
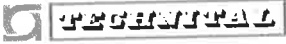


CO	10/06/13	Emissione per approvazione		DV	DL
REVISIONE		DESCRIZIONE		EL.	CON.
				APP.	
MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI MAGISTRATO ALLE ACQUE					
NUOVI INTERVENTI PER LA SALVAGUARDIA DI VENEZIA LEGGE N.798 DEL 29-11-1984 CONVENZIONE REP. N. 7191 DEL 04-10-1991 ATTO ATTUATIVO REP 8602 DEL 08.02.2013					
INTERVENTI ALLE BOCCHE LAGUNARI PER LA REGOLAZIONE DEI FLUSSI DI MAREA CUP: D51B02000050AC1					
PROGETTO ESECUTIVO					
WBS: MA.I1.48 WBE: MA.I1.48.PE.09					
BOCCA DI MALAMOCCO – PARATOIE E CONNETTORI PARATOIE VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONE DI AFFONDAMENTO RELAZIONE DI CALCOLO					
ELABORATO D. <i>Varisco</i>		CONTROLLATO D. <i>Lesina</i>		APPROVATO L. <i>Mazza</i>	
N. ELABORATO MV080P-PE-MAR-2012-C0		CODICE FILE MV080P-PE-MAR-2012-C0.doc		DATA 10 Giugno 2013	
CONSORZIO “VENEZIA NUOVA”					
COORDINAMENTO PROGETTAZIONE VERIFICATO: <i>L. Carretta</i> L. CARRETTA CONSORZIO VENEZIA NUOVA M. <i>Brogato</i>			PROGETTAZIONE  IL RESPONSABILE: <i>Alberto Scotti</i> a) civile e ambientale b) industriale c) dell'informazione PROGETTAZIONE SPECIALISTICA TECON		
OPERA PROTETTA AI SENSI DELLA LEGGE 22 APRILE 1941 N° 633 TUTTI I DIRITTI RISERVATI QUALSIASI RIPRODUZIONE ED UTILIZZAZIONE NON AUTORIZZATE SARANNO PERSEGUITE A RIGORE DI LEGGE					

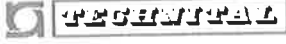
	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 2
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

INDICE

1.	OGGETTO E SCOPO	4
2.	RIFERIMENTI	5
	2.1. Elaborati del progetto esecutivo	5
	2.2. Normative	5
3.	MATERIALI	6
	3.1. Caratteristiche	6
	3.2. Tensioni ammissibili	7
4.	SCHEMATIZZAZIONE DELLA PARATOIA	11
	4.1. Descrizione della paratoia	11
	4.2. Unità di misura	12
	4.3. Programma di calcolo	12
	4.4. Sistema di riferimento del modello	13
	4.5. Sovra-spessore di corrosione	16
	4.6. Modello della paratoia	17
	4.7. Fasciami	21
	4.7.1. Fasciami esterni	21
	4.7.2. Fasciami interni (diaframmi longitudinali)	28
	4.8. Rinforzi ordinari	32
	4.8.1. Piatti	32
	4.8.2. Ferri a bulbo	34
	4.9. Squadre	38
	4.10. Piatti di rinforzo fori	40
	4.11. Telai rinforzati	42
	4.12. Supporti ammortizzatori	47
	4.13. Vincoli	49
5.	CARICHI APPLICATI	52
	5.1. Peso proprio	52
	5.1.1. Generalità	52
	5.2. Proprietà di Massa della Paratoia	53
	5.2.1. Generalità	53
	5.2.2. Pesi distribuiti uniformemente	55
	5.2.3. Peso concentrato solo in alcune zone	59
	5.2.4. Peso fouling, acqua contenuta nella paratoia e massa aggiunta	60
	5.3. Peso totale considerato per la paratoia con fouling, acqua contenuta nella paratoia e massa aggiunta	62

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 3
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

5.4. Velocità, Accelerazioni e Condizioni di Carico	63
6. COMBINAZIONI DI CARICO	69
7. RISULTATI	70
7.1. Verifiche tensionali	70
7.2. Reazioni vincolari	74
7.3. Deformazioni appoggi elastici	75
7.4. Estensione dei risultati alla Condizione di Carico 3	75
7.5. Conclusioni	77
8. IMMAGINI DEI RISULTATI	78
8.1. Indice dei risultati	78
8.2. Condizione di Carico 1 (V_{MAX})	79
8.3. Condizione di Carico 2 (A_{IMP})	85


	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 4
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

1. OGGETTO E SCOPO

La presente relazione illustra le verifiche degli elementi strutturali della paratoia di Malamocco attraverso una schematizzazione tridimensionale ad elementi finiti, nella condizione di affondamento.

I criteri di calcolo e, la derivazione dei carichi applicati sono illustrati nelle relazioni:

- MV080P-PE-MAR-2000 Relazione tecnica generale
- MV080P-PE-MAR-2001 Verifiche strutturali - Carichi e criteri di progetto
- MV080P-PE-MAR-2011 Analisi dell'affondamento della paratoia -
Relazione di calcolo
- MV080P-PE-MAR-2017 Analisi del moto di affondamento della paratoia:
metodo ed equazioni

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 5
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

2. RIFERIMENTI

2.1. Elaborati del progetto esecutivo

L'elenco dei documenti di progetto, nella revisione valida, è riportato nel documento:

- MV080P-PE-MZL-2001 Bocca di Malamocco - Paratoie e Connettori – Paratoie - Elenco elaborati

2.2. Normative

Le normative di riferimento per la progettazione sono:

per la scelta dei criteri di verifica, la definizione dei materiali e la schematizzazione base dei ferri a bulbo:

- NTC 2008 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” Decreto Ministero Infrastrutture del 14/01/2008

per i criteri di modellazione e di verifica:

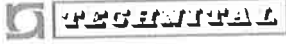
- R.I.Na. "Guida relativa ai criteri per la verifica mediante calcolo diretto della robustezza strutturale dello scafo delle navi", 1992

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", 2010 (invariata al 2012 per le parti di interesse)

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”

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 6
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

3. MATERIALI

3.1. Caratteristiche

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

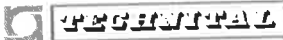
elementi	classe	spessore	materiale	norma
lamiere e piatti	a	>40 mm	S355K2	UNI EN 10025-1 UNI EN 10025-2 UNI EN 10164
lamiere e piatti	b	>20 mm e ≤40 mm	S275J2	UNI EN 10025-1 UNI EN 10025-2
lamiere, piatti, ferri a bulbo, profilati, ecc.	b - c d - e	≤20 mm	S275J0	UNI EN 10025-1 UNI EN 10025-2
lamiere,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

TAB. 3.1 - 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 < $t \leq$ 150 mm	150 mm < $t \leq$ 200 mm	3 mm < $t \leq$ 100 mm	100 mm < $t \leq$ 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. 3.2 - CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 7
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

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

- MV080P-PE-MAS-2001 Specifica Tecnica – Materiali, fabbricazione e controlli

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

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

3.2. 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 nel documento MV080P-PE-MAR-2001.

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:

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

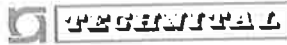
dove:

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

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 8
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

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 i progetto risultano pertanto:

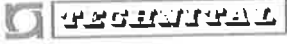
coeff. sicurezza		h = 1,25		h = 1,33		h = 1,55	
ReH (N/mm ²)	k	σ_{amm} (N/mm ²)	τ_{amm} (N/mm ²)	σ_{amm} (N/mm ²)	τ_{amm} (N/mm ²)	σ_{amm} (N/mm ²)	τ_{amm} (N/mm ²)
275	0,89	216	125	203	117	174	100
355	0,72	267	154	251	145	215	124

TAB. 3.3 - 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:

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 9
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

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

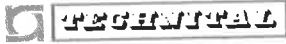
Le tensioni ammissibili di confronto risultano quindi come indicato nella seguente tabella.

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. 3.5 - 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:


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

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 10
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

I coefficienti di sicurezza, da cui le relative tensioni di confronto, adottati per le successive verifiche, tenuto conto degli spessori effettivamente presenti nella struttura, sono riportati nella successiva tabella.

Coeff. sicurezza	Materiale	Tensioni ammissibili (N/mm ²) in funzione dello spessore nominale (mm)				Combinazioni di carico
		≤16	>16 ≤40	>40 ≤63	>150 ≤200	
h	Acciaio					
1,25	S275 J0,J2	216	208			condizioni di carico combinate: fasi di abbattimento della paratoia in presenza di forze inerziali derivanti da velocità e accelerazioni sperimentate durante il moto
	S355K2			252	214	

TAB. 3.6 - COEFFICIENTI DI SICUREZZA PER LE VERIFICHE STRUTTURALI

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 11
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

4. SCHEMATIZZAZIONE DELLA PARATOIA

4.1. Descrizione della paratoia

Le caratteristiche geometriche principali della paratoia sono:

- lunghezza totale 29,55 [m]
- lunghezza da asse cerniere 28,90 [m]
- larghezza massima 19,92 [m]
- larghezza in punta 19,86 [m]
- lunghezza rastremazione (dalla punta) 19,10 [m]
- altezza 4,50 [m]
- distanza asse cerniere da superficie superiore 0,80 [m]

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.

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 12
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

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.

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.

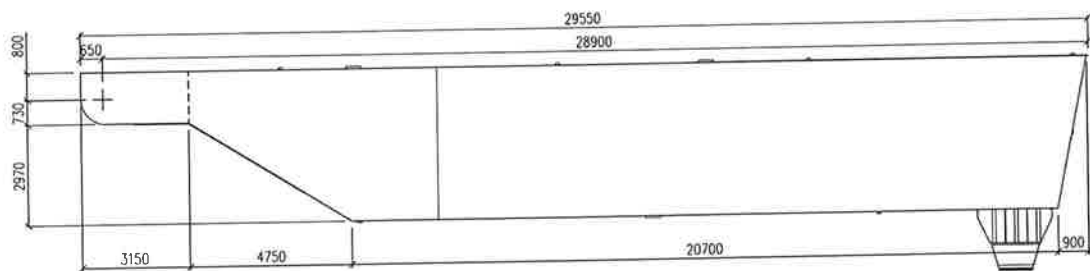


FIG. 4.1 – PARATOIA – VISTA LATERALE

4.2. Unità di misura

Per le unità di misura si è adottato il Sistema Internazionale.


4.3. Programma di calcolo

La paratoia è stata analizzata utilizzando il programma di calcolo Autodesk Simulation Mechanical

autore: Autodesk (ex ALGOR Inc.)

release: 2013

Autodesk Simulation Mechanical è un software package di Autodesk, per analisi a elementi finiti, di applicazione generale.

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 13
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

Il codice adottato è un programma commerciale di uso internazionale nel settore della progettazione meccanica e strutturale, certificato, sottoposto a continuo controllo e aggiornamento e oggetto di un forum pubblico degli utilizzatori.

L'affidabilità è stata anche verificata dal progettista attraverso l'uso costante nell'arco di circa 20 anni, in particolare per progetti di tipo navale.

Ulteriori informazioni sono riportate nel documento MV080P-PE-MAR-2001, in particolare riguardo ai metodi di calcolo delle sollecitazioni, convenzioni e caratteristiche degli elementi utilizzati.

4.4. Sistema di riferimento del modello

Il modello è descritto in un sistema di riferimento globale, nel quale sono riportate tutte le visualizzazioni insieme con la terna di riferimento globale.

Nelle figure seguenti è riportata la posizione del sistema di riferimento globale rispetto al quale sono forniti i risultati:

- asse X di simmetria trasversale delle paratoia
- asse Y longitudinale passante per il centro degli snodi
- asse Z verticale spiccato dall'intersezione di X con Y

I singoli elementi hanno il loro sistema di riferimento locale, che non è però utilizzato nella visualizzazione e nella restituzione dei risultati e che non viene pertanto descritto.

Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 14
Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

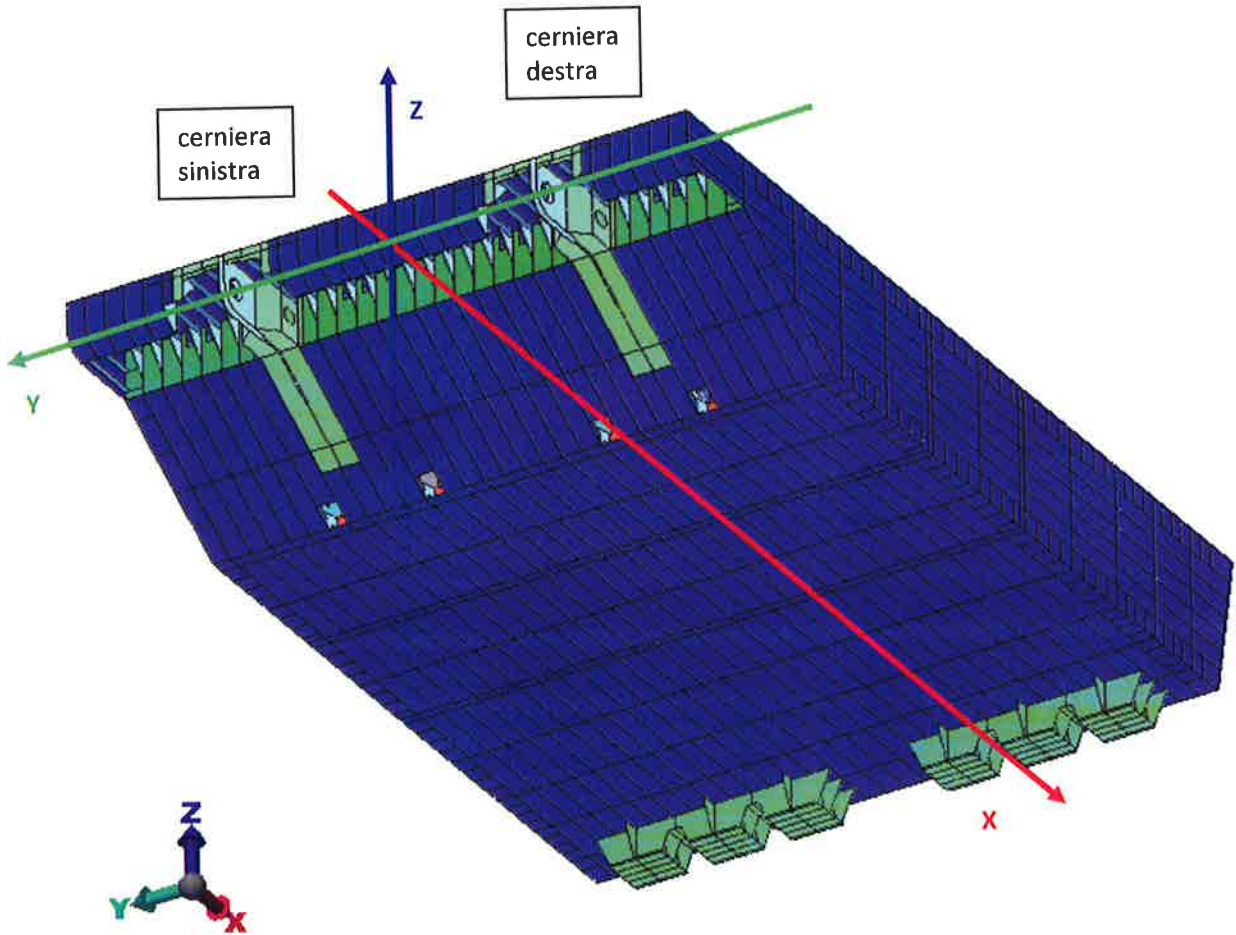


FIG. 4.2 – POSIZIONE SISTEMA DI RIFERIMENTO GLOBALE DEL MODELLO VISTA 3D

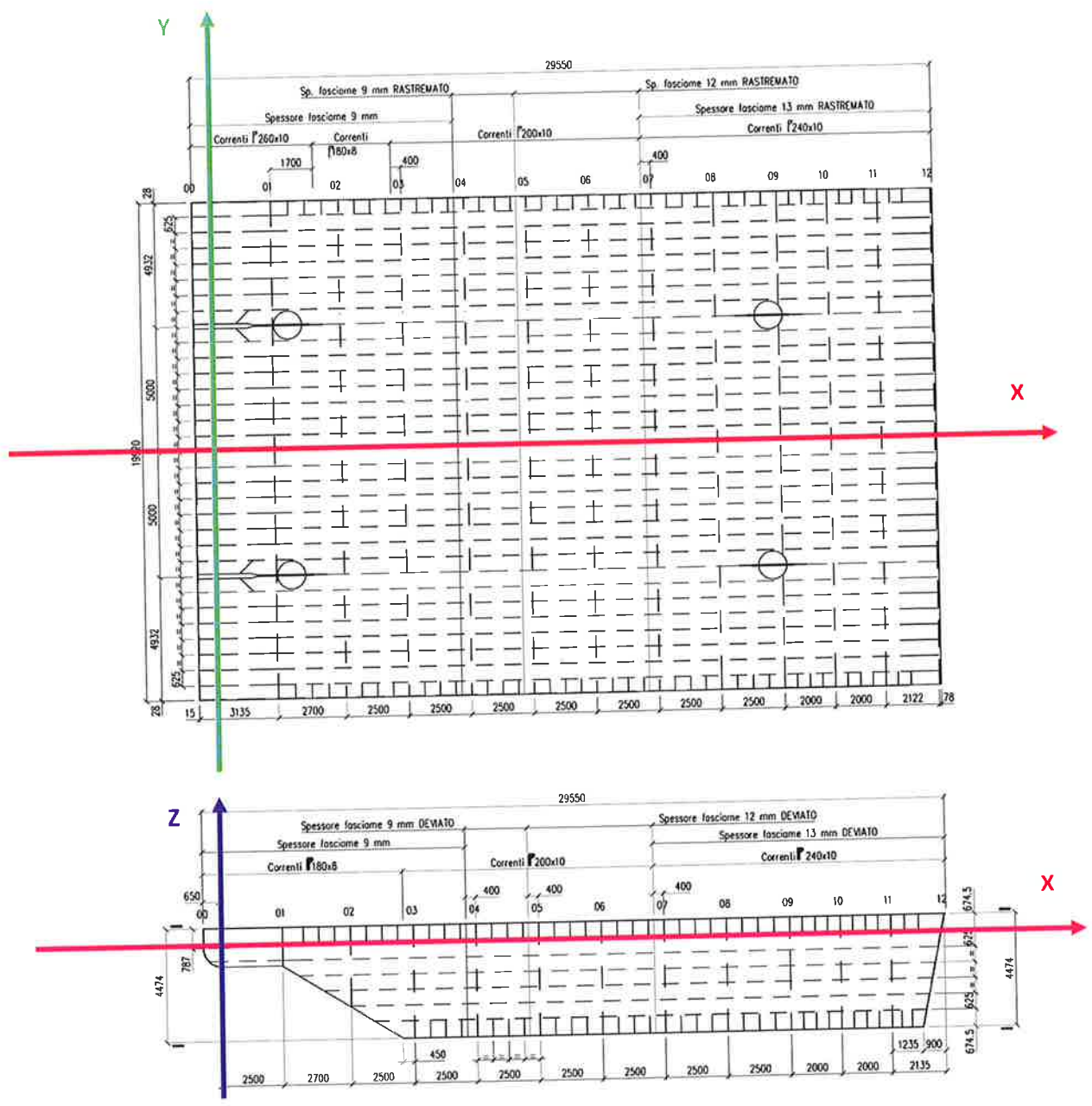
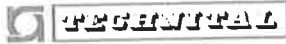


FIG. 4.3 – POSIZIONE SISTEMA DI RIFERIMENTO GLOBALE DEL MODELLO IN PIANTA E ALZATO

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 16
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

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:

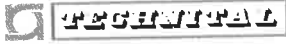
- lato esterno 0,5 mm, assimilabile a "Altri locali, Mare ed aria esterni"
- lato interno 1,0 mm, assimilabile a "Cisterne di zavorra"

Pertanto, nelle situazioni ricorrenti 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)

Nel modello tutti gli elementi sono schematizzati al netto del sovra-spessore di corrosione, mentre le densità adottate per i materiali di ogni elemento sono calcolate tenendo conto anche del peso corrispondente allo spessore nominale. Si vedano anche la tabella al successivo punto e le indicazioni nel capitolo 5.

Circa la rappresentazione dei sovra-spessori di corrosione, gli assi geometrici degli elementi netti (dedotti i sovra-spessori) sono disposti in corrispondenza degli allineamenti teorici della struttura, riportati nei disegni di progetto e nella figura precedente

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 17
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

4.6. Modello della paratoia

La struttura è stata schematizzata con le seguenti tipologie di elemento:

- piastra
- trave
- elemento 3D o brick

Non sono utilizzati elementi a comportamento membranale.

La modellazione adottata è intermedia tra il 2° e il 3° livello di schematizzazione definiti nella Guida R.I.Na. ai par. 1.3.3 e 1.3.4.

La schematizzazione con gli elementi piastra è stata eseguita utilizzando quadrilateri o triangoli 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 dimensioni di ingombro della paratoia sono:

- lunghezza totale 29,55 m
- larghezza 19,92 m
- altezza 4,50m

L'elemento piastra (plate) base ha, in genere, 4 nodi e forma quadrata con lato da 156,25 mm, che è un sottomultiplo degli interassi ricorrenti (ad esempio, essendo tipicamente 625 mm l'interasse tra i bulbi, il fasciame tra due bulbi contigui è modellato da 4 elementi piastra).

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 18
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

In situazioni particolari di raccordo fra vari elementi strutturali, per continuità nel modello a elementi finiti, tali dimensioni possono diminuire, oppure l'elemento può diventare triangolare o trapezio.

Gli elementi tridimensionali schematizzanti la lamiera da 60 mm hanno, in genere, 8 nodi e forma di parallelepipedo con base quadrata di lato pari ad un terzo dell'elemento piastra base e spessore 29 mm.

Gli elementi tridimensionali schematizzanti la lamiera da 180 mm hanno, in genere, 8 nodi e forma di parallelepipedo con base quadrata pari all'elemento piastra base e spessore 89 mm.

Le lamiere di grande spessore sono pertanto modellate con due elementi nello spessore, tenendo conto della riduzione dello spessore per corrosione.

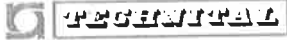
Tutti gli elementi plate sono stati considerati aventi cerniere con asse nel piano dell'elemento in corrispondenza dell'unione con gli elementi brick, cioè non sono presenti incastri tra elementi plate e gli elementi brick.

Ulteriori dettagli sono forniti nel documento MV080P-PE-MAR-2001.

Il modello è composto da:

- 127.847 nodi
- 18.156 elementi trave
- 116.365 elementi piastra
- 11.532 elementi tridimensionali

Nella tabella seguente si riporta la sintesi degli elementi utilizzati per ogni componente della paratoia, indicando la funzione nel complesso strutturale, il tipo e lo spessore, mentre nei successivi paragrafi si riportano precisazioni sugli elementi e sulla schematizzazione adottata e i dettagli del modello per ogni tipologia di elemento in base alla sua funzione.

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 19
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

Funzione	posizione	tipo	elemento Algor	spessore nominale (mm)	riduzione per corrosione (mm)
Fasciami esterni	superiore	lamiera	piastra	9-12-13	1,5
	inferiore	lamiera	piastra	9-12-13	1,5
	laterale	lamiera	piastra	9-12-13	1,5
	posteriore	lamiera	piastra	9-13	1,5
	anteriore	lamiera	piastra	13	1,5
	ossatura 01	lamiera	piastra	9-20	1,5
	inferiore sotto pinna	lamiera	piastra	20	1,5
Fasciami interni (paratie longitudinali)	tipici (15 mm solo per irrigidimenti pinne)	lamiera	piastra	10-12	2
	irrigidimenti pinne	lamiera	piastra	20	2
	zone recessi twist lock	lamiera	piastra	30	2
	zone recessi twist lock	lamiera	brick	60	2
	pinna	lamiera	brick	180	2
Rinforzi ordinari	paratie longitudinali e diaframma telaio 09	piatti	piastra	11	2
	piatti fasciame posteriore	piatti	piastra	12-15	1,5
	fasciami esterni	ferri a bulbo - anima ferri a bulbo - bulbo	piastra trave	max Hp 300x13	2
Squadre	spigoli	piatti	piastra	10	2
Piatti rinforzo fori	paratie longitudinali	piatti	trave	11	2
Telaio rinforzati	ossatura 02	lamiera piattabande	piastra trave	8-10 12	2
	ossatura 03	lamiera piattabande	piastra trave	8-10 12	2
	ossatura 04	lamiera piattabande	piastra trave	8-10 12	2
	ossatura 05	lamiera piattabande	piastra trave	8-10 12	2
	ossatura 06	lamiera piattabande	piastra trave	8-10 12	2
	ossatura 07	lamiera piattabande	piastra trave	8-12 14	2
	ossatura 08	lamiera piattabande	piastra trave	8-12 14	2
	ossatura 09	lamiera piattabande	piastra trave	8-12 14	2
	ossatura 10	lamiera piattabande	piastra trave	8-12 14	2
	ossatura 11	lamiera piattabande	piastra trave	8-12 14	2
	diaframma centrale	lamiera piattabande	piastra trave	10-12 12-14	2
Telaio ammortizzatori	ossatura 11	lamiera	piastra	10	1
		piattabande	trave	10	1
		lamiera	piastra	20	1

TAB. 4.1 - ELEMENTI TIPICI, SPESSORI NOMINALI E RIDUZIONE PER CORROSIONE

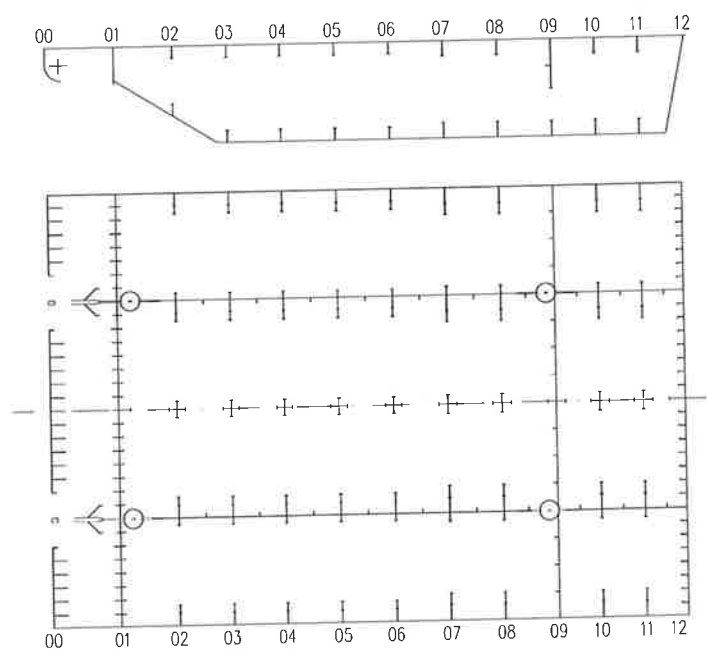
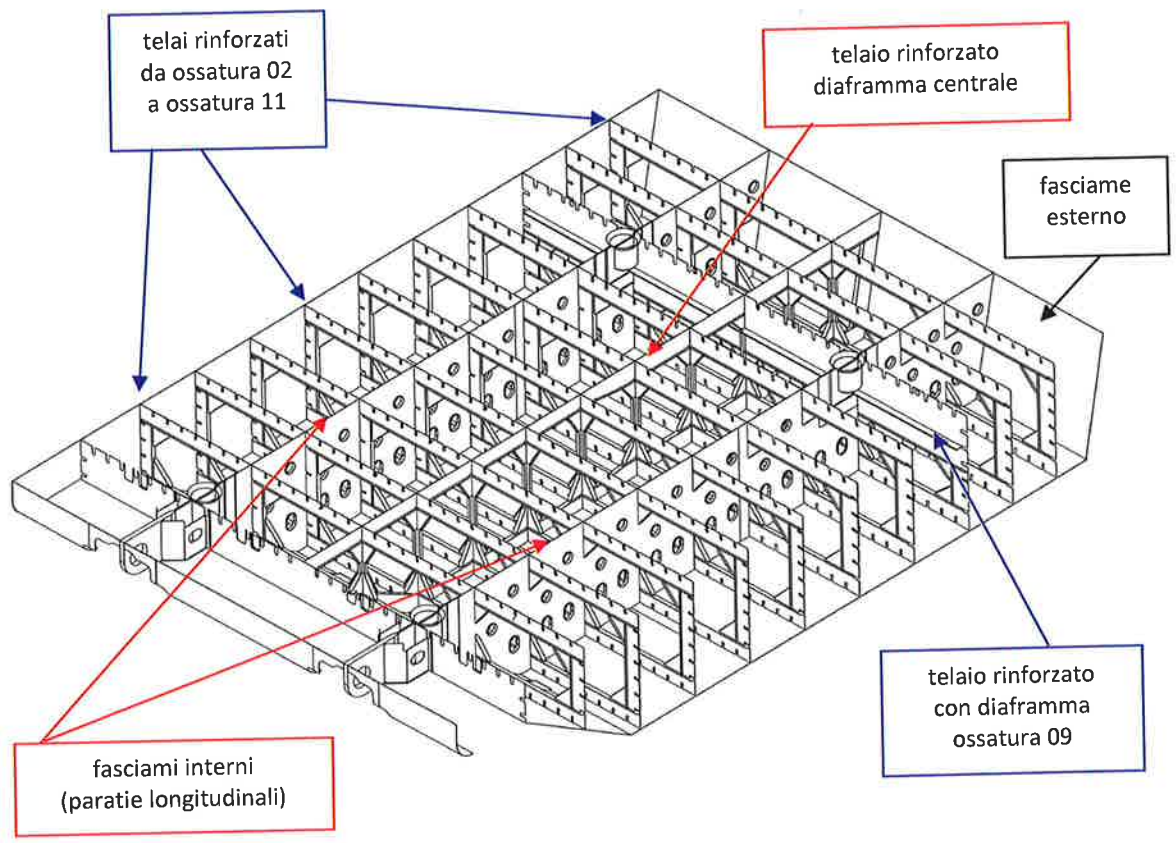



FIG. 4.4 - ELEMENTI PARATOIA E NUMERAZIONE OSSATURE

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 21
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

4.7. Fasciami

4.7.1. Fasciami esterni

I fasciami esterni sono stati schematizzati con elementi piastra aventi uno spessore 9 mm, 12 mm, 13 mm o 20 mm (solo per i rinforzi locali sotto le pinne), ridotto di 1,5 mm quale sovra-spessore di corrosione.

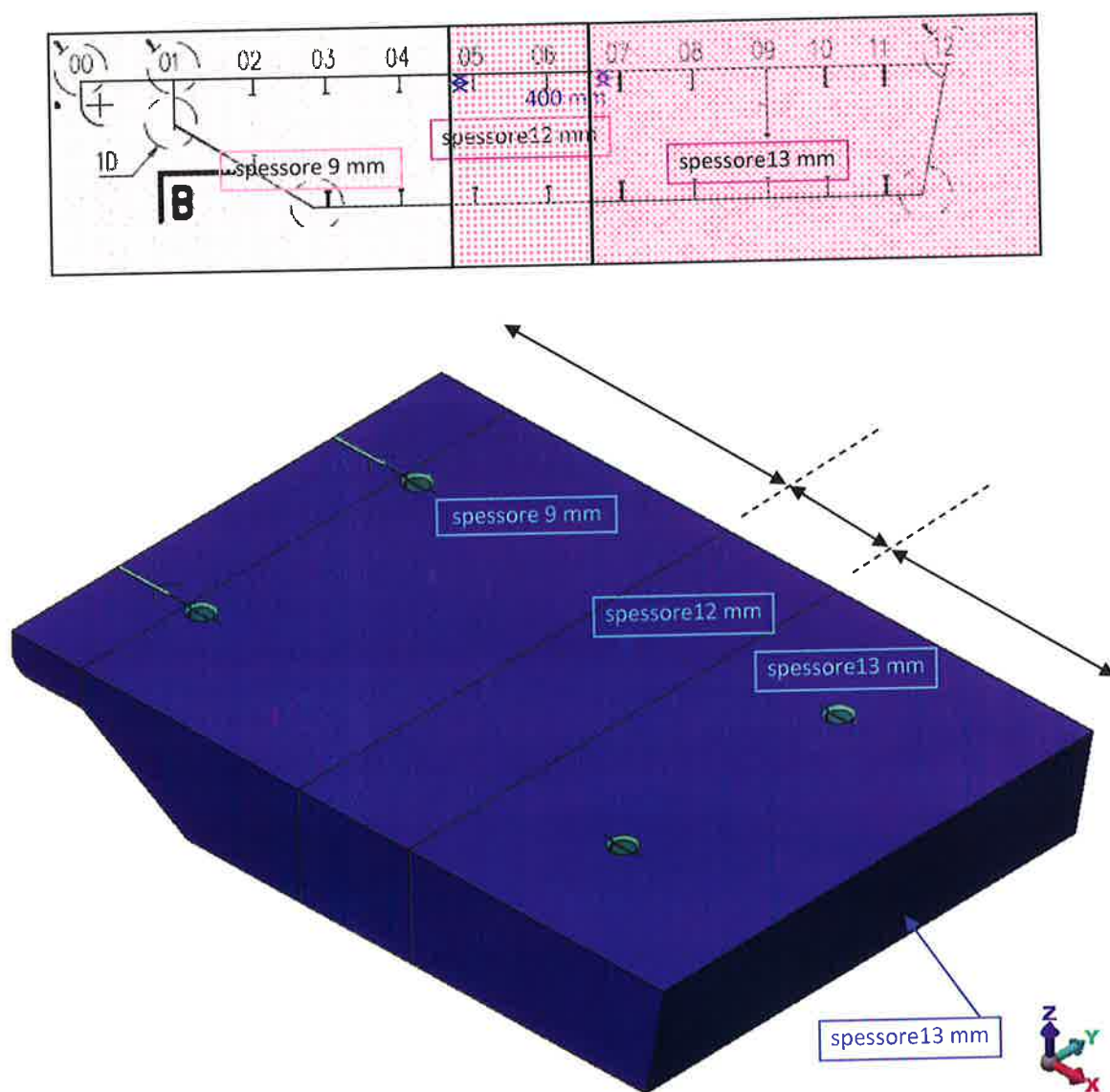
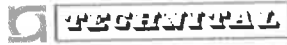


FIG. 4.5 – FASCAMI ESTERNI: VISTA LATERALE E SUPERIORE

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 22
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

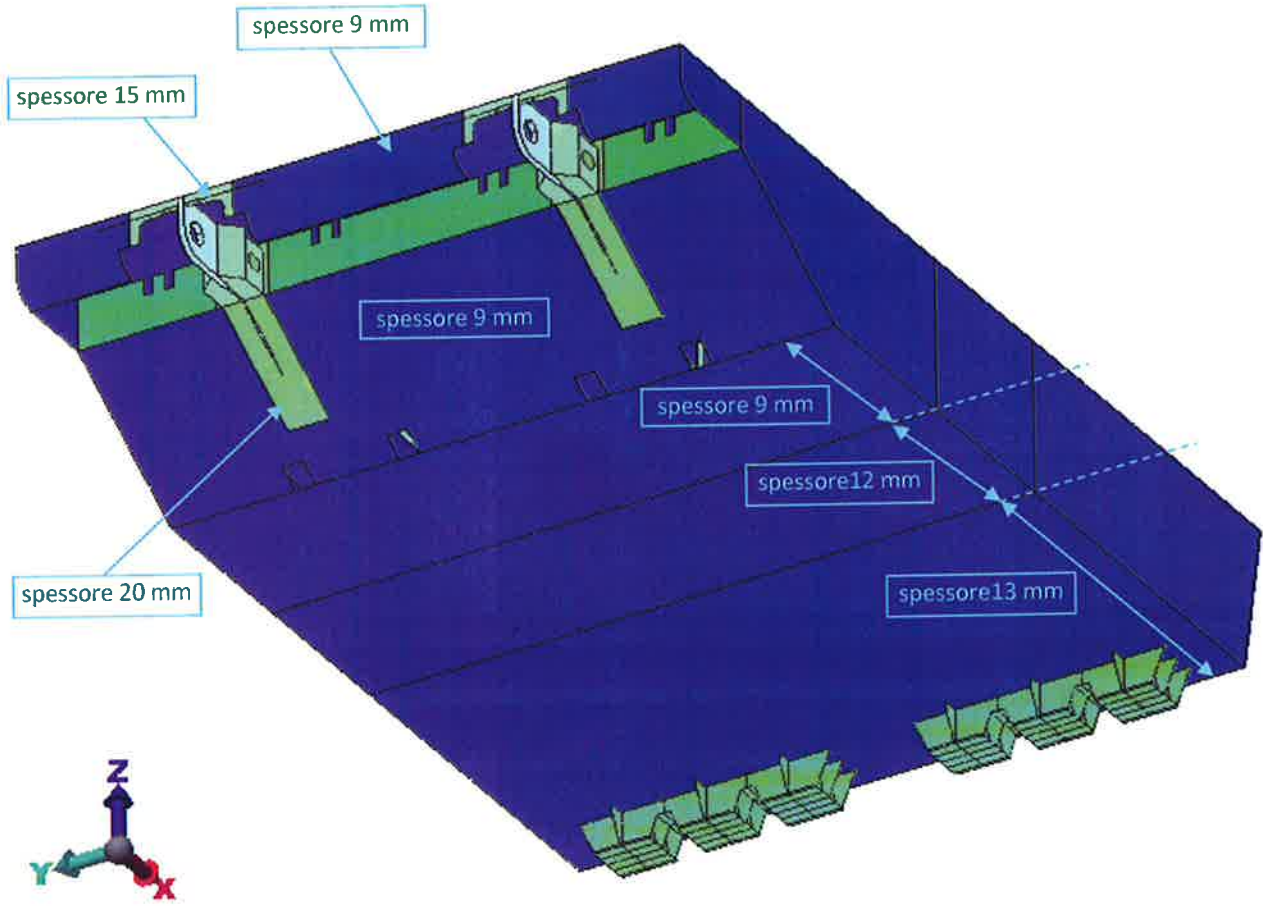



FIG. 4.6 – FASCIAMI ESTERNI: VISTA INFERIORE

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 23
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

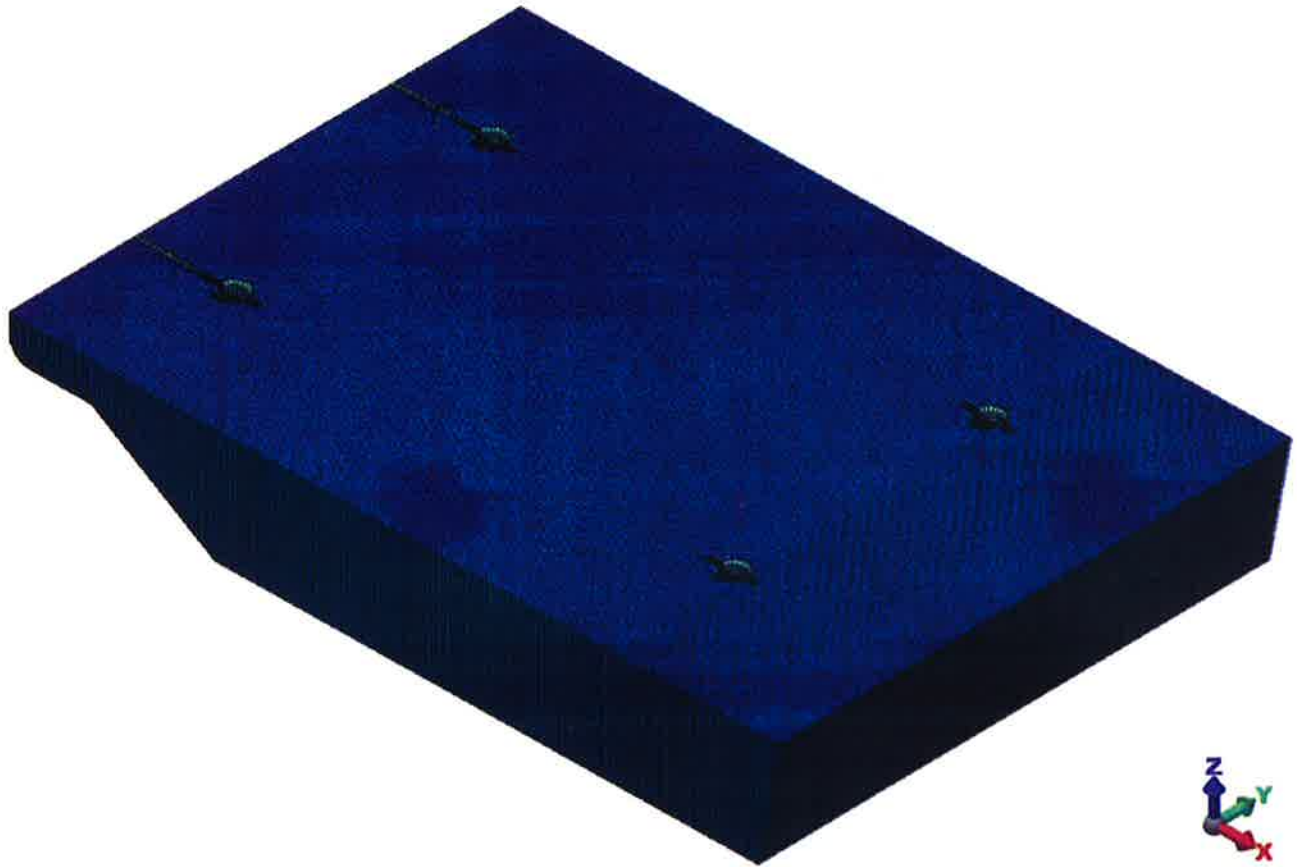
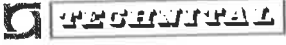


FIG. 4.7 – FASCIAMI ESTERNI: DETTAGLIO MESH

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 24
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

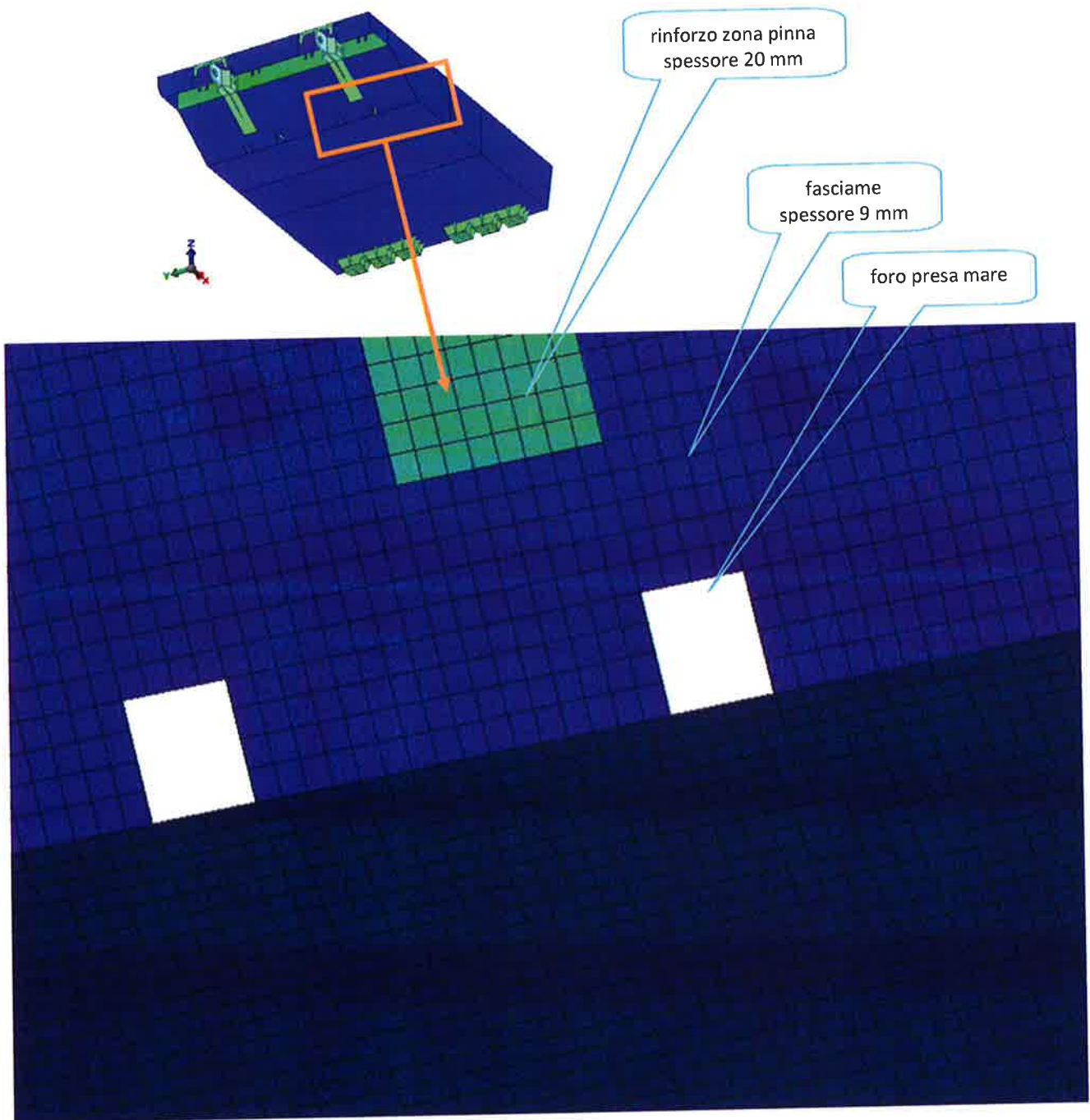
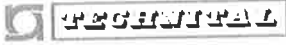


FIG. 4.8 – FASCIAMI ESTERNI: DETTAGLIO PRESE MARE VISTE DAL BASSO

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 25
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

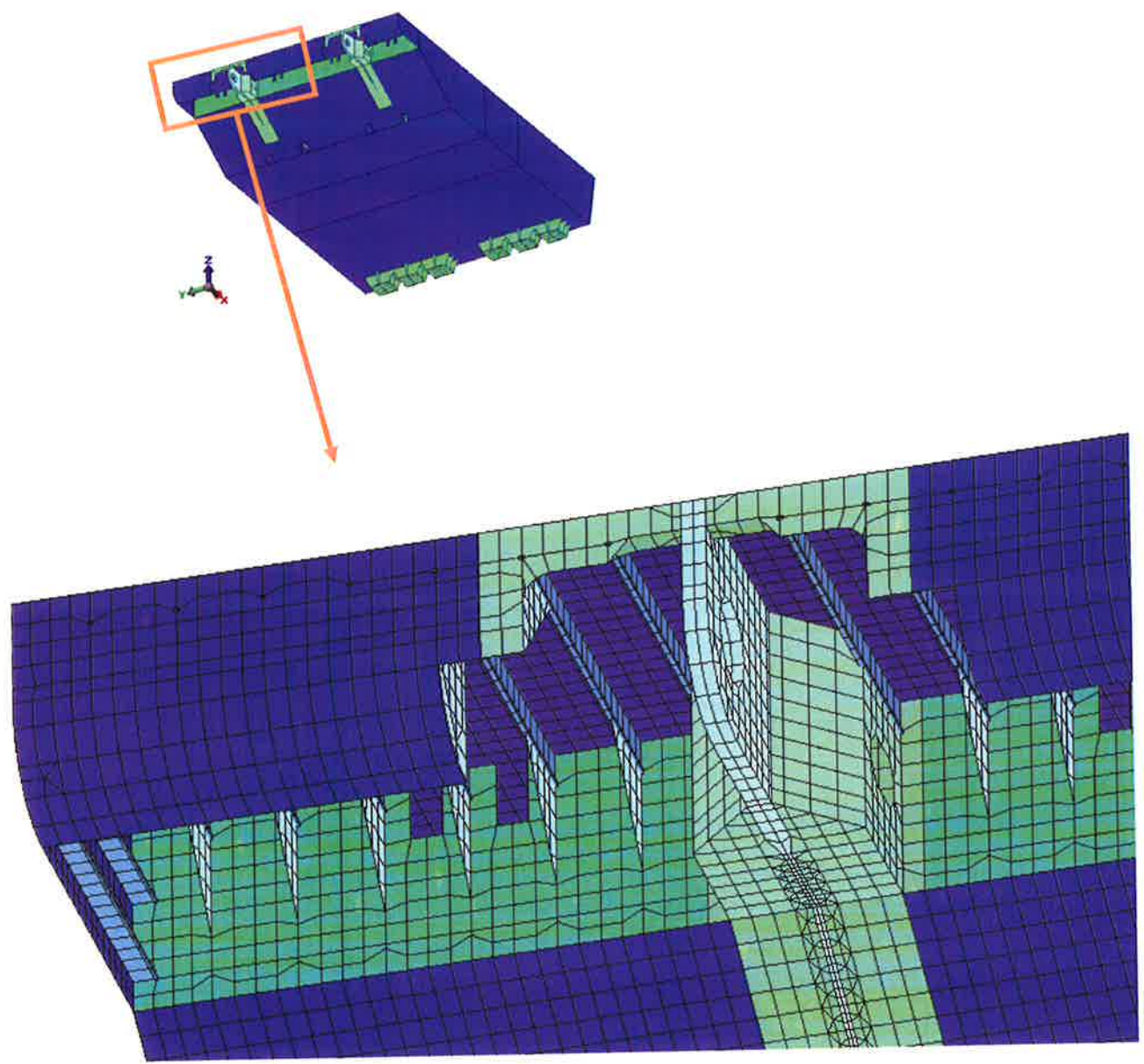


FIG. 4.9 – FASCIAMI ESTERNI: DETTAGLIO SFOGHI ARIA VISTI DAL BASSO

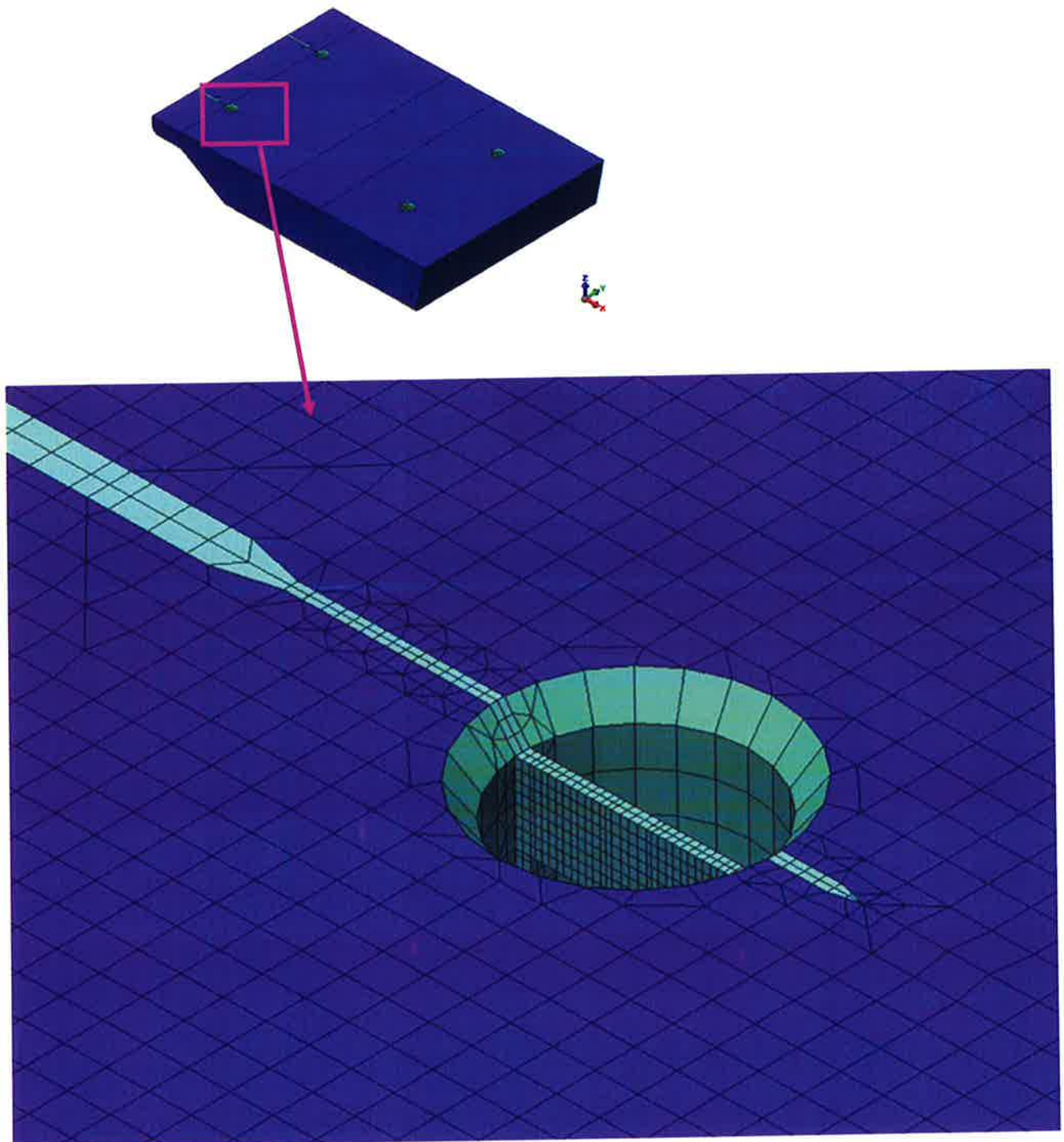
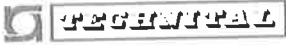


FIG. 4.10 – FASCIAMI ESTERNI: DETTAGLIO CAVA TWIST LOCK POSTERIORE

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 27
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

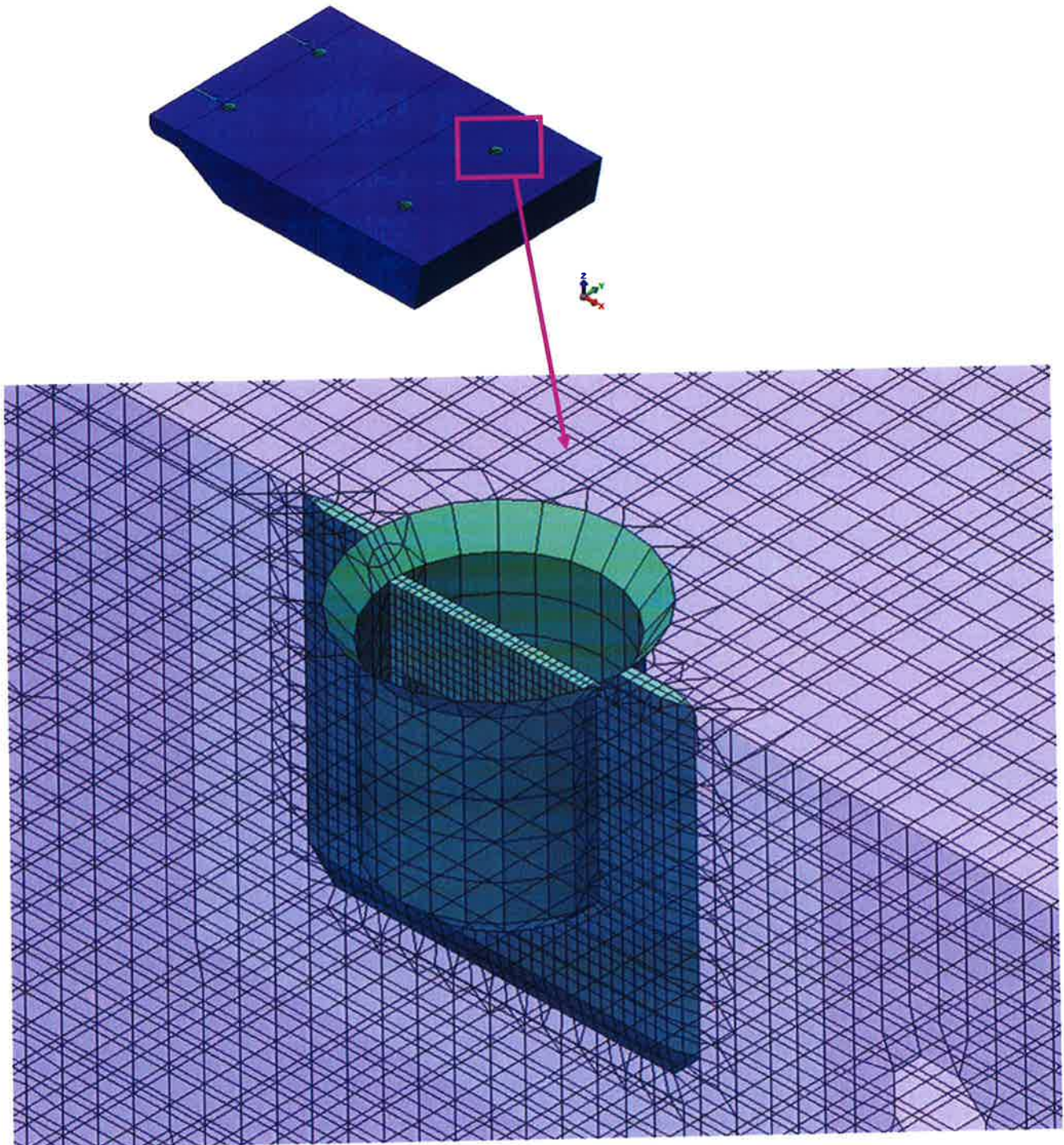
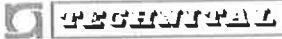


FIG. 4.11 – FASCIAMI ESTERNI: DETTAGLIO CAVA TWIST LOCK ANTERIORE

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 28
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

4.7.2. Fasciami interni (diaframmi longitudinali)

I fasciami interni sono stati schematizzati con elementi piastra nelle zone in cui lo spessore è pari a 10, 12, 15, 20 e 30 mm (colore blu nella figura seguente), e con elementi tridimensionali nelle zone in cui lo spessore è 60 e 180 mm (in colore verde), raccordati agli elementi piastra. Lo spessore degli elementi è pari a quello indicato sui disegni, ridotto di 2,0 mm quale sovra-spessore di corrosione.

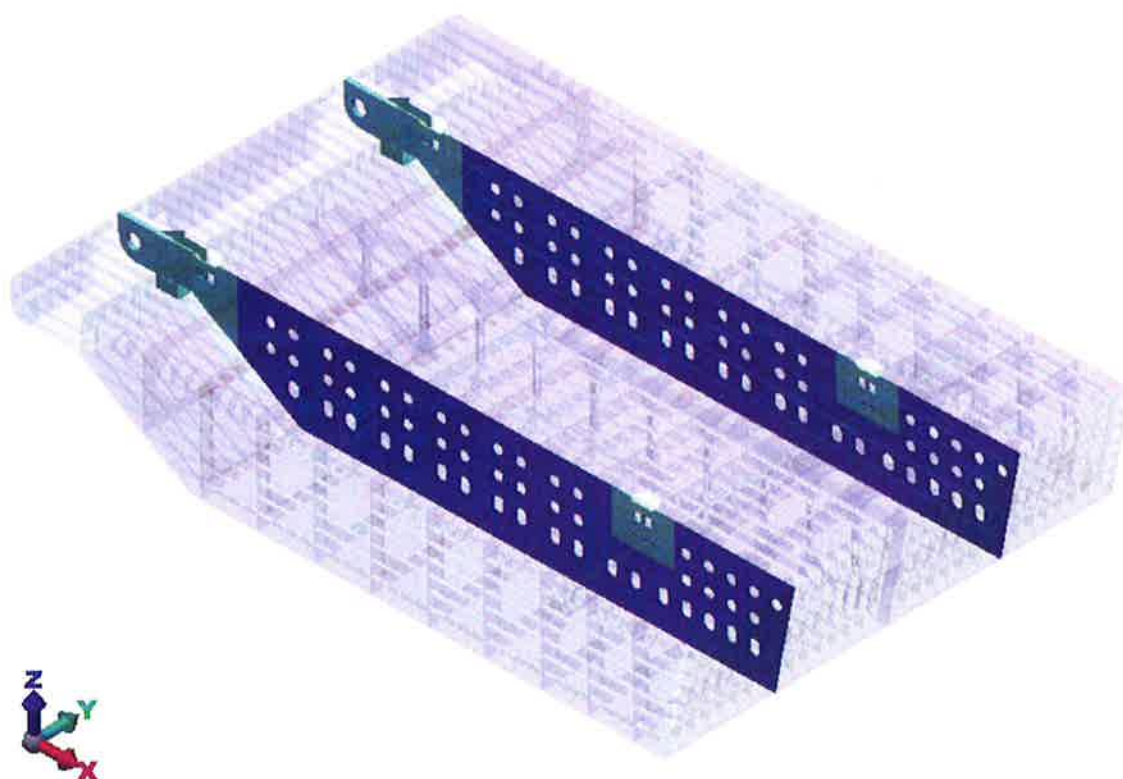
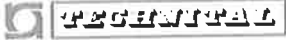


FIG. 4.12 – FASCIAMI INTERNI

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 29
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

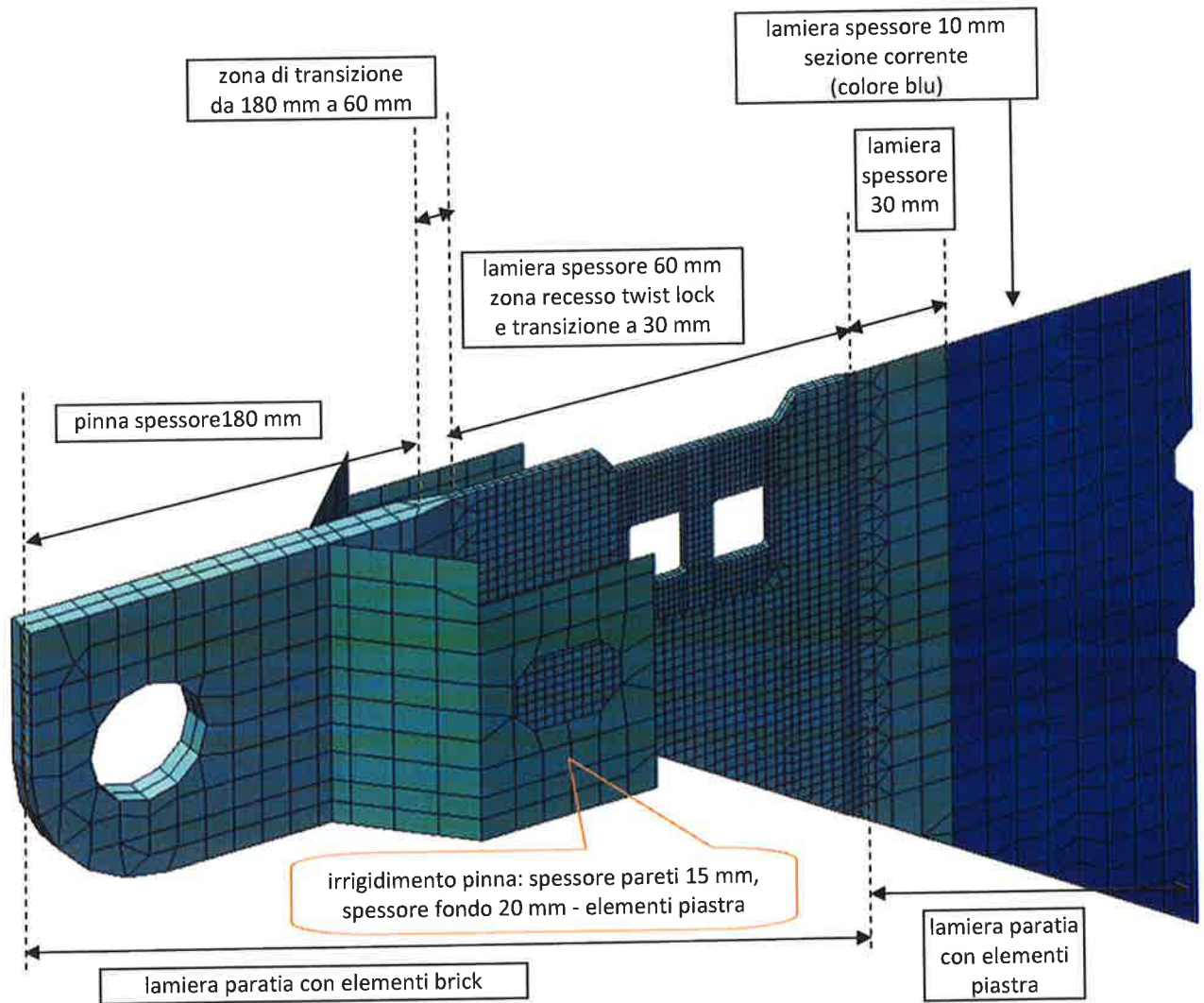


FIG. 4.13 – PARATIE LONGITUDINALI: DETTAGLIO PINNA E ZONA RECESSO TWIST LOCK POSTERIORE

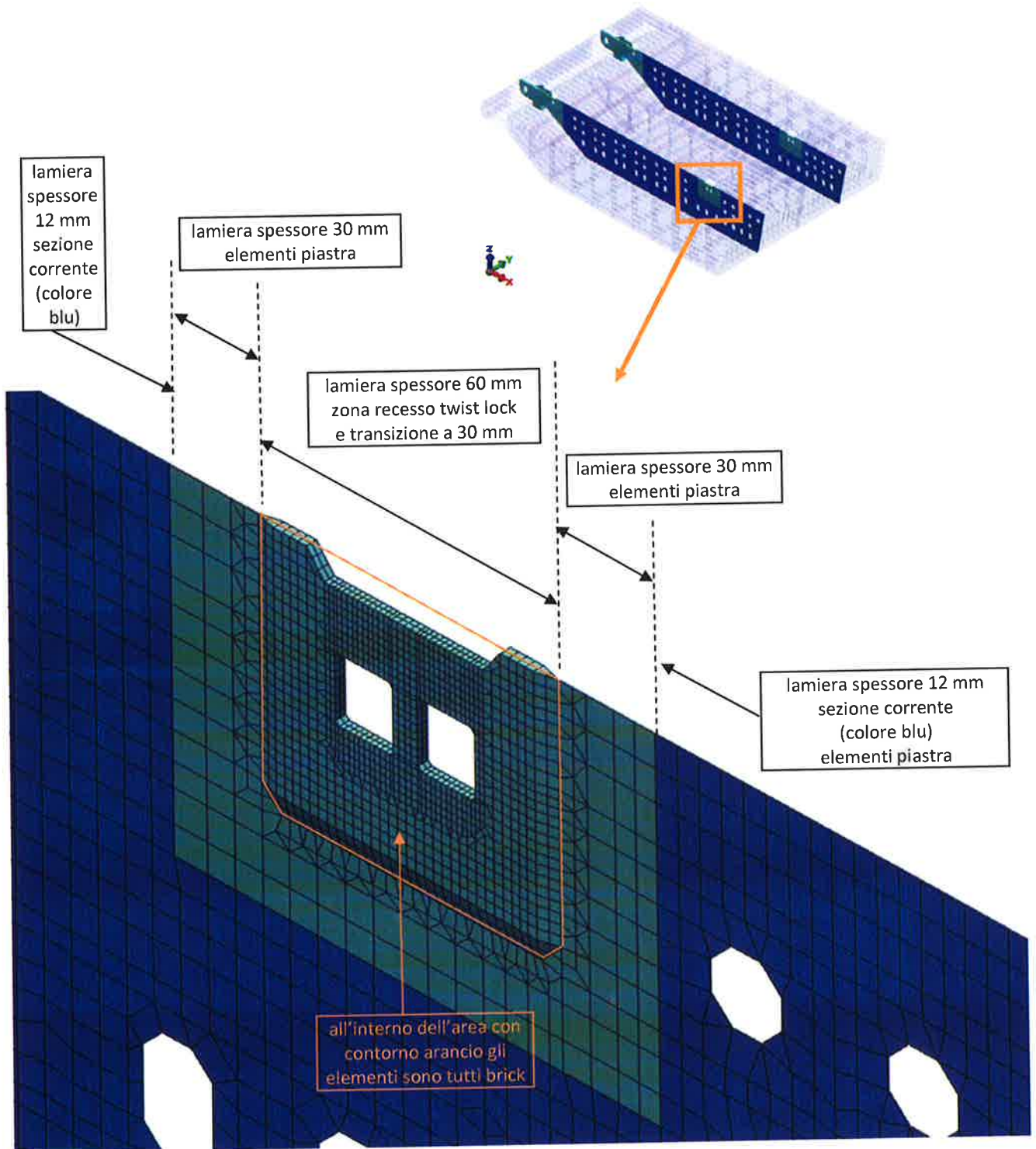



FIG. 4.14 – PARATIE LONGITUDINALI: DETTAGLIO ZONA RECESSI TWIST LOCK ANTERIORE

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 31
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

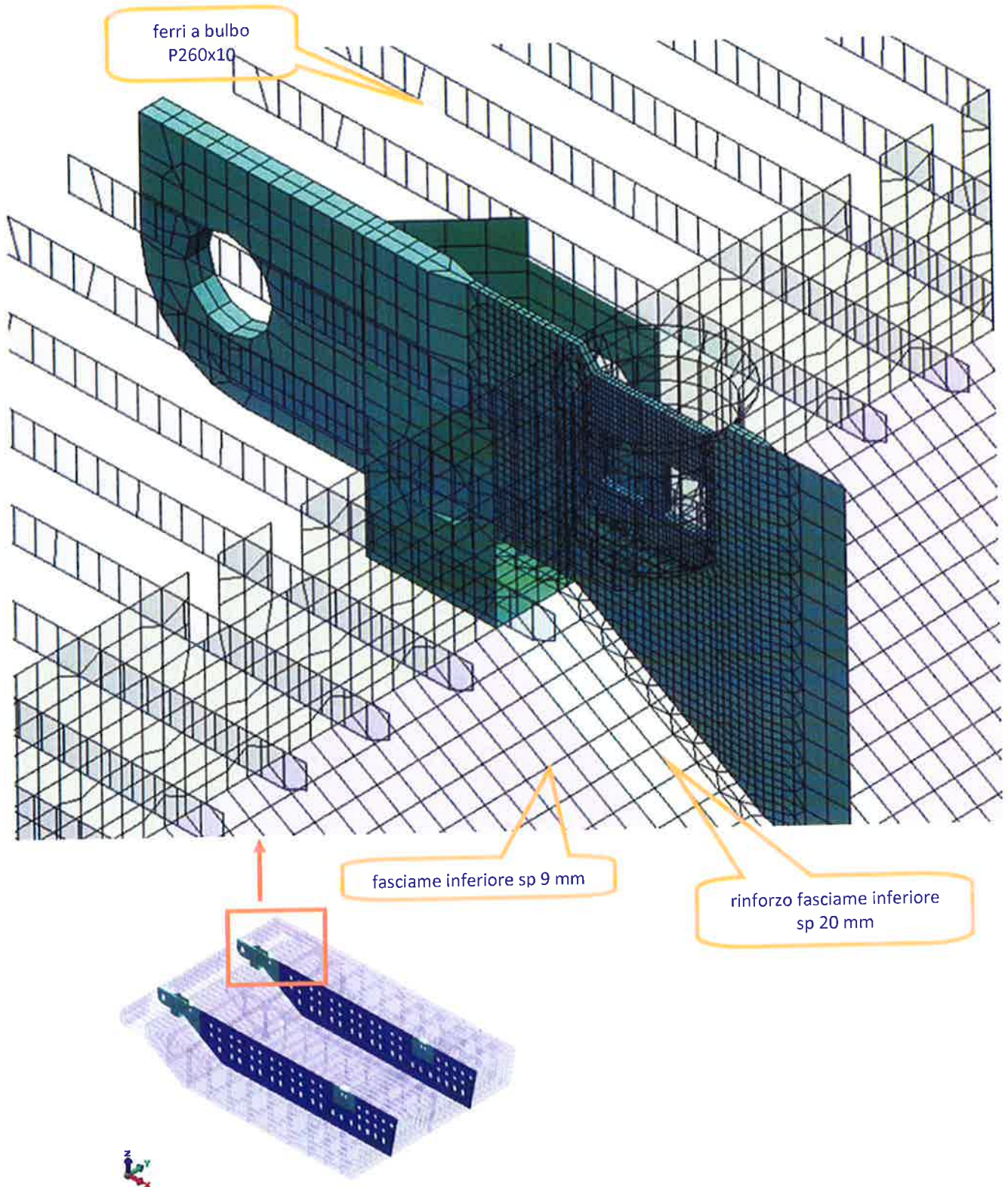



FIG. 4.15 – FASCIAMI INTERNI: DETTAGLIO RINFORZI ZONA CERNIERE

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 32
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

4.8. Rinforzi ordinari

4.8.1. Piatti

I piatti di rinforzo dei diaframmi longitudinali e del diaframma verticale dell'ossatura 09 sono stati schematizzati con elementi piastra di altezza pari al piatto e di spessore lordo 11 mm, ridotto di 2,0 mm quale sovra-spessore di corrosione.

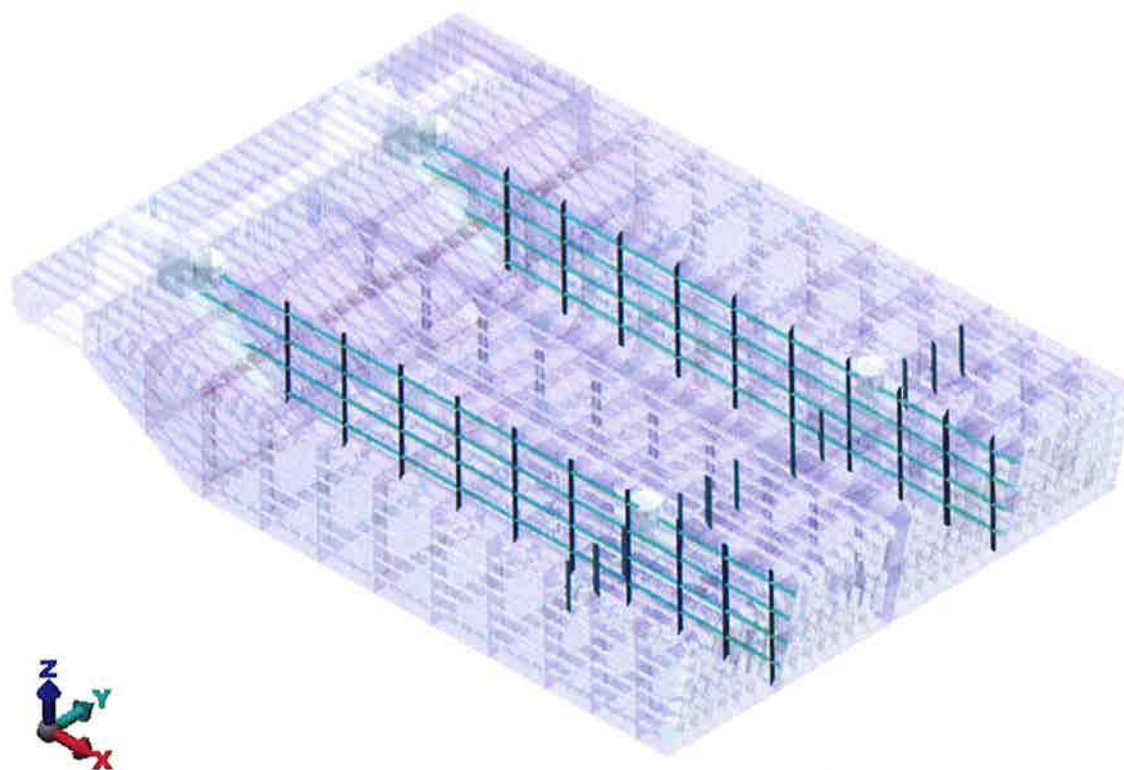


FIG. 4.16 – PIATTI DI RINFORZO SU PARATIE LONGITUDINALI E DIAFRAMMA OSS. 09

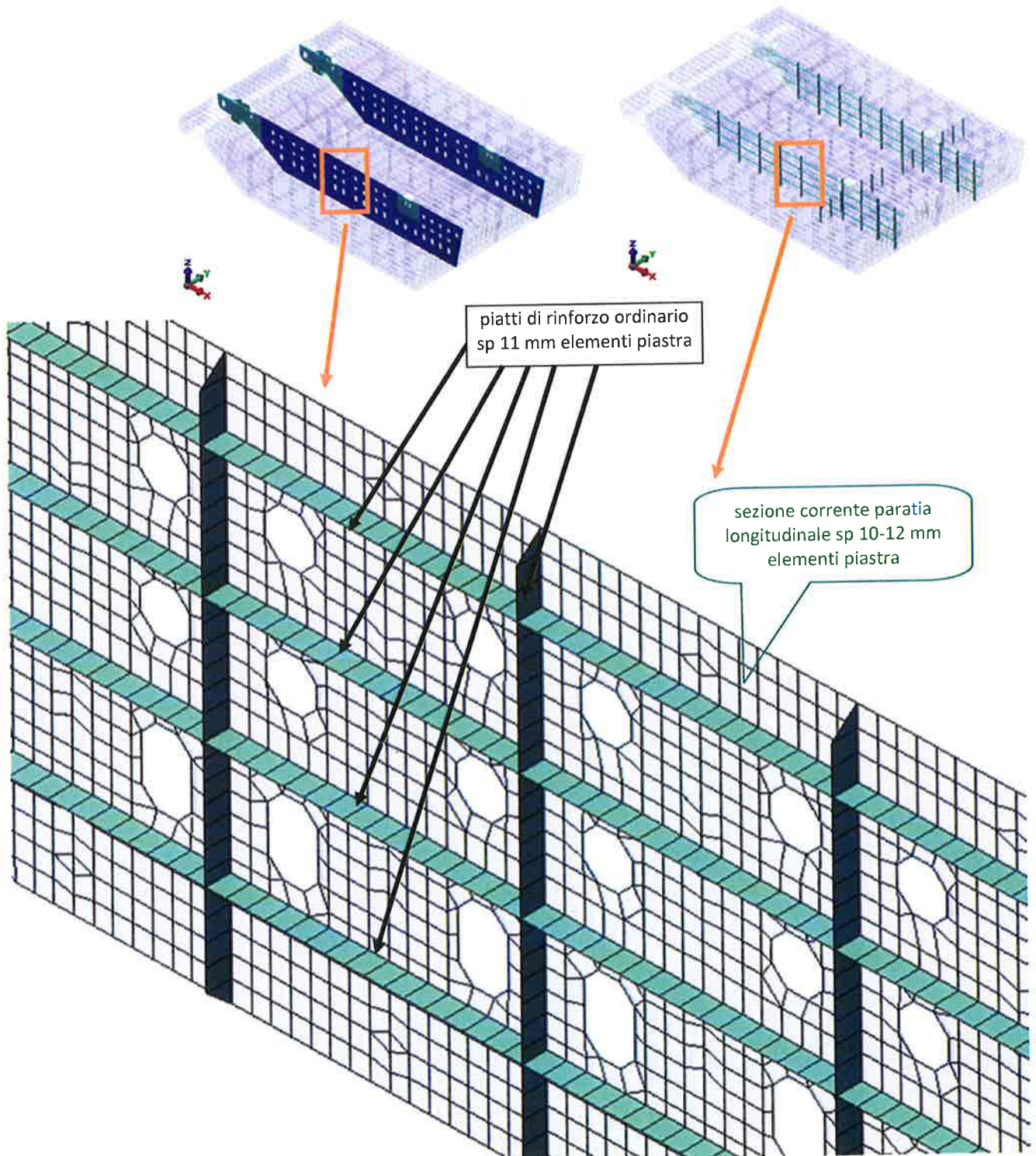



FIG. 4.17 – PIATTI DI RINFORZO: DETTAGLIO MESH SU PARATIE LONGITUDINALI

 GENERALI	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 34
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

4.8.2. Ferri a bulbo

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 di 2,0 mm quale sovra-spessore di corrosione.

L'angolare così ottenuto viene schematizzato attraverso un elemento piastra, simulante l'anima del ferro, ed un elemento trave, simulante il bulbo, attraverso la trasformazione riportata in Fig. 4.18.

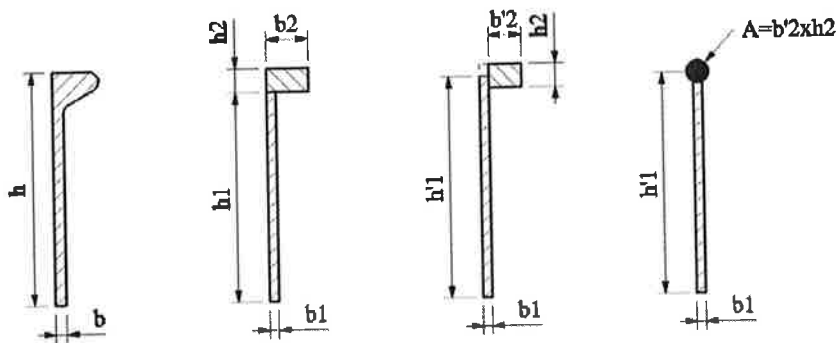


FIG. 4.18 – CONVERSIONE FERRI A BULBO

dove:


$h \times b$ = dimensioni bulbo.

Trasformazione secondo il metodo R.I.Na. (ref. Parte B, Capitolo 4, Sezione 3, Par. 3.2.1) con:

$$b1 = b - 2$$

$$h1 + h2 = h$$

Per avere il centro dell'elemento trave (ala del profilo) nella stessa posizione del suo baricentro reale, si esegue un'ulteriore trasformazione dell'angolare equivalente, aumentando l'altezza dell'anima e modificando la larghezza del bulbo in modo che l'area della sezione composta rimanga invariata. Tale ulteriore trasformazione permette una schematizzazione ad elementi finiti più simile alla realtà rispetto a quello che si otterrebbe considerando l'elemento trave in corrispondenza del punto più alto ($h1$) dell'elemento plate costituente l'anima dell'angolare composto.

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 35
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

$$h'1 = h1 + \frac{h2}{2}$$

$$b'2 = b2 - \frac{b1}{2}$$

L'angolare così ottenuto viene schematizzato nel seguente modo:

- elemento piastra avente altezza pari ad h'1 e spessore b1;
- elemento trave con le caratteristiche geometriche di un rettangolo avente per lati b'2 e h2.

In Tab. 4.2 vengono riportati i dati dei ferri a bulbo considerati.

Bulbo	h1	b1	h2	b2	h'1	b'2
180x8	162.4	6.0	17.6	30.9	171.20	27.87
200x10	180.3	8.0	19.7	35.9	190.15	31.85
240x10	215.9	8.0	24.1	41.8	227.95	37.82
260x10	233.7	8.0	26.3	44.8	246.85	40.81
300x13	269.4	11.0	30.6	53.8	284.70	48.28

TAB. 4.2 – CONVERSIONE BULBI

I ferri a bulbo sono:

- P180x8 sui fasciami dall'ossatura 00 alla 03 circa, con la sola esclusione del fasciame superiore, che è rinforzato nella zona tra l'ossatura 00 e l'ossatura 02 circa con ferri P260x10, come indicato in figura;
- P200x10 sui fasciami dall'ossatura 03 circa all'ossatura 07 circa;
- P240x10 sui fasciami dall'ossatura 07 circa all'ossatura 12;
- P300x13 sul fasciame anteriore;

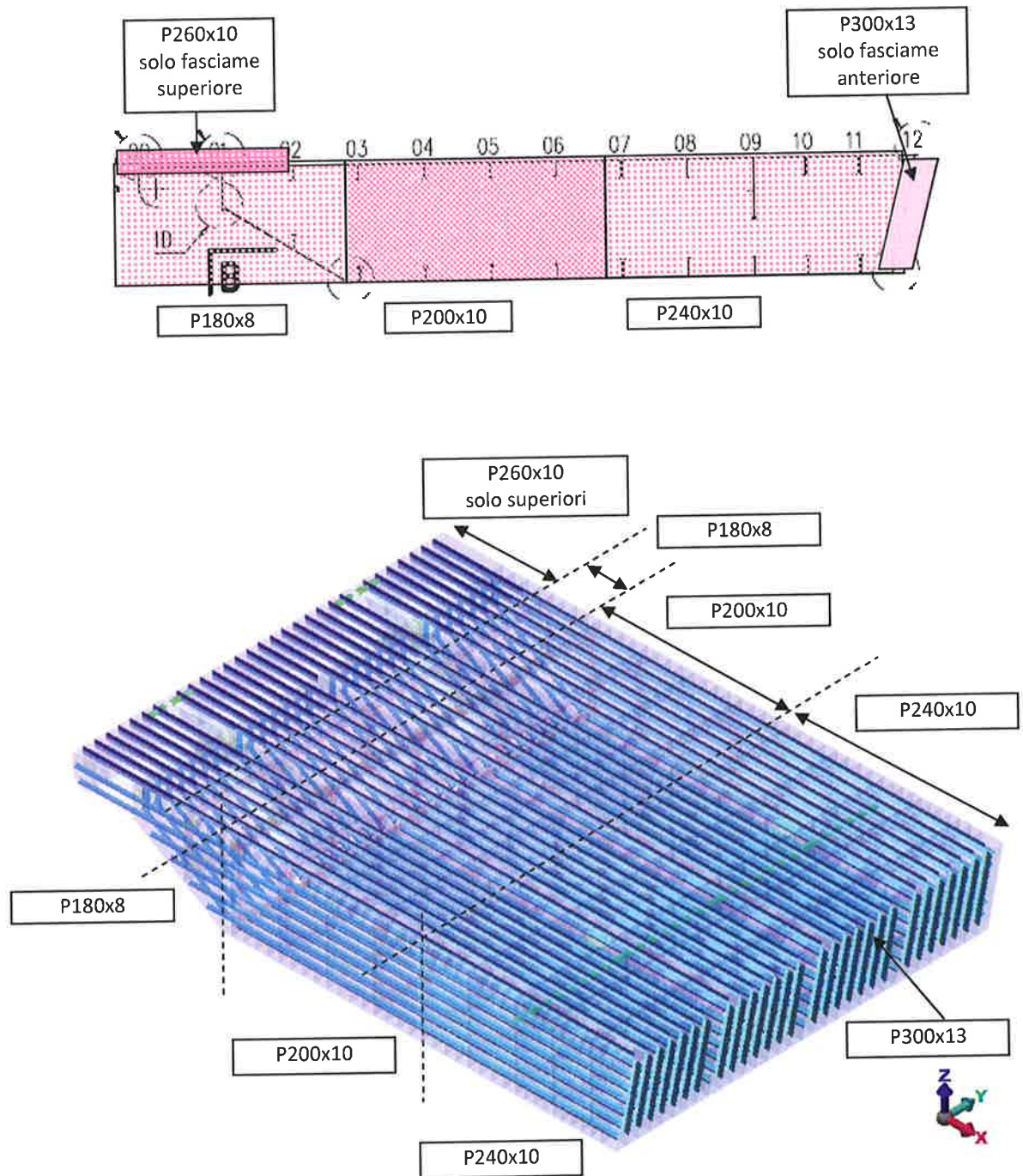


FIG. 4.19 – FERRI A BULBO

Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 37
Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

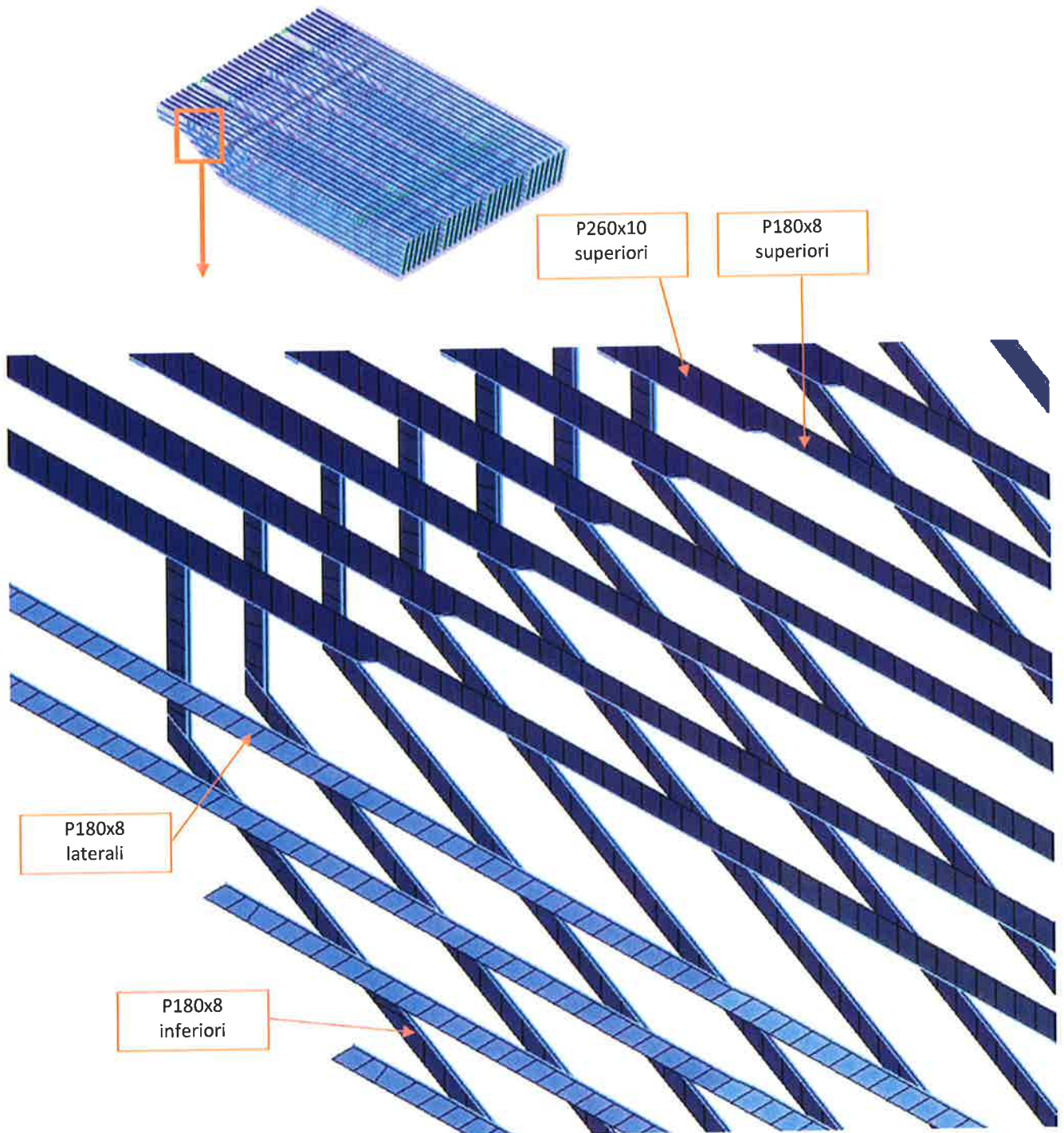



FIG. 4.20 – FERRI A BULBO: DETTAGLIO MESH (ZONA POSTERIORE ALTA)

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 38
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

4.9. Squadre

Le squadre sono state schematizzate con elementi piastra aventi spessore pari a 10 mm ridotto di 2,0 mm quale sovra-spessore di corrosione.

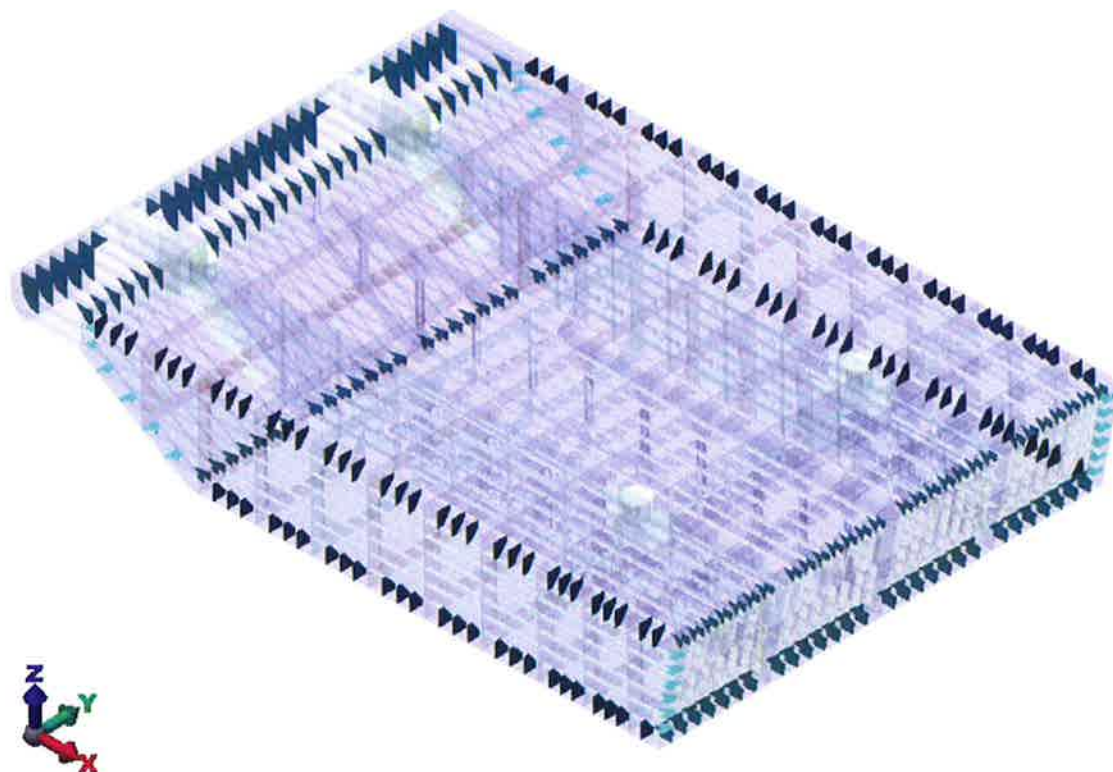
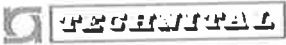


FIG. 4.21– SQUADRE

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 39
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

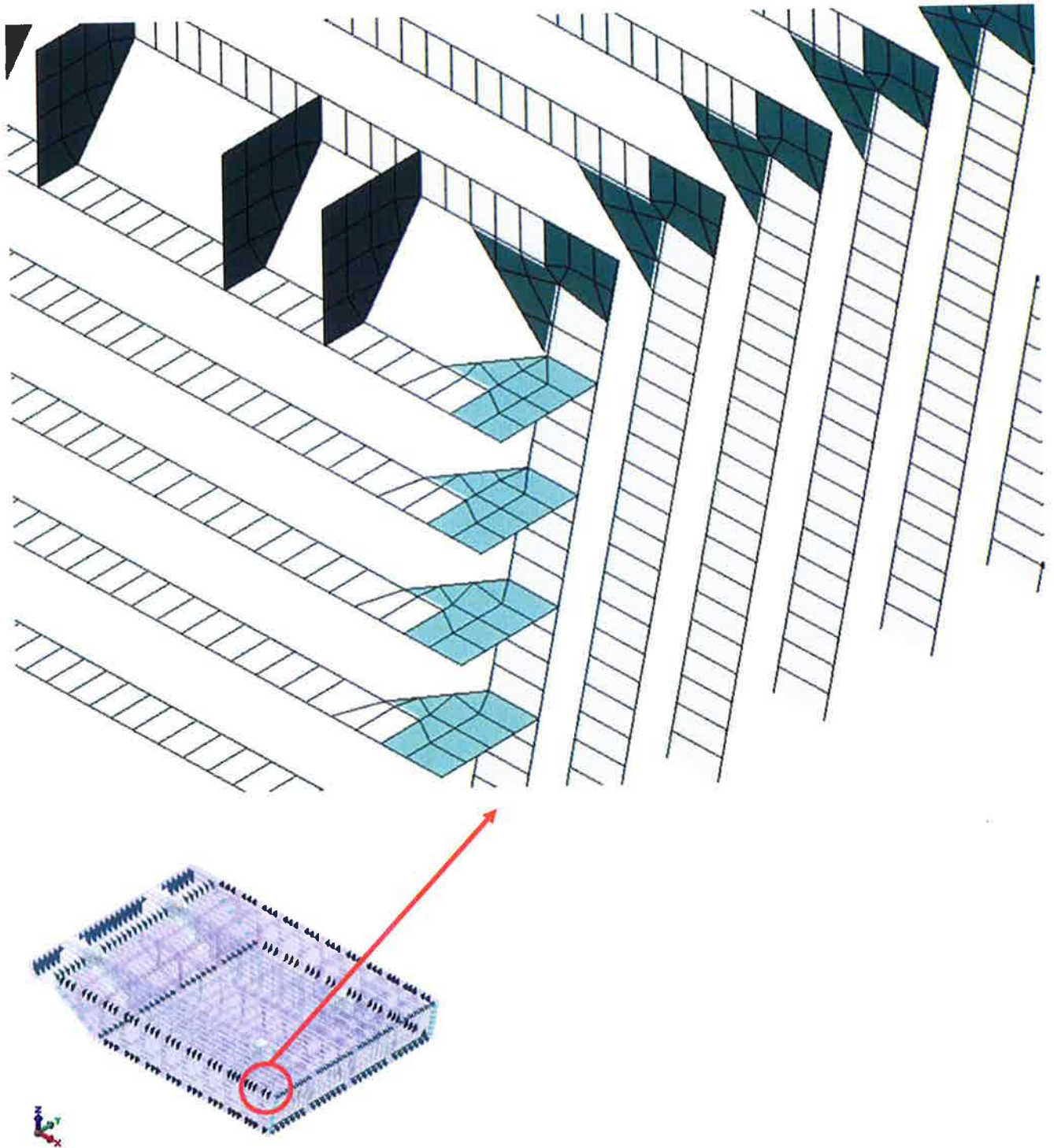



FIG. 4.22 – SQUADRE: DETTAGLIO MESH (ZONA ANTERIORE ALTA)

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 40
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

4.10. Piatti di rinforzo fori

I piatti di rinforzo dei fori dei diaframmi longitudinali sono stati schematizzati con elementi trave aventi la stessa larghezza del piatto indicato sul disegno, spessore lordo 11 mm, ridotto di 2,0 mm per tener conto dei sovra-spessori di corrosione.

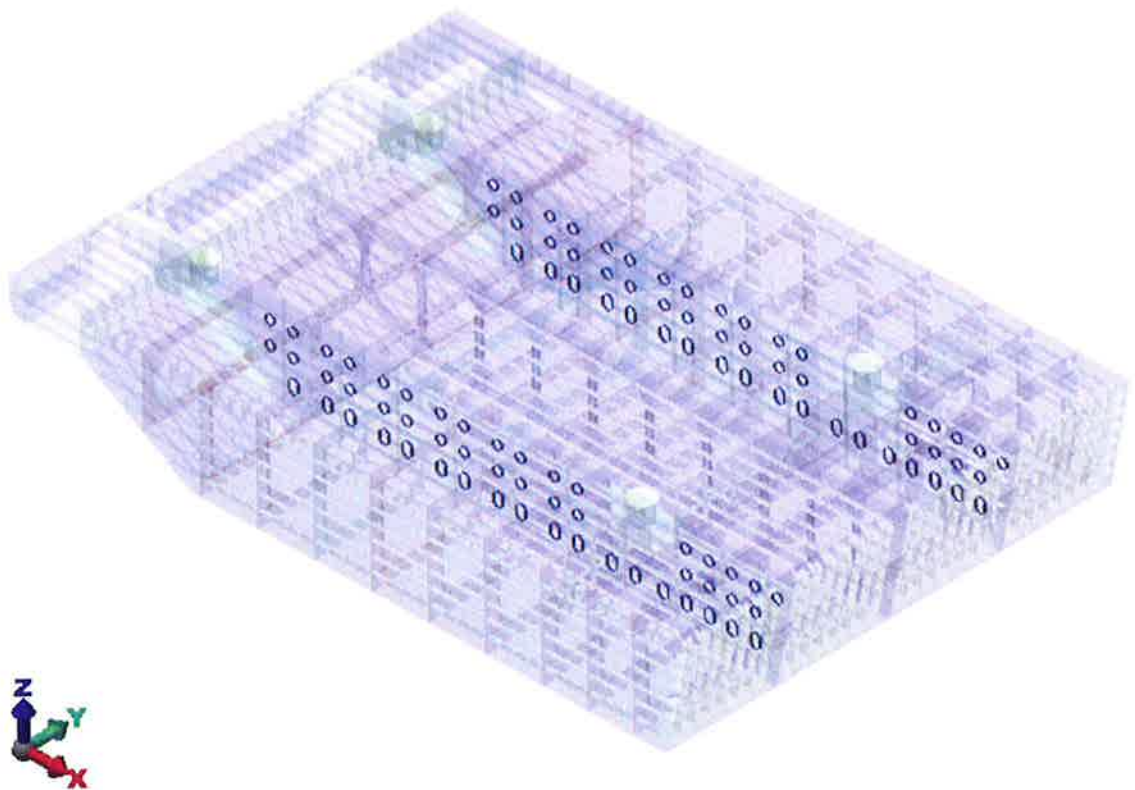



FIG. 4.23 – PIATTI RINFORZO FORI

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 41
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

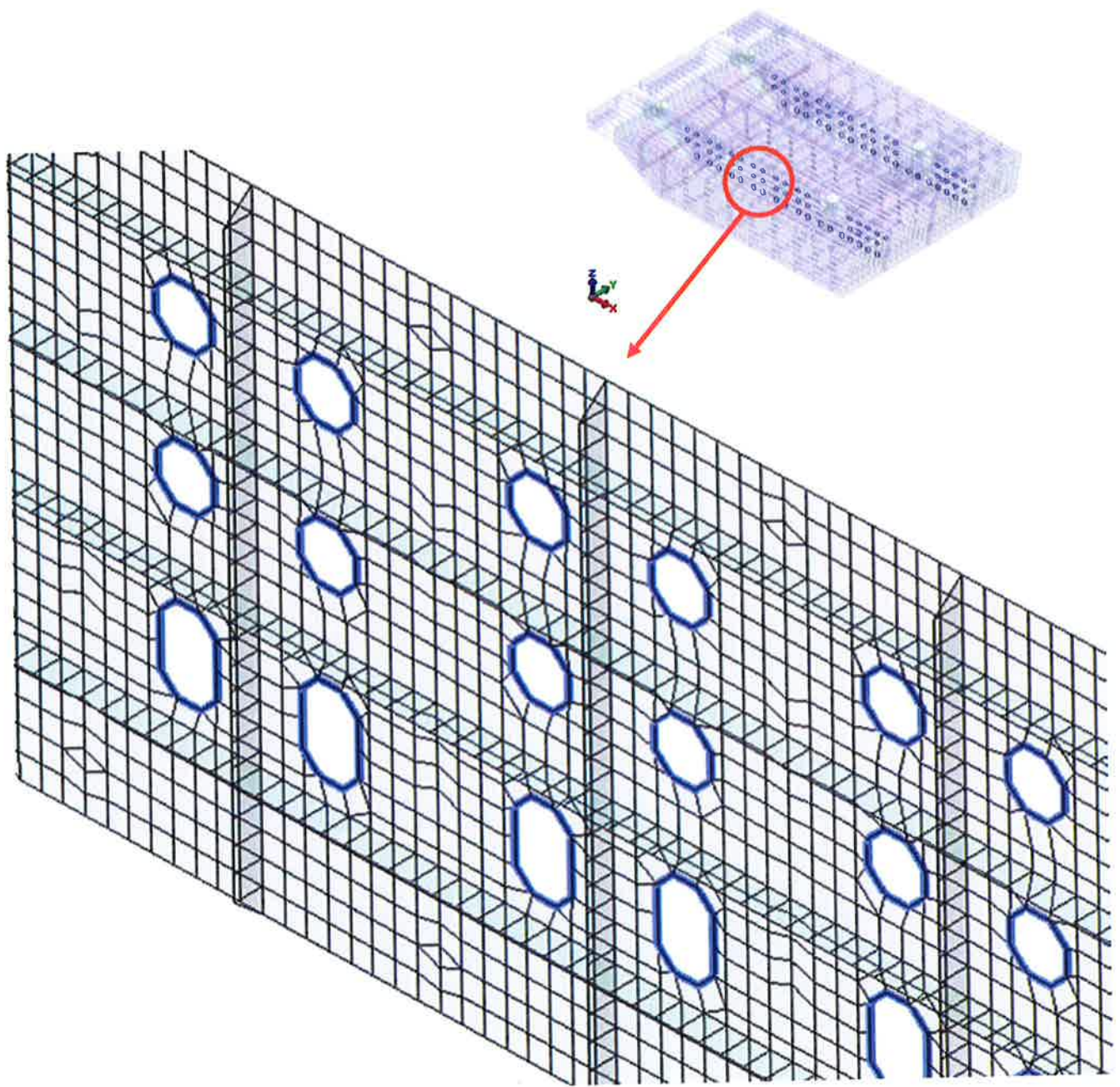


FIG. 4.24 – PIATTI RINFORZO FORI: DETTAGLI

4.11. Telai rinforzati

Le anime delle travi rinforzate vengono schematizzate con elementi piastra, in numero di almeno tre sull'altezza.

Le piattabande delle travi rinforzate vengono schematizzate come travi.

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.

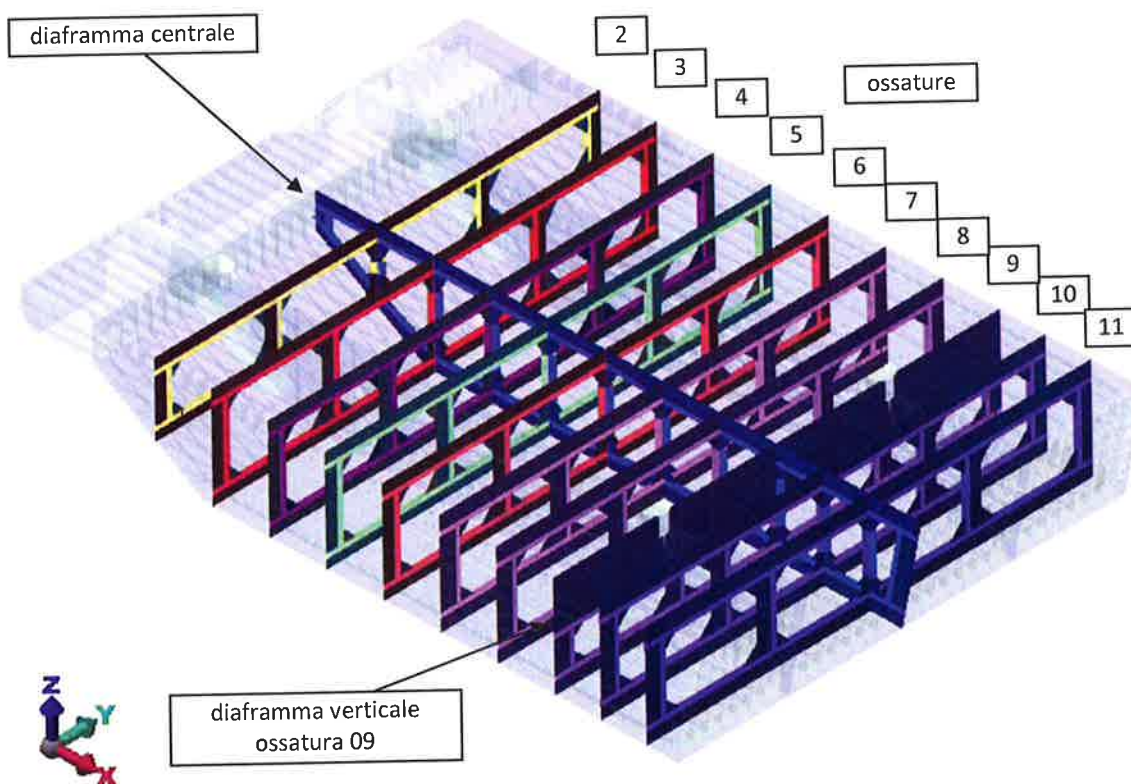



FIG. 4.25 – TELAI RINFORZATI

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 43
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

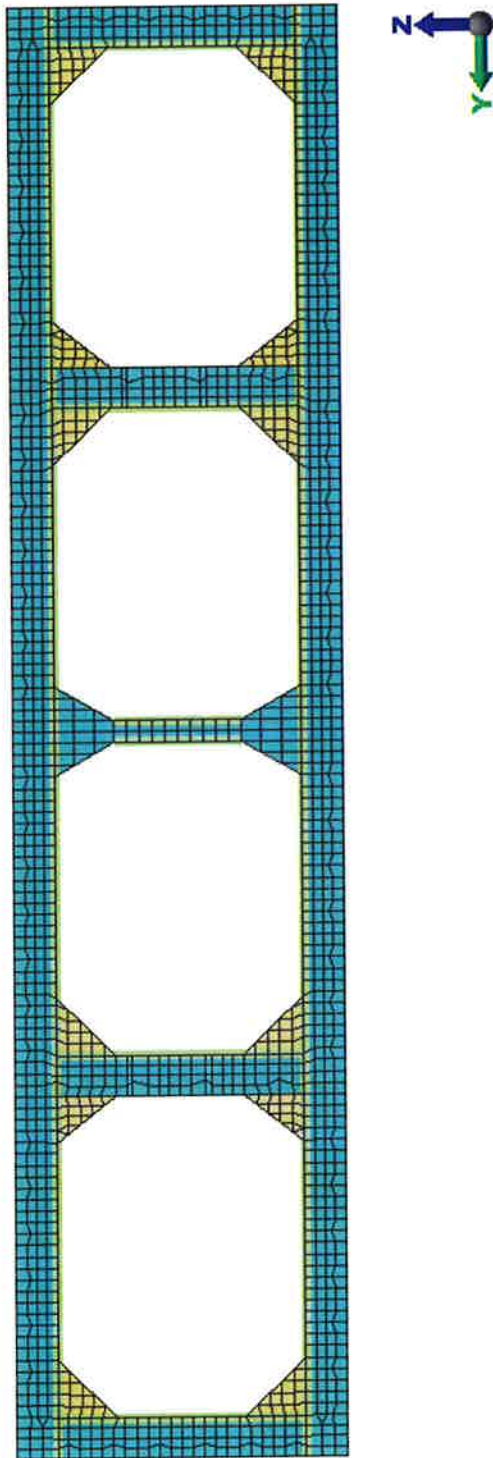
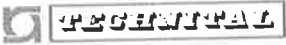


FIG. 4.26 – TELAI RINFORZATI 2, 3, 4, 5, 6: ALTEZZA ANIME 550 MM

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 44
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

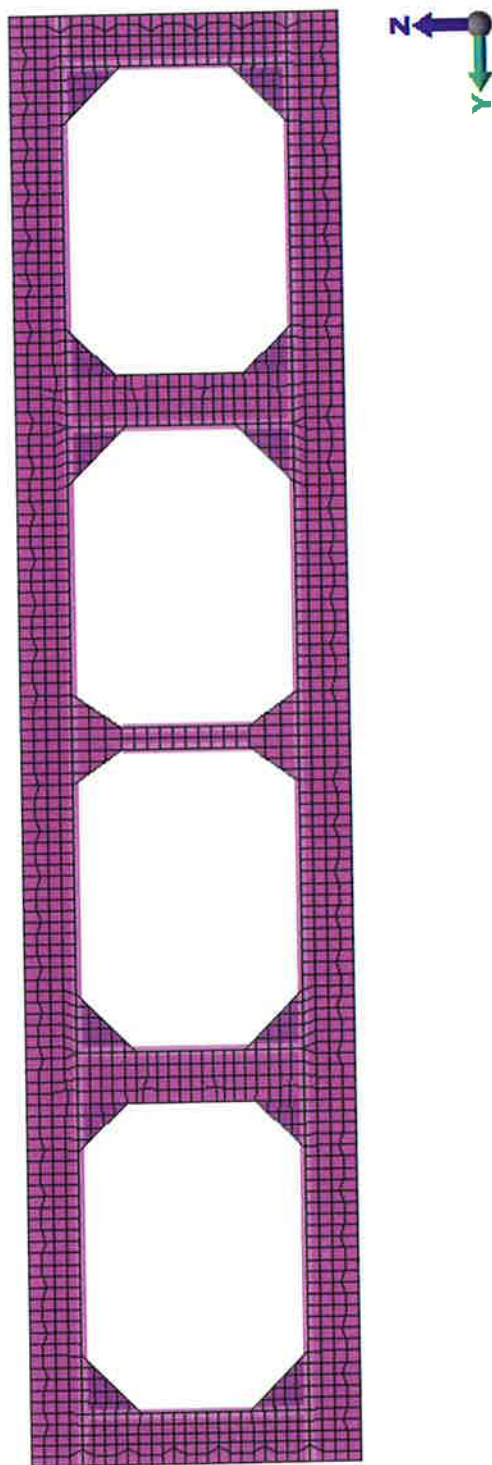



FIG. 4.27 – TELAI RINFORZATI 7, 8, 10, 11: ALTEZZA ANIME 700 MM

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 45
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

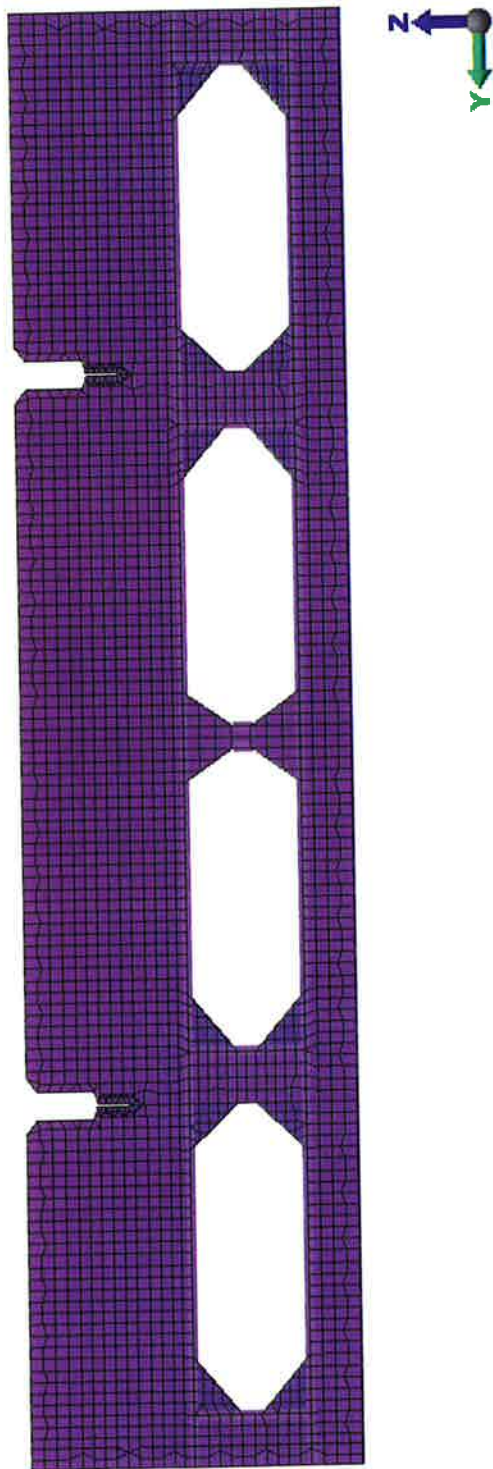



FIG. 4.28 – TELAIO RINFORZATO 9: DIAFRAMA VERTICALE

 TECINTAL	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 46
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

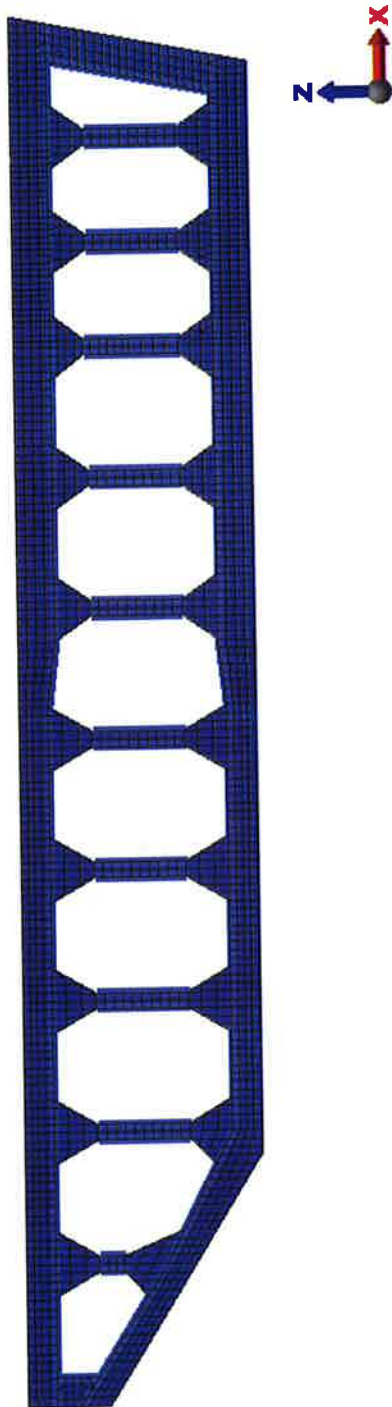



FIG. 4.29 – TELAI RINFORZATI: DIAFRAMMA CENTRALE

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 47
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

4.12. Supporti ammortizzatori

I telai che supportano gli ammortizzatori sono stati schematizzati con elementi piastra aventi spessore lordo 10 mm o 20 mm, pari a quello indicato sui disegni, ridotto di 1,0 mm quale sovra-spessore di corrosione.

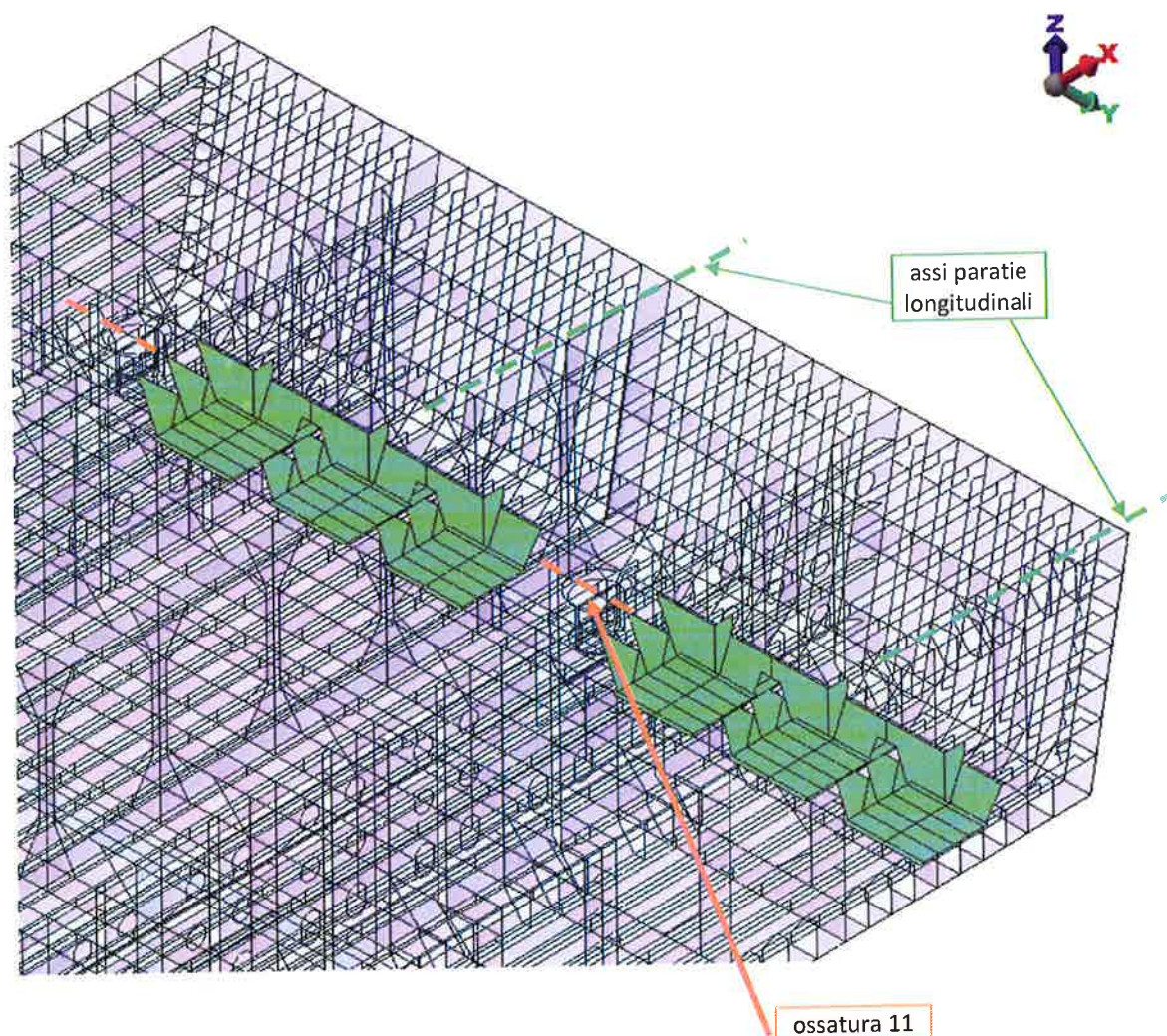



FIG. 4.30 - SUPPORTI AMMORTIZZATORI

 TECNOITALIA	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 48
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

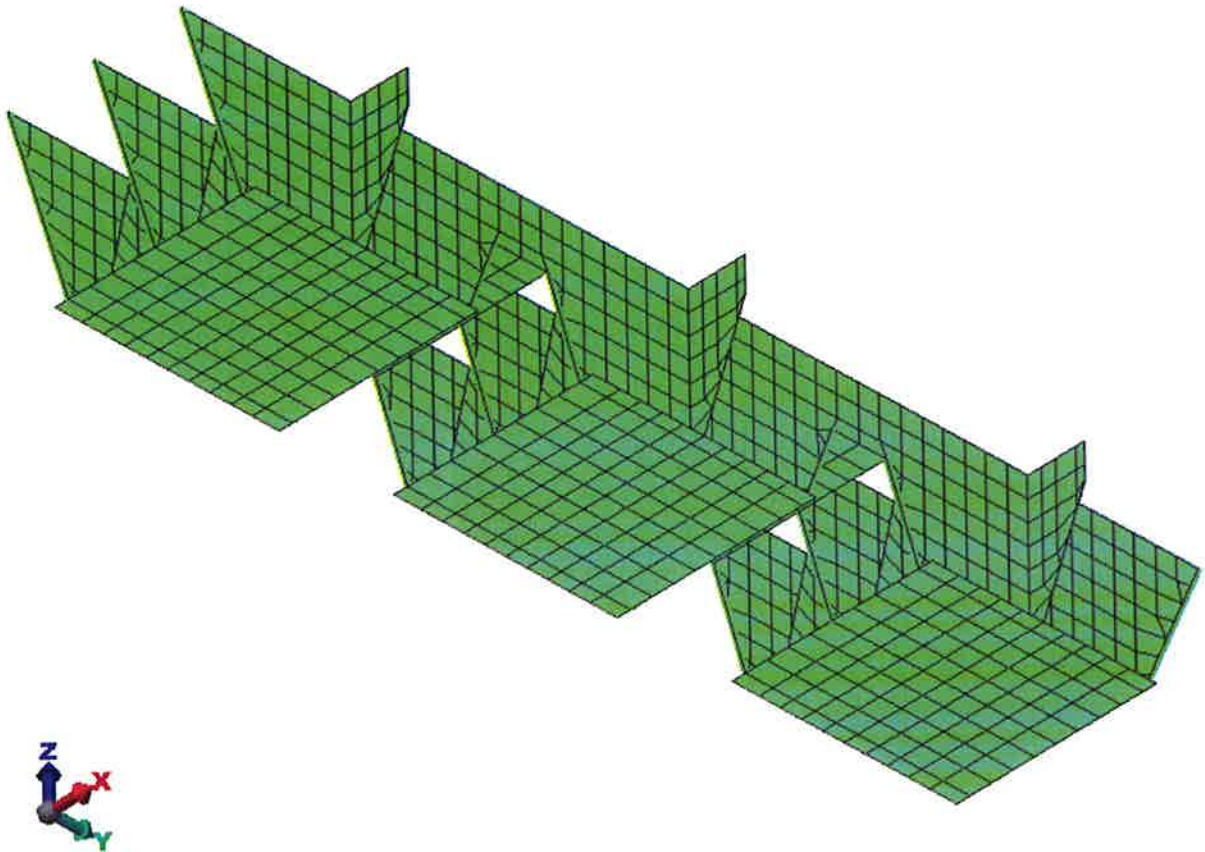
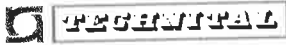


FIG. 4.31 - SUPPORTI AMMORTIZZATORI: DETTAGLI

Le piattabande di irrigidimento delle squadre dei supporti degli ammortizzatori sono state schematizzate con elementi trave aventi la stessa larghezza del piatto indicato sul disegno e spessore lordo 10 mm, ridotto di 1,0 mm per tener conto dei sovra-spessori di corrosione.

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 49
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

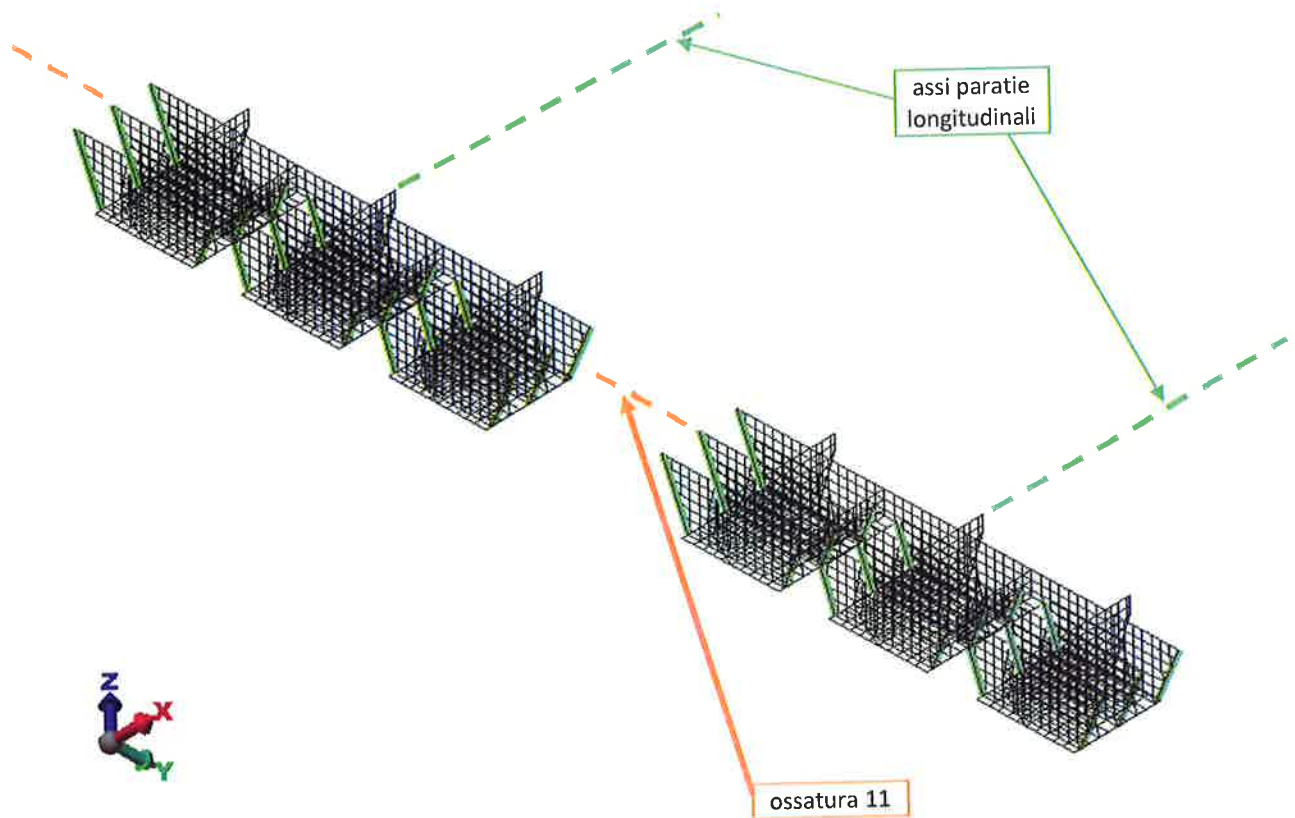


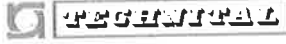
FIG. 4.32 - SUPPORTI AMMORTIZZATORI: PIATTABANDE RINFORZO QUADRE

4.13. Vincoli

Le Condizioni di Carico 1 e 2-3 (cfr. par. 5.4) vengono esaminate adottando vincoli diversi:

- per la Condizione di Carico 1 (velocità di rotazione massima) la paratoia è supportata dai soli perni delle cerniere, con l'aggiunta di vincoli ausiliari, finalizzati esclusivamente ad eliminare la labilità di corpo rigido nel modello numerico, caratterizzati quindi da reazioni trascurabili;
- per la Condizione di Carico 2 e 3 (accelerazione di impatto) la paratoia è supportata dai perni delle cerniere e dagli appoggi elastici.


Per vincolare il modello in entrambe le condizioni di carico è stato predisposto, in corrispondenza delle cerniere, un elemento tridimensionale simulante il perno.

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 50
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

Questo elemento è stato vincolato alle estremità dell'asse alle traslazioni in X e Z. Inoltre è stato bloccato anche alle traslazioni in Y il perno di una sola cerniera.

Per simulare l'appoggio sugli appoggi elastici nella Condizione di Carico 2-3, il telaio di supporto è stato vincolato in corrispondenza dell'interfaccia con gli appoggi elastici con vincoli elastici alla traslazione Z, assegnando una costante elastica pari a 5000 kN/m a ogni gruppo di vincoli simulanti un ammortizzatore.

Le figure riportate nel seguito illustrano il modello a elementi finiti nelle zone sottoposte ai vincoli descritti sopra.

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 51
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

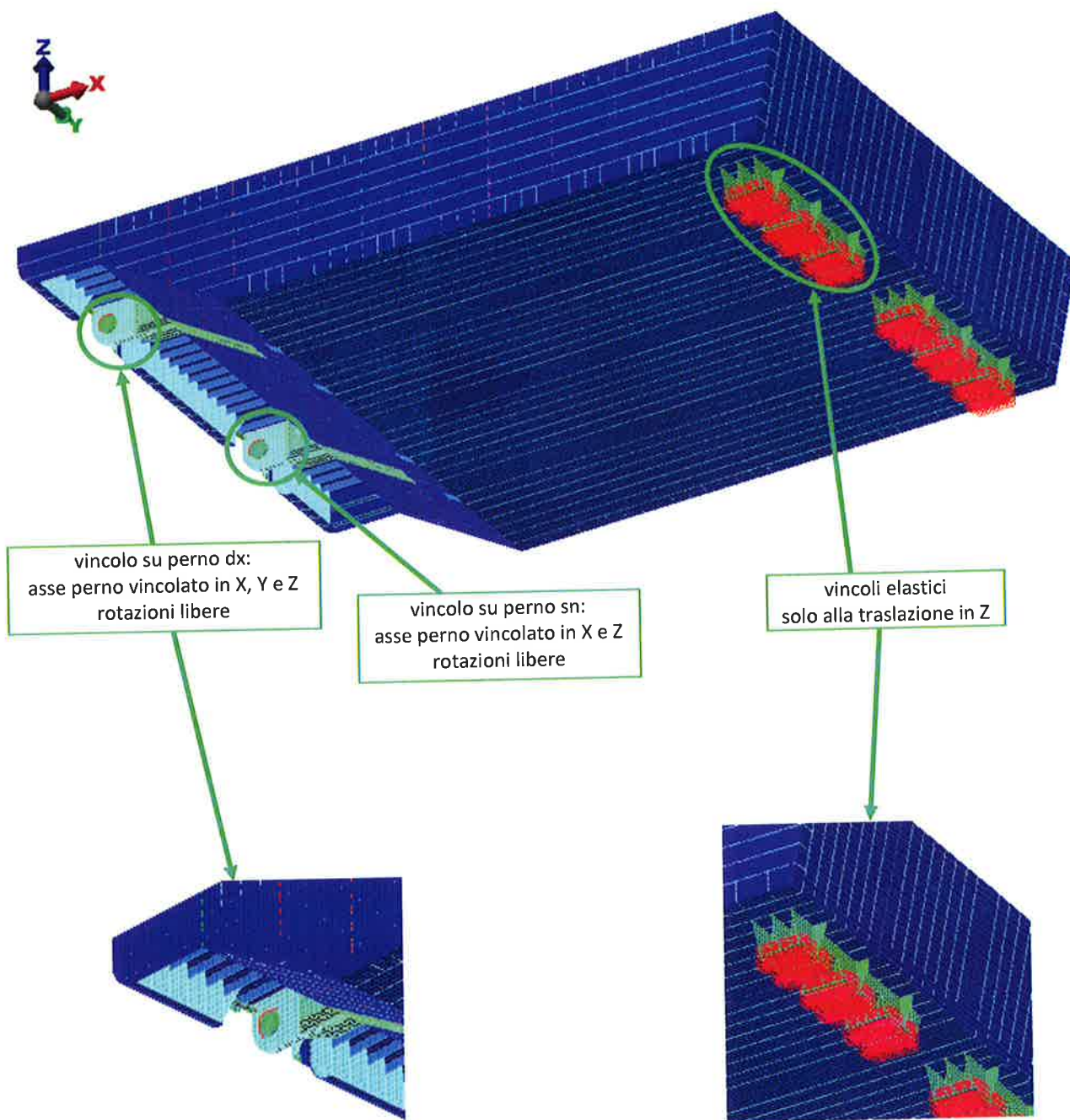
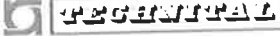


FIG. 4.33 – VINCOLI PARATOIA

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 52
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

5. CARICHI APPLICATI

5.1. Peso proprio

5.1.1. Generalità

Nelle condizioni considerate per le presenti analisi 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, descritta al paragrafo 5.2.

I carichi agenti sono quindi determinati in base ai valori massimi raggiunti da velocità ed accelerazione angolare durante l'intero moto di affondamento; tali valori sono stabiliti al paragrafo 5.4.

Come illustrato nel seguito, vengono definite le seguenti 3 Condizioni di Carico:

C. CARICO 1	$V_{MAX} = 3.30 \text{ deg/s}$	Velocità Massima Rotazione
C. CARICO 2	$A_{IMP} = 3.69 \text{ deg/s}^2$	Accelerazione per Impatto effettivo
C. CARICO 3	$A_{MAX} = 14.06 \text{ deg/s}^2$	Accel. per Impatto con Energia Max.

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 53
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

5.2. Proprietà di Massa della Paratoia

5.2.1. Generalità

Allo scopo di determinare le forze d'inerzia viene calcolata la massa in moto della paratoia.

La massa complessiva associata al moto della paratoia è dovuta alla somma dei seguenti contributi:

- Massa Strutturale della paratoia (determinata a partire dal peso, cfr. dettaglio paragrafi 5.2.2-5.2.3);
- Massa dell'acqua all'interno della paratoia;
- Massa dell'acqua trascinata dal moto della paratoia (massa aggiunta).

Come determinato in MV080P-PE-MAR-2011 (par. 8.2), il momento di massa complessivo della paratoia in moto è pari a:

$$J = 9,679 \cdot 10^8 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad \text{momento di inerzia di massa della paratoia}$$

I pesi schematizzati nel modello 3D della paratoia sono stati opportunamente fattorizzati in modo da ottenere il valore J sopra riportato.

Si considerano insieme come peso proprio sia il peso strutturale sia il peso degli allestimenti, in quanto peso risultante della paratoia.

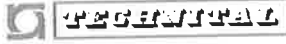
Nella tabella si indicano:

- LCG = Longitudinale Centro di Gravità (coordinata X);
- VCG = Verticale Centro di Gravità (coordinata Z).

Le coordinate del CoG (Centro di Gravità) sono riferite al sistema globale, con origine sulla mezzeria dell'asse congiungente i centri delle due cerniere (ref. 4.4).

I pesi riportati in tabella sono valutati a disegno (struttura, anodi, tubature e loro supporti, supporti ammortizzatori) oppure stimati (pittura, ammortizzatori, tenute parziali, strumentazione).

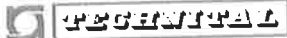
Nella tabella si riportano i pesi calcolati.

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 54
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

Descrizione	Peso (N)	LCG (m)	VCG (m)
Struttura			
Acciaio a spessore lordo	2.704.569	15,752	-1,173
Supporti ammortizzatori	79.085	26,693	-4,314
sub totale	2.783.655	16,063	-1,262
Saldature 2%	55.673	16,063	-1,262
Margine 5%	141.966	16,063	-1,262
TOTALE STRUTTURA	2.981.294	16,063	-1,262
Allestimenti			
Tubature, supporti e altri allestimenti	76.739	15,394	-1,649
Anodi e loro supporti	30.789	16,600	-1,125
Pittura	18.720	15,792	-1,302
Appoggi elastici (ammortizzatori)	63.495	26,675	-5,047
Tenute parziali (alette di gomma)	34.875	0,602	0,741
Strumentazione	5.101	5,500	-1,100
sub totale	229.719	16,241	-2,115
Margine 5%	11.486	16,241	-2,115
TOTALE ALLESTIMENTI	241.205	16,241	-2,115
TOTALE PESO PARATOIA (calcolato)	3.222.499	16,076	-1,326

TAB. 5.1 – PESO PROPRIO PARATOIA ALLESTITA

Il peso viene distinto in “uniforme” quando distribuito su tutte le superfici della paratoia (struttura della paratoia, anodi e loro supporti, pittura e strumentazione) e in “concentrato solo in alcune zone” quando relativo a elementi o aree specifiche (tubature, supporti e altri allestimenti, ammortizzatori, tenute parziali).

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 55
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

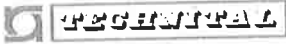
Descrizione	Pesi uniformemente distribuito			Pesi concentrati in zone		
	Peso (N)	LCG (m)	VCG (m)	Peso (N)	LCG (m)	VCG (m)
Peso Paratoia (calcolato)						
Struttura						
Acciaio a spessore lordo	2.704.569	15,752	-1,173			
Supporti ammortizzatori	79.085	26,693	-4,314			
sub totale	2.783.655	16,063	-1,262			
Saldature 2%	55.673	16,063	-1,262			
Margine 5%	141.966	16,063	-1,262			
TOTALE STRUTTURA	2.981.294	16,063	-1,262			
Allestimenti						
Tubature, supporti e altri allestimenti				76.739	15,394	-1,649
Anodi e loro supporti	30.789	16,600	-1,125			
Pittura	18.720	15,792	-1,302			
Appoggi elastici (ammortizzatori)				63.495	26,675	-5,047
Tenute parziali (alette di gomma)				34.875	0,602	0,741
Strumentazione	5.101	5,500	-1,100			
sub totale	54.610	15,286	-1,183	175.109	16,539	-2,405
Margine 5%	2.731	15,286	-1,183	8.755	16,539	-2,405
TOTALE ALLESTIMENTI	57.341	15,286	-1,183	183.864	16,539	-2,405
TOTALE PESO PARATOIA (calcolato)	3.038.635	16,048	-1,261	183.864	16,539	-2,405

TAB. 5.2 - PESO PROPRIO PARATOIA ALLESTITA
PESI UNIFORMEMENTE DISTRIBUITI E CARICHI CONCENTRATI IN ZONE

5.2.2. Pesi distribuiti uniformemente

I pesi uniformemente distribuiti sono:

- peso struttura acciaio
- anodi e loro supporti
- pittura
- strumentazione

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 56
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

I pesi strutturali riportati in tabella sono calcolati a disegno sulla base dello spessore nominale degli elementi, cioè incluso il sovra-spessore di corrosione. Essi includono anche i supporti degli ammortizzatori.

Relativamente agli anodi, si tratta di oltre 300 elementi sulle superfici interne + 24 elementi sulle esterne, disposti in modo circa uniforme e con un peso modesto (in totale circa 1% rispetto al peso della paratoia): tenuto conto della loro disposizione (distribuiti su tutte le superfici della paratoia) e dell'entità del loro peso (anche singolarmente), il loro carico è stato uniformemente distribuito.

La pittura riveste una superficie totale di circa 6.298 m², cui si applica un peso unitario di vernice di circa 3 N/m²

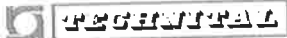
La strumentazione è un carico modestissimo, dovuto a pochi elementi distribuiti all'interno della paratoia, che viene considerato uniformemente ripartito.

Questi pesi sono stati inseriti nel modello modificando il peso specifico degli elementi in modo da poter tenere conto di quanto segue:

- gli elementi usati nel modello sono al netto dei sovra-spessori di corrosione;
- i ferri a bulbo sono stati convertiti in angolari;
- il peso della struttura, utilizzato per trovare le posizioni di equilibrio, corrisponde al peso degli elementi a spessore lordo (nominale) e include le saldature e il margine;
- il peso dell'allestimento include il margine.

Il peso uniforme viene calcolato con i seguenti passi:

- si assegna ai singoli elementi la densità corrispondente allo spessore nominale dell'elemento (in pratica per le lamiere si moltiplica la densità dell'acciaio di 7850 kg/m³ per il rapporto tra lo spessore lordo e lo spessore netto);

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 57
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

- si moltiplica la densità ottenuta per ogni elemento per il rapporto tra il totale dei carichi considerati uniformemente distribuiti e il peso della sola struttura con spessori nominali.

Nella tabella in cui si riportano le densità specifiche si distingue pertanto la densità assegnata in funzione del sovra-spessore di corrosione.


Sovra-spessore (mm)	Spessore lordo (mm)	Spessore netto (mm)	Densità equiv. spessore lordo (kg/m ³)	Peso lamiera / Peso totale	Densità applicata (kg/m ³)
1	10	9	8.722,22	1,09160	9.521,17
1	20	19	8.263,16	1,09160	9.020,06
1,5	8	6,5	9.661,54	1,09160	10.546,53
1,5	9	7,5	9.420,00	1,09160	10.282,86
1,5	10	8,5	9.235,29	1,09160	10.081,24
1,5	11	9,5	9.089,47	1,09160	9.922,06
1,5	12	10,5	8.971,43	1,09160	9.793,20
1,5	13	11,5	8.873,91	1,09160	9.686,76
1,5	14	12,5	8.792,00	1,09160	9.597,34
1,5	15	13,5	8.722,22	1,09160	9.521,17
1,5	20	18,5	8.486,49	1,09160	9.263,84
2	8	6	10.466,67	1,09160	11.425,40
2	9	7	10.092,86	1,09160	11.017,35
2	10	8	9.812,50	1,09160	10.711,32
2	11	9	9.594,44	1,09160	10.473,29
2	12	10	9.420,00	1,09160	10.282,86
2	13	11	9.277,27	1,09160	10.127,06
2	14	12	9.158,33	1,09160	9.997,23
2	15	13	9.057,69	1,09160	9.887,37
2	16	14	8.971,43	1,09160	9.793,20
2	20	18	8.722,22	1,09160	9.521,17
2	25	23	8.532,61	1,09160	9.314,19
2	30	28	8.410,71	1,09160	9.181,13
2	40	38	8.263,16	1,09160	9.020,06
2	60	58	8.120,69	1,09160	8.864,54
2	80	78	8.051,28	1,09160	8.788,77
2	180	178	7.938,20	1,09160	8.665,33

TAB. 5.3 - CALCOLO DELLE DENSITÀ CORRISPONDENTI A PESO UNIFORMEMENTE DISTRIBUITO PER LE LAMIERE

A titolo di esempio si consideri una lamiera da 15 mm di spessore lordo e 13 mm di spessore netto (sovra-spessore di corrosione 15 mm - 13 mm = 2 mm).

La densità equivalente per l'elemento a spessore ridotto è:

$$7850 * 15/13 = 9.057,69 \text{ kg/m}^3$$

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 58
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

La densità totale applicata è:

$$9.057,69 * 1,0916 = 9.887,37$$

dove il termine 1,0916 è il rapporto tra i pesi uniformemente distribuiti totali da applicare e il peso strutturale lordo (escluse saldature e margini).

Infatti è pari a:

$$3.038.635 / 2.783.655 = 1,0916$$

Applicando l'accelerazione di gravità si ottiene il peso totale dei carichi uniformemente distribuiti imposti. La valutazione dei pesi è effettuata automaticamente attraverso il modello.

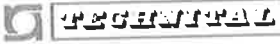
Poiché il modello è stato costruito con la paratoia orizzontale, i vettori dei pesi sono stati ruotati di caso in caso per tener conto che la paratoia lavora con angoli differenti in ogni condizione.

La definizione della densità permette di valutare, dove richiesto, le forze di inerzia dovute a velocità e accelerazione.

Nella successiva tabella vengono riportati i valori delle densità per gli elementi trave rappresentanti i bulbi dei rinforzi ordinari, calcolate in modo analogo, tenendo conto del sovra-spessore di corrosione di 2 mm.

Bulbo (trave)	Densità applicata (kg/m ³)
180x8	9.029,20
200x10	8.982,08
240x10	8.994,02
260x10	9.088,79
300x13	9.194,51

TAB. 5.4 – DENSITÀ ELEMENTI TRAVE DEI BULBI

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 59
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

Il totale dei pesi distribuiti uniformemente risultante è:

Descrizione Proprio Paratoia	Peso (N)	LCG (m)	VCG (m)
Totale modello (pesi uniformemente distribuiti)	3.034.082	16,095	-1,259
Totale calcolato (pesi uniformemente distribuiti)	3.038.635	16,048	-1,261

TAB. 5.5 – PESO DISTRIBUITO UNIFORMEMENTE

5.2.3. Peso concentrato solo in alcune zone

I pesi concentrati in alcune zone sono:

- tubature, supporti e altri allestimenti
- appoggi elastici
- tenute parziali

Il peso delle tubature è stato inserito nel modello come carico suddiviso sulle piattabande delle travi rinforzate che li sostengono, distribuendo la quota parte di ogni trave sulle piattabande per una larghezza pari alla larghezza dei tubi.

Il peso degli appoggi elastici è stato invece inserito come forze concentrate nei nodi in corrispondenza della piattabanda del telaio di supporto.

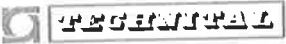
Il peso delle tenute parziali è stato inserito come carico distribuito sugli spigoli lato mare e lato laguna del fasciame superiore.

Anche tutti questi pesi sono stati incrementati del margine.

Poiché il modello è stato costruito con la paratoia orizzontale, i vettori dei pesi sono stati ruotati di caso in caso per tener conto che la paratoia lavora con angoli differenti in ogni condizione.

Descrizione Peso Paratoia	Peso (N)	LCG (m)	VCG (m)
Totale modello (pesi concentrati)	183.863	16,629	-2,682
Totale calcolato (pesi concentrati)	183.864	16,539	-2,405

TAB. 5.6 – PESI CONCENTRATI IN ZONE

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 60
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

5.2.4. Peso fouling, acqua contenuta nella paratoia e massa aggiunta


Il peso del fouling, dell'acqua contenuta nella paratoia e dell'acqua trascinata durante il moto della paratoia (massa aggiunta), è stato inserito nel modello modificando il peso specifico degli elementi, come riportato nelle successive tabelle, con procedimento analogo a quello per l'assegnazione dei carichi uniformemente distribuiti.

Sovra- spessore (mm)	Spessore lordo (mm)	Spessore netto (mm)	Densità equiv. spessore lordo (kg/m ³)	Peso lamiera / Peso totale	Densità applicata (kg/m ³)
1	10	9	8.722,22	10,53836	91.917,89
1	20	19	8.263,16	10,53836	87.080,10
1,5	8	6,5	9.661,54	10,53836	101.816,74
1,5	9	7,5	9.420,00	10,53836	99.271,32
1,5	10	8,5	9.235,29	10,53836	97.324,82
1,5	11	9,5	9.089,47	10,53836	95.788,11
1,5	12	10,5	8.971,43	10,53836	94.544,11
1,5	13	11,5	8.873,91	10,53836	93.516,46
1,5	14	12,5	8.792,00	10,53836	92.653,23
1,5	15	13,5	8.722,22	10,53836	91.917,89
1,5	20	18,5	8.486,49	10,53836	89.433,62
2	8	6	10.466,67	10,53836	110.301,46
2	9	7	10.092,86	10,53836	106.362,13
2	10	8	9.812,50	10,53836	103.407,62
2	11	9	9.594,44	10,53836	101.109,68
2	12	10	9.420,00	10,53836	99.271,32
2	13	11	9.277,27	10,53836	97.767,21
2	14	12	9.158,33	10,53836	96.513,78
2	15	13	9.057,69	10,53836	95.453,19
2	16	14	8.971,43	10,53836	94.544,11
2	20	18	8.722,22	10,53836	91.917,89
2	25	23	8.532,61	10,53836	89.919,67
2	30	28	8.410,71	10,53836	88.635,11
2	40	38	8.263,16	10,53836	87.080,10
2	60	58	8.120,69	10,53836	85.578,72
2	80	78	8.051,28	10,53836	84.847,28
2	180	178	7.938,20	10,53836	83.655,60

TAB. 5.7 - DENSITÀ LAMIERE CON FOULING. ACQUA CONTENUTA NELLA PARATOIA E MASSA AGGIUNTA.

A titolo di esempio si consideri una lamiera da 15 mm di spessore lordo e 13 mm di spessore netto (sovrappessore di corrosione 15 mm - 13 mm = 2 mm).

La densità equivalente per l'elemento a spessore ridotto è:

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 61
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

$$7850 * 15/13 = 9.057,69 \text{ kg/m}^3$$

La densità totale applicata è:

$$9.057,69 * 10,53836 = 95.453,19$$

dove il termine 10,53836 è il rapporto tra i pesi uniformemente distribuiti totali da applicare e il peso strutturale lordo (escluse saldature e margini).

Infatti è pari a circa:

$$29.525.881 / 2.783.655 = 10,60688$$

con una differenza inferiore al 1% dovuta agli arrotondamenti.

La definizione della densità permette di valutare, dove richiesto, le forze di inerzia dovute a velocità e accelerazione.

Nella successiva tabella vengono riportati i valori delle densità per gli elementi trave rappresentanti i bulbi dei rinforzi ordinari, calcolate in modo analogo, tenendo conto del sovra-spessore di corrosione di 2 mm.

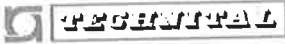
Bulbo (trave)	Densità applicata (kg/m ³)
180x8	87.168,39
200x10	86.713,48
240x10	86.828,71
260x10	87.743,65
300x13	88.764,28

TAB. 5.8 – DENSITÀ ELEMENTI TRAVE DEI BULBI

Il totale dei pesi distribuiti uniformemente risultante è:

Descrizione Proprio Paratoia	Peso (N)	LCG (m)	VCG (m)
Totale modello (pesi uniformemente distribuiti)	29.108.128	16,092	-1,250
Totale calcolato (pesi uniformemente distribuiti)	29.342.017	15,878	-0,944

TAB. 5.9 – PESO DISTRIBUITO UNIFORMEMENTE


	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 62
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

5.3. Peso totale considerato per la paratoia con fouling, acqua contenuta nella paratoia e massa aggiunta

Nella successiva tabella viene riportato, come verifica, il confronto fra i valori di peso e baricentro calcolati e quelli derivati dal modello ad elementi finiti: il modello descrive bene la paratoia con uno scostamento massimo inferiore al 1% per quanto riguarda il peso, mentre per quanto riguarda la posizione del baricentro si ha uno scostamento di poco superiore al 1% per la posizione longitudinale e di poco superiore al 32% per la posizione verticale. Le verifiche eseguite con il modello sopra descritto riguardano modi di rotazione attorno all'asse cerniere quindi è importante la distanza dall'asse di rotazione del baricentro del sistema: la distanza fra il centro di rotazione e il baricentro calcolati è di 15,911 m mentre per modello risulta essere 16,144 m con un errore del 1,5%, quindi il modello, malgrado l'errore nella posizione verticale del baricentro, descrive bene la paratoia.

Descrizione Peso Paratoia	CALCOLATI			DA MODELLO		
	Peso (N)	LCG (m)	VCG (m)	Peso (N)	LCG (m)	VCG (m)
Pesi uniformemente distribuiti	3.038.635	16,048	-1,261	3.034.082	16,095	-1,259
Pesi concentrati in zone	183.864	16,539	-2,405	183.863	16,629	-2,682
TOTALE PESO PARATOIA pulita	3.222.499	16,076	-1,326	3.217.945	16,126	-1,340
differenza percentuale (modello - calcolo)/calcolo				-0,14%	0,31%	-1,06%
differenza assoluta (modello - calcolo)				-4.554	0,050	-0,014
Peso fouling (distribuito)	474.100	14,380	-0,425	478.200	16,568	-0,543
Peso acqua contenuta e massa aggiunta (distribuito)	25.829.282	15,886	-0,916	25.595.846	16,082	-1,262
TOTALE PESO PARATOIA	29.525.881	15,882	-0,953	29.291.991	16,095	-1,259
differenza percentuale (modello - calcolo)/calcolo				-0,79%	1,34%	32,07%
differenza assoluta (modello - calcolo)				-233.890	0,213	-0,306

TAB. 5.10 – CONFRONTO PESI CALCOLATI E PESI DA MODELLO

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 63
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

Nella successiva tabella viene riportato il confronto tra il valore di inerzia di massa della paratoia usato per il calcolo del moto di affondamento e quello derivato dal modello ad elementi finiti. La differenza risulta essere di circa 11%. Tale differenza percentuale è dovuta alla difficoltà di gestire la distribuzione delle masse volendo intervenire solo modificando le densità dei suoi elementi. Considerando inoltre che il modello della paratoia risulta avere un'inerzia di massa maggiore rispetto a quello calcolato, si ritiene il modello adeguato per l'analisi da svolgere.

Momento di Inerzia Paratoia	J (kg _M ·m ²)
Totale modello	9,679·10 ⁸
Totale calcolato	10,747 10 ⁸


TAB. 5.11 – CONFRONTO MOMENTO DI INERZIA DI MASSA DELLA PARATOIA

5.4. Velocità, Accelerazioni e Condizioni di Carico

Il moto della paratoia relativamente alla fase di affondamento viene analizzato in dettaglio nella relazione di calcolo MV080P-PE-MAR-2011.

In accordo con la descrizione di MV080P-PE-MAR-2011 il moto di affondamento viene distinto in due fasi salienti:

- il moto di affondamento propriamente detto, dalla posizione di equilibrio fino al contatto degli appoggi elastici con la struttura di fondazione, durante il quale la paratoia risente solo del peso e della resistenza fluidodinamica. Tale moto presenta una prima parte in accelerazione ed una seconda in decelerazione in modo tale che la paratoia raggiunge il recesso con una velocità di impatto V_{IMP} marcatamente inferiore rispetto alla velocità massima V_{MAX} toccata in precedenza;
- il moto ammortizzato, nel quale la paratoia viene rallentata dall'azione degli appoggi elastici, fino all'arresto. Tale moto inizia con la paratoia dotata della velocità angolare all'impatto V_{IMP} e termina con velocità angolare nulla.

 TECNOITAL	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 64
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

Durante il moto ammortizzato b), gli appoggi elastici entrano in contatto con la struttura di fondazione con una velocità determinata dal moto di affondamento a), precedente all'impatto. La reazione progressiva dovuta alla compressione degli appoggi elastici è tale da arrestare il moto della paratoia: la seconda fase del moto pertanto dipende principalmente dalle proprietà elastiche degli appoggi elastici stessi.

Considerando le due fasi del moto:


- la velocità massima V_{MAX} della paratoia si ha nella fase di affondamento a) precedentemente all'impatto; in questo istante l'accelerazione della paratoia è nulla;
- il valore massimo di accelerazione A_{IMP} si ha nella fase ammortizzata b) quando gli appoggi elastici sono compressi in modo tale che la velocità angolare della paratoia sia nulla. Tale istante riflette la massima interazione tra gli appoggi elastici e la struttura di fondazione.

La paratoia viene considerata soggetta ad un moto di rotazione attorno alle cerniere, a velocità angolare costante o ad accelerazione angolare costante, soggetta ai soli carichi inerziali, determinati dal programma di calcolo in base alla massa degli elementi ed alla loro distanza dall'asse di rotazione.

Per il calcolo strutturale sono stati quindi analizzati i seguenti due casi estremi, con i valori di velocità e accelerazione angolari desunti da MV080P-PE-MAR-2011:

Condizione di Carico 1: forze centrifughe a velocità massima

- la velocità massima si riscontra durante la fase di affondamento (ref. MV080P-PE-MAR-2011, par. 7.4);
- $V_{MAX} = 3,30$ deg/s è la velocità massima durante il moto di affondamento, raggiunta dalla paratoia quando la sua inclinazione è di $8,5^\circ$;
- a tale velocità corrisponde l'energia cinetica massima E_{MAX} di 1602,1 kJ;
- tale valore di energia (che è il massimo di tutto il processo di abbattimento) è stato assunto per il dimensionamento dei parabordi.

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 65
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

Condizione di Carico 2: forze inerziali per accelerazione angolare massima

- l'accelerazione massima si riscontra alla fine della fase di moto ammortizzato (ref. MV080P-PE-MAR-2011, par. 8.2);
- alla fine del moto ammortizzato la velocità è nulla (arresto della paratoia) e l'accelerazione è massima:

$$A_{IMP} = 3,69 \text{ deg/s}^2 \quad \text{è l'accelerazione angolare massima finale}$$

- la velocità al momento dell'impatto (inizio del moto ammortizzato) è $V_{IMP} = 0,77 \text{ deg/s}$;

- alla velocità di impatto corrisponde l'energia di impatto

E_{IMP} di 86,4 kJ, infatti:

$$1602,1 / (V_{MAX}^2 / V_{IMP}^2) \cong 87 \text{ kJ}$$

si nota a questo proposito che i risultati del calcolo del moto della paratoia frenata dagli appoggi elastici dipendono linearmente dalla velocità angolare iniziale di impatto, nell'ipotesi conservativa che il parabordo risponda linearmente (ref. par. 8.2 di MV080P-PE-MAR-2011)


V_{IMP} ed E_{IMP} rappresentano rispettivamente la velocità e l'energia cinetica iniziali nel moto ammortizzato, che evolve fino all'arresto della paratoia, quando V_{IMP} ed E_{IMP} si annullano.

L'analisi del moto ammortizzato con tale condizione iniziale porta al valore di accelerazione angolare A_{IMP} utilizzato per definire la Condizione di Carico 2.

Condizione di Carico 3: forze inerziali derivanti dall'accelerazione che corrisponde all'energia di dimensionamento dei parabordi

A favore di sicurezza, i parabordi della paratoia sono dimensionati sulla base della considerazione della massima energia cinetica che la paratoia assume durante tutto il moto:

$$E_{MAX} = 1602,1 \text{ kJ}$$

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 66
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

Tale energia corrisponde alla velocità V_{MAX} già utilizzata nella Condizione di Carico 1, e viene raggiunta in realtà nella fase del moto antecedente all'impatto vero e proprio.

Infatti, per le caratteristiche già menzionate del moto di affondamento, tale valore massimo di energia cinetica viene raggiunto, in termini di posizione angolare, sensibilmente prima che gli appoggi elastici entrino in contatto con la struttura di fondazione.

Per verificare il proporzionamento globale della struttura della paratoia, si considera come carico agente in termini di accelerazione anche quello corrispondente alla energia massima E_{MAX} utilizzata per il dimensionamento dei parabordi, considerando cioè una nuova condizione di impatto (distinta da quella di impatto effettivo) nella quale:

$$E^*_{IMP} = E_{MAX} = 1602,1 \text{ kJ}$$

Ciò corrisponde a verificare la struttura ed i suoi supporti, nel caso, non realistico ma sicuramente conservativo, in cui la paratoia impattasse la struttura di fondazione non con la velocità di impatto effettiva calcolata ($V_{IMP} = 0.77 \text{ deg/s}$), ma con la velocità massima che essa assume nel moto verso il fondo ($V_{MAX} = 3.30 \text{ deg/s}$).


Le proprietà dei parabordi sono tali che, per ciascuno dei 6 presenti valgono i seguenti valori di Energia massima assorbibile $E(\text{rated})$ e Massima Reazione R_{MAX} :

$$E(\text{rated}) = 1602,1 / 6 = 267 \text{ kNm}$$

$$R_{MAX} = 1000 \text{ kN}$$

Come già ricordato, i risultati del calcolo del moto della paratoia frenata dagli appoggi elastici dipendono linearmente dalla velocità angolare iniziale, nell'ipotesi che il parabordo risponda linearmente cioè che si comporti come una molla elastica durante tutto il moto ammortizzato.

Ciò è verificato con ottima approssimazione nel caso di impatto effettivo (Cond. di Carico 2), ma non nel caso di impatto con Energia massima.

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 67
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

Infatti gli appoggi elastici, per valori significativamente prossimi all'energia massima sopportabile (come nella nuova ipotetica condizione di impatto in considerazione), si discostano dalla linearità iniziale, riducendo marcatamente l'incremento di reazione per un incremento di schiacciamento, fino ad un massimo valore di reazione pari a R_{MAX} .

Pertanto è appropriato considerare come condizione di carico nel caso di impatto con $E^*_{IMP} = E_{MAX}$ quella che determina come reazioni vincolari ai parabordi il valore di reazione massima R_{MAX} .

A favore di sicurezza, il valore di reazione massima viene incrementato del 40%, in accordo con la pratica correntemente adottata nella rappresentazione dei diagrammi di portata/reazione dei parabordi, ossia ammettendo che la reazione massima possa superare in detta misura quella nominale massima.

Conseguentemente la condizione di impatto ipotetico sopra delineata si può riassumere in una nuova Condizione di Carico (Condizione di Carico 3), nella quale l'accelerazione, e quindi le forze d'inerzia risultano fattorizzate per il rapporto tra la reazione massima di un parabordo R_{MAX} e la reazione (tipica) $R(2)$ di ciascun parabordo nella Condizione di Carico 2, ossia per il fattore η dato da:

$$\eta = \frac{1.40 \cdot R_{MAX}}{R(2)}$$

Anticipando i risultati riportati al par. 7.2, si ha che:

$$R(2) = 430 \text{ kN}$$

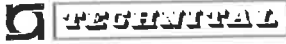
Si ha pertanto:

$$\eta = 1,4 \times 1000 / 430 = 3,25$$

Ciò corrisponde ad analizzare la struttura con un'accelerazione equivalente, e quindi le forze d'inerzia risultano quelle della Condizione di Carico 2, fattorizzate per il coefficiente η sopra determinato, ossia assumendo


$$A^*_{MAX} = 3,69 \times 3,25 = 12 \text{ deg/s}^2$$

associata a velocità angolare nulla.

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 68
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

La risposta strutturale è a sua volta lineare rispetto al carico applicato, quindi, in particolare per questo caso di forze inerziali, con l'accelerazione.

I risultati relativi alla Condizione di Carico 3 si possono pertanto ottenere da quelli della Condizione di Carico 2 semplicemente fattorizzandoli per $\eta = 3,25$.

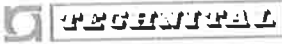
	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 69
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

6. COMBINAZIONI DI CARICO

Si considerano le seguenti condizioni di carico:

Descrizione	Vincoli	Cond.	Carichi Agenti
Rotazione con $V_{MAX} = 3,30 \text{ deg/s}$	Cerniere	1	Peso paratoia allestita
			Peso fouling
			Peso acqua contenuta + massa aggiunta
			Forze inerziali centrifughe
Accelerazione con $A_{IMP} = 3,69 \text{ deg/s}^2$	Cerniere + Appoggi elastici	2	Peso paratoia allestita
			Peso fouling
			Peso acqua contenuta + massa aggiunta
			Forze inerziali
Accelerazione con $A^*_{IMP} = 3,25 A_{IMP} =$ 12 deg/s^2	Cerniere + Appoggi elastici	3	Peso paratoia allestita
			Peso fouling
			Peso acqua contenuta + massa aggiunta
			Forze inerziali

TAB. 6.1 - COMBINAZIONI DI CARICO

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 70
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

7. RISULTATI

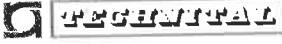
7.1. Verifiche tensionali

Si riportano nelle tabelle seguenti i risultati per le condizioni di carico 1 e 2: le sollecitazioni sono sempre molto inferiori alla sollecitazione ammissibile.

Le deformazioni sono di conseguenza non apprezzabili.

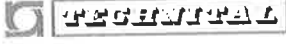
Funzione	posizione/elemento	spessore nominale (mm)	riduzione per corrosione (mm)	materiale	σ_{amm} h = 1,25 [N/mm ²]	σ_{von} Mises [N/mm ²]	Peggior soll. [N/mm ²]
Fasciami esterni	superiore	9-12-13	1,5	S275J0	216	1,5	
	inferiore	9-12-13	1,5	S275J0	216	1,3	
	laterale	9-12-13	1,5	S275J0	216	0,4	
	posteriore	9-13	1,5	S275J0	216	1,1	
	anteriore	13	1,5	S275J0	216	0,2	
	ossatura 01	9	1,5	S275J0	216	1,2	
	inferiore sotto pinna	20	1,5	S275J0	208	2,0	
Fasciami interni (paratie longitudinali)	tipici (15 mm solo per irrigidimenti pinne)	10-12-15	2	S275J0	216	1,5	
	irrigidimenti pinne	20	2	S275J0	208	2,1	
	zone recessi twist lock	30	2	S275J2	208	0,7	
	zone recessi twist lock	60	2	S355K2	252	2,0	
	pinna	180	2	S355K2	214	0,9	
Rinforzi ordinari	piatti di paratie longitudinali, diaframma telaio 08	11	2	S275J0	216	1,1	
	piatti fasciame posteriore	12-15	1,5	S275J0	216	0,6	
	ferri a bulbo di fasciami esterni	max Hp 300x13	2	S275J0	216	1,5	2,1
Squadre	spigoli	10	2	S275J0	216	0,8	
Piatti rinforzo fori	paratie longitudinali	11	2	S275J0	216		1,1

TAB. 7.1 - VERIFICHE TENSIONALI CONDIZIONE DI CARICO 1- FASCIAMI

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 71
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	


Funzione	posizione/elemento	spessore nominale (mm)	riduzione per corrosione (mm)	materiale	σ_{amm} $h = 1,25$ [N/mm ²]	σ_{von} Mises [N/mm ²]	Peggior soll. [N/mm ²]
Telai rinforzati	ossatura 02	10 12	2	S275J0	216	0,5	0,5
	ossatura 03	10 12	2	S275J0	216	0,7	-1,3
	ossatura 04	10 12	2	S275J0	216	0,4	-0,5
	ossatura 05	10 12	2	S275J0	216	0,5	-0,6
	ossatura 06	10 12	2	S275J0	216	0,6	-0,7
	ossatura 07	12 14	2	S275J0	216	0,6	-0,9
	ossatura 08	12 14	2	S275J0	216	0,7	-1,0
	ossatura 09	12 14	2	S275J0	216	0,7	-1,2
	ossatura 10	12 14	2	S275J0	216	0,9	1,2
	ossatura 11	12 14	2	S275J0	216	1,0	-1,3
	diaframma centrale	10-12 12-14	2	S275J0	216	0,6	0,6
Telaio ammortizzatori	ossatura 11	10	1	S275J0	216	0,6	
		10	1	S275J0	216		0,2
		20	1	S275J0	208	0,7	

TAB. 7.2 - VERIFICHE TENSIONALI CONDIZIONE DI CARICO 1- TELAI

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 72
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

Funzione	posizione/elemento	spessore nominale (mm)	riduzione per corrosione (mm)	materiale	σ_{amm} $h = 1,25$ [N/mm ²]	σ_{von} Mises [N/mm ²]	Peggior soll. [N/mm ²]
Fasciami esterni	superiore	9-12-13	1,5	S275J0	216	17	
	inferiore	9-12-13	1,5	S275J0	216	32	
	laterale	9-12-13	1,5	S275J0	216	11	
	posteriore	9-13	1,5	S275J0	216	21	
	anteriore	13	1,5	S275J0	216	11	
	ossatura 01	9	1,5	S275J0	216	14	
	inferiore sotto pinna	20	1,5	S275J0	208	26	
Fasciami interni (paratie longitudinali)	tipici (15 mm solo per irrigidimenti pinne)	10-12-15	2	S275J0	216	39	
	irrigidimenti pinne	20	2	S275J0	208	25	
	zone recessi twist lock	30	2	S275J2	208	11	
	zone recessi twist lock	60	2	S355K2	252	26	
	pinna	180	2	S355K2	214	7	
Rinforzi ordinari	piatti di paratie longitudinali, diaframma telaio 08	11	2	S275J0	216	13	
	piatti fasciame posteriore	12-15	1,5	S275J0	216	22	
	ferri a bulbo di fasciami esterni	max Hp 300x13	2	S275J0	216	46	41
Squadre	spigoli	10	2	S275J0	216	23	
Piatti rinforzo fori	paratie longitudinali	11	2	S275J0	216		-33

TAB. 7.3 - VERIFICHE TENSIONALI CONDIZIONE DI CARICO 2- FASCIAMI

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 73
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

Funzione	posizione/elemento	spessore nominale (mm)	riduzione per corrosione (mm)	materiale	σ_{amm} $h = 1,25$ [N/mm ²]	σ_{von} Mises [N/mm ²]	Peggior soll. [N/mm ²]
Telai rinforzati	ossatura 02	10 12	2	S275J0	216	7	7
	ossatura 03	10 12	2	S275J0	216	16	9
	ossatura 04	10 12	2	S275J0	216	5	-8
	ossatura 05	10 12	2	S275J0	216	10	13
	ossatura 06	10 12	2	S275J0	216	12	14
	ossatura 07	12 14	2	S275J0	216	12	17
	ossatura 08	12 14	2	S275J0	216	11	17
	ossatura 09	12 14	2	S275J0	216	10	11
	ossatura 10	12 14	2	S275J0	216	10	-10
	ossatura 11	12 14	2	S275J0	216	31	-32
	diaframma centrale	10-12 12-14	2	S275J0	216	30	-24
Telaio ammortizzatori	ossatura 11	10	1	S275J0	216	40	
		10	1	S275J0	216		-31
		20	1	S275J0	208	26	

TAB. 7.4 - VERIFICHE TENSIONALI CONDIZIONE DI CARICO 2- TELAI

7.2. Reazioni vincolari

Nelle tabelle seguenti vengono riportate le reazioni vincolari.

Le reazioni sono riferite agli assi solidali della paratoia poiché non è possibile riferirsi agli assi globali di riferimento in quanto le condizioni analizzate sono moti rotatori.

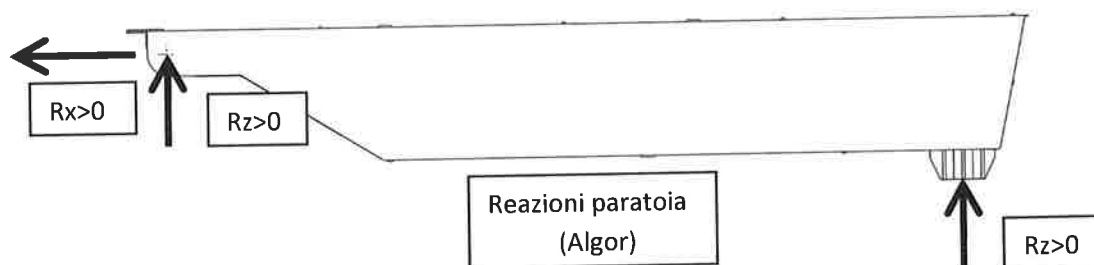



FIG. 7.1 - CONVENZIONI DI SEGNO PER LE REAZIONI DELLA PARATOIA

REAZIONI (kN)	Condizione di carico 1		
	Rx (kN)	Ry (kN)	Rz (kN)
Cerniera sinistra	80	0	6
Cerniera destra	80	0	6

TAB. 7.5 - REAZIONI VINCOLARI – CONDIZIONE DI CARICO 1

REAZIONI (kN)	Condizione di carico 2		
	Rx (kN)	Ry (kN)	Rz (kN)
Cerniera sinistra	-120	0	349
Cerniera destra	-120	0	349
Ammortizzatore sinistro laterale	0	0	430
Ammortizzatore sinistro intermedio	0	0	430
Ammortizzatore sinistro centrale	0	0	429
Ammortizzatore destro laterale	0	0	430
Ammortizzatore destro intermedio	0	0	430
Ammortizzatore destro centrale	0	0	429

TAB. 7.6 - REAZIONI VINCOLARI – CONDIZIONE DI CARICO 2

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 75
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

7.3. Deformazioni appoggi elastici

Nella tabella seguente vengono riportati gli spostamenti massimi in corrispondenza del supporto degli appoggi elastici, corrispondenti alla deformazione subita dall'ammortizzatore.

Viene quindi considerata la sola Condizione di Carico 2 (A_{IMP}).

Spostamenti massimi (mm)	Z
Ammortizzatore sinistro	
- laterale	-118,038
- intermedio	-117,863
- centrale	-117,678
Ammortizzatore destro	
- laterale	-118,038
- intermedio	-117,863
- centrale	-117,678


TAB. 7.7 - SPOSTAMENTI SUPPORTI ELASTICI

7.4. Estensione dei risultati alla Condizione di Carico 3

Come indicato al par. 5.4, i risultati relativi alla Condizione di Carico 3 si possono ottenere da quelli della Condizione di Carico 2 semplicemente fattorizzando questi ultimi per $\eta = 3,25$.

La Condizione di Carico 3, per il suo carattere ampiamente conservativo, si configura come condizione estrema per la paratoia in fase di abbattimento.

L'estensione dei risultati alla Condizione di Carico 3 è illustrata nella tabella seguente, nella quali si riportano i risultati significativi in termini di tensioni e reazioni.

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 76
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

RISPOSTA STRUTTURALE ALL'IMPATTO ESTREMO (Condizione di Carico 3)					
Componente Strutturale più sollecitato	Azione nel componente (C. C. 2)	Azione nel componente (C. C. 3)	Valore ammissibile/ Portata	R(3) Rapporto di utilizzo C.C. 3	Descrizione
Rinforzi Ord. Bulbi	46 [N/mm ²]	150 [N/mm ²]	216 [N/mm ²]	0,69	Sollecitazione massima (Von Mises) nella struttura della Paratoia
Telaio appoggi elastici	40 [N/mm ²]	130 [N/mm ²]	216 [N/mm ²]	0,60	
Cerniere	Rx = -120 kN	Rx = -390 kN	5000 kN	0,08	Massima Reazione x
	Rz = 349 kN	Rz = 1134 kN	2100 kN	0,54	Massima Reazione z

TAB. 7.8 – RISPOSTA STRUTTURALE ALL'IMPATTO ESTREMO
(CONDIZIONE DI CARICO 3)

Dalla tabella di cui sopra si evince che il massimo rapporto di utilizzo del componente strutturale più sollecitato è nella Condizione di Carico 3:


$$R3(\max) = 0,69$$

Conseguentemente il dimensionamento di tutti i componenti strutturali della paratoia e dei suoi supporti è tale che, anche nella condizione di impatto con energia cinetica pari all'energia massima E_{MAX} , utilizzata per il dimensionamento degli appoggi elastici, e sotto le ipotesi largamente conservative adottate, la struttura ed i suoi supporti rimangono comunque entro i limiti ammissibili.

Tale verifica copre anche ogni altra situazione ipotetica di impatto con velocità corrispondenti ad energie cinetiche inferiori a quella E_{MAX} utilizzata per il dimensionamento degli appoggi elastici.

Si nota che un parabordo in grado di fornire l'energia richiesta ha un'altezza di circa 800 mm e che la sua *rated deflection* è in genere circa il 52% dell'altezza: la deformazione raggiungibile in esercizio è quindi circa 416 mm, superiore a quella risultante per la condizione 3, pari a $118 \cdot 3,25 = 384$ mm, che risulta inferiore e compatibile (anche a conferma delle assunzioni di calcolo).

Per i rapporti di utilizzo relativi alle reazioni dei connettori, si dà il rapporto tra la reazione calcolata e i carichi di progetto (condizione C10) non fattorizzati per i connettori (ref. MV080P-PE-MAR-2000 e MV080P-PE-MAR-2021).

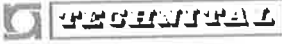
 REGISTRATA	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 77
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

7.5. Conclusioni

Le condizioni operative analizzate hanno evidenziato che la paratoia è sempre soggetta a sollecitazioni molto inferiori alle tensioni ammissibili.

I risultati indicano che le sollecitazioni derivanti dalle forze inerziali non costituiscono elemento critico: i risultati per la condizione 1 e 2 sono irrilevanti.

Si sottolinea che i risultati per la condizione 3 non corrispondono ad una condizione reale (per la quale valgono quelli della condizione 2) e sono volti a verificare gli ammortizzatori e i loro supporti per l'energia considerata per la scelta degli ammortizzatori, valutando contestualmente il comportamento globale della paratoia. In ogni caso, anche per questa condizione, le tensioni sono molto contenute, garantendo margini per eventuali sollecitazioni aggiuntive dovute alle variazioni tra pressioni esterne ed interne durante l'affondamento: qualora si considerassero concomitanti le sollecitazioni riscontrate per la paratoia nella condizione finale a riposo in presenza di onda, non si riscontrano infatti sollecitazioni eccessive.

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 78
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

8. IMMAGINI DEI RISULTATI

8.1. Indice dei risultati

Di seguito si riportano i risultati in dettaglio relativi alle tensioni e alle deformazioni.


Le figure per le quali è indicata la dicitura trave riportano la sollecitazione combinata di carico normale e momenti flettenti per i componenti trave dell'elemento.

Condizione di carico 1 ($V_{MAX} = 3.30 \text{ deg/s}$)

Fig. 8.1 – Tensione equivalente di Von Mises e deformata	79
Fig. 8.2 – Tensione equivalente di Von Mises totale paratoia	80
Fig. 8.3 – Tensione equivalente di Von Mises elementi interni	81
Fig. 8.4 – Taglio z-x elementi interni	82
Fig. 8.5 – Taglio y-z elementi interni	83
Fig. 8.6 – Elementi trave	84

Condizione di carico 2 ($A_{IMP} = 3.69 \text{ deg/s}^2$)

Fig. 8.7 – Tensione equivalente di Von Mises e deformata	85
Fig. 8.8 – Tensione equivalente di Von Mises totale paratoia	86
Fig. 8.9 – Tensione equivalente di Von Mises elementi interni	87
Fig. 8.10 – Taglio z-x elementi interni	88
Fig. 8.11 – Taglio y-z elementi interni	89
Fig. 8.12 – Elementi trave	90
Fig. 8.13 – Tensione equivalente di Von Mises: dettaglio supporto destro	91
Fig. 8.14 – Taglio z-x: dettaglio supporto destro	92
Fig. 8.15 – Taglio y-z: dettaglio supporto destro	93
Fig. 8.16 – Elementi trave (piattabande supporti): dettaglio supporto destro	94

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 79
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

8.2. Condizione di Carico 1 (V_{MAX})

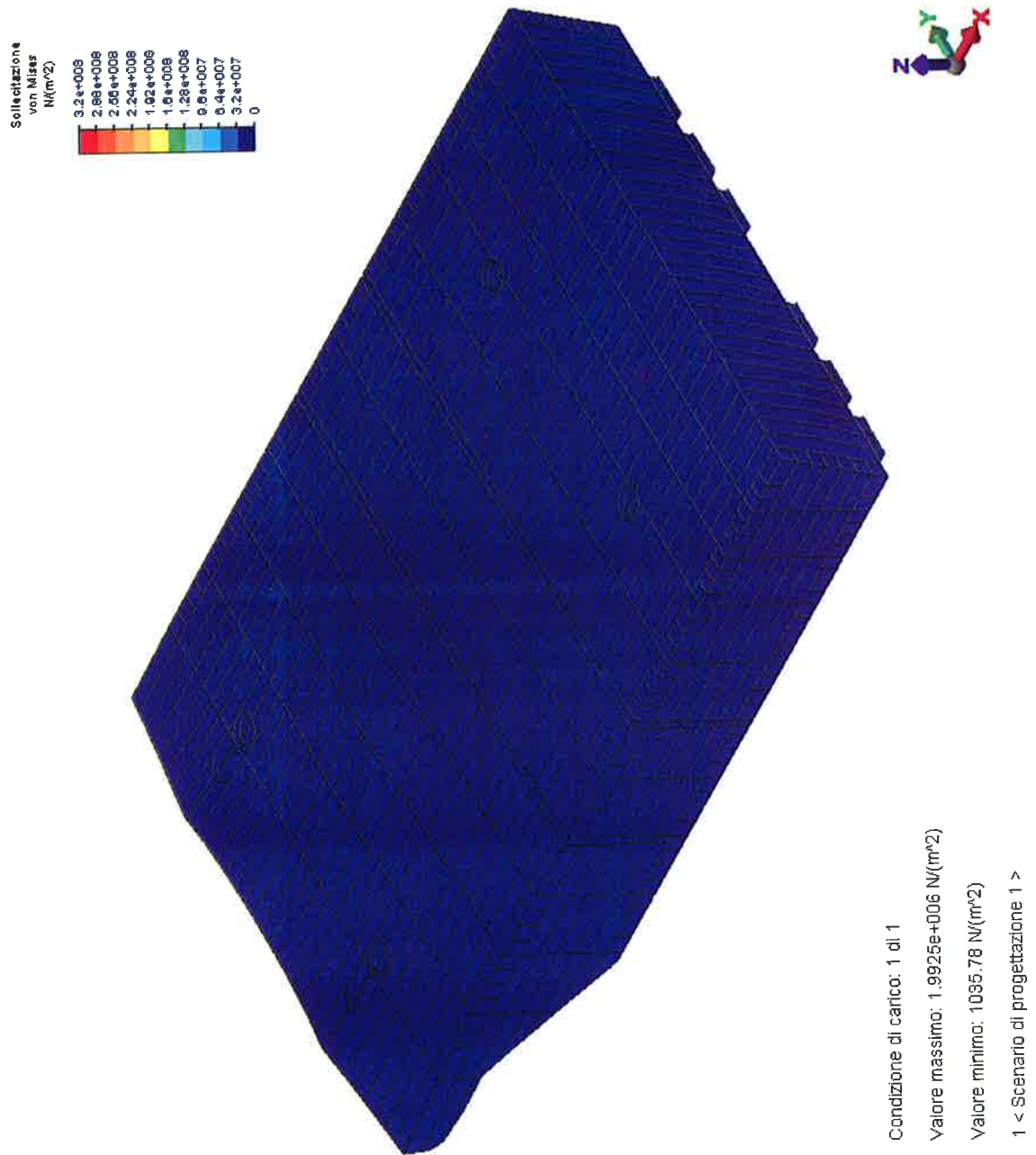



FIG. 8.1 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES E DEFORMATA

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 80
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

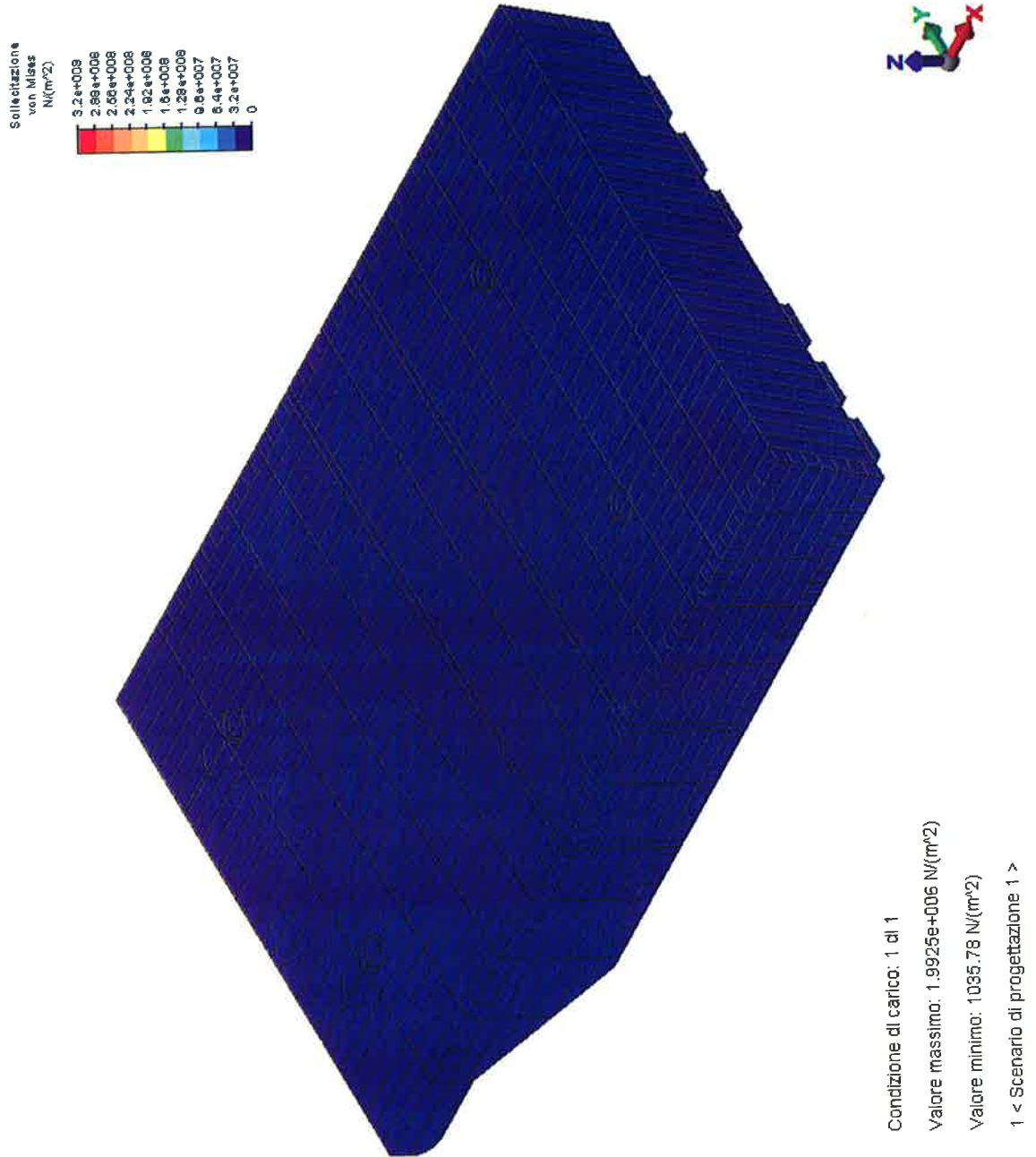



FIG. 8.2 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES TOTALE PARATOIA

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 81
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

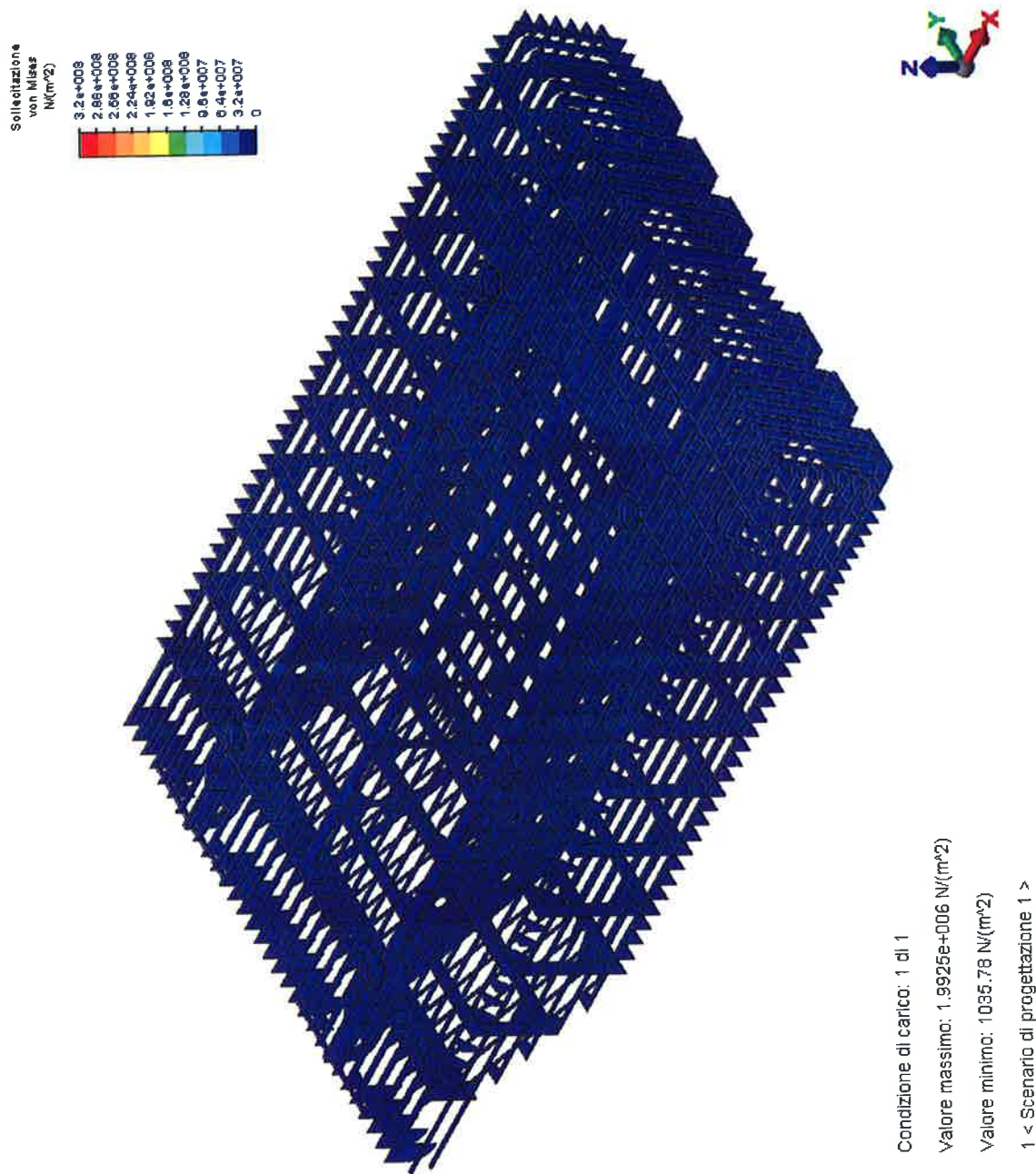


FIG. 8.3 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES ELEMENTI INTERNI

Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 82
Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

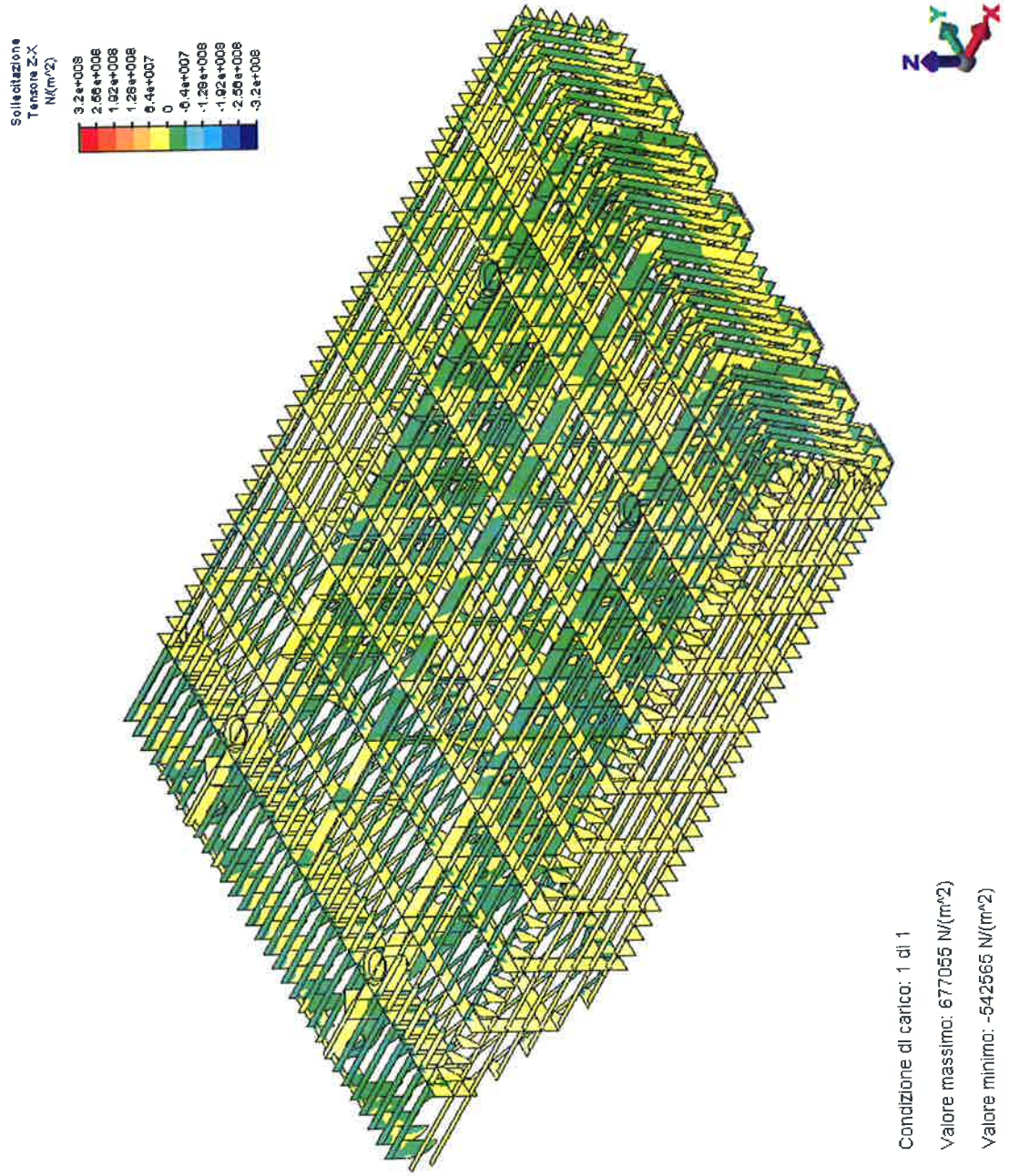
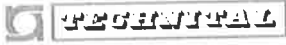


FIG. 8.4 –TAGLIO Z-X ELEMENTI INTERNI

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 83
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

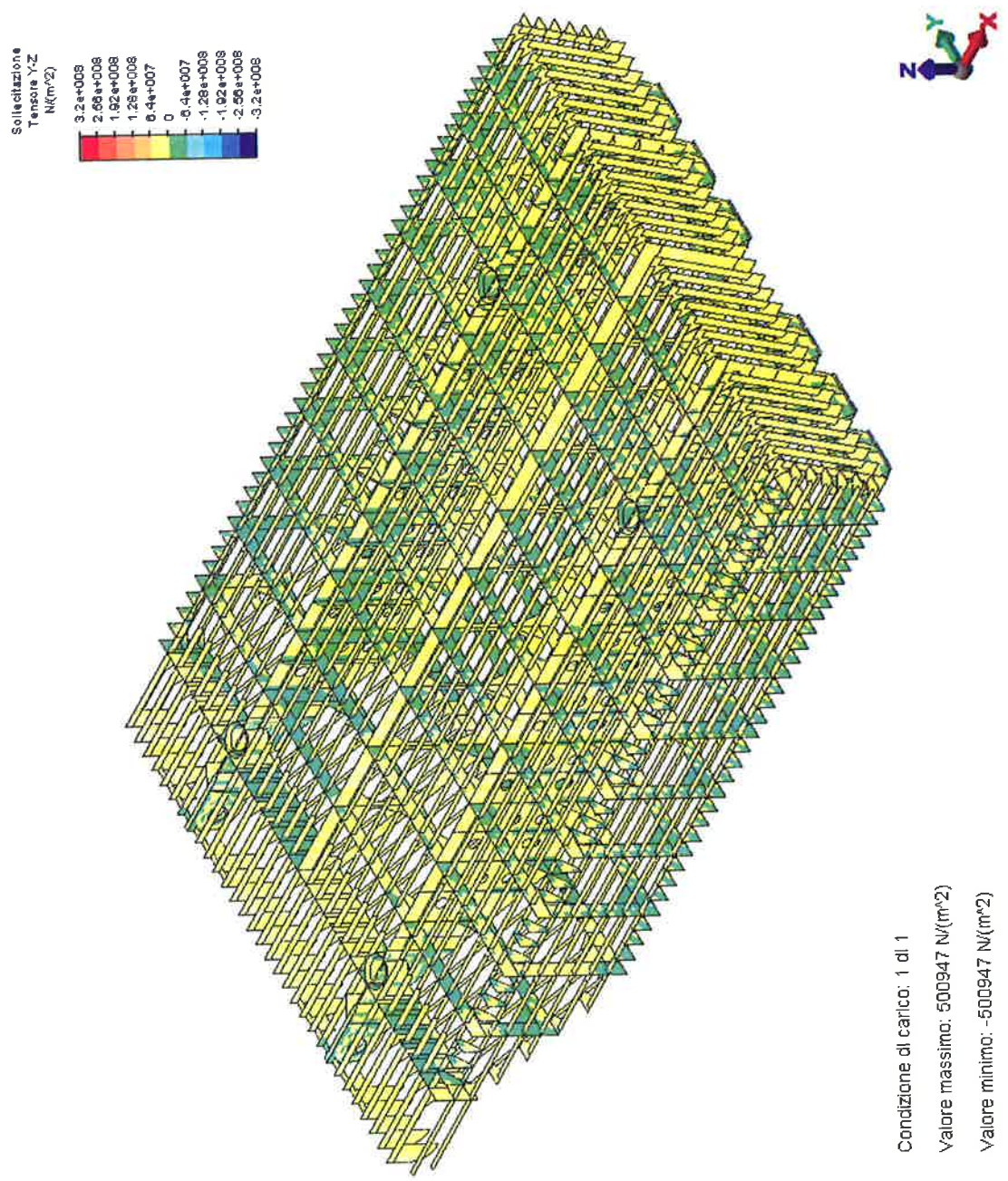
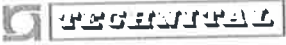
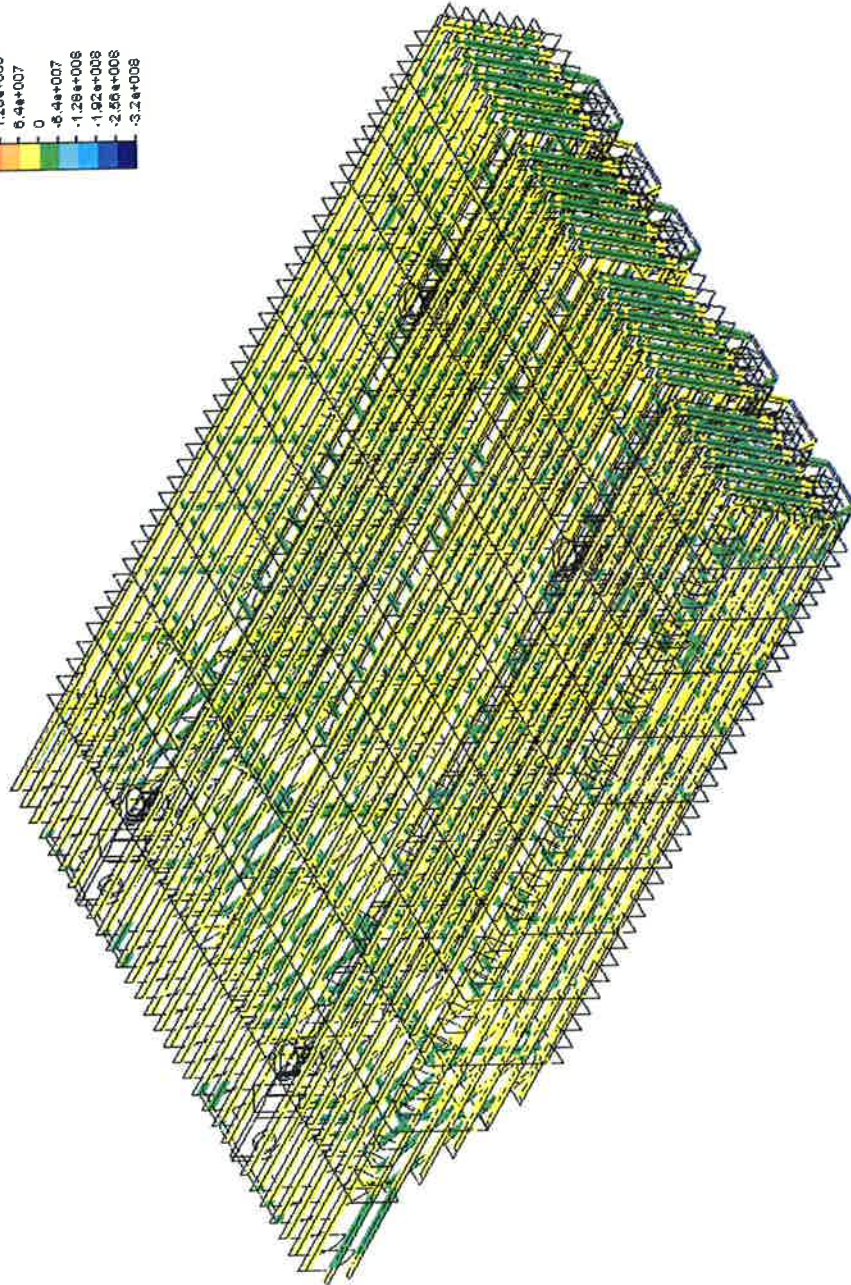
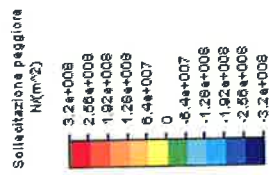



FIG. 8.5 –TAGLIO Y-Z ELEMENTI INTERNI

	Rev.	Data:	EI.	MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 84
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO		



Condizione di carico: 1 di 1
 Valore massimo: 2.06746e+006 N/(m²)
 Valore minimo: -1.30479e+006 N/(m²)
 1 < Scenario di progettazione 1 >

FIG. 8.6 –ELEMENTI TRAVE

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 85
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

8.3. Condizione di Carico 2 (A_{IMP})

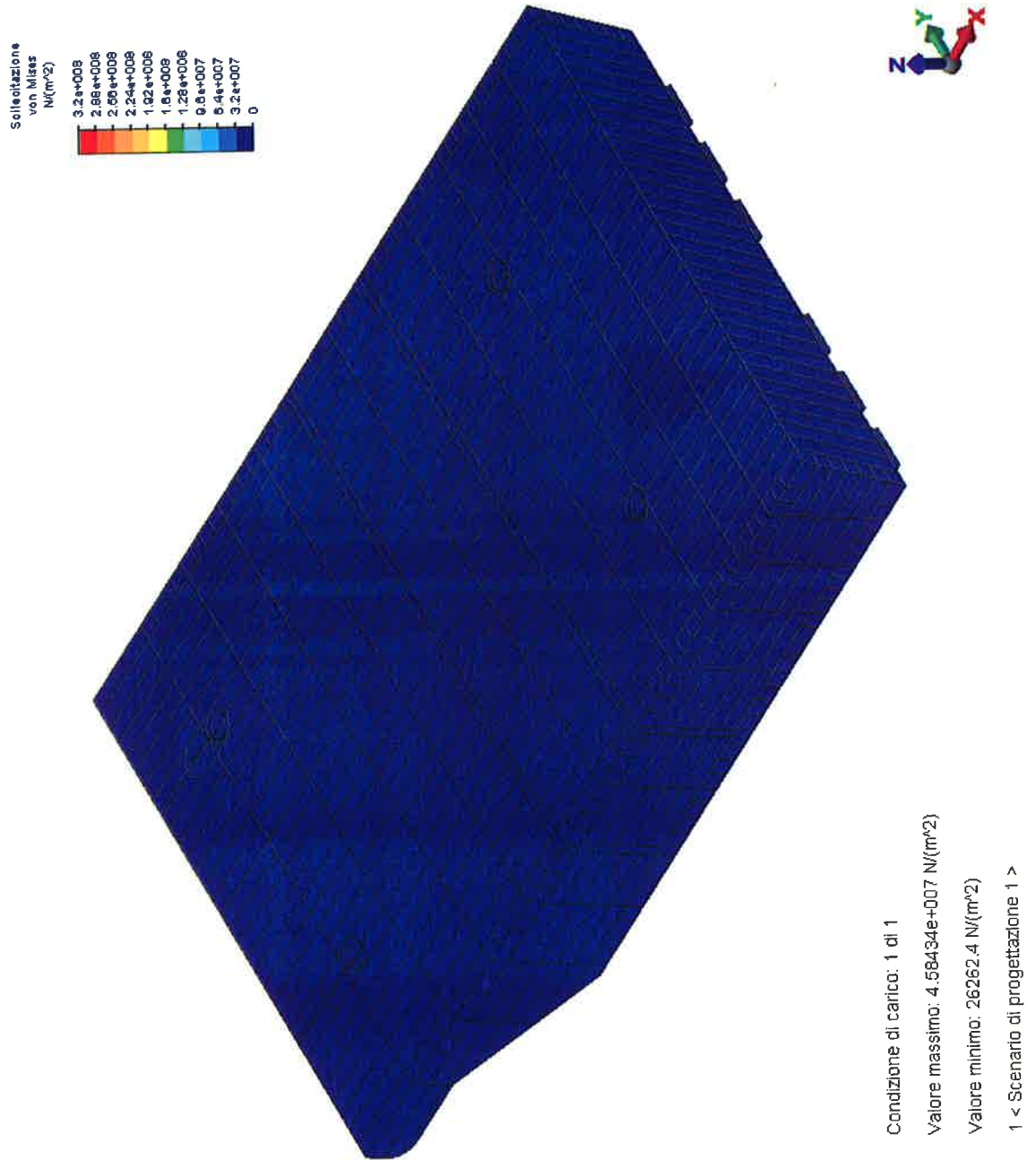
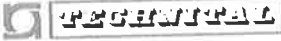


FIG. 8.7 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES E DEFORMATA

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 86
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

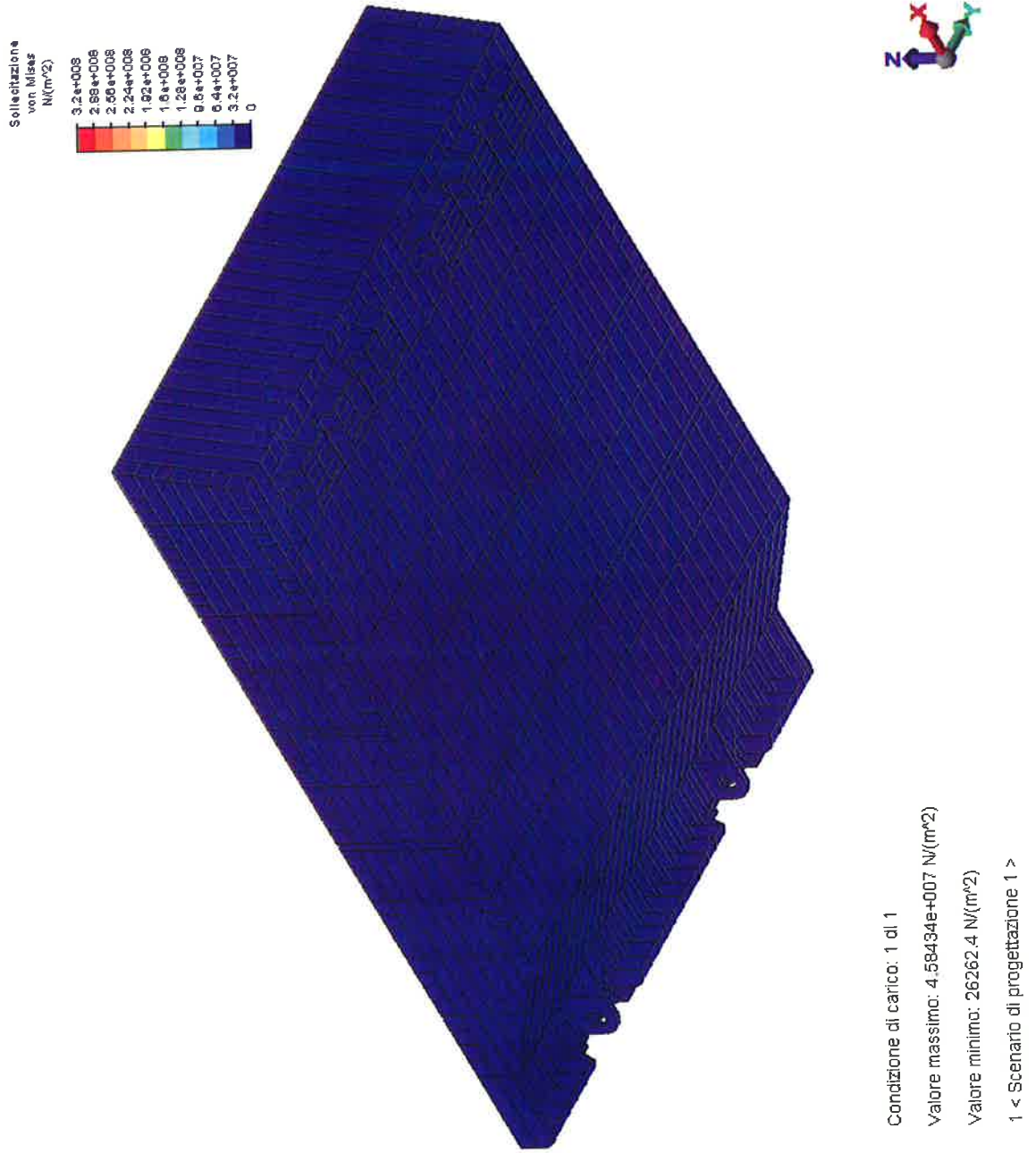



FIG. 8.8 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES TOTALE PARATOIA

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 87
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

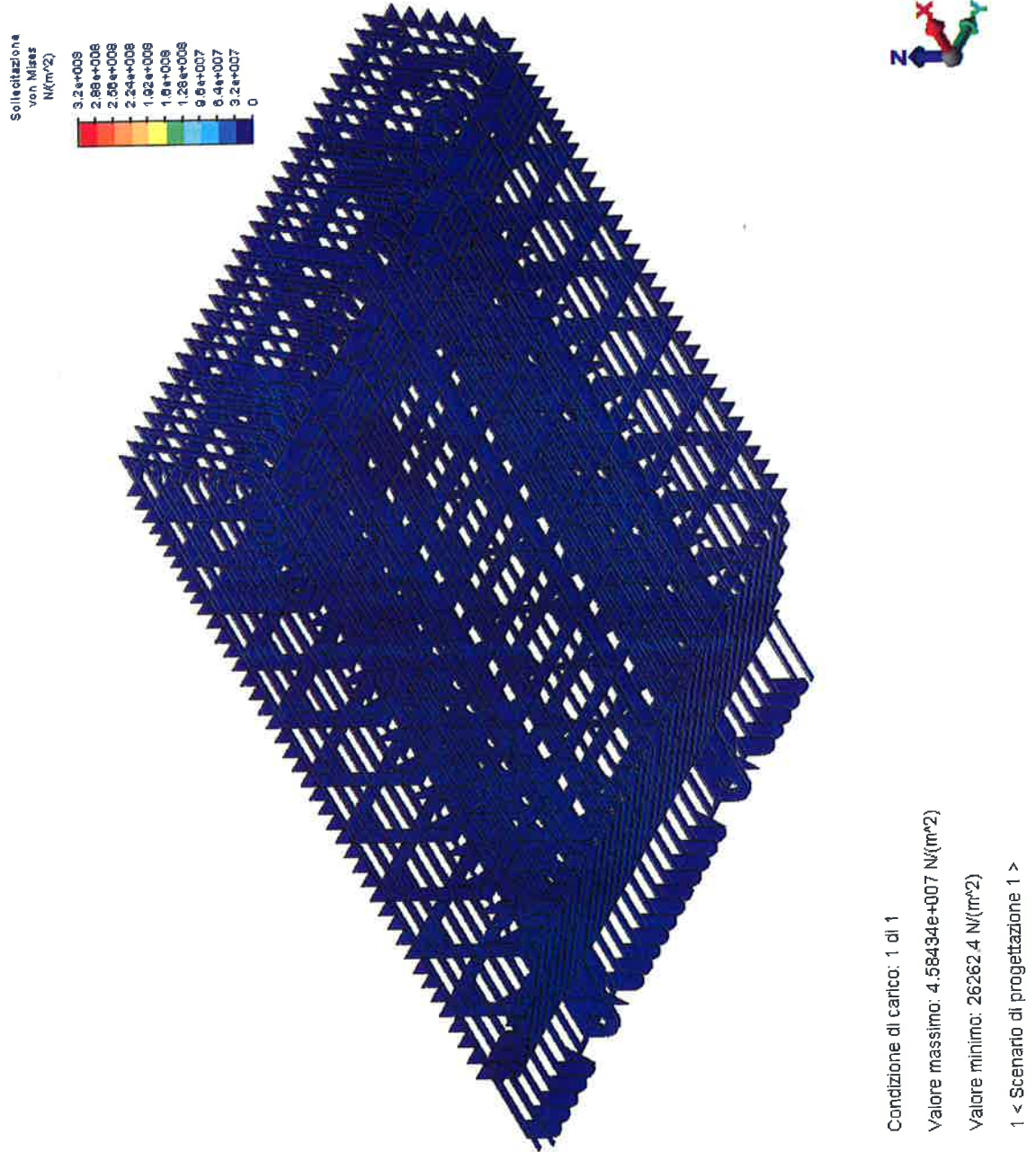


FIG. 8.9 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES ELEMENTI INTERNI

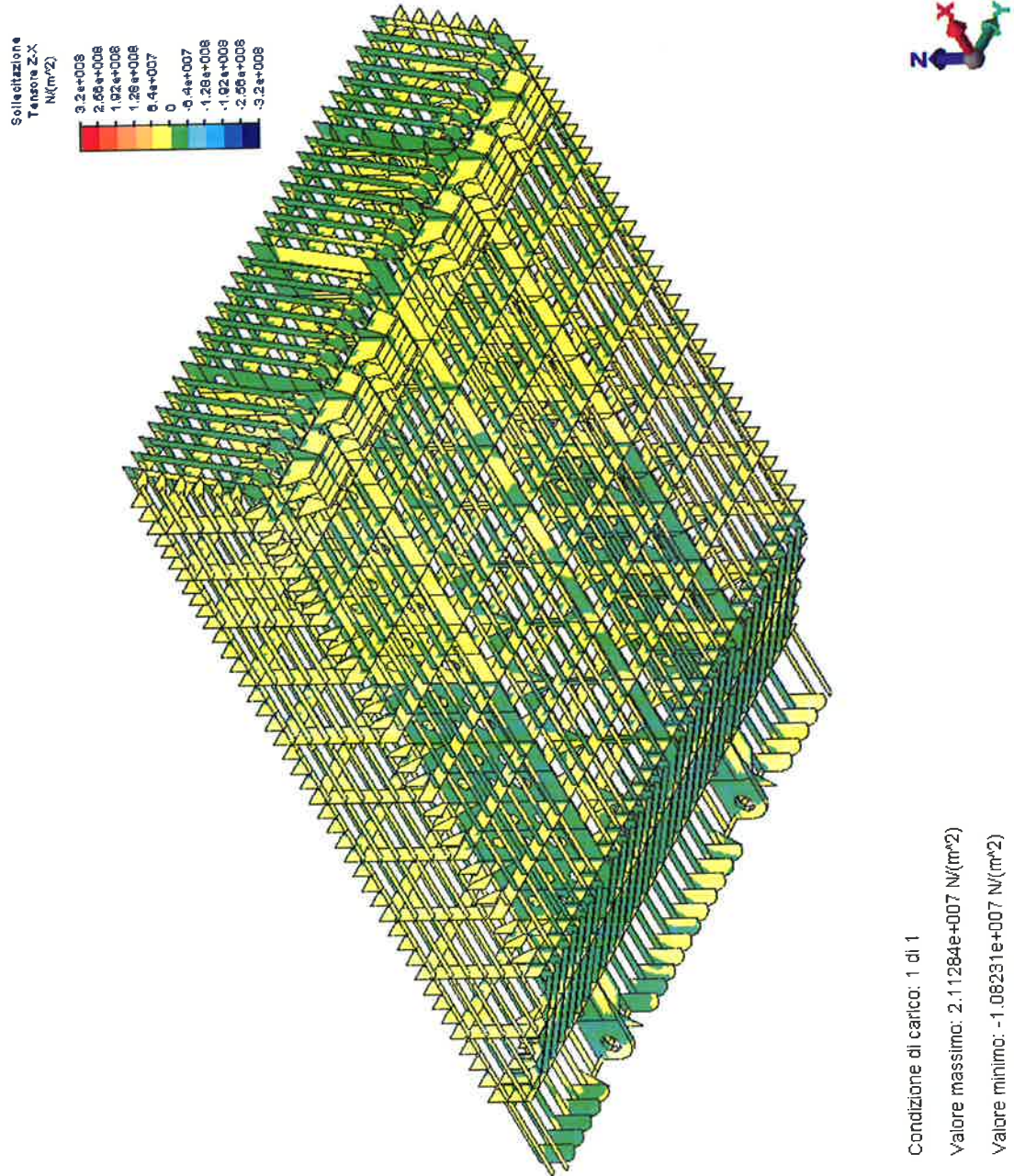


FIG. 8.10 – TAGLIO Z-X ELEMENTI INTERNI

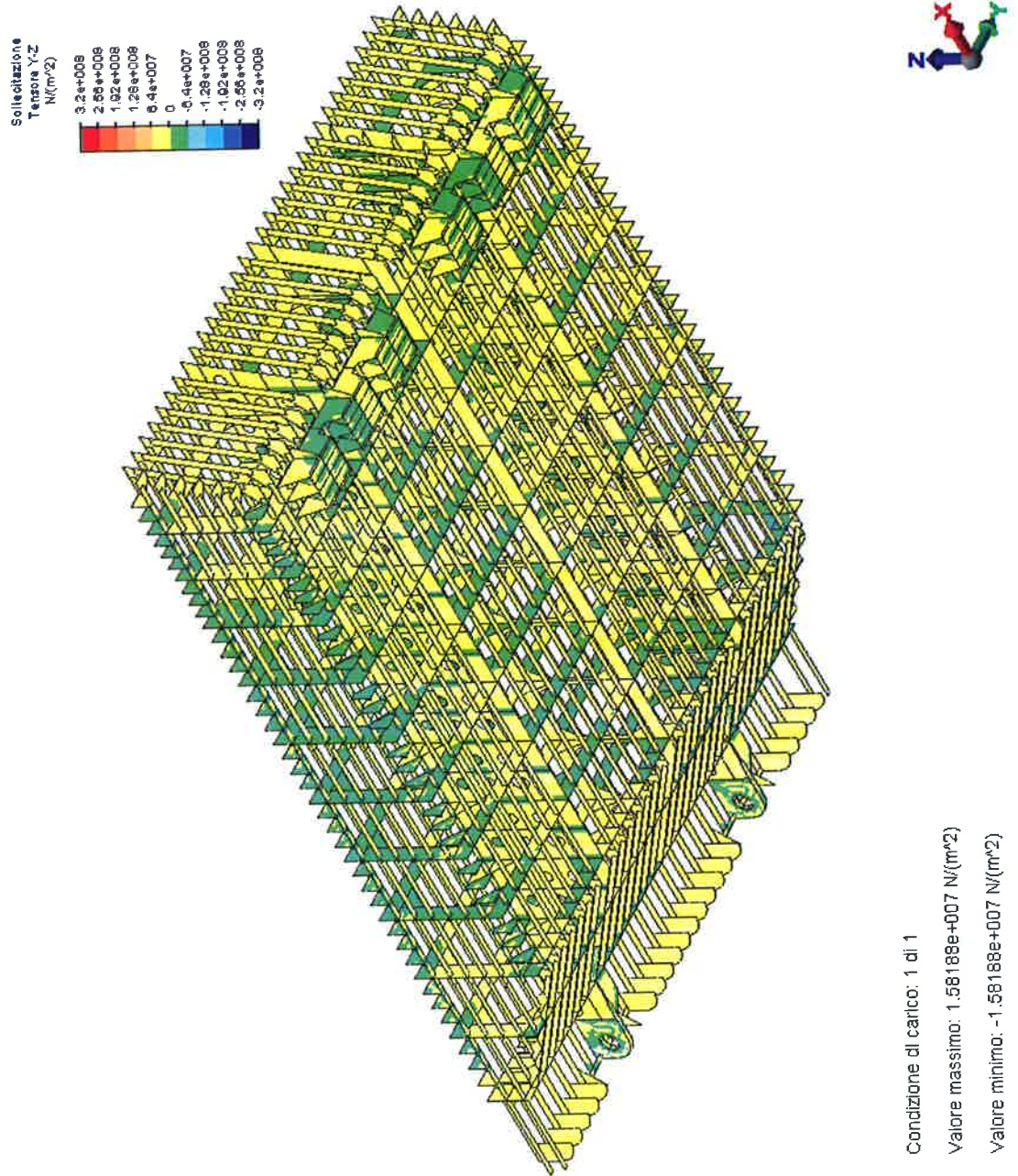
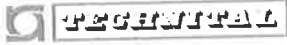
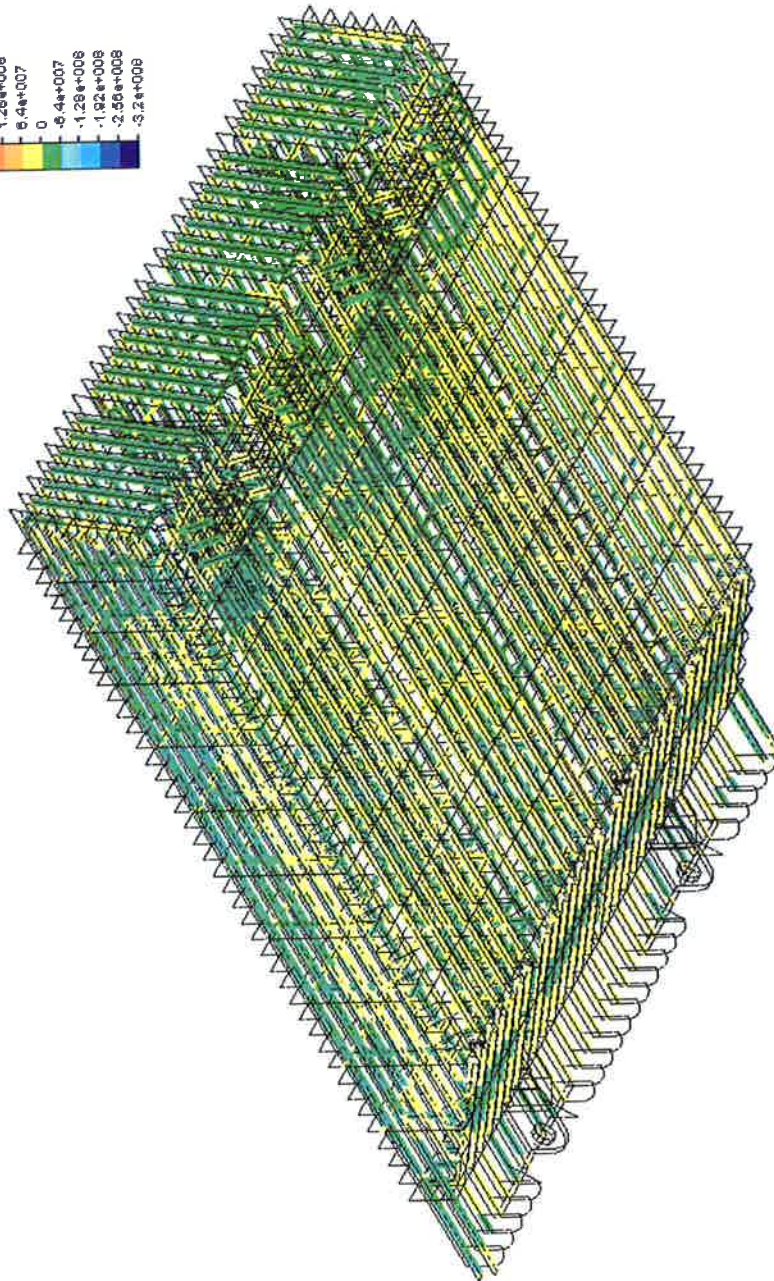
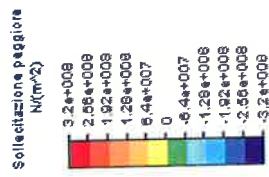



FIG. 8.11 – TAGLIO Y-Z ELEMENTI INTERNI

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 90
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	



Condizione di carico: 1 di 1
 Valore massimo: 4.17e+007 N/(m²)
 Valore minimo: -3.305e+007 N/(m²)
 1 < Scenario di progettazione 1 >

FIG. 8.12 – ELEMENTI TRAVE

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 91
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

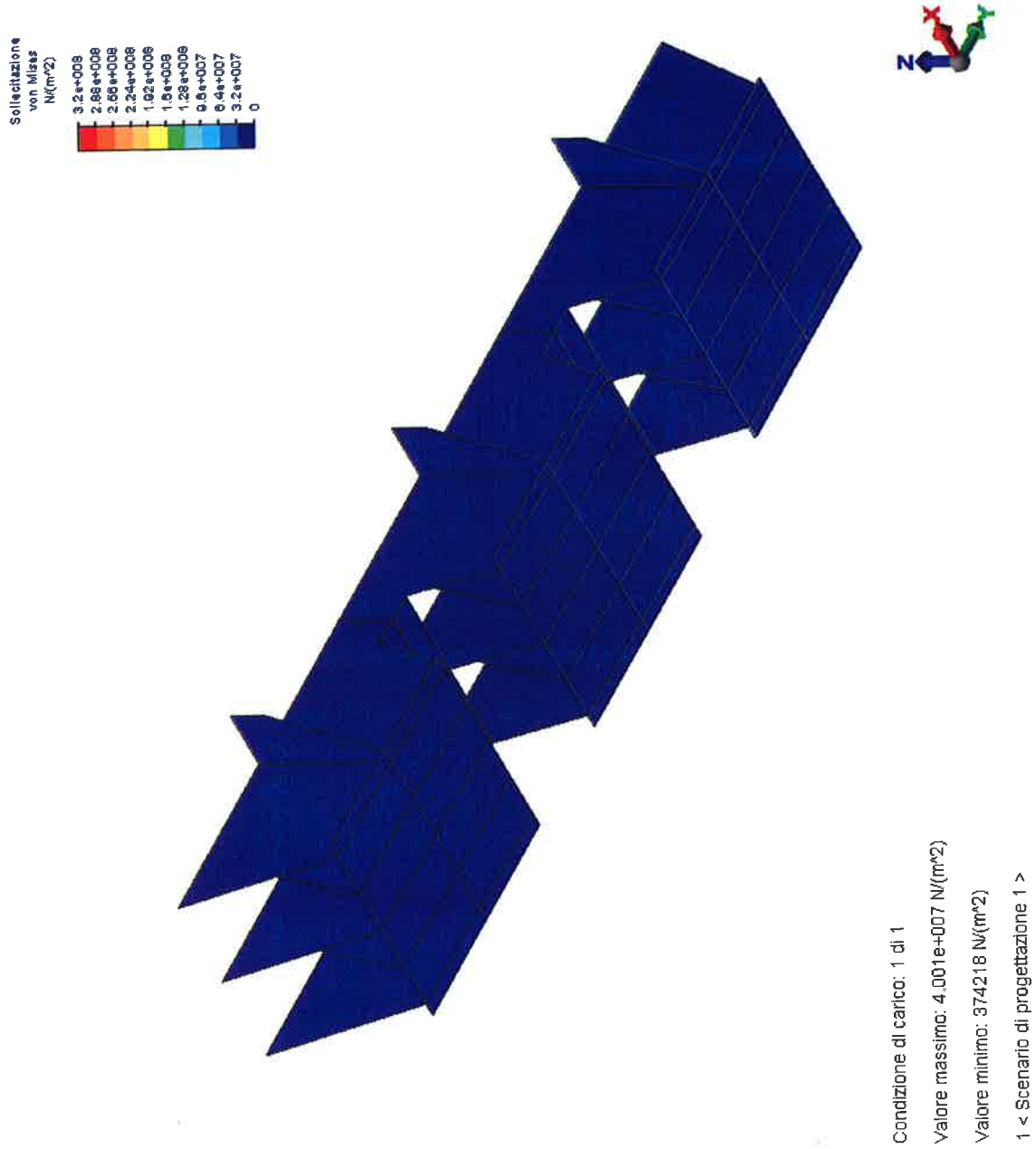

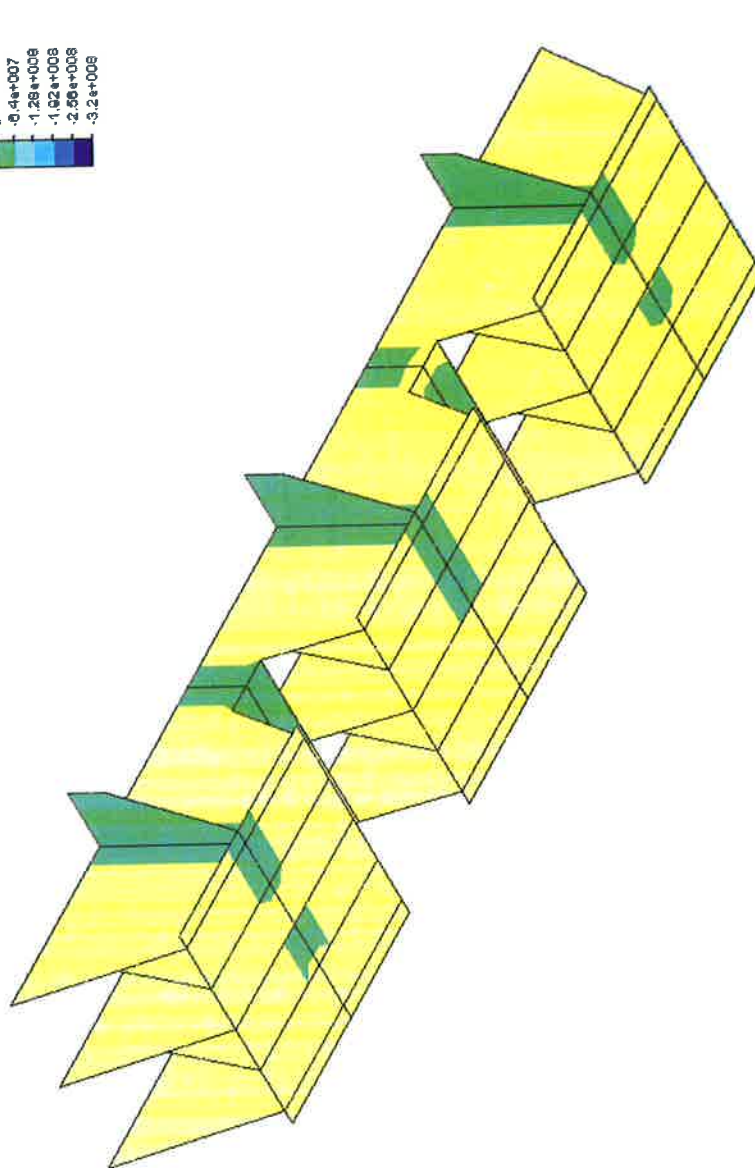
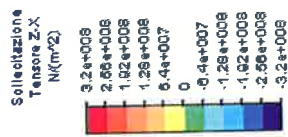



FIG. 8.13 –TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES: DETTAGLIO SUPPORTO DESTRO

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 92
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	



Condizione di carico: 1 di 1
Valore massimo: 1.18642e+007 N/(m²)
Valore minimo: -1.00154e+007 N/(m²)
1 < Scenario di progettazione 1 >

FIG. 8.14 –TAGLIO Z-X: DETTAGLIO SUPPORTO DESTRO

 TECERITTA	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 93
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	

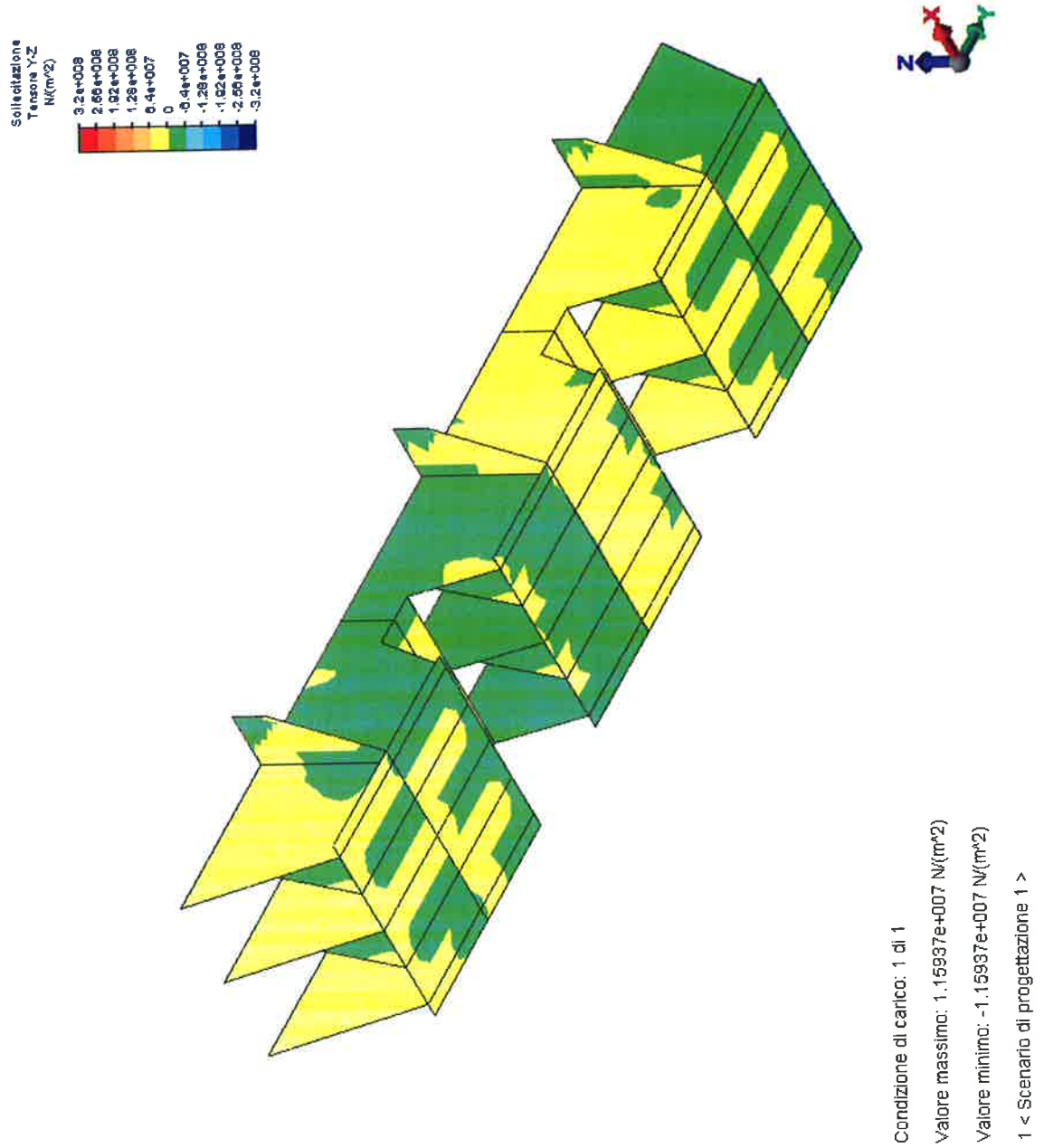

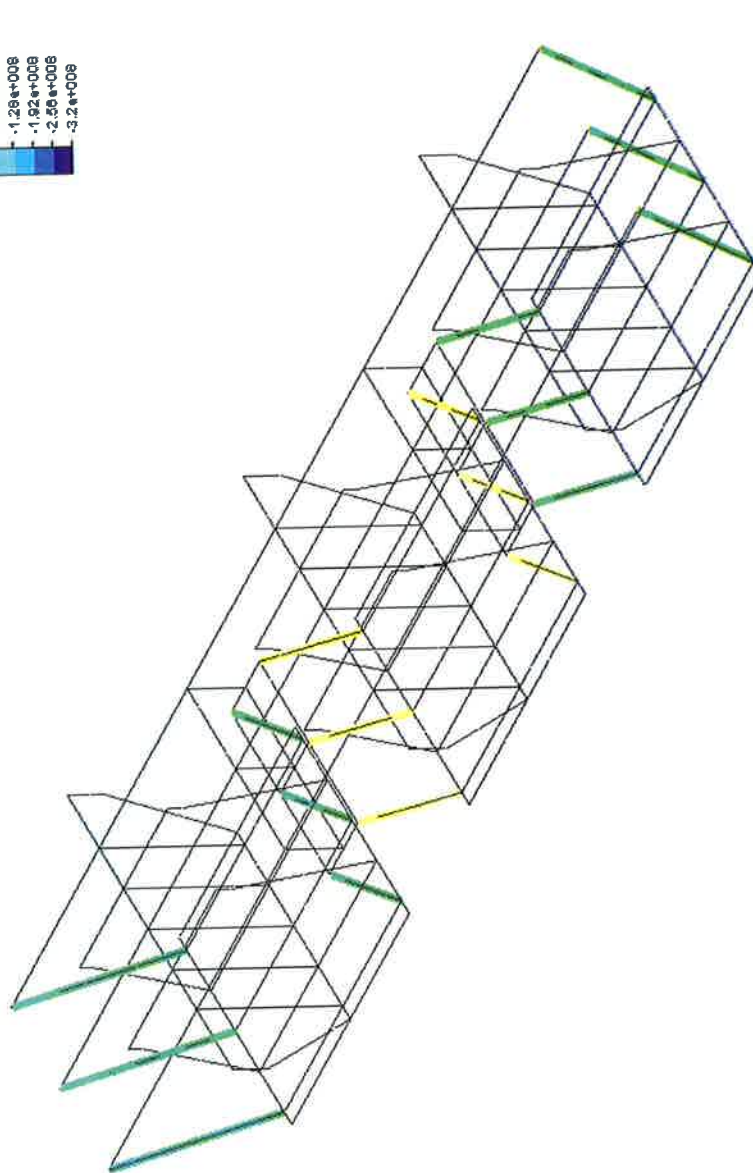
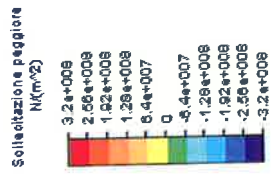


FIG. 8.15 –TAGLIO Y-Z: DETTAGLIO SUPPORTO DESTRO

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2012-C0	Pag. n. 94
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D CONDIZIONI DI AFFONDAMENTO	



Condizione di carico: 1 di 1
 Valore massimo: 1.51903e+007 N/(m²)
 Valore minimo: -3.10479e+007 N/(m²)
 1 < Scenario di progettazione 1 >

FIG. 8.16 –ELEMENTI TRAVE (PIATTABANDE SUPPORTI): DETTAGLIO SUPPORTO DESTRO