

C0	13/09/13	Emissione per approvazione	DV	DL	LM
REVISIONE		DESCRIZIONE	EL.	CON.	APP.

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
MAGISTRATO ALLE ACQUE

NUOVI INTERVENTI PER LA SALVAGUARDIA
DI VENEZIA

LEGGE N. 798 DEL 29-11-1984
CONVENZIONE REP. N. 7191 DEL 04-10-1991
ATTO ATTUATIVO REP. 8492 DEL 30-03-2011 (PROGETTAZIONE)

INTERVENTI ALLE BOCCHE LAGUNARI PER
LA REGOLAZIONE DEI FLUSSI DI MAREA
CUP: D51B020000500H1 (PROGETTAZIONE)

PROGETTO ESECUTIVO

WBS: CH.I1.48
WBE: CH.I1.48.PE.09

BOCCA DI CHIOGGIA – PARATOIE E CONNETTORI
PARATOIE

VERIFICHE STRUTTURALI
CARICHI E CRITERI DI PROGETTO

ELABORATO D.  D. Varisco	CONTROLLATO D.  D. Lesina	APPROVATO  L. Mazza
N. ELABORATO MV078P-PE-CAR-2001-C0	CODICE FILE MV078P-PE-CAR-2001-C0.doc	DATA 13 Settembre 2013

CONSORZIO “VENEZIA NUOVA”

<p>COORDINAMENTO PROGETTAZIONE</p> <p>VERIFICATO:  V. ARDONE</p> <p>CONTROLLATO:  M. BERTO</p> <p> CONSORZIO VENEZIA NUOVA</p>	<p>PROGETTAZIONE DOTT. ING. ALBERTO SCOTTI</p> <p></p> <p>IL RESPONSABILE: ING. A. SCOTTI n° A 9782</p> <p>PROGETTAZIONE MILANO SPECIALISTICA</p> <p> TECON</p>
---	--

 REGENTAL	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 2
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

INDICE

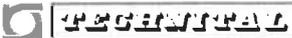
1.	OGGETTO E SCOPO	6
2.	RIFERIMENTI	8
3.	DESCRIZIONE DELLA PARATOIA	13
	3.1. Tipologia strutturale e dimensioni	13
	3.2. Classi strutturali	20
	3.3. Peso della paratoia	22
4.	CRITERI GENERALI DI PROGETTO	24
	4.1. Criteri di calcolo e modellazione	24
	4.2. Normative di riferimento per il calcolo	26
	4.3. Materiali	28
	4.4. Tensioni ammissibili	29
	4.5. Sovra-spessore di corrosione	34
	4.6. Spessore minimo netto elementi strutturali	35
	4.7. Proporzioni geometriche delle travi	36
	4.8. Instabilità elastica di fasciami e rinforzi	36
	4.9. Analisi di progetto	36
5.	CRITERI DI PROGETTO – CONDIZIONI DI ESERCIZIO	38
	5.1. Considerazioni Generali	38
	5.2. Sintesi dei Carichi di Progetto in Esercizio	40
	5.3. Condizioni operative	42
	5.3.1. Considerazioni Generali	42
	5.3.2. Manovre normali	43
	5.3.3. Errori di manovra	47
	5.4. Condizioni a Riposo	48
	5.5. Carichi sulla paratoia e carichi sui connettori	49
	5.6. Altri agenti ambientali	52
6.	CRITERI DI PROGETTO – CONDIZIONI TEMPORANEE	53
	6.1. Considerazioni Generali	53
	6.2. Sintesi dei Carichi di Progetto per le Condizioni Temporanee	54
	6.3. Sollevamento e trasporto a mezzo Jack-up	58
	6.4. Supportazione a terra	60
	6.5. Abbattimento delle paratoie	60
7.	CRITERI DI PROGETTO – CONDIZIONI ACCIDENTALI	63
	7.1. Considerazioni Generali	63

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 3
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

7.2.	Dati di Progetto per analisi di impatto con natanti	64
8.	CALCOLO DEI CARICHI OPERATIVI	66
8.1.	Premessa	66
8.2.	Onda lunga – dislivello da -0.7 a +0.7 m	67
8.3.	Onda lunga – dislivello da +0.3 a +1.7 m	69
8.4.	Onda lunga – dislivello da +1.3 a +2.7 m	71
8.5.	Sovrappressione	73
8.6.	Massime reazioni sul foro per il perno della cerniera	74
8.7.	Derivazione della forza trasversale di progetto per i connettori e la paratoia	75
8.7.1.	Premessa	75
8.7.2.	Elementi per la valutazione della forza trasversale	76
8.7.3.	Azioni di progetto per la Barriera di Chioggia	78
8.7.4.	Azioni di progetto per la Barriera di Malamocco	86
8.7.5.	Azioni di progetto per la Barriera di Treporti	92
8.7.6.	Azioni di progetto per la Barriera di San Nicolò	95
9.	CALCOLI DI PREDIMENSIONAMENTO - SCHEMATIZZAZIONI	99
9.1.	Fasciami	99
9.2.	Correnti	100
9.3.	Ossature rinforzate	103
9.3.1.	Ossatura 02	107
9.3.2.	Ossatura 03	108
9.3.3.	Ossatura 04	108
9.3.4.	Ossatura 05	109
9.3.5.	Ossatura 06	109
9.3.6.	Ossatura 07	110
9.3.7.	Ossatura 08	110
9.3.8.	Ossatura 09	111
9.3.9.	Ossatura 10	111
9.4.	Robustezza longitudinale e trasversale	113
9.4.1.	Condizioni operative - Robustezza longitudinale	113
9.4.2.	Sollevamento/Trasporto - Robustezza longitudinale	118
9.4.3.	Sollevamento/Trasporto - Robustezza trasversale	122
9.4.4.	Supportazione a terra - Robustezza longitudinale (appoggi principali)	124
9.4.5.	Supportazione a terra - Robustezza longitudinale (appoggi secondari)	129
9.4.6.	Supportazione a terra - Robustezza trasversale (appoggi principali)	133
9.4.7.	Supportazione a terra - Robustezza trasversale (appoggi secondari)	135
10.	CALCOLI DI PREDIMENSIONAMENTO - APPLICAZIONE DEI CARICHI	137
10.1.	Fasciami	137

 REGOLAMENTO	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 4
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

10.2. Correnti	139
10.2.1. Generalità	139
10.2.2. Anelli longitudinali	141
10.2.3. Correnti del fianco	143
10.3. Ossature rinforzate	148
10.3.1. Generalità	148
10.3.2. Senza onda	151
10.3.3. Cavo	151
10.3.4. Cresta	151
10.3.5. Sovrappressione	152
10.4. Robustezza longitudinale e trasversale	153
10.4.1. Condizioni operative	153
10.4.2. Sollevamento/Trasporto	157
10.4.3. Supportazione a terra	160
11. CALCOLI DI PREDIMENSIONAMENTO - CONCLUSIONI	162
11.1. Fasciami	162
11.2. Correnti	162
11.3. Ossature rinforzate	167
11.4. Robustezza longitudinale e trasversale	168
11.4.1. Condizioni operative – Robustezza longitudinale	168
11.4.2. Sollevamento/Trasporto - Robustezza longitudinale	175
11.4.3. Sollevamento/Trasporto - Robustezza trasversale	178
11.4.4. Supportazione a terra - Robustezza longitudinale	180
11.4.5. Supportazione a terra - Robustezza trasversale	183
12. CALCOLI DI PREDIMENSIONAMENTO - DETTAGLIO RISULTATI	187
12.1. Generalità	187
12.2. Correnti	188
12.2.1. Anelli longitudinali (Sovrappressione)	188
12.2.2. Correnti laterali - 1° Corrente (Sovrappressione)	191
12.2.3. Correnti laterali - 2° Corrente (Sovrappressione)	194
12.2.4. Correnti laterali - 3° Corrente (Sovrappressione)	197
12.2.5. Correnti laterali - 4° Corrente (Sovrappressione)	200
12.2.6. Correnti laterali - 5° Corrente (Sovrappressione)	203
12.2.7. Correnti laterali - 6° Corrente (Sovrappressione)	206
12.2.8. Correnti laterali - 7° Corrente (Sovrappressione)	209
12.3. Ossature rinforzate	212
12.3.1. Ossatura 02 (Cresta)	212
12.3.2. Ossatura 03 (Cresta)	215
12.3.3. Ossatura 04 (Cresta)	218
12.3.4. Ossatura 05 (Sovrappressione)	221
12.3.5. Ossatura 06 (Sovrappressione)	224

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 5
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

12.3.6.	Ossatura 07 (Sovrappressione)	227
12.3.7.	Ossatura 08 (Sovrappressione)	230
12.3.8.	Ossatura 09 (Sovrappressione)	233
12.3.9.	Ossatura 10 (Sovrappressione)	236
13.	CALCOLI DI PREDIMENSIONAMENTO – VERIFICA DELLA PINNA PER I CARICHI DI PROGETTO DEL CONNETTORE	239
13.1.	Oggetto e scopo	239
13.2.	Configurazione dei piatti forati	240
13.3.	Carichi applicati e condizioni di carico	242
13.4.	Verifica locale in adiacenza al foro	243
13.5.	Verifica globale del piatto	245

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 6
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

1. OGGETTO E SCOPO

Le paratoie sono componenti con struttura di tipo navale, costituita da elementi strutturali di acciaio al carbonio, soggetta a particolari condizioni di carico, che hanno richiesto di utilizzare criteri di calcolo specifici e di individuare gli scenari rappresentativi delle condizioni da esaminare.

Si riprendono qui la definizione dei criteri generali di progetto, illustrati nella Relazione tecnica generale (MV078P-PE-CAR-2000), con le motivazioni che hanno condotto alla scelta delle normative di riferimento e delle metodologie di verifica, e i criteri con cui sono state affrontate le verifiche nelle diverse condizioni cui le paratoie sono soggette, approfondendo gli aspetti che hanno permesso l'individuazione dei carichi considerati ed esplicitandone l'origine. In particolare si riporta la derivazione dei carichi di pressione aria e acqua e delle azioni trasversali dovute alle onde corte nelle condizioni di esercizio.

Nel documento si considerano i carichi relativi alle diverse condizioni, ossia:

- i carichi in Condizioni di Esercizio (Condizioni Operative e Condizioni a Riposo);
- i carichi in Condizioni Temporanee (sollevamento e trasporto, supportazione a terra, abbattimento);
- i carichi in Condizioni Accidentali (urto natante).

La relazione riporta successivamente i calcoli di predimensionamento condotti utilizzando i carichi in condizioni operative, di sollevamento/trasporto e di supporto a terra, ossia:

- il calcolo di predimensionamento dei fasciami, per mezzo di un'analisi con schemi a lastre;
- il calcolo di predimensionamento dei telai longitudinali e dei telai trasversali, attraverso una schematizzazione ad elementi finiti bidimensionali;
- il calcolo della robustezza globale, attraverso una schematizzazione come trave bidimensionale.

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 7
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

Tali analisi propedeutiche hanno permesso di definire i componenti strutturali e costituiscono la base per gli ulteriori sviluppi e calcoli progettuali condotti sul modello 3D dell'intera paratoia e sono un utile elemento di confronto e validazione delle successive analisi.

I calcoli di predimensionamento forniscono inoltre i parametri per la verifica dell'instabilità elastica di fasciami e rinforzi, riportata nel documento MV078P-PE-CAR-2008.

 TECNOLOGIA	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 8
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

2. RIFERIMENTI

Per una descrizione completa delle paratoie, del loro funzionamento e delle caratteristiche delle strutture e degli allestimenti si rimanda a:

Rif. /A/	MV078P-PE-CAR-2000	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – RELAZIONE TECNICA GENERALE
-------------	--------------------	--

I calcoli e le verifiche strutturali finali sono condotti su modelli di calcolo tridimensionali, per tutte le condizioni di carico sopra menzionate, e sono oggetto di relazioni tecniche specifiche, elencate nella tabella seguente.

Rif.	CODICE DOCUMENTO	TITOLO - RELAZIONI
/B/	MV078P-PE-CAR-2002	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D – CONDIZIONE DI ESERCIZIO – SENZA ONDA – RELAZIONE DI CALCOLO
/C/	MV078P-PE-CAR-2003	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D – CONDIZIONE DI ESERCIZIO – CAVO ONDA – RELAZIONE DI CALCOLO
/D/	MV078P-PE-CAR-2004	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D – CONDIZIONE DI ESERCIZIO – CRESTA ONDA – RELAZIONE DI CALCOLO
/E/	MV078P-PE-CAR-2005	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D – CONDIZIONE DI ESERCIZIO – SOVRAPPRESSIONE – RELAZIONE DI CALCOLO
/F/	MV078P-PE-CAR-2006	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D – CONDIZIONE DI RIPOSO SUL FONDO – RELAZIONE DI CALCOLO

Rif.	CODICE DOCUMENTO	TITOLO - RELAZIONI
/G/	MV078P-PE-CAR-2007	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D – PARATOIA IN SOLLEVAMENTO E TRASPORTO – RELAZIONE DI CALCOLO
/H/	MV078P-PE-CAR-2008	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – VERIFICHE STRUTTURALI – INSTABILITA' ELASTICA FASCIAMI E RINFORZI – RELAZIONE DI CALCOLO
/I/	MV078P-PE-CAR-2009	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – VERIFICHE STRUTTURALI – URTO NATANTE ED OGGETTI ALLA DERIVA – RELAZIONE DI CALCOLO
/L/	MV078P-PE-CAR-2011	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – ANALISI DELL'AFFONDAMENTO DELLA PARATOIA – RELAZIONE DI CALCOLO
/M/	MV078P-PE-CAR-2012	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D – CONDIZIONE DI AFFONDAMENTO – RELAZIONE DI CALCOLO
/N/	MV078P-PE-CAR-2016	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – SISTEMA DI ALLOGGIAMENTO E TRATTENIMENTO SNODO – RELAZIONE DI CALCOLO
/O/	MV078P-PE-CAR-2020	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D – PARATOIA IN APPOGGIO A TERRA – RELAZIONE DI CALCOLO
/P/	MV078P-PE-CAR-2021	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – MODELLO PARZIALE DI UNA PARATOIA PER VERIFICHE LOCALI DELLA PINNA

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 10
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

I disegni del progetto esecutivo richiamati nella presente relazione sono riportati nella tabella successiva:

Rif.	CODICE DOCUMENTO	TITOLO - DISEGNI
/1/	MV078P-PE-CAD-2007	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – ASSIEME STRUTTURALE
/2/	MV078P-PE-CAD-2010	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – STRUTTURA PRINCIPALE – FASCIAME SUPERIORE
/3/	MV078P-PE-CAD-2011	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – STRUTTURA PRINCIPALE – FASCIAME INFERIORE
/4/	MV078P-PE-CAD-2012	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – STRUTTURA PRINCIPALE – FASCIAME LATERALE
/5/	MV078P-PE-CAD-2013	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – STRUTTURA PRINCIPALE – FASCIAME FRONTALE E POSTERIORE
/6/	MV078P-PE-CAD-2020	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – STRUTTURA PRINCIPALE – PARATIA LONGITUDINALE IN ASSE CERNIERA
/7/	MV078P-PE-CAD-2030	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – STRUTTURA PRINCIPALE – LINEA DI PUNTELLATURA TAV. 1
/8/	MV078P-PE-CAD-2031	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – STRUTTURA PRINCIPALE – LINEA DI PUNTELLATURA TAV. 2
/9/	MV078P-PE-CAD-2032	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – STRUTTURA PRINCIPALE – DETTAGLI PUNTELLATURE TAV. 1
/10/	MV078P-PE-CAD-2033	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – STRUTTURA PRINCIPALE – DETTAGLI PUNTELLATURE TAV. 2
/11/	MV078P-PE-CAD-2040	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – STRUTTURA PRINCIPALE – SEZIONI TRASVERSALI ORDINARIE
/12/	MV078P-PE-CAD-2041	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – STRUTTURA PRINCIPALE – SEZIONE LONGITUDINALE ORDINARIA

Rif.	CODICE DOCUMENTO	TITOLO - DISEGNI
/13/	MV078P-PE-CAD-2042	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – STRUTTURA PRINCIPALE – SEZIONE ORIZZONTALE ORDINARIA
/14/	MV078P-PE-CAD-2050	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – STRUTTURA PRINCIPALE – SEZIONE TRASVERSALE N. 2
/15/	MV078P-PE-CAD-2051	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – STRUTTURA PRINCIPALE – SEZIONE TRASVERSALE N. 3
/16/	MV078P-PE-CAD-2052	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – STRUTTURA PRINCIPALE – SEZIONE TRASVERSALE N. 4
/17/	MV078P-PE-CAD-2053	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – STRUTTURA PRINCIPALE – SEZIONE TRASVERSALE N. 5
/18/	MV078P-PE-CAD-2054	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – STRUTTURA PRINCIPALE – SEZIONE TRASVERSALE N. 6
/19/	MV078P-PE-CAD-2055	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – STRUTTURA PRINCIPALE – SEZIONE TRASVERSALE N. 7
/20/	MV078P-PE-CAD-2056	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – STRUTTURA PRINCIPALE – SEZIONE TRASVERSALE N. 8
/21/	MV078P-PE-CAD-2057	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – STRUTTURA PRINCIPALE – SEZIONE TRASVERSALE N. 9
/22/	MV078P-PE-CAD-2058	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – STRUTTURA PRINCIPALE – SEZIONE TRASVERSALE N. 10
/23/	MV078P-PE-CAD-2200	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – PIANO GENERALE TAV. 1
/24/	MV078P-PE-CAD-2201	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – PIANO GENERALE TAV. 2
/25/	MV078P-PE-CAD-2070	Bocca di Chioggia – Paratoie e connettori – Paratoie – STRUTTURA PRINCIPALE – DETTAGLI INTERFACCIA CERNIERE TAV. 1
/26/	MV078P-PE-CAD-2205	Bocca di Lido S. Nicolò – Paratoie e Connettori – Paratoie – SCHEMI DI SUPPORTAZIONE – TAV. 1
/27/	MV078P-PE-CAD-2206	Bocca di Lido S. Nicolò – Paratoie e Connettori – Paratoie – SCHEMI DI SUPPORTAZIONE – TAV. 2

 PROGETTA	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 12
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

Rif.	CODICE DOCUMENTO	TITOLO - DISEGNI
/28/	MV078P-PE-CAD-2080	Bocca di Chioggia - Paratoie e Connettori - Paratoie - STRUTTURA PRINCIPALE - SUPPORTI AMMORTIZZATORI - ASSIEME
/29/	MV078P-PE-CAD-2081	Bocca di Chioggia - Paratoie e Connettori - Paratoie - STRUTTURA PRINCIPALE - SUPPORTI AMMORTIZZATORI - DETTAGLI

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 13
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

3. DESCRIZIONE DELLA PARATOIA

3.1. Tipologia strutturale e dimensioni

La struttura è costituita da fasciami in lamiera supportati e irrigiditi da elementi strutturali secondari, detti correnti e realizzati con profilati a bulbo, sostenuti a loro volta da telai trasversali, detti ossature rinforzate, realizzati con travi composte e raccordate con squadre d'angolo.

Le travi rinforzate trasversali sono sostenute da tre linee di puntellatura longitudinali: due in corrispondenza degli elementi strutturali relativi alle cerniere, realizzate con una paratia forata, e una centrale realizzata con puntelli.

I fasciami frontale e posteriore sono irrigiditi e sostenuti da elementi di rinforzo verticali, realizzati con profili a bulbo, con le estremità collegate con squadre ai corrispondenti correnti superiore e inferiore.

I correnti dei fasciami laterali sono collegati con squadre al primo corrente verticale dei fasciami frontale e posteriore.

I correnti longitudinali e verticali sono disposti con un intervallo d'ossatura tipico di 625 mm.

I telai trasversali rinforzati e i relativi elementi di puntellatura sono disposti a intervalli di 2000/2500 mm.

I correnti non vengono interrotti in corrispondenza di ogni telaio trasversale, ma sono continui attraverso intagli, di geometria opportuna, nell'anima delle travi rinforzate mantenendo il collegamento con l'anima stessa.

Le paratie longitudinali laterali sono opportunamente rinforzate in corrispondenza dei fori per i perni dei gruppi cerniera-connettore e dei punti di aggancio dei dispositivi per il sollevamento della paratoia.

Le strutture di supporto degli appoggi elastici sono modellate, mentre i supporti elastici sono in genere considerati carichi applicati (quando presenti) o trattati come vincoli quando richiesto (analisi a riposo sul fondo e analisi di abbattimento).

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 14
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

La paratoia è leggermente rastremata sui fianchi, da circa un terzo della lunghezza fino alla punta, mediante deviazione dei fasciami laterali, fino a un massimo di 30 mm per lato; l'entità della riduzione è irrilevante ai fini delle verifiche.

Le caratteristiche geometriche principali della paratoia di Chioggia sono:

- lunghezza totale 27,30 [m]
- lunghezza da asse cerniere 26,65 [m]
- larghezza massima 19,92 [m]
- larghezza in punta 19,86 [m]
- lunghezza rastremazione (dalla punta) 16,85 [m]
- altezza 5,00 [m]
- distanza asse cerniere da superficie superiore 0,80 [m]

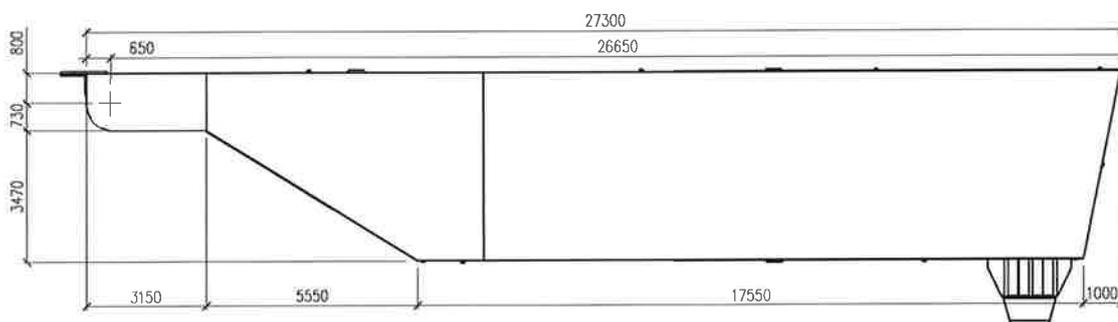


FIG. 3.1 – PARATOIA – VISTA LATERALE

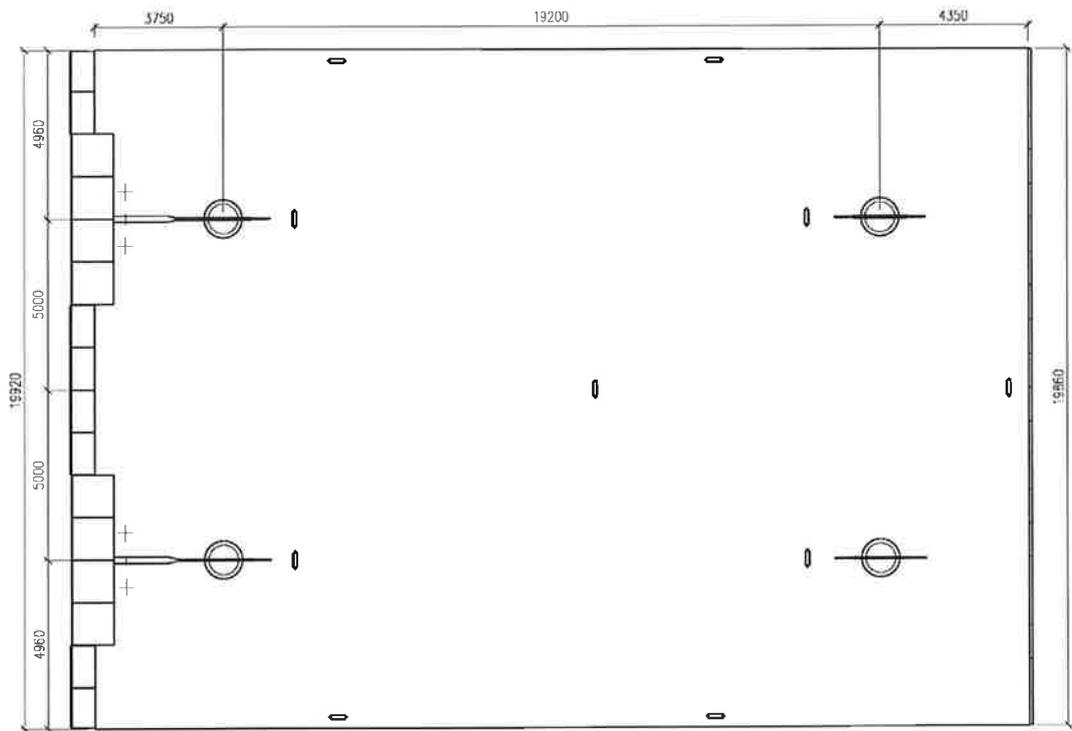


FIG. 3.2 – PARATOIA – ESTRADOSSO

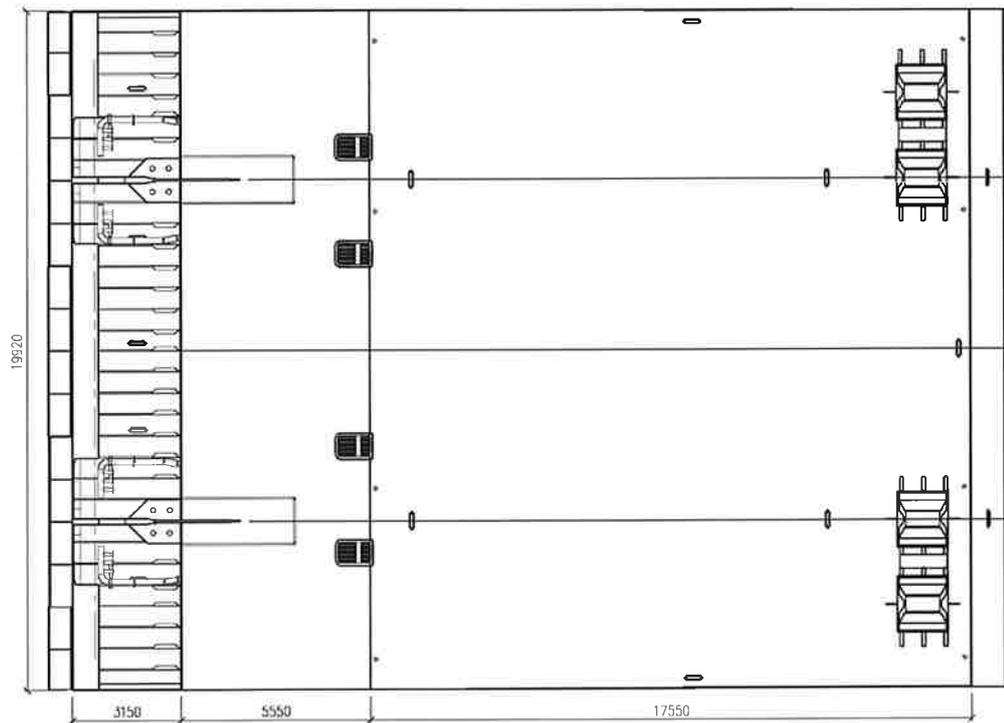
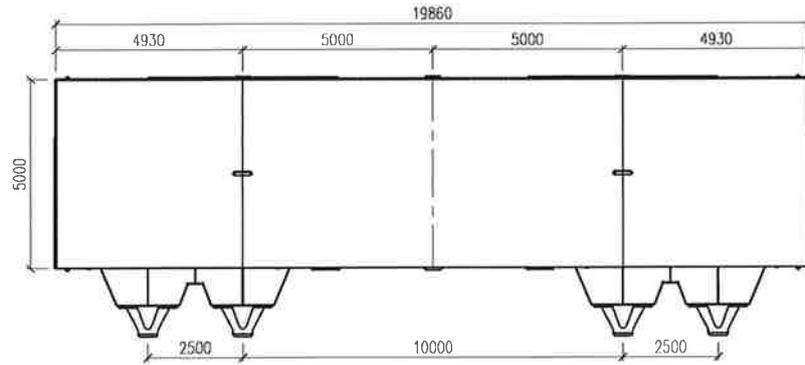
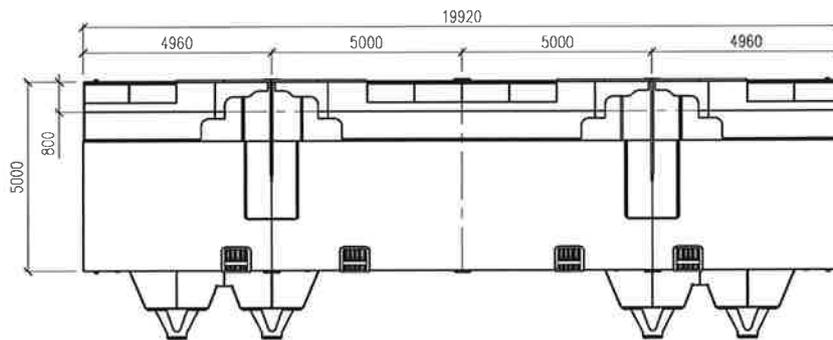


FIG. 3.3 – PARATOIA - INTRADOSSO

 REGENTRA	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 16
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

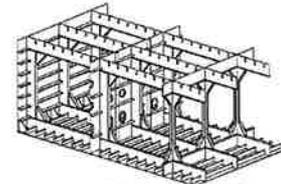
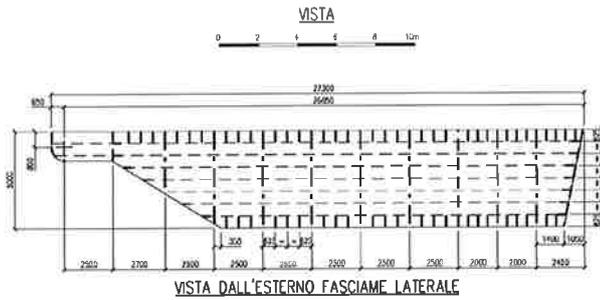


VISTA FRONTALE

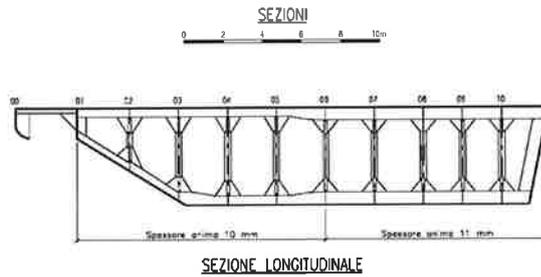
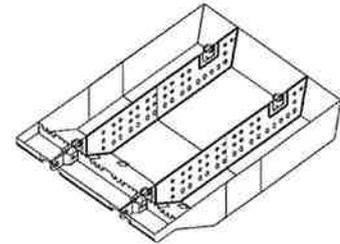
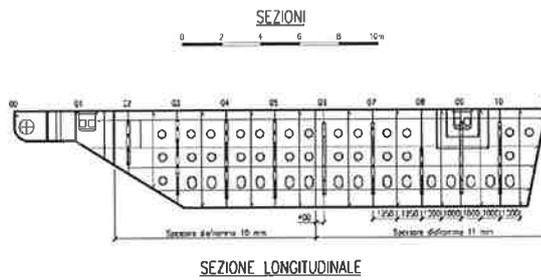


VISTA POSTERIORE

FIG. 3.4 – PARATOIA – VISTE FRONTALE E POSTERIORE



SCHEMA TIPOLOGIA STRUTTURA



SEZIONE B-B

FIG. 3.5 – PARATOIA – SEZIONI LONGITUDINALI TIPICHE

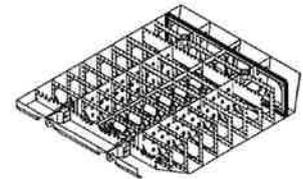
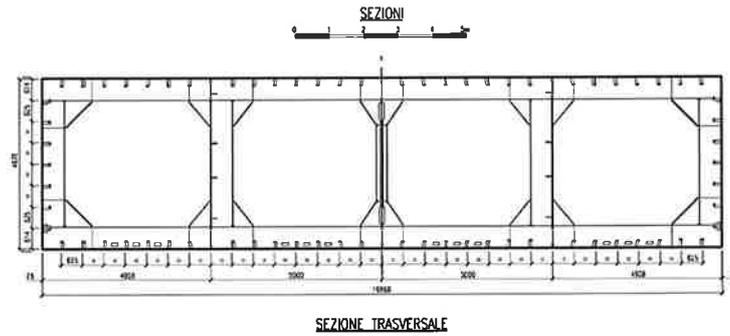
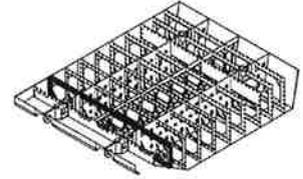
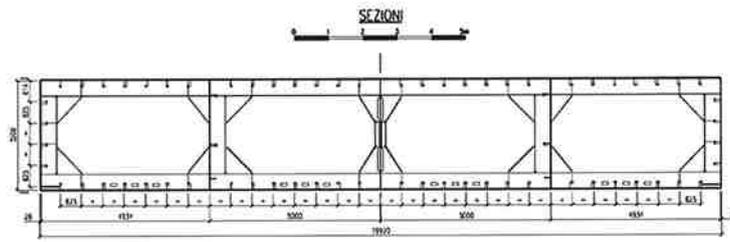


FIG. 3.6 – PARATOIA – SEZIONI TRASVERSALI TIPICHE

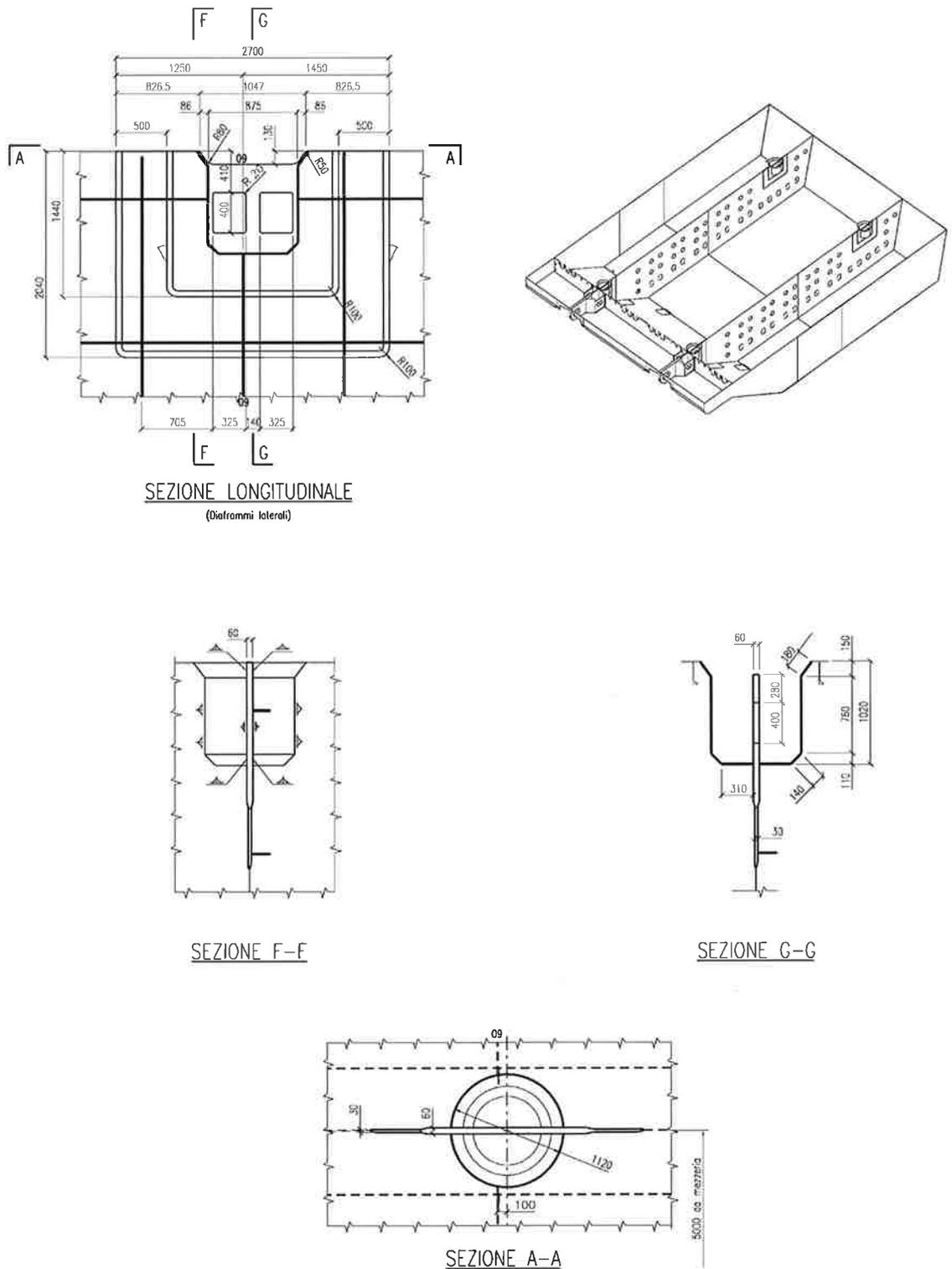
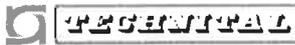


FIG. 3.7 – DETTAGLI DEI RICETTACOLI PER I DISPOSITIVI DI AGGANCIO (TWIST LOCK)

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 20
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

3.2. Classi strutturali

Gli elementi strutturali sono state suddivisi in classi (a-b-c-d-e), per ciascuna delle quali sono stati definiti i materiali, le classi di saldatura, il tipo, l'estensione e l'accettabilità dei controlli considerati, in funzione anche dello spessore.

Classe Elemento	Definizione
a	Elementi strutturali essenziali per la sicurezza della struttura, con bassa ridondanza strutturale, forma complessa e concentrazione delle tensioni non facilmente prevedibile: Elementi con spessore > 40 mm nei complessi interfaccia cerniere e punti di sospensiva.
b	Elementi strutturali essenziali per la sicurezza globale della struttura: Elementi con spessore ≤ 40 mm nei complessi interfaccia cerniere e punti di sospensiva; Lamiere e piatti costituenti le paratie longitudinali in asse cerniera.
c	Elementi strutturali essenziali per la sicurezza globale della struttura, di geometria semplice: Lamiere del fasciame; Lamiere e piatti costituenti i telai trasversali di irrigidimento e la linea di puntellatura centrale; Lamiere e piatti costituenti i supporti dei parabordi; Lamiere e piatti non compresi nelle classi "a" e "b".
d	Elementi strutturali significativi per la sicurezza locale della struttura: Profilati a bulbo e altri elementi strutturali non rientranti nelle classi "a", "b" e "c"; tubi per aria compressa
e	Elementi strutturali non importanti ed elementi non strutturali.

Le seguenti figure riportano schematicamente la suddivisione delle strutture della paratoia in classi strutturali.

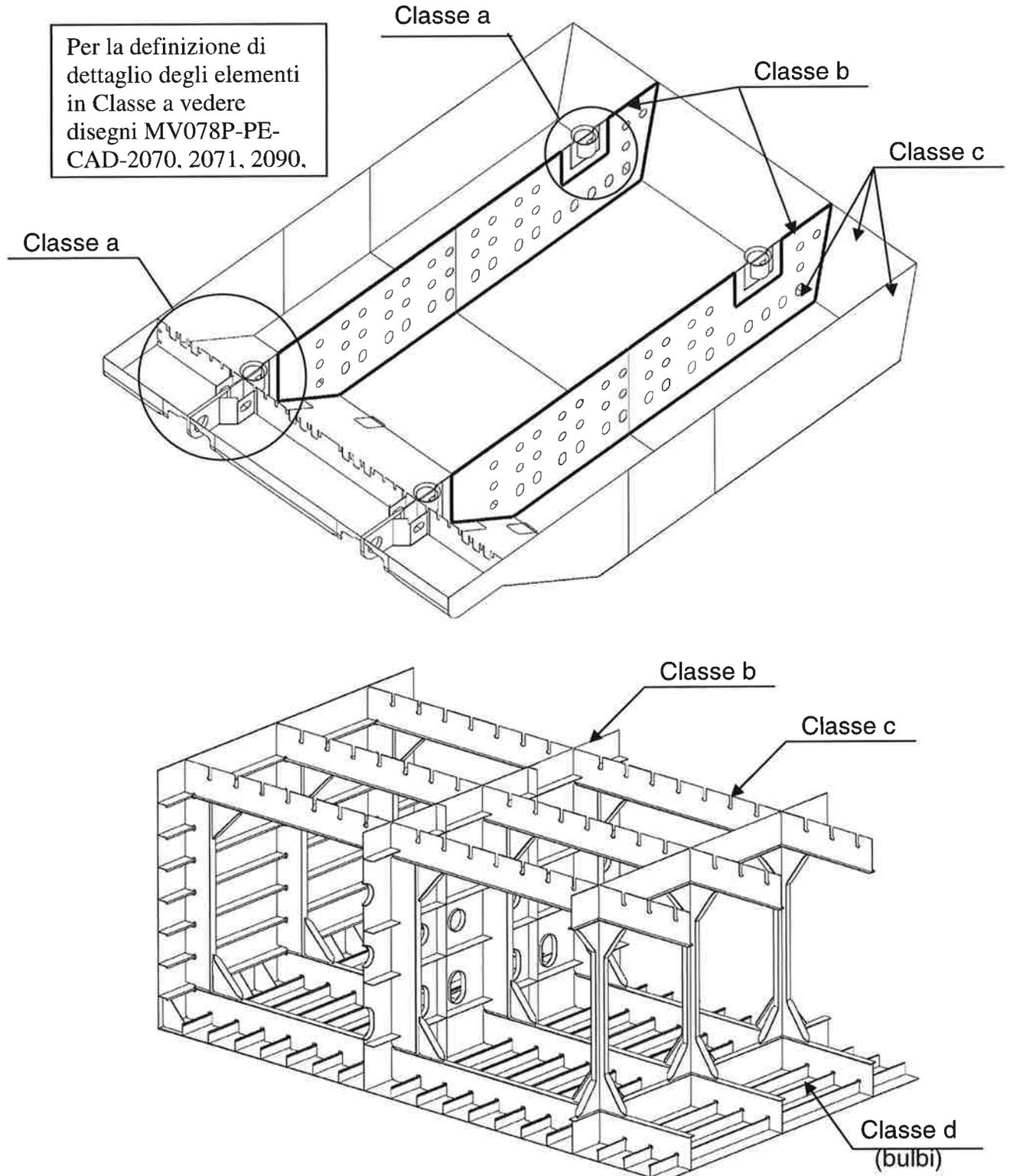


FIG. 3.8 - CLASSI STRUTTURALI

3.3. Peso della paratoia

Nella tabella seguente vengono riportati i pesi e i baricentri dei pesi relativi alla paratoia allestita e presenti nei calcoli finali effettuati. Si può notare che rimane sostanzialmente invariato rispetto a quello assunto nei calcoli di predimensionamento (differenza <2%).

Descrizione	Peso (N)	LCG (m)	VCG (m)
Peso Paratoia (calcolato)			
Struttura			
Acciaio a spessore lordo	2.358.855	14,392	-1,325
Supporti ammortizzatori	52.196	24,193	-4,817
sub totale	2.411.051	14,604	-1,401
Saldature 2%	48.221	14,604	-1,401
Margine 5%	122.964	14,604	-1,401
TOTALE STRUTTURA	2.582.236	14,604	-1,401
Allestimenti			
Tubature, supporti e altri allestimenti	76.315	14,078	-1,780
Anodi e loro supporti	29.033	15,138	-1,236
Pittura	17.398	14,219	-1,379
Appoggi elastici (ammortizzatori)	42.330	24,175	-5,547
Tenute parziali (alette di gomma)	34.875	0,586	0,740
Strumentazione	5.101	5,100	-1,200
sub totale	205.052	13,806	-2,004
Margine 5%	10.253	13,806	-2,004
TOTALE ALLESTIMENTI	215.305	13,806	-2,004
TOTALE PESO PARATOIA (calcolato)	2.797.541	14,543	-1,447
Connettori	220.000	0,000	0,000
TOTALE PESO PARAOIA + CONNETTORI (calcolato)	3.017.541	13,483	-1,342

TAB. 3.1 – PESO PROPRIO PARATOIA ALLESTITA

Le coordinate del CoG (Centro di Gravità) sono riferite al sistema globale, con origine sulla mezzeria dell'asse congiungente i centri delle due cerniere riportato nella figura sottostante.

LCG = Longitudinale Centro di Gravità (coordinata X);

VCG = Verticale Centro di Gravità (coordinata Z).

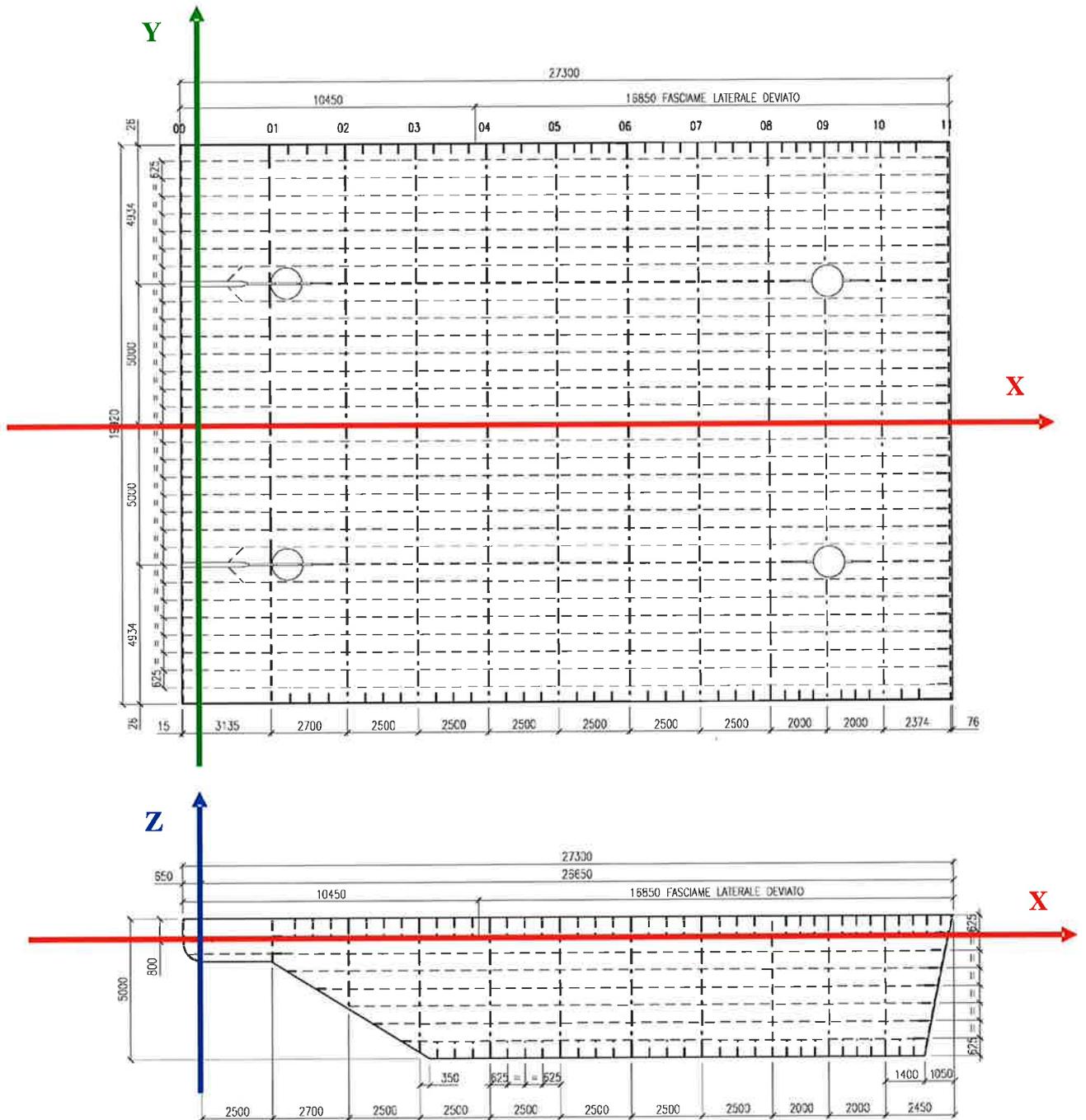


FIG. 3.9 – POSIZIONE SISTEMA DI RIFERIMENTO GLOBALE DEL MODELLO IN PIANTA E ALZATO

 INFRASTRUTTURE	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 24
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

4. CRITERI GENERALI DI PROGETTO

4.1. Criteri di calcolo e modellazione

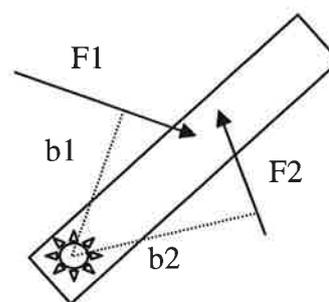
Per la scelta dei criteri di calcolo, e quindi delle normative di riferimento, occorre considerare che un elemento come le paratoie non ricade in nessuna delle normative vigenti, per la coesistenza di una tipologia, di condizioni di esercizio e di carichi da considerare che non sono ascrivibili a nessuna struttura di uso comune e regolamentato.

Si tratta infatti di una costruzione di tipo navale (fasciami con irrigidimenti longitudinali e trasversali), ma non di uno scafo soggetto ai carichi derivanti dalla navigazione e dal galleggiamento.

La paratoia non è una struttura di tipo civile o industriale che possa ricadere nelle NT 2008, sia per tipo di struttura sia per modalità e tipo di carico.

Il tipo di carichi, in particolare le pressioni dell'aria e dell'acqua, e le derivanti condizioni di equilibrio non corrispondono infatti a condizioni statiche di equilibrio stabile, cui possano applicarsi fattori di amplificazione, in particolare se i fattori di amplificazione sono diversificati per i carichi di una stessa condizione, in quanto comporterebbero la perdita dell'equilibrio nella configurazione esaminata o il raggiungimento dell'equilibrio in una situazione non più corrispondente alla condizione che si intende verificare.

Infatti, nelle condizioni di esercizio la paratoia si presenta come una struttura labile: un corpo vincolato attraverso i due connettori, che determinano un asse di rotazione trasversale, e soggetto ad un sistema di carichi equilibrati in modo che il momento attorno all'asse di rotazione sia nullo. $M = F_1 b_1 + F_2 b_2 + \dots = \sum F_i b_i = 0$



Data una condizione di marea e dislivello d'onda, si calcolano la pressione dell'aria e il livello dell'acqua all'interno della paratoia che garantiscono tale equilibrio, tenuto conto del peso della paratoia e della sua geometria. I carichi risultanti dall'equilibrio sono applicati alla paratoia per la verifica delle sollecitazioni.

 TECNOITAL	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 25
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

Fin dall'epoca del Progetto di Massima e Definitivo, sono stati individuati criteri che permettessero di tener conto di queste peculiarità, attingendo dove possibile da riferimenti normativi applicabili, seppure parzialmente, ma consolidati.

A motivo dell'esigenza di considerare condizioni di equilibrio prefissate e non stabili, si è ritenuto più realistico fare riferimento ai criteri basati sulle tensioni ammissibili, che non comportano modifiche disomogenee dell'entità dei carichi. Tale possibilità può trovare riscontro nel D.M. 2008, laddove (paragrafo 2.7) tale criterio è ammesso per costruzioni di tipo 1 e 2, classe d'uso I (presenza occasionale di persone) e II, siti ricadenti in zona 4.

Nel caso in esame, infatti:

- il tipo 2, comprende dighe di importanza normale e l'entità del dislivello imposto alla barriera può far ritenere la paratoia assimilabile a questa tipologia, che prevede vita utile maggiore o uguale a 50 anni;
- la classe I è adeguata (e si noti che la presenza di persone all'interno è possibile solo in caso di manutenzione, con la paratoia a terra soggetta al solo peso proprio);
- Venezia ricade nella zona sismica 4.

Il D.M. 2008 prescrive poi che si debbano applicare per materiali e azioni le prescrizioni dello stesso.

Per i **materiali** delle paratoia si sono quindi adottate le identificazioni degli Eurocodici, mentre per le **azioni** specifiche e dimensionanti, la norma non fornisce elementi e le azioni sono state pertanto definite sulla base dei fenomeni in gioco e delle azioni derivanti su base fisica.

Inoltre, per tener conto delle indicazioni delle NT 2008 (capitolo 11.3.4) e degli Eurocodici (UNI EN 10025-2, prospetto 7), le caratteristiche di resistenza dei materiali sono state ridotte in funzione dello spessore, come descritto nel successivo paragrafo 4.3 e nelle relazioni di calcolo, in quanto tale riduzione non è prevista dalle Norme R.I.Na.

Si è ritenuto opportuno sviluppare l'analisi strutturale finale con un **modello** di calcolo agli elementi finiti dell'intera paratoia, che consentisse una accurata descrizione dei singoli elementi costituenti la paratoia. Il modello è descritto in

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 26
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

dettaglio nelle relazioni di calcolo e le sue principali caratteristiche sono illustrate in /A/.

Per modellare e verificare gli elementi si è fatto riferimento ad una Guida del R.I.Na. applicabile al caso in esame per tipo di struttura (per la quale dà i livelli e i criteri di schematizzazione nel modello) e per criterio di analisi (tensioni ammissibili): “Guida relativa ai criteri per la verifica mediante calcolo diretto della robustezza strutturale dello scafo delle navi”, pubblicata nel 1992. Tale Guida e non è attualmente in vigore, in quanto R.I.Na. ha adottato nel Regolamento il criterio di verifica agli stati limite ultimi, ma è comunque un riferimento normativo che ha avuto applicazione per la tipologia e per i criteri di nostro interesse e che non è stato sostituito da altre normative vigenti ad esso equivalenti.

Nel progetto delle paratoie, il Regolamento R.I.Na. è mantenuto come riferimento per la definizione del coefficiente K del materiale e degli spessori di corrosione e per la schematizzazione dei bulbi, che però è stata affinata per una più accurata rappresentazione degli elementi nel modello. Per questi aspetti il Regolamento non è cambiato negli ultimi anni e si intende riferito quello in vigore al momento del progetto (2013).

I criteri adottati sono stati applicati a tutte le analisi strutturali svolte, anche in fase di predimensionamento.

4.2. Normative di riferimento per il calcolo

Le **normative** di riferimento generali per la progettazione strutturale, in base alle considerazioni del precedente paragrafo, sono quindi:

- per la scelta dei criteri di verifica e la definizione dei materiali
 - √ NTC 2008 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” Decreto Ministero Infrastrutture del 14/01/2008
- per i criteri di modellazione e di verifica
 - √ R.I.Na. "Guida relativa ai criteri per la verifica mediante calcolo diretto della robustezza strutturale dello scafo delle navi", 1992

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 27
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

- per la definizione delle tensioni ammissibili e dei sovra-spessori di corrosione e, parzialmente, per la schematizzazione dei bulbi:

√ R.I.Na. "Regolamento per la classificazione delle navi", 2013

- per la definizione delle tensioni ammissibili in funzione dello spessore delle lamiere:

√ UNI EN 10025-2:2005 "Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura"

Nelle relazioni sono inoltre riportate altre due norme specifiche per il calcolo riportato nelle relazioni:

- per l'analisi della instabilità elastica, nel documento MV078P-PE-CAR-2008:

√ DNV "Rules for Ships" Pt. 3, Ch 1, Sec 13 "Buckling control", citata e utilizzata solo per la verifica dei pannelli forati, che non sono trattati dal RINA;

- per il calcolo degli anodi, nel documento MV078P-PE-CAR-2010:

√ DNV RP B401 "Cathodic Protection Design", che è la normativa abitualmente utilizzata in campo offshore e di riferimento per l'intero progetto.

Per l'elenco delle principali normative richiamate nel progetto si veda MV078P-PE-CAR-2000 e per ulteriori indicazioni si vedano le specifiche e le relazioni di calcolo.

Per quanto riguarda le **specifiche** di materiali, componenti e saldature, con riferimento alle loro caratteristiche, alla esecuzione e costruzione, ai controlli, ai criteri e livelli di accettabilità, si è provveduto nella specifica MV078P-PE-CAS-2001 a indicare requisiti e controlli puntuali appropriati al caso. In relazione alla scelta di identificare i materiali secondo le norme UNI, anche per le relative specifiche si fa principalmente riferimento alle norme UNI, mentre il Regolamento R.I.Na. è mantenuto come riferimento solo per le prove di pressatura: si veda il capitolo 5 della specifica, dove si riportano i riferimenti puntuali del regolamento, integrati con indicazioni specifiche.

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 28
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

4.3. Materiali

La paratoia è realizzata con struttura totalmente saldata utilizzando, in funzione della classe strutturale e dello spessore dei componenti, i seguenti materiali:

elementi	classe	spessore	materiale	norma
lamiere e piatti	a	>40 mm	S355K2	UNI EN 10025-1 UNI EN 10025-2 UNI EN 10164
lamiere e piatti	b	>20 mm e ≤40 mm	S275J2	UNI EN 10025-1 UNI EN 10025-2
lamiere, piatti, ferri a bulbo, profilati, ecc.	b - c d - e	≤20 mm	S275J0	UNI EN 10025-1 UNI EN 10025-2
lamiere, piatti, profilati, ecc.	e	≤16 mm	S235JR	UNI EN 10025-1 UNI EN 10025-2
tubi aria compressa	d	-	P235TR1	UNI EN 10216

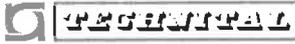
TAB. 4.1 - DESIGNAZIONE DEI MATERIALI

con le seguenti caratteristiche di resistenza (limitatamente agli spessori utilizzati):

Acciaio	Tensione di Snervamento f_y (MPa) [Carico unitario minimo di snervamento R_{eH}]					Tensione di Rottura f_u (MPa) [Resistenza a trazione R_m]	
	$t \leq 16$ mm	16 mm < $t \leq$ 40 mm	40 mm < $t \leq$ 63 mm	100 mm < t ≤ 150 mm	150 mm < t ≤ 200 mm	3 mm < $t \leq$ 100 mm	100 mm < t ≤ 250 mm
S355K2	-	-	335	-	285	470 ÷ 630	450 ÷ 600
S275J2	-	265	-	-	-	410 ÷ 560	-
S275J0	275	265	-	-	-	410 ÷ 560	-
S235JR	235	-	-	-	-	360 ÷ 510	-
P235TR1	235	-	-	-	-	360 ÷ 500	-

TAB. 4.2 - CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI

I requisiti completi per i materiali e la costruzione sono riportati nella specifica:

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 29
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

- MV078P-PE-CAS-2001 Specifica Tecnica – Materiali, fabbricazione e controlli

Per tutti gli acciai strutturali vengono applicate le seguenti proprietà elastiche previste dalle norme:

$$\begin{aligned}
 E &= 206000 \text{ N/mm}^2 && \text{modulo di elasticità} \\
 G &= 80000 \text{ N/mm}^2 && \text{modulo di taglio} \\
 \nu &= 0.3 && \text{modulo di Poisson} \\
 \rho &= 7850 \text{ kg/m}^3 && \text{densità di massa} \\
 \alpha &= 12 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} && \text{coefficiente di espansione termica}
 \end{aligned}$$

4.4. Tensioni ammissibili

Le verifiche strutturali sono condotte con riferimento alla Guida e al Regolamento R.I.Na. citati, con ulteriori prescrizioni relative alle caratteristiche di resistenza, in ottemperanza alle indicazioni delle NTC 2008 e UNI EN 10025-2, come precisato ai paragrafi precedenti.

La definizione delle tensioni ammissibili è riportata in:

- R.I.Na. "Guida relativa ai criteri per la verifica mediante calcolo diretto della robustezza strutturale dello scafo delle navi", 1992

Al paragrafo 4.2, la tensione ammissibile è definita dalla seguente espressione:

$$\sigma_{\text{amm}} = \frac{240}{K h} \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad \tau_{\text{amm}} = \frac{\sigma_{\text{amm}}}{\sqrt{3}} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

dove:

i coefficienti di sicurezza h da assumere sono:

h = 1,25 per le situazioni di carico combinate

h = 1,33 per le condizioni di pressatura

h = 1,55 per le situazioni di carico in acqua tranquilla

i coefficienti del materiale K sono definiti nel Regolamento R.I.Na., Parte B, Cap. 4, Sez.1, Tabella 2, sotto riportata, in funzione della tensione minima di snervamento R_{eH} .

ReH (N/mm ²)	k
235	1
315	0,78
355	0,72
390	0,70

Per valori intermedi di R_{eH} , K può essere ottenuto per interpolazione lineare, pertanto nel progetto per S275 si considera:

$$S275 \quad K = 0,89 = 1 - (1-0,78) \cdot (315-275)/(315-235)$$

Le tensioni ammissibili base di confronto per il progetto risultano pertanto:

coeff. sicurezza		h = 1,25		h = 1,33		h = 1,55	
ReH (N/mm ²)	k	σ_{amm} (N/mm ²)	τ_{amm} (N/mm ²)	σ_{amm} (N/mm ²)	τ_{amm} (N/mm ²)	σ_{amm} (N/mm ²)	τ_{amm} (N/mm ²)
275	0,89	216	125	203	117	174	100
355	0,72	267	154	251	145	215	124

TAB. 4.3 - TENSIONE AMMISSIBILE BASE IN ACCORDO A R.I.Na.

La tensione ammissibile deve risultare non inferiore alla tensione ideale calcolata con il criterio di von Mises in accordo alla seguente formula:

$$\sigma_{id} = \sqrt{0,5 \left[(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 \right] + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)}$$

Poiché il criterio del R.I.Na. non tiene conto del decadimento delle caratteristiche del materiale in funzione dello spessore, il valore della σ_{amm} viene ridotto in

proporzione al limite di snervamento riportato nel prospetto 7 della Norma UNI EN 10025-2:2005, che per i materiali di interesse indica:

Designazione acciaio	Carico unitario minimo di snervamento R_{eH} (N/mm ²) in funzione dello spessore nominale (mm)						
	≤16	>16 ≤40	>40 ≤63	>63 ≤80	>80 ≤100	>100 ≤150	>150 ≤200
S275J0,J2	275	265	255	245	235	225	215
S355K2	355	345	335	325	315	295	285

TAB. 4.4 - TENSIONE AMMISSIBILE IN FUNZIONE DELLO SPESSORE DELL'ELEMENTO SECONDO UNI EN 10025-2:2005, PROSPETTO 7

Le tensioni ammissibili di confronto risultano quindi come indicato nella seguente tabella.

Acciaio	h	Tensioni ammissibili (N/mm ²) in funzione dello spessore nominale (mm)						
		≤16	>16 ≤40	>40 ≤63	>63 ≤80	>80 ≤100	>100 ≤150	>150 ≤200
S275 J0,J2	1,25	216	208	200	192	184	177	169
S355K2		267	259	252	244	237	222	214
S275 J0,J2	1,33	203	195	188	181	173	166	159
S355K2		251	244	237	229	222	208	201
S275 J0,J2	1,55	174	168	161	155	149	142	136
S355K2		215	209	203	197	191	179	173

TAB. 4.5 - TENSIONE AMMISSIBILE IN FUNZIONE DELLO SPESSORE DELL'ELEMENTO

A titolo di esempio, la tensione ammissibile per la lamiera della paratia longitudinale di acciaio S355K2 e spessore 30 mm, per $h = 1,55$, risulta da:

$$\begin{aligned}\sigma_{amm} &= (R_{eH[30\text{ mm}]} / R_{eH[16\text{ mm}]}) * 240 / (K * h) \\ &= (345 / 355) * 240 / (0,72 * 1,55) = 209 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

I coefficienti di sicurezza e le relative tensioni di confronto adottati per le verifiche sono riportati nella successiva tabella.

Coeff. sicurezza	Material e	Tensioni ammissibili (N/mm ²) in funzione dello spessore nominale (mm)				Combinazioni di carico
		≤16	>16 ≤40	>40 ≤63	>150 ≤200	
h	Acciaio					
1,55	S275 J0,J2	174	168			condizioni di carico base
	S355K2			203	173	
1,25	S275 J0,J2	216	208			condizioni di carico combinate
	S355K2			252	214	
1,33	S275 J0,J2	203	195			condizioni con sovra-pressione
	S355K2			237	201	

TAB. 4.6 - COEFFICIENTI DI SICUREZZA PER LE VERIFICHE STRUTTURALI

Per condizioni di carico operative (o base) si intendono tutte le condizioni di carico permanente nelle diverse condizioni di vita della paratoia, ovvero la condizione di lavoro senza onda, le condizioni di riposo e di supporto a terra.

Per condizioni di carico combinate si intendono tutte le condizioni di carico in cui oltre ai carichi base (nelle diverse condizioni) si sommano i massimi carichi dovuti a condizioni transitorie (onde, carichi inerziali dovuti al trasporto e al moto di affondamento, urti di natante o sugli appoggi elastici).

Per condizione di pressatura si intende la condizione di carico in cui si ha la massima pressione possibile all'interno della paratoia (condizione di sovrappressione).

Si riportano nelle tabelle seguenti i valori di confronto per le verifiche tensionali dei componenti tipici, in funzione dei coefficienti di sicurezza utilizzati.

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 33
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

Funzione	posizione/elemento	spessore nominale (mm)	riduzione per corrosione (mm)	materiale	σ_{amm} h = 1,55 [N/mm ²]	σ_{amm} h = 1,33 [N/mm ²]	σ_{amm} h = 1,25 [N/mm ²]
Fasciami esterni	superiore	8-10-11	1,5	S275J0	174	203	216
	inferiore	8-10-11	1,5	S275J0	174	203	216
	laterale	8-10-11	1,5	S275J0	174	203	216
	posteriore	8-15	1,5	S275J0	174	203	216
	anteriore	11	1,5	S275J0	174	203	216
	ossatura 01	8	1,5	S275J0	174	203	216
	inferiore sotto pinna	20	1,5	S275J0	168	195	208
Fasciami interni (paratie longitudinali)	tipici (15 mm solo per irrigidimenti pinne)	10-11-15	2	S275J0	174	203	216
	irrigidimenti pinne	20	2	S275J0	168	195	208
	zone recessi twist lock	30	2	S275J2	168	195	208
	zone recessi twist lock	60	2	S355K2	203	237	252
	pinna	180	2	S355K2	173	201	214
Rinforzi ordinari	piatti di paratie longitudinali, diaframma telaio 08	11	2	S275J0	174	203	216
	piatti fasciame posteriore	12-15	1,5	S275J0	174	203	216
	ferri a bulbo di fasciami esterni	max Hp 300x11	2	S275J0	174	203	216
Squadre	spigoli	10	2	S275J0	174	203	216
Piatti rinforzo fori	paratie longitudinali	11	2	S275J0	174	203	216

TAB. 4.7 – TENSIONI DI CONFRONTO PER LE VERIFICHE TENSIONALI DEI FASCIAMI

Funzione	posizione/elemento	spessore nominale (mm)	riduzione per corrosione (mm)	materiale	σ_{amm} h = 1,55 [N/mm ²]	σ_{amm} h = 1,33 [N/mm ²]	σ_{amm} h = 1,25 [N/mm ²]
Telai rinforzati	ossatura 02	8-10 11	2	S275J0	174	203	216
	ossatura 03	8-10 12-13	2	S275J0	174	203	216
	ossatura 04	8-10 13	2	S275J0	174	203	216
	ossatura 05	8-10 13	2	S275J0	174	203	216
	ossatura 06	8-11 13	2	S275J0	174	203	216
	ossatura 07	8-11 13	2	S275J0	174	203	216
	ossatura 08	8-11 13	2	S275J0	174	203	216
	ossatura 09	8-11 13	2	S275J0	174	203	216
	ossatura 10	8-11 13	2	S275J0	174	203	216
	diaframma centrale	10-11 11-13	2	S275J0	174	203	216
Telaio ammortizzatori	ossatura 10	10	1	S275J0	174	203	216
		10	1	S275J0	174	203	216
		20	1	S275J0	168	195	208

TAB. 4.8 – TENSIONI DI CONFRONTO PER LE VERIFICHE TENSIONALI DEI TELAI

4.5. Sovra-spessore di corrosione

Le verifiche strutturali vengono eseguite al netto dei seguenti sovra-spessori di corrosione, da applicare su ogni lato di esposizione dell'elemento strutturale, con riferimento ai criteri del Registro Italiano Navale (R.I.Na.) riportati nel "Regolamento per la classificazione delle navi":

- *esposizione lato esterno paratoia* = 0.5 mm
- *esposizione lato interno paratoia* = 1.0 mm

I sovra-spessori di corrosione sono stabiliti con riferimento a RINa 2000, Pt B, Ch 4, sec 2, Table 2.

Per ogni elemento:

 TECNOITAL	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 35
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

- lato esterno 0,5 mm, assimilabile a “Altri locali, Mare ed aria esterni”,
- lato interno 1,0 mm, assimilabile a “Cisterne di zavorra”.

Pertanto, nelle situazioni ricorrenti (ref Tab. 4.7 e Tab. 4.8) si ha:

- per la lamiera del fasciame esterno si assume una riduzione di $0,5+1,0 = 1,5$ mm (una superficie esposta al mare una interna),
- per un piatto all’interno si assume una riduzione $1,0+1,0 = 2,0$ mm (le superfici sono entrambe all’interno),
- per i ferri a bulbo si assume una riduzione di $1,0+1,0 = 2,0$ mm (le superfici sono all’interno),
- per le lamiere della struttura di supporto parabordi si assume una riduzione di $0,5 + 0,5 = 1$ mm (le superfici sono esposte al mare su entrambi i lati).

4.6. Spessore minimo netto elementi strutturali

Spessore minimo R.I.Na. per unità prive di propulsione:

$$t_{\min N} = \max \left\{ \begin{array}{l} (4.1 + 0.060 L) K^{0.5} \\ 2.8 + 0.060 L \end{array} \right. \quad [\text{mm}]$$

dove:

$$K = \text{coefficiente materiale} = 0.890$$

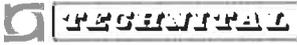
$$L = \text{lunghezza} = 29.55 \quad [\text{m}]$$

Per cui:

$$t_{\min N} = \max(5.5 ; 4.7) = 5.5 \quad [\text{mm}]$$

Gli spessori dei fasciami risultanti dal calcolo vengono arrotondati, sempre secondo il criterio R.I.Na., a 0.5 mm, trascurando le frazioni non superiori a 2 decimi ed elevando al mezzo millimetro le frazioni superiori a 2 decimi.

Per uniformità costruttiva, nello stabilire i dimensionamenti finali dei vari elementi strutturali, gli spessori dei fasciami vengono mantenuti costanti per vari tratti di paratoia compresi tra due sezioni trasversali.

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 36
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

4.7. Proporzioni geometriche delle travi

$$h_w \geq 2 \cdot h_i$$

$$\frac{1}{8} A_a \leq A_p \leq \frac{2}{3} A_a$$

dove:

- h_w = altezza anima
 h_i = altezza intaglio
 A_a = area lorda anima
 A_p = area lorda piattabanda

4.8. Instabilità elastica di fasciami e rinforzi

I criteri di verifica e le verifiche sono riportate in un documento specifico (Rif. /H/). Le tensioni di verifica sono quelle risultanti dai calcoli di predimensionamento riportati ai successivi capitoli di questa relazione.

4.9. Analisi di progetto

Per le condizioni operative di esercizio, temporanee e accidentali, definite per la paratoia ai successivi capitoli, sono state individuate le corrispondenti condizioni di carico sulla struttura da utilizzare nelle analisi di progetto.

Le analisi strutturali della paratoia sono state eseguite per mezzo di modelli di calcolo, con vari livelli di raffinamento della schematizzazione:

- analisi strutturali di pre-dimensionamento con modelli semplici a lastre (in questo documento);
- analisi strutturali a elementi finiti con modelli bidimensionali dei telai longitudinali e trasversali (in questo documento);
- analisi strutturale globale a elementi finiti degli elementi longitudinali e trasversali e verifica della stabilità elastica di fasciami e rinforzi ordinari (Rif. /H/);

 CONSORZIO VENEZIA NUOVA	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 37
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

- analisi strutturali a elementi finiti con modello completo 3D dell'intera paratoia (Rif. /B/, /C/, /D/, /E/, /F/, /G/, /I/, /M/, /O/);
- analisi strutturali a elementi finiti con modelli affinati 3D della pinna e del sistema di alloggiamento e trattenimento dello snodo (Rif. /N/ e /P/).

La definizione delle condizioni di equilibrio della paratoia in esercizio in presenza di dislivelli statici e dinamici e l'analisi del moto della paratoia durante l'affondamento sono state effettuate mediante programmi sviluppati ad hoc, per i quali si vedano la Relazione Tecnica Generale e le specifiche relazioni di calcolo.

 CONSORZIO VENEZIA NUOVA	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 38
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

5. CRITERI DI PROGETTO – CONDIZIONI DI ESERCIZIO

5.1. Considerazioni Generali

Per “Condizioni di Esercizio” si intendono quelle che si verificano quando le paratoie sono installate e funzionanti.

Le Condizioni di Esercizio si distinguono in:

- Condizioni Operative” si intendono quelle relative alle paratoie sollevate, quando la barriera è chiusa.
- “Condizioni a Riposo” corrispondono alla posizione della paratoia orizzontale nel recesso dei cassoni di alloggiamento, quando la barriera è aperta.

I Criteri di Progetto in esercizio sono basati sui Dislivelli di Progetto Statico e Quasi-Statico (Onda lunga) determinati dai requisiti funzionali e definiti in Rif. /A/, che rappresentano i massimi dislivelli nel quadro completo delle possibilità operative della paratoia.

Inoltre sono tenute in conto eventuali sovrappressioni interne alla paratoia legate ad errori di manovra (ref. par. 5.3.3).

Si tiene conto dell’onda di breve periodo nella verifica della paratoia in Condizioni di Riposo (ref. par. 5.4) e per l’effetto generato di forza trasversale in esercizio (ref. par. 8.7).

Ai fini della progettazione strutturale delle paratoie gli effetti locali dei carichi ambientali - dovuti a corrente e vento - sono in generale trascurabili (cfr. par. 5.6).

Le condizioni considerate nelle analisi di predimensionamento, riportate nei paragrafi seguenti per quanto concerne Fasciami, Correnti e per la Robustezza Longitudinale, sono:

- Equilivello, ossia dislivello mare/laguna +0 m (senza onda, con cavo onda e con cresta onda)
- dislivello mare/laguna +1 m (senza onda, con cavo onda e con cresta onda)
- dislivello mare/laguna +2 m (senza onda, con cavo onda e con cresta onda)

Il predimensionamento dei fasciami mostra che la condizione di dislivello

 REGENTRA	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 39
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

mare/laguna di +2.0 m è sempre quella che determina le pressioni massime all'esterno ed all'interno della paratoia e di conseguenza produce le sollecitazioni più elevate.

Tale condizione di dislivello risulta quindi quella dimensionante e, non essendo le condizioni di dislivello intermedie significative, i predimensionamenti dei correnti e delle ossature rinforzate e i dimensionamenti finali sul modello 3D (Rif. /B/, /C/, /D/) riguardano solo la condizione operativa di massimo dislivello mare/laguna di +2.0 m per le tre posizioni significative di onda lunga:

- dislivello mare/laguna 2 m (senza onda)
- dislivello mare/laguna 2 m (cavo onda)
- dislivello mare/laguna 2 m (cresta onda)

A queste condizioni si aggiungono nelle analisi finali la verifica con massimo dislivello e sovrappressione (Rif. /E/) e la verifica della paratoia a riposo (Rif. /F/).

5.2. Sintesi dei Carichi di Progetto in Esercizio

Si riassumono nella tabella seguente i dati di progetto fondamentali, come determinati e discussi nei paragrafi successivi.

I carichi agenti sulla paratoia in condizioni operative sono:

- Peso proprio (struttura e allestimenti);
- Peso fouling sul fasciame inferiore;
- Pressione acqua ed aria;
- Forza trasversale dovuta all'onda corta.

CONDIZIONI DI ESERCIZIO – PARATOIA OPERATIVA			
Cond.	Descrizione	Dislivello Statico	Dislivello Quasi Statico
E.1	100% Disliv. Statico di Progetto ± Dislivello Quasi Statico	200 cm	-70 cm ÷ +70 cm
E.2	50% Disliv. Statico di Progetto ± Dislivello Quasi Statico	100 cm	-70 cm ÷ +70 cm
E.3	0% Disliv. Statico di Progetto ± Dislivello Quasi Statico	-	-70 cm ÷ +70 cm
E.4	100% Disliv. Statico di Progetto + Sovra-pressione interna	200 cm	-

TAB. 5.1 – CONDIZIONI DI ESERCIZIO - DISLIVELLI

Cond.	Descrizione	Carichi Agenti
E.6b	100% Disliv. Statico di Progetto Onda corta	Peso paratoia allestita Peso fouling all'intradosso Dislivello statico 200 cm F trasversale 700 kN
E.6c	100% Disliv. Statico di Progetto +min Disliv. Quasi Statico (cavo) Onda corta	Peso paratoia allestita Peso fouling all'intradosso Dislivello statico 200-70 = 130 cm F trasversale 700 kN

TAB. 5.2 – CONDIZIONI DI ESERCIZIO – COMBINAZIONI CON FORZA TRASVERSALE

In tutte le condizioni di esercizio operative la paratoia è considerata vincolata in corrispondenza delle cerniere sferiche dei gruppi cerniera-connettore.

 PROGETTA	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 41
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

Al fini della progettazione strutturale le pressioni interne/esterne sulle superfici della paratoia sono involupate ai valori più significativi.

Nelle condizioni di esercizio a riposo, la paratoia è vincolata in corrispondenza dei connettori e dei supporti elastici e si considerano i carichi indicati nella tabella sottostante.

CONDIZIONI DI ESERCIZIO – PARATOIA A RIPOSO			
Cond.	Descrizione	Carichi Agenti	Vincoli
E.5	Riposo sul fondo	Peso Proprio paratoia Peso fouling Sovrappressione onda corta Variazione termica uniforme su tutti i componenti $\pm 15^{\circ}\text{C}$	Cerniere e appoggi elastici

TAB. 5.3 – CONDIZIONI DI ESERCIZIO – A RIPOSO SUL FONDO

 CONSORZIO VENEZIA NUOVA	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 42
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

5.3. Condizioni operative

5.3.1. Considerazioni Generali

Il funzionamento delle paratoie è basato su un'alternanza di svuotamento/riempimento di volumi d'aria e di corrispondente riempimento/svuotamento di volumi d'acqua.

In fase di sollevamento i compartimenti vengono svuotati d'acqua immettendo aria in pressione; viceversa la discesa verso gli alloggiamenti sul fondo è attuata sfiatando l'aria per consentire l'ingresso di acqua.

In generale, ogni posizione statica di lavoro è definita dai livelli in laguna e in mare.

La posizione di equilibrio è data da un angolo di assetto ed è raggiunta per mezzo di opportuni valori di riempimento/svuotamento dei volumi interni, parametri che definiscono a loro volta il livello interno dell'acqua nella paratoia e questo, associato al livello dell'acqua in laguna con cui la paratoia è in comunicazione libera attraverso i fori sul lato posteriore inclinato, definisce la pressione che deve avere l'aria accumulata nella parte alta della paratoia stessa.

Tutte le superfici della paratoia sono progettate tenendo conto della pressione cui sono effettivamente sottoposte e che deriva dalla differenza fra la pressione esterna, dovuta ai battenti idrostatici, e la pressione interna, dovuta alla pressione costante dell'aria nella parte alta più il battente idrostatico generato dall'acqua interna nella parte bassa.

Inoltre si considerano eventuali sovrappressioni dovute ad errori di manovra.

Al par. 5.3.2 sono stabiliti i dislivelli statici da utilizzarsi.

Le sovrappressioni dovute ad errori di manovra sono considerate al par. 5.3.3.

I carichi dimensionanti per la struttura della paratoia (fasciame, rinforzi, ossature rinforzate, ecc.) sono essenzialmente di natura statica, non sono quindi state considerate condizioni di fatica, in quanto gli unici carichi aventi carattere ciclico sono quelli relativi alle azioni dirette delle onde di breve periodo. Tali carichi, che sono di entità trascurabile rispetto ai carichi statici, hanno inoltre un'occorrenza non rilevante ai fini della vita a fatica dei materiali. I fenomeni di fatica sono invece stati considerati, in altra WBE, nella progettazione del gruppo cerniera-

 INFRASTRUTTURE E TRASPORTI	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 43
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

connettore, nel quale convergono tutte le sollecitazioni legate alle oscillazioni della paratoia.

Anche le condizioni di carico sismico non sono dimensionanti per la struttura della paratoia, in quanto l'occorrenza di un sisma è da associare alla posizione di paratoia a riposo, che è quella di gran lunga prevalente: in tale condizione la struttura della paratoia è in posizione adiacente al fondale e quindi non presenta fenomeni significativi di amplificazione dinamica delle accelerazioni sismiche, in ogni caso smorzati dagli appoggi elastici (parabordi) su cui poggia al lato verso laguna.

5.3.2. Manovre normali

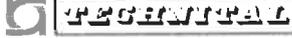
Un dislivello mare-laguna determina un sistema di pressioni interne ed esterne di carattere statico, generate dai battenti idrostatici e dalla pressione interna, dovuta a sua volta alla pressione costante dell'aria nella parte alta più il battente idrostatico generato dall'acqua interna nella parte bassa.

La configurazione di equilibrio che determina tale differenziale di pressioni dipende dal dislivello tra mare e laguna in esercizio.

I Dislivelli di Progetto definiscono i valori di pressioni interne/esterne corrispondenti alla posizione statica di lavoro in condizioni estreme.

Comunque, a causa del complesso assetto dei carichi esterni ed interni nella paratoia a seconda del dislivello operativo, la progettazione viene effettuata considerando sia i valori massimi di progetto sia diversi valori di dislivello inferiori, in modo da verificare la gamma di configurazioni possibili per mezzo un campionamento adeguato.

Pertanto si prendono in considerazioni le seguenti condizioni di dislivello, a partire dal livello lato laguna di +0,65 m l.m.m.:

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 44
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

Condizioni	Dislivello Statico	Dislivello Quasi-Statico	Descrizione
E.1	200 cm	-70 cm ÷ +70 cm	100% Dislivello Statico di Progetto ± Dislivello Quasi Statico
E.2	100 cm	-70 cm ÷ +70 cm	50% Dislivello Statico di Progetto ± Dislivello Quasi Statico
E.3	0	-70 cm ÷ +70 cm	0% Dislivello Statico di Progetto ± Dislivello Quasi Statico

Lo studio dettagliato dei parametri di pressione-aria e livello-acqua in paratoia è stato condotto in funzione delle diverse condizioni operative identificate sopra; i risultati sono riportati nel seguito.

Per una più dettagliata scansione dei diversi dislivelli possibili, la componente quasi-statica (onda lunga) è stata applicata dal minimo (-70 cm) al massimo (+70 cm) in passi di 10 cm.

Il seguente grafico riporta le curve che indicano la relazione fra dislivello statico e volume d'aria in normal metri cubi all'interno della paratoia in funzione dell'angolo di equilibrio (risultati del programma PARAT3, di cui in /A/).

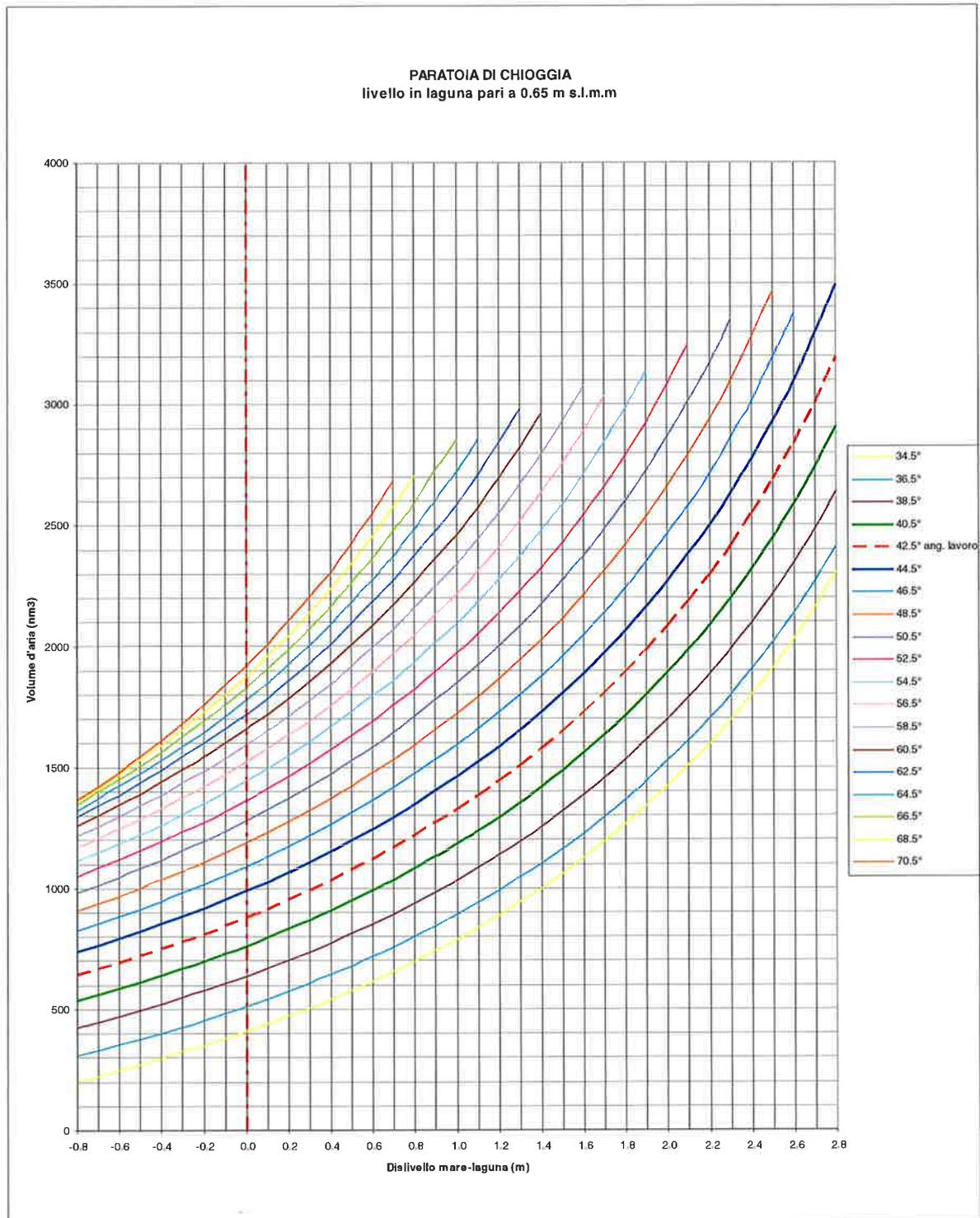


FIG. 5.1 – RELAZIONE FRA DISLIVELLO STATICO E VOLUME D'ARIA IN NORMALMETRI CUBI ALL'INTERNO DELLA PARATOIA PULITA IN FUNZIONE DELL'ANGOLO DI EQUILIBRIO

La valutazione delle condizioni di progetto in presenza di variazione di livello dovuto all'onda lunga nella bocca è poi stata effettuata utilizzando il programma di simulazione PARAT3.

Si è considerato che il sistema di regolazione dell'alimentazione e sfiato d'aria della paratoia non intervenga per le variazioni d'angolo d'assetto quasi statiche dovute all'effetto dell'onda lunga e che quindi all'interno della paratoia rimanga bloccata la massa d'aria immessa per mantenerla in posizione di equilibrio sotto l'effetto del dislivello statico e la paratoia raggiunga una nuova posizione di equilibrio (quasi statico) nella quale la pressione dell'aria all'interno sarà variata rispetto a quella iniziale in funzione del nuovo livello a cui si porta la superficie di separazione aria/acqua nella paratoia.

I valori significativi di tali pressioni e livelli, utilizzati per i calcoli di predimensionamento, sono riportati nella seguente tabella e sono quelli da cui si sono ricavati i diagrammi di pressione riportati nei paragrafi successivi.

I dislivelli quasi statici massimi indicati sono quelli per cui si ha ancora una condizione di affioramento della paratoia.

Condizioni	Dislivello Statico	Dislivello Quasi-Statico	Livello interno rispetto a laguna	Pressione aria	Angolo di equilibrio
E.1c	200 cm	-60 cm	-4,70 m	1,49 bar	50,33 °
E.1b	200 cm	0	-5,50 m	1,55 bar	42,50 °
E.1a	200 cm	+50 cm	-6,01 m	1,90 bar	37,90 °
E.2c	100 cm	-70 cm	-2,26 m	1,24 bar	48,58 °
E.2b	100 cm	0	-3,05 m	1,32 bar	42,49 °
E.2a	100 cm	+70 cm	-3,95 m	1,41 bar	36,93 °
E.3c	0	-70 cm	-0,65 m	1,08 bar	47,09 °
E.3b	0	0	-1,39 m	1,15 bar	42,74 °
E.3a	0	+70 cm	-2,17 m	1,23 bar	38,27 °

TAB. 5.4 – DISLIVELLI STATICI – CONDIZIONI DI EQUILIBRIO

5.3.3. Errori di manovra

Il dimensionamento strutturale delle paratoie tiene conto della possibilità che l'impianto di immissione dell'aria non venga fermato una volta raggiunto il grado di svuotamento richiesto e che quindi la cassa interna si svuoti completamente fino a quando l'aria inizi a gorgogliare dai fori di comunicazione con la laguna.

Il valore massimo di sovrappressione che si può raggiungere, prima che l'aria gorgogli dal fondo della paratoia, dipende dalla configurazione specifica della paratoia.

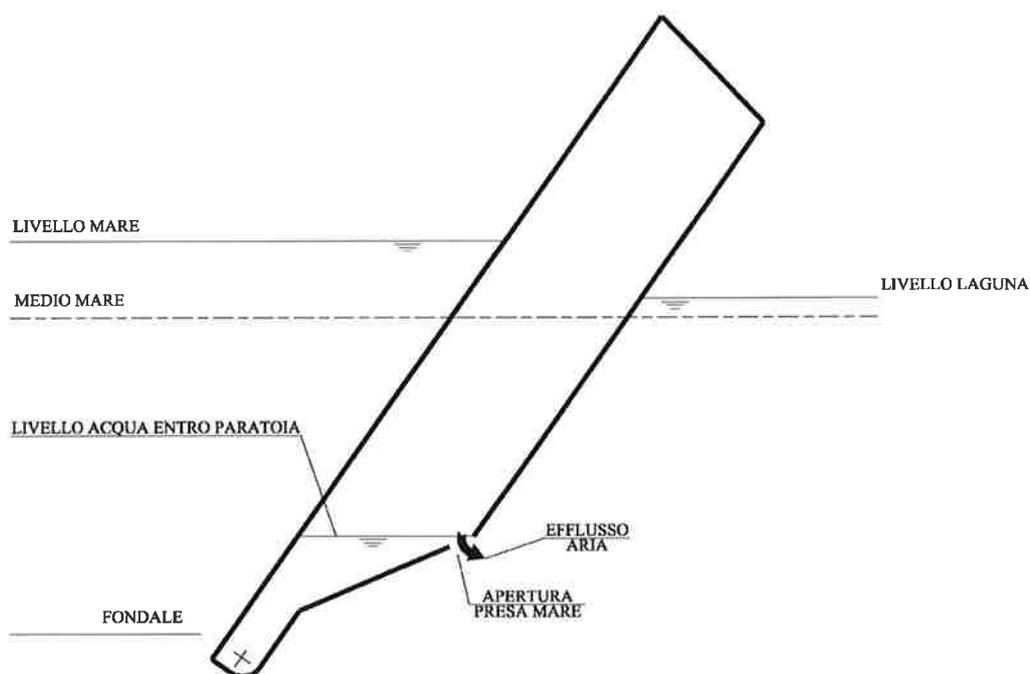


FIG. 5.2 – PUNTI NOTEVOLI PRESSIONI

L'evenienza della sovrappressione all'interno della paratoia in posizione di lavoro è stata considerata con dislivello mare/laguna di 2 m senza Dislivello Quasi Statico (onda di lungo periodo) che comporta i valori massimi di sovrappressione.

Nella tabella seguente vengono riportati i valori utilizzati per il calcolo di predimensionamento.

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 48
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

Condizione	Dislivello Statico	Dislivello Quasi-Statico	Sovrap. Interna	Angolo di equilibrio	Descrizione
E.4	200 cm	-	20%	55,6 °	100% Disl. Statico di Progetto + Sovrappressione interna + Fouling

5.4. Condizioni a Riposo

Nelle condizioni di riposo sul fondo, le paratoie sono appoggiate alle cerniere sferiche e agli appoggi elastici.

I carichi agenti sono quelli dovuti al peso proprio del manufatto, al peso dell'acqua contenuta, al peso del fouling e all'onda di breve periodo.

Nella condizione di riposo sul fondo la pressione del battente idrostatico d'acqua è controbilanciata dalla pressione dell'acqua all'interno della paratoia, mentre la pressione dovuta al passaggio di un'onda può essere controbilanciata con un ritardo rispetto al passaggio dell'onda stessa.

Si considera pertanto una sovrappressione sul fasciame superiore pari all'ampiezza dell'onda corta (Rif. /A/) per l'area della barriera avente:

$H_s = 3.60$ m con $T = 10,1$ secondi e periodo di ritorno 1000 anni

I calcoli sono stati eseguiti considerando sul fasciame superiore una pressione dovuta a 2,52 m di battente d'acqua, pari all'ampiezza di un'onda con altezza

$H_{1/20} = 1,4 H_s = 5,04$ m

considerata, a favore di sicurezza, uniforme sulla superficie della paratoia.

Le verifiche per la condizione a riposo sono sviluppate sul modello 3D dell'intera paratoia. (Rif. /F/).

Sono state inoltre eseguite le verifiche considerando, oltre ai carichi precedenti, anche una variazione termica uniforme su tutta la paratoia di + 15°C e - 15°C.

Cond.	Descrizione	Carichi Agenti	Vincoli
E.5a	Riposo sul fondo	Peso Proprio Peso fouling Sovrappressione onda corta	Cerniere e appoggi elastici
E.5b	Riposo sul fondo	Peso Proprio paratoia Peso fouling Sovrappressione onda corta Variazione termica uniforme su tutti i componenti + 15°C	
E.5c	Riposo sul fondo	Peso Proprio paratoia Peso fouling Sovrappressione onda corta Variazione termica uniforme su tutti i componenti - 15°C	

5.5. Carichi sulla paratoia e carichi sui connettori

Paratoie e connettori pur interfacciandosi sono due oggetti sostanzialmente diversi: le prime sono strutture, mentre i secondi sono organi meccanici. Inoltre mentre i connettori devono essere gli stessi (e intercambiabili) per tutte le paratoie, le paratoie operano in condizioni specifiche differenziate.

Una ulteriore importante differenza è che le paratoie possono essere smontate, ispezionate, mantenute e riparate con relativa facilità, mentre i connettori sono in parte (componenti femmine) inamovibili e richiedono operazioni più complesse per assicurare la loro conservazione e durabilità.

Ne deriva in primo luogo una esigenza di maggiori margini di sicurezza per i connettori: la valutazione dei loro carichi di progetto è stata formulata considerando l'inviluppo delle condizioni più severe.

I carichi di progetto significativi per i connettori, infatti, sono quelli che si manifestano durante l'esercizio della barriera e sono stati valutati sommando contributi distinti con il loro massimo/minimo valore, come illustrato in:

- MV078P-PE-CMS-1090-C0 Studio B.7.03/II – Completamento della sperimentazione sul gruppo cerniera-connettore delle paratoie e costruzione della preserie / II fase – Disciplinare tecnico – Allegato 2

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 50
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

- MV078P-PE-CMR-3005-C0 Bocca di Chioggia - Paratoie e Connettori – Connettori – Elemento femmina - Carichi di progetto (WBE: CA.II.48.PE.04)
- MV089P-PE-TMR-3051-C0 Bocca di Lido Treporti - Paratoie e Connettori – Connettori – Elemento femmina - Nota di chiarimento per la relazione “Carichi di progetto” (WBE: LT.II.48.PE.03)

In particolare, mentre per i carichi dovuti al dislivello di marea, eustatismo e onda lunga si possono stabilire condizioni di equilibrio e si ha una corrispondenza con le reazioni della paratoia, per i carichi derivanti dall’onda corta si è fatto riferimento a dati sperimentali, in quanto nessun modello numerico tra quelli sviluppati nel corso dei numerosi Studi propedeutici ha dato risultati soddisfacenti. Tali dati sperimentali, che non registrano la concomitanza delle reazioni rilevate né la correlano alle posizioni angolari delle paratoie, vengono sommati alle reazioni calcolate (dovute a dislivelli di marea, eustatismo e onda lunga) con i loro valori corrispondenti alla probabilità di superamento dell’1%, in tutte le combinazioni.

Ne consegue che non è possibile ricondurre le condizioni di carico assunte per i connettori a situazioni di carico che corrispondano alle condizioni fisiche reali cui sono soggette le paratoie, eccetto che per la forza trasversale, di cui si tratta al par. 8.7.

Per le paratoie è possibile una maggior differenziazione delle condizioni di carico rispetto a quelle assunte per i connettori (di un unico tipo per tutte le barriere), tenendo conto delle condizioni specifiche di ogni barriera e del loro funzionamento, ed è necessario individuare, per le condizioni di esercizio in barriera condizioni equilibrate che ne consentano la verifica, affidando ad analisi integrative la valutazione dei possibili effetti dinamici. Ciò è stato possibile per le condizioni di affondamento, mentre gli approfondimenti attraverso gli Studi propedeutici citati in /A/ non forniscono soluzioni per la stima degli effetti idrodinamici dovuti alle azioni di breve periodo, che agiscono sulla paratoia

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 51
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

principalmente modificandone l'assetto e trasmettendo l'energia sviluppata dalle onde corte.

Per il dimensionamento delle paratoie, si è considerato che l'azione delle onde corte che determina reazioni radiali alle cerniere sia applicata al fasciame esterno della paratoia, dove prevale la pressione dell'aria all'interno, ed è quindi conservativo non tenerne conto, in quanto può diminuire, ma non aumentare le sollecitazioni sul corpo della paratoia.

L'azione delle onde corte aumenta tuttavia le sollecitazioni nelle pinne, che sono anche l'effettivo elemento di interfaccia con i connettori.

In fase di predimensionamento si è effettuata una prima stima delle sollecitazioni nella pinna caricata con i carichi di progetto dei connettori, di cui si dà conto ai par. 8.6 e al capitolo 13.

Dopo il completamento della sperimentazione sui connettori e sui loro componenti e la scelta del sistema di alloggiamento e dei relativi componenti, è stato possibile eseguire analisi specifiche dell'interfaccia connettore-pinna, considerando le condizioni più gravose per il connettore, relative ai carichi di progetto del connettore per le paratoie di Chioggia.

Tale verifica è svolta considerando il sistema di trattenimento e alloggiamento snodo installato nella pinna, attraverso l'utilizzo di due modelli: il primo focalizzato sul sistema e il secondo volto a restituire le condizioni al contorno per il primo. Il secondo modello ha permesso anche di verificare la pinna, quale elemento della paratoia per il quale i carichi di progetto del connettore risultano sfavorevoli.

Delle due analisi si dà riscontro rispettivamente nel documento MV078P-PE-CAR-2016 e nel documento MV078P-PE-CAR-2021.

 GENERALI	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 52
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

5.6. Altri agenti ambientali

La pressione esterna sulle paratoie è in linea di principio influenzata anche da altri agenti ambientali, ossia dagli effetti locali della corrente, del vento e delle variazioni di temperatura.

Le velocità di corrente rilevate non creano problemi alla manovra delle paratoie, come dimostrato nell'ambito dello studio B.6.5 e B.5.13, e generano carichi sulle paratoie stesse inferiori a quelli dovuti alle pressioni interne ed esterne in condizioni operative.

Le operazioni di chiusura ed apertura dello sbarramento, che avverranno per gruppi di paratoie operate contemporaneamente, provocano restringimenti del varco e conseguenti innalzamenti dei valori di velocità di corrente che sono stati valutati nell'ambito dello studio B.6.8

Così come per le correnti, i carichi generati dall'azione diretta del vento sulla parte emersa della paratoia sono di gran lunga inferiori a quelli generati dalle condizioni esaminate e descritte in par. 5.3.

Si sono anche presi in considerazione gli effetti del riscaldamento della parte emersa della paratoia, dovuto all'esposizione all'ambiente esterno in condizioni operative, giungendo alla conclusione che il gradiente termico rispetto alla parte immersa in acqua è graduale a causa dei fenomeni di conduzione e di raffreddamento dovuto alla variazione alla continua variazione di livello della superficie bagnata.

E' stato invece considerato l'effetto delle variazioni termiche stagionali dell'acqua di -15°C e $+15^{\circ}\text{C}$ (ref. documento MV077P-PE-CCR-1501-C0 della WBE CH.H1.46.PE.02B), uniformi su tutta la paratoia, nella condizione di riposo sul fondo, come illustrato al par. 5.4.

In conclusione, ai fini della verifica strutturale delle paratoie, gli effetti locali dei carichi ambientali sopra citati sono trascurabili e non sono quindi introdotti come carichi di progetto, ad eccezione delle variazioni termiche per la paratoia nelle Condizioni a Riposo.

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 53
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

6. CRITERI DI PROGETTO – CONDIZIONI TEMPORANEE

6.1. Considerazioni Generali

Per “Condizioni Temporanee” si intendono tutte le condizioni diverse da quelle “di Esercizio” come definite al capitolo 5, ad esclusione delle condizioni accidentali (urto natanti) di cui al capitolo successivo.

Le condizioni temporanee per la singola paratoia rilevanti ai fini della progettazione sono essenzialmente legate alle operazioni di installazione e sostituzione per manutenzione e alla condizione di ritorno a riposo al termine della fase di chiusura degli sbarramenti.

La metodologia costruttiva richiede che le paratoie vengano inizialmente trasportate dal luogo di costruzione alle bocche di porto e qui installate nel loro alloggiamento.

Il programma di manutenzione, sia programmata sia straordinaria, richiede che le paratoie vengano periodicamente rimosse dalla barriera, portate a terra per il ricondizionamento e nuovamente installate nella barriera.

Le operazioni di trasporto da terra alla barriera (e viceversa) ed installazione/rimozione sulla barriera, sia in occasione della prima installazione, sia in occasione delle successive sostituzioni per manutenzione delle paratoie, sono eseguite da un mezzo navale appositamente costruito (Jack-up), descritto nel Rif. /A/ e /G/. Il mezzo è dotato di un telaio con 4 punti di aggancio, ai quali la paratoia è appesa.

Le operazioni di manutenzione a terra richiedono che la paratoia sia appoggiata su supporti fissi, in posizioni predeterminate, descritte nel Rif. /O/.

Infine, durante l’esercizio, l’apertura della barriera richiede l’abbattimento delle paratoie. Tale condizione è essenzialmente governata dal comportamento idrodinamico della paratoia, che modifica il suo assetto a seguito del progressivo allagamento ed è soggetta a forze di natura inerziali, derivanti dalle velocità e dalle accelerazioni sperimentate durante il moto di affondamento e di arresto. Nelle condizioni citate la struttura della paratoia si trova in condizioni essenzialmente diverse da quelle operative già discusse, per tipologia di carico e/o per diverse condizioni di vincolo.

 REGENTRA	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 54
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

Si considerano pertanto le seguenti condizioni:

- sollevamento e trasporto a mezzo jack-up;
- supportazione a terra in cantiere;
- abbattimento delle paratoie (energia cinetica e reazioni degli appoggi elastici all'impatto).

Le prime due condizioni sono state considerate nelle analisi di predimensionamento riportate nei capitoli seguenti per quanto concerne la robustezza longitudinale globale della paratoia.

Le stesse condizioni sono poi esaminate attraverso l'analisi su modello 3D della paratoia nelle relazioni strutturali finali (Rif. rispettivamente /G/ ed /O/).

L'ultima condizione, a motivo della sua peculiarità, è sviluppata in due documenti di progetto dedicati: il primo documento (Rif. /L/) analizza il moto e l'impatto della paratoia e definisce i parametri per la verifica strutturale; il secondo documento (Rif. /M/) sviluppa l'analisi strutturale e le verifiche della paratoia per la condizione di impatto sugli appoggi elastici.

6.2. Sintesi dei Carichi di Progetto per le Condizioni Temporanee

Si riassumono nella tabella seguente le condizioni di progetto, determinate e discussi nei paragrafi successivi, come considerate per le analisi finali.

Descrizione	Cond.	Carichi Agenti	Vincoli
Sollevamento	T.1a	Peso proprio paratoia Peso connettori Peso supporti elastici Peso fouling 60 cm acqua residua	Sospensione ai 4 punti di aggancio (twist lock)
	T.1b	Peso proprio paratoia senza connettori senza supporti elastici senza fouling (pulita) senza acqua residua (asciutta)	
Sollevamento e trasporto con Jack-up	T.2	Peso proprio paratoia Peso connettori Peso supporti elastici Peso fouling 30 cm acqua residua Carichi inerziali di trasporto	
	T.2a	90° ax>0	
	T.2b	135° ax>0	
	T.2c	180° ax=0	
	T.2d	90° ax<0	
	T.2e	135° ax<0	
Sollevamento e trasporto con Jack-up Con termiche	T.3	Peso proprio paratoia Peso connettori Peso supporti elastici Peso fouling 30 cm acqua residua Variazione termica uniforme su tutti i componenti escluso fasciame superiore +20°C Variazione termica fasciame superiore +30°C Carichi inerziali di trasporto	
	T.3a	90° ax>0	
	T.3b	135° ax>0	
	T.3c	180° ax=0	
	T.3d	90° ax<0	
	T.3e	135° ax<0	

TAB. 6.1 – COMBINAZIONI DI CARICO IN SOLLEVAMENTO E TRASPORTO

Descrizione	Vincoli	Cond.	Carichi Agenti
Paratoia allestita incrostata	Schema principale 4 appoggi su taccate	S.1a	Peso paratoia allestita con connettori e supporti elastici
			Peso fouling
		S.1b	Peso paratoia allestita con connettori e supporti elastici
			Peso fouling
			Variazione termica uniforme su tutti i componenti +20°C escluso fasciame superiore
			Variazione termica su fasciame superiore +30°C
	S.1c	Peso paratoia allestita con connettori e supporti elastici	
		Peso fouling	
S.1d	Peso paratoia allestita con connettori e supporti elastici		
	Peso fouling		
Paratoia allestita incrostata	Schema secondario 4 appoggi su taccate	S.2a	Peso paratoia allestita con connettori e supporti elastici
			Peso fouling
		S.2b	Peso paratoia allestita con connettori e supporti elastici
			Peso fouling
			Variazione termica uniforme su tutti i componenti +20°C escluso fasciame superiore
			Variazione termica su fasciame superiore +30°C
	S.2c	Peso paratoia allestita con connettori e supporti elastici	
		Peso fouling	
S.2d	Peso paratoia allestita con connettori e supporti elastici		
	Peso fouling		
	Schema secondario 4 appoggi su taccate perdita di un appoggio		

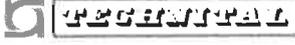
TAB. 6.2 – COMBINAZIONI DI CARICO IN APPOGGIO S.1 E S.2
PARATOIA ALLESTITA INCROSTATA

Descrizione	Vincoli	Cond.	Carichi Agenti
Paratoia allestita pulita senza connettori e senza supporti elastici	Schema principale 4 appoggi su taccate	S.3a	Peso paratoia allestita pulita, senza connettori senza supporti elastici
		S.3b	Peso paratoia allestita pulita, senza connettori senza supporti elastici Variazione termica uniforme su tutti i componenti +20°C escluso fasciame superiore Variazione termica su fasciame superiore +30°C
		S.3c	Peso paratoia allestita pulita, senza connettori senza supporti elastici Variazione termica uniforme su tutti i componenti -20°C
Paratoia allestita pulita senza supporti elastici. Montaggio connettori	Schema principale 4 appoggi su taccate	S.4a	Peso paratoia allestita pulita senza supporti elastici con 1 connettore
		S.4b	Peso paratoia allestita pulita senza supporti elastici con 2 connettori
Paratoia allestita incrostata	Schema aggiuntivo principale 2 taccate + 2 supporti	S.5a	Peso paratoia allestita con connettori e supporti elastici Peso fouling
Paratoia allestita incrostata	Schema aggiuntivo secondario 2 taccate + 2 supporti	S.6a	Peso paratoia allestita con connettori e supporti elastici Peso fouling

TAB. 6.3 – COMBINAZIONI DI CARICO IN APPOGGIO S.3, S.4, S.5 E S.6

Descrizione	Vincoli	Cond.	Carichi Agenti
Rotazione con $V_{MAX} = 2,66 \text{ deg/s}$	Cerniere	1	Peso paratoia allestita
			Peso fouling
			Peso acqua contenuta + massa aggiunta
			Forze inerziali centrifughe
Accelerazione con $A_{IMP} = 2,66 \text{ deg/s}^2$	Cerniere + Appoggi elastici	2	Peso paratoia allestita
			Peso fouling
			Peso acqua contenuta + massa aggiunta
			Forze inerziali
Accelerazione con $A^*_{IMP} = 3,19$ $A_{IMP} = 8,49 \text{ deg/s}^2$	Cerniere + Appoggi elastici	3	Peso paratoia allestita
			Peso fouling
			Peso acqua contenuta + massa aggiunta
			Forze inerziali

TAB. 6.4 - COMBINAZIONI DI CARICO ABBATTIMENTO PARATOIA

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 58
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

6.3. Sollevamento e trasporto a mezzo Jack-up

Il sollevamento della paratoia è effettuato dal mezzo navale appositamente progettato (*jack-up*), utilizzando un telaio pescatore che garantisce il corretto posizionamento dei quattro dispositivi di aggancio (*twist-locks*).

Oltre ai carichi gravitazionali dovuti al peso della paratoia, incluso il peso del componente maschio del gruppo cerniera connettore, si considera il peso di 60 cm d'acqua residua sul fondo della paratoia, per tener conto del fatto che l'acqua potrebbe non essere ancora defluita totalmente mentre la paratoia è già emersa.

Durante il trasporto dalla barriera al cantiere di manutenzione la paratoia rimane sospesa ai quattro dispositivi di aggancio ed è quindi nelle stesse condizioni di vincolo, ma è soggetta anche ai carichi inerziali derivanti dal moto del mezzo in navigazione.

I carichi inerziali sono valutati sulla base delle accelerazioni massime, riportate nella tabella seguente, calcolate in corrispondenza del centro della paratoia e determinate attraverso l'analisi del comportamento dinamico del mezzo in navigazione (ref. WBS CO.Q1.68, documento MV055P-PE-GNR-1012, par. 3.2).

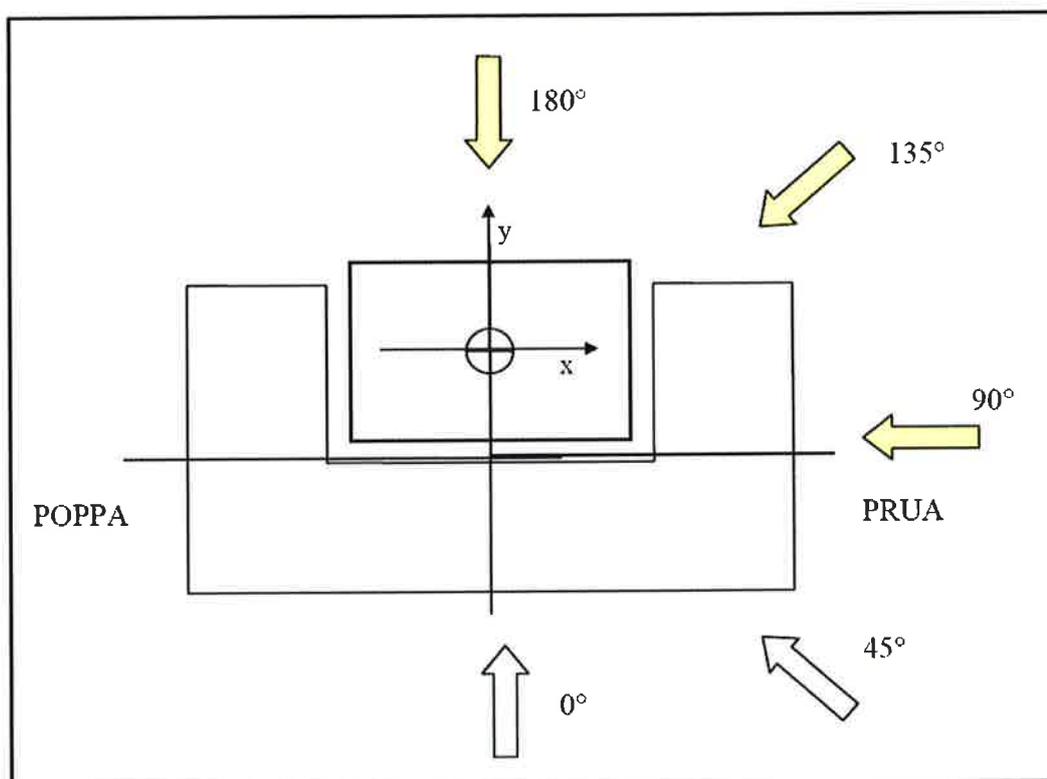
Si considera in questa fase, a favore di sicurezza, il peso di 30 cm d'acqua residua sul fondo della paratoia.

La verifica di predimensionamento considera agenti il peso strutturale della paratoia e dei suoi allestimenti, il peso del componente maschio del connettore, il peso del fouling, il peso dell'acqua residua all'interno (60 cm in sollevamento e 30 cm in trasporto) e, per il solo caso di trasporto, un'accelerazione verticale pari alla massima in trasporto ($a_z, \max = 0,21 \text{ m/s}^2$) e corrispondente a un fattore di amplificazione dinamica per il sollevamento a terra.

La verifica finale in fase di sollevamento è effettuata utilizzando il modello tridimensionale ad elementi finiti dell'intera paratoia (Rif. /G/) nelle stesse condizioni e aggiungendo una combinazione corrispondente alla movimentazione della paratoia pulita, asciutta e senza connettori, come condizione tipica di movimentazione nel cantiere di manutenzione.

La verifica finale in fase di trasporto è effettuata utilizzando il modello tridimensionale ad elementi finiti dell'intera paratoia (Rif. /G/), nel quale sono

state descritte in dettaglio le feritoie in cui ingaggiano i twist-locks del telaio pescatore ed i ricettacoli che alloggiavano gli stessi. Nel modello tridimensionale si applicano i carichi inerziali dovuti a tutte le componenti delle accelerazioni per ogni direzione dell'onda incidente e si considera anche la presenza di variazioni termiche.



Direzione di incidenza dell'onda [°]	a_x [m/s ²]	a_y [m/s ²]	a_z [m/s ²]
(Asse X) 90°	0.50	1.27	0.90
135°	0.42	0.97	0.64
(Asse Y) 180°	0.00	2.00	2.10

TAB. 6.5 – ACCELERAZIONI MASSIME IN CORRISPONDENZA DEL CENTRO DELLA PARATOIA

 FEGESTAL	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 60
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

6.4. Supportazione a terra

Durante le varie fasi di manutenzione in cantiere la paratoia sarà supportata su appositi appoggi concentrati, disposti sul piano cantiere o sui mezzi di movimentazione. Non essendo completamente definiti né i mezzi né il cantiere e la relativa attrezzatura, la struttura della paratoia è stata verificata assumendo una disposizione convenzionale, con quattro supporti disposti in corrispondenza degli incroci fra due strutture trasversali rinforzate e le due paratie di sbattimento longitudinali in corrispondenza dei connettori (Rif. /26/).

Il predimensionamento è stato sviluppato per gli schemi principale e secondario, con il massimo carico (peso della paratoia allestita con connettori e fouling).

Nelle analisi finali (Rif. /G/) si sono esaminati anche schemi aggiuntivi, in cui i due supporti anteriori sono in corrispondenza dei telai per gli appoggi elastici (Rif. /27/) e si sono aggiunte combinazioni con variazioni termiche e con allestimento parziale della paratoia, principalmente per valutare lo stato deformativo della paratoia nelle varie fasi di manutenzione e preparazione (in particolare con riferimento al montaggio degli elementi maschi).

6.5. Abbattimento delle paratoie

Durante l'operazione di abbattimento la paratoia rientra nel recesso situato nei cassoni di fondazione arrestando la sua corsa contro un opportuno sistema di appoggi elastici.

Le forze di contatto sono determinate dall'energia cinetica con la quale la paratoia raggiunge il recesso e dalle proprietà elastiche degli appoggi elastici stessi.

La struttura di supporto degli appoggi elastici viene dunque verificata in corrispondenza di tali forze ed è tale da trasferire la reazione dell'ammortizzatore alle strutture della paratoia in modo che le sollecitazioni risultano trascurabili.

La cinematica dell'abbattimento è oggetto di uno studio dettagliato, incluso nel documento /L/, nel quale sono state prese in considerazione le proprietà

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 61
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

geometriche e di massa della paratoia, assieme con il suo comportamento fluidodinamico nel moto in acqua.

Essenzialmente il moto di abbattimento manifesta una fase di iniziale di accelerazione fino ad un valore massimo di velocità, ed una fase di decelerazione fino al raggiungimento del recesso con una velocità marcatamente inferiore.

I risultati pertanto si possono sintetizzare con due valori di energia cinetica, nei quali sono già stati considerati gli opportuni margini di sicurezza:

- energia cinetica all’impatto sugli appoggi elastici;
- energia cinetica massima durante il moto.

Condizione	Energia Cinetica [kJ]	Osservazioni
Energia all’Impatto sugli appoggi elastici	59,9	Corrisponde alla velocità angolare con la quale la paratoia raggiunge il recesso, allorché si ha l’effettivo contatto tra appoggi elastici e struttura di fondazione
Energia Massima durante il moto	894,5	Corrisponde alla velocità angolare massima raggiunta dalla paratoia, in una posizione precedente all’impatto

TAB. 6.6 – ENERGIA CINETICA PER ANALISI DI ABBATTIMENTO

Nelle condizioni considerate, i carichi agenti sulla paratoia sono di natura inerziale ossia sono determinati dal moto della struttura e derivano in particolare dalla sua accelerazione.

Essendo il moto della paratoia rotatorio l’accelerazione in senso cinematico produce due effetti distinti:

- forze inerziali centrifughe (presenti anche a velocità angolare costante); tali forze sono massime quando la velocità di rotazione è massima;
- forze inerziali determinate dall’accelerazione angolare (presenti anche a velocità angolare nulla); tali forze sono massime quando l’accelerazione angolare è massima.

Essendo i carichi di natura inerziale il loro valore in termini di forza è ottenuto considerando la massa in movimento e i carichi agenti sono quindi determinati in base ai valori massimi raggiunti da velocità ed accelerazione angolare durante

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 62
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

l'intero moto di abbattimento; tali valori danno luogo alle seguenti Condizioni di Carico:

C. CARICO 1 $V_{MAX} = 2,66 \text{ deg/s}$ Velocità Massima Rotazione

C. CARICO 2 $A_{IMP} = 2,66 \text{ deg/s}^2$ Accelerazione per Impatto effettivo

A favore di sicurezza si considera anche la condizione di urto sugli appoggi elastici considerando la massima velocità sviluppata durante il moto, il che conduce a considerare una Accelerazione massimizzata pari a:

C. CARICO 3 $A_{MAX} = 8,49 \text{ deg/s}^2$ Accel. per Impatto con Energia Max.

Le verifiche della paratoia per tali condizioni di carico sono svolte come analisi finali e riportate in /M/.

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 63
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

7. CRITERI DI PROGETTO – CONDIZIONI ACCIDENTALI

7.1. Considerazioni Generali

Nell'analisi degli eventi che possono interessare le paratoie degli sbarramenti si è anche considerato il caso dell'urto accidentale di un natante che transiti all'interno delle bocche per accedere ai porti rifugio.

Per la scelta del natante, si considera che la navigazione è interdetta per tutto il periodo di sollevamento della barriera, per un periodo di preavviso antecedente l'apertura e per un periodo susseguente la chiusura. Non si ha quindi movimento di natanti né nei canali di laguna per l'accesso alle bocche, né all'esterno in prossimità delle stesse. Il caso di urto è stato tuttavia considerato e limitato però a piccoli pescherecci e imbarcazioni da diporto o di appoggio, che potrebbero sfuggire al controllo, proprio per le limitate dimensioni.

La frequenza probabile legata al verificarsi di un urto tra nave e sbarramento è estremamente bassa (periodo di ritorno dell'ordine di diverse decine di migliaia di anni) e i natanti da prendere in esame per lo sviluppo delle necessarie considerazioni di ordine progettuale presentano dei dislocamenti assai modesti.

In relazione al numero dei transiti stimati, alle dotazioni tecniche delle classi di imbarcazioni ed ai criteri che presiedono alla attivazione degli sbarramenti ed alla regolazione del traffico, i natanti da considerare per l'eventualità di un urto contro le paratoie di Chioggia hanno stazza lorda minore o uguale a 100 t e dislocamento 240 t (vedi tabella seguente).

tipo di mezzo (nome)	Lunghezza (m)	Larghezza (m)	Altezza (m)	tsl (t)	dislocamento (t)
pontone con gru	32	12	3.5	n.a.	200
pontone con gru	27	9	1,9	109	100 (a vuoto)
pontone (Jesus)	24	7.5	1.5	60	n.a.
motopontone (Goffredo)	30	8	1.8	96.5	240
rimorchiatore (Gatto)	25	7.2	n.a.	107	n.a.
rimorchiatore (Ecoelba)	20.7	18.8	2.8	80	n.a.
rimorchiatore (Città di Ortona)	18.3	6.7	n.a.	73	
yacht (Nina J)	42	8	n.a.	n.a.	200
yacht (Mesufish Patron IV)	34	7	n.a.	209	200
pescherecci	6-12	n.a.	n.a.	<10 (oltre 80% della flotta italiana)	n.a.
	15-20	n.a.	n.a.	10-50	n.a.

TAB. 7.1 - NATANTI RAPPRESENTATIVI DEL MEZZO DI STAZZA LORDA NON SUPERIORE A 100 T, ADOTTATO NELLE VERIFICHE PER URTO NATANTE DELLE PARATOIE

7.2. Dati di Progetto per analisi di impatto con natanti

Per le imbarcazioni di stazza lorda minore o uguale a 100 t che potrebbero urtare le paratoie, in relazione alle loro dimensioni e prestazioni e alle circostanze (un natante di piccole dimensioni, all'interno di un canale, che avvista un ostacolo), si considerano velocità di 1,5 nodi (0,75 m/s) a barriera chiusa e di 2,5 nodi (1,25 m/s) con barriera in chiusura.

L'angolo di assetto delle paratoie nel momento in cui si verifica l'urto sarà quello previsto in condizioni operative, cioè 42,5°.

Si considera che la quota alla quale può avvenire il contatto tra natante e paratoia sia prossima alla linea di galleggiamento, sia nel caso di urto da mare, sia nell'eventualità di urto dal lato laguna.

Si formulano inoltre due ipotesi in relazione alla possibile condizione dello sbarramento nel momento in cui si verifichi l'urto:

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 65
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

- **operazione di chiusura in corso:**

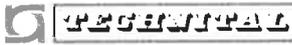
si considera la quota di chiusura pari a +0,65 m l.m.m. e si ammette che in questa condizione la velocità del natante al momento dell'impatto sia pari a quella della corrente generata dal gradiente di marea, per la quale si assume, con ipotesi cautelativa, un valore di 1.25 m/s

- **sbarramento chiuso:**

si considera in tale situazione un dislivello di 2 m tra mare (+2,65 m l.m.m.) e laguna (+0,65 m l.m.m.) ed una velocità del natante, al momento del contatto, di 0.75 m/s

Per questa condizione non sono stati svolti calcoli di predimensionamento riportati nei paragrafi seguenti

Tutte le condizioni sono esaminate sul modello 3D della paratoia e l'analisi e le verifiche sono riportate nella Relazione Rif. /I/.

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 66
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

8. CALCOLO DEI CARICHI OPERATIVI

8.1. Premessa

Partendo dagli output delle simulazioni con onda lunga (par. 5.3.2) sono state determinate le pressioni agenti sulla paratoia nelle varie situazioni come somma algebrica dei battenti (idrostatico ed interno Fig. 8.1).

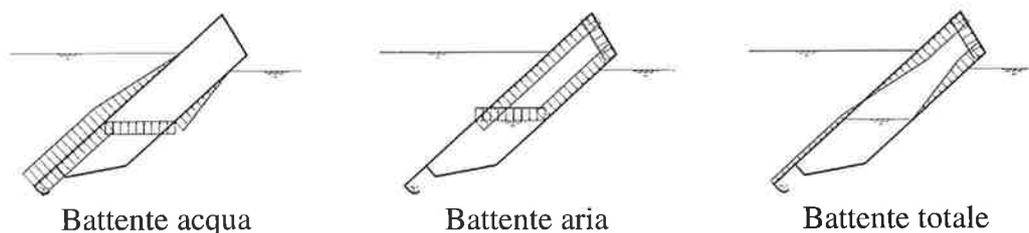


FIG. 8.1 – PRESSIONI AGENTI SULLA PARATOIA

Per ogni dislivello di mare sulla laguna (0.0 m, +1.0 m, +2.0 m), viene determinato un grafico contenente l'andamento delle pressioni al variare dell'altezza dell'onda con passo 100 mm e la curva involuppo dei valori massimi.

Viene poi eseguito un calcolo in cui, per eventuali errori di manovra, si prevede una sovrappressione del 20% all'interno della paratoia in posizione di lavoro con dislivello mare/laguna di 2 m senza onda (valore massimo che si può dare prima che l'aria gorgogli dal fondo della paratoia). Viene determinata la nuova condizione di equilibrio della paratoia e la distribuzione delle pressioni corrispondente.

Le pressioni nei punti notevoli, indicati nella Fig. 8.2, vengono tabulate per ogni dislivello di mare sulla laguna e nel caso della sovrappressione. Convenzionalmente si è adottata una linea esterna alla paratoia se la pressione va dall'esterno verso l'interno (valori positivi) ed una linea interna alla paratoia se la pressione va dall'interno verso l'esterno (valori negativi).

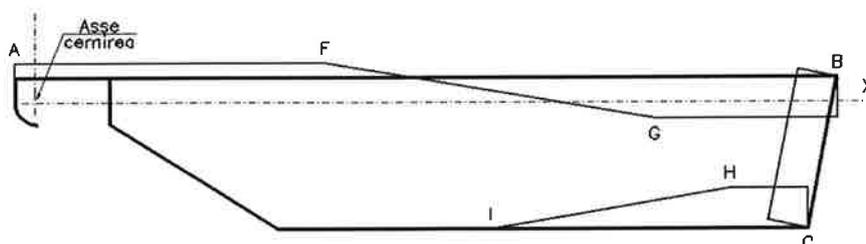


FIG. 8.2 – PUNTI NOTEVOLI PRESSIONI

8.2. Onda lunga – dislivello da -0.7 a +0.7 m

Condizione di carico E.3.

(Livello mare = livello laguna)

Onda [m]	Punto													
	A		B		C		F		G		H		I	
	X [m]	P [kN/m ²]												
-0.700	-0.650	-7.07	26.600	-6.57	25.600	-6.57	15.367	-6.57	15.299	-7.07	20.903	-6.57	20.015	0.00
-0.600	-0.650	-6.06	26.600	-7.58	25.600	-7.58	15.402	-6.06	15.609	-7.58	21.204	-7.58	20.168	0.00
-0.500	-0.650	-5.05	26.600	-8.69	25.600	-8.69	15.421	-5.05	15.924	-8.69	21.508	-8.69	20.305	0.00
-0.400	-0.650	-4.04	26.600	-9.70	25.600	-9.70	15.431	-4.04	16.222	-9.70	21.775	-9.70	20.419	0.00
-0.300	-0.650	-3.03	26.600	-10.81	25.600	-10.81	15.451	-3.03	16.551	-10.81	22.088	-10.81	20.558	0.00
-0.200	-0.650	-2.02	26.600	-11.82	25.600	-11.82	15.484	-2.02	16.888	-11.82	22.406	-11.82	20.713	0.00
-0.100	-0.650	-1.01	26.600	-12.93	25.600	-12.93	15.493	-1.01	17.220	-12.93	22.709	-12.93	20.836	0.00
0.000	-0.650	0.00	26.600	-14.04	25.600	-14.04	15.431	0.00	17.479	-14.04	22.890	-14.04	20.842	0.00
0.100	-0.650	1.01	26.600	-15.06	25.600	-15.06	15.528	1.01	17.911	-15.06	23.339	-15.06	21.107	0.00
0.200	-0.650	2.02	26.600	-16.17	25.600	-16.17	15.543	2.02	18.273	-16.17	23.672	-16.17	21.245	0.00
0.300	-0.650	3.03	26.600	-17.28	25.600	-17.28	15.540	3.03	18.622	-17.28	23.975	-17.28	21.353	0.00
0.400	-0.650	4.04	26.600	-18.49	25.600	-18.49	15.547	4.04	19.011	-18.49	24.334	-18.49	21.491	0.00
0.500	-0.650	5.05	26.600	-19.60	25.600	-19.60	15.559	5.05	19.397	-19.60	24.680	-19.60	21.629	0.00
0.600	-0.650	6.06	26.600	-20.71	25.600	-20.71	15.573	6.06	19.794	-20.71	25.037	-20.71	21.772	0.00
0.700	-0.650	7.07	26.600	-21.93	25.600	-21.93	15.583	7.07	20.217	-21.93	25.425	-21.93	21.921	0.00

TAB. 8.1 – COORDINATE E PRESSIONI PUNTI NOTEVOLI

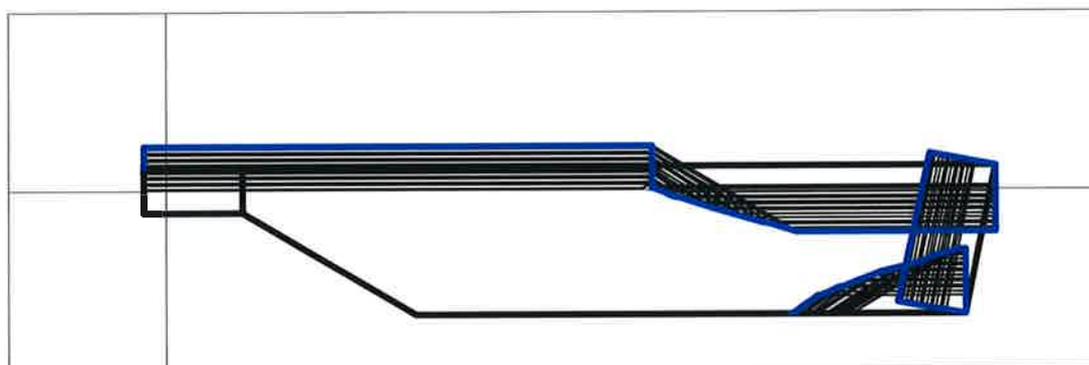


FIG. 8.3 – ANDAMENTO PRESSIONI ED INVILUPPO

In Tab. 8.2 vengono riportati i valori costituenti la curva inviluppo.

Lato superiore		Frontale		Lato inferiore	
X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]
-0.650	7.07	26.600	-21.93	25.600	-21.93
15.540	7.07	25.600	-21.93	25.425	-21.93
15.543	-7.10			24.680	-19.60
15.547	-7.12			24.334	-18.49
15.583	-7.39			23.975	-17.28
15.609	-7.58			22.890	-14.04
15.924	-8.69			22.088	-10.81
16.222	-9.70			21.775	-9.70
16.551	-10.81			21.508	-8.69
17.479	-14.04			21.204	-7.58
19.011	-18.49			20.903	-6.57
19.397	-19.60			20.842	-6.12
20.217	-21.93			20.558	-4.02
26.600	-21.93			20.419	-2.99
				20.168	-1.13
				20.015	0.00

TAB. 8.2 – CURVA INVILUPPO

8.3. Onda lunga – dislivello da +0.3 a +1.7 m

Condizione di carico E.2.

(Livello mare = +1.0 m rispetto livello laguna)

Onda [m]	Punto													
	A		B		C		F		G		H		I	
	X [m]	P [kN/m ²]												
0.300	-0.650	3.03	26.600	-22.84	25.600	-22.84	12.883	3.03	16.297	-22.84	20.308	-22.84	17.294	0.00
0.400	-0.650	4.04	26.600	-23.95	25.600	-23.95	12.920	4.04	16.671	-23.95	20.695	-23.95	17.485	0.00
0.500	-0.650	5.05	26.600	-25.06	25.600	-25.06	12.937	5.05	17.029	-25.06	21.048	-25.06	17.643	0.00
0.600	-0.650	6.06	26.600	-26.17	25.600	-26.17	12.969	6.06	17.417	-26.17	21.437	-26.17	17.827	0.00
0.700	-0.650	7.07	26.600	-27.28	25.600	-27.28	12.991	7.07	17.800	-27.28	21.811	-27.28	17.992	0.00
0.800	-0.650	8.08	26.600	-28.49	25.600	-28.49	13.001	8.08	18.199	-28.49	22.201	-28.49	18.152	0.00
0.900	-0.650	9.09	26.600	-29.61	25.600	-29.61	13.037	9.09	18.623	-29.61	22.620	-29.61	18.346	0.00
1.000	-0.650	10.10	26.600	-30.82	25.600	-30.82	13.043	10.10	19.039	-30.82	23.017	-30.82	18.502	0.00
1.100	-0.650	11.11	26.600	-32.03	25.600	-32.03	13.055	11.11	19.475	-32.03	23.435	-32.03	18.668	0.00
1.200	-0.650	12.13	26.600	-33.24	25.600	-33.24	13.062	12.13	19.917	-33.24	23.853	-33.24	18.830	0.00
1.300	-0.650	13.14	26.600	-34.46	25.600	-34.46	13.074	13.14	20.380	-34.46	24.293	-34.46	19.004	0.00
1.400	-0.650	14.15	26.600	-35.77	25.600	-35.77	13.079	14.15	20.872	-35.77	24.764	-35.77	19.179	0.00
1.500	-0.650	15.16	26.600	-37.08	25.600	-37.08	13.071	15.16	21.358	-37.08	25.217	-37.08	19.334	0.00
1.600	-0.650	16.17	26.600	-38.30	25.600	-37.50	13.098	16.17	21.892	-38.30	25.617	-38.30	19.544	0.00
1.700	-0.650	17.18	26.600	-39.91	25.600	-35.61	13.083	17.18	22.486	-39.91	25.693	-39.91	19.735	0.00

TAB. 8.3 – COORDINATE E PRESSIONI PUNTI NOTEVOLI

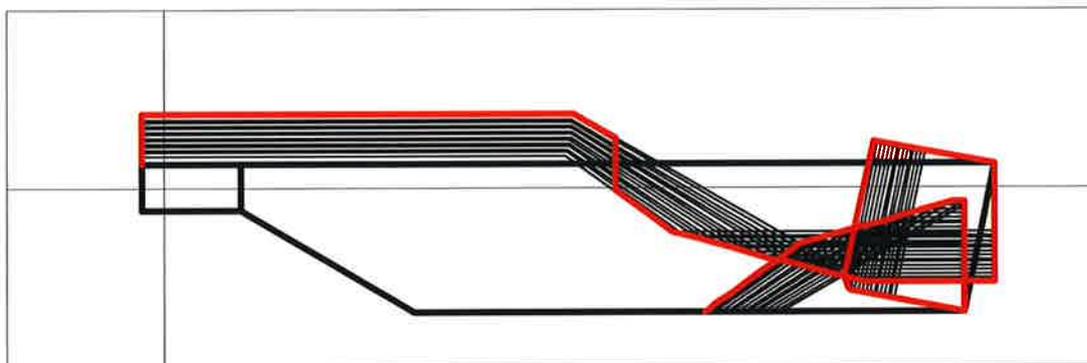


FIG. 8.4 – ANDAMENTO PRESSIONI ED INVILUPPO

In Tab. 8.4 vengono riportati i valori costituenti la curva inviluppo.

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 70
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

Lato superiore		Frontale		Lato inferiore	
X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]
-0.650	17.18	26.600	-39.91	25.600	-37.50
13.083	17.18	25.693	-39.91	25.217	-37.08
14.452	8.86	25.617	-38.30	23.853	-33.24
14.452	-8.86	25.600	-37.50	23.435	-32.03
16.297	-22.84			23.017	-30.82
17.029	-25.06			22.201	-28.49
18.199	-28.49			21.048	-25.06
19.475	-32.03			20.308	-22.84
19.917	-33.24			19.735	-18.49
21.358	-37.08			19.334	-15.46
22.486	-39.91			19.179	-14.28
26.600	-39.91			19.004	-12.95
				18.152	-6.50
				17.643	-2.64
				17.485	-1.45
				17.294	0.00

TAB. 8.4 – CURVA INVILUPPO

8.4. Onda lunga – dislivello da +1.3 a +2.7 m

Condizione di carico E.1.

(Livello mare = +2.0 m rispetto livello laguna)

Onda [m]	Punto													
	A		B		C		F		G		H		I	
	X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]
1.300	-0.650	13.14	26.600	-46.38	25.600	-46.38	9.544	13.14	17.193	-46.38	19.647	-46.38	13.686	0.00
1.400	-0.650	14.15	26.600	-47.49	25.600	-47.49	9.545	14.15	17.600	-47.49	20.064	-47.49	13.858	0.00
1.500	-0.650	15.16	26.600	-48.60	25.600	-48.60	9.555	15.16	18.040	-48.60	20.519	-48.60	14.051	0.00
1.600	-0.650	16.17	26.600	-49.71	25.600	-49.71	9.568	16.17	18.502	-49.71	20.994	-49.71	14.252	0.00
1.700	-0.650	17.18	26.600	-50.82	25.600	-50.82	9.576	17.18	18.969	-50.82	21.464	-50.82	14.444	0.00
1.800	-0.650	18.19	26.600	-51.94	25.600	-51.94	9.586	18.19	19.454	-51.94	21.949	-51.94	14.640	0.00
1.900	-0.650	19.20	26.600	-53.15	25.600	-53.15	9.588	19.20	19.972	-53.15	22.469	-53.15	14.840	0.00
2.000	-0.650	20.21	26.600	-54.26	25.600	-54.26	9.608	20.21	20.519	-54.26	23.017	-54.26	15.067	0.00
2.100	-0.650	21.22	26.600	-55.47	25.600	-55.47	9.612	21.22	21.082	-55.47	23.574	-55.47	15.277	0.00
2.200	-0.650	22.23	26.600	-56.69	25.600	-56.69	9.617	22.23	21.672	-56.69	24.156	-56.69	15.496	0.00
2.300	-0.650	23.24	26.600	-58.00	25.600	-58.00	9.597	23.24	22.264	-58.00	24.728	-58.00	15.685	0.00
2.400	-0.650	24.25	26.600	-59.31	25.600	-59.31	9.604	24.25	22.947	-59.31	25.406	-59.31	15.935	0.00
2.500	-0.650	25.26	26.600	-60.73	25.600	-60.73	9.598	25.26	23.673	-60.73	25.669	-60.73	16.185	0.00
2.600	-0.650	26.27	26.600	-62.95	25.600	-62.95	9.563	26.27	24.724	-62.95	25.805	-62.95	16.542	0.00
2.700	-0.650	27.28	26.600	-63.15	25.600	-63.15	9.706	27.28	25.376	-63.15	25.873	-63.15	16.892	0.00

TAB. 8.5 – COORDINATE E PRESSIONI PUNTI NOTEVOLI

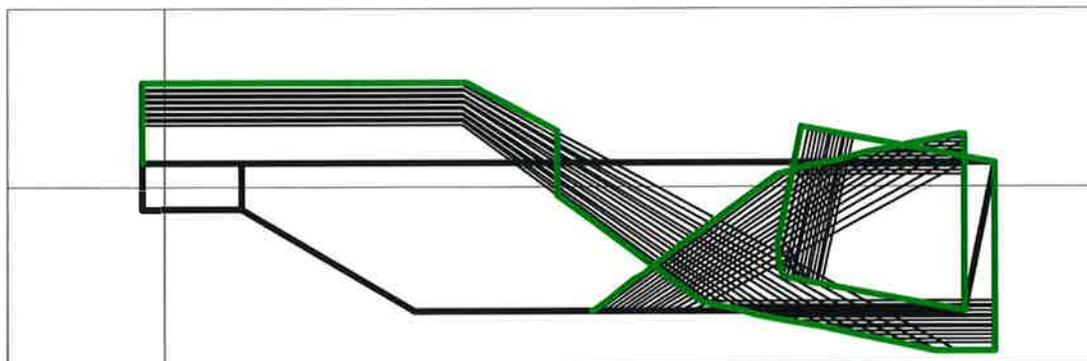
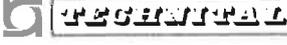


FIG. 8.5 – ANDAMENTO PRESSIONI ED INVILUPPO

In Tab. 8.6 vengono riportati i valori costituenti la curva inviluppo.

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 72
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

Lato superiore		Frontale		Lato inferiore	
X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]
-0.650	27.28	26.600	-63.15	25.600	-59.31
9.706	27.28	25.873	-63.15	25.406	-59.31
12.595	10.61	25.805	-62.95	24.728	-58.00
12.595	-10.61	25.669	-60.73	22.469	-53.15
17.193	-46.38	25.600	-59.31	21.464	-50.82
17.600	-47.49			20.519	-48.60
18.040	-48.60			20.064	-47.49
18.502	-49.71			19.647	-46.38
18.969	-50.82			16.542	-22.22
19.972	-53.15			15.685	-15.55
21.082	-55.47			15.277	-12.38
22.264	-58.00			15.067	-10.74
24.724	-62.95			14.051	-2.83
25.376	-63.15			13.858	-1.33
26.600	-63.15			13.686	0.00

TAB. 8.6 – CURVA INVILUPPO

8.5. Sovrappressione

Condizione di carico E.4.

Le pressioni sono valutate considerando il dislivello massimo di 2 m tra mare e laguna, senza onda lunga.

Nella posizione di lavoro ($42,5^\circ$) la pressione interna è pari a 1,565 ata.

La massima sovrappressione è pari a 1,842 ata, circa del 18% superiore a quella nelle condizioni normali di lavoro, e comporta un angolo di $55,6^\circ$ della paratoia.

Punto													
A		B		C		F		G		H		I	
X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]
-0.650	20.21	26.600	-79.12	25.600	-79.12	4.985	20.21	16.693	-79.12	17.545	-79.12	8.220	0.00

TAB. 8.7 – COORDINATE E PRESSIONI PUNTI NOTEVOLI

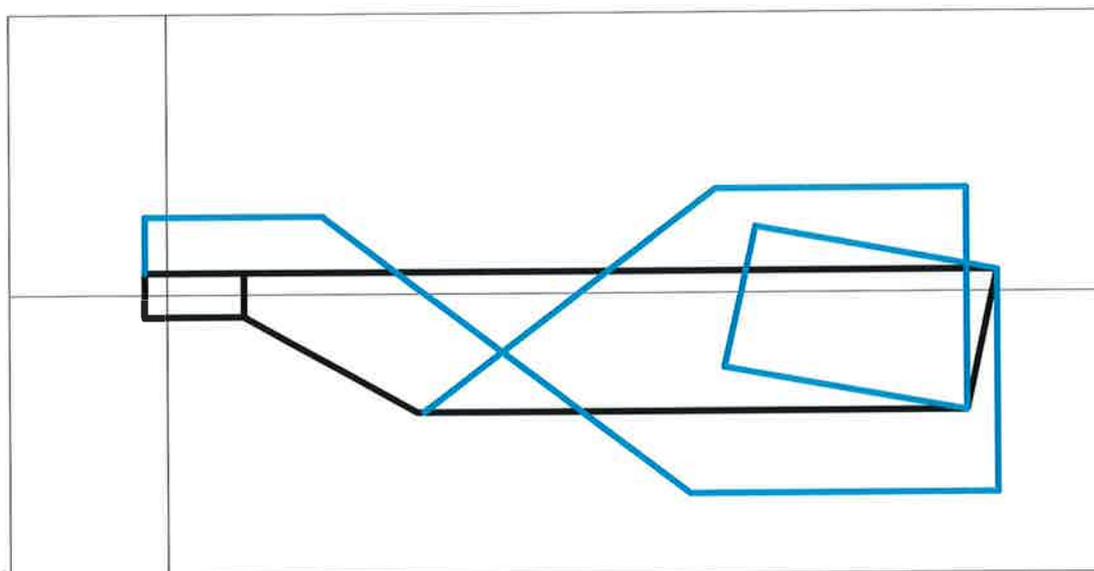


FIG. 8.6 – ANDAMENTO PRESSIONI

E' stata valutata anche la massima sovrappressione in corrispondenza di un dislivello tra mare e laguna pari a 1 m: la pressione interna sale da 1,326 ata in condizioni normali (inclinazione di lavoro $42,5^\circ$) a 1,666 ata (l'inclinazione sale a $68,5^\circ$): le pressioni interne sono quindi inferiori a quelle per un dislivello di 2 m tra mare e laguna e le relative verifiche vengono pertanto omesse.

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 74
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

8.6. Massime reazioni sul foro per il perno della cerniera

Il progetto del gruppo cerniera connettore è stato sviluppato in altra WBE e le azioni sul connettore sono state valutate tenendo conto dei quattro distinti contributi che concorrono a definire l'evento meteo marino di progetto: marea, eustatismo, onda di lungo periodo, onda di breve periodo. Le componenti delle reazioni alla cerniera conseguenti alla variazione lenta del livello del mare (marea, eustatismo, onda di lungo periodo) e che determinano un dislivello tra mare e laguna sono state valutate tramite modelli matematici; la componente relativa all'onda di corto periodo è stata invece stimata sulla base degli studi effettuati sui modelli fisici di Voltabarozzo, in particolare lo studio B.6.53, per quanto attiene al modello fisico in scala 1:30 di un tratto di barriera di Chioggia.

Il trasferimento di queste azioni avviene a livello dei perni della paratoia.

Nel progetto delle cerniere (ref. documento MV078P-PE-CMS-1090) si ottengono i seguenti valori caratteristici (non fattorizzati) per le reazioni massime applicabili al connettore tipo 1 (Chioggia, Malamocco, San Nicolò):

- per le combinazioni dei casi relativi alle condizioni operative (SLE), utilizzando i parametri caratterizzati da un periodo di ritorno di 100 anni (max dislivello 1,22 m, concomitante con onda lunga $H_s = 0,3$ m; onda corta $H_s = 1,8$ m, eustatismo 22 cm)
 - $R_{x\max} = 3420$ kN (verso mare)
 - $R_{z\max} = 2120$ kN (verso l'alto) oppure $R_{z\min} = -1240$ (verso il basso)
- per le combinazioni dei casi relativi alle condizioni eccezionali (SLU), utilizzando i parametri caratterizzati da un periodo di ritorno di 1000 anni (max dislivello 2 m, concomitante con onda lunga $H_s = 0,45$ m; onda corta $H_s = 2,1$ m, eustatismo 60 cm)
 - $R_{x\max} = 5007$ kN (verso mare)
 - $R_{z\max} = 2100$ kN (verso l'alto) oppure $R_{z\min} = -1820$ (verso il basso)

Alle reazioni verticali e orizzontali, nel progetto delle cerniere, si aggiunge anche una componente longitudinale di valore caratteristico pari a circa 700 kN.

 CONSORZIO VENEZIA NUOVA	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 75
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

Si verifica pertanto preliminarmente, al capitolo 13 la lama della paratia longitudinale, in corrispondenza del foro per il perno delle cerniere, anche per le massime azioni valutate per il gruppo cerniera connettore:

- $R_x \text{ max} = 5010 \text{ kN}$ verso mare (più sfavorevole)
- $R_z \text{ max} = 2120 \text{ kN}$ nelle due direzioni
- $R_{y\text{max}} = 700 \text{ kN}$

e si rimanda al documento MV078P-PE-CAR-2016 per la verifica di dettaglio del sistema di trattenimento snodo e al documento MV078P-PE-CAR-2021 per la verifica di dettaglio con il modello 3D Ansys della pinna.

8.7. Derivazione della forza trasversale di progetto per i connettori e la paratoia

8.7.1. Premessa

I carichi di progetto per i connettori sono stati definiti e illustrati nei documenti:

- MV078P-PE-CMR-3005-C0 Bocca di Chioggia - Paratoie e Connettori – Connettori – Elemento femmina - Carichi di progetto (WBE: CH.I1.48.PE.04)
- MV089P-PE-TMR-3051-C0 Bocca di Lido Treporti - Paratoie e Connettori – Connettori – Elemento femmina - Nota di chiarimento per la relazione “Carichi di progetto (WBE: LT.I1.48.PE.03)

In tali relazioni viene descritta nel dettaglio la metodologia utilizzata per la stima delle azioni verticali e orizzontali in condizioni di esercizio dovute al moto ondoso e al dislivello di marea, e viene indicato in 1000 kN il valore dell’azione trasversale considerato per le combinazioni di carico agli SLU. Per le combinazioni agli SLS tale carico è stato ridotto di un fattore 1,5 e quindi assunto pari a 700 kN.

 GENERAL	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 76
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

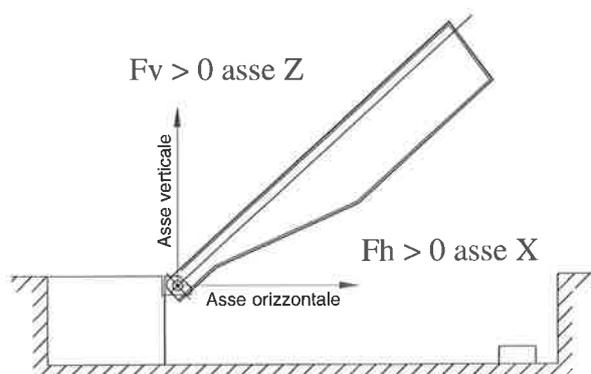


FIG. 8.7 - SISTEMA DI RIFERIMENTO E CONVENZIONI ADOTTATE NELLA RAPPRESENTAZIONI DELLE AZIONI APPLICATE AL CONNETTORE

8.7.2. Elementi per la valutazione della forza trasversale

Le azioni sui connettori sono state valutate tenendo conto dei diversi contributi che concorrono a definire l'evento meteo marino di progetto: marea, eustatismo, onda di lungo periodo e onda di breve periodo. I primi tre contributi, conseguenti alla variazione lenta del livello del mare e che determinano un dislivello tra mare e laguna, sono stati valutati tramite modelli matematici bidimensionali, noti i livelli a mare ed in laguna ed i volumi d'aria all'interno della paratoia necessari per garantire l'equilibrio nella posizione di esercizio.

La componente relativa all'onda di breve periodo è stata invece stimata sulla base dei risultati degli studi effettuati su modello fisico finalizzati alla risposta dinamica delle paratoie con particolare riguardo alla misura delle azioni alle cerniere delle paratoie in condizioni di moto ondoso incidente di breve periodo. (Per maggiori dettagli sugli studi si rimanda alla relazione MV089P-PE-TMR-3051-C0 - Bocca di Lido Treporti - Paratoie e Connettori – Connettori – Elemento femmina - Nota di chiarimento per la relazione “Carichi di progetto”).

Ad esclusione del primo modello, realizzato nel 1988 in scala 1:60, tutti gli altri sono stati realizzati in scala 1:30, per garantire l'accuratezza della misura. Per contro, a causa della scala di riduzione adottata, nei modelli non è stato possibile riprodurre l'intera bocca ma una porzione dei canali di bocca a fondale costante in prossimità delle barriere. I modelli sono dunque dei modelli bidimensionali e

 TEGEMITAL	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 77
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

forniscono la misura delle azioni verticali e orizzontali, ma non di quelle trasversali.

Nella realtà le onde che incidono la barriera non sono perfettamente cilindriche, ma, a causa degli effetti tridimensionali, i fronti d'onda presentano altezza diverse lungo la barriera e generano delle forze trasversali sulle paratoie dovute a queste differenze.

Per definire l'azione trasversale agente sulle paratoie, si sono utilizzati i risultati dei modelli fisici tridimensionali di propagazione del moto ondoso all'interno delle bocche che riproducono la reale configurazione dei canali di bocca e dei fondali antistanti. Data l'elevata estensione dell'area da riprodurre tali modelli sono stati costruiti utilizzando delle scale di riduzione geometrica variabili tra 1:60 e 1:80, quindi non idonee alle misura delle azioni sulle cerniere.

In questi modelli, per definire il valore delle altezze d'onda incidenti le paratoie, in corrispondenza di eventi caratterizzati da diversi periodi di ritorno al largo, sono stati installati diversi sensori di livello davanti alla schiera di paratoie.

Sulla base delle misure di tali strumenti è stato possibile ricostruire istante per istante il dislivello presente alle 2 estremità di alcune paratoie. Noto il dislivello, l'azione trasversale istantanea è stata calcolata ipotizzando una distribuzione idrostatica delle pressioni sui due fianchi delle paratoie. E' stato così possibile dedurre le serie temporali delle forze trasversali agenti sulle paratoie e ricostruire le relative curve di eccedenza.

Il valore dell'azione trasversale di progetto è stato definito sulla base dei risultati dei modelli fisici delle bocche di Malamocco e Chioggia che sono quelle che presentano i maggiori valori di altezza d'onda in barriera.

Nei successivi paragrafi si riporta la valutazione della forza trasversale per ogni barriera.

8.7.3. Azioni di progetto per la Barriera di Chioggia

Si sono utilizzati i risultati delle prove sul modello fisico dell'intera bocca realizzato presso il Centro Sperimentale di Voltabarozzo in scala 1:60 in diverse configurazioni (studi B.5.7/III e B.6.53).

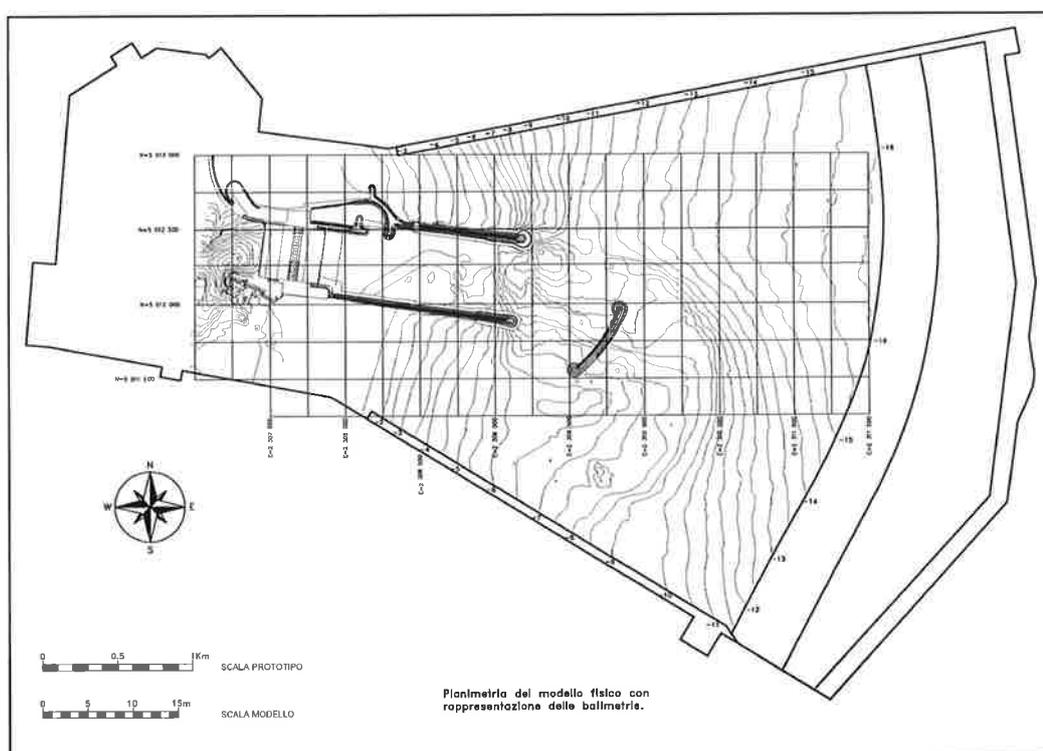


FIG. 8.8 - PLANIMETRIA DEL MODELLO FISICO IN SCALA 1:60 DELLA BOCCA DI CHIOGGIA: INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E BATIMETRIE RIPRODOTTE

Il modello fisico riproduce una superficie molto vasta e pari a 3700 m² (corrispondenti a 13.32 km² prototipo), di cui il 65% è rappresentata dall'area di mare antistante la bocca, l'8% dall'area del canale di bocca e dai moli, il restante 27% dall'area della laguna e dei litorali).

Il rilievo delle caratteristiche del moto ondoso è stato effettuato in 30 punti del modello, la seguente figura mostra l'ubicazione delle sonde in prossimità della barriera (cerchiate in blu) e il numero delle paratoie ubicate di fronte agli strumenti di misura (evidenziate in rosso).

 GENERAL	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 79
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

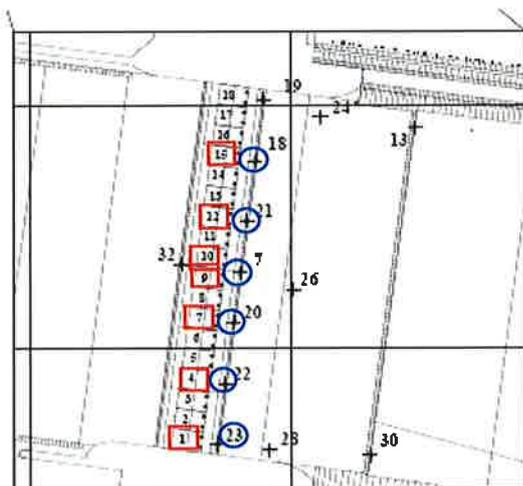


FIG. 8.9 - UBICAZIONE DELLE SONDE DI MOTO ONDOSO (IN BLU) NEL MODELLO IN PROSSIMITÀ DELLA BARRIERA DI CHIOGGIA E NUMERAZIONE DELLE PARATOIE (IN ROSSO)

Le prove su modello fisico sono state eseguite considerando 3 direzioni di incidenza del moto ondoso all'esterno della bocca: 80°, 95° e 125°N in accordo con il clima del moto ondoso ivi presente.

Per stimare il valore dell'azione trasversale in corrispondenza di condizioni estreme si sono analizzati i risultati della prova E101_52_20s80D3p3, caratterizzata dai seguenti valori dell'onda al largo:

Hs=5.2m, Tp=10.1s, settore di bora (Tr=100 anni solo onde)

livello di marea=+2.60 m slmm (Tr=1000 anni + eustatismo, solo livelli)

Se si considera la statistica combinata onde-livelli, l'evento esaminato ha un periodo di ritorno maggiore di 1000 anni.

Le seguenti figure riportano le curve di superamento dei dislivelli istantanei all'estremità delle paratoie esaminate.

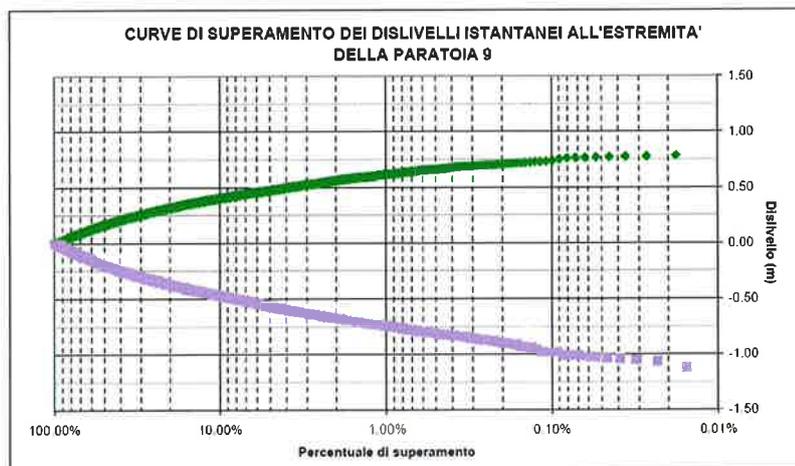
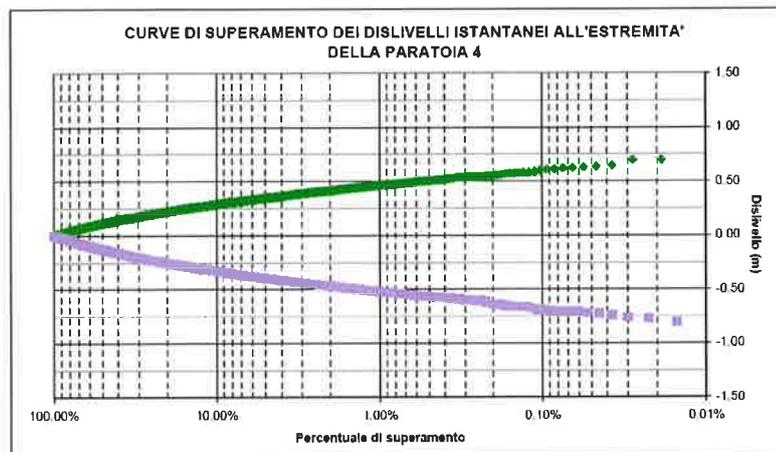
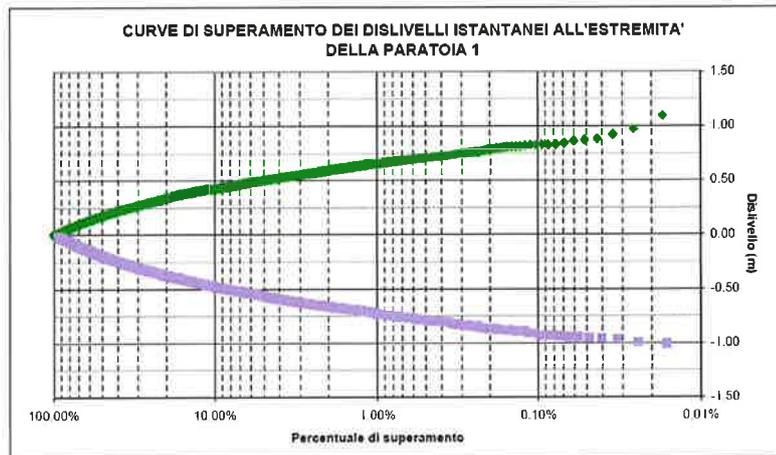


FIG. 8.10 - CURVE DI SUPERAMENTO DEI DISLIVELLI ISTATANEI ALL'ESTREMITA'
DELLA PARATOIE DI CHIOGGIA N° 1, 4 E 9

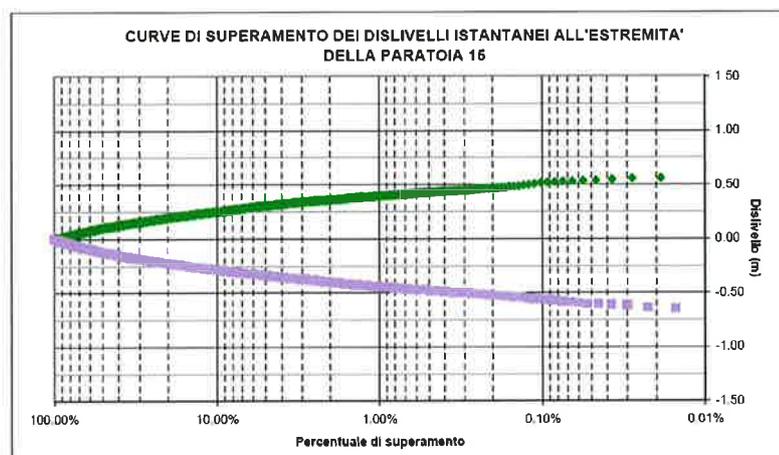
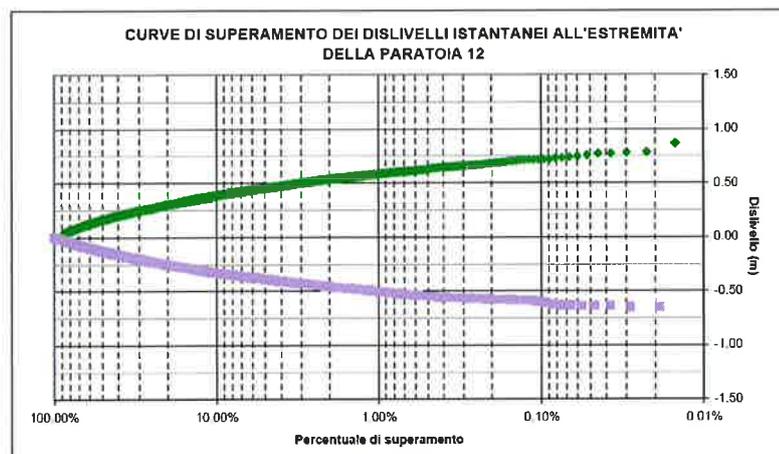
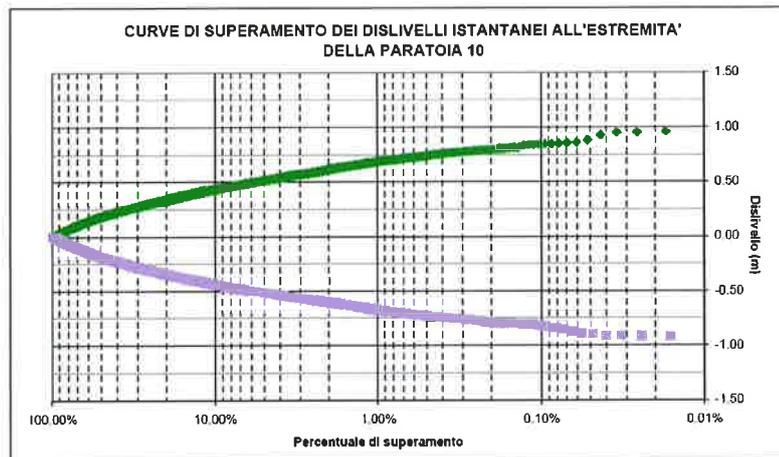
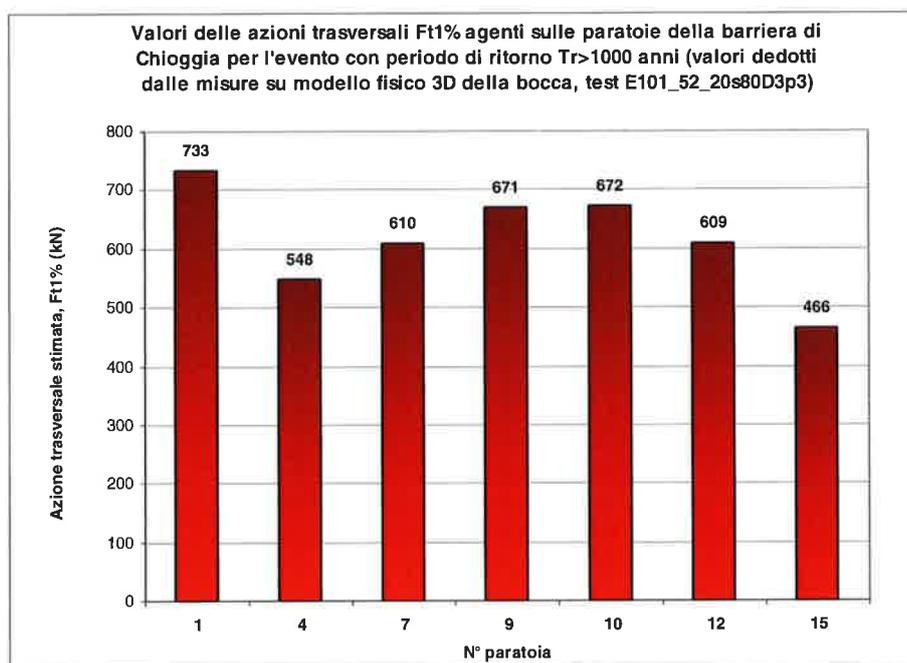


FIG. 8.11 - CURVE DI SUPERAMENTO DEI DISLIVELLI ISTATANEI ALL'ESTREMITA'
DELLA PARATOIE DI CHIOGGIA N° 10, 12 E 15

Noto il dislivello tra le 2 estremità di ogni paratoia, l'azione trasversale istantanea è stata calcolata ipotizzando una distribuzione idrostatica delle pressioni sui due fianchi delle paratoie. La superficie laterale immersa della paratoia è stata valutata, sulla base dei dati sperimentali, in funzione del livello misurato davanti alla paratoia e della posizione angolare istantanea. La seguente figura riporta il valore caratteristico dell'azione trasversale F_t , assunto pari al valore con frequenza di superamento pari all'1%. Si osserva che tale valore non supera i 700 kN, ad esclusione della paratoia n°1 per la quale risulta pari a 733 kN.



Paratoia	$F_{t1\%}$	$F_{t\max}$	$F_{t\max}/F_{t1\%}$
1	733	1094	1.49
4	548	843	1.54
7	610	933	1.53
9	671	1023	1.52
10	672	1040	1.55
12	609	860	1.41
15	466	697	1.50

FIG. 8.12 - AZIONI TRASVERSALI SULLE PARATOIE DELLA BARRIERA DI CHIOGGIA IN CORRISPONDENZA DI UN EVENTO ESTREMO ($T_r > 1000$ ANNI)

Il valore considerato di 700 kN della forza trasversale con probabilità di superamento dell'1% corrisponde ad un battente idrostatico squilibrato tra le due fiancate di una paratoia di circa 0,72 m, che trova riscontro nei grafici delle curve di superamento dei dislivelli istantanei riportati nelle precedenti figure, con particolare riferimento ai dislivelli positivi (per dislivelli negativi l'area della fiancata esposta è inferiore ed è quindi inferiore anche la forza trasversale).

	riposo (deg)	rad	deg	rad
alfa	0	0,000000	42,5	0,741765
punto	x	zf	$x'=x \cos t - z \sin t$	$z'=x \sin t + z \cos t$
O	0,00	0,00	-	-
B	0,00	0,80	-0,54	0,59
A	-0,65	0,80	-1,02	0,15
B	0,00	0,80	-0,54	0,59
C	2,50	0,80	1,30	2,28
D	8,05	0,80	5,39	6,03
E	25,60	0,80	18,33	17,88
F	26,65	0,80	19,11	18,59
G	25,60	-4,20	21,71	14,20
J	8,05	-4,20	12,80	6,03
H	8,05	-4,20	8,77	2,34
K	2,50	-0,75	2,35	1,14
C	2,50	0,80	1,30	2,28
zo				14,45
zw				15,17
L			21,71	14,20
M			14,31	14,20
N			14,59	14,45
P			21,56	14,45
L'			21,71	14,20
M'			14,31	14,20
N'			15,37	15,17
P'			21,14	15,17

TAB. 8.8 - PARATOIA DI CHIOGGIA - GEOMETRIA

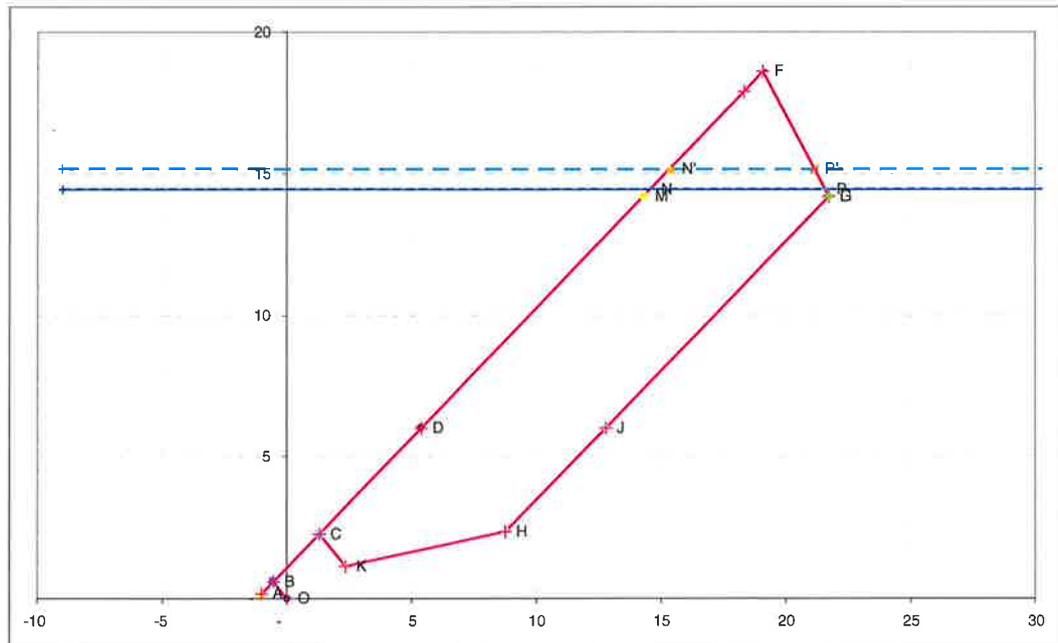


FIG. 8.13 - PARATOIA DI CHIOGGIA IN POSIZIONE DI LAVORO CON MASSIMO DISLIVELLO MAREA + EUSTATISMO (LINEA BLU) E DISLIVELLO IDROSTATICO 0,72 M TRA LE FIANCATE (LINEA TURCHESE TRATTEGGIATA)

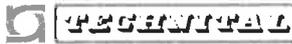
elev fondale	d1	m	rispetto cerniera	11,80
elev marea+eust	d2	m	rispetto lmm	2,65
dislivello fianchi	dD	m		0,72
z mare	zo	m/s ²	d1+d2	14,45
z mare+dislivello fianchi	zw	m	zo + dD	15,17
altezza paratoia	DH	m		5,00
inclinazione paratoia	alfa	deg		42,5
elev intradosso paratoia	zG	m		14,20
elev estradosso paratoia	zF	m		18,59
AREA FIANCO IMMERSA				-
area sotto zo	Ac	m ²		94,09
area tra zw e zo	Ab	m ²		4,59
area immersa totale	A	m ²	Ab + Ac	98,68
area fianco	At	m ²		108,55
% area immersa	%At	m ²		90,9%
battente	b	kN/m ²	□ dD = 10,10 * dD	7,27
Ftrasversale	Ft	kN	b*Ab/2 + b*Ac	701

TAB. 8.9 - PARATOIA DI CHIOGGIA – CALCOLO DELLA FORZA TRASVERSALE PER DISLIVELLO IDROSTATICO 0,72 M TRA LE FIANCATE ALL'ANGOLO DI LAVORO

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 85
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

CALCOLO DELL'AREA IMMERSA		zo (linea blu)		14,45
		zw (linea turchese)		15,17
area immersa fianco		alfa		42,5
	x (m)	z (m)	lunghe (m)	area (m ²)
Area CDHK				18,18
D	5,39	6,03		
J	12,80	6,03		
H	8,77	2,34		
DH			5,00	
HJ			5,46	
Area DHJ				13,64
DJ			7,40	
se zo < zG		zL=zo		
se zo > zG		zL=zG		
L	21,71	14,20		
M	14,31	14,20		
zL-zJ				8,17
Area DJLM				60,47
se zo > zG				
se zo < zF, zN=zo				
se zo > zF, zN=zF				
N	14,59	14,45		
P	21,56	14,45		
MG=DJ				7,40
NP				6,98
zN-zM				0,25
Area MGPN				1,81
area a battente costante				94,09
se zw < zG		zL'=zw		
se zw > zG		zL'=zG		
L'	21,71	14,20		
M'	14,31	14,20		
zL'-zL				-
Area MLL'M'				-
se zw > zG				
se zw < zF, zN=Zw				
se zw > zF, zN=zF				
N'	15,37	15,17		
P'	21,14	15,17		
NP				6,98
N'P'				5,77
zN'-zN				0,72
Area M'GP'N'				4,59
area a battente variabile				4,59
AREA IMMERSA TOTALE				98,68

TAB. 8.10 - PARATOIA DI CHIOGGIA – CALCOLO DELLA SUPERFICIE DELLA FIANCATA SOGGETTA A BATTENTE IDROSTATICO 0,72 M ALL'ANGOLO DI LAVORO

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 86
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

8.7.4. Azioni di progetto per la Barriera di Malamocco

Si sono utilizzati i risultati delle prove sul modello fisico dell'intera bocca realizzato presso il Centro Sperimentale di Voltabarozzo in scala 1:80 nell'ambito dello studio B.6.54.

Il modello fisico riproduce una superficie molto vasta e pari a 3918m² (25.08 k m² prototipo) di cui l'80% è rappresentata dall'area di mare antistante la bocca, il 7% dall'area del canale di accesso alla conca di navigazione e della diga esterna, il restante 13% dall'area della laguna e dei litorali. Le dimensioni del modello sono tali da comprendere, sul lato mare, tutta l'estensione del canale di navigazione e permettono di riprodurre onde provenienti sia dal settore di bora-levante che da quello di scirocco.

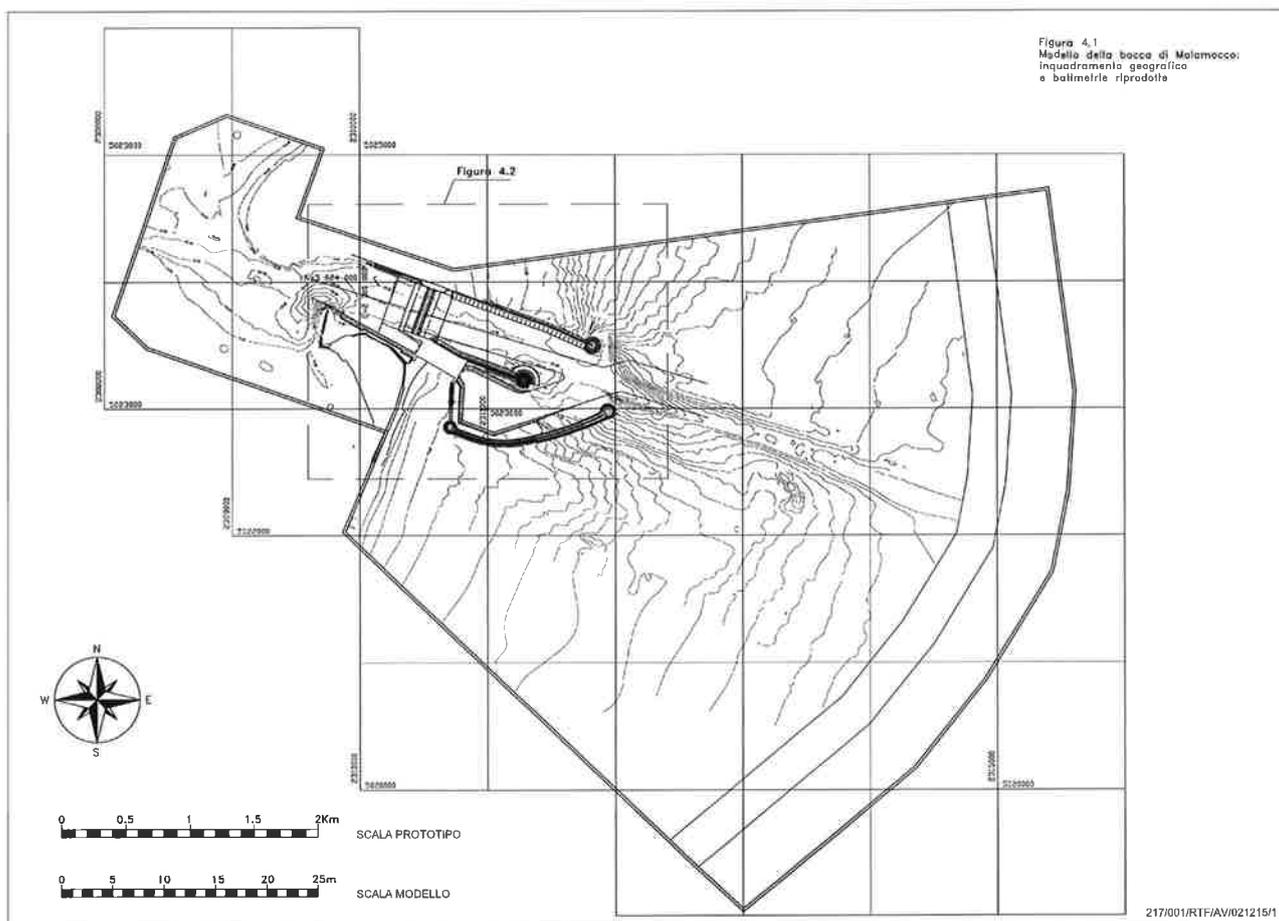


FIG. 8.14 - PLANIMETRIA DEL MODELLO FISICO IN SCALA 1:80 DELLA BOCCA DI MALAMOCCHO: INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E BATIMETRIE RIPRODOTTE

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 87
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

Il rilievo delle caratteristiche del moto ondoso è stato effettuato in 30 punti del modello, la seguente figura mostra l'ubicazione delle sonde in prossimità della barriera (cerchiate in blu) e il numero delle paratoie ubicate di fronte agli strumenti di misura (evidenziati in rosse).

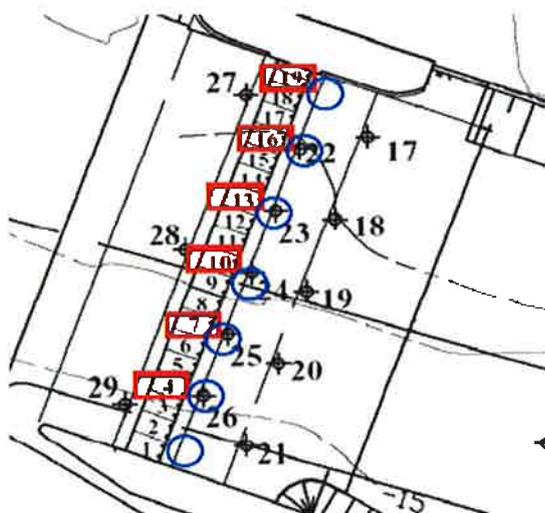


FIG. 8.15 - UBICAZIONE DELLE SONDE DI MOTO ONDOSO (IN BLU) NEL MODELLO IN PROSSIMITÀ DELLA BARRIERA DI MALAMOCCO E NUMERAZIONE DELLE PARATOIE (IN ROSSO)

Le prove su modello fisico sono state eseguite considerando 3 direzioni di incidenza del moto ondoso all'esterno della bocca: 80°, 90° e 125°N in accordo con il clima del moto ondoso ivi presente.

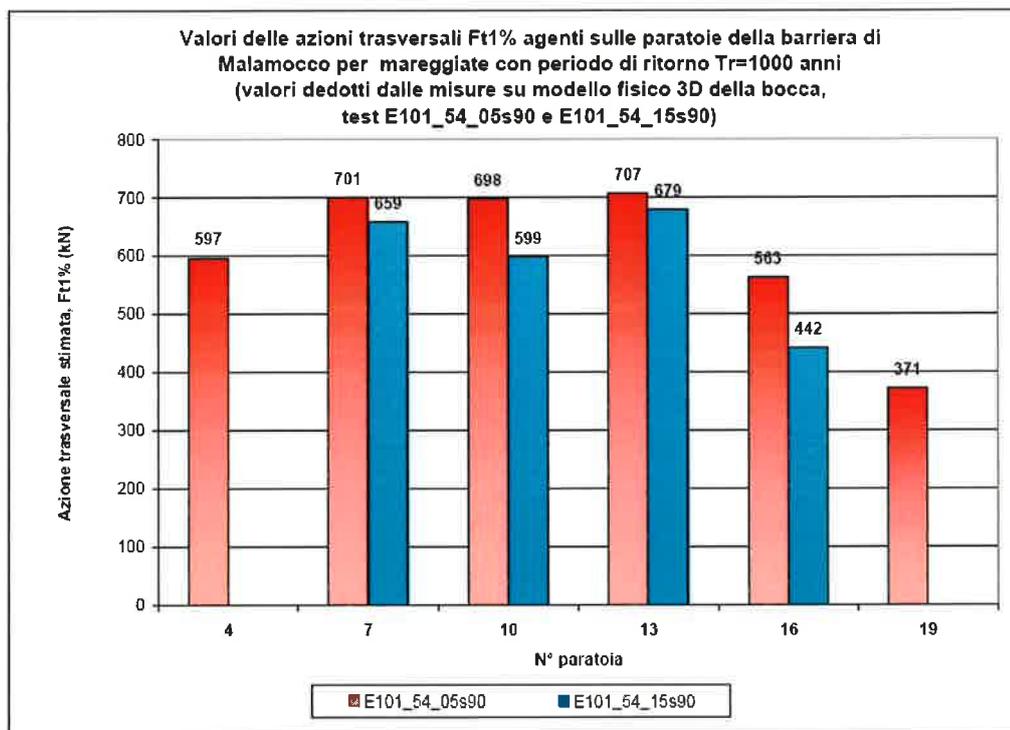
Per stimare il valore dell'azione trasversale in corrispondenza di condizioni estreme si sono analizzati i risultati delle prove E101_54_05s90 ed E101_54_05s90, caratterizzate dai seguenti valori dell'onda al largo della bocca:

$H_s=5.4\text{m}$, $T_p=10.1\text{s}$, settore di bora

livello di marea=+1.1 m slmm e +2.1m slmm .

Le condizioni di prova sono prossime a quelle con periodo di ritorno di 1000 anni con e senza eustatismo.

La seguente figura riporta il valore caratteristico dell'azione trasversale F_t , assunto pari al valore con frequenza di superamento pari all'1%. Si osserva che tale sono compresi tra i 600 e i 700 kN



Paratoia	E101_54_05s90			E101_54_15s90		
	Ft _{1%}	Ft _{max}	Ft _{max} /Ft _{1%}	Ft _{1%}	Ft _{max}	Ft _{max} /Ft _{1%}
4	597	819	1.37			
7	701	1095	1.56	659	951	1.44
10	698	1002	1.44	599	914	1.53
13	707	1017	1.44	679	1050	1.55
16	563	856	1.52	442	616	1.39
19	371	560	1.51			

FIG. 8.16 - AZIONI TRASVERSALI SULLE PARATOIE DELLA BARRIERA DI MALAMOTTO IN CORRISPONDENZA DI UN EVENTO ESTREMO ($T_r=1000$ ANNI)

Con procedimento analogo a quello riportato per la paratoia di Chioggia, il valore di 700 kN della forza trasversale con probabilità di superamento dell'1% per la paratoia di Malamocco corrisponde ancora ad un battente idrostatico squilibrato tra le due fiancate di una paratoia di circa 0,7 m.

	riposo (deg)	rad	deg	rad
alfa	0	0,000000	42,5	0,741765
punto	x	zf	$x' = x \cos t - z \sin t$	$z' = x \sin t + z \cos t$
O	0,00	0,00	-	-
B	0,00	0,80	- 0,57	0,57
A	-0,65	0,80	- 1,03	0,11
B	0,00	0,80	- 0,57	0,57
C	2,50	0,80	1,20	2,33
D	7,25	0,80	4,56	5,69
E	27,95	0,80	19,20	20,33
F	28,90	0,80	19,87	21,00
G	27,95	-3,70	22,38	17,15
J	7,25	-3,70	10,92	5,69
H	7,25	-3,70	7,74	2,51
K	2,50	-0,75	2,30	1,24
C	2,50	0,80	1,20	2,33
zo				17,45
zw				18,14
L			22,38	17,15
M			16,02	17,15
N			16,32	17,45
P			22,18	17,45
L'			22,38	17,15
M'			16,02	17,15
N'			17,01	18,14
P'			21,73	18,14

TAB. 8.11 - PARATOIA DI MALAMOCCO - GEOMETRIA

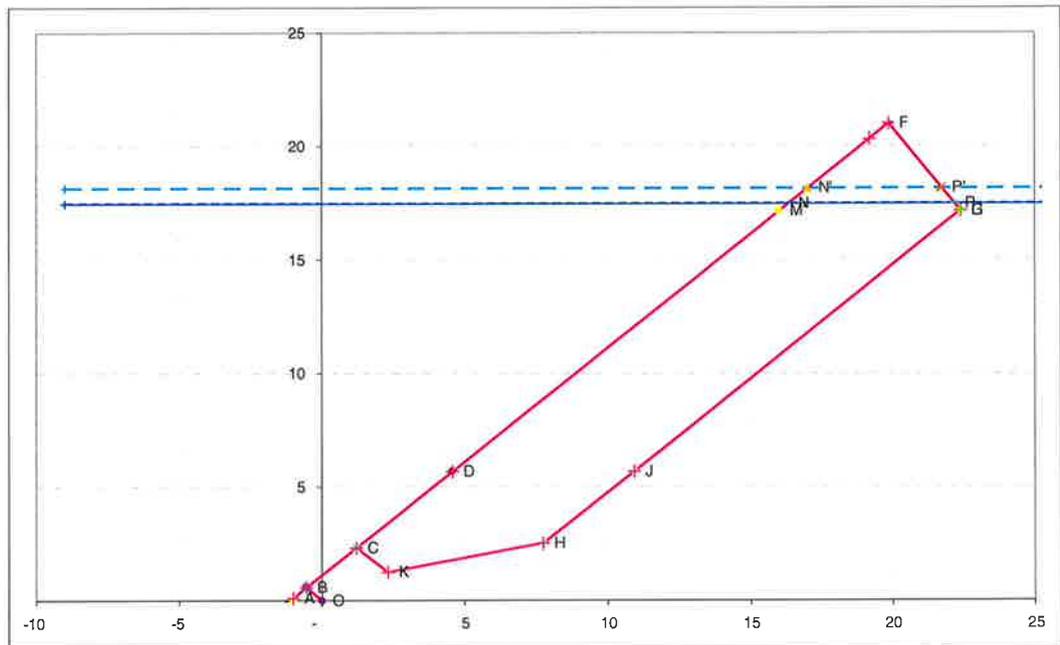


FIG. 8.17 - PARATOIA DI MALAMOCCO IN POSIZIONE DI LAVORO CON MASSIMO DISLIVELLO MAREA + EUSTATISMO (LINEA BLU) E DISLIVELLO IDROSTATICO 0,69 M TRA LE FIANCATE (LINEA TURCHESE TRATTEGGIATA)

elev fondale	d1	m	rispetto cerniera	14,80
elev marea+eust	d2	m	rispetto Imm	2,65
dislivello fianchi	dD	m		0,69
z mare	zo	m/s ²	d1+d2	17,45
z mare+dislivello fianchi	zw	m	zo + dD	18,14
altezza paratoia	DH	m		4,50
inclinazione paratoia	alfa	deg		45
elev intradosso paratoia	zG	m		17,15
elev estradosso paratoia	zF	m		21,00
AREA FIANCO IMMERSA				-
area sotto zo	Ac	m ²		99,24
area tra zw e zo	Ab	m ²		3,65
area immersa totale	A	m ²	Ab + Ac	102,90
area fianco	At	m ²		109,66
% area immersa	%At	m ²		93,8%
battente	b	kN/m ²	\square dD = 10,10 * dD	6,97
Ftrasversale	Ft	kN	b*Ab/2 + b*Ac	704

TAB. 8.12 - PARATOIA DI MALAMOCCO – CALCOLO DELLA FORZA TRASVERSALE PER DISLIVELLO IDROSTATICO 0,69 M TRA LE FIANCATE ALL'ANGOLO DI LAVORO

CALCOLO DELL'AREA IMMERSA		zo (linea blu) 17,45	
		zw (linea turchese) 18,14	
area immersa fianco		alfa	45,0
x (m)	z (m)	lunghe (m)	area (m ²)
Area CDHK 14,37			
D	4,56	5,69	
J	10,92	5,69	
H	7,74	2,51	
DH			4,50
HJ			4,50
Area DHJ			10,13
DJ			6,36
se zo < zG		zL = zo	
se zo > zG		zL = zG	
L	22,38	17,15	
M	16,02	17,15	
zL - zJ			11,46
Area DJLM			72,90
se zo > zG			
se zo < zF, zN = zo			
se zo > zF, zN = zF			
N	16,32	17,45	
P	22,18	17,45	
MG = DJ			6,36
NP			5,86
zN - zM			0,30
Area MGPN			1,85
area a battente costante			99,24
se zw < zG		zL' = zw	
se zw > zG		zL' = zG	
L'	22,38	17,15	
M'	16,02	17,15	
zL' - zL			-
Area MLL'M'			-
se zw > zG			
se zw < zF, zN = Zw			
se zw > zF, zN = zF			
N'	17,01	18,14	
P'	21,73	18,14	
NP			5,86
N'P'			4,72
zN' - zN			0,69
Area M'GP'N'			3,65
area a battente variabile			3,65
AREA IMMERSA TOTALE			102,90

TAB. 8.13 - PARATOIA DI MALAMOCCO - CALCOLO DELLA SUPERFICIE DELLA FIANCATA SOGGETTA A BATTENTE IDROSTATICO 0,69 M ALL'ANGOLO DI LAVORO

8.7.5. Azioni di progetto per la Barriera di Treporti

Per la barriera di Treporti i dati sperimentali sui dislivelli istantanei sono stati registrati a interassi superiori e sono quindi meno affidabili.

I dislivelli sono proporzionali alle altezze delle onde incidenti, che a Treporti, sono di altezza inferiore rispetto alle altre bocche. Ammettendo a favore di sicurezza un dislivello tra le fiancate di 0,70 m, pari circa a quello valutato per la barriera di Chioggia e Malamocco, si stima una forza trasversale di 339 kN, mentre 700 kN corrisponderebbero ad un dislivello di circa 1,40 m.

Nel seguito si riporta il calcolo della forza trasversale per il dislivello di 0,70 m.

alfa	0	0,000000	40,0	0,698132
punto	x	zf	$x'=x \cos t - z \sin t$	$z'=x \sin t + z \cos t$
O	0,00	0,00	-	-
B	0,00	0,65	- 0,42	0,50
A	-0,55	0,65	- 0,84	0,14
B	0,00	0,65	- 0,42	0,50
C	2,00	0,65	1,11	1,78
D	4,75	0,65	3,22	3,55
E	17,28	0,65	12,82	11,61
F	18,05	0,65	13,41	12,10
G	17,28	-2,95	15,13	8,85
J	4,75	2,95	8,82	3,55
H	4,75	-2,95	5,53	0,79
K	2,00	-0,65	1,95	0,79
C	2,00	0,65	1,11	1,78
zo				9,3
zw				10,7
L			15,13	8,85
M			9,53	8,85
N			10,07	9,30
P			14,89	9,30
L'			15,13	8,85
M'			9,53	8,85
N'			10,91	10,00
P'			14,52	10,00

TAB. 8.14 - PARATOIA DI TREPORTI - GEOMETRIA

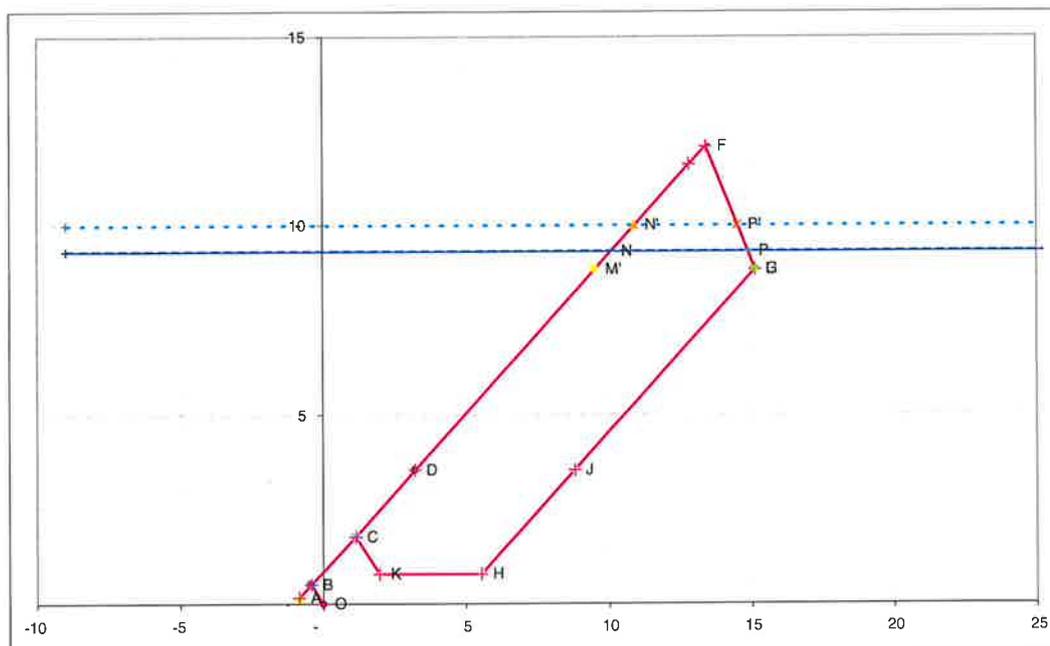


FIG. 8.18 - PARATOIA DI TREPORTI IN POSIZIONE DI LAVORO CON MASSIMO DISLIVELLO MAREA + EUSTATISMO (LINEA BLU) E DISLIVELLO IDROSTATICO TRA LE FIANCATE 0,70 M (LINEA TURCHESE TRATTEGGIATA)

elev fondale	d1	m	rispetto cerniera	6,65
elev marea+eust	d2	m	rispetto lmm	2,65
dislivello fianchi	dD	m		0,70
z mare	zo	m/s ²	d1+d2	9,30
z mare+dislivello fianchi	zw	m	zo + dD	10,00
altezza paratoia	DH	m		3,60
inclinazione paratoia	alfa	deg		40
elev intradosso paratoia	zG	m		8,85
elev estradosso paratoia	zF	m		12,10
AREA FIANCO IMMERSA				-
area sotto zo	Ac	m ²		46,48
area tra zw e zo	Ab	m ²		2,95
area immersa totale	A	m ²	Ab + Ac	49,43
area fianco	At	m ²		53,23
% area immersa	%At	m ²		93,2%
battente	b	kN/m ²	\square dD = 10,10 * dD	7,07
Ftrasversale	Ft	kN	b*Ab/2 + b*Ac	339

TAB. 8.15 - PARATOIA DI TREPORTI - CALCOLO DELLA FORZA TRASVERSALE PER DISLIVELLO IDROSTATICO 0,70 M TRA LE FIANCATE ALL'ANGOLO DI LAVORO

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 94
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

CALCOLO DELL' AREA IMMERSA		zo (linea blu)	9,30	
		zw (linea turchese)	10,00	
area immersa fianco		alfa	40,0	
	x (m)	z (m)	lung (m)	area (m ²)
Area CDHK				6,74
D	3,22	3,55		
J	8,82	3,55		
H	5,53	0,79		
DH			3,60	
HJ			4,29	
Area DHJ				7,72
DJ			5,60	
se zo < zG		zL = zo		
se zo > zG		zL = zG		
L	15,13	8,85		
M	9,53	8,85		
zL - zJ			5,30	
Area DJLM				29,66
se zo > zG				
se zo < zF, zN = zo				
se zo > zF, zN = zF				
N	10,07	9,30		
P	14,89	9,30		
MG = DJ			5,60	
NP			4,82	
zN - zM			0,45	
Area MGPN				2,36
area a battente costante				46,48
se zw < zG		zL' = zw		
se zw > zG		zL' = zG		
L'	15,13	8,85		
M'	9,53	8,85		
zL' - zL				
Area MLL'M'				-
se zw > zG				
se zw < zF, zN = Zw				
se zw > zF, zN = zF				
N'	10,91	10,00		
P'	14,52	10,00		
NP			4,82	
N'P'			3,62	
zN' - zN			0,70	
Area M'GP'N'				2,95
area a battente variabile				2,95
AREA IMMERSA TOTALE				49,43

TAB. 8.16 - PARATOIA DI TREPORTI – CALCOLO DELLA SUPERFICIE DELLA FIANCATA SOGGETTA A BATTENTE IDROSTATICO 0,70 M ALL'ANGOLO DI LAVORO

8.7.6. Azioni di progetto per la Barriera di San Nicolò

Anche per la barriera di San Nicolò i dati sperimentali sui dislivelli istantanei sono stati registrati a interassi superiori e sono quindi meno affidabili.

I dislivelli sono proporzionali alle altezze delle onde incidenti, che a San Nicolò, non sono di altezza superiore rispetto a quelle presenti a Chioggia e Malamocco. Ammettendo un dislivello tra le fiancate di 0,7 m, pari circa a quello valutato per la barriera di Chioggia e Malamocco, si stima una forza trasversale di 560 kN, mentre 700 kN corrisponderebbero ad un dislivello di circa 0,87 m.

Nel seguito si riporta il calcolo della forza trasversale per il dislivello di 0,70 m.

alfa	0	0,000000	45,0	0,785398
punto	x	zf	$x' = x \cos t - z \sin t$	$z' = x \sin t + z \cos t$
O	0,00	0,00	-	-
B	0,00	0,80	-0,57	0,57
A	-0,65	0,80	-1,03	0,11
B	0,00	0,80	-0,57	0,57
C	2,50	0,80	1,20	2,33
D	6,45	0,80	4,00	5,13
E	25,20	0,80	17,25	18,38
F	26,05	0,80	17,85	18,99
G	25,20	-3,20	20,08	15,56
J	6,45	-3,20	9,65	5,13
H	6,45	-3,20	6,82	2,30
K	2,50	-0,74	2,29	1,24
C	2,50	0,80	1,20	2,33
zo				15,45
zw				16,15
L			19,98	15,45
M			14,32	15,45
N			-	-
P			-	-
L'			20,08	15,56
M'			14,42	15,56
N'			15,02	16,15
P'			19,70	16,15

TAB. 8.17 - PARATOIA DI SAN NICOLÒ - GEOMETRIA

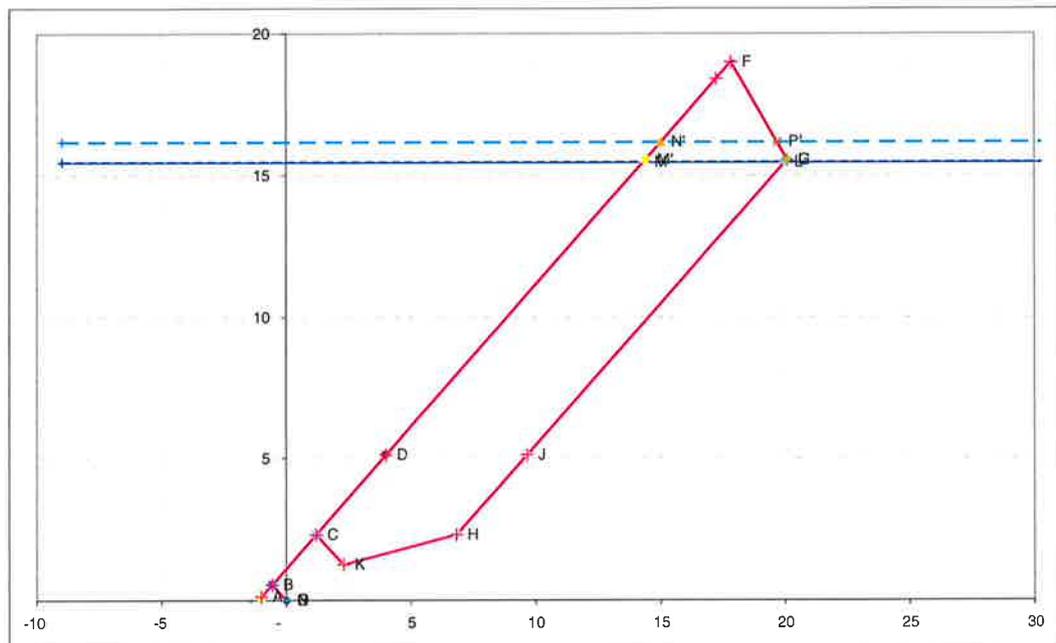


FIG. 8.19 - PARATOIA DI SAN NICOLÒ IN POSIZIONE DI LAVORO CON MASSIMO DISLIVELLO MAREA + EUSTATISMO (LINEA BLU) E DISLIVELLO IDROSTATICO TRA LE FIANCATE 0,7 M (LINEA TURCHESE TRATTEGGIATA)

elev fondale	d1	m	rispetto cerniera	12,80
elev marea+eust	d2	m	rispetto lmm	2,65
dislivello fianchi	dD	m		0,70
z mare	zo	m/s ²	d1+d2	15,45
z mare+dislivello fianchi	zw	m	zo + dD	16,15
altezza paratoia	DH	m		4,00
inclinazione paratoia	alfa	deg		45
elev intradosso paratoia	zG	m		15,56
elev estradosso paratoia	zF	m		18,99
AREA FIANCO IMMERSA				-
area sotto zo	Ac	m ²		77,34
area tra zw e zo	Ab	m ²		3,67
area immersa totale	A	m ²	Ab + Ac	81,01
area fianco	At	m ²		87,64
% area immersa	%At	m ²		92,4%
battente	b	kN/m ²	□ dD = 10,10 * dD	7,07
Ftrasversale	Ft	kN	b*Ab/2 + b*Ac	560

TAB. 8.18 - PARATOIA DI SAN NICOLÒ – CALCOLO DELLA FORZA TRASVERSALE PER DISLIVELLO IDROSTATICO 0,7 M TRA LE FIANCATE ALL'ANGOLO DI LAVORO

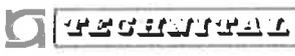
 TECNITALIA	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 97
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

CALCOLO DELL'AREA IMMERSA		zo (linea blu)	15,45
		zw (linea turchese)	16,15
area immersa fianco		alfa	45,0
	x (m)	z (m)	lunghezza (m)
Area CDHK			10,94
D	4,00	5,13	
J	9,65	5,13	
H	6,82	2,30	
DH			4,00
HJ			4,00
Area DHJ			8,00
DJ			5,66
se $z_0 < z_G$		$z_L = z_0$	
se $z_0 > z_G$		$z_L = z_G$	
L	19,98	15,45	
M	14,32	15,45	
zL-zJ			10,32
Area DJLM			58,40
se $z_0 > z_G$			
se $z_0 < z_F$, $z_N = z_0$			
se $z_0 > z_F$, $z_N = z_F$			
N	-	-	
P	-	-	
MG=DJ			5,66
NP			-
zN-zM			-
Area MGPN			-
area a battente costante			77,34
se $z_w < z_G$		$z_{L'} = z_w$	
se $z_w > z_G$		$z_{L'} = z_G$	
L'	20,08	15,56	
M'	14,42	15,56	
zL'-zL			0,11
Area MLL'M'			0,60
se $z_w > z_G$			
se $z_w < z_F$, $z_N = z_w$			
se $z_w > z_F$, $z_N = z_F$			
N'	15,02	16,15	
P'	19,70	16,15	
NP			5,66
N'P'			4,68
zN'-zN			0,59
Area M'GP'N'			3,07
area a battente variabile			3,67
AREA IMMERSA TOTALE			81,01

TAB. 8.19 - PARATOIA DI SAN NICOLÒ – CALCOLO DELLA SUPERFICIE DELLA FIANCATA SOGGETTA A BATTENTE IDROSTATICO 0,7 M ALL'ANGOLO DI LAVORO

 VERIFICHE STRUTTURALI	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 98
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

Per le verifiche dei connettori, che sono di un unico tipo per tutte le barriere, si è mantenuto il valore di 700 kN. Per le verifiche di resistenza della paratoia si è considerato lo stesso valore, notando però che è sovrastimato del 25%.

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 99
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

9. CALCOLI DI PREDIMENSIONAMENTO - SCHEMATIZZAZIONI

9.1. Fasciami

Date la geometria strutturale e la distribuzione dei carichi, i fasciami sono schematizzati, in genere, come travi di larghezza unitaria, incastrate alle estremità, con campata pari all'intervallo dei rinforzi secondari e soggette a un carico uniforme-mente distribuito; il carico considerato è il massimo che si verifica sul pannello di fasciame in considerazione delimitato dai rinforzi secondari e dalle travi rinforzate. La schematizzazione è realistica per i pannelli di fasciame caricati uniformemente e conservativa per i pannelli di fasciame caricati lateralmente con carico non uniforme (Fig. 9.1).

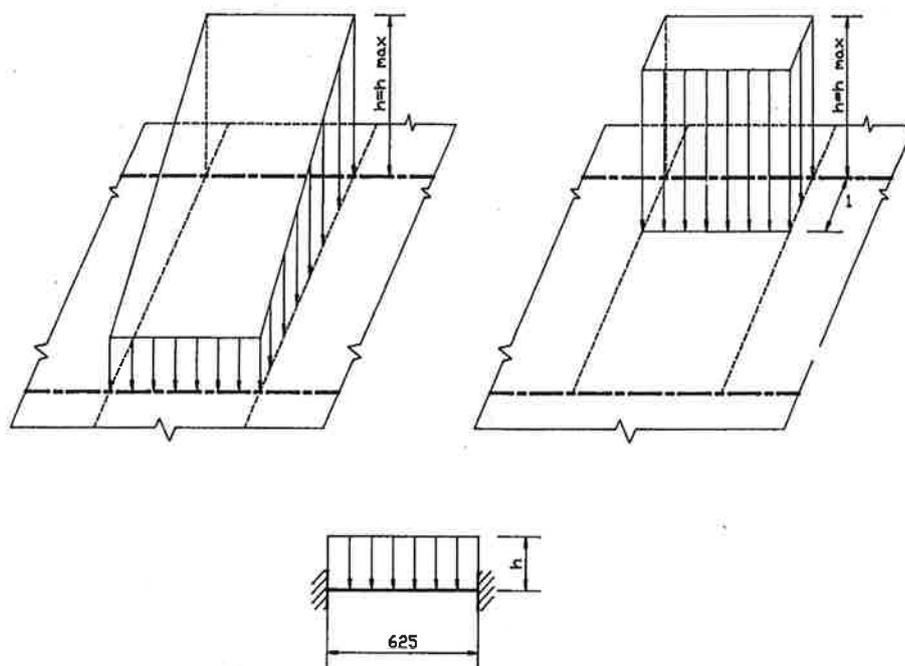


FIG. 9.1 – SCHEMA DI CALCOLO DEI FASCIAMI

Per tener conto dei sovra-spessori di corrosione gli spessori dei fasciami, risultanti dal calcolo, vengono aumentati di 1.5 mm.

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 100
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

9.2. Correnti

I rinforzi secondari dei fasciami superiore, frontale, inferiore e posteriore vengono schematizzati come una trave continua, a sezione variabile secondo le varie zone della paratoia, appoggiata in corrispondenza dei telai rinforzati trasversali e dell'incrocio dei fasciami (Fig. 9.2); questo schema è ipotizzabile data l'elevata rigidità di questi ultimi elementi rispetto agli altri.

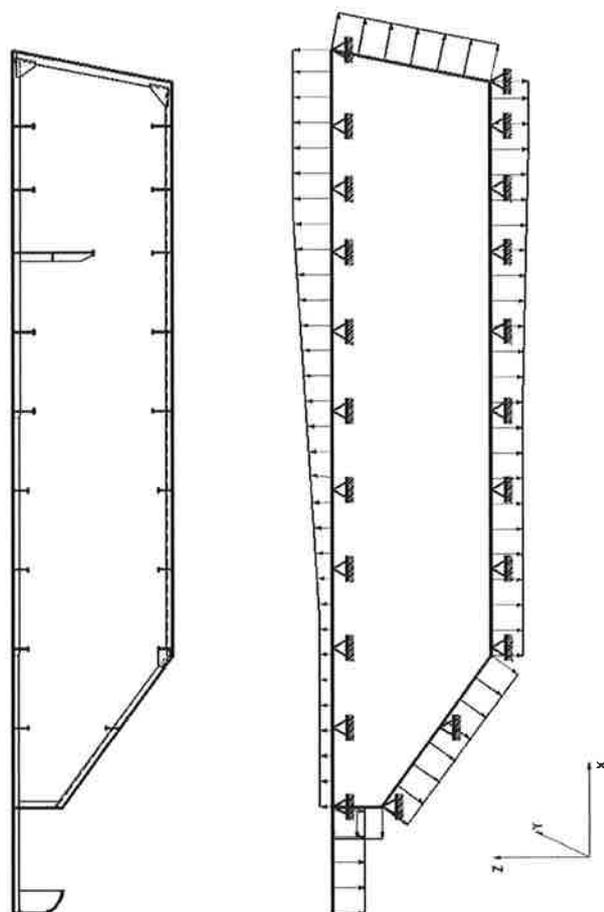
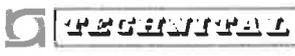


FIG. 9.2 – SCHEMA DI CALCOLO DEI CORRENTI ORDINARI

I rinforzi secondari dei fasciami laterali, analogamente a quanto visto sopra, vengono schematizzati come travi continue appoggiate sulle travi rinforzate e incastrate alle due estremità, frontale e posteriore, dato il collegamento, attraverso squadre, ai correnti verticali dei fasciami frontale e posteriore (Fig. 9.3).

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 101
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

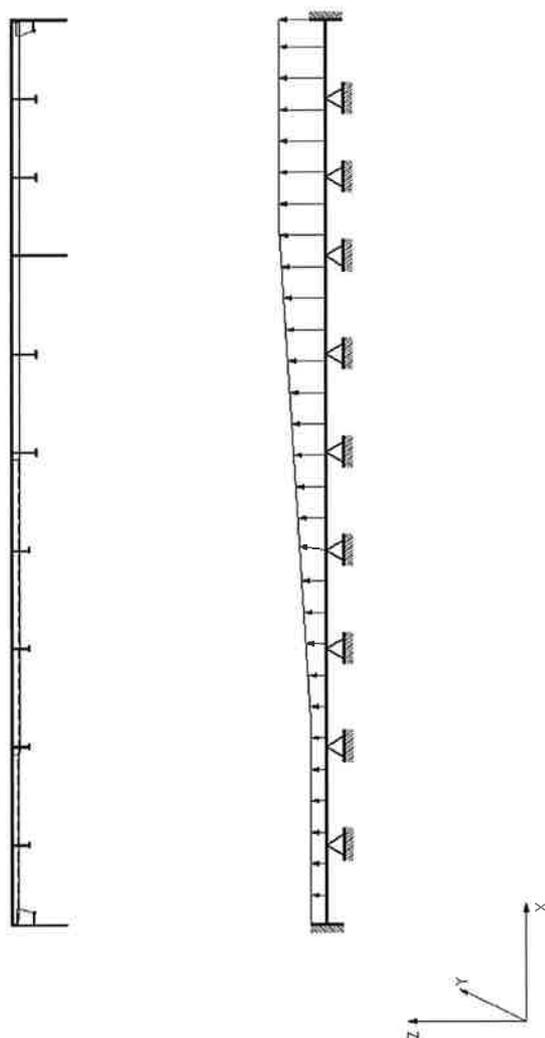


FIG. 9.3 – SCHEMA DI CALCOLO DEI CORRENTI LATERALI

La sezione di trave considerata nella verifica è quella costituita dal profilo a bulbo associato a una striscia di fasciame di larghezza pari al valore medio delle strisce di fasciame contigue al corrente preso a riferimento (Fig. 9.4), come da criterio R.I.Na., ridotta per tener conto dei sovra-spessori di corrosione.

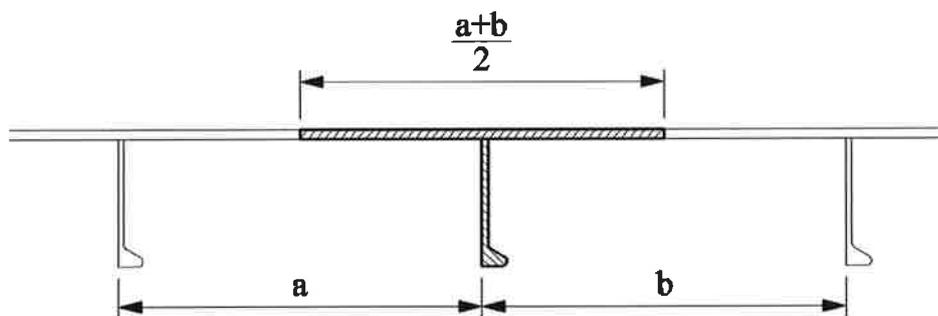


FIG. 9.4 – SEZIONE RESISTENTE DEI CORRENTI

Le sezioni riportate sui disegni vengono trasformate, secondo un criterio di equivalenza R.I.Na., in angolari con spessori di anima e piattabanda ridotti di 2.0 mm associati a un fasciame di spessore pari a quello riportato sui disegni ridotto di 1.5 mm.

Con riferimento alla Fig. 9.5 per l'identificazione delle aste, le tabelle seguenti riassumono le caratteristiche delle sezioni dei correnti:

Correnti	Asta	Profilo a	Striscia	Angolare	Striscia	Modulo di resist. minimo (netto) [cm ³]
		bulbo (lordo) [mm]	associata (lorda) [mm]	equivalente (netto) [mm]	associata (netta) [mm]	
Longitudinali	01	260x10	625x8	233.7x8.0 - 44.8x26.3	625x6.5	375
	02	180x8	625x8	162.4x6.0 - 30.9x17.6	625x6.5	132
	03	180x8	625x8	162.4x6.0 - 30.9x17.6	625x6.5	132
	04 s	180x8	625x8	162.4x6.0 - 30.9x17.6	625x6.5	132
	04 i	200x9	625x10	180.3x7.0 - 34.9x19.7	625x8.5	188
	05	200x9	625x10	180.3x7.0 - 34.9x19.7	625x8.5	188
	06	200x9	625x10	180.3x7.0 - 34.9x19.7	625x8.5	188
	07	220x10	625x11	198.1x8.0 - 38.8x21.9	625x9.5	256
	08	220x10	625x11	198.1x8.0 - 38.8x21.9	625x9.5	256
	09	220x10	625x11	198.1x8.0 - 38.8x21.9	625x9.5	256
	10	220x10	625x11	198.1x8.0 - 38.8x21.9	625x9.5	256
	11	220x10	625x11	198.1x8.0 - 38.8x21.9	625x9.5	256
	12	300x11	625x11	269.4x9.0 - 51.8x30.6	625x9.5	583
13	200x9	625x8	180.3x7.0 - 34.9x19.7	625x6.5	184	

TAB. 9.1 – CARATTERISTICHE SEZIONI RESISTENTI

Correnti	Asta	Profilo a bulbo	Striscia associata	Angolare equivalente	Striscia associata	Modulo di resist. minimo
		(lordo) [mm]	(lorda) [mm]	(netto) [mm]	(netta) [mm]	(netto) [cm ³]
Laterali	01	180x8	625x8	162.4x6.0 - 30.9x17.6	625x6.5	132
	02	180x8	625x8	162.4x6.0 - 30.9x17.6	625x6.5	132
	03	180x8	625x8	162.4x6.0 - 30.9x17.6	625x6.5	132
	04	180x8	625x8	162.4x6.0 - 30.9x17.6	625x6.5	132
	05	200x9	625x10	180.3x7.0 - 34.9x19.7	625x8.5	188
	06	200x9	625x10	180.3x7.0 - 34.9x19.7	625x8.5	188
	07	220x10	625x11	198.1x8.0 - 38.8x21.9	625x9.5	256
	08	220x10	625x11	198.1x8.0 - 38.8x21.9	625x9.5	256
	09	220x10	625x11	198.1x8.0 - 38.8x21.9	625x9.5	256
	10	220x10	625x11	198.1x8.0 - 38.8x21.9	625x9.5	256
	11	220x10	625x11	198.1x8.0 - 38.8x21.9	625x9.5	256

TAB. 9.2 – CARATTERISTICHE SEZIONI RESISTENTI CORRENTI

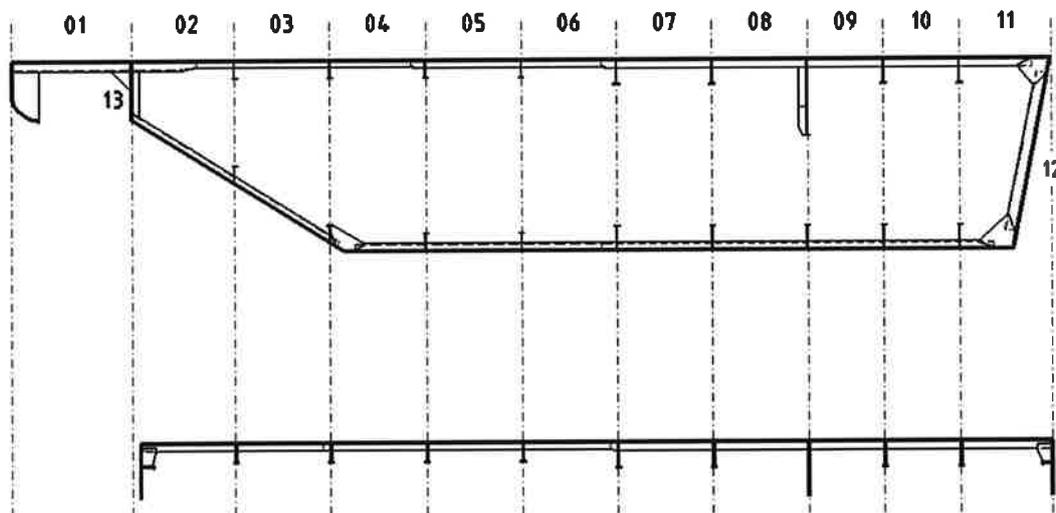


FIG. 9.5 – RIFERIMENTI ASTE

9.3. Ossature rinforzate

La paratoia è stata analizzata utilizzando il programma di calcolo ALGOR FEA (successivamente diventato Autodesk Simulation Mechanical):

- Autore: ALGOR Inc.
- Release: V23.1

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 104
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

Gli elementi strutturali primari (trasversali) sono verificati con analisi ad elementi finiti effettuando una schematizzazione in cui si analizza il telaio trasversale come costituito dalle relative travi rinforzate associate ad una certa larghezza di fasciame e considerato isolato dal resto della struttura.

Le anime delle travi rinforzate vengono schematizzate con elementi membrana (Fig. 9.6 - mezza sezione), in numero di almeno tre sull'altezza, quadrilateri o triangolari facendo in modo di rispettare il più possibile i seguenti limiti geometrici:

- elementi quadrilateri

$$\frac{\text{Lato maggiore}}{\text{Lato minore}} \leq 2 \quad (\text{per un ridotto numero di elementi è consentito arrivare}$$

fino a 4)

$$60^\circ \leq \text{angolo} \leq 120^\circ$$

- elementi triangolari

$$30^\circ \leq \text{angolo} \leq 120^\circ$$

Le piattabande delle travi rinforzate e i fasciami associati vengono schematizzati come travi, i puntelli come aste.

Per tener conto dei sovra-spessori di corrosione gli spessori delle anime e delle piattabande delle travi rinforzate, usati nelle verifiche, sono quelli a disegno diminuiti di 2.0 mm.

 FEGENTRAL	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 105
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

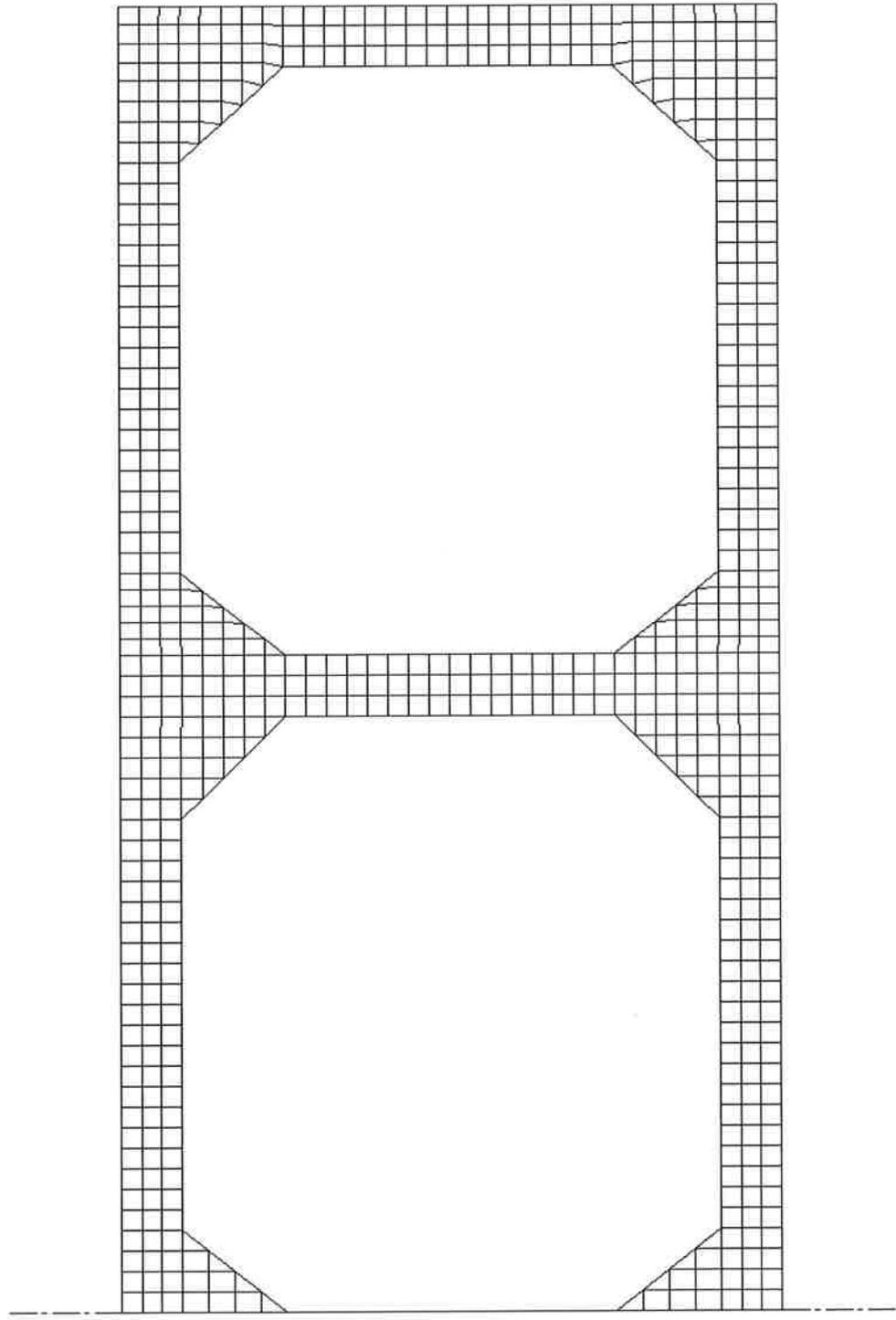


FIG. 9.6 – SCHEMA STRUTTURALE DELLE OSSATURE RINFORZATE

 TECNITALIA	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 106
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

Nel determinare la striscia di fasciame associata (Fig. 9.7) si segue il criterio R.I.Na. secondo il quale la larghezza di fasciame contribuente è data da:

- elementi soggetti a carico laterale

$$b_s \text{ (mm)} = \min \left\{ \begin{array}{l} b_F \\ 0.2 S \end{array} \right.$$

dove:

b_F = intervallo medio ossature rinforzate adiacenti [mm]

S = campata trave rinforzata [mm]

- elementi soggetti a carico assiale

$$b_p \text{ (mm)} = 35 t_N$$

dove:

t_N = spessore fasciame al netto del sovra-spessore di corrosione [mm]

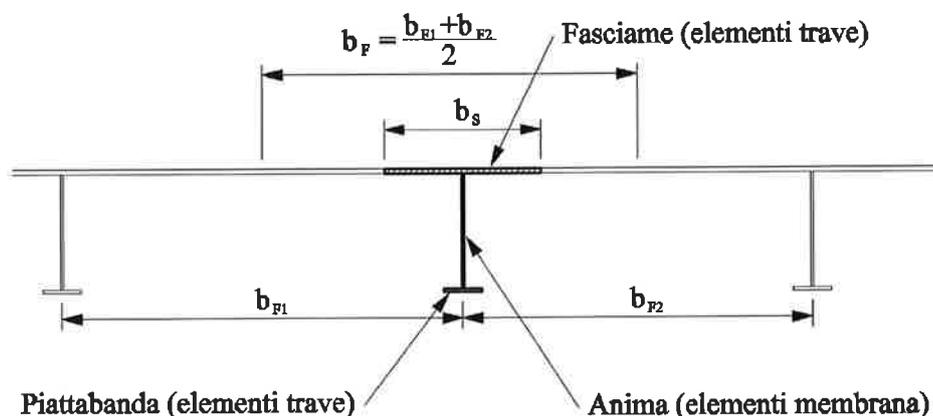


FIG. 9.7 – FASCIAME COLLABORANTE

Le tabelle seguenti riportano i valori dei fasciami associati e degli elementi in corrispondenza della sezione di mezzeria di ogni ossatura rinforzata. Per la numerazione degli elementi si fa riferimento alla Fig. 9.8 mentre per la numerazione delle ossature rinforzate si fa riferimento alla Fig. 9.9.

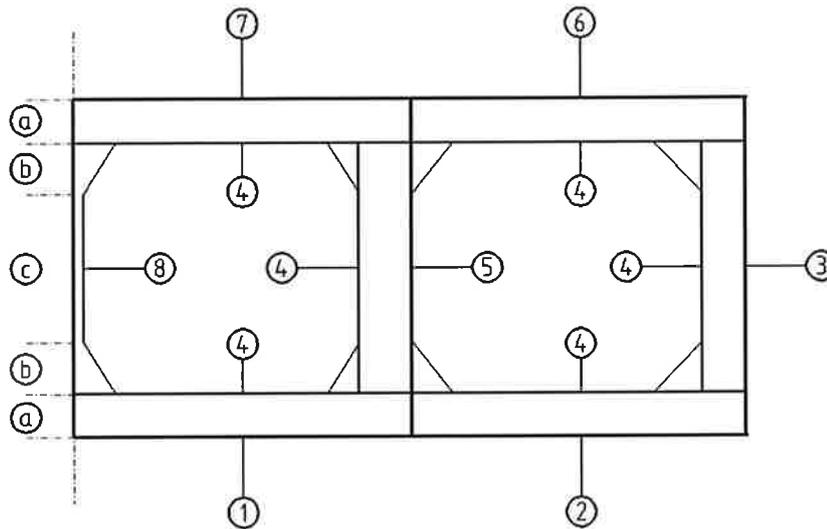


FIG. 9.8 – ELEMENTI TRAVE ASSOCIATI ALL' OSSATURA RINFORZATA

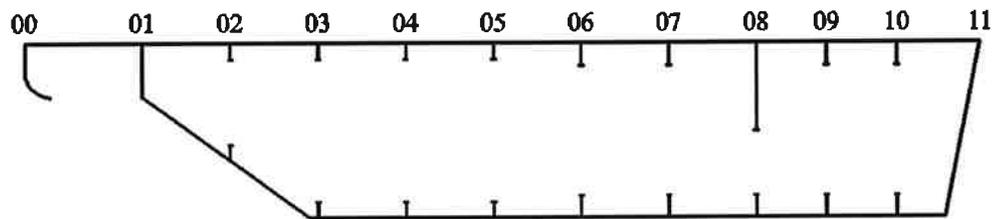


FIG. 9.9 – RIFERIMENTO OSSATURE RINFORZATE

9.3.1. Ossatura 02

Elemento	Sezione n.	Larghezza [mm]	Spessore netto [mm]
Fasciame	1	908	6.5
	2	897	6.5
	3	462	6.5
	6	897	6.5
	7	908	6.5
Piattabanda	4	150	9.0
Diaframma	5	280	8.0
Piattabanda puntello	8	100	9.0

Elemento	Sezione n.	Geometria netta
Diaframma centr. Long (1/2)	a	280x4.0
Squadra long (1/2)	b	280x4.0
Puntello long (1/2)	c	C 300x4.0/50x9.0

TAB. 9.3 – FASCIAMI ASSOCIATI ED ELEMENTI IN MEZZERIA

Proporzioni travi rinforzate:

$$h_w = 460 \geq 2 \cdot h_i = 2 \cdot 210 = 420 \quad \frac{1}{8} A_a = 575 \leq A_f = 1650 \leq \frac{2}{3} A_a = 3067$$

9.3.2. Ossatura 03

Elemento	Sezione n.	Larghezza [mm]	Spessore netto [mm]
Fasciame	1	908	6.5
	2	897	6.5
	3	772	6.5
	6	897	6.5
	7	908	6.5
Piattabanda	4	150	11.0
Diaframma	5	280	8.0
Piattabanda puntello	8	100	11.0

Elemento	Sezione n.	Geometria netta
Diaframma centr. Long (1/2)	a	280x4.0
Squadra long (1/2)	b	280x4.0
Puntello long (1/2)	c	C 300x4.0/50x9.0

TAB. 9.4 – FASCIAMI ASSOCIATI ED ELEMENTI IN MEZZERIA

Proporzioni travi rinforzate:

$$h_w = 460 \geq 2 \cdot h_i = 2 \cdot 210 = 420 \quad \frac{1}{8} A_a = 575 \leq A_f = 1950 \leq \frac{2}{3} A_a = 3067$$

9.3.3. Ossatura 04

Elemento	Sezione n.	Larghezza [mm]	Spessore netto [mm]
Fasciame	1	908	7.5
	2	897	7.5
	3	816	7.5
	6	897	7.5
	7	908	7.5
Piattabanda	4	150	11.0
Diaframma	5	280	8.0
Piattabanda puntello	8	100	11.0

Elemento	Sezione n.	Geometria netta
Diaframma centr. Long (1/2)	a	280x4.0
Squadra long (1/2)	b	280x4.0
Puntello long (1/2)	c	C 300x4.0/50x9.0

TAB. 9.5 – FASCIAMI ASSOCIATI ED ELEMENTI IN MEZZERIA

Proporzioni travi rinforzate:

$$h_w = 460 \geq 2 \cdot h_i = 2 \cdot 230 = 460 \quad \frac{1}{8} A_a = 575 \leq A_f = 1950 \leq \frac{2}{3} A_a = 3067$$

9.3.4. Ossatura 05

Elemento	Sezione n.	Larghezza [mm]	Spessore netto [mm]
Fasciame	1	908	8.5
	2	897	8.5
	3	816	8.5
	6	897	8.5
	7	908	8.5
Piattabanda	4	150	11.0
Diaframma	5	280	8.0
Piattabanda puntello	8	100	11.0

Elemento	Sezione n.	Geometria netta
Diaframma centr. Long (1/2)	a	280x4.0
Squadra long (1/2)	b	280x4.0
Puntello long (1/2)	c	C 300x4.0/50x9.0

TAB. 9.6 – FASCIAMI ASSOCIATI ED ELEMENTI IN MEZZERIA

Proporzioni travi rinforzate:

$$h_w = 460 \geq 2 \cdot h_i = 2 \cdot 230 = 460 \quad \frac{1}{8} A_a = 575 \leq A_f = 1950 \leq \frac{2}{3} A_a = 3067$$

9.3.5. Ossatura 06

Elemento	Sezione n.	Larghezza [mm]	Spessore netto [mm]
Fasciame	1	872	9.0
	2	861	9.0
	3	744	9.0
	6	861	9.0
	7	872	9.0
Piattabanda	4	150	11.0
Diaframma	5	298	8.5
Piattabanda puntello	8	100	11.0

Elemento	Sezione n.	Geometria netta
Diaframma centr. Long (1/2)	a	297.5x4.25
Squadra long (1/2)	b	297.5x4.25
Puntello long (1/2)	c	C 300x4.25/50x11.0

TAB. 9.7 – FASCIAMI ASSOCIATI ED ELEMENTI IN MEZZERIA

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 110
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

Proporzioni travi rinforzate:

$$h_w = 640 \geq 2 \cdot h_i = 2 \cdot 250 = 500 \quad \frac{1}{8} A_a = 880 \leq A_f = 1950 \leq \frac{2}{3} A_a = 4693$$

9.3.6. Ossatura 07

Elemento	Sezione n.	Larghezza [mm]	Spessore netto [mm]
Fasciame	1	872	9.5
	2	861	9.5
	3	744	9.5
	6	861	9.5
	7	872	9.5
Piattabanda	4	150	11.0
Diaframma	5	315	9.0
Piattabanda puntello	8	100	11.0

Elemento	Sezione n.	Geometria netta
Diaframma centr. Long (1/2)	a	315x4.5
Squadra long (1/2)	b	315x4.5
Puntello long (1/2)	c	C 300x4.5/50x11.0

TAB. 9.8 – FASCIAMI ASSOCIATI ED ELEMENTI IN MEZZERIA

Proporzioni travi rinforzate:

$$h_w = 640 \geq 2 \cdot h_i = 2 \cdot 250 = 500 \quad \frac{1}{8} A_a = 880 \leq A_f = 1950 \leq \frac{2}{3} A_a = 4693$$

9.3.7. Ossatura 08

Elemento	Sezione n.	Larghezza [mm]	Spessore netto [mm]
Fasciame	1	872	9.5
	2	861	9.5
	3	744	9.5
	6	861	9.5
	7	872	9.5
Piattabanda	4	150	11.0
Diaframma	5	315	9.0
Piattabanda puntello	8	100	11.0

Elemento	Sezione n.	Geometria netta
Diaframma centr. Long (1/2)	a	315x4.5
Squadra long (1/2)	b	315x4.5
Puntello long (1/2)	c	C 300x4.5/50x11.0

TAB. 9.9 – FASCIAMI ASSOCIATI ED ELEMENTI IN MEZZERIA

Proporzioni travi rinforzate:

$$h_w = 640 \geq 2 \cdot h_i = 2 \cdot 250 = 500 \quad \frac{1}{8} A_a = 880 \leq A_f = 1950 \leq \frac{2}{3} A_a = 4693$$

9.3.8. Ossatura 09

Elemento	Sezione n.	Larghezza [mm]	Spessore netto [mm]
Fasciame	1	872	9.5
	2	861	9.5
	3	744	9.5
	6	861	9.5
	7	872	9.5
Piattabanda	4	150	11.0
Diaframma	5	315	9.0
Piattabanda puntello	8	100	11.0

Elemento	Sezione n.	Geometria netta
Diaframma centr. Long (1/2)	a	315x4.5
Squadra long (1/2)	b	315x4.5
Puntello long (1/2)	c	C 300x4.5/50x11.0

TAB. 9.10 – FASCIAMI ASSOCIATI ED ELEMENTI IN MEZZERIA

Proporzioni travi rinforzate:

$$h_w = 640 \geq 2 \cdot h_i = 2 \cdot 250 = 500 \quad \frac{1}{8} A_a = 880 \leq A_f = 1950 \leq \frac{2}{3} A_a = 4693$$

9.3.9. Ossatura 10

Elemento	Sezione n.	Larghezza [mm]	Spessore netto [mm]
Fasciame	1	872	9.5
	2	861	9.5
	3	744	9.5
	6	861	9.5
	7	872	9.5
Piattabanda	4	150	11.0
Diaframma	5	315	9.0
Piattabanda puntello	8	100	11.0

Elemento	Sezione n.	Geometria netta
Diaframma centr. Long (1/2)	a	315x4.5
Squadra long (1/2)	b	315x4.5
Puntello long (1/2)	c	C 300x4.5/50x11.0

TAB. 9.11 – FASCIAMI ASSOCIATI ED ELEMENTI IN MEZZERIA

Proporzioni travi rinforzate:

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 112
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

$$h_w = 640 \geq 2 \cdot h_i = 2 \cdot 250 = 500 \quad \frac{1}{8} A_a = 880 \leq A_f = 1950 \leq \frac{2}{3} A_a = 4693$$

Essendo in presenza di simmetria trasversale geometrica e di carichi, l'analisi viene eseguita considerando solo metà telaio, questo comporta la necessità di vincoli nel piano di simmetria tali da impedire solo la rotazione e la traslazione orizzontale nel piano della struttura. Inoltre, non essendo in genere equilibrati i carichi verticali, il telaio viene vincolato secondo questa direzione, bloccando la sola traslazione verticale in corrispondenza del diaframma laterale (corrispondente alla cerniera, Fig. 9.10), e assoggettato ad un flusso di taglio lungo i fasciami tale da rendere nulla la reazione verticale sul vincolo (Fig. 9.11).

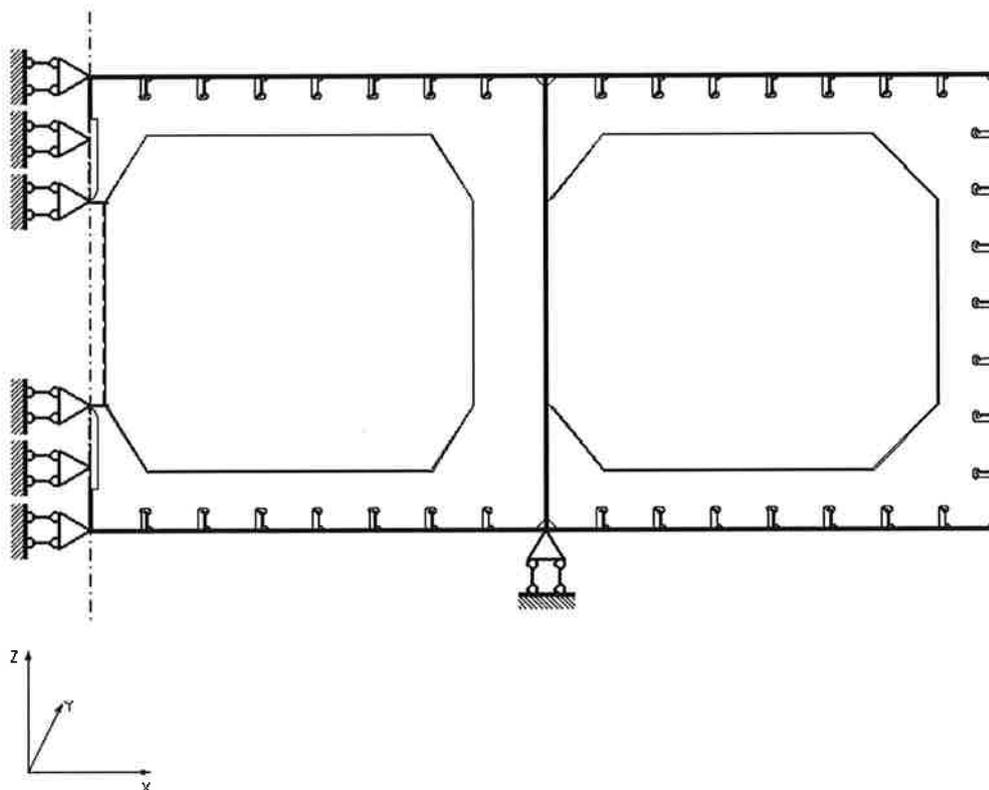


FIG. 9.10 – SCHEMA DI VINCOLO DELLE OSSATURE RINFORZATE

 TECHNICAL	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 113
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

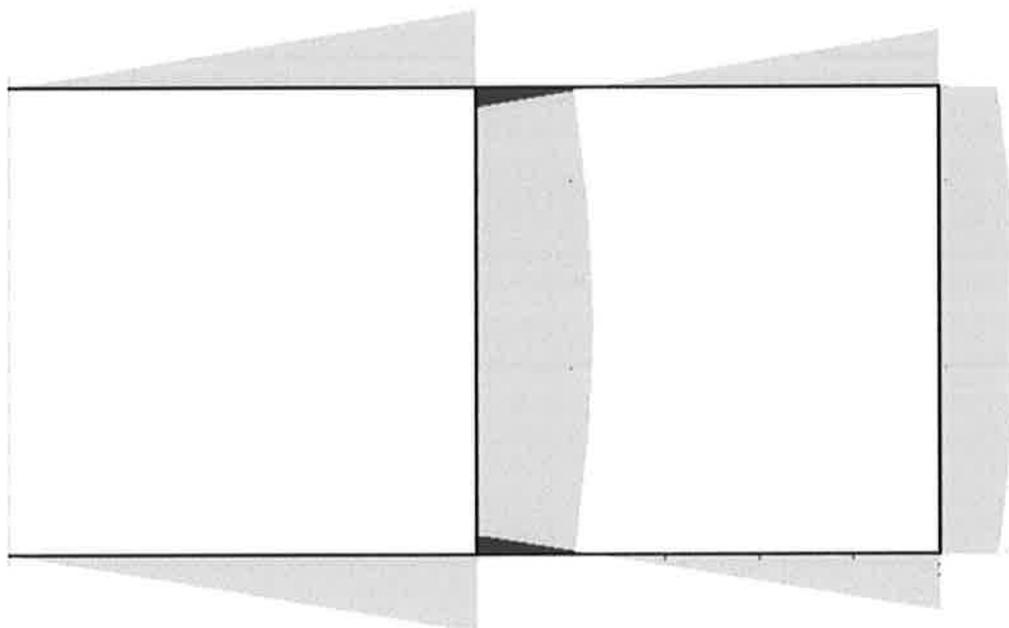


FIG. 9.11 – FLUSSO DI TAGLIO

9.4. Robustezza longitudinale e trasversale

9.4.1. Condizioni operative - Robustezza longitudinale

Per la robustezza globale longitudinale nelle condizioni di lavoro la paratoia è stata considerata come una trave a sezione variabile lungo l'asse X (Fig. 9.12). Le sezioni sono state considerate costanti fra due punti di evidente discontinuità (cambio di spessore) e uguali alla sezione minima in quel tratto. Le sezioni 01 e 01.1 rappresentano la zona di transizione tra le sezioni senza fasciame inferiore (01) e le sezioni con fasciame inferiore (01.1); le sezioni 01.2 e 01.3 corrispondono al cambio di spessore del diaframma laterale ed infine le sezioni intermedie, genericamente 0X.1, corrispondono a metà intervallo; coincidenti con i rinforzi verticali dei diaframmi longitudinali. La sezione considerata ai fini del calcolo è quella ottenuta considerando solo gli elementi longitudinali continui e deducendo il sovrappessore di corrosione dagli elementi considerati. Le sezioni dei ferri a bulbo riportate sui disegni vengono trasformate, secondo un criterio di equivalenza R.I.Na., in angolari con spessori di anima e piattabanda ridotti del sovra-spessore di corrosione. La verifica a taglio viene eseguita suddividendo in modo conservativo l'azione di taglio sui soli elementi verticali di lamiera presenti

nella sezione considerata, ovvero considerando solo i fasciami laterali ed i diaframmi longitudinali laterali.

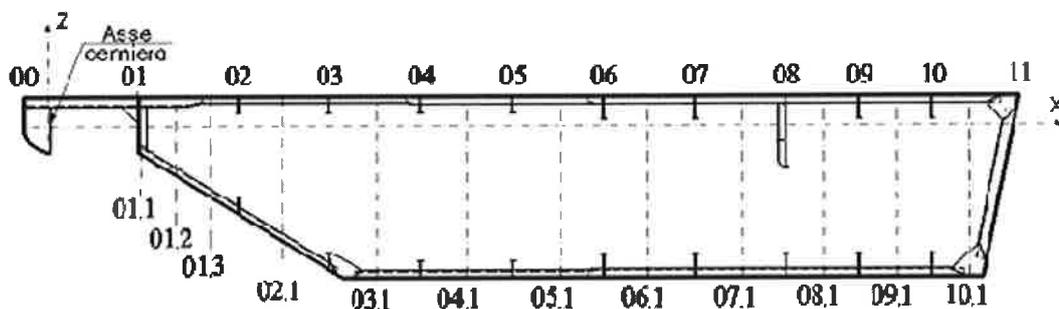


FIG. 9.12 – RIFERIMENTO ORDINATE

Nelle figure seguenti vengono riportate le sezioni considerate (dimensioni elementi strutturali al lordo degli sovrassessori di corrosione).

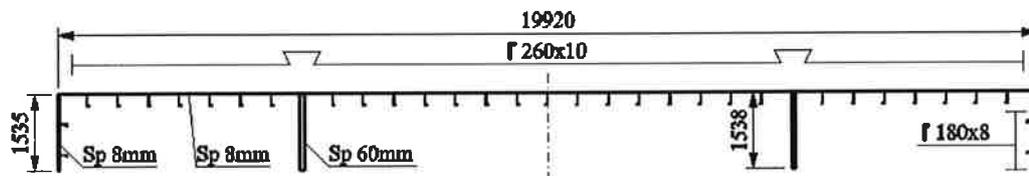


FIG. 9.13 – SEZIONE FRA ORD 00 E 01

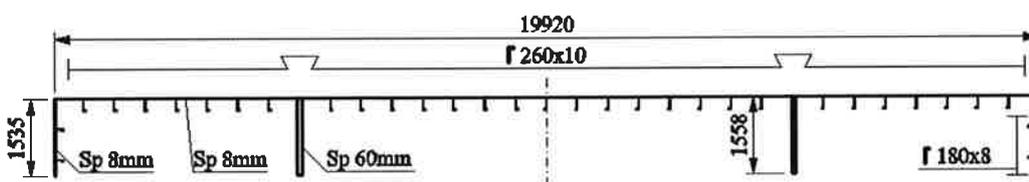


FIG. 9.14 – SEZIONE FRA ORD 01 E 01.1

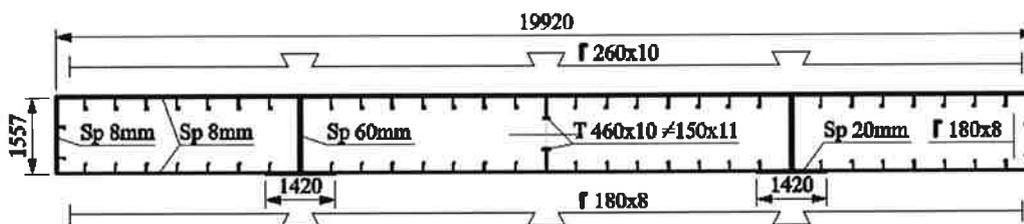


FIG. 9.15 – SEZIONE FRA ORD 01.1 E 01.2

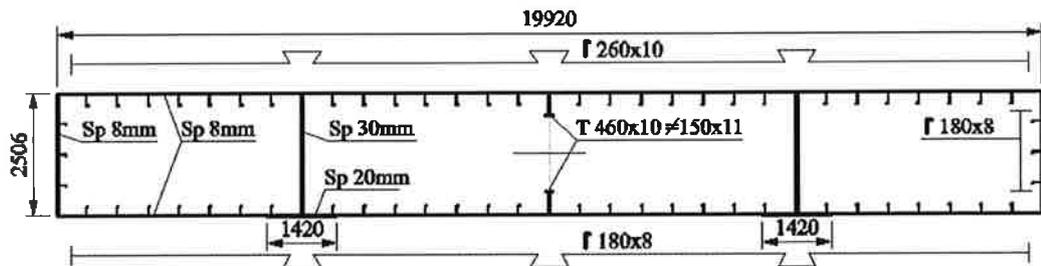


FIG. 9.16 – SEZIONE FRA ORD 01.2 E 01.3

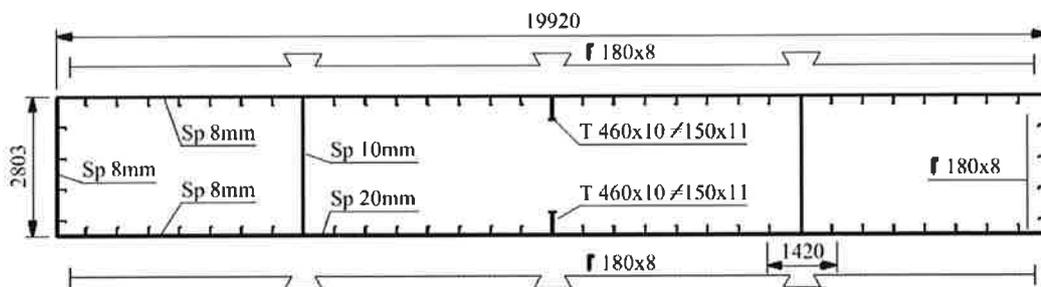


FIG. 9.17 – SEZIONE FRA ORD 01.3 E 02

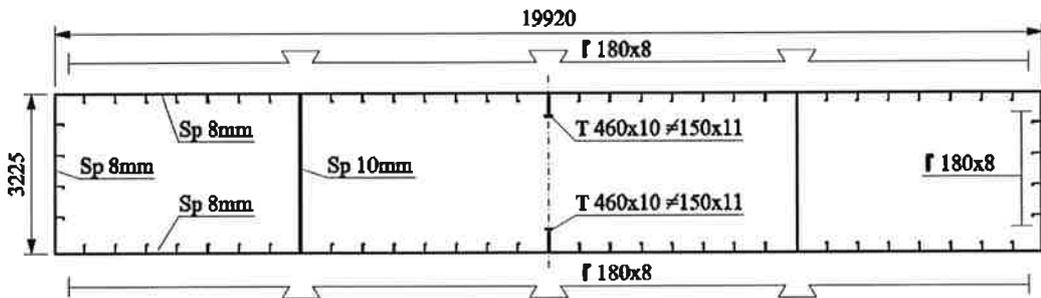


FIG. 9.18 – SEZIONE FRA ORD 02 E 02.1

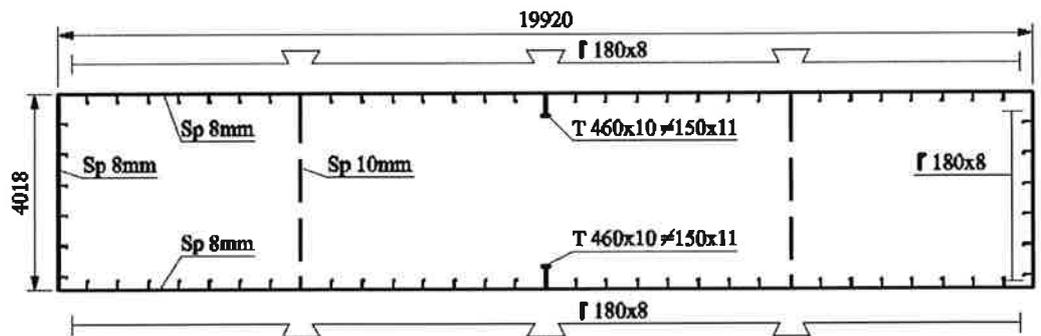


FIG. 9.19 – SEZIONE FRA ORD 02.1 E 03

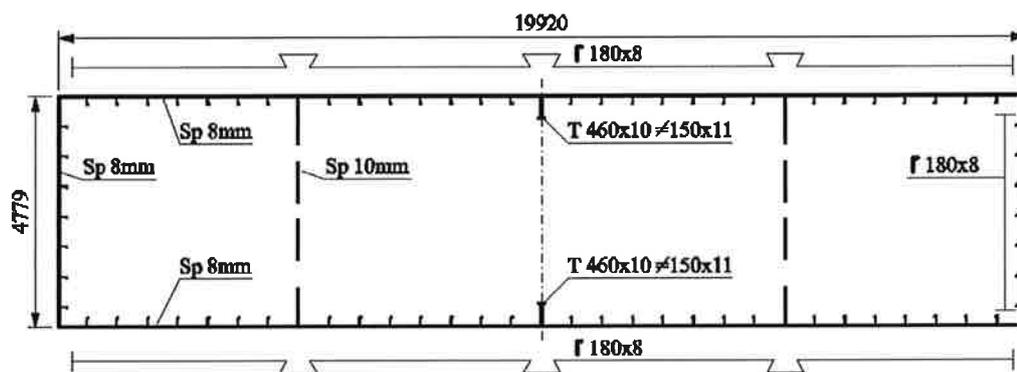


FIG. 9.20 – SEZIONE FRA ORD 03 E 03.1

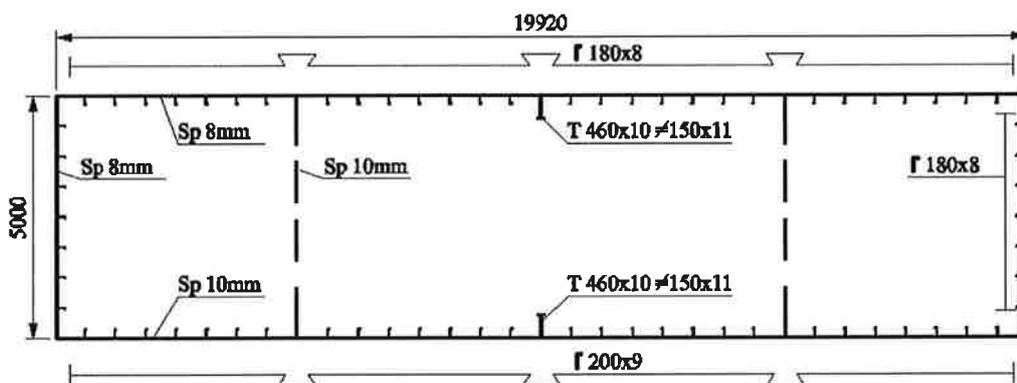


FIG. 9.21 – SEZIONE FRA ORD 03.1 E 04

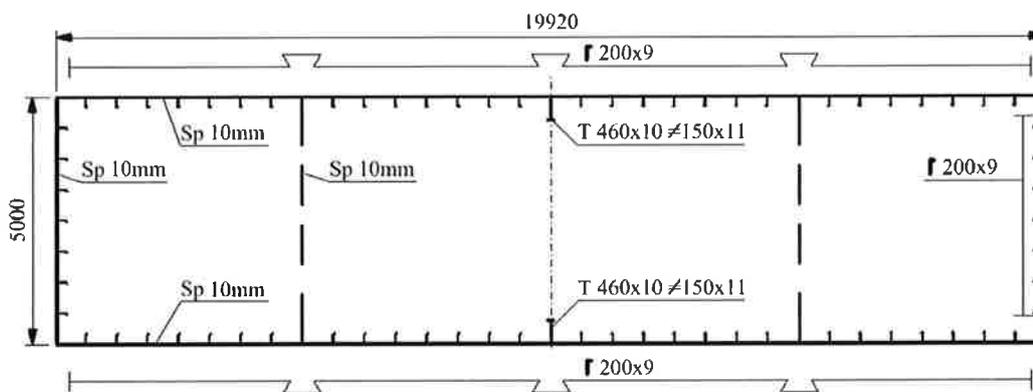


FIG. 9.22 – SEZIONE FRA ORD 04 E 06

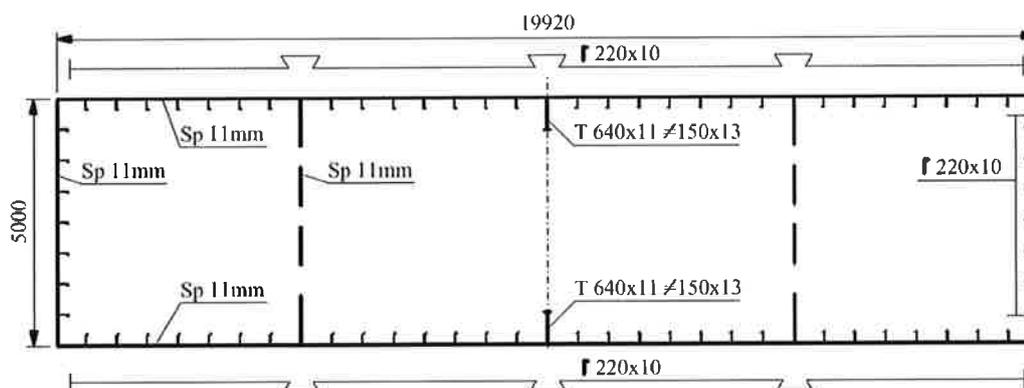


FIG. 9.23 – SEZIONE FRA ORD 06 E 11

In Tab. 9.12 vengono riportati i dati delle sezioni considerate.

Ordinata iniziale	Ordinata finale	Area Normale [mm ²]	Area a taglio [mm ²]	Modulo minimo [mm ³]
00.0	01.0	423 890	199 950	86 813 122
01.0	01.1	423 890	199 950	85 209 290
01.1	01.2	636 973	199 950	345 397 208
01.2	01.3	611 180	171 120	559 855 670
01.3	02.0	485 437	80 910	518 780 488
02.0	02.1	446 535	80 348	592 127 239
02.1	03.0	469 205	96 945	758 705 999
03.0	03.1	491 122	115 826	930 075 188
03.1	04.0	537 302	122 412	1 000 832 090
04.0	04.1	627 213	142 039	1 249 560 527
04.1	05.0	627 213	142 039	1 249 560 527
05.0	05.1	627 213	142 039	1 249 560 527
05.1	06.0	627 213	142 039	1 249 560 527
06.0	06.1	722 813	159 097	1 431 885 737
06.1	07.0	722 813	159 097	1 431 885 737
07.0	07.1	722 813	159 097	1 431 885 737
07.1	08.0	722 813	159 098	1 431 885 737
08.0	08.1	722 813	159 097	1 431 885 737
08.1	09.0	722 813	159 099	1 431 885 737
09.0	09.1	722 813	159 097	1 431 885 737
09.1	10.0	722 813	159 100	1 431 885 737
10.0	10.1	722 813	159 097	1 431 885 737
10.1	11.0	722 813	159 101	1 431 885 737

TAB. 9.12 – DATI SEZIONI

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 118
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

9.4.2. Sollevamento/Trasporto - Robustezza longitudinale

Data la posizione dei punti di sospensione (Fig. 10.24), in corrispondenza dei diaframmi longitudinali laterali, la sezione resistente a flessione è composta dai due diaframmi e da due porzioni, una per ogni diaframma, dei fasciami superiore ed inferiore con i relativi correnti longitudinali. A tutti gli elementi considerati viene dedotto il sovra-spessore di corrosione.

La larghezza delle due porzioni di fasciame effettivamente contribuenti alla robustezza della sezione di trave viene determinata in funzione della distanza tra i vincoli e della larghezza della trave (semilarghezza della paratoia) secondo quanto segue:

$$b_{eff} = k \cdot b \quad [m]$$

dove:

$$\begin{aligned}
 k &= \text{coefficiente funzione di } L/b && = 0.6755 \\
 b &= \text{larghezza trave} && = 19.920 / 2 \quad [m] \\
 L &= \text{distanza fra i vincoli} && = 19.200 \quad [m]
 \end{aligned}$$

Per cui:

$$b_{eff} = 0.6755 \cdot 9.960 = 6.728 \quad [m]$$

La verifica a taglio viene eseguita suddividendo in modo conservativo l'azione di taglio sui soli elementi verticali di lamiera presenti nella sezione considerata, ovvero considerando solo i diaframmi longitudinali laterali.

Nelle figure seguenti vengono riportate le sezioni considerate.

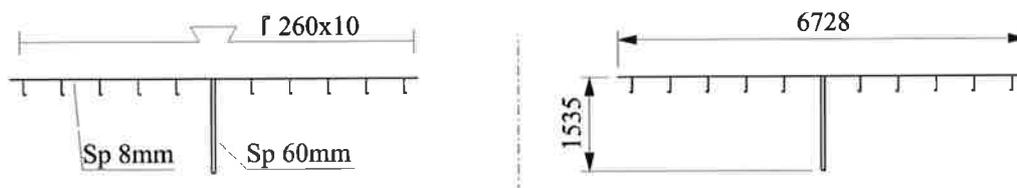


FIG. 9.24 – SEZIONE FRA ORD 00 E 01

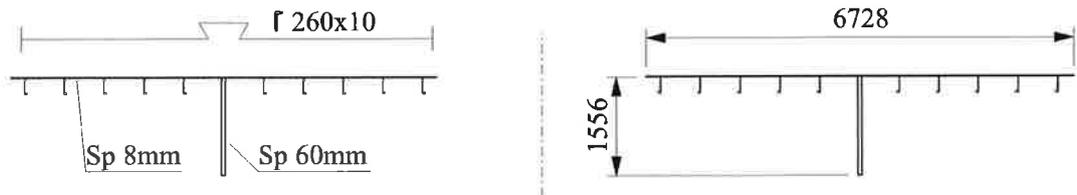


FIG. 9.25 – SEZIONE FRA ORD 01 E 01.1

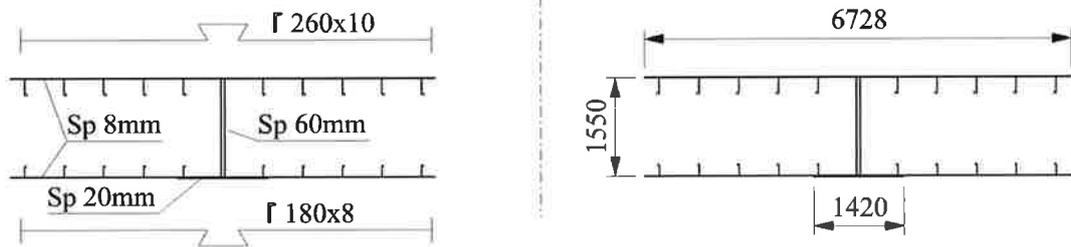


FIG. 9.26 – SEZIONE FRA ORD 01.1 E 01.2

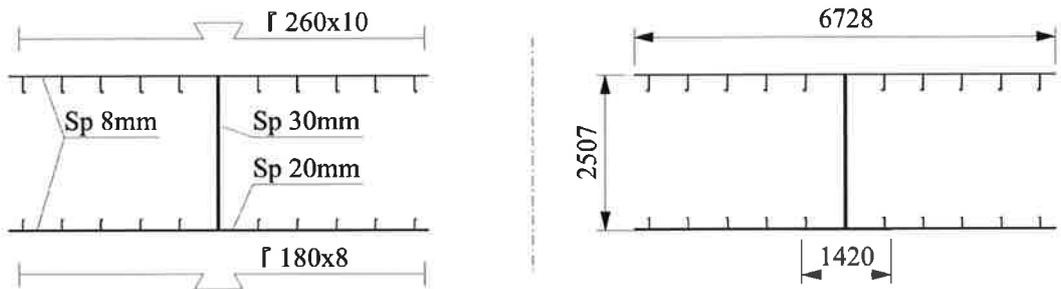


FIG. 9.27 – SEZIONE FRA ORD 01.2 E 01.3

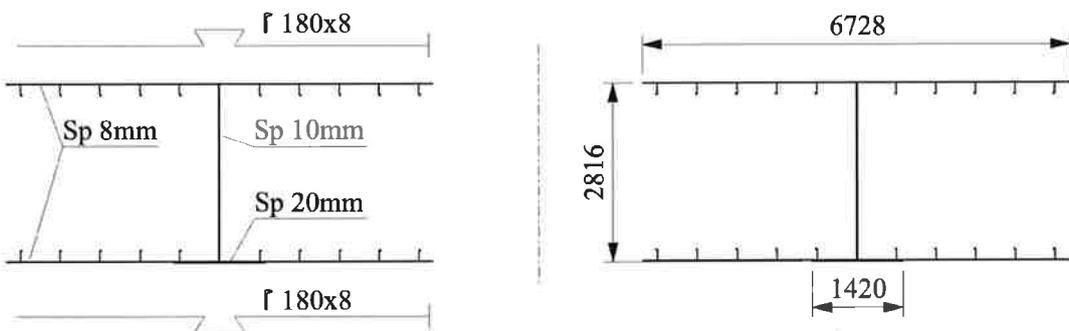


FIG. 9.28 – SEZIONE FRA ORD 01.3 E 02

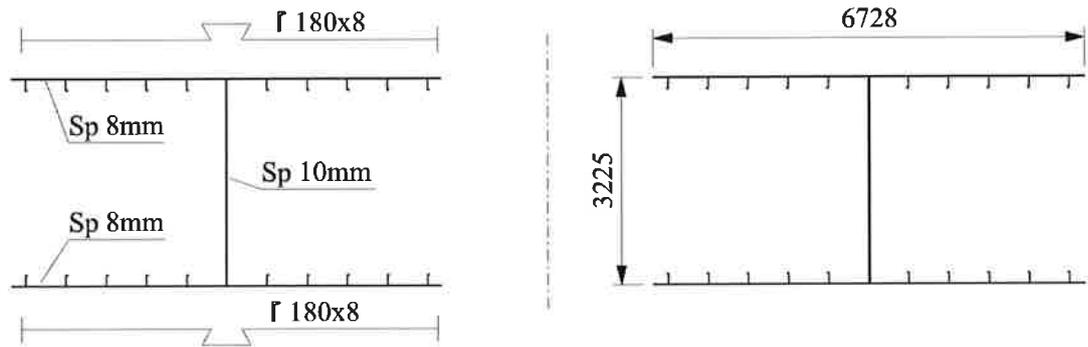


FIG. 9.29 – SEZIONE FRA ORD 02 E 02.1

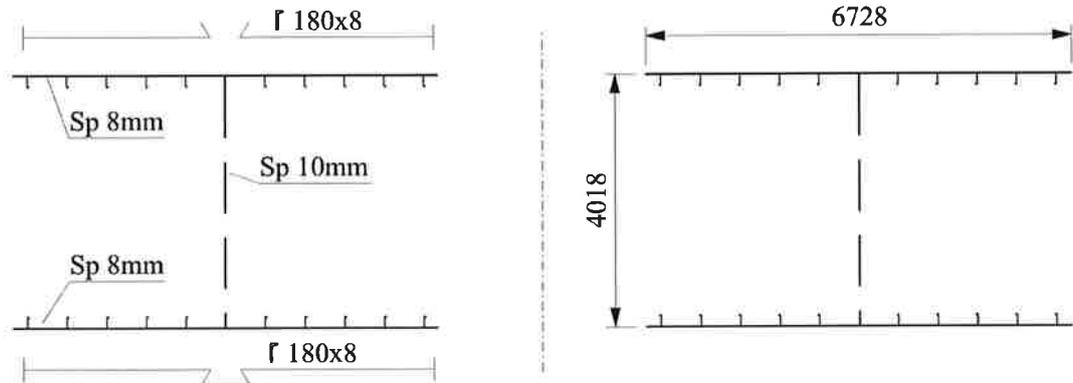


FIG. 9.30 – SEZIONE FRA ORD 02.1 E 03

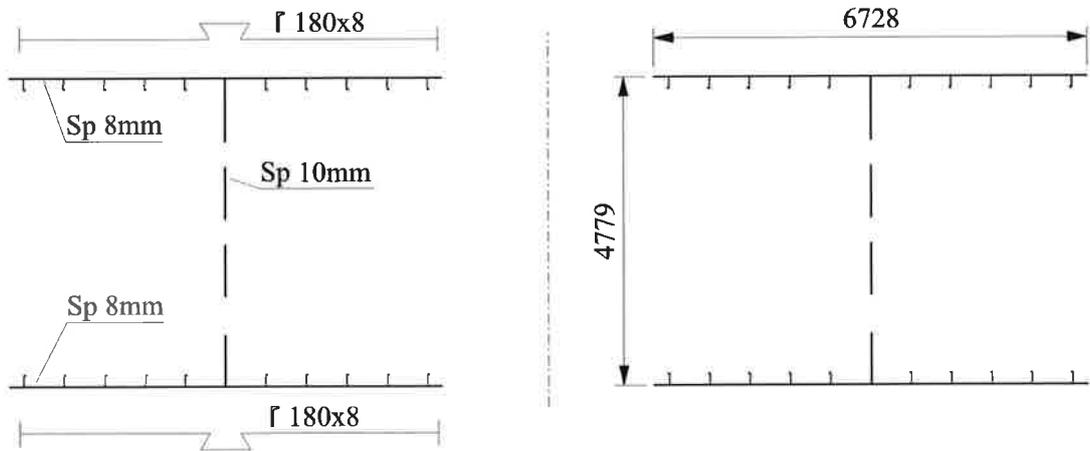


FIG. 9.31 – SEZIONE FRA ORD 03 E 03.1

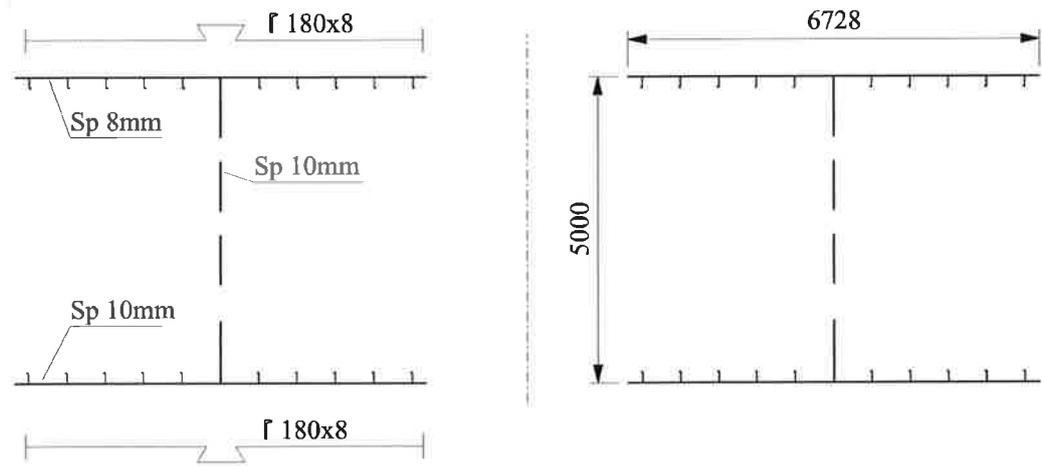


FIG. 9.32 – SEZIONE FRA ORD 03.1 E 04

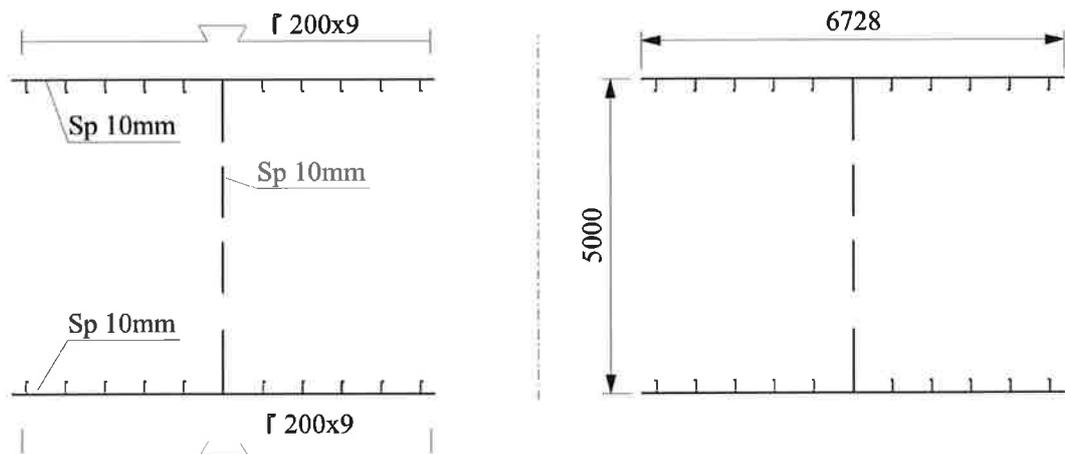


FIG. 9.33 – SEZIONE FRA ORD 04 E 06

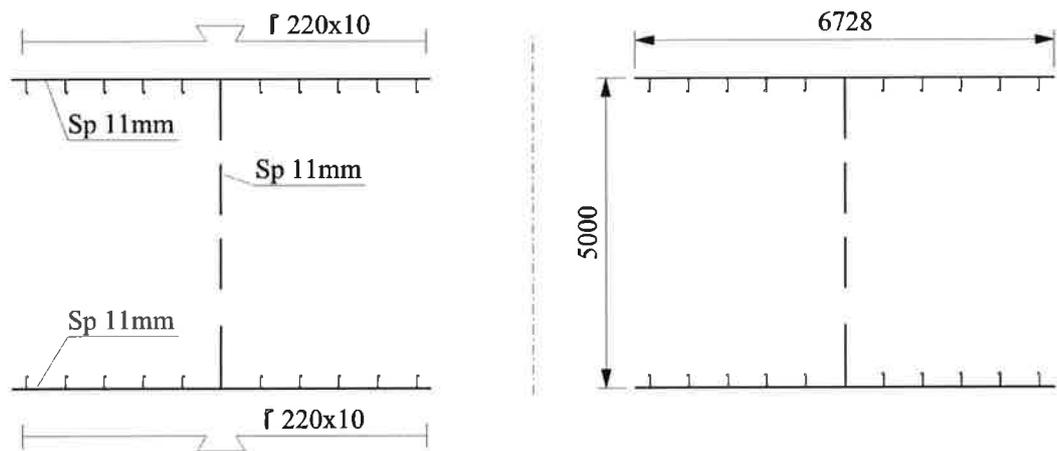


FIG. 9.34 – SEZIONE FRA ORD 06 E 11

In Tab. 9.13 vengono riportati i dati delle sezioni considerate (singola sezione).

Ordinata iniziale	Ordinata finale	Area a taglio [mm ²]	Modulo minimo [mm ²]
00.0	01.0	89 030	35 298 610
01.0	01.1	90 248	36 209 707
01.1	01.2	90 248	125 771 820
01.2	01.3	69 440	198 583 658
01.3	02.0	22 320	171 161 044
02.0	02.1	25 696	196 119 653
02.1	03.0	22 440	241 948 894
03.0	03.1	26 931	296 709 061
03.1	04.0	28 696	319 867 876
04.0	04.1	28 664	399 365 523
04.1	05.0	28 664	399 365 523
05.0	05.1	28 664	399 365 523
05.1	06.0	28 664	399 365 523
06.0	06.1	32 229	456 628 093
06.1	07.0	32 229	456 628 093
07.0	07.1	32 229	456 628 093
07.1	08.0	32 229	456 628 093
08.0	08.1	32 229	456 628 093
08.1	09.0	32 229	456 628 093
09.0	09.1	32 229	456 628 093
09.1	10.0	32 229	456 628 093
10.0	10.1	32 229	456 628 093
10.1	11.0	32 229	456 628 093

TAB. 9.13 – DATI SEZIONI

9.4.3. Sollevamento/Trasporto - Robustezza trasversale

Anche in questo caso la larghezza delle due porzioni di paratoia effettivamente contribuenti alla robustezza della sezione di trave viene determinata in funzione della distanza tra i vincoli e della larghezza della trave secondo quanto segue:

$$b_{eff} = k \cdot b \quad [m]$$

dove:

$$k = \text{coefficiente funzione di } L/b = 0.2684$$

$$b = \text{larghezza trave} = 27.250 / 2 \quad [m]$$

$$L = \text{distanza fra i vincoli} = 10.000 \quad [m]$$

Per cui:

$$b_{eff} = 0.2684 \cdot 13.625 = 3.657 \quad [m]$$

La verifica a taglio viene eseguita suddividendo in modo conservativo l'azione di taglio sui soli elementi verticali di lamiera presenti nella sezione considerata, ovvero considerando solo il fasciame di chiusura posteriore per il vincolo A e solo le anime delle travi rinforzate per il vincolo B.

In Fig. 9.35 viene riportata la sezione in corrispondenza del vincolo A, mentre in Fig. 9.36 viene riportata la sezione in corrispondenza del vincolo B.

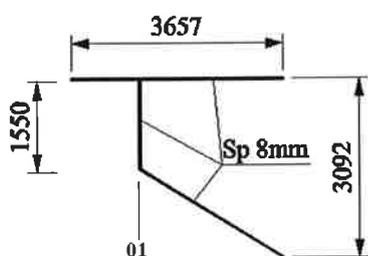


FIG. 9.35 – SEZIONE LONGITUDINALE VINCOLO A

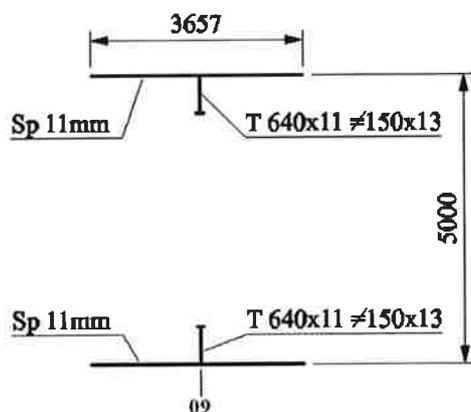
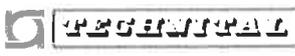


FIG. 9.36 – SEZIONE LONGITUDINALE VINCOLO B

In Tab. 9.14 vengono riportati i dati delle sezioni considerate.

Vincolo	Area a taglio [mm ²]	Modulo [mm ²]
A	10 004	29 860 000
B	11 520	200 040 000

TAB. 9.14 – DATI SEZIONI

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 124
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

9.4.4. Supportazione a terra - Robustezza longitudinale (appoggi principali)

Data la posizione delle taccate (vedi par. 6.4) la sezione resistente a flessione è composta dai due diaframmi e da due porzioni, una per ogni diaframma, dei fasciami superiore ed inferiore con i relativi correnti longitudinali. A tutti gli elementi considerati viene dedotto il sovra-spessore di corrosione.

La larghezza delle due porzioni di fasciame effettivamente contribuenti alla robustezza della sezione di trave viene determinata in funzione della distanza tra i vincoli e della larghezza della trave (semilarghezza della paratoia) secondo quanto segue:

$$b_{eff} = k \cdot b \quad [m]$$

dove:

$$k = \text{coefficiente funzione di } L/b = 0.3442$$

$$b = \text{larghezza trave} = 19.920 / 2 \quad [m]$$

$$L = \text{distanza fra i vincoli} = 9.375 \quad [m]$$

Per cui:

$$b_{eff} = 0.3442 \cdot 9.960 = 3.428 \quad [m]$$

La verifica a taglio viene eseguita suddividendo in modo conservativo l'azione di taglio sui soli elementi verticali di lamiera presenti nella sezione considerata, ovvero considerando solo i diaframmi longitudinali laterali.

Nelle figure seguenti vengono riportate le sezioni considerate.



FIG. 9.37 – SEZIONE FRA ORD 00 E 01

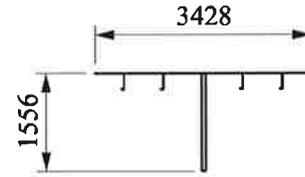
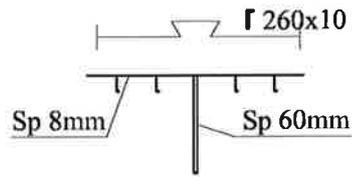


FIG. 9.38 – SEZIONE FRA ORD 01 E 01.1

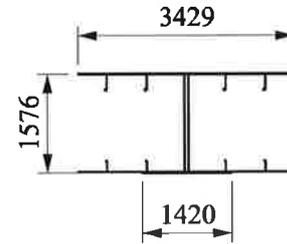
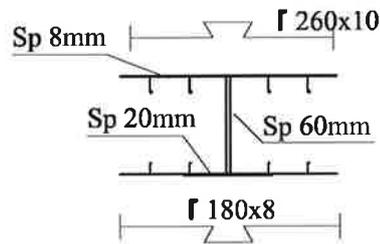


FIG. 9.39 – SEZIONE FRA ORD 01.1 E 01.2

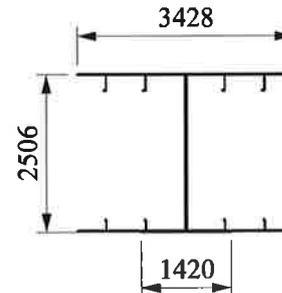
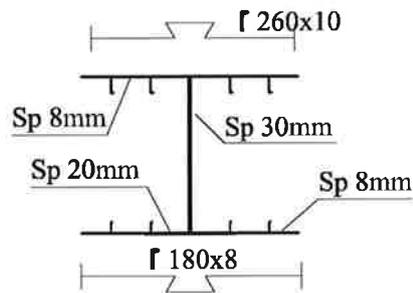


FIG. 9.40 – SEZIONE FRA ORD 01.2 E 01.3

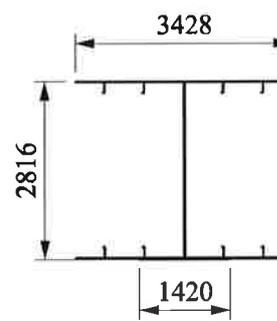
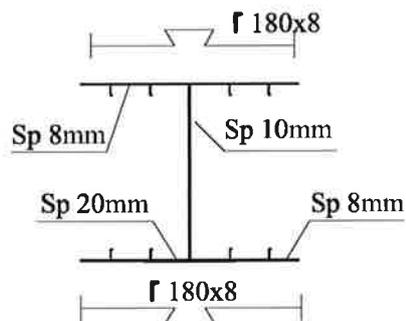


FIG. 9.41 – SEZIONE FRA ORD 01.3 E 02

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 126
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

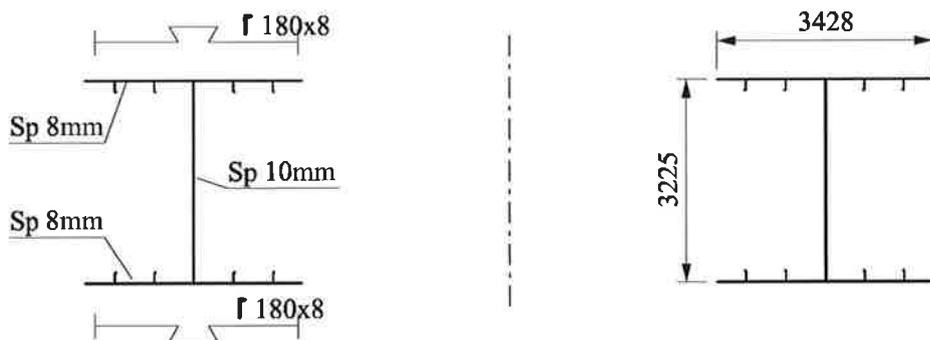


FIG. 9.42 – SEZIONE FRA ORD 02 E 02.1

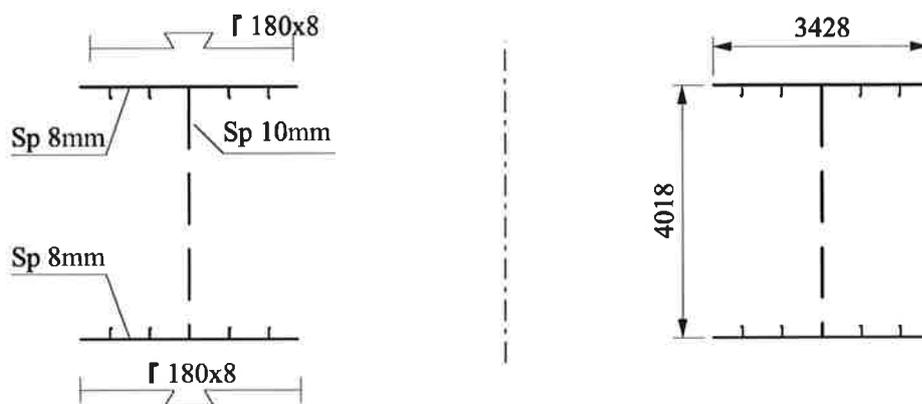


FIG. 9.43 – SEZIONE FRA ORD 02.1 E 03

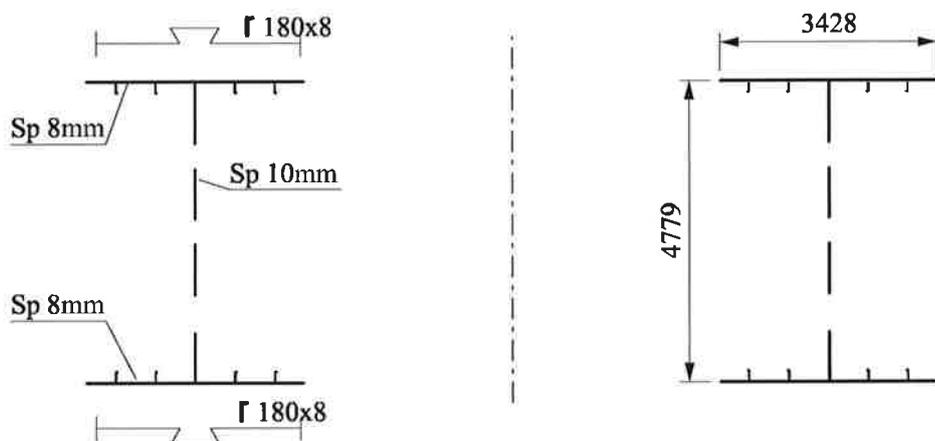


FIG. 9.44 – SEZIONE FRA ORD 03 E 03.1

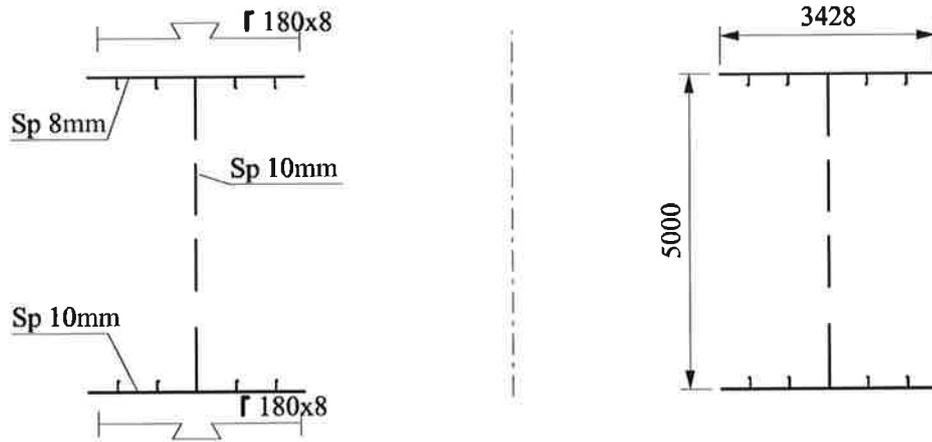


FIG. 9.45 – SEZIONE FRA ORD 03.1 E 04

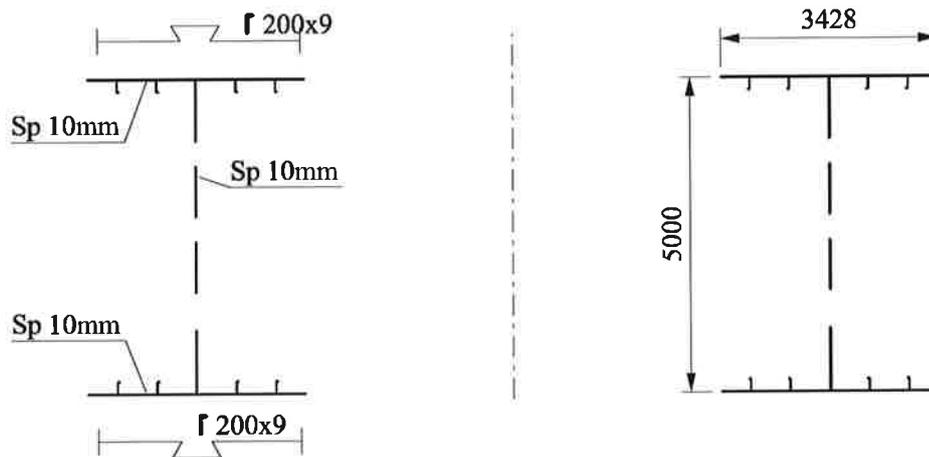


FIG. 9.46 – SEZIONE FRA ORD 04 E 06

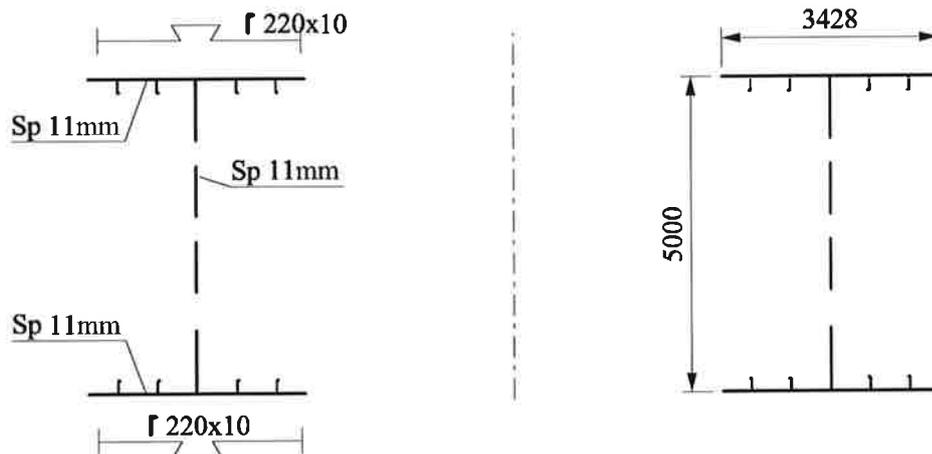


FIG. 9.47 – SEZIONE FRA ORD 06 E 11

 REGENTAL	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 128
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

In Tab. 9.15 vengono riportati i dati delle sezioni considerate (singola sezione).

Ordinata iniziale	Ordinata finale	Area a taglio [mm ²]	Modulo minimo [mm ³]
00.0	01.0	89 030	31 625 456
01.0	01.1	86 800	31 075 209
01.1	01.2	89 842	74 532 140
01.2	01.3	69 412	113 095 937
01.3	02.0	22 312	90 753 997
02.0	02.1	25 696	102 075 659
02.1	03.0	22 440	123 938 184
03.0	03.1	26 931	155 384 934
03.1	04.0	28 680	170 789 838
04.0	04.1	28 664	207 205 894
04.1	05.0	28 664	207 205 894
05.0	05.1	28 664	207 205 894
05.1	06.0	28 664	207 205 894
06.0	06.1	32 229	235 788 992
06.1	07.0	32 229	235 788 992
07.0	07.1	32 229	235 788 992
07.1	08.0	32 229	235 788 992
08.0	08.1	32 229	235 788 992
08.1	09.0	32 229	235 788 992
09.0	09.1	32 229	235 788 992
09.1	10.0	32 229	235 788 992
10.0	10.1	32 229	235 788 992
10.1	11.0	32 229	235 788 992

TAB. 9.15 – DATI SEZIONI

 REGISTRATI	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 129
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

9.4.5. Supportazione a terra - Robustezza longitudinale (appoggi secondari)

In questo caso si ha:

$$b_{eff} = k \cdot b \quad [m]$$

dove:

$$k = \text{coefficiente funzione di } L/b = 0.3672$$

$$b = \text{larghezza trave} = 19.920 / 2 \quad [m]$$

$$L = \text{distanza fra i vincoli} = 9.375 \quad [m]$$

Per cui:

$$b_{eff} = 0.3672 \cdot 9.960 = 3.657 \quad [m]$$

La verifica a taglio viene eseguita suddividendo in modo conservativo l'azione di taglio sui soli elementi verticali di lamiera presenti nella sezione considerata, ovvero considerando solo i diaframmi longitudinali laterali.

Nelle figure seguenti vengono riportate le sezioni considerate.



FIG. 9.48 – SEZIONE FRA ORD 00 E 01



FIG. 9.49 – SEZIONE FRA ORD 01 E 01.1

 TECNOITAL	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 130
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

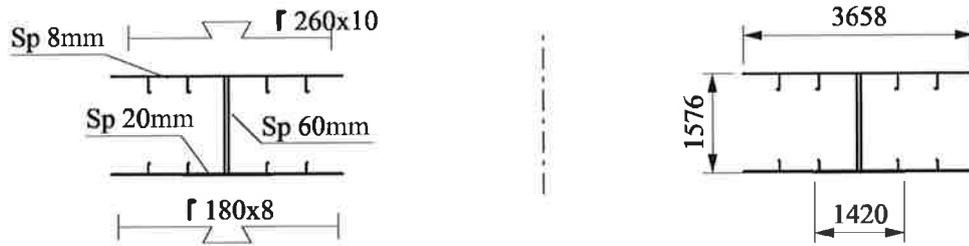


FIG. 9.50 – SEZIONE FRA ORD 01.1 E 01.2

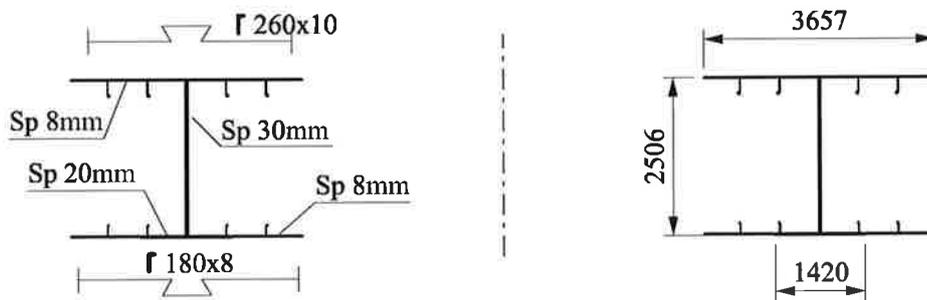


FIG. 9.51 – SEZIONE FRA ORD 01.2 E 01.3

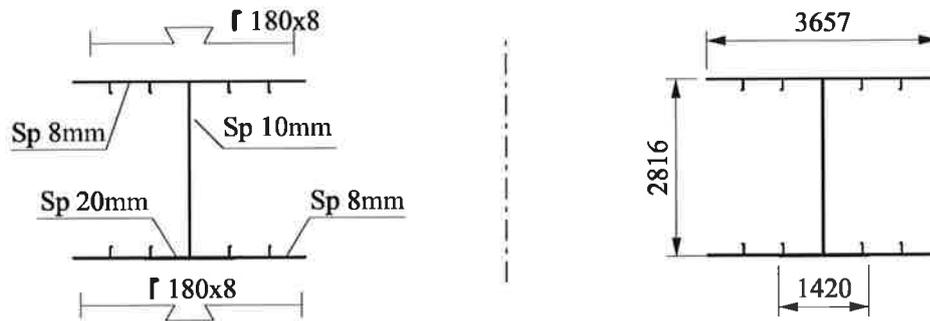


FIG. 9.52 – SEZIONE FRA ORD 01.3 E 02

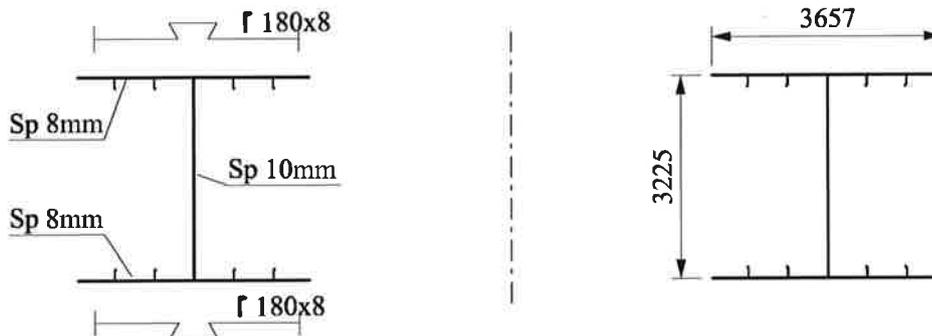


FIG. 9.53 – SEZIONE FRA ORD 02 E 02.1

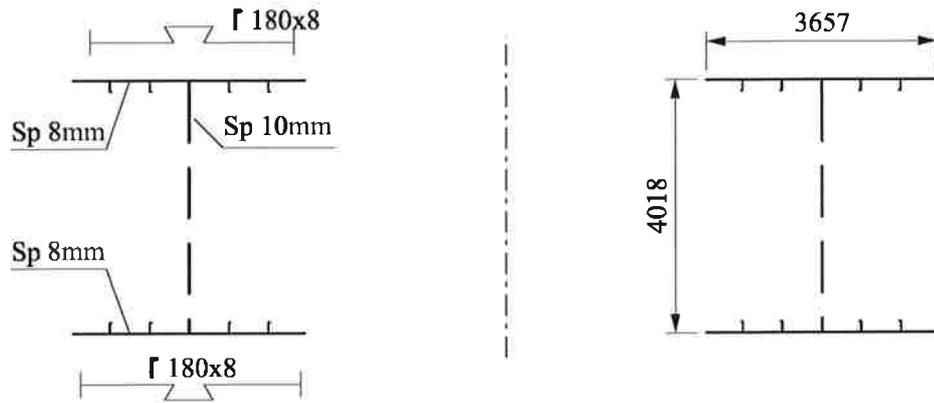


FIG. 9.54 – SEZIONE FRA ORD 02.1 E 03

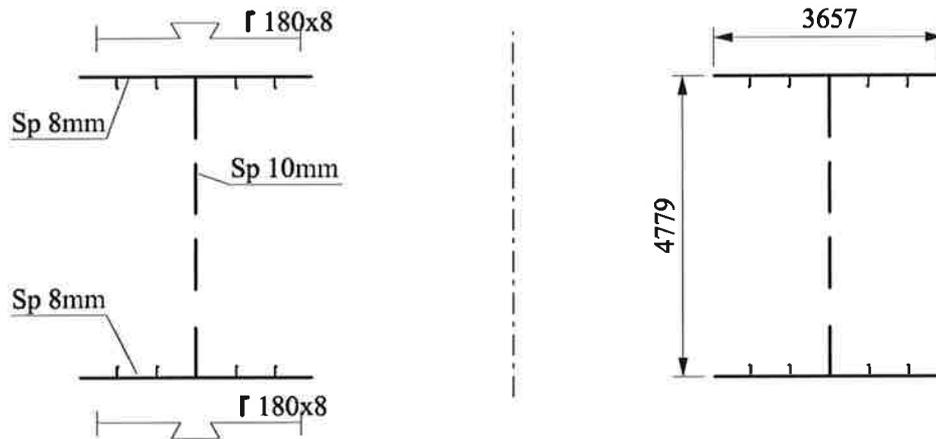


FIG. 9.55 – SEZIONE FRA ORD 03 E 03.1

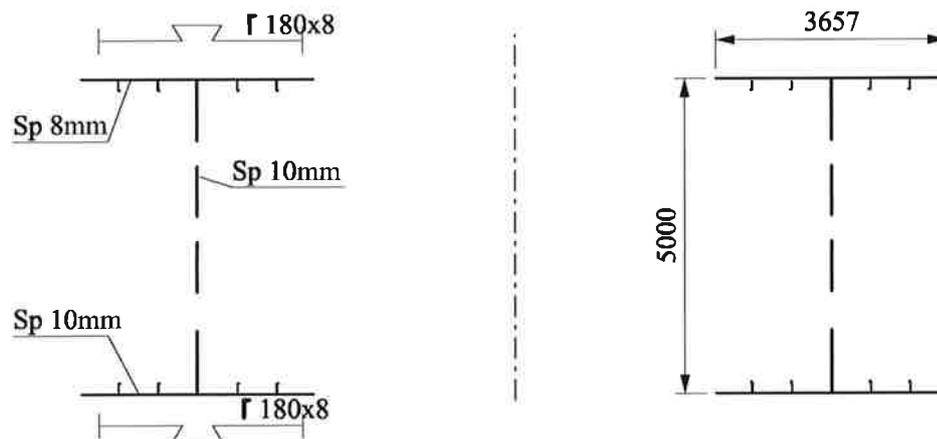


FIG. 9.56 – SEZIONE FRA ORD 03.1 E 04

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 132
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

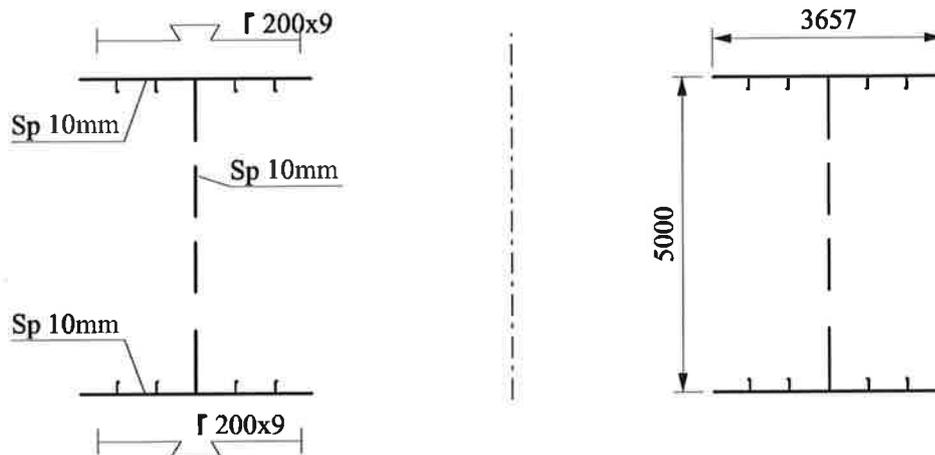


FIG. 9.57 – SEZIONE FRA ORD 04 E 06

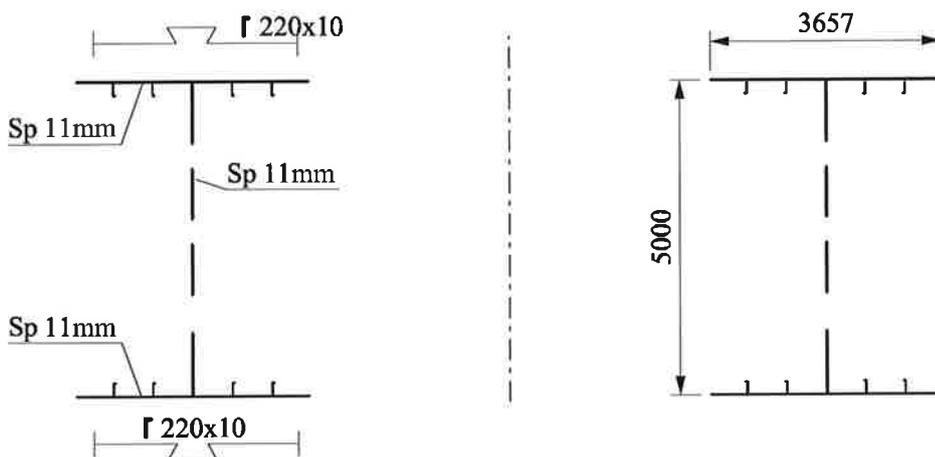


FIG. 9.58 – SEZIONE FRA ORD 06 E 11

In Tab. 9.16 vengono riportati i dati delle sezioni considerate (singola sezione).

Ordinata iniziale	Ordinata finale	Area a taglio [mm ²]	Modulo minimo [mm ³]
00.0	01.0	89 030	31 901 666
01.0	01.1	86 800	31 346 287
01.1	01.2	89 842	76 776 822
01.2	01.3	69 412	116 686 012
01.3	02.0	22 312	94 812 084
02.0	02.1	25 696	106 856 434
02.1	03.0	22 440	129 871 401
03.0	03.1	26 931	162 466 995
03.1	04.0	28 680	178 307 198
04.0	04.1	28 664	216 897 554
04.1	05.0	28 664	216 897 554
05.0	05.1	28 664	216 897 554
05.1	06.0	28 664	216 897 554
06.0	06.1	32 229	246 618 069
06.1	07.0	32 229	246 618 069
07.0	07.1	32 229	246 618 069
07.1	08.0	32 229	246 618 069
08.0	08.1	32 229	246 618 069
08.1	09.0	32 229	246 618 069
09.0	09.1	32 229	246 618 069
09.1	10.0	32 229	246 618 069
10.0	10.1	32 229	246 618 069
10.1	11.0	32 229	246 618 069

TAB. 9.16 – DATI SEZIONI

9.4.6. Supportazione a terra - Robustezza trasversale (appoggi principali)

Seguendo lo stesso metodo usato per il caso di rimozione le sezioni resistenti a flessione e a taglio sono le seguenti:

$$b_{eff} = k \cdot b \quad [m]$$

dove:

$$k = \text{coefficiente funzione di } L/b = 0.2516$$

$$b = \text{larghezza trave} = 27.250 / 2 \quad [m]$$

$$L = \text{distanza fra i vincoli} = 9.375 \quad [m]$$

Per cui:

$$b_{eff} = 0.2516 \cdot 13.625 = 3.428 \quad [m]$$

 TECNOITAL	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 134
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

La verifica a taglio viene eseguita suddividendo in modo conservativo l'azione di taglio sui soli elementi verticali di lamiera presenti nella sezione considerata, ovvero considerando solo le anime delle travi rinforzate.

In Fig. 9.59 viene riportata la sezione in corrispondenza del vincolo A, mentre in Fig. 9.60 viene riportata la sezione in corrispondenza del vincolo B.

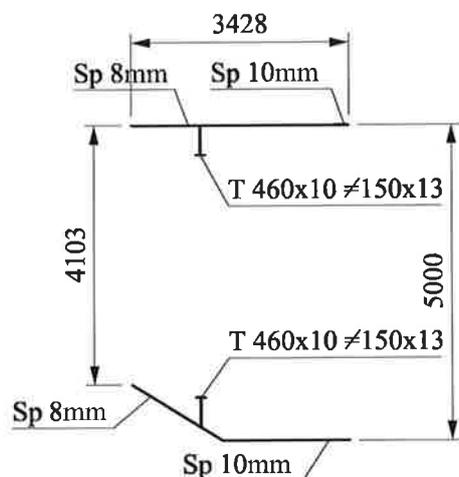


FIG. 9.59 – SEZIONE LONGITUDINALE VINCOLO A

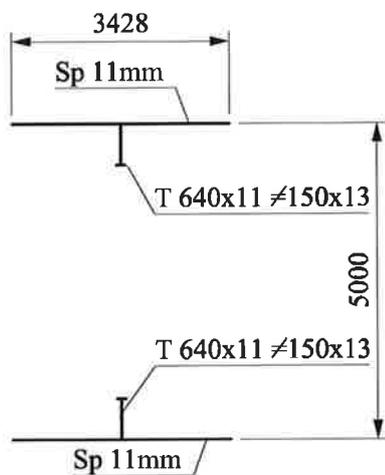


FIG. 9.60 – SEZIONE LONGITUDINALE VINCOLO B

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 135
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

In Tab. 9.17 vengono riportati i dati delle sezioni considerate.

Vincolo	Area a taglio [mm ²]	Modulo minimo [mm ³]
A	7 360	130 114 229
B	11 520	188 583 600

TAB. 9.17 – DATI SEZIONI

9.4.7. Supportazione a terra - Robustezza trasversale (appoggi secondari)

In questo caso si ha:

$$b_{eff} = k \cdot b \quad [m]$$

dove:

$$k = \text{coefficiente funzione di } L/b = 0.2684$$

$$b = \text{larghezza trave} = 27.250 / 2 \quad [m]$$

$$L = \text{distanza fra i vincoli} = 10.000 \quad [m]$$

Per cui:

$$b_{eff} = 0.2684 \cdot 13.625 = 3.657 \quad [m]$$

La verifica a taglio viene eseguita suddividendo in modo conservativo l'azione di taglio sui soli elementi verticali di lamiera presenti nella sezione considerata, ovvero considerando solo le anime delle travi rinforzate.

In Fig. 9.61 viene riportata la sezione in corrispondenza del vincolo A, mentre in Fig. 9.62 viene riportata la sezione in corrispondenza del vincolo B.

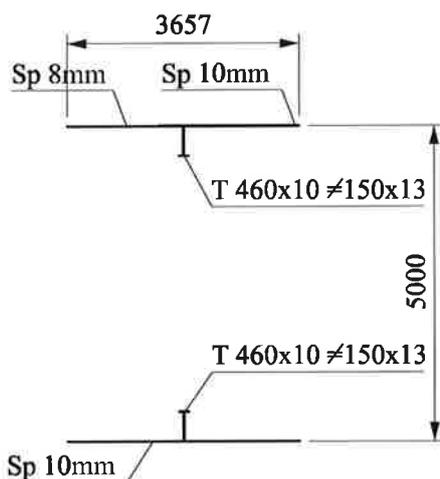


FIG. 9.61 – SEZIONE LONGITUDINALE VINCOLO A

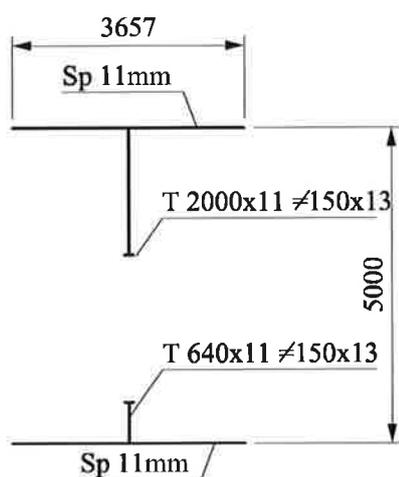


FIG. 9.62 – SEZIONE LONGITUDINALE VINCOLO B

In Tab. 9.18 vengono riportati i dati delle sezioni considerate.

Vincolo	Area a taglio [mm ²]	Modulo minimo [mm ²]
A	7 360	161 341 402
B	23 760	194 452 232

TAB. 9.18 – DATI SEZIONI

 FEGINTAL	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 137
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

10. CALCOLI DI PREDIMENSIONAMENTO - APPLICAZIONE DEI CARICHI

10.1. Fasciami

Si considerano i carichi di pressione determinati al capitolo 8 per le condizioni di carico E.1, E.2, E.3 ed E.4.

Riportando le curve inviluppo di tutte le condizioni sullo stesso diagramma si ottiene la seguente figura:

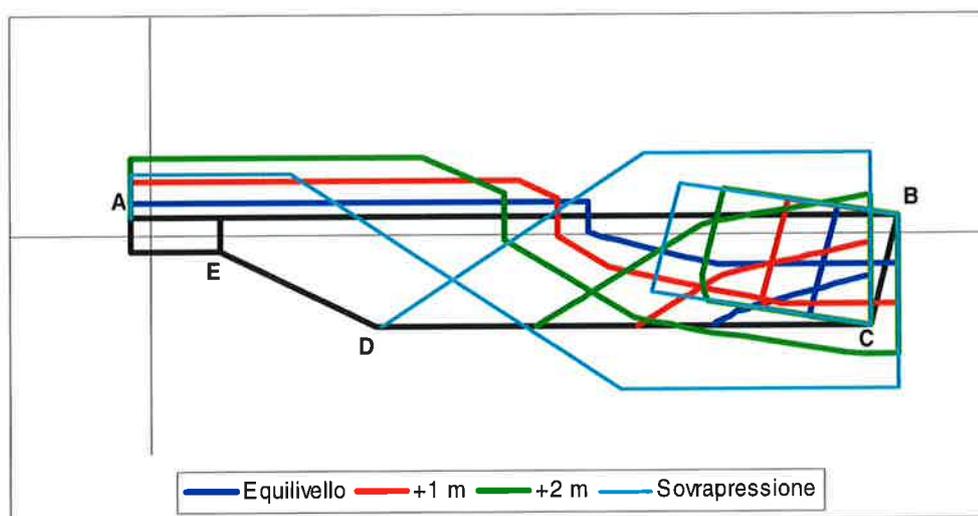


FIG. 10.1 – SOVRAPPRESSIONE E CARICHI

Rettificando il fasciame per miglior chiarezza si ottiene la seguente figura in cui viene anche rappresentata la curva inviluppo ed il valore massimo di pressione che agisce sul singolo pannello di fasciame.

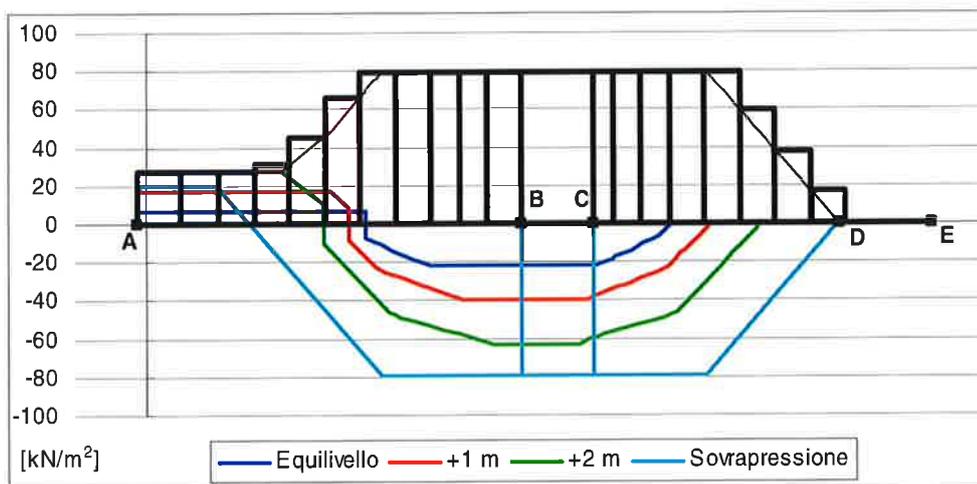


FIG. 10.2 – PRESSIONI MASSIME SU FASCIAMI

Si ottiene così la seguente tabella riassuntiva dei valori di pressione su ciascun tratto di fasciame fra una struttura rinforzata e l'altra sia nelle condizioni operative (involuppo casi livello mare uguale livello laguna, +1.0 m, +2.0 m) sia in caso di sovrappressione:

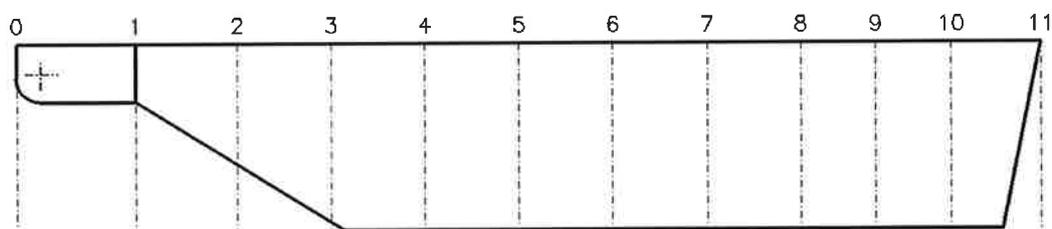


FIG. 10.3 – RIFERIMENTO FASCIAMI

Zona	Condizioni operative		Sovrapressione 20%	
	Pressione sup (kN/m ²)	Pressione inf (kN/m ²)	Pressione sup (kN/m ²)	Pressione inf (kN/m ²)
0 - 1	27.28		27.28	
1 - 2	27.28	0.00	27.28	0.00
2 - 3	27.28	0.00	27.28	0.00
3 - 4	27.28	0.00	30.76	16.80
4 - 5	25.71	0.00	45.70	38.01
5 - 6	31.00	11.78	66.45	59.22
6 - 7	47.74	31.23	79.12	79.12
7 - 8	53.61	47.82	79.12	79.12
8 - 9	57.86	52.52	79.12	79.12
9 - 10	61.89	56.79	79.12	79.12
10 - 11	63.15	59.31	79.12	79.12
Frontale	63.15		79.12	

TAB. 10.1 – PRESSIONI AGENTI SUI FASCIAMI

10.2. Correnti

10.2.1. Generalità

Si considerano i carichi di pressione determinati al capitolo 8 per le condizioni di carico E.1, ed E.4, che corrispondono alle condizioni più gravose per le verifiche, come risulta dal predimensionamento dei fasciami.

I rinforzi secondari dei fasciami vengono verificati caricando le travi con le distribuzioni di pressione che derivano dalle simulazioni senza onda lunga e con onda lunga corrispondente al dislivello quasi statico che comporta le maggiori sollecitazioni (+50 cm in cresta e -60 cm in cavo).

I correnti longitudinali sono caricati con forze per unità di lunghezza, applicando quindi la pressione relativa al punto in esame a una striscia di fasciame pari al valore medio delle strisce di fasciame contigue al corrente preso a riferimento (Fig. 10.4).

Il carico in corrispondenza del fondo inclinato e del fasciame posteriore deriva dalla congruità con il diagramma di carico relativo ai fianchi, che non si annulla all'estremità posteriore data la presenza d'acqua tra una paratoia e l'altra con livello variabile da quello esterno (mare) a quello interno (laguna). (Fig. 10.5).

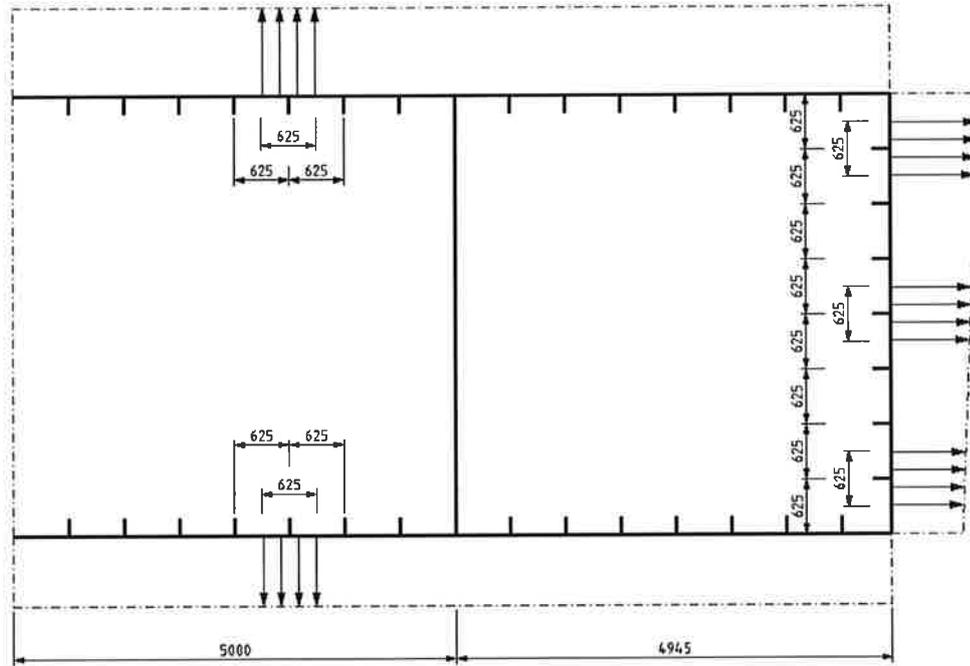


FIG. 10.4 – DEFINIZIONE CARICHI SUI CORRENTI

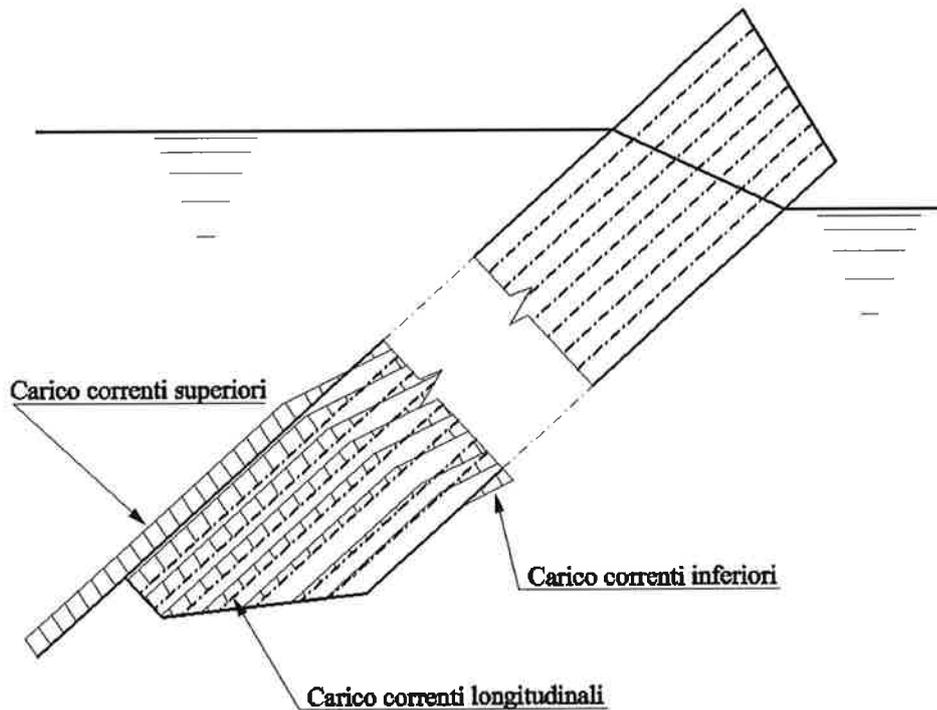


FIG. 10.5 – CARICHI SUI CORRENTI NELLA ZONA DEL FONDO INCLINATO

10.2.2. Anelli longitudinali

La distribuzione delle pressioni lungo gli anelli longitudinali per i casi senza onda, cavo e cresta vengono riportati nelle figure seguenti.

	Punto													
	A		B		C		F		G		H		I	
	X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]
Senza onda	-0.650	20.21	26.600	-54.26	25.600	-54.26	9.608	20.21	20.519	-54.26	23.017	-54.26	15.067	0.00
Cavo	-0.650	13.14	26.600	-46.38	25.600	-46.38	9.544	13.14	17.193	-46.38	19.647	-46.38	13.686	0.00
Cresta	-0.650	27.28	26.600	-63.15	25.600	-50.26	9.706	27.28	25.376	-63.15	25.873	-63.15	16.892	0.00

TAB. 10.2 – COORDINATE E PRESSIONI PUNTI NOTEVOLI

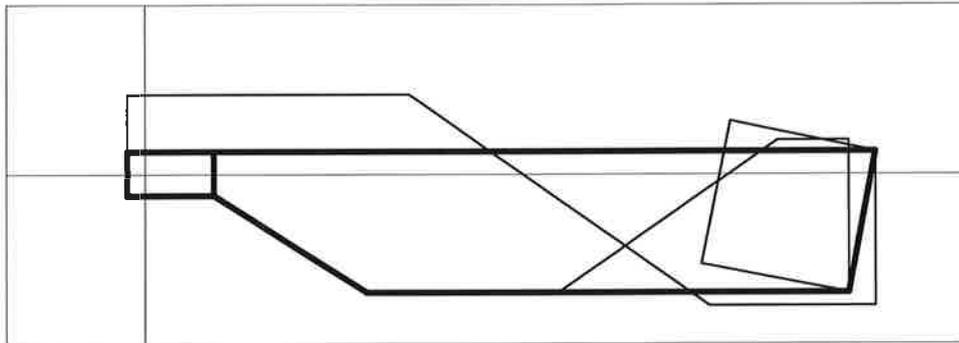


FIG. 10.6 – SENZA ONDA

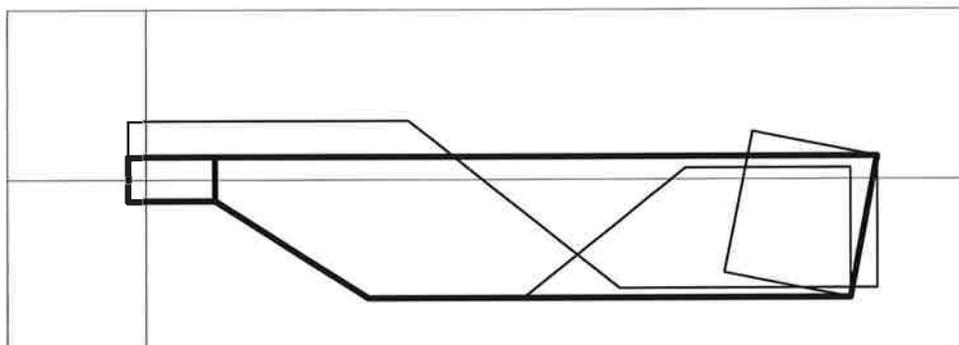


FIG. 10.7 – CAVO

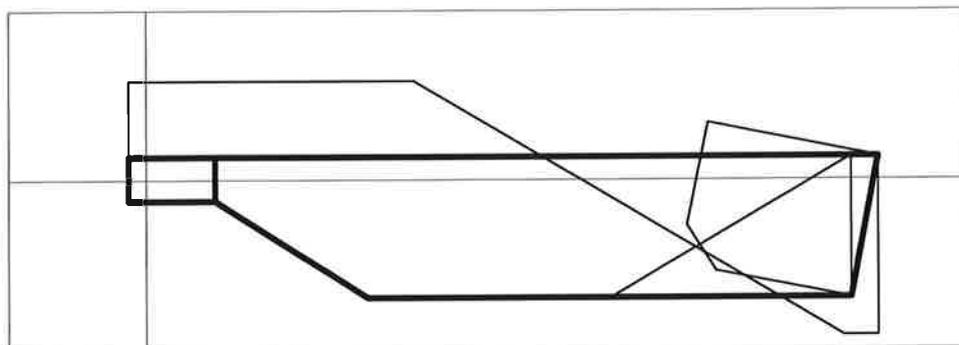


FIG. 10.8 – CRESTA

Nel caso di sovrappressione del 19% si ha la seguente distribuzione di pressione:

Punto													
A		B		C		F		G		H		I	
X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]
-0.650	20.21	26.600	-79.12	25.600	-79.12	4.985	20.21	16.693	-79.12	17.545	-79.12	8.220	0.00

TAB. 10.3 – COORDINATE E PRESSIONI PUNTI NOTEVOLI

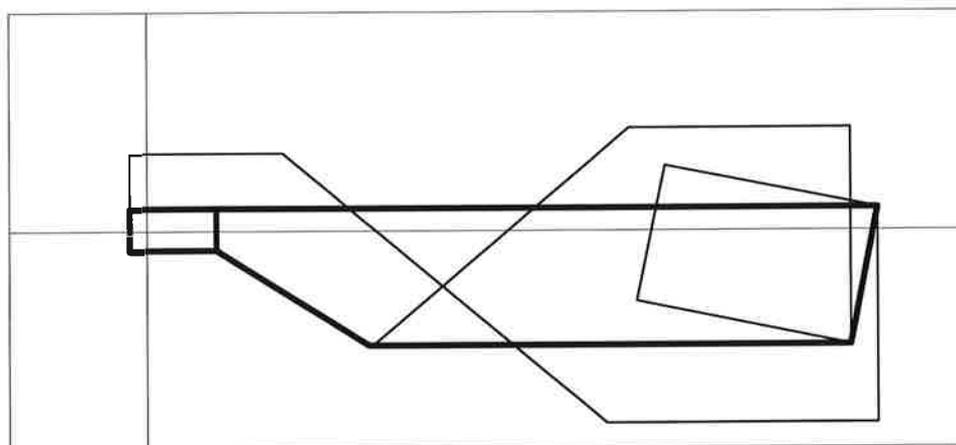


FIG. 10.9 – SOVRAPPRESSIONE

10.2.3. Correnti del fianco

La distribuzione delle pressioni lungo i correnti del fianco derivata dalle condizioni di carico scelte per gli anelli longitudinali viene riportata nelle figure seguenti. La numerazione dei correnti parte dal corrente più alto.

Le pressioni nei punti notevoli, indicati nella figura seguente, vengono tabulate per ogni corrente. Convenzionalmente si è adottato un valore positivo se la pressione va dall'esterno verso l'interno ed un valore negativo se la pressione va dall'interno verso l'esterno.



FIG. 10.10 – PUNTI NOTEVOLI PRESSIONI

1° Corrente

	Punto							
	A		B		F		G	
	X [m]	P [kN/m ²]						
Senza onda	-0.650	17.68	26.475	-54.26	10.291	17.68	20.832	-54.26
Cavo	-0.650	11.49	26.475	-46.38	10.062	11.49	17.500	-46.38
Cresta	-0.650	23.87	26.475	-63.15	10.604	23.87	25.461	-63.15
Sovrapressione	-0.650	17.68	26.475	-79.12	5.389	17.68	16.799	-79.12

TAB. 10.4 – COORDINATE E PRESSIONI PUNTI NOTEVOLI

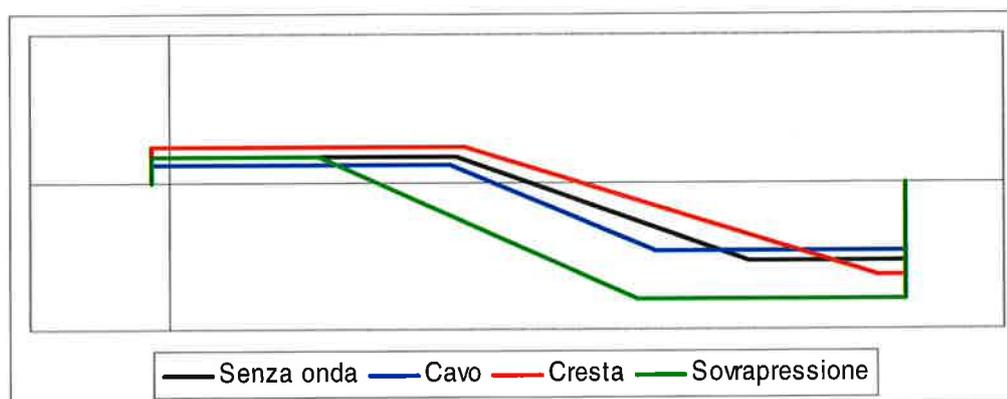


FIG. 10.11 – ANDAMENTO PRESSIONI

2° Corrente

	Punto							
	A		B		F		G	
	X [m]	P [kN/m ²]						
Senza onda	-0.650	15.16	26.350	-54.26	10.973	15.16	21.144	-54.26
Cavo	-0.650	9.85	26.350	-46.38	10.580	9.85	17.806	-46.38
Cresta	-0.650	20.46	26.350	-63.15	11.502	20.46	25.547	-63.15
Sovrapressione	-0.650	15.16	26.350	-79.12	5.794	15.16	16.906	-79.12

TAB. 10.5 – COORDINATE E PRESSIONI PUNTI NOTEVOLI

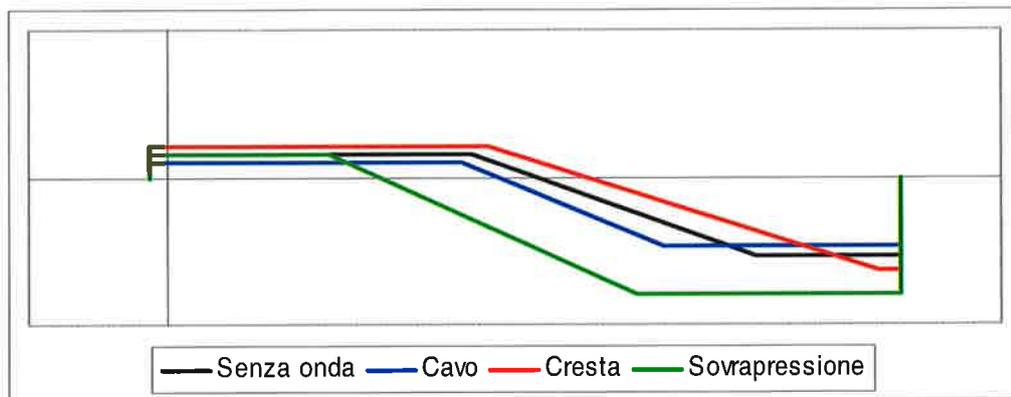


FIG. 10.12 – ANDAMENTO PRESSIONI

3° Corrente

	Punto							
	A		B		F		G	
	X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]
Senza onda	3.023	12.63	26.225	-54.26	11.655	12.63	21.456	-54.26
Cavo	3.023	8.21	26.225	-46.38	11.097	8.21	18.113	-46.38
Cresta	3.023	17.05	26.225	-63.15	12.400	17.05	25.632	-63.15
Sovrapressione	3.023	12.63	26.225	-79.12	6.198	12.63	17.012	-79.12

TAB. 10.6 – COORDINATE E PRESSIONI PUNTI NOTEVOLI

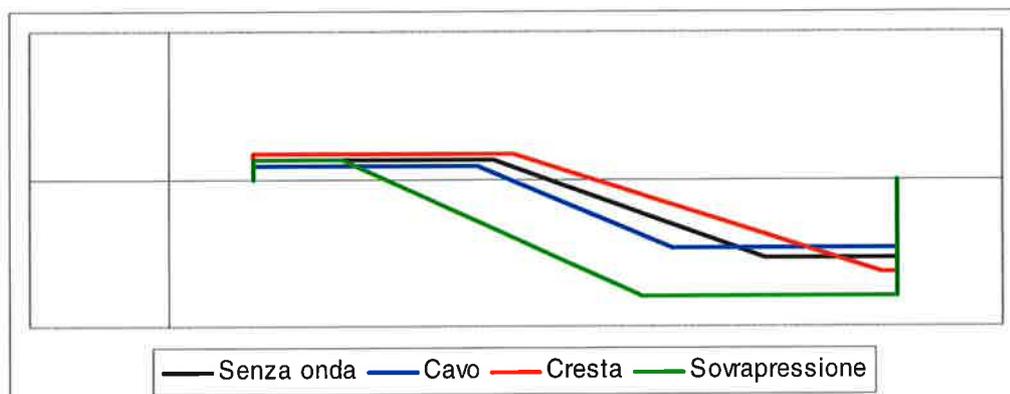


FIG. 10.13 – ANDAMENTO PRESSIONI

4° Corrente

	Punto							
	A		B		F		G	
	X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]	X [m]	P [kN/m ²]
Senza onda	4.028	10.10	26.100	-54.26	12.338	10.10	21.768	-54.26
Cavo	4.028	6.57	26.100	-46.38	11.615	6.57	18.420	-46.38
Cresta	4.028	13.64	26.100	-63.15	13.299	13.64	25.718	-63.15
Sovrapressione	4.028	10.10	26.100	-79.12	6.602	10.10	17.119	-79.12

TAB. 10.7 – COORDINATE E PRESSIONI PUNTI NOTEVOLI

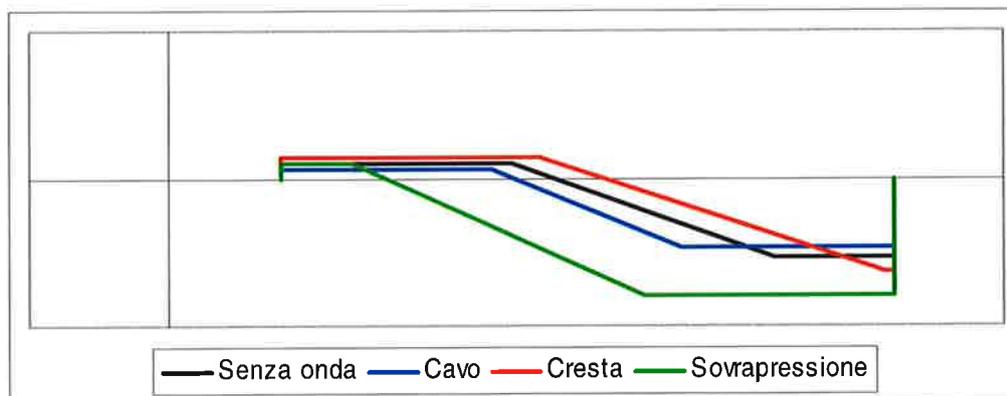


FIG. 10.14 – ANDAMENTO PRESSIONI

5° Corrente

	Punto							
	A		B		F		G	
	X [m]	P [kN/m²]	X [m]	P [kN/m²]	X [m]	P [kN/m²]	X [m]	P [kN/m²]
Senza onda	5.034	7.58	25.975	-54.26	13.020	7.58	22.080	-54.26
Cavo	5.034	4.93	25.975	-46.38	12.133	4.93	18.727	-46.38
Cresta	5.034	10.23	25.975	-63.15	14.197	10.23	25.803	-63.15
Sovrapressione	5.034	7.58	25.975	-79.12	7.007	7.58	17.226	-79.12

TAB. 10.8 – COORDINATE E PRESSIONI PUNTI NOTEVOLI

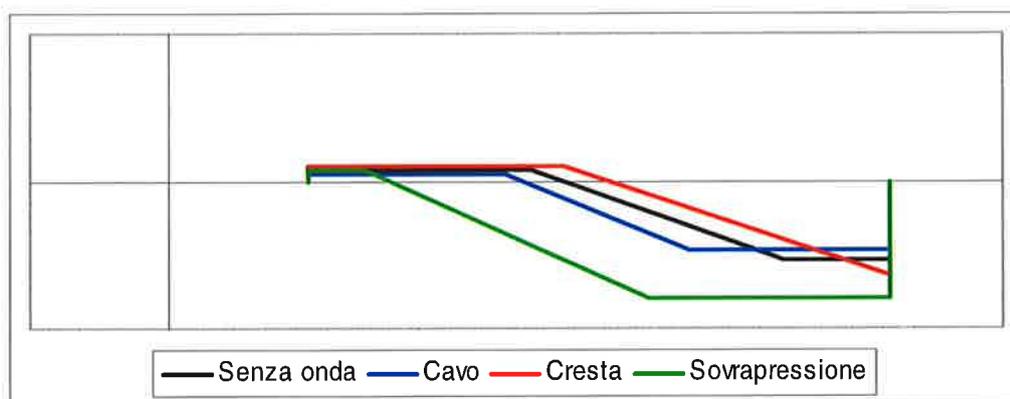


FIG. 10.15 – ANDAMENTO PRESSIONI

6° Corrente

	Punto							
	A		B		F		G	
	X [m]	P [kN/m²]	X [m]	P [kN/m²]	X [m]	P [kN/m²]	X [m]	P [kN/m²]
Senza onda	6.039	5.05	25.850	-54.26	13.702	5.05	22.393	-54.26
Cavo	6.039	3.28	25.850	-46.38	12.651	3.28	19.033	-46.38
Cresta	6.039	6.82	25.850	-62.07	15.095	6.82	25.850	-62.07
Sovrapressione	6.039	5.05	25.850	-79.12	7.411	5.05	17.332	-79.12

TAB. 10.9 – COORDINATE E PRESSIONI PUNTI NOTEVOLI

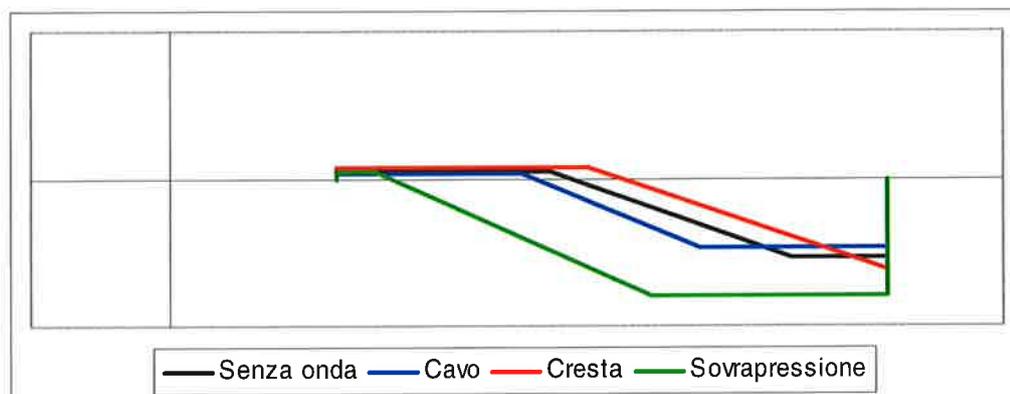


FIG. 10.16 – ANDAMENTO PRESSIONI

7° Corrente

	Punto							
	A		B		F		G	
	X [m]	P [kN/m²]	X [m]	P [kN/m²]	X [m]	P [kN/m²]	X [m]	P [kN/m²]
Senza onda	7.045	2.53	25.725	-54.26	14.385	2.53	22.705	-54.26
Cavo	7.045	1.64	25.725	-46.38	13.169	1.64	19.340	-46.38
Cresta	7.045	3.41	25.725	-56.16	15.993	3.41	25.725	-56.16
Sovrapressione	7.045	2.53	25.725	-79.12	7.815	2.53	17.439	-79.12

TAB. 10.10 – COORDINATE E PRESSIONI PUNTI NOTEVOLI

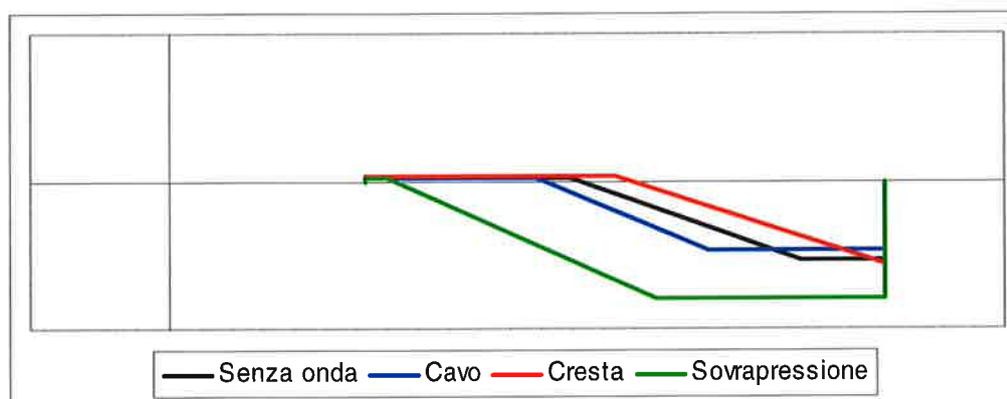


FIG. 10.17 – ANDAMENTO PRESSIONI

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 148
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

10.3. Ossature rinforzate

10.3.1. Generalità

Si considerano i carichi di pressione determinati al capitolo 8 per le condizioni di carico E.1 ed E.4 che corrispondono alle condizioni più gravose per le verifiche, come risulta dal predimensionamento dei fasciami.

Le reazioni sugli appoggi dei correnti sono derivate dalle simulazioni senza onda lunga e con onda lunga corrispondente al dislivello quasi statico che comporta le maggiori sollecitazioni (+50 cm in cresta e -60 cm in cavo). Esse sono determinate attraverso il calcolo degli elementi ordinari e vengono riportate nelle tabelle successive: costituiscono i carichi da applicare ai telai trasversali in corrispondenza degli incroci dei correnti.

I carichi applicati all'incrocio del fasciame laterale con i fasciami superiore e inferiore sono estrapolati dalle reazioni dei correnti tenendo conto dell'effettiva striscia di fasciame che trasmette il carico nei punti d'angolo (Fig. 10.18).

$$A = \frac{1}{2} F_s \frac{b}{a}$$

$$B = \frac{1}{2} \left[F_2 + \left(F_1 \frac{2a}{a+c} - F_2 \right) \frac{c+a}{a} \right] \frac{c}{a}$$

$$C = \frac{1}{2} \left[F_4 + \left(F_5 \frac{2a}{a+c} - F_4 \right) \frac{c+a}{a} \right] \frac{c}{a}$$

$$D = \frac{1}{2} F_i \frac{b}{a}$$

Analogamente, per i correnti superiore e inferiore posti alle estremità laterali, si ha (Fig. 10.18):

$$F'_s = F_s \frac{b}{a}$$

$$F'_i = F_i \frac{b}{a}$$

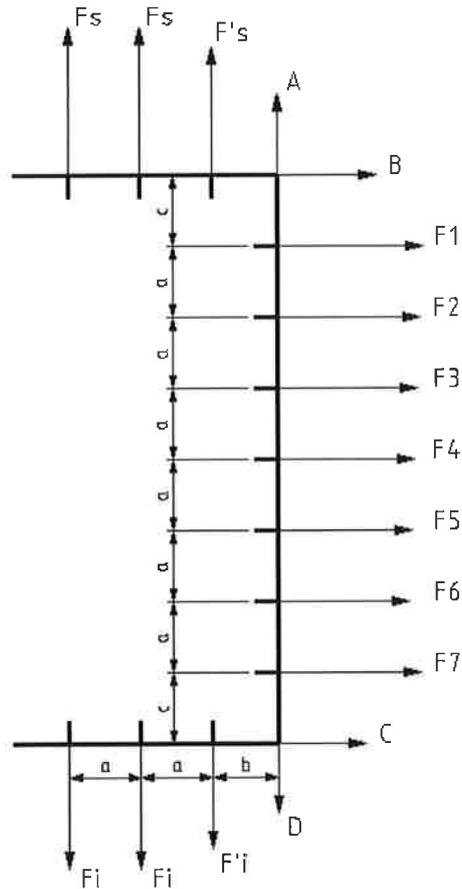


FIG. 10.18 – CARICHI APPLICATI ALLE OSSATURE RINFORZATE

Tutti i carichi vengono applicati su nodi, in corrispondenza dei correnti e degli incroci dei fasciami (Fig. 10.19).

 TECNOITAL	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 150
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

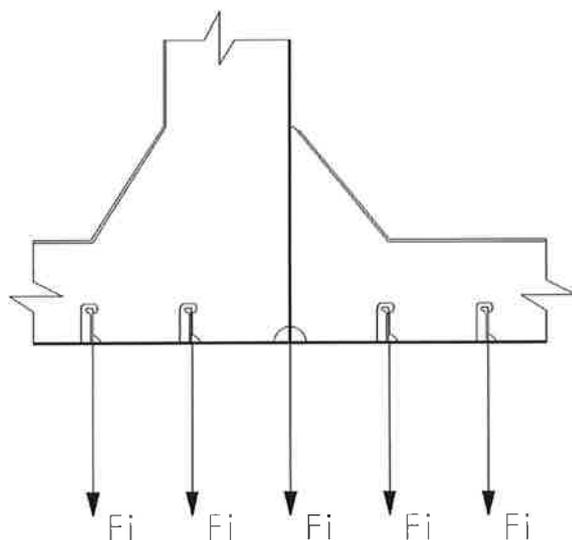


FIG. 10.19 – CARICHI SULLE OSSATURE RINFORZATE

Per quanto riguarda il flusso di taglio si ha un andamento rettilineo lungo i fasciami superiore ed inferiore, mentre si ha un andamento parabolico lungo i fasciami del fianco e della paratia longitudinale. I punti notevoli (Fig. 10.20) vengono riportati nelle tabelle seguenti.

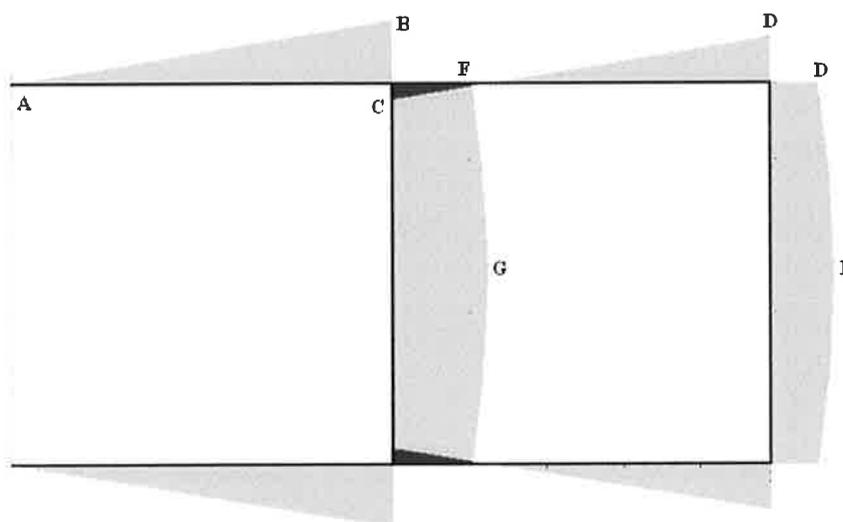


FIG. 10.20 – PUNTI NOTEVOLI FLUSSO DI TAGLIO

10.3.2. Senza onda

Reazione dei correnti sugli appoggi [N]															
Oss	F _s	F' _s	A	B	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	C	D	F _I	F _{II}
02	-16300	-14866	-7433	-15050	-26400	-22700	-18700	-13200	-8860	-6860	-3340	-1302	-547	-1094	-1200
03	-35400	-32285	-16142	-16350	-28300	-23900	-19800	-16200	-12000	-8090	-3970	-724	156	313	343
04	-24300	-22162	-11081	-13400	-25200	-23600	-20400	-16300	-12000	-8090	-3970	75	-62	-125	-137
05	1510	1377	689	730	-2220	-5900	-8900	-10500	-10200	-7970	-4510	-525	166	332	364
06	27300	24898	12449	13700	24200	21000	17600	13900	10100	6600	4060	760	-1432	-2864	-3140
07	57000	51984	25992	28350	53300	49900	46500	43200	40000	36700	33100	14750	-13406	-26813	-29400
08	71100	64843	32422	36250	69800	67100	64000	60900	57600	54300	51200	24050	-21432	-42864	-47000
09	69900	63749	31874	32250	65100	65700	66100	66000	65600	64700	62800	30450	-30370	-60739	-66600
10	54400	49613	24806	37500	72800	70600	68600	66700	65000	63400	61700	30000	-8618	-17237	-18900

Flusso di taglio [N/mm ²] x 1000							
Oss	A	B	C	D	E	F	G
02	0.000	-5.933	2.058	-3.810	-4.768	-6.493	-7.402
03	0.000	-7.637	2.360	-5.193	-7.018	-8.123	-9.527
04	0.000	-4.431	1.165	-3.217	-4.325	-5.247	-6.355
05	0.000	0.303	-0.068	0.231	0.307	0.393	0.469
06	0.000	3.683	-0.829	2.814	3.735	4.777	5.698
07	0.000	3.985	-0.901	3.041	4.037	5.157	6.154
08	0.000	3.480	-0.786	2.655	3.525	4.503	5.373
09	0.000	0.476	-0.108	0.364	0.483	0.617	0.736
10	0.000	5.126	-1.158	3.911	5.193	6.634	7.915

10.3.3. Cavo

Reazione dei correnti sugli appoggi [N]															
Oss	F _s	F' _s	A	B	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	C	D	F _I	F _{II}
02	-10600	-9667	-4834	-9750	-17100	-14700	-13400	-8590	-5830	-4310	-2060	-858	-356	-711	-780
03	-23400	-21341	-10670	-10750	-18600	-15700	-12700	-10400	-7680	-4310	-2060	-430	100	200	219
04	-12000	-10944	-5472	-6850	-13900	-14100	-13100	-11000	-8520	-5840	-2870	50	-33	-67	-73
05	18000	16416	8208	9065	14000	9870	5890	2490	44	-1180	-1220	-630	52	105	115
06	48400	44141	22070	24450	44600	40300	36900	32900	28800	24600	20400	8100	-7524	-15048	-16500
07	73400	66941	33470	37350	71900	69100	67800	65100	62200	58900	55400	25950	-23621	-47242	-51800
08	65200	59462	29731	33100	66400	66600	66700	66700	66600	66300	65700	32550	-29093	-58186	-63800
09	59000	53808	26904	27100	54600	55000	55400	55800	56200	56600	57000	28700	-28181	-56362	-61800
10	46600	42499	21250	32100	62400	60600	58900	57200	55600	54100	52700	25650	-7250	-14501	-15900

Flusso di taglio [N/mm ²] x 1000							
Oss	A	B	C	D	E	F	G
02	0.000	-3.858	1.338	-2.478	-3.101	-4.222	-4.814
03	0.000	-5.050	1.561	-3.434	-4.640	-5.371	-6.299
04	0.000	-2.189	0.576	-1.590	-2.137	-2.592	-3.140
05	0.000	2.925	-0.655	2.238	2.969	3.803	4.534
06	0.000	4.863	-1.094	3.715	4.931	6.308	7.523
07	0.000	3.119	-0.705	2.380	3.159	4.038	4.816
08	0.000	0.202	-0.046	0.154	0.205	0.262	0.312
09	0.000	-0.404	0.091	-0.308	-0.410	-0.523	-0.624
10	0.000	4.433	-1.002	3.382	4.491	5.737	6.845

10.3.4. Cresta

Reazione dei correnti sugli appoggi [N]															
Oss	F _s	F' _s	A	B	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	C	D	F _I	F _{II}
02	-22100	-20155	-10078	-20350	-35700	-30700	-25200	-17700	-11900	-9270	-4430	-1749	-739	-1477	-1620
03	-47500	-43320	-21660	-21700	-37800	-32200	-26900	-22000	-16300	-9270	-4430	-924	194	389	426
04	-36600	-33379	-16690	-20050	-36300	-32500	-27100	-21200	-15800	-10900	-5540	-90	-9	-18	-20
05	-15700	-14318	-7159	-7850	-18500	-21300	-22300	-20700	-16500	-10900	-5210	240	-78	-155	-170
06	6420	5855	2928	3385	4440	2110	-813	-4180	-6970	-7780	-5570	-1680	407	814	892
07	31000	28272	14136	15400	28900	27000	24900	22700	20000	16300	11300	3150	-3794	-7588	-8320
08	45200	41222	20611	23350	45100	43500	41800	39900	37900	35300	30500	12850	-11172	-22344	-24500
09	59000	53808	26904	26300	52300	52000	51600	51000	50300	48600	43800	19500	-20566	-41131	-45100
10	55200	50342	25171	39550	75800	72500	69300	66100	63100	59300	52200	22550	990	1979	2170

Flusso di taglio [N/mm ²] x 1000							
Oss	A	B	C	D	E	F	G
02	0.000	-8.042	2.789	-5.164	-6.463	-8.801	-10.033
03	0.000	-10.255	3.169	-6.973	-9.423	-10.907	-12.792
04	0.000	-6.641	1.746	-4.821	-6.481	-7.863	-9.523
05	0.000	-2.562	0.574	-1.960	-2.601	-3.332	-3.972
06	0.000	1.115	-0.251	0.852	1.130	1.446	1.725
07	0.000	3.275	-0.740	2.499	3.317	4.238	5.057
08	0.000	2.989	-0.675	2.281	3.028	3.868	4.615
09	0.000	2.007	-0.454	1.531	2.033	2.597	3.099
10	0.000	8.284	-1.872	6.321	8.392	10.720	12.791

10.3.5. Sovrappressione

Reazione dei correnti sugli appoggi [N]															
Oss	F _s	F' _s	A	B	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	C	D	F ₁	F ₁
02	-11300	-10306	-5153	-13000	-24100	-22200	-19200	-14600	-10800			-1608	-524	-1049	-1150
03	1090	994	497	1963	2250	574	-879	-2130	-2240	154	1590	998	-388	-776	-851
04	38200	34838	17419	18650	36000	34700	33300	31800	30100	27900	26200	12250	-13315	-26630	-29200
05	70800	64570	32285	35550	69600	68100	66700	65300	64000	62800	61500	30100	-29594	-59189	-64900
06	104000	94848	47424	51500	102000	101000	99600	98200	96700	95100	93600	46050	-43913	-87826	-96300
07	127000	115824	57912	64000	127000	126000	126000	126000	125000	125000	124000	61500	-57000	-114000	-125000
08	111000	101232	50616	56000	112000	112000	112000	112000	112000	112000	112000	56000	-50616	-101232	-111000
09	101000	92112	46056	46300	93400	94200	95000	95700	96300	96800	97200	48800	-47880	-95760	-105000
10	79500	72504	36252	54500	106000	103000	100000	97500	94800	92200	89800	43700	-12403	-24808	-27200

Flusso di taglio [N/mm ²] x 1000							
Oss	A	B	C	D	E	F	G
02	0.000	-4.221	1.464	-2.711	-3.392	-4.619	-5.266
03	0.000	0.052	-0.016	0.035	0.048	0.055	0.065
04	0.000	1.632	-0.429	1.185	1.593	1.932	2.340
05	0.000	0.953	-0.213	0.729	0.967	1.239	1.477
06	0.000	1.174	-0.264	0.897	1.190	1.523	1.816
07	0.000	0.289	-0.065	0.220	0.293	0.374	0.446
08	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
09	0.000	-0.576	0.131	-0.441	-0.585	-0.747	-0.892
10	0.000	7.552	-1.707	5.762	7.650	9.773	11.661

10.4. Robustezza longitudinale e trasversale

10.4.1. Condizioni operative

I carichi agenti sulla struttura nelle condizioni operative sono quelli derivanti dal peso proprio della paratoia completamente allestita, dal peso del fouling e dalle pressioni dell'acqua e dell'aria all'interno della paratoia corrispondenti alle condizioni di carico E.1, E.2, E.3 ed E.4.

Descrizione	Peso [N]	LCG [m]	VCG [m]
Struttura			
Struttura	2 358 855	14.392	-1.325
Supporti appoggi elastici	52 196	24.193	-4.817
TOT	2 411 051	14.604	-1.401
Saldatura 2%	48 221	14.604	-1.401
Margine 5%	122 964	14.604	-1.401
TOTALE + MARGINE	2 582 236	14.604	-1.401

Allestimento			
Tubature, supporti e altri allestimenti	76 315	14.078	-1.780
Anodi e supprti	29 033	15.138	-1.236
Pittura	17 398	14.219	-1.379
Appoggi elastici	42 330	24.175	-5.547
Tenute parziali	34 875	0.586	0.740
Strumentazione	5 101	5.100	-1.200
TOT	205 052	13.806	-2.004
Margine 5%	10 253	13.806	-2.004
TOTALE + MARGINE	215 305	13.806	-2.004

Totale paratoia	2 797 541	14.543	-1.447
------------------------	------------------	---------------	---------------

Altri carichi su paratoia			
Fouling sul fondo	67 800	16.726	-4.200

TAB. 10.11 – PESI E BARICENTRI – CONDIZIONI OPERATIVE

 PROGETTA	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 154
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

Peso proprio

Il peso globale delle strutture, al lordo degli sovra-spessori di corrosione e dell'allestimento considerato per il calcolo di predimensionamento è riportato nella tabella seguente, insieme con la posizione longitudinale e verticale del baricentro riferito all'asse cerniere.

Il peso viene ripartito lungo la paratoia e suddiviso fra carichi distribuiti e carichi concentrati come segue:

- carichi distribuiti:

serie di carichi costituiti dagli elementi strutturali e dall'allestimento distribuiti trapezoidalmente;

- carichi concentrati:

elementi strutturali non continui longitudinalmente (ossature rinforzate trasversali, paratia posteriore e frontale) considerati come distribuiti trapezoidalmente su di una lunghezza di:

750 mm per il fasciame posteriore

150 mm per le ossature 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 09, 10

190 mm per l'ossatura 08

1000 mm per il fasciame anteriore.

Le altezze delle basi dei trapezi vengono determinate in modo tale che l'area del trapezio sia equivalente al peso dell'elemento considerato e la posizione del baricentro del trapezio coincida con la posizione longitudinale del baricentro dell'elemento.

In Fig. 10.21 viene riportato lo schema adottato per ogni singolo peso. Con x_i ed x_f si individuano rispettivamente le coordinate di inizio e fine dell'elemento, mentre con x_g viene indicata la posizione del baricentro del peso. Conoscendo il peso, x_g , x_i e x_f si determinano le altezze delle basi h_i ed h_f .

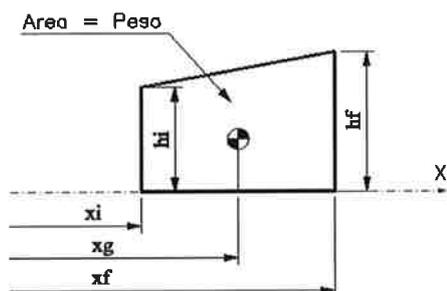


FIG. 10.21 – DISTRIBUZIONE TRAPEZOIDALE PESO

La composizione dei vari trapezi elementari dei singoli pesi porta ad un diagramma costituito da una successione di trapezi, come riportato in Fig. 10.22.

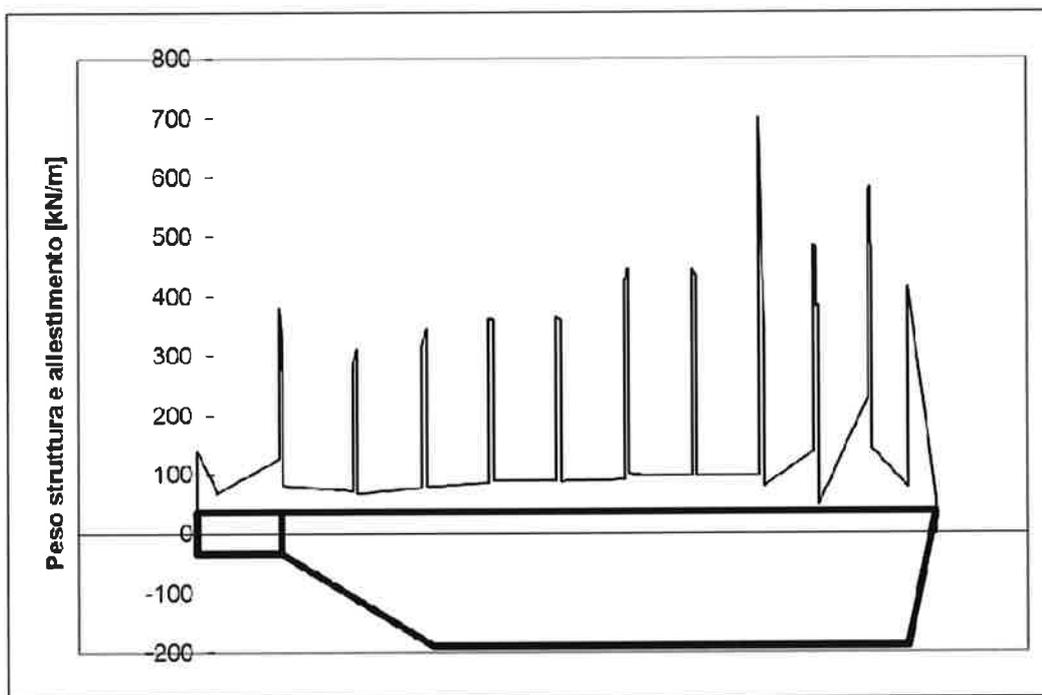


FIG. 10.22 – DISTRIBUZIONE PESO STRUTTURA E ALLESTIMENTO

Facendo riferimento alla Fig. 10.23, la distribuzione dei carichi viene riportata in Tab. 10.12.

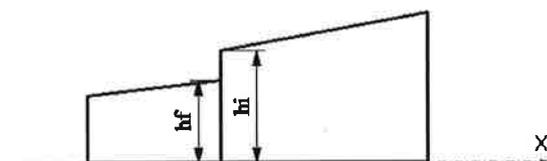


FIG. 10.23 – RIFERIMENTO ALTEZZE TRAPEZI

Ord [m]	hf [kN/m]	hi [kN/m]	Ord [m]	hf [kN/m]	hi [kN/m]	Ord [m]	hf [kN/m]	hi [kN/m]
-0.650		139.86	8.638	81.23	81.23	18.325	97.19	97.19
0.000	80.11	80.11	8.950	82.19	82.19	18.638	97.20	97.20
0.100	70.92	68.79	9.263	83.15	83.15	18.950	97.21	97.21
0.138	69.71	69.71	9.575	84.11	84.11	19.263	97.22	97.22
0.925	89.13	89.13	9.888	85.07	85.07	19.575	97.22	97.22
1.713	108.55	108.55	10.125	85.80	361.73	19.888	97.23	97.23
2.400	125.49	379.04	10.200	359.39	361.84	20.105	97.24	697.85
2.500	331.21	285.09	10.275	359.27	88.49	20.200	527.00	506.65
2.505	282.55	282.55	10.513	88.50	88.50	20.295	338.80	79.91
2.515	277.49	277.49	10.825	88.51	88.51	20.450	84.81	84.81
2.520	274.95	274.95	11.138	88.51	88.51	20.700	92.72	92.72
2.550	259.75	81.65	11.450	88.52	88.52	20.950	100.63	100.63
2.890	80.36	80.36	11.763	88.53	88.53	21.200	108.54	108.54
3.100	79.57	79.57	12.075	88.54	88.54	21.450	116.45	116.45
3.260	78.96	78.96	12.388	88.55	88.55	21.700	124.36	124.36
3.630	77.56	77.56	12.625	88.56	364.37	21.950	132.27	132.27
4.000	76.16	76.16	12.700	361.80	361.21	22.125	137.81	483.51
4.125	75.69	75.69	12.775	358.72	88.06	22.200	480.56	381.76
4.250	75.22	75.22	13.013	88.34	88.34	22.275	383.73	48.68
4.375	74.74	74.74	13.325	88.72	88.72	22.300	51.11	51.11
4.500	74.27	74.27	13.638	89.09	89.09	22.450	65.70	65.70
4.675	73.61	73.61	13.950	89.46	89.46	22.700	90.01	90.01
4.850	72.95	72.95	14.263	89.83	89.83	22.950	114.32	114.32
5.025	72.29	72.29	14.575	90.20	90.20	23.200	138.63	138.63
5.125	71.91	285.36	14.888	90.57	90.57	23.450	162.95	162.95
5.200	300.41	295.94	15.125	90.86	428.69	23.700	187.26	187.26
5.275	311.59	67.46	15.200	432.14	442.89	23.950	211.57	211.57
5.513	68.45	68.45	15.275	445.73	101.18	24.125	228.59	578.16
5.825	69.76	69.76	15.513	99.55	99.55	24.200	580.54	489.45
6.138	71.06	71.06	15.700	98.26	97.11	24.275	480.88	141.13
6.450	72.36	72.36	15.825	97.12	97.12	24.450	132.59	132.59
6.763	73.67	73.67	16.138	97.12	97.12	24.700	120.39	120.39
7.075	74.97	74.97	16.450	97.13	97.13	24.950	108.19	108.19
7.388	76.27	76.27	16.763	97.14	97.14	25.200	95.99	95.99
7.650	77.37	315.13	17.075	97.15	97.15	25.550	78.91	78.91
7.700	322.07	322.84	17.388	97.16	97.16	25.600	76.47	413.54
7.850	343.50	78.81	17.625	97.17	444.22	25.900	306.39	306.39
8.013	79.31	79.31	17.700	439.32	439.32	26.250	181.37	181.37
8.050	79.42	79.42	17.775	434.41	97.17	26.600	56.36	
8.325	80.27	80.27	18.013	97.18	97.18			

TAB. 10.12 – DISTRIBUZIONE PESO STRUTTURA E ALLESTIMENTO

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 157
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

Peso fouling

Nelle condizioni operative (E.1, E.2, E.3 ed E.4) il peso del fouling viene conservativamente trascurato sui fasciami superiori e laterali in quanto agisce in modo contrario alla pressione dell'aria. Viene invece considerato sui fasciami inferiori, dove incrementa le pressioni.

Il peso del fouling è stato considerato come distribuito in modo trapezoidale lungo la paratoia.

Pressioni

La distribuzione delle pressioni lungo la paratoia nelle condizioni operative analizzate è la stessa usata per l'analisi degli anelli longitudinali.

10.4.2. Sollevamento/Trasporto

In fase di sollevamento e trasporto la paratoia viene considerata come semplicemente appesa in corrispondenza dei punti di sospensita (Fig. 10.24).

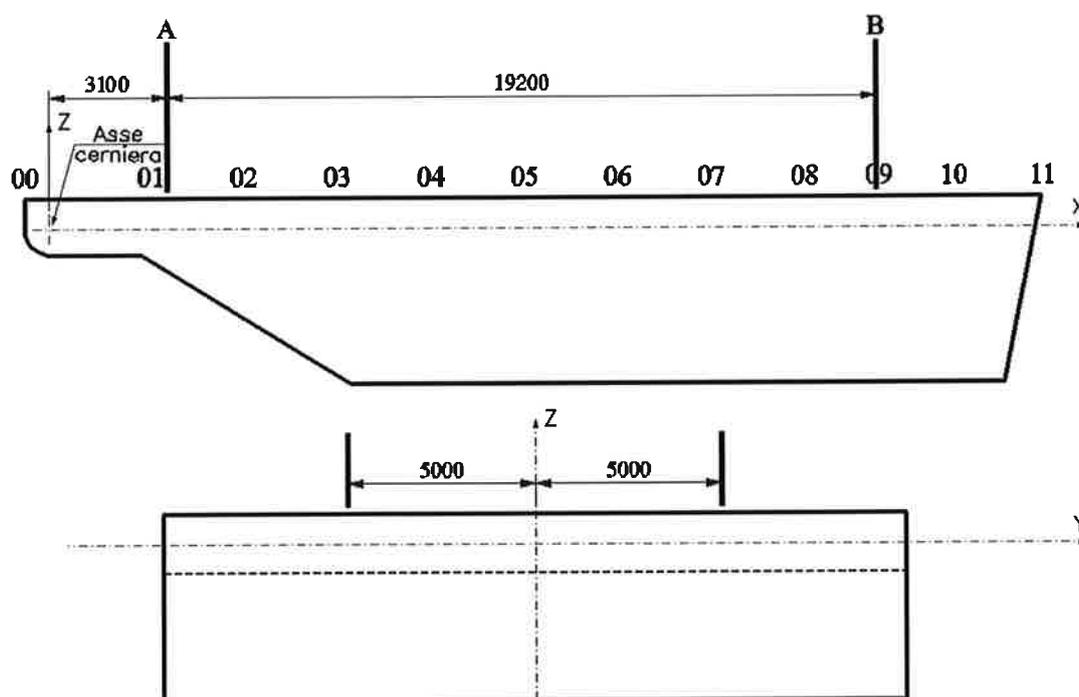


FIG. 10.24 – PUNTI DI SOSPENSITA – VISTA LATERALE E VISTA FRONTALE

Oltre al peso proprio della paratoia completamente allestita si considera anche il peso delle incrostazioni dovute al fouling e sedimenti intrappolati (Rif. /A/). Entrambi i pesi sono stati ripartiti lungo la paratoia come nel caso precedente.

I carichi termici (condizioni T.3) non vengono considerati nel predimensionamento, in quanto influenti rispetto alla robustezza longitudinale e trasversale della paratoia.

Descrizione	Peso [N]	LCG [m]	VCG [m]
Altri carichi su paratoia Fouling	435 900	13.143	-0.310

Descrizione	Peso [N]	LCG [m]	VCG [m]
Altri carichi su paratoia Connettori	220 000	0.000	0.000

Descrizione	Peso [N]	LCG [m]	VCG [m]
Acqua sul fondo della paratoia 60 cm	2 119 454	16.825	-3.900

Descrizione	Peso [N]	LCG [m]	VCG [m]
Acqua sul fondo della paratoia 30 cm	1 059 727	16.825	-4.050

TAB. 10.13 – ALTRI CARICHI STATICI IN SOLLEVAMENTO E TRASPORTO

Nel caso di sollevamento si considera conservativamente uno strato di 60 cm d'acqua rimasta all'interno della paratoia (pur essendo le prese mare a filo del fasciame del fondo, l'acqua potrebbe accumularsi sia per eventuale sporcizia che intasa i fori di drenaggio delle strutture interne, sia, inizialmente, per ritardi nel

 REGISTRATI	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 159
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

deflusso), distribuito come un rettangolo sulla lunghezza del fondo, ed il peso del componente maschio dei connettori (2x110 kN), considerato come carico concentrato sull'asse cerniera.

Nel caso di trasporto si considera conservativamente uno strato di 30 cm d'acqua rimasta all'interno della paratoia, distribuito come un rettangolo sulla lunghezza del fondo, ed il peso del componente maschio dei connettori (2x110 kN), considerato come carico concentrato sull'asse cerniera. Le massime accelerazioni, determinate attraverso le analisi dinamiche del mezzo per la movimentazione delle paratoie, sono riportate al par. 6.3: si considera qui la massima accelerazione $a_x = 2.1\text{m/s}^2$, negativa, che viene sommata all'accelerazione di gravità.

Per la robustezza longitudinale in condizioni di sollevamento/trasporto (Condizioni di carico T.1 e T.2) il calcolo viene eseguito considerando la paratoia sospesa ai quattro twist locks del telaio pescatore del mezzo per la sostituzione delle paratoie (jack-up).

Per la valutazione della robustezza trasversale, la paratoia viene considerata semplicemente appoggiata in corrispondenza dei punti di sospensioni.

Considerato che in senso trasversale i carichi sono caratterizzati da simmetria e da una notevole costanza di valori, si considera come carico applicato il totale delle reazioni vincolari ottenute nella verifica longitudinale, distribuito uniformemente su tutta la larghezza della paratoia (Fig. 10.25).

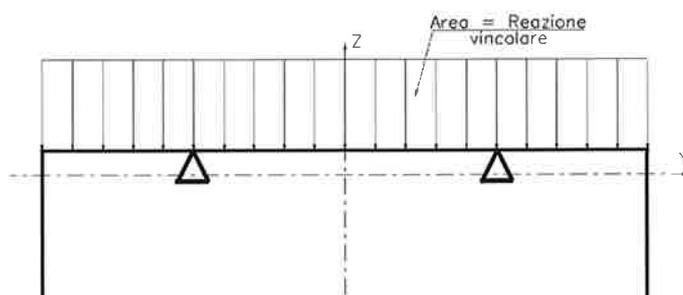


FIG. 10.25 – CARICHI PER LA VERIFICA DELLA ROBUSTEZZA TRASVERSALE

10.4.3. Supportazione a terra

Per la robustezza longitudinale/trasversale nelle condizioni di carico S.1 e S.2, il calcolo viene eseguito considerando la paratoia in appoggio su quattro taccate.

Le taccate sono state considerate longitudinalmente nelle seguenti possibili posizioni:

- appoggi principali su ossature 03 e 07 (Fig. 10.26);
- appoggi secondari su ossature 04 e 08 (Fig. 10.27).

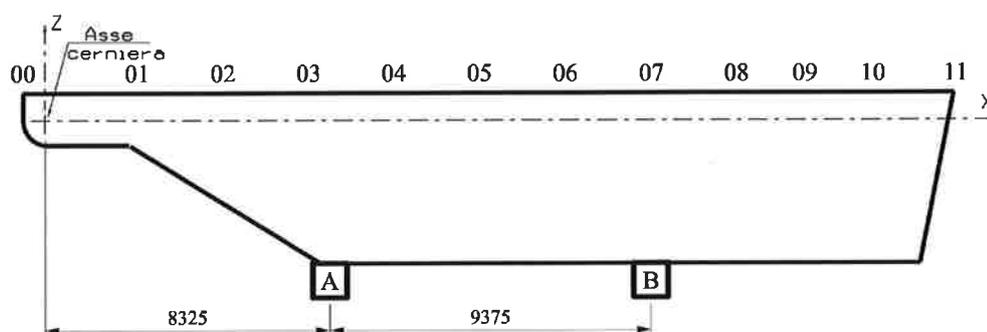


FIG. 10.26 – APPOGGI PRINCIPALI

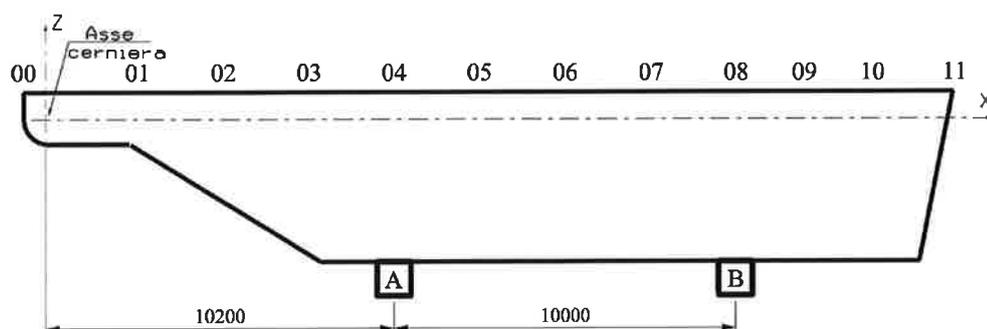


FIG. 10.27 – APPOGGI SECONDARI

Le taccate sono state considerate trasversalmente come indicato in Fig. 10.28.

 REGISTRAR	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 161
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

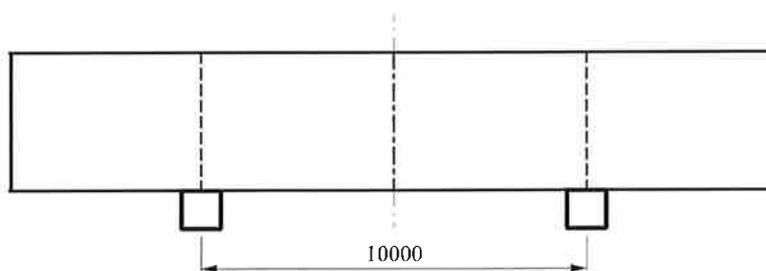


FIG. 10.28 – POSIZIONE TRASVERSALE TACCATE

Si prevede che sui carrelloni vengano montate taccate nelle stesse posizioni e con le stesse dimensioni di quelle utilizzate per il supporto a terra delle paratoie: la verifica della paratoia sui carrelloni risulta quindi coincidente con quella della paratoia sulle taccate a terra.

I carichi termici non vengono considerati nel predimensionamento in quanto ininfluenti rispetto alla robustezza longitudinale e trasversale della paratoia.

Nelle condizioni di supporto a terra non viene considerato il carico di passerelle, personale e attrezzature in quanto trascurabile.

Per la valutazione della robustezza longitudinale in fase di manutenzione, la paratoia viene considerata come semplicemente appoggiata in corrispondenza delle taccate (Fig. 10.26, Fig. 10.27 e Fig. 10.28).

Oltre al peso proprio della paratoia completamente allestita e del peso del fouling, ripartiti lungo la paratoia come nei casi precedenti, si considera anche il peso dei componenti maschi dei connettori (2x110 kN), considerato come carico concentrato sull'asse cerniera.

Per la valutazione della robustezza trasversale in fase di manutenzione, la paratoia viene considerata semplicemente appoggiata in corrispondenza delle taccate.

Considerato che in senso trasversale i carichi sono caratterizzati da simmetria e da una notevole costanza di valori, si considera, per ogni condizione, come carico applicato il totale delle reazioni vincolari ottenute nella verifica longitudinale, distribuito uniformemente su tutta la larghezza della paratoia.

11. CALCOLI DI PREDIMENSIONAMENTO - CONCLUSIONI

11.1. Fasciami

Condizioni di carico E.1, E.2, E.3 ed E.4.

Il calcolo secondo lo schema descritto al paragrafo precedente porta alla definizione dei seguenti spessori di fasciame per le varie zone tra le ossature rinforzate.

Tali spessori vengono uniformati come indicato nell'ultima colonna della Tab. 11.1.

Zona	Spessore minimo di calcolo al lordo del sovrappessore di corrosione e arrotondato		Spessore adottato [mm]
	Condizioni operative [mm]	Sovra pressione 20% [mm]	
0 - 1	7.0	7.0	8.0
1 - 2	7.0	7.0	8.0
2 - 3	7.0	7.0	8.0
3 - 4	7.0	7.5	8.0
4 - 5	7.0	8.5	10.0
5 - 6	7.5	10.0	10.0
6 - 7	9.0	11.0	11.0
7 - 8	9.5	11.0	11.0
8 - 9	9.5	11.0	11.0
9 - 10	10.0	11.0	11.0
10 - 11	10.0	11.0	11.0
Frontale	10.0	11.0	11.0

TAB. 11.1 – SPESSORI FASCIAMI

11.2. Correnti

Condizioni di carico E.1 ed E.4.

Le tabelle seguenti riassumono i valori massimi di I.R. (rapporto tra tensione ideale e tensione ammissibile) nelle varie aste evidenziando il valore massimo per ogni tratto di trave.

Nel Paragrafo 12.1 vengono riportati gli schemi di calcolo ed i risultati in dettaglio.

L'andamento dei valori di I.R. viene riportato in grafico per chiarezza. La Fig. 11.1 si riferisce agli anelli longitudinali mentre la Fig. 11.2 ai correnti del fianco.

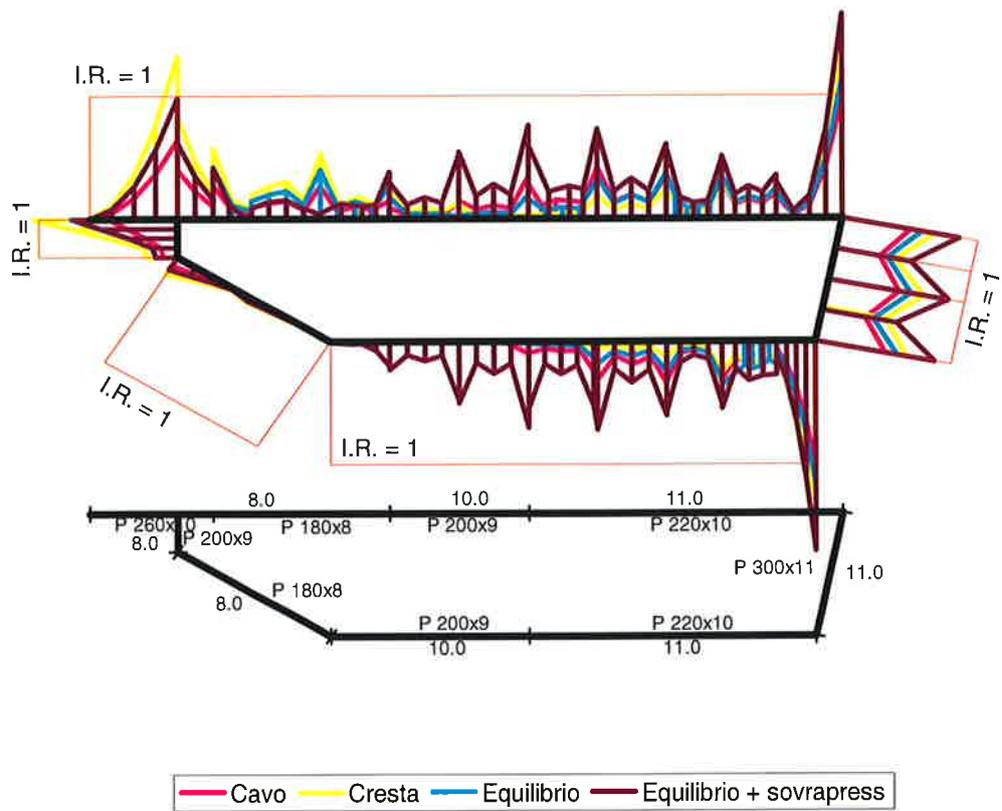


FIG. 11.1 – I.R. ANELLI LONGITUDINALI

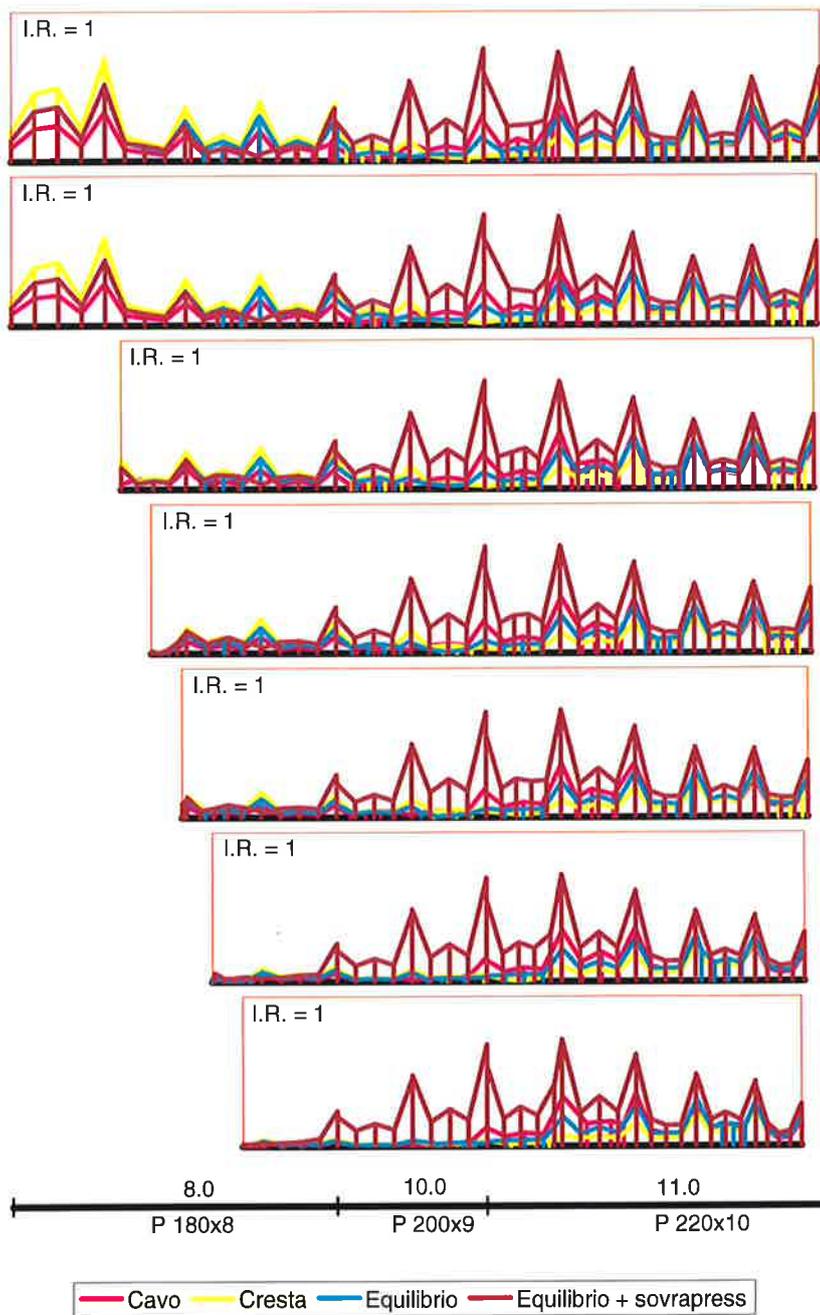


FIG. 11.2 – I.R. CORRENTI DEL FIANCO

Elemento			IR			
Asta	Posizione	Profilo	Senza onda	Cavo	Cresta	Sovra pressione
01	superiore	260x10	0.98	0.64	1.33	0.98
	01	180x8	0.51	0.33	0.69	0.51
	02	180x8	0.44	0.28	0.59	0.44
02	superiore	180x8	0.61	0.40	0.83	0.62
	01	180x8	0.50	0.32	0.67	0.50
	02	180x8	0.42	0.28	0.57	0.43
	03	180x8	0.18	0.14	0.25	0.20
	04	180x8	0.12	0.08	0.16	0.14
03	inferiore	180x8	0.12	0.08	0.16	0.12
	superiore	180x8	0.40	0.27	0.53	0.15
	01	180x8	0.30	0.20	0.40	0.24
	02	180x8	0.25	0.17	0.34	0.22
	03	180x8	0.21	0.14	0.28	0.20
	04	180x8	0.17	0.11	0.24	0.15
	05	180x8	0.13	0.08	0.17	0.14
	06	180x8	0.06	0.04	0.09	0.06
07	180x8	0.03	0.02	0.04	0.02	
04	inferiore	180x8	0.03	0.02	0.04	0.03
	superiore	180x8	0.39	0.26	0.52	0.38
	01	180x8	0.30	0.20	0.40	0.35
	02	180x8	0.25	0.17	0.34	0.34
	03	180x8	0.21	0.14	0.28	0.32
	04	180x8	0.17	0.12	0.23	0.31
	05	180x8	0.13	0.09	0.17	0.29
	06	180x8	0.09	0.06	0.12	0.26
07	180x8	0.04	0.03	0.06	0.24	
05	inferiore	200x9	0.01	0.01	0.02	0.20
	superiore	200x9	0.18	0.13	0.27	0.52
	01	200x9	0.25	0.10	0.27	0.51
	02	200x9	0.18	0.10	0.25	0.50
	03	200x9	0.16	0.10	0.20	0.49
	04	200x9	0.12	0.09	0.16	0.48
	05	200x9	0.09	0.07	0.13	0.47
	06	200x9	0.06	0.05	0.08	0.46
07	200x9	0.04	0.02	0.04	0.45	
06	inferiore	200x9	0.00	0.00	0.00	0.48
	superiore	200x9	0.19	0.35	0.11	0.76
	01	200x9	0.17	0.32	0.13	0.75
	02	200x9	0.14	0.29	0.15	0.74
	03	200x9	0.12	0.26	0.16	0.73
	04	200x9	0.09	0.23	0.15	0.72
	05	200x9	0.07	0.20	0.13	0.71
	06	200x9	0.06	0.16	0.08	0.69
07	200x9	0.04	0.13	0.04	0.68	
07	inferiore	200x9	0.02	0.10	0.01	0.70
	superiore	220x10	0.32	0.42	0.17	0.73
	01	220x10	0.30	0.40	0.16	0.72
	02	220x10	0.28	0.39	0.15	0.72
	03	220x10	0.26	0.38	0.14	0.72
	04	220x10	0.24	0.36	0.13	0.71
	05	220x10	0.22	0.35	0.11	0.71
	06	220x10	0.20	0.33	0.09	0.71
07	220x10	0.18	0.31	0.06	0.70	
inferiore	220x10	0.16	0.29	0.04	0.71	

Elemento			I.R.			
Asta	Posizione	Profilo	Senza onda	Cavo	Cresta	Sovra pressione
08	superiore	220x10	0.38	0.42	0.24	0.73
	01	220x10	0.37	0.41	0.24	0.73
	02	220x10	0.36	0.40	0.23	0.73
	03	220x10	0.34	0.40	0.22	0.72
	04	220x10	0.32	0.38	0.21	0.72
	05	220x10	0.30	0.37	0.20	0.72
	06	220x10	0.29	0.36	0.18	0.72
	07	220x10	0.27	0.36	0.16	0.71
	inferiore	220x10	0.25	0.35	0.13	0.72
09	superiore	220x10	0.37	0.34	0.28	0.58
	01	220x10	0.37	0.35	0.24	0.59
	02	220x10	0.35	0.35	0.24	0.59
	03	220x10	0.34	0.35	0.24	0.59
	04	220x10	0.32	0.35	0.24	0.59
	05	220x10	0.31	0.35	0.24	0.59
	06	220x10	0.31	0.35	0.23	0.58
	07	220x10	0.30	0.34	0.21	0.58
	inferiore	220x10	0.32	0.33	0.22	0.57
10	superiore	220x10	0.35	0.30	0.31	0.51
	01	220x10	0.37	0.32	0.38	0.54
	02	220x10	0.35	0.30	0.36	0.52
	03	220x10	0.34	0.29	0.34	0.49
	04	220x10	0.33	0.28	0.32	0.48
	05	220x10	0.32	0.27	0.30	0.47
	06	220x10	0.32	0.28	0.28	0.48
	07	220x10	0.32	0.28	0.24	0.48
	inferiore	220x10	0.36	0.32	0.25	0.55
11	superiore	220x10	1.14	0.97	1.32	1.66
	01	220x10	0.42	0.36	0.50	0.62
	02	220x10	0.38	0.32	0.44	0.55
	03	220x10	0.34	0.29	0.39	0.49
	04	220x10	0.32	0.27	0.35	0.47
	05	220x10	0.31	0.26	0.30	0.45
	06	220x10	0.29	0.25	0.28	0.42
	07	220x10	0.28	0.24	0.24	0.41
	inferiore	220x10	1.17	1.00	1.32	1.71
12		300x11	0.61	0.52	0.70	0.88
13		200x9	0.77	0.50	1.03	0.75

TAB. 11.2 – I.R. CORRENTI LONGITUDINALI

Il valore di I.R. risulta maggiore di 1.0 nell'asta 01 superiore, nelle aste 11 superiore ed inferiore e nell'asta 13. In tutti e quattro i casi si ha il valore massimo in corrispondenza di una squadra che nella schematizzazione non è stata inserita. Per questi casi viene verificata a flessione una sezione costituita dalla squadra con associata una striscia di fasciame pari all'intervallo dei rinforzi. I risultati vengono riportati nella tabella seguente:

Elemento					
Asta	Posizione	Momento flettente	Modulo di resistenza	σ	IR
		[N m]	[mm ³]	[N/mm ²]	
01	superiore	84 589	2 232 258	37.89	0.22
11	superiore	70 095	1 110 463	63.12	0.36
	inferiore	72 173	1 590 966	45.36	0.26
13		32 544	1 634 806	19.91	0.11

TAB. 11.3 – VERIFICA SQUADRE

11.3. Ossature rinforzate

Condizioni di carico E.1 ed E.4.

Le tabelle seguenti riassumono i valori massimi delle tensioni e dei valori di I.R. (rapporto tra tensione ideale e tensione ammissibile) sugli elementi trave e sugli elementi membrana nelle varie sezioni.

Elementi membrana								
Oss	Senza onda		Cavo		Cresta		Sovrapressione	
	σ_{id} [N/mm ²]	IR						
02	84.31	0.48	54.82	0.32	114.31	0.66	60.03	0.35
03	123.99	0.71	82.00	0.47	166.51	0.96	3.36	0.02
04	102.52	0.59	50.53	0.29	154.03	0.89	82.63	0.47
05	19.71	0.11	77.94	0.45	75.03	0.43	136.95	0.79
06	73.27	0.42	110.14	0.63	20.67	0.12	128.23	0.74
07	106.99	0.61	113.01	0.65	71.77	0.41	169.18	0.97
08	75.74	0.44	77.20	0.44	51.23	0.29	132.95	0.76
09	90.81	0.52	82.87	0.48	84.47	0.49	140.91	0.81
10	116.52	0.67	100.26	0.58	149.73	0.86	170.76	0.98

TAB. 11.4 – I.R. ELEMENTI MEMBRANA

Elementi trave								
Oss	Senza onda		Cavo		Cresta		Sovrapressione	
	σ_{id} [N/mm ²]	IR						
02	77.49	0.45	50.39	0.29	105.00	0.60	55.73	0.32
03	116.90	0.67	77.22	0.44	157.00	0.90	3.41	0.02
04	98.13	0.56	48.75	0.28	147.00	0.84	69.99	0.40
05	19.87	0.11	74.18	0.43	66.58	0.38	100.20	0.58
06	60.07	0.35	90.29	0.52	17.59	0.10	102.70	0.59
07	79.86	0.46	97.10	0.56	47.26	0.27	153.30	0.88
08	70.80	0.41	59.08	0.34	46.21	0.27	100.20	0.58
09	84.04	0.48	70.28	0.40	75.25	0.43	120.40	0.69
10	95.53	0.55	82.29	0.47	127.90	0.74	140.00	0.80

TAB. 11.5 – I.R. ELEMENTI TRAVE

 TECNITALIA	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 168
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

L'andamento dei valori di I.R. per le membrane e per le travi lungo la paratoia viene riportato nei grafici seguenti: come si può notare dai risultati il valore di I.R. risulta sempre inferiore ad 1.0.

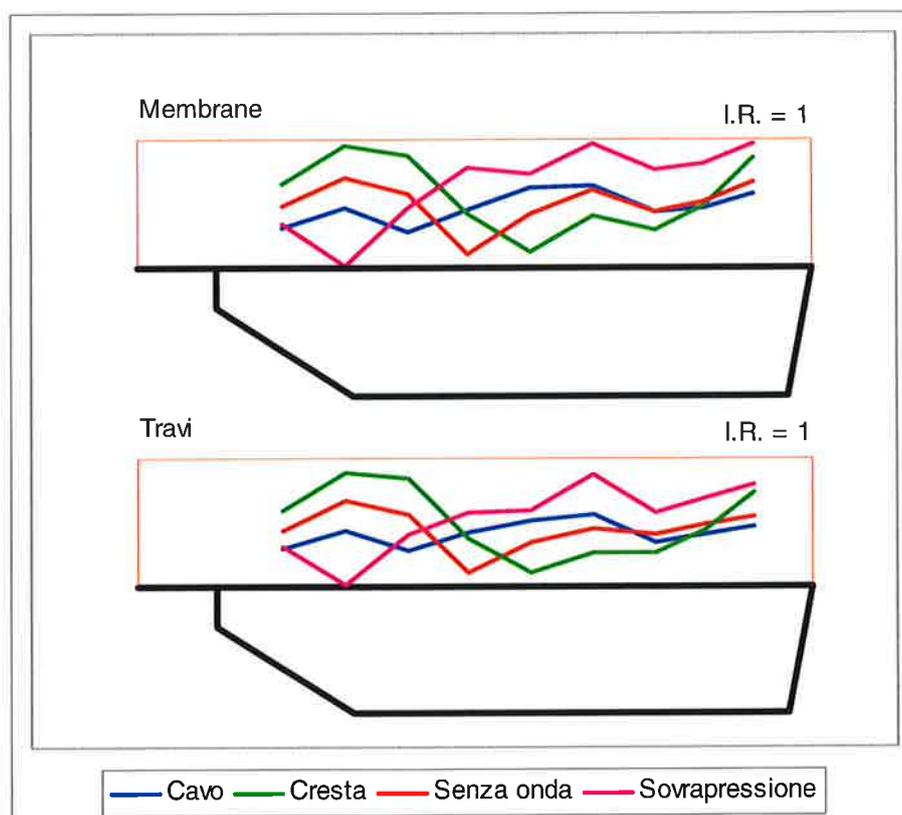


FIG. 11.3 – ANDAMENTO I.R.

11.4. Robustezza longitudinale e trasversale

11.4.1. Condizioni operative – Robustezza longitudinale

Condizioni di carico E.1 ed E.4.

Applicando i carichi alla paratoia nella posizione di equilibrio si ottengono i grafici riportati a fine paragrafo in cui sono rappresentati gli andamenti della forza normale, del taglio e del momento flettente lungo la paratoia.

I valori massimi in ogni tratto di trave, e le relative tensioni, vengono riportati nelle tabelle seguenti per ogni caso analizzato.

I valori di momento flettente e taglio lungo la trave vengono poi utilizzati per la verifica dell'instabilità dei fasciami e dei rinforzi (Rif. /H/).

Ord i	Ord f	Forza assiale [N]	σ_a [N/mm ²]	Taglio [N]	τ [N/mm ²]	Momento flettente [N.m]	σ_r [N/mm ²]	σ_{td} [N/mm ²]
00.0	01.0	3 744 276	8.83	3 745 314	18.73	7 823 774	90.12	104.14
01.0	01.1	3 747 862	8.84	2 565 621	12.83	7 875 152	92.42	103.67
01.1	01.2	3 816 027	5.99	2 553 624	12.77	11 179 528	32.37	44.28
01.2	01.3	3 836 556	6.28	1 881 060	10.99	12 072 392	21.56	33.73
01.3	02.0	3 875 458	7.98	1 656 570	20.47	13 142 579	25.33	48.66
02.0	02.1	3 934 293	8.81	1 331 196	16.57	14 515 987	24.51	43.98
02.1	03.0	3 993 807	8.51	761 774	7.86	15 202 375	20.04	31.63
03.0	03.1	4 072 122	8.29	-399 070	-3.45	15 316 102	16.47	25.47
03.1	04.0	4 141 901	7.71	-953 821	-7.79	15 202 617	15.19	26.58
04.0	04.1	4 215 363	6.72	-1 325 983	-9.34	14 479 137	11.59	24.43
04.1	05.0	4 289 081	6.84	-1 485 100	-10.46	13 147 437	10.52	25.09
05.0	05.1	4 362 915	6.96	-1 502 719	-10.58	11 501 867	9.20	24.43
05.1	06.0	4 441 528	7.08	-1 431 021	-10.07	9 773 263	7.82	22.95
06.0	06.1	4 527 222	6.26	-1 170 757	-7.36	8 270 098	5.78	17.53
06.1	07.0	4 612 163	6.38	-838 281	-5.27	7 147 828	4.99	14.58
07.0	07.1	4 696 987	6.50	-504 984	-3.17	6 463 168	4.51	12.31
07.1	08.0	4 797 795	6.64	-171 559	-1.08	6 335 048	4.42	11.22
08.0	08.1	4 871 118	6.74	373 230	2.35	6 699 759	4.68	12.12
08.1	09.0	4 961 165	6.86	471 092	2.96	7 274 503	5.08	13.00
09.0	09.1	5 027 798	6.96	455 689	2.86	7 878 052	5.50	13.41
09.1	10.0	5 160 671	7.14	426 334	2.68	8 570 115	5.99	13.92
10.0	10.1	5 248 188	7.26	281 328	1.77	8 948 799	6.25	13.85
10.1	11.0	5 267 048	7.29	185 820	1.17	9 051 277	6.32	13.76

TAB. 11.6 – SENZA ONDA

Ord i	Ord f	Forza assiale [N]	σ_a [N/mm ²]	Taglio [N]	τ [N/mm ²]	Momento flettente [N.m]	σ_r [N/mm ²]	σ_{td} [N/mm ²]
00.0	01.0	2 731 292	6.44	2 161 144	10.81	4 359 412	50.22	59.67
01.0	01.1	2 735 382	6.45	1 358 026	6.79	4 386 698	51.48	59.12
01.1	01.2	2 813 125	4.42	1 349 388	6.75	6 075 401	17.59	24.92
01.2	01.3	2 836 538	4.64	896 260	5.24	6 495 503	11.60	18.60
01.3	02.0	2 880 906	5.93	745 535	9.21	6 967 038	13.43	25.09
02.0	02.1	2 948 007	6.60	524 932	6.53	7 459 720	12.60	22.29
02.1	03.0	3 015 883	6.43	-243 510	-2.51	7 527 474	9.92	16.92
03.0	03.1	3 105 202	6.32	-645 791	-5.58	7 526 031	8.09	17.35
03.1	04.0	3 184 786	5.93	-1 001 895	-8.18	7 093 801	7.09	19.24
04.0	04.1	3 268 569	5.21	-1 141 749	-8.04	6 198 379	4.96	17.24
04.1	05.0	3 352 644	5.35	-1 141 749	-8.04	4 967 307	3.98	16.75
05.0	05.1	3 436 852	5.48	-1 038 547	-7.31	3 729 161	2.98	15.23
05.1	06.0	3 526 511	5.62	-699 805	-4.93	2 756 242	2.21	11.58
06.0	06.1	3 624 245	5.01	-297 277	-1.87	2 325 418	1.62	7.39
06.1	07.0	3 721 121	5.15	474 355	2.98	2 866 452	2.00	8.82
07.0	07.1	3 817 863	5.28	648 831	4.08	3 747 851	2.62	10.60
07.1	08.0	3 932 835	5.44	658 476	4.14	4 735 257	3.31	11.31
08.0	08.1	4 016 460	5.56	589 994	3.71	5 404 009	3.77	11.33
08.1	09.0	4 119 159	5.70	520 814	3.27	6 050 142	4.23	11.43
09.0	09.1	4 195 154	5.80	435 854	2.74	6 629 827	4.63	11.46
09.1	10.0	4 346 697	6.01	372 985	2.34	7 321 784	5.11	11.84
10.0	10.1	4 446 510	6.15	247 618	1.56	7 696 855	5.38	11.84
10.1	11.0	4 468 019	6.18	165 046	1.04	7 796 168	5.44	11.76

TAB. 11.7 – CAVO

Ord i	Ord f	Forza assiale [N]	σ_a [N/mm ²]	Taglio [N]	τ [N/mm ²]	Momento flettente [Nm]	σ_f [N/mm ²]	σ_{fd} [N/mm ²]
00.0	01.0	4 674 614	11.03	5 392 935	26.97	11 522 634	132.73	151.16
01.0	01.1	4 677 779	11.04	3 895 066	19.48	11 600 551	136.14	151.00
01.1	01.2	4 737 937	7.44	3 880 297	19.41	16 727 281	48.43	65.20
01.2	01.3	4 756 054	7.78	3 021 667	17.66	18 173 796	32.46	50.55
01.3	02.0	4 790 386	9.87	2 734 560	33.80	19 965 447	38.49	75.93
02.0	02.1	4 842 309	10.84	2 320 536	28.88	22 468 086	37.94	69.88
02.1	03.0	4 894 832	10.43	1 593 842	16.44	24 086 795	31.75	50.89
03.0	03.1	4 963 947	10.11	866 341	7.48	24 812 600	26.68	39.00
03.1	04.0	5 025 529	9.35	-583 215	-4.76	24 842 433	24.82	35.16
04.0	04.1	5 090 360	8.12	-1 110 455	-7.82	24 626 217	19.71	30.94
04.1	05.0	5 155 418	8.22	-1 449 736	-10.21	23 648 084	18.93	32.39
05.0	05.1	5 220 578	8.32	-1 600 892	-11.27	22 148 083	17.72	32.55
05.1	06.0	5 289 957	8.43	-1 605 422	-11.30	20 322 581	16.26	31.52
06.0	06.1	5 365 583	7.42	-1 581 689	-9.94	18 450 955	12.89	26.63
06.1	07.0	5 440 546	7.53	-1 364 832	-8.58	16 716 151	11.67	24.28
07.0	07.1	5 515 405	7.63	-1 112 398	-6.99	15 309 278	10.69	21.96
07.1	08.0	5 604 371	7.75	-852 150	-5.36	14 198 422	9.92	19.96
08.0	08.1	5 669 080	7.84	-618 533	-3.89	13 444 108	9.39	18.50
08.1	09.0	5 748 549	7.95	-416 097	-2.62	13 012 599	9.09	17.63
09.0	09.1	5 807 354	8.03	-237 939	-1.50	12 831 776	8.96	17.19
09.1	10.0	5 924 618	8.20	109 576	0.69	13 155 443	9.19	17.42
10.0	10.1	6 001 854	8.30	214 351	1.35	13 446 824	9.39	17.85
10.1	11.0	6 018 498	8.33	246 723	1.55	13 568 117	9.48	18.00

TAB. 11.8 – CRESTA

Ord i	Ord f	Forza assiale [N]	σ_a [N/mm ²]	Taglio [N]	τ [N/mm ²]	Momento flettente [Nm]	σ_f [N/mm ²]	σ_{fd} [N/mm ²]
00.0	01.0	6 082 183	14.35	2 351 279	11.76	4 382 411	50.48	67.95
01.0	01.1	6 086 592	14.36	1 213 002	6.07	4 406 789	51.72	66.91
01.1	01.2	6 170 397	9.69	1 201 962	6.01	5 731 145	16.59	28.27
01.2	01.3	6 195 636	10.14	547 600	3.20	5 960 604	10.65	21.51
01.3	02.0	6 243 464	12.86	328 593	4.06	6 112 133	11.78	25.63
02.0	02.1	6 315 797	14.14	-283 682	-3.53	6 134 657	10.36	25.26
02.1	03.0	6 388 966	13.62	-345 178	-3.56	6 012 703	7.92	22.41
03.0	03.1	6 485 249	13.20	-349 643	-3.02	5 728 245	6.16	20.06
03.1	04.0	6 571 039	12.23	-217 022	-1.77	5 517 388	5.51	18.01
04.0	04.1	6 661 355	10.62	-78 823	-0.55	5 629 867	4.51	15.16
04.1	05.0	6 751 986	10.77	201 101	1.42	5 952 201	4.76	15.72
05.0	05.1	6 842 761	10.91	335 842	2.36	6 433 172	5.15	16.57
05.1	06.0	6 939 411	11.06	474 543	3.34	7 108 139	5.69	17.72
06.0	06.1	7 044 766	9.75	596 687	3.75	7 943 774	5.55	16.62
06.1	07.0	7 149 196	9.89	681 641	4.28	8 938 277	6.24	17.76
07.0	07.1	7 253 482	10.04	665 704	4.18	9 895 861	6.91	18.43
07.1	08.0	7 377 419	10.21	596 713	3.75	10 800 368	7.54	18.90
08.0	08.1	7 467 565	10.33	513 619	3.23	11 407 555	7.97	19.13
08.1	09.0	7 578 272	10.48	453 180	2.85	12 002 612	8.38	19.50
09.0	09.1	7 660 193	10.60	378 956	2.38	12 543 509	8.76	19.79
09.1	10.0	7 823 553	10.82	324 032	2.04	13 221 570	9.23	20.37
10.0	10.1	7 931 149	10.97	214 507	1.35	13 583 980	9.49	20.59
10.1	11.0	7 954 336	11.00	142 369	0.89	13 677 579	9.55	20.62

TAB. 11.9 – SOVRAPPRESSIONE

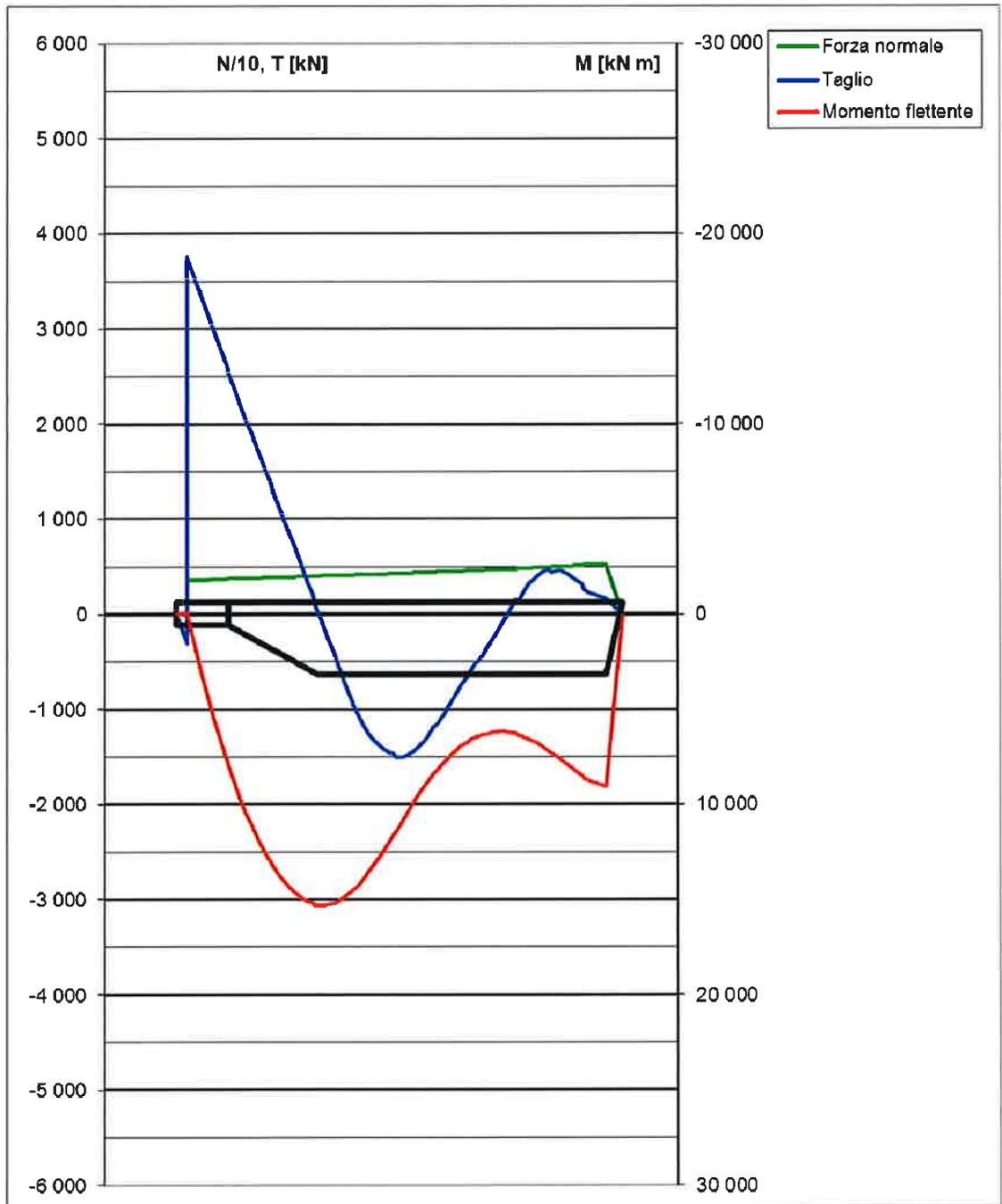


FIG. 11.4 – SENZA ONDA

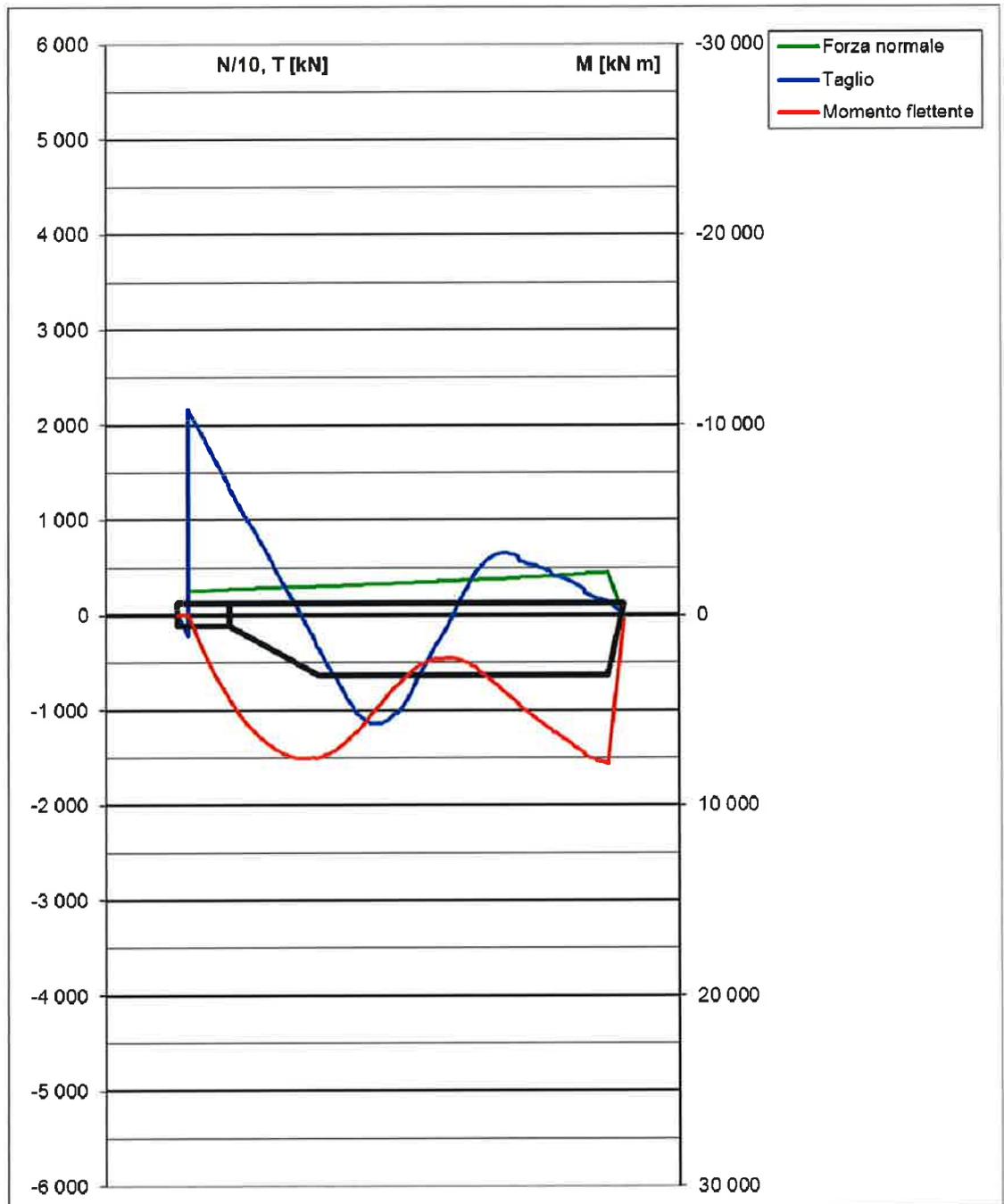


FIG. 11.5 – CAVO

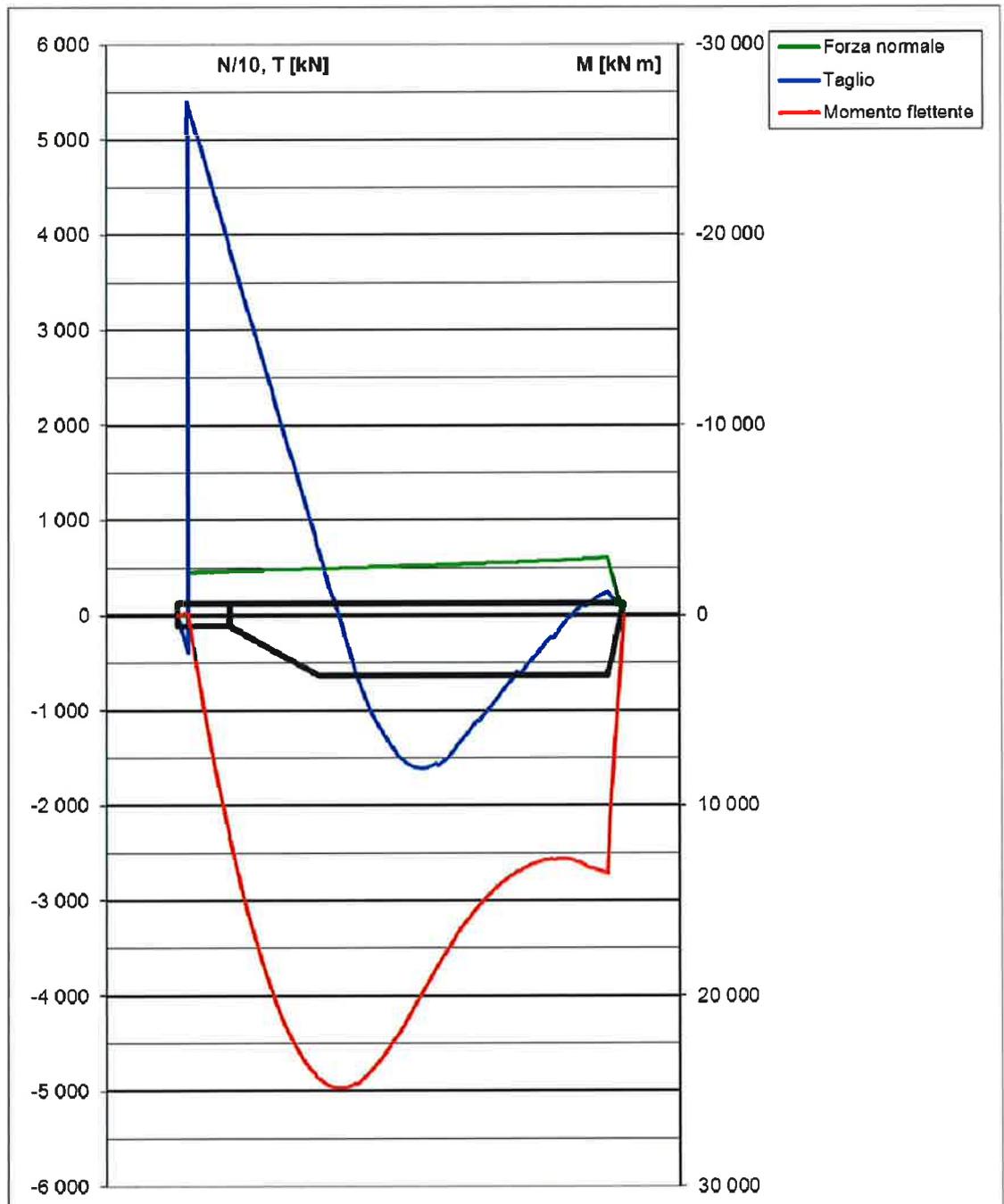


FIG. 11.6 – CRESTA

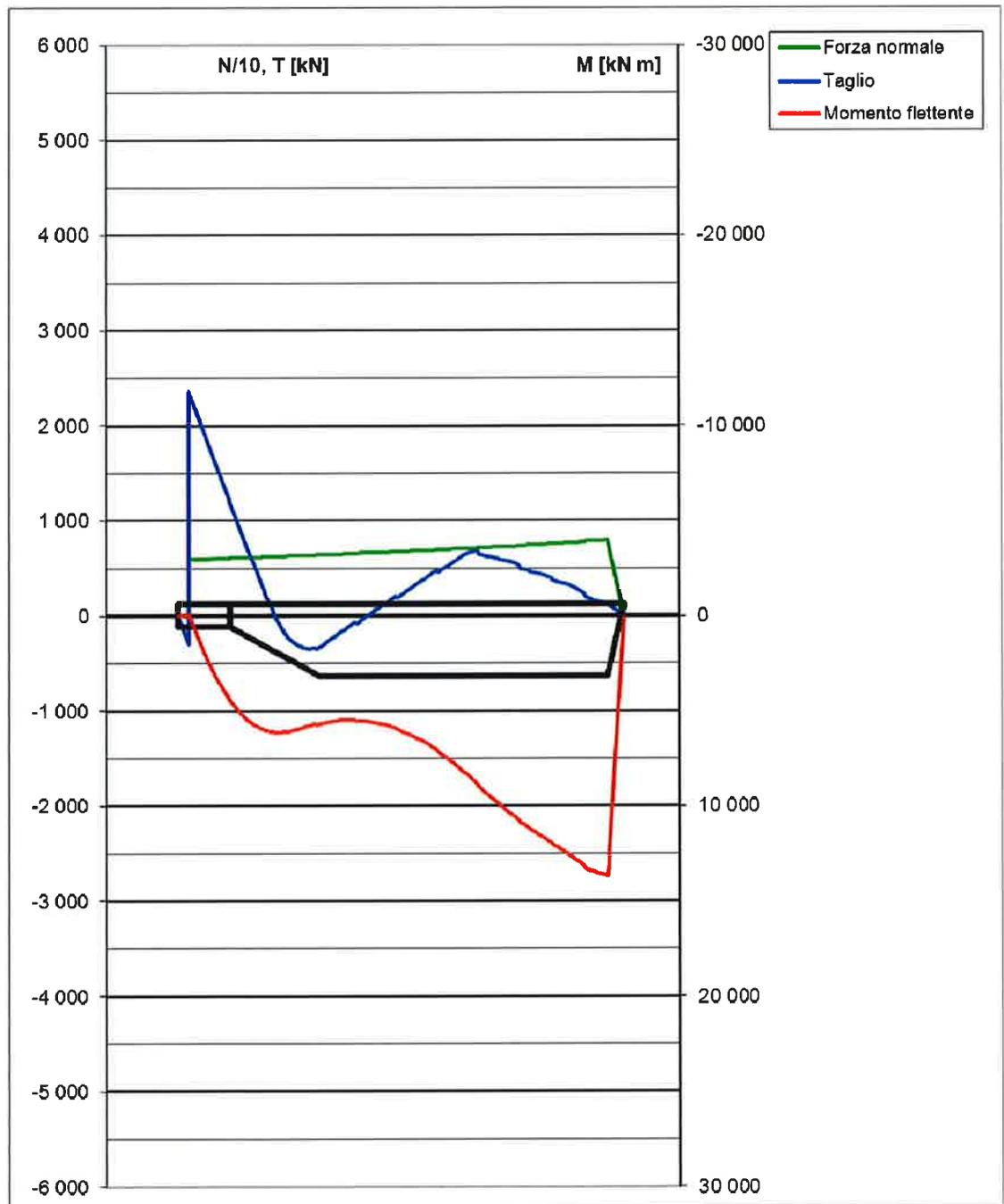


FIG. 11.7 – SOVRAPPRESSIONE

 TECNITAL	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 175
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

11.4.2. Sollevamento/Trasporto - Robustezza longitudinale

Applicando i carichi alla paratoia in posizione orizzontale si ottengono i grafici riportati in Fig. 11.8 per la paratoia in sollevamento con 60 cm d'acqua sul fondo, e in Fig. 11.9 per la paratoia in trasporto con 30 cm d'acqua sul fondo e carichi inerziali, in cui sono rappresentati gli andamenti del taglio e del momento flettente lungo la paratoia.

I valori massimi in ogni tratto di trave, e le relative tensioni, in fase di sollevamento con 60 cm d'acqua sul fondo, vengono riportati in Tab. 11.10.

I valori di momento flettente e taglio lungo la trave vengono poi utilizzati per la verifica dell'instabilità dei fasciami e dei rinforzi (Rif. /H/).

Ord i	Ord f	Taglio [N]	τ [N/mm ²]	Momento flettente [N m]	σ_t [N/mm ²]	σ_{td} [N/mm ²]
00.0	01.0	-557 984	-3.13	-1 028 680	-14.57	15.55
01.0	01.1	-563 585	-3.12	-1 039 896	-14.36	15.34
01.1	01.2	1 538 747	8.53	-1 383 552	-5.50	15.76
01.2	01.3	1 468 669	10.58	694 448	1.75	18.40
01.3	02.0	1 431 060	32.06	1 677 595	4.90	55.74
02.0	02.1	1 363 412	26.53	3 306 546	8.43	46.72
02.1	03.0	1 258 483	28.04	4 821 459	9.96	49.58
03.0	03.1	1 152 715	21.40	6 106 202	10.29	38.47
03.1	04.0	905 064	15.77	7 076 819	11.06	29.47
04.0	04.1	627 763	10.95	7 672 912	9.61	21.26
04.1	05.0	345 162	6.02	7 939 695	9.94	14.41
05.0	05.1	-220 524	-3.85	7 943 341	9.94	11.97
05.1	06.0	-510 304	-8.90	7 829 034	9.80	18.27
06.0	06.1	-810 415	-12.57	7 387 422	8.09	23.23
06.1	07.0	-1 109 265	-17.21	6 546 260	7.17	30.66
07.0	07.1	-1 407 792	-21.84	5 361 646	5.87	38.28
07.1	08.0	-1 729 829	-26.84	3 773 521	4.13	46.67
08.0	08.1	-1 976 513	-30.66	1 840 648	2.02	53.15
08.1	09.0	-2 247 855	-34.87	-2 122 466	-2.32	60.45
09.0	09.1	-2 289 934	-35.53	-2 349 667	-2.57	61.59
09.1	10.0	908 666	14.10	-1 438 429	-1.58	24.47
10.0	10.1	574 122	8.91	-676 893	-0.74	15.45
10.1	11.0	306 815	4.76	-252 363	-0.28	8.25

TAB. 11.10 – ROBUSTEZZA LONGITUDINALE SOLLEVAMENTO (CON 60 CM D'ACQUA)

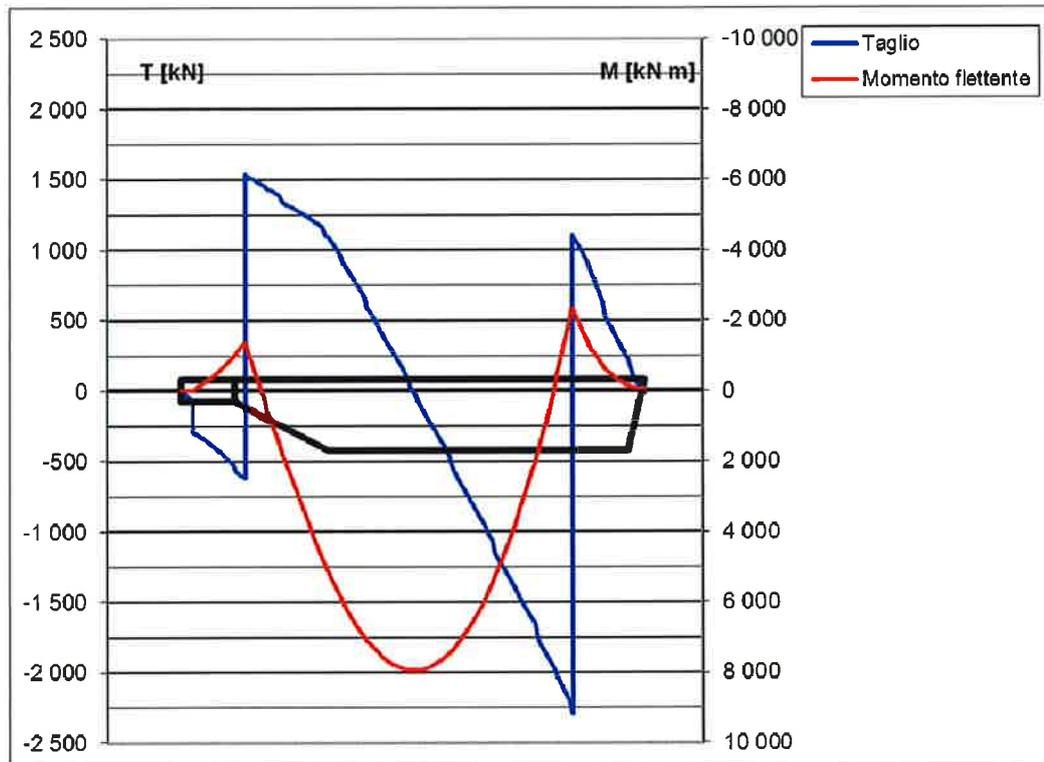


FIG. 11.8 – ROBUSTEZZA LONGITUDINALE SOLLEVAMENTO (CON 60 CM D'ACQUA)

I valori massimi in ogni tratto di trave, e le relative tensioni, in fase di trasporto con 30 cm d'acqua sul fondo e carichi inerziali che vengono riportati in Tab. 11.11.

I valori di momento flettente e taglio lungo la trave vengono poi utilizzati per la verifica dell'instabilità dei fasciami e dei rinforzi (Rif. /H/).

Ord i	Ord f	Taglio [N]	τ [N/mm ²]	Momento flettente [N m]	σ [N/mm ²]	σ_{id} [N/mm ²]
00.0	01.0	-677 430	-3.80	-1 248 887	-17.69	18.88
01.0	01.1	-684 230	-3.79	-1 262 504	-17.43	18.63
01.1	01.2	1 499 792	8.31	-1 679 726	-6.68	15.87
01.2	01.3	1 414 713	10.19	-368 477	-0.93	17.67
01.3	02.0	1 369 054	30.67	1 263 179	3.69	53.25
02.0	02.1	1 286 925	25.04	2 780 398	7.09	43.95
02.1	03.0	1 159 533	25.84	4 159 167	8.60	45.57
03.0	03.1	1 031 124	19.14	5 288 304	8.91	34.33
03.1	04.0	796 702	13.88	6 146 568	9.61	25.89
04.0	04.1	552 045	9.63	6 665 142	8.34	18.65
04.1	05.0	300 953	5.25	6 898 916	8.64	12.54
05.0	05.1	-201 818	-3.52	6 901 197	8.64	10.58
05.1	06.0	-461 626	-8.05	6 789 455	8.50	16.33
06.0	06.1	-733 976	-11.39	6 393 201	7.00	20.93
06.1	07.0	-1 004 795	-15.59	5 626 874	6.16	27.69
07.0	07.1	-1 275 222	-19.78	4 558 579	4.99	34.63
07.1	08.0	-1 574 193	-24.42	3 115 400	3.41	42.44
08.0	08.1	-1 800 079	-27.93	1 368 680	1.50	48.39
08.1	09.0	-2 055 903	-31.90	-2 243 727	-2.46	55.30
09.0	09.1	-2 099 629	-32.57	-2 451 881	-2.68	56.48
09.1	10.0	926 532	14.37	-1 534 371	-1.68	24.95
10.0	10.1	593 978	9.21	-749 662	-0.82	15.98
10.1	11.0	343 053	5.32	-300 498	-0.33	9.22

TAB. 11.11 – ROBUSTEZZA LONGITUDINALE TRASPORTO (CON 30 CM D'ACQUA)

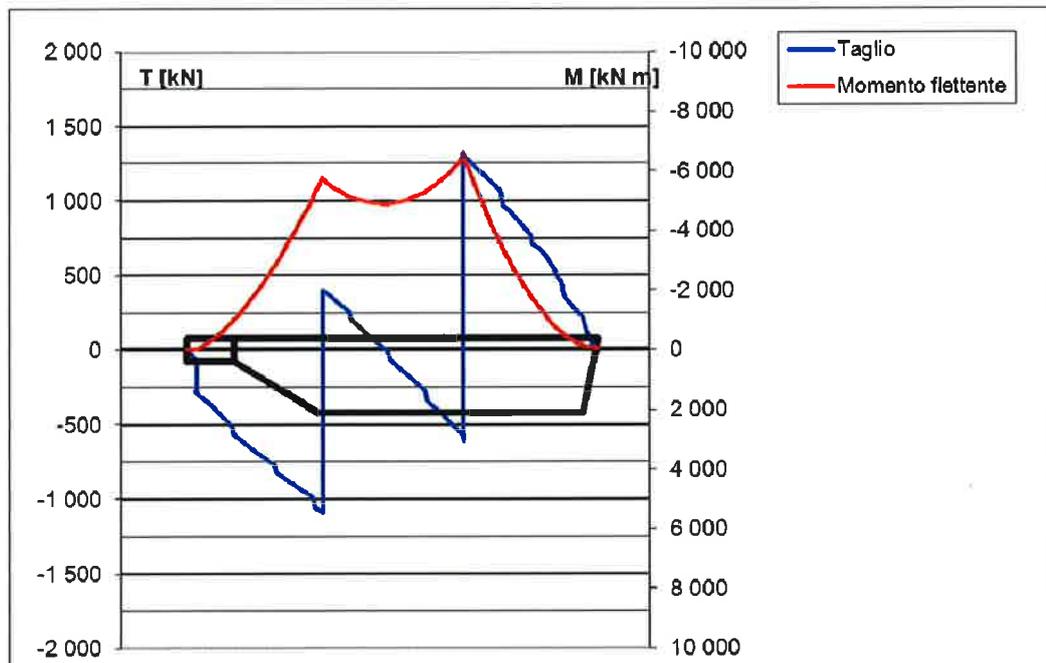


FIG. 11.9 – ROBUSTEZZA LONGITUDINALE TRASPORTO (CON 30 CM D'ACQUA)

11.4.3. Sollevamento/Trasporto - Robustezza trasversale

Applicando le reazioni vincolari uniformemente sulla larghezza della paratoia si ottengono i grafici seguenti in cui sono rappresentati gli andamenti del taglio e del momento flettente.

I valori massimi nelle due sezioni con 60 cm d'acqua sul fondo vengono riportati in Tab. 11.12.

Vincolo	Taglio [N]	τ [N/mm ²]	Momento flettente [N m]	$\sigma\phi$ [N/mm ²]
A	657 600	98.60	1 608 031	53.85
B	1 035 562	134.84	2 532 262	12.66

TAB. 11.12 – ROBUSTEZZA TRASVERSALE SOLLEVAMENTO (CON 60 CM D'ACQUA)

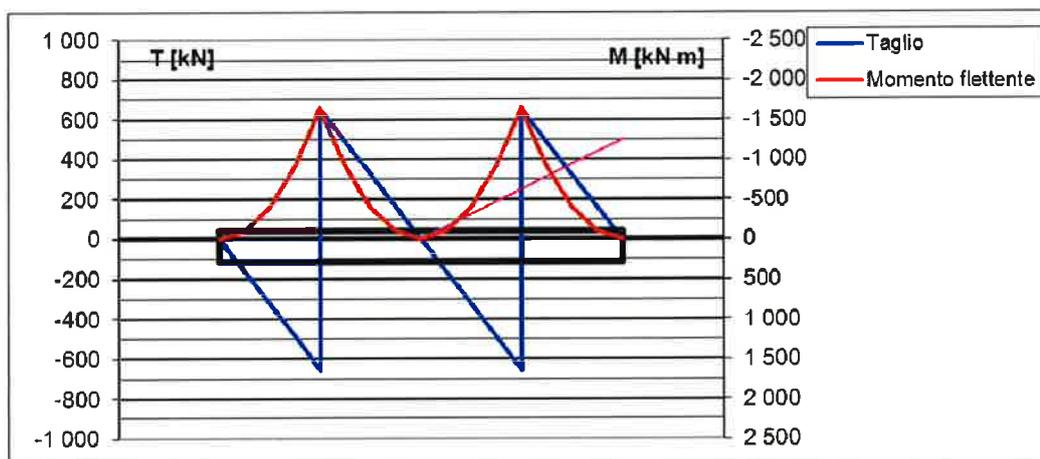


FIG. 11.10 – ROBUSTEZZA TRASVERSALE SOLLEVAMENTO (CON 60 CM D'ACQUA)
– VINCOLO A

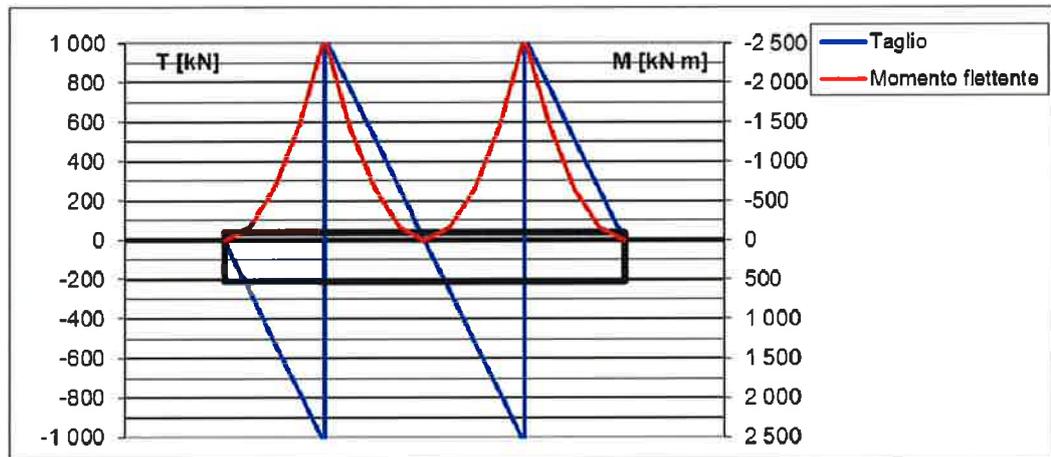


FIG. 11.11 – ROBUSTEZZA TRASVERSALE SOLLEVAMENTO (CON 60 CM D'ACQUA)
 – VINCOLO B

I valori massimi nelle due sezioni con 30 cm d'acqua sul fondo e carichi inerziali vengono riportati in Tab. 11.13.

Vincolo	Taglio [N]	τ [N/mm ²]	Momento flettente [N m]	$\sigma\phi$ [N/mm ²]
A	565 003	84.72	1 381 604	46.27
B	803 436	104.61	1 964 644	9.82

TAB. 11.13 – ROBUSTEZZA TRASVERSALE TRASPORTO (CON 30 CM D'ACQUA)

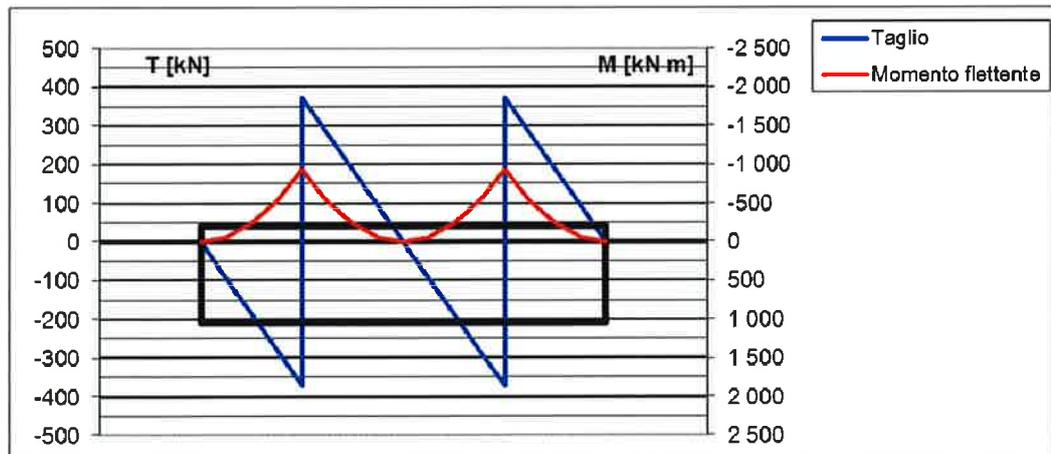


FIG. 11.12 – ROBUSTEZZA TRASVERSALE TRASPORTO (CON 30 CM D'ACQUA) –
 VINCOLO A

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 180
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

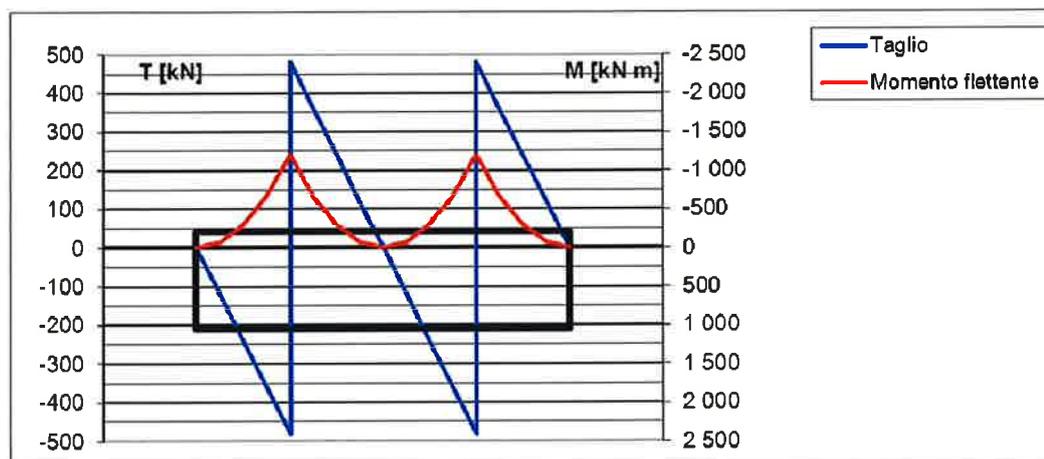


FIG. 11.13 – ROBUSTEZZA TRASVERSALE TRASPORTO (CON 30 CM D'ACQUA) –
VINCOLO B

11.4.4. Supportazione a terra - Robustezza longitudinale

Appoggi principali (Condizioni di carico S.1)

Applicando i carichi alla paratoia orizzontale si ottengono i valori massimi in ogni tratto di trave, e le relative tensioni, riportati in Tab. 11.14 e il grafico riportato in Fig. 11.14, in cui sono rappresentati gli andamenti del taglio e del momento flettente lungo la paratoia.

I valori di momento flettente e taglio lungo la trave vengono poi utilizzati per la verifica dell'instabilità dei fasciami e dei rinforzi (Rif. /H/).

Ord i	Ord f	Taglio [N]	τ [N/mm ²]	Momento flettente [N m]	σ [N/mm ²]	σ_{id} [N/mm ²]
00.0	01.0	-557 984	-6.27	-1 028 680	-32.53	34.29
01.0	01.1	-563 585	-6.49	-1 039 896	-33.46	35.30
01.1	01.2	-686 016	-7.64	-1 969 661	-26.43	29.55
01.2	01.3	-723 625	-10.43	-2 322 111	-20.53	27.34
01.3	02.0	-791 273	-35.46	-2 847 244	-31.37	68.97
02.0	02.1	-896 202	-34.88	-3 911 648	-38.32	71.54
02.1	03.0	-1 001 970	-44.65	-5 090 092	-41.07	87.57
03.0	03.1	-1 089 727	-40.46	-5 752 716	-37.02	79.26
03.1	04.0	351 571	12.26	-5 517 057	-32.30	38.66
04.0	04.1	225 835	7.88	-5 143 578	-24.82	28.33
04.1	05.0	94 798	3.31	-4 955 166	-23.91	24.59
05.0	05.1	-167 758	-5.85	-5 046 042	-24.35	26.38
05.1	06.0	-305 974	-10.67	-5 326 970	-25.71	31.67
06.0	06.1	-454 521	-14.10	-5 817 991	-24.67	34.72
06.1	07.0	1 325 959	41.14	-6 463 009	-27.41	76.35
07.0	07.1	1 325 959	41.14	-6 463 009	-27.41	76.35
07.1	08.0	1 178 996	36.58	-4 912 377	-20.83	66.70
08.0	08.1	1 008 523	31.29	-3 517 037	-14.92	56.22
08.1	09.0	883 092	27.40	-2 583 523	-10.96	48.71
09.0	09.1	733 000	22.74	-1 760 943	-7.47	40.09
09.1	10.0	617 662	19.16	-1 089 225	-4.62	33.51
10.0	10.1	404 370	12.55	-558 067	-2.37	21.86
10.1	11.0	258 314	8.01	-242 663	-1.03	13.92

TAB. 11.14 – ROBUSTEZZA LONGITUDINALE MANUTENZIONE – APPOGGI PRINCIPALI

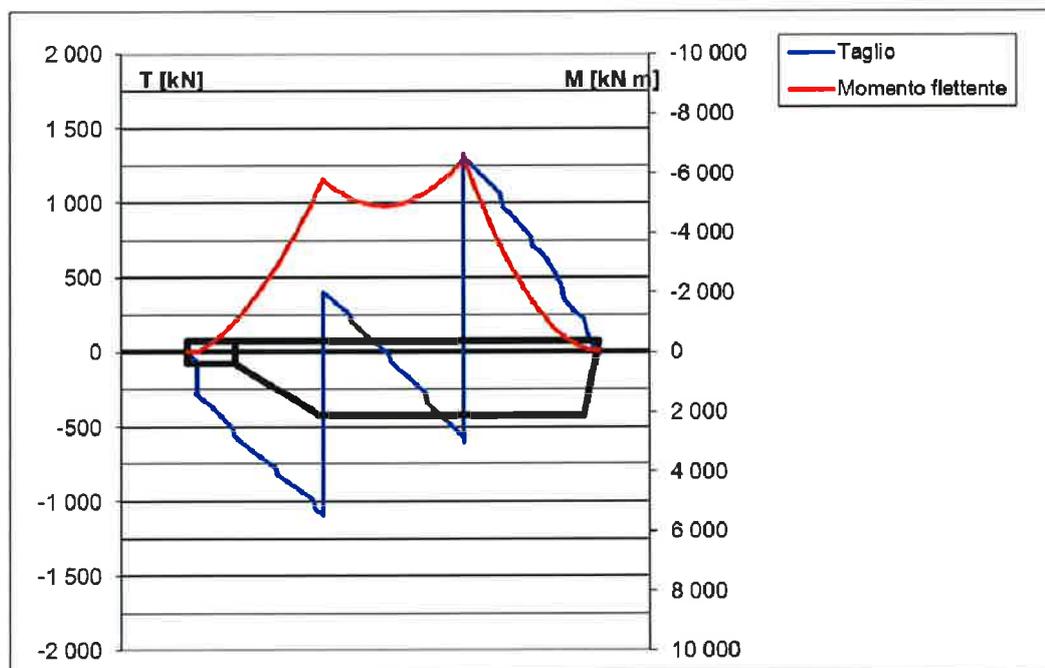
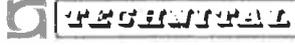


FIG. 11.14 – ROBUSTEZZA LONGITUDINALE MANUTENZIONE – APPOGGI PRINCIPALI

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 182
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

Appoggi secondari (Condizioni di carico S.2)

Applicando i carichi alla paratoia orizzontale si ottengono i valori massimi in ogni tratto di trave, e le relative tensioni, riportati in Tab. 11.15 e il grafico riportato in Fig. 11.15, in cui sono rappresentati gli andamenti del taglio e del momento flettente lungo la paratoia.

I valori di momento flettente e taglio lungo la trave vengono poi utilizzati per la verifica dell'instabilità dei fasciami e dei rinforzi (Rif. /H/).

Ord i	Ord f	Taglio [N]	τ [N/mm ²]	Momento flettente [N m]	σ_t [N/mm ²]	σ_d [N/mm ²]
00.0	01.0	-557 984	-6.27	-1 028 680	-32.25	34.02
01.0	01.1	-563 585	-6.49	-1 039 896	-33.17	35.03
01.1	01.2	-686 016	-7.64	-1 969 661	-25.65	28.86
01.2	01.3	-723 625	-10.43	-2 322 111	-19.90	26.87
01.3	02.0	-791 273	-35.46	-2 847 244	-30.03	68.37
02.0	02.1	-896 202	-34.88	-3 911 648	-36.61	70.63
02.1	03.0	-1 001 970	-44.65	-5 090 092	-39.19	86.70
03.0	03.1	-1 140 495	-42.35	-6 449 598	-39.70	83.40
03.1	04.0	-1 266 231	-44.15	-7 941 201	-44.54	88.49
04.0	04.1	-1 266 231	-44.17	-7 941 201	-36.61	84.82
04.1	05.0	856 502	29.88	-6 800 661	-31.35	60.51
05.0	05.1	725 236	25.30	-5 799 975	-26.74	51.34
05.1	06.0	593 945	20.72	-4 987 277	-22.99	42.62
06.0	06.1	455 729	14.14	-4 316 076	-17.50	30.10
06.1	07.0	307 183	9.53	-3 854 968	-15.63	22.73
07.0	07.1	159 898	4.96	-3 547 856	-14.39	16.76
07.1	08.0	1 008 523	31.29	-3 517 037	-14.26	56.04
08.0	08.1	1 008 523	31.29	-3 517 037	-14.26	56.04
08.1	09.0	883 092	27.40	-2 583 523	-10.48	48.60
09.0	09.1	733 000	22.74	-1 760 943	-7.14	40.03
09.1	10.0	617 662	19.16	-1 089 225	-4.42	33.49
10.0	10.1	404 370	12.55	-558 067	-2.26	21.85
10.1	11.0	258 314	8.01	-242 663	-0.98	13.92

TAB. 11.15 – ROBUSTEZZA LONGITUDINALE MANUTENZIONE – APPOGGI SECONDARI

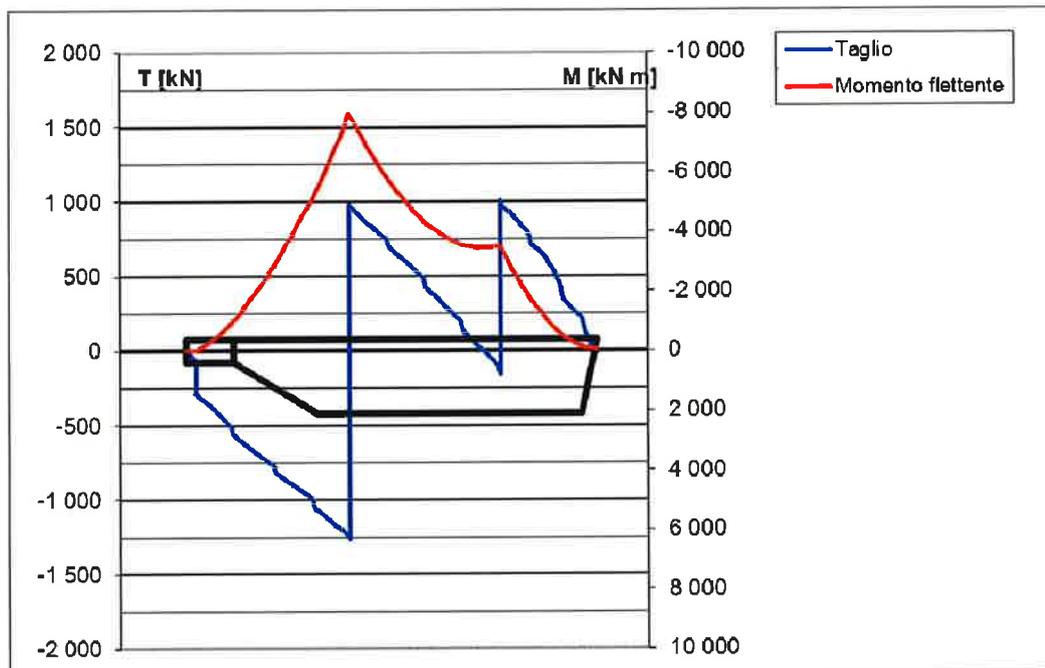


FIG. 11.15 – ROBUSTEZZA LONGITUDINALE MANUTENZIONE – APPOGGI SECONDARI

11.4.5. Supportazione a terra - Robustezza trasversale

Appoggi principali

Applicando le reazioni vincolari uniformemente sulla larghezza della paratoia si ottengono i valori massimi nelle due sezioni riportati in Tab. 11.16 e i grafici seguenti, in cui sono rappresentati gli andamenti del taglio e del momento flettente.

Vincolo	Taglio [N]	τ [N/mm ²]	Momento flettente [N m]	$\sigma\phi$ [N/mm ²]
A	373 016	76.02	932 541	7.17
B	481 941	62.75	1 204 853	6.39

TAB. 11.16 – ROBUSTEZZA TRASVERSALE MANUTENZIONE – APPOGGI PRINCIPALI

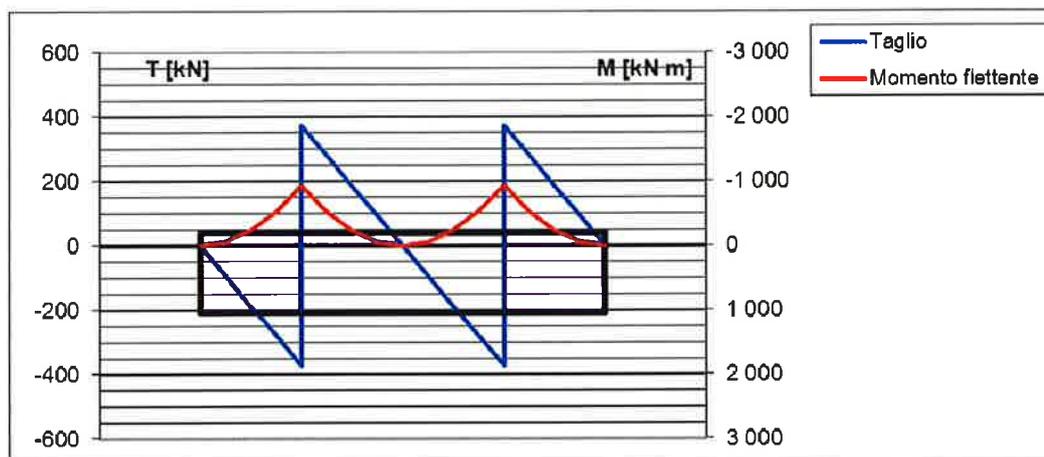


FIG. 11.16 – ROBUSTEZZA TRASVERSALE MANUTENZIONE – VINCOLO A –
APPOGGI PRINCIPALI

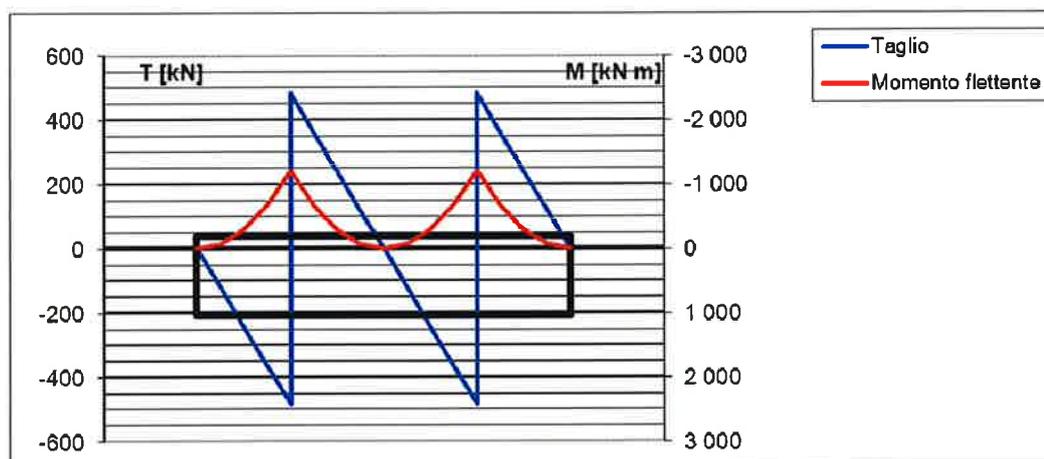


FIG. 11.17 – ROBUSTEZZA TRASVERSALE MANUTENZIONE – VINCOLO B –
APPOGGI PRINCIPALI

Appoggi secondari

Applicando le reazioni vincolari uniformemente sulla larghezza della paratoia si ottengono i valori massimi nelle due sezioni riportati in Tab. 11.17 e i grafici seguenti, in cui sono rappresentati gli andamenti del taglio e del momento flettente.

Vincolo	Taglio [N]	τ [N/mm ²]	Momento flettente [N m]	$\sigma\phi$ [N/mm ²]
A	563 442	114.83	1 408 606	8.73
B	291 515	18.40	728 788	3.75

TAB. 11.17 – ROBUSTEZZA TRASVERSALE MANUTENZIONE – APPOGGI SECONDARI

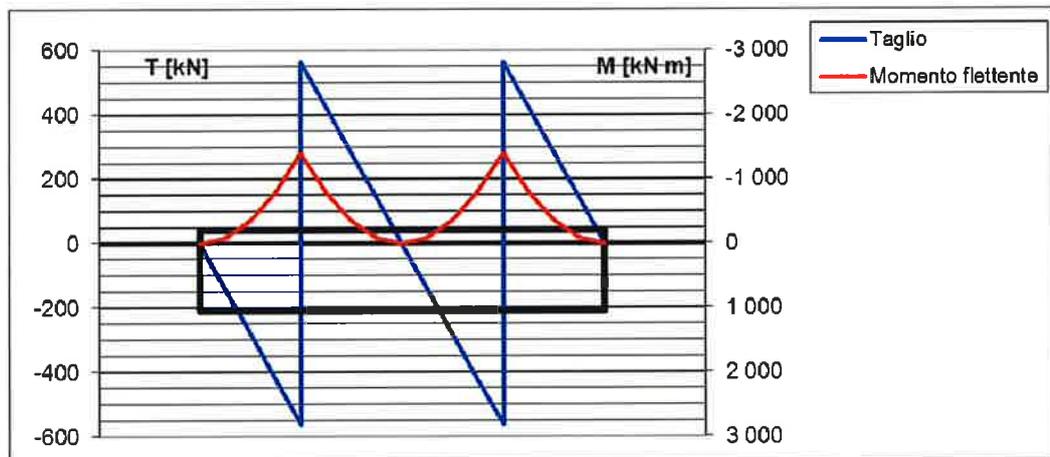


FIG. 11.18 – ROBUSTEZZA TRASVERSALE MANUTENZIONE – VINCOLO A – APPOGGI SECONDARI

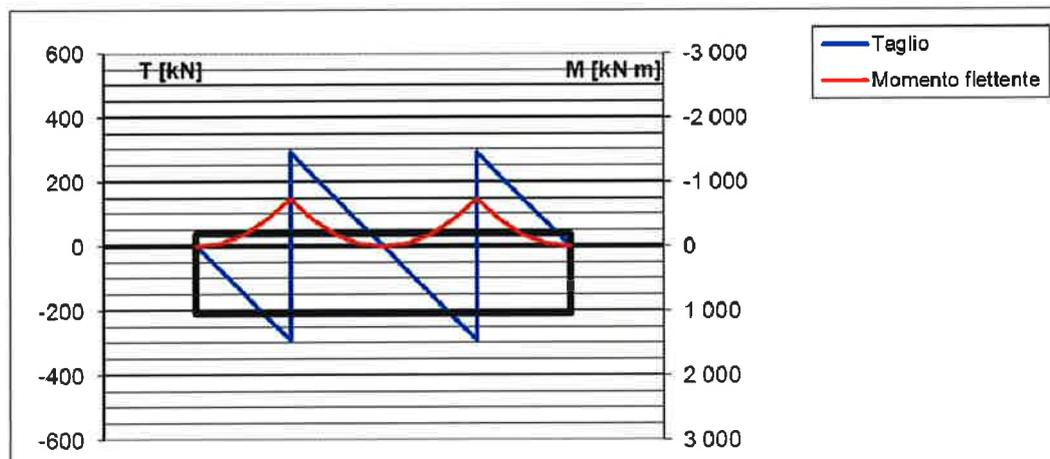


FIG. 11.19 – ROBUSTEZZA TRASVERSALE MANUTENZIONE – VINCOLO B – APPOGGI SECONDARI

In tutti i casi considerati il valore della tensione risulta inferiore al limite ammissibile, ad eccezione della tensione τ in corrispondenza del vincolo A nello schema secondario nella condizione di supporto a terra.

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 186
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

Si evidenzia però che nel calcolo svolto è stato considerato il peso dei connettori ed il peso del fouling, entrambe queste voci nella realtà non risultano essere presenti in quanto è previsto che la paratoia venga disposta secondo lo schema secondario in seguito alle prime opere di manutenzione comprendenti l'eliminazione del fouling e lo smontaggio dei connettori, operazioni svolte secondo lo schema principale di supporto a terra.

Viene dunque eseguito il calcolo considerando la paratoia senza fouling e senza connettori. Applicando le reazioni vincolari uniformemente sulla larghezza della paratoia si ottengono i valori massimi nelle due sezioni riportati in Tab. 11.18.

Vincolo	Taglio [N]	τ [N/mm ²]	Momento flettente [N m]	$\sigma\phi$ [N/mm ²]
A	375 446	76.52	938 615	5.82
B	315 536	19.92	788 841	4.06

TAB. 11.18 – ROBUSTEZZA TRASVERSALE MANUTENZIONE – APPOGGI SECONDARI – SENZA CONNETTORI E SENZA FOULING

Il valore della tensione risulta sempre inferiore al limite ammissibile.

Le verifiche finali sono comunque state svolte e ritenute positive con i carichi massimi (inclusi connettori e fouling).

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 187
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

12. CALCOLI DI PREDIMENSIONAMENTO - DETTAGLIO RISULTATI

12.1. Generalità

Si riportano nel seguito, per ogni componente strutturale, i risultati relativi alla condizione di carico che comporta le massime sollecitazioni nel componente stesso, come riassunto nella tabella seguente.

Componente	Condizione dimensionante	Risultati presentati
Correnti Anelli longitudinali	Dislivello 2 m con sovrappressione	Carichi deformata tensioni
Correnti laterali 1° corrente	Dislivello 2 m con sovrappressione	
Correnti laterali 2° corrente	Dislivello 2 m con sovrappressione	
Correnti laterali 3° corrente	Dislivello 2 m con sovrappressione	
Correnti laterali 4° corrente	Dislivello 2 m con sovrappressione	
Correnti laterali 5° corrente	Dislivello 2 m con sovrappressione	
Correnti laterali 6° corrente	Dislivello 2 m con sovrappressione	Deformata tensioni degli elementi trave isotensione degli elementi membrana
Ossature rinforzate Ossatura 02	Dislivello 2 m + onda lunga in cresta	
Ossature rinforzate Ossatura 03	Dislivello 2 m + onda lunga in cresta	
Ossature rinforzate Ossatura 04	Dislivello 2 m + onda lunga in cresta	
Ossature rinforzate Ossatura 05	Dislivello 2 m + sovrappressione	
Ossature rinforzate Ossatura 06	Dislivello 2 m + sovrappressione	
Ossature rinforzate Ossatura 07	Dislivello 2 m + sovrappressione	
Ossature rinforzate Ossatura 08	Dislivello 2 m + sovrappressione	
Ossature rinforzate Ossatura 09	Dislivello 2 m + sovrappressione	
Ossature rinforzate Ossatura 10	Dislivello 2 m + sovrappressione	
Ossature rinforzate Ossatura 11	Dislivello 2 m + sovrappressione	

 FESINTAL	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 188
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

12.2. Correnti

12.2.1. Anelli longitudinali (Sovrappressione)

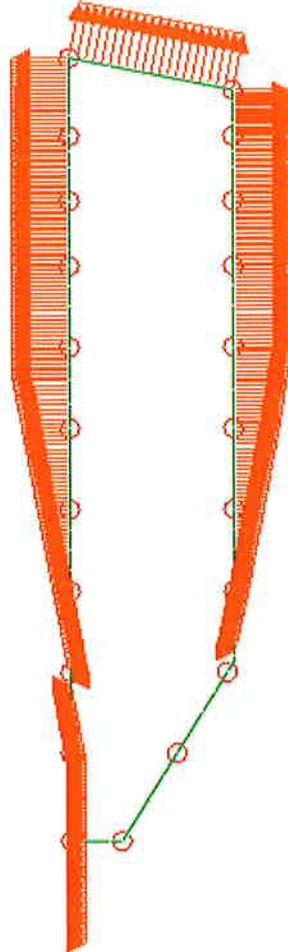
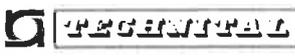


FIG. 12.1 – CORRENTI – ANELLI LONGITUDINALI – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE - CARICHI

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 189
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

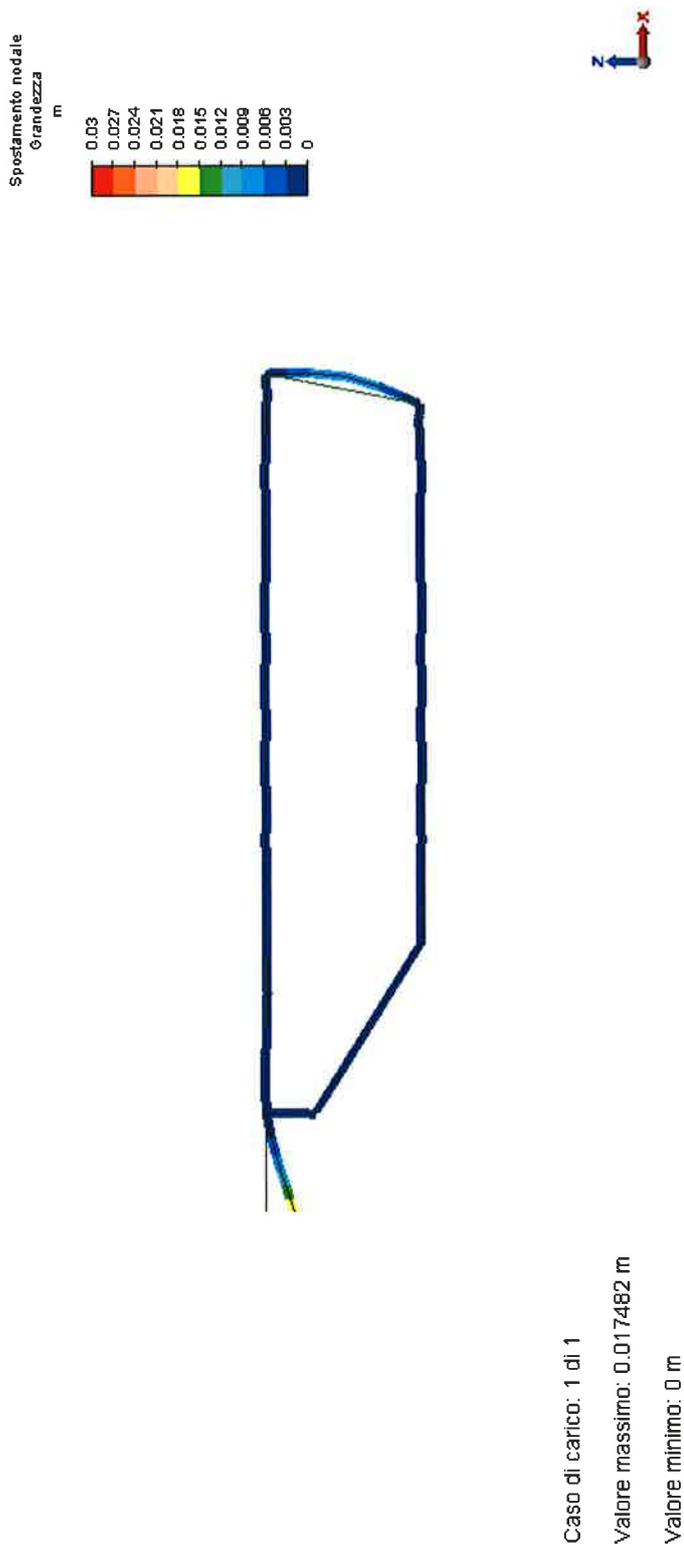


FIG. 12.2 – CORRENTI – ANELLI LONGITUDINALI – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE - DEFORMATA

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 190
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

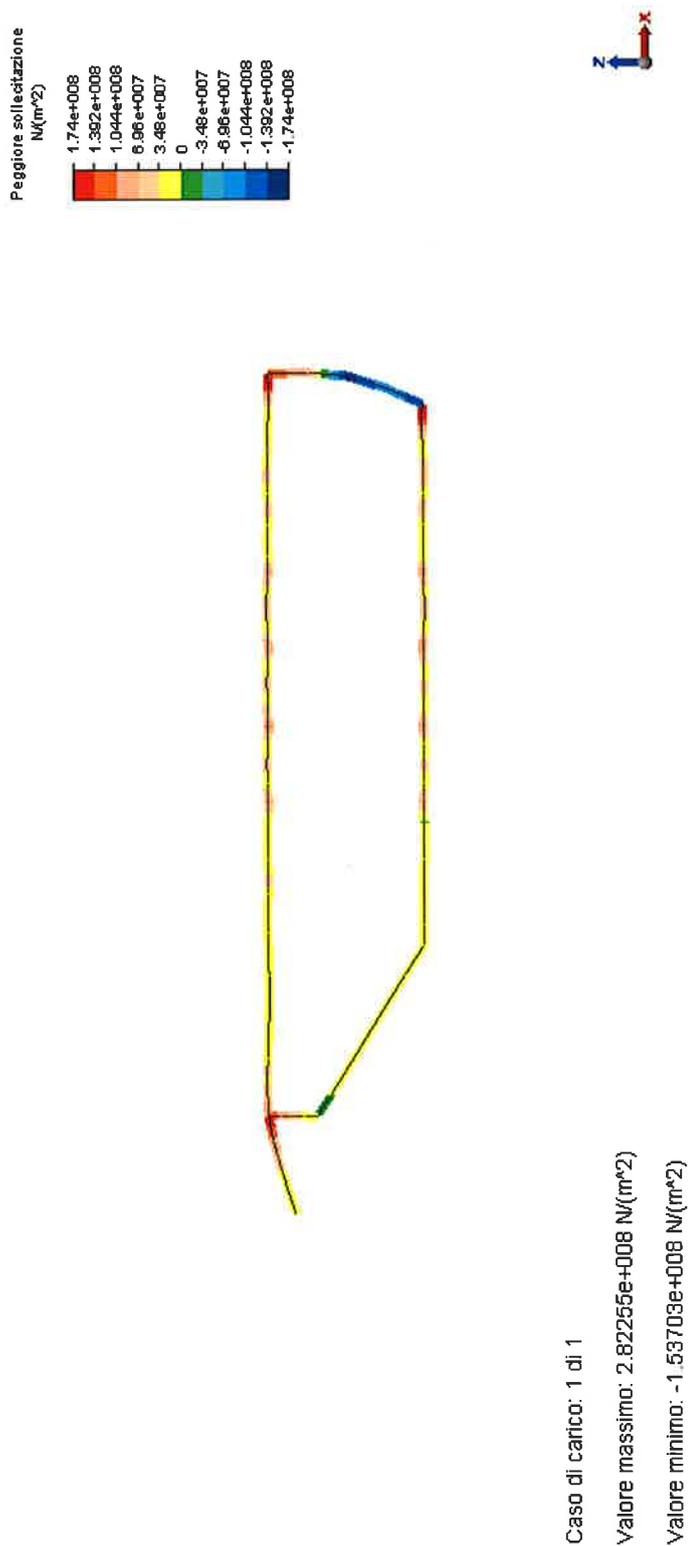


FIG. 12.3 – CORRENTI – ANELLI LONGITUDINALI – DISLIVELLO 2 M
+SOVRAPPRESSIONE – TENSIONI

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 191
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

12.2.2. Correnti laterali - 1° Corrente (Sovrappressione)



FIG. 12.4 – CORRENTI LATERALI – 1° CORRENTE – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE - CARICHI

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 192
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

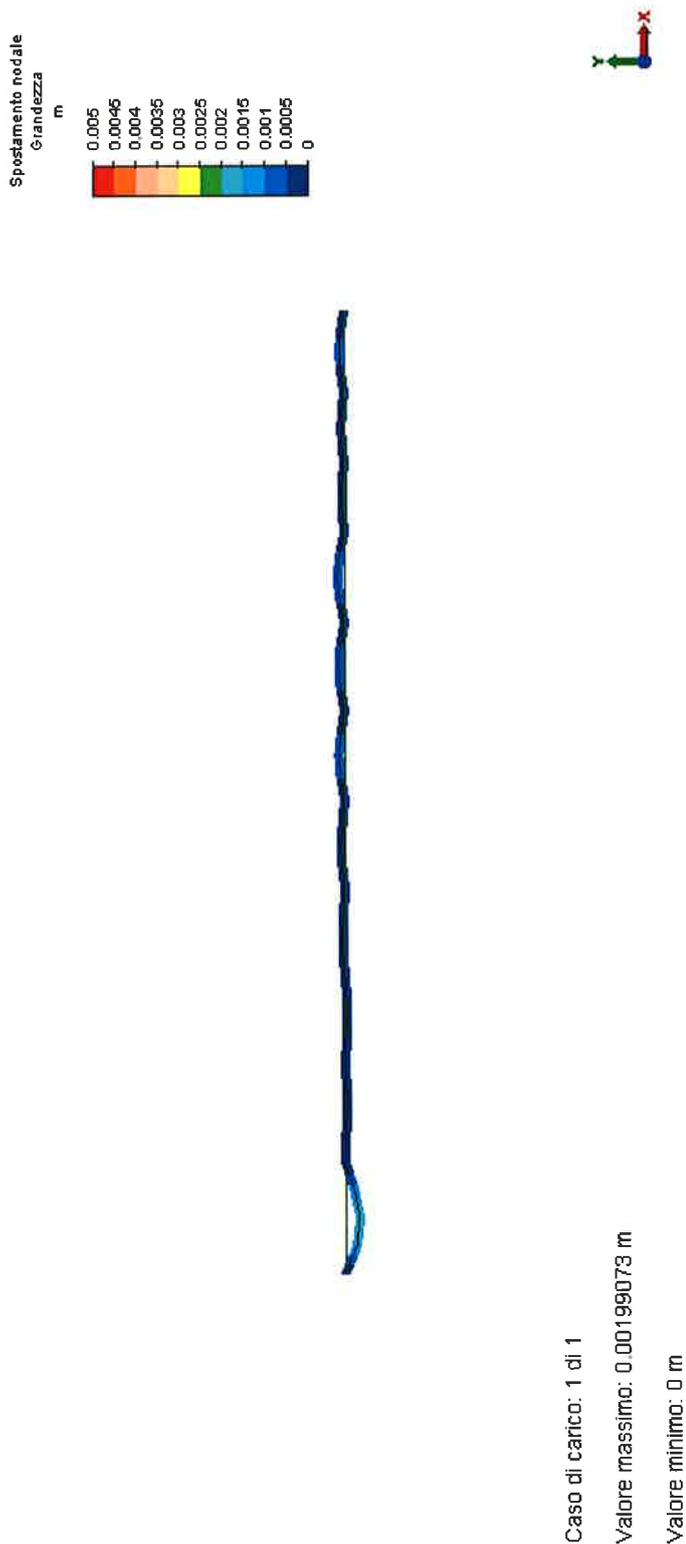


FIG. 12.5 – CORRENTI LATERALI – 1° CORRENTE – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE - DEFORMATA

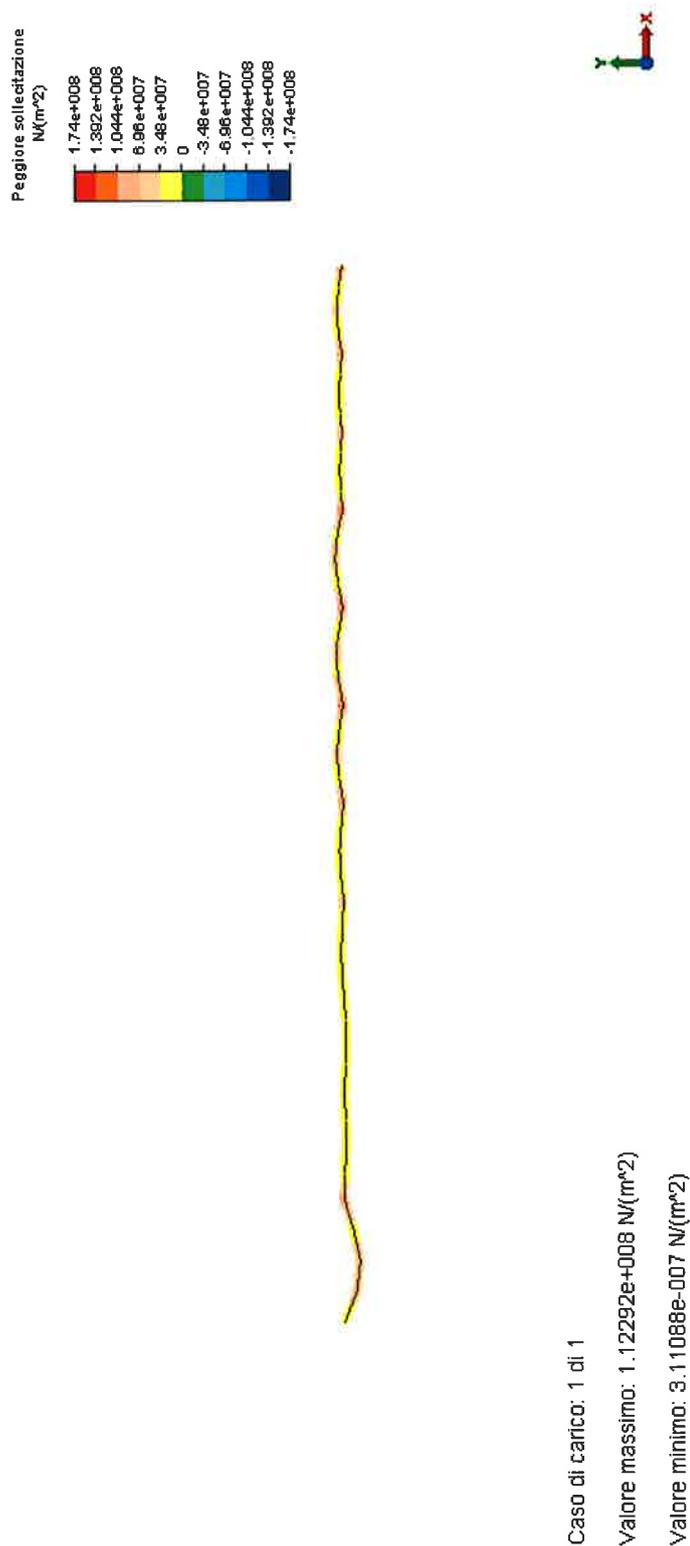


FIG. 12.6 – CORRENTI LATERALI – 1° CORRENTE – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE – TENSIONI

 TECNITAL	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 194
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

12.2.3. Correnti laterali - 2° Corrente (Sovrappressione)



FIG. 12.7 – CORRENTI LATERALI – 2° CORRENTE – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE - CARICHI

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 195
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

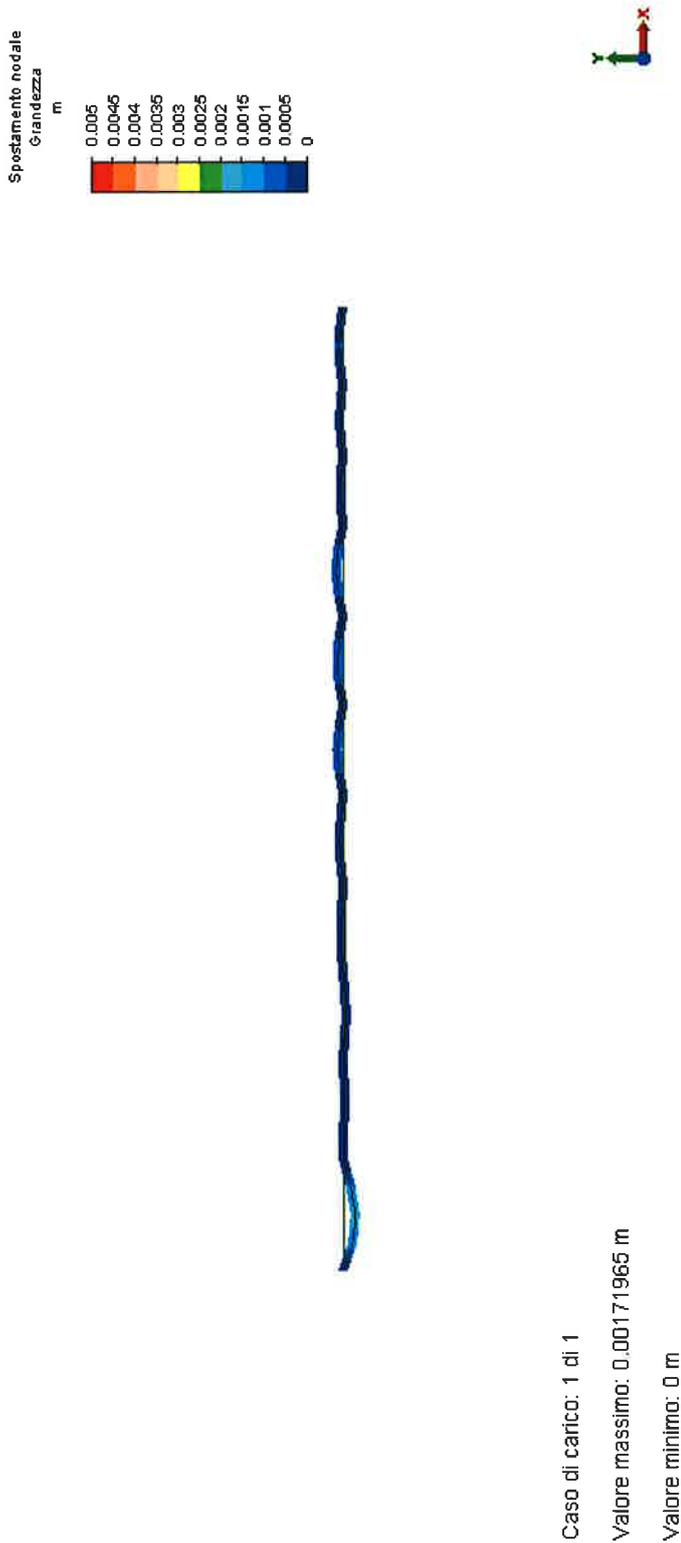
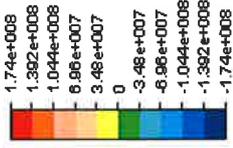


FIG. 12.8 – CORRENTI LATERALI – 2° CORRENTE – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE - DEFORMATA

Peggior sollecitazione
 N/(m²)


Caso di carico: 1 di 1

 Valore massimo: 1.10714e+008 N/(m²)

 Valore minimo: 6.99453e-007 N/(m²)

 FIG. 12.9 – CORRENTI LATERALI – 2° CORRENTE – DISLIVELLO 2 M +
 SOVRAPPRESSIONE – TENSIONI

 REGINTAL	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 197
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

12.2.4. Correnti laterali - 3° Corrente (Sovrappressione)



FIG. 12.10 – CORRENTI LATERALI – 3° CORRENTE – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE - CARICHI

Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 198
Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

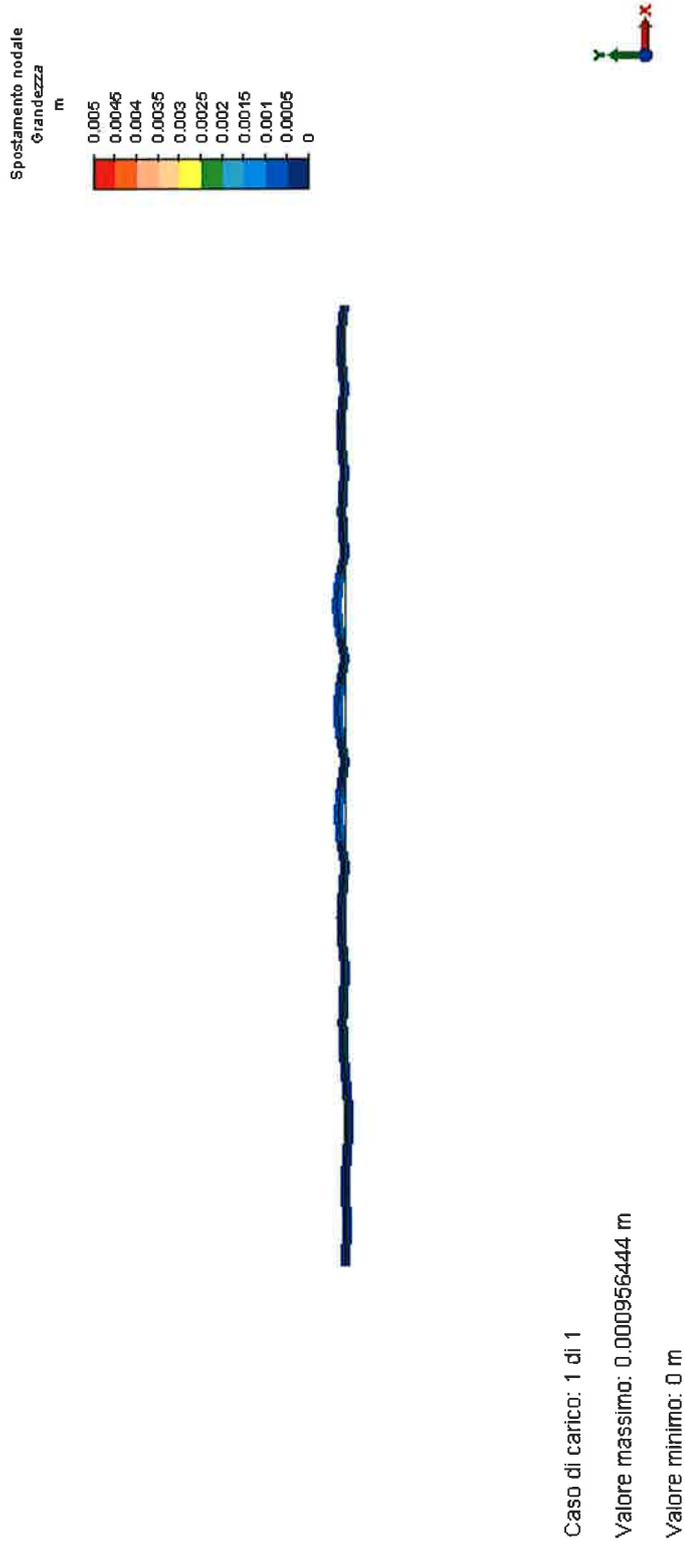
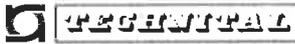
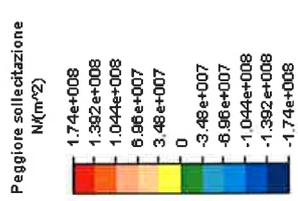


FIG. 12.11 – CORRENTI LATERALI – 3° CORRENTE – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE - DEFORMATA

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 199
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	



Caso di carico: 1 di 1
 Valore massimo: 1.09121e+008 N/(m²)
 Valore minimo: 782487 N/(m²)

FIG. 12.12 – CORRENTI LATERALI – 3° CORRENTE – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE – TENSIONI

 TECNOITAL	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 200
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

12.2.5. Correnti laterali - 4° Corrente (Sovrappressione)

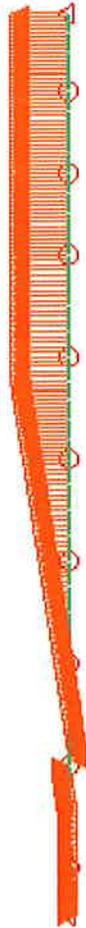


FIG. 12.13 – CORRENTI LATERALI – 4° CORRENTE – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE - CARICHI

 TECNOSTRAL	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 201
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

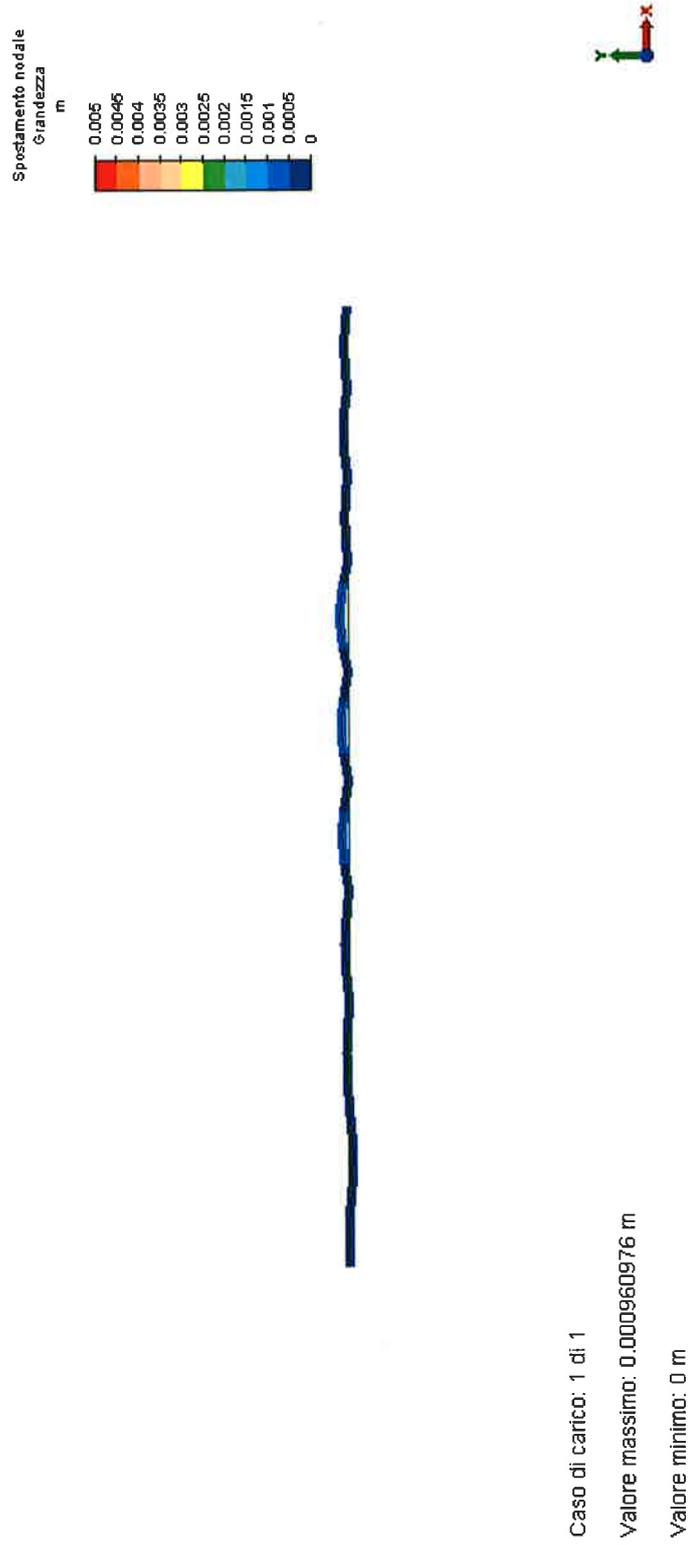
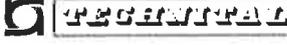
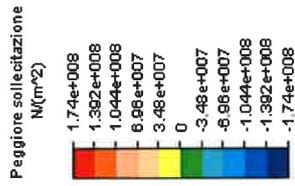


FIG. 12.14 – CORRENTI LATERALI – 4° CORRENTE – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE - DEFORMATA

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 202
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	



Caso di carico: 1 di 1
 Valore massimo: 1.07472e+008 N/(m²)
 Valore minimo: 305575 N/(m²)

FIG. 12.15 – CORRENTI LATERALI – 4° CORRENTE – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE – TENSIONI

 FEGINTAL	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 203
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

12.2.6. Correnti laterali - 5° Corrente (Sovrappressione)



FIG. 12.16 – CORRENTI LATERALI – 5° CORRENTE – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE - CARICHI

 FEGNITAL	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 204
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

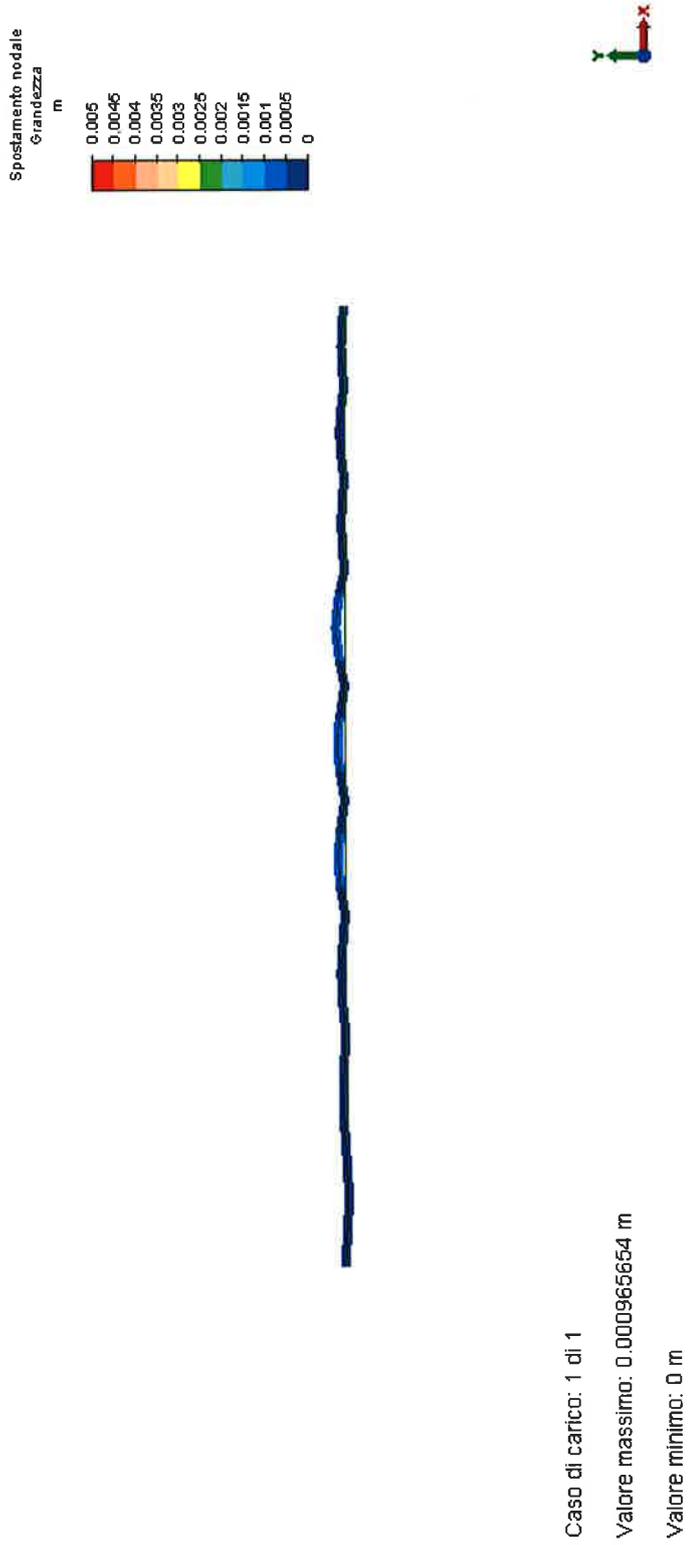
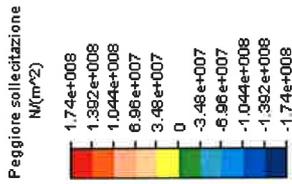


FIG. 12.17 – CORRENTI LATERALI – 5° CORRENTE – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE - DEFORMATA

Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 205
Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	



Caso di carico: 1 di 1
 Valore massimo: 1.05746e+008 N/(m²)
 Valore minimo: 713955 N/(m²)

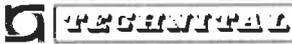
FIG. 12.18 – CORRENTI LATERALI – 5° CORRENTE – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE - TENSIONI

 TECNITAL	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 206
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

12.2.7. Correnti laterali - 6° Corrente (Sovrappressione)



FIG. 12.19 – CORRENTI LATERALI – 6° CORRENTE – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE - CARICHI

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 207
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

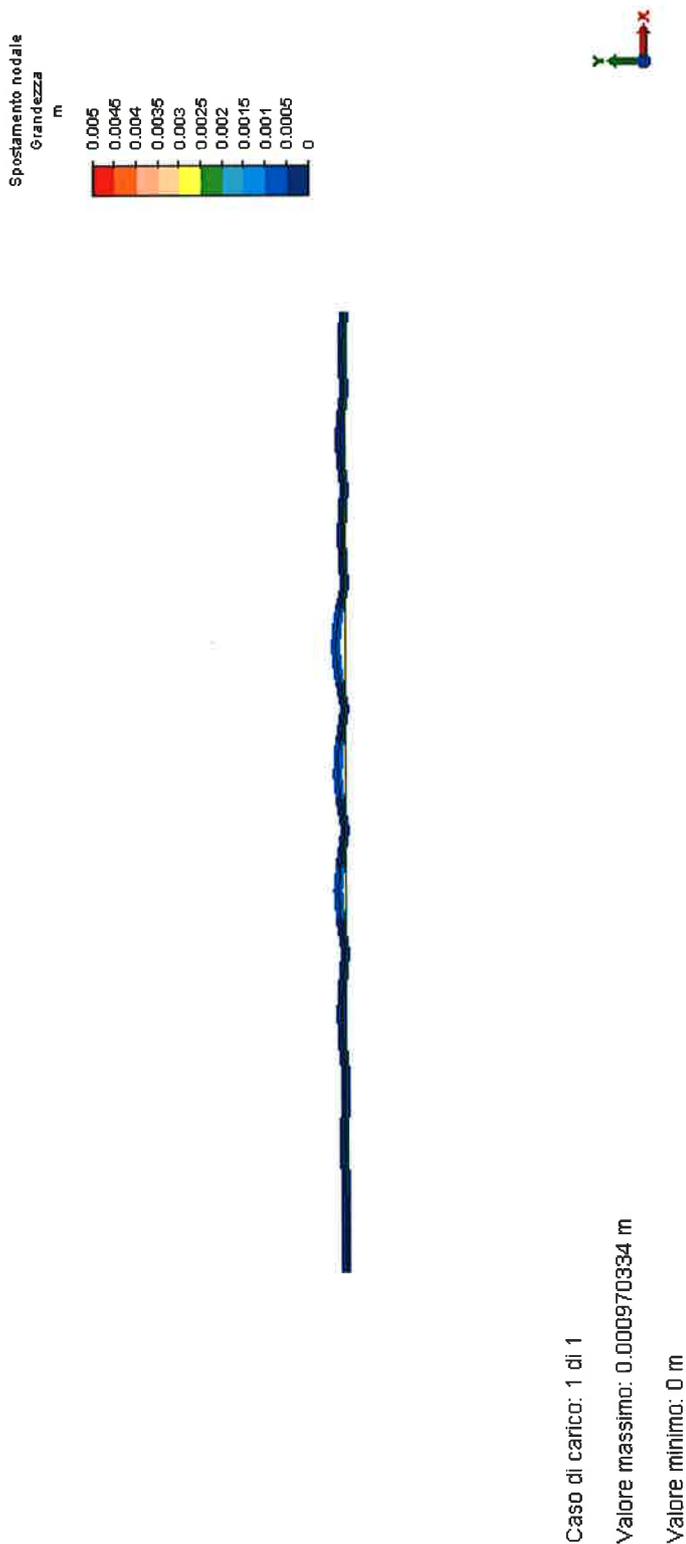
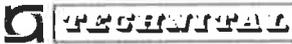


FIG. 12.20 – CORRENTI LATERALI – 6° CORRENTE – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE - DEFORMATA

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 208
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

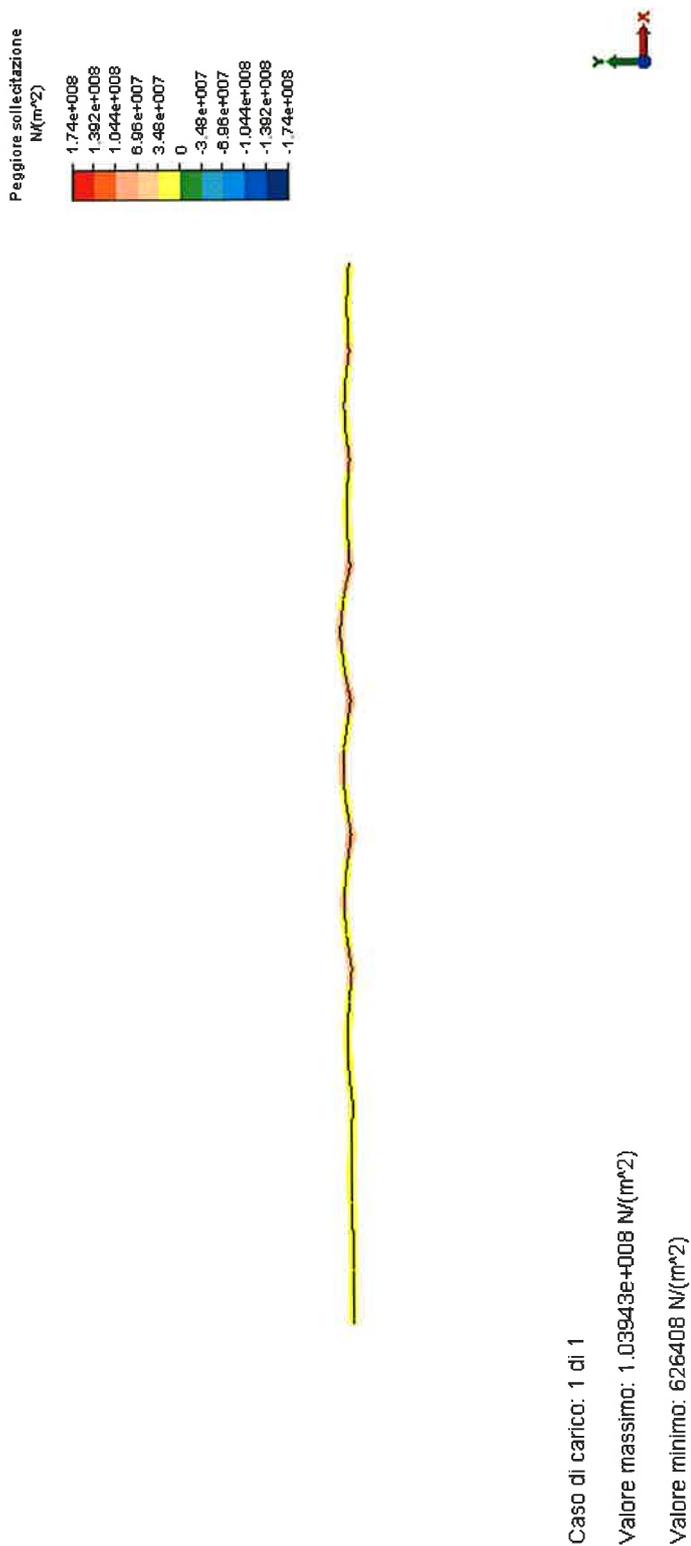


FIG. 12.21 – CORRENTI LATERALI – 6° CORRENTE – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE - TENSIONI

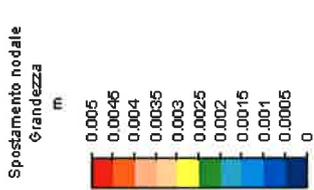
	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 209
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

12.2.8. Correnti laterali - 7° Corrente (Sovrappressione)



FIG. 12.22 – CORRENTI LATERALI – 7° CORRENTE – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE - CARICHI

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 210
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	



Caso di carico: 1 di 1
 Valore massimo: 0.000975262 m
 Valore minimo: 0 m

FIG. 12.23 – CORRENTI LATERALI – 7° CORRENTE – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE - DEFORMATA

Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 211
Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

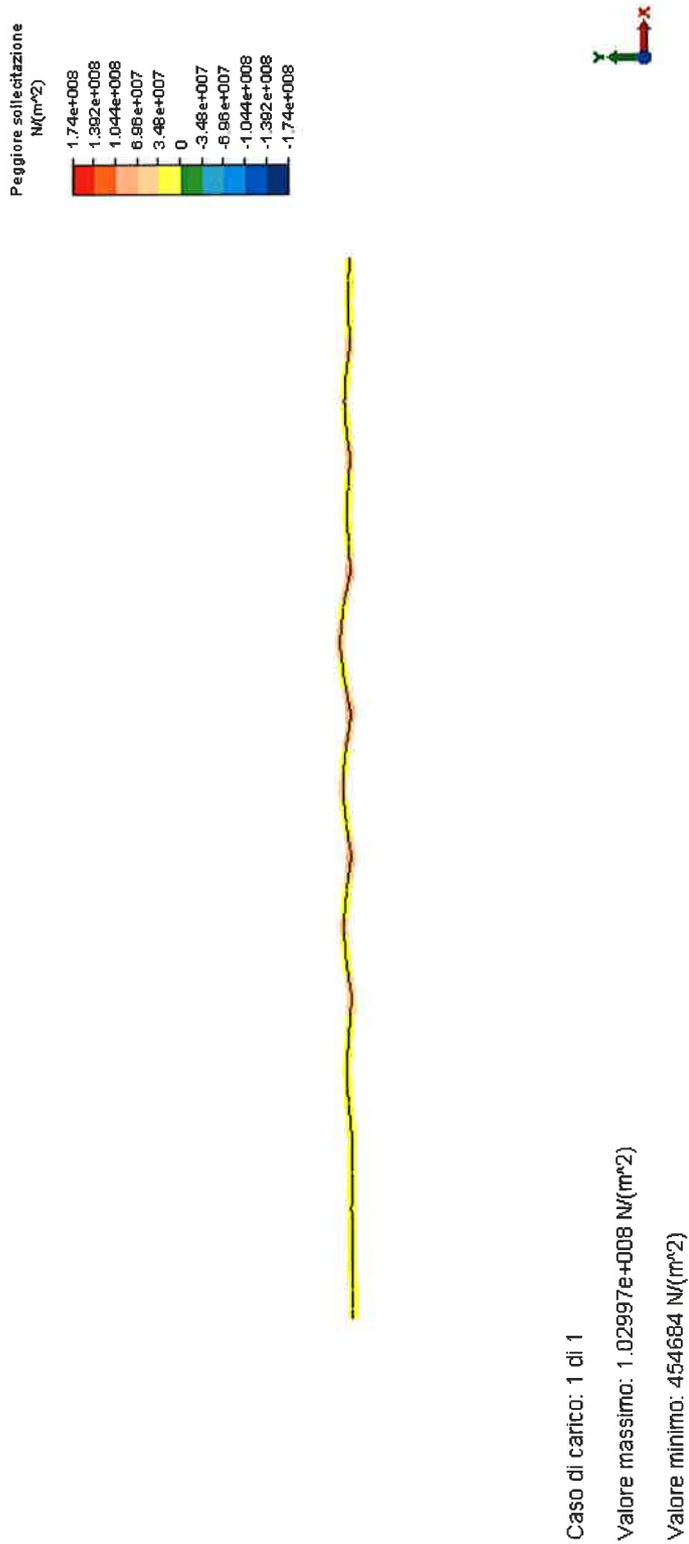


FIG. 12.24 – CORRENTI LATERALI – 7° CORRENTE – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE - TENSIONI

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 212
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

12.3. Ossature rinforzate

12.3.1. Ossatura 02 (Cresta)

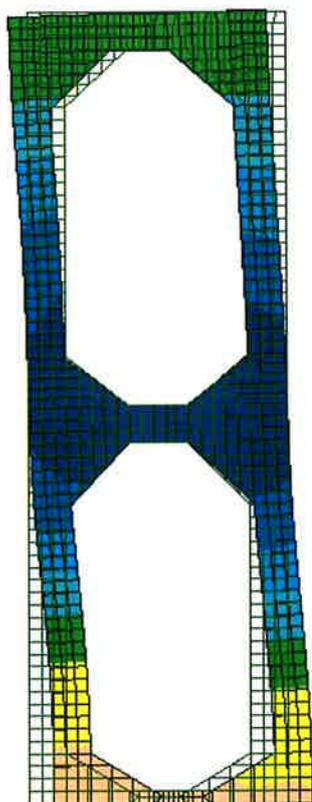
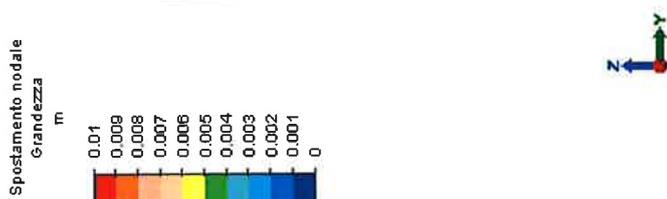
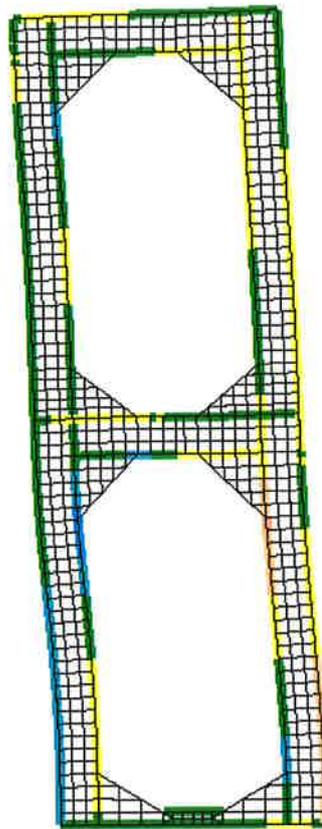
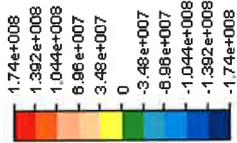


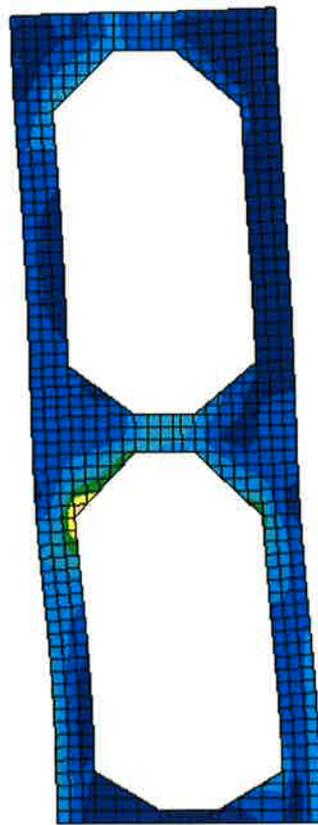
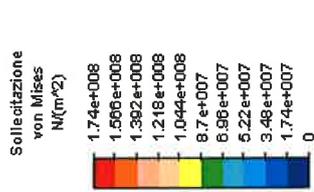
FIG. 12.25 – OSSATURE RINFORZATE – OSSATURA 02 – DISLIVELLO 2 M + CRESTA -
DEFORMATA

Peggior sollecitazione
 $N(m^2)$


Caso di carico: 1 di 1
 Valore massimo: 7.99568e+007 $N(m^2)$
 Valore minimo: -1.0502e+008 $N(m^2)$

FIG. 12.26 – OSSATURE RINFORZATE – OSSATURA 02 – DISLIVELLO 2 M + CRESTA -
 TENSIONI DEGLI ELEMENTI TRAVE

Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 214
Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	



Caso di carico: 1 di 1
 Valore massimo: 1.14294e+008 $N/(m^2)$
 Valore minimo: 3.74666e+006 $N/(m^2)$

FIG. 12.27 – OSSATURE RINFORZATE – OSSATURA 02 – DISLIVELLO 2 M + CRESTA - ISOTENSIONE DEGLI ELEMENTI MEMBRANA

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 215
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

12.3.2. Ossatura 03 (Cresta)

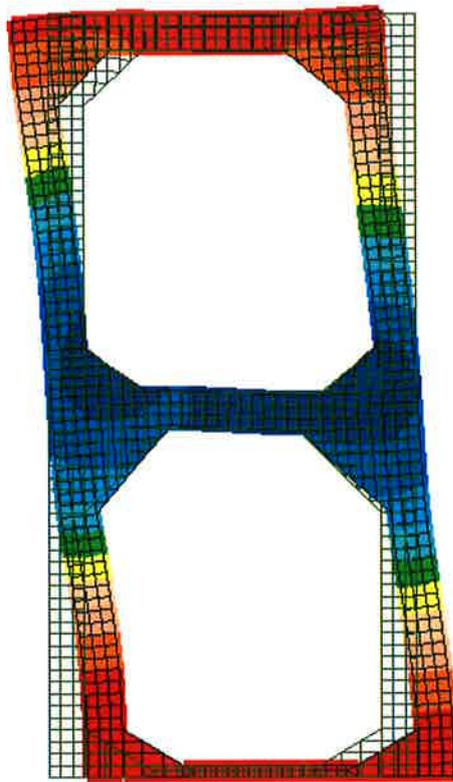
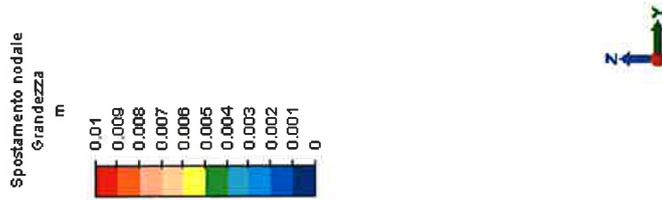
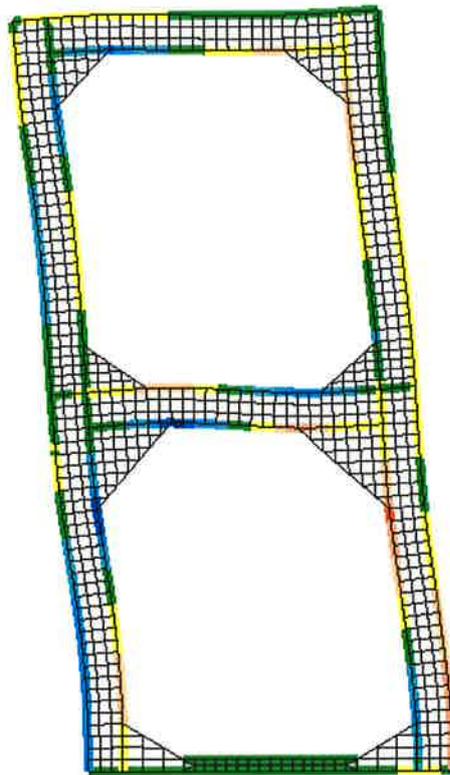
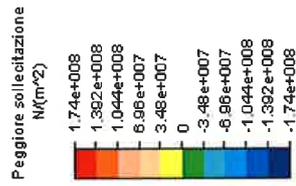


FIG. 12.28 – OSSATURE RINFORZATE – OSSATURA 03 – DISLIVELLO 2 M + CRESTA -
DEFORMATA



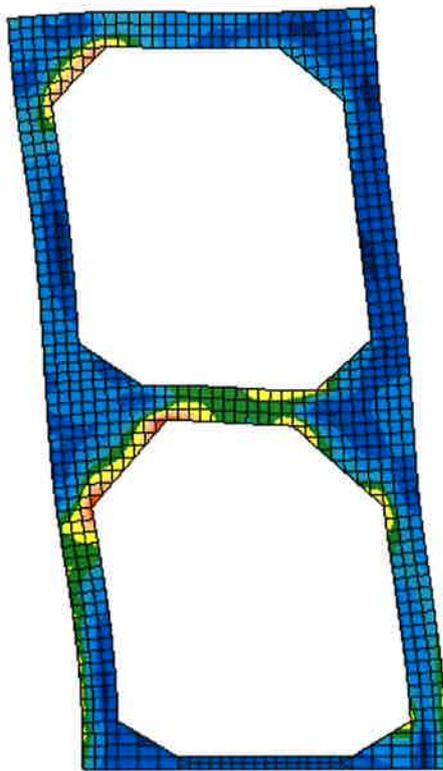
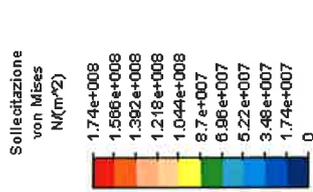
Caso di carico: 1 di 1

Valore massimo: 1.13929e+008 $N(m^2)$

Valore minimo: -1.56972e+008 $N(m^2)$

FIG. 12.29 – OSSATURE RINFORZATE – OSSATURA 03 – DISLIVELLO 2 M + CRESTA -
 TENSIONI DEGLI ELEMENTI TRAVE

Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 217
Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	



Caso di carico: 1 di 1
 Valore massimo: 1.66465e+008 $N(m^2)$
 Valore minimo: 5.31361e+006 $N(m^2)$

FIG. 12.30 – OSSATURE RINFORZATE – OSSATURA 03 – DISLIVELLO 2 M + CRESTA - ISOTENSIONE DEGLI ELEMENTI MEMBRANA

12.3.3. Ossatura 04 (Cresta)

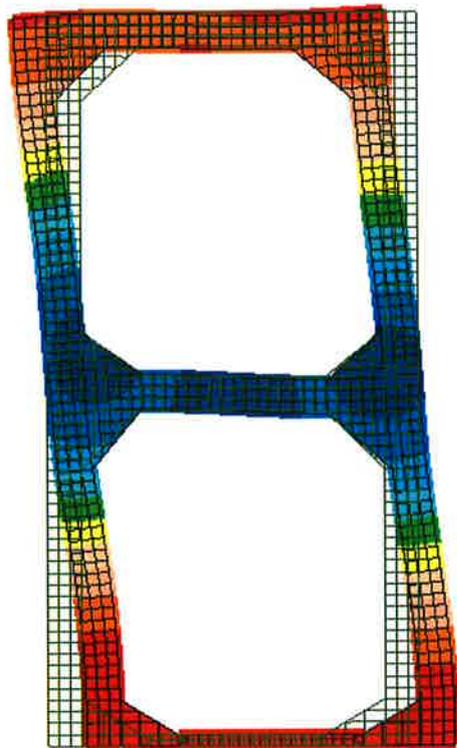
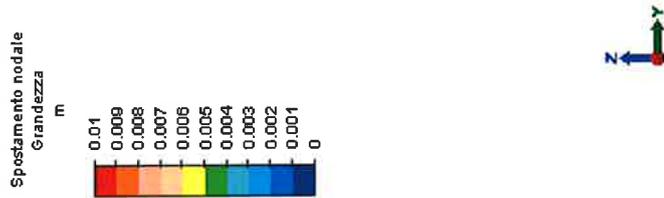
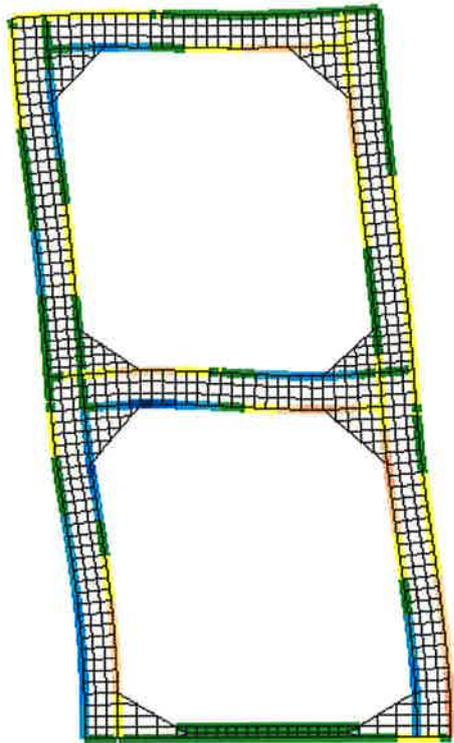
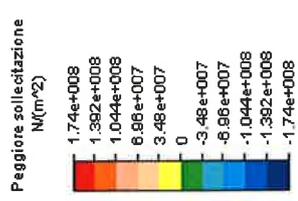


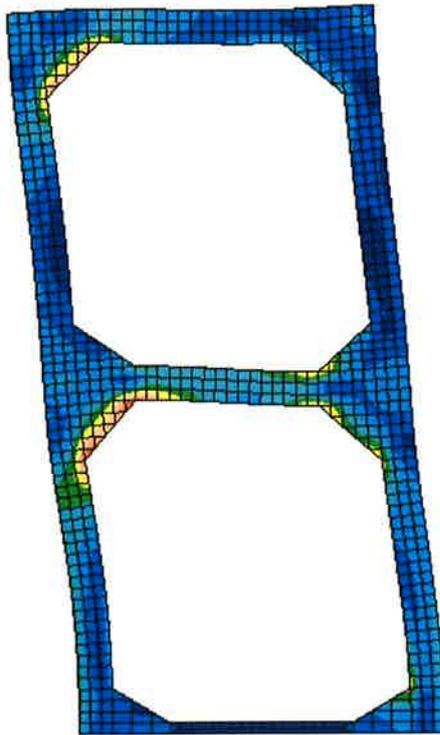
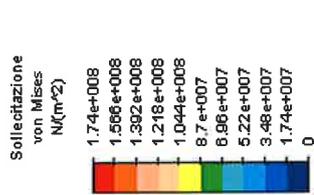
FIG. 12.31 – OSSATURE RINFORZATE – OSSATURA 04 – DISLIVELLO 2 M + CRESTA -
DEFORMATA

Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 219
Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	



Caso di carico: 1 di 1
 Valore massimo: 1.03335e+008 N/(m²)
 Valore minimo: -1.46995e+008 N/(m²)

FIG. 12.32 – OSSATURE RINFORZATE – OSSATURA 04 – DISLIVELLO 2 M + CRESTA - TENSIONI DEGLI ELEMENTI TRAVE



Caso di carico: 1 di 1
 Valore massimo: 1.54027e+008 N/(m²)
 Valore minimo: 6.28101e+006 N/(m²)

FIG. 12.33 – OSSATURE RINFORZATE – OSSATURA 04 – DISLIVELLO 2 M + CRESTA -
 ISOTENSIONE DEGLI ELEMENTI MEMBRANA

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 221
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

12.3.4. Ossatura 05 (Sovrappressione)

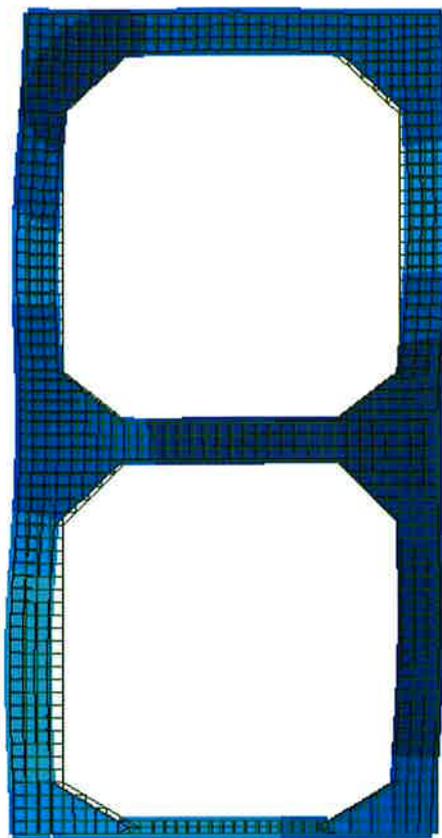
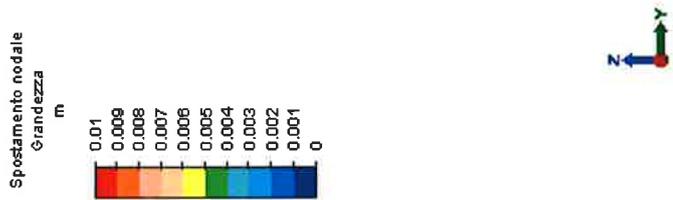
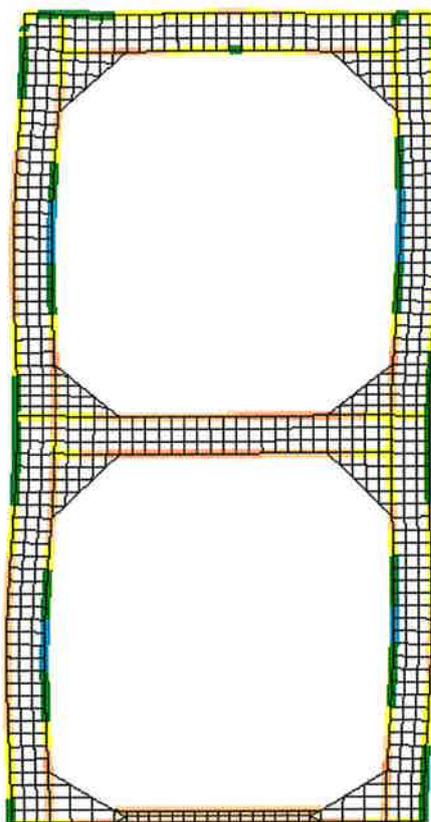
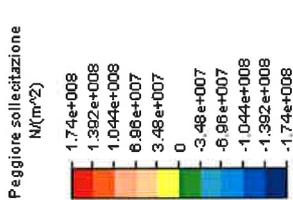


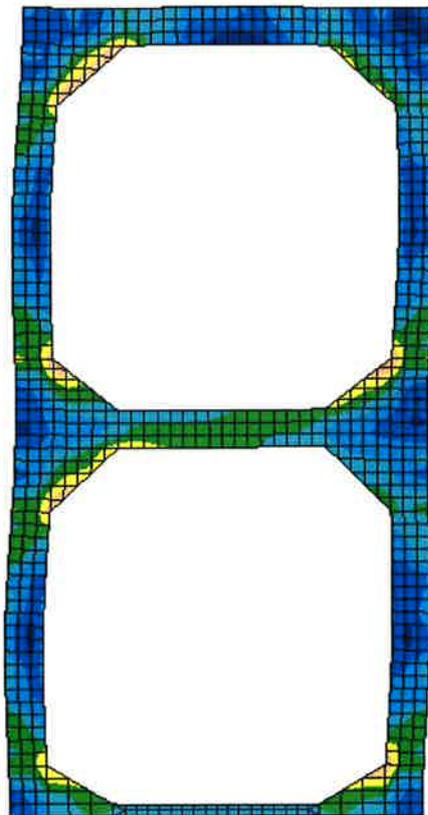
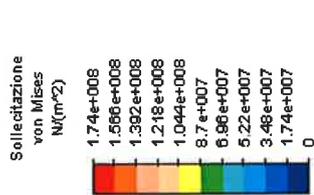
FIG. 12.34 – OSSATURE RINFORZATE – OSSATURA 05 – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE - DEFORMATA

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 222
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	



Caso di carico: 1 di 1
Valore massimo: 1.00202e+008 N/(m²)
Valore minimo: -4.6211e+007 N/(m²)

FIG. 12.35 – OSSATURE RINFORZATE – OSSATURA 05 – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE - TENSIONI DEGLI ELEMENTI TRAVE



Caso di carico: 1 di 1
 Valore massimo: 1.38936e+008 N(m²)
 Valore minimo: 4.43111e+006 N(m²)

FIG. 12.36 – OSSATURE RINFORZATE – OSSATURA 05 – DISLIVELLO 2 M +
 SOVRAPPRESSIONE - ISOTENSIONE DEGLI ELEMENTI MEMBRANA

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 224
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

12.3.5. Ossatura 06 (Sovrappressione)

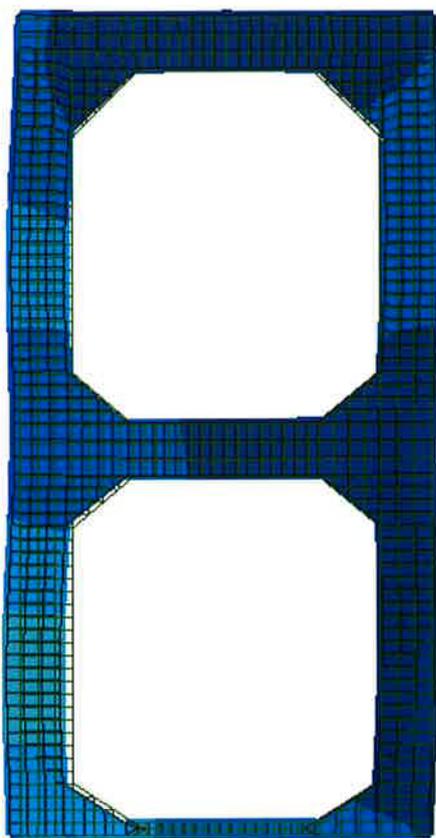
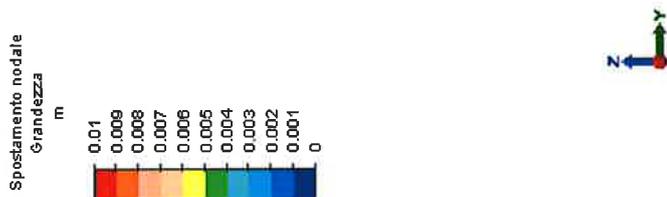
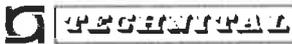
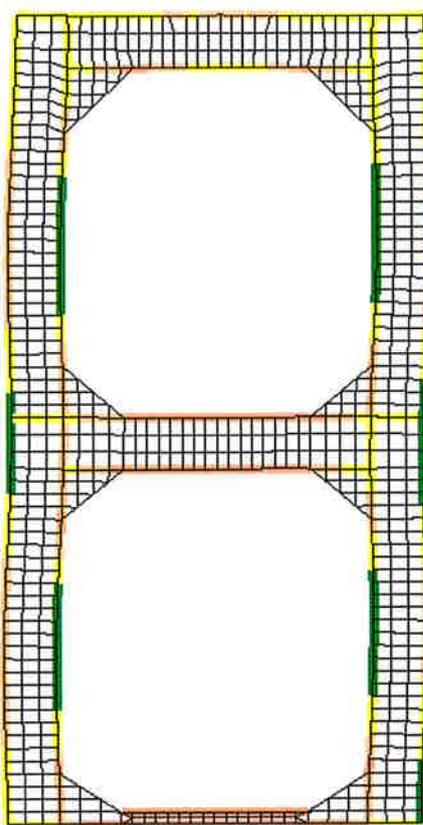
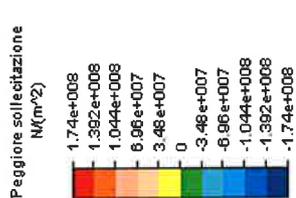


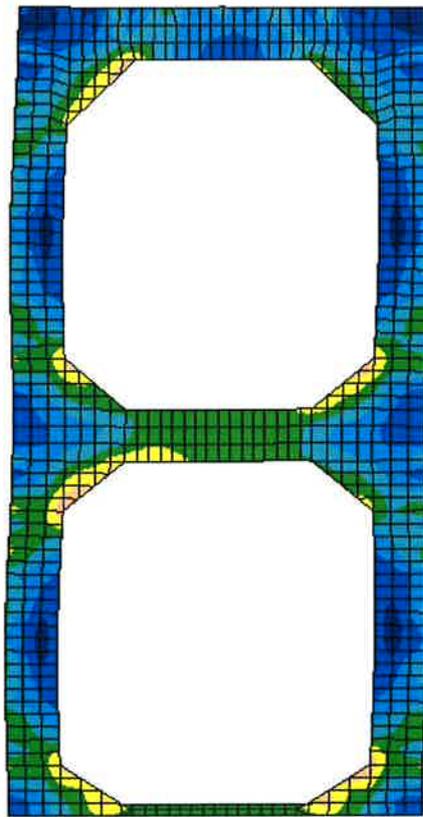
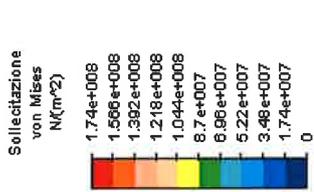
FIG. 12.37 – OSSATURE RINFORZATE – OSSATURA 06 – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE - DEFORMATA

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 225
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	



Caso di carico: 1 di 1
 Valore massimo: 1.02667e+008 N(m²)
 Valore minimo: -3.25645e+007 N(m²)

FIG. 12.38 – OSSATURE RINFORZATE – OSSATURA 06 – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE - TENSIONI DEGLI ELEMENTI TRAVE



Caso di carico: 1 di 1
 Valore massimo: 1.26235e+008 $N/(m^2)$
 Valore minimo: 4.91278e+006 $N/(m^2)$

FIG. 12.39 – OSSATURE RINFORZATE – OSSATURA 06 – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE - ISOTENSIONE DEGLI ELEMENTI MEMBRANA

 RESISTAL	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 227
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

12.3.6. Ossatura 07 (Sovrappressione)

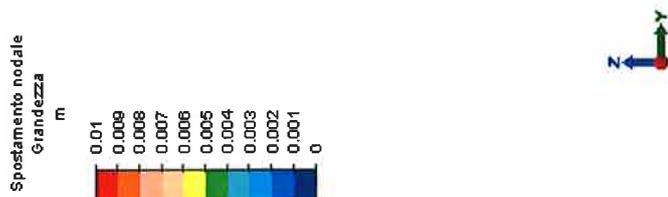
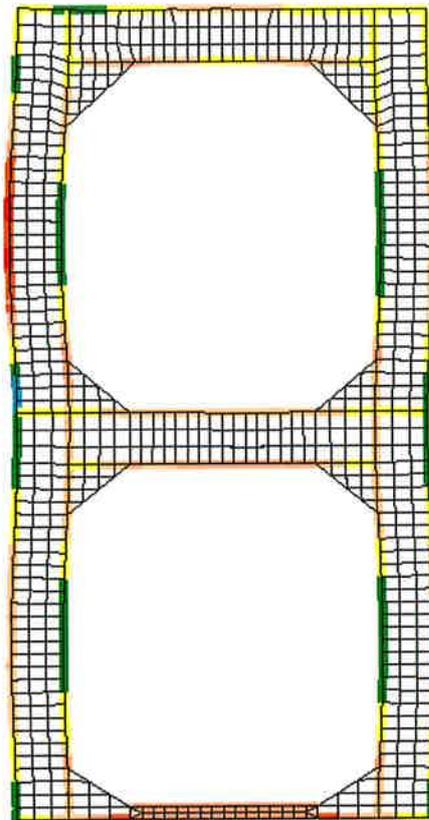
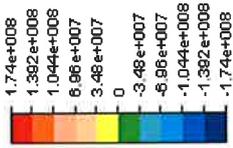


FIG. 12.40 – OSSATURE RINFORZATE – OSSATURA 07 – DISLIVELLO 2 M + CAVO - SOVRAPPRESSIONE

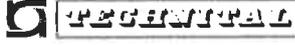
	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 228
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

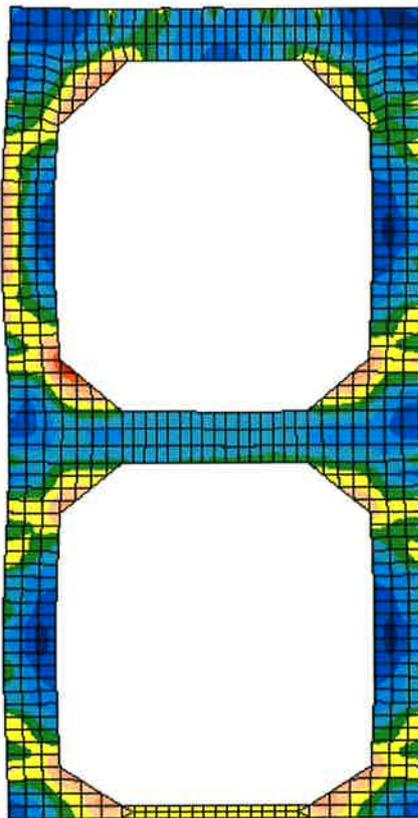
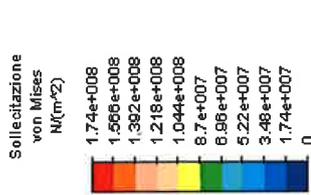
Peggior sollecitazione
N(m²)



Caso di carico: 1 di 1
 Valore massimo: 1.53308e+008 N(m²)
 Valore minimo: -6.27626e+007 N(m²)

FIG. 12.41 – OSSATURE RINFORZATE – OSSATURA 07 – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE - TENSIONI DEGLI ELEMENTI TRAVE

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 229
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	



Caso di carico: 1 di 1
 Valore massimo: 1.60175e+008 $N/(m^2)$
 Valore minimo: 8.53168e+006 $N/(m^2)$

FIG. 12.42 – OSSATURE RINFORZATE – OSSATURA 07 – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE - ISOTENSIONE DEGLI ELEMENTI MEMBRANA

 TECNITAL	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 230
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

12.3.7. Ossatura 08 (Sovrappressione)

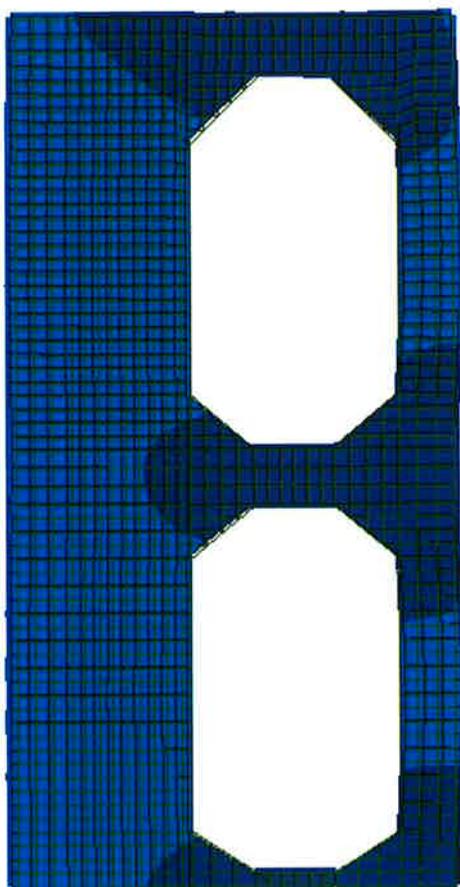


FIG. 12.43 – OSSATURE RINFORZATE – OSSATURA 08 – DISLIVELLO 2 M + CAVO - SOVRAPPRESSIONE

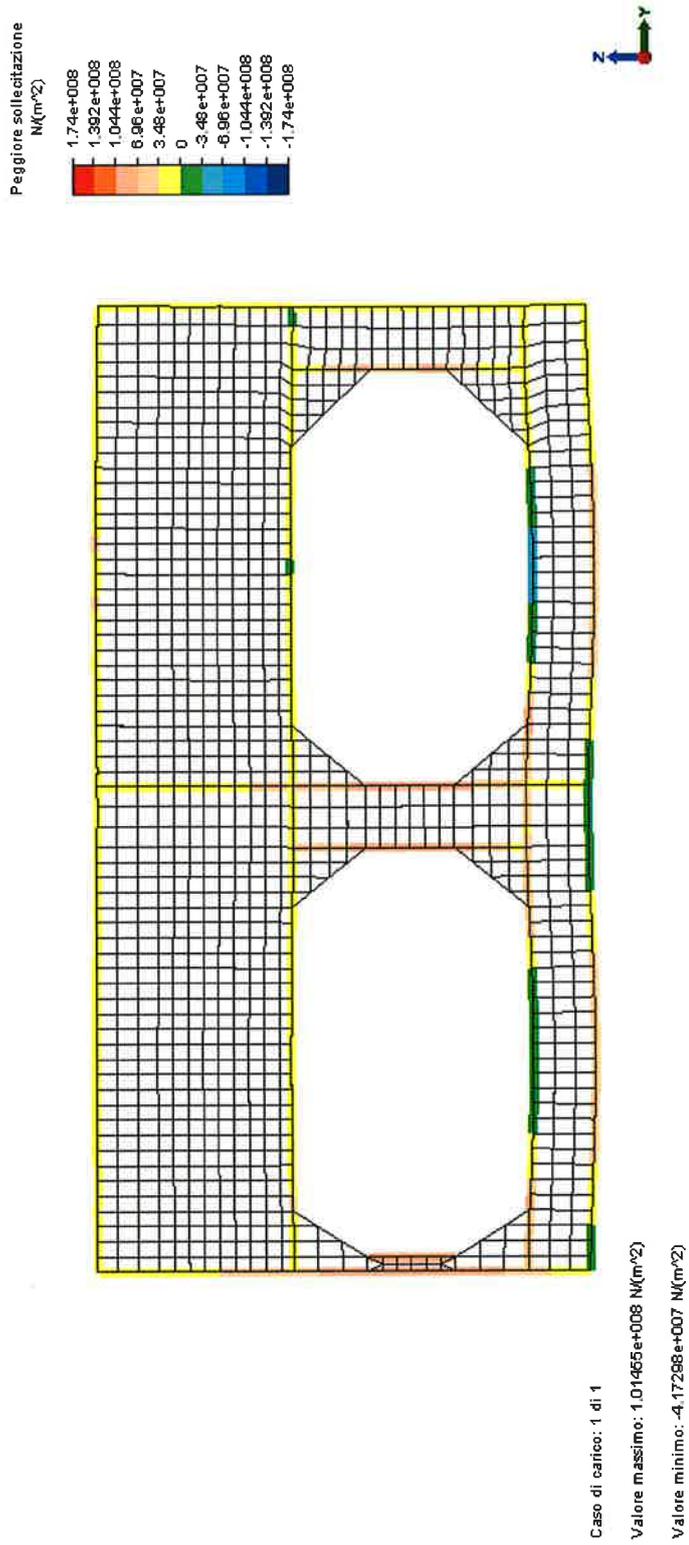


FIG. 12.44 – OSSATURE RINFORZATE – OSSATURA 08 – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE - TENSIONI DEGLI ELEMENTI TRAVE

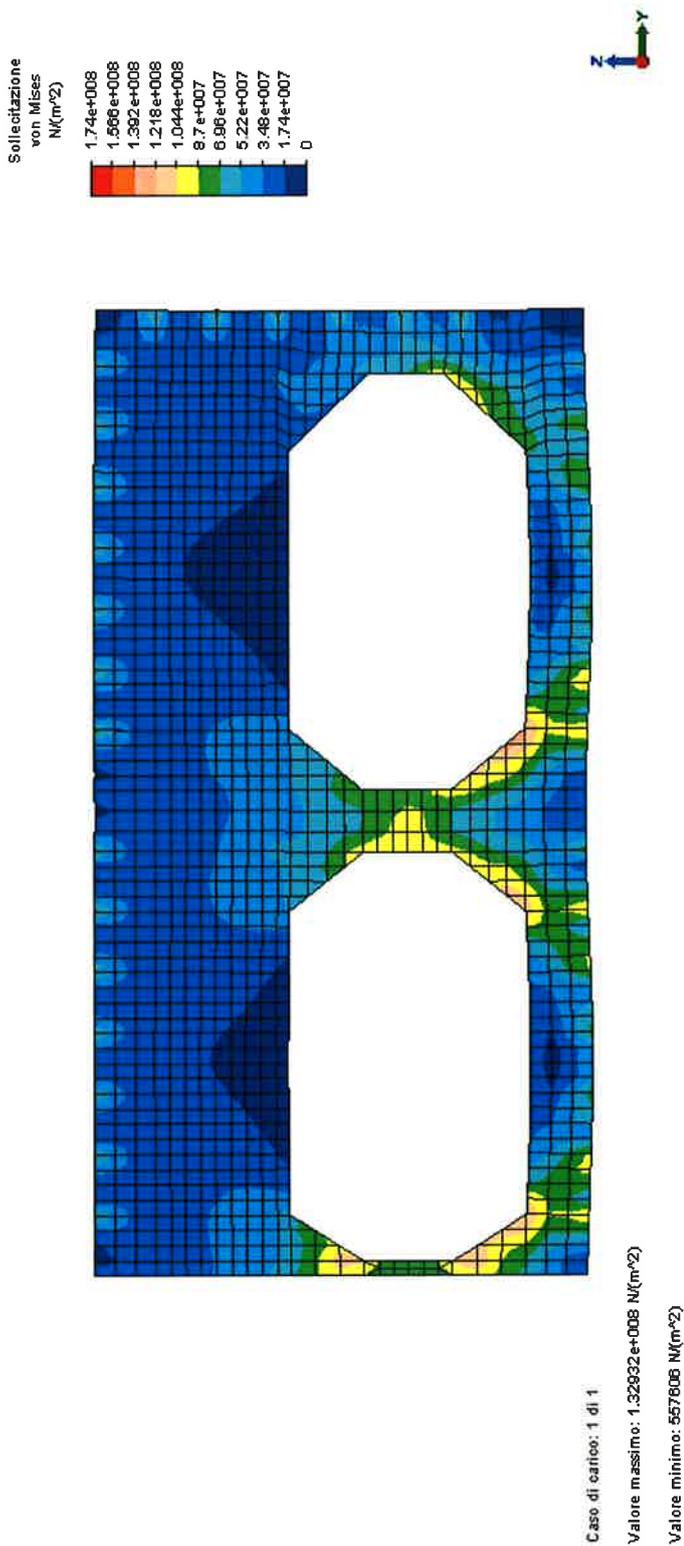


FIG. 12.45 – OSSATURE RINFORZATE – OSSATURA 08 – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE - ISOTENSIONE DEGLI ELEMENTI MEMBRANA

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 233
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

12.3.8. Ossatura 09 (Sovrappressione)

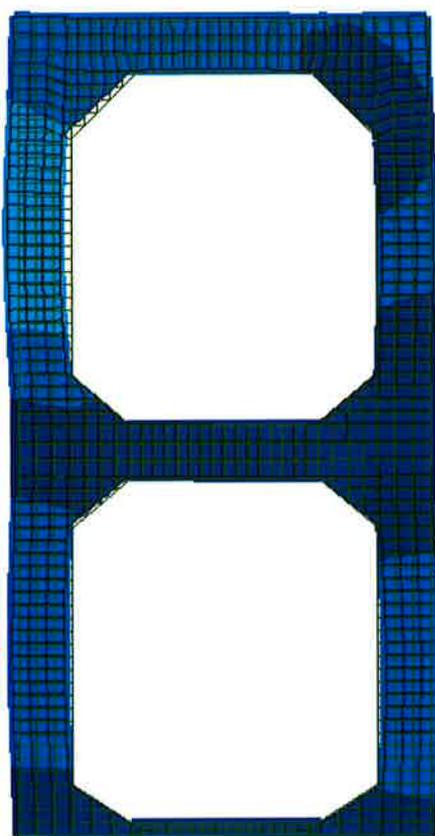
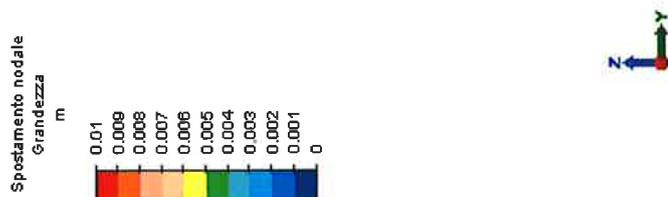
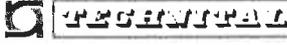
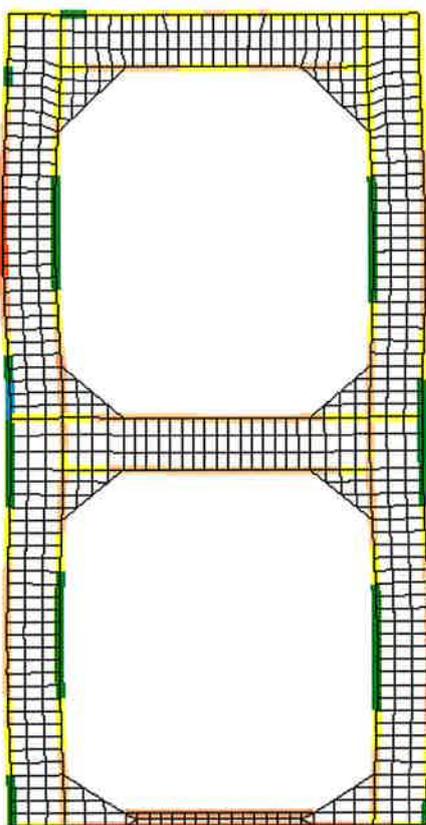
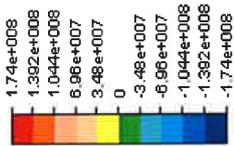


FIG. 12.46 – OSSATURE RINFORZATE – OSSATURA 09 – DISLIVELLO 2 M + CAVO - SOVRAPPRESSIONE

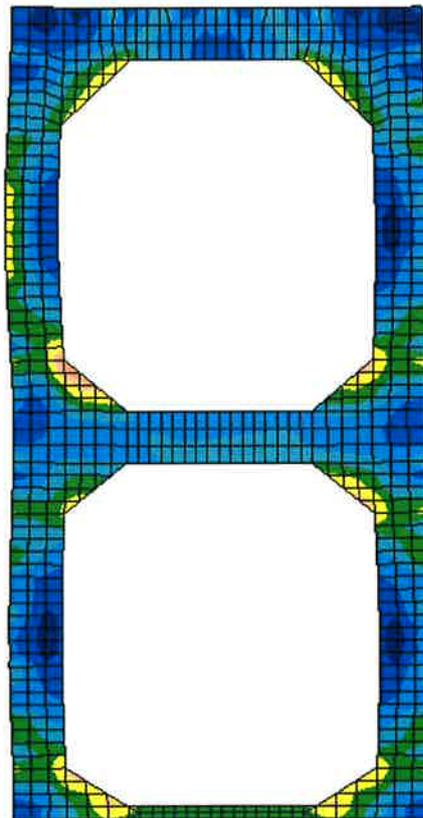
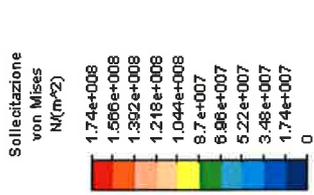
	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 234
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

Peggior sollecitazione
Nk(m²)



Caso di carico: 1 di 1
 Valore massimo: 1.20363e+008 N(m²)
 Valore minimo: -6.28178e+007 N(m²)

FIG. 12.47 – OSSATURE RINFORZATE – OSSATURA 09 – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE - TENSIONI DEGLI ELEMENTI TRAVE



Caso di carico: 1 di 1
 Valore massimo: 1.40908e+008 $N/(m^2)$
 Valore minimo: 6.17381e+006 $N/(m^2)$

FIG. 12.48 – OSSATURE RINFORZATE – OSSATURA 09 – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE - ISOTENSIONE DEGLI ELEMENTI MEMBRANA

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 236
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

12.3.9. Ossatura 10 (Sovrappressione)

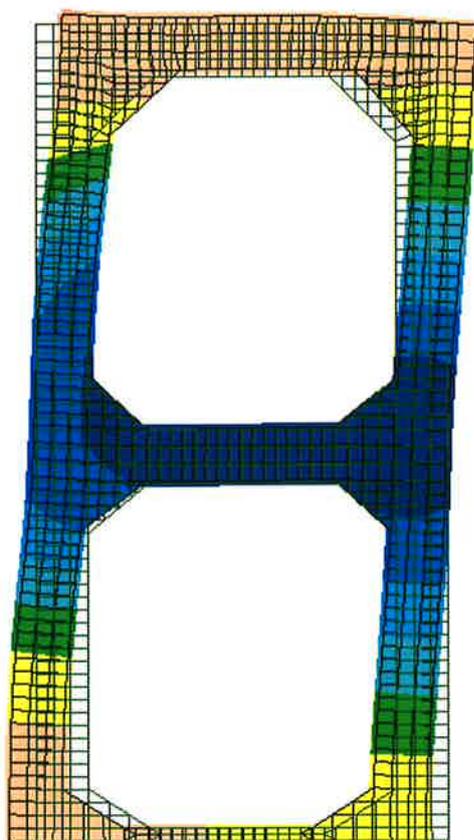
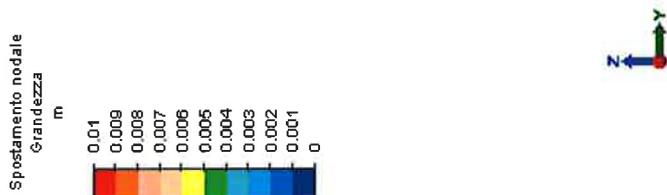
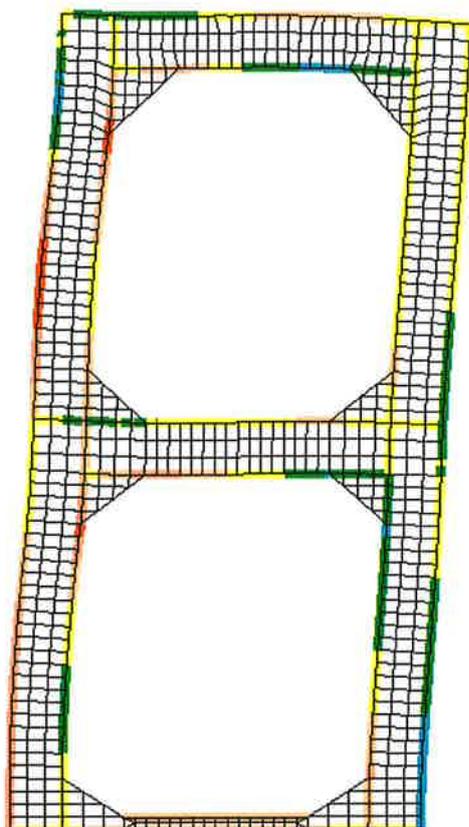
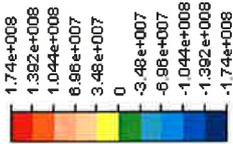


FIG. 12.49 – OSSATURE RINFORZATE – OSSATURA 10 – DISLIVELLO 2 M + CAVO - SOVRAPPRESSIONE

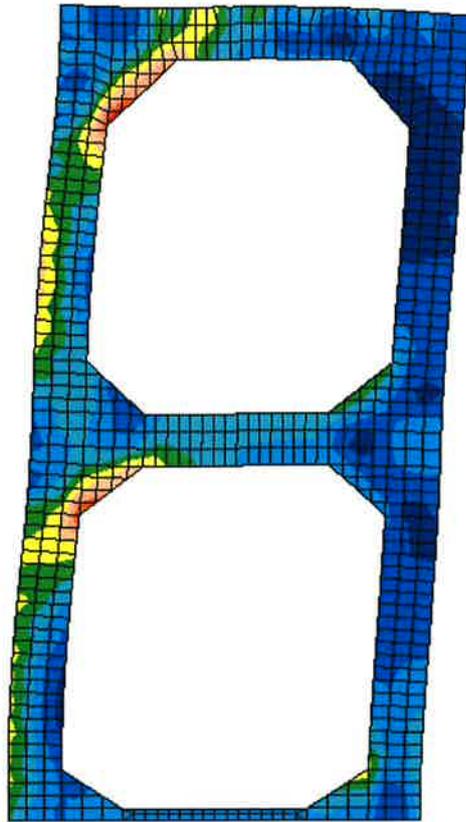
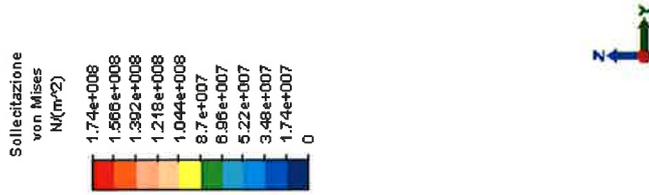
	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 237
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

Peggiori sollecitazione
Nk(m²)



Caso di carico: 1 di 1
 Valore massimo: 1.39995e+008 Nk(m²)
 Valore minimo: -6.14655e+007 Nk(m²)

FIG. 12.50 – OSSATURE RINFORZATE – OSSATURA 10 – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE - TENSIONI DEGLI ELEMENTI TRAVE



Caso di carico: 1 di 1
 Valore massimo: 1.70752e+008 $N/(m^2)$
 Valore minimo: 1.12497e+006 $N/(m^2)$

FIG. 12.51 – OSSATURE RINFORZATE – OSSATURA 10 – DISLIVELLO 2 M + SOVRAPPRESSIONE - ISOTENSIONE DEGLI ELEMENTI MEMBRANA

 FEGENTRAL	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 239
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

13. CALCOLI DI PREDIMENSIONAMENTO – VERIFICA DELLA PINNA PER I CARICHI DI PROGETTO DEL CONNETTORE

13.1. Oggetto e scopo

All'epoca del predimensionamento si prevedeva di alloggiare la boccola entro un anello di rinforzo del foro. Successivamente il sistema di alloggiamento della boccola è stato modificato, inseguito alla scelta dei fornitori per i diversi componenti, e di ciò si tiene conto nelle verifiche di dettaglio del sistema stesso e della pinna (ref. MV078P-PE-CAR-2016 e MV078P-PE-CAR-2021).

Nel presente capitolo si riportano le verifiche preliminari dei piatti forati per l'alloggiamento delle boccole dei perni delle cerniere del gruppo cerniera connettore per i carichi derivanti dalla progettazione, in altra WBE, del gruppo stesso di cui al par. 8.6.

L'asse cerniere è montato su una boccola sferica (atta a permettere la rotazione dell'asse stesso), che viene inserita nel foro del piatto in esame; l'elemento esterno della boccola sferica presentava, all'epoca del predimensionamento, una superficie cilindrica che costituiva l'interfaccia con il foro.

Conservativamente il piatto forato viene verificato considerando le azioni massime sulla cerniera per ogni direzione come agenti simultaneamente.

Vengono condotte le seguenti verifiche:

- Verifica del piatto attorno al foro, in relazione al trasferimento locale del carico dal perno delle cerniere;
- Verifica globale del piatto nella sezione più sollecitata, in relazione al trasferimento di carico dal foro verso la struttura della paratoia.

Le verifiche sono svolte in accordo alle normative R.I.Na. e ai criteri di verifica illustrati al capitolo 4.

 FESINFITAL	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 240
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

13.2. Configurazione dei piatti forati

I piatti forati per l'alloggiamento dei perni delle cerniere sono posizionati sulla parte posteriore della paratoia, come schematicamente rappresentato nella figura seguente.

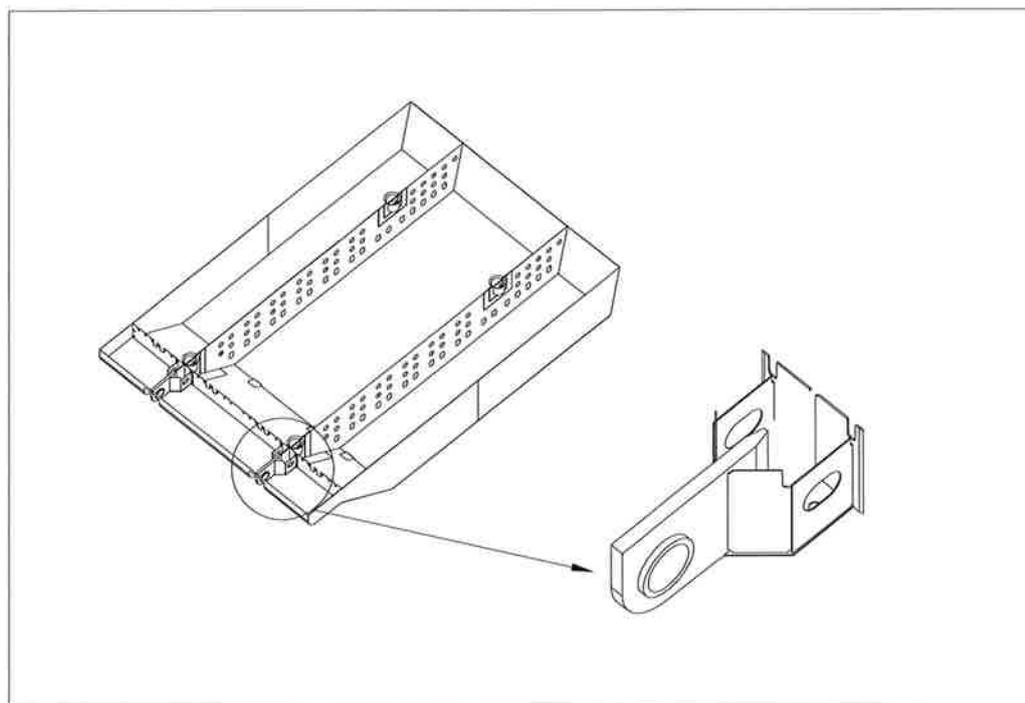


FIG. 13.1 – STRUTTURA DELLA PARATOIA – PARATIE LONGITUDINALI E PIATTI FORATI PER I PERNI

La geometria e le proprietà del piatto forato erano:

- Diametro foro per boccia cerniere: $d = 600 \text{ mm}$
- Spessore Piatto Forato $t_L = 180 \text{ mm}$

L'identificazione del materiale (ref. par. 4.3) e le proprietà adottate per le verifiche (cfr. par. 4.4) sono:

- acciaio S355K2 - UNI EN 10025 con i requisiti aggiuntivi riportati nella specifica MV080P-PE-NAS-2001 incluse le proprietà garantite in direzione perpendicolare alla superficie

- $f_y \geq 285$ [MPa]
- $\sigma_{amm} = 173$ N/mm²

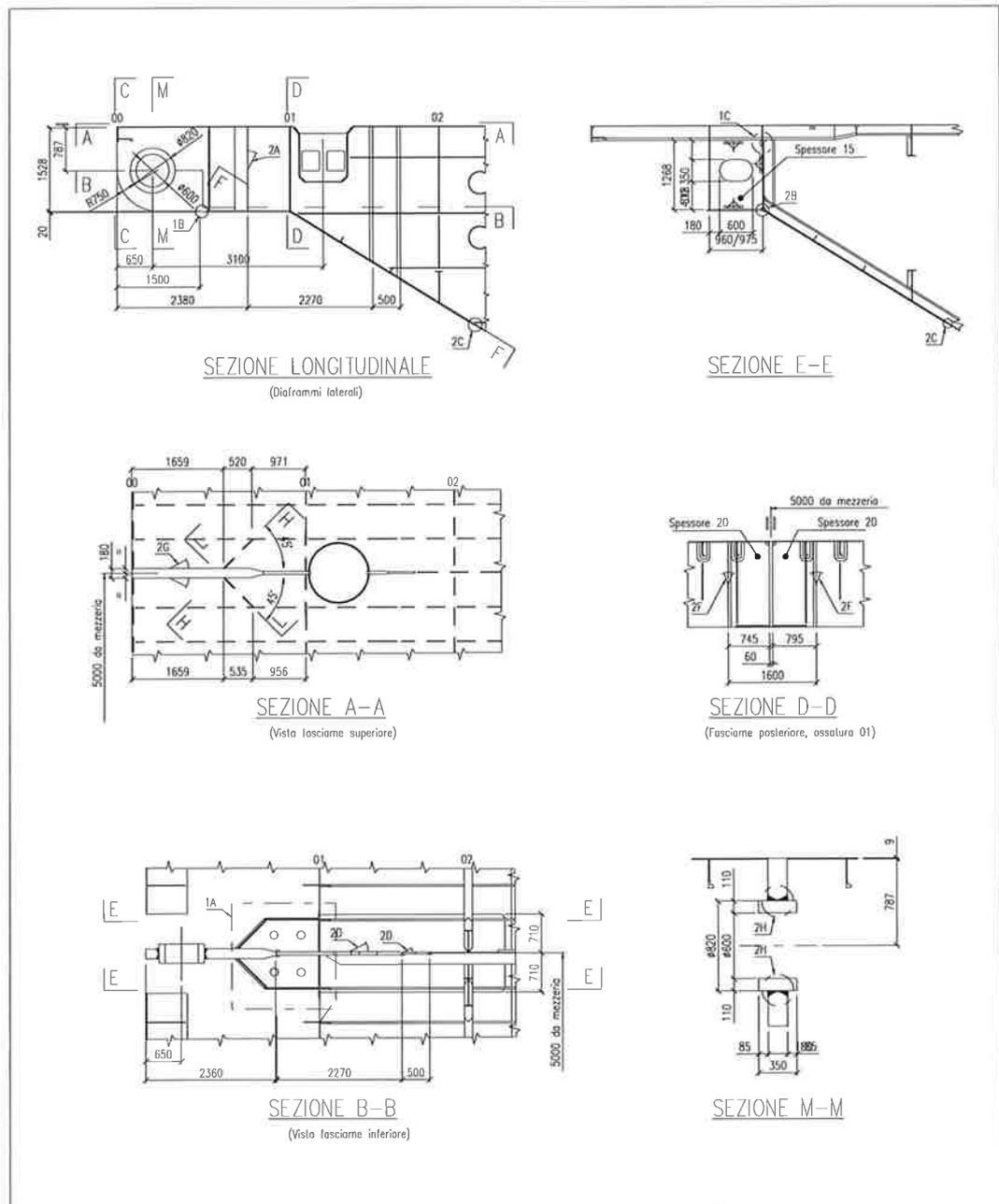


FIG. 13.2 – CONFIGURAZIONE GEOMETRICA PIATTI FORATI

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 242
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

13.3. Carichi applicati e condizioni di carico

Si verifica la lama della paratia longitudinale, in corrispondenza del foro per il perno delle cerniere, per le massime azioni valutate per il gruppo cerniera connettore indicate al par. 8.6:

- $R_x \text{ max} = 5010 \text{ kN}$ verso mare (più sfavorevole)
- $R_z \text{ max} = 2120 \text{ kN}$ nelle due direzioni
- $R_y \text{ max} = 700 \text{ kN}$

I carichi di cui sopra sono rappresentati nella figura seguente:

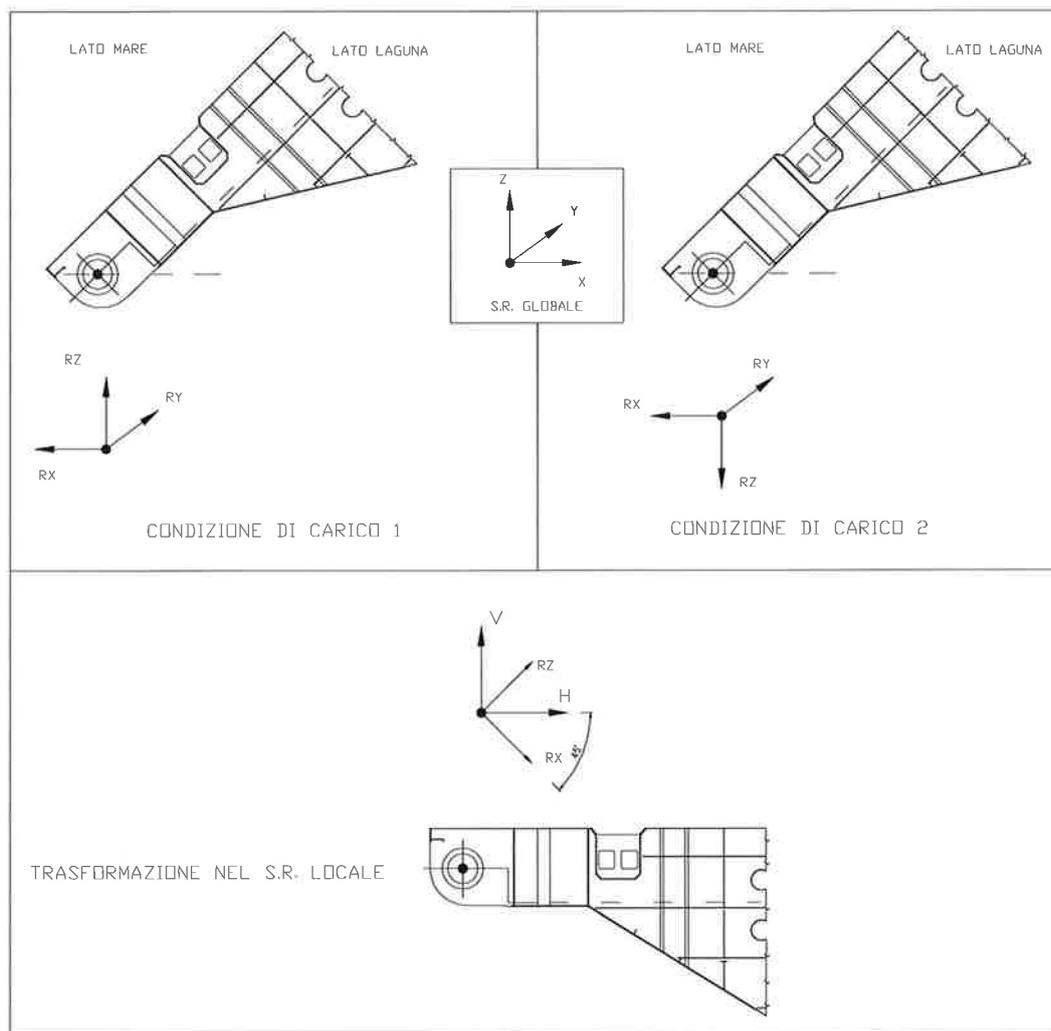


FIG. 13.3 – PARATIA LONGITUDINALE E FORI PER I PERNI – CARICHI APPLICATI E SISTEMI DI RIFERIMENTO

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 243
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

Si considerano 2 condizioni di carico, differenziate dal segno della reazione verticale, positivo nella Condizione 1, negativo nella Condizione 2.

Il segno della forza trasversale (R_y) è ininfluente, per cui la si considera sempre positiva.

Si osservi che per le verifiche strutturali i carichi agenti nel piano del piatto forato vengono espressi nel Sistema di Riferimento (S.R.) locale, nel quale l'asse della paratoia è orizzontale; in tal modo:

- $H = R_x \cdot \cos(45^\circ) + R_z \cdot \sin(45^\circ)$ forza orizzontale nel S.R. locale
- $V = -R_x \cdot \sin(45^\circ) + R_z \cdot \cos(45^\circ)$ forza verticale nel S.R. locale
- $S = R_y$ forza trasversale nel S.R. locale

Pertanto si ottiene:

Azioni applicate	H [kN]	V [kN]	S [kN]
Condizione di Carico 1	-2044	5042	700
Condizione di Carico 2	-5042	2044	700

TAB. 13.1 – CARICHI DI PROGETTO (SISTEMA DI RIFERIMENTO LOCALE)

I carichi indicati in tabella si considerano applicati al centro geometrico del foro.

13.4. Verifica locale in adiacenza al foro

La porzione del piatto nelle adiacenze del foro viene verificata in corrispondenza della sezione S-S illustrata in figura:

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 244
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

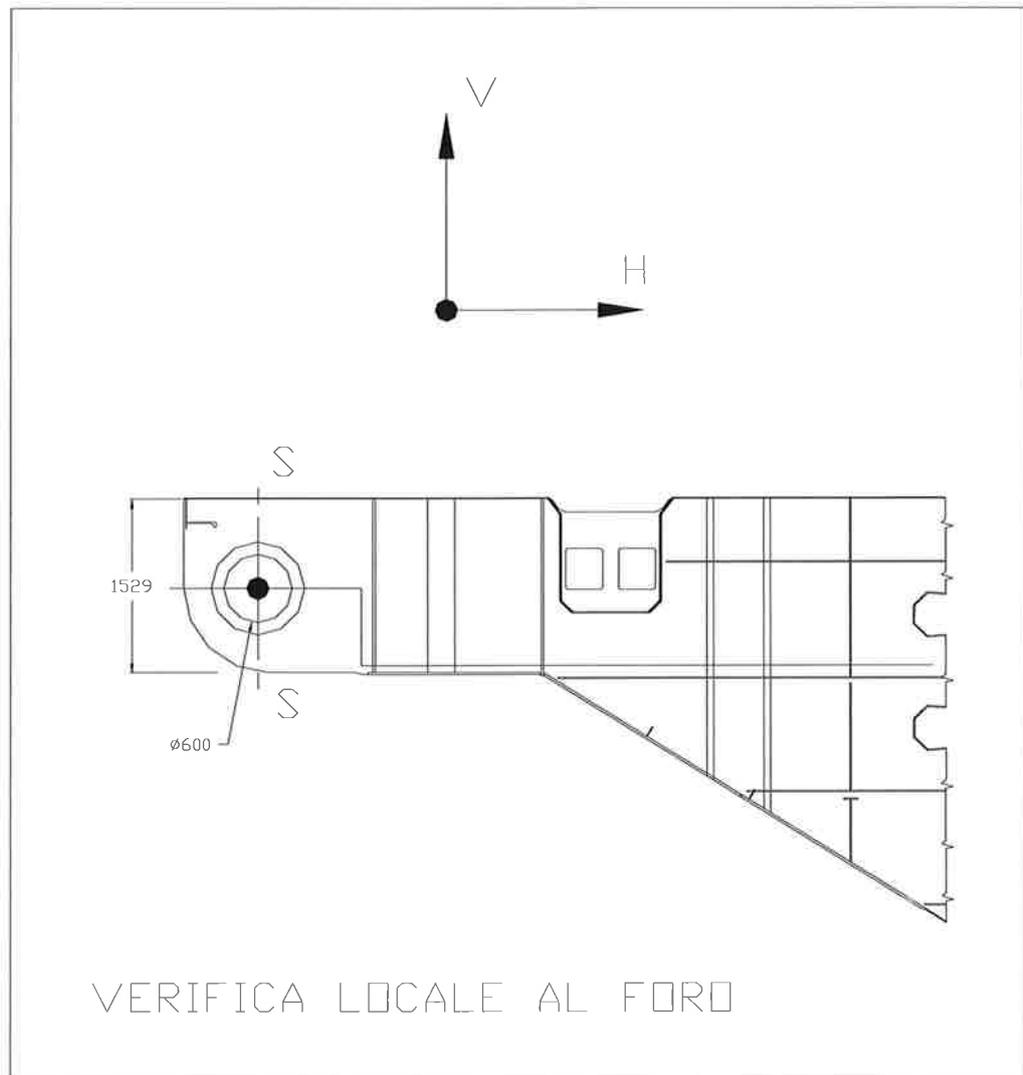


FIG. 13.4 – PARATIA LONGITUDINALE – SEZIONE DI VERIFICA DEL FORO PER IL PERNO

L'area resistente viene calcolata considerando l'altezza della sezione S-S al netto del foro e lo spessore del piatto ridotto per corrosione di 1mm (0.5+0.5 per lato).

Pertanto si ha:

$$A = (1529-600) \cdot (180-1) = 1.663 \cdot 10^5 \text{ mm} \quad \text{Area netta resistente nella sezione S-S}$$

Le sollecitazioni normale e di taglio sono pertanto calcolate come segue (viene adottato il fattore di picco 1.5 del taglio per la sezione rettangolare):

$$\sigma_x = \frac{H}{A}$$

$$\tau_{xz} = 1.5 \frac{V}{A}$$

$$\tau_{xy} = 1.5 \frac{S}{A}$$

Essendo σ_x , τ_{xz} e τ_{xy} le uniche componenti di sforzo, la sollecitazione risulta data da:

$$\sigma_{id} = \sqrt{0.5 [\sigma_x^2 + (-\sigma_x)^2] + 3(\tau_{xz}^2 + \tau_{xy}^2)} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3 \cdot (\tau_{xz}^2 + \tau_{xy}^2)}$$

Pertanto, con i carichi H, V, S di Tab. 13.1 risulta:

Sollecitazioni [N/mm ²]	Condizione di Carico 1	Condizione di Carico 2
σ_x	12.3	30.3
τ_{xz}	45.5	18.4
τ_{xy}	6.3	6.3
σ_{id}	80.5	45.4
σ_{amm}	214	214
σ_{id}/σ_{amm}	0.38	0.21

TAB. 13.2 – AREA ADIACENTE AL FORO – SOLLECITAZIONI

Le sollecitazioni nella sezione considerata risultano sempre inferiori a quella ammissibile.

13.5. Verifica globale del piatto

La sezione più sollecitata del piatto è identificata nella sez. K-K (illustrata in figura); tale sezione è localizzata dove il piatto forato non è provvisto di irrigidenti laterali, e si trova alla massima distanza dal foro dove quindi i momenti flettenti raggiungono il valore massimo:

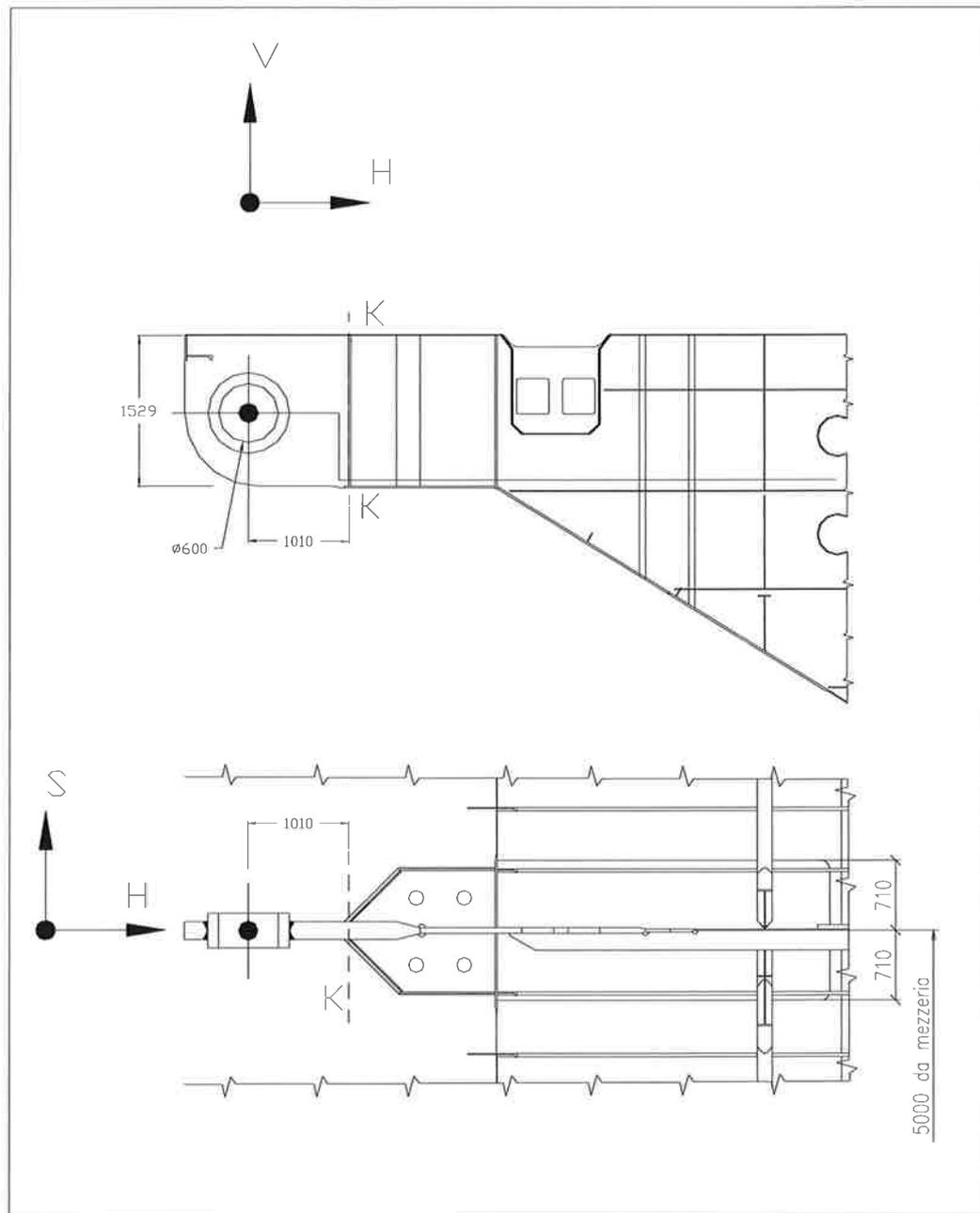


FIG. 13.5 – PARATIA LONGITUDINALE – SEZIONE DI VERIFICA GLOBALE DELLA LAMA

L'area resistente e i momenti di resistenza a flessione vengono calcolati considerando l'altezza della sezione K-K e lo spessore del piatto ridotto per corrosione di 1mm (0.5+0.5 per lato).

 GENERALI	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 247
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

Pertanto si ha:

- $A = 1529 \cdot (180-1) = 2.737 \cdot 10^5 \text{ mm}^2$ Area resistente nella sezione K-K
- $W_{IP} = (1/6) \cdot 1529^2 \cdot (180-1) = 6.975 \cdot 10^7 \text{ mm}^3$ Modulo di resistenza a flessione in piano
- $W_{FP} = (1/6) \cdot 1529 \cdot (180-1)^2 = 8.165 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$ Modulo di resistenza a flessione fuori piano

Le sollecitazioni sono calcolate considerando i momenti dovuti alla posizione della sezione K-K rispetto al centro del foro.

Le sollecitazioni normale e di taglio sono pertanto calcolate come segue (viene adottato il fattore di picco 1.5 del taglio per la sezione rettangolare):

$$\sigma_x = \frac{H}{A} \pm \frac{1010 \cdot V}{W_{IP}} \pm \frac{1010 \cdot S}{W_{OP}}$$

$$\tau_{xz} = 1.5 \frac{V}{A}$$

$$\tau_{xy} = 1.5 \frac{S}{A}$$

La σ_x viene nel seguito calcolata nel punto di massimo assoluto, pari alla somma dei valori assoluti dei singoli addendi.

Essendo σ_x , τ_{xz} e τ_{xy} le uniche componenti di sforzo, la sollecitazione risulta data da:

$$\sigma_{id} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3 \cdot (\tau_{xz}^2 + \tau_{xy}^2)}$$

Pertanto, con i carichi H, V, S di Tab. 13.3 risulta:

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2001-C0	Pag. n. 248
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CARICHI E CRITERI DI PROGETTO	

Sollecitazioni [N/mm ²]	Condizione di Carico 1	Condizione di Carico 2
σ_x	167.1	134.6
τ_{xz}	27.6	11.2
τ_{xy}	3.8	3.8
σ_{id}	173.9	136.2
σ_{amm}	214	214
σ_{id}/σ_{amm}	0.81	0.64

TAB. 13.4 – VERIFICA GLOBALE DEL PIATTO – SOLLECITAZIONI

Le sollecitazioni nella sezione considerata risultano sempre inferiori a quella ammissibile.