

C0	10/06/13	Emissione per approvazione	DV	DL	LM	
REVISIONE	DESCRIZIONE			EL.	CON.	APP.

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
MAGISTRATO ALLE ACQUE

NUOVI INTERVENTI PER LA SALVAGUARDIA DI VENEZIA

LEGGE N.798 DEL 29-11-1984
CONVENZIONE REP. N. 7191 DEL 04-10-1991
ATTO ATTUATIVO REP 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 IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO RELAZIONE DI CALCOLO

ELABORATO D. Varisco	CONTROLLATO D. Lesina	APPROVATO L. Mazza
N. ELABORATO MV080P-PE-MAR-2007-C0	CODICE FILE MV080P-PE-MAR-2007-C0.doc	DATA 10 Giugno 2013

CONSORZIO "VENEZIA NUOVA"

<p>COORDINAMENTO PROGETTAZIONE</p> <p>VERIFICATO: L. CARRETTA</p> <p>CONTROLLATO: V. ARDONE</p> <p> CONSORZIO VENEZIA NUOVA M. BROTONO</p>	<p>PROGETTAZIONE</p> <p> DOTT. ING. ALBERTO SCOTTI Sez. A. Servizi: a) civile e ambientale b) industriale c) dell'informazione n° A 978</p> <p>IL RESPONSABILE</p> <p>PROGETTAZIONE SPECIALISTICA</p> <p>TECON</p>
---	---

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 2
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

INDICE

1.	OGGETTO E SCOPO	4
	1.1. Generalità	4
	1.2. Modalità di sollevamento e trasporto	4
2.	RIFERIMENTI	10
	2.1. Elaborati del progetto esecutivo	10
	2.2. Normative	10
3.	MATERIALI	11
	3.1. Caratteristiche	11
	3.2. Tensioni ammissibili	12
4.	SCHEMATIZZAZIONE DELLA PARATOIA	16
	4.1. Descrizione della paratoia	16
	4.2. Unità di misura	17
	4.3. Programma di calcolo	17
	4.4. Sistema di riferimento del modello	18
	4.5. Sovra-spessore di corrosione	21
	4.6. Modello della paratoia	22
	4.7. Fasciami	26
	4.7.1. Fasciami esterni	26
	4.7.2. Fasciami interni (diaframmi longitudinali)	33
	4.8. Rinforzi ordinari	37
	4.8.1. Piatti	37
	4.8.2. Ferri a bulbo	39
	4.9. Squadre	43
	4.10. Piatti di rinforzo fori	45
	4.11. Telai rinforzati	47
	4.12. Supporti ammortizzatori	52
	4.13. Vincoli	54
5.	CARICHI APPLICATI	58
	5.1. Generalità	58
	5.2. Peso proprio	58
	5.2.1. Pesi della paratoia e degli allestimenti	58
	5.2.2. Pesi distribuiti uniformemente	60
	5.2.3. Peso concentrato solo in alcune zone	64
	5.3. Peso fouling	65
	5.4. Peso totale considerato per la paratoia con fouling	66

 GENERALITÀ	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 3
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

5.5.	Peso acqua residua a bordo paratoia	68
5.6.	Accelerazioni	68
5.7.	Variazioni termiche	70
6.	COMBINAZIONI DI CARICO	71
7.	RISULTATI	72
7.1.	Verifiche tensionali	72
7.1.1.	Generalità	72
7.1.2.	In sollevamento - Condizione T.1a	75
7.1.3.	In sollevamento - Condizione T.1b	77
7.1.4.	In trasporto – Condizioni T.2a, T.2b, T.2c ($a_x \geq 0$)	79
7.1.5.	In trasporto – Condizioni T.2d, T.2e ($a_x < 0$)	81
7.1.6.	In trasporto – Condizioni T.3a, T.3b, T.3c ($a_x \geq 0$)	83
7.1.7.	In trasporto – Condizioni T.3d, T.3e ($a_x < 0$)	85
7.2.	Reazioni vincolari	87
7.3.	Deformazioni	90
7.4.	Conclusioni	94
8.	IMMAGINI DEI RISULTATI	95
8.1.	Indice dei risultati	95
8.2.	In sollevamento - Condizioni T.1	98
8.2.1.	Condizione T.1a (paratoia allestita incrostata con 60 cm acqua sul fondo)	98
8.2.2.	Condizione T.1b (paratoia allestita pulita senza connettori e parabordi)	102
8.3.	In sollevamento e trasporto con Jack-up - Condizioni T.2 (paratoia allestita incrostata con 30 cm acqua sul fondo, senza variazioni termiche)	106
8.3.1.	Condizione T.2a - Direzione onda 90° ; $a_x > 0$	106
8.3.2.	Condizione T.2b - Direzione onda 135° ; $a_x > 0$	110
8.3.3.	Condizione T.2c - Direzione onda 180° ; $a_x = 0$	114
8.3.4.	Condizione T.2d - Direzione onda 90° ; $a_x < 0$	118
8.3.5.	Condizione T.2e - Direzione onda 135° ; $a_x < 0$	122
8.4.	In sollevamento e trasporto con Jack-up - Condizioni T.3 (paratoia allestita incrostata con 30 cm acqua sul fondo, variazioni termiche $+20^\circ\text{C}$ e $+30^\circ\text{C}$)	126
8.4.1.	Condizione T.3a - Direzione onda 90° ; $a_x > 0$	126
8.4.2.	Condizione T.3b - Direzione onda 135° ; $a_x > 0$	130
8.4.3.	Condizione T.3c - Direzione onda 180° ; $a_x = 0$	134
8.4.4.	Condizione T.3d - Direzione onda 90° ; $a_x < 0$	138
8.4.5.	Condizione T.3e - Direzione onda 135° ; $a_x < 0$	142

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 4
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

1. OGGETTO E SCOPO

1.1. Generalità

La presente relazione illustra le verifiche degli elementi strutturali della paratoia di Malamocco attraverso una schematizzazione tridimensionale ad elementi finiti, nelle seguenti condizioni:

- Sollevamento della paratoia mediante jack-up;
- Trasporto della paratoia mediante jack-up in navigazione;

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

1.2. Modalità di sollevamento e trasporto

E' previsto che il sollevamento e il trasporto della paratoia avvengano utilizzando il telaio pescatore del mezzo per la sostituzione delle paratoie (jack-up) o un dispositivo equivalente in grado di garantire e controllare la ripartizione dei carichi tra i punti di sospensioni.

Con il sistema previsto, l'aggancio della paratoia è assicurato da 4 twist lock, da ingaggiare negli appositi recessi predisposti nella paratoia. I twist lock si inseriscono infatti nelle aperture previste nella paratia longitudinale delle paratoie e ruotando agganciano la paratoia.

Pertanto, in sollevamento e in trasporto mediante jack-up, la paratoia è agganciata dai twist lock che sono rigidamente connessi a un telaio pescatore, il quale è provvisto di riscontri in direzione sia trasversale sia longitudinale contro i montanti delle capre (quando il telaio è in coperta e fino al livello della chiglia) o le gambe del jack-up (quando il telaio è sotto la chiglia).

Attraverso appositi dispositivi di regolazione, centraggio e riscontro, comandati da martinetti idraulici collegati al sistema di movimentazione della paratoia, il telaio permette di posizionare correttamente la paratoia per la sua movimentazione

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 5
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

o per il trasporto, in modo che risulti in assetto orizzontale e nella posizione prevista. Il telaio, una volta regolato, mantiene la posizione finale della paratoia, impedendone i movimenti nel piano orizzontale, ma permettendo l'abbassamento o l'innalzamento mediante pattini.

Per alzare o abbassare la paratoia, ai twist lock sono agganciati i cavi di sospensione, movimentati ognuno da uno strand jack, collocato sulla piattaforma in testa alle capre. I quattro strand jack hanno un sistema di regolazione e controllo, anch'esso parte del sistema di movimentazione della paratoia, che garantisce l'ingaggio e il raggiungimento dei carichi di sospensione previsti, cui corrisponde l'assetto imposto alla paratoia. Non si prevedono pertanto apprezzabili sovraccarichi (rispetto alla distribuzione prevista) di un punto di sospensione rispetto ad un altro.

Un sistema di controllo, implementato nel sistema di movimentazione della paratoia, impedisce le operazioni quando non siano rispettate le condizioni imposte di assetto della paratoia e di tensione nei cavi. Per il trasporto e il sollevamento non si considerano pertanto azioni squilibrate sui diversi cavi.

Nelle successive figure si dà illustrazione del mezzo e del sistema di sollevamento, oggetto della WBE CO.Q1.68.PE.01.

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 6
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

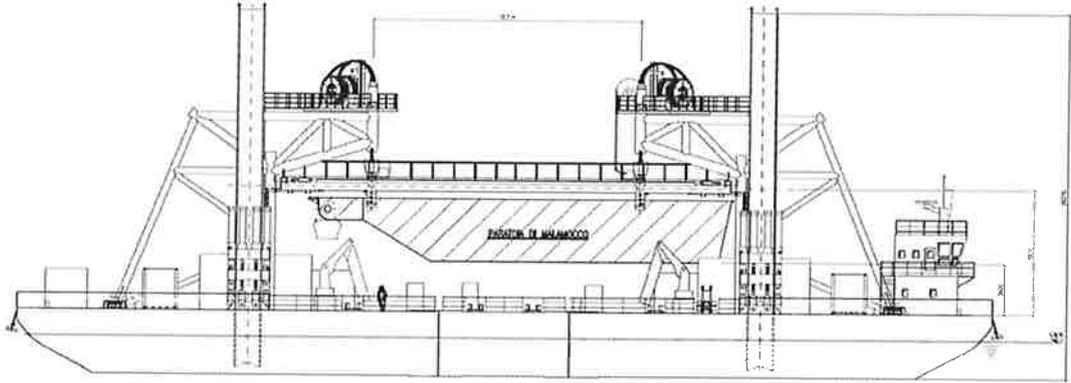


FIG. 1.1 – PARATOIA DURANTE IL TRASPORTO SUL JACK-UP IN NAVIGAZIONE

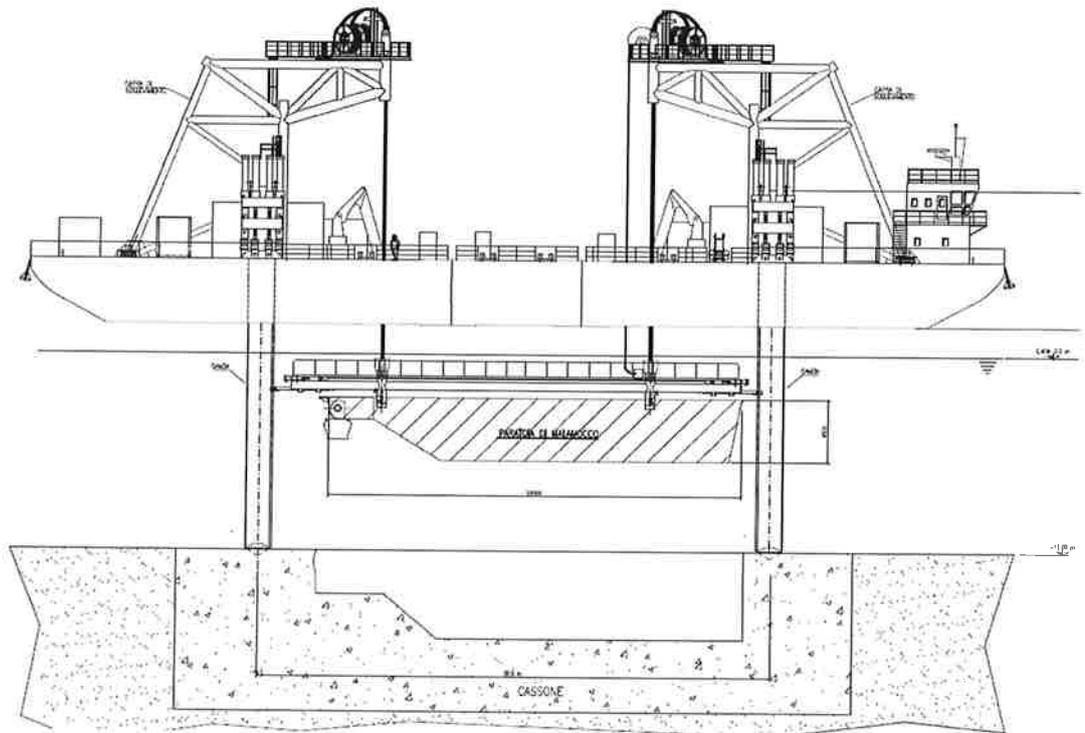


FIG. 1.2 - JACK-UP – VISTA LATERALE
CONDIZIONI DI SOLEVAMENTO/ABBASSAMENTO PARATOIA

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 7
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

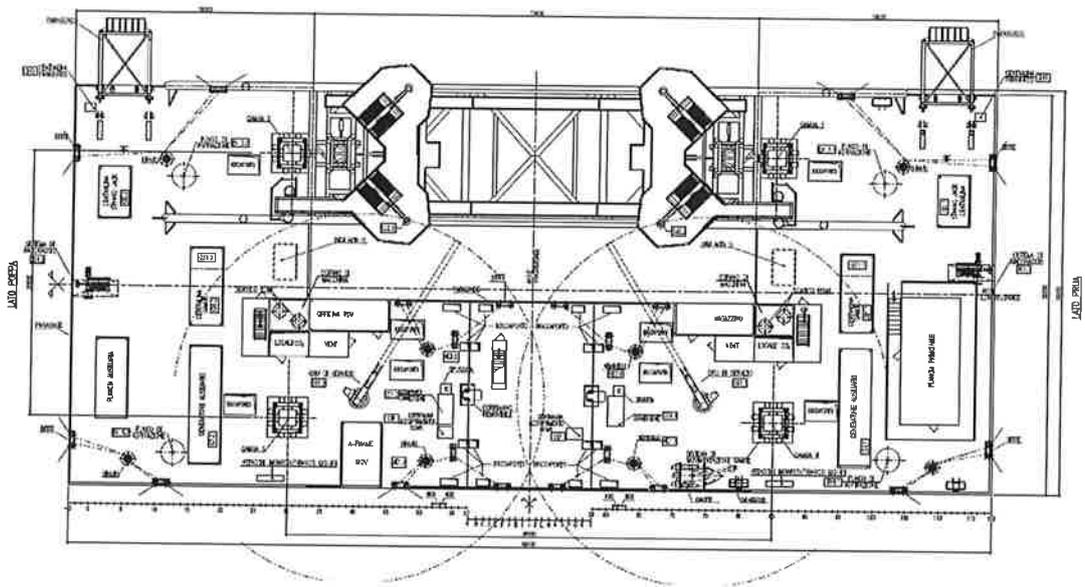


FIG. 1.3 - JACK-UP – PIANTA COPERTA

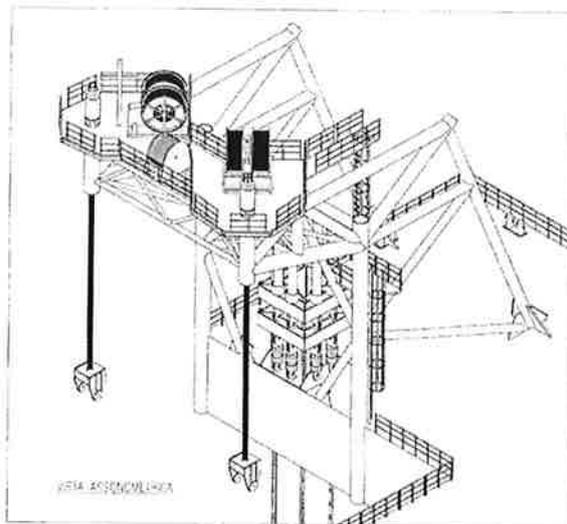


FIG. 1.4 - CAPRA DI SOLEVAMENTO CON EVIDENZIATI I PUNTI DI SOSPENSIONE DEL TELAIO PESCATORE

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 9
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

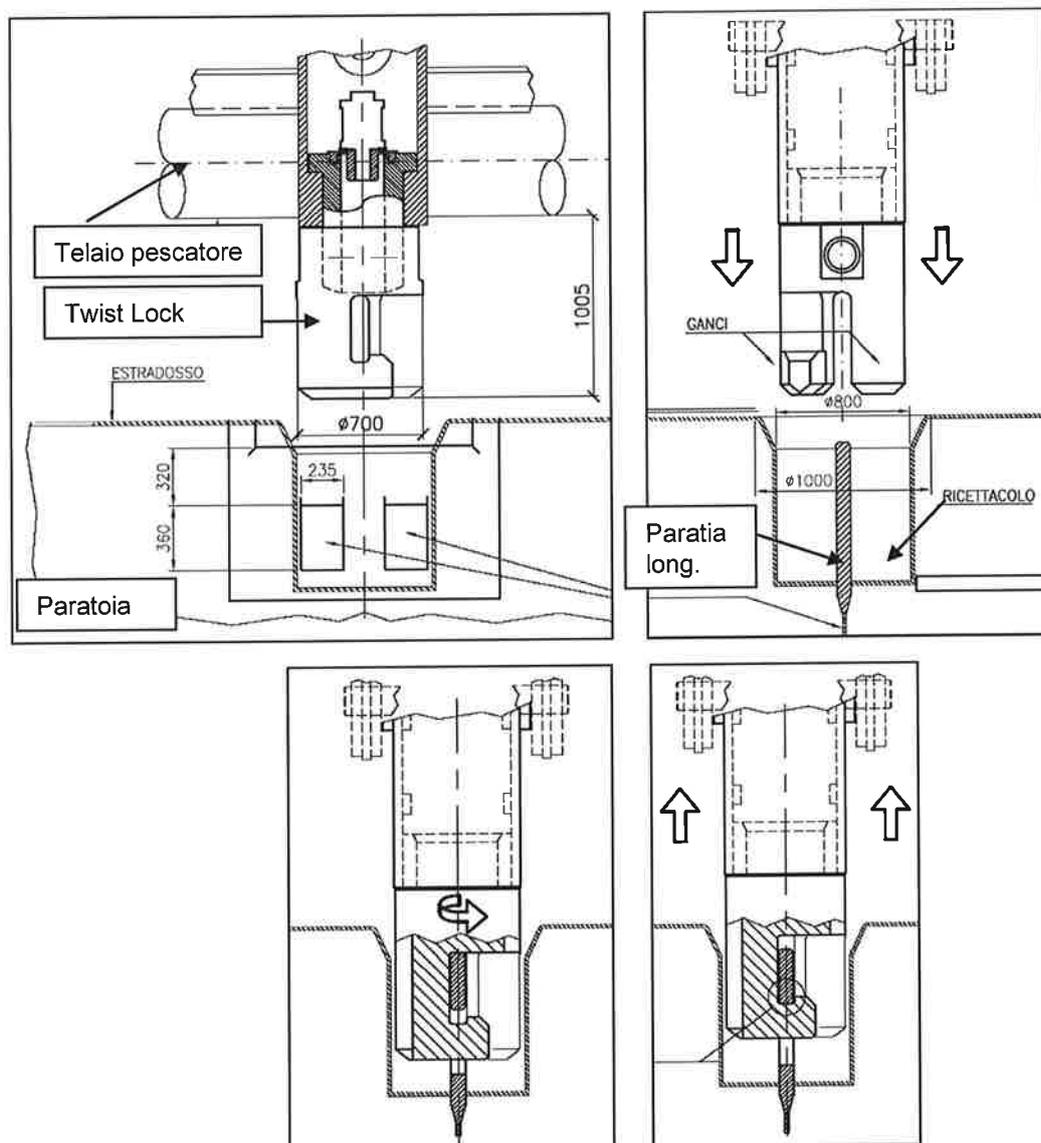


FIG. 1.7 - SEQUENZA DI INGAGGIO DI UN TWIST LOCK NEL RICETTACOLO DELLA PARATOIA

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 10
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

2. RIFERIMENTI

2.1. Elaborati del progetto esecutivo

L'elenco dei documenti di progetto con la 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-2007-C0	Pag. n. 11
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

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

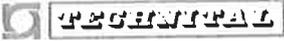
TAB. 3.1 - DESIGNAZIONE DEI MATERIALI

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

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

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 12
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

- 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-2007-C0	Pag. n. 13
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

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} .

R_{eH} (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	
R_{eH} (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:	EI. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 14
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

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:

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

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.

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 15
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

Coeff. sicurezza	Material e	Tensioni ammissibili (N/mm ²) in funzione dello spessore nominale (mm)				Combinazioni di carico
		≤16	>16 ≤40	>40 ≤63	>150 ≤200	
h	Acciaio					
1,55	S275 J0,J2	174	168			condizioni di carico base: peso paratoia e allestimenti
	S355K2			203	173	
1,25	S275 J0,J2	216	208			condizioni di carico combinate: <u>in sollevamento:</u> peso paratoia e allestimenti + acqua residua <u>in trasporto:</u> peso paratoia e allestimenti + acqua residua + carichi inerziali + variazioni termiche (se presenti)
	S355K2			252	214	

TAB. 3.6 - COEFFICIENTI DI SICUREZZA PER LE VERIFICHE STRUTTURALI

 PROGETTA	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 16
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

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.

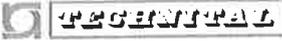
Le travi rinforzate trasversali sono sostenute da tre linee di puntellatura longitudinali: due in corrispondenza degli elementi strutturali relativi alle cerniere, realizzate con una paratia forata, e una centrale realizzata con puntelli.

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-2007-C0	Pag. n. 17
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

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.

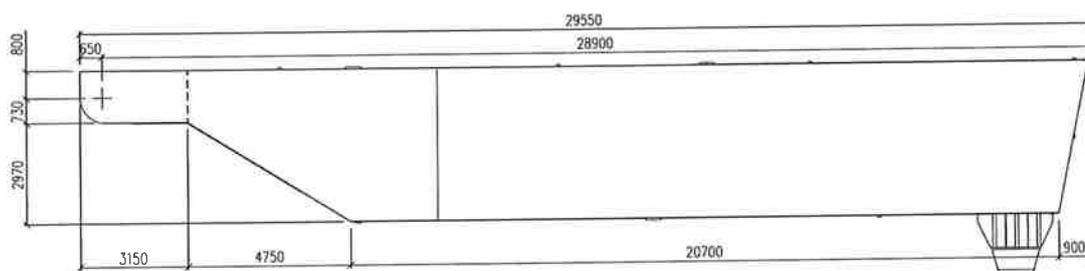


FIG. 4.1 – PARATOIA – VISTA LATERALE

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:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 18
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

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-2007-C0	Pag. n. 19
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

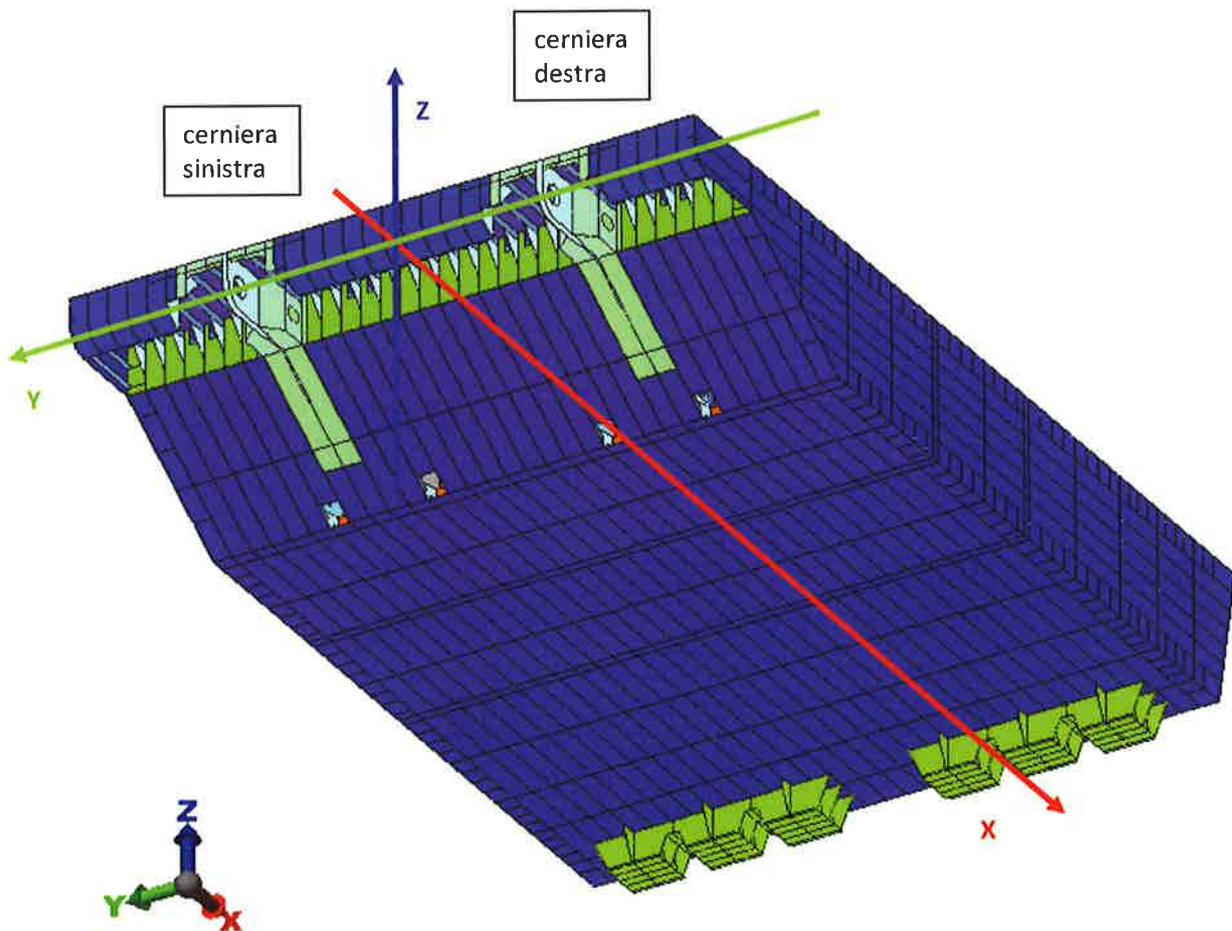


FIG. 4.2 – POSIZIONE SISTEMA DI RIFERIMENTO GLOBALE DEL MODELLO VISTA 3D

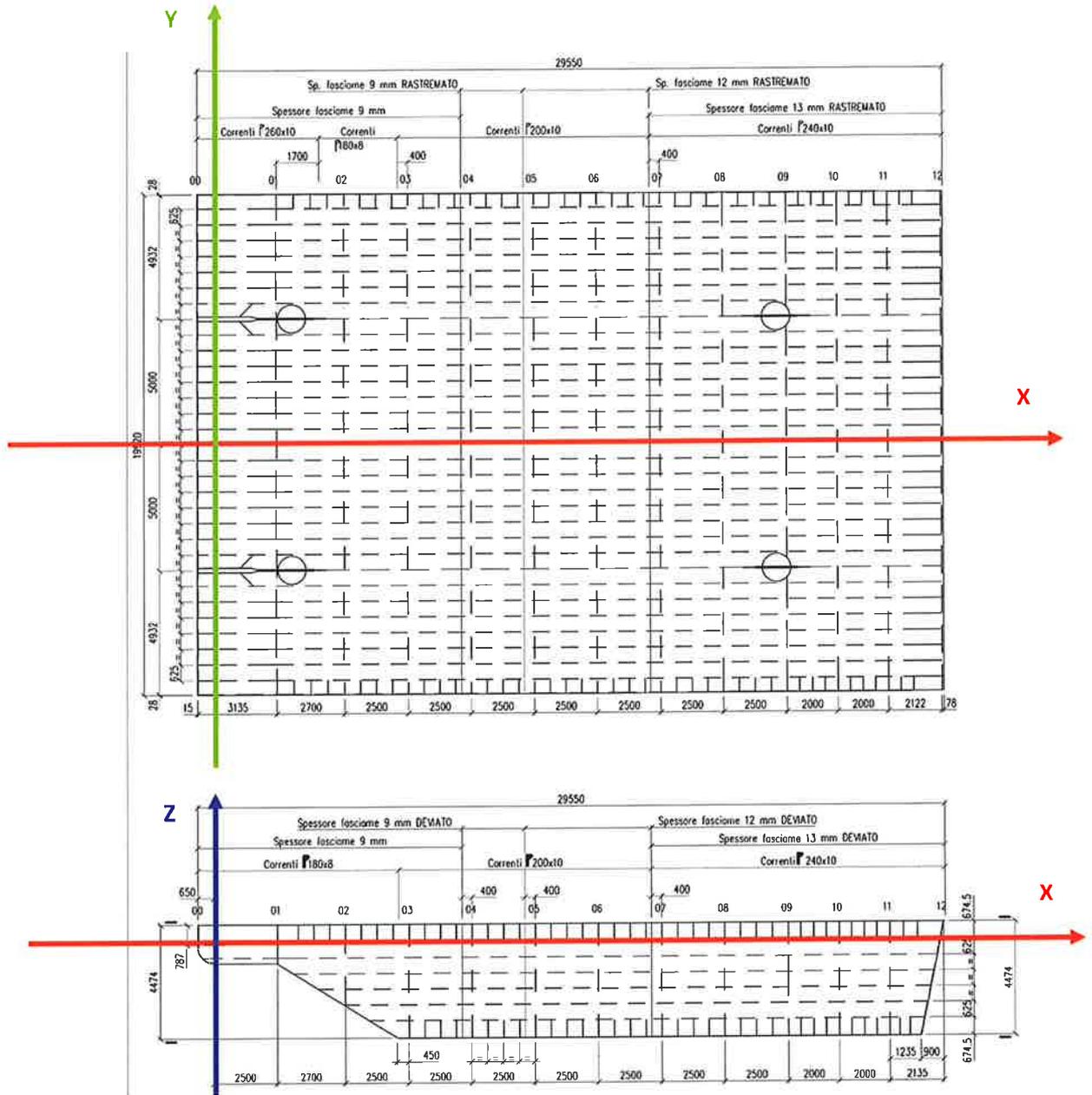


FIG. 4.3 – POSIZIONE SISTEMA DI RIFERIMENTO GLOBALE DEL MODELLO IN PIANTA E ALZATO

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 21
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

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.

 PROGETTA	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 22
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

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:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 23
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

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.

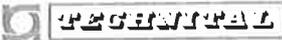
Tutti gli elementi plate sono stati considerati aventi cerniere con asse nel piano dell'elemento in corrispondenza dell'unione con gli elementi brick, cioè non sono presenti incastri tra elementi plate e gli elementi brick.

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-2007-C0	Pag. n. 24
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

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
Telai 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

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 25
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

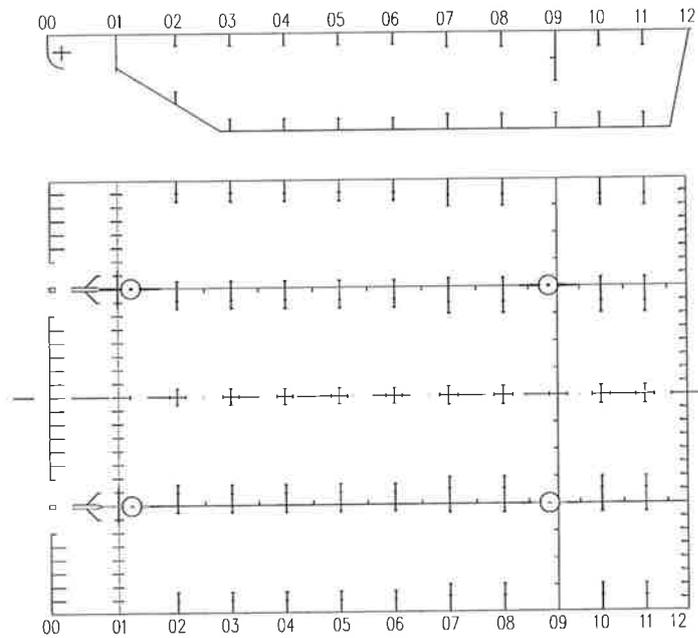
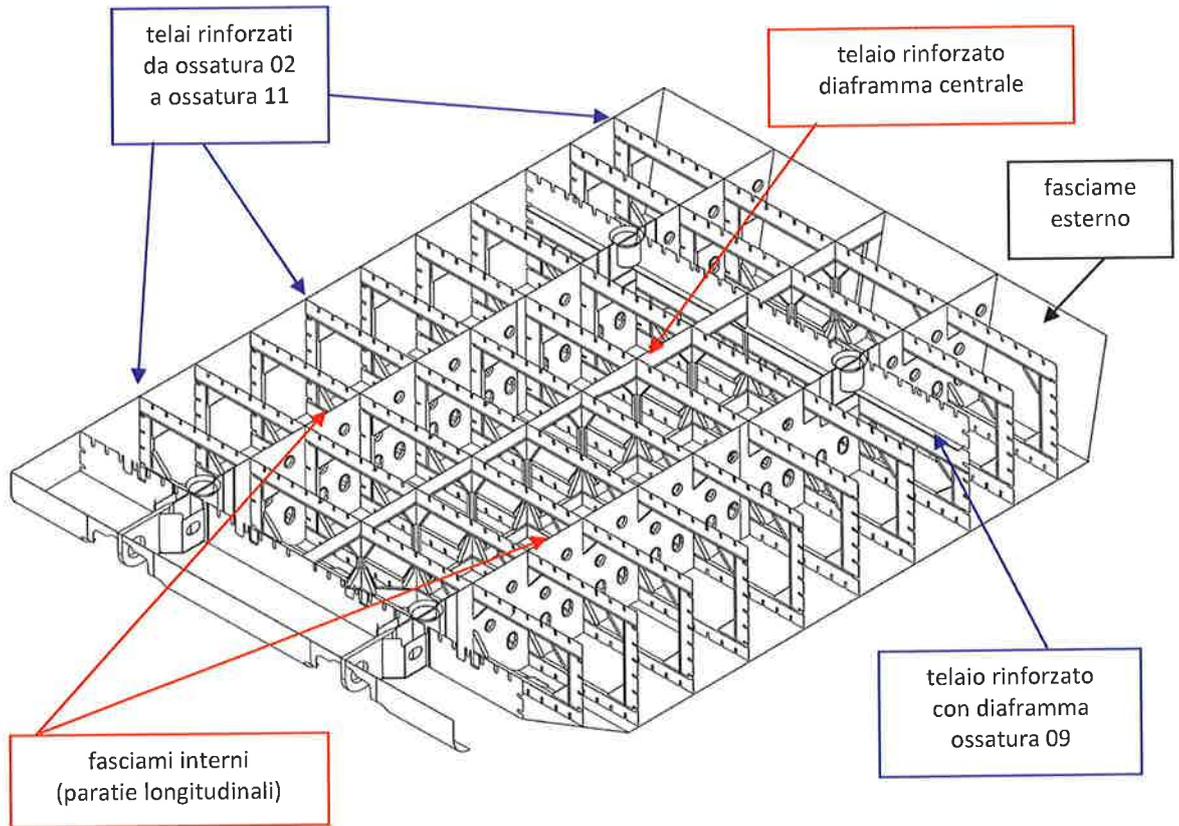


FIG. 4.4 - ELEMENTI PARATOIA E NUMERAZIONE OSSATURE

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 26
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

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.

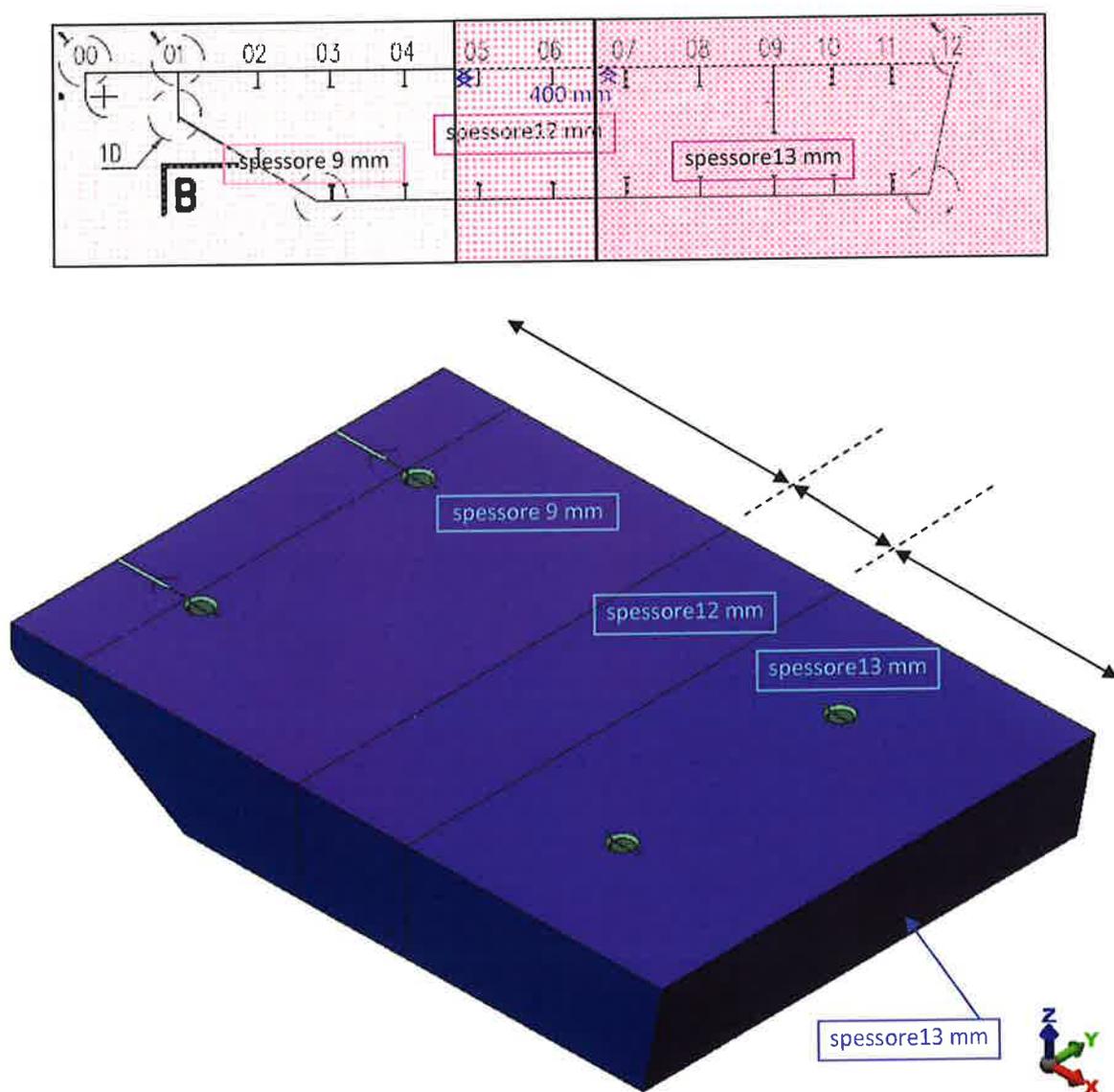


FIG. 4.5 – FASCIAMI ESTERNI: VISTA LATERALE E SUPERIORE

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 27
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

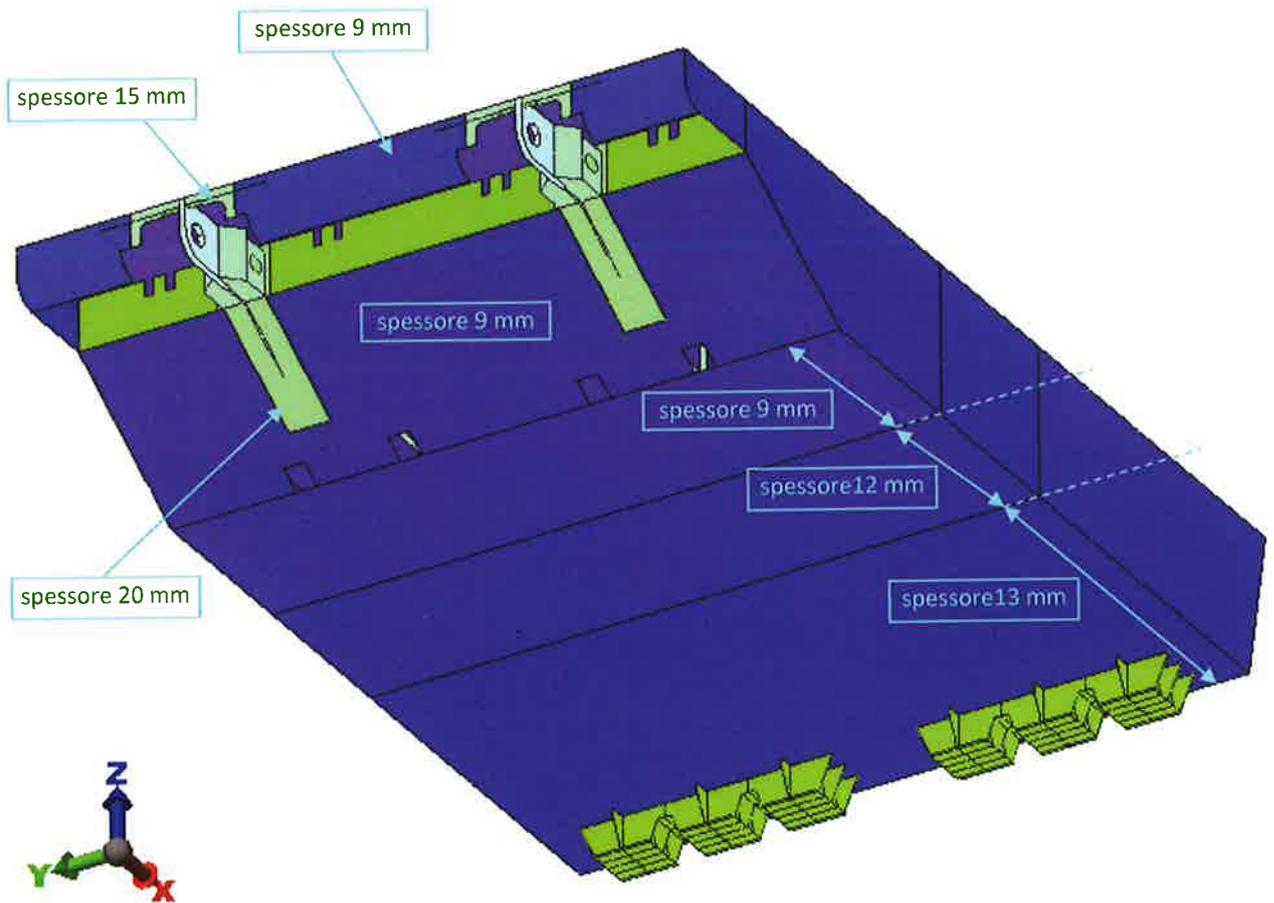


FIG. 4.6 – FASCIAMI ESTERNI: VISTA INFERIORE

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 28
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

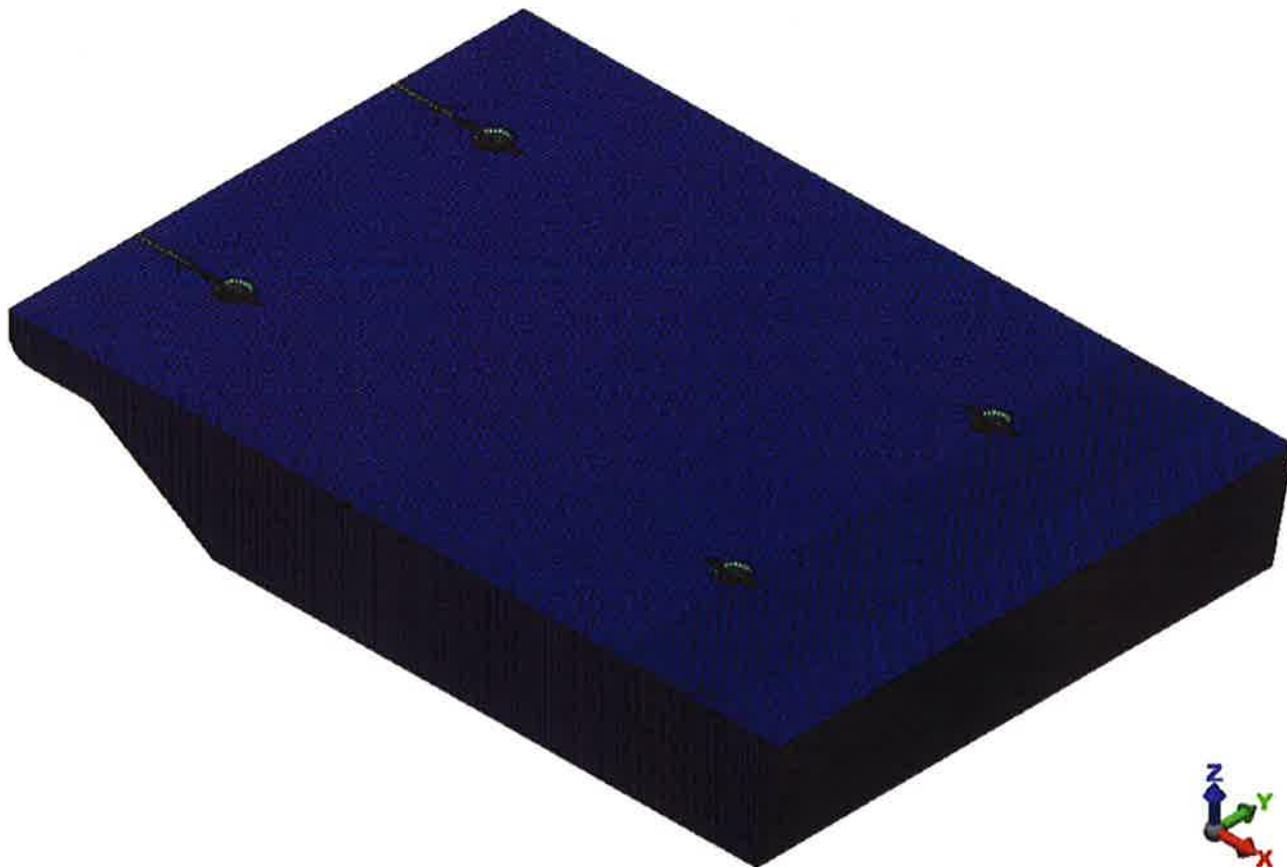


FIG. 4.7 – FASCIAMI ESTERNI: DETTAGLIO MESH

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 29
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

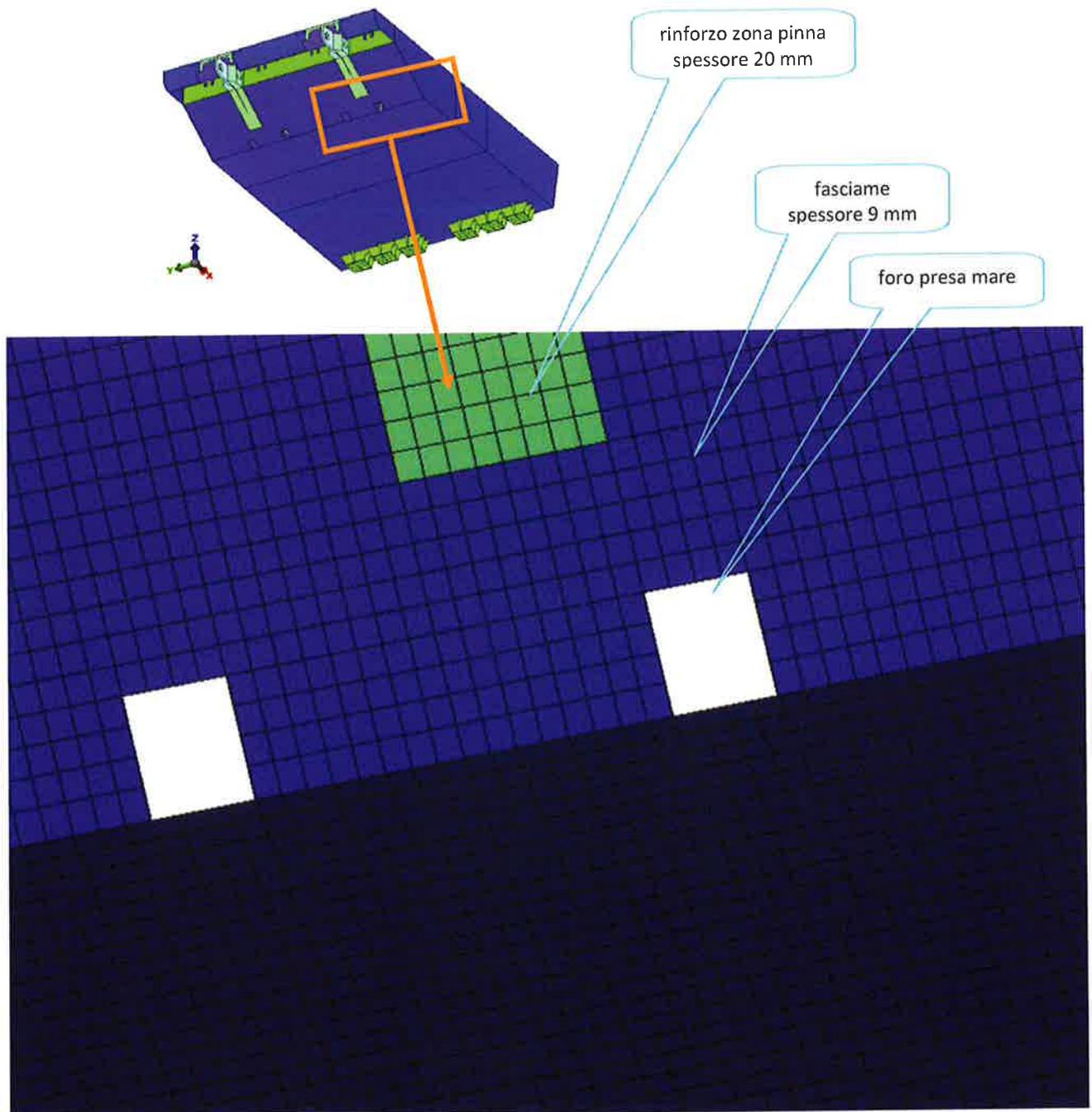


FIG. 4.8 – FASCIAMI ESTERNI: DETTAGLIO PRESE MARE VISTE DAL BASSO

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 30
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

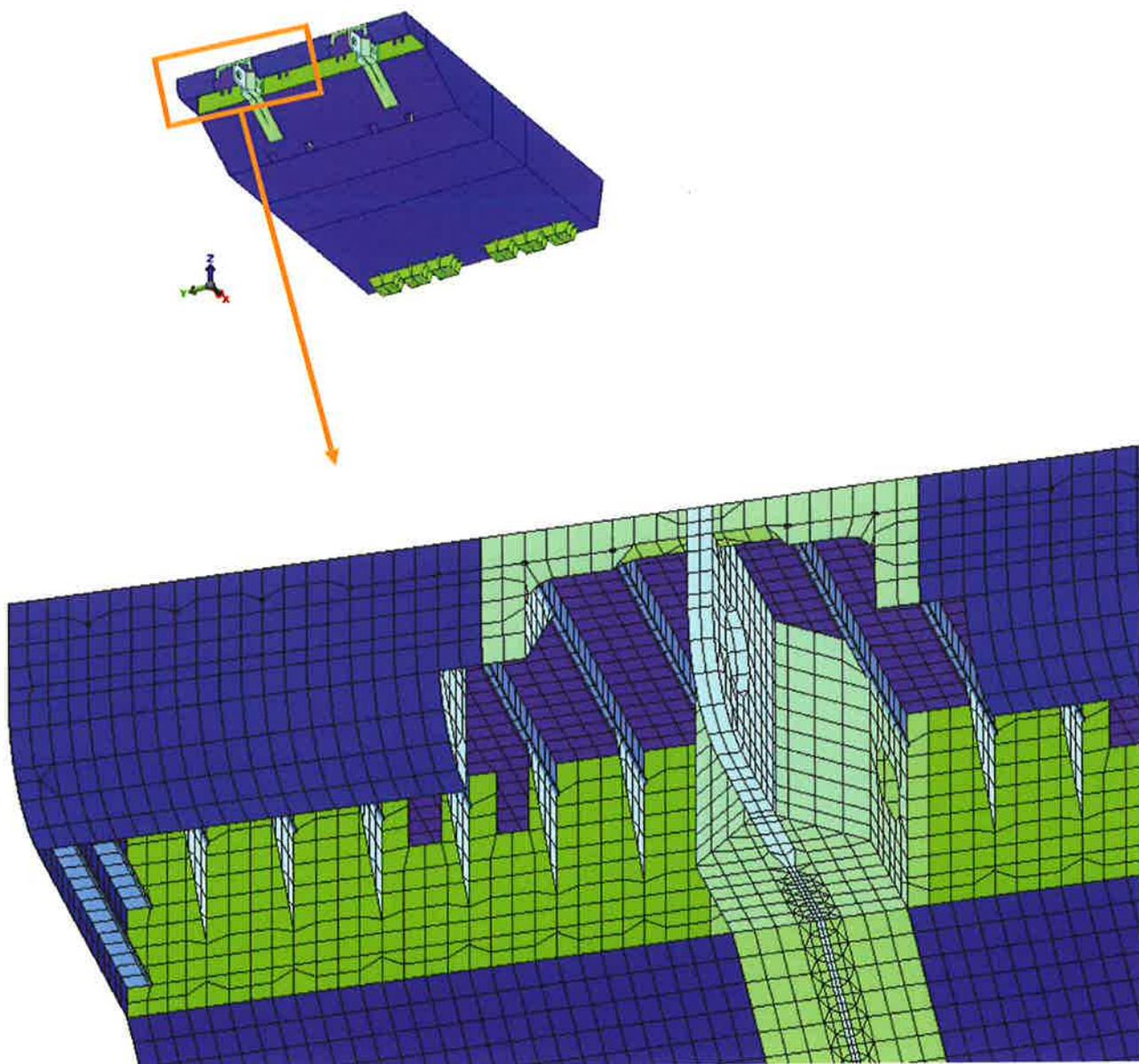


FIG. 4.9 – FASCIAMI ESTERNI: DETTAGLIO SFOGHI ARIA VISTI DAL BASSO

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 31
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

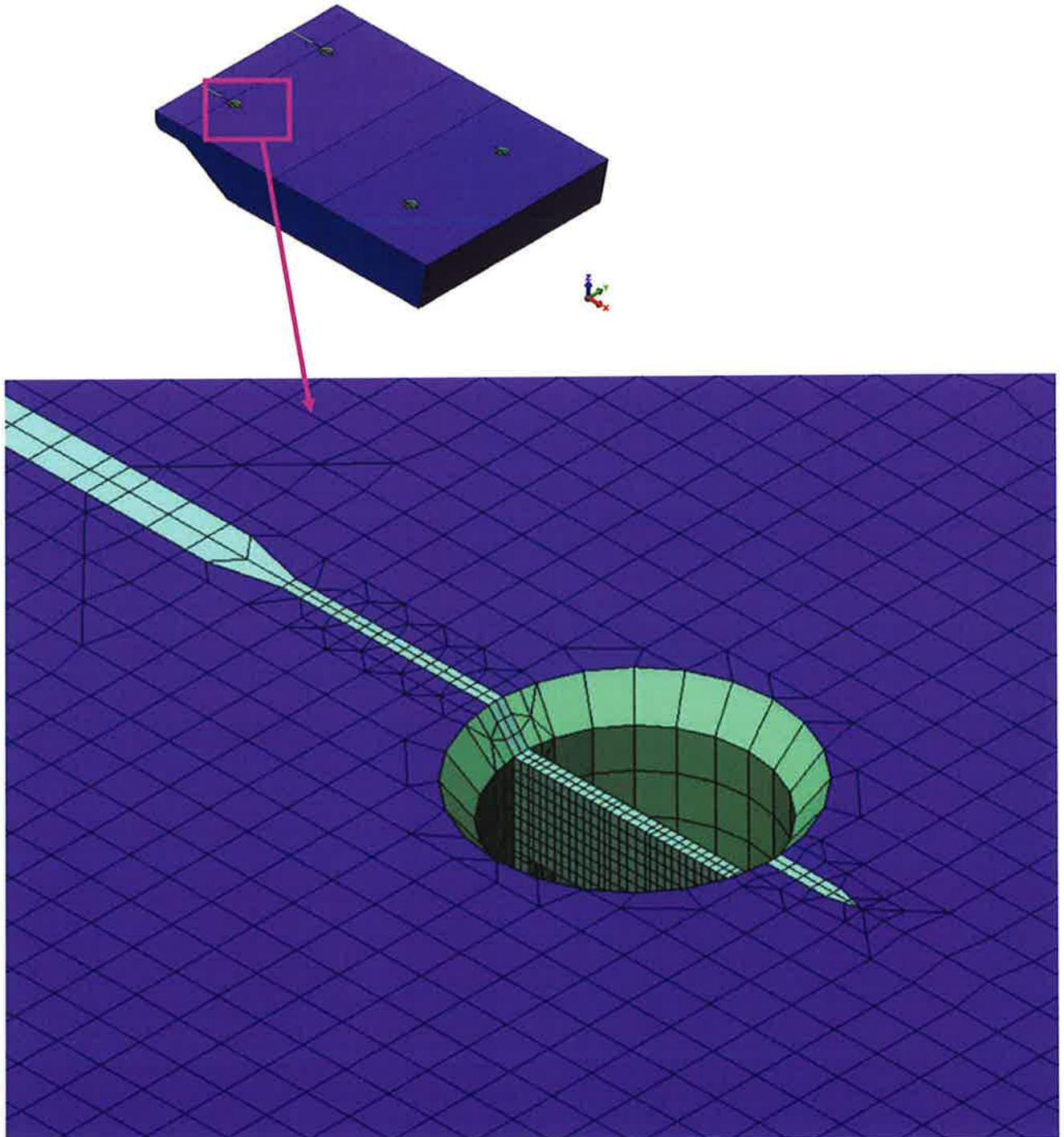
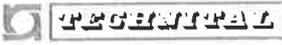


FIG. 4.10 – FASCIAMI ESTERNI: DETTAGLIO CAVA TWIST LOCK POSTERIORE

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 32
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

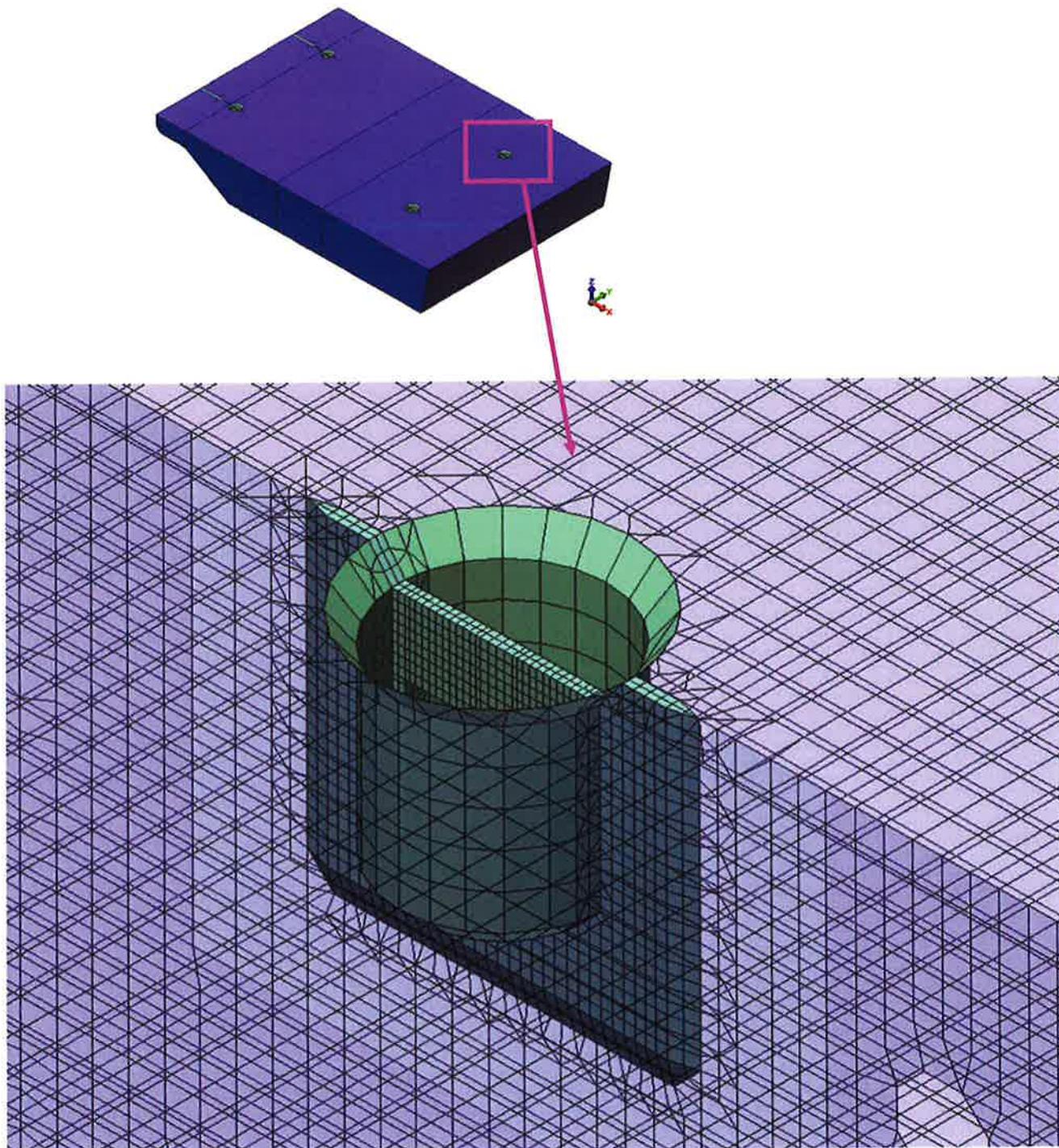
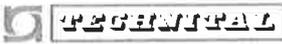


FIG. 4.11 – FASCIAMI ESTERNI: DETTAGLIO CAVA TWIST LOCK ANTERIORE

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 33
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

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.

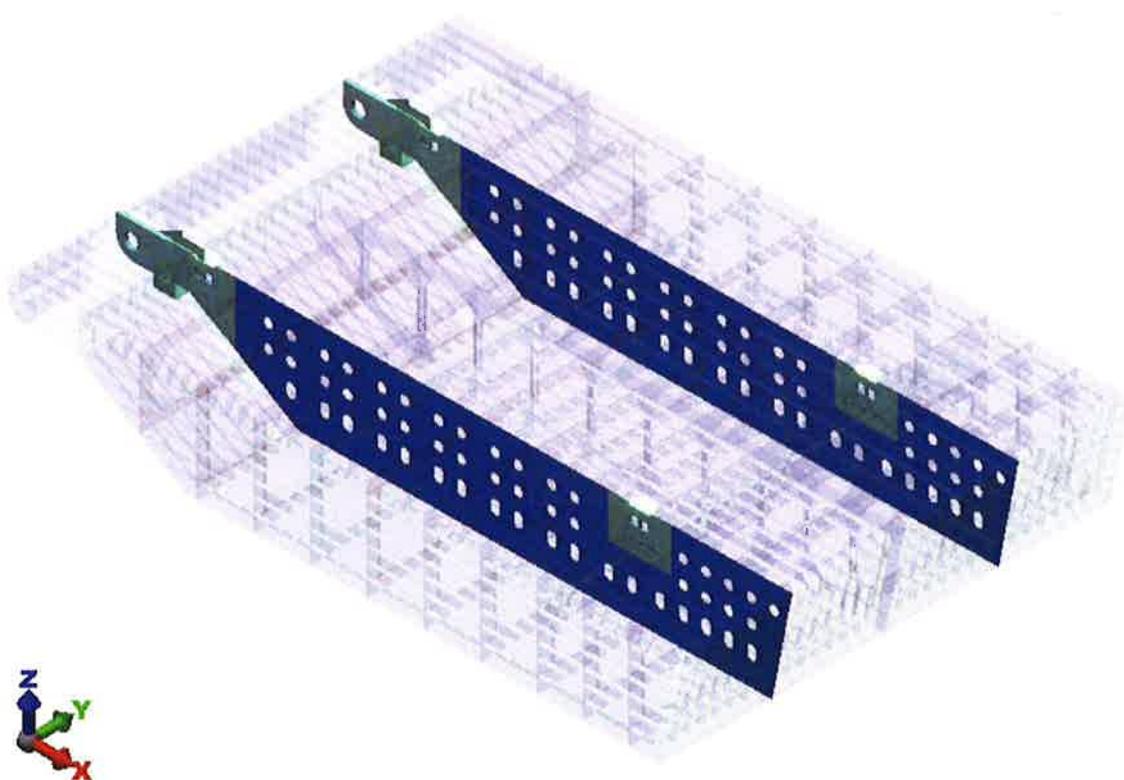


FIG. 4.12 – FASCIAMI INTERNI

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 34
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

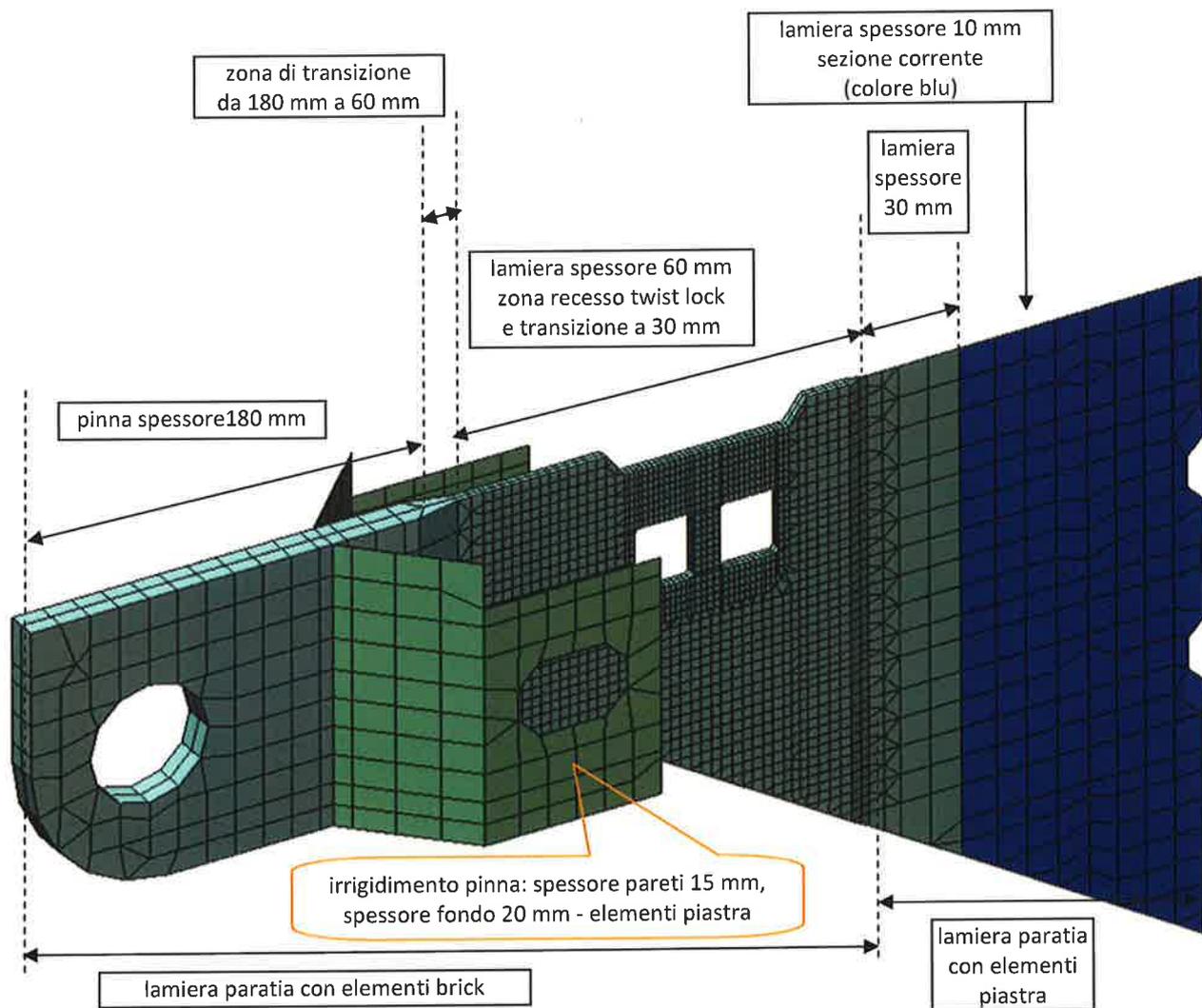


FIG. 4.13 – PARATIE LONGITUDINALI: DETTAGLIO PINNA E ZONA RECESSO TWIST LOCK POSTERIORE

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 35
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

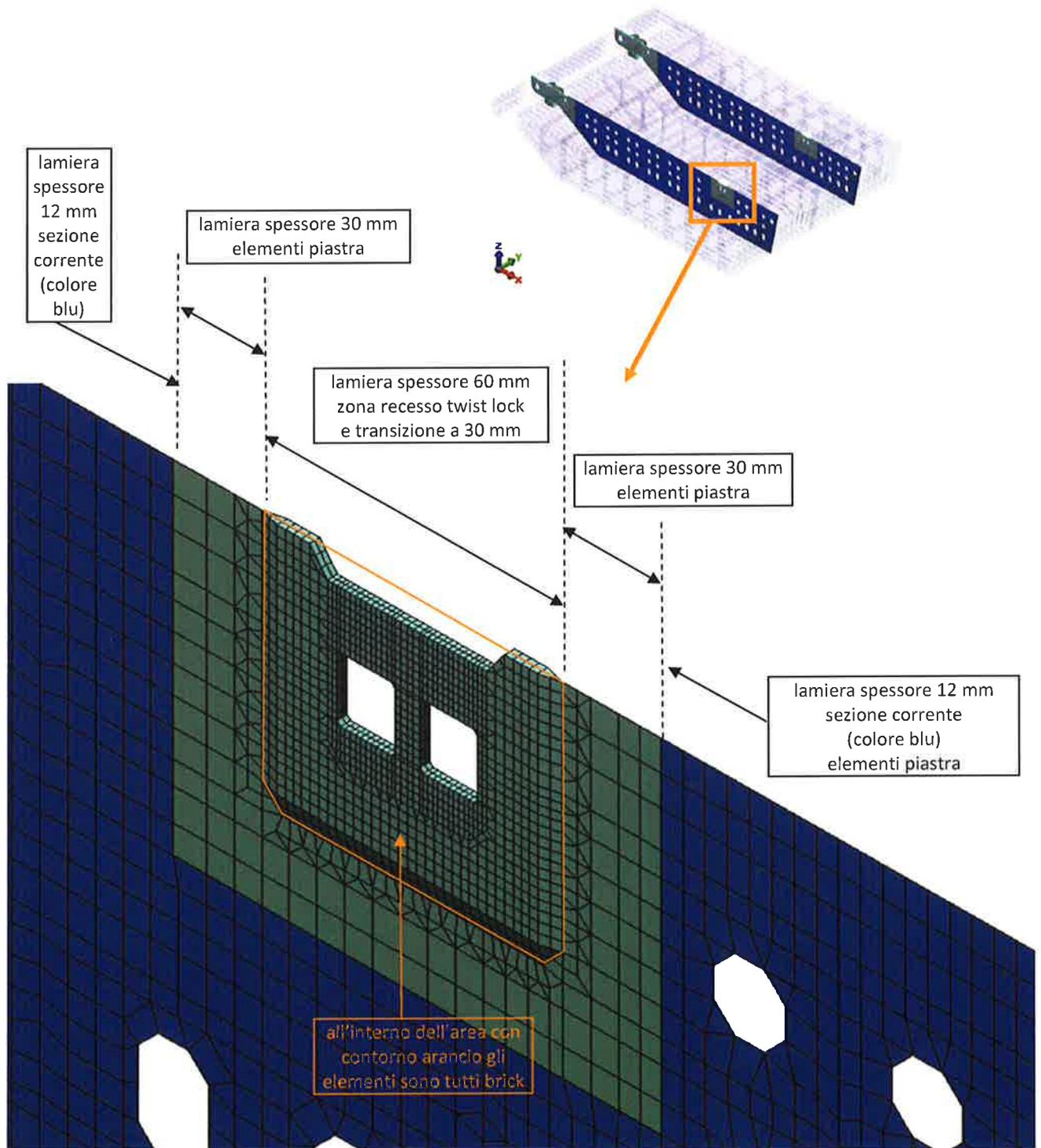
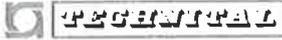


FIG. 4.14 – PARATIE LONGITUDINALI: DETTAGLIO ZONA RECESSI TWIST LOCK ANTERIORE

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 36
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

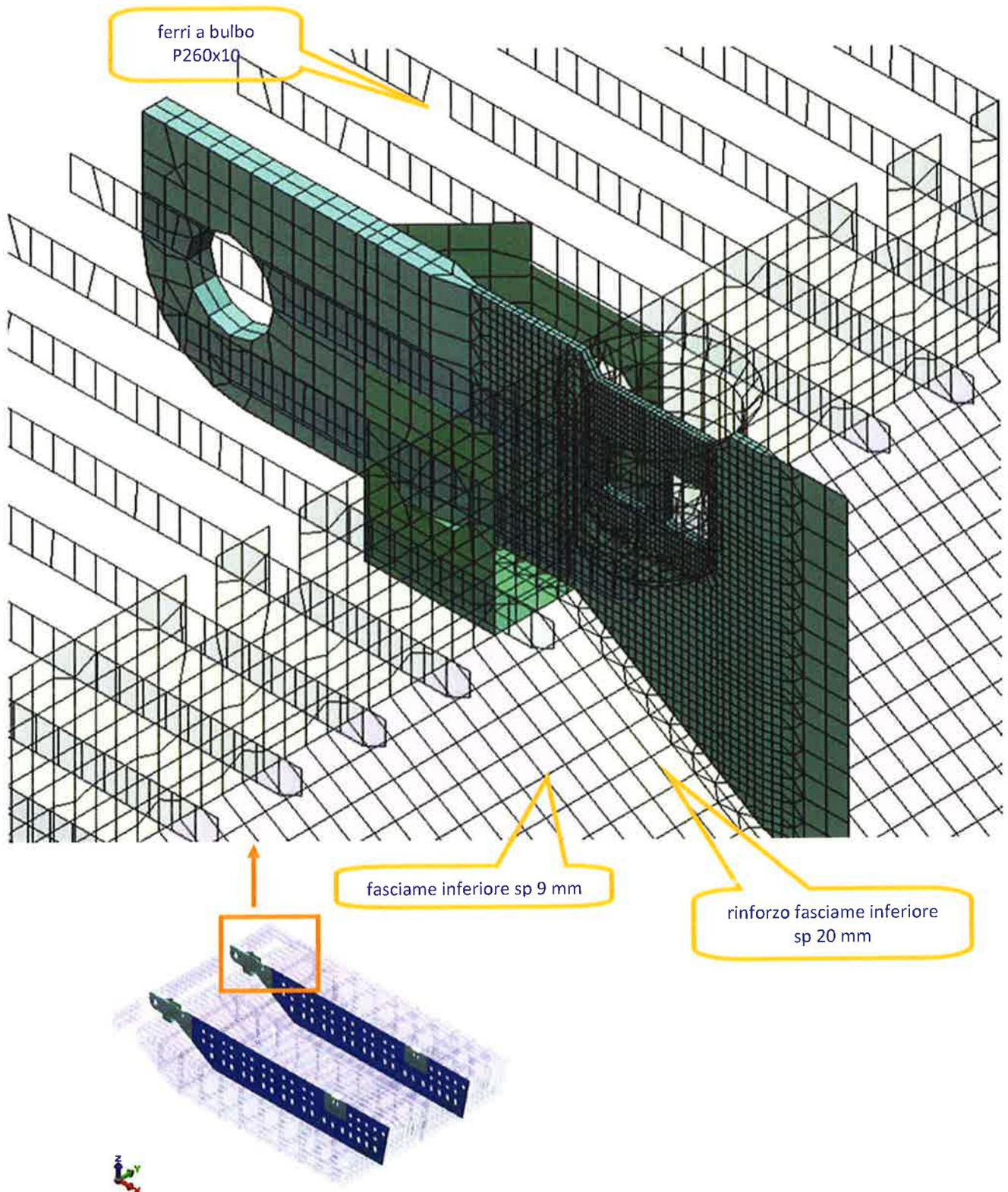


FIG. 4.15 – FASCIAMI INTERNI: DETTAGLIO RINFORZI ZONA CERNIERE

 GENERALI	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 37
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

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.

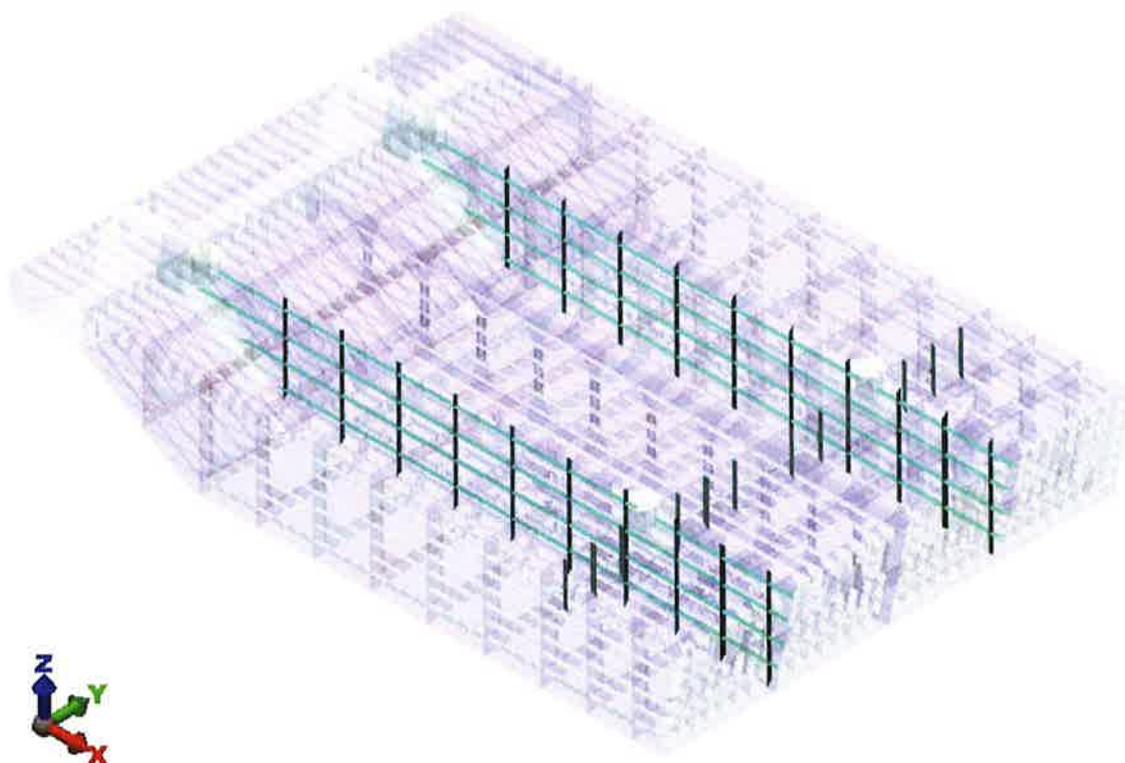


FIG. 4.16 – PIATTI DI RINFORZO SU PARATIE LONGITUDINALI E DIAFRAMMA OSS. 09

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 38
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

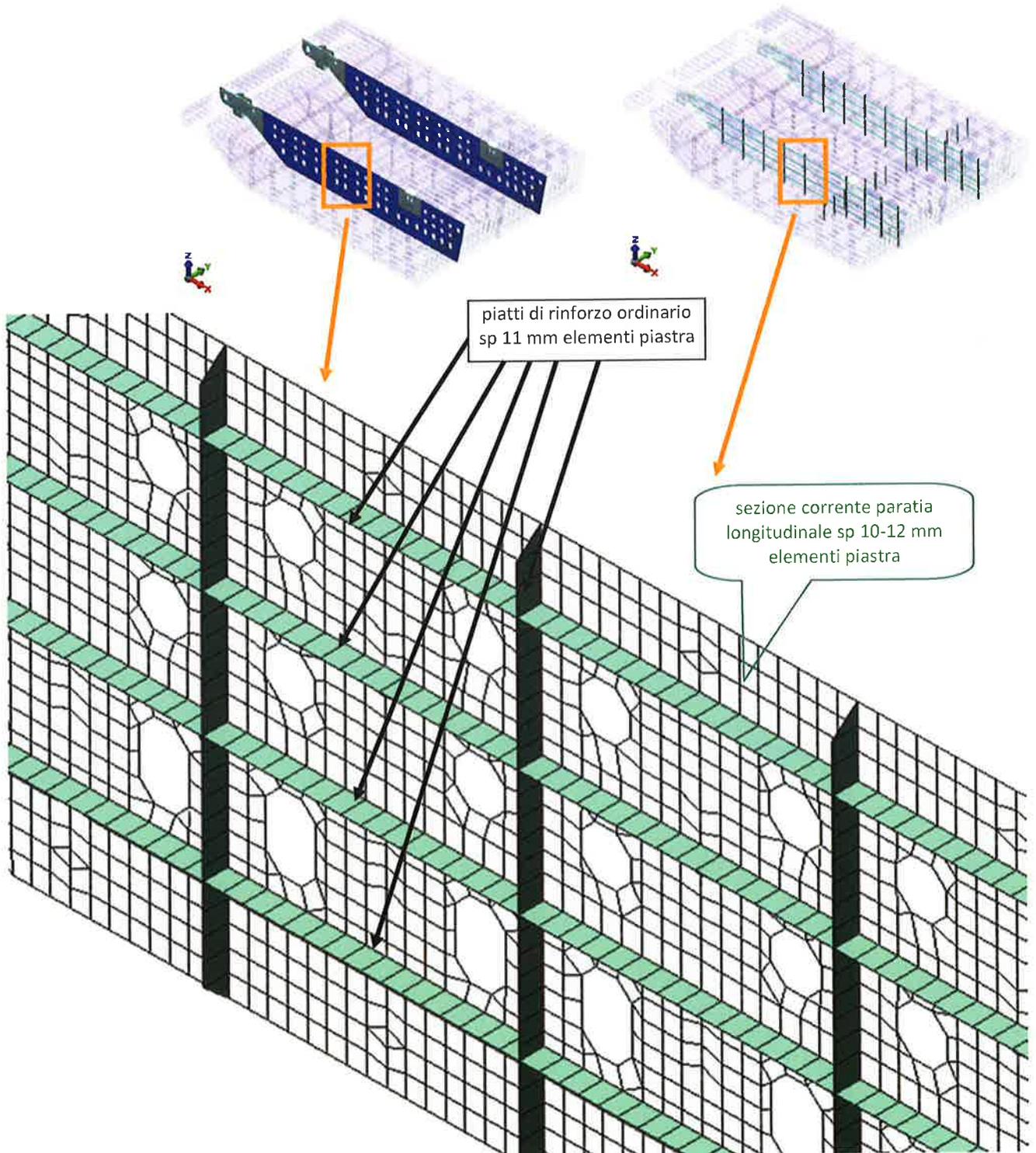
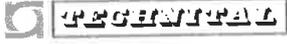


FIG. 4.17 – PIATTI DI RINFORZO: DETTAGLIO MESH SU PARATIE LONGITUDINALI

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 39
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

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.

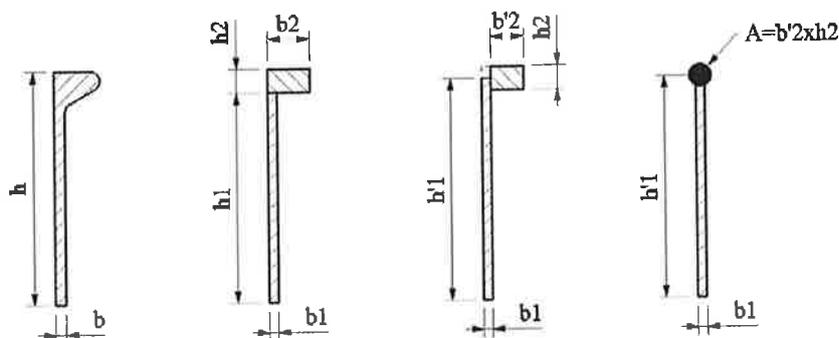


FIG. 4.18 – CONVERSIONE FERRI A BULBO

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:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 40
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

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

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

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;

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 41
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

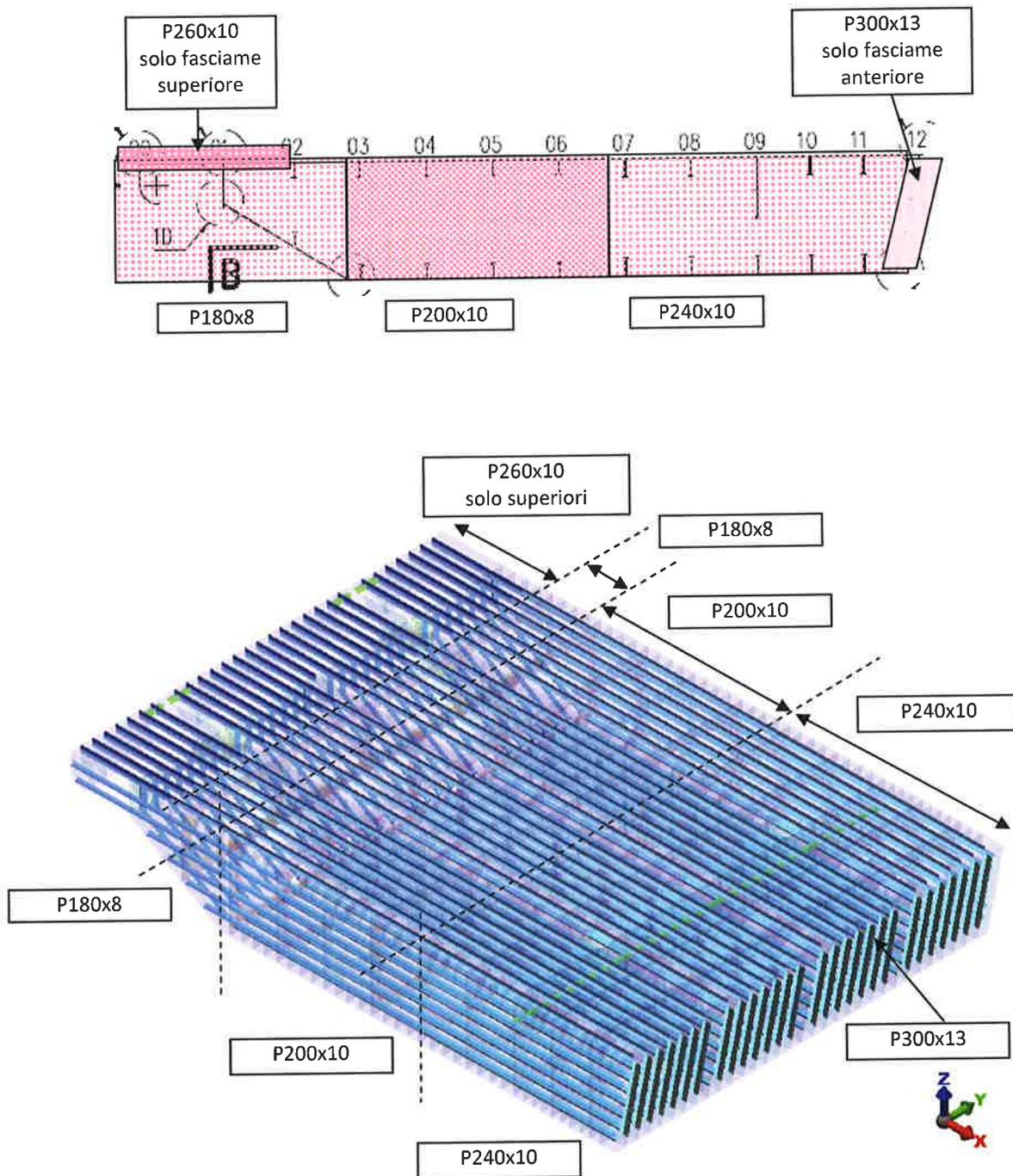


FIG. 4.19 – FERRI A BULBO

 TECNOFERRI	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 42
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

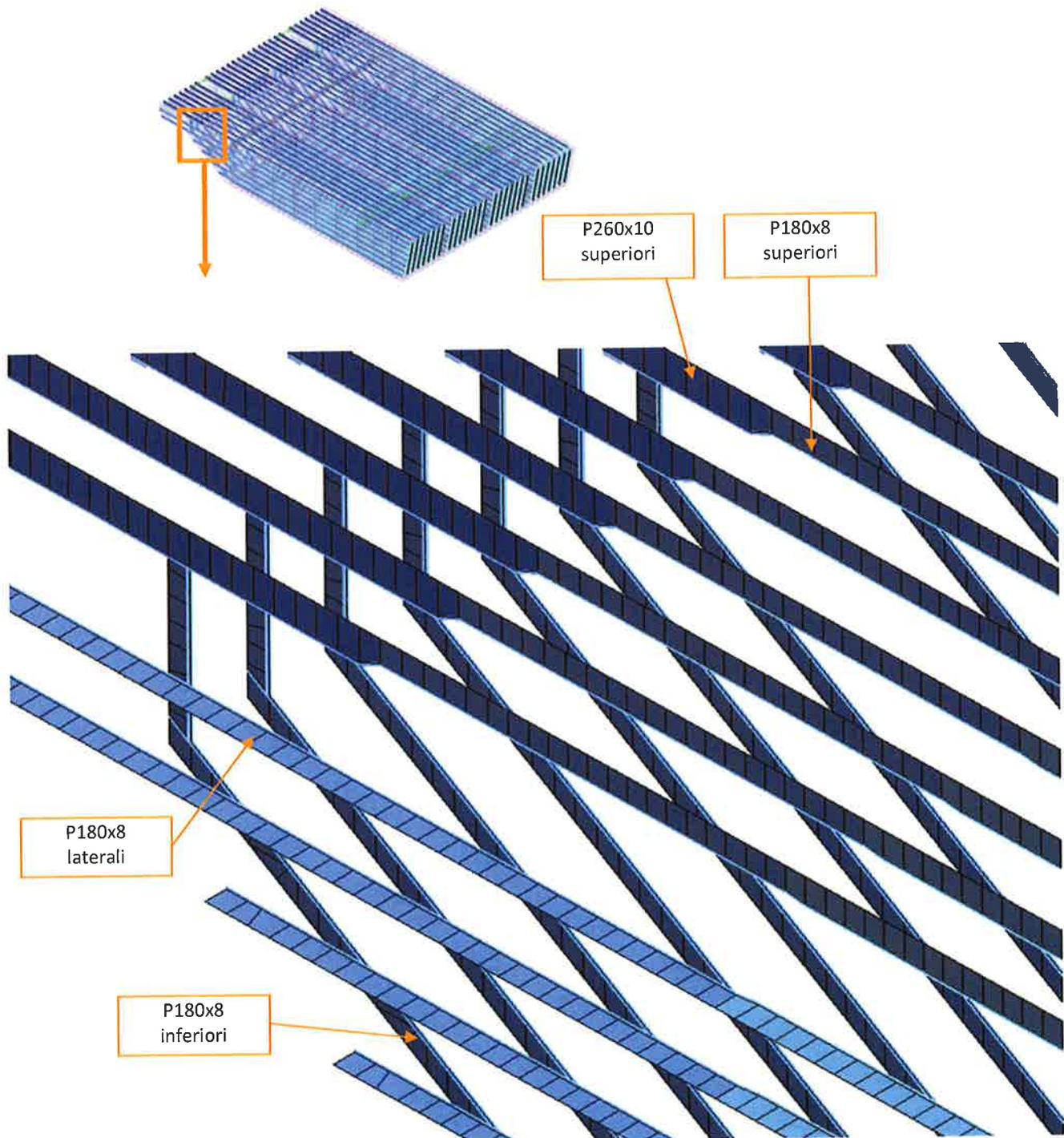


FIG. 4.20 – FERRI A BULBO: DETTAGLIO MESH (ZONA POSTERIORE ALTA)

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 43
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

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.

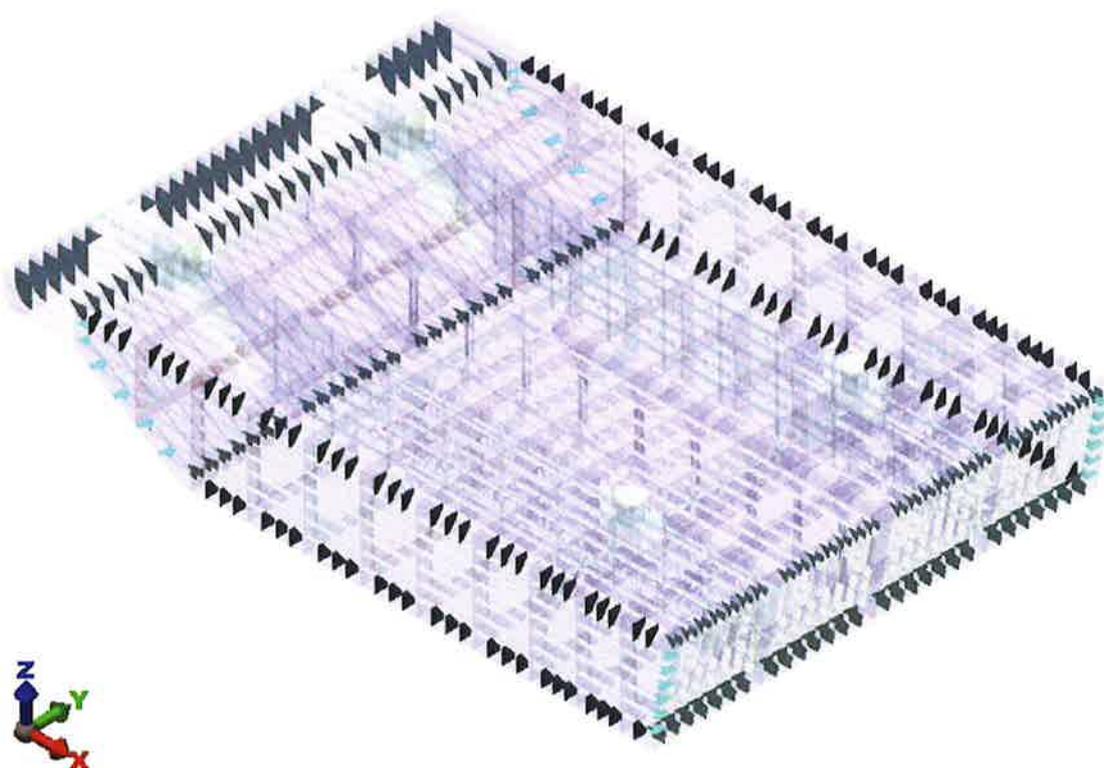


FIG. 4.21– SQUADRE

 INGENIERIA	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 44
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

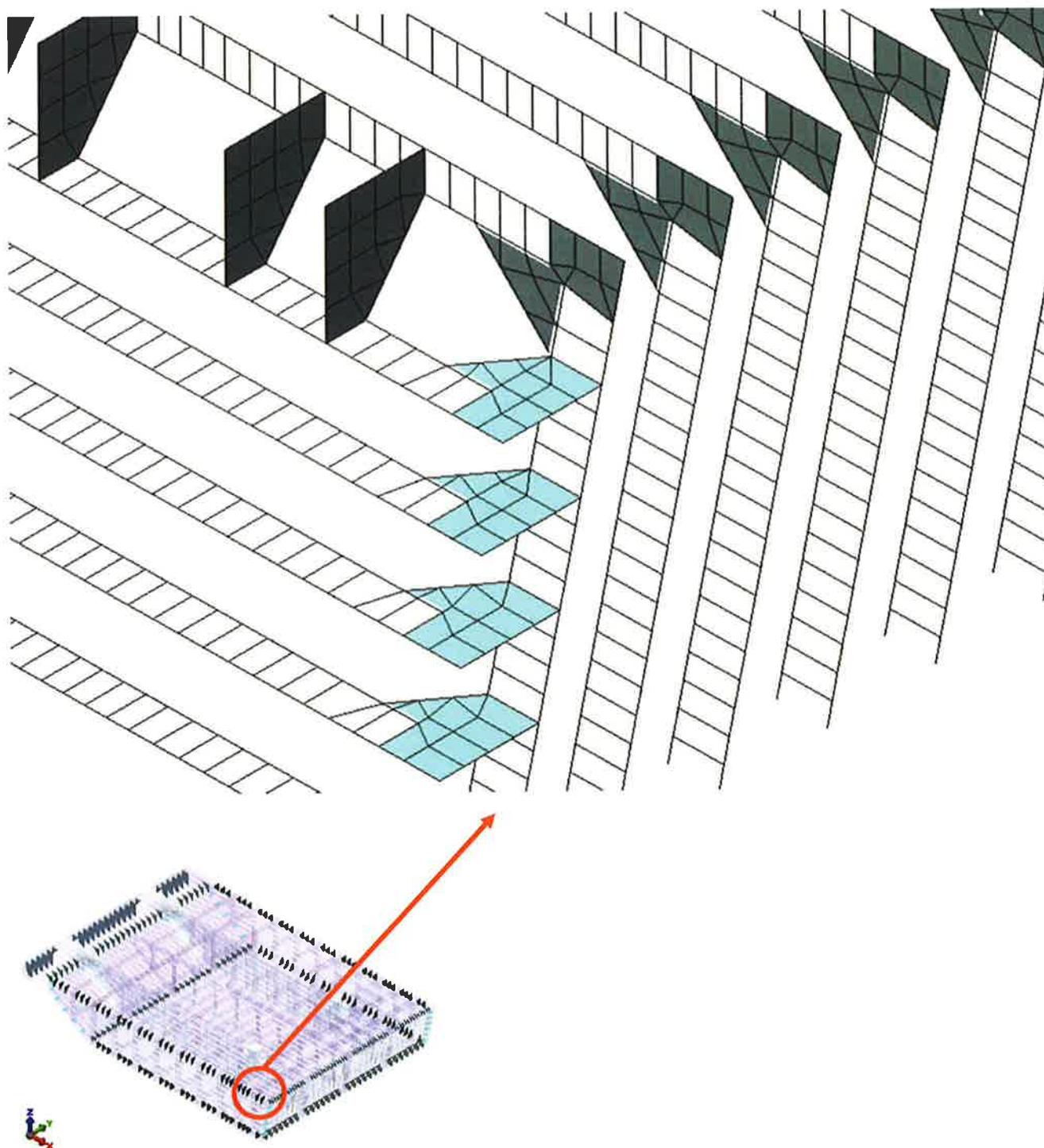


FIG. 4.22 – SQUADRE: DETTAGLIO MESH (ZONA ANTERIORE ALTA)

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 45
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

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.

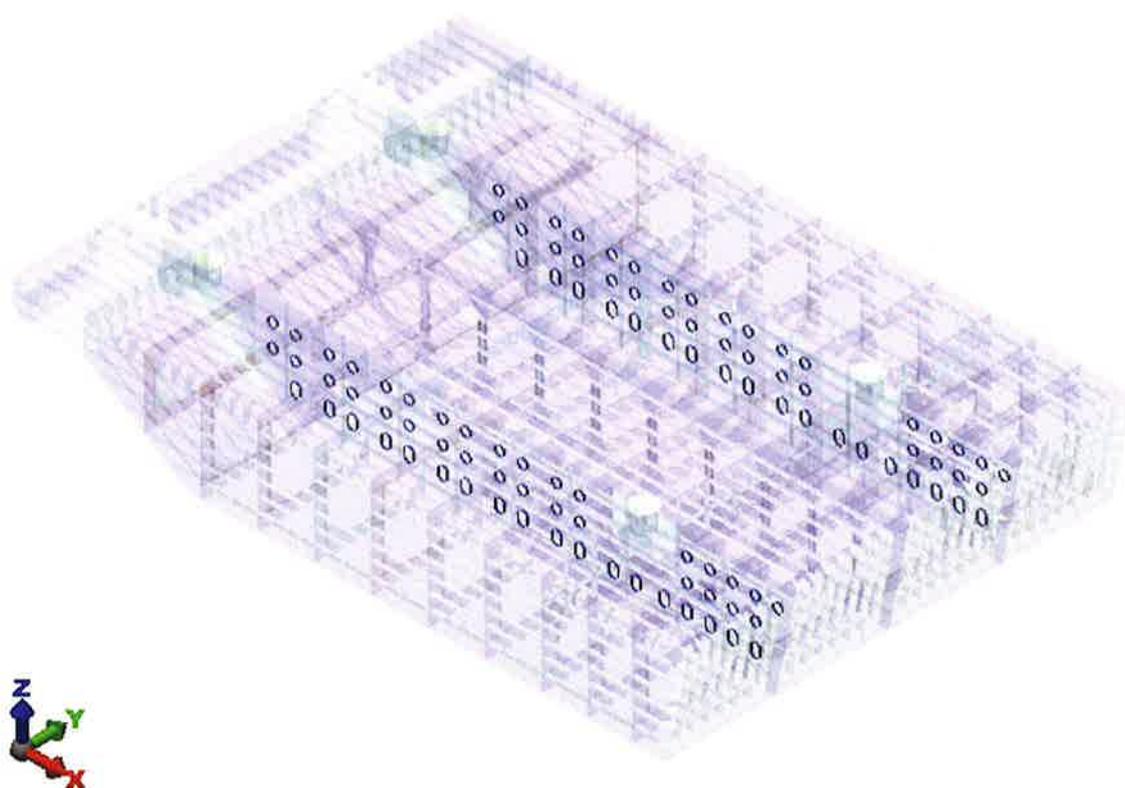
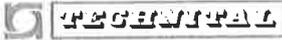


FIG. 4.23 – PIATTI RINFORZO FORI

	Rev.	Data:	EI, MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 46
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

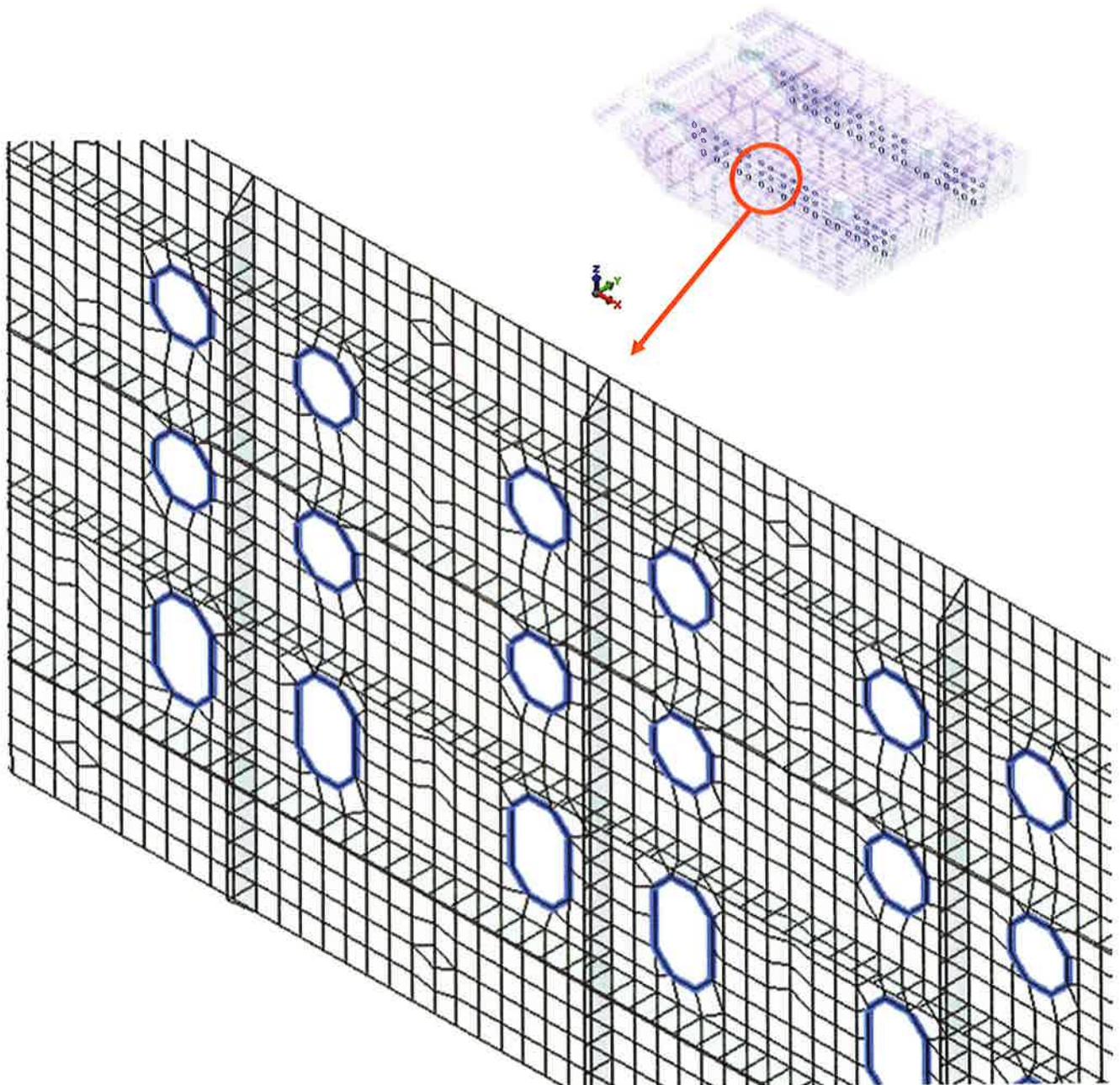


FIG. 4.24 – PIATTI RINFORZO FORI: DETTAGLI

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 47
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

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.

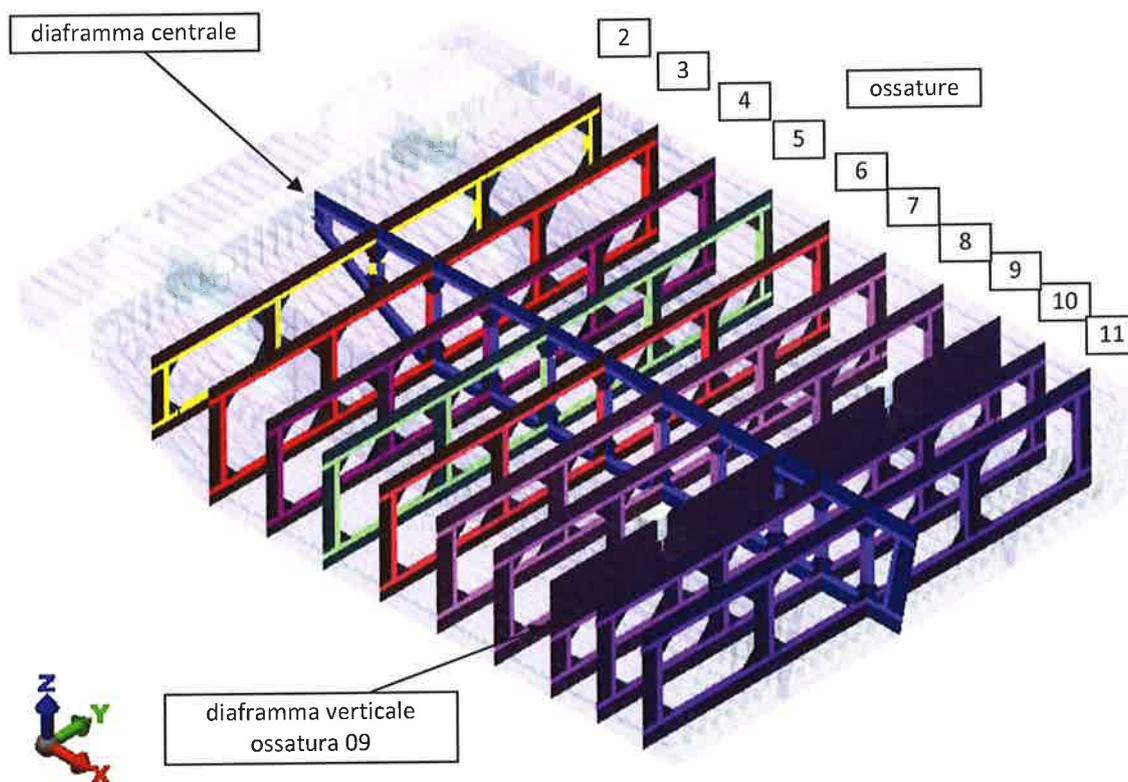


FIG. 4.25 – TELAI RINFORZATI

 INGENIERIA	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 48
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

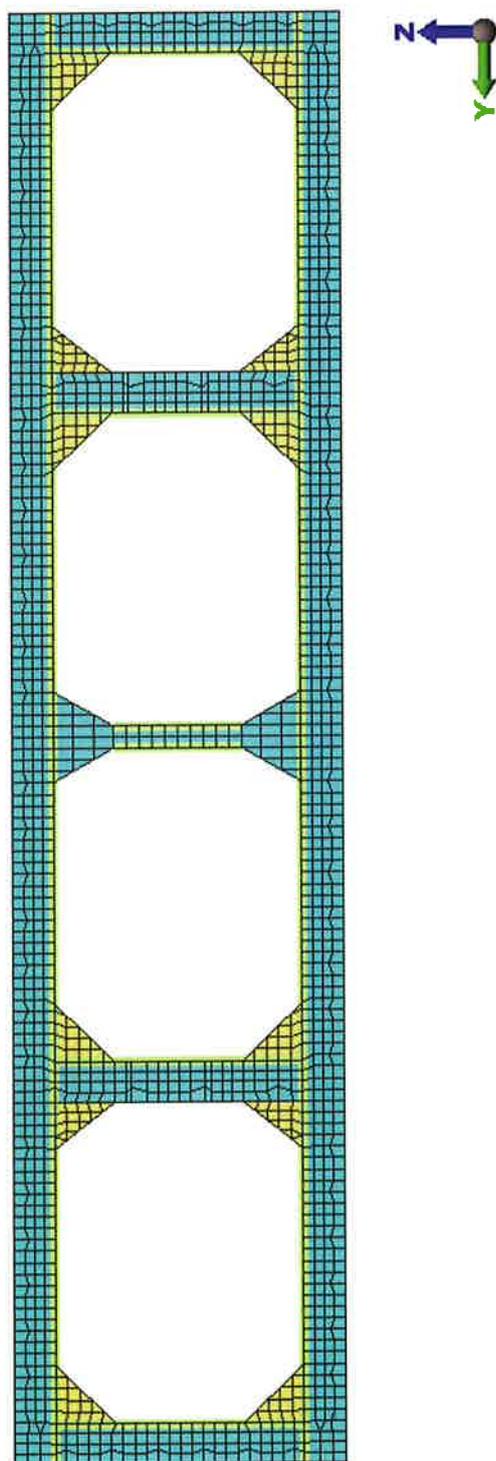


FIG. 4.26 – TELAI RINFORZATI 2, 3, 4, 5, 6: ALTEZZA ANIME 550 MM

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 49
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

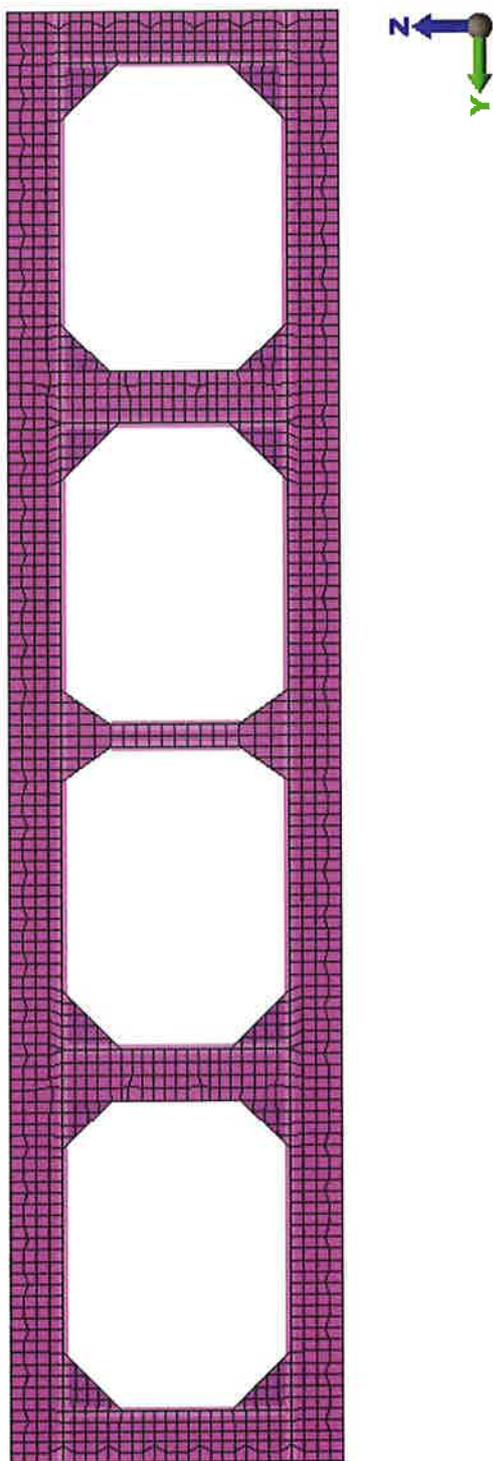


FIG. 4.27 – TELAI RINFORZATI 7, 8, 10, 11: ALTEZZA ANIME 700 MM

 PROSERVAL	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 50
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

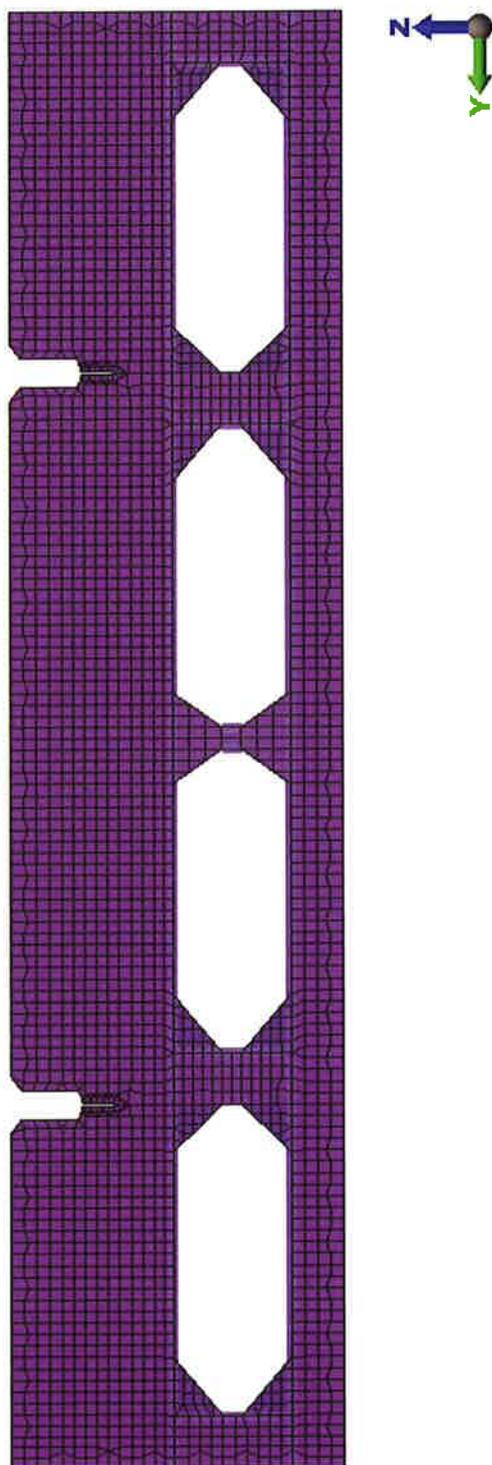


FIG. 4.28 – TELAIO RINFORZATO 9: DIAFRAMA VERTICALE

 TECNOLOGIA	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 51
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

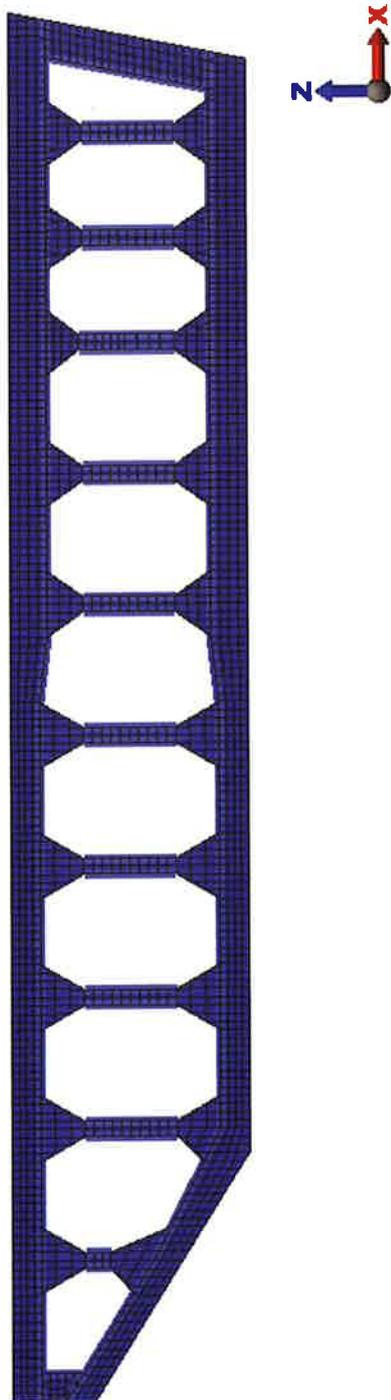


FIG. 4.29 – TELAI RINFORZATI: DIAFRAMMA CENTRALE

	Rev.	Data:	EI, MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 52
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

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.

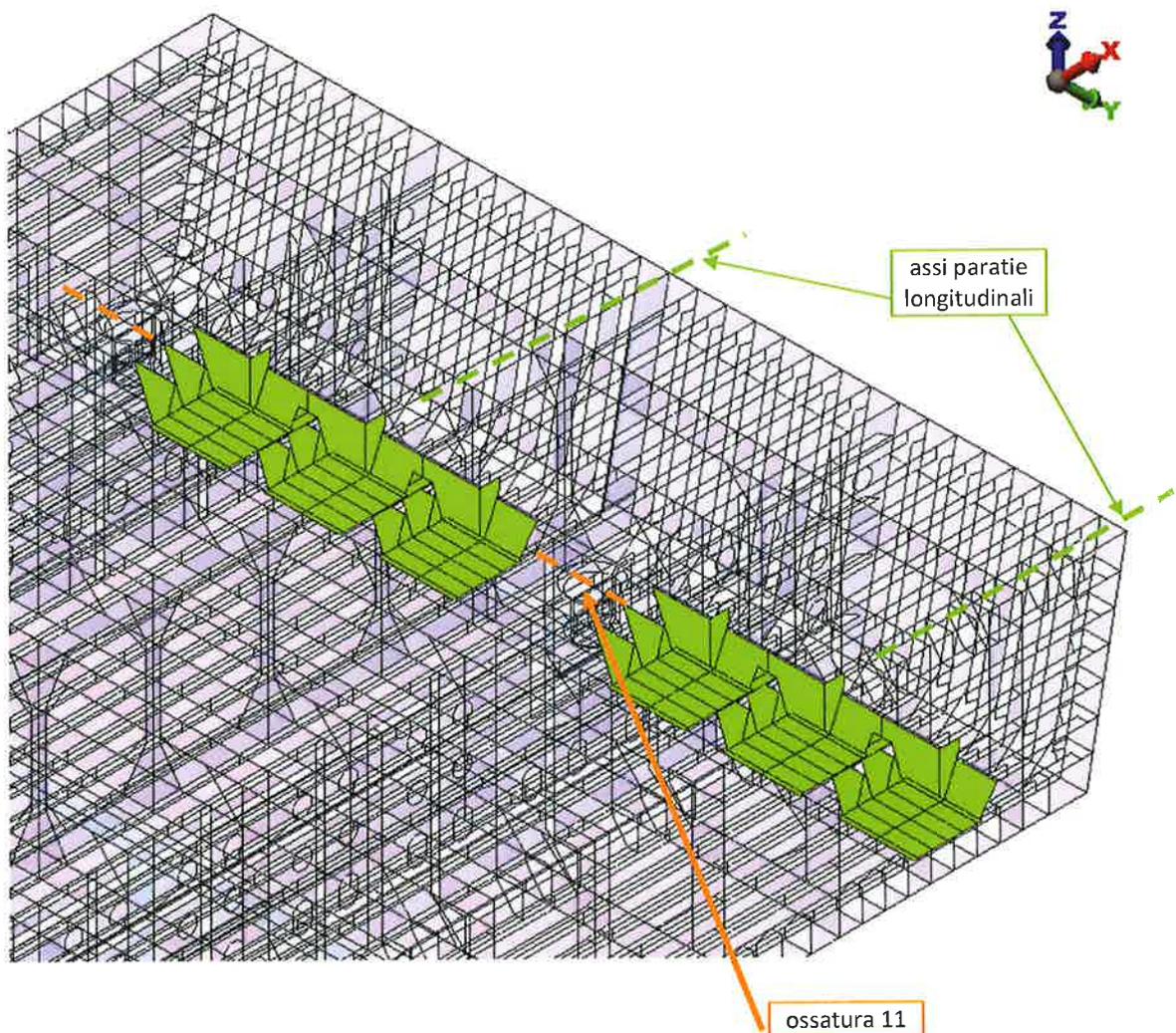
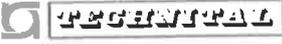


FIG. 4.30 - SUPPORTI AMMORTIZZATORI

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 53
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

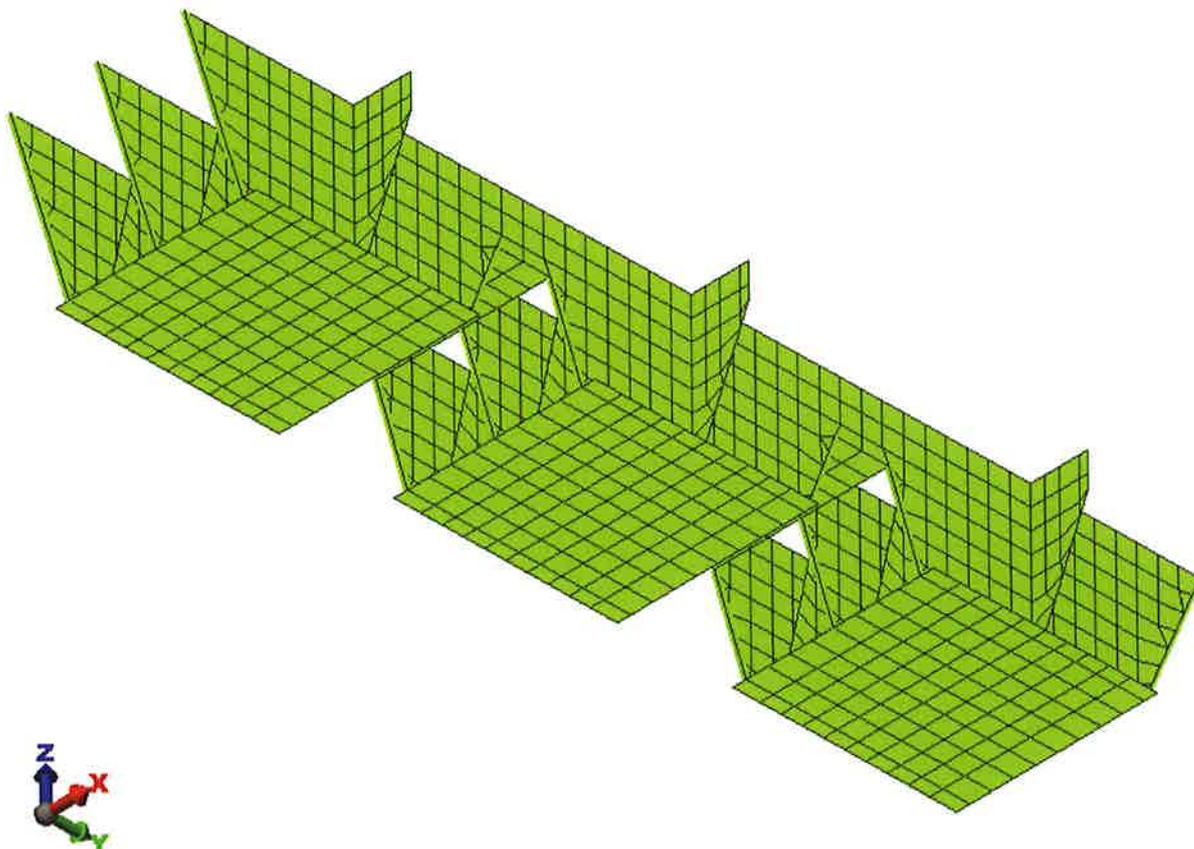
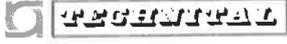


FIG. 4.31 - SUPPORTI AMMORTIZZATORI: DETTAGLI

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-2007-C0	Pag. n. 54
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

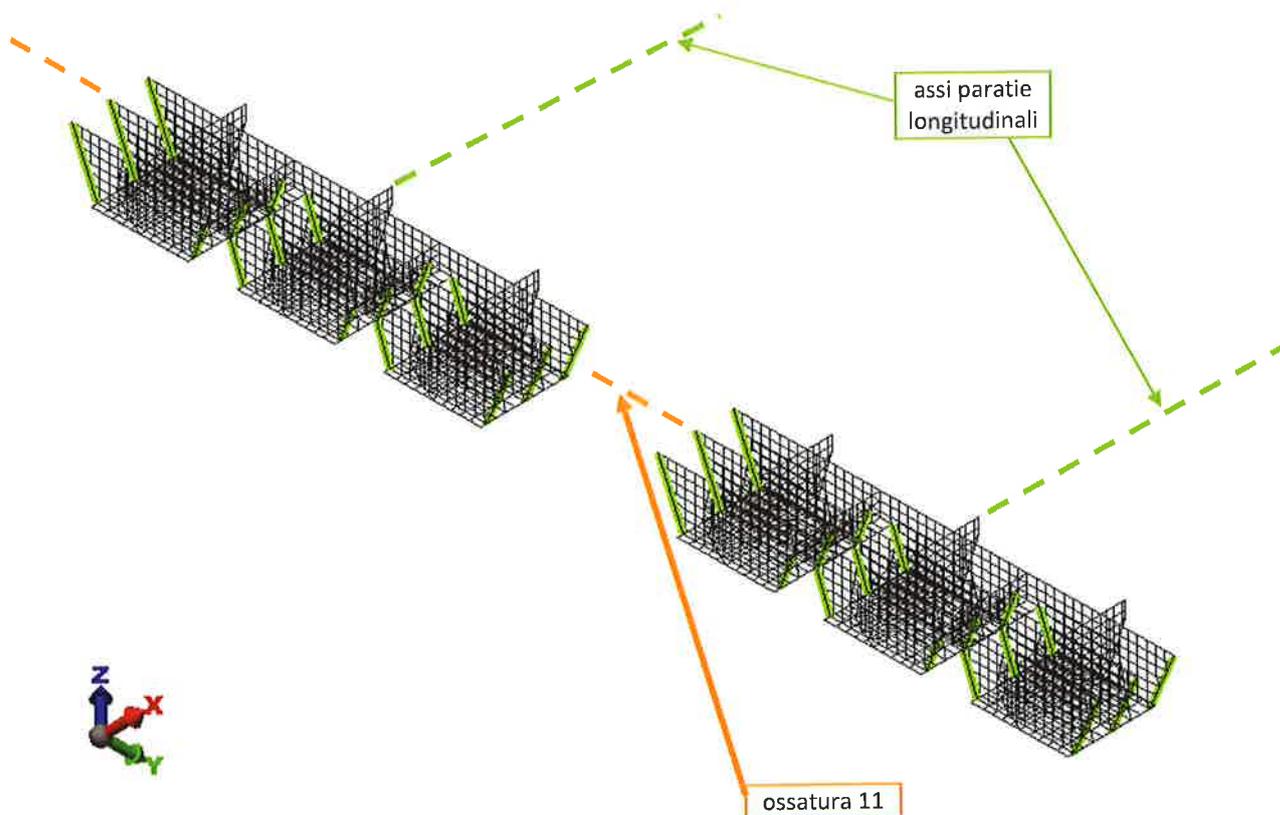
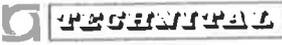


FIG. 4.32 - SUPPORTI AMMORTIZZATORI: PIATTABANDE RINFORZO SQUADRE

4.13. Vincoli

Il modello è stato vincolato in corrispondenza della zona di appoggio sui twist-lock: i nodi in corrispondenza dei 4 punti di sospensione (superfici superiori delle aperture, nello spessore della paratia longitudinale, sulle quali contrastano i twist locks) sono stati vincolati alle traslazioni Z e sono stati aggiunti vincoli fittizi (in assenza di carichi nel piano della paratoia) o supplementari in direzione X e Y.

A favore di sicurezza, nel modello della paratoia, i nodi vincolati sono liberi alla rotazione.

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 55
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

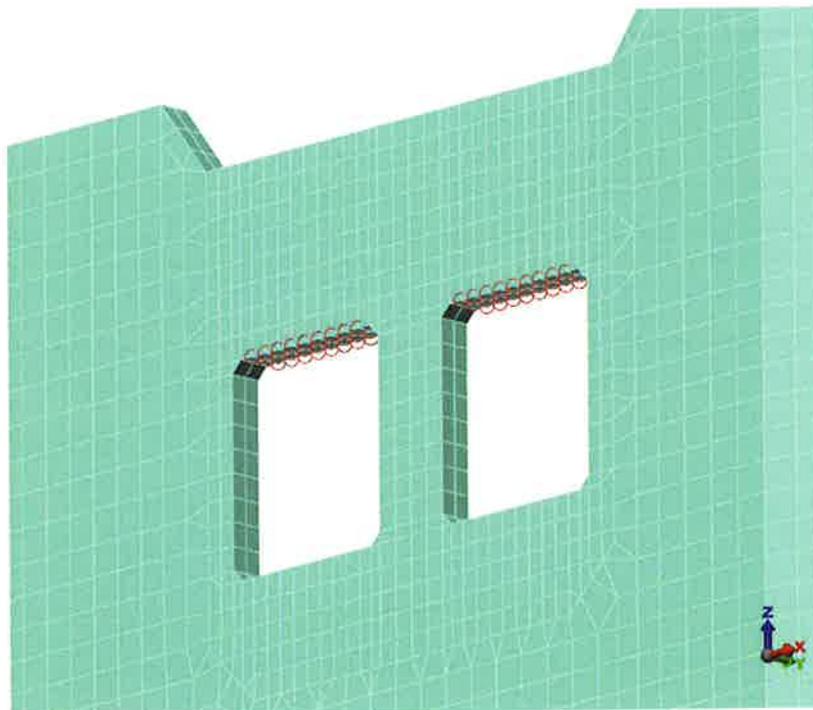


FIG. 4.33 – VINCOLI PARATOIA

La traslazione in X è stata impedita bloccando, per la condizione di sollevamento, la fila dei 3 nodi posteriori e anteriori di ogni cava in corrispondenza della zona di contrasto dei twist-lock.

Per le condizioni di trasporto è stata impedita bloccando le prime due file dei 3 nodi posteriori o anteriori di ogni cava in corrispondenza della zona di contrasto dei twist-lock per le forze di inerzia dovute alle accelerazioni a_x rispettivamente positive o negative

Nella figura si riportano i nodi cui sono applicati i vincoli (per ogni cava: nodi posteriori a sinistra, anteriori a destra).

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 56
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

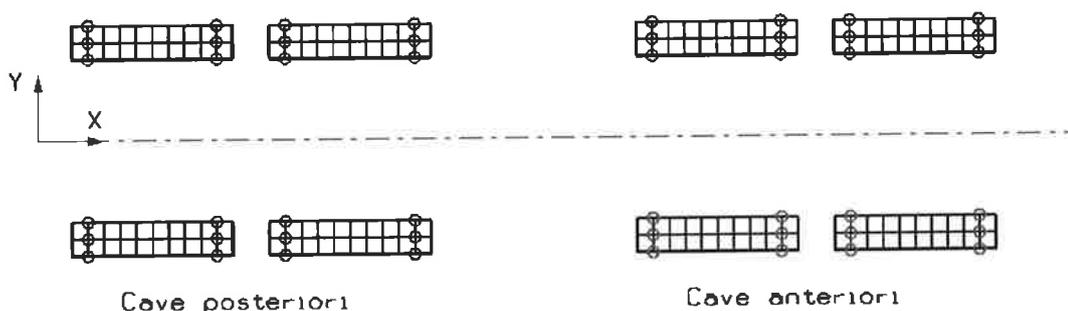


FIG. 4.34 – NODI DI VINCOLO DELLA PARATOIA SUI TWIST LOCK – VINCOLI IN X
(CONDIZIONI DI SOLEVAMENTO)

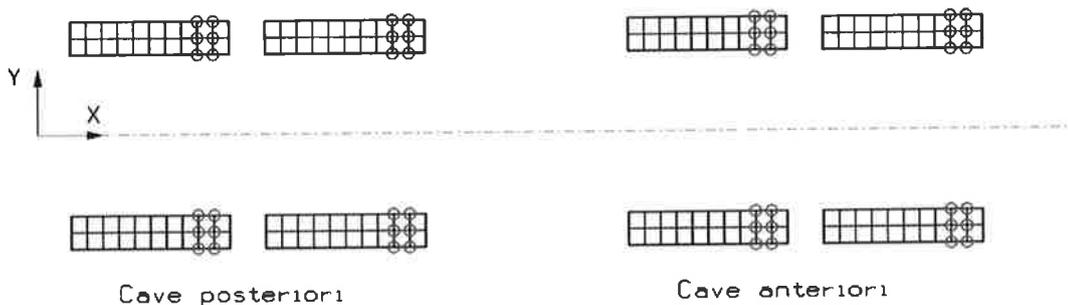


FIG. 4.35 – NODI DI VINCOLO DELLA PARATOIA SUI TWIST LOCK – VINCOLI IN X
(CONDIZIONI DI TRASPORTO CON $a_x \geq 0$; CON $a_x < 0$)

La traslazione in Y è stata impedita bloccando la fila di nodi laterale (spigolo) in corrispondenza della zona di appoggio dei twist-lock soggetti a forze inerziali dovute alle accelerazioni a_y .

Nella figura si riportano i nodi cui sono applicati i vincoli.

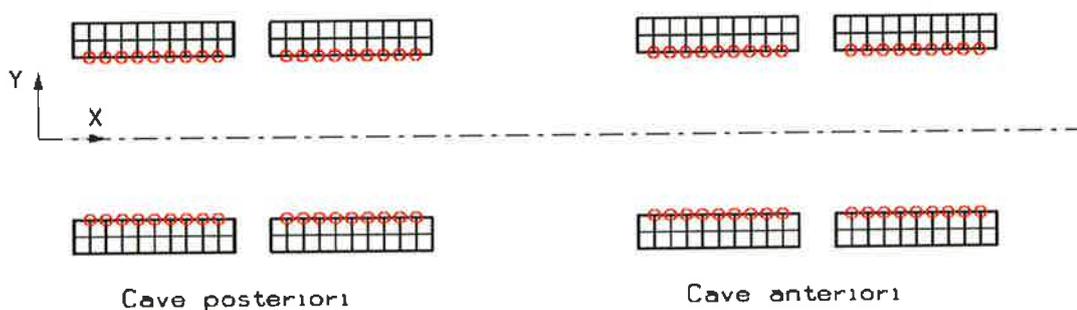


FIG. 4.36 – NODI DI VINCOLO DELLA PARATOIA SUI TWIST LOCK – VINCOLI IN Y (CONDIZIONI DI SOLEVAMENTO)

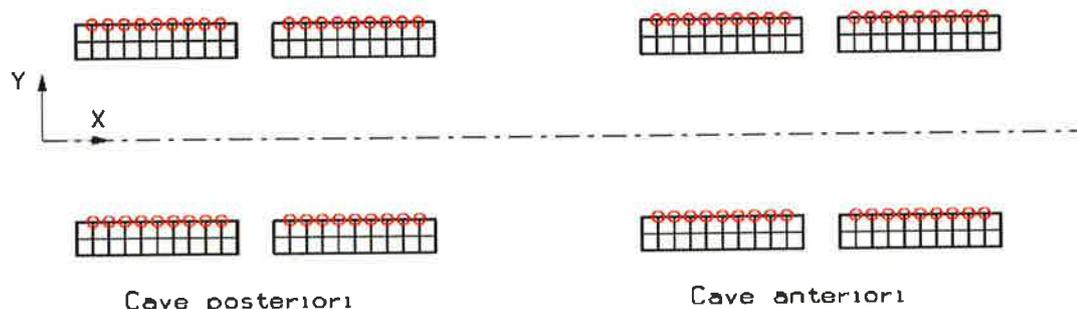


FIG. 4.37 – NODI DI VINCOLO DELLA PARATOIA SUI TWIST LOCK – VINCOLI IN Y (CONDIZIONI DI TRASPORTO CON $a_y \geq 0$; CON $a_y < 0$ SONO VINCOLATI I NODI SULLO SPIGOLO OPPOSTO DI OGNI CAVA)

La traslazione Z è impedita su tutti i nodi della superficie superiore di ogni cava.

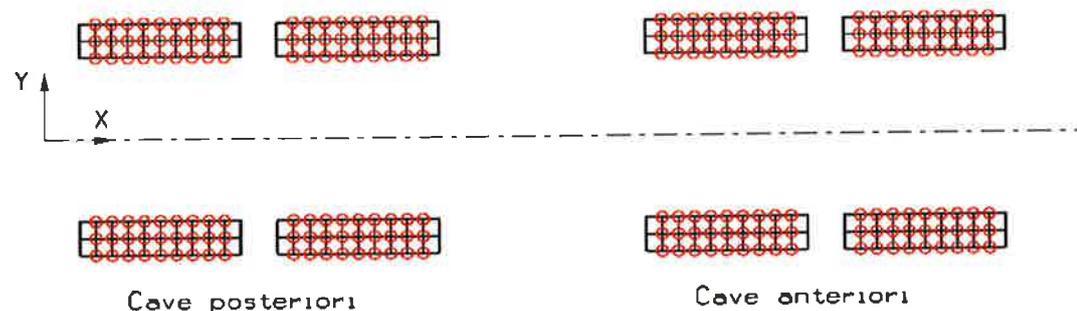


FIG. 4.38 – NODI DI VINCOLO DELLA PARATOIA SUI TWIST LOCK – VINCOLI IN Z

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 58
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

5. CARICHI APPLICATI

5.1. Generalità

Sulla paratoia agiscono i seguenti tipi di carico:

- Peso proprio e allestimenti
- Peso connettori (esclusa condizione T.1b)
- Peso acqua residua (esclusa condizione T.1b)
- Peso fouling (esclusa condizione T.1b)
- Accelerazioni (durante il trasporto)
- Variazioni termiche (condizioni T.3)

Per ogni carico si stima da calcolo l'entità da considerare e si confronta e si ricava poi dal modello il carico effettivamente assegnato: i due risultati vengono confrontati in tabelle, in cui si indicano:

- l'entità del carico
- 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. paragrafo 4.4).

5.2. Peso proprio

5.2.1. Pesi della paratoia e degli allestimenti

Si considerano insieme come peso proprio sia il peso strutturale, al lordo dei sovra-spessori di corrosione, sia il peso degli allestimenti, in quanto peso risultante della paratoia. Si aggiungono inoltre i componenti maschio dei connettori, quando presenti.

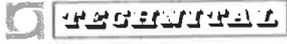
	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 59
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

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

Descrizione	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	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
Connettori	220.000	0,000	0,000
TOTALE PESO PARAOIA + CONNETTORI (calcolato)	3.442.499	15,049	-1,241

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-2007-C0	Pag. n. 60
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

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
Connettori				220.000	0,000	0,000
TOTALE PESO PARAOIA + CONNETTORI (calcolato)	3.038.635	16,048	-1,261	403.864	7,530	-1,095

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

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 61
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

- strumentazione

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-2007-C0	Pag. n. 62
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

- 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:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 63
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

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-2007-C0	Pag. n. 64
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

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 (esclusa condizione T.1b)
- tenute parziali
- connettori (esclusa condizione T.1b)

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.

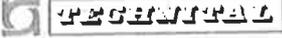
Il peso degli appoggi elastici è stato invece inserito come forze concentrate nei nodi in corrispondenza della piattabanda del telaio di supporto.

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

Il peso dei connettori (2x110 kN) è stato inserito come forze concentrate nei nodi in corrispondenza dell'asse del perno della paratoia.

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.

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 65
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

Descrizione Peso Paratoia	Peso (N)	LCG (m)	VCG (m)
Totale modello (pesi concentrati)	403.863	7,571	-1,221
Totale calcolato (pesi concentrati)	403.864	7,529	-1,095

TAB. 5.6 – PESI CONCENTRATI IN ZONE - CON CONNETTORI E APPOGGI ELASTICI

Descrizione Peso Paratoia	Peso (N)	LCG (m)	VCG (m)
Totale modello (pesi concentrati)	117.194	10,900	-1,534
Totale calcolato (pesi concentrati)	117.194	10,772	-0,902

TAB. 5.7 – PESI CONCENTRATI IN ZONE – SENZA CONNETTORI E APPOGGI ELASTICI

5.3. Peso fouling

Il peso del fouling è stato inserito nel modello modificando il peso specifico degli elementi costituenti i fasciami esterni tenendo conto della diversa distribuzione del fouling (ref. MV080P-PE-MAR-2000) fra superfici superiori, inferiori e laterali.

SUPERFICIE	Peso unitario (kN/m ²)	area (m ²)	Peso fouling (kN)
estradosso	0,5	597,7	299
intradosso	0,2	398,2	80
fronte	0,1	90,7	9
fianchi	0,1	361,0	36
retro	0,1	324,5	32
supporti ammortizzatori	0,1	180,1	18
TOTALE		1952,2	474

TAB. 5.8 – PESO DEL FOULING SULLAPARATOIA (CALCOLATO)

Il peso del fouling è stato inserito nel modello modificando la densità degli elementi costituenti i fasciami interessati, come riportato nella successiva tabella.

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 66
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

Spessore lordo (mm)	Densità applicata (kg/m ³)
Fasciame inferiore	
9,00	12.413,10
12,00	11.822,00
13,00	11.693,50
Fasciame superiore	
9,00	15.940,24
12,00	15.181,18
13,00	15.016,16
Fasciame laterale	
9,00	12.128,01
12,00	11.550,49
13,00	11.424,94
20,00	10.926,14
Supporti ammortizzatori	
10,00	11.229,64
20,00	10.638,61

TAB. 5.9 – DENSITÀ FASCIAMI CON FOULING

Il confronto tra pesi calcolati e pesi modellati è riportato nella successiva tabella.

Fouling	Peso (N)	LCG (m)	VCG (m)
Totale modello (fouling)	478.200	16,568	-0,543
Totale calcolato (fouling)	474.100	14,380	-0,425

TAB. 5.10 – PESO FOULING

5.4. Peso totale considerato per la paratoia con fouling

Nelle successive tabelle vengono riportati, 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 il peso e poco superiore al 2% per la posizione del baricentro.

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 67
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

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	403.864	7,529	-1,095	403.863	7,571	-1,221
TOTALE PESO PARATOIA pulita	3.442.499	15,049	-1,241	3.437.945	15,094	-1,254
differenza percentuale (modello - calcolo)/calcolo				-0,13%	0,30%	-1,05%
differenza assoluta (modello - calcolo)				-4.554	0,045	-0,013
Peso fouling (distribuito)	474.100	14,380	-0,425	478.200	16,568	-0,543
TOTALE PESO PARATOIA incrostata	3.916.599	14,968	-1,142	3.916.145	15,274	-1,167
differenza percentuale (modello - calcolo)/calcolo				-0,01%	2,04%	2,17%
differenza assoluta (modello - calcolo)				-454	0,306	-0,025

TAB. 5.11 – CONFRONTO PESI CALCOLATI E PESI DA MODELLO – CON CONNETTORI E APPOGGI ELASTICI

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	117.194	10,772	-0,902	117.194	10,900	-1,534
TOTALE PESO PARATOIA pulita	3.155.829	15,852	-1,247	3.151.276	15,902	-1,269
differenza percentuale (modello - calcolo)/calcolo				-0,14%	0,31%	1,72%
differenza assoluta (modello - calcolo)				-4.553	0,050	-0,021

TAB. 5.12 – CONFRONTO PESI CALCOLATI E PESI DA MODELLO – SENZA CONNETTORI E APPOGGI ELASTICI

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 68
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

5.5. Peso acqua residua a bordo paratoia

Per tener conto di un'eventuale difficoltà di defluire dell'acqua all'interno della paratoia, a motivo di parziale ostruzione dei fori nei tagli sul fondo, i calcoli sono stati eseguiti considerando cautelativamente la presenza di acqua residua sul fondo della paratoia, per un'altezza di 60 cm nella condizione di sollevamento e per un'altezza di 30 cm nella condizione di trasporto.

Tale quantità d'acqua è stata applicata al modello come pressione uniformemente distribuita sul fasciame inferiore piano.

Nella seguente tabella vengono riportati i pesi di acqua residua stimati sul fondo della paratoia.

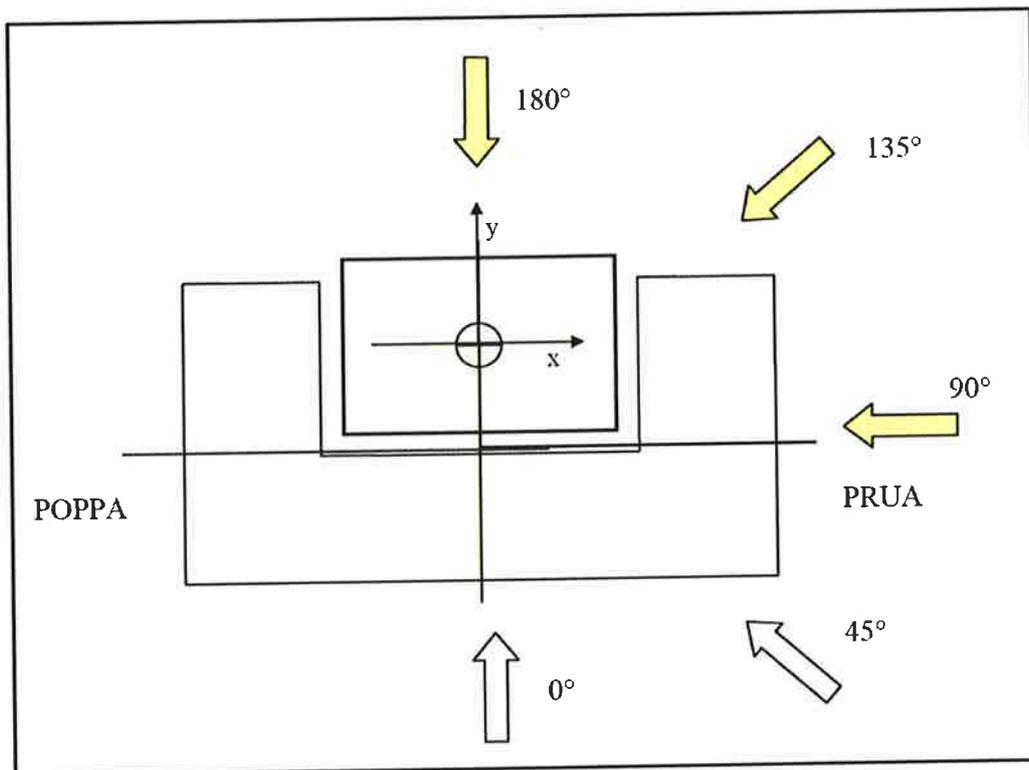
Larghezza (m)	Lunghezza (m)	Altezza residuo (m)	volume (m3)	g (m/s2)	densità acqua mare (kg/m3)	Peso acqua residua (N)	X (m)	Y (m)
19,92	20,7	0,6	247,4	9,81	1030	2.499.868	17,600	-3,400
19,92	20,7	0,3	123,7	9,81	1030	1.249.934	17,600	-3,550

TAB. 5.13 – PESO ACQUA SUL FONDO (CALCOLATO)

5.6. Accelerazioni

Nella condizione di trasporto mediante jack-up in navigazione la paratoia è soggetta alle forze inerziali derivanti dai moti del mezzo.

Le massime accelerazioni, determinate con l'analisi dinamica del mezzo per la sostituzione delle paratoie (vedi documento MV055P-PE-GNR-1012-C0 "Mezzi per la sostituzione delle paratoie – Analisi dinamica del mezzo" al paragrafo 3.2), sono riportate nella tabella seguente.



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

TAB. 5.14 – ACCELERAZIONI MASSIME IN CORRISPONDENZA DEL CENTRO DELLA PARATOIA

Per ogni direzione di incidenza dell'onda:

- a motivo della simmetria della paratoia rispetto all'asse X, si considera solo $a_y > 0$;
- a motivo del fatto che $a_z > 0$ riduce i carichi, si considera solo $a_z < 0$;
- a motivo della non simmetria rispetto all'asse Y, si considerano $a_x \geq 0$ e $a_x < 0$;
- per la direzione di incidenza dell'onda a 180°, si considera una sola condizione in quanto $a_x = 0$.

 PROGETTA	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 70
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

Si considerano quindi i casi seguenti:

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

TAB. 5.15 – ACCELERAZIONI $a_x \geq 0$

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

TAB. 5.16 – ACCELERAZIONI $a_x < 0$

5.7. Variazioni termiche

Le variazioni termiche esaminate sono:

- Variazione termica uniforme su tutti i componenti, escluso fasciame superiore, di +20 °C e variazione termica fasciame superiore di +30 °C;
- Variazione termica uniforme su tutti i componenti di -20 °C.

Tali variazioni corrispondono circa alle escursioni stagionali mensili medie rispetto ad una temperatura media di riferimento di 15°.

La variazione di +30° sul fasciame superiore tiene conto della maggior esposizione della superficie rispetto alle altre.

Nelle analisi non si considera la variazione termica uniforme di -20 °C sull'intera paratoia: la paratoia è sostanzialmente libera di deformarsi e anche il telaio di acciaio si contrae in analoga misura pertanto la condizione non introduce apprezzabili tensioni.

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 71
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

6. COMBINAZIONI DI CARICO

Si considerano le seguenti combinazioni di carico:

Descrizione	Cond.	Carichi Agenti	Vincoli
Sollevamento	T.1a	Peso proprio paratoia Peso connettori Peso supporti elastici Peso fouling 60 cm acqua residua	Sospensione ai 4 punti di aggancio (twist lock) Ref. 4.13
	T.1b	Peso proprio paratoia senza connettori senza supporti elastici senza fouling (pulita) senza acqua residua (asciutta)	
Sollevamento e trasporto con Jack-up	T.2	Peso proprio paratoia Peso connettori Peso supporti elastici Peso fouling 30 cm acqua residua Carichi inerziali di trasporto	
	T.2a	90° ax > 0	
	T.2b	135° ax > 0	
	T.2c	180° ax = 0	
	T.2d	90° ax < 0	
T.2e	135° ax < 0		
Sollevamento e trasporto con Jack-up Con termiche	T.3	Peso proprio paratoia Peso connettori Peso supporti elastici Peso fouling 30 cm acqua residua Variazione termica uniforme su tutti i componenti escluso fasciame superiore +20°C Variazione termica fasciame superiore +30°C Carichi inerziali di trasporto	
	T.3a	90° ax > 0	
	T.3b	135° ax > 0	
	T.3c	180° ax = 0	
	T.3d	90° ax < 0	
	T.3e	135° ax < 0	

TAB. 6.1 –COMBINAZIONI DI CARICO IN SOLEVAMENTO E TRASPORTO

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 72
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

7. RISULTATI

7.1. Verifiche tensionali

7.1.1. Generalità

Nelle tabelle seguenti vengono riportati i valori massimi delle tensioni.

Per le condizioni di sollevamento (T.1), le tensioni sono sempre inferiori alle ammissibili, eccetto che per la condizione T.1a (massimo carico) allo spigolo della cava anteriore della lama di sospensione lato laguna, dove si riscontra puntualmente una tensione di 287 N/mm^2 (circa 14% superiore all'ammissibile di 252 N/mm^2 , ref. Fig. 8.4): si considerano i risultati accettabili in quanto l'area è molto piccola, con ripido gradiente delle tensioni ed in corrispondenza dei vincoli alla traslazione in X, che non tengono conto dell'attrito della struttura su tutta la superficie di appoggio sui twist-lock e della deformabilità del telaio pescatore che permette piccoli spostamenti lungo gli assi X e Y attualmente considerati bloccati.

In condizioni di trasporto (T.2), le tensioni sono sempre ampiamente inferiori alla tensione ammissibile, ancora con l'esclusione dello spigolo della cava anteriore della lama di sospensione lato laguna, dove si riscontrano generalmente valori intorno all'ammissibile (massimi compresi tra 246 e 282 N/mm^2) e tensioni massime di $355\text{-}358 \text{ N/mm}^2$ (superiori del 42% circa rispetto all'ammissibile) per le sole direzioni di onda al traverso (ref. Fig. 8.12, Fig. 8.20, Fig. 8.24, Fig. 8.32, Fig. 8.36, Fig. 8.44, Fig. 8.48). In considerazione delle dimensioni molto ristrette dell'area interessata, del ripido gradiente delle tensioni, dell'influenza della discretizzazione, della presenza dei vincoli alla traslazione in X e Y (che non tengono conto dell'attrito della struttura su tutta la superficie di appoggio sui twist-lock e della deformabilità del telaio pescatore che permette piccoli spostamenti lungo gli assi X e Y attualmente considerati bloccati) e della possibilità di una redistribuzione delle tensioni, eventualmente con plasticizzazioni locali, si considerano anche questi risultati accettabili.

A prova di ciò si noti che le tensioni massime si hanno in corrispondenza dei vincoli alla traslazione in X che nel caso in cui si ha la massima tensione (combinazione T.2c) non dovrebbero essere caricati (non si hanno accelerazioni

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 73
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

lungo l'asse X), mentre si riscontrano delle reazioni vincolari, sempre in X, di notevole entità ma equilibrate, infatti la loro somma è zero. Questo perché sono state impedito le traslazioni che nascono dalla deformazione della paratoia sotto il carico applicato. Nella realtà il telaio pescatore permette piccoli spostamenti relativi fra i quattro punti di aggancio, grazie alla propria deformabilità.

È stata quindi eseguita una simulazione in cui i vincoli in X sono stati sostituiti con altrettanti vincoli elastici costituiti da molle con costante elastica di 100,000 kN/m in modo da permettere piccoli spostamenti relativi fra le cave anteriori e posteriori. Tale costante è stata determinata considerando che la reazione vincolare in X, che nasce con la paratoia in condizione di trasporto senza le accelerazioni dovute al moto, comporti uno spostamento pari a circa 2 mm della cava. In questo caso la tensione massima di 355 N/mm² si riduce a 297 N/mm² (ref. Fig. 7.1) e gli spostamenti relativi fra le due cave sono inferiori al millimetro, spostamento sicuramente permesso dal telaio pescatore. Anche le reazioni vincolari in X, sempre equilibrate, si riducono di circa la metà.

Si riportano tutti i risultati con riferimento alla condizione di vincolo totalmente rigido e si intende che la simulazione di cui sopra garantisce che il materiale può localmente sperimentare lievi sovratensioni, rimanendo sempre in campo elastico.

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 74
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

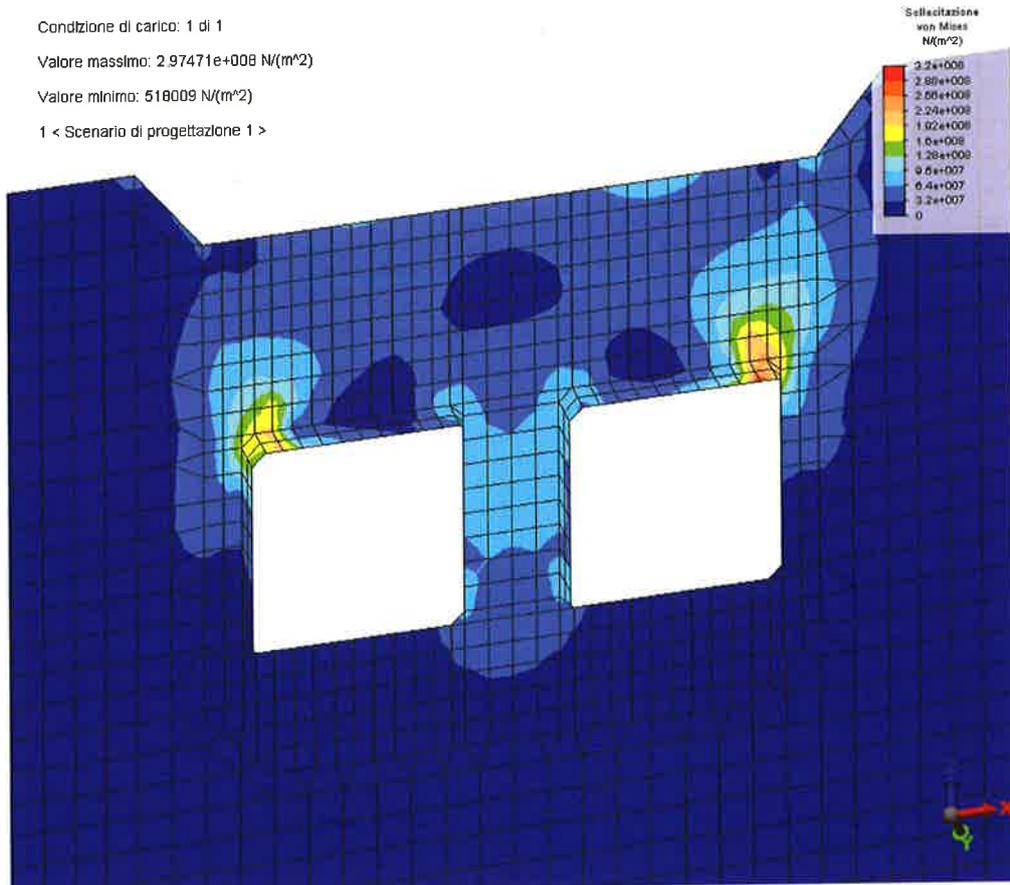


FIG. 7.1 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES: CAVA ANTERIORE

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 75
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

7.1.2. In sollevamento - Condizione T.1a

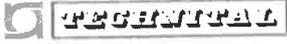
Funzione	posizione/elemento	spessore nominale (mm)	riduzione per corrosione (mm)	materiale	σ_{amm} $h = 1,25$ [N/mm ²]	σ_{von} Mises [N/mm ²]	Peggior soll. [N/mm ²]
Fasciami esterni	superiore	9-12-13	1,5	S275J0	216	82	
	inferiore	9-12-13	1,5	S275J0	216	26	
	laterale	9-12-13	1,5	S275J0	216	18	
	posteriore	9-13	1,5	S275J0	216	31	
	anteriore	13	1,5	S275J0	216	14	
	ossatura 01	9	1,5	S275J0	216	27	
	inferiore sotto pinna	20	1,5	S275J0	208	23	
Fasciami interni (paratie longitudinali)	tipici (15 mm solo per irrigidimenti pinne)	10-12-15	2	S275J0	216	52	
	irrigidimenti pinne	20	2	S275J0	208	23	
	zone recessi twist lock	30	2	S275J2	208	33	
	zone recessi twist lock	60	2	S355K2	252	287	
	pinna	180	2	S355K2	214	13	
Rinforzi ordinari	piatti di paratie longitudinali, diaframma telaio 08	11	2	S275J0	216	24	
	piatti fasciame posteriore	12-15	1,5	S275J0	216	15	
	ferri a bulbo di fasciami esterni	max Hp 300x13	2	S275J0	216	28	-34
Squadre	spigoli	10	2	S275J0	216	17	
Piatti rinforzo fori	paratie longitudinali	11	2	S275J0	216		44

TAB. 7.1 - VERIFICHE TENSIONALI COMBINAZIONE T.1a - FASCIAMI

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 76
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

Funzione	posizione/elemento	spessore nominale (mm)	riduzione per corrosione (mm)	materiale	σ_{amm} $h = 1,25$ [N/mm ²]	$\sigma_{von Mises}$ [N/mm ²]	Peggior soll. [N/mm ²]
Telai rinforzati	ossatura 02	10 12	2	S275J0	216	20	-19
	ossatura 03	10 12	2	S275J0	216	15	26
	ossatura 04	10 12	2	S275J0	216	35	22
	ossatura 05	10 12	2	S275J0	216	41	29
	ossatura 06	10 12	2	S275J0	216	38	28
	ossatura 07	12 14	2	S275J0	216	32	27
	ossatura 08	12 14	2	S275J0	216	37	31
	ossatura 09	12 14	2	S275J0	216	57	-45
	ossatura 10	12 14	2	S275J0	216	28	21
	ossatura 11	12 14	2	S275J0	216	12	10
	diaframma centrale	10-12 12-14	2	S275J0	216	42	31
Telaio ammortizzatori	ossatura 11	10	1	S275J0	216	21	
		10	1	S275J0	216		-15
		20	1	S275J0	208	4	

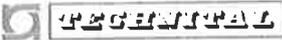
TAB. 7.2 - VERIFICHE TENSIONALI COMBINAZIONE T.1a - TELAI

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 77
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

7.1.3. In sollevamento - Condizione T.1b

Funzione	posizione/elemento	spessore nominale (mm)	riduzione per corrosione (mm)	materiale	σ_{amm} h = 1,55 [N/mm ²]	σ_{von} Mises [N/mm ²]	Peggior soll. [N/mm ²]
Fasciami esterni	superiore	9-12-13	1,5	S275J0	174	41	
	inferiore	9-12-13	1,5	S275J0	174	10	
	laterale	9-12-13	1,5	S275J0	174	14	
	posteriore	9-13	1,5	S275J0	174	24	
	anteriore	13	1,5	S275J0	174	8	
	ossatura 01	9	1,5	S275J0	174	16	
	inferiore sotto pinna	20	1,5	S275J0	168	10	
Fasciami interni (paratie longitudinali)	tipici (15 mm solo per irrigidimenti pinne)	10-12-15	2	S275J0	174	25	
	irrigidimenti pinne	20	2	S275J0	168	10	
	zone recessi twist lock	30	2	S275J2	168	15	
	zone recessi twist lock	60	2	S355K2	203	146	
	pinna	180	2	S355K2	173	9	
Rinforzi ordinari	piatti di paratie longitudinali, diaframma telaio 08	11	2	S275J0	174	11	
	piatti fasciame posteriore	12-15	1,5	S275J0	174	13	
	ferri a bulbo di fasciami esterni	max Hp 300x13	2	S275J0	174	12	-17
Squadre	spigoli	10	2	S275J0	174	12	
Piatti rinforzo fori	paratie longitudinali	11	2	S275J0	174		20

TAB. 7.3 - VERIFICHE TENSIONALI COMBINAZIONE T.1b - FASCIAMI

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 78
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

Funzione	posizione/elemento	spessore nominale (mm)	riduzione per corrosione (mm)	materiale	σ_{amm} $h = 1,55$ [N/mm ²]	σ_{von} Mises [N/mm ²]	Peggior soll. [N/mm ²]
Telai rinforzati	ossatura 02	10 12	2	S275J0	174	11	-10
	ossatura 03	10 12	2	S275J0	174	10	-9
	ossatura 04	10 12	2	S275J0	174	10	11
	ossatura 05	10 12	2	S275J0	174	12	14
	ossatura 06	10 12	2	S275J0	174	12	14
	ossatura 07	12 14	2	S275J0	174	13	16
	ossatura 08	12 14	2	S275J0	174	16	17
	ossatura 09	12 14	2	S275J0	174	28	-23
	ossatura 10	12 14	2	S275J0	174	12	10
	ossatura 11	12 14	2	S275J0	174	7	6
	diaframma centrale	10-12 12-14	2	S275J0	174	15	-11
Telaio ammortizzatori	ossatura 11	10	1	S275J0	174	9	
		10	1	S275J0	174		-7
		20	1	S275J0	168	1	

TAB. 7.4 - VERIFICHE TENSIONALI COMBINAZIONE T.1b - TELAI



Rev.	Data:	EI.	MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 79
Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO		

7.1.4. In trasporto – Condizioni T.2a, T.2b, T.2c (ax≥0)

Funzione	posizione/elemento	spessore nominale (mm)	riduzione per corrosione (mm)	materiale	σ_{amm} h = 1,25 [N/mm ²]	T.2a – 90° ax>0		T.2b – 135° ax>0		T.2c – 180° ax=0	
						σ_{on} Mises [N/mm ²]	Peggior soll. [N/mm ²]	σ_{on} Mises [N/mm ²]	Peggior soll. [N/mm ²]	σ_{on} Mises [N/mm ²]	Peggior soll. [N/mm ²]
Fasciami esterni	superiore	9-12-13	1,5	S275J0	216	92		85		113	
	inferiore	9-12-13	1,5	S275J0	216	21		20		23	
	laterale	9-12-13	1,5	S275J0	216	20		19		21	
	posteriore	9-13	1,5	S275J0	216	34		33		37	
	anteriore	13	1,5	S275J0	216	14		13		16	
	ossatura 01	9	1,5	S275J0	216	25		25		28	
Fasciami interni (paratie longitudinali)	inferiore sotto pinna tipici (15 mm solo per irrigidimenti pinne)	20	1,5	S275J0	208	23		23		24	
	irrigidimenti pinne	20	2	S275J0	208	24		24		25	
	zone recessi twist lock	30	2	S275J2	208	28		27		32	
	zone recessi twist lock	60	2	S355K2	252	272		246		355	
	pinna	180	2	S355K2	214	13		13		146	
	piatti di paratie longitudinali, diaframma telaio 08	11	2	S275J0	216	28		23		39	
Rinforzi ordinari	piatti fasciame posteriore	12-15	1,5	S275J0	216	18		17		20	
	ferri a bulbo di fasciami esterni	max Hp 300x13	2	S275J0	216	22	-29	21	-28	26	-37
Squadre	spigoli	10	2	S275J0	216	16		16		17	
Piatti rinforzo fori	paratie longitudinali	11	2	S275J0	216		37		36		-33

TAB. 7.5 - VERIFICHE TENSIONALI COMBINAZIONI T.2a, T.2b, T.2C - FASCIAMI



Rev. C0	Rev.	El.	Pag. n. 80	
	Data: 10/06/2013	MV080P-PE-MAR-2007-C0	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

Funzione	posizione/elemento	spessore nominale (mm)	riduzione per corrosione (mm)	materiale	σ_{amm} $h = 1,25$ [N/mm ²]	T.2a - 90° ax>0		T.2b - 135° ax>0		T.2c - 180° ax=0	
						σ_{von} Mises [N/mm ²]	Peggior sol. [N/mm ²]	σ_{von} Mises [N/mm ²]	Peggior sol. [N/mm ²]	σ_{von} Mises [N/mm ²]	Peggior sol. [N/mm ²]
Telai rinforzati	ossatura 02	10-12	2	S275J0	216	19	-18	19	-18	21	-20
	ossatura 03	10-12	2	S275J0	216	15	-19	15	-18	17	-22
	ossatura 04	10-12	2	S275J0	216	26	20	26	19	29	21
	ossatura 05	10-12	2	S275J0	216	32	26	31	25	35	27
	ossatura 06	10-12	2	S275J0	216	30	25	29	25	33	27
	ossatura 07	12-14	2	S275J0	216	26	26	25	25	29	27
	ossatura 08	12-14	2	S275J0	216	30	27	29	26	33	29
	ossatura 09	12-14	2	S275J0	216	51	-40	49	-39	57	-44
	ossatura 10	12-14	2	S275J0	216	23	19	22	18	25	20
	ossatura 11	12-14	2	S275J0	216	12	9	11	9	13	10
	diaframma centrale	10-12 12-14		2	S275J0	216	32	24	31	24	36
Telaio ammortizzatori	ossatura 11	10	1	S275J0	216	19		18		21	
		10	1	S275J0	216		-13		-12		-14
		20	1	S275J0	208	3		3		4	

TAB. 7.6 - VERIFICHE TENSIONALI COMBINAZIONI T.2a, T.2b, T.2C - TELAI



Rev.	Data:	EI.	MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 81
Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO		

7.1.5. In trasporto – Condizioni T.2d, T.2e (ax<0)

Funzione	posizione/elemento	spessore nominale (mm)	riduzione per corrosione (mm)	materiale	σ_{amm} h = 1,25 [N/mm ²]	T.2d – 90° ax<0		T.2e – 135° ax<0	
						σ_{von} Mises [N/mm ²]	Peggior sol. [N/mm ²]	σ_{von} Mises [N/mm ²]	Peggior sol. [N/mm ²]
Fasciami esterni	superiore	9-12-13	1,5	S275J0	216	93		86	
	inferiore	9-12-13	1,5	S275J0	216	20		20	
	laterale	9-12-13	1,5	S275J0	216	19		19	
	posteriore	9-13	1,5	S275J0	216	33		32	
	anteriore	13	1,5	S275J0	216	14		13	
	ossatura 01	9	1,5	S275J0	216	25		25	
	inferiore sotto pinna	20	1,5	S275J0	208	23		23	
Fasciami interni (paratie longitudinali)	tipici (15 mm solo per irrigidimenti pinne)	10-12-15	2	S275J0	216	45		44	
	irrigidimenti pinne	20	2	S275J0	208	23		23	
	zone recessi twist lock	30	2	S275J2	208	29		28	
	zone recessi twist lock	60	2	S355K2	252	279		251	
	pinna	180	2	S355K2	214	13		13	
Rinforzi ordinari	piatti di paratie longitudinali, diaframma telai 08	11	2	S275J0	216	28		23	
	piatti fasciame posteriore	12-15	1,5	S275J0	216	18		17	
	ferri a bulbo di fasciami esterni	max Hp 300x13	2	S275J0	216	24	-33	23	-32
Squadre	spigoli	10	2	S275J0	216	16		16	
Piatti rinforzo fori	paratie longitudinali	11	2	S275J0	216		37		35

TAB. 7.7 - VERIFICHE TENSIONALI COMBINAZIONI T.2d, T.2e – FASCIAMI



Rev. C0	Rev.	El.	MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 82
	Data:			
	Rev. C0	Data:	10/06/2013	
		VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO		

Funzione	posizione/elemento	spessore nominale (mm)	riduzione per corrosione (mm)	materiale	σ_{amm} $h = 1,25$ [N/mm ²]	T.2d - 90° ax<0		T.2e - 135° ax<0	
						σ_{von} Mises [N/mm ²]	Peggior sol. [N/mm ²]	σ_{von} Mises [N/mm ²]	Peggior sol. [N/mm ²]
Telai rinforzati	ossatura 02	10-12	2	S275J0	216	19	-18	18	-18
	ossatura 03	10-12	2	S275J0	216	15	-19	15	-18
	ossatura 04	10-12	2	S275J0	216	26	20	26	20
	ossatura 05	10-12	2	S275J0	216	32	26	31	25
	ossatura 06	10-12	2	S275J0	216	30	25	29	25
	ossatura 07	12-14	2	S275J0	216	26	26	25	25
	ossatura 08	12-14	2	S275J0	216	30	28	29	27
	ossatura 09	12-14	2	S275J0	216	51	-40	50	-39
	ossatura 10	12-14	2	S275J0	216	23	18	22	18
	ossatura 11	12-14	2	S275J0	216	12	9	11	9
	Telaio ammortizzatori	diaframma centrale	10-12 12-14	2	S275J0	216	33	25	32
ossatura 11		10	1	S275J0	216	19		18	
		10	1	S275J0	216		-13		-12
		20	1	S275J0	208	3		3	

TAB. 7.8 - VERIFICHE TENSIONALI COMBINAZIONI T.2d, T.2e - TELAI



Rev.	Data:	El.	MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 83
Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO		

7.1.6. In trasporto – Condizioni T.3a, T.3b, T.3c (ax≥0)

Funzione	posizione/elemento	spessore nominale (mm)	riduzione per corrosione (mm)	materiale	σ_{amm} h = 1,25 [N/mm ²]	T.3a – 90° ax>0		T.3b – 135° ax>0		T.3c – 180° ax=0	
						σ_{von} Mises [N/mm ²]	Peggior soll. [N/mm ²]	σ_{von} Mises [N/mm ²]	Peggior soll. [N/mm ²]	σ_{von} Mises [N/mm ²]	Peggior soll. [N/mm ²]
Fasciami esterni	superiore	9-12-13	1,5	S275J0	216	93		84		117	
	inferiore	9-12-13	1,5	S275J0	216	30		30		32	
	laterale	9-12-13	1,5	S275J0	216	51		51		53	
	posteriore	9-13	1,5	S275J0	216	56		56		58	
	anteriore	13	1,5	S275J0	216	23		23		24	
	ossatura 01	9	1,5	S275J0	216	49		48		52	
	inferiore sotto pinna	20	1,5	S275J0	208	36		36		37	
Fasciami interni (paratie longitudinali)	tipici (15 mm solo per irrigidimenti pinne)	10-12-15	2	S275J0	216	52		51		56	
	irrigidimenti pinne	20	2	S275J0	208	38		38		40	
	zone recessi twist lock	30	2	S275J2	208	29		29		33	
	zone recessi twist lock	60	2	S355K2	252	276		250		358	
	pinna	180	2	S355K2	214	19		18		19	
Rinforzi ordinari	piatti di paratie longitudinali, diaframma telaio 08	11	2	S275J0	216	30		28		41	
	piatti fasciame posteriore	12-15	1,5	S275J0	216	45		45		46	
	ferri a bulbo di fasciami esterni	max Hp 300x13	2	S275J0	216	30	34	29	34	30	35
Squadre	spigoli	10	2	S275J0	216	17		17		18	
Piatti rinforzo fori	paratie longitudinali	11	2	S275J0	216		44		43	48	

TAB. 7.9 - VERIFICHE TENSIONALI COMBINAZIONI T.3a, T.3b, T.3c - FASCIAMI



Rev.	Data:	EI.	MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 84
Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO		

Funzione	posizione/elemento	spessore nominale (mm)	riduzione per corrosione (mm)	materiale	σ_{amm} $h = 1,25$ [N/mm ²]	T.3a – 90° ax>0		T.3b – 135° ax>0		T.3c -180° ax=0	
						σ_{von} Mises [N/mm ²]	Peggior sol. [N/mm ²]	σ_{von} Mises [N/mm ²]	Peggior sol. [N/mm ²]	σ_{von} Mises [N/mm ²]	Peggior sol. [N/mm ²]
Telai rinforzati	ossatura 02	10-12	2	S275J0	216	27	28	27	28	28	29
	ossatura 03	10-12	2	S275J0	216	27	28	27	28	28	29
	ossatura 04	10-12	2	S275J0	216	35	37	35	36	37	38
	ossatura 05	10-12	2	S275J0	216	40	41	40	41	42	44
	ossatura 06	10-12	2	S275J0	216	38	39	38	39	40	42
	ossatura 07	12-14	2	S275J0	216	33	34	32	33	36	35
	ossatura 08	12-14	2	S275J0	216	37	33	36	32	40	36
	ossatura 09	12-14	2	S275J0	216	66	-43	65	-42	73	-47
	ossatura 10	12-14	2	S275J0	216	28	25	28	24	31	26
	ossatura 11	12-14	2	S275J0	216	23	23	22	23	23	24
	diaframma centrale	10-12 12-14	2		S275J0	216	36	37	36	36	38
Telaio ammortizzatori	ossatura 11	10	1	S275J0	216	27		26		29	
		10	1	S275J0	216		-19		-19		
		20	1	S275J0	208	4		4		4	

TAB. 7.10 - VERIFICHE TENSIONALI COMBINAZIONI T.3a, T.3b, T.3C - TELAI



Rev.	Data:	EI.	MV080P-PE-MAR-2007-CO	Pag. n. 85
Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO		

7.1.7. In trasporto – Condizioni T.3d, T.3e (ax<0)

Funzione	posizione/elemento	spessore nominale (mm)	riduzione per corrosione (mm)	materiale	σ_{amm} h = 1,25 [N/mm ²]	T.3d – 90° ax<0		T.3e – 135° ax<0	
						σ_{von} Mises [N/mm ²]	Peggior soll. [N/mm ²]	σ_{von} Mises [N/mm ²]	Peggior soll. [N/mm ²]
Fasciami esterni	superiore	9-12-13	1,5	S275J0	216	95		86	
	inferiore	9-12-13	1,5	S275J0	216	30		29	
	laterale	9-12-13	1,5	S275J0	216	51		50	
	posteriore	9-13	1,5	S275J0	216	56		55	
	anteriore	13	1,5	S275J0	216	24		23	
	ossatura 01	9	1,5	S275J0	216	49		48	
	inferiore sotto pinna	20	1,5	S275J0	208	36		35	
Fasciami interni (paratie longitudinali)	tipici (15 mm solo per irrigidimenti pinne)	10-12-15	2	S275J0	216	51		50	
	irrigidimenti pinne	20	2	S275J0	208	38		37	
	zone recessi twist lock	30	2	S275J2	208	30		29	
	zone recessi twist lock	60	2	S355K2	252	282		254	
	pinna	180	2	S355K2	214	18		18	
Rinforzi ordinari	piatti di paratie longitudinali, diaframma telaio 08	11	2	S275J0	216	29		29	
	piatti fasciame posteriore	12-15	1,5	S275J0	216	44		44	
	ferri a bulbo di fasciami esterni Hp 300x13	max Hp 300x13	2	S275J0	216	29		29	33
Squadre	spigoli	10	2	S275J0	216	17		17	
Piatti rinforzo forti	paratie longitudinali	11	2	S275J0	216			43	42

TAB. 7.11 - VERIFICHE TENSIONALI COMBINAZIONI T.3d, T.3e – FASCIAMI



Rev.	Data:	El.	MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 86
Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO		

Funzione	posizione/elemento	spessore nominale (mm)	riduzione per corrosione (mm)	materiale	σ _{amm} h = 1,25 [N/mm ²]	T.2d - 90° ax<0		T.2e - 135° ax<0	
						σ _{von Mises} [N/mm ²]	Peggior sol. [N/mm ²]	σ _{von Mises} [N/mm ²]	Peggior sol. [N/mm ²]
Telai rinforzati	ossatura 02	10-12	2	S275J0	216	28	28	27	28
	ossatura 03	10-12	2	S275J0	216	27	28	27	28
	ossatura 04	10-12	2	S275J0	216	36	37	35	36
	ossatura 05	10-12	2	S275J0	216	40	41	40	41
	ossatura 06	10-12	2	S275J0	216	38	40	38	39
	ossatura 07	12-14	2	S275J0	216	33	34	33	34
	ossatura 08	12-14	2	S275J0	216	37	34	37	33
	ossatura 09	12-14	2	S275J0	216	67	-43	66	-42
	ossatura 10	12-14	2	S275J0	216	28	25	28	25
	ossatura 11	12-14	2	S275J0	216	23	24	22	23
	diaframma centrale	10-12 12-14	2	S275J0	216	36	37	36	36
Telaio ammortizzatori	ossatura 11	10	1	S275J0	216	27		26	
		10	1	S275J0	216		-19		-19
		20	1	S275J0	208	4	4	4	4

TAB. 7.12 - VERIFICHE TENSIONALI COMBINAZIONI T.3d, T.3e - TELAI

7.2. Reazioni vincolari

Nelle tabelle seguenti vengono riportate le reazioni vincolari in corrispondenza dei quattro punti di sospensione.

La reazione lungo x è positiva se rivolta verso poppa, la reazione lungo y è positiva se rivolta verso destra, la reazione z è positiva se rivolta verso l'alto.

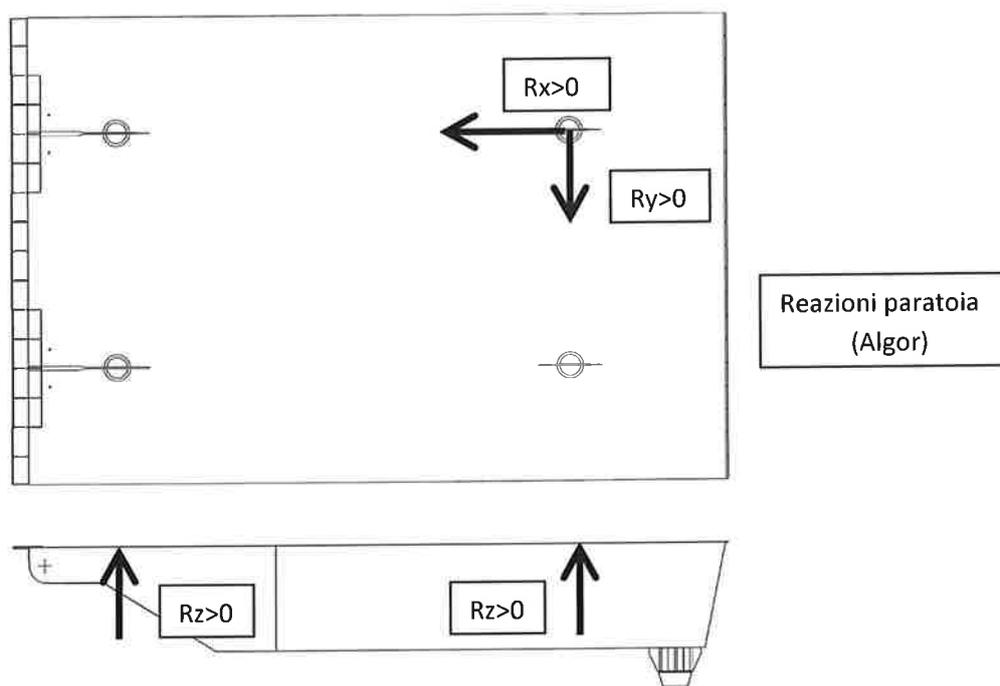


FIG. 7.2 - CONVENZIONI DI SEGNO PER LE REAZIONI DELLA PARATOIA

REAZIONI (kN)	Combinazione T.1a			Combinazione T.1b		
	Rx	Ry	Rz	Rx	Ry	Rz
Twist-lock posteriore destro	290	10	1032	104	5	535
Twist-lock posteriore sinistro	290	-10	1032	104	-5	535
Twist-lock anteriore destro	-290	6	2201	-104	7	1057
Twist-lock anteriore sinistro	-290	-6	2201	-104	-7	1057

TAB. 7.13 – REAZIONI VINCOLARI IN SOLLEVAMENTO

	Rev.	Data:	EI.	MV080P-PE-MAR-2007-C0 VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO TRASPORTO	Pag. n. 88
	Rev. C0	Data: 10/06/2013			

REAZIONI (kN)	Combinazione T.2a			Combinazione T.2b			Combinazione T.2c		
	Rx	Ry	Rz	Rx	Ry	Rz	Rx	Ry	Rz
Twist-lock posteriore destro	238	112	921	228	88	908	208	172	983
Twist-lock posteriore sinistro	271	92	985	253	68	957	271	149	1083
Twist-lock anteriore destro	-173	165	1821	-171	129	1789	-275	250	2007
Twist-lock anteriore sinistro	-136	137	1916	-143	102	1863	-204	218	2153

REAZIONI (kN)	Combinazione T.2d			Combinazione T.2e		
	Rx	Ry	Rz	Rx	Ry	Rz
Twist-lock posteriore destro	141	112	905	147	87	895
Twist-lock posteriore sinistro	174	93	969	171	69	944
Twist-lock anteriore destro	-276	165	1837	-257	130	1803
Twist-lock anteriore sinistro	-239	137	1932	-229	102	1876

TAB. 7.14 – REAZIONI VINCOLARI IN TRASPORTO (SENZA VARIAZIONI TERMICHE)



	Rev.	Data:	EI.	MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 89
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO		

REAZIONI (kN)	Combinazione T.3a			Combinazione T.3b			Combinazione T.3c		
	Rx	Ry	Rz	Rx	Ry	Rz	Rx	Ry	Rz
Twist-lock posteriore destro	238	112	921	228	88	908	208	172	983
Twist-lock posteriore sinistro	271	92	985	253	68	957	271	149	1083
Twist-lock anteriore destro	-173	165	1821	-171	129	1789	-275	250	2007
Twist-lock anteriore sinistro	-136	137	1916	-143	102	1863	-204	218	2153

REAZIONI (kN)	Combinazione T.3d			Combinazione T.3e		
	Rx	Ry	Rz	Rx	Ry	Rz
Twist-lock posteriore destro	141	112	905	147	87	895
Twist-lock posteriore sinistro	174	93	969	171	69	944
Twist-lock anteriore destro	-276	165	1837	-257	130	1803
Twist-lock anteriore sinistro	-239	137	1932	-229	102	1876

TAB. 7.15 – REAZIONI VINCOLARI IN TRASPORTO (CON VARIAZIONI TERMICHE)

7.3. Deformazioni

Nelle tabelle seguenti vengono riportati i valori degli spostamenti nelle tre direzioni degli spigoli del fasciame superiore e inferiore riferite alle coordinate locali della paratoia.

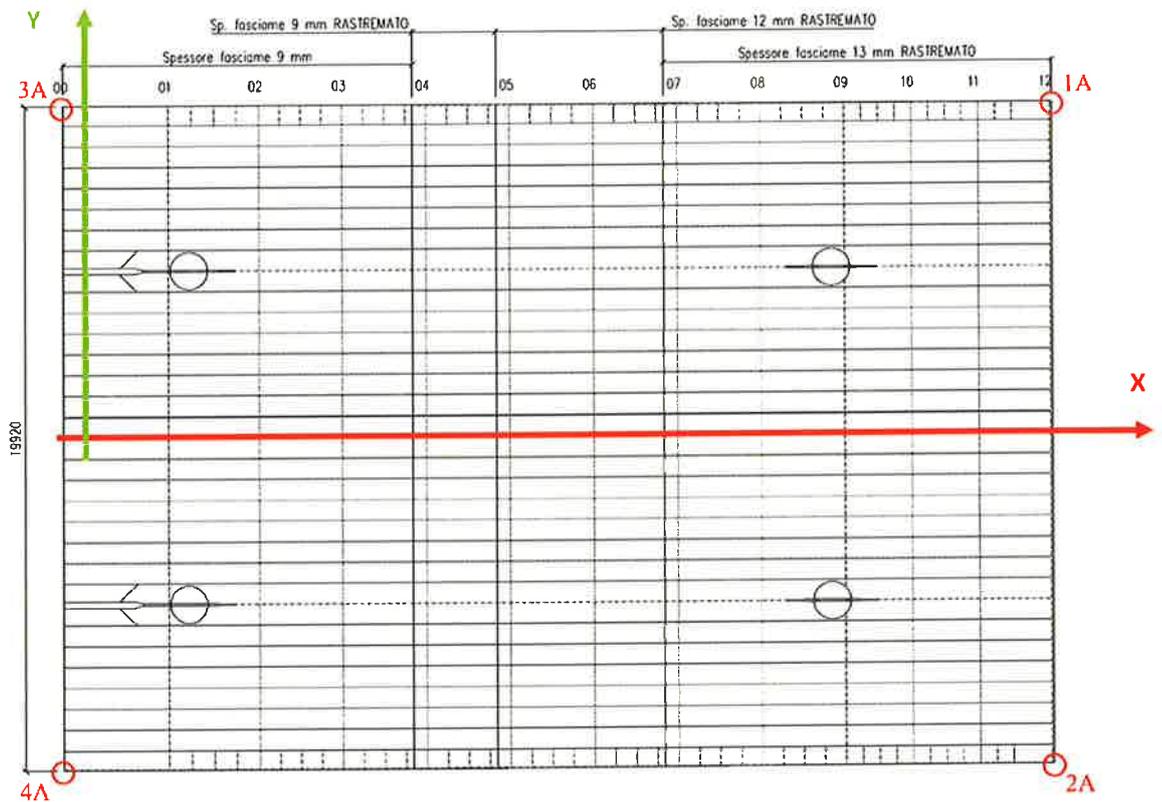


FIG. 7.3 - POSIZIONE PUNTI DI RILEVO FASCIAME SUPERIORE

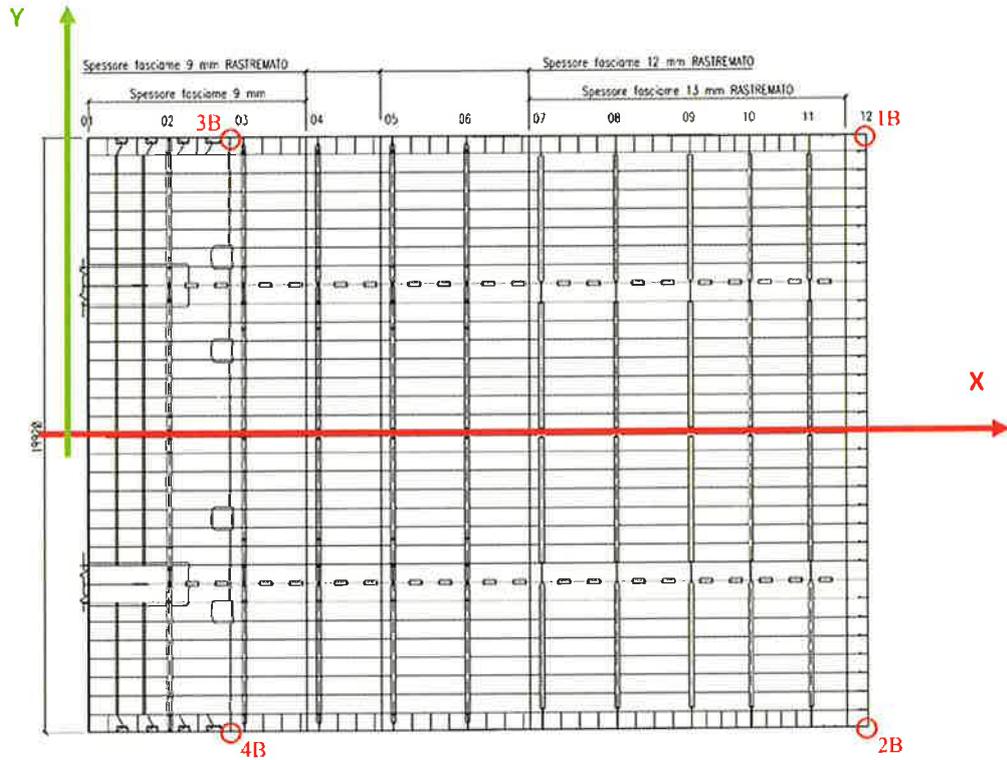


FIG. 7.4 - POSIZIONAMENTO PUNTI DI RILIEVO FASCIAME INFERIORE

Spostamenti dei vertici (mm)	Combinazione T.1a			Combinazione T.1b		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Estradosso						
- vertice lato laguna 1A	-0,097	0,145	-1,879	-0,030	0,071	-1,040
- vertice lato laguna 2A	-0,097	-0,145	-1,879	-0,030	-0,071	-1,040
- vertice lato mare 3A	-0,027	0,021	-0,966	-0,060	-0,016	-0,668
- vertice lato mare 4A	-0,027	-0,021	-0,966	-0,060	0,016	-0,668
Intradosso						
- vertice lato laguna 1B	-0,102	-0,112	-1,878	-0,087	-0,056	-1,028
- vertice lato laguna 2B	-0,102	0,112	-1,878	-0,087	0,056	-1,028
- vertice lato mare 3B	-0,444	-0,202	-1,745	-0,213	-0,104	-0,865
- vertice lato mare 4B	-0,444	0,202	-1,745	-0,213	0,104	-0,865

TAB. 7.16 – DEFORMAZIONI IN SOLLEVAMENTO



Rev.	Data:	EI.	MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 92
Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO		

Spostamenti dei vertici (mm)	Combinazione T.2a			Combinazione T.2b			Combinazione T.2c		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Estradosso									
- vertice lato laguna 1A	-0,067	0,321	-1,507	-0,062	0,269	-1,510	-0,108	0,448	-1,635
- vertice lato laguna 2A	-0,025	0,082	-1,836	-0,030	0,036	-1,762	-0,040	0,176	-2,138
- vertice lato mare 3A	-0,023	0,201	-0,840	-0,026	0,155	-0,854	-0,049	0,291	-0,827
- vertice lato mare 4A	-0,038	0,182	-1,136	-0,038	0,137	-1,081	-0,066	0,275	-1,283
Intradosso									
- vertice lato laguna 1B	-0,067	0,195	-1,508	-0,071	0,128	-1,509	-0,114	0,341	-1,636
- vertice lato laguna 2B	-0,084	0,384	-1,822	-0,084	0,312	-1,750	-0,136	0,551	-2,115
- vertice lato mare 3B	-0,349	0,099	-1,404	-0,341	0,038	-1,395	-0,428	0,224	-1,495
- vertice lato mare 4B	-0,333	0,452	-1,630	-0,329	0,381	-1,567	-0,398	0,610	-1,843
Spostamenti dei vertici (mm)	Combinazione T.2e								
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Estradosso									
- vertice lato laguna 1A	-0,095	0,325	-1,563	-0,086	0,272	-1,557			
- vertice lato laguna 2A	-0,053	0,078	-1,892	-0,054	0,032	-1,810			
- vertice lato mare 3A	-0,054	0,194	-0,811	-0,053	0,148	-0,830			
- vertice lato mare 4A	-0,069	0,190	-1,107	-0,065	0,144	-1,057			
Intradosso									
- vertice lato laguna 1B	-0,123	0,195	-1,558	-0,118	0,128	-1,551			
- vertice lato laguna 2B	-0,141	0,384	-1,872	-0,132	0,312	-1,792			
- vertice lato mare 3B	-0,389	0,105	-1,394	-0,375	0,043	-1,386			
- vertice lato mare 4B	-0,374	0,445	-1,620	-0,363	0,376	-1,559			

TAB. 7.17 – DEFORMAZIONI IN TRASPORTO (SENZA VARIAZIONI TERMICHE)



Rev.	Data:	EI.	MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 93
Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO		

Spostamenti dei vertici (mm)	Combinazione T.3a			Combinazione T.3b			Combinazione T.3c		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Estradosso									
- vertice lato laguna 1A	4,517	3,635	-4,261	4,522	3,583	-4,264	4,476	3,762	-4,390
- vertice lato laguna 2A	4,559	-3,232	-4,590	4,554	-3,278	-4,517	4,544	-3,138	-4,892
- vertice lato mare 3A	-5,142	3,541	-3,749	-5,145	3,495	-3,763	-5,167	3,631	-3,735
- vertice lato mare 4A	-5,157	-3,158	-4,044	-5,157	-3,203	-3,990	-5,185	-3,065	-4,191
Intradosso									
- vertice lato laguna 1B	2,800	2,494	-4,843	2,797	2,427	-4,844	2,753	2,640	-4,970
- vertice lato laguna 2B	2,783	-1,915	-5,157	2,783	-1,987	-5,085	2,731	-1,748	-5,450
- vertice lato mare 3B	-2,317	2,382	-2,601	-2,308	2,321	-2,591	-2,395	2,508	-2,691
- vertice lato mare 4B	-2,301	-1,832	-2,826	-2,297	-1,903	-2,764	-2,366	-1,674	-3,040
Spostamenti dei vertici (mm)	Combinazione T.3d								
	X	Y	Z	X	Y	Z			
Estradosso									
- vertice lato laguna 1A	4,489	3,639	-4,317	4,498	3,586	-4,312			
- vertice lato laguna 2A	4,531	-3,236	-4,646	4,530	-3,282	-4,564			
- vertice lato mare 3A	-5,173	3,534	-3,719	-5,172	3,488	-3,738			
- vertice lato mare 4A	-5,188	-3,150	-4,015	-5,184	-3,196	-3,965			
Intradosso									
- vertice lato laguna 1B	2,744	2,495	-4,892	2,749	2,427	-4,885			
- vertice lato laguna 2B	2,727	-1,915	-5,206	2,735	-1,988	-5,126			
- vertice lato mare 3B	-2,357	2,389	-2,591	-2,342	2,327	-2,583			
- vertice lato mare 4B	-2,341	-1,838	-2,816	-2,331	-1,908	-2,756			

TAB. 7.18 – DEFORMAZIONI IN TRASPORTO (CON VARIAZIONI TERMICHE)

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 94
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

7.4. Conclusioni

Le condizioni operative analizzate hanno evidenziato che in generale le tensioni alle quali è soggetta la paratoia sono molto inferiori rispetto ai valori ammissibili.

Solo in corrispondenza dello spigolo della cava anteriore della lama di sospensione lato laguna si presentano tensioni superiori ai valori consentiti.

Come spiegato nel paragrafo 7.1, tali sovratensioni nascono a causa dei vincoli che non permettono spostamenti relativi fra le cave, spostamenti in realtà permessi dal telaio pescatore.

A seguito di queste considerazioni si considerano i risultati ottenuti accettabili.

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 95
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

8. IMMAGINI DEI RISULTATI

8.1. Indice dei risultati

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

In tutti i casi le tensioni risultano uniformi e di modesta entità, si riportano pertanto le immagini di insieme delle tensioni von Mises e i dettagli delle sole zone più sollecitate.

Nelle immagini delle deformazioni, il valore indicato si riferisce al modulo del vettore spostamento.

In sollevamento – Condizioni T.1

Condizione T.1a (paratoia allestita incrostata con 60 cm di acqua sul fondo)

Fig. 8.1 – Tensione equivalente di von Mises e deformata	98
Fig. 8.2 – Spostamenti - deformata	99
Fig. 8.3 – Tensione equivalente di Von Mises: cava posteriore	100
Fig. 8.4 – Tensione equivalente di Von Mises: cava anteriore	101

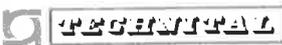
Condizione T.1b (paratoia allestita pulita senza connettori e senza parabordi)

Fig. 8.5 – Tensione equivalente di von Mises e deformata	102
Fig. 8.6 – Spostamenti - deformata	103
Fig. 8.7 – Tensione equivalente di Von Mises: cava posteriore	104
Fig. 8.8 – Tensione equivalente di Von Mises: cava anteriore	105

In sollevamento e trasporto con Jack-up - Condizioni T.2 (paratoia allestita incrostata con 30 cm acqua sul fondo, senza variazioni termiche)

Condizione T.2a - Direzione onda 90°; $a_x > 0$

Fig. 8.9 – Tensione equivalente di von Mises e deformata	106
Fig. 8.10 – Spostamenti - deformata	107
Fig. 8.11 – Tensione equivalente di Von Mises: cava posteriore	108
Fig. 8.12 – Tensione equivalente di Von Mises: cava anteriore	109

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 96
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

Condizione T.2b - Direzione onda 135°; $a_x > 0$

Fig. 8.13 – Tensione equivalente di von Mises e deformata	110
Fig. 8.14 – Spostamenti - deformata	111
Fig. 8.15 – Tensione equivalente di Von Mises: cava posteriore	112
Fig. 8.16 – Tensione equivalente di Von Mises: cava anteriore	113

Condizione T.2c - Direzione onda 180°; $a_x > 0$

Fig. 8.17 – Tensione equivalente di von Mises e deformata	114
Fig. 8.18 – Spostamenti - deformata	115
Fig. 8.19 – Tensione equivalente di Von Mises: cava posteriore	116
Fig. 8.20 – Tensione equivalente di Von Mises: cava anteriore	117

Condizione T.2d - Direzione onda 90°; $a_x < 0$

Fig. 8.21 – Tensione equivalente di von Mises e deformata	118
Fig. 8.22 – Spostamenti - deformata	119
Fig. 8.23 – Tensione equivalente di Von Mises: cava posteriore	120
Fig. 8.24 – Tensione equivalente di Von Mises: cava anteriore	121

Condizione T.2e - Direzione onda 135°; $a_x < 0$

Fig. 8.25 – Tensione equivalente di von Mises e deformata	122
Fig. 8.26 – Spostamenti - deformata	123
Fig. 8.27 – Tensione equivalente di Von Mises: cava posteriore	124
Fig. 8.28 – Tensione equivalente di Von Mises: cava anteriore	125

In sollevamento e trasporto con Jack-up - Condizioni T.3 (paratoia allestita incrostatata con 30 cm acqua sul fondo, variazioni termiche +20°C e +30°C)

Condizione T.3a - Direzione onda 90°; $a_x > 0$

Fig. 8.29 – Tensione equivalente di von Mises e deformata	126
Fig. 8.30 – Spostamenti - deformata	127
Fig. 8.31 – Tensione equivalente di von Mises; cava posteriore	128
Fig. 8.32 – Tensione equivalente di von Mises; cava anteriore	129

Condizione T.3b - Direzione onda 135°; $a_x > 0$

Fig. 8.33 – Tensione equivalente di von Mises e deformata	130
Fig. 8.34 – Spostamenti - deformata	131

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 97
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

Fig. 8.35 – Tensione equivalente di von Mises; cava posteriore	132
Fig. 8.36 – Tensione equivalente di von Mises; cava anteriore	133
<u>Condizione T.3c - Direzione onda 180°; $a_x > 0$</u>	
Fig. 8.37 – Tensione equivalente di von Mises e deformata	134
Fig. 8.38 – Spostamenti - deformata	135
Fig. 8.39 – Tensione equivalente di von Mises; cava posteriore	136
Fig. 8.40 – Tensione equivalente di von Mises; cava anteriore	137
<u>Condizione T.3d - Direzione onda 90°; $a_x < 0$</u>	
Fig. 8.41 – Tensione equivalente di von Mises e deformata	138
Fig. 8.42 – Spostamenti - deformata	139
Fig. 8.43 – Tensione equivalente di von Mises; cava posteriore	140
Fig. 8.44 – Tensione equivalente di von Mises; cava anteriore	141
<u>Condizione T.3e - Direzione onda 135°; $a_x < 0$</u>	
Fig. 8.45 – Tensione equivalente di von Mises e deformata	142
Fig. 8.46 – Spostamenti - deformata	143
Fig. 8.47 – Tensione equivalente di von Mises; cava posteriore	144
Fig. 8.48 – Tensione equivalente di von Mises; cava anteriore	145

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 98
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

8.2. In sollevamento - Condizioni T.1

8.2.1. Condizione T.1a (paratoia allestita incrostata con 60 cm acqua sul fondo)

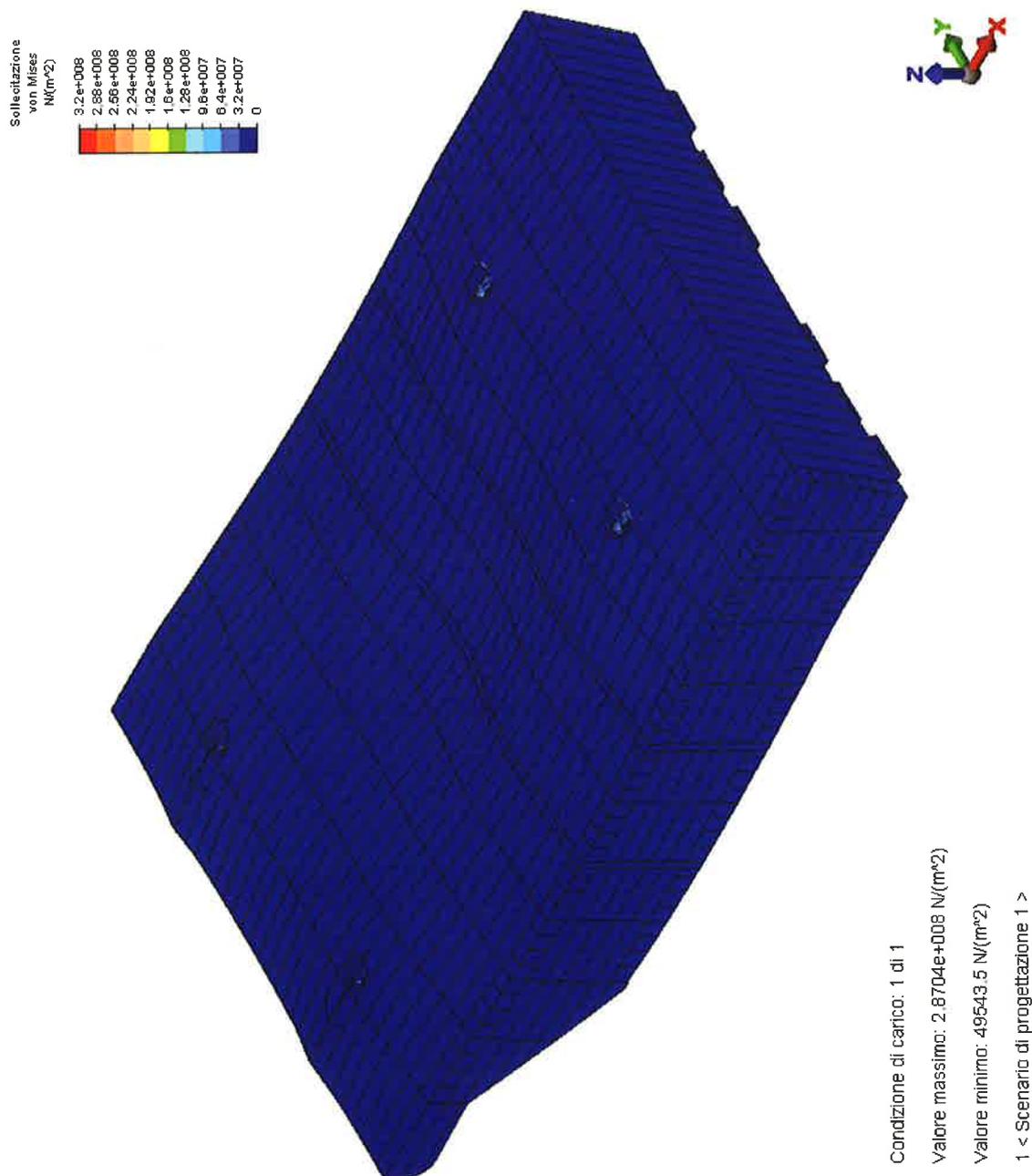


FIG. 8.1 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES E DEFORMATA

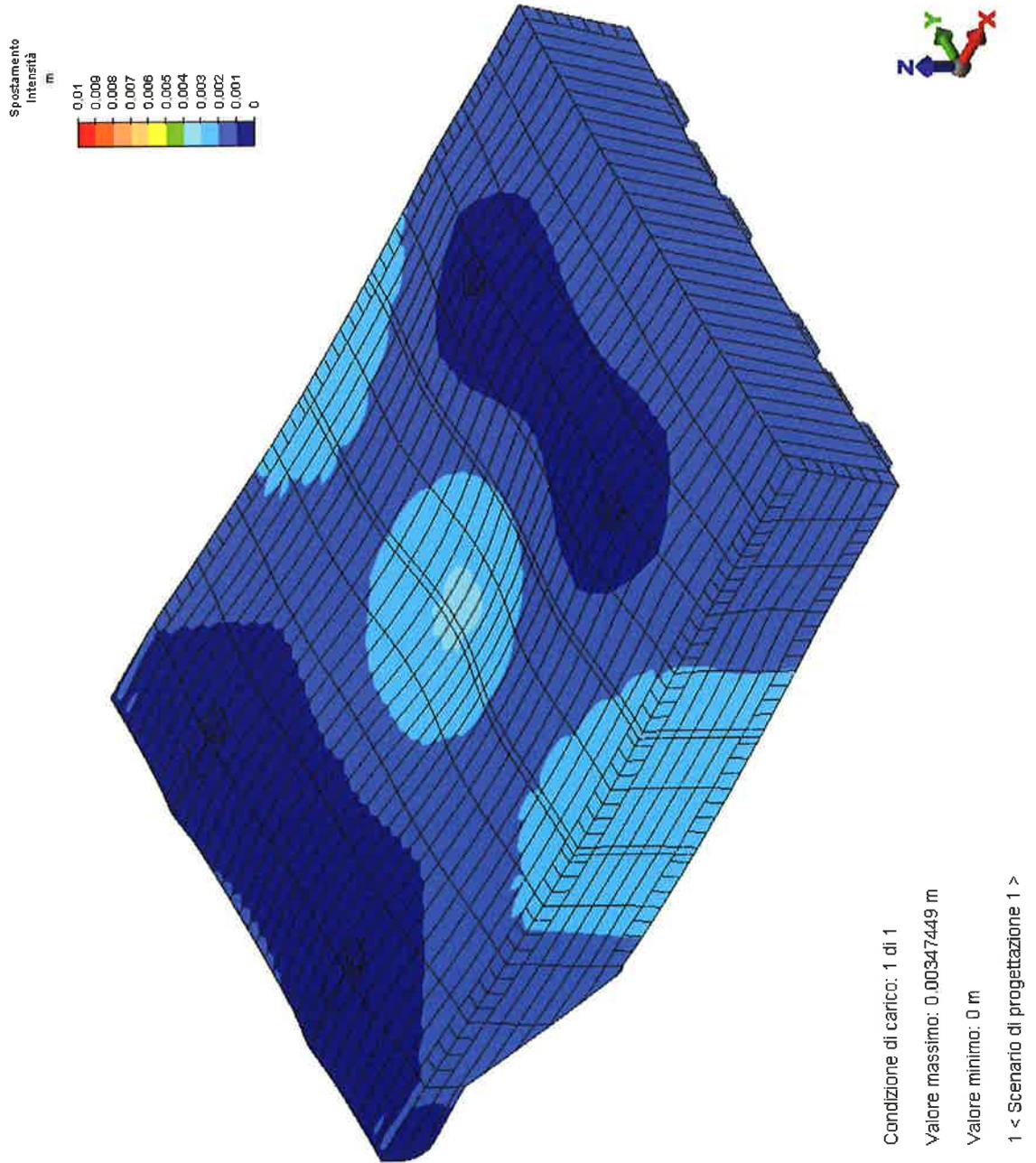


FIG. 8.2 – SPOSTAMENTI - DEFORMATA

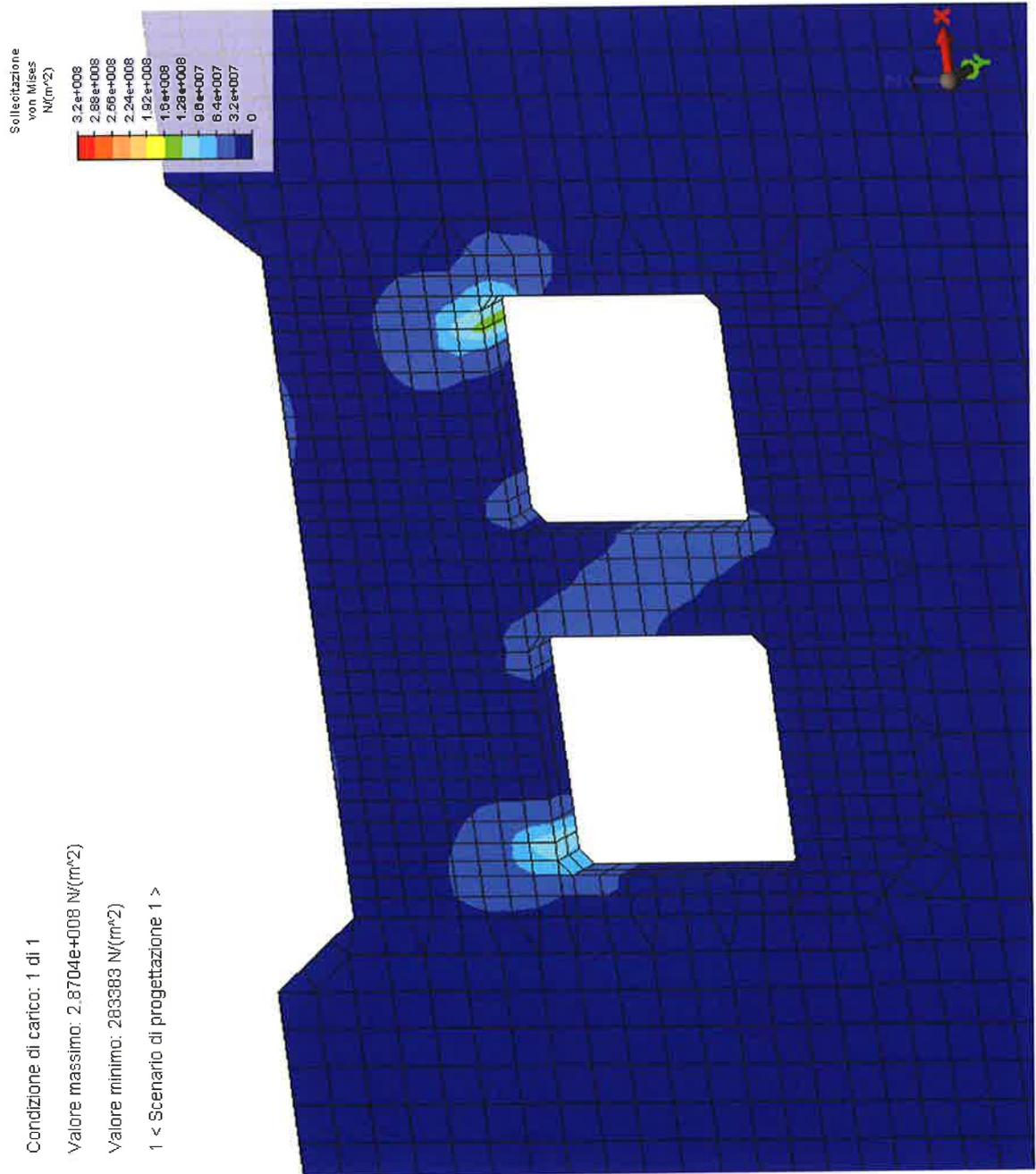
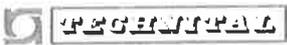


FIG. 8.3 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES: CAVA POSTERIORE

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 101
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

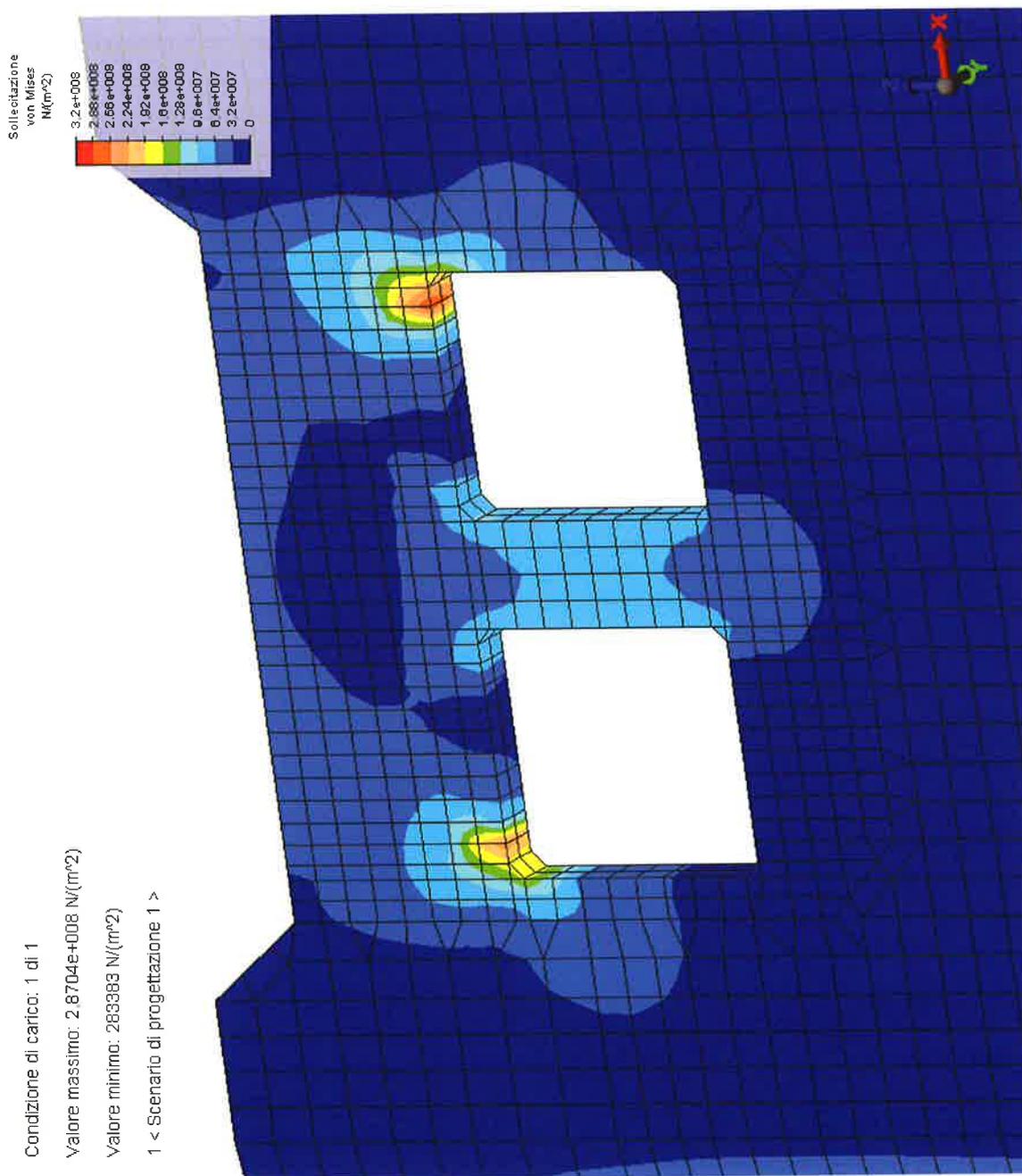
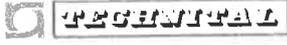


FIG. 8.4 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES: CAVA ANTERIORE

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 102
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

8.2.2. Condizione T.1b (paratoia allestita pulita senza connettori e parabordi)

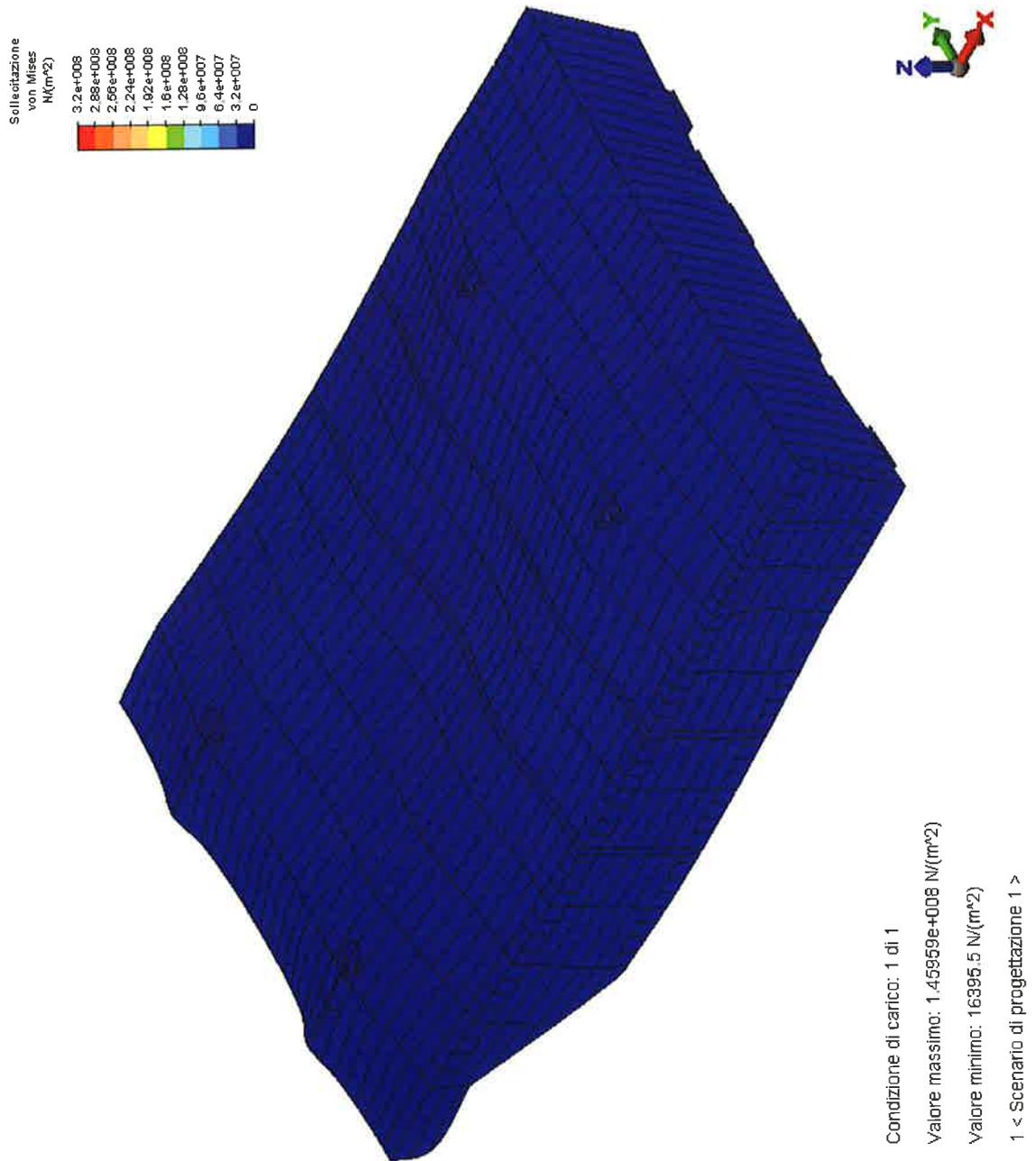


FIG. 8.5 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES E DEFORMATA

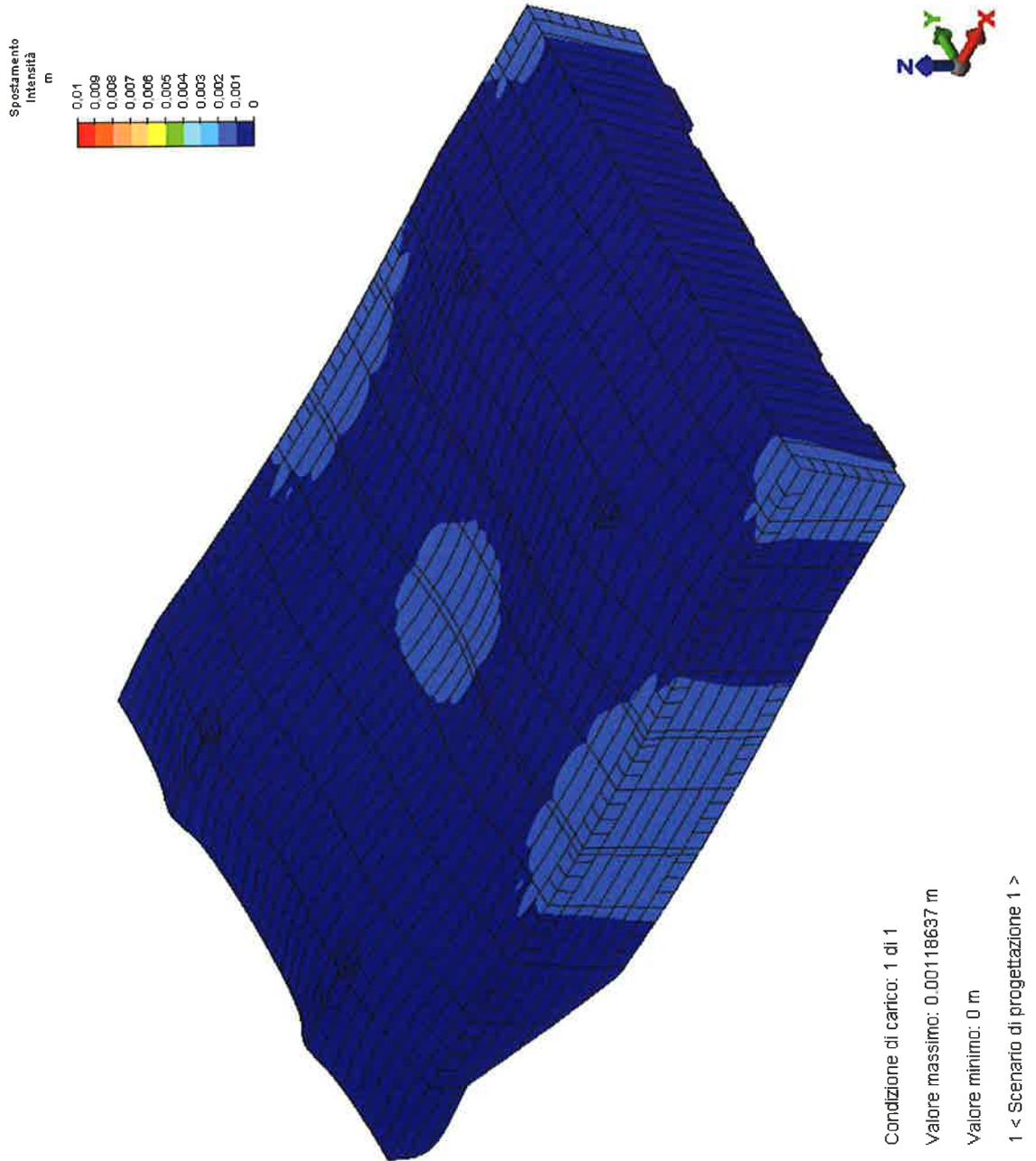


FIG. 8.6 – SPOSTAMENTI - DEFORMATA

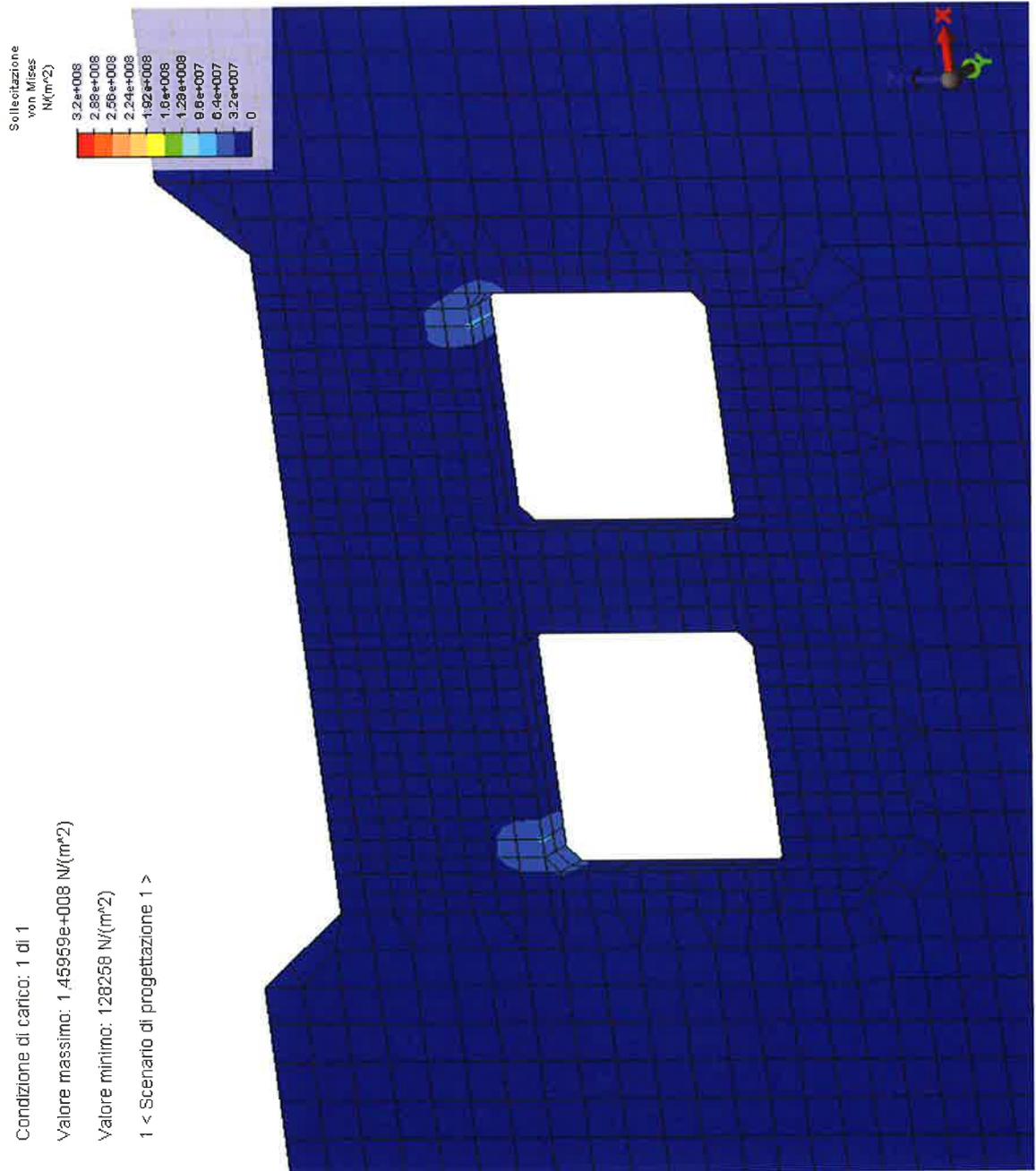
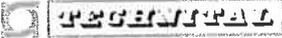


FIG. 8.7 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES: CAVA POSTERIORE

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 105
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

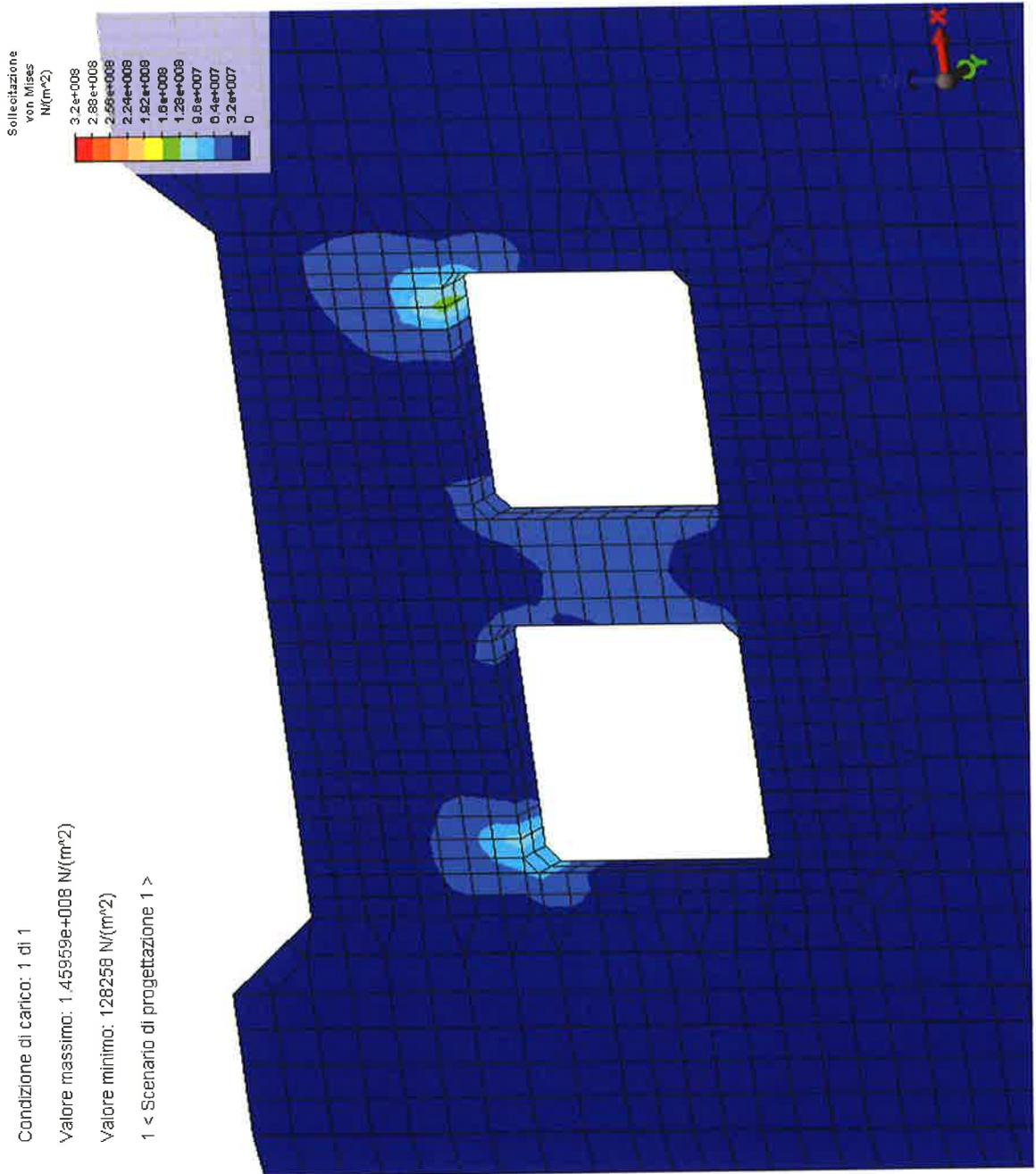


FIG. 8.8 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES: CAVA ANTERIORE

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 106
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

8.3. In sollevamento e trasporto con Jack-up - Condizioni T.2 (paratoia allestita incrostata con 30 cm acqua sul fondo, senza variazioni termiche)

8.3.1. Condizione T.2a - Direzione onda 90°; $a_x > 0$

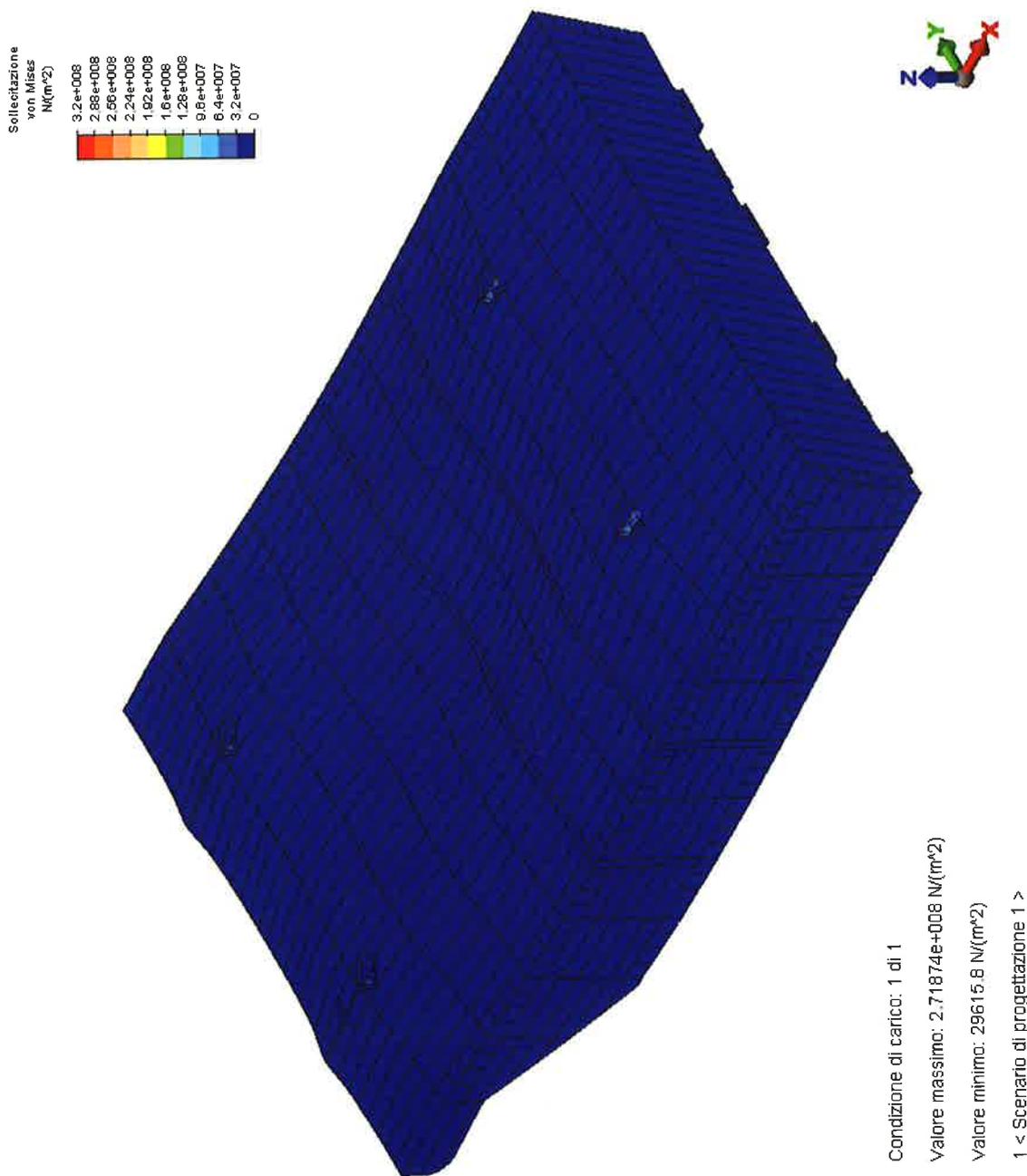


FIG. 8.9 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES E DEFORMATA

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 107
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

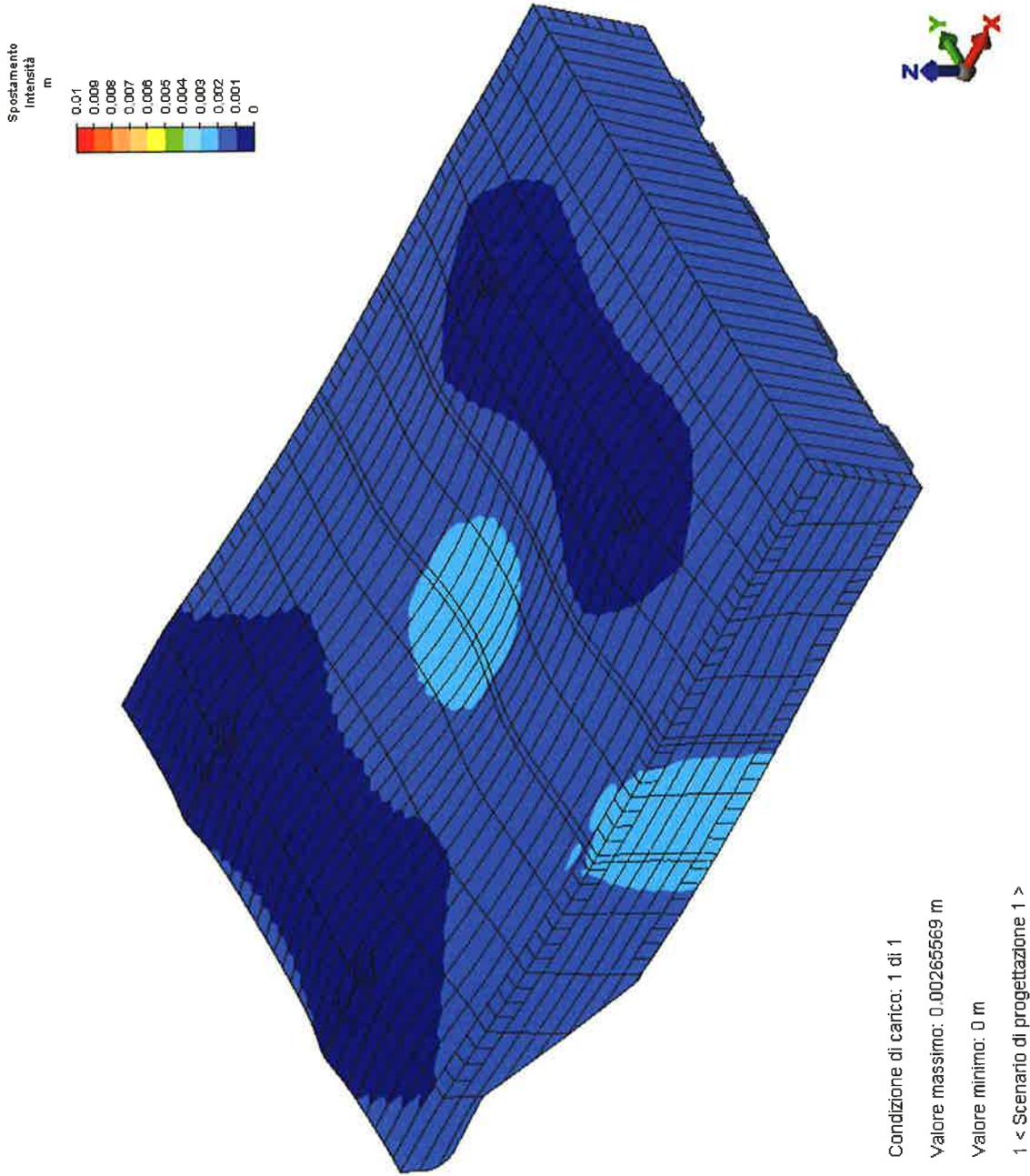


FIG. 8.10 – SPOSTAMENTI - DEFORMATA

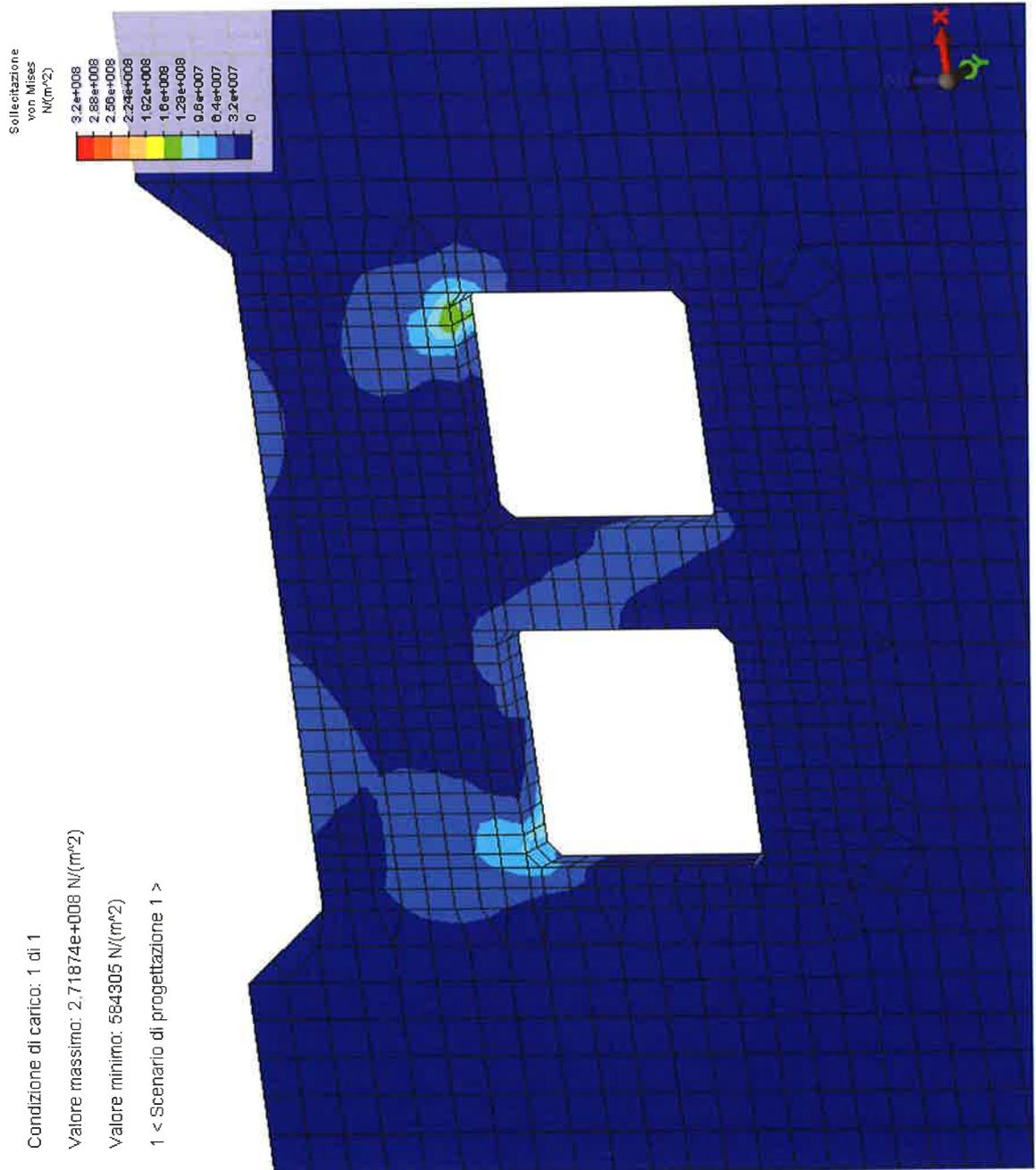


FIG. 8.11 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES: CAVA POSTERIORE

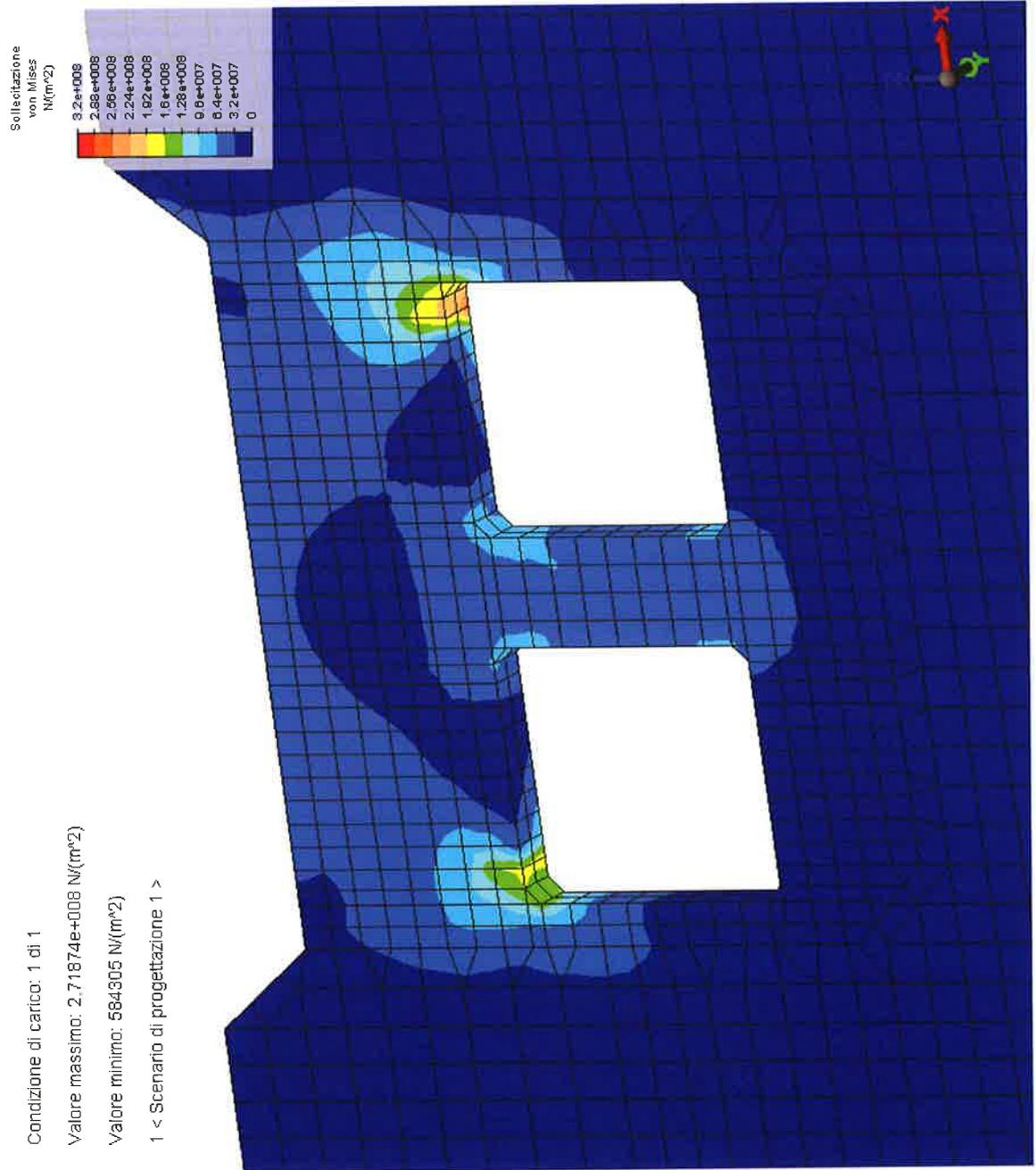


FIG. 8.12 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES: CAVA ANTERIORE

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 110
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

8.3.2. Condizione T.2b - Direzione onda 135°; $a_x > 0$

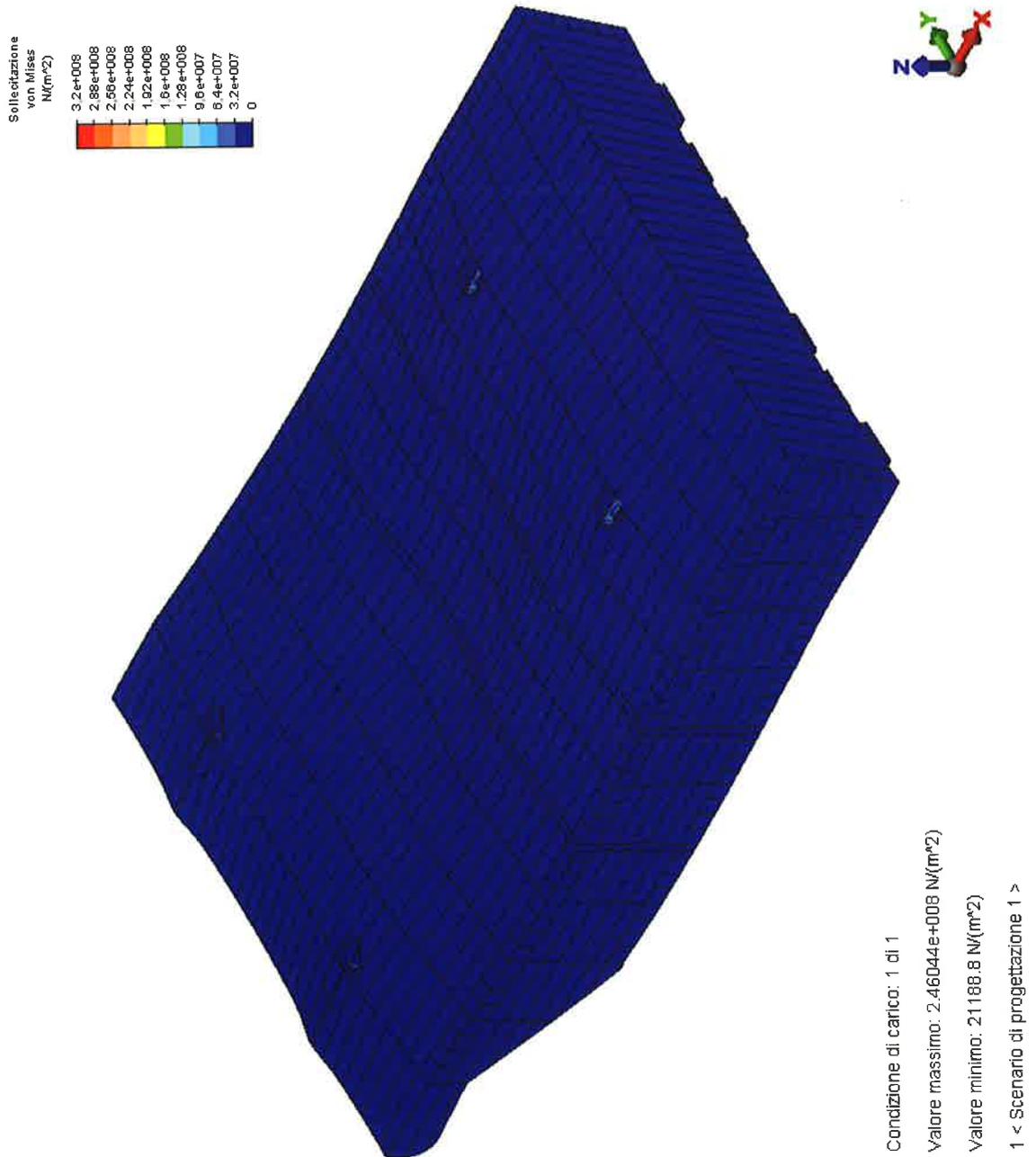


FIG. 8.13 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES E DEFORMATA

Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 111
Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

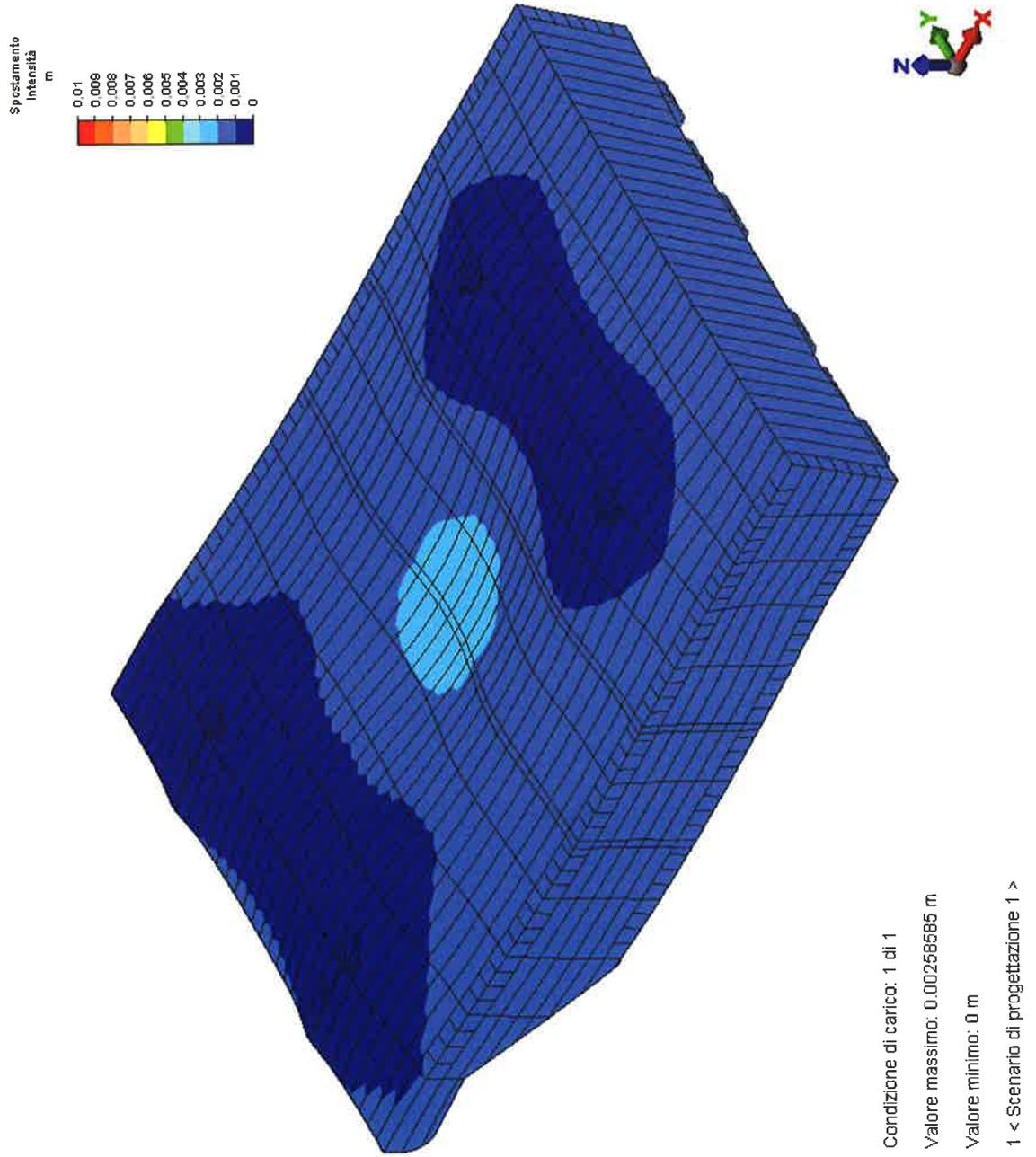


FIG. 8.14 – SPOSTAMENTI - DEFORMATA

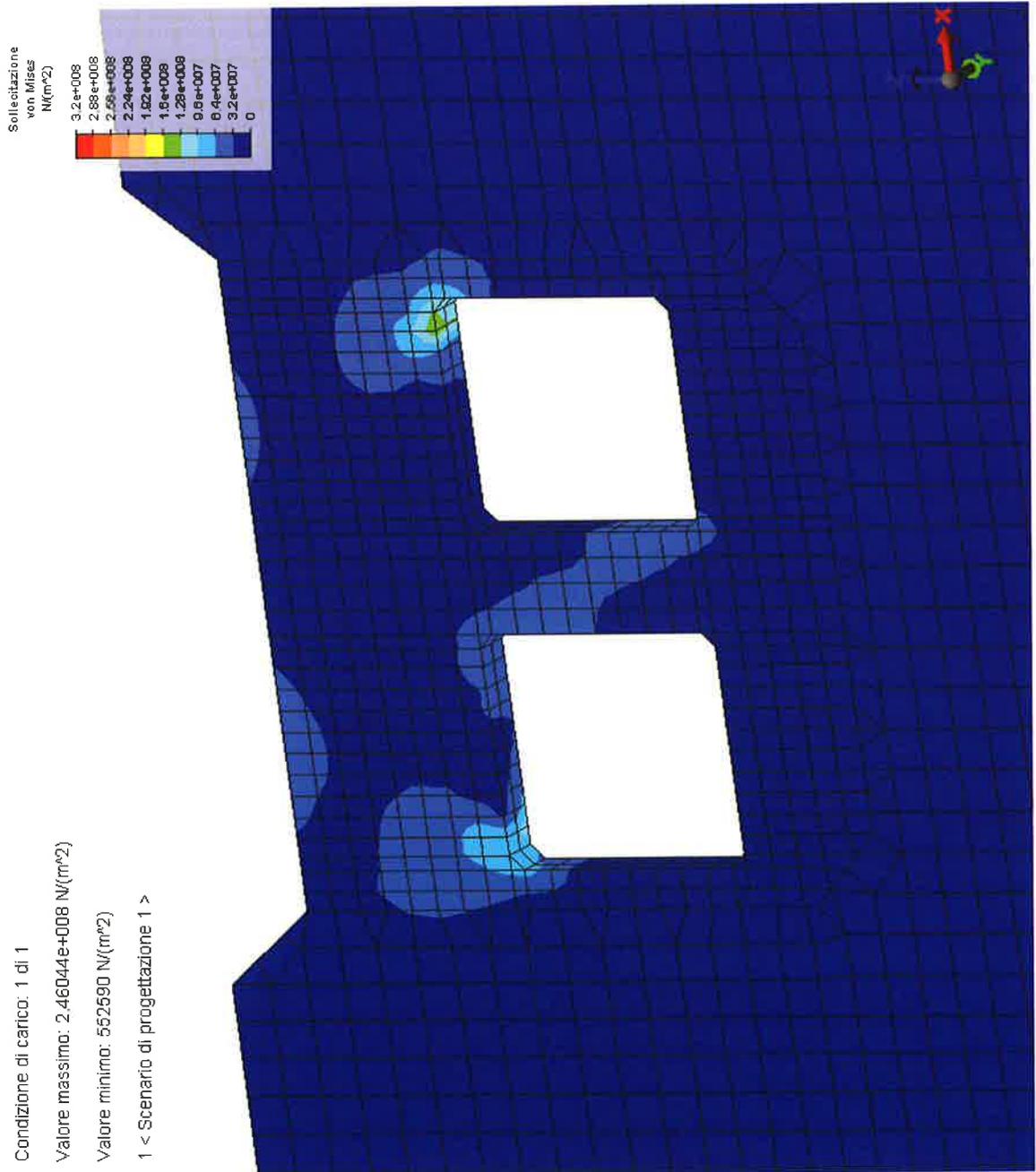


FIG. 8.15 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES: CAVA POSTERIORE

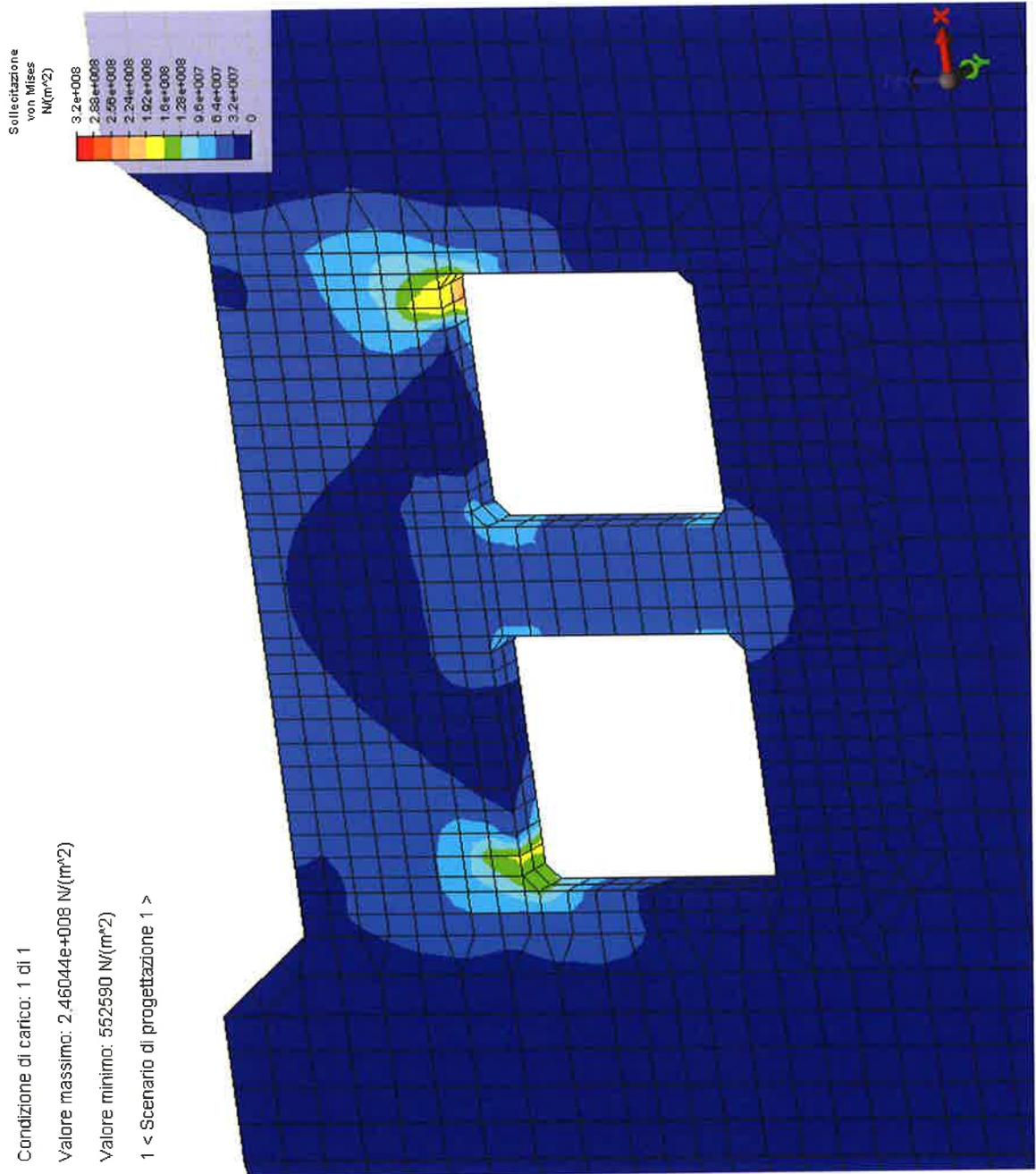


FIG. 8.16 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES: CAVA ANTERIORE

8.3.3. Condizione T.2c - Direzione onda 180°; $a_x = 0$

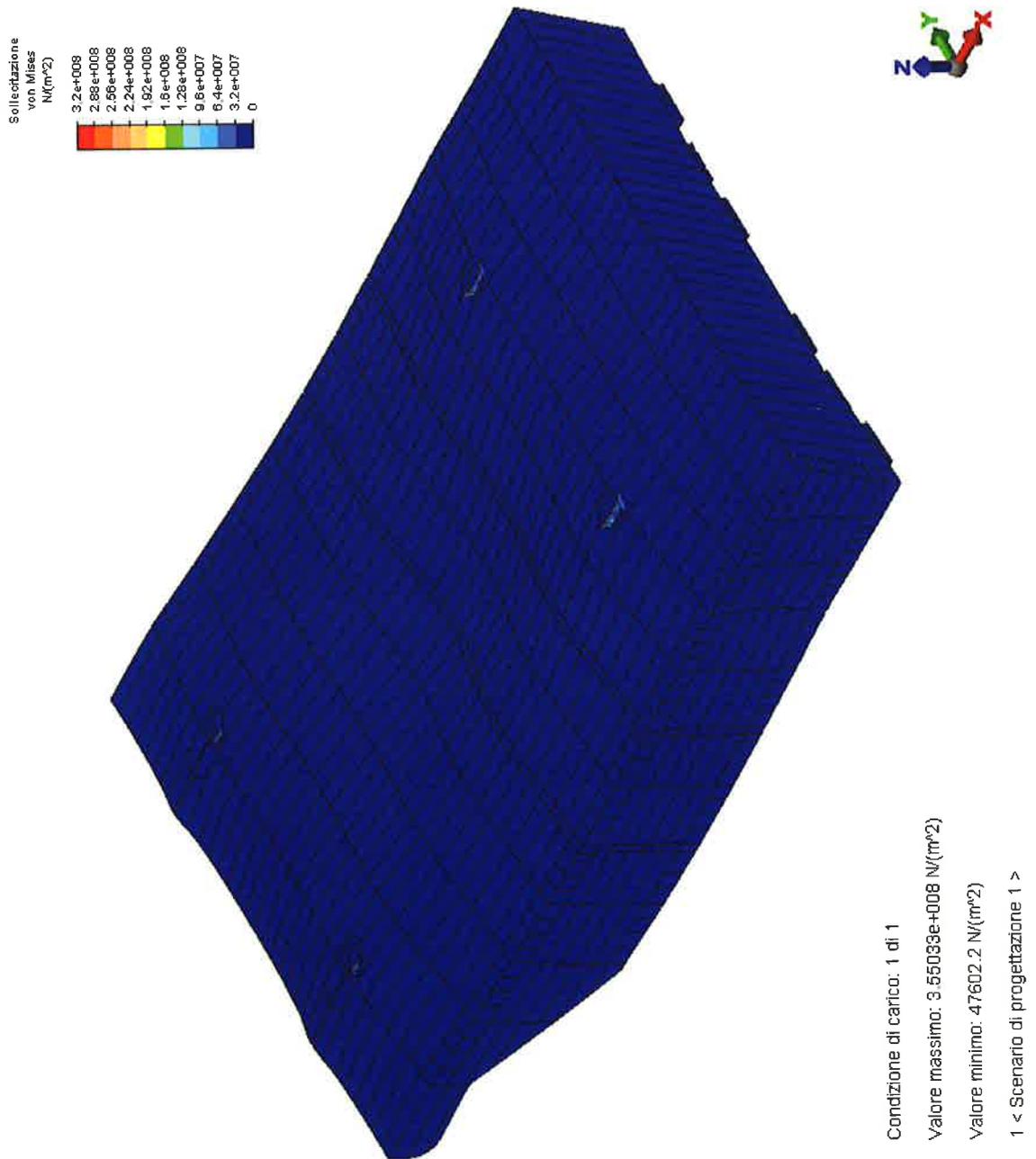


FIG. 8.17 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES E DEFORMATA

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 115
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

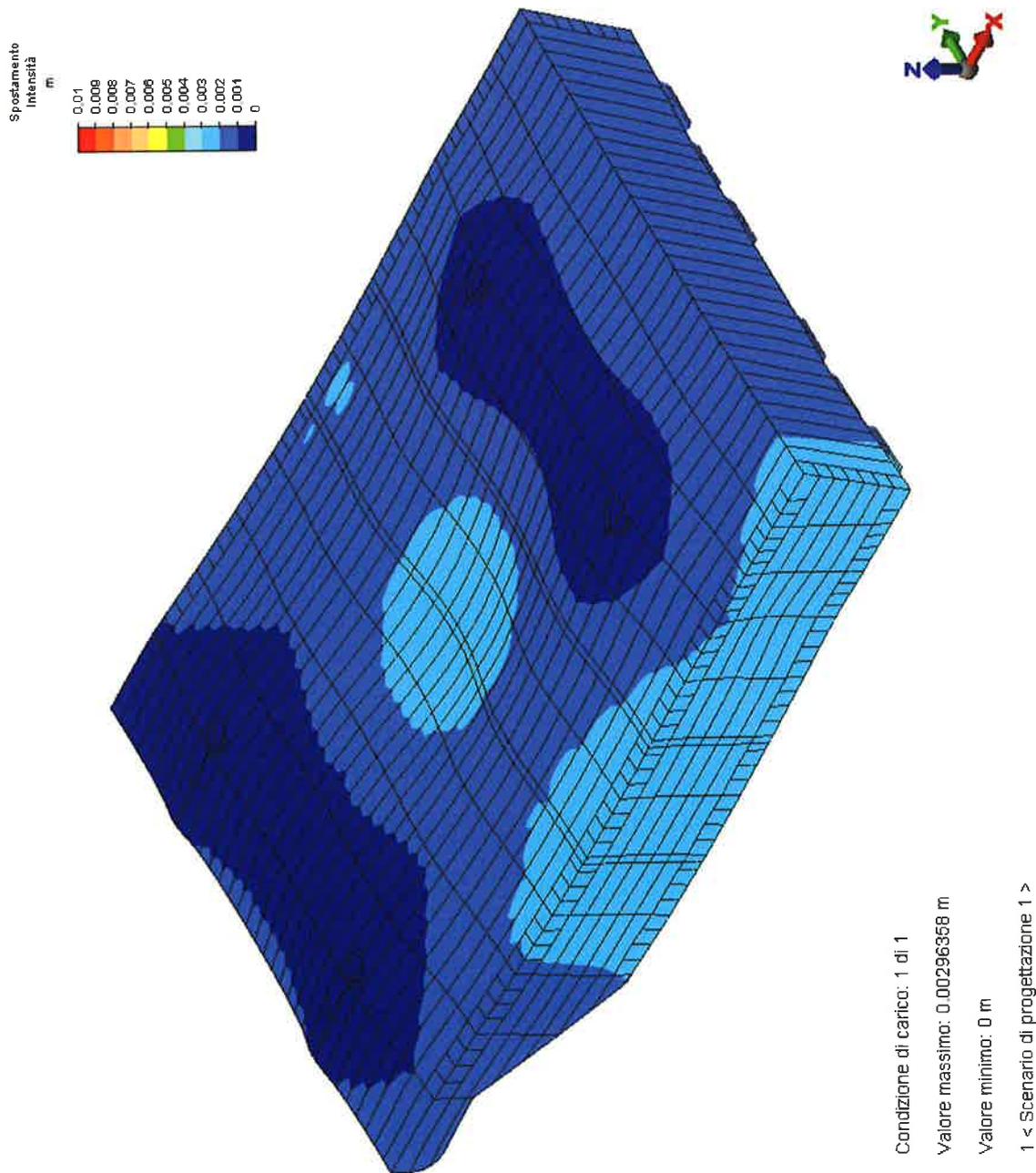


FIG. 8.18 – SPOSTAMENTI - DEFORMATA

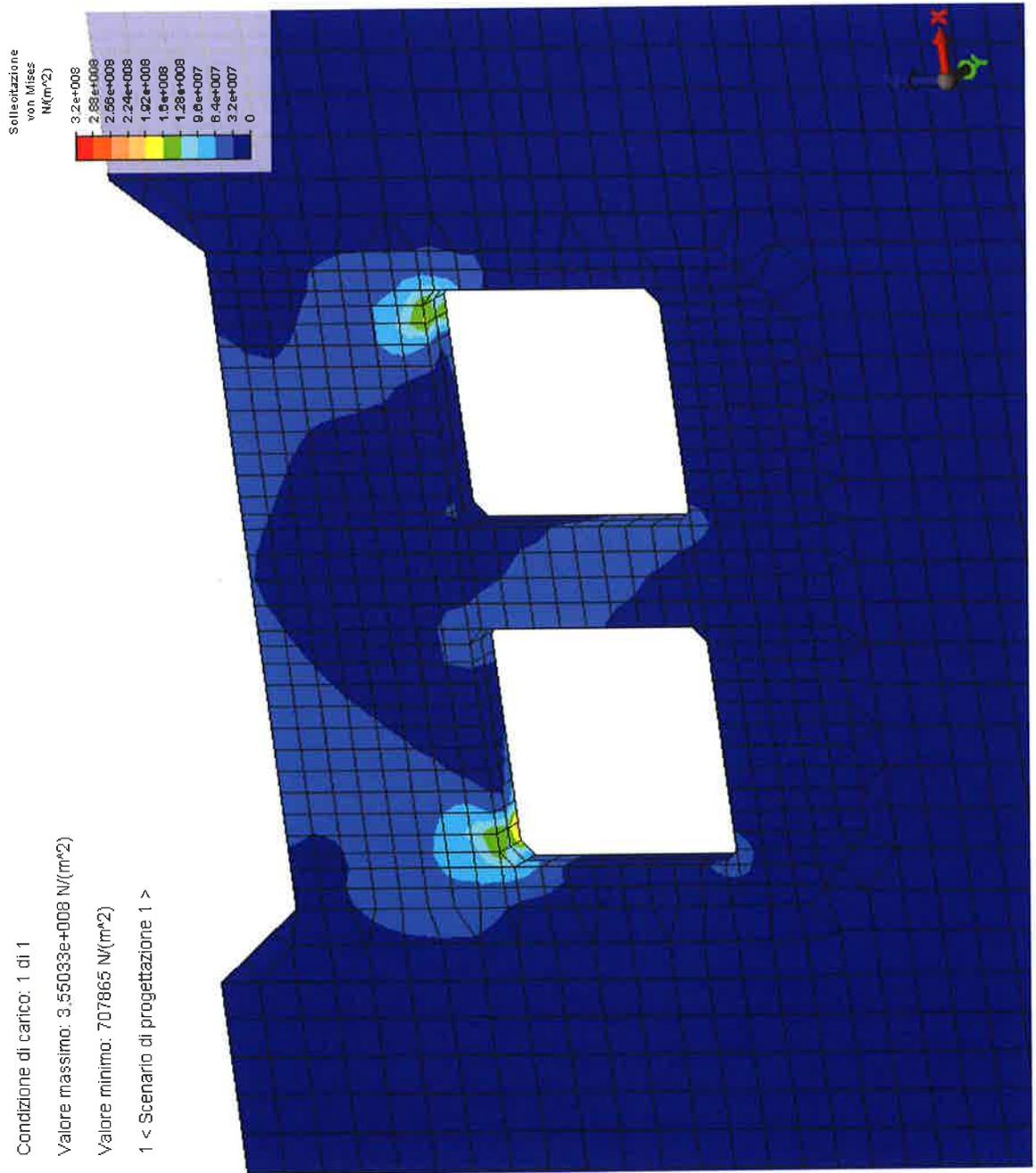


FIG. 8.19 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES: CAVA POSTERIORE

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 117
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

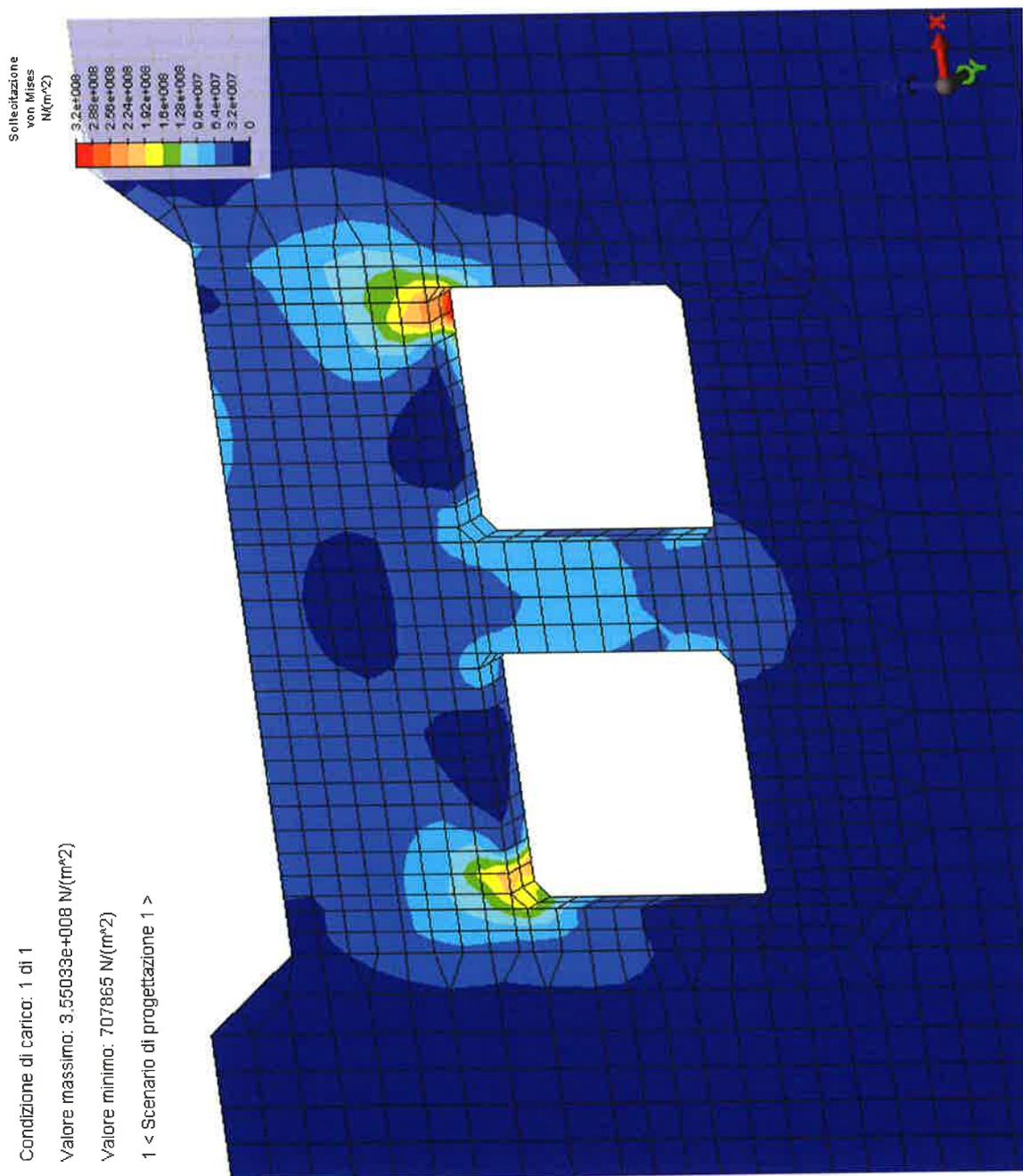
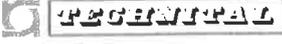


FIG. 8.20 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES: CAVA ANTERIORE

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 118
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

8.3.4. Condizione T.2d - Direzione onda 90°; $a_x < 0$

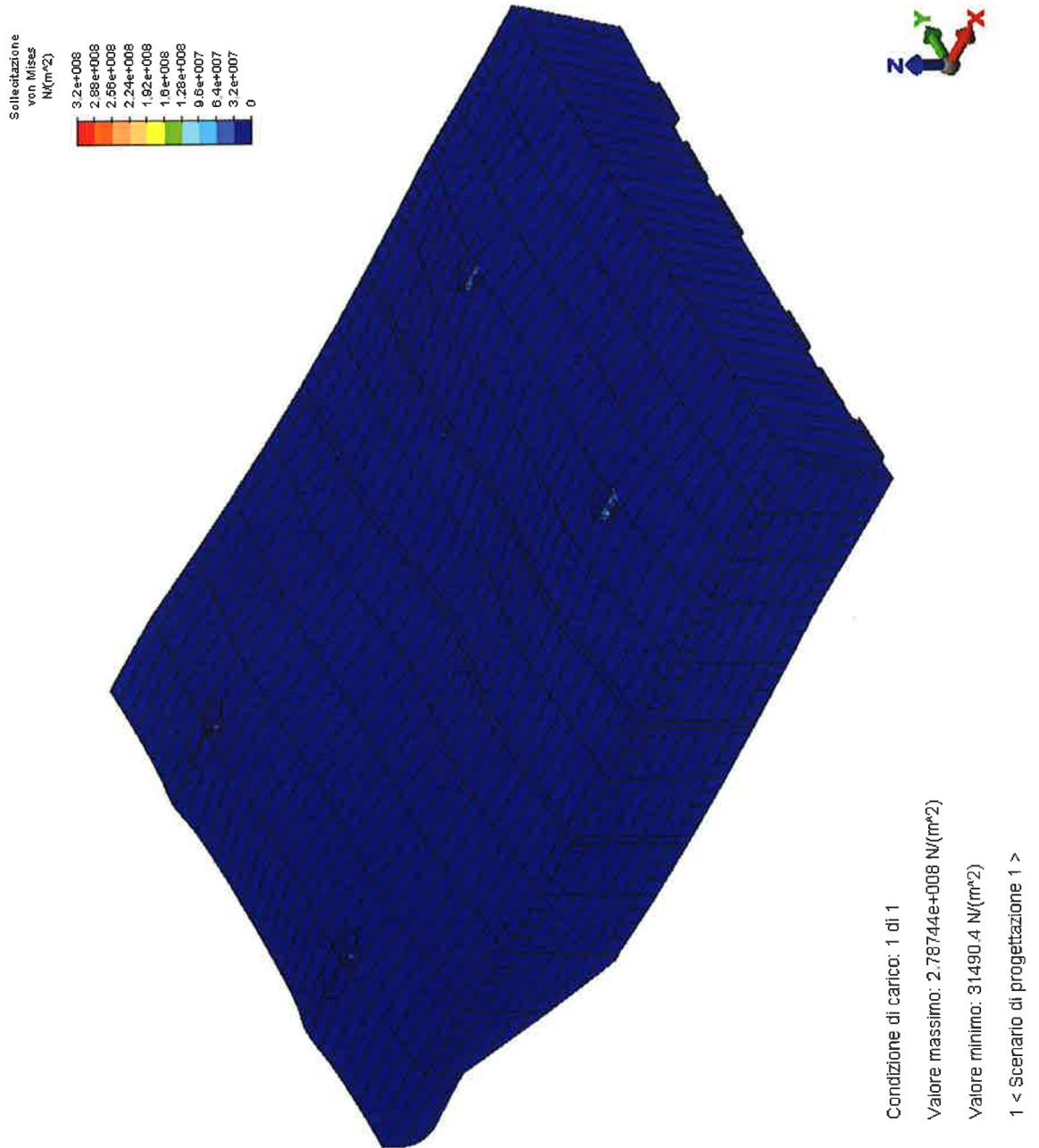
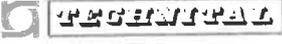


FIG. 8.21 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES E DEFORMATA

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 119
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

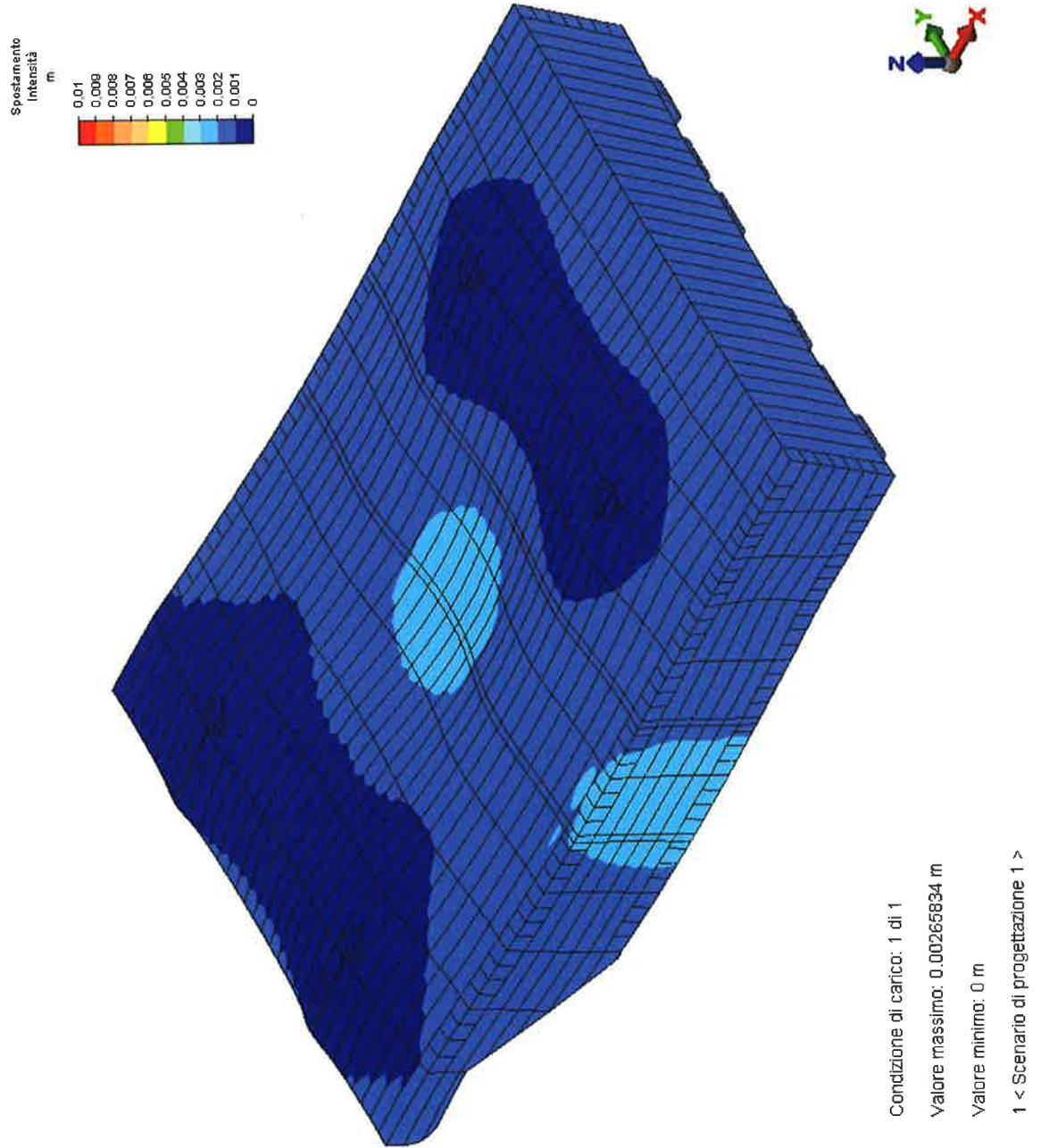
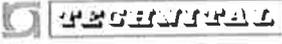


FIG. 8.22 – SPOSTAMENTI - DEFORMATA

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 120
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

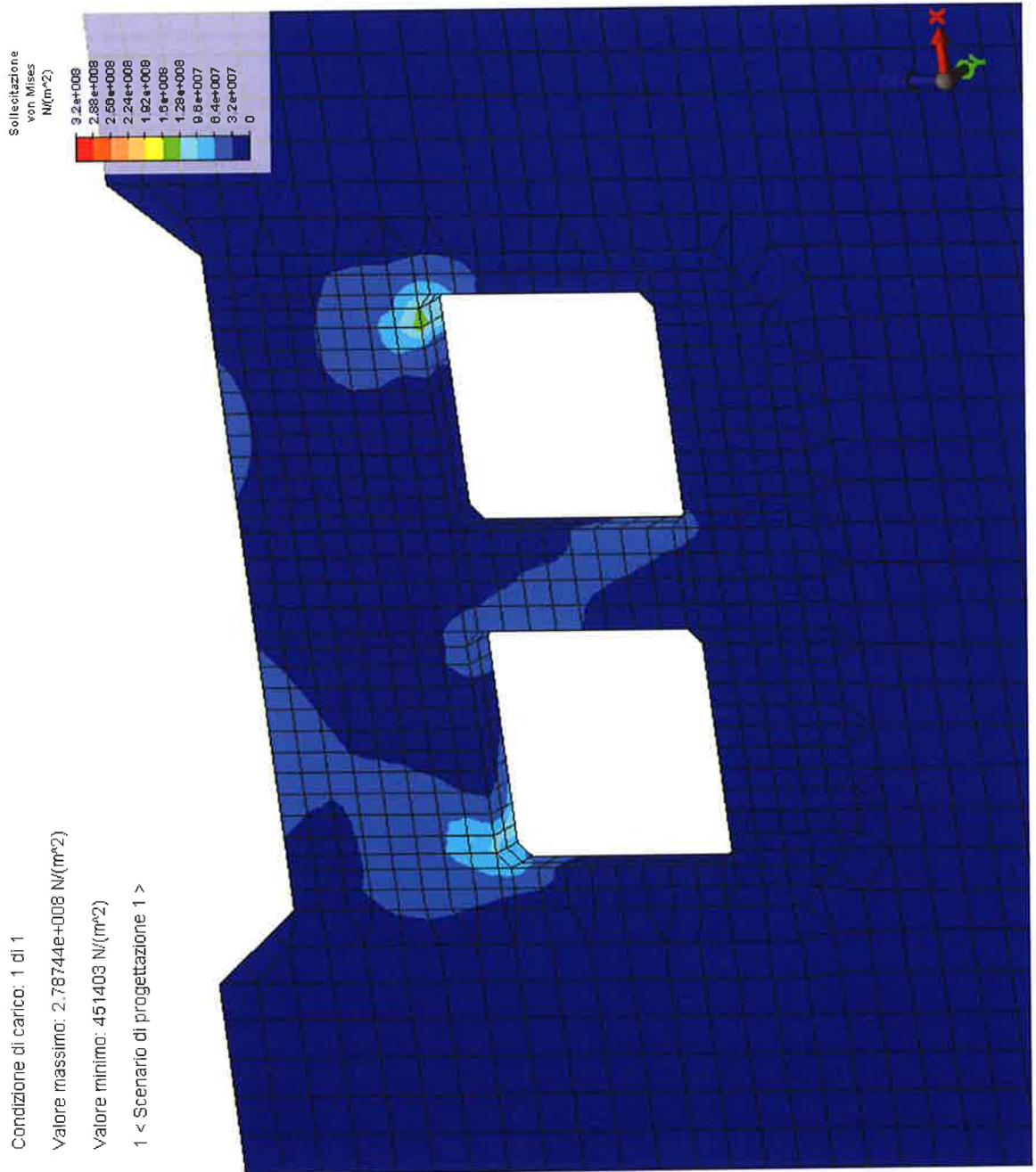


FIG. 8.23 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES: CAVA POSTERIORE

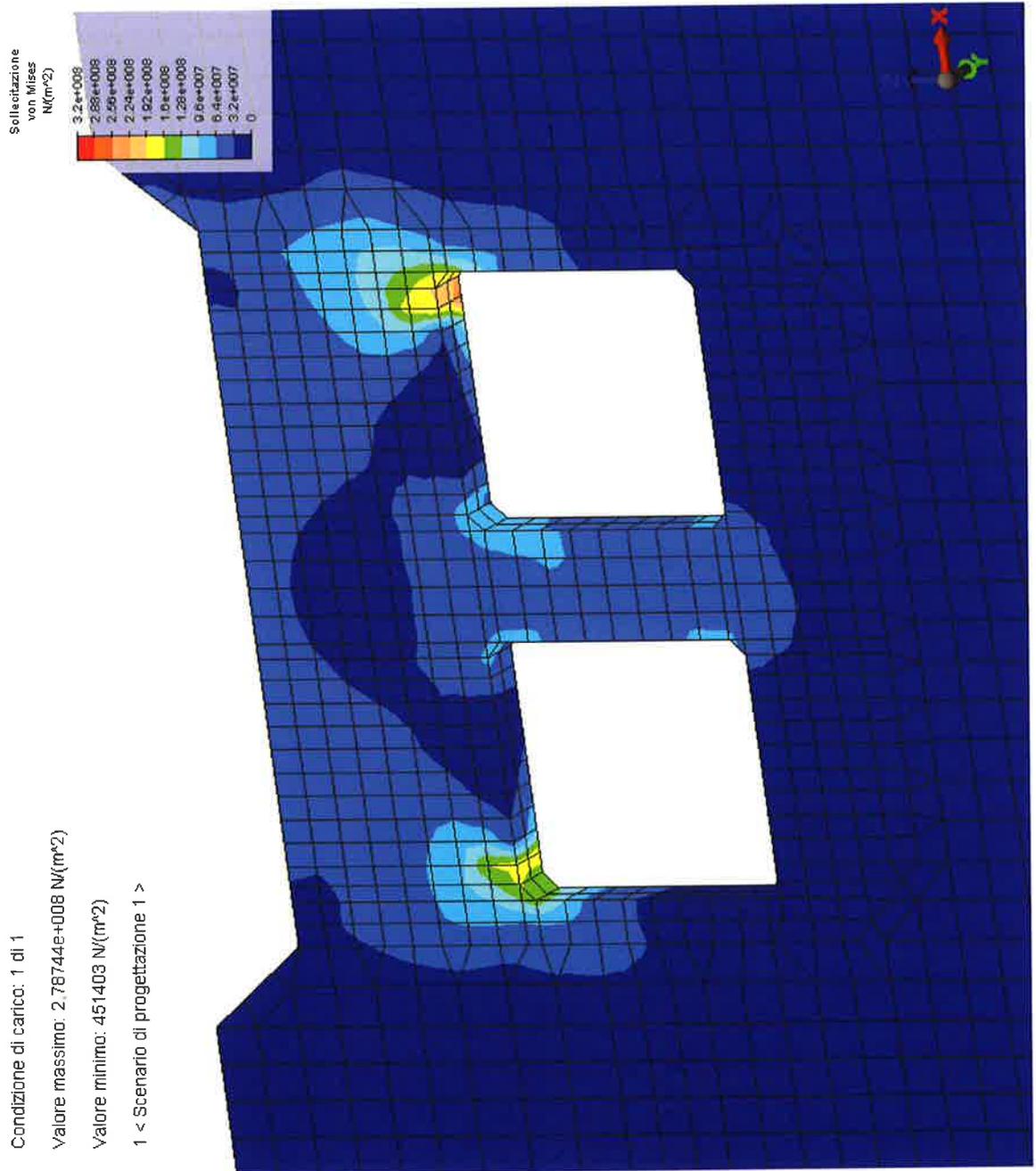
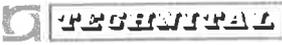


FIG. 8.24 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES: CAVA ANTERIORE

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 122
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

8.3.5. Condizione T.2e - Direzione onda 135°; $\alpha_x < 0$

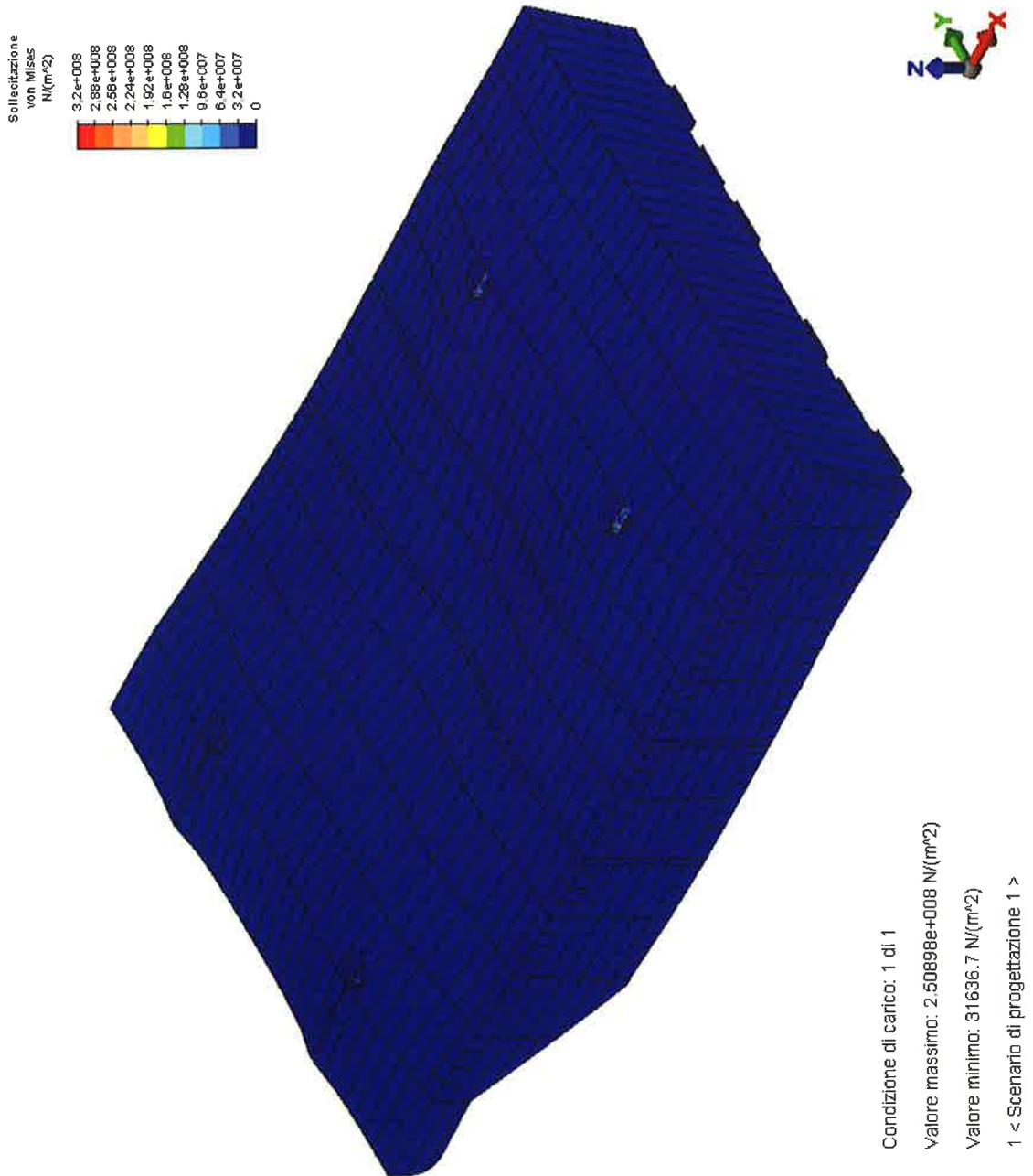


FIG. 8.25 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES E DEFORMATA

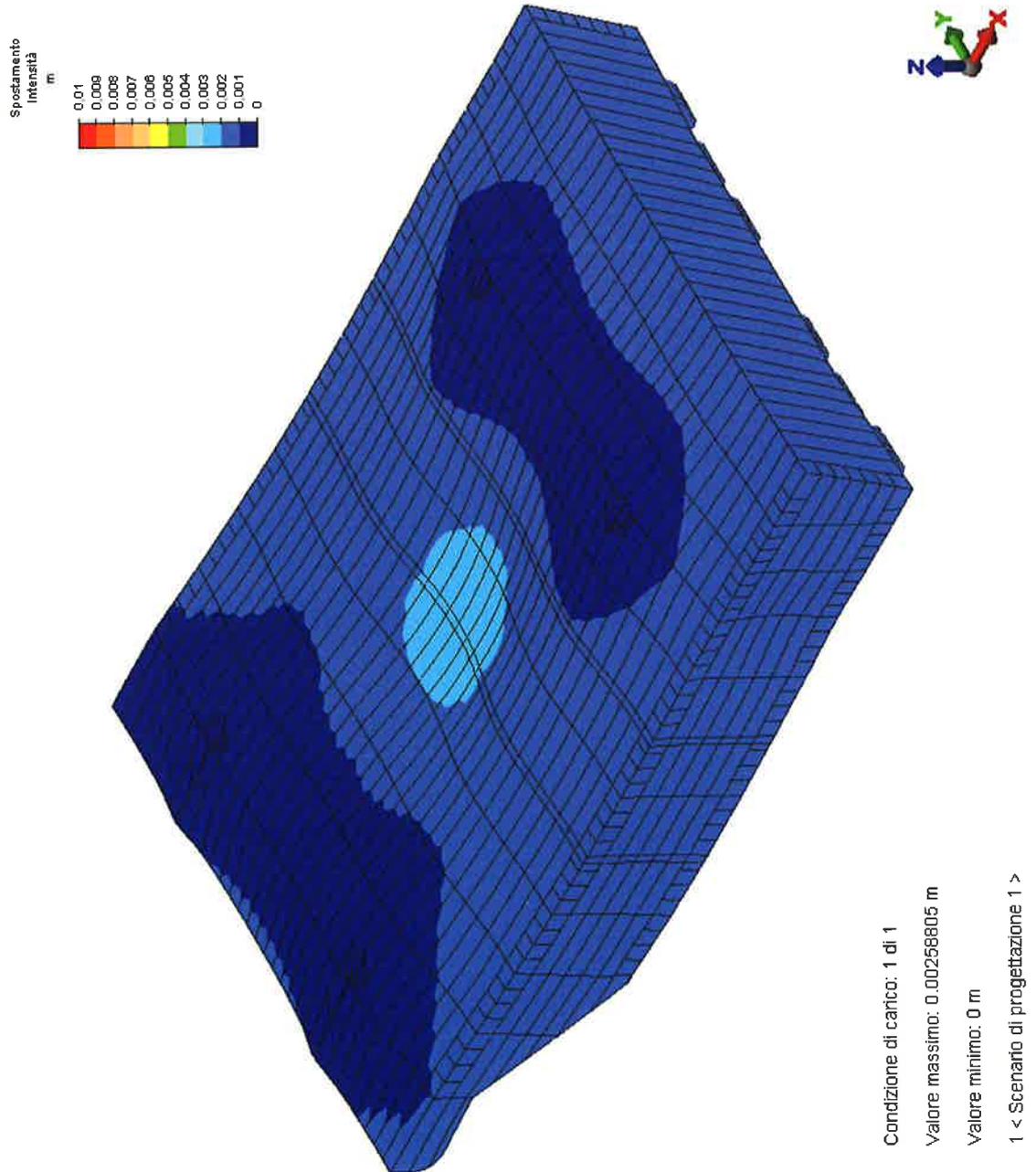


FIG. 8.26 – SPOSTAMENTI - DEFORMATA

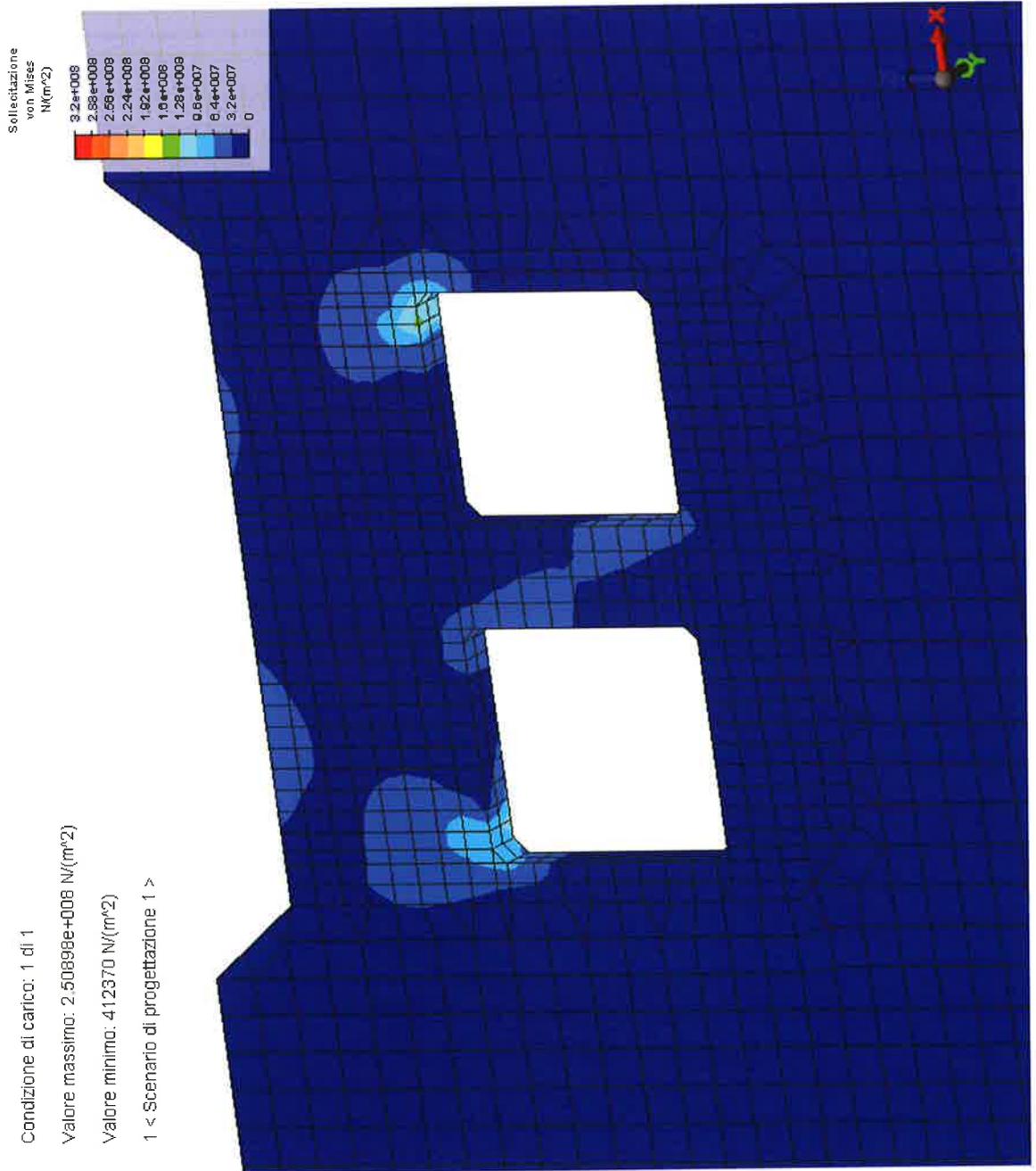


FIG. 8.27 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES: CAVA POSTERIORE

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 125
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

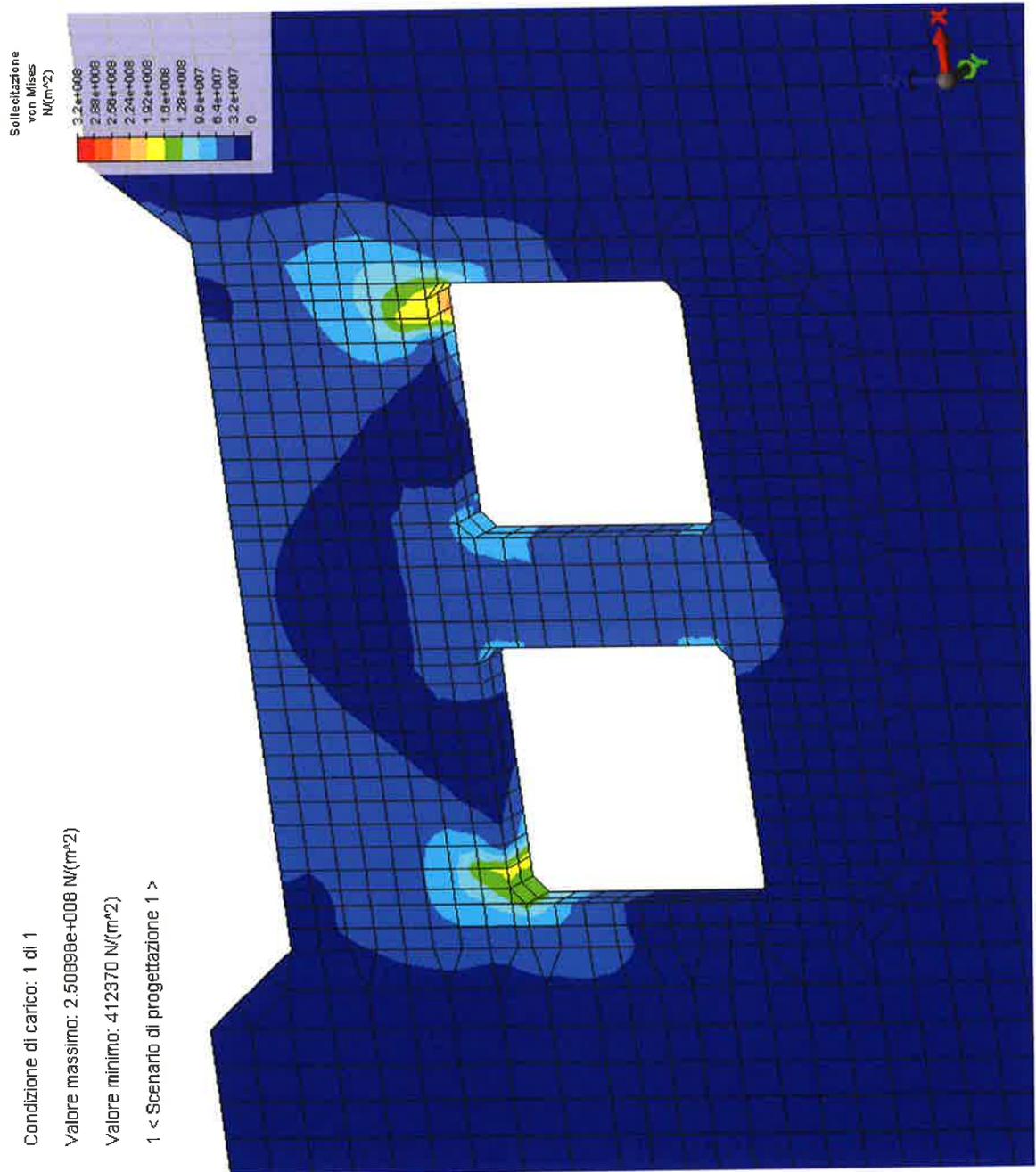


FIG. 8.28 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES: CAVA ANTERIORE

 PERCIPITAL	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 126
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

8.4. In sollevamento e trasporto con Jack-up - Condizioni T.3 (paratoia allestita incrostata con 30 cm acqua sul fondo, variazioni termiche +20°C e +30°C)

8.4.1. Condizione T.3a - Direzione onda 90°; $a_x > 0$

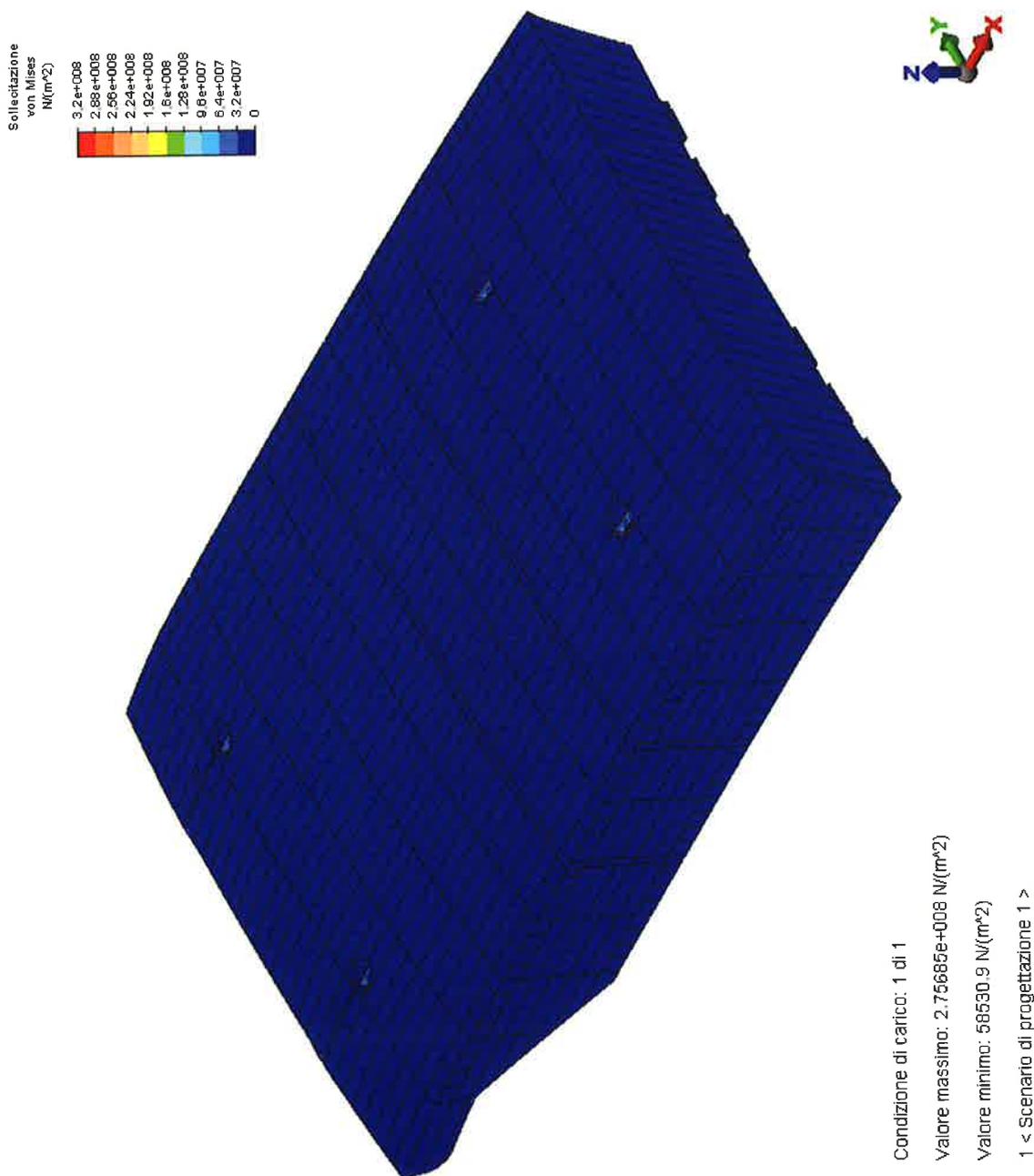


FIG. 8.29 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES E DEFORMATA

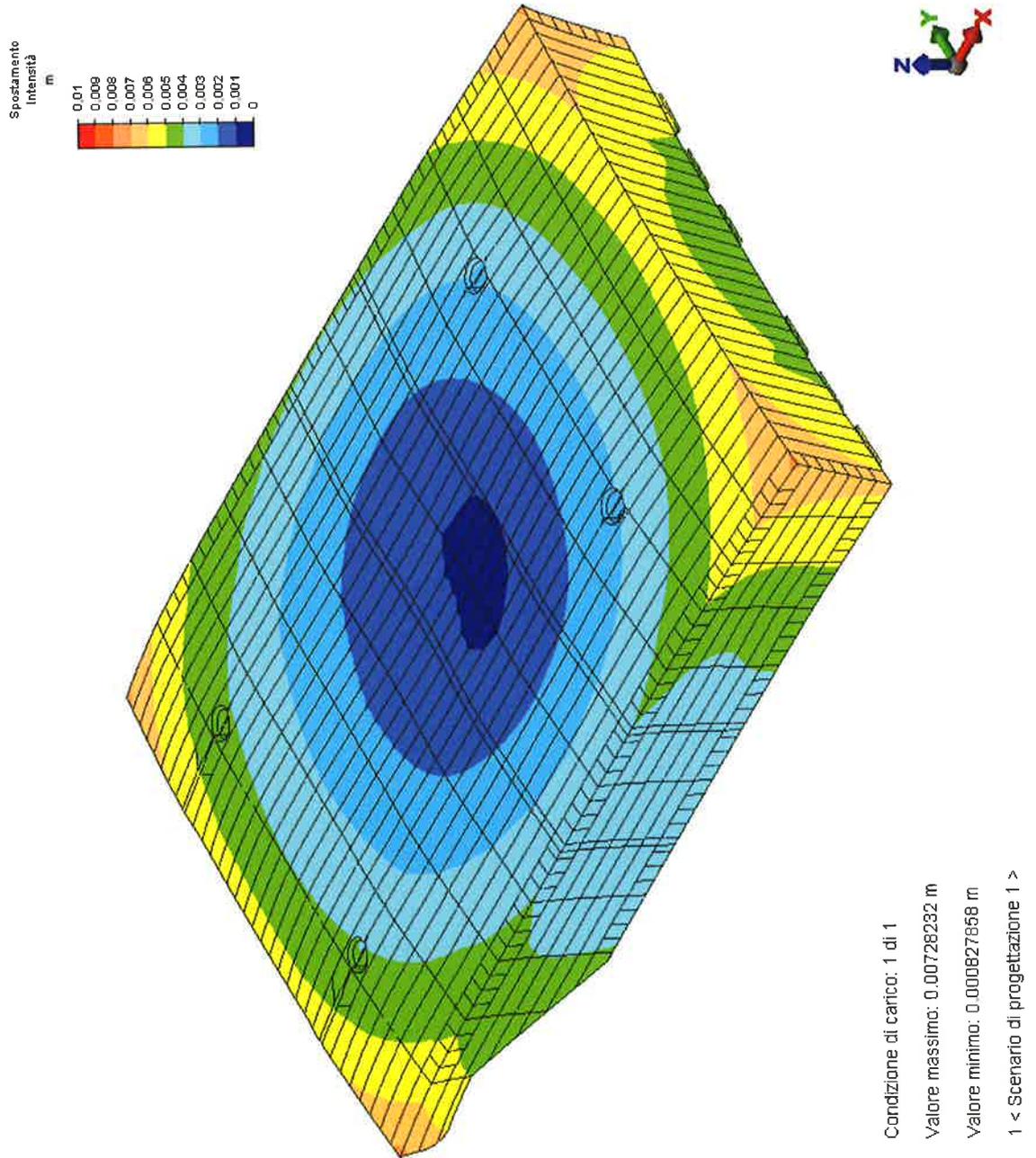
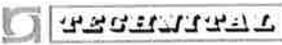


FIG. 8.30 – SPOSTAMENTI - DEFORMATA

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 128
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

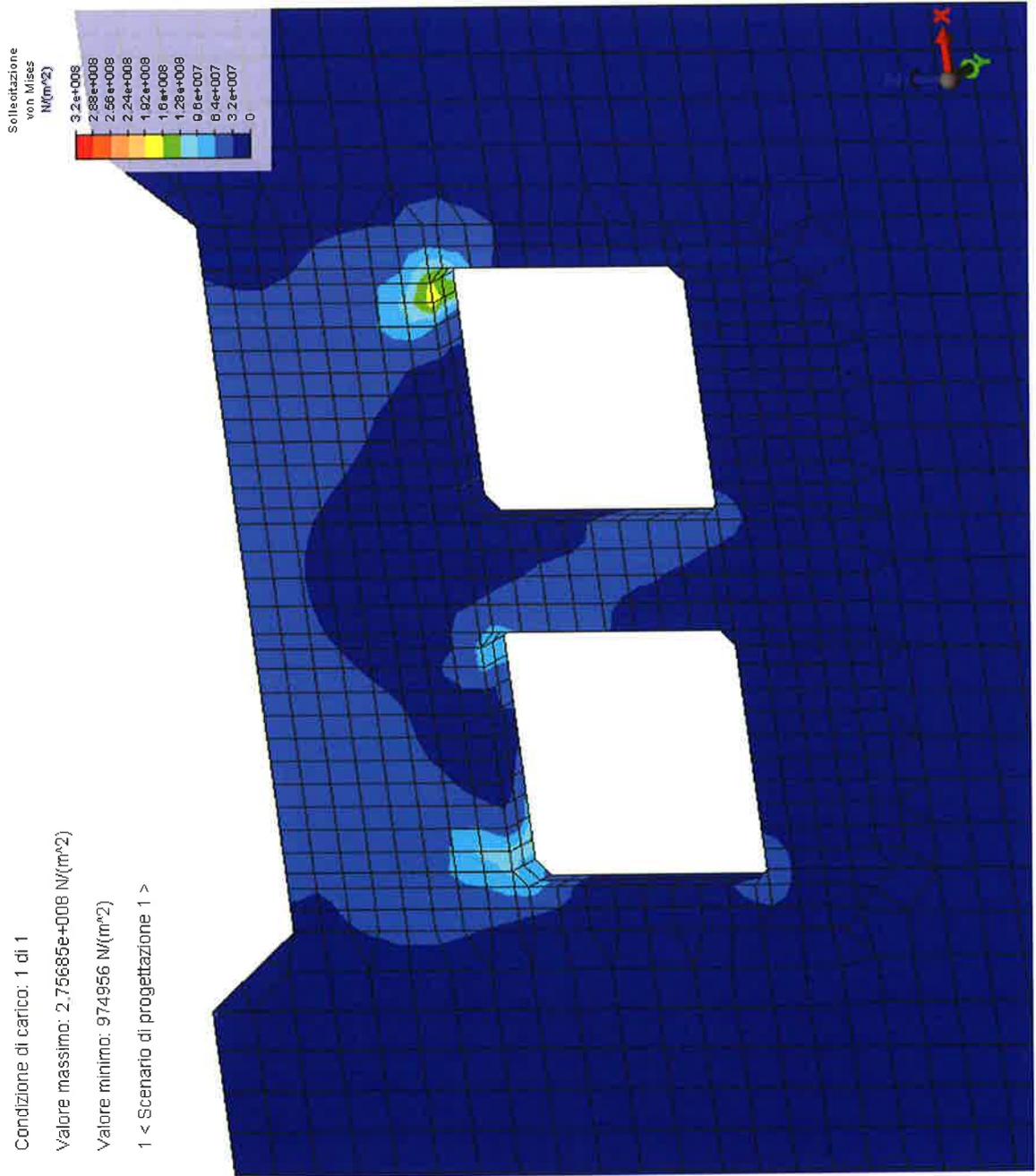


FIG. 8.31 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES; CAVA POSTERIORE

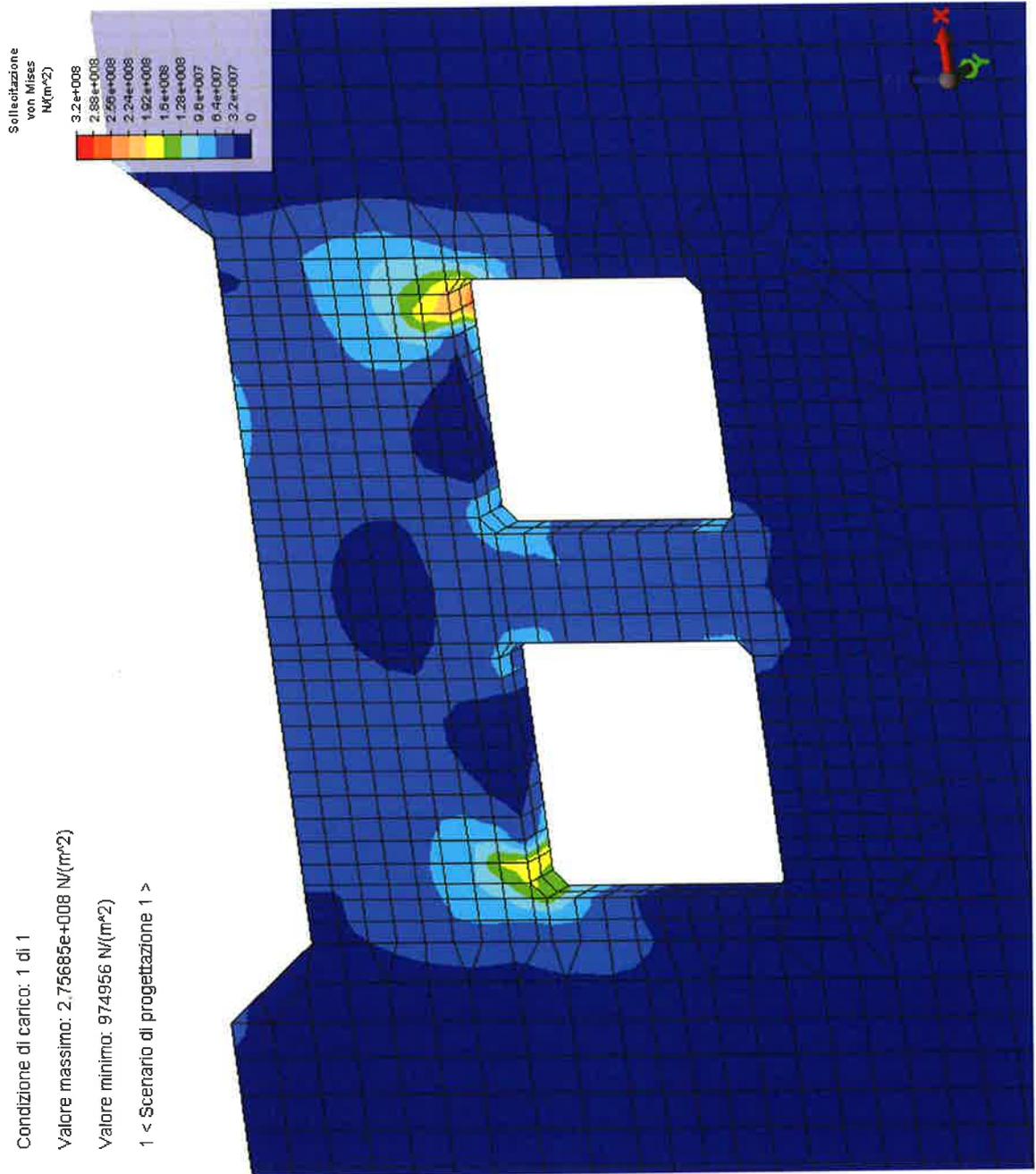


FIG. 8.32 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES; CAVA ANTERIORE

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 130
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

8.4.2. Condizione T.3b - Direzione onda 135°; $a_x > 0$

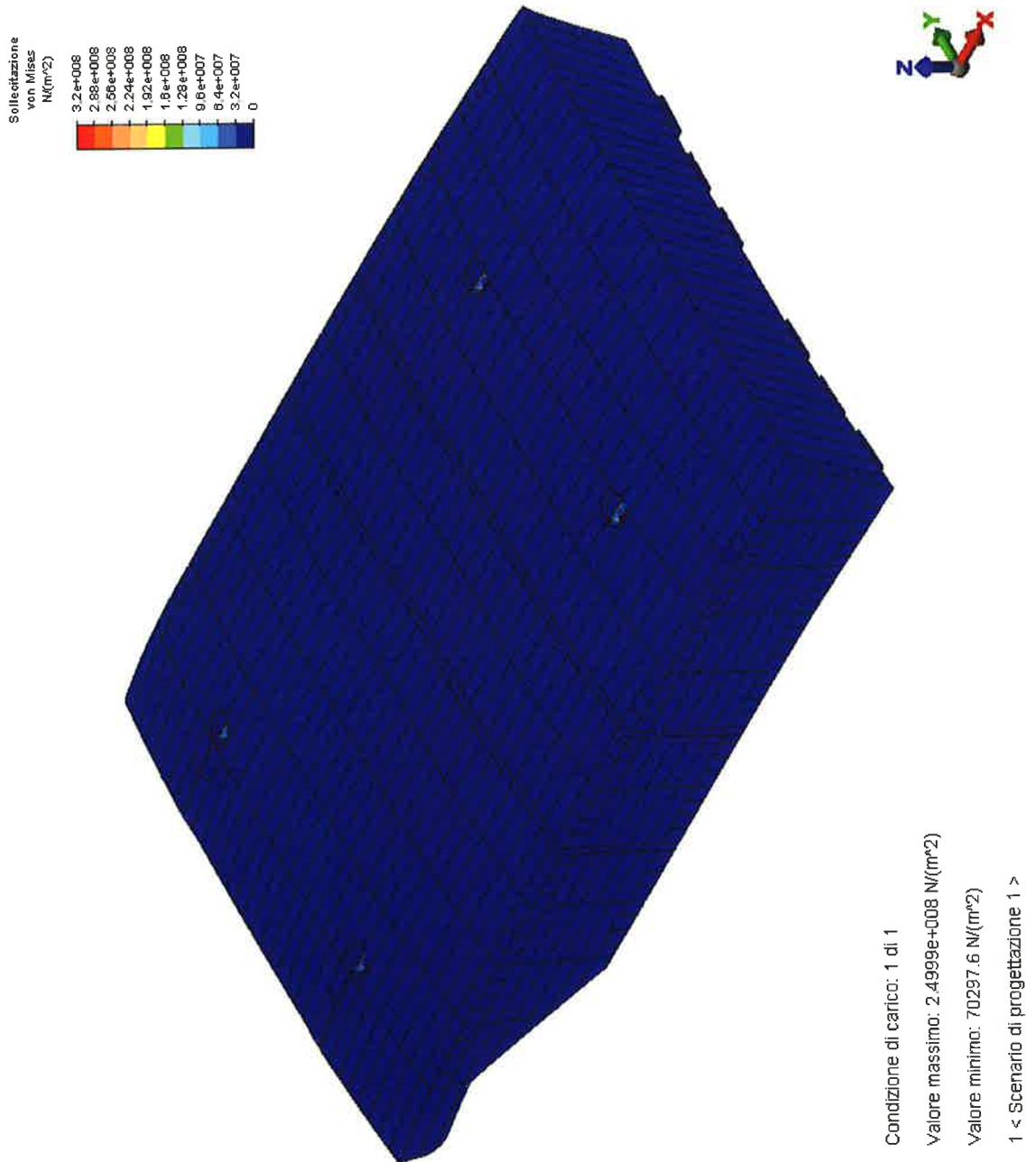


FIG. 8.33 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES E DEFORMATA

Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 131
Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

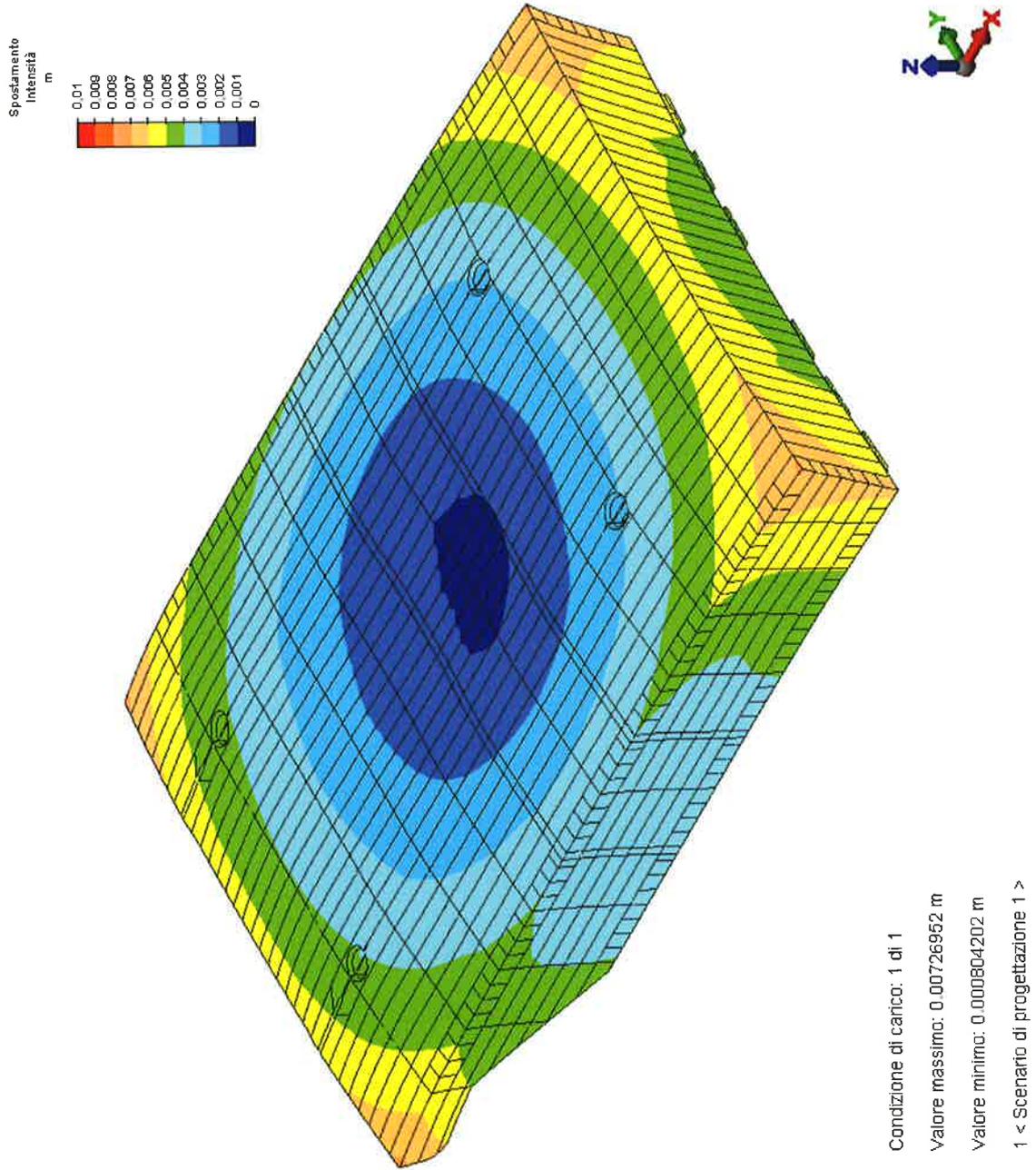


FIG. 8.34 – SPOSTAMENTI - DEFORMATA

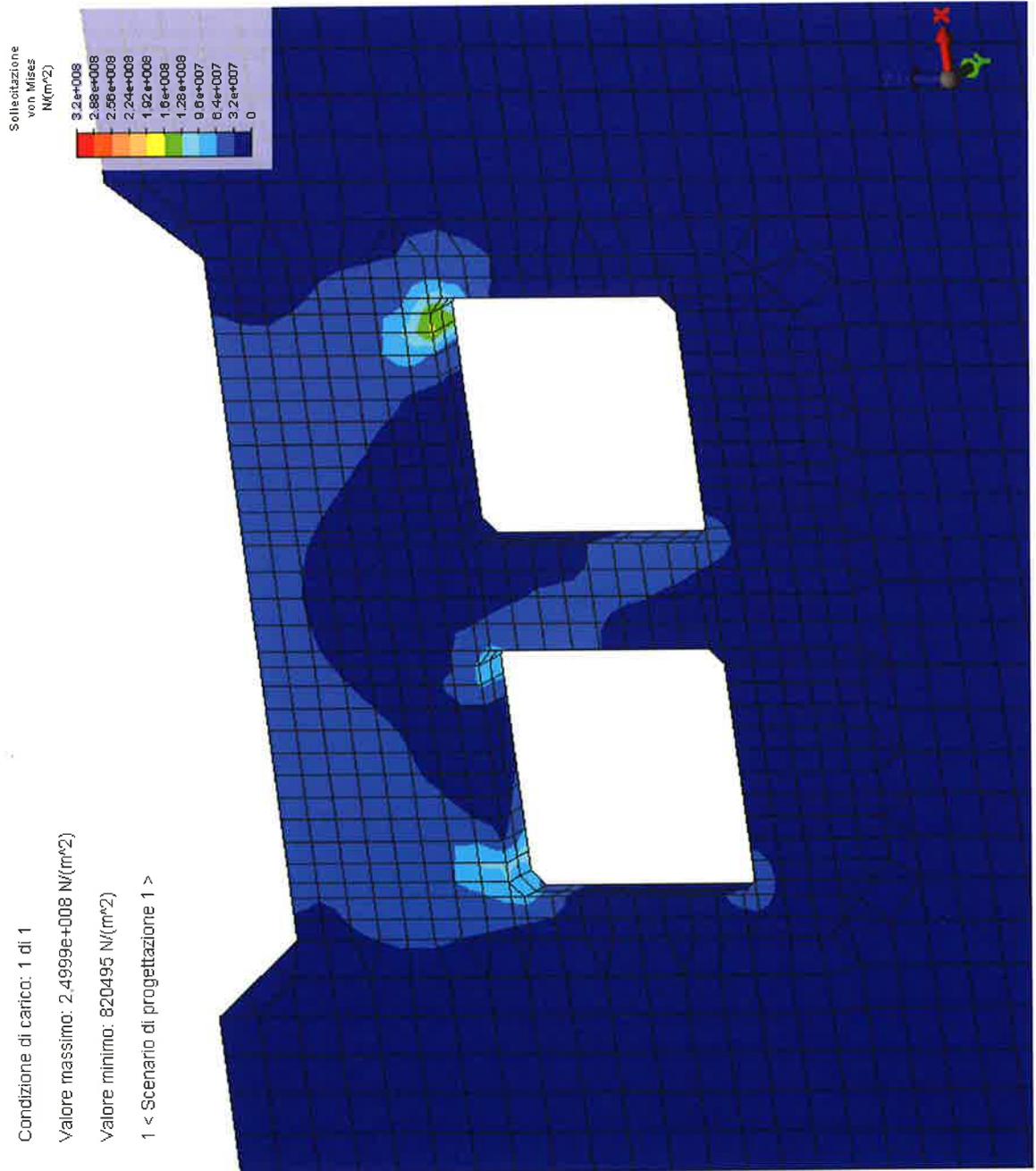


FIG. 8.35 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES; CAVA POSTERIORE

	Rev.	Data:	EI. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 133
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

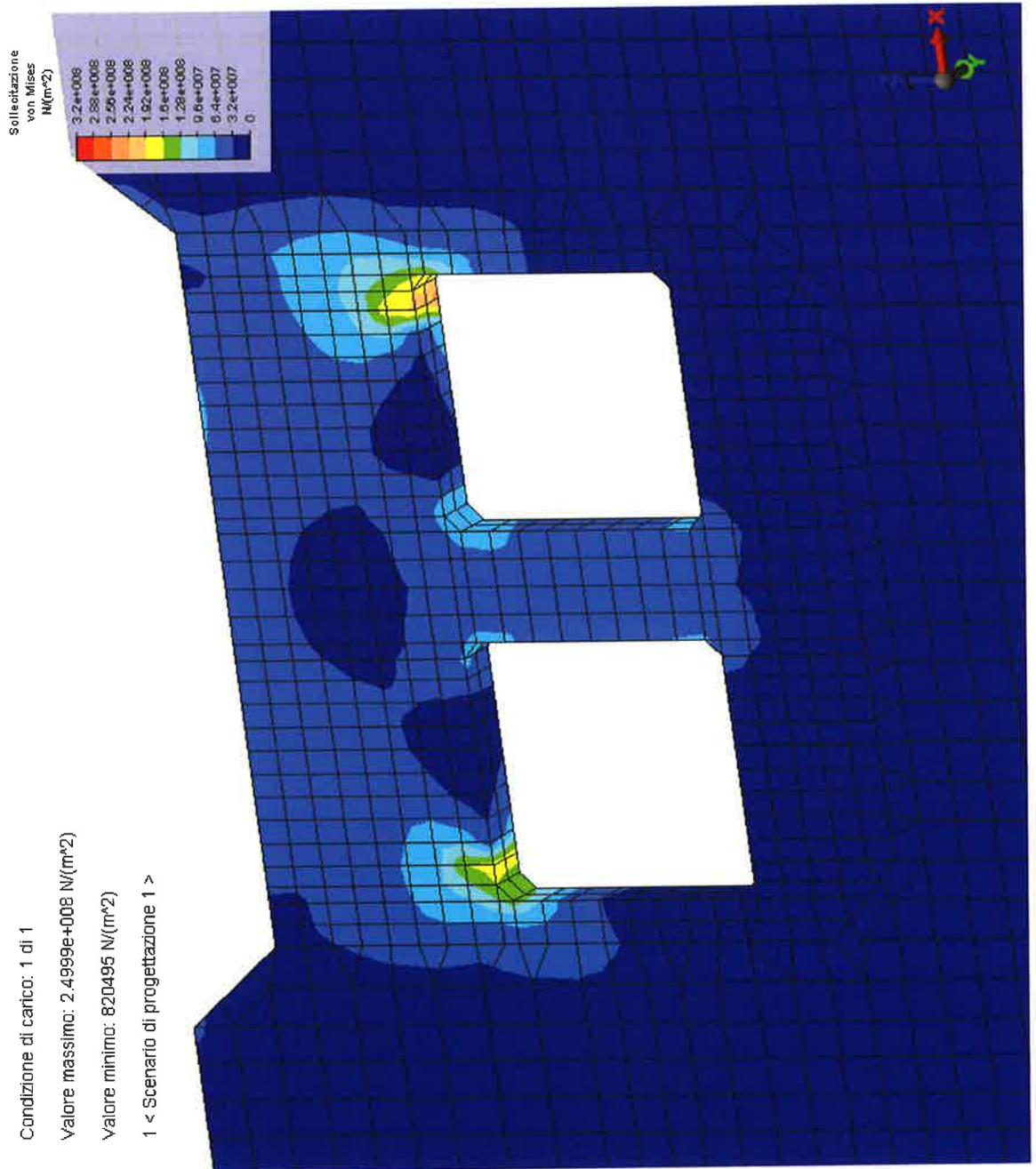


FIG. 8.36 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES; CAVA ANTERIORE

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 134
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

8.4.3. Condizione T.3c - Direzione onda 180°; $a_x = 0$

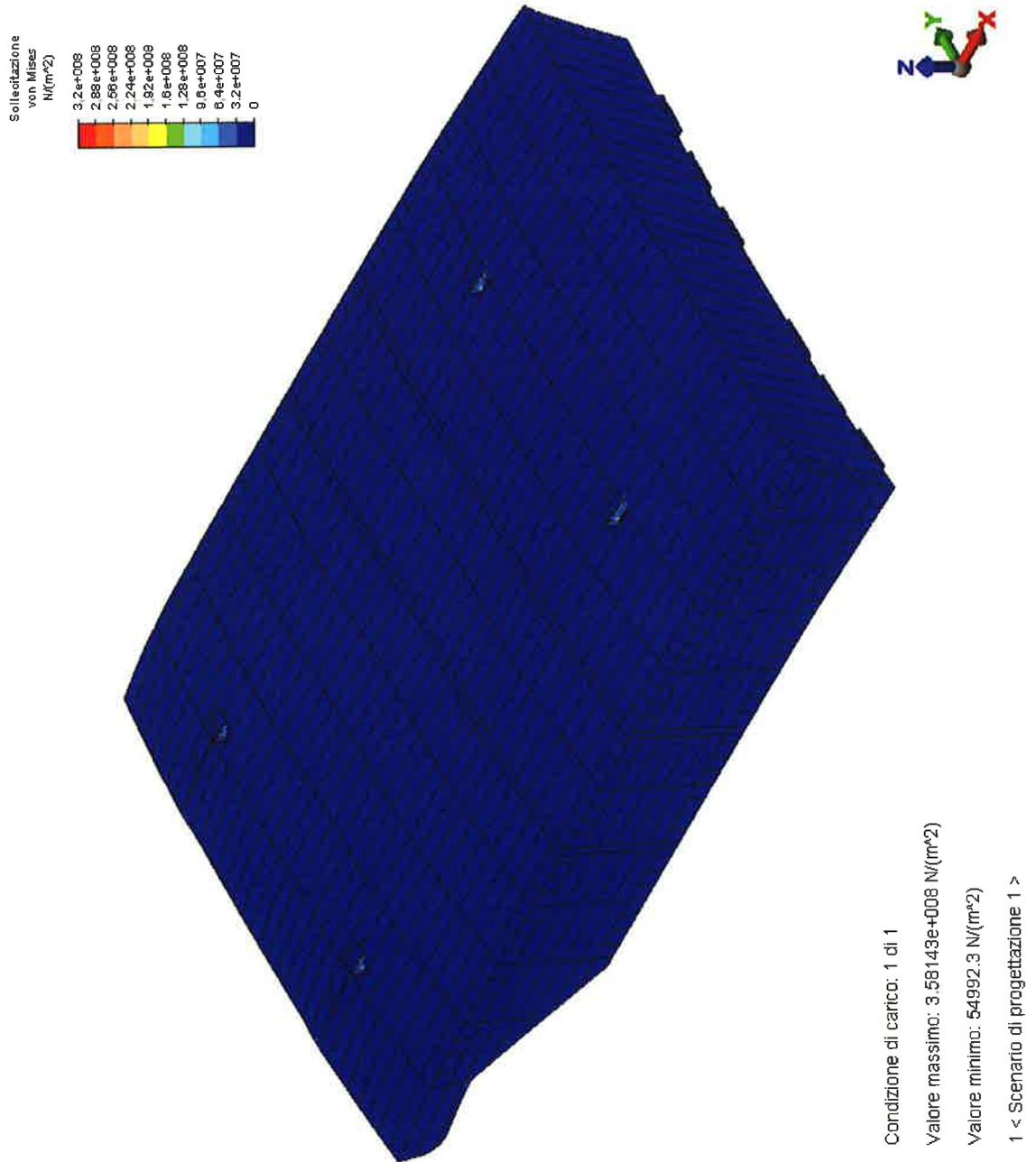


FIG. 8.37 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES E DEFORMATA

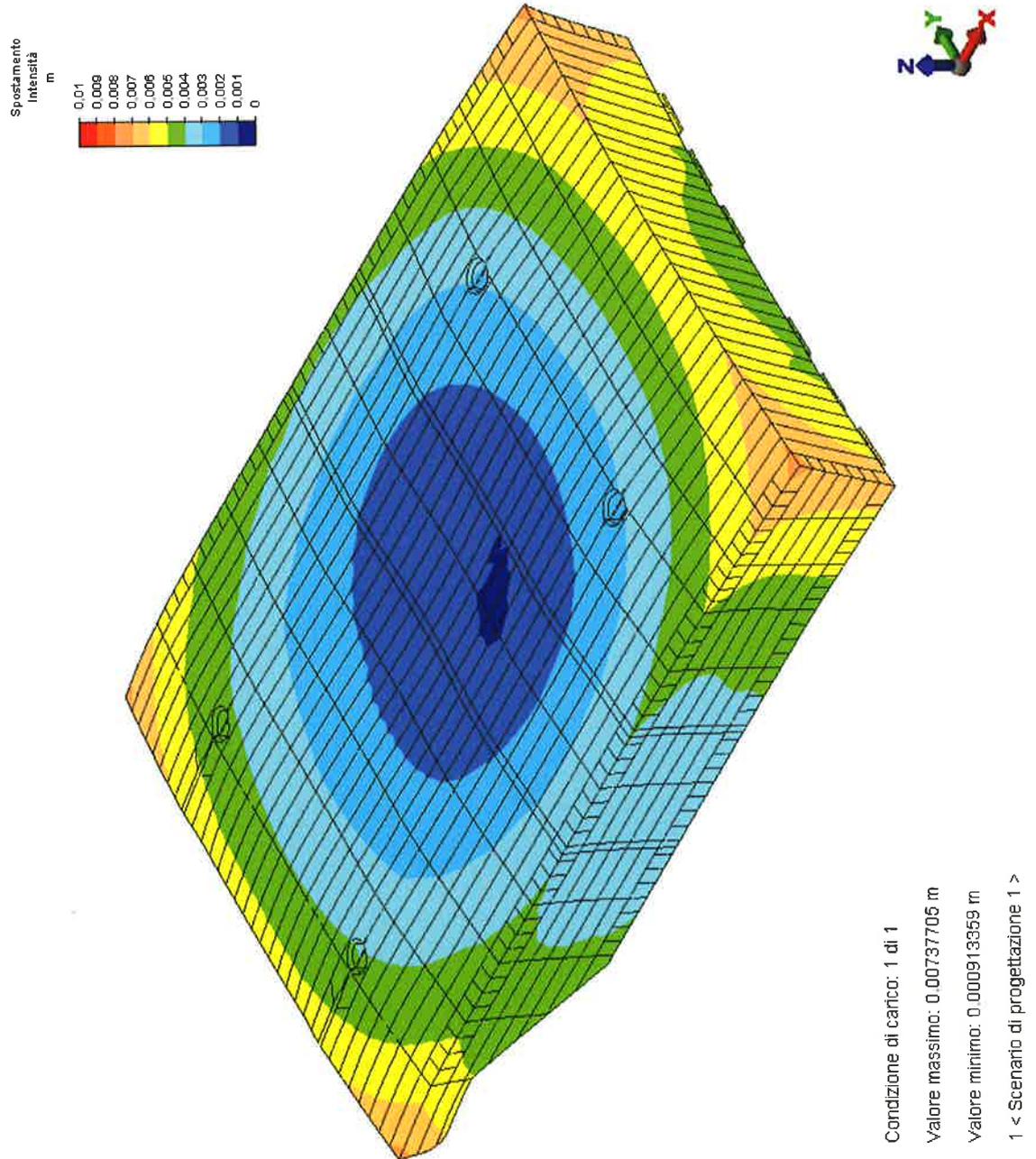


FIG. 8.38 – SPOSTAMENTI - DEFORMATA

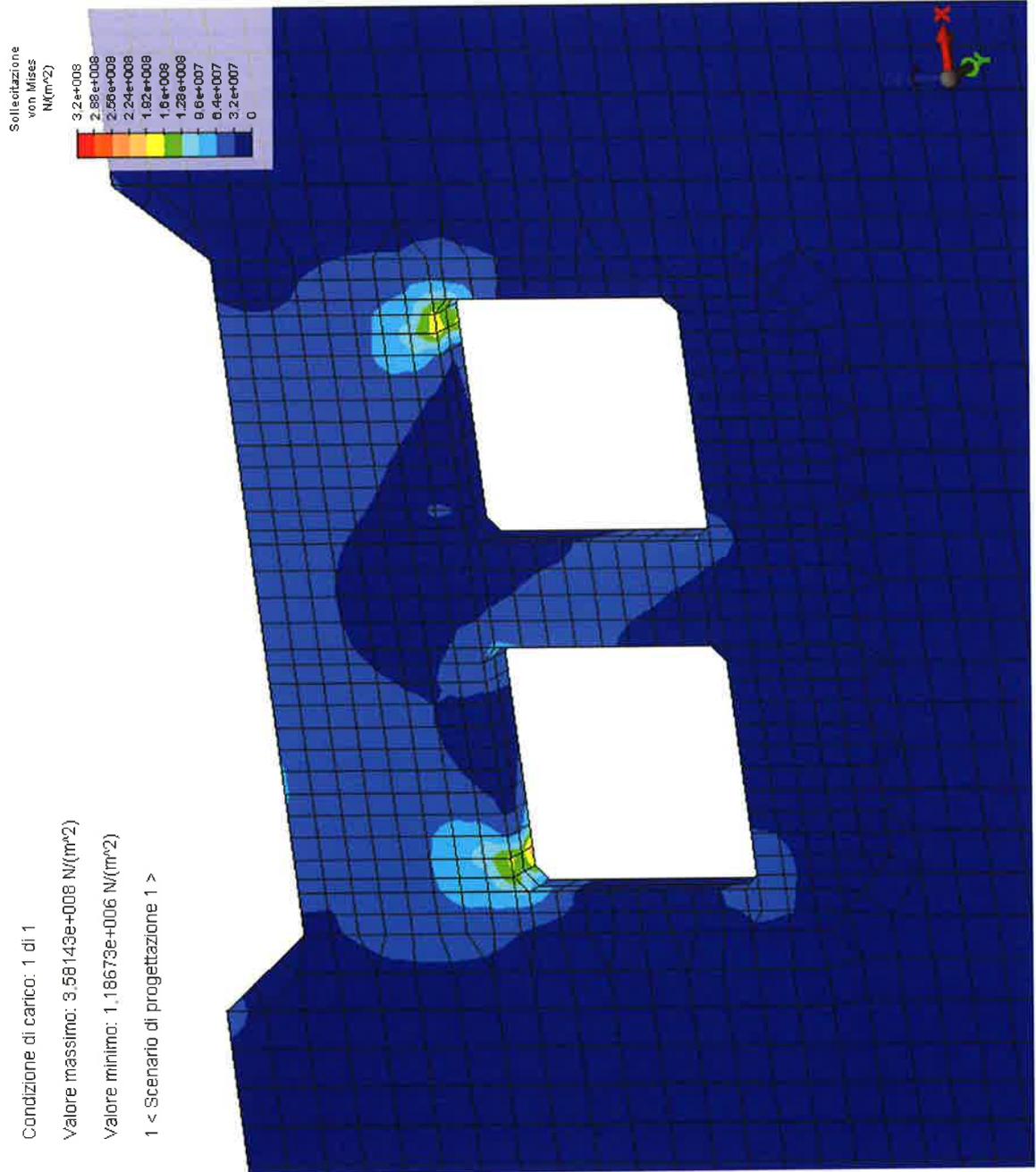


FIG. 8.39 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES; CAVA POSTERIORE

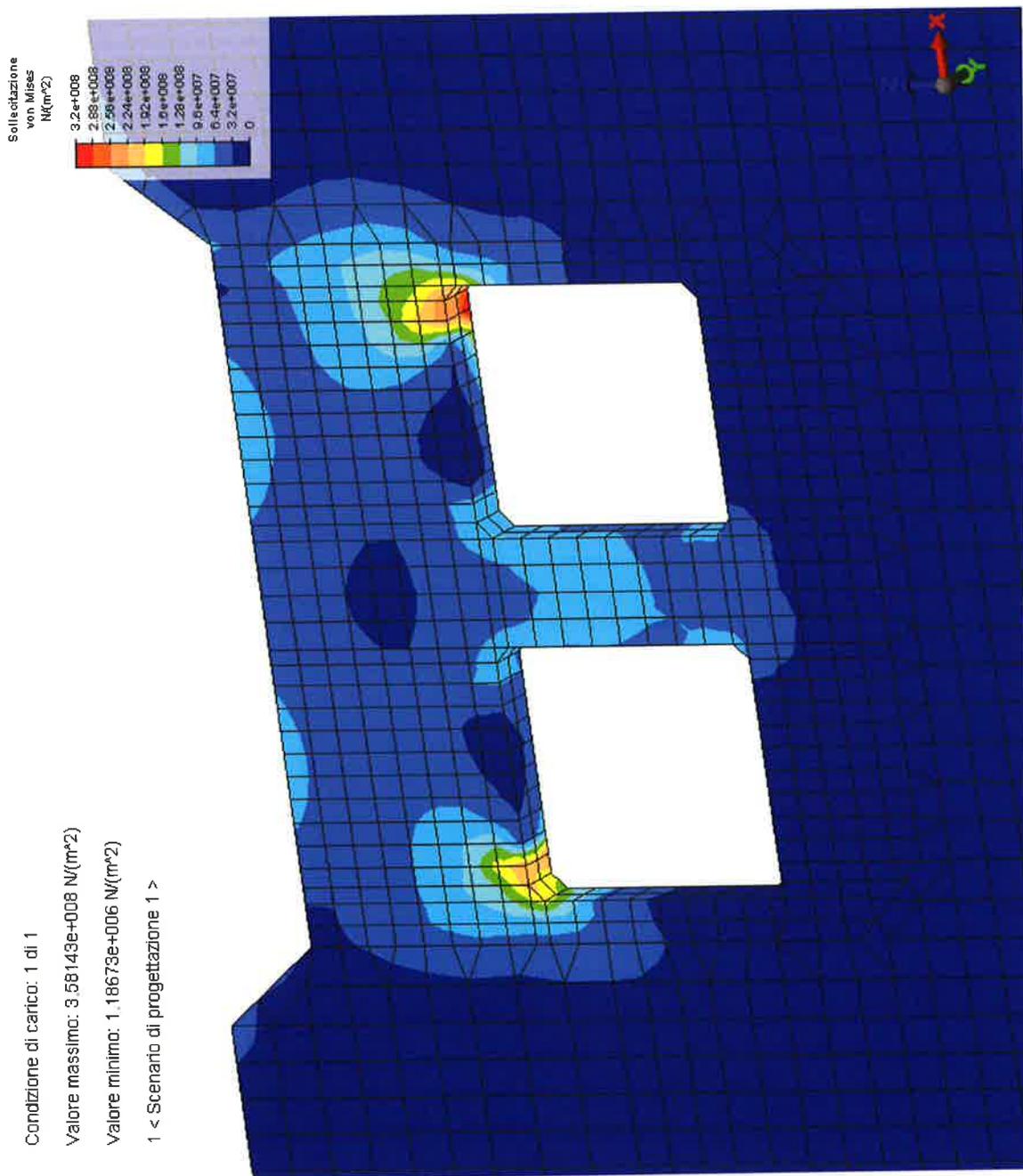


FIG. 8.40 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES; CAVA ANTERIORE

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 138
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

8.4.4. Condizione T.3d - Direzione onda 90°: $a_x < 0$

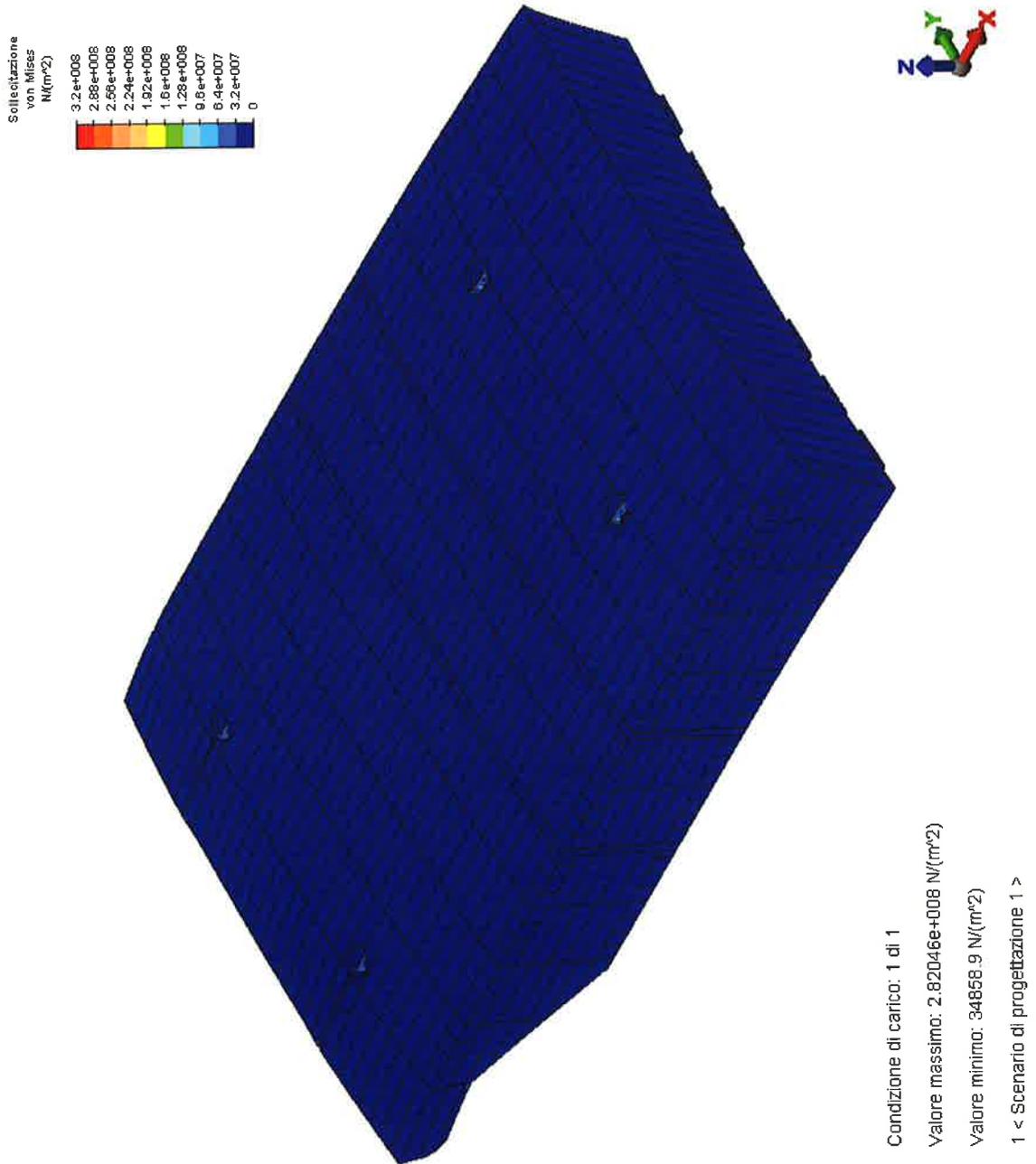


FIG. 8.41 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES E DEFORMATA

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 139
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

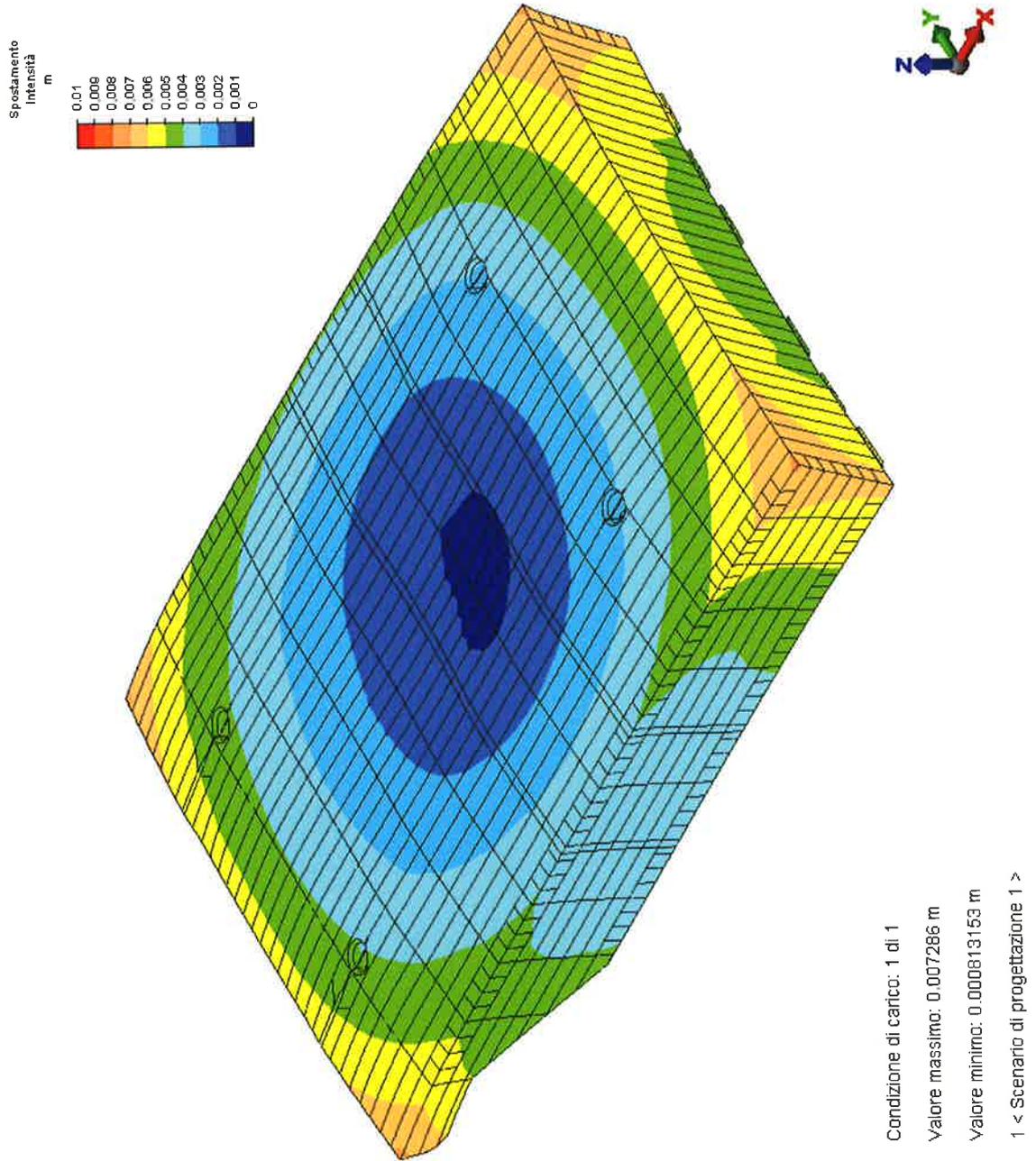


FIG. 8.42 – SPOSTAMENTI - DEFORMATA

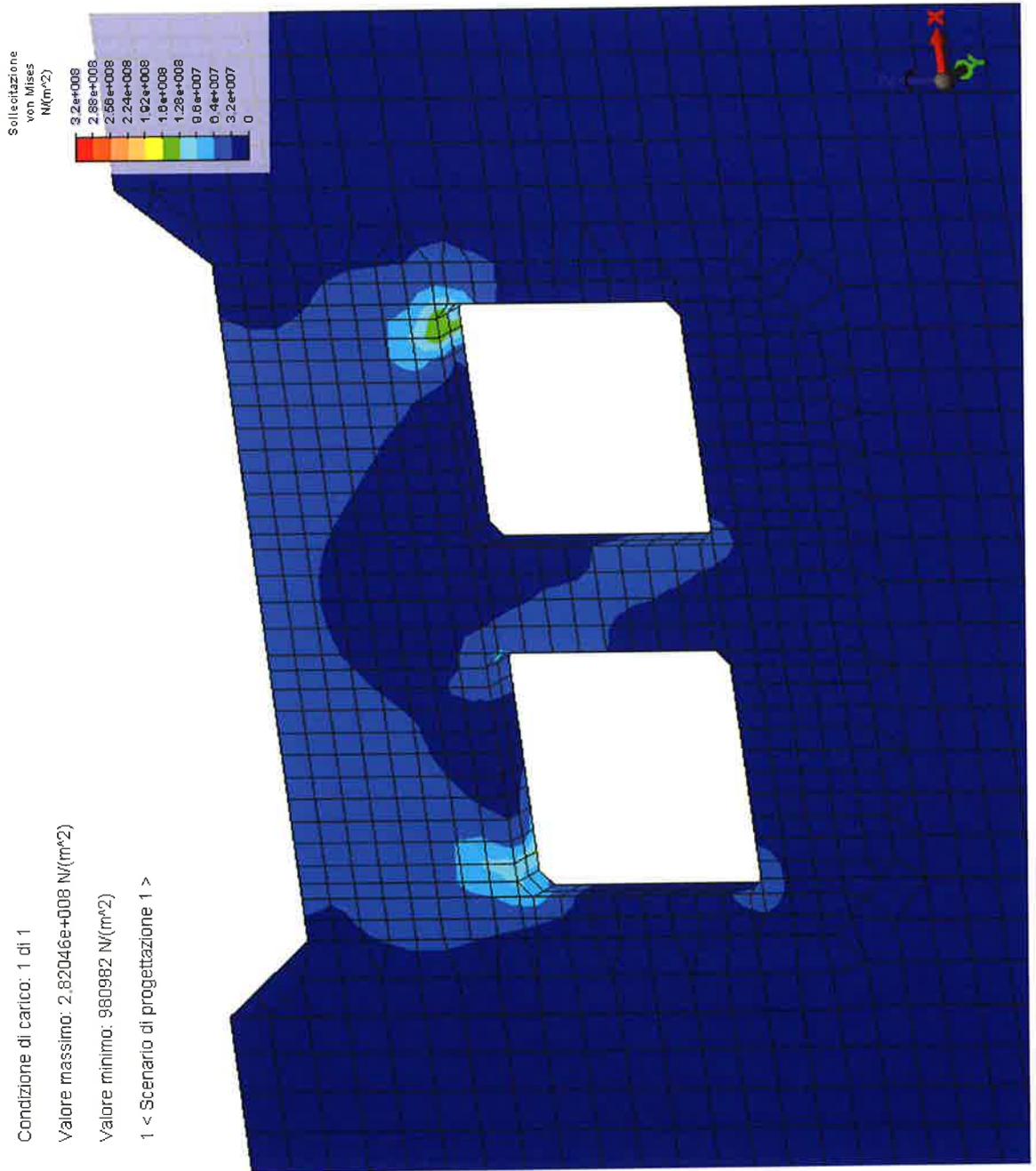


FIG. 8.43 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES; CAVA POSTERIORE

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 141
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

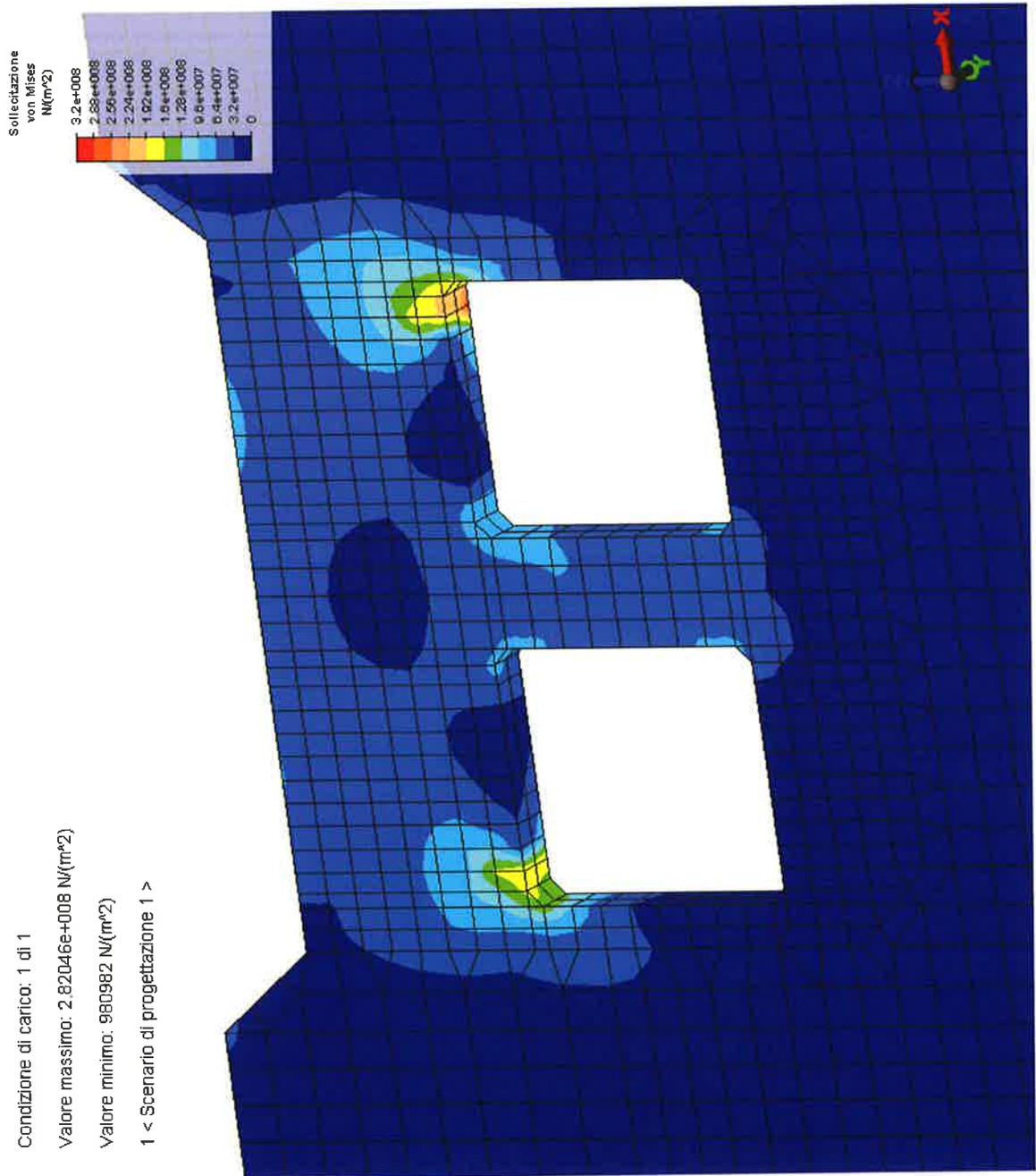


FIG. 8.44 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES; CAVA ANTERIORE

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 142
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

8.4.5. Condizione T.3e - Direzione onda 135°; $a_x < 0$

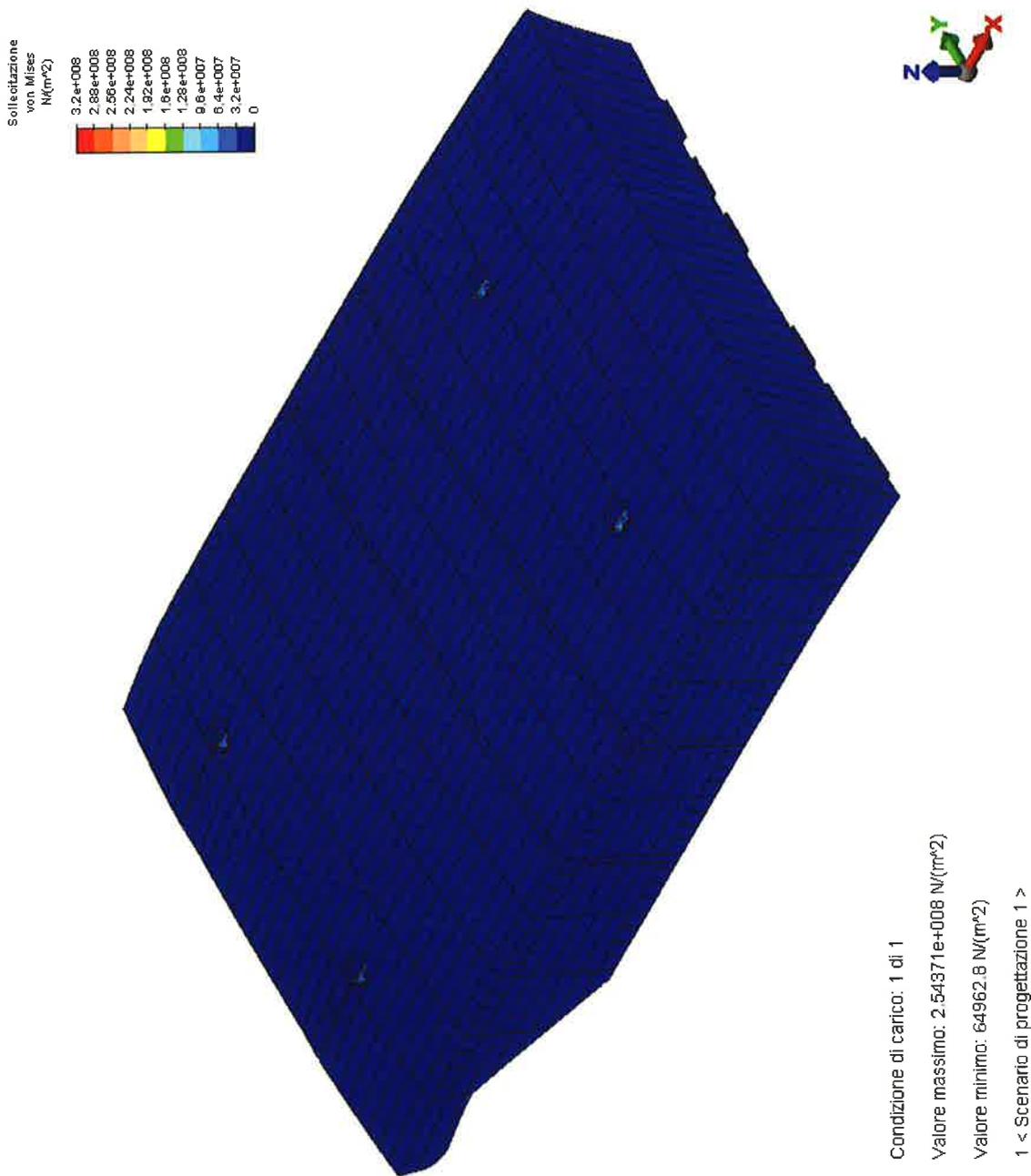


FIG. 8.45 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES E DEFORMATA

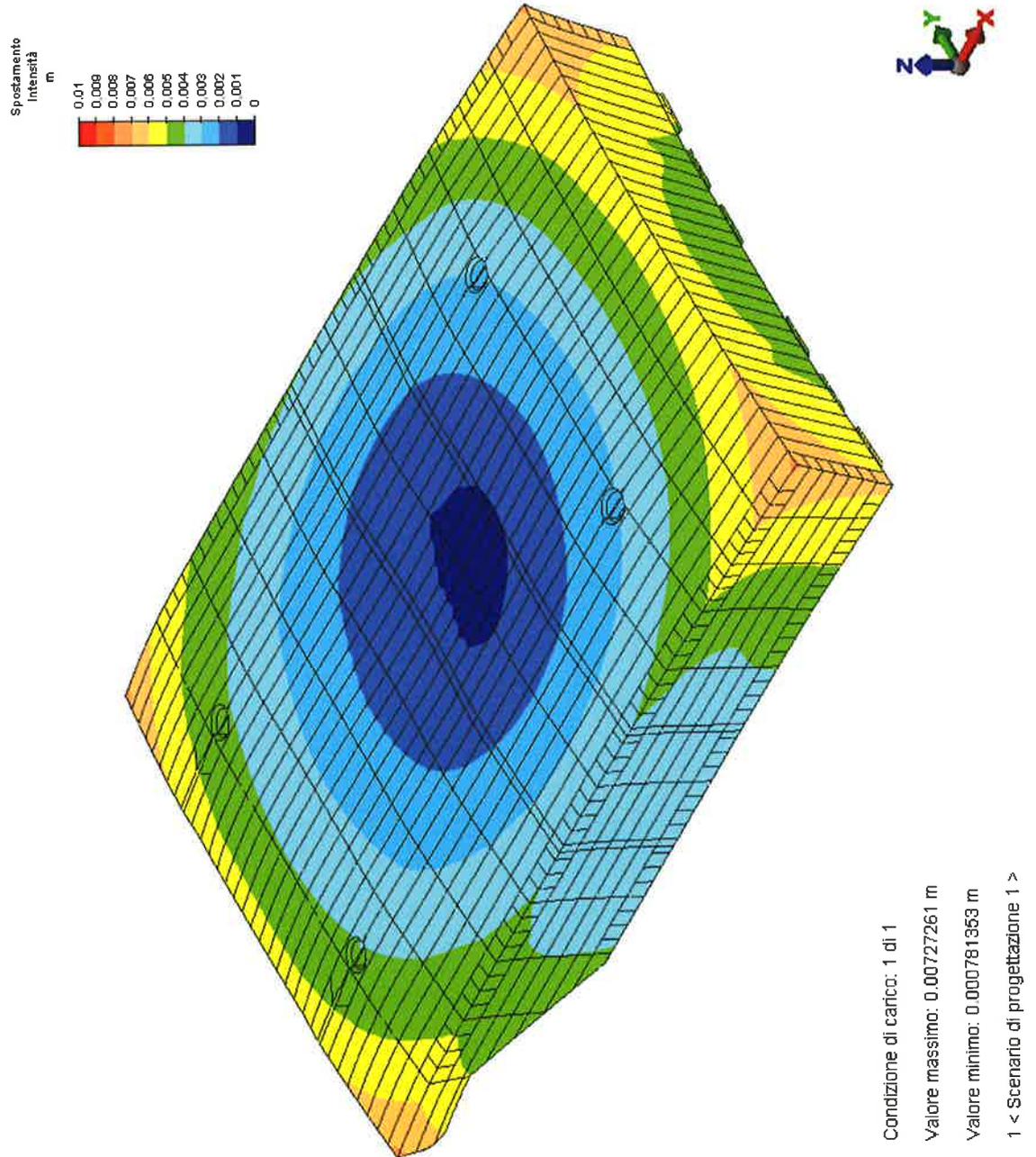


FIG. 8.46 – SPOSTAMENTI - DEFORMATA

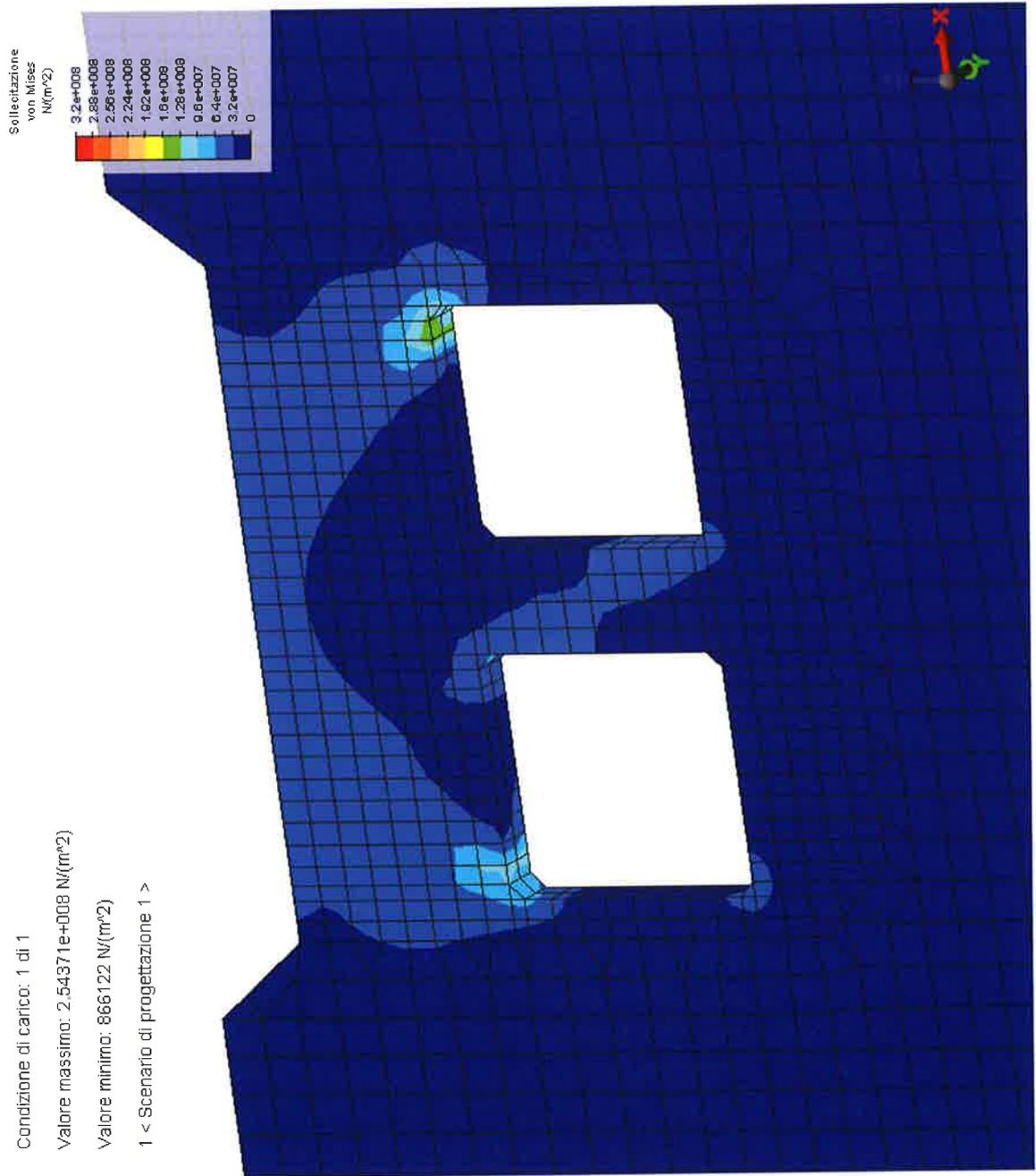


FIG. 8.47 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES; CAVA POSTERIORE

	Rev.	Data:	El. MV080P-PE-MAR-2007-C0	Pag. n. 145
	Rev. C0	Data: 10/06/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLEVAMENTO/TRASPORTO	

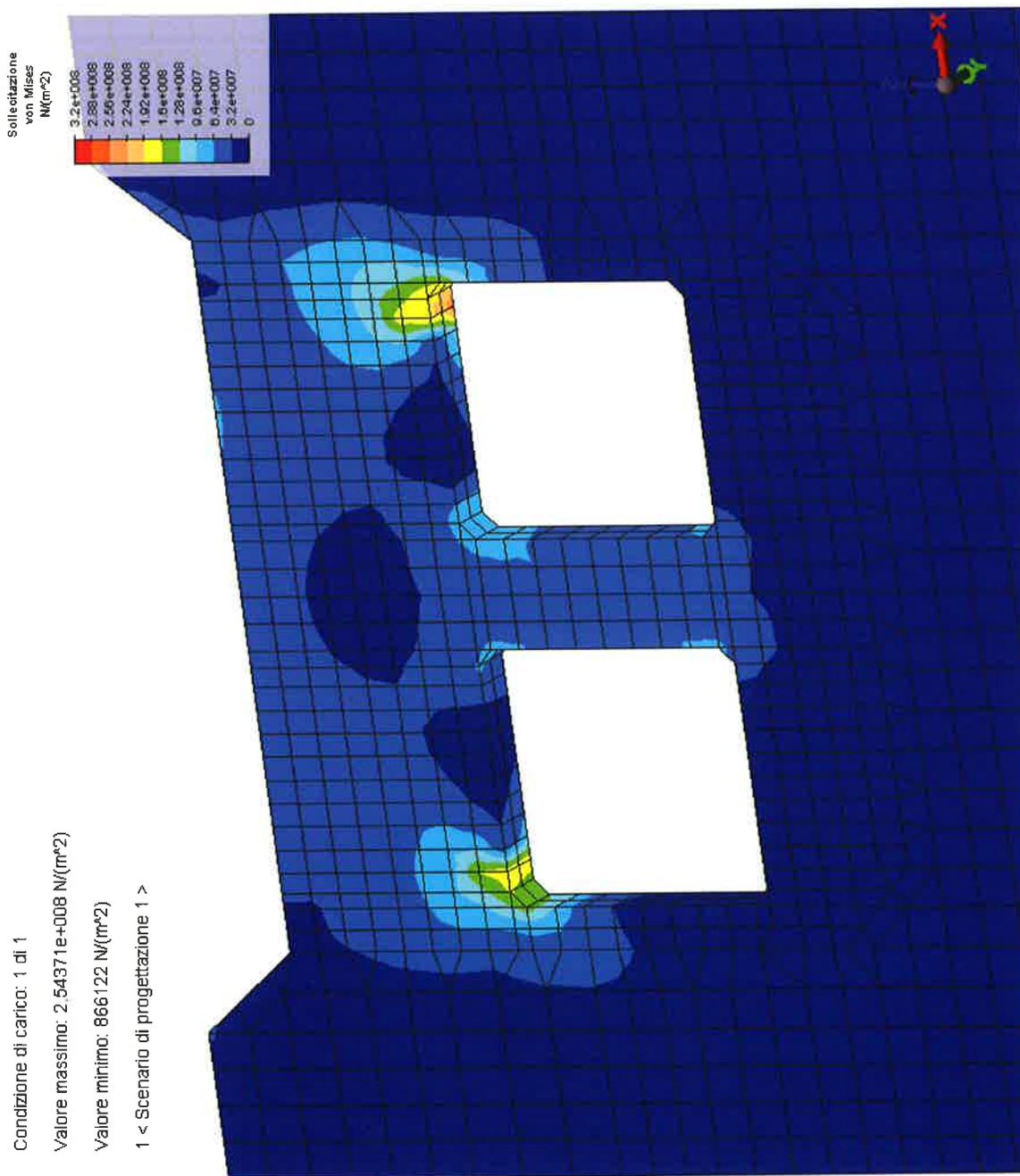


FIG. 8.48 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES; CAVA ANTERIORE