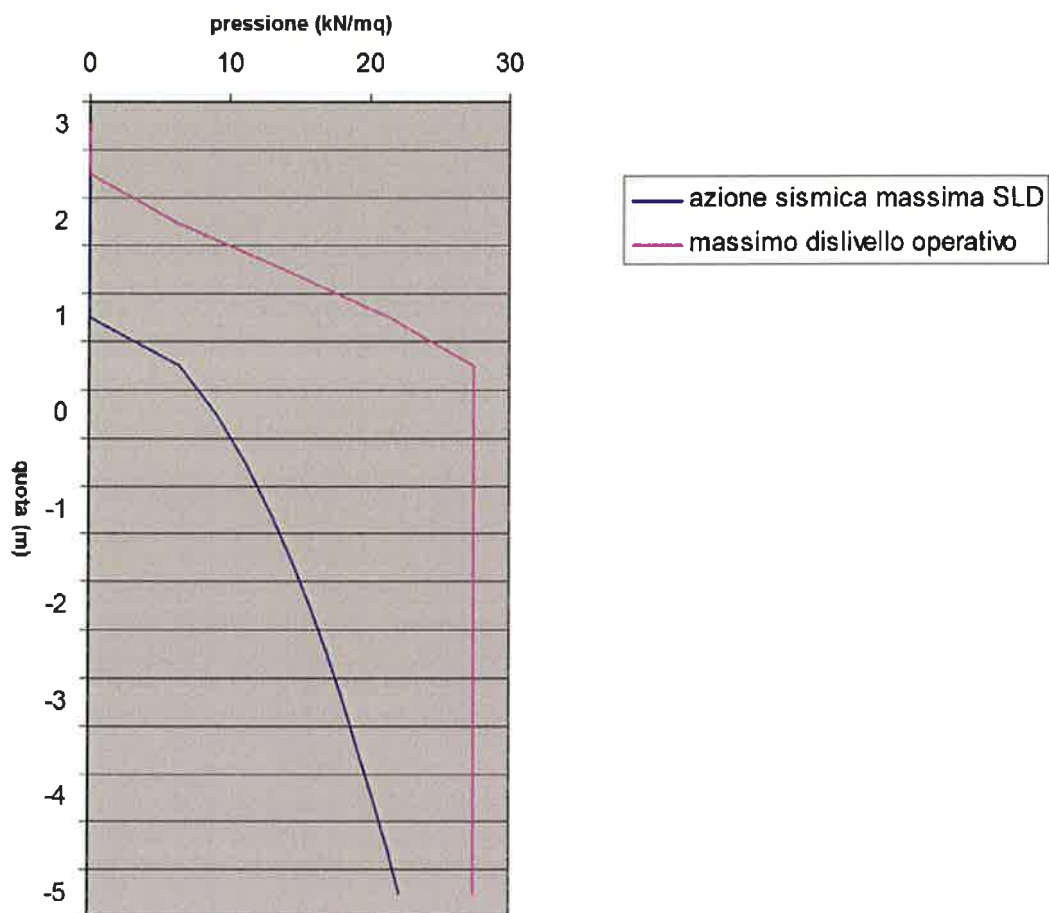
	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 72
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

ta dal dislivello estremo con  $T_r=1000$  anni (AZIONI 4-7) si ottiene il seguente grafico di confronto della pressione :




Parimenti, sovrapponendo lungo l'altezza del fasciame la sovrappressione sismica riferita allo stato limite di danno, con la pressione determinata dal dislivello massimo operativo (AZIONI 6-9) si ottiene il seguente grafico di confronto della pressione :

 	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 73
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	



Dai grafici sopra esposti si evince che le sovrappressioni originate dalle spinte dinamiche dell'acqua libera agenti sulla porta secondo DM 2008 per le condizioni SLD ed SLV, sono inferiori su tutta l'altezza del fasciame della porta alle azioni statiche originate rispettivamente dai dislivelli in condizioni estreme ( $t_r=1000$  anni) e dalle massime condizioni operative.

Poiché quindi le azioni sismiche non sono dimensionanti per le strutture della porta e per gli snodi di supporto, non vengono espone nella presente relazione le analisi sismiche.

 <b>TECNOITAL</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 74
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

## 10.7. Combinazioni di carico


### 10.7.1. Combinazioni Stato limite ultimo (da aggiornare)

	AZIONI	COMB 0	COMB 1	COMB 2	COMB 3	COMB 4	COMB 5	COMB 6
1	CARICO PERMANENTE	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
2	SOTTOSPINTA	0.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
3	FOULING	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4	SPINTA 1000 ANNI	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0
5	SPINTA 100 ANNI	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	SPINTA MAX MOV	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.05
7	SPINTA 1000 ANNI INV	0.0	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	0.0
8	SPINTA 100 ANNI INV	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	SPINTA MAX MOV INV	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	SOVR PASSERELLA	0.0	0.0	0.0	1.05	1.05	0.0	0.0
11	AZIONE CILINDRO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.05	1.5
12	URTO INTERNO I	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	URTO INTERNO II	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	URTO INTERNO III	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	URTO SU RIB FASCIAME	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	PORTA VINCOLATA SU CERNIERE	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	PORTA CON CHIAVISTELLO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	SCARICO PORTA SU MARTINETTI/FUNI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO

	AZIONI	COMB 7	COMB 8	COMB 9	COMB 10	COMB 11	COMB 12	COMB 13
1	CARICO PERMANENTE	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
2	SOTTOSPINTA	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
3	FOULING	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
4	SPINTA 1000 ANNI	0.0	0.0	1.05	0.0	0.0	0.0	0.0
5	SPINTA 100 ANNI	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	SPINTA MAX MOV	0.0	0.0	0.0	0.0	1.05	1.05	1.05
7	SPINTA 1000 ANNI INV	0.0	0.0	0.0	1.05	0.0	0.0	0.0
8	SPINTA 100 ANNI INV	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	SPINTA MAX MOV INV	1.5	1.05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	SOVR PASSERELLA	0.0	0.0	1.5	1.5	0.0	0.0	0.0
11	AZIONE CILINDRO	-1.05	-1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	URTO INTERNO I	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0
13	URTO INTERNO II	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0
14	URTO INTERNO III	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
15	URTO SU RIB FASCIAME	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	PORTA VINCOLATA SU CERNIERE	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO
	PORTA CON CHIAVISTELLO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI
	SCARICO PORTA SU MARTINETTI/FUNI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

	AZIONI	COMB 14	COMB 15	COMB 16	COMB 17	COMB 18	COMB 19
1	CARICO PERMANENTE	1.4	1.4	1.4	1.0	1.0	1.0
2	SOTTOSPINTA	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
3	FOULING	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0
4	SPINTA 1000 ANNI	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	SPINTA 100 ANNI	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	SPINTA MAX MOV	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0
7	SPINTA 1000 ANNI INV	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	SPINTA 100 ANNI INV	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	SPINTA MAX MOV INV	1.05	1.05	1.05	0.0	0.0	1.0
10	SOVR PASSERELLA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	AZIONE CILINDRO	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
12	URTO INTERNO I	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	URTO INTERNO II	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0
14	URTO INTERNO III	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0
15	URTO SU RIB FASCIAME	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
	PORTA VINCOLATA SU CERNIERE	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	PORTA CON CHIAVISTELLO	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	SCARICO PORTA SU MARTINETTI/FUNI	NO	NO	NO	NO	NO	NO



 <b>TECNOLOGIA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 75
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

NB : Le combinazioni COMB 17, COMB 18 e COMB 19 si riferiscono a situazioni eccezionali in quanto analizzano condizioni di urti lato esterno conca e di mancata movimentazione della porta, per la presenza di un vincolo esterno, in presenza dell'azione massima del cilindro e di dislivelli di marea massimi operativi.

#### 10.7.2. Combinazioni Stato limite esercizio


	AZIONI	C ESE I	C ESE II	C ESE III	C ESE IV	C ESE V
1	CARICO PERMANENTE	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	SOTTOSPINTA	0.0	0.9	0.9	0.9	0.9
3	FOULING	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4	SPINTA 1000 ANNI	0.0	1.0	0.0	0.7	0.0
5	SPINTA 100 ANNI	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	SPINTA MAX MOV	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	SPINTA 1000 ANNI INV	0.0	0.0	1.0	0.0	0.7
8	SPINTA 100 ANNI INV	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	SPINTA MAX MOV INV	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	SOVR PASSERELLA	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0
11	AZIONE CILINDRO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	URTO INTERNO I	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	URTO INTERNO II	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	URTO INTERNO III	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	URTO SU RIB FASCIA ME	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	PORTA VINCOLATA SU CERNIERE	SI	SI	SI	SI	SI
	PORTA CON CHIAVISTELLO	NO	NO	NO	NO	NO
	SCARICO PORTA SU MARTINETTI/FUNI	SI	NO	NO	NO	NO

#### 10.8. Criteri di modellazione delle strutture della porta

Data la particolare geometria del telaio spaziale e del fasciame in lamiera a forma semicilindrica, è necessario effettuare una modellazione tridimensionale che viene condotta tramite un codice numerico agli elementi finiti con il programma di calcolo SAP2000 v.16.1

Gli elementi strutturali del telaio sono schematizzati a seconda della connessione ai nodi come elementi incastrati oppure mediante elementi con cerniere terminali. I primi si utilizzano per schematizzare l'elemento monodimensionale generico comunque sollecitato nello spazio, i secondi si utilizzano per schematizzare elementi che siano sollecitati unicamente da sforzi assiali.

Pertanto hanno vincoli all'incastro rilasciato nei nodi tutti gli elementi secondari di controvento, mentre hanno vincoli di incastro gli elementi di irrigidimento del fasciame (i tubolari 200x100 e le ½ HEB 240), le travi irrigidenti di piano HEB200 ed i 3 elementi tubolari principali a quota -4.15 m e +2.50 m.

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 76
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

Il modello è stato vincolato con una cerniera completa in corrispondenza della base del tubo centrale (allo snodo inferiore) e con un vincolo alla traslazione nel piano orizzontale in corrispondenza della sommità del tubo centrale (snodo superiore). Il sistema di vincoli è quindi di tipo isostatico.

Il mantello viene schematizzato attraverso elementi SHELL che descrivono la forma cilindrica del mantello; collegati agli elementi SHELL sono vincolati in continuo le costolature ( $\frac{1}{2}$  HEB 240) direttamente saldate sul fasciame. Lo spessore degli elementi SHELL assunto è quello di progetto (10 mm).

Per valutare gli effetti dati dall'urto del natante di progetto sul fasciame, viene approntato un modello vincolato, oltre che agli snodi, anche al nodo 26 a quota +2.500 m dove viene inserito il chiavistello che vincola in posizione la porta e garantisce l'equilibrio del sistema anche sotto carichi non radiali agli assi delle porte.

Per valutare le sollecitazioni nelle fasi di regolazione dopo il varo, sotto l'azione del solo peso proprio e del fouling, lo stesso modello della porta viene vincolato verticalmente i 4 punti, dove cioè vengono essere posti i 3 martinetti di appoggio provvisorio ed in corrispondenza della piletta.

Infine si verificano le sollecitazioni in fase di varo e sollevamento sulla porta considerando il modello vincolato a 4 funi, sotto l'azione del solo peso proprio moltiplicata per un coefficiente dinamico di 1.2.

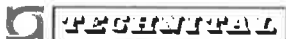
Il fasciame ed i profili della porta sono stati schematizzati con il loro effettivo spessore, mentre le verifiche vengono effettuate tenendo conto dell'effetto della corrosione, riducendo le sezioni di 1 mm per ogni lato esposto agli agenti esterni sul fasciame e tutti i profili.

## 10.9. Analisi strutturale

### 10.9.1. Dimensionamento del fasciame ed irrigidimenti :

Il fasciame ha spessore 10 mm, ma i calcoli di dimensionamento vengono invece effettuati tenendo conto di uno spessore di 8 mm (considerando lo spessore di sacrificio per la corrosione).



	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 77
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

Il fasciame viene irrigidito con profili a T (1/2 HEB240) posti verticalmente con passo 830 mm circa che vengono saldati al fasciame e sugli elementi calandrati HEB200 che fanno da terminali ai 3 diaframmi orizzontali del telaio posti a 3325 mm di interasse.

#### SVILUPPO FASCIAME

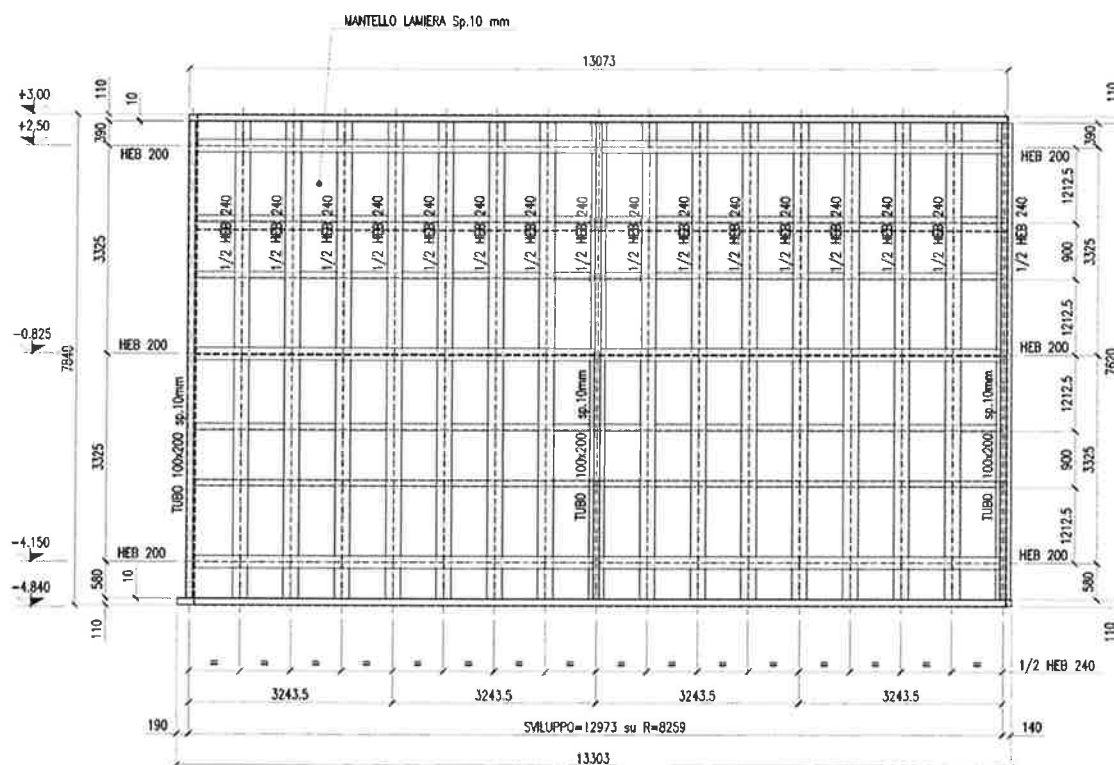


FIG. 10.8 - LAMIERA IRRIGIDITA DEL FASCIAME

Per il dimensionamento viene considerato il carico idrostatico agente originato dalla piena millenaria :

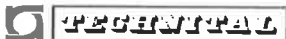
livello esterno + 3.40m s.m.m. e livello interno di +0.60m s.m.m.

Pertanto, considerando  $\gamma_w = 10,10 \text{ kN/m}^3$  :

$$q = 28.28 \text{ kN/m}^2$$

da cui, considerando, un interasse di 830 mm, in corrispondenza degli irrigidimenti, avremo una sollecitazione flessionale massima pari a :

$$M = q \times l^2 / 12 = 1.50 \text{ kN m}$$

	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 78
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

Piatto :

$$W = b \times h^2 / 6 = 10666 \text{ mm}^3$$

Verifica :

$$\sigma = M / W = 140.6 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{\text{adm}}$$

Deflessione del fasciame tra irrigidimenti :

$$f \cong 0.0284 \frac{p a^4}{E t^3} = 3.6 \text{ mm} < \frac{L}{200} = 4.15 \text{ mm}$$

Elementi irrigidenti : ½ HEB 240 + elemento collaborante del fasciame

$$B_{\text{eff}} = 2 \times 15 \times \varepsilon \times t + t_w = 204 \text{ mm (EC 1993-1-5 par. 9.1)} \left( \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0.81 \right)$$

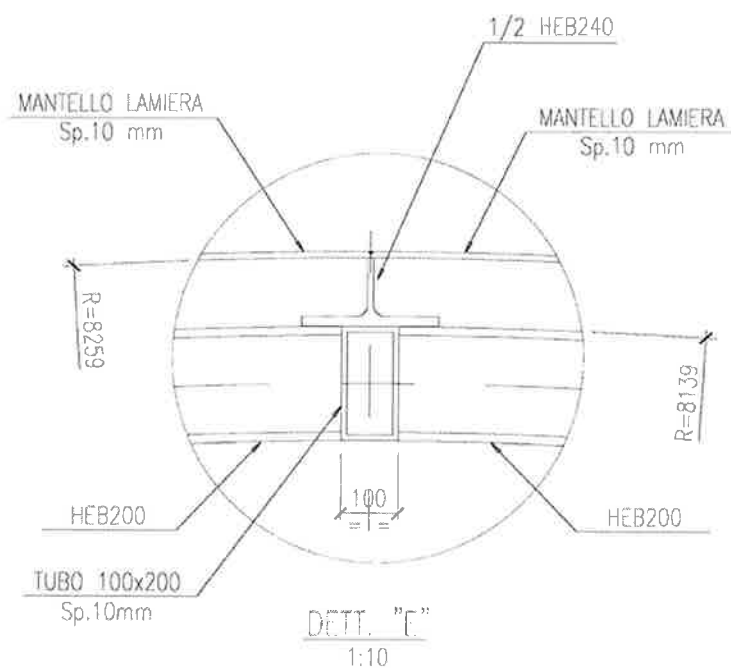

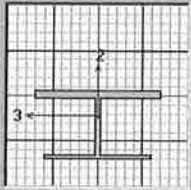


FIG. 10.9 - PARTICOLARE DI IRRIGIDIMENTO DEL FASCIAME

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 79
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

L'elemento ha le seguenti caratteristiche :

Dimensions			Section Name		
Outside height (h)	0.128		I/2HEB240		
Top flange width (b)	0.238	Properties			
Top flange thickness (t <sub>f</sub> )	0.015	Cross-section (axial) area	6.026E-03	Section modulus about 3 axis	2.021E-04
Web thickness (t <sub>w</sub> )	8.000E-03	Torsional constant	3.078E-07	Section modulus about 2 axis	1.878E-04
Bottom flange width (b <sub>b</sub> )	0.202	Moment of inertia about 3 axis	1.635E-06	Plastic modulus about 3 axis	2.445E-04
Bottom flange thickness (t <sub>fb</sub> )	8.000E-03	Moment of inertia about 2 axis	2.235E-06	Plastic modulus about 2 axis	2.957E-04
		Shear area in 2 direction	1.024E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0.0521
		Shear area in 3 direction	4.323E-03	Radius of Gyration about 2 axis	0.0509

Considerando 1 elemento irrigidente che agisce su una luce di 3.325 m (agli estremi viene vincolato da travi HEB 200):

$$q = b \times p = 0.83 \times 28.28 = 23.5 \text{ kN/m}$$

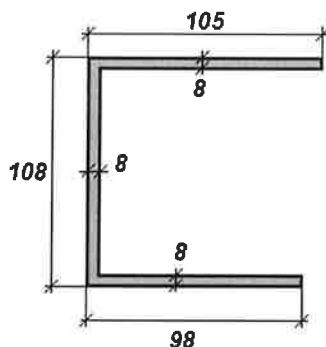
$$M \approx q \times l^2 / 10 = 26 \text{ kNm} = 26000000 \text{ Nmm}$$

$$W = 2.02 \times 10^{-4} \text{ m}^3 = 202000 \text{ mm}^3$$


$$\sigma = M / W = 128 \text{ MPa} < \sigma_{adm}$$

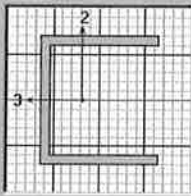
Elementi irrigidenti : ANG 100x100x10 + elemento collaborante del fasciame + corrosione

$$b_{eff} = 15 \times \varepsilon \times t + t_w = 105 \text{ mm}$$



Per motivi pratici e comunque a favore di sicurezza si considera un elemento con le seguenti caratteristiche :

 <b>PROGETTA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 80
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

<b>Dimensions</b> Outside depth (t3) <input type="text" value="0.108"/> Outside flange width (t2) <input type="text" value="0.098"/> Flange thickness (t1) <input type="text" value="8.000E-03"/> Web thickness (tw) <input type="text" value="8.000E-03"/>			<b>Section Name</b> <input type="text" value="ANG"/> <b>Properties</b> <table border="1"> <tr> <td>Cross-section (axial) area</td><td>2.304E-03</td> <td>Section modulus about 3 axis</td><td>8.236E-05</td> </tr> <tr> <td>Torsional constant</td><td>4.657E-08</td> <td>Section modulus about 2 axis</td><td>3.587E-05</td> </tr> <tr> <td>Moment of inertia about 3 axis</td><td>4.447E-06</td> <td>Plastic modulus about 3 axis</td><td>9.533E-05</td> </tr> <tr> <td>Moment of inertia about 2 axis</td><td>2.273E-06</td> <td>Plastic modulus about 2 axis</td><td>6.307E-05</td> </tr> <tr> <td>Shear area in 2 direction</td><td>8.640E-04</td> <td>Radius of Gyration about 3 axis</td><td>0.0439</td> </tr> <tr> <td>Shear area in 3 direction</td><td>1.588E-03</td> <td>Radius of Gyration about 2 axis</td><td>0.0314</td> </tr> </table>	Cross-section (axial) area	2.304E-03	Section modulus about 3 axis	8.236E-05	Torsional constant	4.657E-08	Section modulus about 2 axis	3.587E-05	Moment of inertia about 3 axis	4.447E-06	Plastic modulus about 3 axis	9.533E-05	Moment of inertia about 2 axis	2.273E-06	Plastic modulus about 2 axis	6.307E-05	Shear area in 2 direction	8.640E-04	Radius of Gyration about 3 axis	0.0439	Shear area in 3 direction	1.588E-03	Radius of Gyration about 2 axis	0.0314
Cross-section (axial) area	2.304E-03	Section modulus about 3 axis	8.236E-05																								
Torsional constant	4.657E-08	Section modulus about 2 axis	3.587E-05																								
Moment of inertia about 3 axis	4.447E-06	Plastic modulus about 3 axis	9.533E-05																								
Moment of inertia about 2 axis	2.273E-06	Plastic modulus about 2 axis	6.307E-05																								
Shear area in 2 direction	8.640E-04	Radius of Gyration about 3 axis	0.0439																								
Shear area in 3 direction	1.588E-03	Radius of Gyration about 2 axis	0.0314																								

Considerando 1 elemento irrigidente che agisce su una luce di 830 mm (agli estremi viene vincolato da travi HEB 200):

$$q = b \times p = 1212.5 \times 28.28 = 34.29 \text{ kN/m}$$

$$M \approx q \times l^2 / 10 = 1.90 \text{ kNm} = 2362000 \text{ Nmm}$$

$$W = 9.533 \times 10^{-5} \text{ m}^3 = 95330 \text{ mm}^3$$


$$\sigma = M / W = 24.8 \text{ MPa} < \sigma_{adm}$$

#### 10.9.2. Modelli di calcolo :

Vengono quindi riassunti i 4 differenti modelli di calcolo, differenziati in base ai vincoli posti in essere nelle varie situazioni di carico :

- 1) Modello di esercizio con porta vincolata alle cerniere (modello isostatico) nei quali i carichi sono radiali ai vincoli;
- 2) Modello che tiene conto del vincolo dato del chiavistello laterale; su tale modello vengono fatti agire i carichi non radiali (sisma e urti).
- 3) Modello della porta posata su appoggi provvisori (martinetti + piletta) in fase di fissaggio e registrazione della verticalità durante il posizionamento.
- 4) Modello della porta sollevata e vincolata a funi in fase di movimentazione per manutenzione o per il primo posizionamento.

tali modelli hanno comunque la stessa configurazione che viene rappresentata nella seguente immagine :

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 81
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

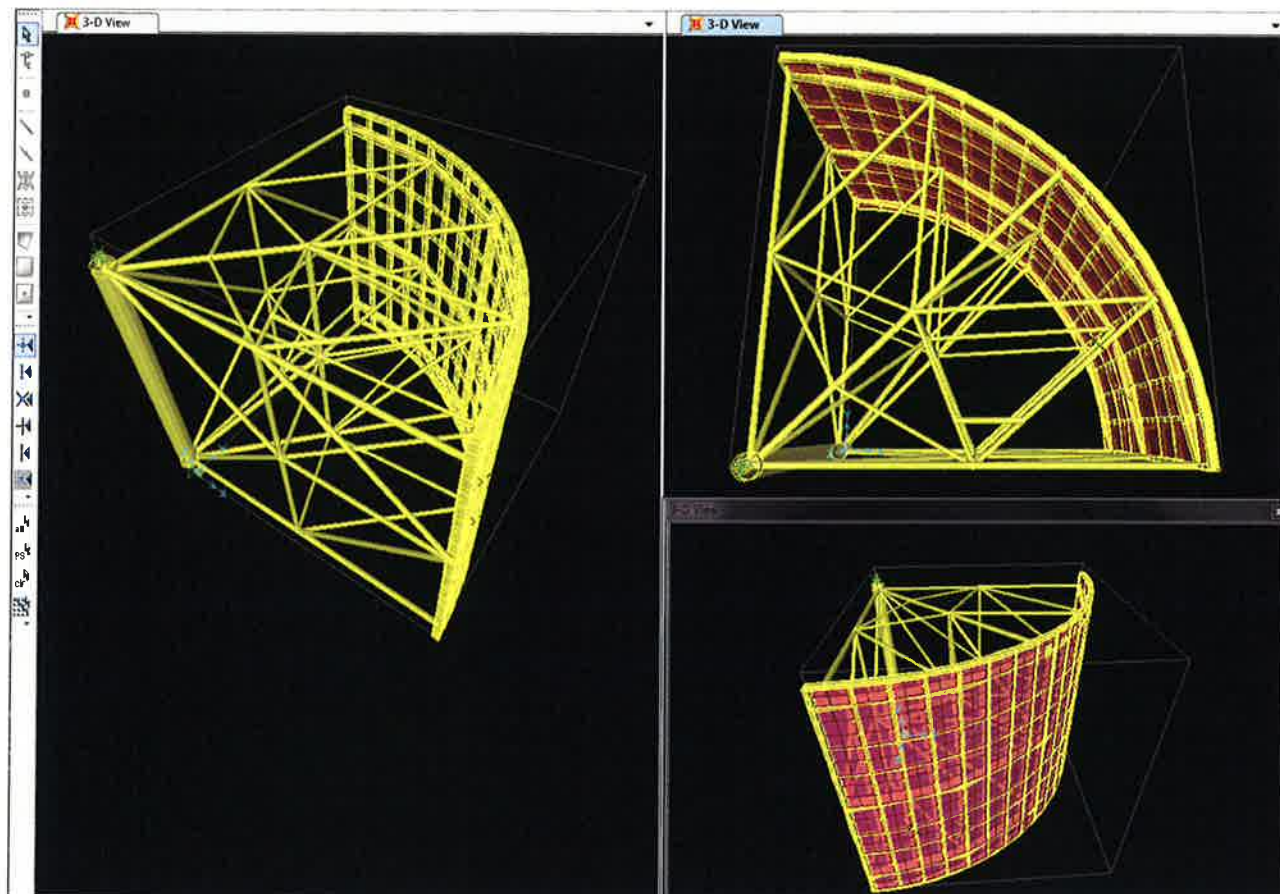



FIG. 10.10 - VISTE DEL MODELLO TRIDIMENSIONALE SAP2000

L'origine dei modelli è posta a quota -5.00 slmm in asse al tubo centrale (in corrispondenza del fondo delle testate delle conche). L'asse x è perpendicolare all'asse conca e verso da asse tubolare a centro conca, mentre l'asse y è parallelo all'asse conca con verso da tubolare a fasciame.

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 82
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

#### 10.10. Modello Esercizio (COMB 0 – COMB 10) e (C ESE I – C ESE V)

Il modello è vincolato tramite una cerniera posta a quota +0.55 m (elemento 1) e con un vincolo radiale a quota +7.85 m (elemento 6). Le quote, differenti rispetto ai punti schema del traliccio, sono relative alle quote effettive dell'asse cuscinetti degli snodi.

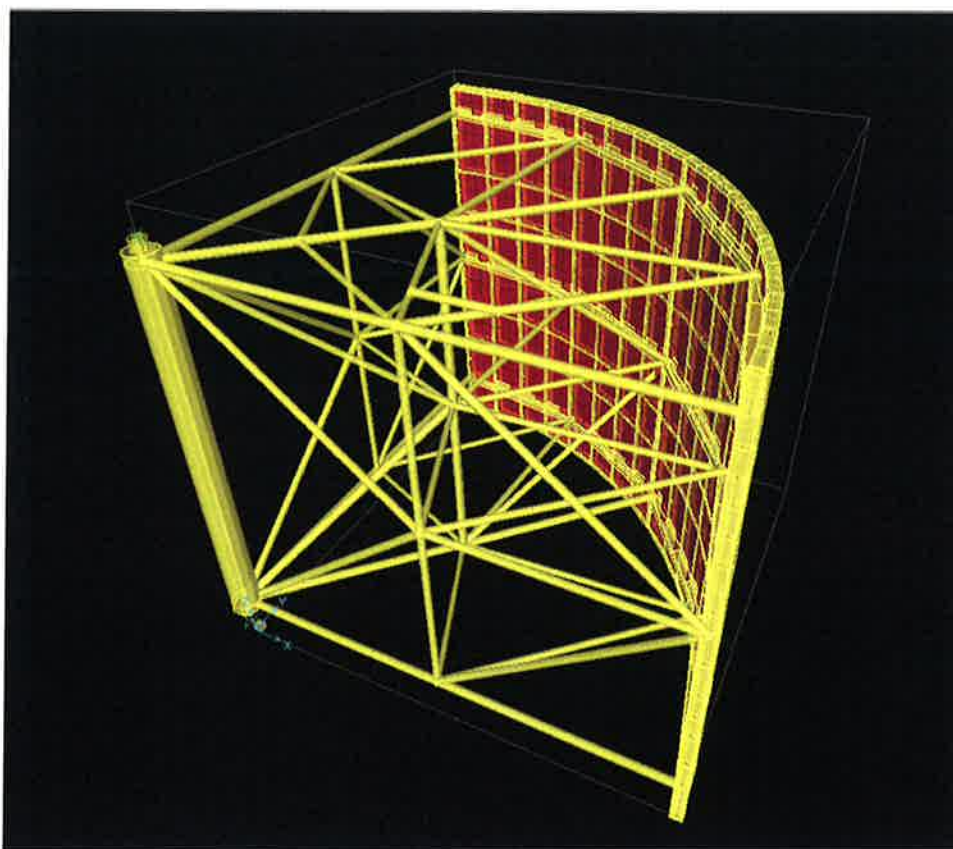
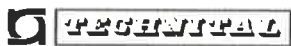


FIG. 10.11 - MODELLO SAP 2000 - ESERCIZIO



	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 83
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

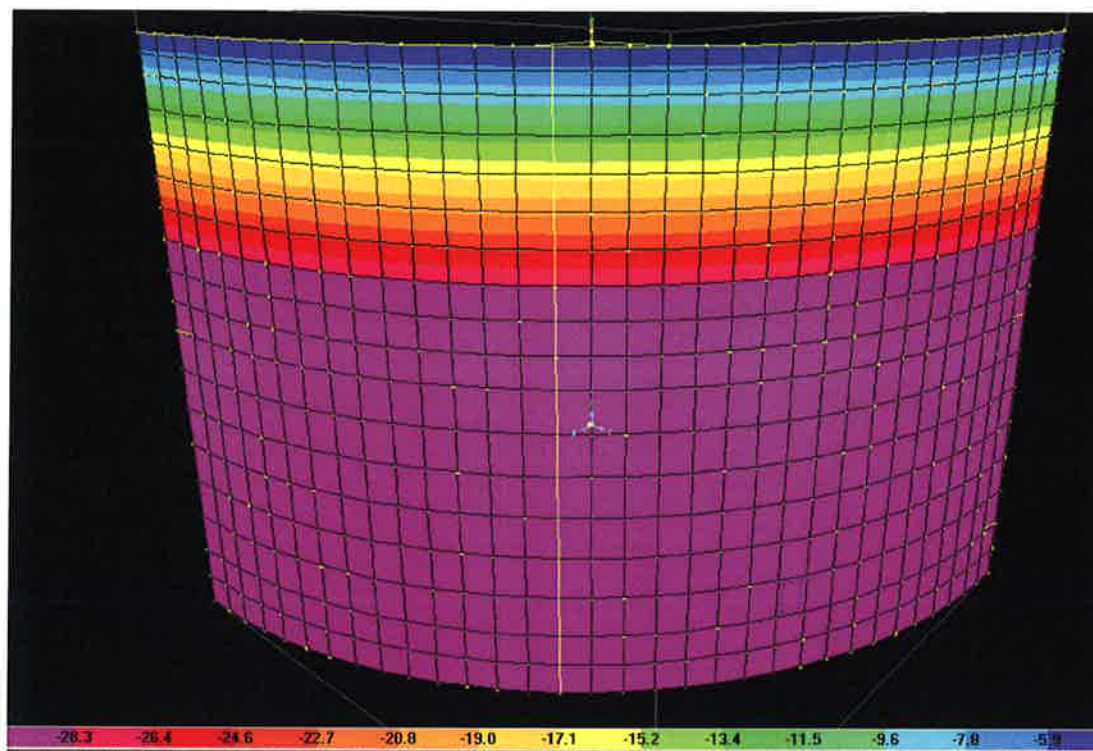
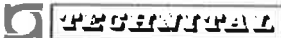



FIG. 10.12 - MODELLO SAP 2000 – ESERCIZIO – CARICO SPINTA TR 1000 ANNI ( $\text{kN/m}^2$ )

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 84
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	


Reazioni vincolari :

nodo	Caso di carico	Tx (kN)	Ty (kN)	Nz (kN)
1	peso proprio	205.3	181.2	357.5
1	sottospinta	-9.2	-9.2	-17.3
1	Fouling	9.6	9.6	19.4
1	spinta max mov	560.5	560.5	0.0
1	spinta Tr100 Anni	605.8	605.6	0.0
1	spinta Tr1000 Anni	948.9	948.9	0.0
1	sp max mov inv	-560.5	-560.5	0.0
1	sp Tr 100 A inv	-605.8	-605.6	0.0
1	sp Tr1000 A inv	-948.9	-948.9	0.0
1	sovr. passerella	28.5	3.3	60.3
1	Movimentazione	8.5	8.5	0.0
1	COMB0	300.8	267.1	527.6
1	COMB1	1716.9	1683.2	513.9
1	COMB2	-1129.9	-1163.5	513.9
1	COMB3	1746.8	1686.7	577.2
1	COMB4	-1099.9	-1160.1	577.2
1	COMB5	1143.1	1109.4	513.9
1	COMB6	894.7	861.0	513.9
1	COMB7	-556.1	-589.8	513.9
1	COMB8	-307.7	-341.4	513.9
1	COMB9	1332.7	1261.2	604.3
1	COMB10	-660.1	-731.6	604.3
1	C ESE I	214.9	190.8	376.9
1	C ESE II	1155.5	1131.5	361.2
1	C ESE III	-742.3	-766.4	361.2
1	C ESE IV	899.4	850.1	421.5
1	C ESE V	-429.1	-478.4	421.5
6	peso proprio	-205.3	-181.2	0.0
6	sottospinta	9.2	9.2	0.0
6	Fouling	-9.6	-9.6	0.0
6	spinta max mov	326.3	326.3	0.0
6	spinta Tr100 Anni	338.3	338.0	0.0



 <b>PEGEMITAL</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 85
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

nodo	Caso di carico	Tx (kN)	Ty (kN)	Nz (kN)
6	spinta Tr1000 Anni	642.7	642.7	0.0
6	sp max mov inv	-326.3	-326.3	0.0
6	sp Tr 100 A inv	-338.3	-338.0	0.0
6	sp Tr1000 A inv	-642.7	-642.7	0.0
6	sovr. passerella	-28.5	-3.3	0.0
6	Movimentazione	168.0	168.0	0.0
6	COMB0	-300.8	-267.1	0.0
6	COMB1	670.6	704.3	0.0
6	COMB2	-1257.6	-1223.9	0.0
6	COMB3	640.6	700.8	0.0
6	COMB4	-1287.5	-1227.4	0.0
6	COMB5	372.4	406.1	0.0
6	COMB6	301.2	334.9	0.0
6	COMB7	-959.4	-925.7	0.0
6	COMB8	-888.2	-854.5	0.0
6	COMB9	338.6	410.0	0.0
6	COMB10	-1011.2	-939.7	0.0
6	C ESE I	-214.9	-190.8	0.0
6	C ESE II	436.1	460.2	0.0
6	C ESE III	-849.3	-825.3	0.0
6	C ESE IV	214.8	264.0	0.0
6	C ESE V	-685.0	-635.8	0.0

 <b>PROGETTA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 86
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

#### 10.10.1. Deformazioni sotto peso proprio:

Comb esercizio I - massimi spostamenti per peso proprio e fouling :

Nodo 340 (quota -5.00 slm, estremo inferiore del fasciame, zona centrale)

$U_z = - 2.7 \text{ mm}$

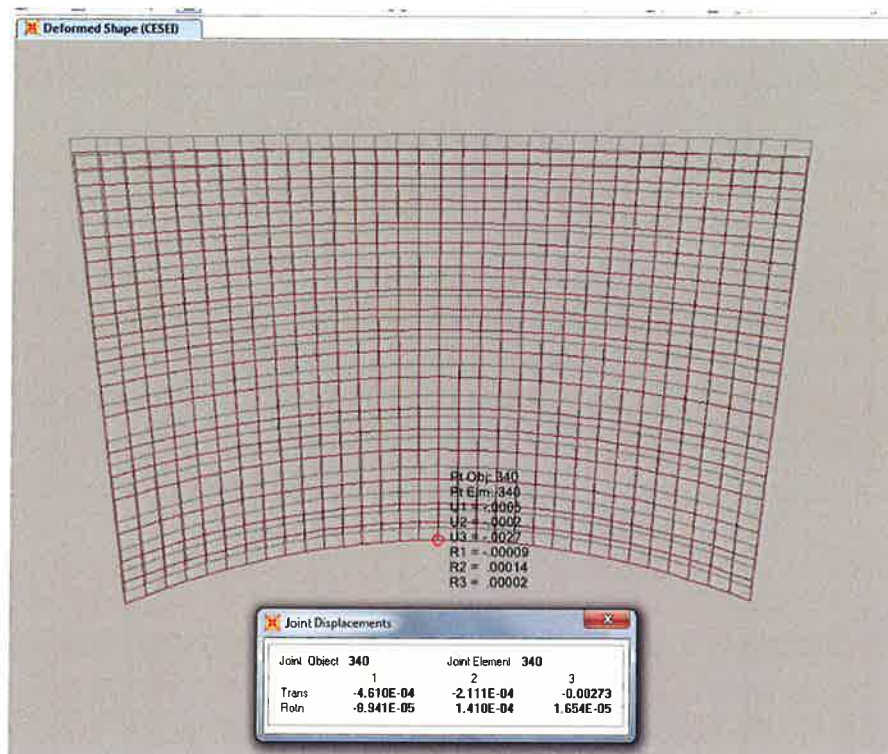
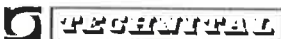


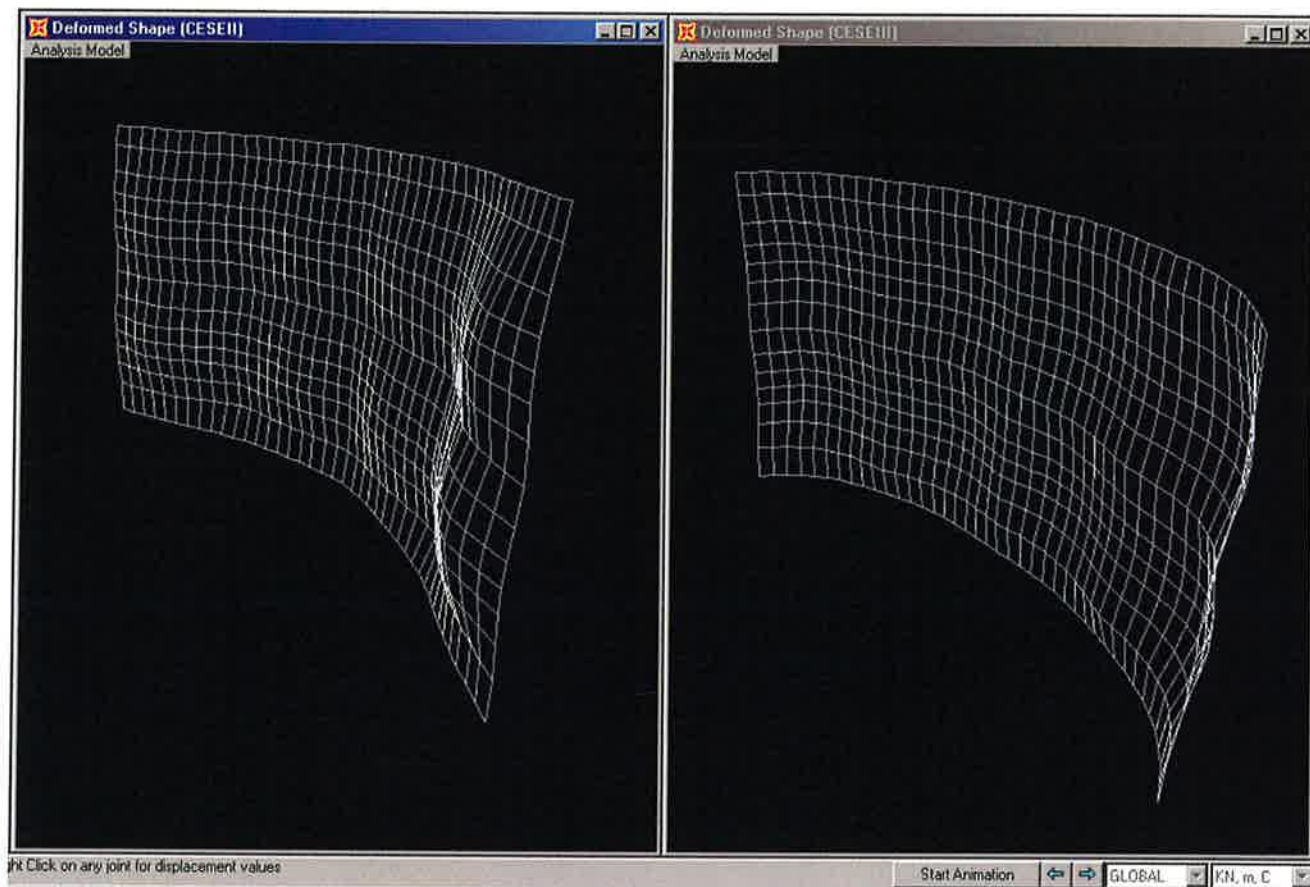
FIG. 10.13 – SPOSTAMENTI IN “COMB ESER I”

#### 10.10.2. Deformazioni in esercizio:

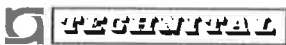
La verifica delle frecce viene effettuata rispetto a due punti centrali del fasciame non irrigidito alla quota -2.49 m

- lungo la verticale tra le travi HEB200 delle quote -0.825 m e -4.15 m su di una lunghezza di 3325 mm
- lungo l'orizzontale tra gli appoggi sul telaio della porta su di una lunghezza di  $830 \times 7 = 3320 \text{ mm}$

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 87
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	



Spostamenti del fasciame per le combinazioni II e III con senso della spinta idraulica diverso

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 88
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

Comb esercizio II - massimi spostamenti sul fasciame sotto l'effetto della spinta idrostatica lato esterno fasciame (considerando spessore del fasciame ridotto per la corrosione).

Componente freccia massima in direzione longitudinale (lato asse conca) :

$$u = \sqrt{(u_{x1} - u_{x2})^2 + (u_{y1} - u_{y2})^2} = 3.5 \text{ mm} < L/300 = 11.1 \text{ mm}$$

Componente freccia massima in direzione trasversale (lato asse conca) :

$$u = \sqrt{(u_{x1} - u_{x3})^2 + (u_{y1} - u_{y3})^2} = 4.3 \text{ mm} < L/200 = 16.6 \text{ mm}$$

Componente freccia massima in direzione longitudinale (lato spalla) :

$$u = \sqrt{(u_{x1} - u_{x2})^2 + (u_{y1} - u_{y2})^2} = 3.5 \text{ mm} < L/300 = 11.1 \text{ mm}$$

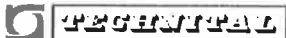
Componente freccia massima in direzione trasversale (lato spalla) :

$$u = \sqrt{(u_{x1} - u_{x3})^2 + (u_{y1} - u_{y3})^2} = 4.3 \text{ mm} < L/200 = 16.6 \text{ mm}$$

Lato spalla	Nodo						
	Punto di mezzeria	75	-5.38	-8.87	-1.82	Freccia	Freccia max
	Corrispondenza HEB200	72	-4.90	-5.36	-1.82	3.5	L/300
		78	-4.47	-5.728	-1.816	3.3	11.1
	Corrispondenza appoggio telaio	15	-5.02	-4.57	-1.62	4.3	L/200
		179	-4.66	-5.17	-2.22	3.8	16.6

Lato asse conca	Nodo						
	Punto fasciame non irrigidito	610	-8.90	-5.21	-2.20	Freccia	Freccia max
	Corrispondenza HEB200	607	-5.43	-4.63	-2.19	3.5	L/300
		613	-5.714	-4.412	-2.187	3.3	11.1
	Corrispondenza appoggio telaio	506	-5.24	-4.51	-2.45	3.7	L/200
		667	-4.58	-4.85	-2.07	4.3	16.6

FIG. 10.14 – SPOSTAMENTI IN “COMB ESER II”

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 89
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

Comb esercizio III - massimi spostamenti sul fasciame sotto l'effetto della spinta idrostatica lato interno fasciame (considerando spessore del fasciame ridotto per la corrosione):

Componente freccia massima in direzione longitudinale (lato asse conca) :

$$u = \sqrt{(u_{x1} - u_{x2})^2 + (u_{y1} - u_{y2})^2} = 3.8 \text{ mm} < L/300 = 11.1 \text{ mm}$$

Componente freccia massima in direzione trasversale (lato asse conca) :

$$u = \sqrt{(u_{x1} - u_{x3})^2 + (u_{y1} - u_{y3})^2} = 4.3 \text{ mm} < L/200 = 16.6 \text{ mm}$$

Componente freccia massima in direzione longitudinale (lato spalla) :

$$u = \sqrt{(u_{x1} - u_{x2})^2 + (u_{y1} - u_{y2})^2} = 3.8 \text{ mm} < L/300 = 11.1 \text{ mm}$$

Componente freccia massima in direzione trasversale (lato spalla) :

$$u = \sqrt{(u_{x1} - u_{x3})^2 + (u_{y1} - u_{y3})^2} = 4.3 \text{ mm} < L/200 = 16.6 \text{ mm}$$

Lato spalla	Nodo				Freccia	Freccia max	Limite
	Punto di mezzzeria	75	5.02	8.59	-2.27		
	Corrispondenza HEB200	72	4.12	4.88	-2.27	3.8	L/300
		78	4.61	5.91	-2.27		11.1
	Corrispondenza appoggio telaio	15	4.67	4.30	-2.15	4.3	L/200
		179	4.36	5.09	-2.32		16.6

Lato asse conca	Nodo				Freccia	Freccia max	Limite
	Punto fasciame non irrigidito	610	8.55	5.19	-2.64		
	Corrispondenza HEB200	607	4.81	4.39	-2.64	3.8	L/300
		613	5.92	4.66	-2.65		11.1
	Corrispondenza appoggio telaio	506	5.02	4.51	-2.55	4.3	L/200
		667	4.29	4.83	-2.60		16.6

FIG. 10.15 - SPOSTAMENTI IN “COMB ESER III”

Comb esercizio IV- massimi spostamenti dati dal sovraccarico passerella pedonale (con sez. ridotte da corrosione).

Spostamento massimo sotto effetto del sovraccarico della passerella  
Elemento 212 (quota +2.50 slm, punto ad 1.39 m da inizio elemento)

$L = 3080 \text{ mm}$

Componente freccia massima verticale :

$U_x = -7.8 \text{ mm} < L/200 = 15.4 \text{ mm}$

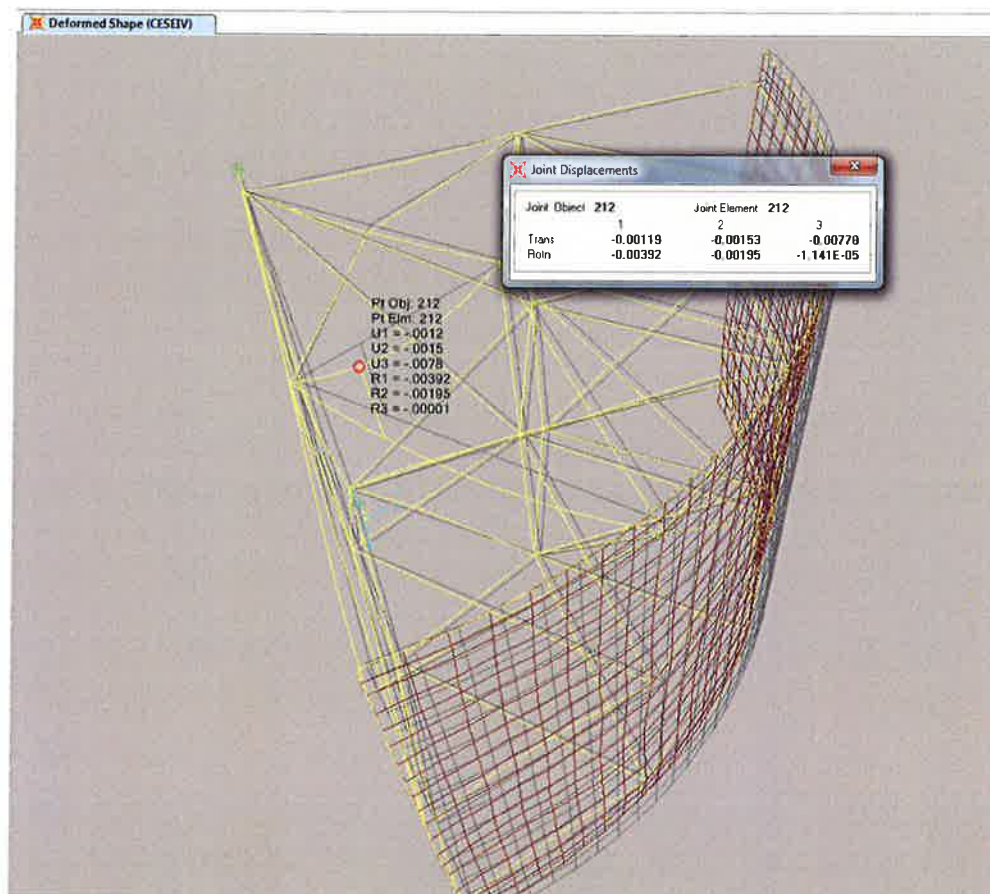



FIG. 10.16 - SPOSTAMENTI IN "COMB ESER IV"

Comb esercizio V- massimi spostamenti dati dal sovraccarico passerella pedonale (con sez. ridotte da corrosione) :

Spostamento massimo sotto effetto del sovraccarico della passerella



 <b>PROGETTA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 91
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

Elemento 298 (quota +2.50 slm, punto ad 2.46 m da inizio elemento)

$L = 4540 \text{ mm}$

Componente freccia massima verticale :

$U_x = -8.8 \text{ mm} < L/200 = 22.7 \text{ mm}$

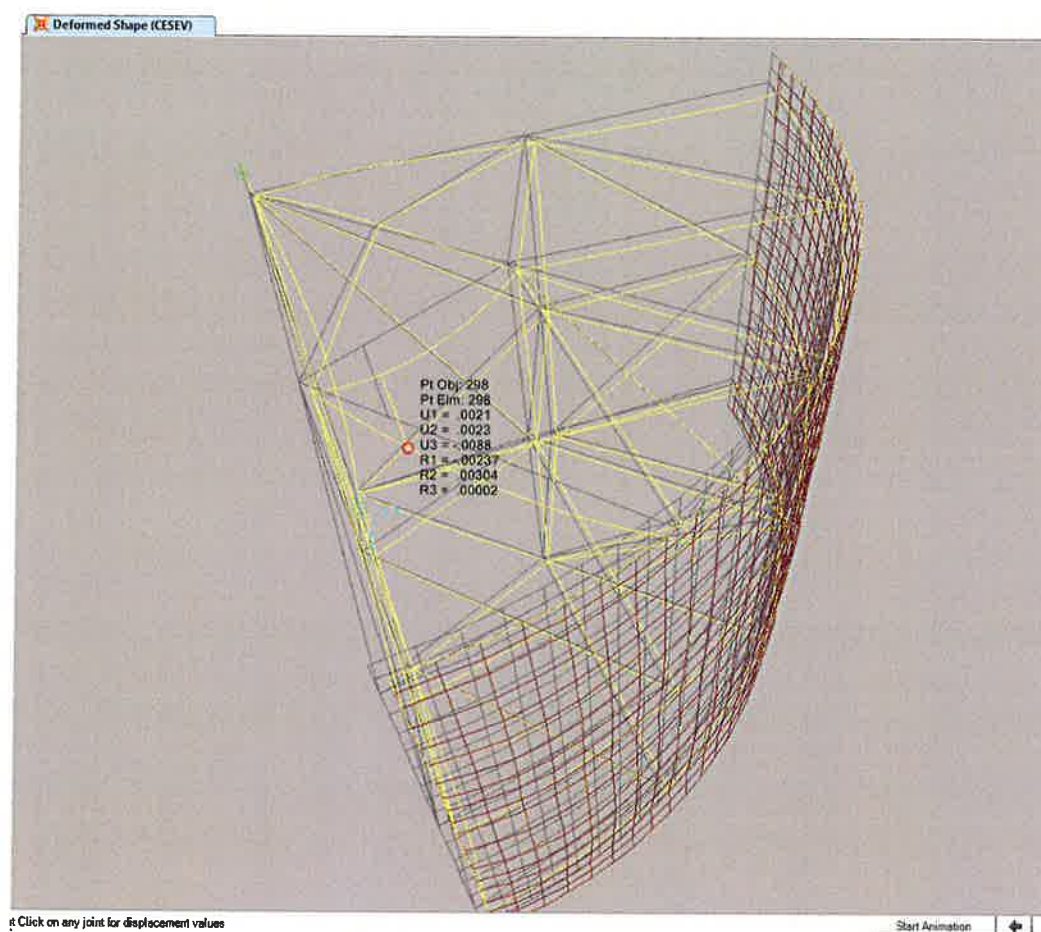



FIG. 10.17 - SPOSTAMENTI IN “COMB ESER V”

 <b>PROGETTA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 92
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

#### 10.11. Modello porta vincolato su cerniere e fissato con chiavistello (COMB 11 – COMB 19)

Il modello è vincolato tramite una cerniera posta a quota -4.50 m (elemento 1), con un vincolo radiale a quota +2.85 m (elemento 6) e tramite un vincolo assiale sull'asse X (perpendicolare all'asse conca) a quota +2.50 (el.26) che rappresenta il chiavistello che fissa la porta all'opera civile della conca. Tale modello viene utilizzato per vagliare la risposta della struttura sollecitata da carichi orizzontali diretti dall'interno all'esterno conca : gli urti (COMB 11 - COMB 17) ed in condizioni eccezionali di blocco del cilindro di movimentazione (COMB 18 - COMB19).

Frame Distributed Loads (URTO ESTERNO SU RUB)

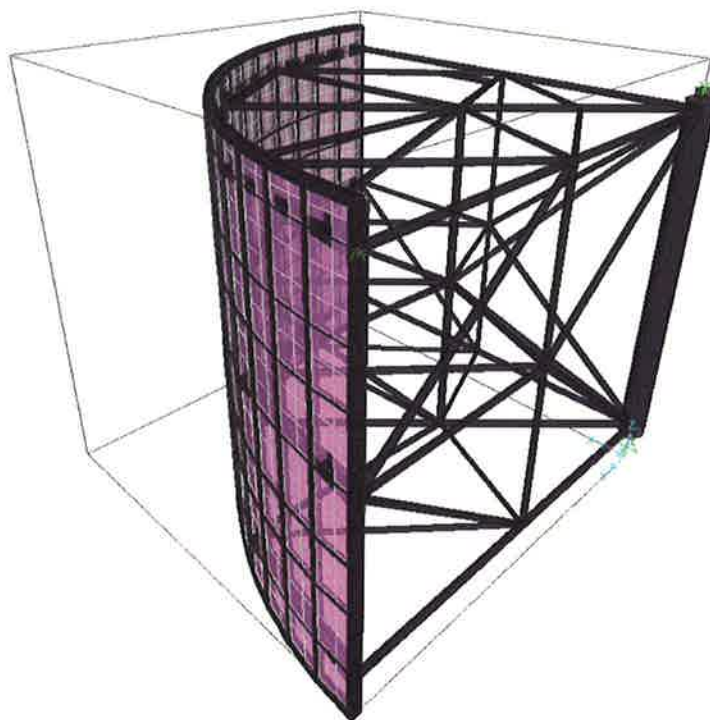



FIG. 10.18 - VISTA 3 D DEL MODELLO “CHIAVISTELLO”

Gli urti lato interno ( $F = 191 \text{ kN}$ ) sono concentrati nei nodi del telaio dove sono collocati i collegamenti tra il telaio reggi-fender ed il telaio della porta. In particolare :



	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 93
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

URTO INT I : scarico effetto urto sull'appoggio del telaio fender a quota +2.50 m a 4.5 metri dal tubolare centrale verticale.

URTO INT II : scarico effetto urto sull'appoggio del telaio fender a quota -0.825 m a 4.5 metri dal tubolare centrale verticale.

URTO INT III : scarico effetto urto sull'appoggio del telaio fender a quota +2.50 m 9 metri dal tubolare centrale verticale.

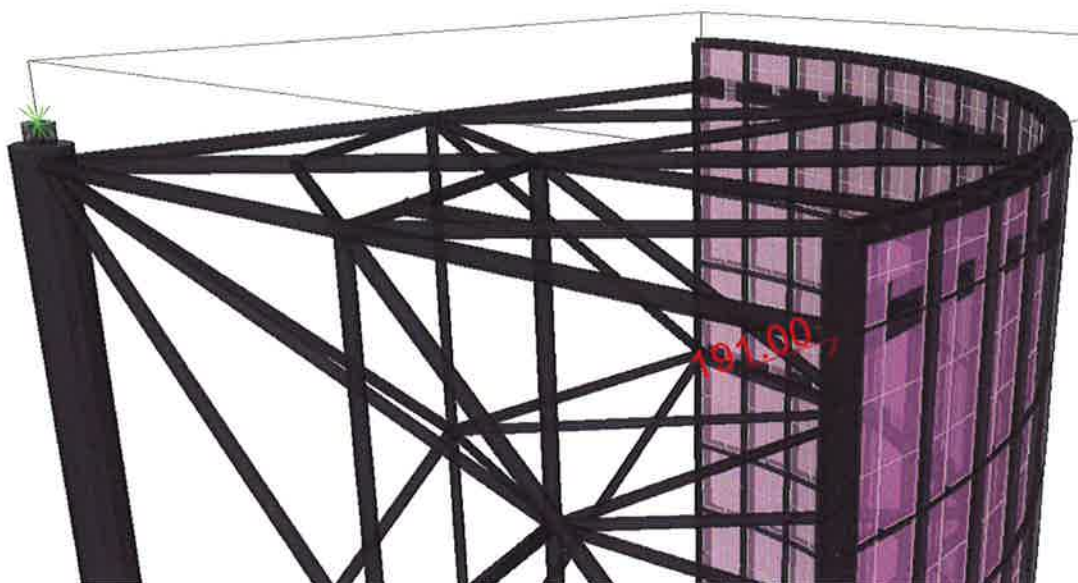



FIG. 10.19 - POSIZIONE DEL CARICO “URTO INT III”

L'azione dell'urto esterno  $F = 100$  kN agisce sull'irrigidimento del fasciame ed è invece distribuita su 45 cm di altezza, tra quota +0.825 e +1.275 m slmm. Tale posizione è tra le varie configurazioni possibili a sicurezza in quanto è posta poco al di sopra del livello medio mare (un urto di imbarcazione non potrà avvenire ragionevolmente al di sotto del +1.00 m slmm) e sufficientemente distante da quota +2.50 m dove sarebbe assorbita dalle travi HEB200 orizzontali.

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 94
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

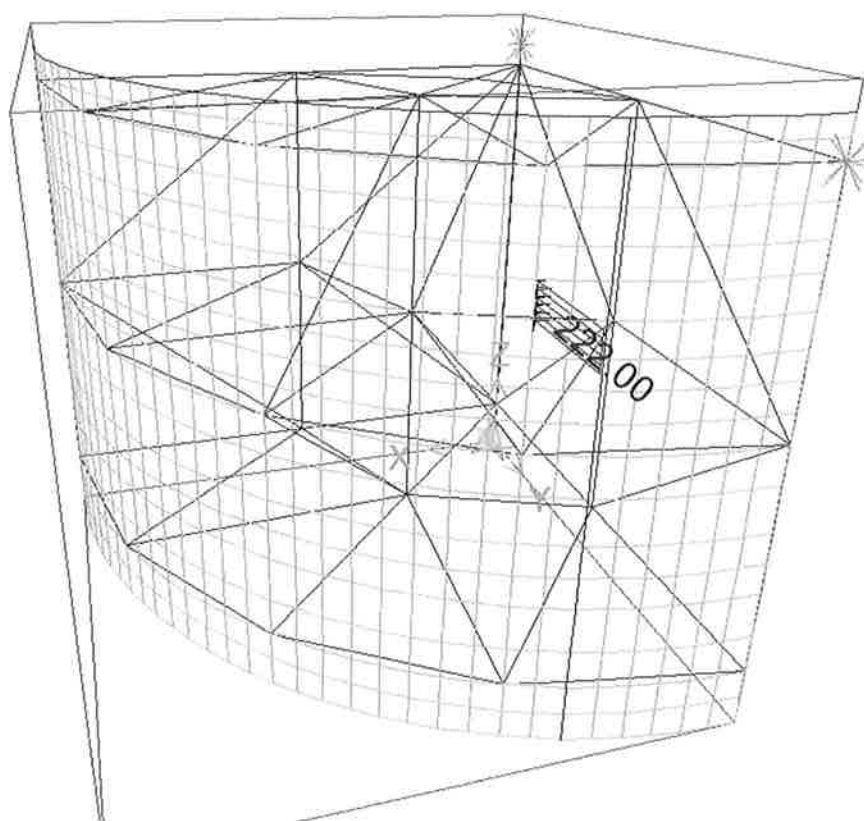



FIG. 10.20 - POSIZIONE AZIONE URTO SU ELEMENTO DI IRRIGIDIMENTO DEL FASCIAME


Il vincolo alla battuta dato dal gargame per la tenuta laterale lato recesso viene tenuto in conto come se questo fosse concentrato a quota 2.500, infatti il vincolo del nodo 36 è bilatero : nel caso in cui l'azione fosse originata da un urto "interno conca" entrerebbe in funzione il chiavistello, se invece l'urto avvenisse lato "esterno conca" lo stesso vincolo sarebbe innescato dal vincolo fisico costituito dal gargame per la tenuta laterale alla porta. Considerando tale vincolo distribuito su tutta l'altezza del gargame invece che concentrato a quota +2.500 non si avrebbero modifiche sostanziali sulle sollecitazioni interne della porta mentre si avrebbe una diminuzione degli scarichi agli snodi.

 <b>REGIONE DEL VENETO</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 95
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

Reazioni vincolari :


Snodo Inferiore					
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	KN	KN	KN
1	peso proprio	LinStatic	205.3	181.2	357.5
1	sottospinta	LinStatic	-9.2	-9.2	-17.3
1	Fouling	LinStatic	9.6	9.6	19.4
1	spinta max mov	LinStatic	560.5	560.5	0.0
1	sp max mov inv	LinStatic	-560.5	-560.5	0.0
1	Movimentazione	LinStatic	-0.4	0.0	0.0
1	URTO INTERNO I	LinStatic	-4.5	-9.2	0.0
1	URTO INTERNO II	LinStatic	-4.5	-96.2	0.0
1	URTO INTERNO III	LinStatic	-9.2	-9.2	0.0
1	URTO ESTERNO SU RIB	LinStatic	1.8	24.5	0.0
1	COMB11	Combination	875.2	834.6	513.9
1	COMB12	Combination	875.2	704.1	513.9
1	COMB13	Combination	868.2	834.6	513.9
1	COMB14	Combination	-301.8	-342.4	513.9
1	COMB15	Combination	-301.8	-472.9	513.9
1	COMB16	Combination	-308.7	-342.4	513.9
1	COMB17	Combination	768.9	767.5	361.2
1	COMB18	Combination	766.7	743.0	361.2
1	COMB19	Combination	-354.3	-377.9	361.2

Snodo Superiore					
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	KN	KN	KN
6	peso proprio	LinStatic	-205.3	-181.2	0.0
6	sottospinta	LinStatic	9.2	9.2	0.0
6	Fouling	LinStatic	-9.6	-9.6	0.0
6	spinta max mov	LinStatic	326.3	326.3	0.0
6	sp max mov inv	LinStatic	-326.3	-326.3	0.0
6	Movimentazione	LinStatic	206.7	0.0	0.0
6	URTO INTERNO I	LinStatic	-89.8	-181.8	0.0
6	URTO INTERNO II	LinStatic	-89.8	-94.8	0.0
6	URTO INTERNO III	LinStatic	-181.8	-181.8	0.0
6	URTO ESTERNO SU RIB	LinStatic	36.4	75.4	0.0
6	COMB11	Combination	-85.6	-189.9	0.0
6	COMB12	Combination	-85.6	-59.5	0.0
6	COMB13	Combination	-223.6	-189.9	0.0
6	COMB14	Combination	-770.8	-875.2	0.0
6	COMB15	Combination	-770.8	-744.7	0.0
6	COMB16	Combination	-908.9	-875.2	0.0
6	COMB17	Combination	156.1	219.2	0.0
6	COMB18	Combination	326.5	143.8	0.0
6	COMB19	Combination	-326.2	-508.9	0.0

 <b>PROVVEDITORATO</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 96
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

Reazioni Chiavistello					
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	KN	KN	KN
26	peso proprio	LinStatic	0.0	0.0	0.0
26	sottospinta	LinStatic	0.0	0.0	0.0
26	Fouling	LinStatic	0.0	0.0	0.0
26	spinta max mov	LinStatic	0.0	0.0	0.0
26	sp max mov inv	LinStatic	0.0	0.0	0.0
26	Movimentazione	LinStatic	43.7	0.0	0.0
26	URTO INTERNO I	LinStatic	94.3	0.0	0.0
26	URTO INTERNO II	LinStatic	94.3	0.0	0.0
26	URTO INTERNO III	LinStatic	191.0	0.0	0.0
26	URTO ESTERNO SU RIB	LinStatic	-38.2	0.0	0.0
26	COMB11	Combination	141.5	0.0	0.0
26	COMB12	Combination	141.5	0.0	0.0
26	COMB13	Combination	286.5	0.0	0.0
26	COMB14	Combination	141.5	0.0	0.0
26	COMB15	Combination	141.5	0.0	0.0
26	COMB16	Combination	286.5	0.0	0.0
26	COMB17	Combination	-38.2	0.0	0.0
26	COMB18	Combination	43.7	0.0	0.0
26	COMB19	Combination	43.7	0.0	0.0

Le reazioni vincolari in questa configurazione sono abbondantemente inferiori a quelle presentate nelle condizioni di porta vincolata su cerniere su cui agiscono le azioni meteo-marine estreme; pertanto le reazioni non sono dimensionanti per il calcolo degli snodi.

 <b>PROGETTA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 97
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

### 10.12. Modello Martinetti (COMB 0)

Il modello è vincolato tramite una cerniera posta a quota -4.45 m (nodo 1) e da 3 martinetti posti in prossimità del fasciame in corrispondenza dei tubolari 200x100x10 del telaio (nodi 10- 340- 662).

Tale configurazione è utile per verificare la struttura in sede di varo posata su scarichi provvisori e sottoposta al peso proprio.

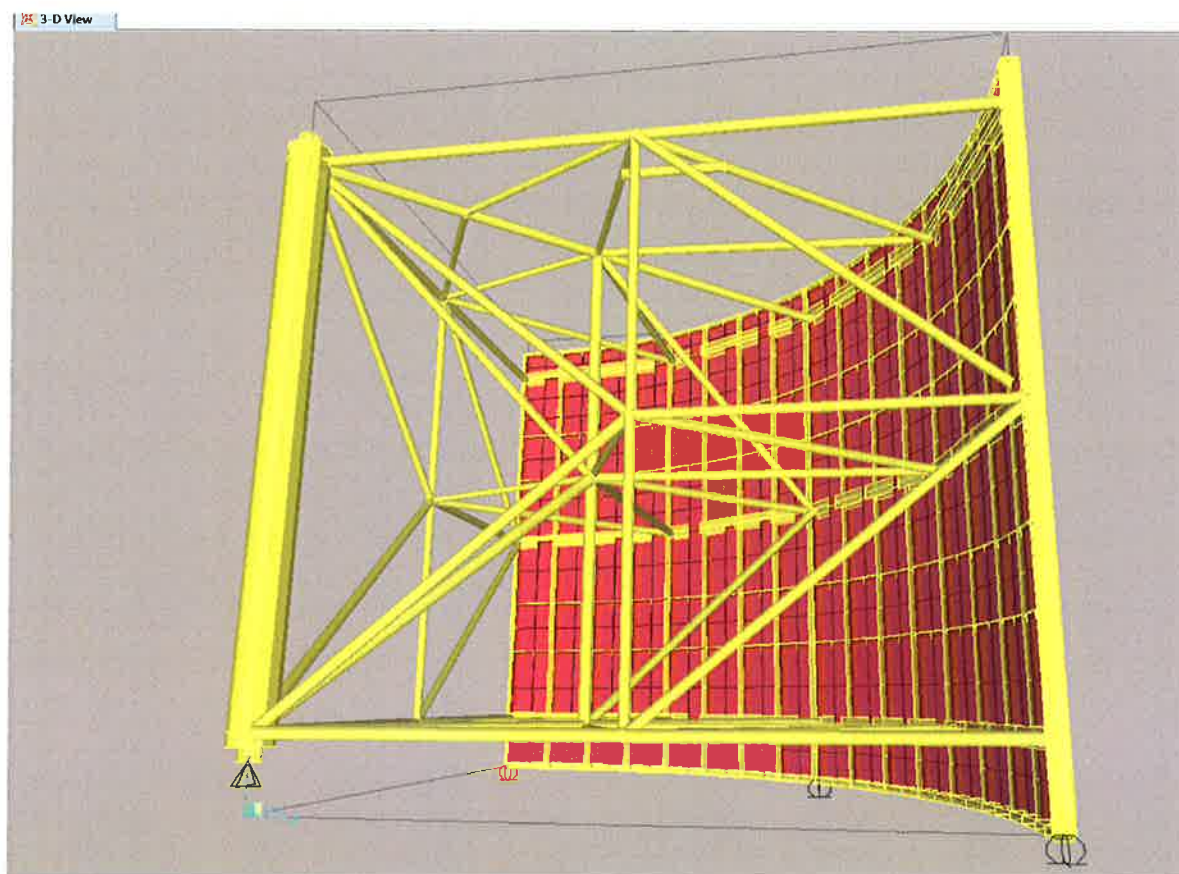



FIG. 10.21 - VISTA 3 D DEL MODELLO “MARTINETTI”

 <b>PROGETTA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 98
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

#### 10.12.1. Reazioni vincolari

nodo	Caso di carico	Tx (kN)	Ty (kN)	Nz (kN)
1	peso proprio	0.0	0.0	73.3
1	Fouling	0.0	0.0	5.4
1	COMB0	0.0	0.0	110.1
10	peso proprio	0.0	0.0	57.0
10	Fouling	0.0	0.0	3.2
10	COMB0	0.0	0.0	84.4
340	peso proprio	0.0	0.0	148.6
340	Fouling	0.0	0.0	7.6
340	COMB0	0.0	0.0	218.6
662	peso proprio	0.0	0.0	78.6
662	Fouling	0.0	0.0	3.2
662	COMB0	0.0	0.0	114.5

Dalle reazioni vincolari ne segue che per appoggi provvisori si dovranno utilizzare martinetti in grado di sollevare almeno 30 tonn.

Lo scarico sulla piletta in fase di varo (prima che sia effettuato il getto del grout di sottofondazione della piastra) sarà invece di 11.5 tonn circa.

Pertanto ciascuno dei 6 tirafondi M24 di base dovrà sopportare un'azione di compressione :


$$N = 115/6 = 19 \text{ kN}$$

Tasso di lavoro :

$$\sigma = N/A = 52.5 \text{ N/mm}^2$$

L'azione maggiore di un martinetto sul piatto di chiusura inferiore del profilo 200x100 corrispondente è pari a 218.6 kN.



 <b>REGIONE</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 99
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

Verifica del piatto sp 20 mm agli SLU:

$$W = 13333 \text{ mm}^3$$

$$M_u = 218.6 * 1000 / 200 * 100^{2/8} = 1366250 \text{ Nmm}$$

Tasso di lavoro :

$$\sigma = M/W = 102 \text{ N/mm}^2 < f_u$$

### 10.13. Modello Sollevamento

Il modello è vincolato nei punti in cui vengono applicate le funi per il sollevamento della porta in fase di varo : vengono previsti 4 punti di sollevamento tutti a quota +2.500 : uno in corrispondenza del nodo al tubolare principale (nodo 6) e 3 all'incontro tra i tubolari 200x100 con le travi HEB200 (nodi 26, 356 e 678).

Tale configurazione è utile per verificare la struttura in sede di varo sottoposta al peso proprio moltiplicata per un coefficiente dinamico di 1.2 (COMB SOLL).

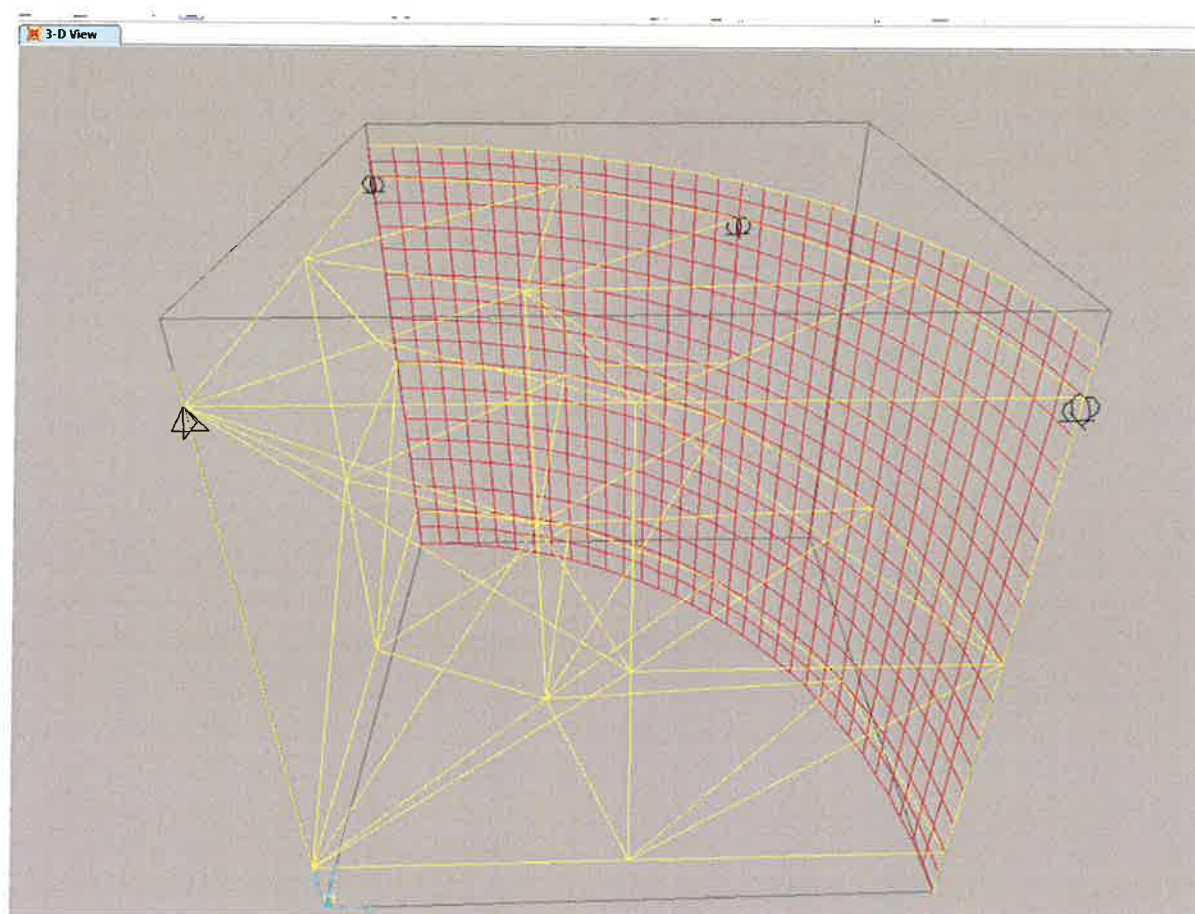



FIG. 10.22 - VISTA 3 D DEL MODELLO “SOLLEVAMENTO”

#### 10.13.1. Reazioni vincolari

nodo	Caso di carico	Tx (kN)	Ty (kN)	Nz (kN)
4	peso proprio	0.0	0.0	71.8
4	COMBSOLL	0.0	0.0	86.1
26	peso proprio	0.0	0.0	59.6
26	COMBSOLL	0.0	0.0	71.5
356	peso proprio	0.0	0.0	144.9
356	COMBSOLL	0.0	0.0	173.9
678	peso proprio	0.0	0.0	81.1
678	COMBSOLL	0.0	0.0	97.4



 <b>GENERALI</b>	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 101
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

Dalle reazioni vincolari ne segue che si dovranno utilizzare funi in grado di sollevare almeno 40 tonn.

#### 10.13.2. Sollecitazioni e Verifiche profili

Per gli elementi del traliccio le convenzioni dei segni delle sollecitazioni sono le seguenti :

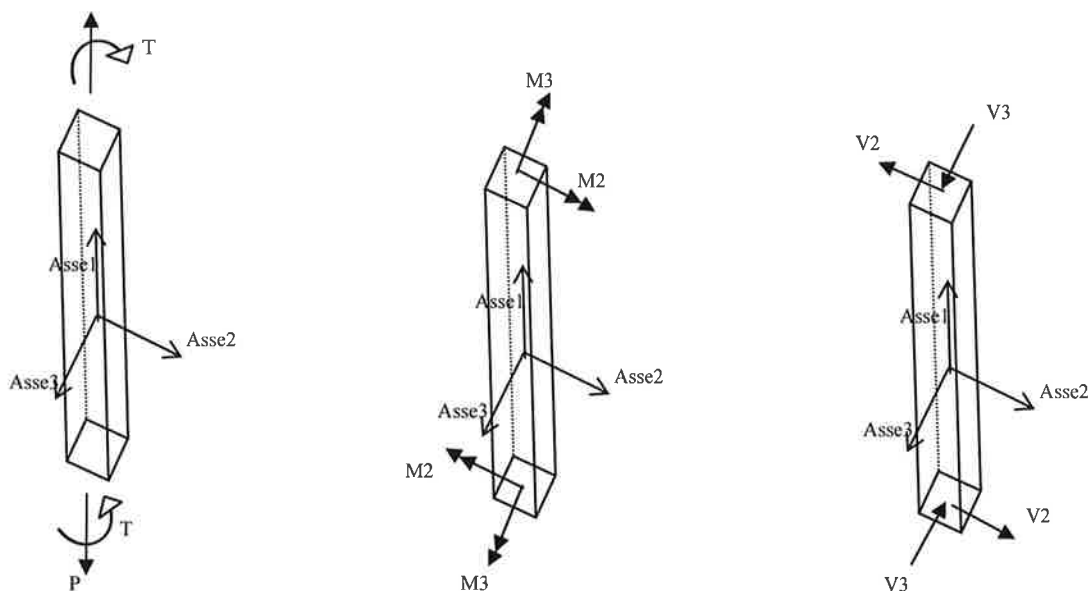

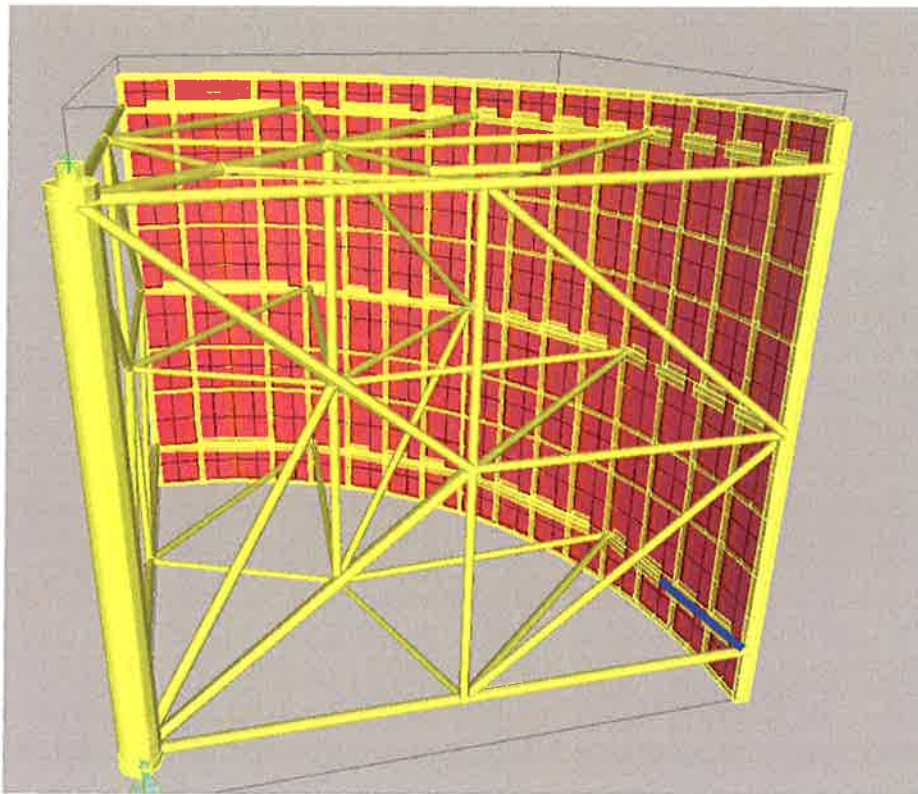


FIG. 10.23 - FORZE INTERNE DEGLI ELEMENTI FRAME

 <b>PROGETTA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 102
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

**Elementi di diaframma orizzontali - HEB 200 :**



Altezza sezione :  $200 - 2 = 198 \text{ mm}$

Larghezza sezione:  $200 - 2 = 198 \text{ mm}$

Spessore anima:  $9 - 2 = 7 \text{ mm}$

Lunghezza : 3320 mm

Combinazione più severa: COMBO 4

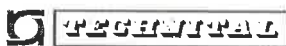
	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 103
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	



FIG. 10.24 - COMB 4 – MASSIMO MOMENTO FLETTENTE SUL PIANO ORIZZONTALE DIAMETRALE EST

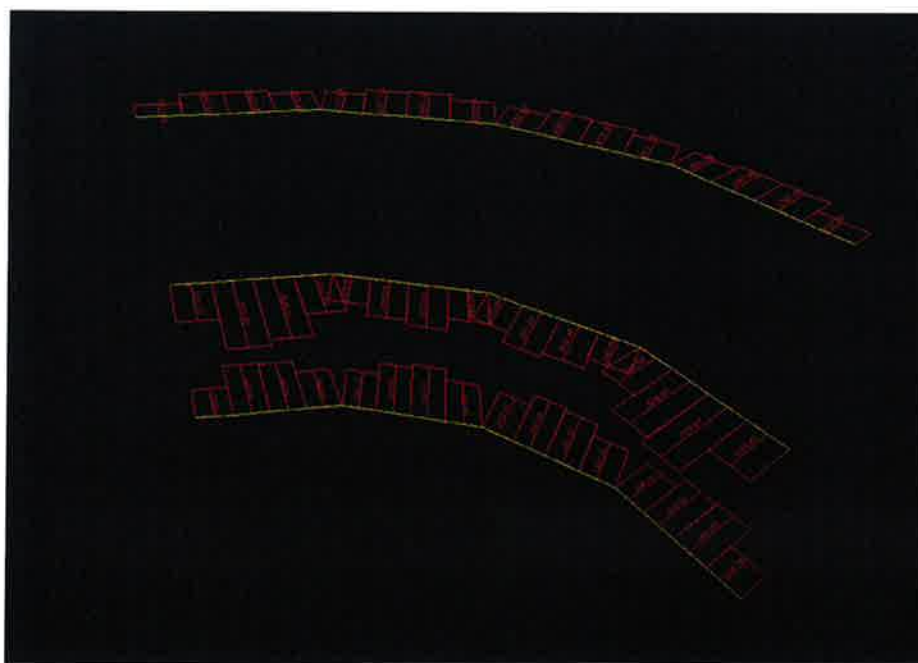



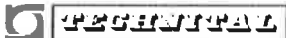
FIG. 10.25 - COMB 4 – AZIONE ASSIALE

 <b>TECHNIPAL</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 104
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

Verifica elemento 432 su COMB 2 :



FIG. 10.26 - INVILUPPO DELLE VERIFICHE DELLE COMBINAZIONI SLU – COEFFICIENTI DI SICUREZZA

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 105
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

### Verifica elemento più sollecitato : el. 378 (quota – 4.15 – laterale) - COMB 4

#### EUROCODE 3-1993 STEEL SECTION CHECK

Combo : COMB4

Units : KN, m, C

```

Frame : 378          Design Sect: HEB200red
X Mid : 7.616        Design Type: Beam
Y Mid : 2.732        Frame Type : Moment Resisting Frame
Z Mid : 0.850        Sect Class : Class 2
Length : 0.796       Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
Loc : 0.000         RLLF : 1.000

Area : 0.006         SMajor : 4.756E-04      rMajor : 0.086      AVMajor: 0.001
IMajor : 4.709E-05   SMinor : 1.699E-04      rMinor : 0.051     AVMinor: 0.004
IMinor : 1.682E-05   ZMajor : 5.280E-04      E : 206000000.00
Ixy : 0.000          ZMinor : 2.569E-04      Fy : 355000.000

```

#### STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	P	M33	M22	V2	V3	T
0.000	-344.092	-61.050	-2.446	-97.447	-3.304	-0.042

#### PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation (5.5.4)	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
	0.740	= 0.246	+ 0.459	+ 0.034	1.000	OK

#### AXIAL FORCE DESIGN

	Fc or Ft Force	Nc.Rd Capacity	Nt.Rd Capacity	Nb33.Rd Major	Nb22.Rd Minor
Axial	-344.092	1398.445	2147.581	1909.661	1398.445

#### MOMENT DESIGN

	M.Sd Moment	Mc.Rd Capacity	Mv.Rd Capacity	Mb.Rd Capacity
Major Moment	-61.050	178.501	178.501	132.920
Minor Moment	-2.446	86.868	86.868	


  

	K Factor	L Factor	k Factor	kl Factor	C1 Factor
Major Moment	1.000	4.000	1.132	1.000	1.000
Minor Moment	1.000	4.000	1.225		

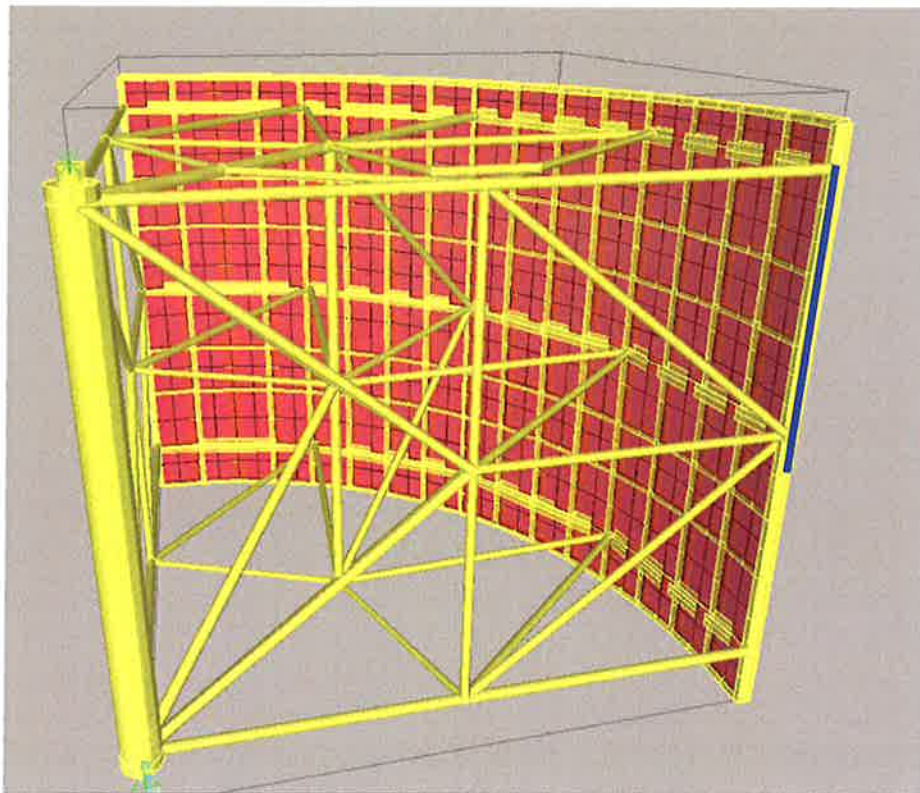
#### SHEAR DESIGN

	V.Sd Force	V.Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check	Tu Torsion
Major Shear	97.447	270.546	0.360	OK	0.000
Minor Shear	3.304	837.405	0.004	OK	0.000

EL.	N (kN)	M33(kNm)	M22(kNm)	Coeff. ( $N_{Sd}/N_{Rd} + M_{Sd}/M_{Rd}$ )	V (kN)	Coeff. ( $V_{Sd}/R_{Rd}$ )
378	-344.1	-61.1	2.4	<b>0.74</b>	97.4	<b>0.36</b>

 <b>PROGETTA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 106
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

**Elementi di diaframma esterno verticale – tubolari 200x100x10 :**




Altezza sezione :  $200 - 2 = 198 \text{ mm}$

Larghezza sezione:  $100 - 2 = 98 \text{ mm}$

Spessore anima:  $10 - 1 = 9 \text{ mm}$

Lunghezza : 3325 mm

Combinazione più severa: COMBO 4

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 107
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

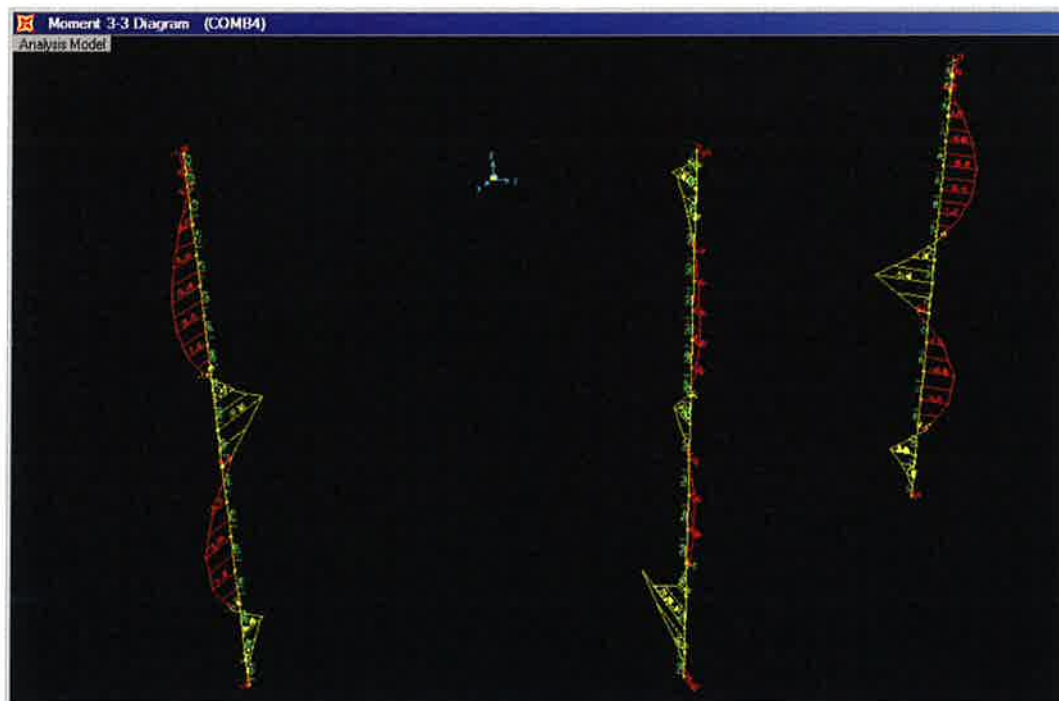


FIG. 10.27 - COMB 4 – MASSIMO MOMENTO FLETTENTE SU ASSE VERTICALE

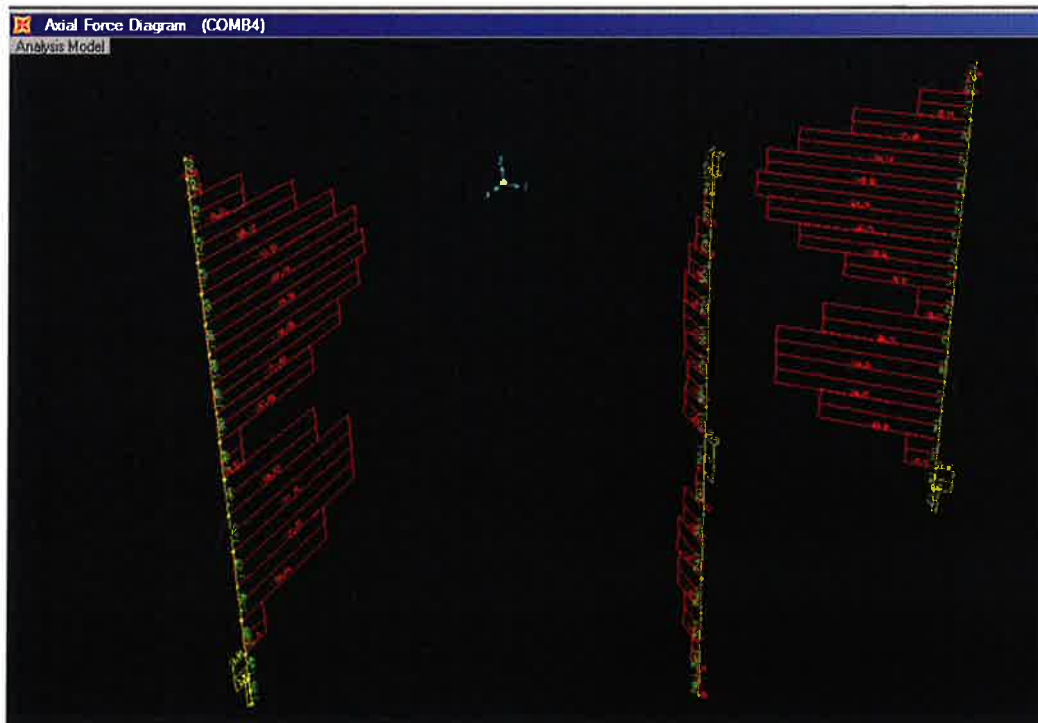


FIG. 10.28 - COMB 4 – MASSIMA AZIONE ASSIALE




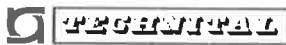
 <b>TECNITALIA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 108
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	



FIG. 10.29 - INVILUPPO DELLE VERIFICHE DELLE COMBINAZIONI SLU – COEFFICIENTI DI SICUREZZA



	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 109
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

Verifica elemento più sollecitato : el. 466 (elemento centrale quota – 1.5 m) -  
COMB 4

**EUROCODE 3-1993 STEEL SECTION CHECK**

Combo : COMB4

Units : KN, m, C

Frame : 466	Design Sect: TUBO200X100X10rid		
X Mid : 8.160	Design Type: Column		
Y Mid : 0.000	Frame Type : Moment Resisting Frame		
Z Mid : 4.383	Sect Class : Class 1		
Length : 0.416	Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3		
Loc : 0.000	RLLF : 1.000		
Area : 0.005	SMajor : 2.476E-04	rMajor : 0.070	AVMajor: 0.004
IMajor : 2.451E-05	SMinor : 1.602E-04	rMinor : 0.040	AVMinor: 0.002
IMinor : 7.850E-06	ZMajor : 3.125E-04	E : 206000000.00	
Ixy : 0.000	ZMinor : 1.874E-04	Fy : 355000.000	

**STRESS CHECK FORCES & MOMENTS**

Location	P	M33	M22	V2	V3	T
0.000	-79.810	23.958	4.578	35.857	15.395	-1.627

**PMM DEMAND/CAPACITY RATIO**

Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(5.5.4)	0.379	= 0.067	+ 0.233	+ 0.078	1.000	OK

**AXIAL FORCE DESIGN**

	Fc or Ft Force	Nc.Rd Capacity	Nt.Rd Capacity	Nb33.Rd Major	Nb22.Rd Minor
Axial	-79.810	1191.925	1691.829	1517.439	1191.925

**MOMENT DESIGN**

	M.Sd Moment	Mc.Rd Capacity	Mv.Rd Capacity	Mb.Rd Capacity
Major Moment	23.958	105.654	105.654	103.518
Minor Moment	4.578	63.358	63.358	


  

	K Factor	L Factor	k Factor	klt Factor	C1 Factor
Major Moment	1.000	6.000	1.029	1.000	1.000
Minor Moment	1.000	6.000	1.085		

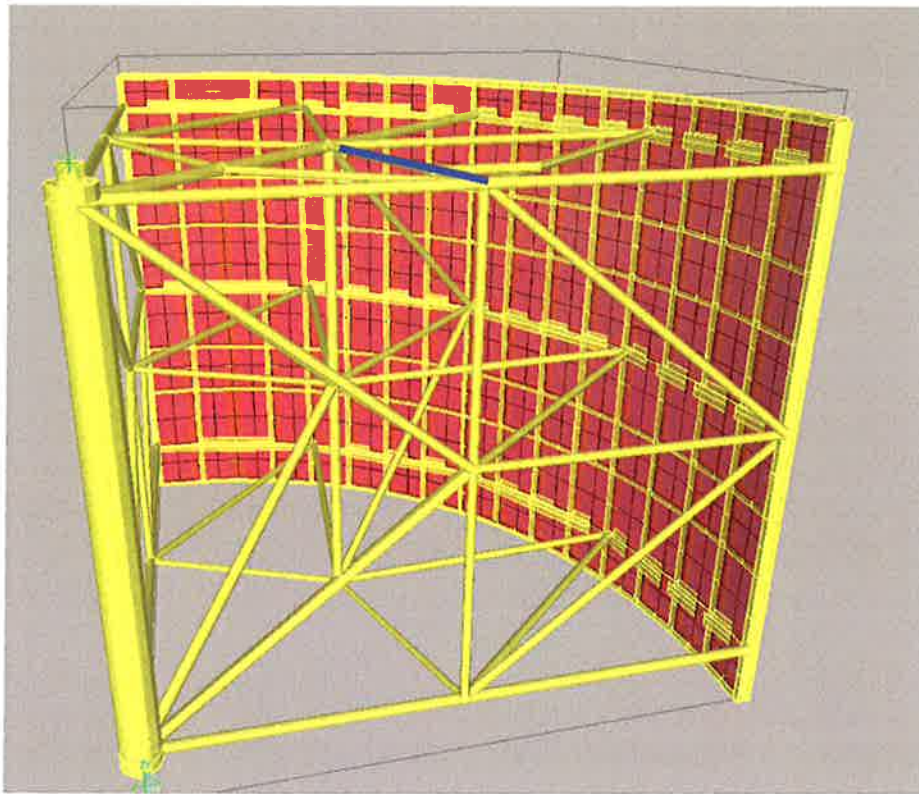
**SHEAR DESIGN**

	V.Sd Force	V.Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check	Tu Torsion
Major Shear	35.857	695.691	0.052	OK	0.000
Minor Shear	15.395	344.332	0.045	OK	0.000

EL.	N (kN)	M33(kNm)	M22(kNm)	Coeff. (N <sub>Sd</sub> /N <sub>Rd</sub> + M <sub>Sd</sub> /M <sub>Rd</sub> )	V (kN)	Coeff. (V <sub>Sd</sub> /R <sub>Rd</sub> )
466	-79.8	23.9	4.6	0.38	36.8	0.05

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 110
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

**Elementi di telaio – tubolari  $\phi$  101.6 sp 12.5 :**




Diametro :  $101.6 - 2 = 99.6$  mm

Spessore :  $12.5 - 1 = 11.5$  mm

Lunghezza : 3080 mm

Combinazione più severa: COMBO 10

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 111
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

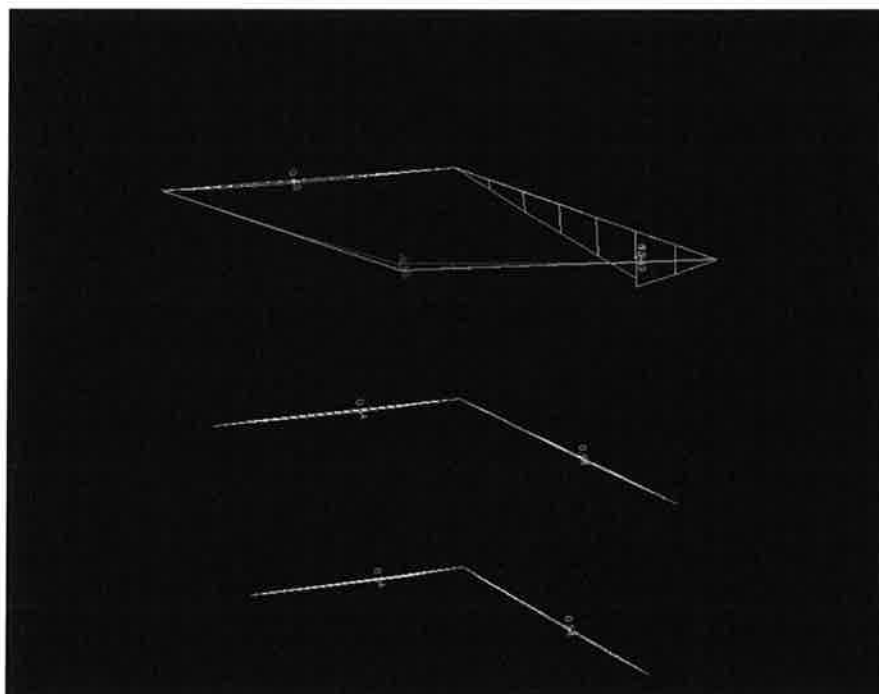


FIG. 10.30 - COMB 10 – MASSIMO MOMENTO FLETTENTE SUL PIANO DEL DIAFRAMMA ORIZZONTALE

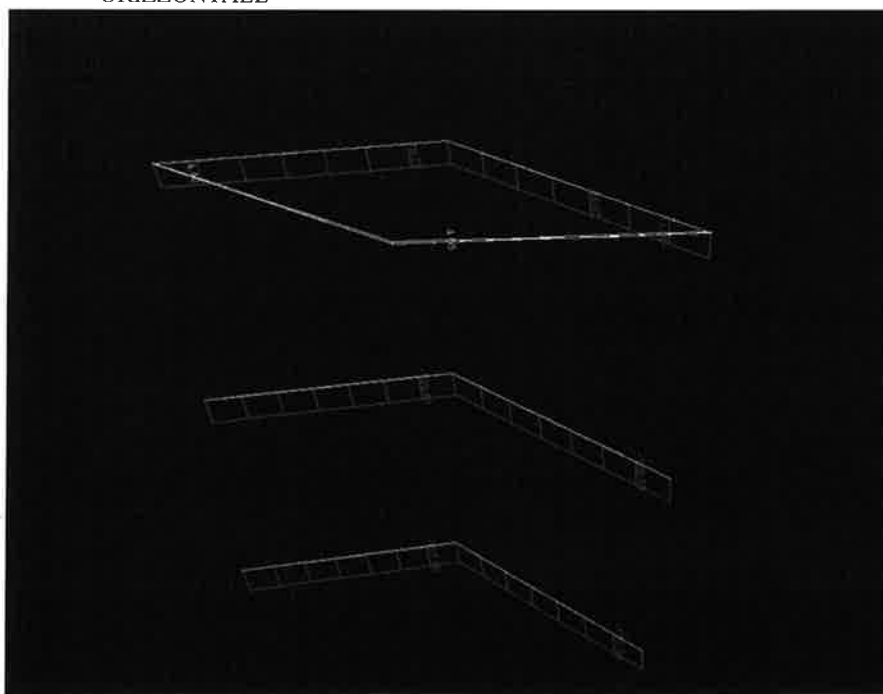


FIG. 10.31 - COMB 10 – MASSIMA AZIONE ASSIALE



	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 112
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	



FIG. 10.32 - INVILUPPO DELLE VERIFICHE DELLE COMBINAZIONI SLU – COEFFICIENTI DI SICUREZZA

 <b>FRONTIERA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 113
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

### Verifica elemento più sollecitato : el. 158 (quota +2.50) - COMB 10

#### EUROCODE 3-1993 STEEL SECTION CHECK

Combo : COMB10

Units : KN, m, C

Frame : 158	Design Sect: TUB101.6SP12.5
X Mid : 3.440	Design Type: Beam
Y Mid : 1.425	Frame Type : Moment Resisting Frame
Z Mid : 7.500	Sect Class : Class 1
Length : 3.084	Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
Loc : 0.866	RLLF : 1.000
Area : 0.003	SMajor : 6.457E-05
IMajor : 3.248E-06	SMinor : 6.457E-05
IMinor : 3.248E-06	ZMajor : 9.180E-05
Ixy : 0.000	ZMinor : 9.180E-05
	rMajor : 0.032
	rMinor : 0.032
	E : 206000000.00
	Fy : 355000.000
	AVMajor: 0.002
	AVMinor: 0.002

#### STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	P	M33	M22	V2	V3	T
0.866	-80.107	10.691	-0.053	-12.190	0.061	-0.443

#### PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing	Total	P	MMajor	MMinor	Ratio	Status
Equation	Ratio	Ratio	Ratio	Ratio	Limit	Check
(5.5.4)	0.593	= 0.153	+ 0.439	+ 0.002	1.000	OK

#### AXIAL FORCE DESIGN

Fc or Ft	Nc.Rd	Nt.Rd	Nb33.Rd	Nb22.Rd
Force	Capacity	Capacity	Major	Minor
Axial	-80.107	522.270	1088.340	522.270
				782.320

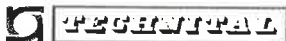
#### MOMENT DESIGN

M.Sd	Mc.Rd	Mv.Rd	Mb.Rd
Moment	Capacity	Capacity	Capacity
Major Moment	10.691	31.038	31.038
Minor Moment	-0.053	31.038	31.038
K	L	k	klt
Factor	Factor	Factor	Factor
Major Moment	1.000	1.000	1.276
Minor Moment	1.000	0.719	1.121
			C1
			Factor
			1.000

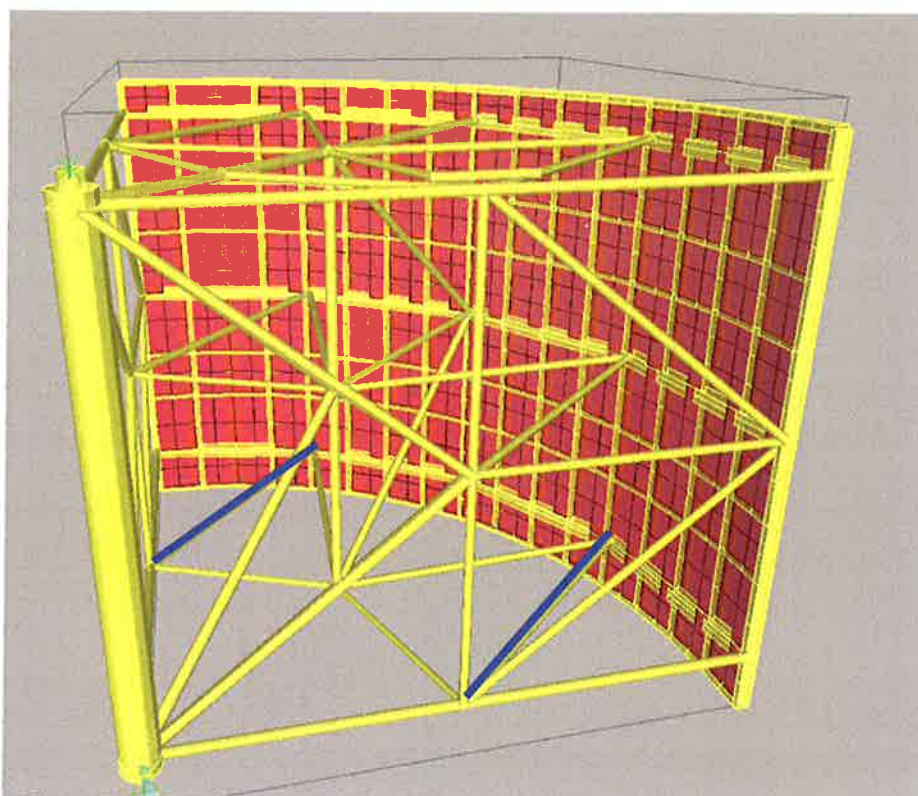
#### SHEAR DESIGN

V.Sd	V.Rd	Stress	Status	Tu
Force	Capacity	Ratio	Check	Torsion
Major Shear	12.190	317.647	0.038	OK
Minor Shear	0.061	317.647	0.000	OK
				0.000

EL.	N (kN)	M33(kNm)	M22(kNm)	Coeff. ( $N_{Sd}/N_{Rd} + M_{Sd}/M_{Rd}$ )	V (kN)	Coeff. ( $V_{Sd}/R_{Rd}$ )
158	-80.1	10.7	0.1	<b>0.59</b>	12.2	<b>0.04</b>

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 114
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

**Elementi di telaio – tubolari  $\phi$  127 sp 12.5 :**




Diametro :  $127 - 2 = 125$  mm

Spessore :  $12.5 - 1 = 11.5$  mm

Lunghezza : 4700 mm

Combinazione più severa: COMBO 1

 <b>PROGETTA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 115
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

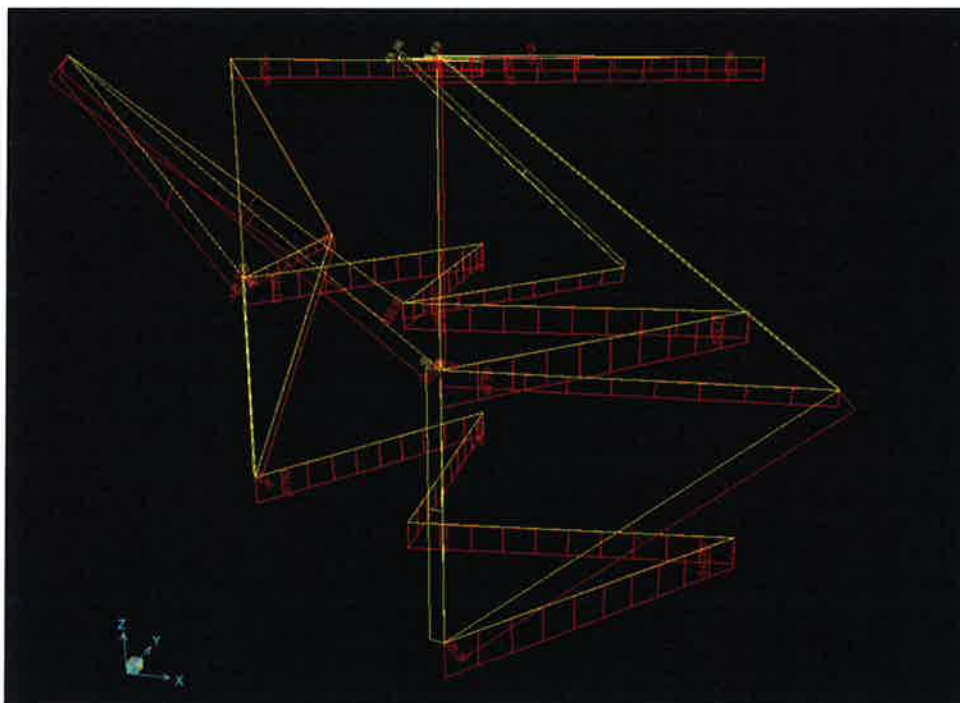


FIG. 10.33 - COMB 1 – MASSIMA AZIONE ASSIALE

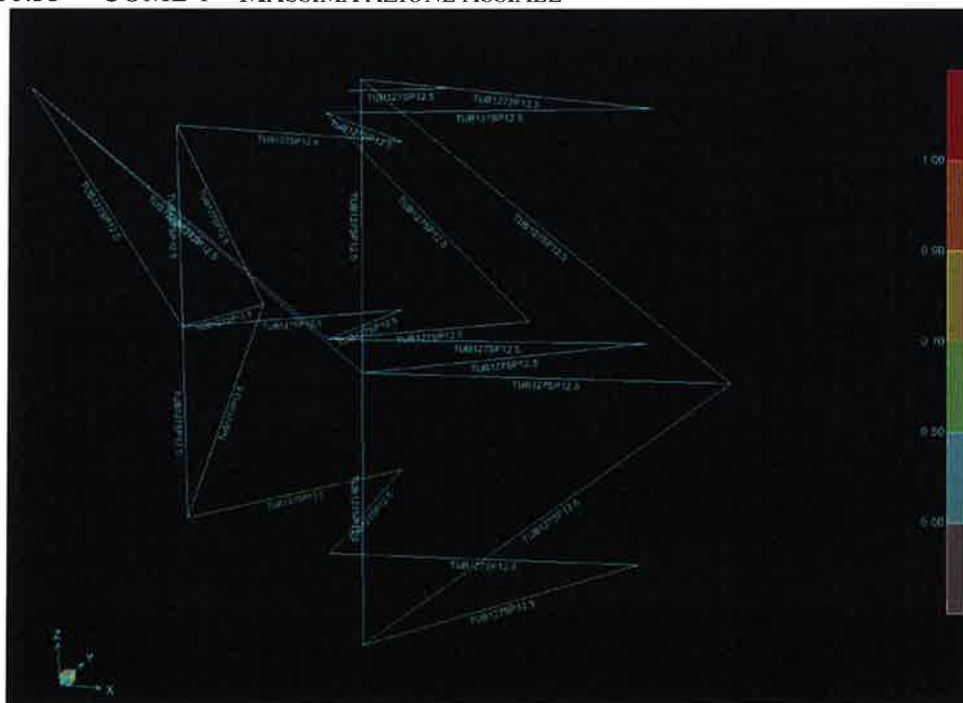



FIG. 10.34 - INVILUPPO DELLE VERIFICHE DELLE COMBINAZIONI SLU – COEFFICIENTI DI SICUREZZA

 <b>PROSPERITA'</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 116
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA - ELEMENTI PRINCIPALI	

Verifica elemento più sollecitato : el. 268 (elemento di piano a quota -4.150) -  
COMB 1

**EUROCODE 3-1993 STEEL SECTION CHECK**

Combo : COMB1

Units : KN, m, C

Frame : 268                      Design Sect: TUB127SP12.5  
 X Mid : 5.784                  Design Type: Beam  
 Y Mid : 1.561                  Frame Type : Moment Resisting Frame  
 Z Mid : 0.850                  Sect Class : Class 1  
 Length : 4.697                Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3  
 Loc : 2.349                    RLLF : 1.000  
  
 Area : 0.004                  SMajor : 1.087E-04                  rMajor : 0.041                  AVMajor: 0.002  
 IMajor : 6.848E-06          SMinor : 1.087E-04                  rMinor : 0.041                  AVMinor: 0.002  
 IMinor : 6.848E-06          ZMajor : 1.513E-04                  E : 206000000.00  
 Ixy : 0.000                    ZMinor : 1.513E-04                  Fy : 355000.000

**STRESS CHECK FORCES & MOMENTS**

Location	P	M33	M22	V2	V3	T
2.349	-242.596	1.566	0.000	0.000	0.000	-0.810

**PMN DEMAND/CAPACITY RATIO**

Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(5.5.4)	0.525	= 0.479	+ 0.046	+ 0.000	1.000	OK

**AXIAL FORCE DESIGN**

	Fc or Ft Force	Nc.Rd Capacity	Nt.Rd Capacity	Nb33.Rd Major	Nb22.Rd Minor
Axial	-242.596	506.094	1398.596	506.094	506.094

**MOMENT DESIGN**

	M.Sd Moment	Mc.Rd Capacity	Mv.Rd Capacity	Mb.Rd Capacity
Major Moment	1.566	51.145	51.145	51.145
Minor Moment	0.000	51.145	51.145	


	K Factor	L Factor	k Factor	kl Factor	C1 Factor
Major Moment	1.000	1.000	1.500	0.954	1.000
Minor Moment	1.000	1.000	1.500		

**SHEAR DESIGN**

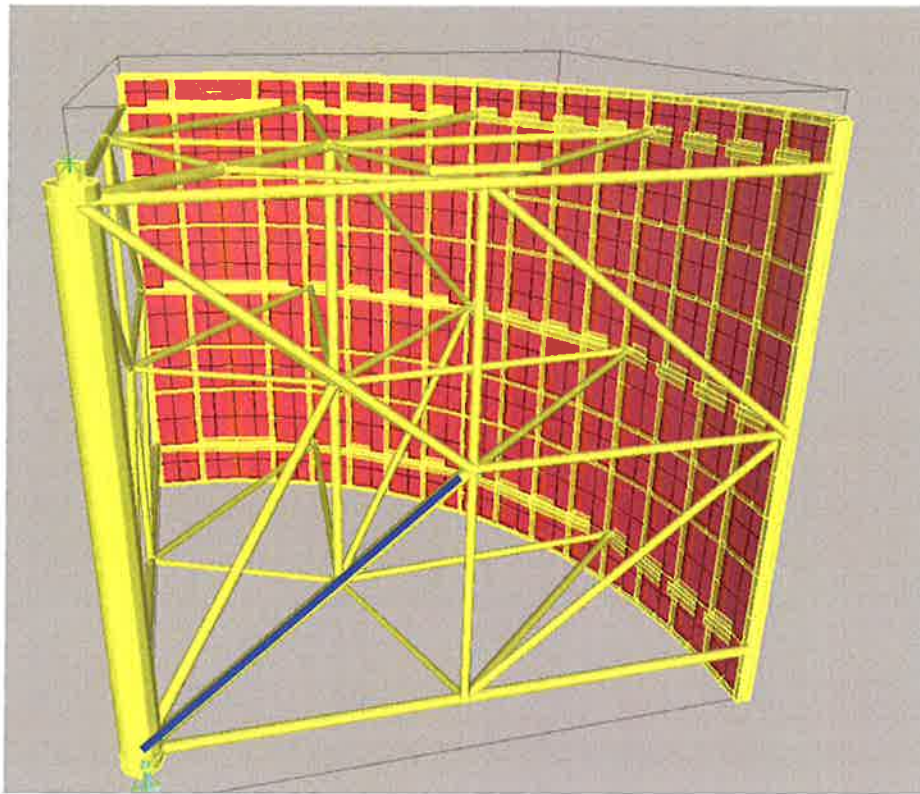
	V.Sd Force	V.Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check	Tu Torsion
Major Shear	0.000	406.446	0.000	OK	0.000
Minor Shear	0.000	406.446	0.000	OK	0.000

EL.	N (kN)	M33(kNm)	M22(kNm)	Coeff. (N <sub>Sd</sub> /N <sub>Rd</sub> + M <sub>Sd</sub> /M <sub>Rd</sub> )	V (kN)	Coeff. (V <sub>Sd</sub> /R <sub>Rd</sub> )
190	-242.6	1.56	0.0	<b>0.53</b>	0.0	<b>0.00</b>



 <b>PROGETTA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 117
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

**Elementi di telaio – tubolari  $\phi$  139.7 sp 12.5 :**




Diametro :  $139.7 - 2 = 137.7$  mm

Spessore :  $12.5 - 1 = 11.5$  mm

Lunghezza : 5220 mm

Combinazione più severa: COMBO 3

 <b>PROSPERITA'</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 118
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

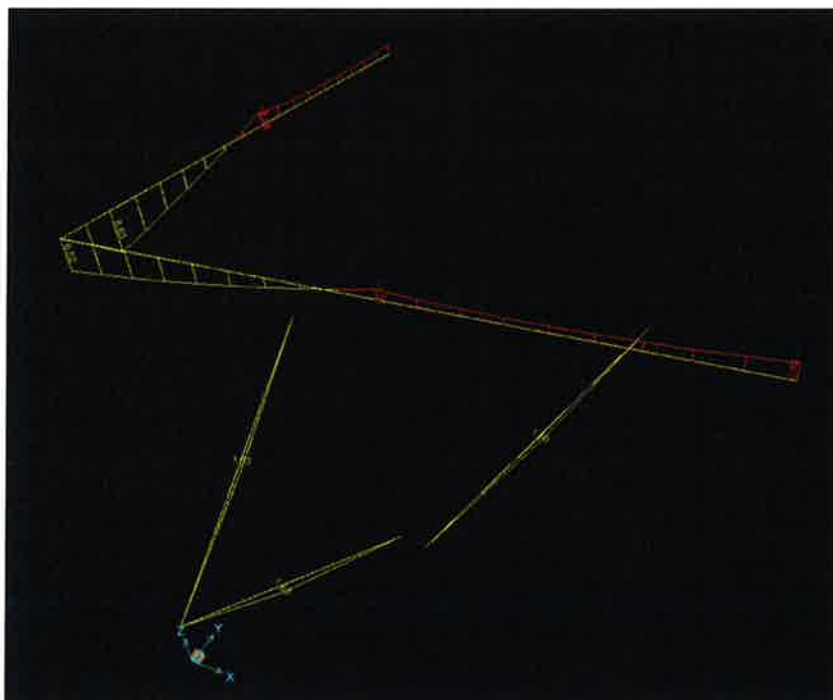


FIG. 10.35 - COMB 3 – MASSIMO MOMENTO FLETTENTE SUL PIANO DEL DIAFRAMMA ORIZZONTALE

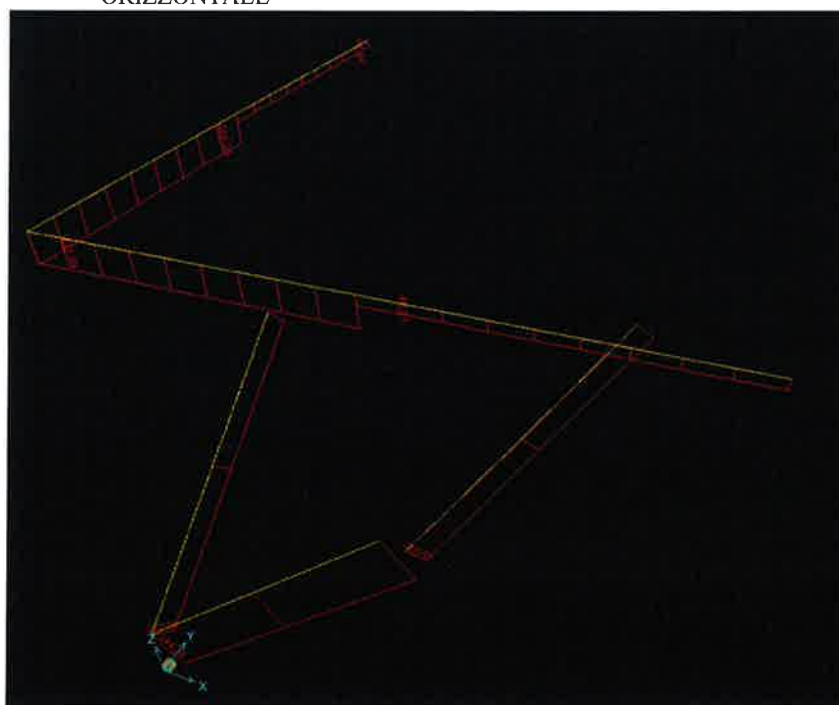


FIG. 10.36 - COMB 3 – MASSIMA AZIONE ASSIALE


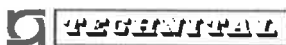
	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 119
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	



FIG. 10.37 - INVILUPPO DELLE VERIFICHE DELLE COMBINAZIONI SLU – COEFFICIENTI DI SICUREZZA

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 120
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA - ELEMENTI PRINCIPALI	

Verifica elemento più sollecitato :el. 101 (controvento laterale da quota -0.825 a quota -4.150) - COMB 3

**EUROCODE 3-1993 STEEL SECTION CHECK**

Combo : COMB3  
Units : KN, m, C

Frame : 101                      Design Sect: TUB139.7SP12.5  
X Mid : 2.015                  Design Type: Brace  
Y Mid : 0.000                  Frame Type : Moment Resisting Frame  
Z Mid : 2.513                  Sect Class : Class 1  
Length : 5.225                  Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3  
Loc : 2.612                      RLLF : 1.000

Area : 0.005                      SMajor : 1.351E-04                      rMajor : 0.045                      AVMajor: 0.002  
IMajor : 9.370E-06                  SMinor : 1.351E-04                      rMinor : 0.045                      AVMinor: 0.002  
IMinor : 9.370E-06                  ZMajor : 1.866E-04                      E : 206000000.00  
Ixy : 0.000                          ZMinor : 1.866E-04                      Fy : 355000.000

**STRESS CHECK FORCES & MOMENTS**

Location	P	M33	M22	V2	V3	T
2.612	-343.207	1.634	0.000	0.000	0.000	-1.265

**PMM DEMAND/CAPACITY RATIO**

Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(5.5.4)	0.652	0.613	0.039	0.000	1.000	OK

**AXIAL FORCE DESIGN**

	Fc or Ft Force	Nc.Rd Capacity	Nt.Rd Capacity	Nb33.Rd Major	Nb22.Rd Minor
Axial	-343.207	560.128	1553.724	560.128	560.128

**MOMENT DESIGN**


	M.Sd Moment	Mc.Rd Capacity	Mv.Rd Capacity	Mb.Rd Capacity
Major Moment	1.634	63.080	63.080	63.080
Minor Moment	0.000	63.080	63.080	

	K Factor	L Factor	k Factor	kl Factor	C1 Factor
Major Moment	1.000	1.000	1.500	0.940	1.000
Minor Moment	1.000	1.000	1.500		

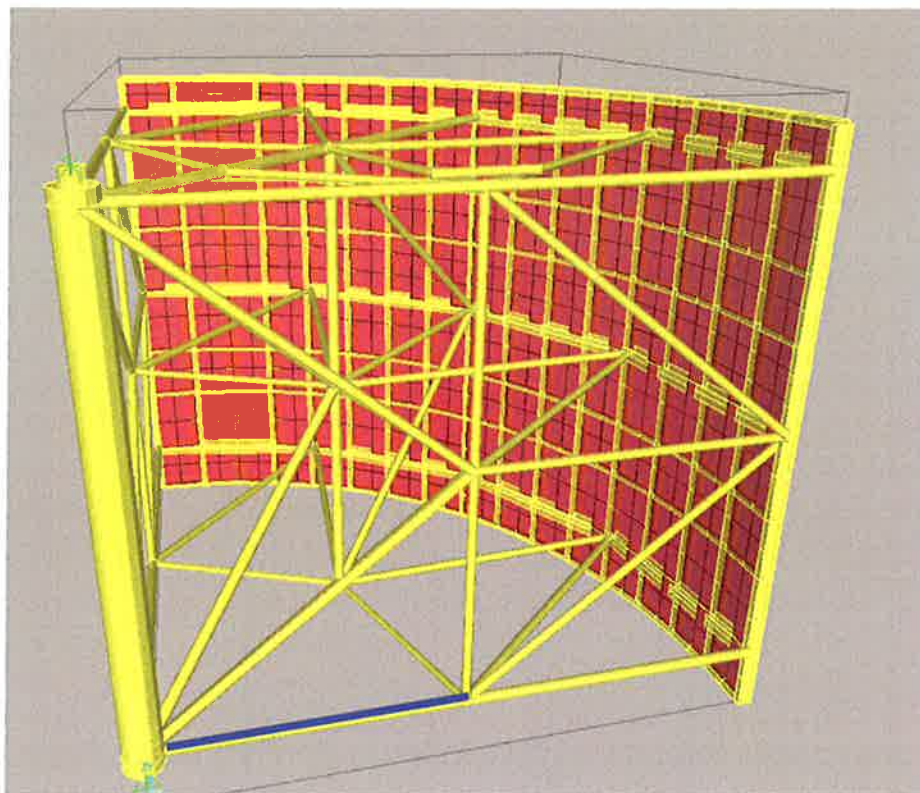
**SHEAR DESIGN**

	V.Sd Force	V.Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check	Tu Torsion
Major Shear	0.000	450.959	0.000	OK	0.000
Minor Shear	0.000	450.959	0.000	OK	0.000

EL.	N (kN)	M33(kNm)	M22(kNm)	Coeff. (N <sub>Sd</sub> /N <sub>Rd</sub> + M <sub>Sd</sub> /M <sub>Rd</sub> )	V (kN)	Coeff. (V <sub>Sd</sub> /R <sub>Rd</sub> )
101	-343.2	-1.63	0.0	0.65	0.0	0.0

 <b>TECNOPTAL</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 121
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

**Elementi di telaio – tubolari  $\phi$  152.4 sp 12.5 :**





Diametro :  $152.4 - 2 = 150.4$  mm

Spessore :  $12.5 - 1 = 11.5$  mm

Lunghezza : 4030 mm

Combinazione più severa: COMBO 3

 	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 122
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

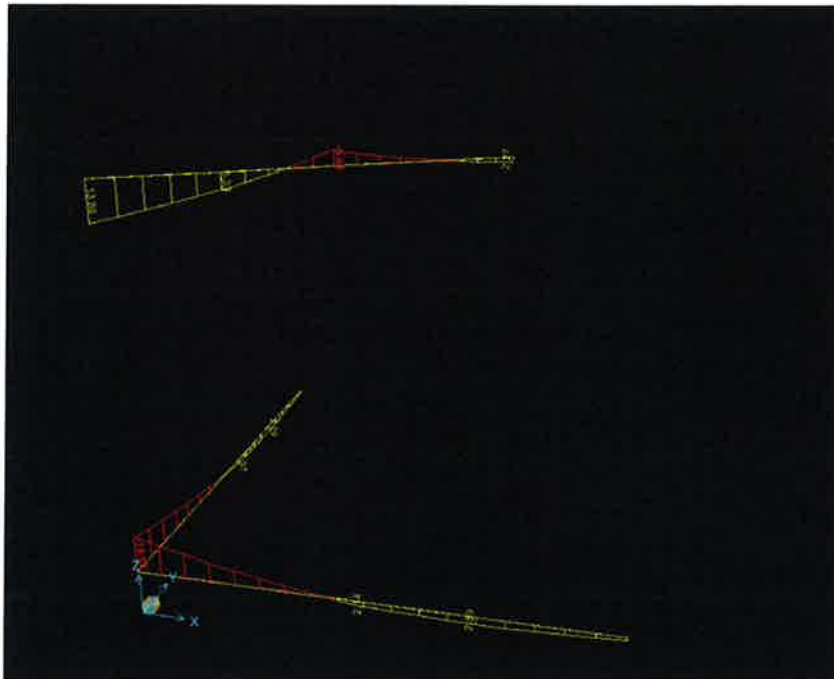


FIG. 10.38 - COMB 3 – MASSIMO MOMENTO FLETTENTE SUL PIANO DEL DIAFRAMMA ORIZZONTALE

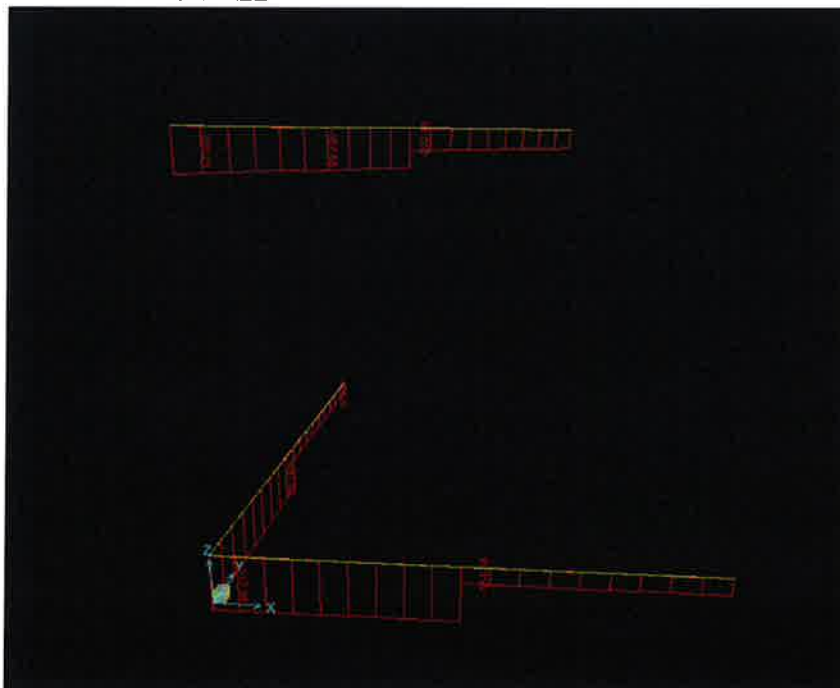




FIG. 10.39 - COMB 3 – MASSIMA AZIONE ASSIALE

 	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 123
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

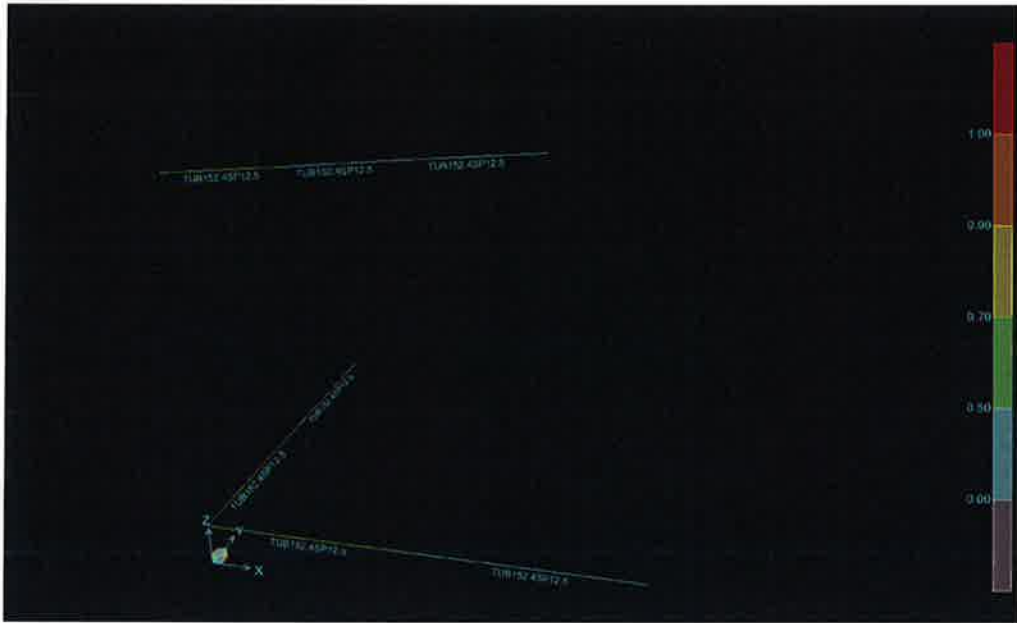



FIG. 10.40 - INVILUPPO DELLE VERIFICHE DELLE COMBINAZIONI SLU – COEFFICIENTI DI SICUREZZA

 <b>GENERAL</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 124
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA - ELEMENTI PRINCIPALI	

Verifica elemento più sollecitato :el. 100 (elemento laterale di piano a -4.150) -  
COMB 3

**EUROCODE 3-1993 STEEL SECTION CHECK**

Combo : COMB3

Units : KN, m, C

Frame : 100	Design Sect: TUB152.4SP12.5		
X Mid : 2.015	Design Type: Beam		
Y Mid : 0.000	Frame Type : Moment Resisting Frame		
Z Mid : 0.850	Sect Class : Class 1		
Length : 4.030	Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3		
Loc : 0.000	RLLF : 1.000		
Area : 0.005	SMajor : 1.620E-04	rMajor : 0.049	AVMajor: 0.003
IMajor : 1.219E-05	SMinor : 1.620E-04	rMinor : 0.049	AVMinor: 0.003
IMinor : 1.219E-05	ZMajor : 2.224E-04	E : 206000000.00	
Ixy : 0.000	ZMinor : 2.224E-04	Fy : 355000.000	

**STRESS CHECK FORCES & MOMENTS**

Location	P	M33	M22	V2	V3	T
0.000	-517.061	-15.142	0.502	-5.639	-0.224	-1.683

**PMM DEMAND/CAPACITY RATIO**

Governing	Total	P	MMajor	MMinor	Ratio	Status
Equation	Ratio	Ratio	Ratio	Ratio	Limit	Check
(5.5.4)	0.697	= 0.500	+ 0.196	+ 0.009	1.000	OK

**AXIAL FORCE DESIGN**

	Fc or Ft	Nc.Rd	Nt.Rd	Nb33.Rd	Nb22.Rd
	Force	Capacity	Capacity	Major	Minor
Axial	-517.061	1033.765	1696.637	1033.765	1033.765

**MOMENT DESIGN**


	M.Sd	Mc.Rd	Mv.Rd	Mb.Rd
	Moment	Capacity	Capacity	Capacity
Major Moment	-15.142	75.185	75.185	75.185
Minor Moment	0.502	75.185	75.185	
	K	L	k	kl t
	Factor	Factor	Factor	Factor
Major Moment	1.000	1.000	0.974	0.928
Minor Moment	1.000	1.000	1.286	
				C1
				Factor
				2.089

**SHEAR DESIGN**

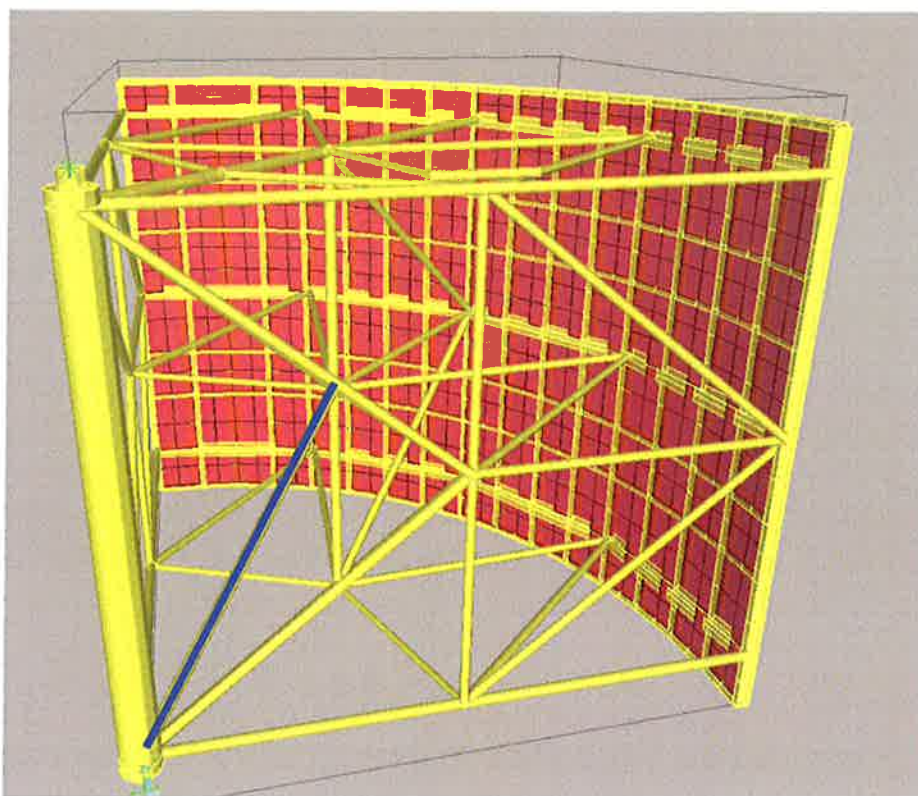
	V.Sd	V.Rd	Stress	Status	Tu
	Force	Capacity	Ratio	Check	Torsion
Major Shear	5.639	492.010	0.011	OK	0.000
Minor Shear	0.224	492.010	0.000	OK	0.000

EL.	N (kN)	M33(kNm)	M22(kNm)	Coeff. ( $N_{Sd}/N_{Rd} + M_{Sd}/M_{Rd}$ )	V (kN)	Coeff. ( $V_{Sd}/V_{Rd}$ )
100	-517	-15.1	0.5	<b>0.70</b>	5.6	<b>0.01</b>



 <b>TECHNIPAL</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 125
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

**Elementi di telaio – tubolare  $\phi$  168.3 sp 12.5 :**

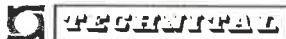


Diametro :  $168.3 - 2 = 166.3$  mm

Spessore :  $12.5 - 1 = 11.5$  mm

Lunghezza : 5220 mm

Combinazione più severa: COMBO 3

	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 126
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

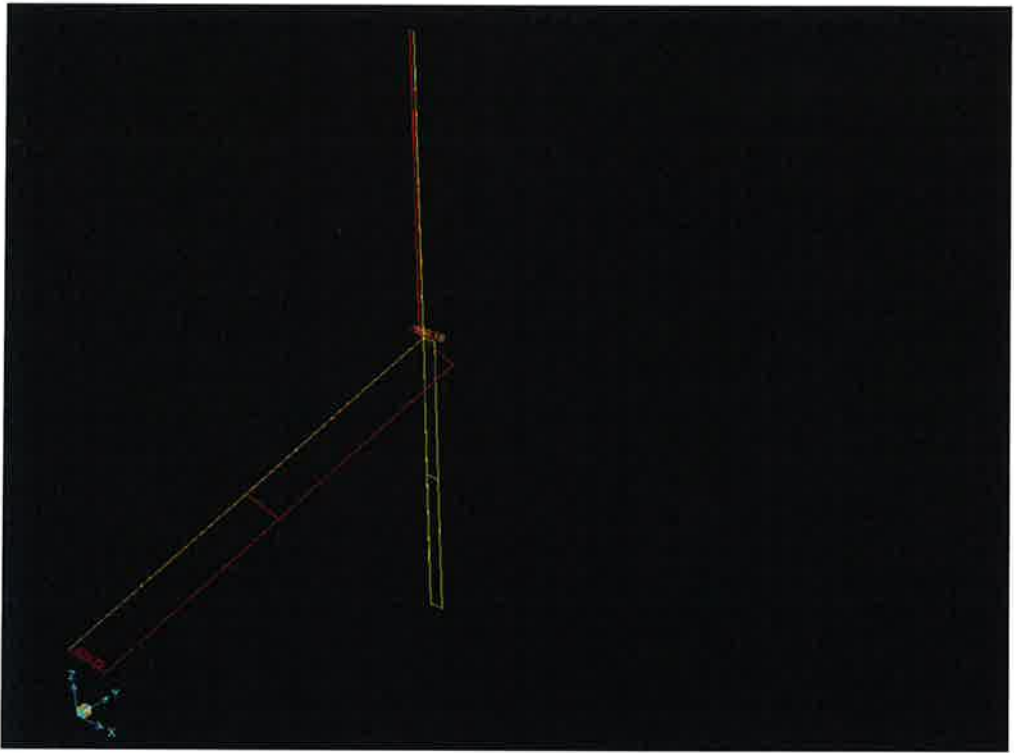


FIG. 10.41 - COMB 3 – MASSIMA AZIONE ASSIALE

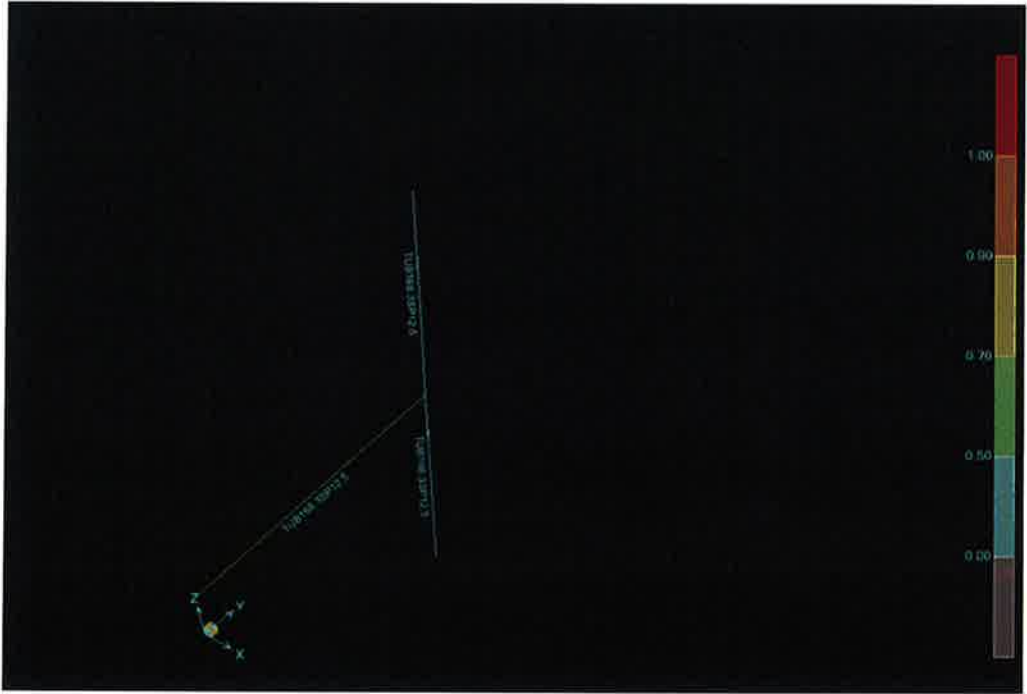



FIG. 10.42 - INVILUPPO DELLE VERIFICHE DELLE COMBINAZIONI SLU – COEFFICIENTI DI SICUREZZA

 <b>PROTECTORA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 127
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

### Verifica elemento $\phi$ 168.3 sp 12.5 n° 68 - COMB 3

#### EUROCODE 3-1993 STEEL SECTION CHECK

Combo : COMB3  
Units : KN, m, C

Frame : 60  
 X Mid : 1.425  
 Y Mid : 1.425  
 Z Mid : 2.513  
 Length : 5.225  
 Loc : 2.612  
 Design Sect: TUB168.3SP12.5  
 Design Type: Brace  
 Frame Type : Moment Resisting Frame  
 Sect Class : Class 1  
 Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3  
 RLIIF : 1.000  
 Area : 0.006  
 IMajor : 1.717E-05  
 IMinor : 1.717E-05  
 Ixy : 0.000  
 SMajor : 2.053E-04  
 SMinor : 2.053E-04  
 ZMajor : 2.797E-04  
 ZMinor : 2.797E-04  
 rMajor : 0.055  
 rMinor : 0.055  
 E : 206000000.00  
 Fy : 355000.000  
 AVMajor: 0.003  
 AVMinor: 0.003

#### STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	P	M33	M22	V2	V3	T
2.612	-509.487	1.948	0.000	0.000	0.000	0.033

#### PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(5.5.4)	0.567	= 0.536	+ 0.031	+ 0.000	1.000	OK

#### AXIAL FORCE DESIGN

	Fc or Ft Force	Nc.Rd Capacity	Nt.Rd Capacity	Nb33.Rd Major	Nb22.Rd Minor
Axial	-509.487	950.262	1903.068	950.262	950.262

#### MOMENT DESIGN

	M.Sd Moment	Mc.Rd Capacity	Mv.Rd Capacity	Mb.Rd Capacity
Major Moment	1.948	94.550	94.550	94.550
Minor Moment	0.000	94.550	94.550	

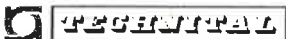
  

	K Factor	L Factor	k Factor	klt Factor	C1 Factor
Major Moment	1.000	1.000	1.500	0.971	1.000
Minor Moment	1.000	1.000	1.500		

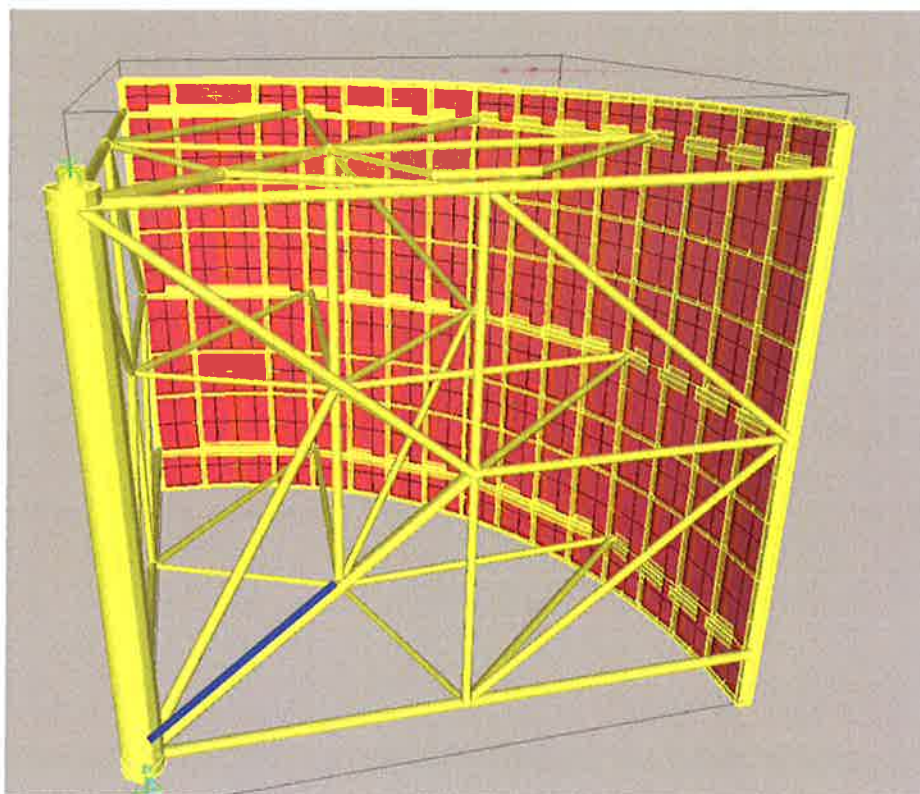
#### SHEAR DESIGN

	V.Sd Force	V.Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check	Tu Torsion
Major Shear	0.000	551.360	0.000	OK	0.000
Minor Shear	0.000	551.360	0.000	OK	0.000

EL.	N (kN)	M33(kNm)	M22(kNm)	Coeff. ( $N_{sd}/N_{Rd} + M_{sd}/M_{Rd}$ )	V (kN)	Coeff. ( $V_{sd}/R_{Rd}$ )
68	-509.5	1.9	0.0	<b>0.57</b>	0.0	<b>0.00</b>

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 128
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

**Elementi di telaio – tubolare  $\phi$  177.8 sp 17.5 :**




Diametro :  $177.8 - 2 = 176.8$  mm

Spessore :  $17.5 - 1 = 16.0$  mm

Lunghezza : 4030 mm

Combinazione più severa: COMBO 3

 <b>REGIONE DEL VENETO</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 129
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

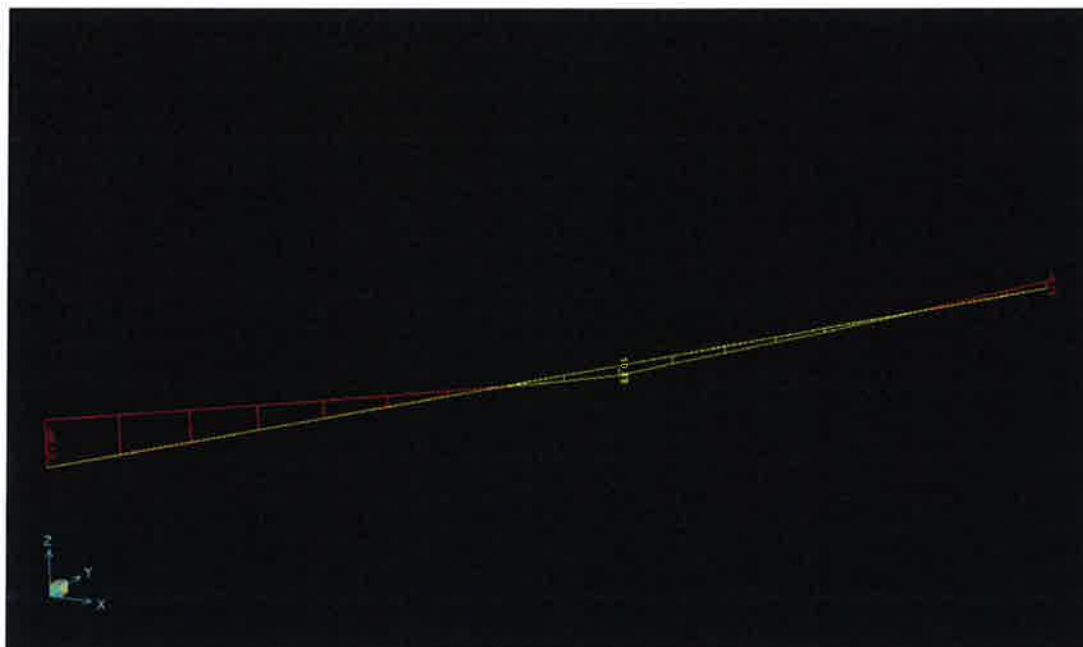


FIG. 10.43 - COMB 3 – MASSIMO MOMENTO FLETTENTE SUL PIANO DEL DIAFRAMMA ORIZZONTALE

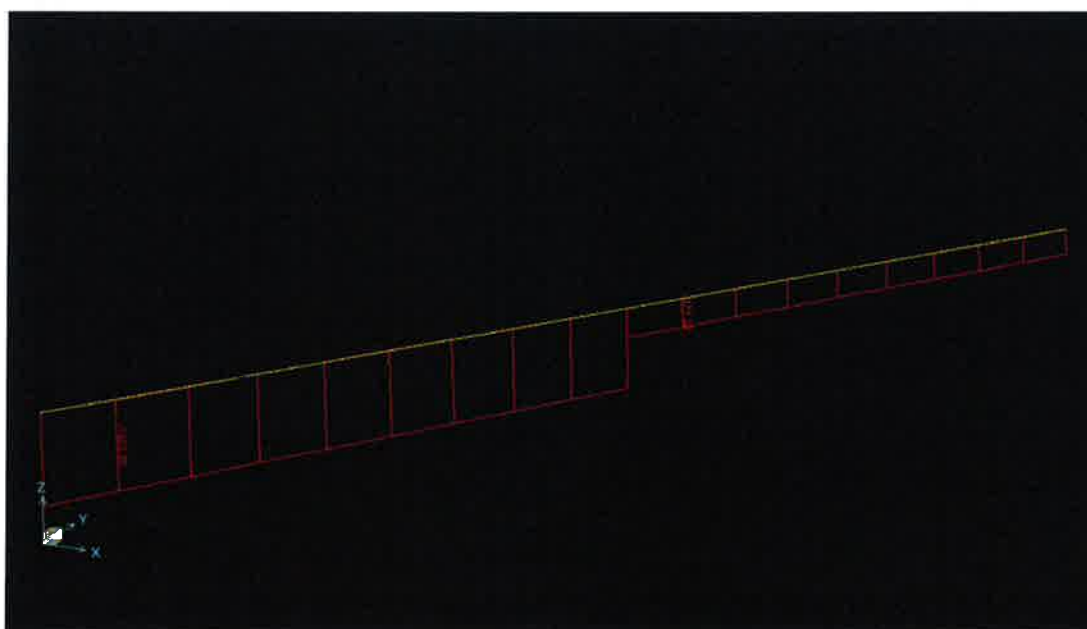



FIG. 10.44 - COMB 3 – MASSIMA AZIONE ASSIALE

 <b>TEGEATRA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 130
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

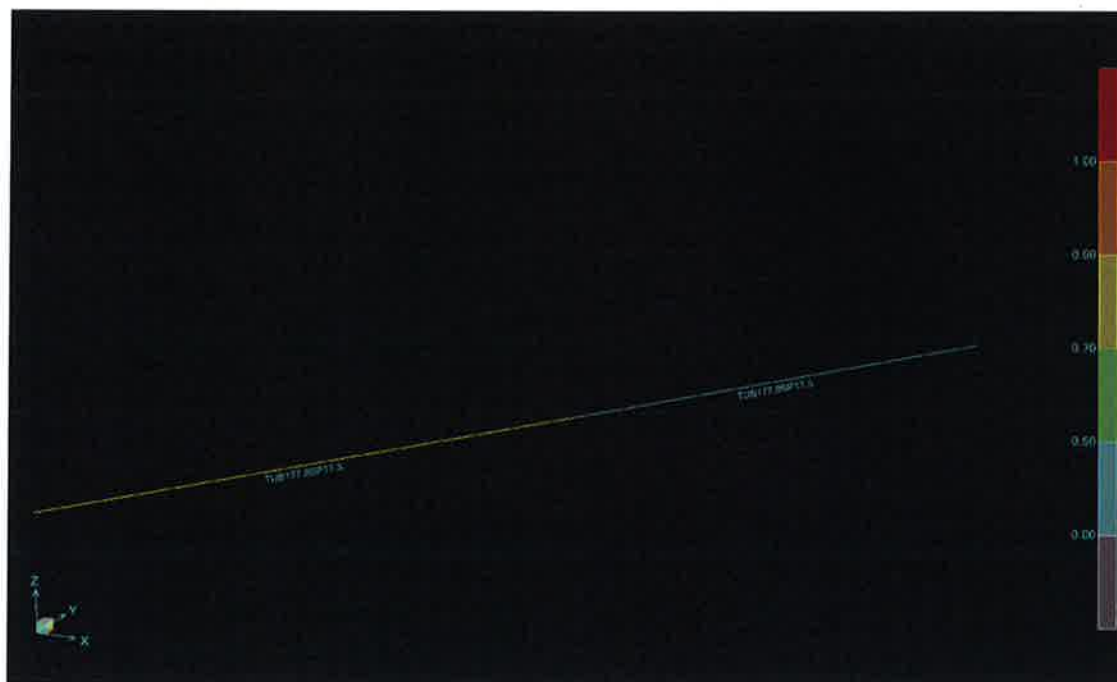
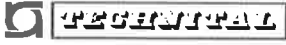


FIG. 10.45 - INVILUPPO DELLE VERIFICHE DELLE COMBINAZIONI SLU – COEFFICIENTI DI SICUREZZA

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 131
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

### Verifica elemento $\phi$ 177.8 sp 16 n° 67 - COMB 3

#### EUROCODE 3-1993 STEEL SECTION CHECK

Combo : COMB3

Units : KN, m, C

Frame : 67      Design Sect: TUB177.8SP17.5  
 X Mid : 1.425      Design Type: Beam  
 Y Mid : 1.425      Frame Type : Moment Resisting Frame  
 Z Mid : 0.850      Sect Class : Class 1  
 Length : 4.030      Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3  
 Loc : 0.000      RLLF : 1.000  
  
 Area : 0.008      SMajor : 3.012E-04      rMajor : 0.057      AVMajor: 0.004  
 IMajor : 2.647E-05      SMinor : 3.012E-04      rMinor : 0.057      AVMinor: 0.004  
 IMinor : 2.647E-05      ZMajor : 4.202E-04      E : 206000000.00  
 Ixy : 0.000      ZMinor : 4.202E-04      Fy : 355000.000

#### STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	P	M33	M22	V2	V3	T
0.000	-1023.304	-46.125	-0.180	-16.399	-0.066	0.072

#### PM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing	Total	P	MMajor	MMinor	Ratio	Status
Equation	Ratio	Ratio	Ratio	Ratio	Limit	Check
(5.5.4)	0.823	= 0.519	+ 0.305	+ 0.000	1.000	OK

#### AXIAL FORCE DESIGN

	Fc or Ft	Nc.Rd	Nt.Rd	Nb33.Rd	Nb22.Rd
	Force	Capacity	Capacity	Major	Minor
Axial	-1023.304	1973.248	2791.828	1973.248	1973.248

#### MOMENT DESIGN

	M.Sd	Mc.Rd	Mv.Rd	Mb.Rd
	Moment	Capacity	Capacity	Capacity
Major Moment	-46.125	142.071	142.071	142.071
Minor Moment	-0.180	142.071	142.071	


	K	L	k	klt	C1
	Factor	Factor	Factor	Factor	Factor
Major Moment	1.000	1.000	0.851	0.938	2.261
Minor Moment	1.000	1.000	0.685		

#### SHEAR DESIGN

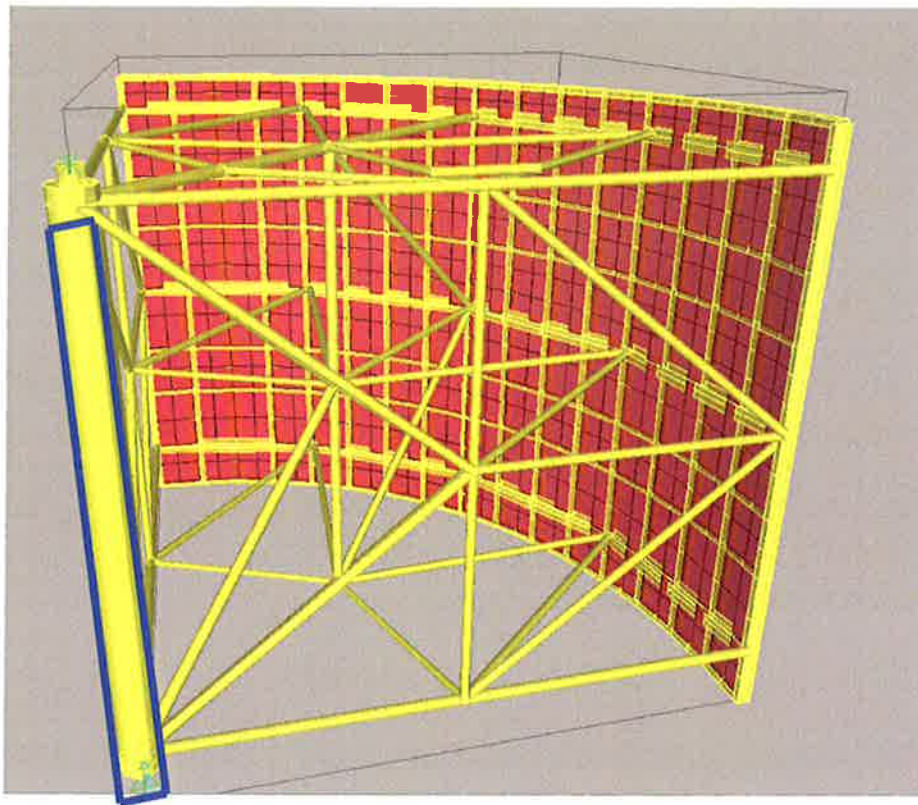
	V.Sd	V.Rd	Stress	Status	Tu
	Force	Capacity	Ratio	Check	Torsion
Major Shear	16.399	811.675	0.020	OK	0.000
Minor Shear	0.066	811.675	8.107E-05	OK	0.000

EL.	N (kN)	M33(kNm)	M22(kNm)	Coeff. ( $N_{Sd}/N_{Rd} + M_{Sd}/M_{Rd}$ )	V (kN)	Coeff. ( $V_{Sd}/V_{Rd}$ )
67	-1023.3	-46.1	0.2	<b>0.82</b>	16.4	<b>0.02</b>



 <b>TECNOITAL</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 132
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

**Asse verticale – tubolare  $\phi$  508 sp 22.2 e perno  $\phi$  260**



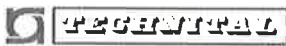
Diametro :  $508 - 2 = 506.0$  mm

Spessore :  $22.2 - 1 = 21.2$  mm

Lunghezza : 6650 mm

Combinazione più severa: COMBO 3 e COMBO 1



	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 133
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

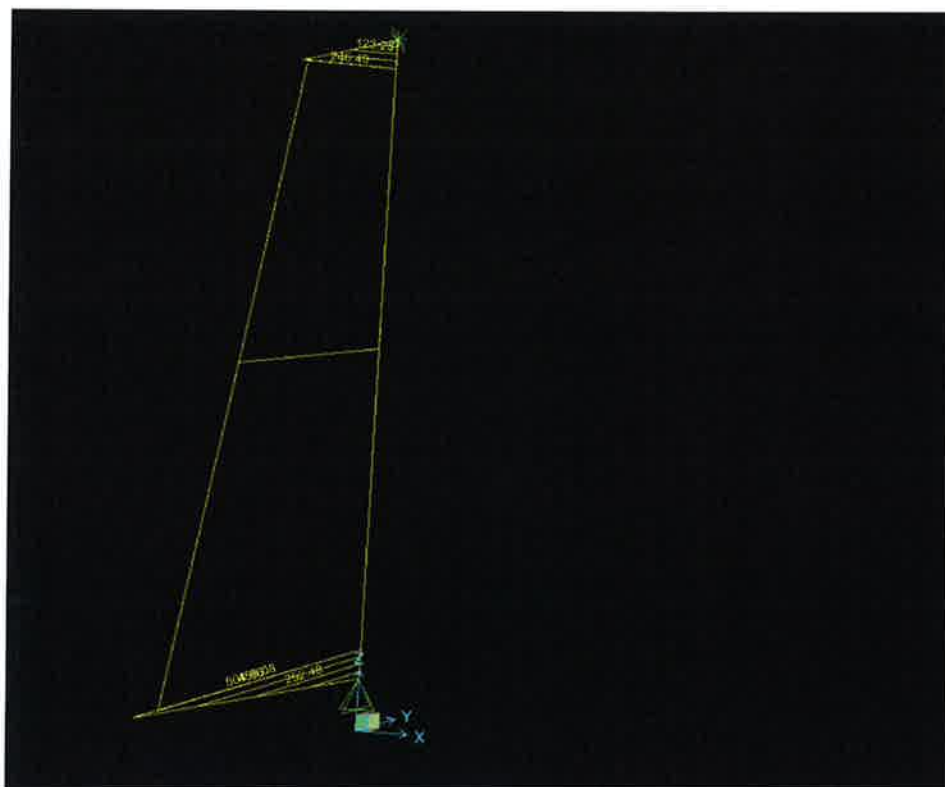


FIG. 10.46 - COMB 3 – MASSIMO MOMENTO FLETTENTE SU ASSE Y

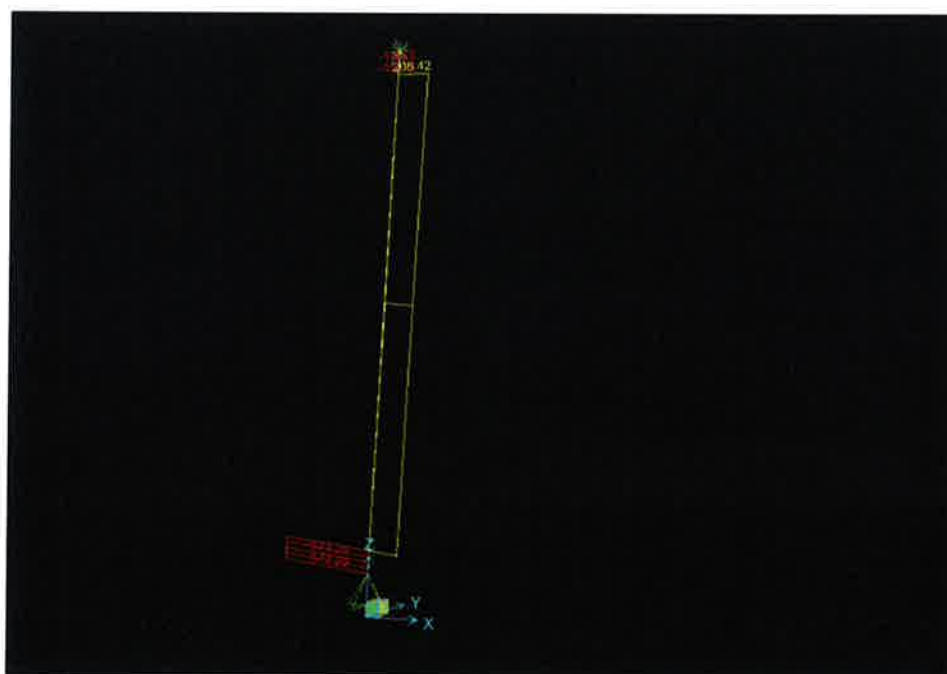



FIG. 10.47 - COMB 3 – MASSIMA AZIONE ASSIALE

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 134
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

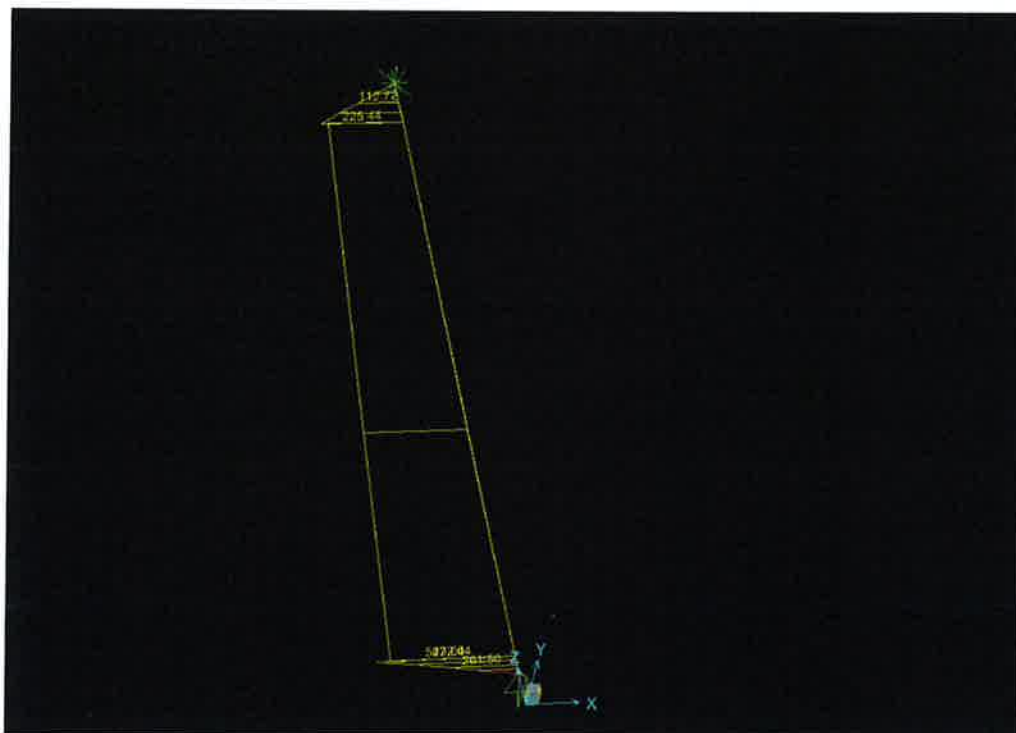


FIG. 10.48 - COMB 3 – MASSIMO MOMENTO FLETTENTE SU ASSE X

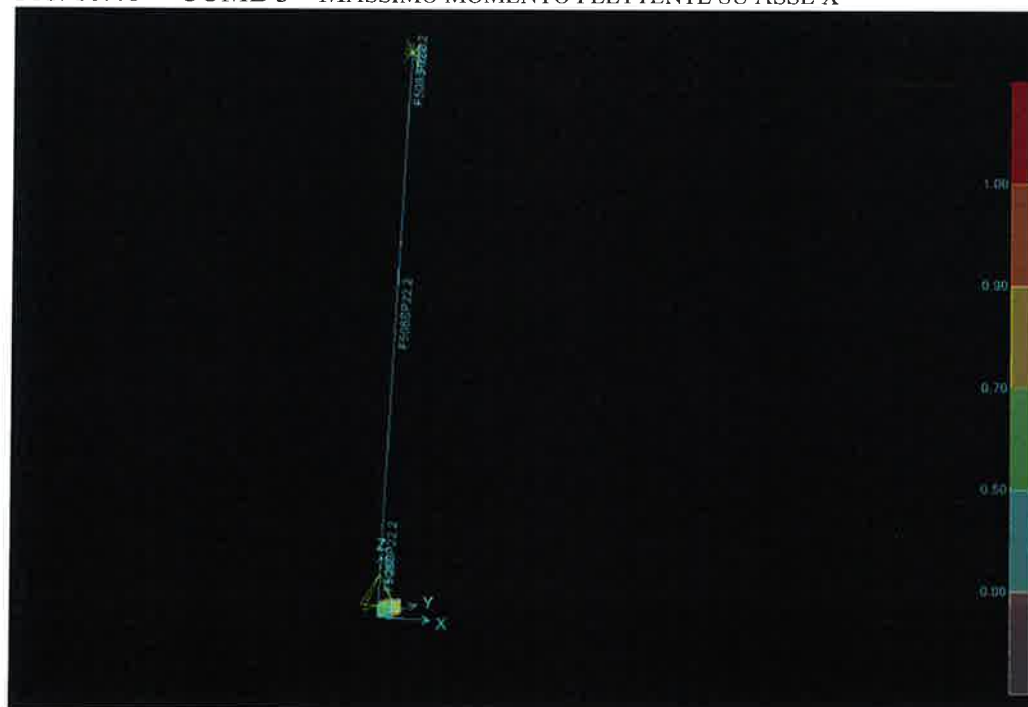



FIG. 10.49 - INVILUPPO DELLE VERIFICHE DELLE COMBINAZIONI SLU – COEFFICIENTI DI SICUREZZA

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 135
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA - ELEMENTI PRINCIPALI	

### Verifica elemento più sollecitato $\phi$ 508 : elemento 2 - COMB 3

#### EUROCODE 3-1993 STEEL SECTION CHECK

Combo : COMB4

Units : KN, m, C

Frame : 3                      Design Sect: F508SP22.2  
 X Mid : 0.000                Design Type: Column  
 Y Mid : 0.000                Frame Type : Moment Resisting Frame  
 Z Mid : 4.175                Sect Class : Class 1  
 Length : 6.650              Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3  
 Loc : 6.650                RLLF : 1.000  
  
 Area : 0.032                SMajor : 0.004                rMajor : 0.172                AVMajor: 0.016  
 IMajor : 9.622E-04        SMinor : 0.004                rMinor : 0.172                AVMinor: 0.016  
 IMinor : 9.622E-04        ZMajor : 0.005                E : 206000000.00  
 Ixy : 0.000                ZMinor : 0.005                Fy : 355000.000

#### STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	P	M33	M22	V2	V3	T
6.650	-758.962	-419.742	-392.516	18.801	12.096	-0.363

#### PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(5.5.4)	0.423	= 0.075	+ 0.254	+ 0.238	1.000	OK

#### AXIAL FORCE DESIGN

	Fc or Ft Force	Nc.Rd Capacity	Nt.Rd Capacity	Nb33.Rd Major	Nb22.Rd Minor
Axial	-758.962	10096.934	10961.636	10096.934	10096.934

#### MOMENT DESIGN

	M.Sd Moment	Mc.Rd Capacity	Mv.Rd Capacity	Mb.Rd Capacity
Major Moment	-419.742	1699.615	1699.615	1699.615
Minor Moment	-392.516	1699.615	1699.615	


	K Factor	L Factor	k Factor	klr Factor	C1 Factor
Major Moment	1.000	1.000	1.027	1.000	1.153
Minor Moment	1.000	1.000	1.032		

#### SHEAR DESIGN

	V.Sd Force	V.Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check	Tu Torsion
Major Shear	18.801	3168.350	0.006	OK	0.000
Minor Shear	12.096	3168.350	0.004	OK	0.000

EL.	N (kN)	M33(kNm)	M22(kNm)	Coeff. ( $N_{Sd}/N_{Rd} + M_{Sd}/M_{Rd}$ )
2	-759.0	-419.7	-392.5	<b>0.42</b>

NB : le verifiche sono state fatte su un tubolare  $\phi$  508 sp.22.2 mm, ma in prossimità dei nodi inferiori e superiori si è utilizzato uno spessore del tubolare di 30 mm.

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 136
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA - ELEMENTI PRINCIPALI	

### Verifica elemento più sollecitato perno $\phi$ 260 : elemento 1 - COMB 3

#### EUROCODE 3-1993 STEEL SECTION CHECK

Combo : COMB3

Units : KN, m, C

Frame : 1                      Design Sect: F260  
 X Mid : 0.000                Design Type: Column  
 Y Mid : 0.000                Frame Type : Moment Resisting Frame  
 Z Mid : 0.625                Sect Class : Class 1  
 Length : 0.150              Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3  
 Loc : 0.150                RLLF : 1.000  
  
 Area : 0.053                SMajor : 0.002                rMajor : 0.065                AVMajor: 0.040  
 IMajor : 2.243E-04        SMinor : 0.002                rMinor : 0.065                AVMinor: 0.040  
 IMinor : 2.243E-04        ZMajor : 0.003                E : 206000000.00  
 Ixy : 0.000                ZMinor : 0.003                Fy : 355000.000

#### STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	P	M33	M22	V2	V3	T
0.150	-571.263	261.500	252.478	-1743.332	-1683.188	0.000

#### PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation (5.5.4)	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
	0.578	= 0.113	+ 0.334	+ 0.323	1.000	OK

#### AXIAL FORCE DESIGN

	Fc or Ft Force	Nc.Rd Capacity	Nt.Rd Capacity	Nb33.Rd Major	Nb22.Rd Minor
Axial	-571.263	5051.593	17949.400	5051.593	5051.593

#### MOMENT DESIGN

	M.Sd Moment	Mc.Rd Capacity	Mv.Rd Capacity	Mb.Rd Capacity
Major Moment	261.500	990.393	990.393	990.393
Minor Moment	252.478	990.393	990.393	


  

	K Factor	L Factor	k Factor	kl Factor	Cl Factor
Major Moment	28.858	2.000	1.266	0.985	1.000
Minor Moment	28.858	2.000	1.266		

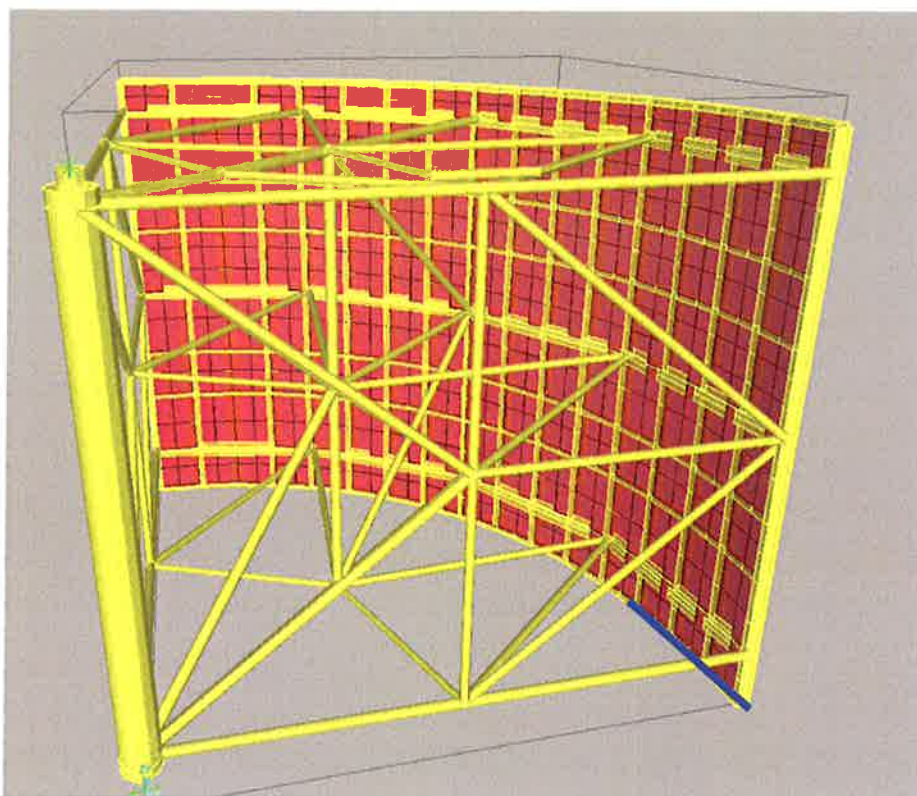
#### SHEAR DESIGN

	V.Sd Force	V.Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check	Tu Torsion
Major Shear	1743.332	7712.991	0.226	OK	0.000
Minor Shear	1683.188	7712.991	0.218	OK	0.000

EL.	N (kN)	M33(kNm)	M22(kNm)	Coeff. ( $N_{Sd}/N_{Rd} + M_{Sd}/M_{Rd}$ )	V (kN)	Coeff. ( $V_{Sd}/V_{Rd}$ )
1	-571	-261.5	-252.5	<b>0.578</b>	2423.3	<b>0.32</b>

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 137
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

**Verifiche Fasciame – profili scatolari 160x100 sp.10 :**




Lunghezza sezione :  $160 - 2 = 158 \text{ mm}$

Larghezza sezione:  $100 - 2 = 98 \text{ mm}$

Spessore :  $10 - 1 = 9 \text{ mm}$

Lunghezza : 3320 mm

Combinazione più severa: COMBO 1

 <b>PROGETTA</b>	Rev.	Data:	EI. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 138
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

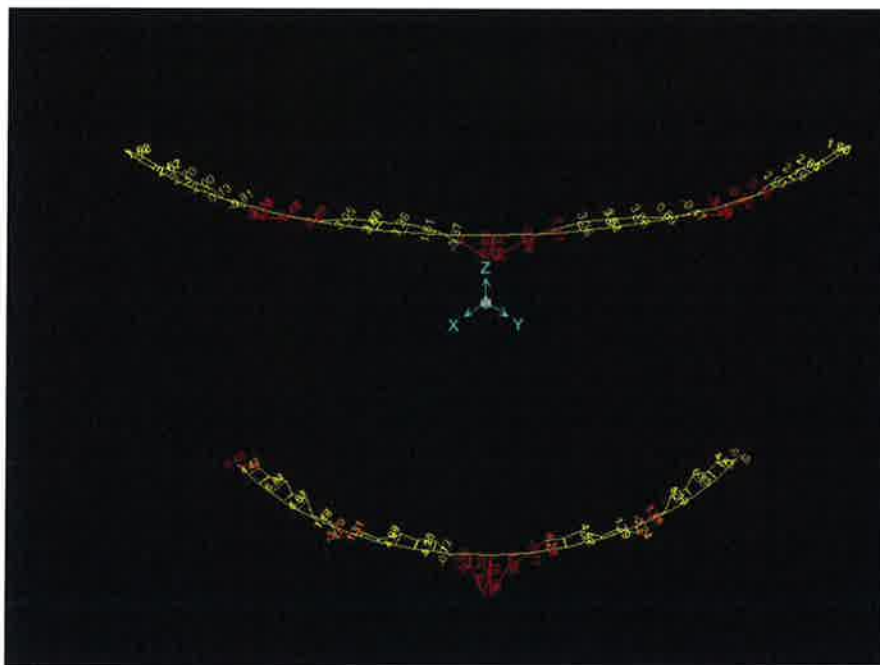


FIG. 10.50 - COMB 1 – MASSIMO MOMENTO FLETTENTE SU ASSE RADIALE

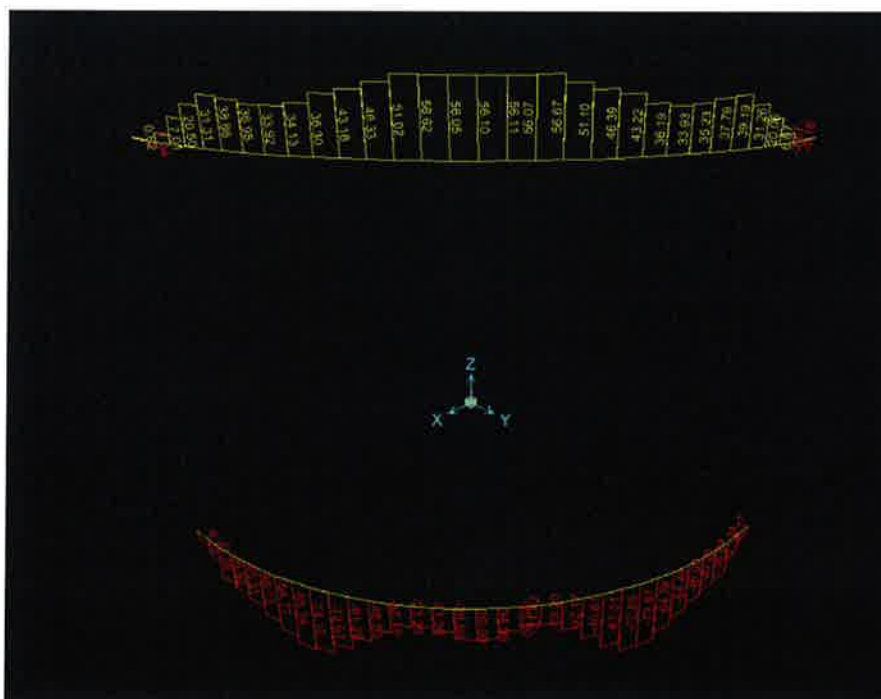




FIG. 10.51 - COMB 1 – AZIONI ASSIALI

 <b>PROGETTA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 139
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

Coefficienti di sicurezza di verifica degli irrigidimenti del fasciame :



FIG. 10.52 - COEFF. SICUREZZA DI VERIFICA DEGLI IRRIGIDIMENTI SUPERIORE ED INFERIORE

 <b>TECNOLOGIA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 140
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

### Verifica elemento più sollecitato 248 irrigidimento di soglia - COMB 1

#### EUROCODE 3-1993 STEEL SECTION CHECK

Combo : COMB1

Units : KN, m, C

Frame : 248	Design Sect: IRRSUPEINF		
X Mid : 5.622	Design Type: Beam		
Y Mid : 5.904	Frame Type : Moment Resisting Frame		
Z Mid : 0.000	Sect Class : Class 1		
Length : 0.400	Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3		
Loc : 0.000	RLLF : 1.000		
Area : 0.004	SMajor : 1.362E-04	rMajor : 0.040	AVMajor: 0.002
IMajor : 6.809E-06	SMinor : 1.821E-04	rMinor : 0.058	AVMinor: 0.003
IMinor : 1.457E-05	ZMajor : 1.613E-04	E : 206000000.00	
Ixy : 0.000	ZMinor : 2.266E-04	Fy : 355000.000	

#### STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	P	M33	M22	V2	V3	T
0.000	-34.794	-0.426	-15.410	-1.053	-26.573	-2.786

#### PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing	Total	P	MMajor	MMinor	Ratio	Status
Equation	Ratio	Ratio	Ratio	Ratio	Limit	Check
(5.5.4)	0.259	= 0.043	+ 0.008	+ 0.207	1.000	OK

#### AXIAL FORCE DESIGN

	Fc or Ft	Nc.Rd	Nt.Rd	Nb33.Rd	Nb22.Rd
	Force	Capacity	Capacity	Major	Minor
Axial	-34.794	814.434	1472.743	814.434	1127.217

#### MOMENT DESIGN

	M.Sd	Mc.Rd	Mv.Rd	Mb.Rd
	Moment	Capacity	Capacity	Capacity
Major Moment	-0.426	54.534	54.534	54.534
Minor Moment	-15.410	76.625	76.625	


	K	L	k	klt	Cl
	Factor	Factor	Factor	Factor	Factor
Major Moment	1.000	8.000	1.071	1.000	1.000
Minor Moment	1.000	8.000	1.032		

#### SHEAR DESIGN

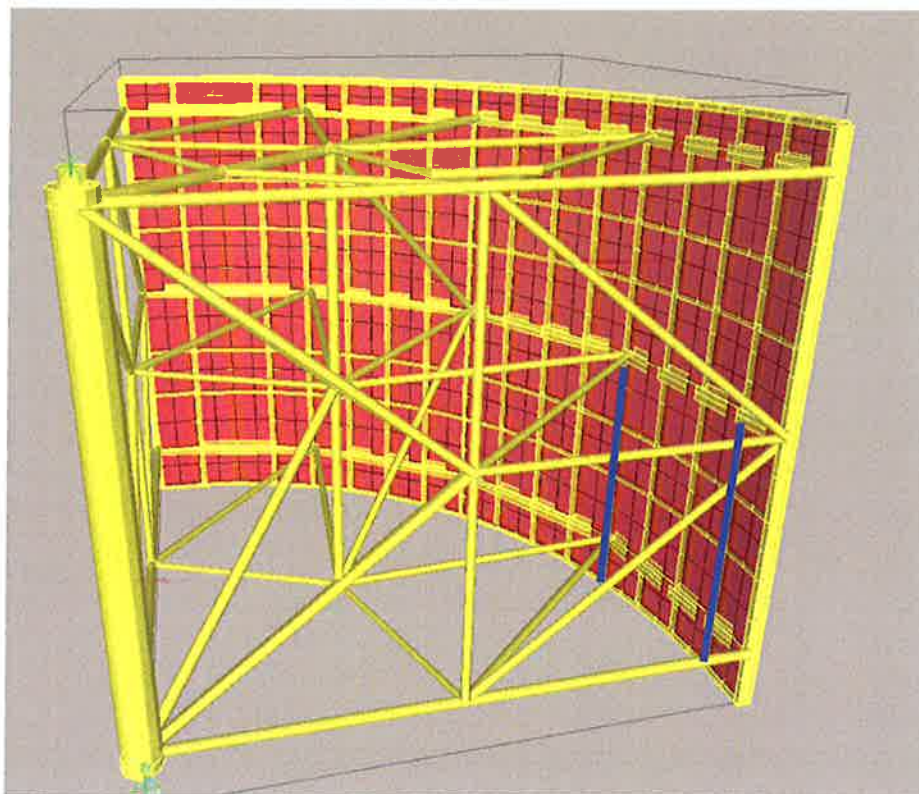
	V.Sd	V.Rd	Stress	Status	Tu
	Force	Capacity	Ratio	Check	Torsion
Major Shear	1.053	351.359	0.003	OK	0.000
Minor Shear	26.573	562.174	0.047	OK	0.000

EL.	N (kN)	M33(kNm)	M22(kNm)	Coeff. ( $N_{Sd}/N_{Rd} + M_{Sd}/M_{Rd}$ )	V (kN)	Coeff. ( $V_{Sd}/V_{Rd}$ )
271	-34.8	-0.4	-15.4	<b>0.26</b>	26.6	<b>0.05</b>



	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 141
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

**Verifiche Fasciame – profili ½ HEB 240 :**



Altezza sezione :  $240/2 + 10 - 1 = 129 \text{ mm}$

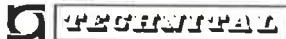
Spessore anima:  $10 - 2 = 8 \text{ mm}$

Spessore Flangia:  $17 - 2 = 15 \text{ mm}$

Spessore Fasciame:  $10 - 2 = 8 \text{ mm}$

Lunghezza = 3325 mm

Combinazione più severa: COMBO 1

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 142
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

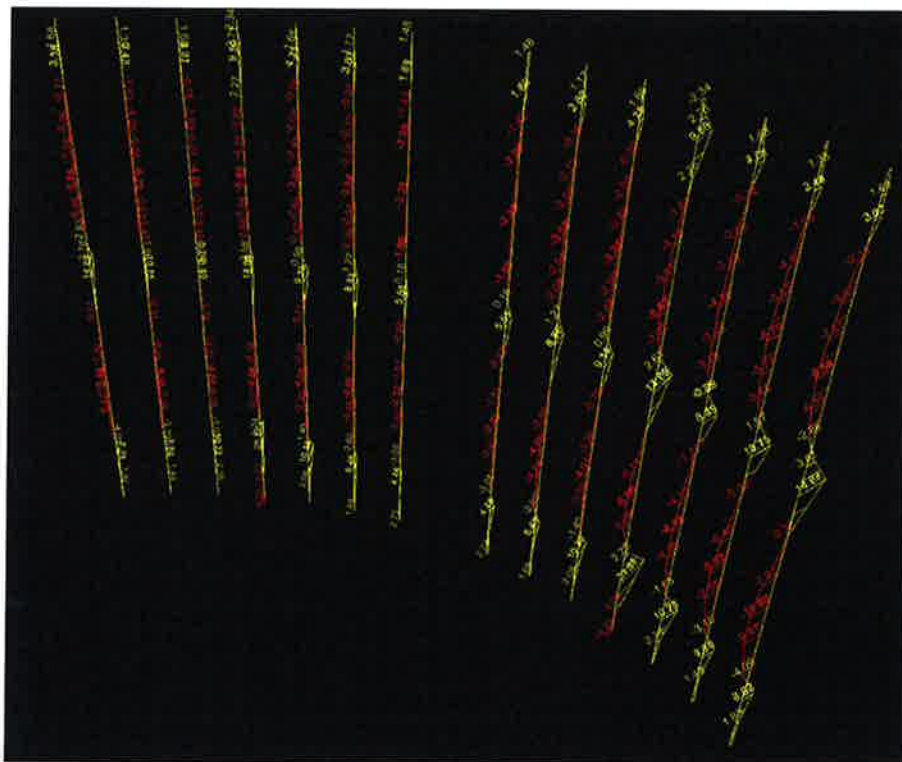


FIG. 10.53 - COMB 1 – MASSIMO MOMENTO FLETTENTE SU ASSE RADIALE

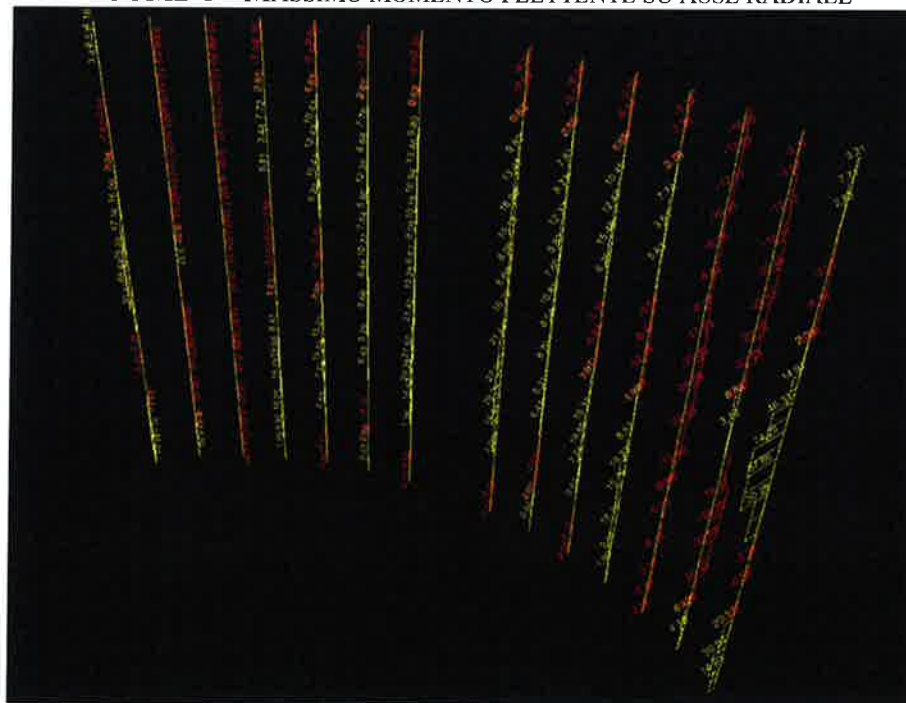



FIG. 10.54 - COMB 1 – AZIONI ASSIALI



 <b>PROGETTA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 144
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA - ELEMENTI PRINCIPALI	

### Verifica elemento più sollecitato 360 - ½ HEB 240 - COMB 1

#### EUROCODE 3-1993 STEEL SECTION CHECK

Combo : COMB1

Units : KN, m, C

Frame : 360	Design Sect: 1/2HEB240		
X Mid : 7.539	Design Type: Column		
Y Mid : 3.123	Frame Type : Moment Resisting Frame		
Z Mid : 1.127	Sect Class : Class 2		
Length : 0.554	Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3		
Loc : 0.000	RLLF : 1.000		
Area : 0.006	SMajor : 2.058E-04	rMajor : 0.053	AVMajor: 0.001
IMajor : 1.674E-05	SMinor : 1.892E-04	rMinor : 0.061	AVMinor: 0.004
IMinor : 2.252E-05	ZMajor : 2.488E-04	E : 206000000.00	
Ixy : 0.000	ZMinor : 2.973E-04	Fy : 355000.000	

#### STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	P	M33	M22	V2	V3	T
0.000	17.888	20.809	-0.025	30.581	0.382	-0.008

#### PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing	Total	P	MMajor	MMinor	Ratio	Status
Equation	Ratio	Ratio	Ratio	Ratio	Limit	Check
(5.5.4)	0.291	= 0.009	+ 0.282	+ 0.000	1.000	OK

#### AXIAL FORCE DESIGN

	Fc or Ft	Nc.Rd	Nt.Rd	Nb33.Rd	Nb22.Rd
	Force	Capacity	Capacity	Major	Minor
Axial	17.888	1436.863	2045.476	1436.863	1456.676

#### MOMENT DESIGN

	M.Sd	Mc.Rd	Mv.Rd	Mb.Rd
	Moment	Capacity	Capacity	Capacity
Major Moment	20.809	84.113	84.113	72.088
Minor Moment	-0.025	100.530	100.530	

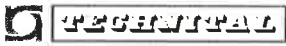
  

	K	L	k	kl	C1
	Factor	Factor	Factor	Factor	Factor
Major Moment	1.000	6.000	0.985	1.000	1.000
Minor Moment	1.000	6.000	0.992		

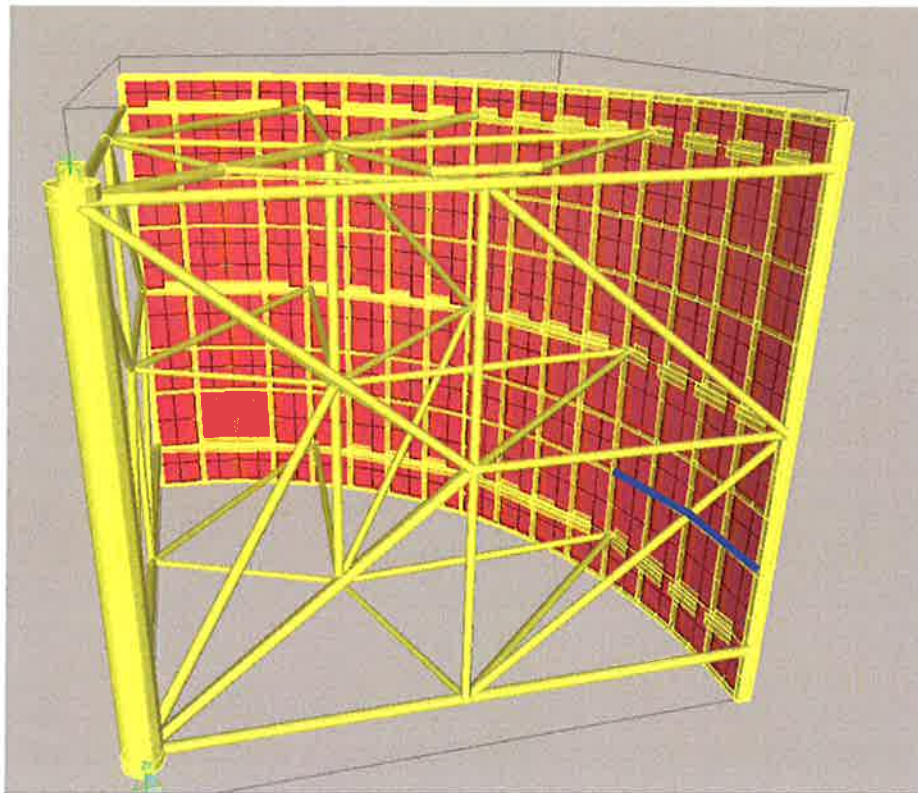
#### SHEAR DESIGN

	V.Sd	V.Rd	Stress	Status	Tu
	Force	Capacity	Ratio	Check	Torsion
Major Shear	30.581	201.446	0.152	OK	0.000
Minor Shear	0.382	846.189	0.000	OK	0.000

EL.	N (kN)	M33(kNm)	M22(kNm)	Coeff. (N <sub>Sd</sub> /N <sub>Rd</sub> + M <sub>Sd</sub> /M <sub>Rd</sub> )	V (kN)	Coeff. (V <sub>Sd</sub> /V <sub>Rd</sub> )
360	-17.9	-0.0	20.8	<b>0.29</b>	30.58	<b>0.15</b>

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 145
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA -- ELEMENTI PRINCIPALI	

### Verifiche Fasciame – Angolari 100x10 :



Altezza sezione :  $100 + 10 - 2 = 108 \text{ mm}$

Larghezza sezione:  $100 - 2 = 98 \text{ mm}$

Spessore anima:  $10 - 2 = 8 \text{ mm}$

Spessore fasciame:  $10 - 2 = 8 \text{ mm}$

Larghezza collaborante =  $105 \text{ mm}$

Lunghezza :  $3320 \text{ mm}$

Combinazione più severa: COMBO 1





 <b>TECNOITAL</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 146
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	



FIG. 10.56 - COMB 1 – MASSIMO MOMENTO FLETTENTE SU ASSE RADIALE



FIG. 10.57 - COMB 1 – AZIONI ASSIALI

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 147
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

Coefficienti di sicurezza di verifica degli irrigidimenti del fasciame :

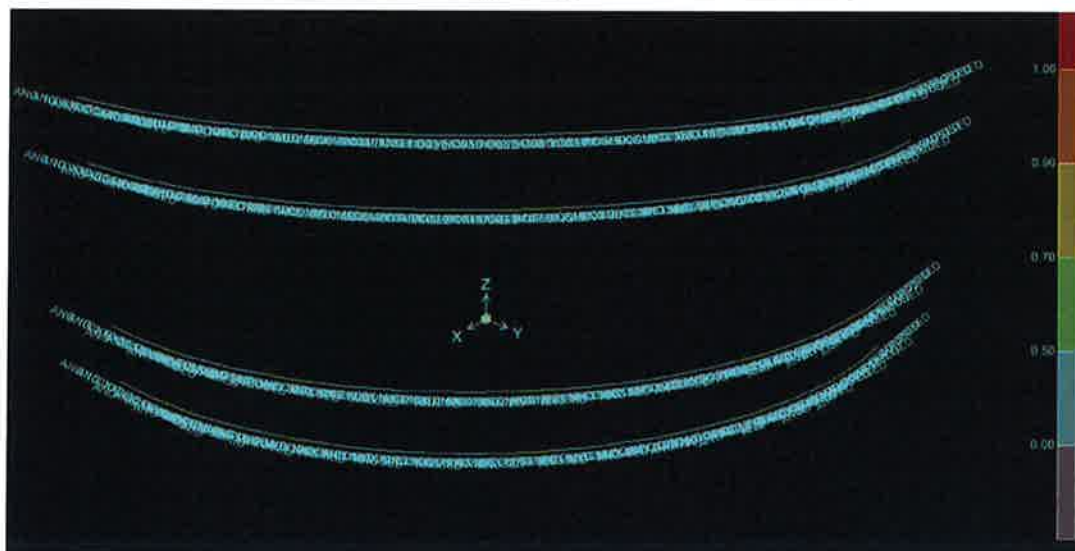



FIG. 10.58 - COEFF. SICUREZZA DI VERIFICA DEGLI IRRIGIDIMENTI SECONDARI DEL FASCIAME (PROFILI L 100x10)

 <b>REGISTRATA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 148
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

### Verifica elemento più sollecitato 651 – Angolare 100x10 - COMB 1

#### EUROCODE 3-1993 STEEL SECTION CHECK

Combo : COMB1

Units : KN, m, C

Frame : 652	Design Sect: ANG 100X10 COMPOSED
X Mid : 5.622	Design Type: Beam
Y Mid : 5.904	Frame Type : Moment Resisting Frame
Z Mid : 2.063	Sect Class : Class 3
Length : 0.400	Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
Loc : 0.000	RLLF : 1.000
Area : 0.002	SMajor : 5.997E-05
IMajor : 2.698E-06	SMinor : 2.951E-05
IMinor : 1.680E-06	ZMajor : 6.999E-05
Ixy : 0.000	ZMinor : 5.120E-05
	rMajor : 0.036
	rMinor : 0.029
	E : 206000000.00
	Fy : 355000.000
	AVMajor: 7.200E-04
	AVMinor: 0.001

#### STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	P	M33	M22	V2	V3	T
0.000	-52.174	-8.058	-0.057	-18.801	-0.058	-0.005

#### PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing	Total	P	MMajor	MMinor	Ratio	Status
Equation	Ratio	Ratio	Ratio	Ratio	Limit	Check
(5.5.4)	0.675	= 0.235	+ 0.434	+ 0.007	1.000	OK

#### AXIAL FORCE DESIGN

	Ec or Ft	Nc.Rd	Nt.Rd	Nb33.Rd	Nb22.Rd
	Force	Capacity	Capacity	Major	Minor
Axial	-52.174	222.476	687.010	310.917	222.476

#### MOMENT DESIGN

	M.Sd	Mc.Rd	Mv.Rd	Mb.Rd
	Moment	Capacity	Capacity	Capacity
Major Moment	-8.058	20.274	20.274	20.274
Minor Moment	-0.057	9.977	9.977	

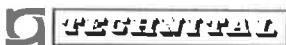
	K	L	k	kl	C1
	Factor	Factor	Factor	Factor	Factor
Major Moment	8.000	1.000	1.091	0.947	1.790
Minor Moment	8.000	1.000	1.264		

#### SHEAR DESIGN

	V.Sd	V.Rd	Stress	Status	Tu
	Force	Capacity	Ratio	Check	Torsion
Major Shear	18.801	140.544	0.134	OK	0.000
Minor Shear	0.058	281.087	0.000	OK	0.000

EL.	N (kN)	M33(kNm)	M22(kNm)	Coeff. (N <sub>Sd</sub> /N <sub>Rd</sub> + M <sub>Sd</sub> /M <sub>Rd</sub> )	V (kN)	Coeff. (V <sub>Sd</sub> /V <sub>Rd</sub> )
561	-52.2	-8.06	0.06	<b>0.675</b>	18.80	<b>0.13</b>



	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 149
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

### 10.13.3. Sollecitazioni e Verifiche fasciame ed irrigidimento

Per gli elementi SHELL del fasciame le convenzioni dei segni delle sollecitazioni sono le seguenti :

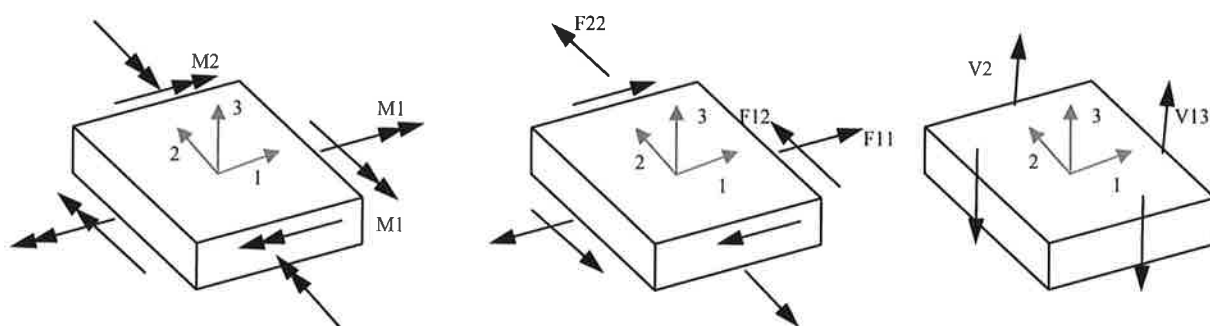



FIG. 10.59 - FORZE INTERNE DELL'ELEMENTO SHELL

Vengono riportate le sollecitazioni massime più significative sulle SHELL per le combinazioni COMB1 e COMB2 originate dalle massime spinte idrostatiche (dislivelli di marea con TR 1000 anni) rispettivamente con spinta dall'esterno del fasciame verso l'asse di rotazione e dall'interno del fasciame verso l'esterno conca.

 <b>PROVVEDITORATO</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 150
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

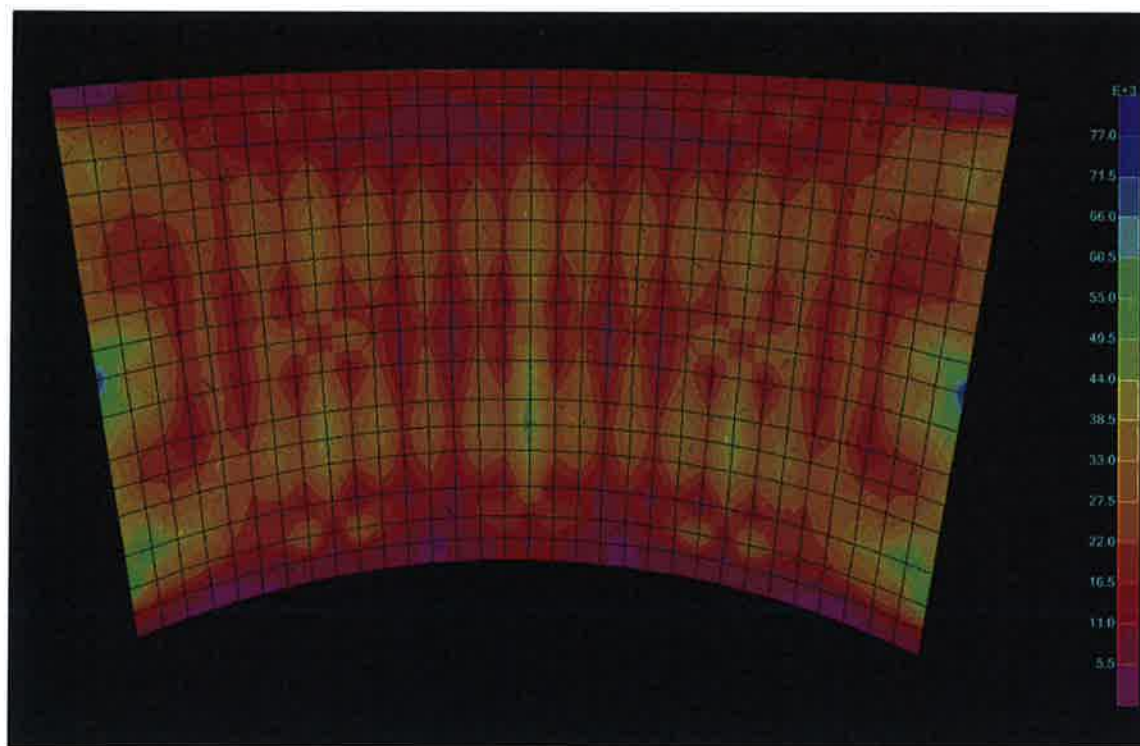
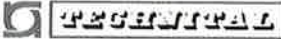


FIG. 10.60 - SFORZO DI VAN MISES

$$\sigma_{MAX} = \sqrt{(\sigma_{11}^2 + \sigma_{22}^2 - \sigma_{11}\sigma_{22} + 3\sigma_{12}^2)} = 77 \text{ MPa} < 355 \text{ MPa}$$

	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 151
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

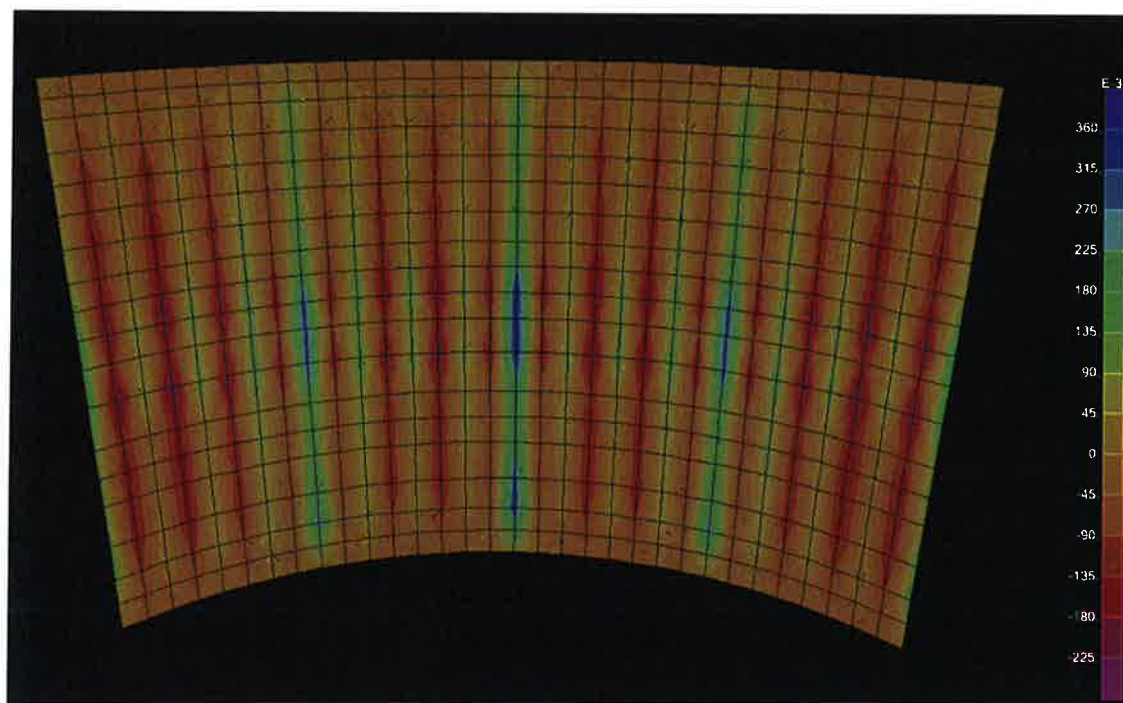


FIG. 10.61 - M11 COMB 1

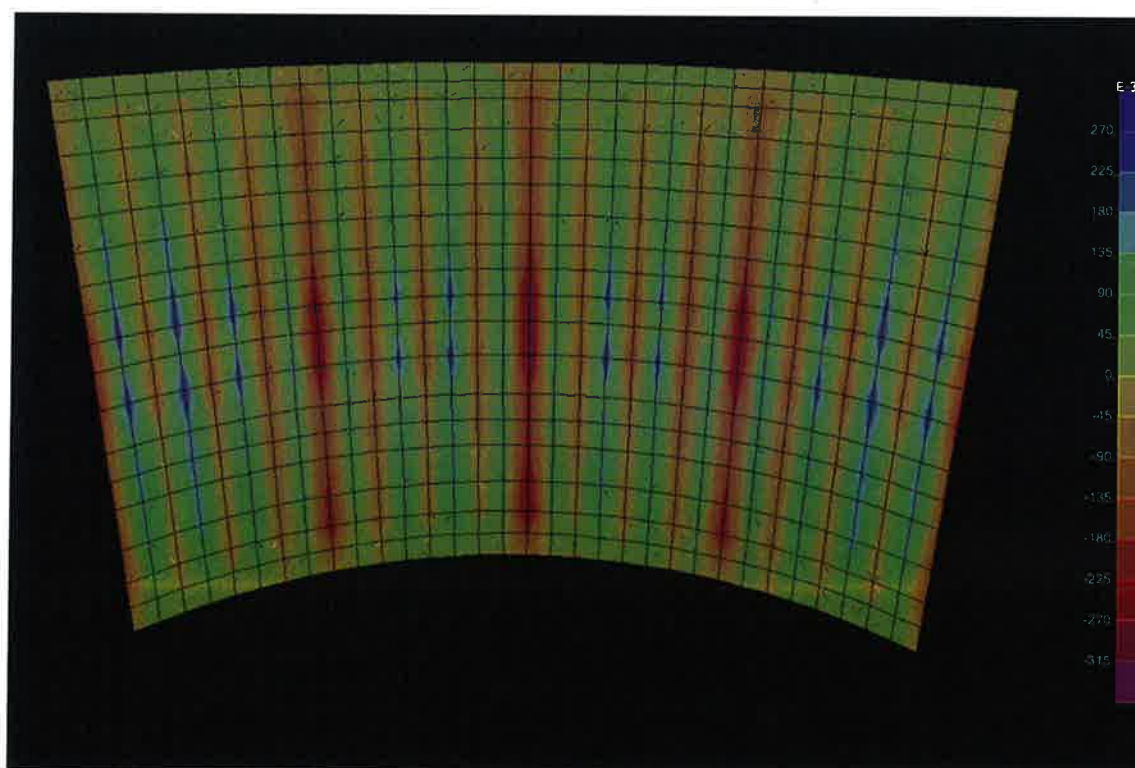



FIG. 10.62 - M11 COMB 2

 <b>INFRASTRUTTURE E TRASPORTI</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 152
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

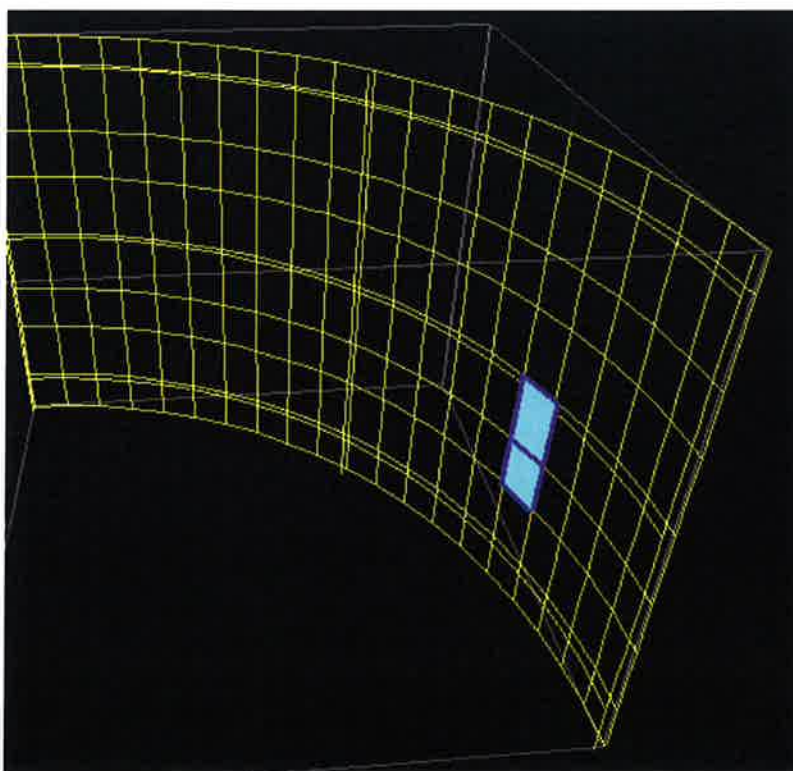
### Verifica del fasciame non irrigidito al Buckling locale:

Per ogni parte del fasciame di lunghezza di inflessione diversa sono stati svolti due tipi di verifiche :

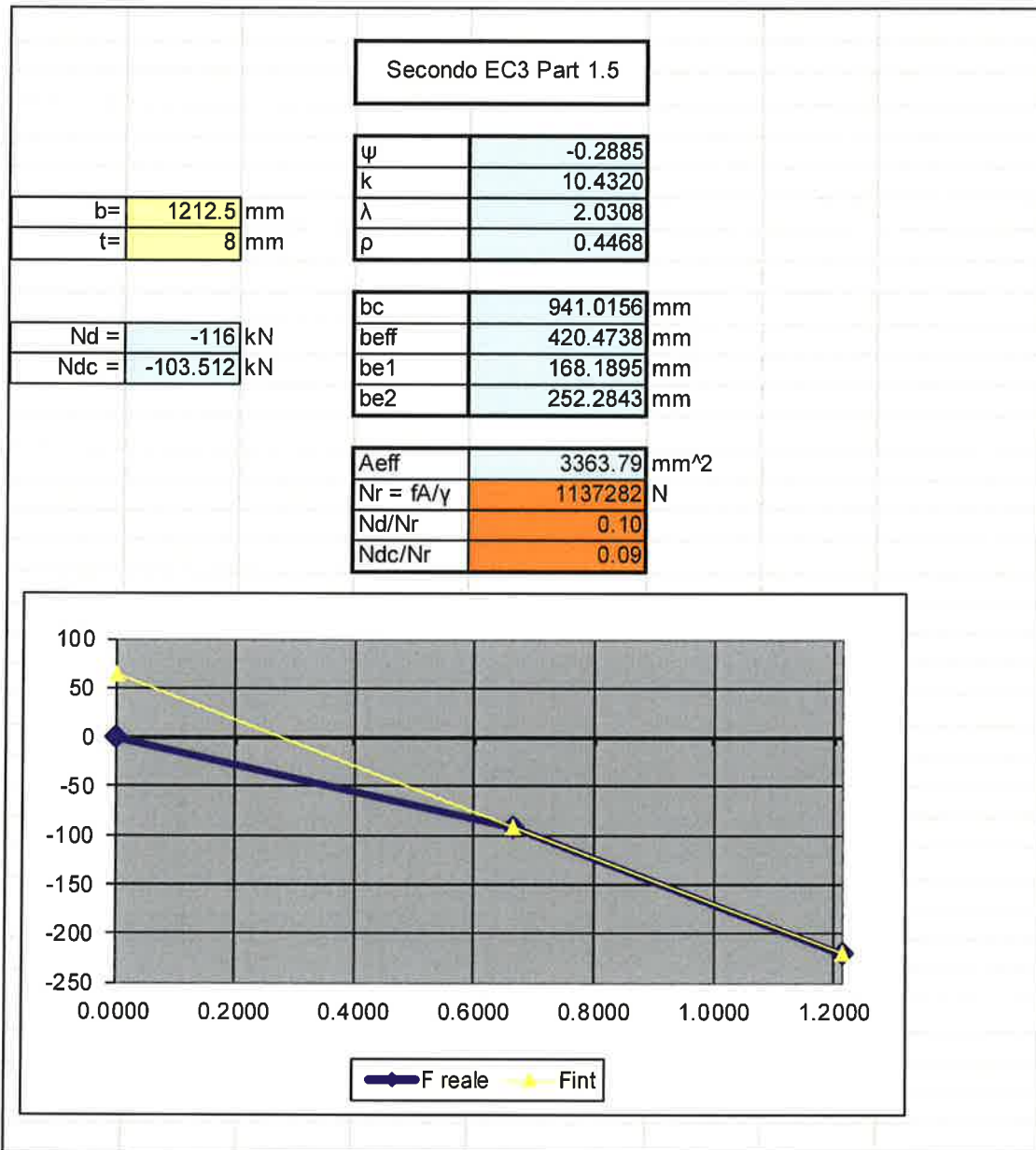
- Quella degli eurocodici 3, parte 1.5
- Quella della teoria delle piastre appoggiate : il carico critico di una piastra di dimensione  $a \times b$  appoggiata soggetta ad una compressione per metro lineare  $N$  lungo il lato  $b$  è pari al carico minore tra i carichi

$$P_i = B \frac{\pi^2}{b^2} K_i$$

$$\text{con } B = \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)} \text{ e } K_i = \left[ \frac{i}{a/b} + \frac{a/b}{i} \right]^2$$

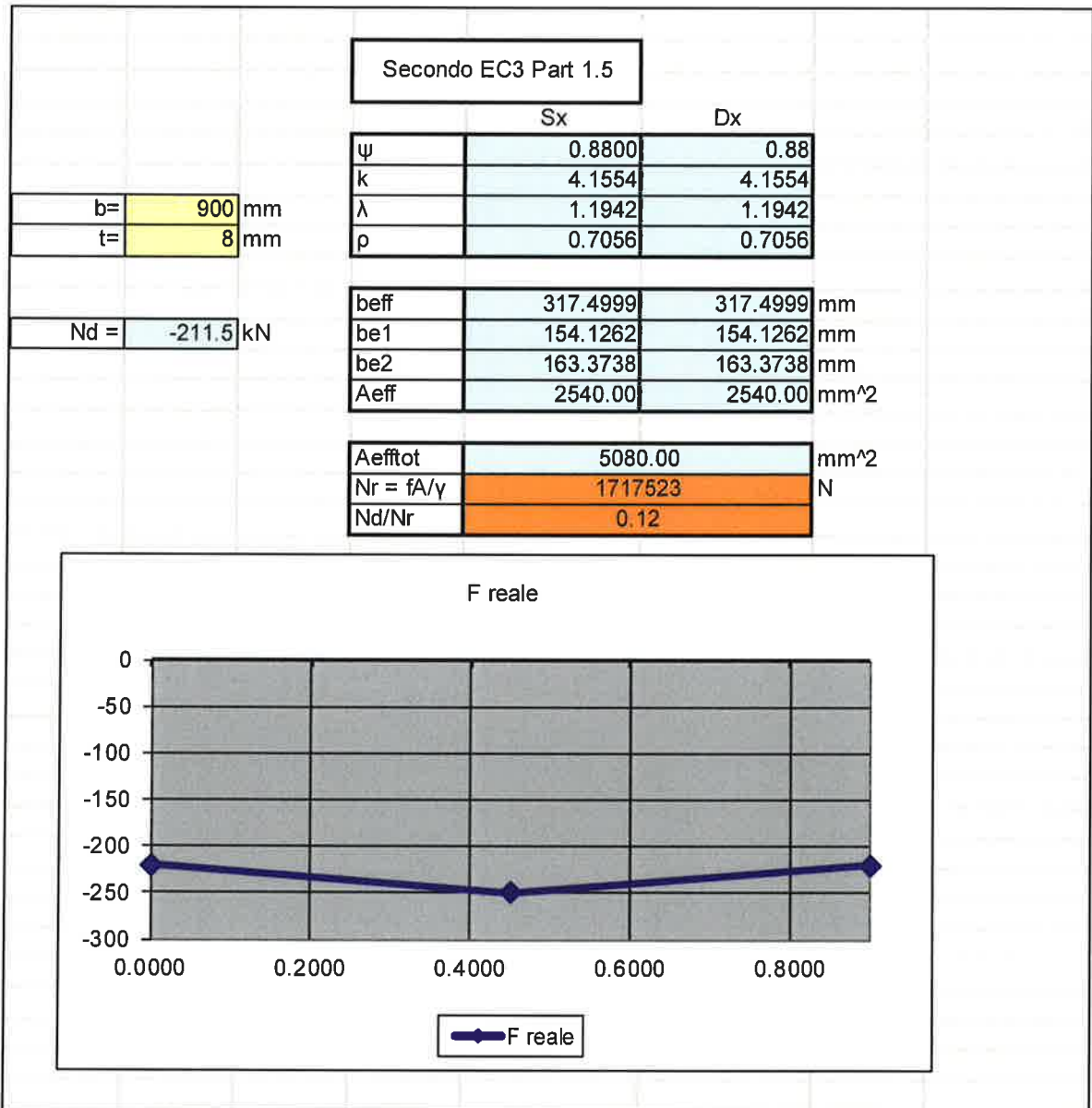



### Verifica della piastra superiore :







Verifica della piastra di mezzeria :


 <b>REGENTRA</b>	Rev.	Data:	El. MV048P-PE-CAR-6024	Pag. n. 156
	Rev. C0	Data: 04/09/2014	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA PORTA – ELEMENTI PRINCIPALI	

E =	2.06E+11	Pa			
vu =	0.3				
a =	825	mm			
			a/b =	0.917	
b =	900	mm			
t =	8	mm			
D =	9.66E+03				
K =	4.03		Ncr =	474.32	kN/m
		F	Ratio		
Nd (kN)	-211.5	0.495			