

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

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
MAGISTRATO ALLE ACQUE

**NUOVI INTERVENTI PER LA SALVAGUARDIA
DI VENEZIA**

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

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

CUP: D51B020000500H1 (PROGETTAZIONE)

PROGETTO ESECUTIVO

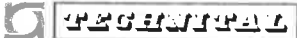
WBS: CH.I1.48
WBE: CH.I1.48.PE.09

**BOCCA DI CHIOGGIA – PARATOIE E CONNETTORI
PARATOIE
VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D
IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO
RELAZIONE DI CALCOLO**

ELABORATO D. Varisco	CONTROLLATO D. Lesina	APPROVATO L. Mazza
N. ELABORATO MV078P-PE-CAR-2007-C0	CODICE FILE MV078P-PE-CAR-2007-C0.doc	DATA 13 Settembre 2013

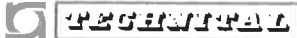
CONSORZIO “VENEZIA NUOVA”

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

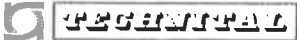
	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 2
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO	

INDICE

1.	OGGETTO E SCOPO	4
	1.1. 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	53
	4.13. Vincoli	55
5.	CARICHI APPLICATI	59
	5.1. Generalità	59
	5.2. Peso proprio	59
	5.2.1. Pesi della paratoia e degli allestimenti	59
	5.2.2. Pesi distribuiti uniformemente	61
	5.2.3. Peso concentrato solo in alcune zone	65
	5.3. Peso fouling	66
	5.4. Peso totale considerato	67
	5.5. Peso acqua residua a bordo paratoia	69

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 3
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO	

5.6.	Accelerazioni	69
5.7.	Variazioni termiche	71
6.	COMBINAZIONI DI CARICO	72
7.	RISULTATI	73
7.1.	Verifiche tensionali	73
7.1.1.	Generalità	73
7.1.2.	In sollevamento - Condizione T.1a	73
7.1.3.	In sollevamento - Condizione T.1b	75
7.1.4.	In trasporto – Condizioni T.2a, T.2b, T.2c ($a_x \geq 0$)	77
7.1.5.	In trasporto – Condizioni T.2d, T.2e ($a_x < 0$)	79
7.1.6.	In trasporto – Condizioni T.3a, T.3b, T.3c ($a_x \geq 0$)	81
7.1.7.	In trasporto – Condizioni T.3d, T.3e ($a_x < 0$)	83
7.2.	Reazioni vincolari	85
7.3.	Deformazioni	88
7.4.	Conclusioni	92
8.	IMMAGINI DEI RISULTATI	93
8.1.	Indice dei risultati	93
8.2.	In sollevamento - Condizioni T.1	96
8.2.1.	Condizione T.1a (paratoia allestita incrostata con 60 cm acqua sul fondo)	96
8.2.2.	Condizione T.1b (paratoia allestita pulita senza connettori e parabordi)	100
8.3.	In sollevamento e trasporto con Jack-up - Condizioni T.2 (paratoia allestita incrostata con 30 cm acqua sul fondo, senza variazioni termiche)	104
8.3.1.	Condizione T.2a - Direzione onda 90° ; $a_x > 0$	104
8.3.2.	Condizione T.2b - Direzione onda 135° ; $a_x > 0$	108
8.3.3.	Condizione T.2c - Direzione onda 180° ; $a_x = 0$	112
8.3.4.	Condizione T.2d - Direzione onda 90° ; $a_x < 0$	116
8.3.5.	Condizione T.2e - Direzione onda 135° ; $a_x < 0$	120
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 $+30^\circ\text{C}$)	124
8.4.1.	Condizione T.3a - Direzione onda 90° ; $a_x > 0$	124
8.4.2.	Condizione T.3b - Direzione onda 135° ; $a_x > 0$	128
8.4.3.	Condizione T.3c - Direzione onda 180° ; $a_x = 0$	132
8.4.4.	Condizione T.3d - Direzione onda 90° ; $a_x < 0$	136
8.4.5.	Condizione T.3e - Direzione onda 135° ; $a_x < 0$	140

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 4
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO	

1. OGGETTO E SCOPO

La presente relazione illustra il calcolo degli elementi strutturali della paratoia di Chioggia 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:

- MV078P-PE-CAR-2000 Relazione tecnica generale
- MV078P-PE-CAR-2001 Verifiche strutturali – Carichi e criteri di progetto

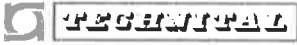
1.1. Modalità di sollevamento e trasporto

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 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,


	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 5
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO	

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. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 6
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO	

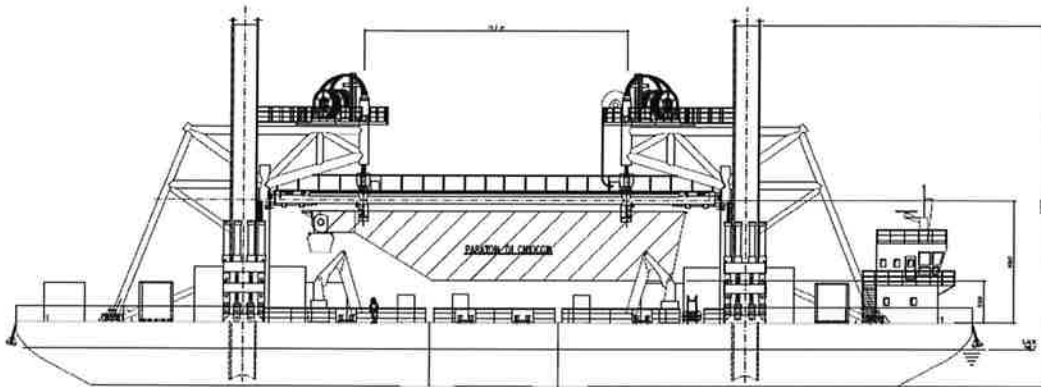


FIG. 1.1 – PARATOIA DURANTE IL TRASPORTO SUL JACK-UP IN NAVIGAZIONE

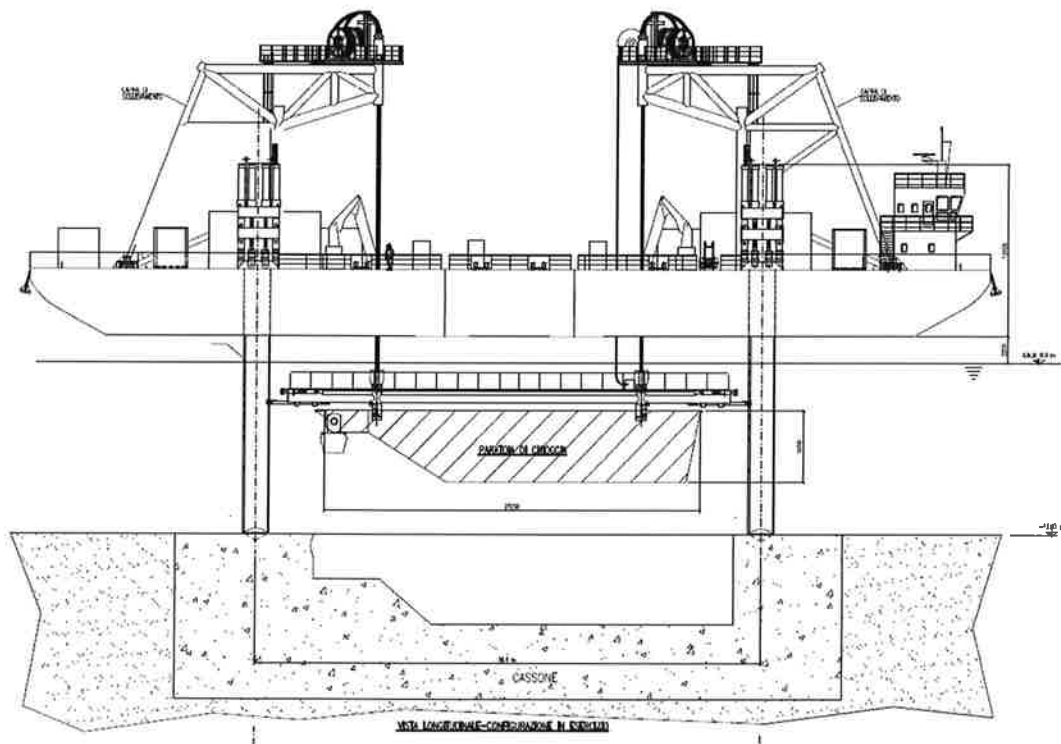


FIG. 1.2 - JACK-UP – VISTA LATERALE
CONDIZIONI DI SOLLEVAMENTO/ABBASSAMENTO PARATOIA

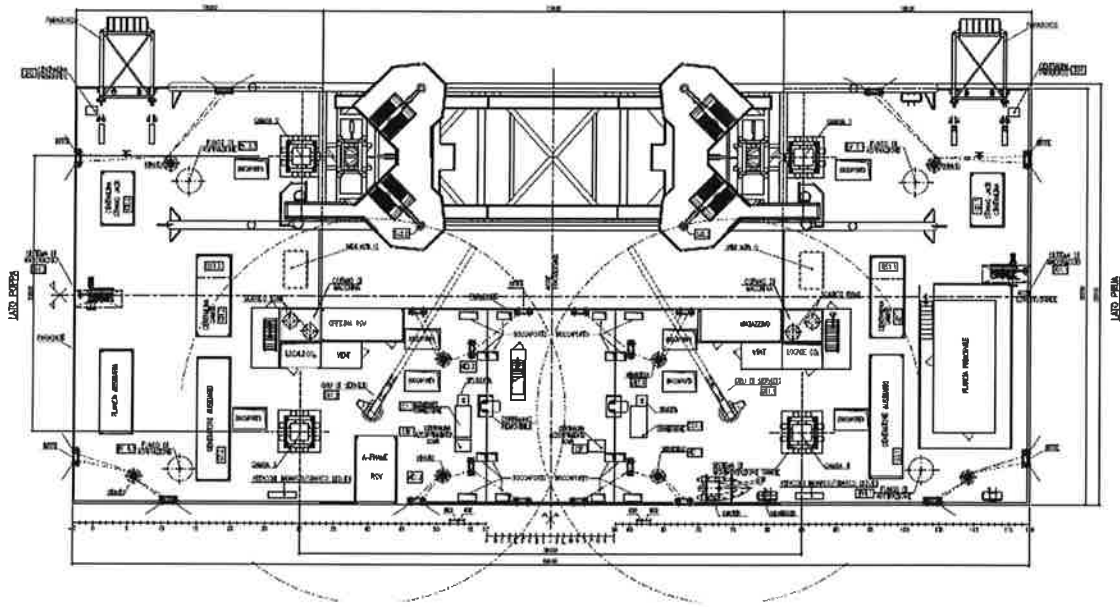
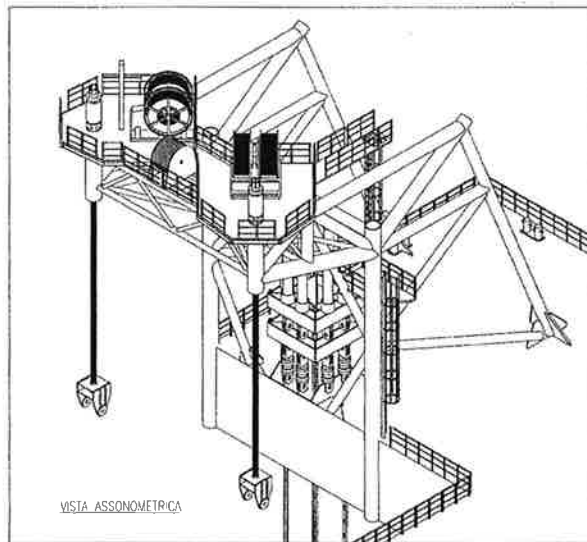


FIG. 1.3 - JACK-UP – PIANTA COPERTA


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

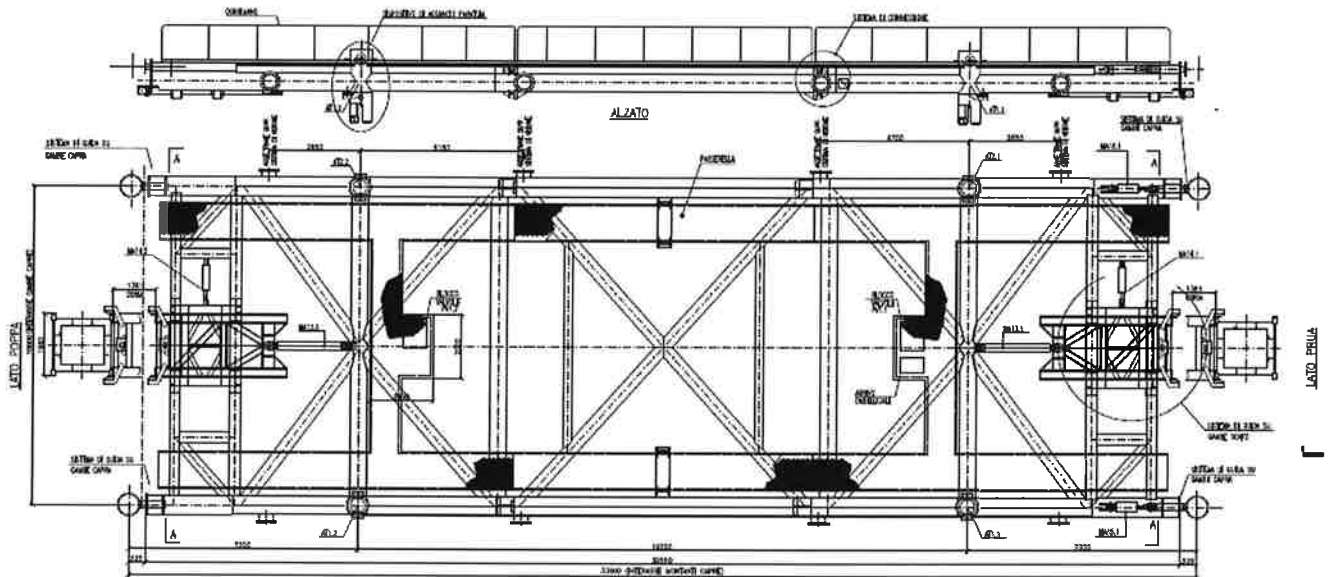
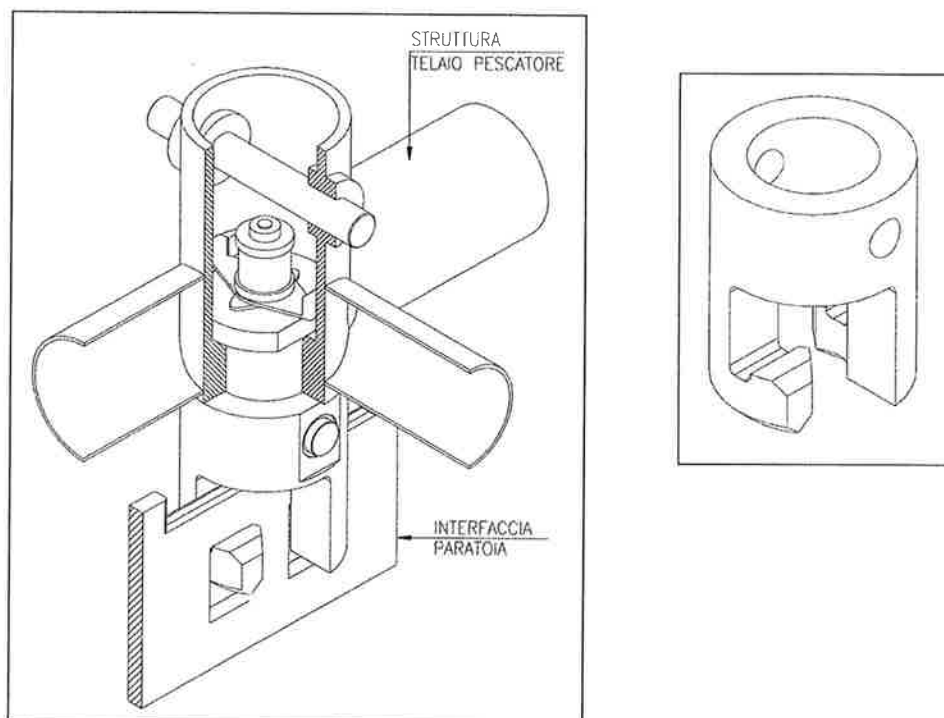


FIG. 1.5 - TELAIO PESCATORE


 FIG. 1.6 - DISPOSITIVO DI AGGANCIAMENTO PARATOIA - TWIST LOCK
 VISTA GENERALE E DEL GANCIO MOBILE

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 9
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO	

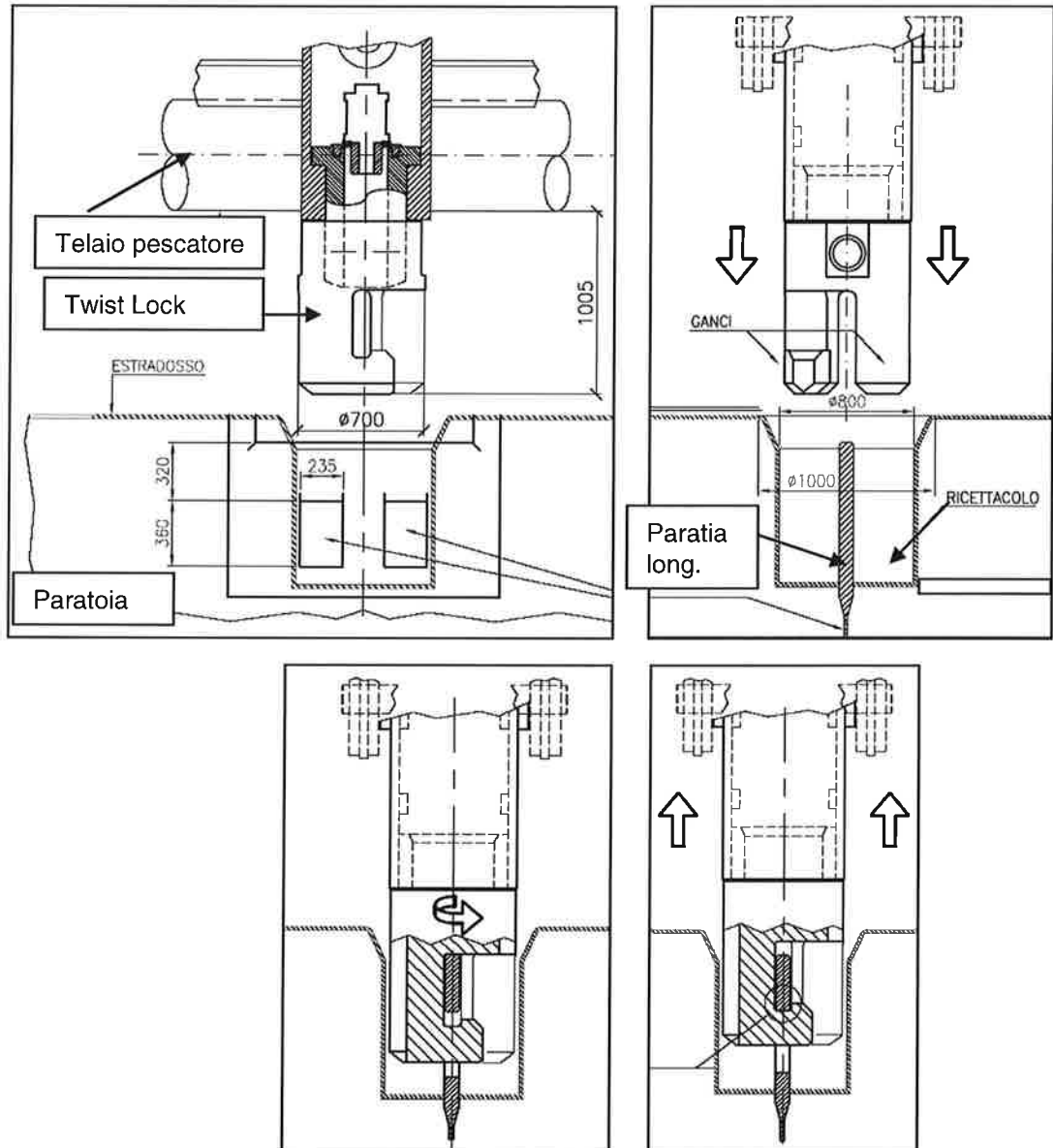



FIG. 1.7 - SEQUENZA DI INGAGGIO DI UN TWIST LOCK NEL RICETTACOLO DELLA PARATOIA

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 10
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO	

2. RIFERIMENTI

2.1. Elaborati del progetto esecutivo

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

- MV078P-PE-CZL-2001 Bocca di Chioggia - 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", 2013;

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

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

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 ≤ 40 mm	40 mm < t ≤ 63 mm	100 mm < t ≤ 150 mm	150 mm < t ≤ 200 mm	3 mm < t ≤ 100 mm	100 mm < t ≤ 250 mm
S355K2	-	-	335	-	285	470 ÷ 630	450 ÷ 600
S275J2	-	265	-	-	-	410 ÷ 560	-
S275J0	275	265	-	-	-	410 ÷ 560	-
S235JR	235	-	-	-	-	360 ÷ 510	-
P235TR1	235	-	-	-	-	360 ÷ 500	-

TAB. 3.2 - CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 12
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO	

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

- MV078P-PE-CAS-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 MV078P-PE-CAR-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:

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

dove:

i coefficienti di sicurezza h da assumere sono:

$h = 1,25$ per le situazioni di carico combinate

$h = 1,33$ per le condizioni di pressatura

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

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

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

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

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

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

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

TAB. 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:

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.

		Tensioni ammissibili (N/mm ²) in funzione dello spessore nominale (mm)						
Acciaio	h	≤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.

Coeff. sicurezza	Materiale	Tensioni ammissibili (N/mm ²) in funzione dello spessore nominale (mm)				Combinazioni di carico
		≤16	>16 ≤40	>40 ≤63	>150 ≤200	
h	Acciaio					
1,55	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

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 16
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO	

4. SCHEMATIZZAZIONE DELLA PARATOIA

4.1. Descrizione della paratoia

Le caratteristiche geometriche principali della paratoia sono:

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

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. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 17
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/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.

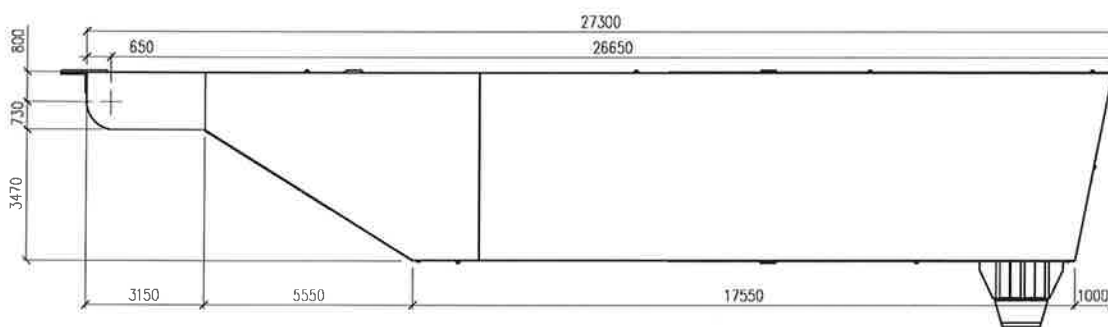


FIG. 4.1 – PARATOIA – VISTA LATERALE

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:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 18
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/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 MV078P-PE-CAR-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. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 19
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO	

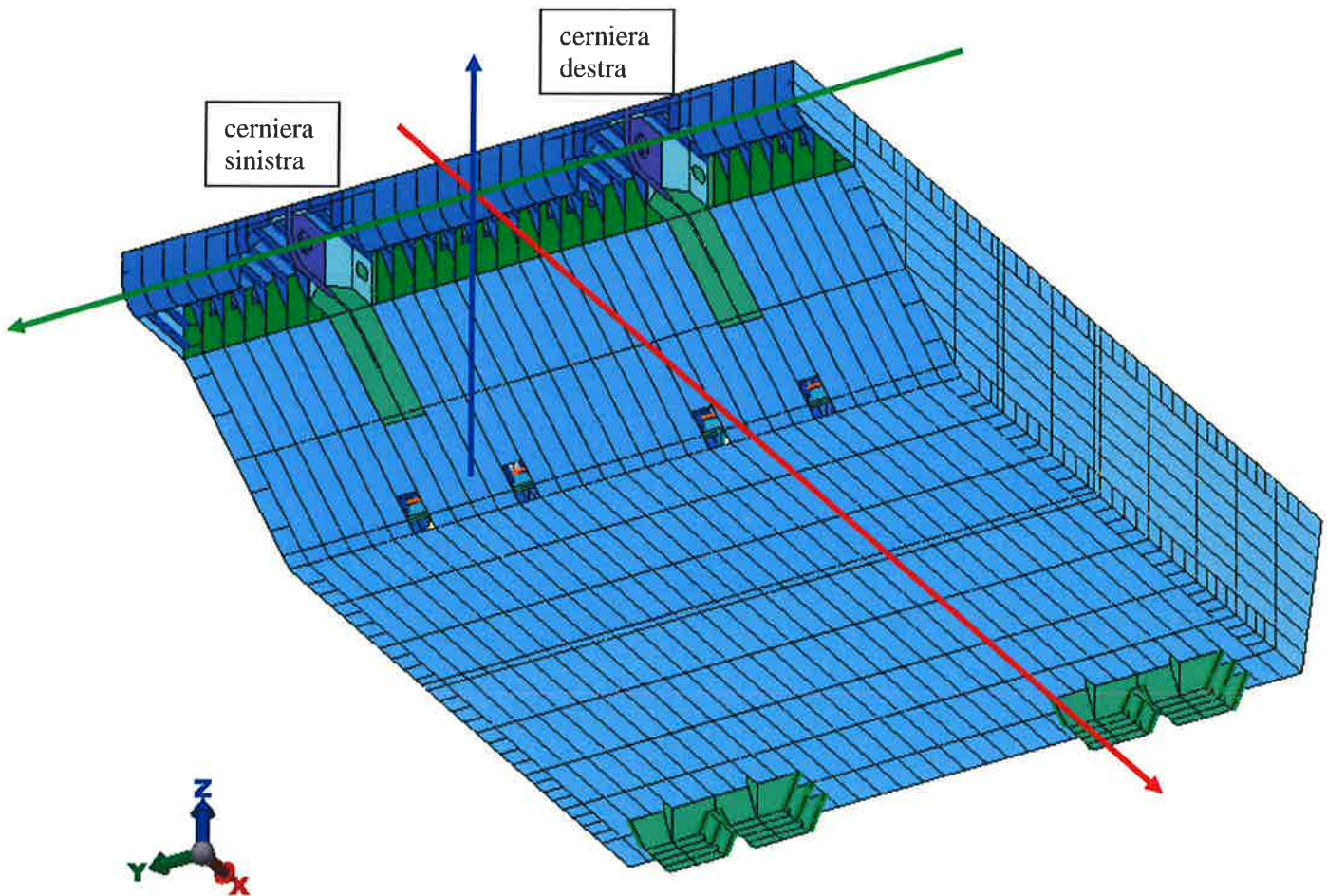


FIG. 4.2 – POSIZIONE SISTEMA DI RIFERIMENTO GLOBALE DEL MODELLO VISTA 3D

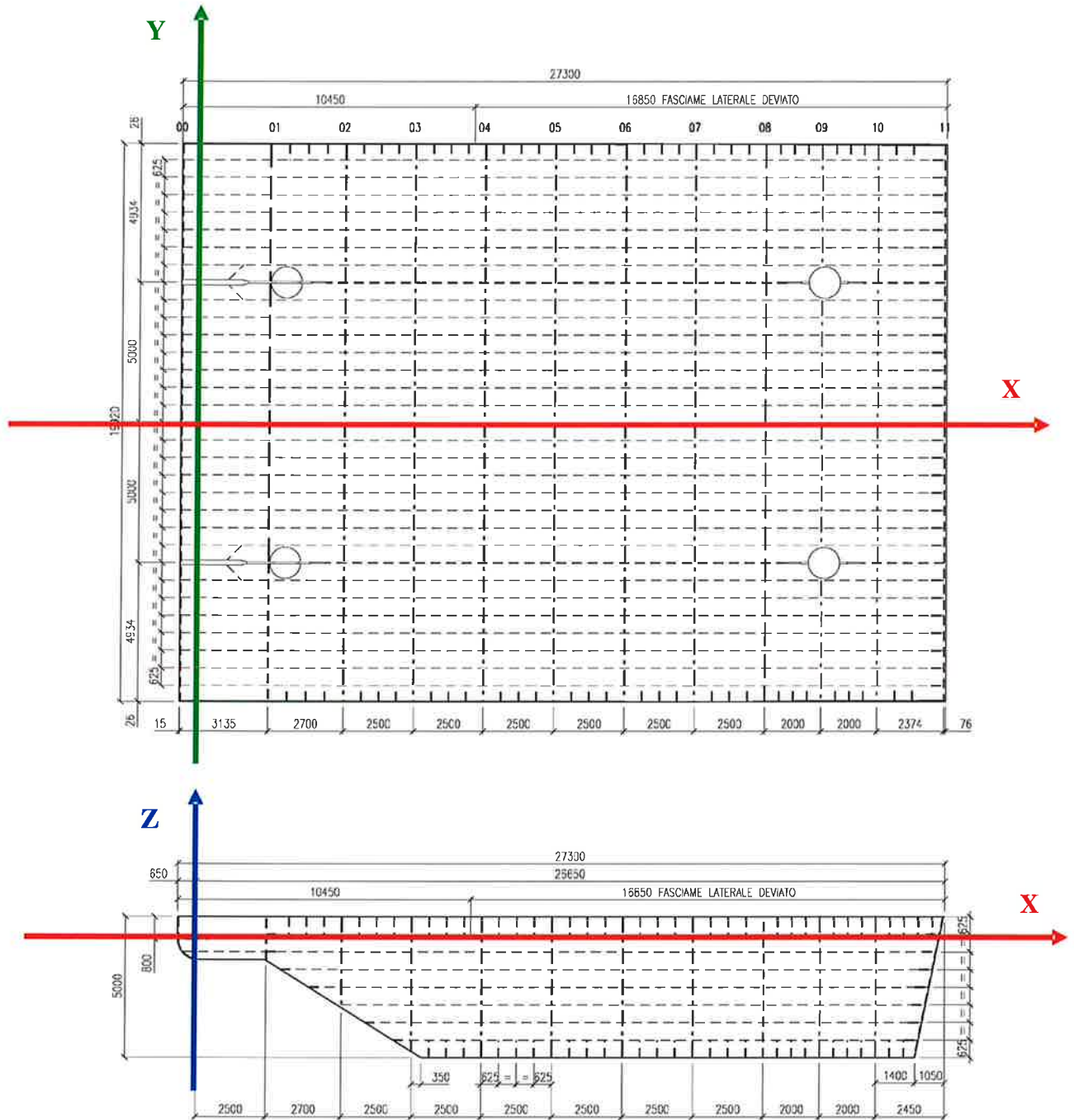
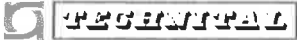


FIG. 4.3 – POSIZIONE SISTEMA DI RIFERIMENTO GLOBALE DEL MODELLO IN PIANTA E ALZATO

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 21
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/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 R.I.Na., Pt B, Ch 4, sec 2, Table 2.

Per ogni elemento:


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

Pertanto, nelle situazioni ricorrenti si ha:

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

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

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

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 22
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/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 27,30 m
- larghezza 19,92 m
- altezza 5,00m

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

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 23
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/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 MV078P-PE-CAR-2001.

Il modello è composto da:

- 118.459 nodi
- 16.309 elementi trave
- 106.162 elementi piastra
- 12.572 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.

Funzione	posizione	tipo	elemento Algor	spessore nominale (mm)	riduzione per corrosione (mm)
Fasciami esterni	superiore	lamiera	piastra	8-10-11	1,5
	inferiore	lamiera	piastra	8-10-11	1,5
	laterale	lamiera	piastra	8-10-11	1,5
	posteriore	lamiera	piastra	8-15	1,5
	anteriore	lamiera	piastra	11	1,5
	ossatura 01	lamiera	piastra	8-20	1,5
	inferiore sotto pinna	lamiera	piastra	20	1,5
Fasciami interni (paratie longitudinali)	tipici (15 mm solo per irrigidimenti pinne)	lamiera	piastra	10-11	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 300x11	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 11	2
	ossatura 03	lamiera piattabande	piastra trave	8-10-12 13	2
	ossatura 04	lamiera piattabande	piastra trave	8-10 13	2
	ossatura 05	lamiera piattabande	piastra trave	8-10 13	2
	ossatura 06	lamiera piattabande	piastra trave	8-11 13	2
	ossatura 07	lamiera piattabande	piastra trave	8-11 13	2
	ossatura 08	lamiera piattabande	piastra trave	8-11 13	2
	ossatura 09	lamiera piattabande	piastra trave	8-11 13	2
	ossatura 10	lamiera piattabande	piastra trave	8-11-13 13	2
	diaframma centrale	lamiera piattabande	piastra trave	10-11 11-13	2
Telaio ammortizzatori	ossatura 10	lamiera	piastra	10	1
		piattabande	trave	10	1
		lamiera	piastra	20	1

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

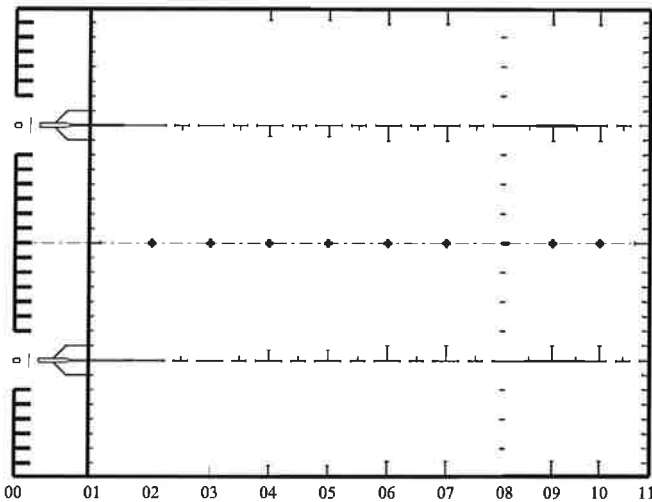
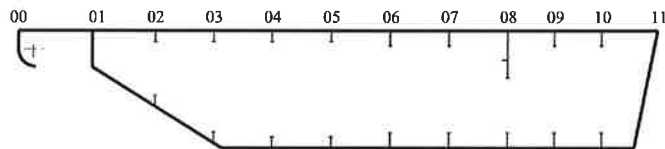
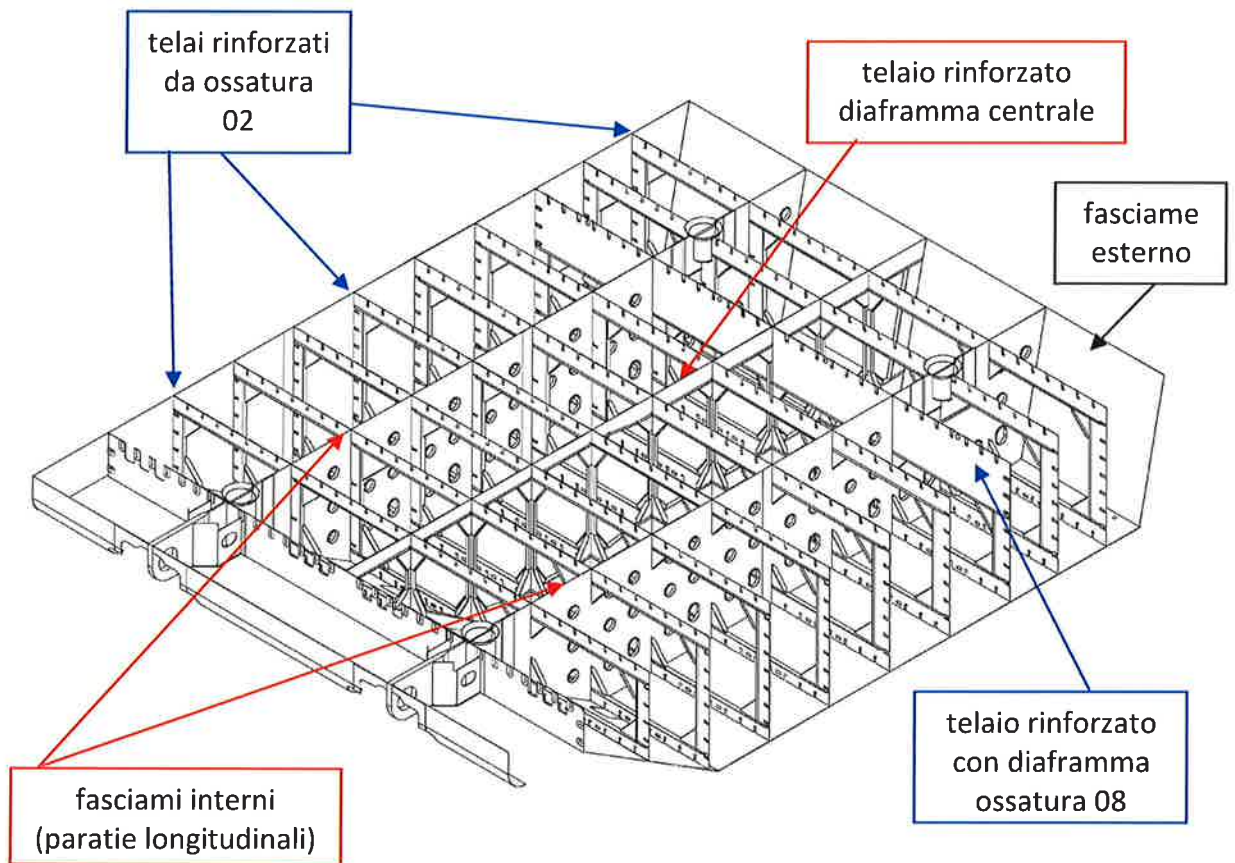


FIG. 4.4 - ELEMENTI PARATOIA E NUMERAZIONE OSSATURE

4.7. Fasciami

4.7.1. Fasciami esterni

I fasciami esterni sono stati schematizzati con elementi piastra aventi uno spessore 8 mm, 10 mm, 11 mm, 15 mm (solo per i rinforzi locali del fasciame posteriore) o 20 mm (solo per i rinforzi locali sotto le pinne), ridotto di 1,5 mm quale sovrappessore di corrosione.

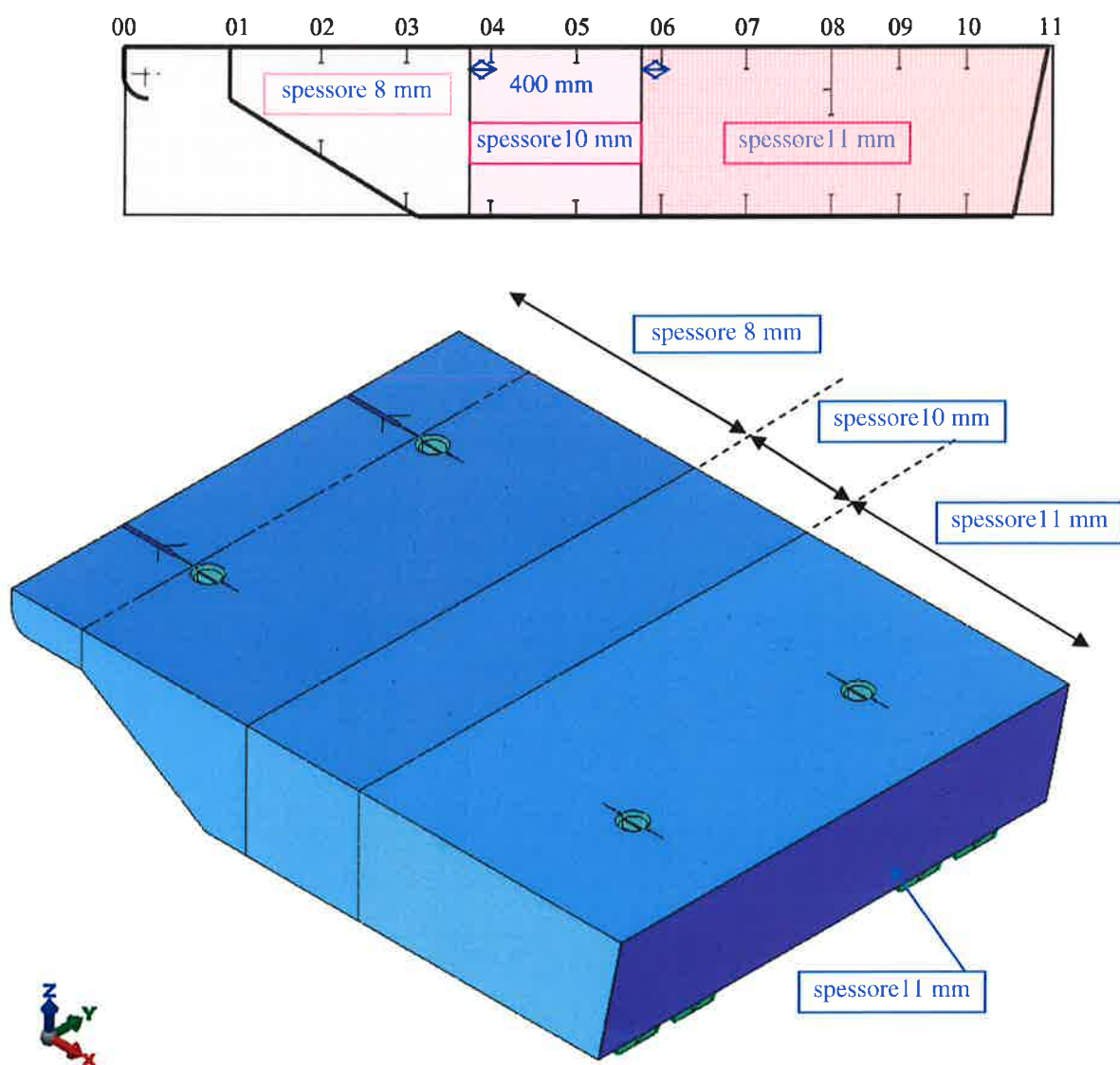


FIG. 4.5 – FASCIAMI ESTERNI: VISTA LATERALE E SUPERIORE

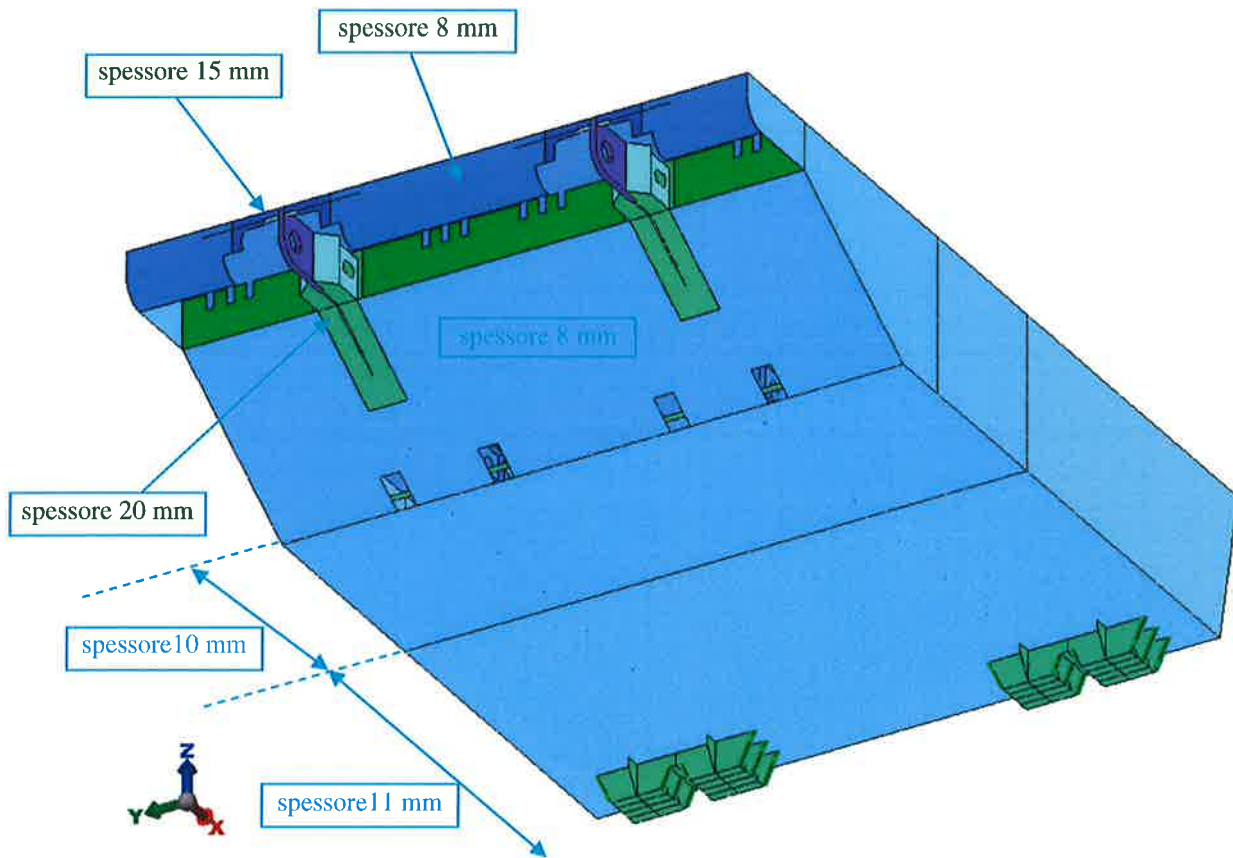



FIG. 4.6 – FASCIAMI ESTERNI: VISTA INFERIORE

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 28
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO	

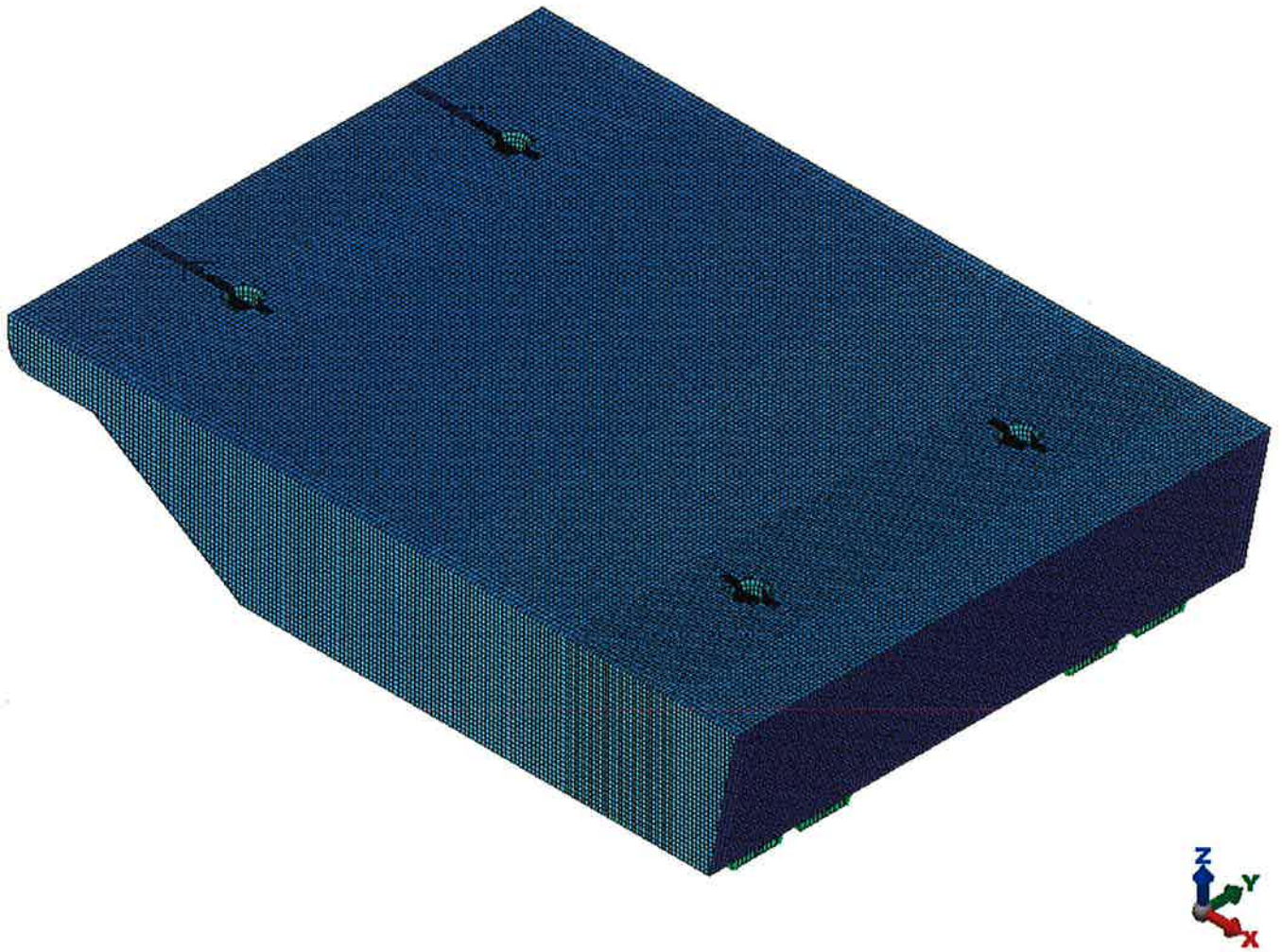


FIG. 4.7 – FASCIAMI ESTERNI: DETTAGLIO MESH

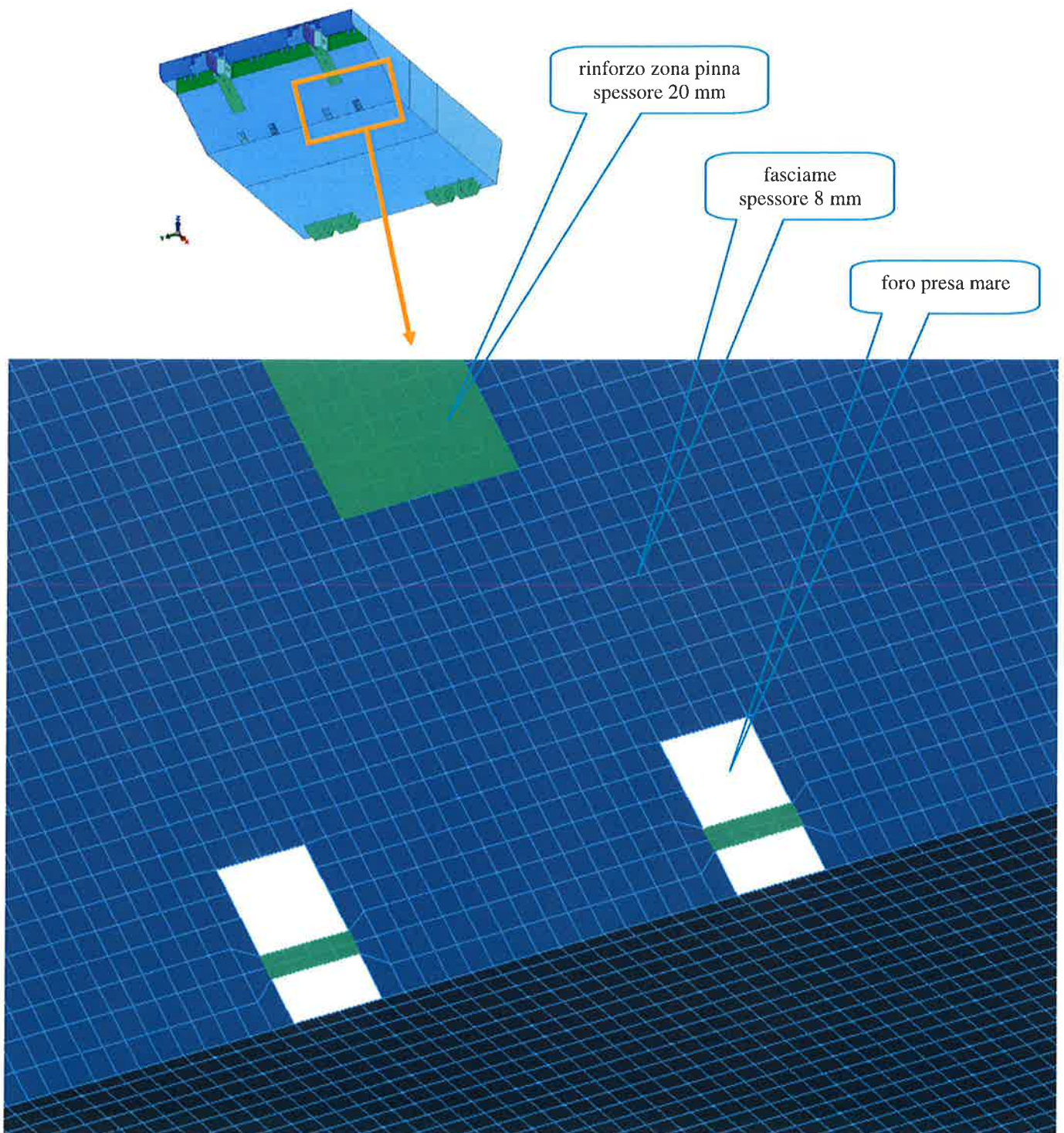


FIG. 4.8 – FASCIAMI ESTERNI: DETTAGLIO PRESE MARE VISTE DAL BASSO

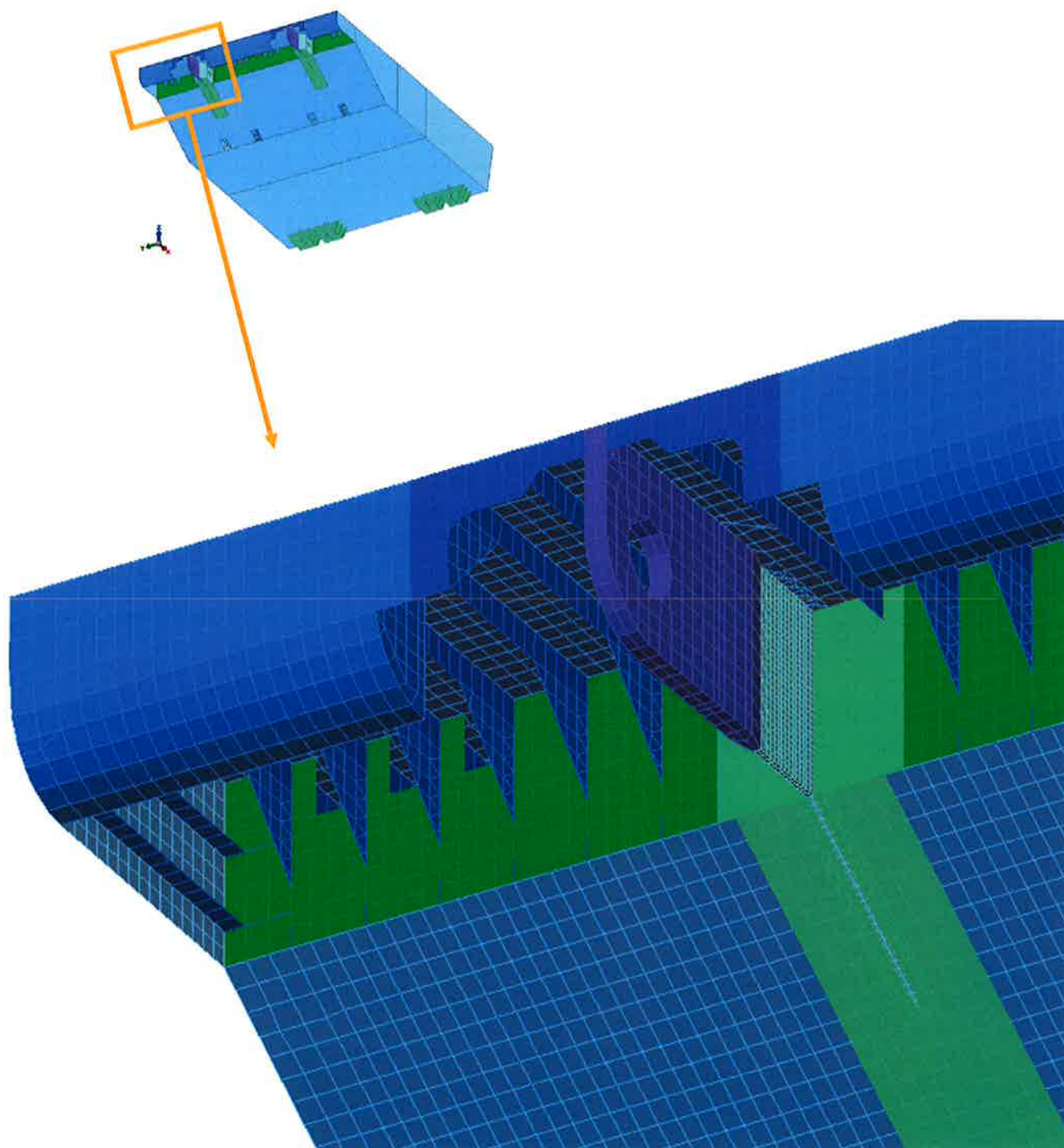


FIG. 4.9 – FASCIAMI ESTERNI: DETTAGLIO SFOGGI ARIA VISTI DAL BASSO

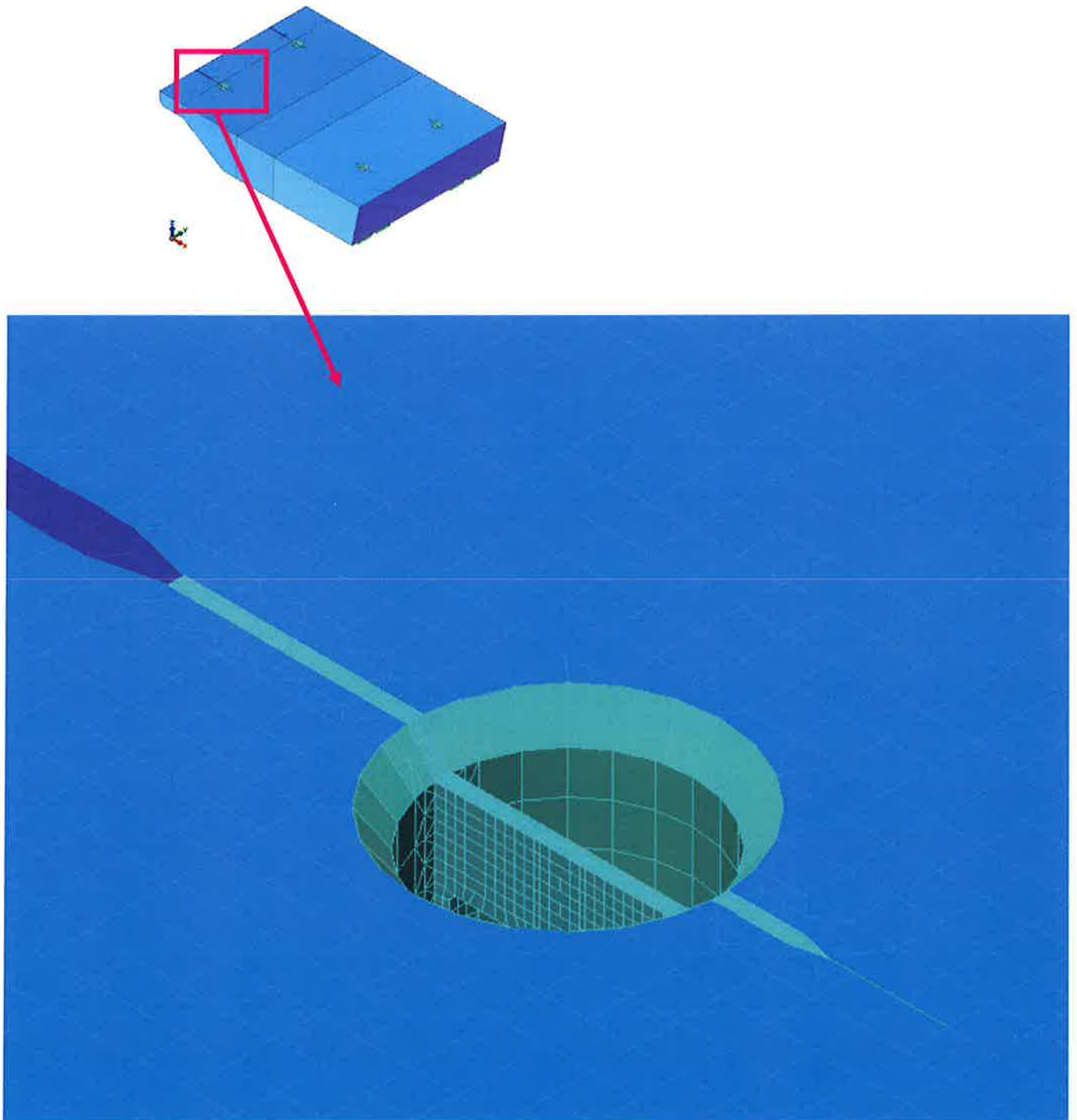


FIG. 4.10 – FASCIAMI ESTERNI: DETTAGLIO CAVA TWIST LOCK POSTERIORE

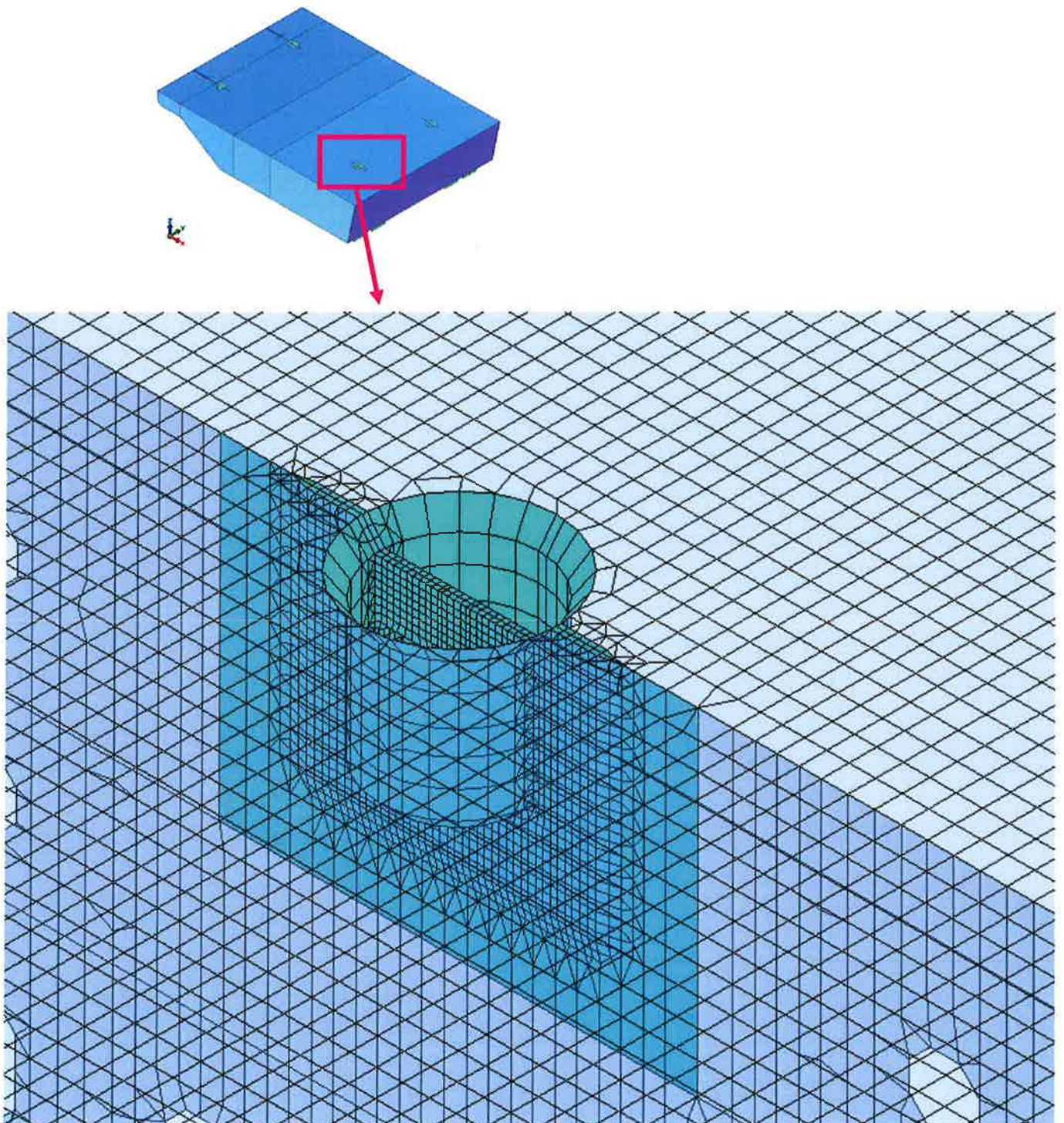


FIG. 4.11 – FASCIAMI ESTERNI: DETTAGLIO CAVA TWIST LOCK ANTERIORE

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, 11, 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.

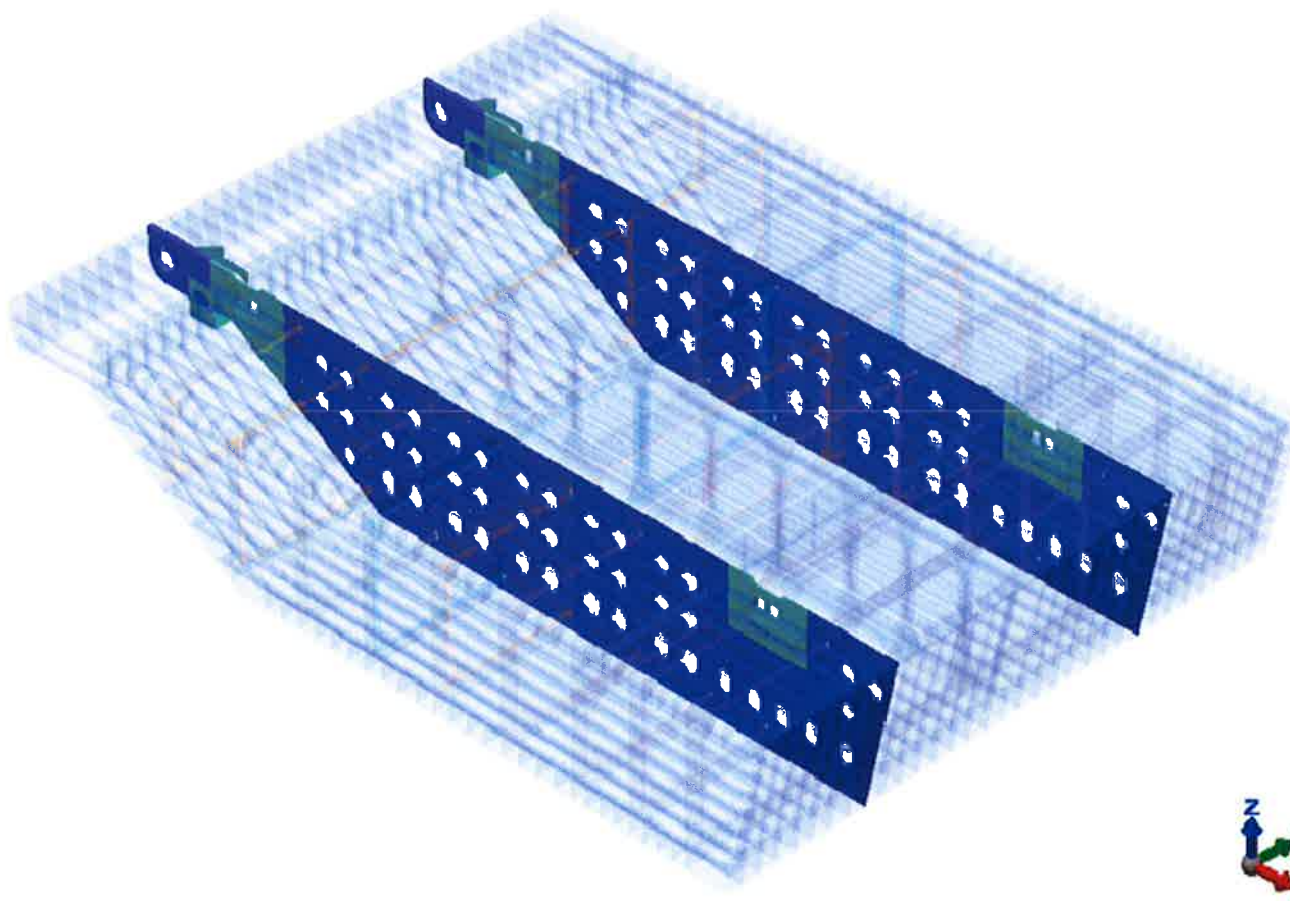


FIG. 4.12 – FASCIAMI INTERNI

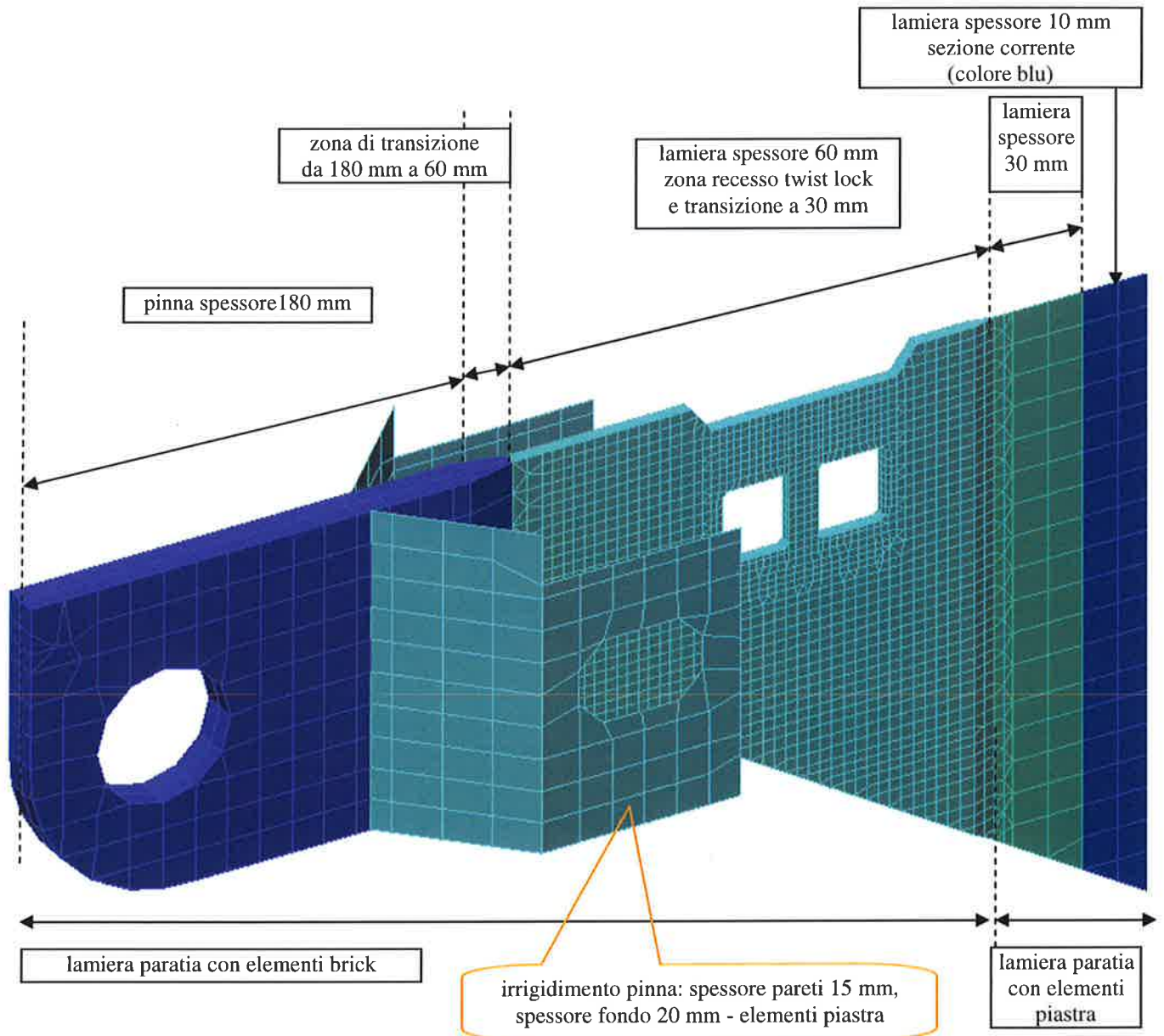


FIG. 4.13 – PARATIE LONGITUDINALI: DETTAGLIO PINNA E ZONA RECESSO TWIST LOCK POSTERIORE

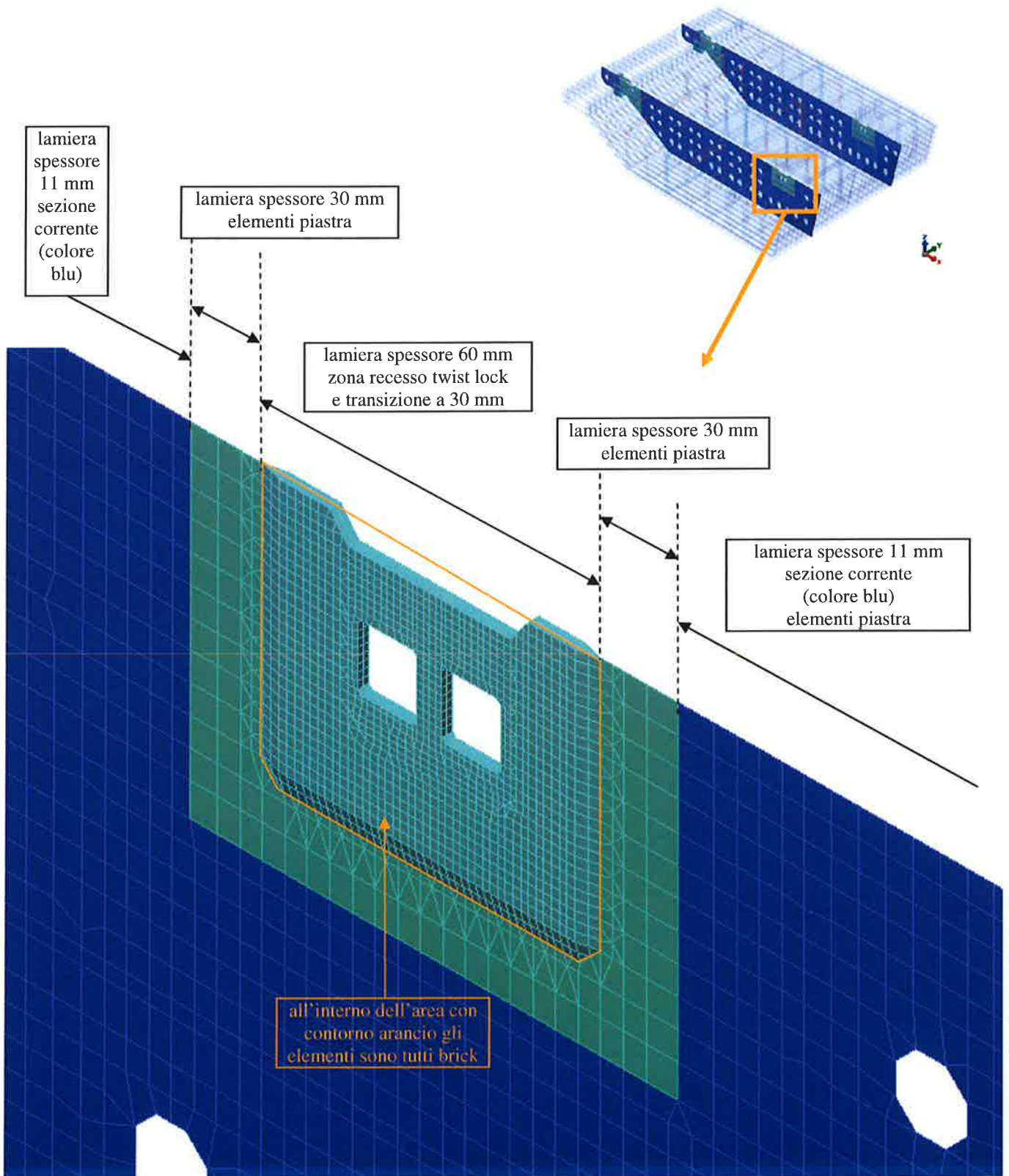


FIG. 4.14 – PARATIE LONGITUDINALI: DETTAGLIO ZONA RECESSI TWIST LOCK ANTERIORE

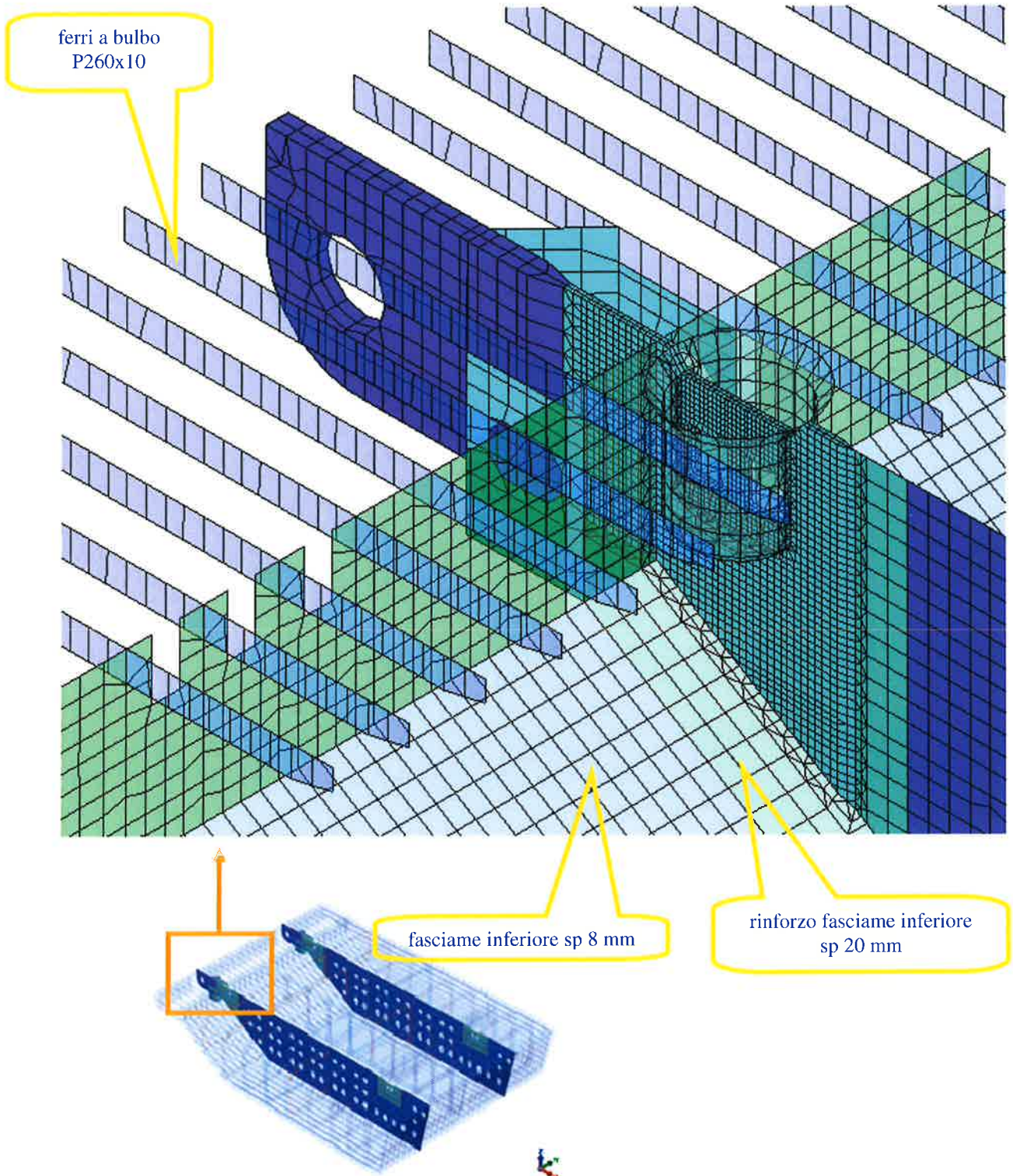


FIG. 4.15 – FASCIAMI INTERNI: DETTAGLIO RINFORZI ZONA CERNIERE

4.8. Rinforzi ordinari

4.8.1. Piatti

I piatti di rinforzo dei diaframmi longitudinali e del diaframma verticale dell'ossatura 08 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.

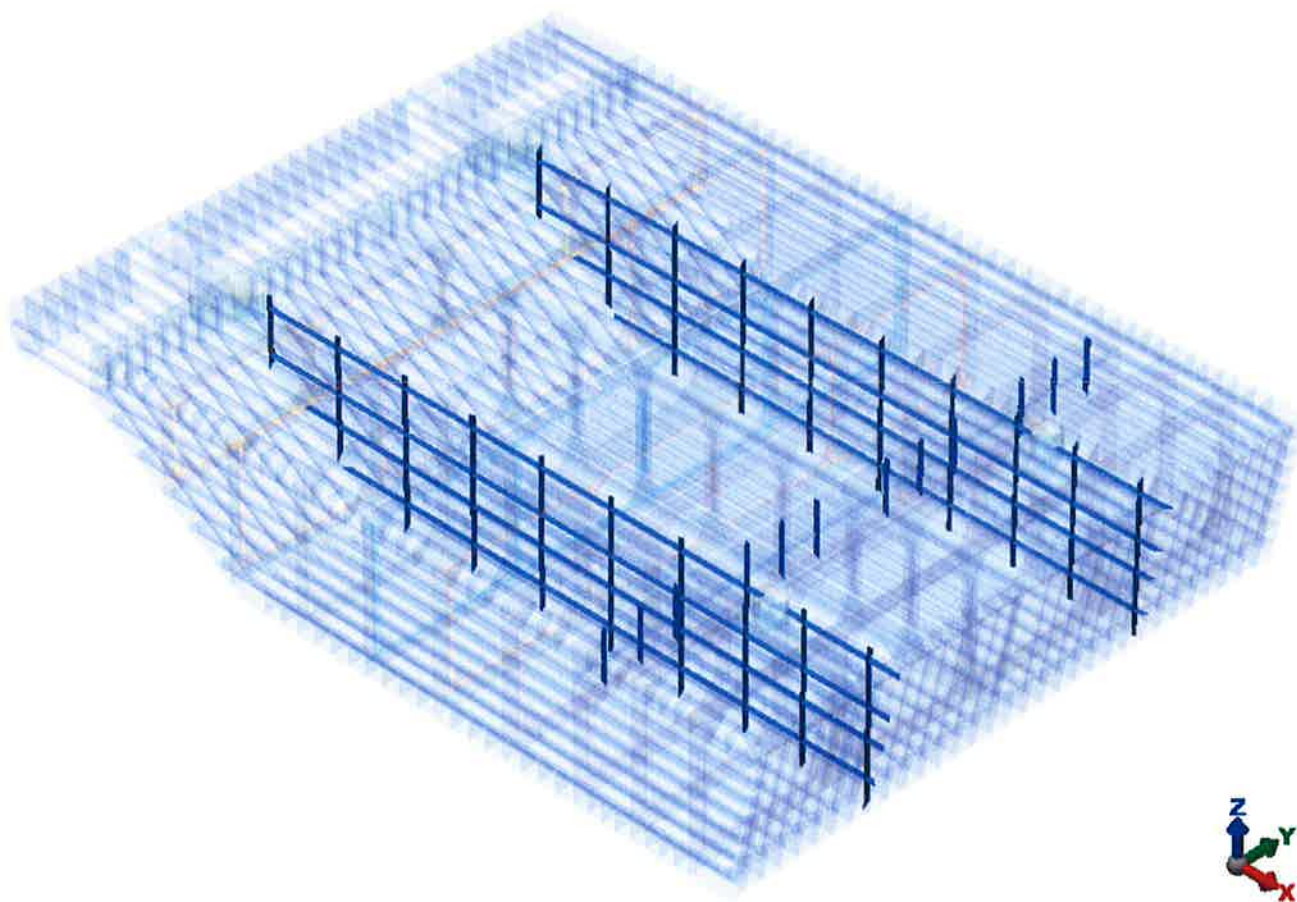


FIG. 4.16 – PIATTI DI RINFORZO SU PARATIE LONGITUDINALI E DIAFRAMMA OSS. 08

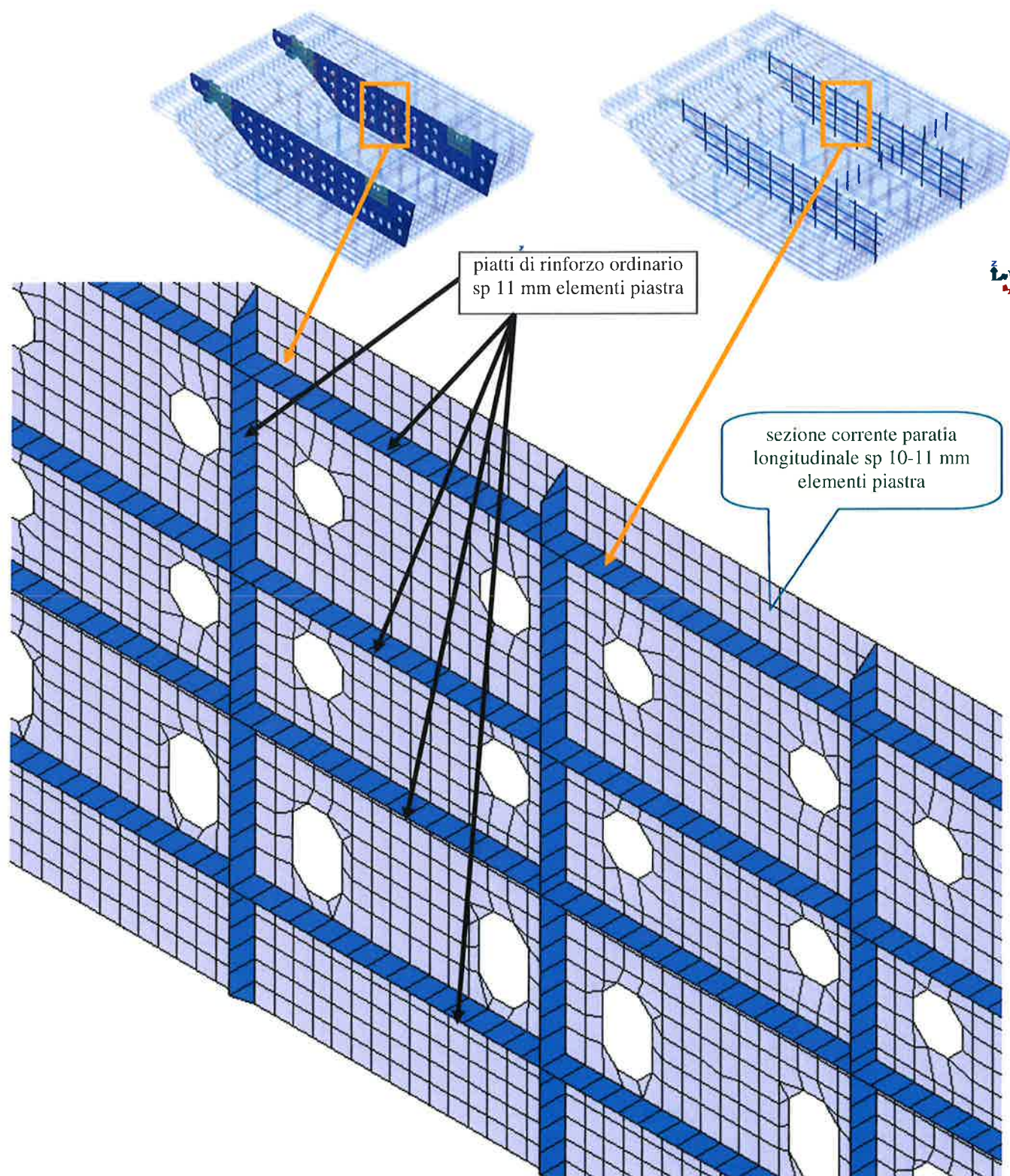


FIG. 4.17 – PIATTI DI RINFORZO: DETTAGLIO MESH SU PARATIE LONGITUDINALI

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.

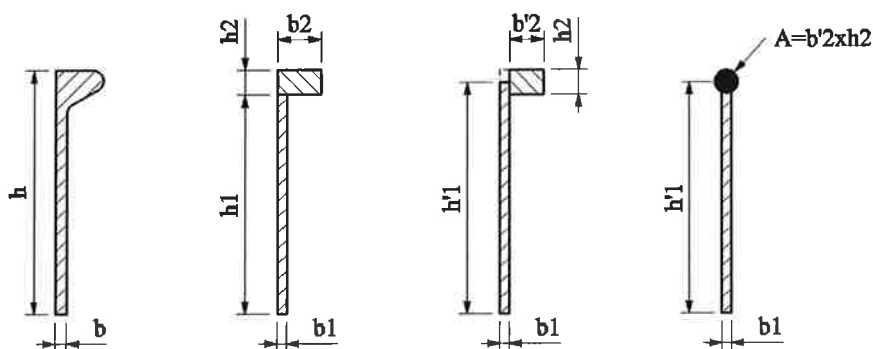


FIG. 4.18 – CONVERSIONE FERRI A BULBO

dove:


$h \times b$ = dimensioni bulbo.

Trasformazione secondo il metodo R.I.Na. (ref. Parte B, Capitolo 4, Sezione 3, Par. 3.1.2) con:

$$b1 = b - 2$$

$$h1 + h2 = h$$

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

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 40
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/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
200x9	180.3	7.0	19.7	34.9	190.15	31.35
220x10	198.1	8.0	21.9	38.8	209.05	34.84
260x10	233.7	8.0	26.3	44.8	246.85	40.81
300x11	269.4	9.0	30.6	51.8	284.70	47.28

TAB. 4.2 – CONVERSIONE BULBI

I ferri a bulbo sono:

- P180x8 sui fasciami dall'ossatura 00 alla 04 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;
- P200x9 sui fasciami dall'ossatura 04 circa all'ossatura 06 circa;
- P200x10 sui fasciami dall'ossatura 06 circa all'ossatura 11;
- P300x11 sul fasciame anteriore;

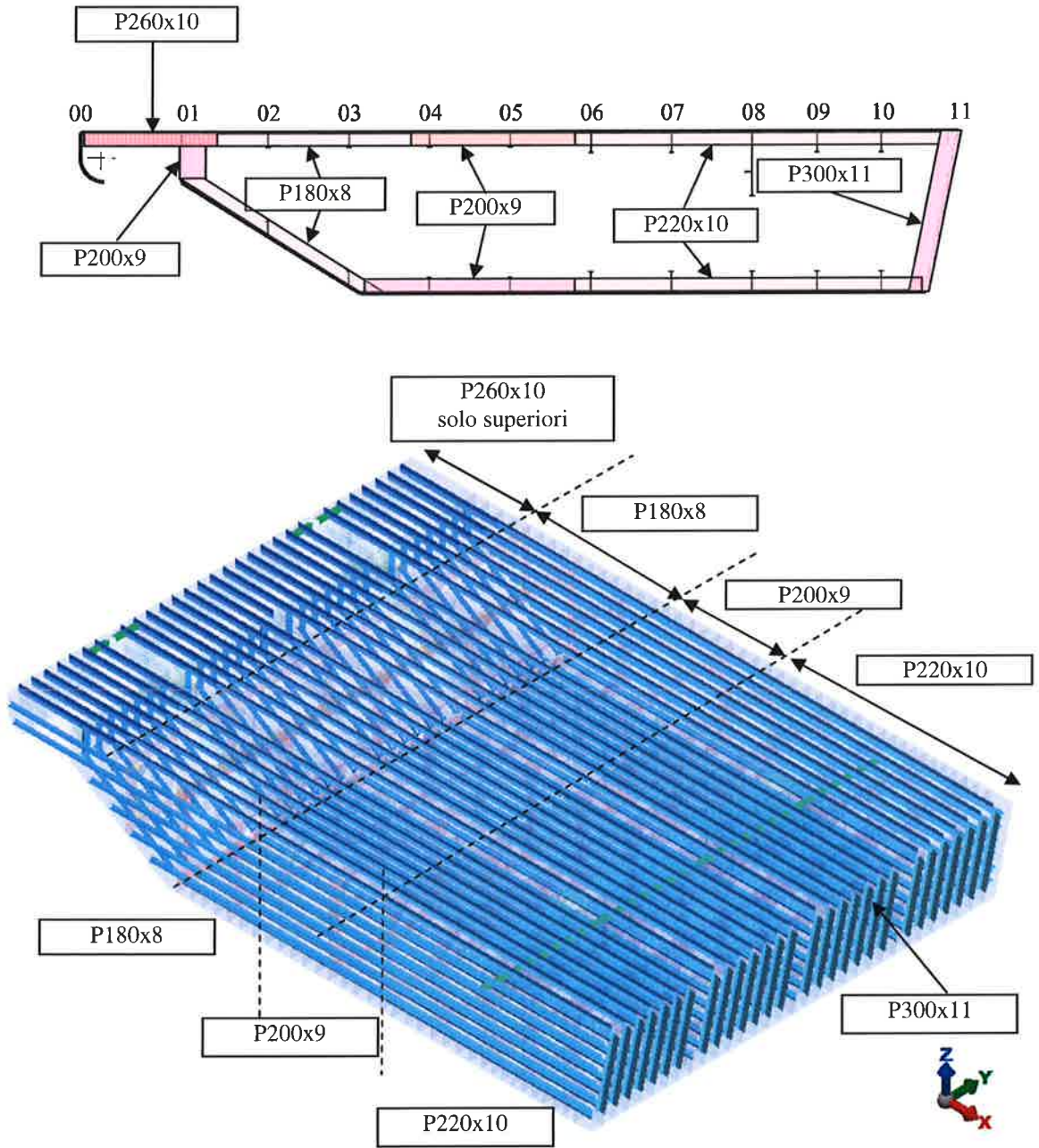


FIG. 4.19 – FERRI A BULBO

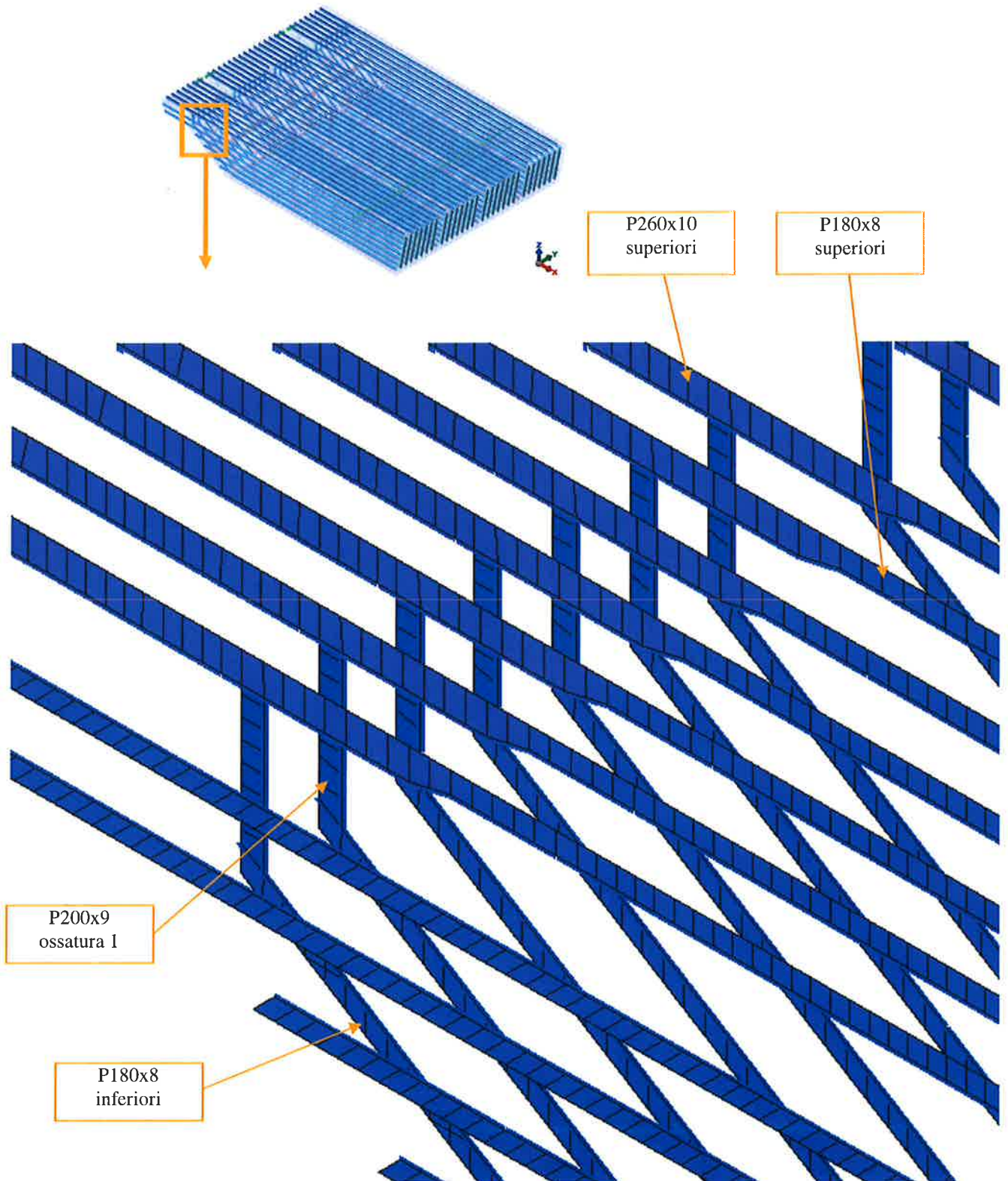


FIG. 4.20 – FERRI A BULBO: DETTAGLIO MESH (ZONA POSTERIORE ALTA)

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.

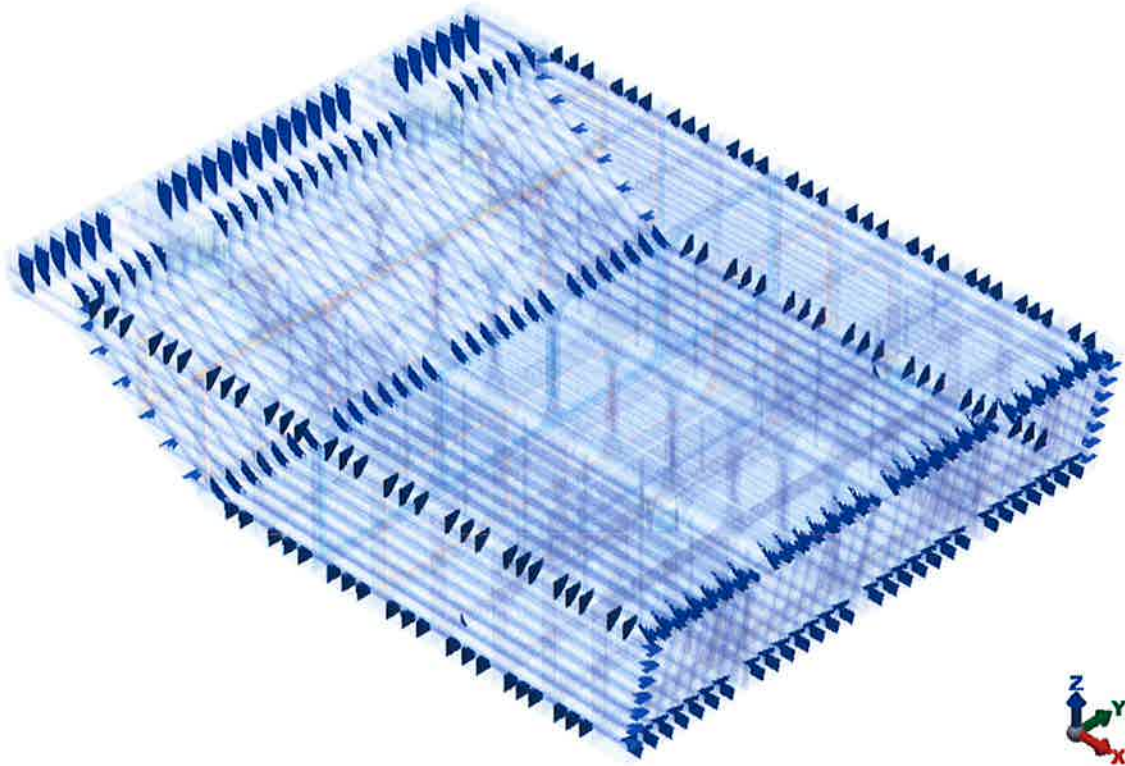


FIG. 4.21– SQUADRE

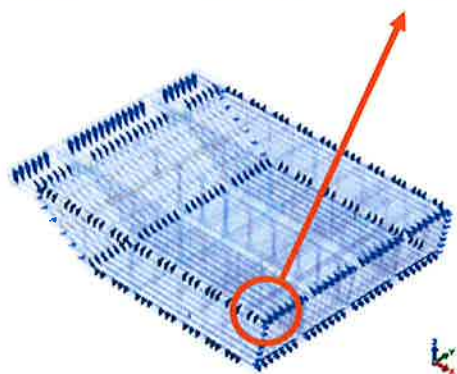
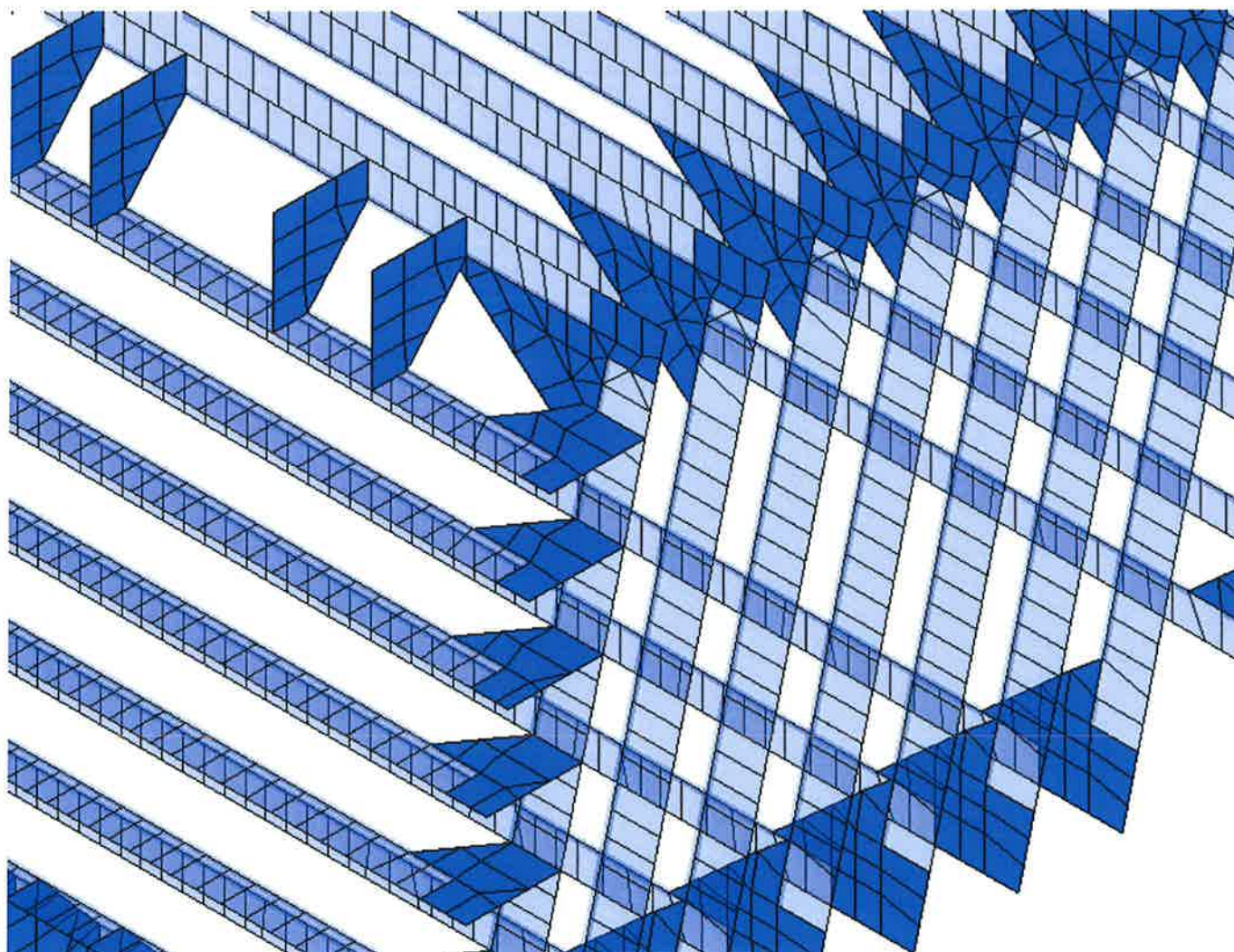


FIG. 4.22 – SQUADRE: DETTAGLIO MESH (ZONA ANTERIORE ALTA)

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.

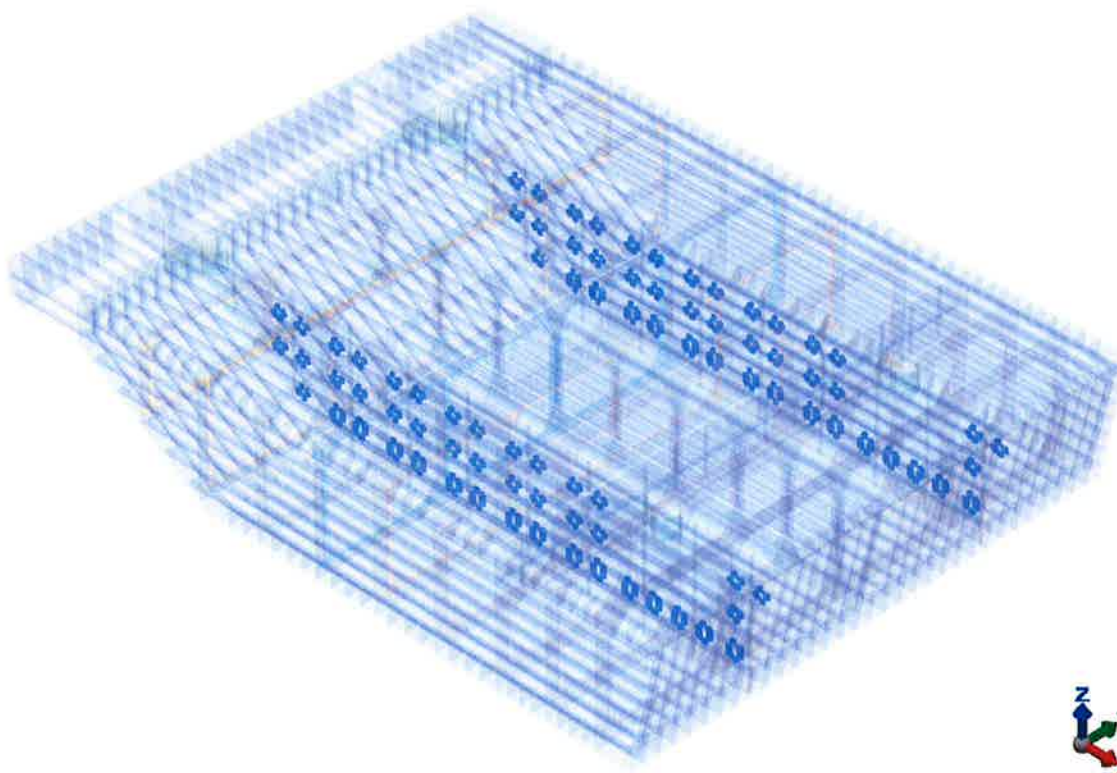


FIG. 4.23 – PIATTI RINFORZO FORI

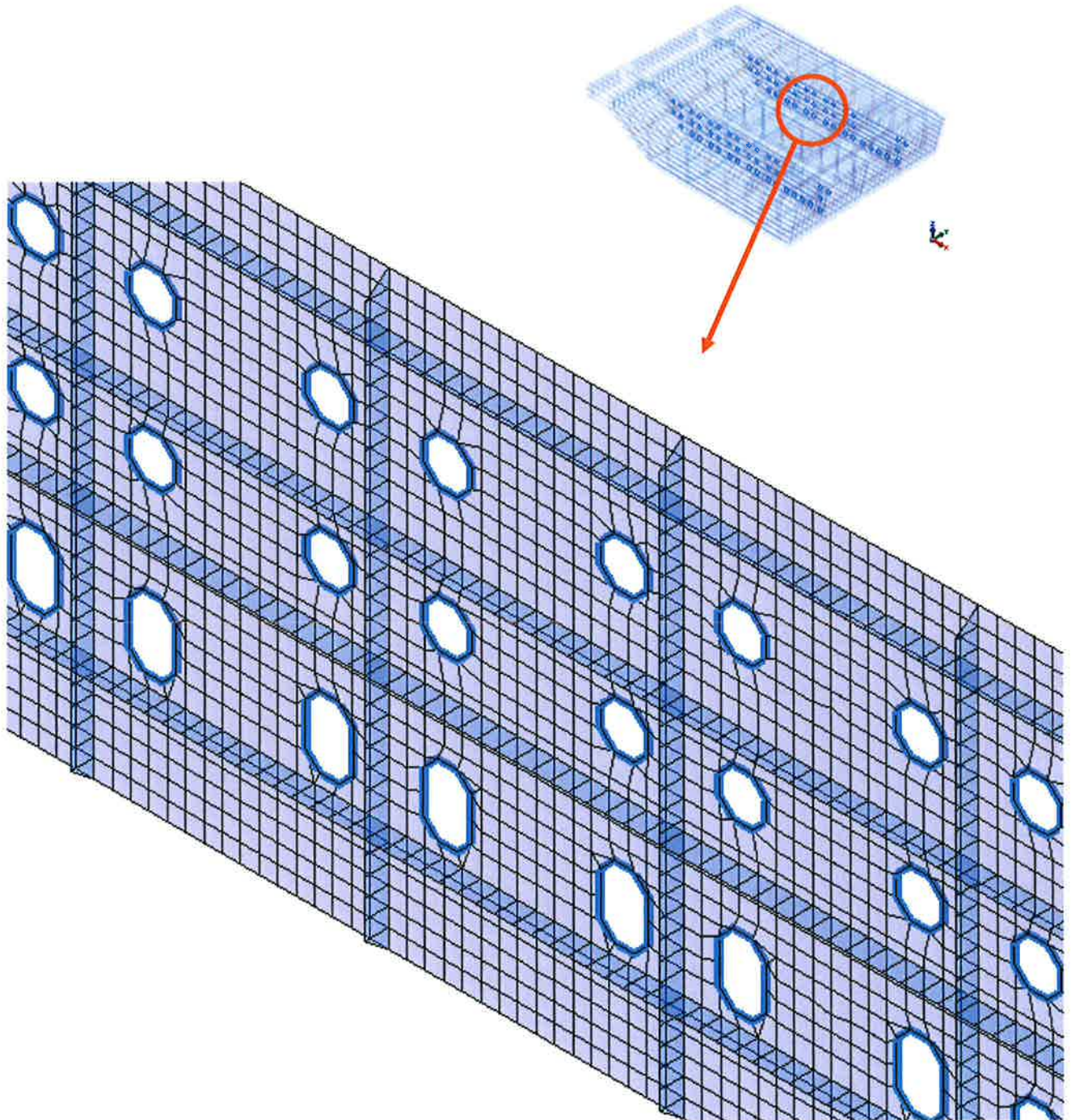


FIG. 4.24 – PIATTI RINFORZO FORI: DETTAGLI

4.11. Telai rinforzati

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

Le piattabande delle travi rinforzate vengono schematizzate come travi.

Per tener conto dei sovra-spessori di corrosione gli spessori delle anime e delle piattabande delle travi rinforzate, usati nelle verifiche, sono quelli a disegno diminuiti di 2,0 mm.

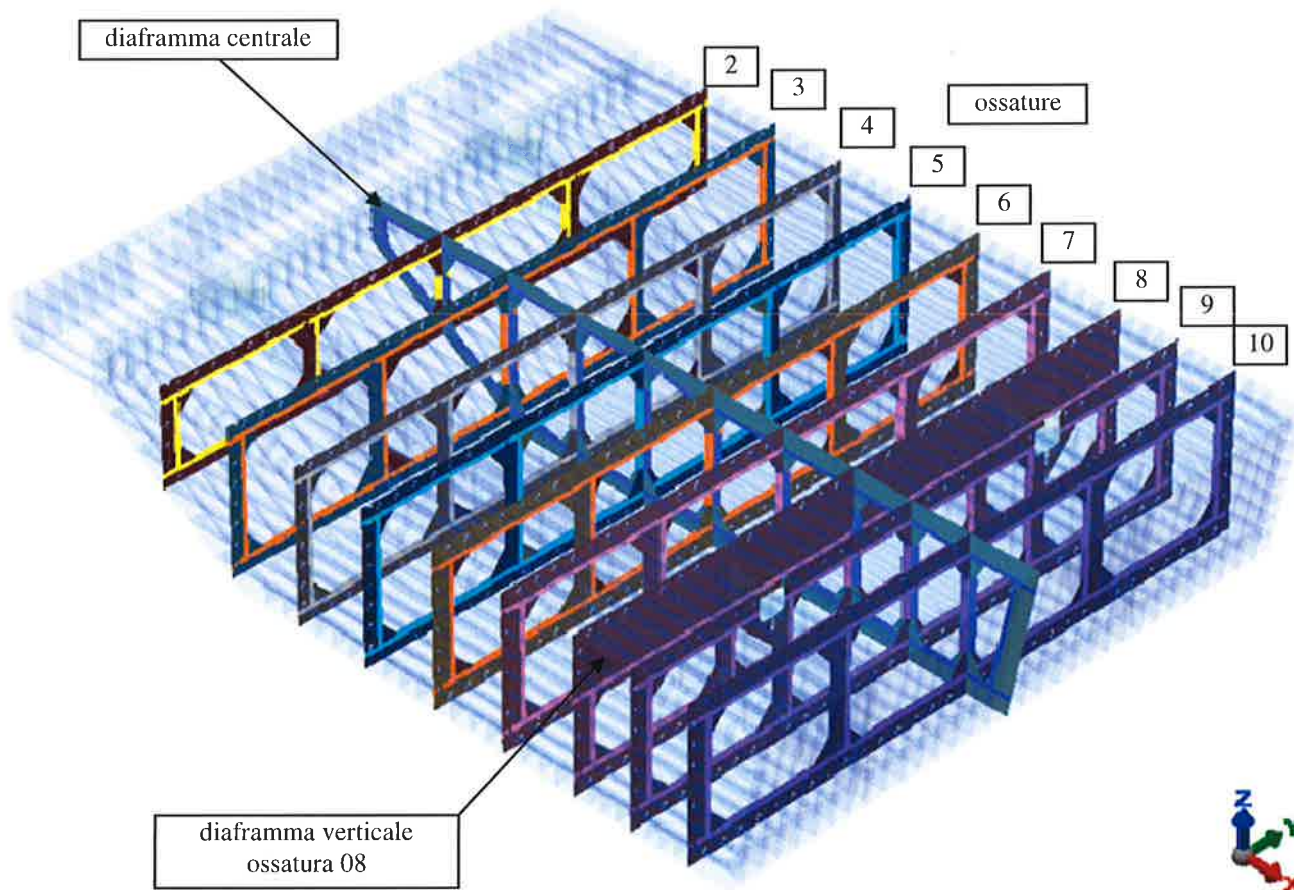


FIG. 4.25 – TELAI RINFORZATI

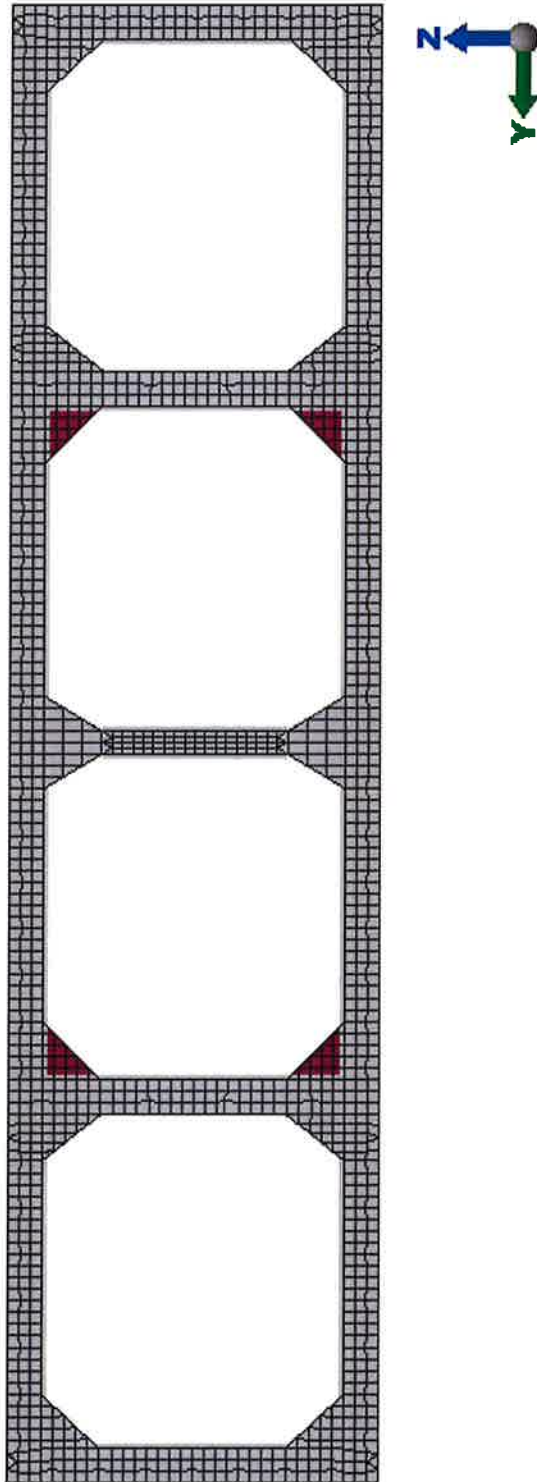


FIG. 4.26 – TELAI RINFORZATI 2, 3, 4, 5: ALTEZZA ANIME 460 MM

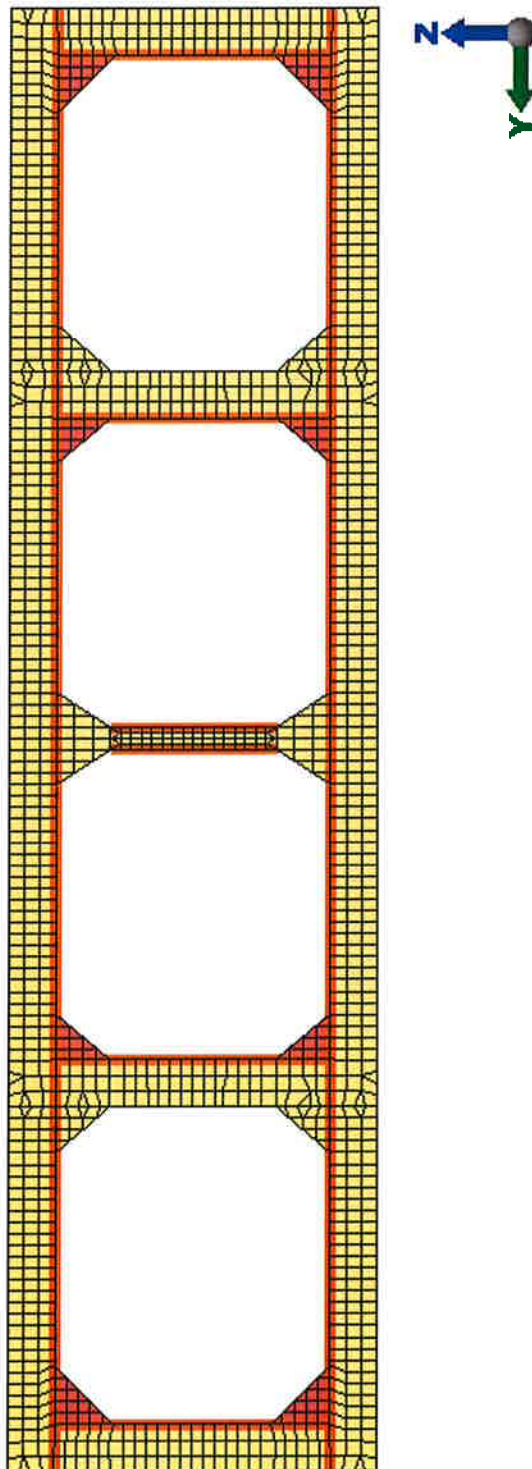


FIG. 4.27 – TELAI RINFORZATI 6, 7, 10: ALTEZZA ANIME 640 MM

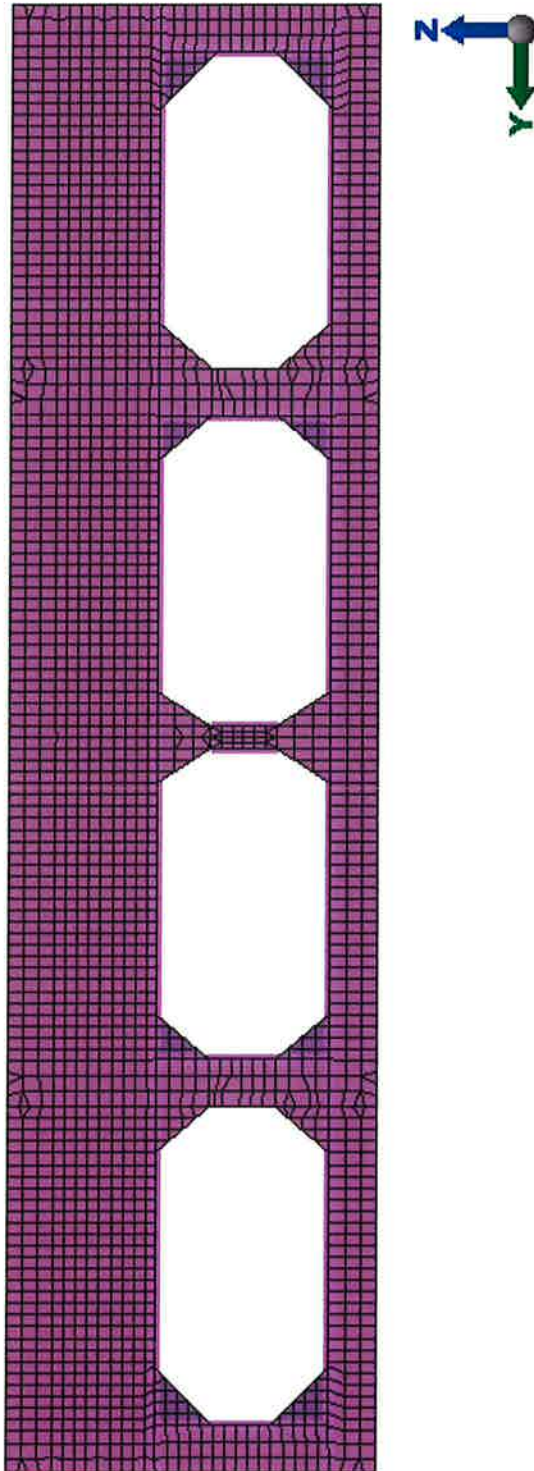


FIG. 4.28 – TELAIO RINFORZATO 8: DIAFRAMA VERTICALE

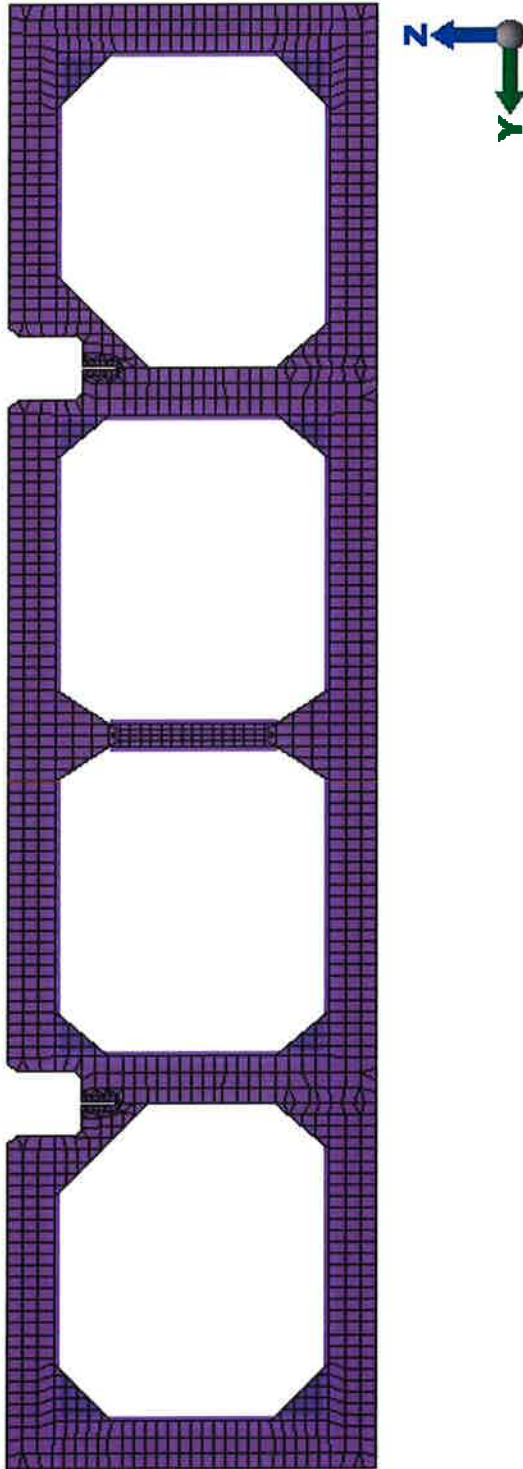


FIG. 4.29 – TELAIO RINFORZATO 9: ALTEZZA ANIME 640 MM

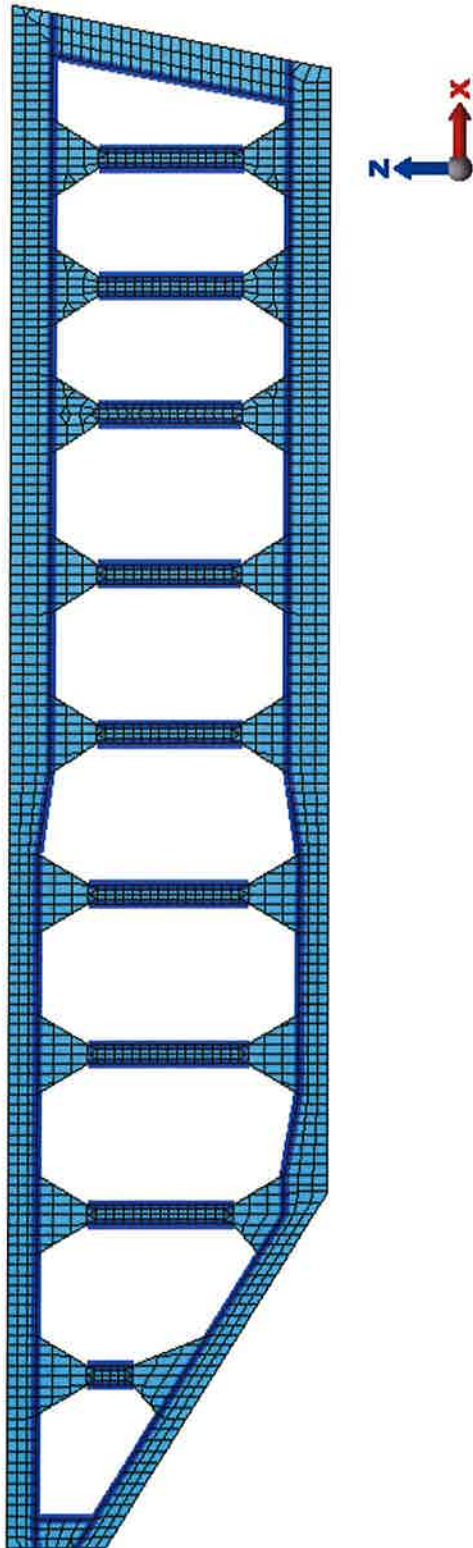


FIG. 4.30 – TELAI RINFORZATI: DIAFRAMMA CENTRALE

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.

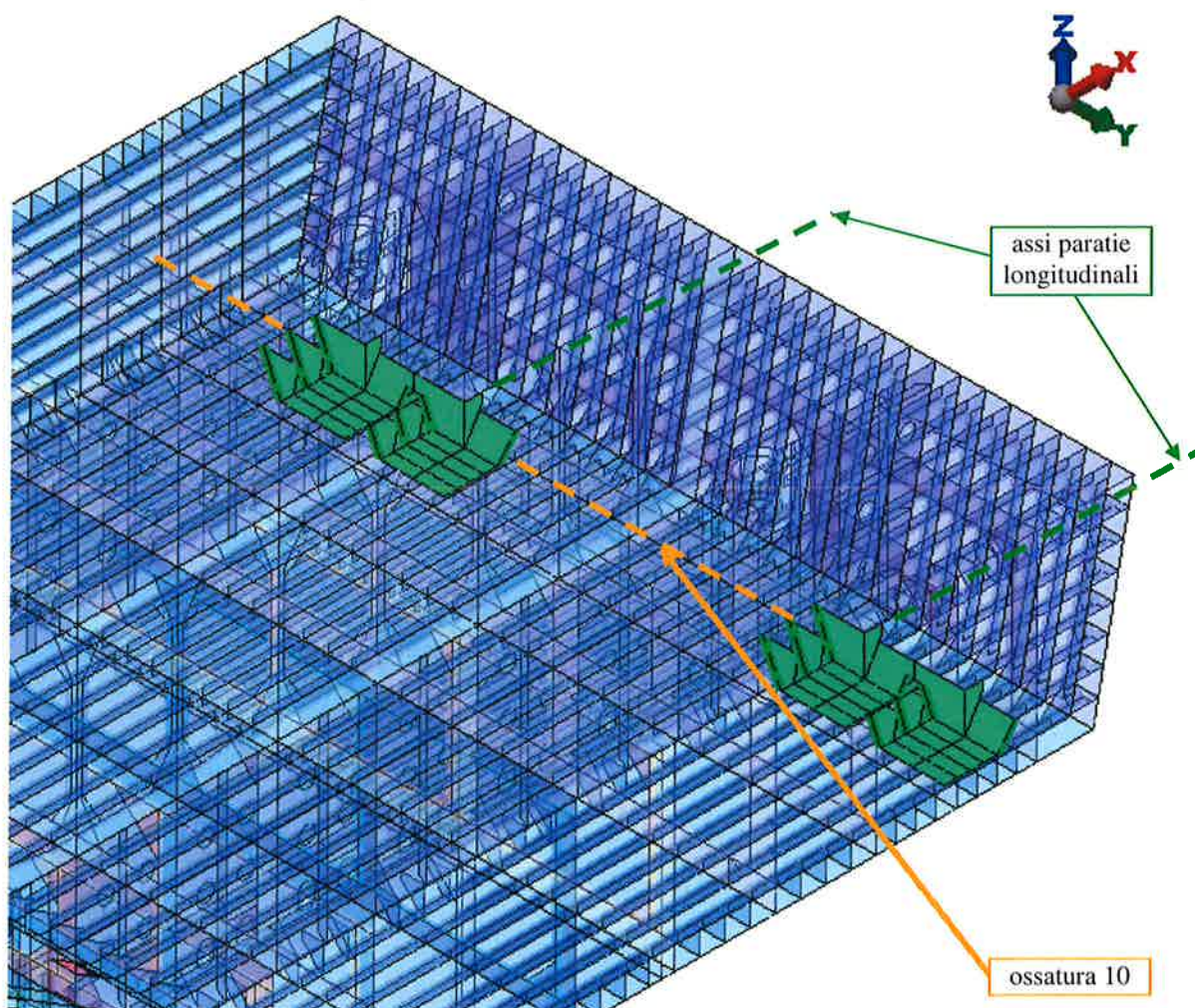


FIG. 4.31 - SUPPORTI AMMORTIZZATORI

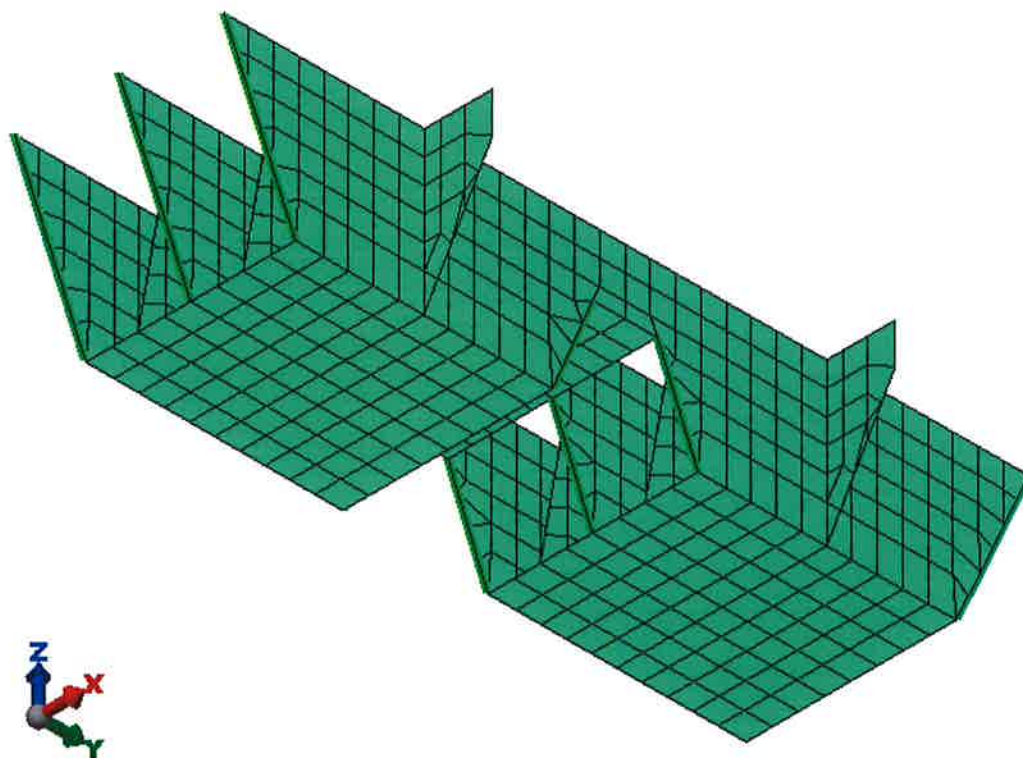


FIG. 4.32 - SUPPORTI AMMORTIZZATORI: DETTAGLI

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.

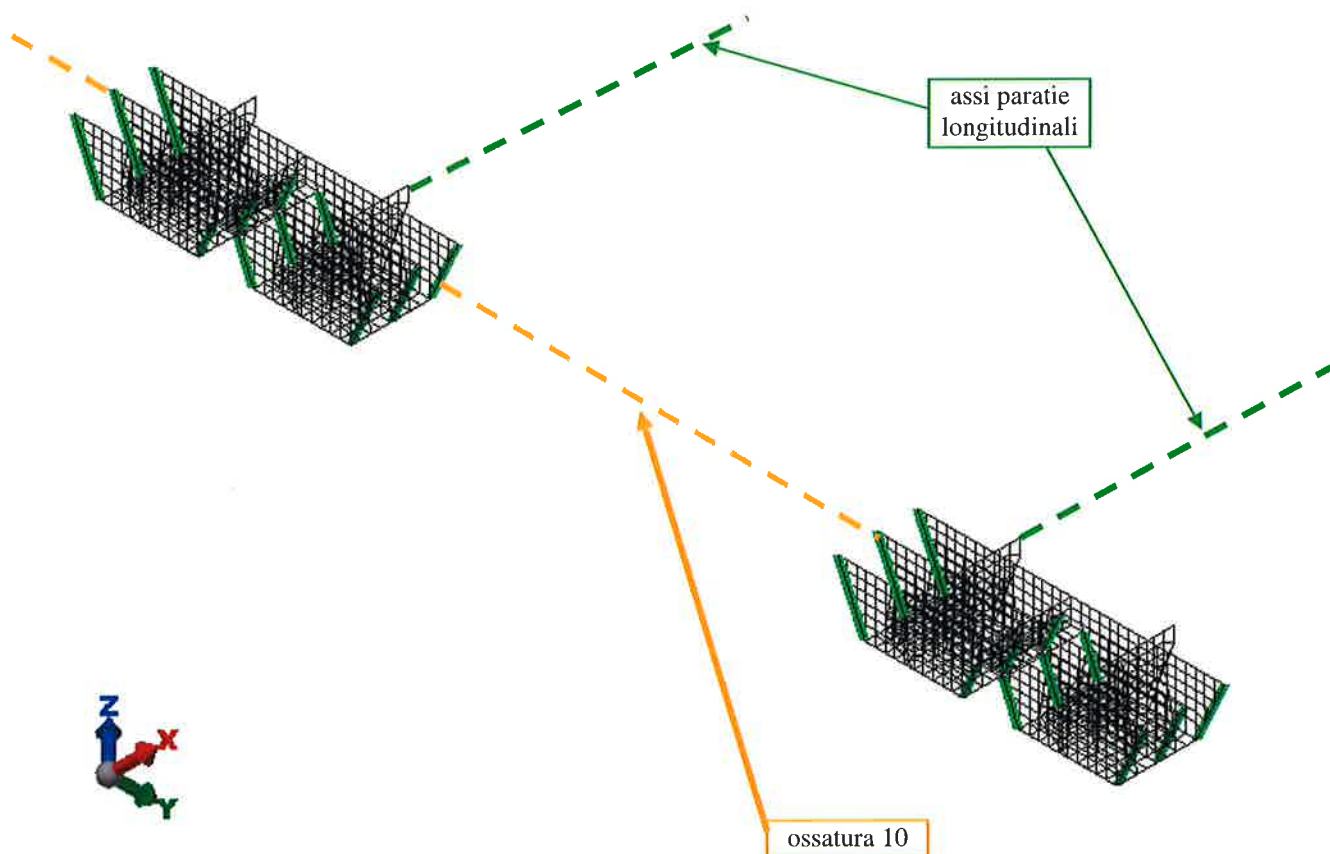


FIG. 4.33 - SUPPORTI AMMORTIZZATORI: PIATTABANDE RINFORZO SQUADRE

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.

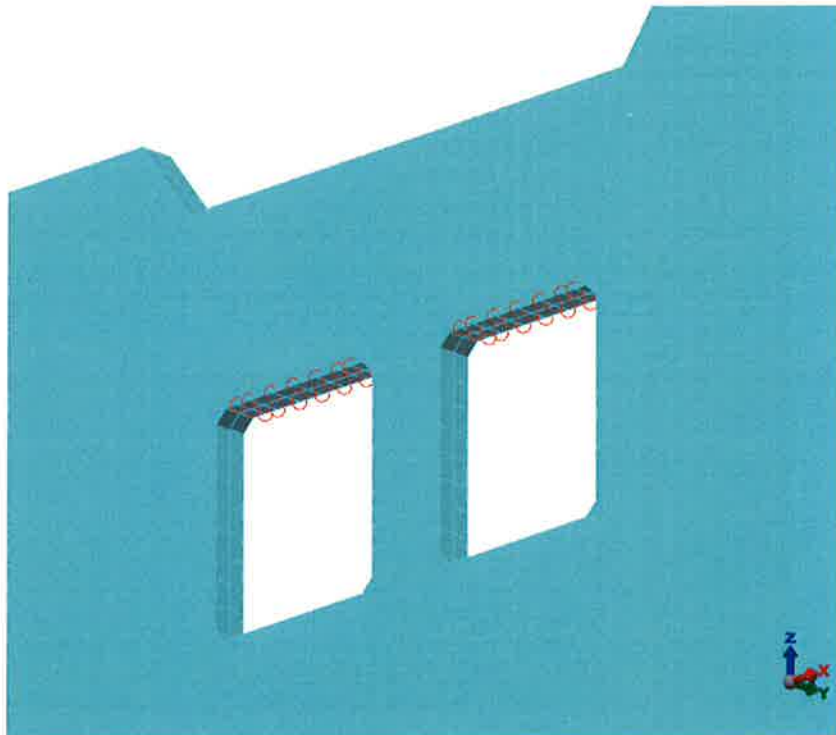


FIG. 4.34 – VINCOLI PARATOIA

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).

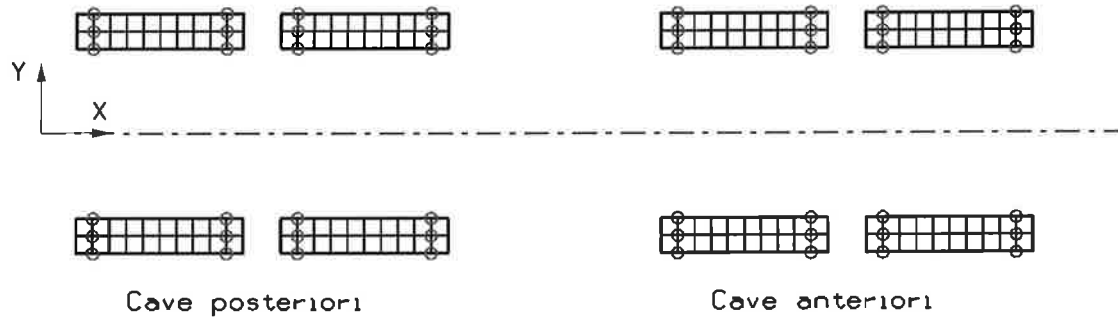


FIG. 4.35 – NODI DI VINCOLO DELLA PARATOIA SUI TWIST LOCK – VINCOLI IN X
 (CONDIZIONI DI SOLLEVAMENTO)

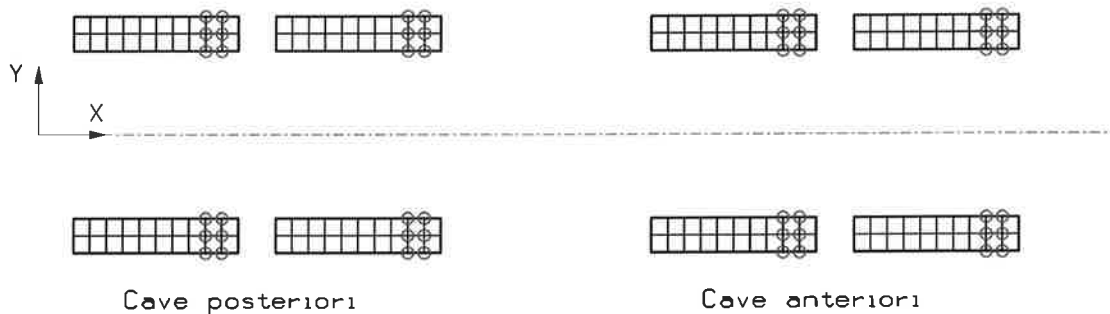


FIG. 4.36 – NODI DI VINCOLO DELLA PARATOIA SUI TWIST LOCK – VINCOLI IN X
 (CONDIZIONI DI TRASPORTO CON $a_x \geq 0$; CON $a_x < 0$)

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.

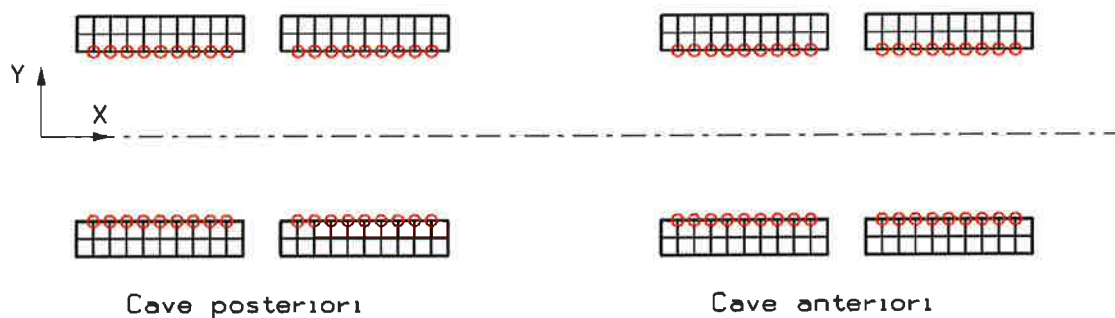


FIG. 4.37 – NODI DI VINCOLO DELLA PARATOIA SUI TWIST LOCK – VINCOLI IN Y
 (CONDIZIONI DI SOLLEVAMENTO)

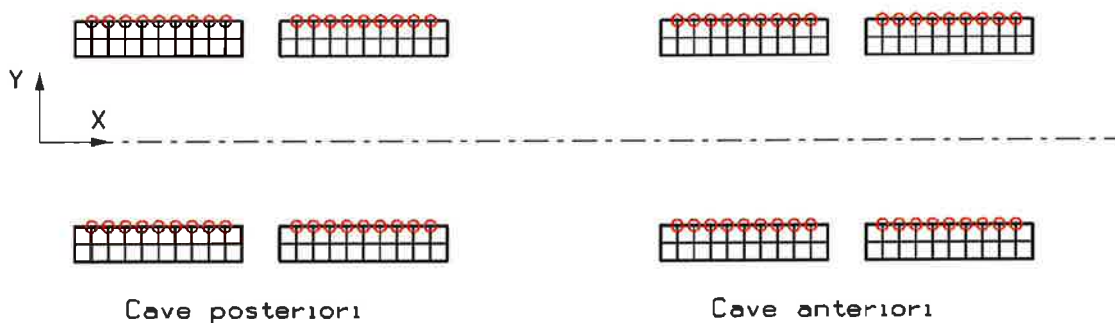


FIG. 4.38 – NODI DI VINCOLO DELLA PARATOIA SUI TWIST LOCK – VINCOLI IN Y
 (CONDIZIONI DI TRASPORTO CON $a_y \geq 0$; CON $a_y < 0$ SONO VINCOLATI I
 NODI SULLO SPIGOLO OPPOSTO DI OGNI CAVA)

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

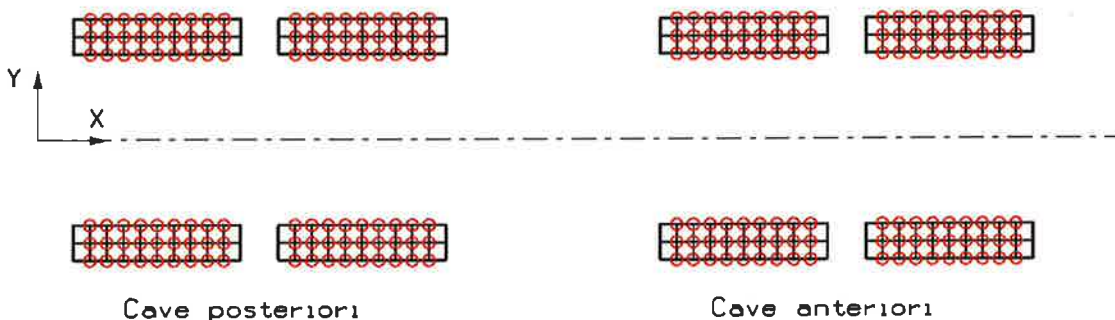



FIG. 4.39 – NODI DI VINCOLO DELLA PARATOIA SUI TWIST LOCK – VINCOLI IN Z

	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 59
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/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.

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

TAB. 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:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 61
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/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	2.358.855	14,392	-1,325			
Supporti ammortizzatori	52.196	24,193	-4,817			
sub totale	2.411.051	14,604	-1,401			
Saldature 2%	48.221	14,604	-1,401			
Margine 5%	122.964	14,604	-1,401			
TOTALE STRUTTURA	2.582.236	14,604	-1,401			
Allestimenti						
Tubature, supporti e altri allestimenti				76.315	14,078	-1,780
Anodi e loro supporti	29.033	15,138	-1,236			
Pittura	17.398	14,219	-1,379			
Appoggi elastici (ammortizzatori)				42.330	24,175	-5,547
Tenute parziali (alette di gomma)				34.875	0,586	0,740
Strumentazione	5.101	5,100	-1,200			
sub totale	51.532	13,834	-1,281	153.520	13,797	-2,246
Margine 5%	2.577	13,834	-1,281	7.676	13,797	-2,246
TOTALE ALLESTIMENTI	54.109	13,834	-1,281	161.196	13,797	-2,246
TOTALE PESO PARATOIA (calcolato)	2.636.345	14,588	-1,398	161.196	13,797	-2,246
Connettori				220.000	0,000	0,000
TOTALE PESO PARAOIA + CONNETTORI (calcolato)	2.636.345	14,588	-1,398	381.196	5,834	-0,950

TAB. 5.2 - PESO PROPRIO PARATOIA – 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:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 62
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/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 5.853 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);

- 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	1,093442	9.537,24
1	20	19	8.263,16	1,093442	9.035,28
1,5	8	6,5	9.661,54	1,093442	10.564,33
1,5	9	7,5	9.420,00	1,093442	10.300,22
1,5	10	8,5	9.235,29	1,093442	10.098,26
1,5	11	9,5	9.089,47	1,093442	9.938,81
1,5	12	10,5	8.971,43	1,093442	9.809,74
1,5	13	11,5	8.873,91	1,093442	9.703,11
1,5	14	12,5	8.792,00	1,093442	9.613,54
1,5	15	13,5	8.722,22	1,093442	9.537,24
1,5	20	18,5	8.486,49	1,093442	9.279,48
2	8	6	10.466,67	1,093442	11.444,69
2	9	7	10.092,86	1,093442	11.035,95
2	10	8	9.812,50	1,093442	10.729,40
2	11	9	9.594,44	1,093442	10.490,97
2	12	10	9.420,00	1,093442	10.300,22
2	13	11	9.277,27	1,093442	10.144,16
2	14	12	9.158,33	1,093442	10.014,11
2	15	13	9.057,69	1,093442	9.904,06
2	16	14	8.971,43	1,093442	9.809,74
2	20	18	8.722,22	1,093442	9.537,24
2	25	23	8.532,61	1,093442	9.329,91
2	30	28	8.410,71	1,093442	9.196,63
2	40	38	8.263,16	1,093442	9.035,28
2	60	58	8.120,69	1,093442	8.879,50
2	80	78	8.051,28	1,093442	8.803,61
2	180	178	7.938,20	1,093442	8.679,96

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

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

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

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

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 64
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO	

La densità totale applicata è:

$$9.057,69 * 1,093442 = 9.904,06$$

dove il termine 1,093442 è il rapporto tra i pesi uniformemente distribuiti totali da applicare e il peso strutturale lordo (escluse saldature e margini).

Infatti è pari a:

$$2.636.345 / 2.411.051 = 1,093442$$

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.

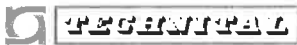
Poiché il modello è stato costruito con la paratoia orizzontale, i vettori dei pesi sono stati ruotati di caso in caso per tener conto che la paratoia lavora con angoli differenti in ogni condizione.

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	9.044,44
200x9	8.951,11
220x10	9.152,48
260x10	9.104,13
300x11	9.155,33

TAB. 5.4 – DENSITÀ ELEMENTI TRAVE DEI BULBI

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 65
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO	

Il totale dei pesi distribuiti uniformemente risultante è:

Descrizione Proprio Paratoia	Peso (N)	LCG (m)	VCG (m)
Totale modello (pesi uniformemente distribuiti)	2.607.651	14,551	-1,393
Totale calcolato (pesi uniformemente distribuiti)	2.636.345	14,588	-1,398

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. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 66
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO	

Descrizione Peso Paratoia	Peso (N)	LCG (m)	VCG (m)
Totale modello (pesi concentrati)	381.195	5,865	-1,144
Totale calcolato (pesi concentrati)	381.196	5,834	-0,950

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)	116.749	9,936	-1,757
Totale calcolato (pesi concentrati)	116.749	9,846	-0,990

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. MV078P-PE-CAR-2000) fra superfici superiori, inferiori e laterali.

SUPERFICIE	Peso unitario (kN/m ²)	area (m ²)	Peso fouling (kN)
estradosso	0,5	552,8	276
intradosso	0,2	338,5	68
fronte	0,1	100,8	10
fianchi	0,1	373,0	37
retro	0,1	324,1	32
supporti ammortizzatori	0,1	118,7	12
TOTALE		1.807,9	436

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.

Spessore lordo (mm)	Densità applicata (kg/m ³)
Fasciame inferiore	
10,00	12.326,30
11,00	12.131,68
Fasciame superiore	
8,00	17.366,77
10,00	16.600,59
11,00	16.338,47
Fasciame laterale	
8,00	12.553,15
10,00	11.999,33
11,00	11.809,87
15,00	11.332,70
20,00	11.026,41
Supporti ammortizzatori	
10,00	11.332,70
20,00	10.736,24

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)	435.500	14,837	-0,550
Totale calcolato (fouling)	435.900	13,143	-0,465

TAB. 5.10 – PESO FOULING

5.4. Peso totale considerato

Nella successiva tabella viene riportato, come verifica, il confronto fra i valori di peso e baricentro calcolati e quelli derivati dal modello ad elementi finiti: il modello descrive bene la paratoia con uno scostamento massimo inferiore al 1% per il peso e poco superiore al 2% per la posizione del baricentro.


	Rev.	Data:	El. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 68
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO	

Descrizione Peso Paratoia	CALCOLATI			DA MODELLO		
	Peso (N)	LCG (m)	VCG (m)	Peso (N)	LCG (m)	VCG (m)
Pesi uniformemente distribuiti	2.636.345	14,588	-1,398	2.607.651	14,551	-1,393
Pesi concentrati in zone	381.196	5,834	-0,950	381.195	5,865	-1,144
TOTALE PESO PARATOIA pulita	3.017.541	13,482	-1,341	2.988.846	13,443	-1,361
differenza percentuale (modello - calcolo)/calcolo				-0,95%	-0,29%	-1,49%
differenza assoluta (modello - calcolo)				-28.695	-0,039	-0,020
Peso fouling (distribuito)	435.900	13,143	-0,465	435.500	14,837	-0,550
TOTALE PESO PARATOIA incrostata	3.453.441	13,440	-1,231	3.424.346	13,620	-1,258
differenza percentuale (modello - calcolo)/calcolo				-0,84%	1,34%	2,19%
differenza assoluta (modello - calcolo)				-29.095	0,180	-0,027

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	2.636.345	14,588	-1,398	2.607.651	14,551	-1,393
Pesi concentrati in zone	116.749	9,846	-0,990	116.749	9,936	-1,757
TOTALE PESO PARATOIA pulita	2.753.094	14,347	-1,203	2.724.400	14,353	-1,409
differenza percentuale (modello - calcolo)/calcolo				-1,04%	0,04%	17,12%
differenza assoluta (modello - calcolo)				-28.694	0,006	-0,206

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

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 69
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/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 bagli 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.

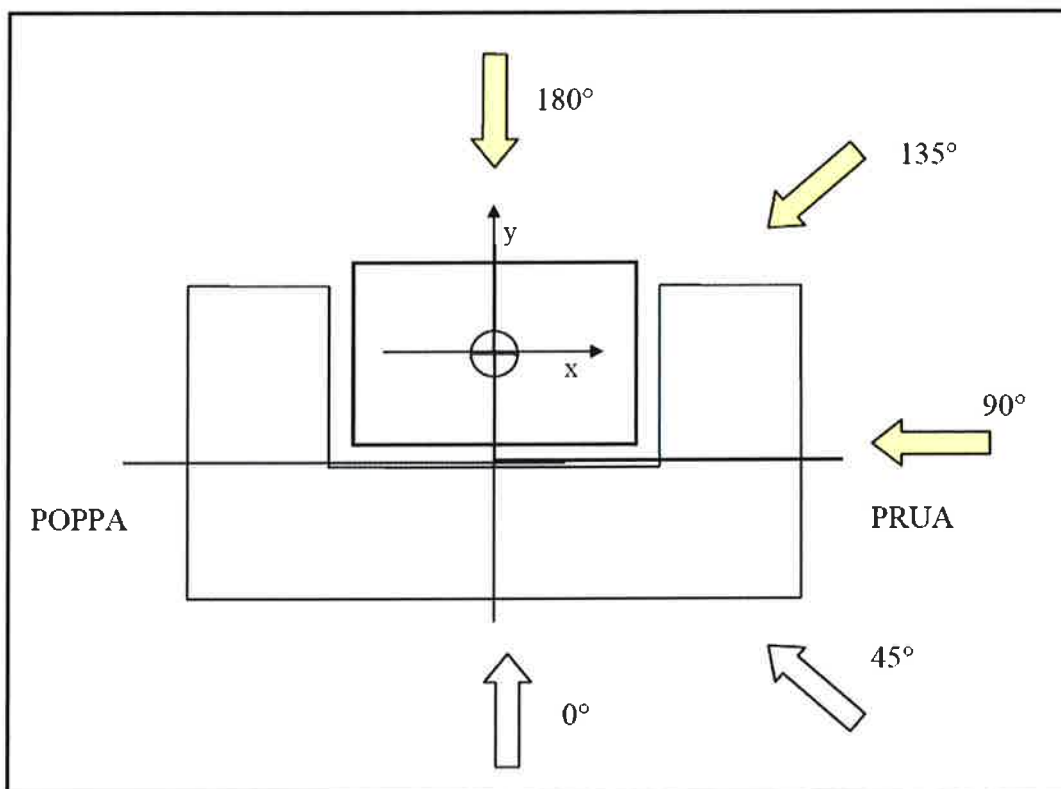
Larghezza (m)	Lunghezza (m)	Altezza residuo (m)	volume (m3)	g (m/s2)	densità acqua mare (kg/m3)	Peso acqua residua (N)	X (m)	Y (m)
19,92	17,55	0,6	209,8	9,81	1030	2.119.454	16,825	-3,900
19,92	17,55	0,3	104,9	9,81	1030	1.059.727	16,825	-4,050

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 $a_x = 0$.

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.

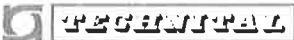
Nelle analisi non si considera la variazione termica uniforme di -20 °C sull'intera paratoia: la paratoia è sostanzialmente libera di deformarsi e anche il telaio di acciaio si contrae in analoga misura pertanto la condizione non introduce apprezzabili tensioni.

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 SOLLEVAMENTO E TRASPORTO

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 73
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO	

7. RISULTATI

7.1. Verifiche tensionali

7.1.1. Generalità

Si riportano nelle tabelle seguenti i risultati per le combinazioni di carico considerate.


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	8-10-11	1,5	S275J0	216	34	
	inferiore	8-10-11	1,5	S275J0	216	21	
	laterale	8-10-11	1,5	S275J0	216	19	
	posteriore	8-15	1,5	S275J0	216	32	
	anteriore	11	1,5	S275J0	216	18	
	ossatura 01	8	1,5	S275J0	216	31	
	inferiore sotto pinna	20	1,5	S275J0	208	22	
Fasciami interni (paratie longitudinali)	tipici (15 mm solo per irrigidimenti pinne)	10-11-15	2	S275J0	216	55	
	irrigidimenti pinne	20	2	S275J0	208	24	
	zone recessi twist lock	30	2	S275J2	208	31	
	zone recessi twist lock	60	2	S355K2	252	227	
	pinna	180	2	S355K2	214	14	
Rinforzi ordinari	piatti di paratie longitudinali, diaframma telaio 08	11	2	S275J0	216	32	
	piatti fasciame posteriore	12-15	1,5	S275J0	216	16	
	ferri a bulbo di fasciami esterni	max Hp 300x11	2	S275J0	216	21	22
Squadre	spigoli	10	2	S275J0	216	20	
Piatti rinforzo fori	paratie longitudinali	11	2	S275J0	216		64

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

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 11	2	S275J0	216	21	-20
	ossatura 03	10 12 13	2	S275J0	216	19	-18
	ossatura 04	10 13	2	S275J0	216	32	22
	ossatura 05	10 13	2	S275J0	216	42	28
	ossatura 06	11 13	2	S275J0	216	36	27
	ossatura 07	11 13	2	S275J0	216	31	23
	ossatura 08	11 13	2	S275J0	216	38	-33
	ossatura 09	11 13	2	S275J0	216	39	-27
	ossatura 10	11 13	2	S275J0	216	20	19
	diaframma centrale	10-11 11-13	2	S275J0	216	31	-28
Telaio ammortizzatori	ossatura 10	10	1	S275J0	216	16	
		10	1	S275J0	216		-19
		20	1	S275J0	208	4	

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

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 75
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/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	8-10-11	1,5	S275J0	174	23	
	inferiore	8-10-11	1,5	S275J0	174	10	
	laterale	8-10-11	1,5	S275J0	174	15	
	posteriore	8-15	1,5	S275J0	174	24	
	anteriore	11	1,5	S275J0	174	10	
	ossatura 01	8	1,5	S275J0	174	18	
	inferiore sotto pinna	20	1,5	S275J0	168	10	
Fasciami interni (paratie longitudinali)	tipici (15 mm solo per irrigidimenti pinne)	10-11-15	2	S275J0	174	25	
	irrigidimenti pinne	20	2	S275J0	168	10	
	zone recessi twist lock	30	2	S275J2	168	14	
	zone recessi twist lock	60	2	S355K2	203	102	
	pinna	180	2	S355K2	173	10	
Rinforzi ordinari	piatti di paratie longitudinali, diaframma telaio 08	11	2	S275J0	174	14	
	piatti fasciame posteriore	12-15	1,5	S275J0	174	12	
	ferri a bulbo di fasciami esterni	max Hp 300x11	2	S275J0	174	9	10
Squadre	spigoli	10	2	S275J0	174	11	
Piatti rinforzo fori	paratie longitudinali	11	2	S275J0	174		27

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

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 11	2	S275J0	174	12	-11
	ossatura 03	10 12 13	2	S275J0	174	11	-10
	ossatura 04	10 13	2	S275J0	174	10	10
	ossatura 05	10 13	2	S275J0	174	12	11
	ossatura 06	11 13	2	S275J0	174	11	12
	ossatura 07	11 13	2	S275J0	174	12	10
	ossatura 08	11 13	2	S275J0	174	18	-16
	ossatura 09	11 13	2	S275J0	174	20	-12
	ossatura 10	11 13	2	S275J0	174	11	-9
	diaframma centrale	10-11 11-13	2	S275J0	174	10	9
Telaio ammortizzatori	ossatura 10	10	1	S275J0	174	7	
		10	1	S275J0	174		-8
		20	1	S275J0	168	2	

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



Rev. C0	Data: 13/09/2013	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 77
VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/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	σamm h = 1,25 [N/mm ²]	T.2a – 90° ax>0		T.2b – 135° ax>0		T.2c – 180° ax=0	
						σvon Mises [N/mm ²]	Peggiora soll. [N/mm ²]	σvon Mises [N/mm ²]	Peggiora soll. [N/mm ²]	σvon Mises [N/mm ²]	Peggiora soll. [N/mm ²]
Fasciami esterni	superiore	8-10-11	1,5	S275J0	216	55		49		74	
	inferiore	8-10-11	1,5	S275J0	216	19		19		22	
	laterale	8-10-11	1,5	S275J0	216	21		20		24	
	posteriore	8-15	1,5	S275J0	216	35		34		39	
	anteriore	11	1,5	S275J0	216	18		17		21	
Fasciami interni (paratie longitudinali)	ossatura 01	8	1,5	S275J0	216	30		29		33	
	inferiore sotto pinna	20	1,5	S275J0	208	24		23		26	
	tipici (15 mm solo per irrigidimenti pinne)	10-11-15	2	S275J0	216	46		45		53	
	irrigidimenti pinne	20	2	S275J0	208	27		26		30	
	zone recessi twist lock	30	2	S275J2	208	26		25		29	
Rinforzi ordinari	zone recessi twist lock	60	2	S355K2	252	189		175		232	
	pinna	180	2	S355K2	214	15		14		17	
Squadre	piatti di paratie longitudinali, diaframma telaio 08	11	2	S275J0	216	48		42		64	
	piatti fasciame posteriore	12-15	1,5	S275J0	216	19		18		23	
	ferri a bulbo di fasciami esterni	max Hp 300x11	2	S275J0	216	16		16		19	
Piatti rinforzo fori	spigoli	10	2	S275J0	216	18		18		20	
	paratie longitudinali	11	2	S275J0	216			52		51	

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



Rev.	Data:	EI.	MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 78
Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/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 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]
Telai rinforzati	ossatura 02	10-11	2	S275J0	216	21	-20	20	-19	23	-23
	ossatura 03	10-12-13	2	S275J0	216	19	-16	18	-16	21	-17
	ossatura 04	10-13	2	S275J0	216	24	18	23	17	27	20
	ossatura 05	10-13	2	S275J0	216	31	22	30	21	35	25
	ossatura 06	11-13	2	S275J0	216	28	22	27	21	31	25
	ossatura 07	11-13	2	S275J0	216	25	19	24	19	28	22
	ossatura 08	11-13	2	S275J0	216	31	-28	31	-27	36	-32
	ossatura 09	11-13	2	S275J0	216	41	-26	38	-24	49	-31
	ossatura 10	11-13	2	S275J0	216	18	18	18	17	21	20
	diaframma centrale	10-11 11-13		2	S275J0	216	23	-21	22	-20	26
Telaio ammortizzatori	ossatura 10	10	1	S275J0	216	14		14		16	
		10	1	S275J0	216		-17		-16		-19
		20	1	S275J0	208	3		3		4	

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



Rev.	Data:	EI.	MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 79
Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/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 soll. [N/mm ²]	σ_{von} Mises [N/mm ²]	Peggior soll. [N/mm ²]
Fasciami esterni	superiore	8-10-11	1,5	S275J0	216	58		51	
	inferiore	8-10-11	1,5	S275J0	216	19		18	
	laterale	8-10-11	1,5	S275J0	216	21		20	
	posteriore	8-15	1,5	S275J0	216	34		33	
	anteriore	11	1,5	S275J0	216	18		17	
	ossatura 01	8	1,5	S275J0	216	29		29	
Fasciami interni (paratie longitudinali)	inferiore sotto pinna	20	1,5	S275J0	208	23		23	
	tipici (15 mm solo per irrigidimenti pinne)	10-11-15	2	S275J0	216	48		46	
	irrigidimenti pinne	20	2	S275J0	208	26		25	
	zone recessi twist lock	30	2	S275J2	208	26		26	
	zone recessi twist lock	60	2	S355K2	252	229		214	
	pinna	180	2	S355K2	214	14		14	
Rinforzi ordinari	piatti di paratie longitudinali, diaframma telaio 08	11	2	S275J0	216	53		46	
	piatti fasciame posteriore	12-15	1,5	S275J0	216	19		18	
	ferri a bulbo di fasciami esterni	max Hp 300x11	2	S275J0	216	16		16	15
Squadre	spigoli	10	2	S275J0	216	18		17	
Piatti rinforzo fori	paratie longitudinali	11	2	S275J0	216		53		52

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



Rev.	Data:	El.	MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 80
Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/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 soll. [N/mm ²]	σ_{von} Mises [N/mm ²]	Peggior soll. [N/mm ²]
Telai rinforzati	ossatura 02	10-11	2	S275J0	216	21	-20	20	-20
	ossatura 03	10-12-13	2	S275J0	216	19	-16	18	-15
	ossatura 04	10-13	2	S275J0	216	24	17	24	16
	ossatura 05	10-13	2	S275J0	216	31	23	30	22
	ossatura 06	11-13	2	S275J0	216	28	22	27	21
	ossatura 07	11-13	2	S275J0	216	25	20	24	20
	ossatura 08	11-13	2	S275J0	216	32	-29	31	-28
	ossatura 09	11-13	2	S275J0	216	41	-26	38	-24
	ossatura 10	11-13	2	S275J0	216	18	17	18	16
	diaframma centrale	10-11 11-13		2	S275J0	216	23	-20	23
Telaio ammortizzatori	ossatura 10	10	1	S275J0	216	14		14	
		10	1	S275J0	216		-17		-16
		20	1	S275J0	208	3		3	

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



Rev.	El.	MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 81
Rev. C0	Data:	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO	
	Data:	13/09/2013	

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	8-10-11	1,5	S275J0	216	54		50		71	
	inferiore	8-10-11	1,5	S275J0	216	44		44		46	
	laterale	8-10-11	1,5	S275J0	216	56		55		58	
	posteriore	8-15	1,5	S275J0	216	50		49		53	
	anteriore	11	1,5	S275J0	216	26		25		29	
	ossatura 01	8	1,5	S275J0	216	51		50		54	
Fasciami interni (paratie longitudinali)	inferiore sotto pinna	20	1,5	S275J0	208	34		33		37	
	tipici (15 mm solo per irrigidimenti pinne)	10-11-15	2	S275J0	216	55		53		59	
	irrigidimenti pinne	20	2	S275J0	208	40		39		43	
	zone recessi twist lock	30	2	S275J2	208	27		26		31	
	zone recessi twist lock	60	2	S355K2	252	202		188		239	
	pinna	180	2	S355K2	214	18		18		19	
Rinforzi ordinari	piatti di paratie longitudinali, diaframma telaio 08	11	2	S275J0	216	55		49		71	
	piatti fasciame posteriore	12-15	1,5	S275J0	216	44		43		46	
	ferri a bulbo di fasciami esterni	max Hp 300x11	2	S275J0	216	30	33	30	32	31	34
Squadre	spigoli	10	2	S275J0	216	19		19		21	
Piatti rinforzo fori	paratie longitudinali	11	2	S275J0	216		59		58	63	

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



Rev.	El.	El.	El.	El.
Rev. C0	Data: 13/09/2013	MV078P-PE-CAR-2007-C0	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO	Pag. n. 82

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]
Telai rinforzati	ossatura 02	10-11	2	S275J0	216	28	29	28	28	29	30
	ossatura 03	10-12-13	2	S275J0	216	26	26	26	26	26	27
	ossatura 04	10-13	2	S275J0	216	35	37	35	37	37	38
	ossatura 05	10-13	2	S275J0	216	40	42	40	41	42	44
	ossatura 06	11-13	2	S275J0	216	37	39	37	38	40	41
	ossatura 07	11-13	2	S275J0	216	32	31	31	31	35	32
	ossatura 08	11-13	2	S275J0	216	41	39	40	38	45	42
	ossatura 09	11-13	2	S275J0	216	32	31	31	30	38	33
	ossatura 10	11-13	2	S275J0	216	26	27	25	26	27	28
	diaframma centrale	10-11 11-13		2	S275J0	216	40	42	40	41	44
Telaio ammortizzatori	ossatura 10	10	1	S275J0	216	20		19		21	
		10	1	S275J0	216		-22		-22		
		20	1	S275J0	208	4		4		4	

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



Rev.

Data:

El.

MV078P-PE-CAR-2007-C0

Pag. n. 83

Rev. C0

Data: 13/09/2013

VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/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	8-10-11	1,5	S275J0	216	56		51	
	inferiore	8-10-11	1,5	S275J0	216	44		43	
	laterale	8-10-11	1,5	S275J0	216	55		54	
	posteriore	8-15	1,5	S275J0	216	49		49	
	anteriore	11	1,5	S275J0	216	26		25	
	ossatura 01	8	1,5	S275J0	216	51		50	
Fasciami interni (paratie longitudinali)	inferiore sotto pinna	20	1,5	S275J0	208	34		33	
	tipici (15 mm solo per irrigidimenti pinne)	10-11-15	2	S275J0	216	53		52	
	irrigidimenti pinne	20	2	S275J0	208	39		38	
	zone recessi twist lock	30	2	S275J2	208	28		27	
	zone recessi twist lock	60	2	S355K2	252	236		221	
	pinna	180	2	S355K2	214	18		17	
Rinforzi ordinari	piatti di paratie longitudinali, diaframma telaio 08	11	2	S275J0	216	60		53	
	piatti fasciame posteriore	12-15	1,5	S275J0	216	43		42	
	ferri a bulbo di fasciami esterni	max Hp 300x11	2	S275J0	216	30	32	30	32
Squadre	spigoli	10	2	S275J0	216	19		19	
Piatti rinforzo fori	paratie longitudinali	11	2	S275J0	216		57		56

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



Rev.	Data:	El.	MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 84
Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO		

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]
Telai rinforzati	ossatura 02	10-11	2	S275J0	216	28	29	28	29
	ossatura 03	10-12-13	2	S275J0	216	26	27	26	26
	ossatura 04	10-13	2	S275J0	216	35	37	35	37
	ossatura 05	10-13	2	S275J0	216	40	42	40	41
	ossatura 06	11-13	2	S275J0	216	37	39	37	39
	ossatura 07	11-13	2	S275J0	216	32	31	31	31
	ossatura 08	11-13	2	S275J0	216	41	39	40	39
	ossatura 09	11-13	2	S275J0	216	32	31	31	31
	ossatura 10	11-13	2	S275J0	216	26	27	25	27
	diaframma centrale	10-11 11-13	2	2	S275J0	216	40	42	40
Telaio ammortizzatori	ossatura 10	10	1	S275J0	216	20		19	
		10	1	S275J0	216		-22		-22
		20	1	S275J0	208	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.

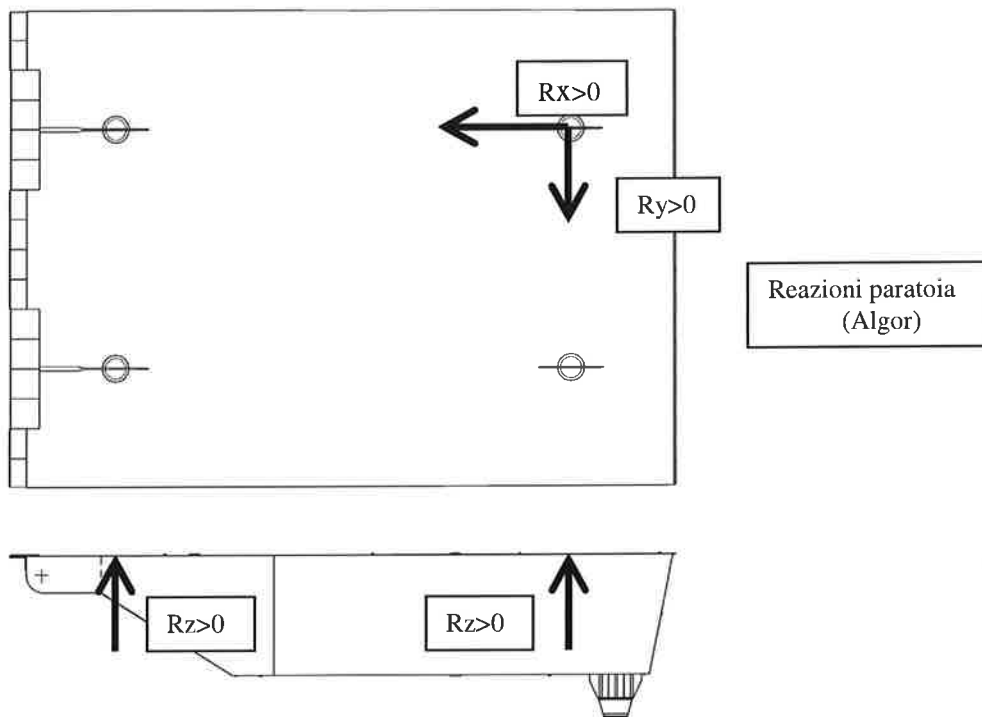



FIG. 7.1 - CONVENZIONI DI SEGNO PER LE REAZIONI DELLA PARATOIA

REAZIONI (kN)	Combinazione T.1a			Combinazione T.1b		
	Rx	Ry	Rz	Rx	Ry	Rz
Twist-lock posteriore destro	368	10	-1.071	152	6	-568
Twist-lock posteriore sinistro	368	-10	-1.071	152	-6	-568
Twist-lock anteriore destro	-368	15	-1.708	-152	9	-804
Twist-lock anteriore sinistro	-368	-15	-1.708	-152	-9	-804


TAB. 7.13 – REAZIONI VINCOLARI IN SOLLEVAMENTO

	Rev.	Data:	El.	Pag. n. 86
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	MV078P-PE-CAR-2007-C0 VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO	

REAZIONI (kN)	Combinazione T.2a			Combinazione T.2b			Combinazione T.2c		
	Rx	Ry	Rz	Rx	Ry	Rz	Rx	Ry	Rz
Twist-lock posteriore destro	312	113	-987	299	89	-968	306	174	-1.075
Twist-lock posteriore sinistro	324	92	-1.044	309	68	-1.012	332	150	-1.166
Twist-lock anteriore destro	-230	138	-1.396	-230	109	-1.373	-321	209	-1.541
Twist-lock anteriore sinistro	-230	103	-1.486	-231	75	-1.442	-317	169	-1.682

REAZIONI (kN)	Combinazione T.2d			Combinazione T.2e		
	Rx	Ry	Rz	Rx	Ry	Rz
Twist-lock posteriore destro	211	114	-971	214	89	-955
Twist-lock posteriore sinistro	228	92	-1.029	226	68	-999
Twist-lock anteriore destro	-309	137	-1.412	-295	109	-1.386
Twist-lock anteriore sinistro	-305	102	-1.501	-292	75	-1.454

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

	Rev.	Data:	El.	Pag. n. 87
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	MV078P-PE-CAR-2007-C0 VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/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	312	113	-987	299	89	-968	306	174	-1.075
Twist-lock posteriore sinistro	324	92	-1.044	309	68	-1.012	332	150	-1.166
Twist-lock anteriore destro	-230	138	-1.396	-230	109	-1.373	-321	209	-1.541
Twist-lock anteriore sinistro	-230	103	-1.486	-231	75	-1.442	-317	169	-1.682

REAZIONI (kN)	Combinazione T.3d			Combinazione T.3e		
	Rx	Ry	Rz	Rx	Ry	Rz
Twist-lock posteriore destro	211	114	-971	214	89	-955
Twist-lock posteriore sinistro	228	92	-1.029	226	68	-999
Twist-lock anteriore destro	-309	137	-1.412	-295	109	-1.386
Twist-lock anteriore sinistro	-305	102	-1.501	-292	75	-1.454

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.

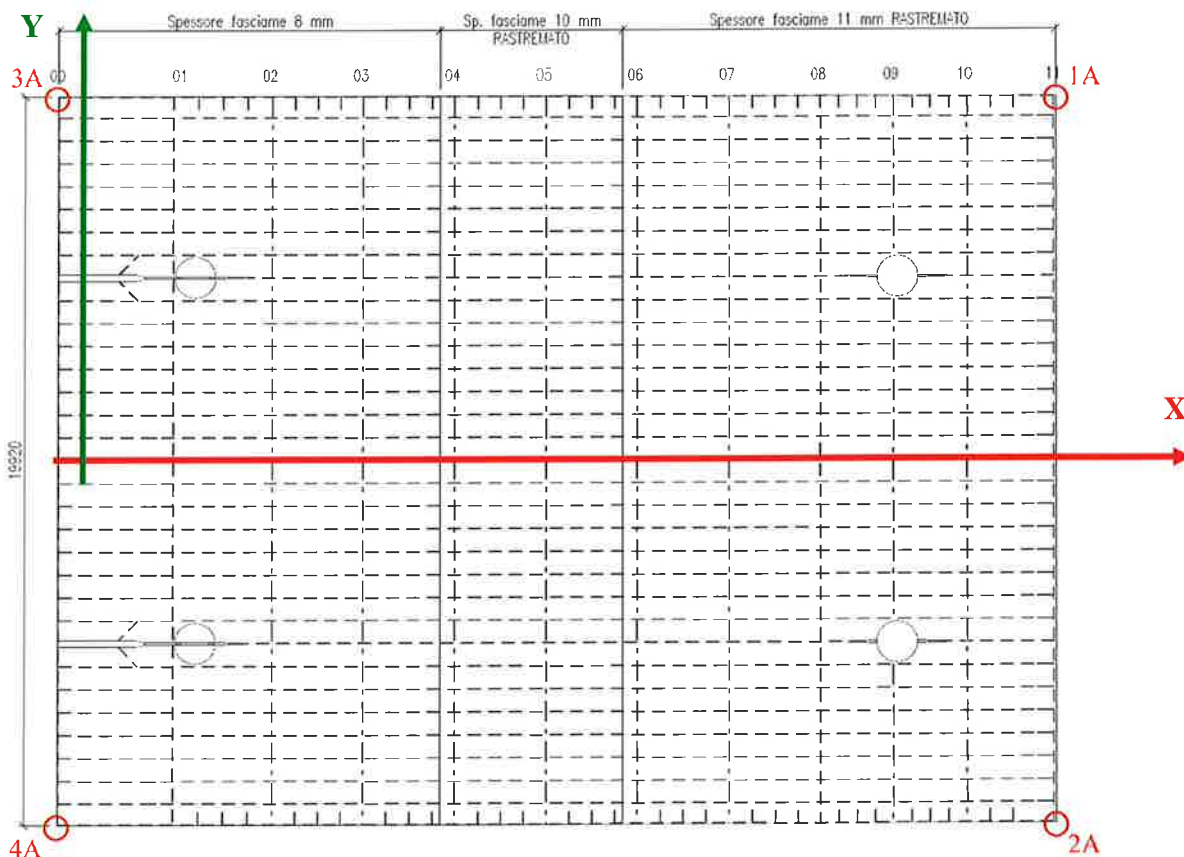


FIG. 7.2 - POSIZIONE PUNTI DI RILEVO FASCIAME SUPERIORE

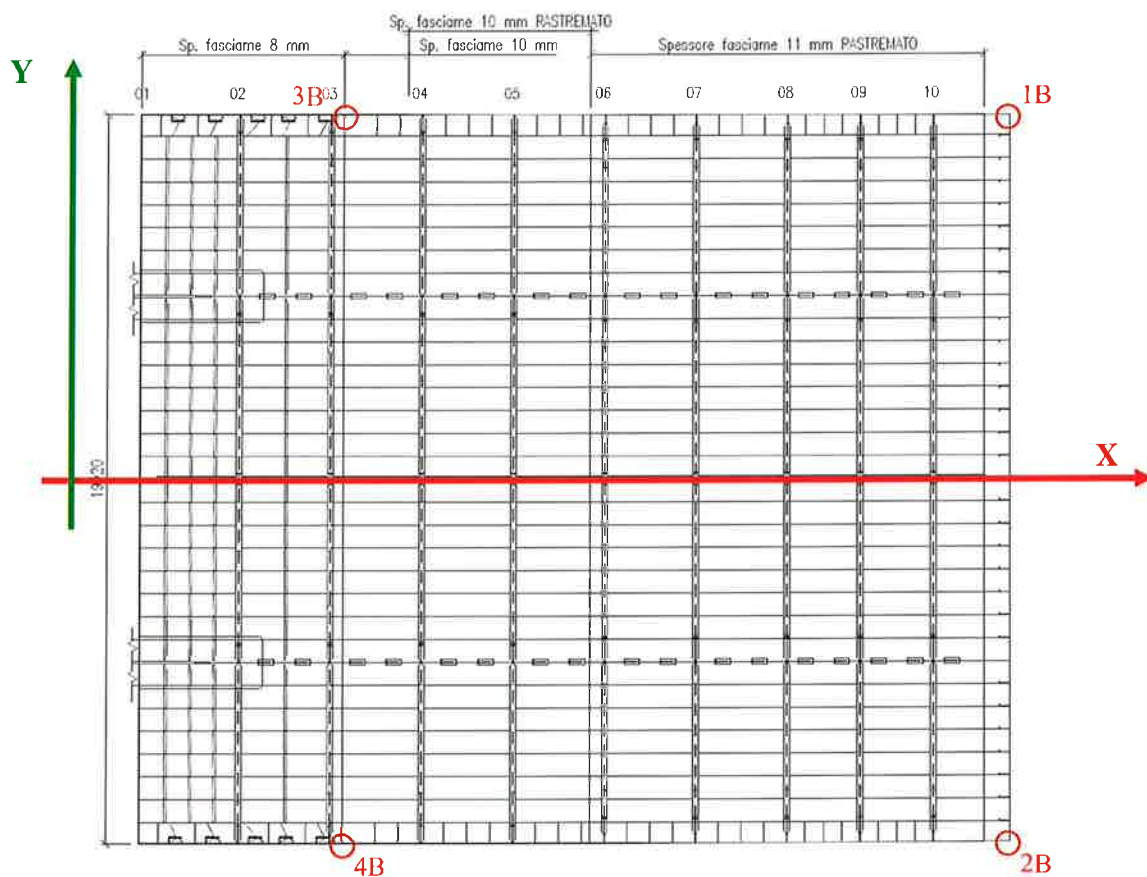


FIG. 7.3 - POSIZIONAMENTO PUNTI DI RILIEVO FASCIAME INFERIORE

Spostamenti dei vertici (mm)	Combinazione T.1a			Combinazione T.1b		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Estradosso						
- vertice lato laguna 1A	-0,259	0,252	-1,232	-0,118	0,126	-0,654
- vertice lato laguna 2A	-0,259	-0,252	-1,232	-0,118	-0,126	-0,654
- vertice lato mare 3A	-0,030	0,024	-1,204	-0,060	-0,013	-0,797
- vertice lato mare 4A	-0,030	-0,024	-1,204	-0,060	0,013	-0,797
Intradosso						
- vertice lato laguna 1B	0,157	-0,214	-1,327	0,059	-0,107	-0,694
- vertice lato laguna 2B	0,157	0,214	-1,327	0,059	0,107	-0,694
- vertice lato mare 3B	-0,334	-0,207	-1,864	-0,161	-0,111	-0,951
- vertice lato mare 4B	-0,334	0,207	-1,864	-0,161	0,111	-0,951

TAB. 7.16 – DEFORMAZIONI IN SOLLEVAMENTO

Rev. C0	Data: 13/09/2013	El. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 90
Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/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	-0,201	0,404	-0,921	-0,196	0,353	-0,933	-0,246	0,532	-0,983	
- vertice lato laguna 2A	-0,189	-0,024	-1,217	-0,187	-0,066	-1,159	-0,225	0,049	-1,445	
- vertice lato mare 3A	-0,017	0,236	-1,074	-0,022	0,181	-1,080	-0,037	0,349	-1,102	
- vertice lato mare 4A	-0,054	0,212	-1,390	-0,050	0,159	-1,321	-0,092	0,328	-1,599	
Intradosso										
- vertice lato laguna 1B	0,186	0,108	-1,011	0,174	0,042	-1,019	0,179	0,246	-1,082	
- vertice lato laguna 2B	0,143	0,478	-1,291	0,141	0,403	-1,232	0,115	0,657	-1,518	
- vertice lato mare 3B	-0,243	0,127	-1,539	-0,240	0,057	-1,526	-0,300	0,276	-1,646	
- vertice lato mare 4B	-0,248	0,498	-1,773	-0,244	0,418	-1,705	-0,306	0,682	-2,013	
Spostamenti dei vertici (mm)	Combinazione T.2d									
	Combinazione T.2d			Combinazione T.2e						
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	
Estradosso										
- vertice lato laguna 1A	-0,243	0,409	-0,961	-0,233	0,357	-0,967				
- vertice lato laguna 2A	-0,229	-0,030	-1,254	-0,223	-0,070	-1,191				
- vertice lato mare 3A	-0,057	0,223	-1,041	-0,057	0,171	-1,051				
- vertice lato mare 4A	-0,092	0,214	-1,356	-0,084	0,161	-1,292				
Intradosso										
- vertice lato laguna 1B	0,123	0,106	-1,046	0,119	0,040	-1,048				
- vertice lato laguna 2B	0,083	0,477	-1,323	0,088	0,402	-1,259				
- vertice lato mare 3B	-0,296	0,128	-1,534	-0,286	0,058	-1,522				
- vertice lato mare 4B	-0,299	0,489	-1,768	-0,289	0,411	-1,701				


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



Rev.	Data:	El.	Pag. n. 91
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	
Rev. C0		VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/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	3,970	3,717	-2,759	3,975	3,666	-2,770	3,925	3,845	-2,820
- vertice lato laguna 2A	3,982	-3,337	-3,055	3,984	-3,379	-2,996	3,945	-3,264	-3,282
- vertice lato mare 3A	-4,709	3,563	-3,878	-4,715	3,508	-3,883	-4,729	3,675	-3,906
- vertice lato mare 4A	-4,746	-3,114	-4,193	-4,743	-3,168	-4,124	-4,785	-2,999	-4,402
Intradosso									
- vertice lato laguna 1B	2,874	2,397	-3,580	2,862	2,331	-3,587	2,867	2,536	-3,651
- vertice lato laguna 2B	2,831	-1,812	-3,859	2,829	-1,887	-3,801	2,803	-1,632	-4,087
- vertice lato mare 3B	-1,645	2,430	-2,758	-1,642	2,360	-2,745	-1,702	2,579	-2,865
- vertice lato mare 4B	-1,650	-1,805	-2,992	-1,647	-1,885	-2,924	-1,708	-1,620	-3,232
Spostamenti dei vertici (mm)	Combinazione T.3e								
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Estradosso									
- vertice lato laguna 1A	3,928	3,722	-2,799	3,938	3,670	-2,804			
- vertice lato laguna 2A	3,942	-3,343	-3,092	3,948	-3,383	-3,028			
- vertice lato mare 3A	-4,750	3,550	-3,845	-4,750	3,497	-3,855			
- vertice lato mare 4A	-4,784	-3,113	-4,160	-4,776	-3,166	-4,096			
Intradosso									
- vertice lato laguna 1B	2,811	2,395	-3,615	2,807	2,330	-3,616			
- vertice lato laguna 2B	2,771	-1,812	-3,891	2,776	-1,887	-3,828			
- vertice lato mare 3B	0,120	2,638	-2,917	-1,688	2,361	-2,741			
- vertice lato mare 4B	0,103	-2,007	-3,140	-1,691	-1,892	-2,919			

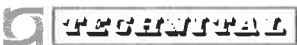
TAB. 7.18 – DEFORMAZIONI IN TRASPORTO (CON VARIAZIONI TERMICHE)

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 92
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO	

7.4. Conclusioni

Le condizioni analizzate hanno evidenziato che la paratoia è sempre verificata e soggetta a sollecitazioni in generale molto inferiori rispetto ai valori ammissibili (valori non superiori al 34% della tensione di confronto), con valori massimi pari al 90%÷95% della tensione di confronto solo in corrispondenza delle lamiere dei recessi per i dispositivi di sollevamento.

Le condizioni di sollevamento T1 rispetto a quelle di trasporto T2 e le combinazioni di trasporto T.3 (con variazioni termiche) rispetto alle T.2 (senza variazioni termiche) non evidenziano significative differenze e restituiscono un quadro tensionale sostanzialmente simile.

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 93
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/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	96
Fig. 8.2 – Spostamenti - deformata	97
Fig. 8.3 – Tensione equivalente di Von Mises: cava posteriore	98
Fig. 8.4 – Tensione equivalente di Von Mises: cava anteriore	99


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

Fig. 8.5 – Tensione equivalente di von Mises e deformata	100
Fig. 8.6 – Spostamenti - deformata	101
Fig. 8.7 – Tensione equivalente di Von Mises: cava posteriore	102
Fig. 8.8 – Tensione equivalente di Von Mises: cava anteriore	103

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	104
Fig. 8.10 – Spostamenti - deformata	105
Fig. 8.11 – Tensione equivalente di Von Mises: cava posteriore	106
Fig. 8.12 – Tensione equivalente di Von Mises: cava anteriore	107

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 94
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO	

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

Fig. 8.13 – Tensione equivalente di von Mises e deformata	108
Fig. 8.14 – Spostamenti - deformata	109
Fig. 8.15 – Tensione equivalente di Von Mises: cava posteriore	110
Fig. 8.16 – Tensione equivalente di Von Mises: cava anteriore	111

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

Fig. 8.17 – Tensione equivalente di von Mises e deformata	112
Fig. 8.18 – Spostamenti - deformata	113
Fig. 8.19 – Tensione equivalente di Von Mises: cava posteriore	114
Fig. 8.20 – Tensione equivalente di Von Mises: cava anteriore	115

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

Fig. 8.21 – Tensione equivalente di von Mises e deformata	116
Fig. 8.22 – Spostamenti - deformata	117
Fig. 8.23 – Tensione equivalente di Von Mises: cava posteriore	118
Fig. 8.24 – Tensione equivalente di Von Mises: cava anteriore	119

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

Fig. 8.25 – Tensione equivalente di von Mises e deformata	120
Fig. 8.26 – Spostamenti - deformata	121
Fig. 8.27 – Tensione equivalente di Von Mises: cava posteriore	122
Fig. 8.28 – Tensione equivalente di Von Mises: cava anteriore	123

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	124
Fig. 8.30 – Spostamenti - deformata	125
Fig. 8.31 – Tensione equivalente di von Mises; cava posteriore	126
Fig. 8.32 – Tensione equivalente di von Mises; cava anteriore	127

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

Fig. 8.33 – Tensione equivalente di von Mises e deformata	128
Fig. 8.34 – Spostamenti - deformata	129

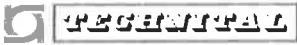
	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 95
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO	

Fig. 8.35 – Tensione equivalente di von Mises; cava posteriore	130
Fig. 8.36 – Tensione equivalente di von Mises; cava anteriore	131
<u>Condizione T.3c - Direzione onda 180°; $a_x = 0$</u>	
Fig. 8.37 – Tensione equivalente di von Mises e deformata	132
Fig. 8.38 – Spostamenti - deformata	133
Fig. 8.39 – Tensione equivalente di von Mises; cava posteriore	134
Fig. 8.40 – Tensione equivalente di von Mises; cava anteriore	135
<u>Condizione T.3d - Direzione onda 90°; $a_x < 0$</u>	
Fig. 8.41 – Tensione equivalente di von Mises e deformata	136
Fig. 8.42 – Spostamenti - deformata	137
Fig. 8.43 – Tensione equivalente di von Mises; cava posteriore	138
Fig. 8.44 – Tensione equivalente di von Mises; cava anteriore	139
<u>Condizione T.3e - Direzione onda 135°; $a_x < 0$</u>	
Fig. 8.45 – Tensione equivalente di von Mises e deformata	140
Fig. 8.46 – Spostamenti - deformata	141
Fig. 8.47 – Tensione equivalente di von Mises; cava posteriore	142
Fig. 8.48 – Tensione equivalente di von Mises; cava anteriore	143

8.2. In sollevamento - Condizioni T.1

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

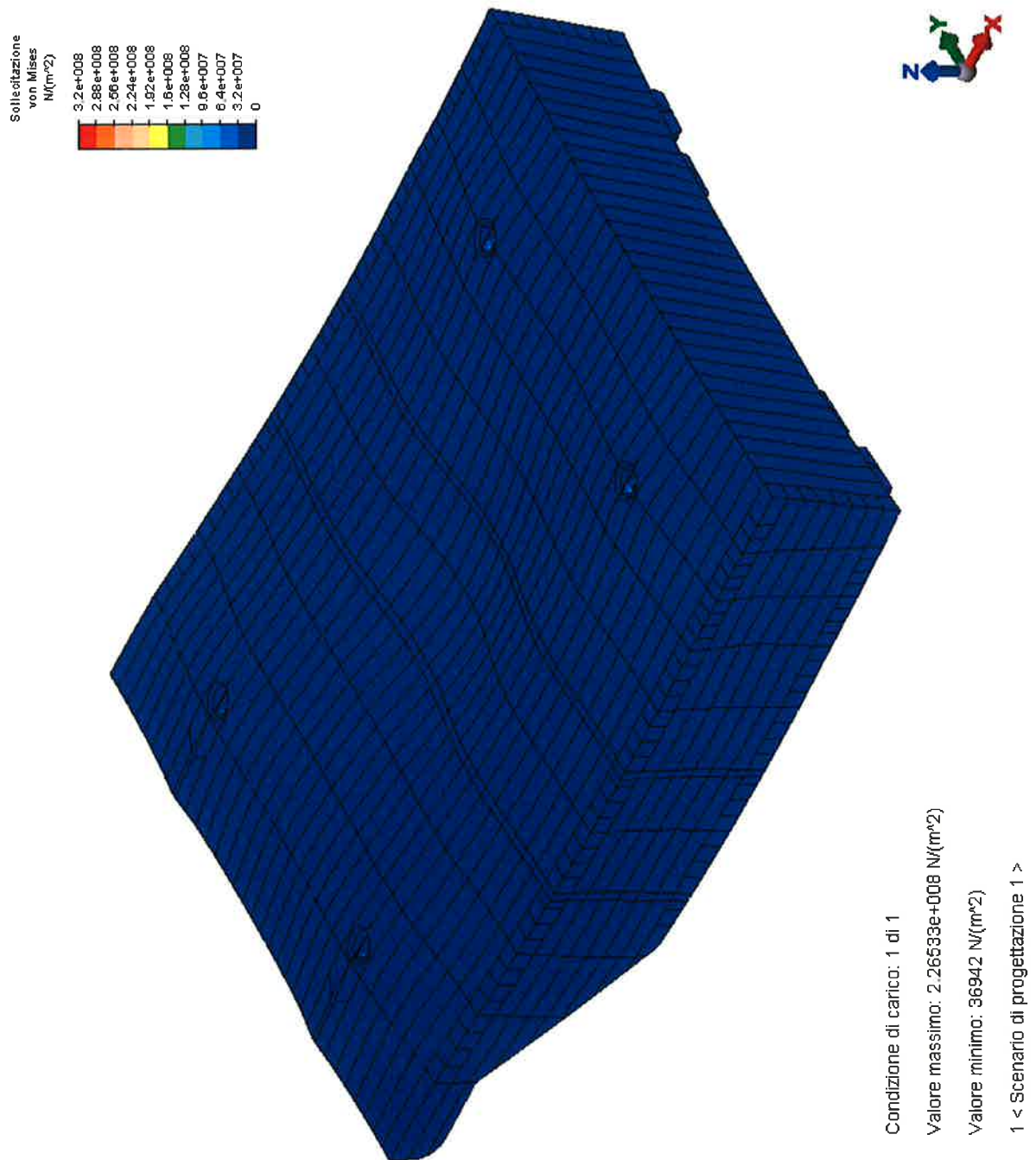



FIG. 8.1 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES E DEFORMATA

 TECNOFPA	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 97
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO	

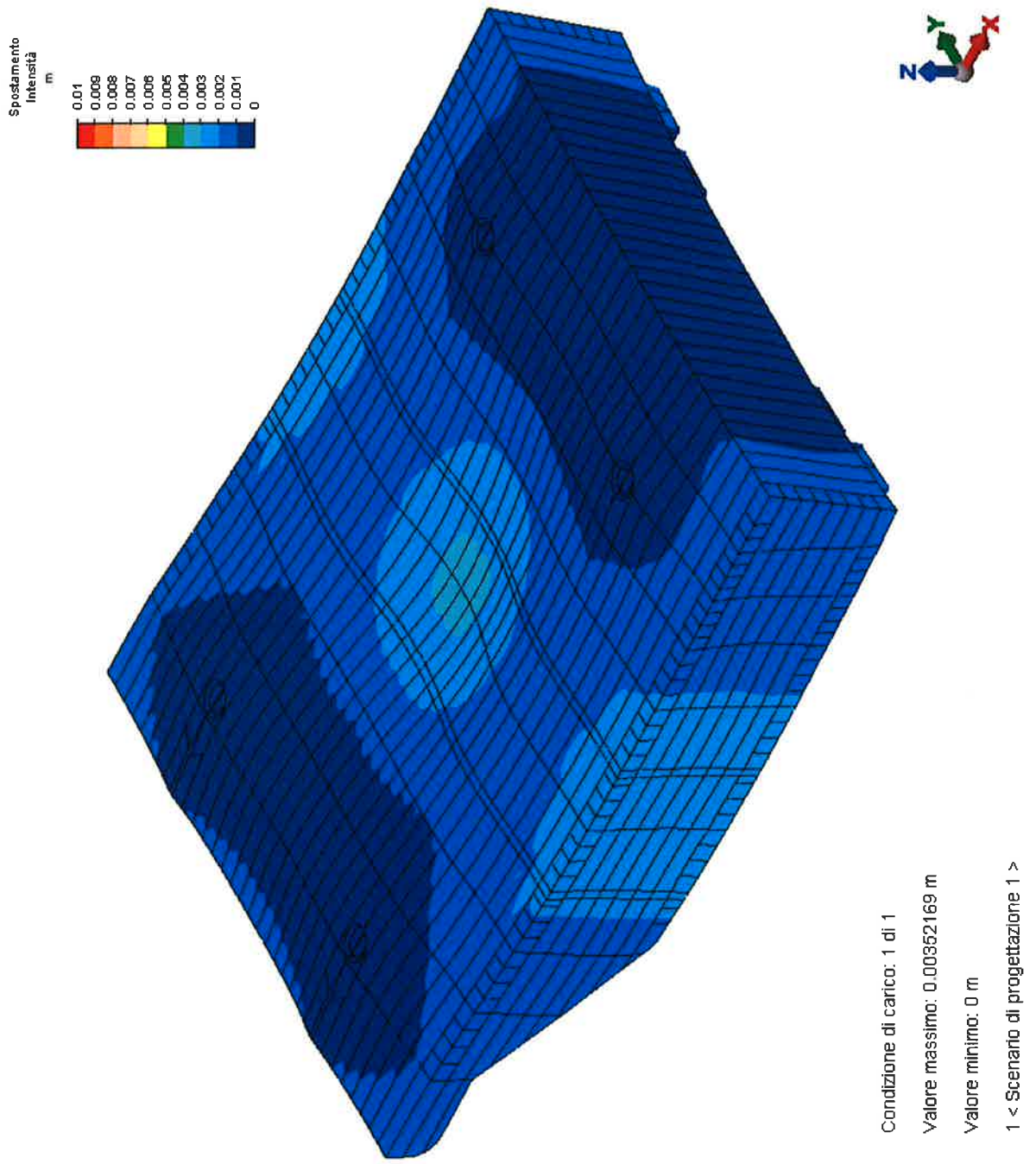


FIG. 8.2 – SPOSTAMENTI - DEFORMATA

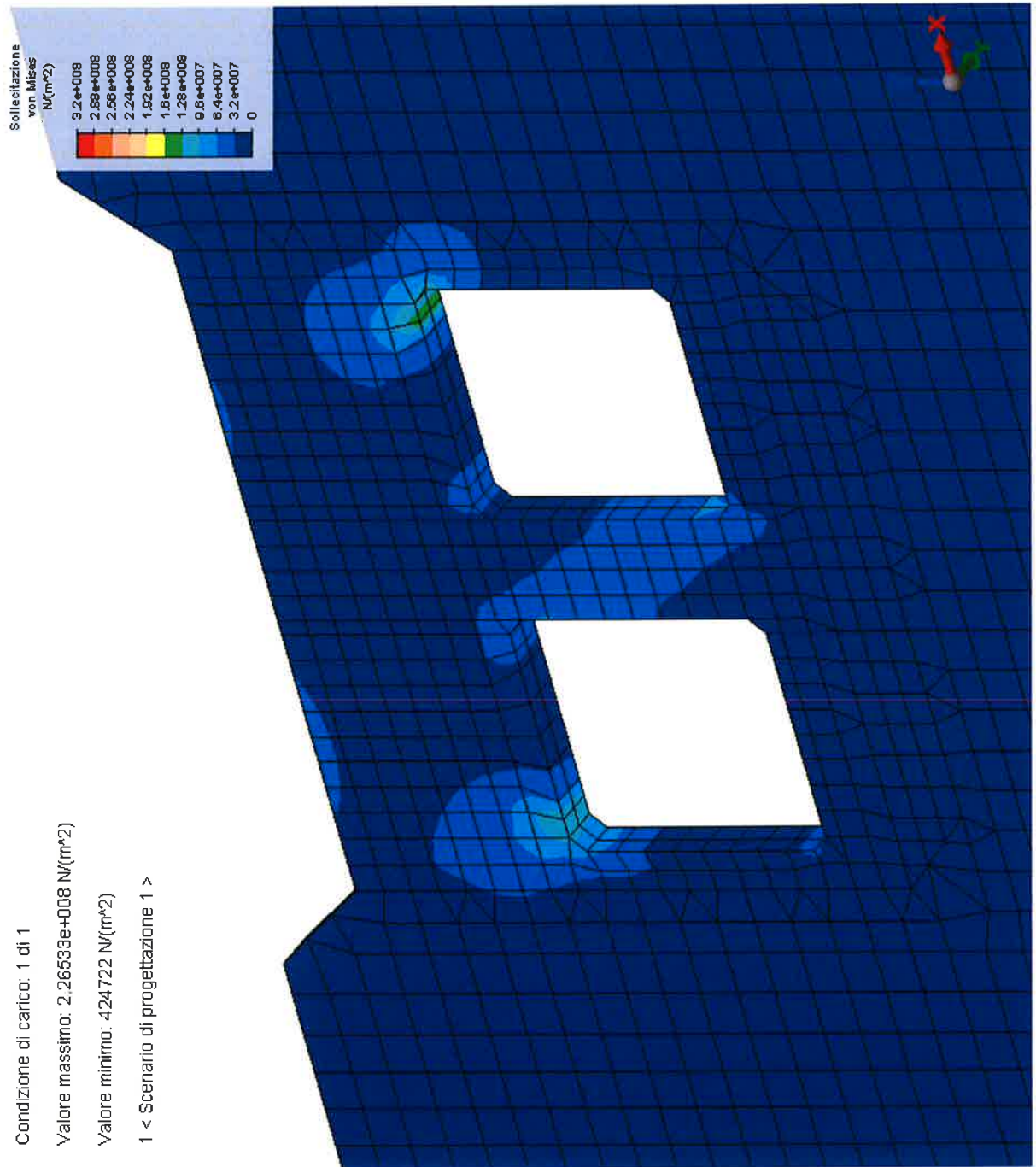


FIG. 8.3 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES: CAVA POSTERIORE

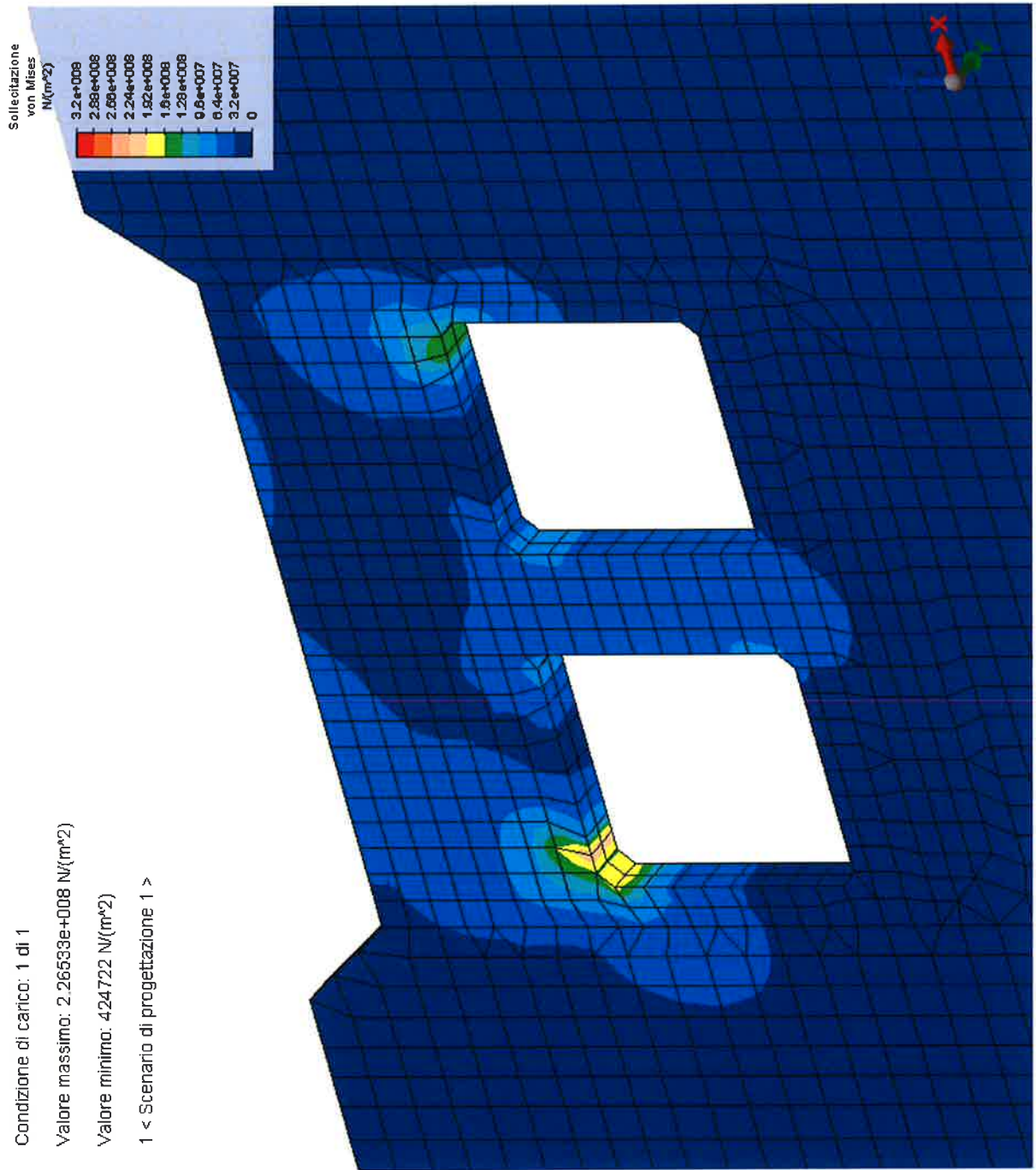


FIG. 8.4 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES: CAVA ANTERIORE

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

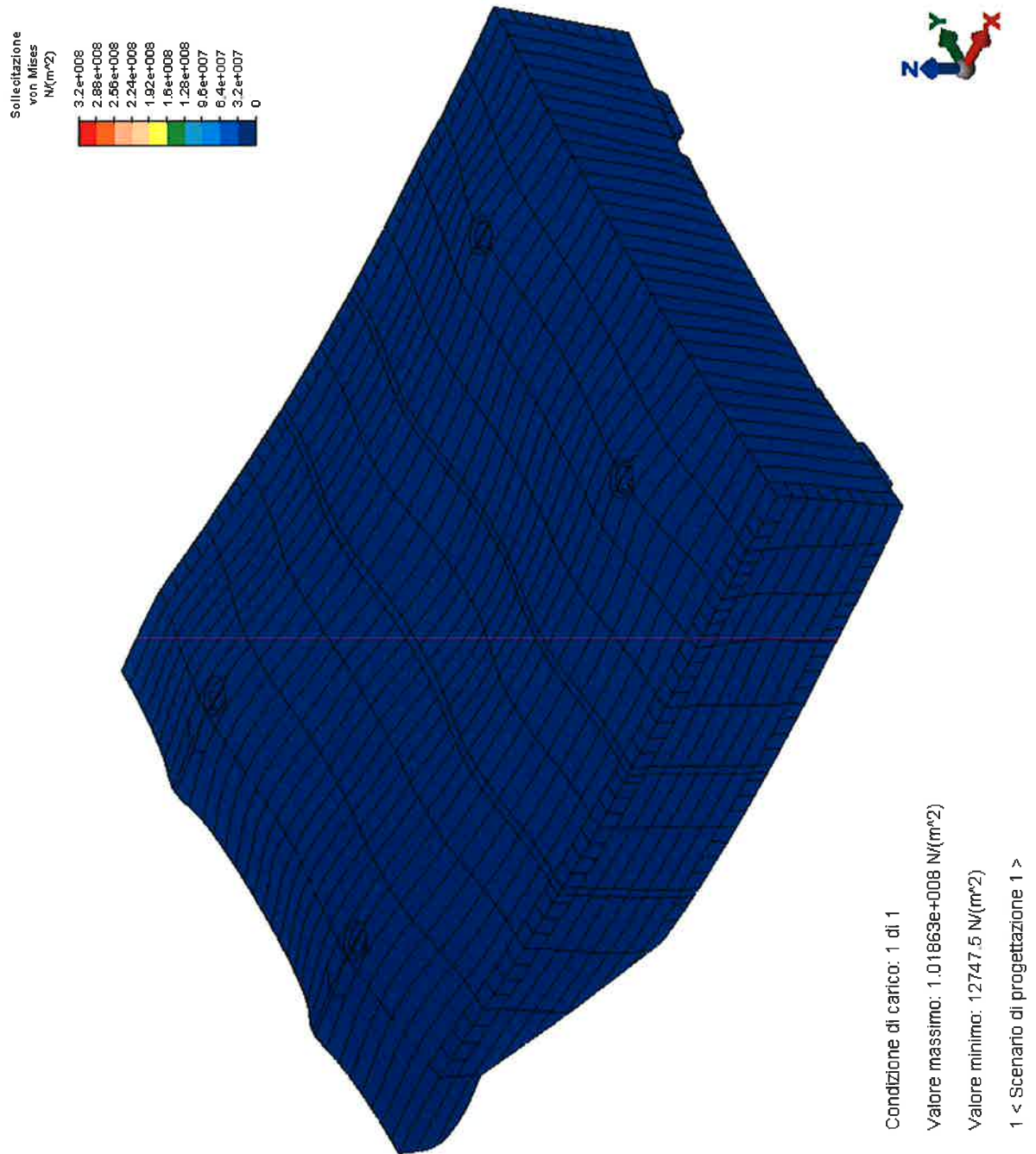


FIG. 8.5 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES E DEFORMATA

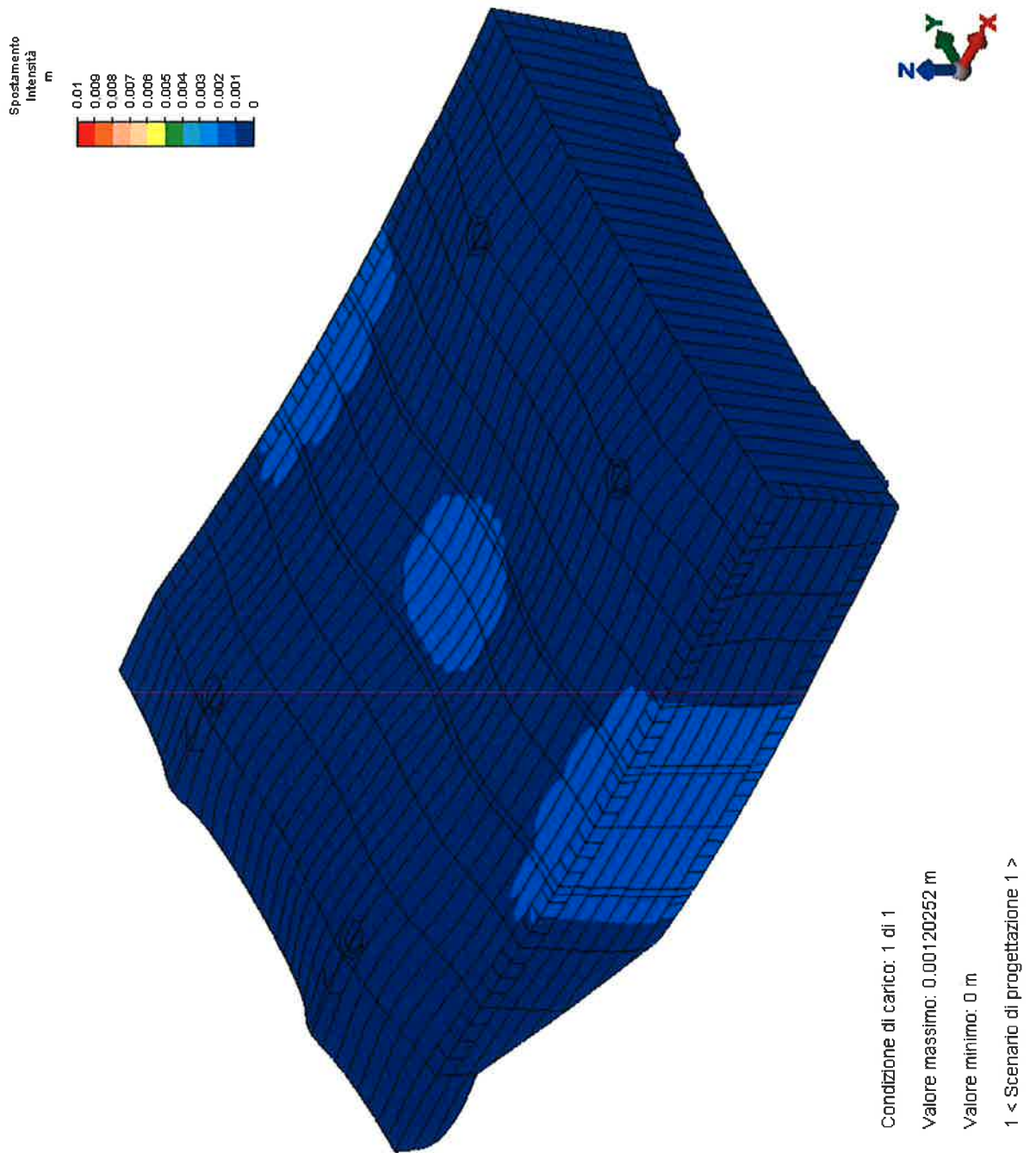


FIG. 8.6 – SPOSTAMENTI - DEFORMATA

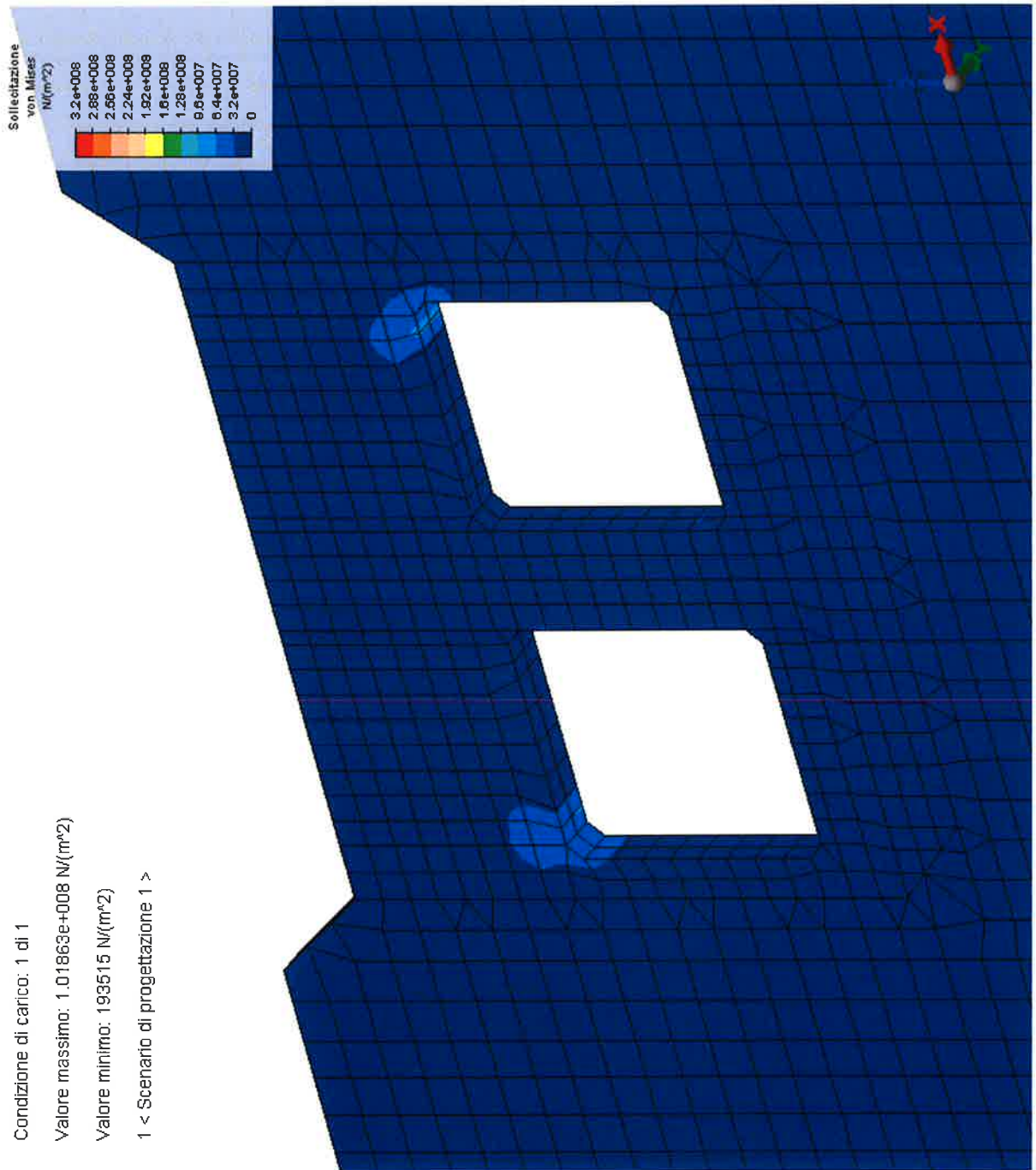


FIG. 8.7 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES: CAVA POSTERIORE

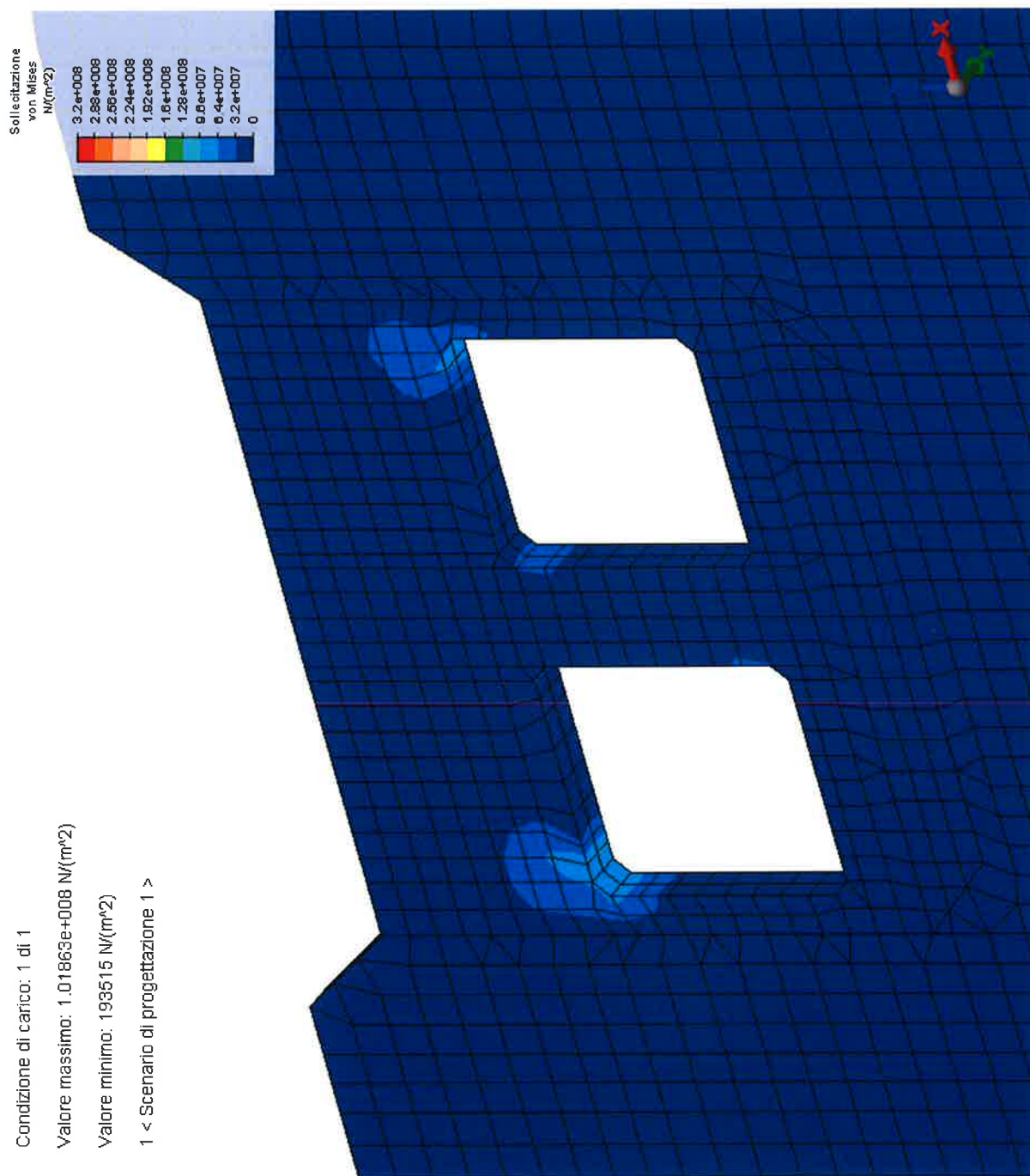


FIG. 8.8 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES: CAVA ANTERIORE

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°; $a_x > 0$

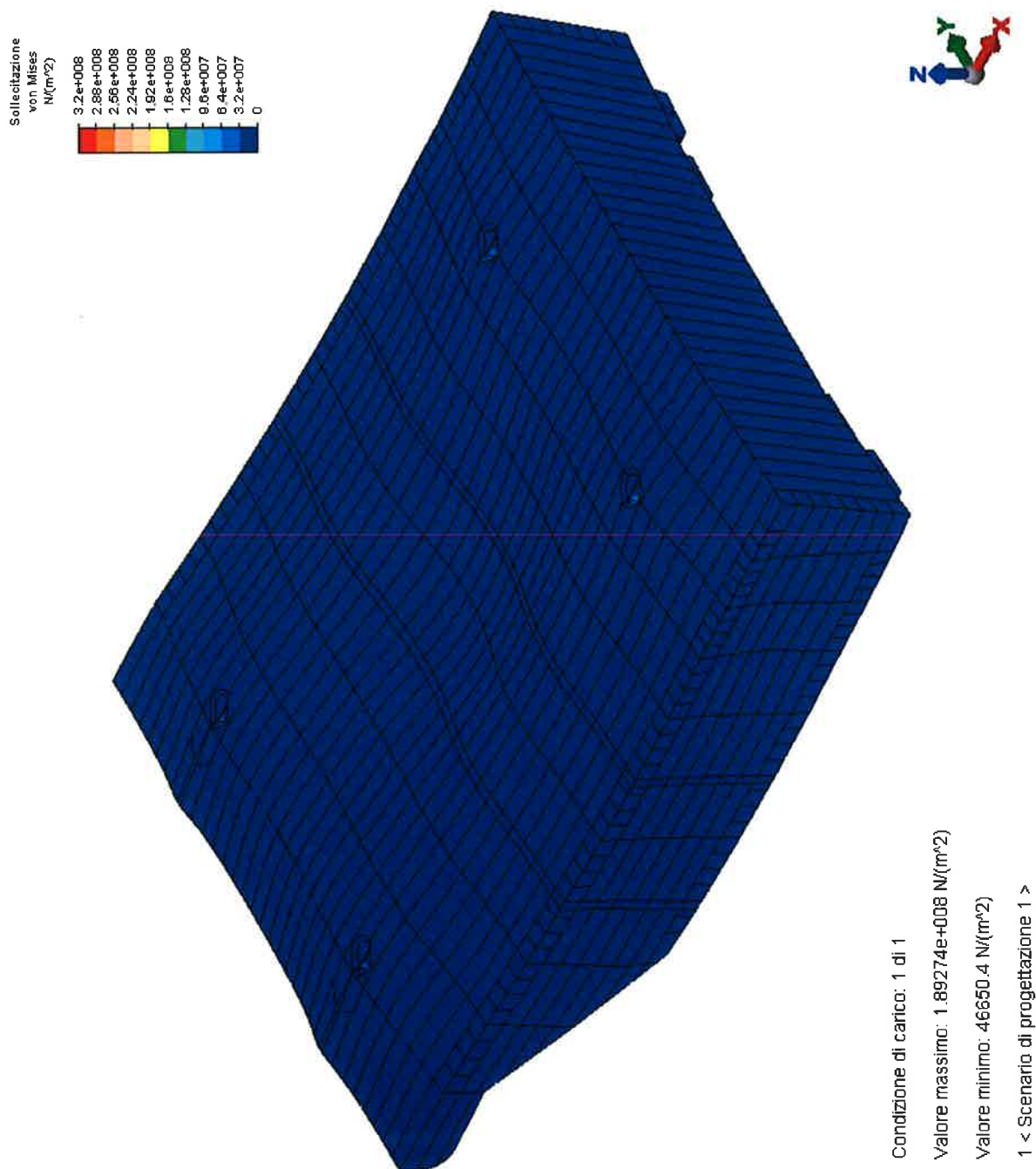


FIG. 8.9 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES E DEFORMATA

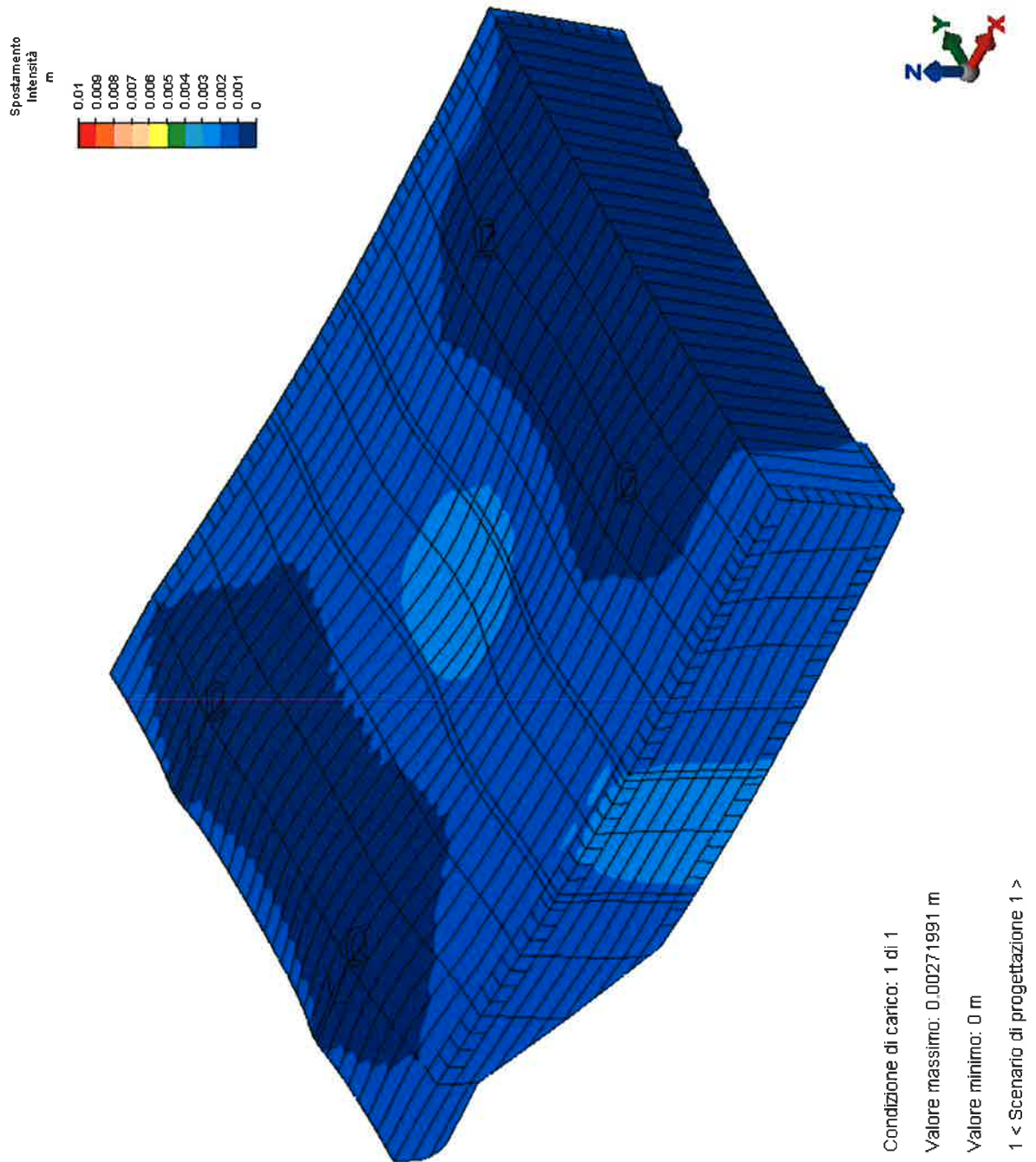


FIG. 8.10 – SPOSTAMENTI - DEFORMATA

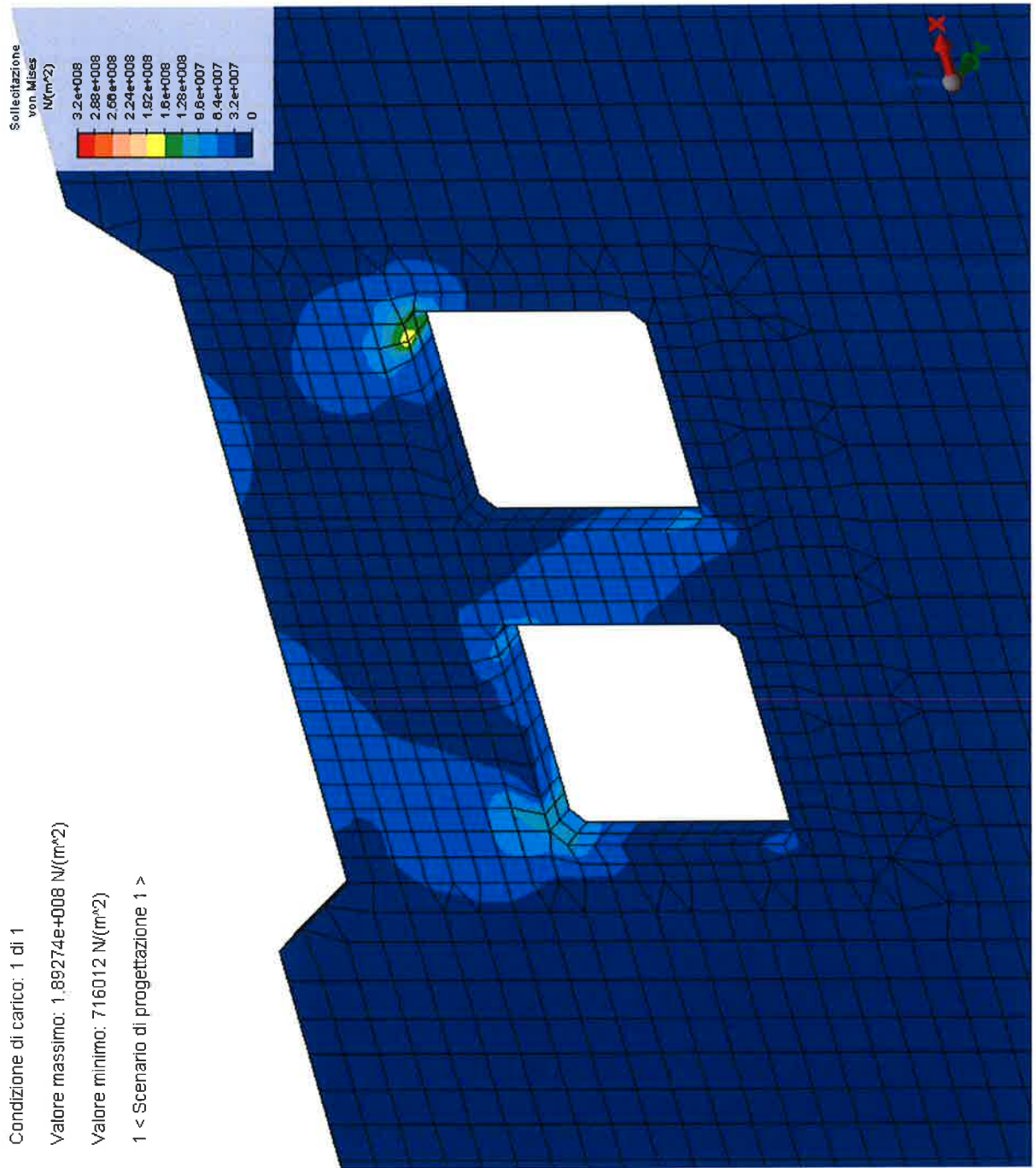


FIG. 8.11 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES: CAVA POSTERIORE

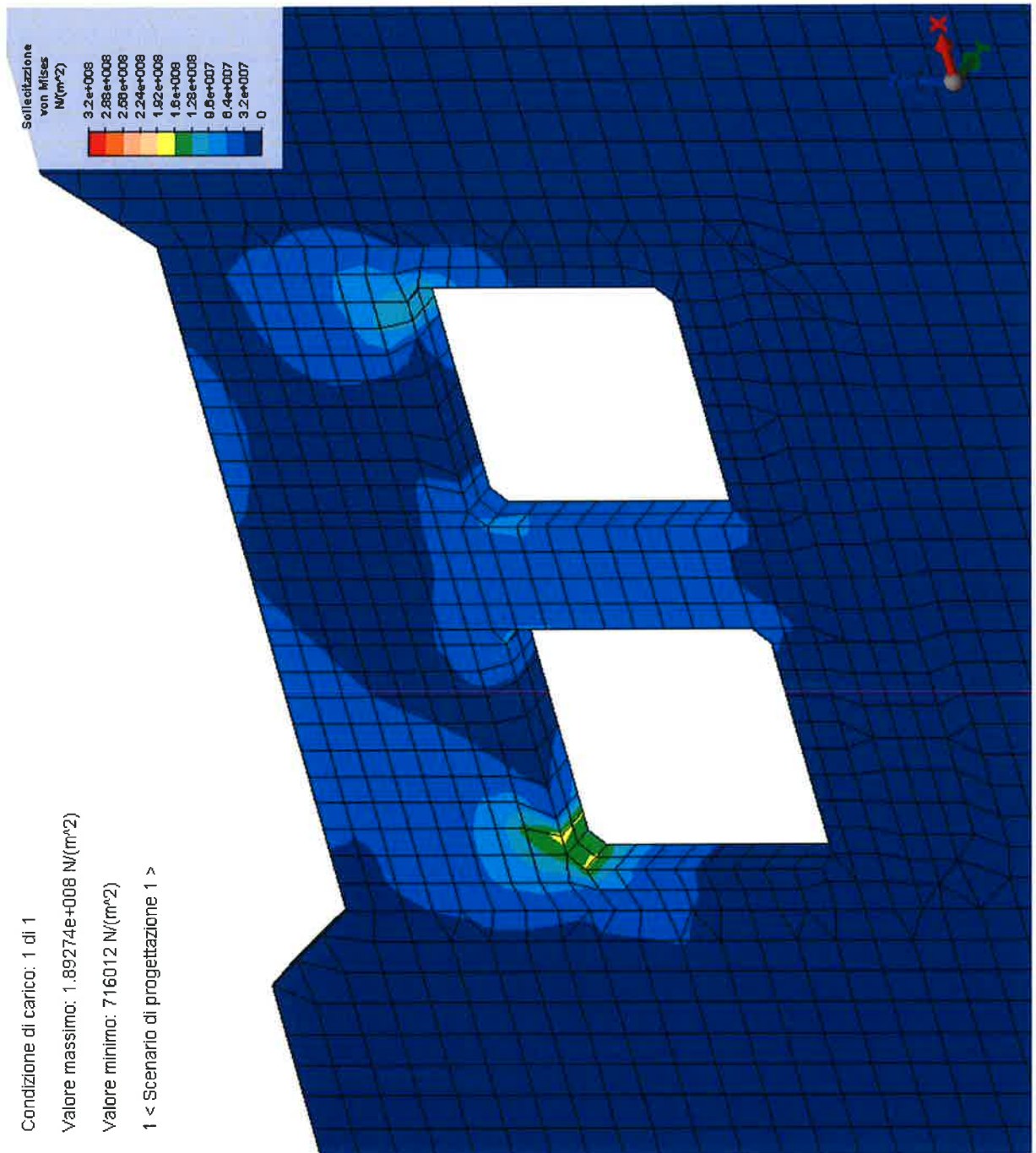



FIG. 8.12 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES: CAVA ANTERIORE

	Rev. C0	Data: 13/09/2013	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0 VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO	Pag. n. 108
	Rev. C0	Data: 13/09/2013		

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

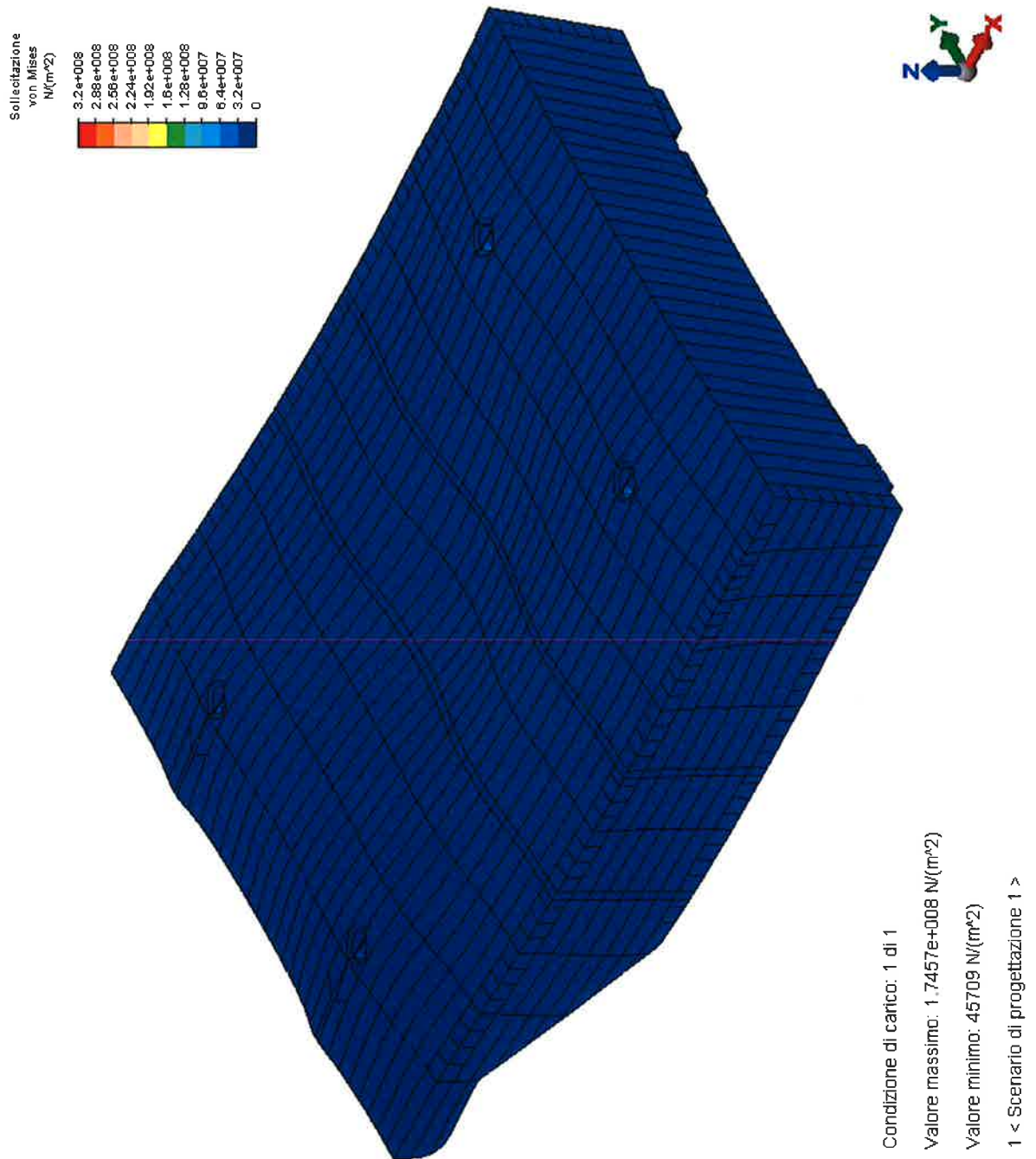


FIG. 8.13 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES E DEFORMATA

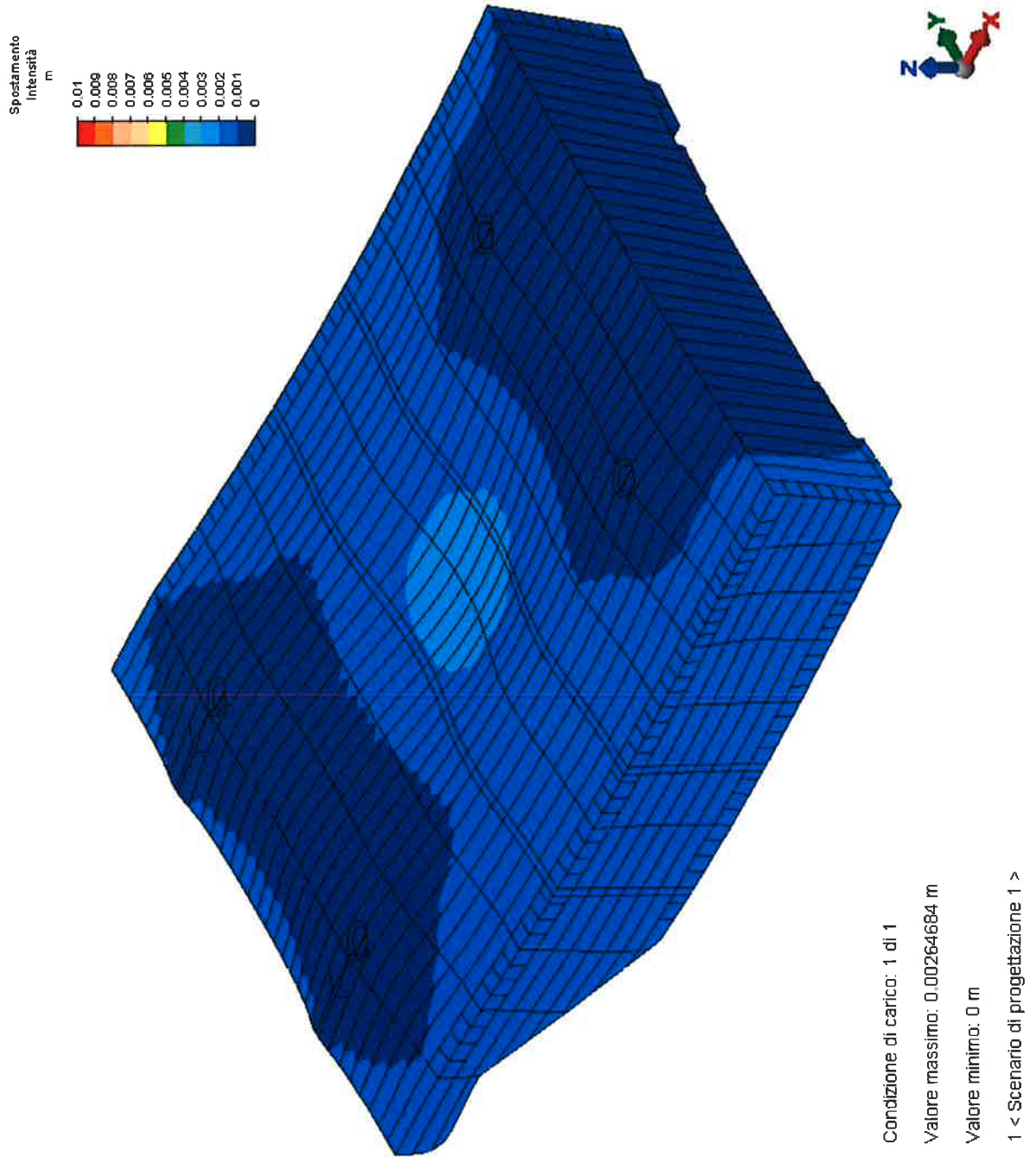


FIG. 8.14 – SPOSTAMENTI - DEFORMATA

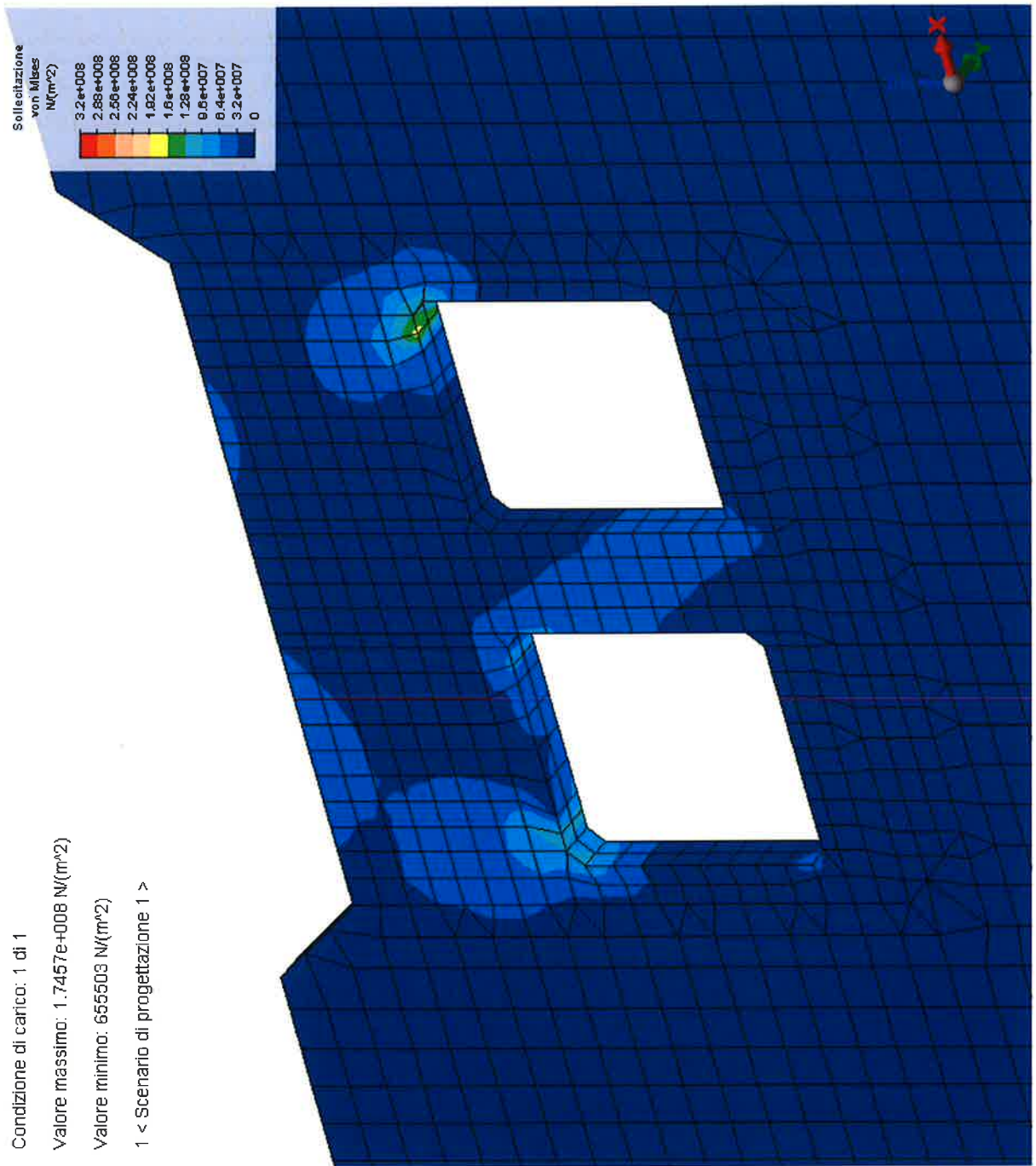
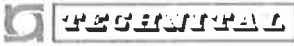


FIG. 8.15 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES: CAVA POSTERIORE

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 111
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO	

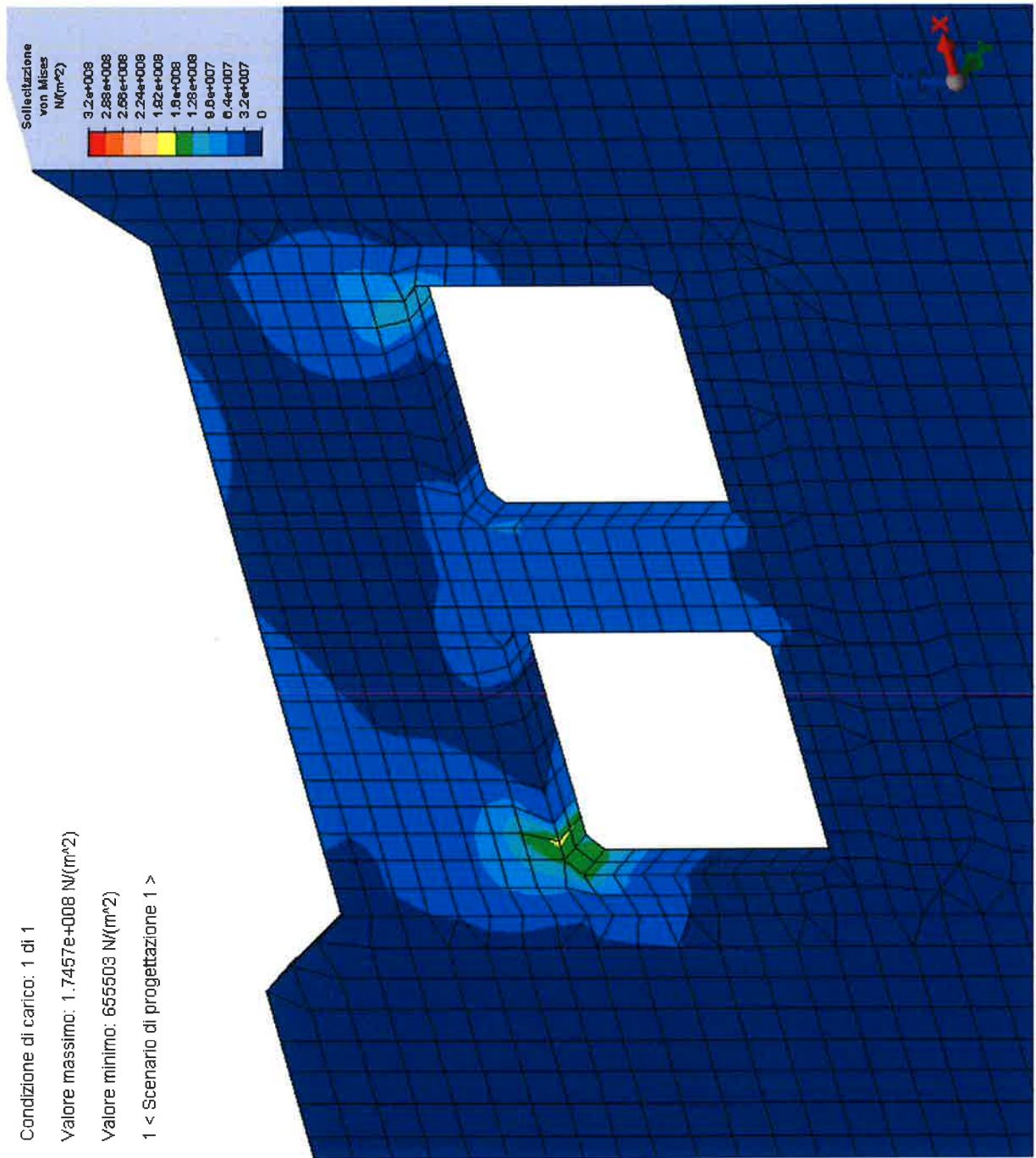


FIG. 8.16 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES: CAVA ANTERIORE

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

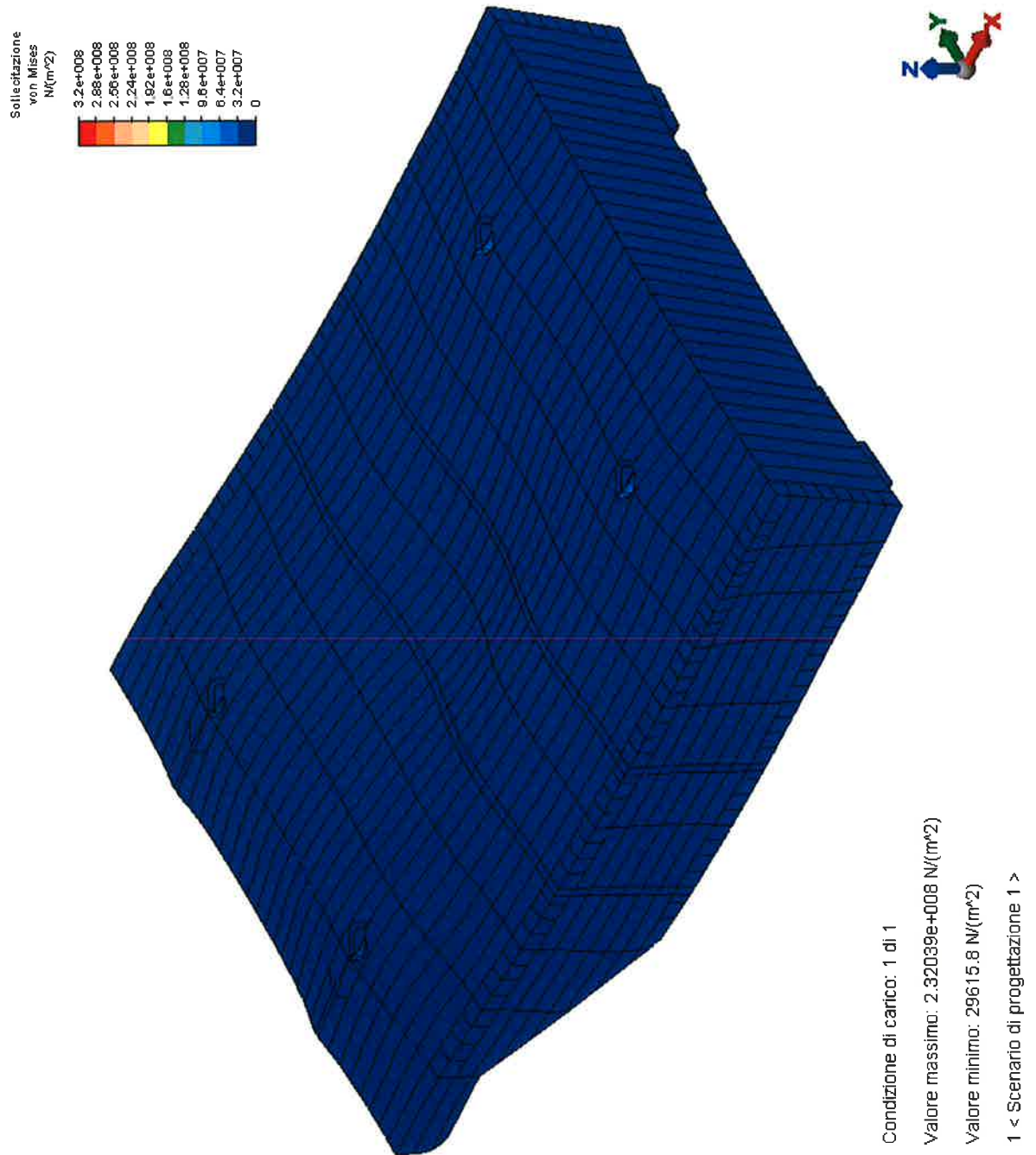


FIG. 8.17 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES E DEFORMATA

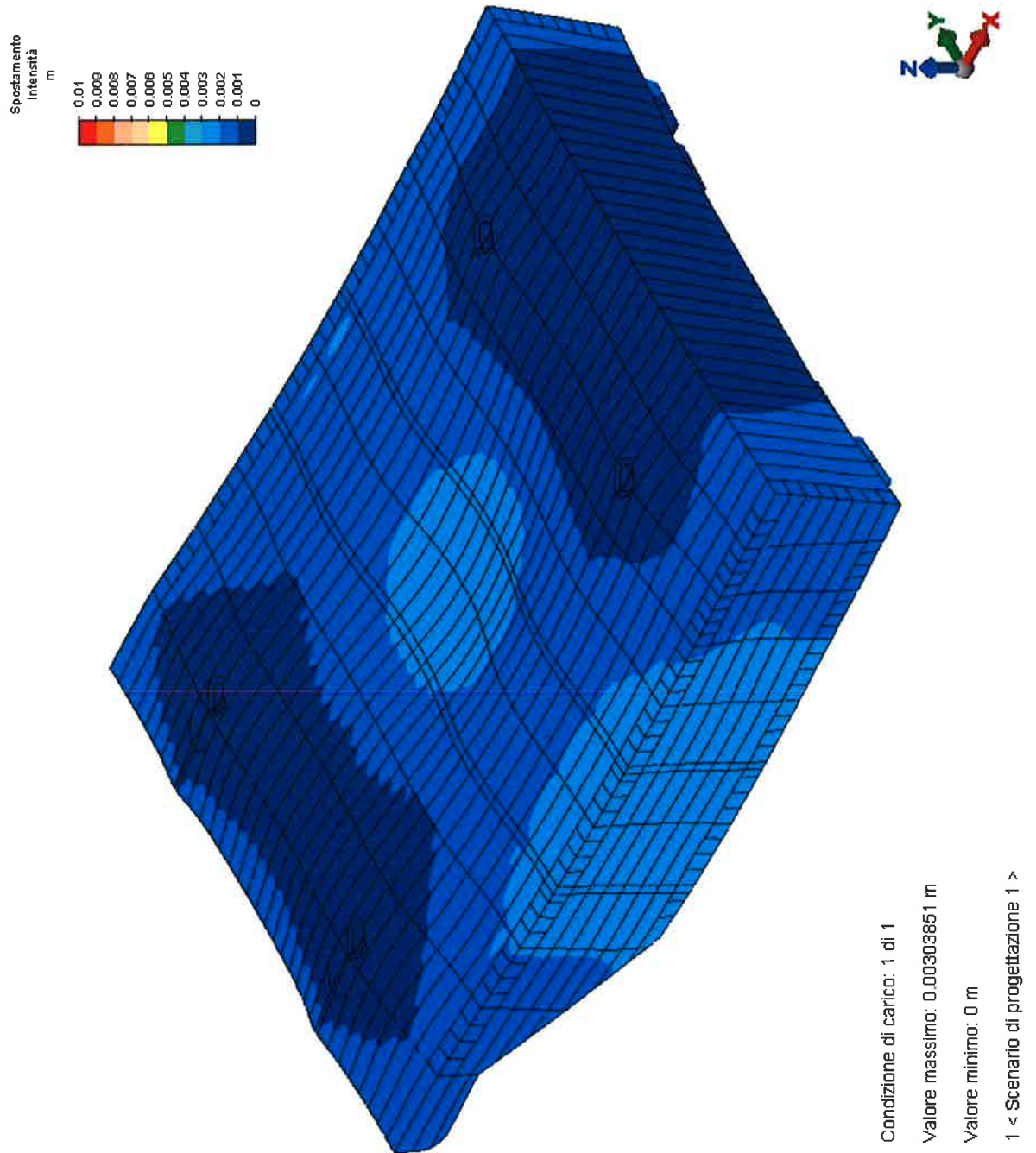


FIG. 8.18 – SPOSTAMENTI - DEFORMATA

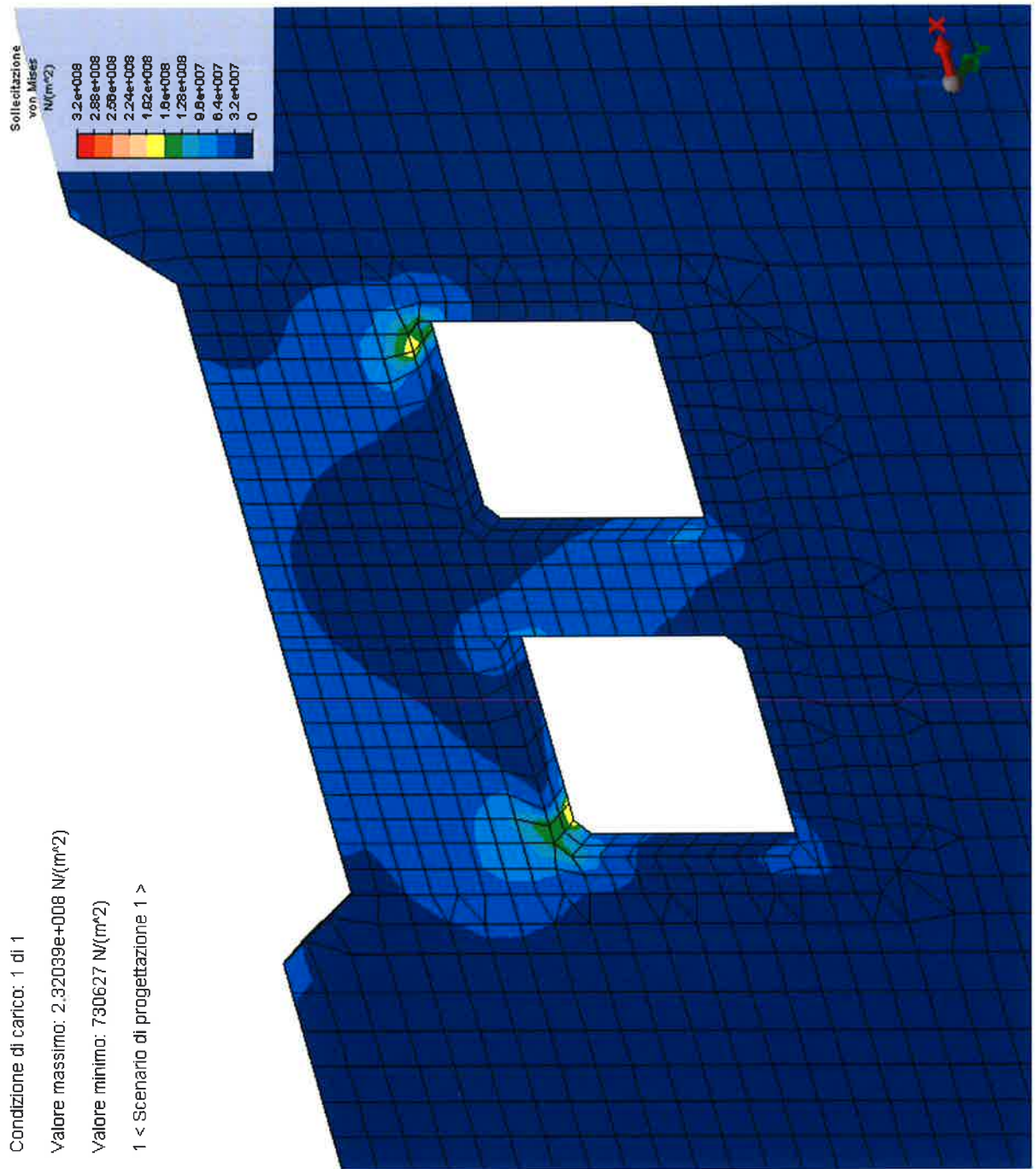



FIG. 8.19 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES: CAVA POSTERIORE

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 115
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO	

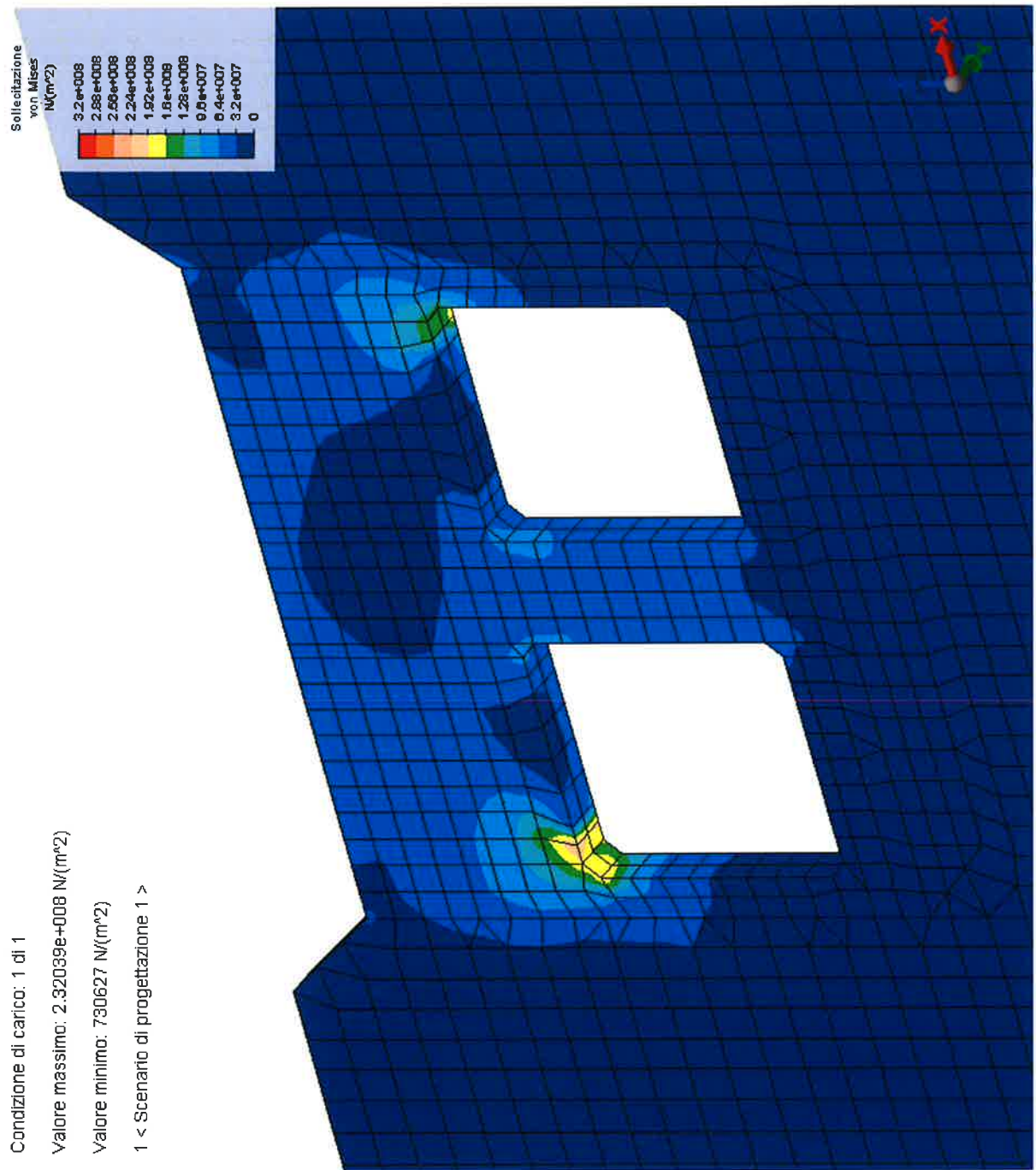



FIG. 8.20 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES: CAVA ANTERIORE

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 116
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO	

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

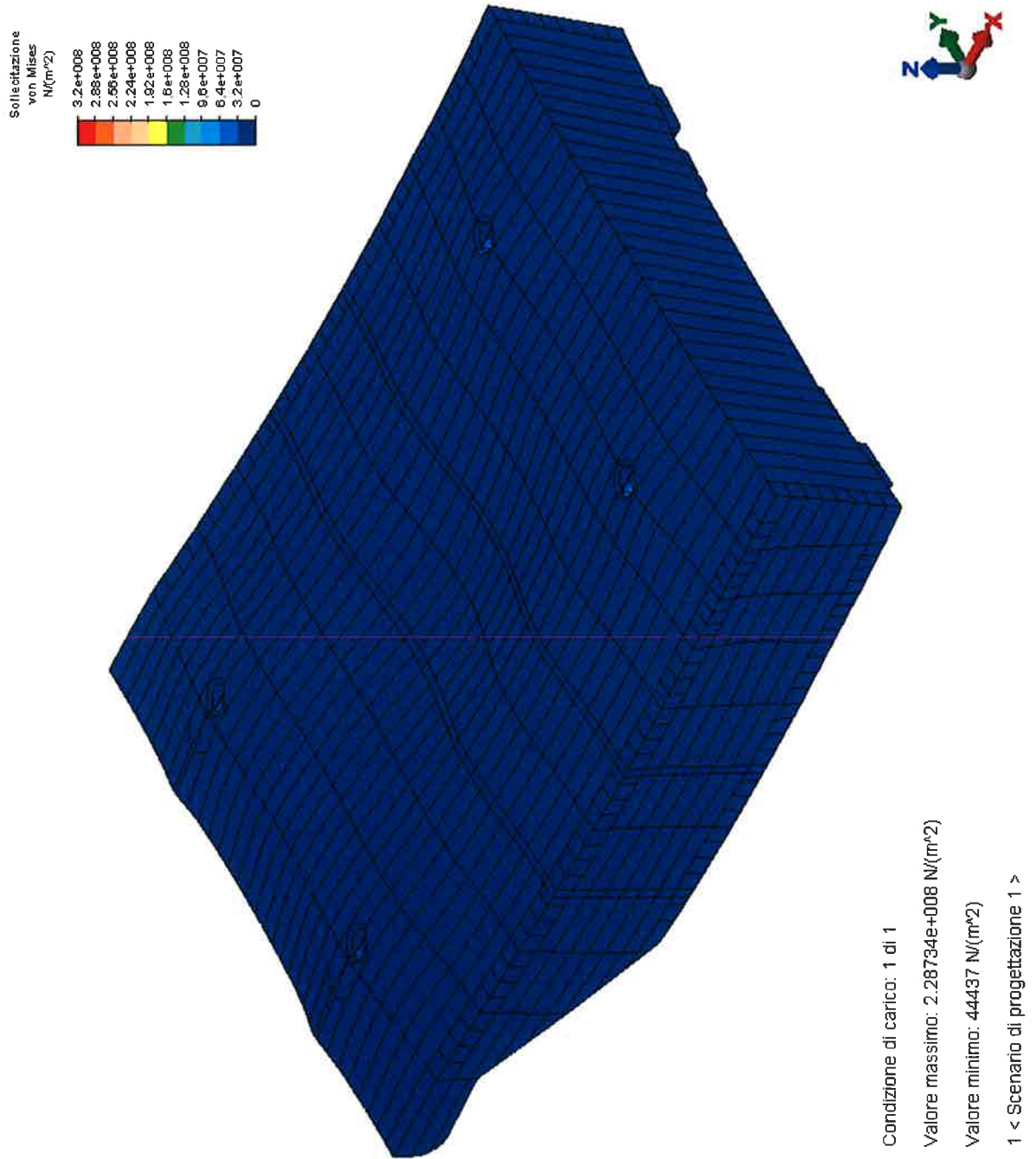


FIG. 8.21 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES E DEFORMATA

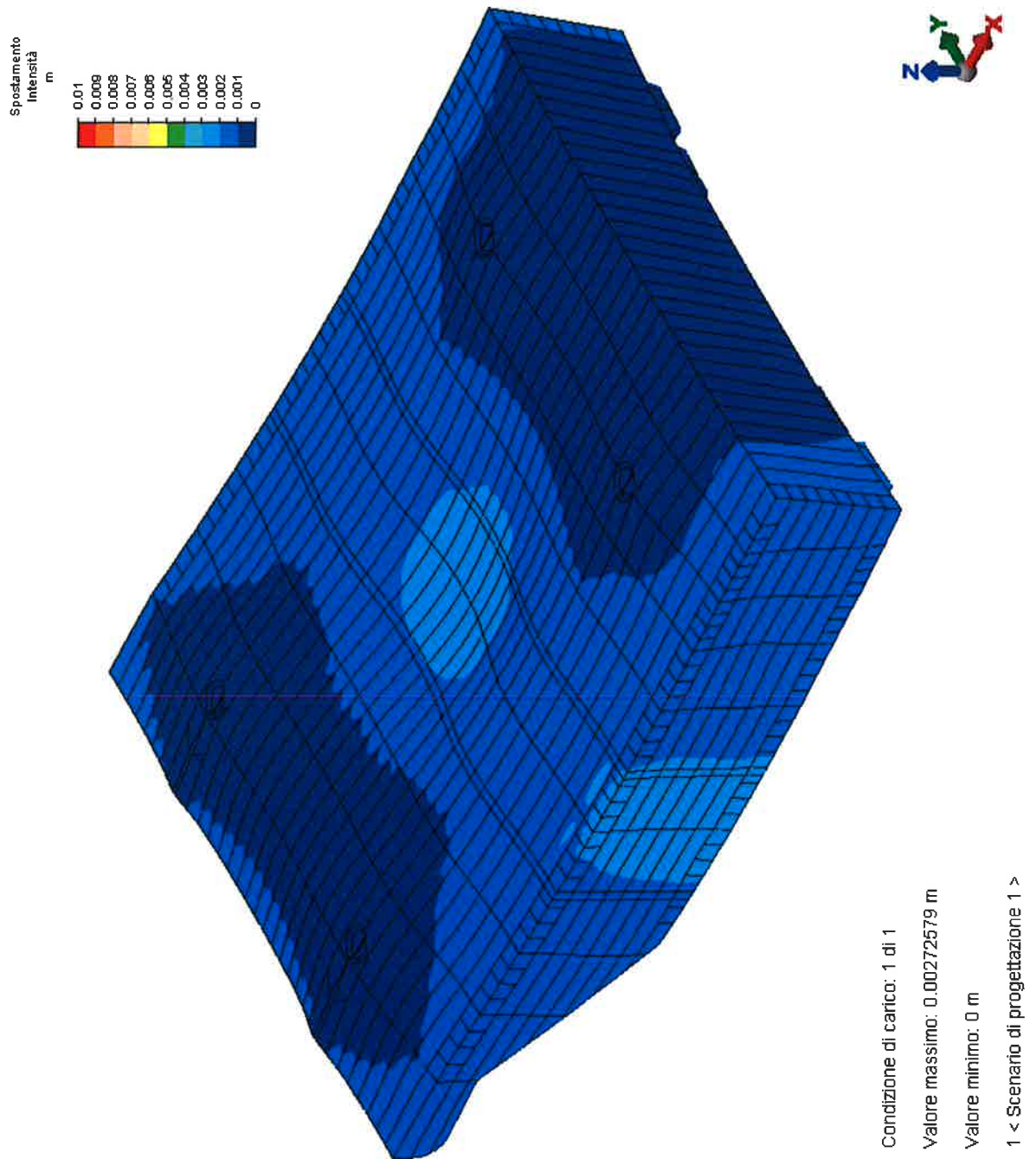


FIG. 8.22 – SPOSTAMENTI - DEFORMATA

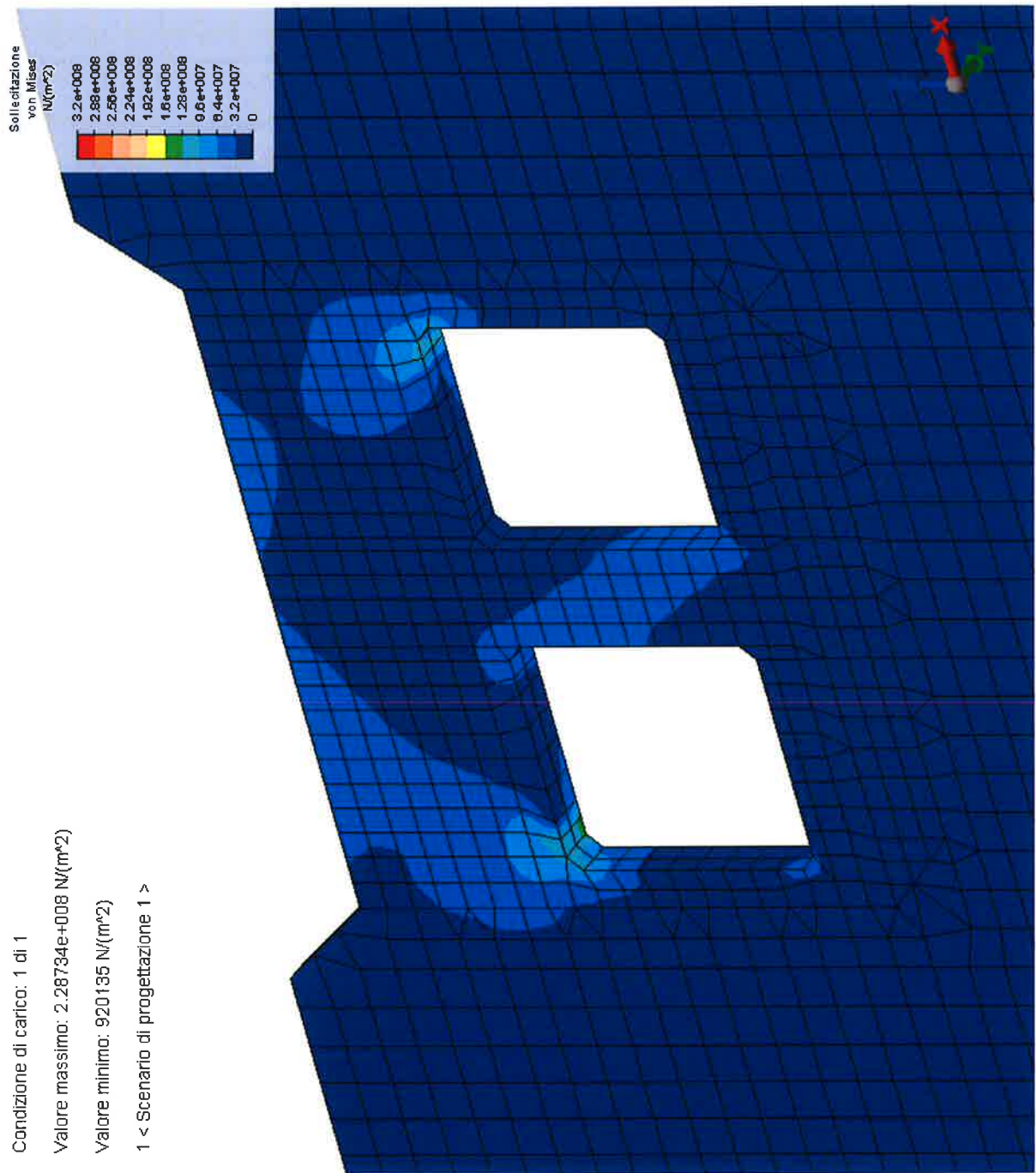


FIG. 8.23 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES: CAVA POSTERIORE

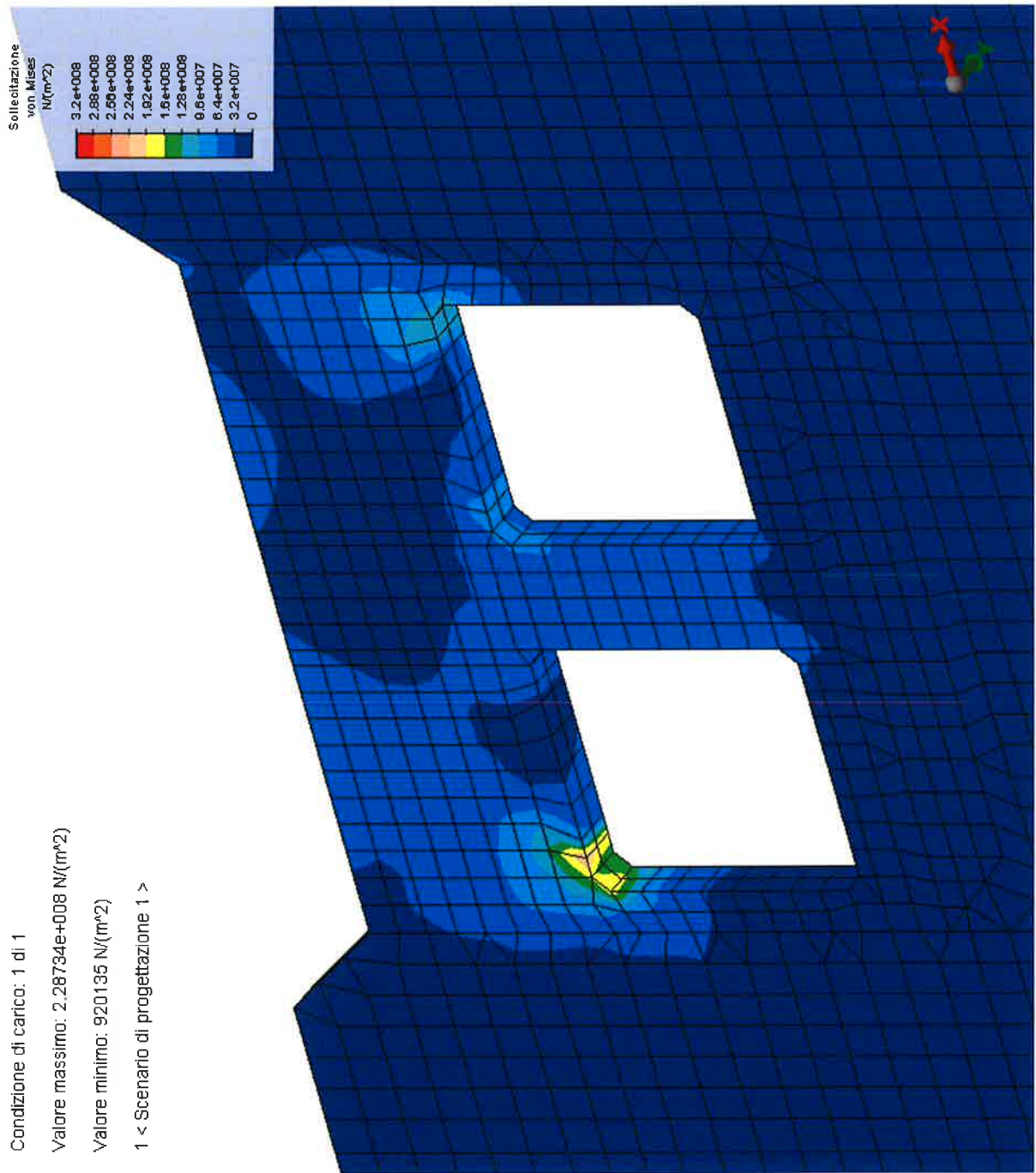



FIG. 8.24 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES: CAVA ANTERIORE

 GENERAL	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 120
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO	

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

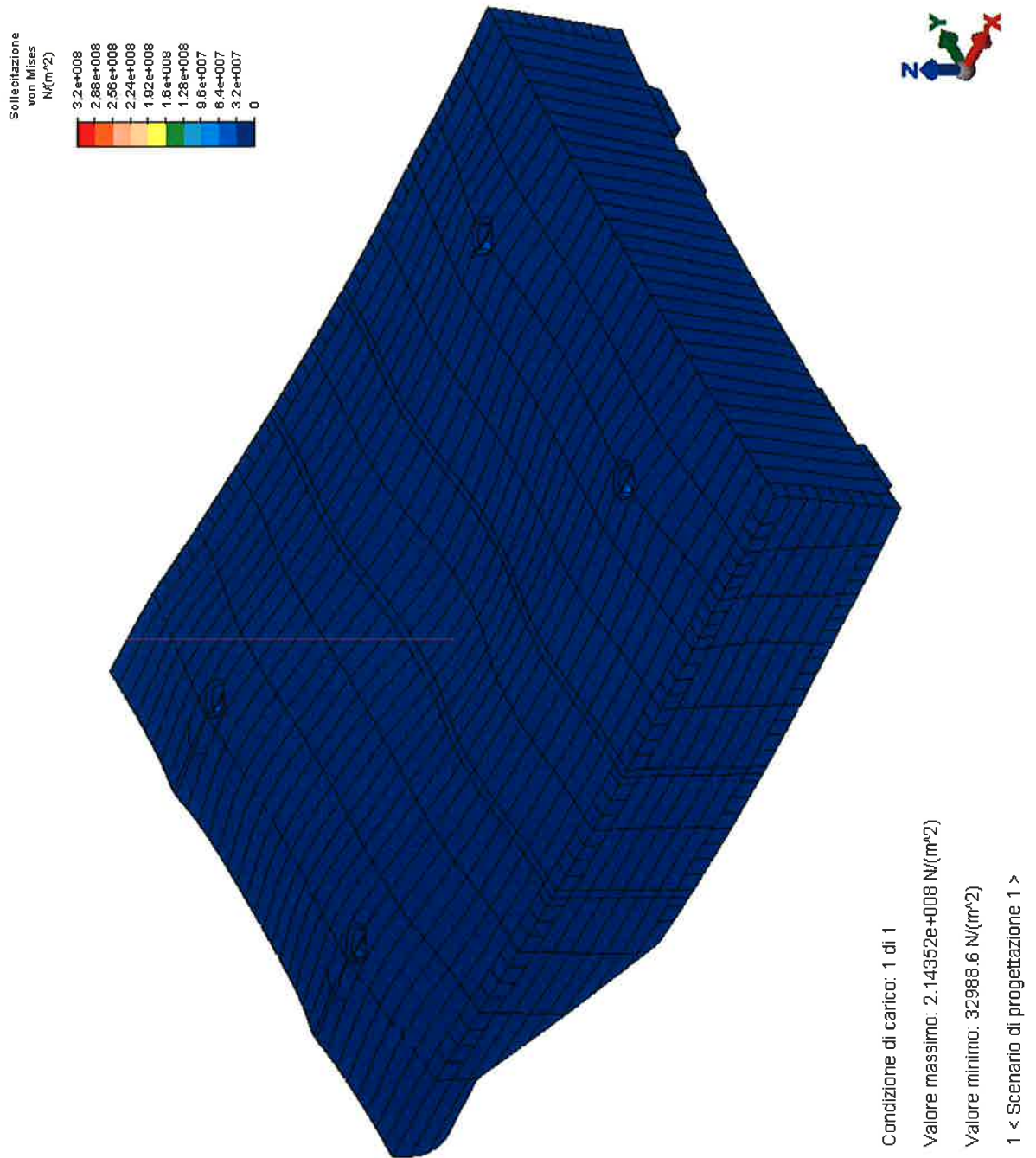


FIG. 8.25 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES E DEFORMATA

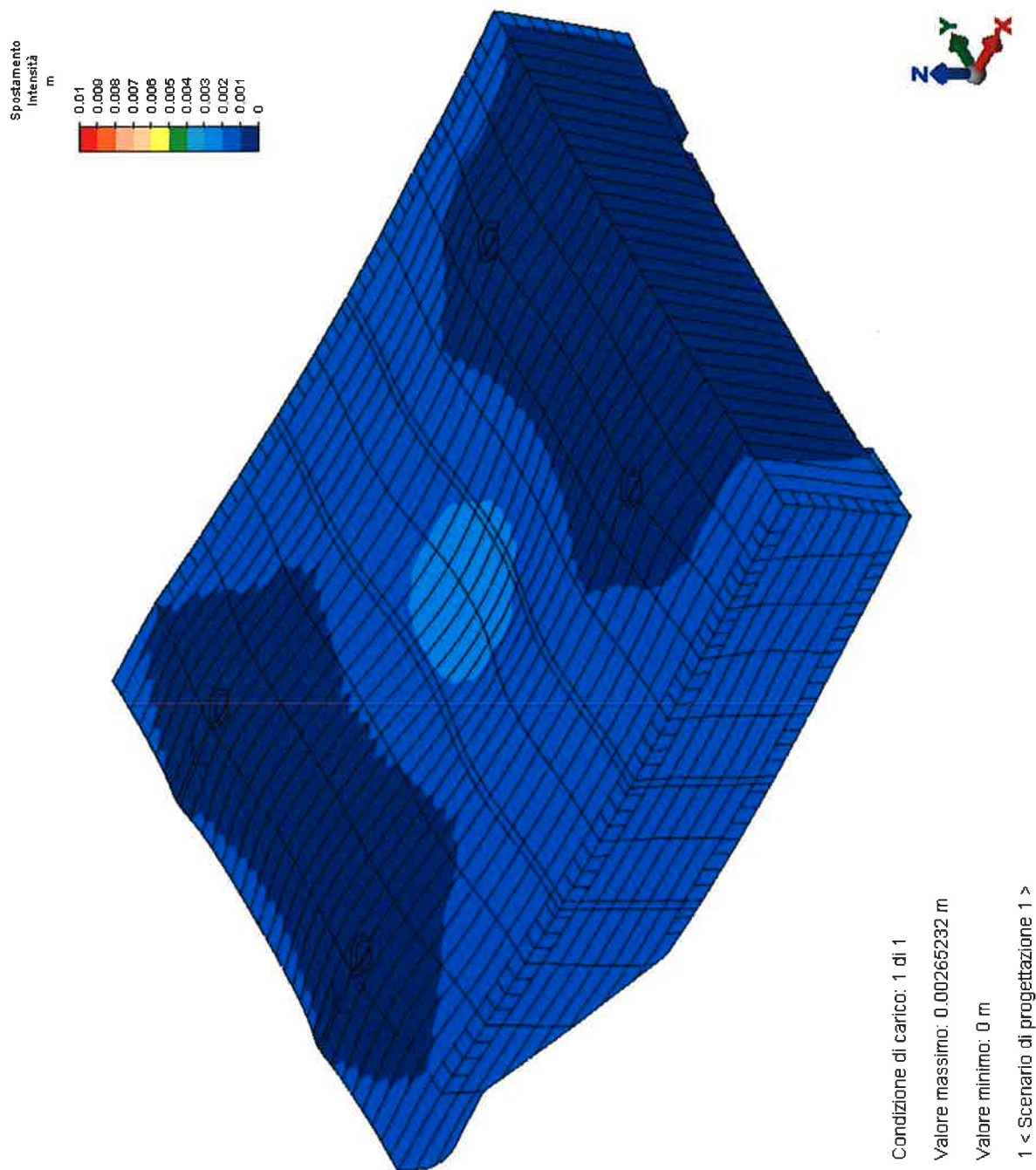


FIG. 8.26 – SPOSTAMENTI - DEFORMATA

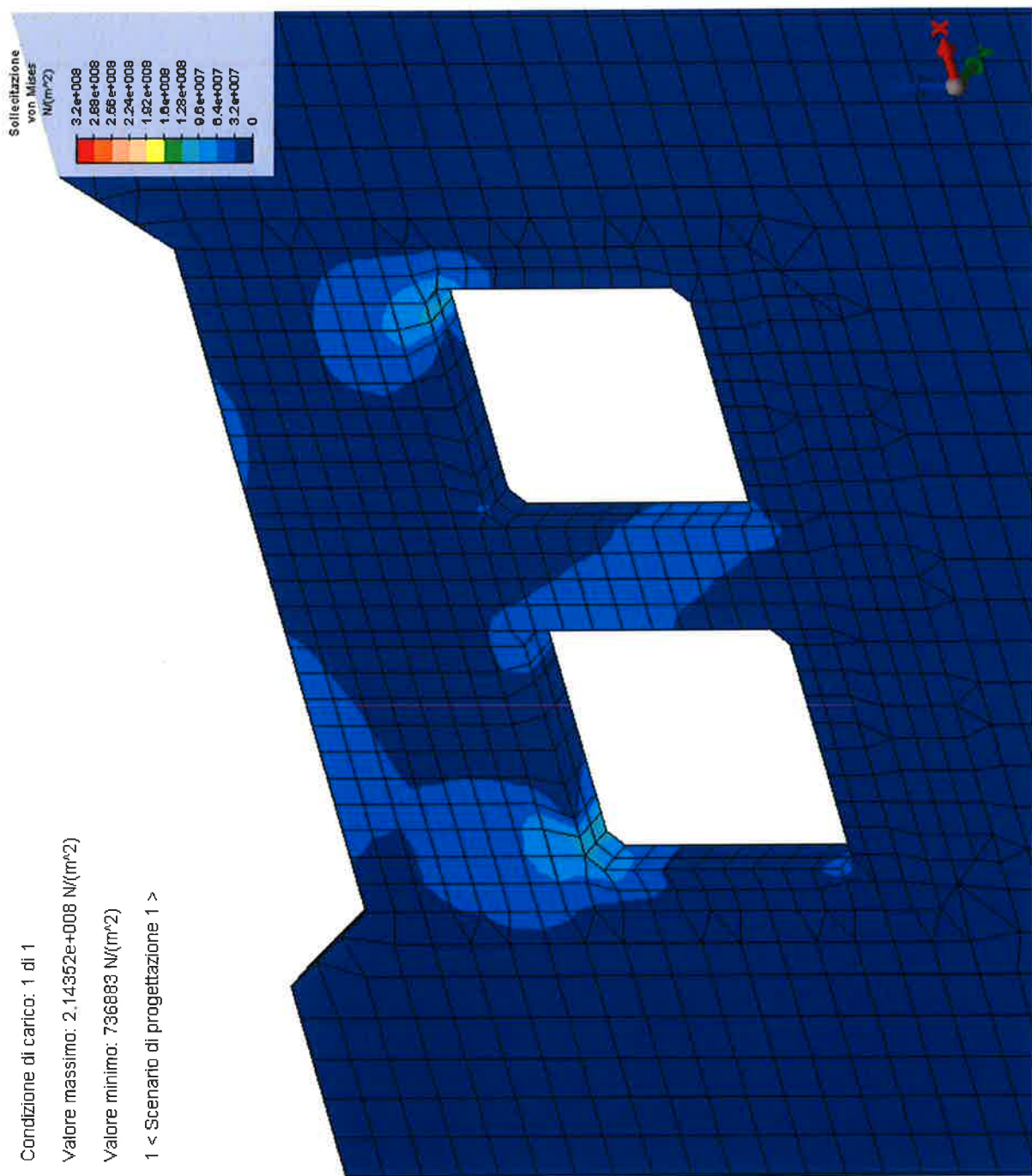


FIG. 8.27 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES: CAVA POSTERIORE

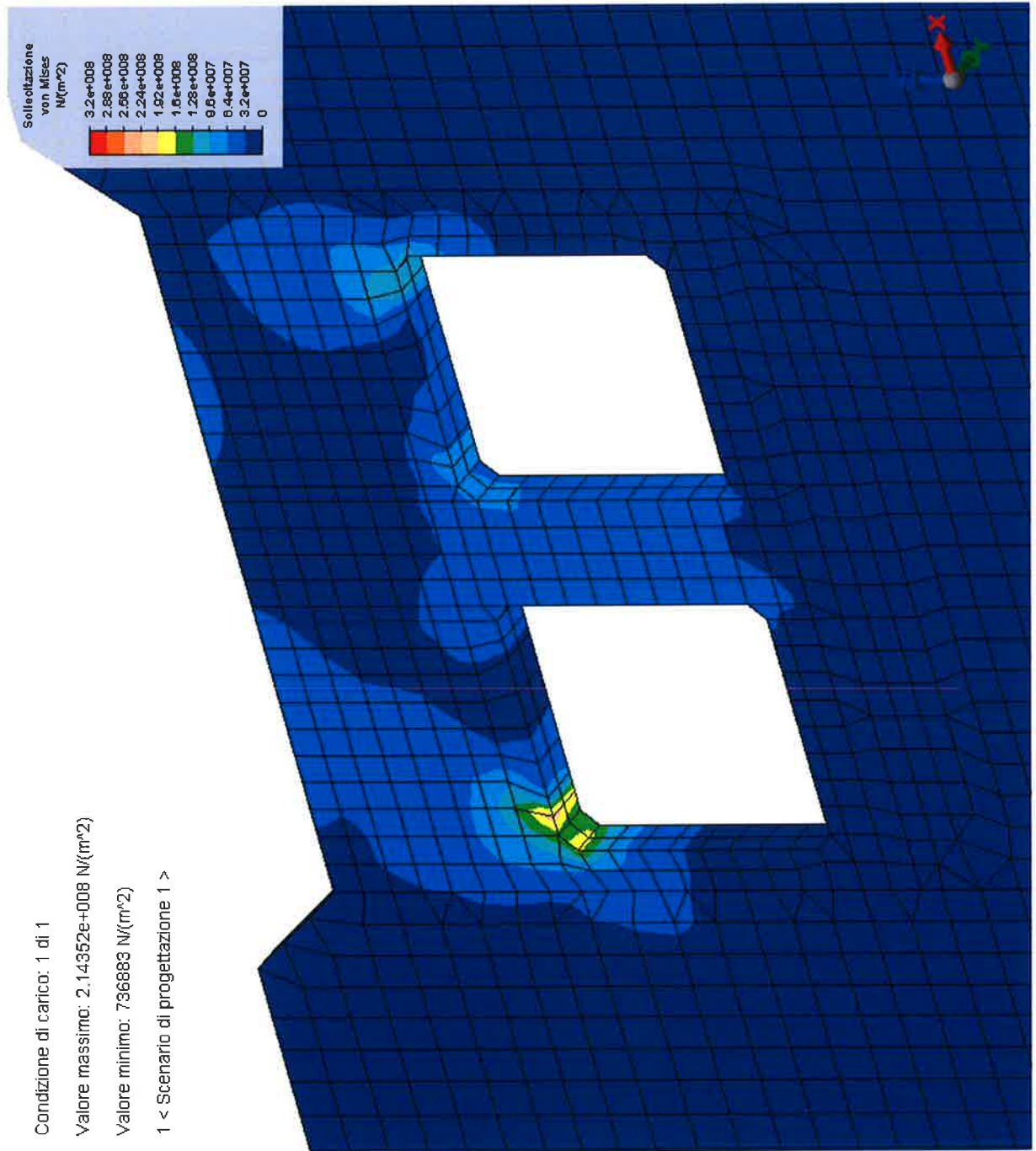



FIG. 8.28 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES: CAVA ANTERIORE

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 124
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/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°; $a_x > 0$

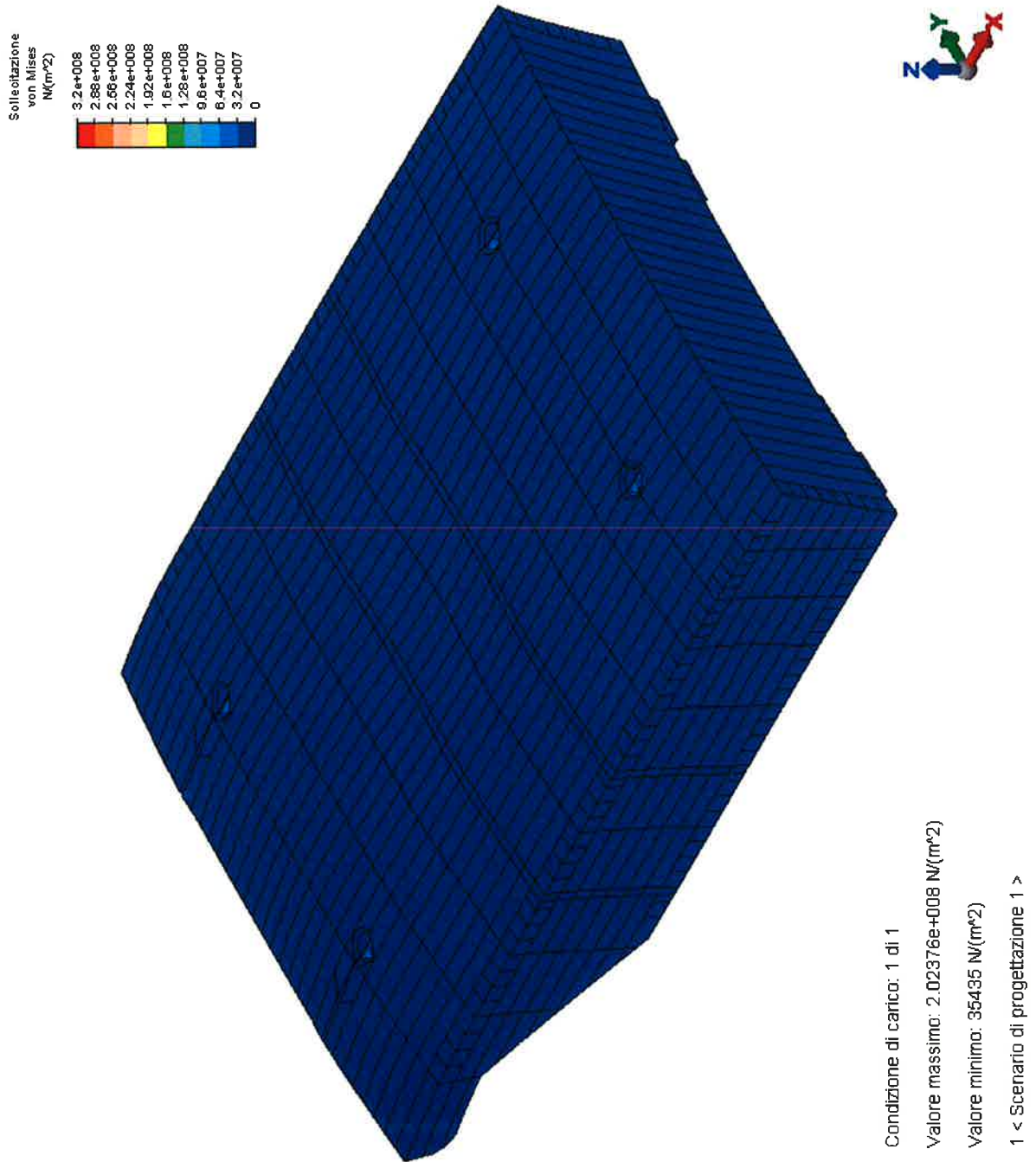



FIG. 8.29 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES E DEFORMATA

 TECINTAL	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 125
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO	

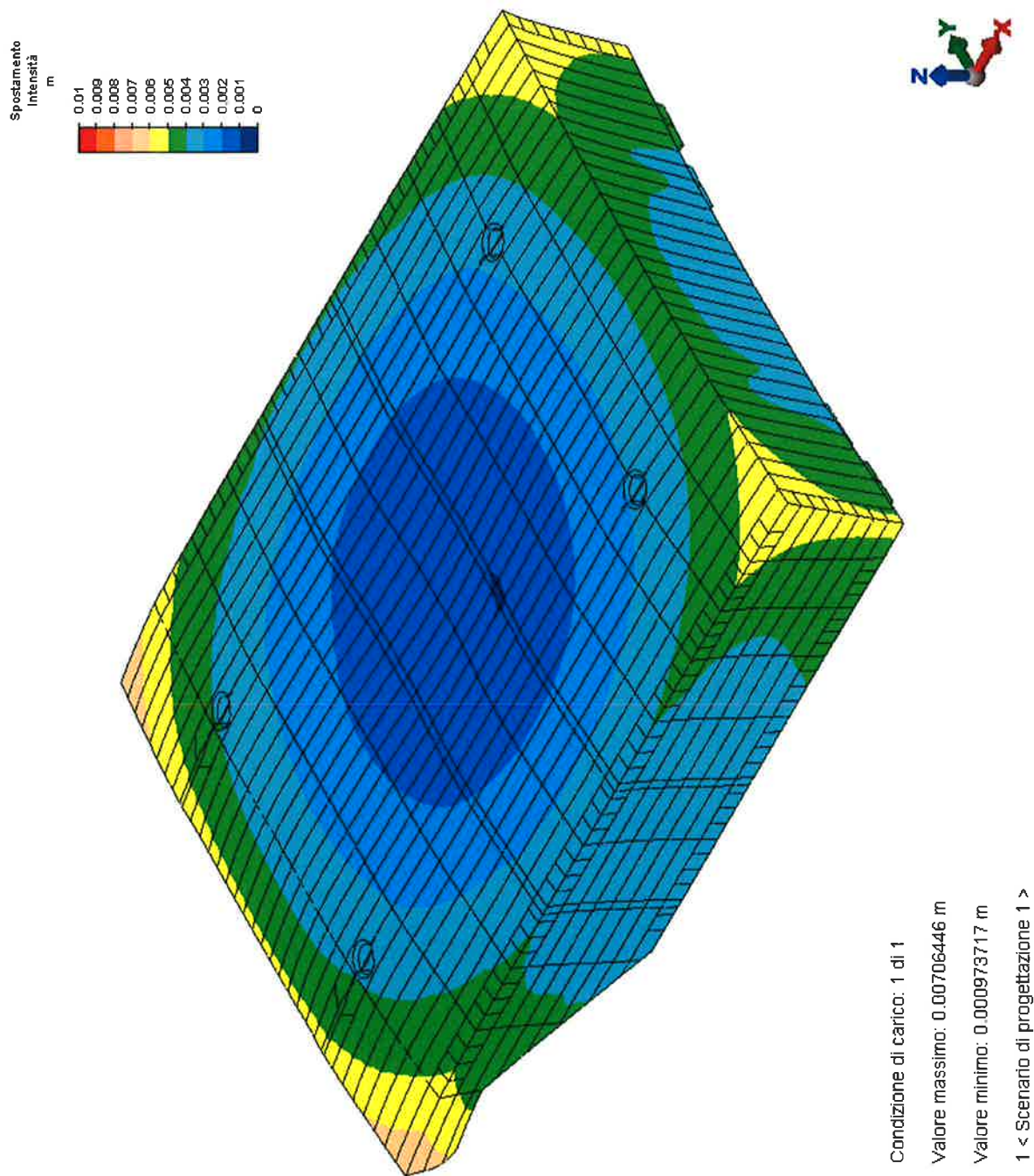


FIG. 8.30 – SPOSTAMENTI - DEFORMATA

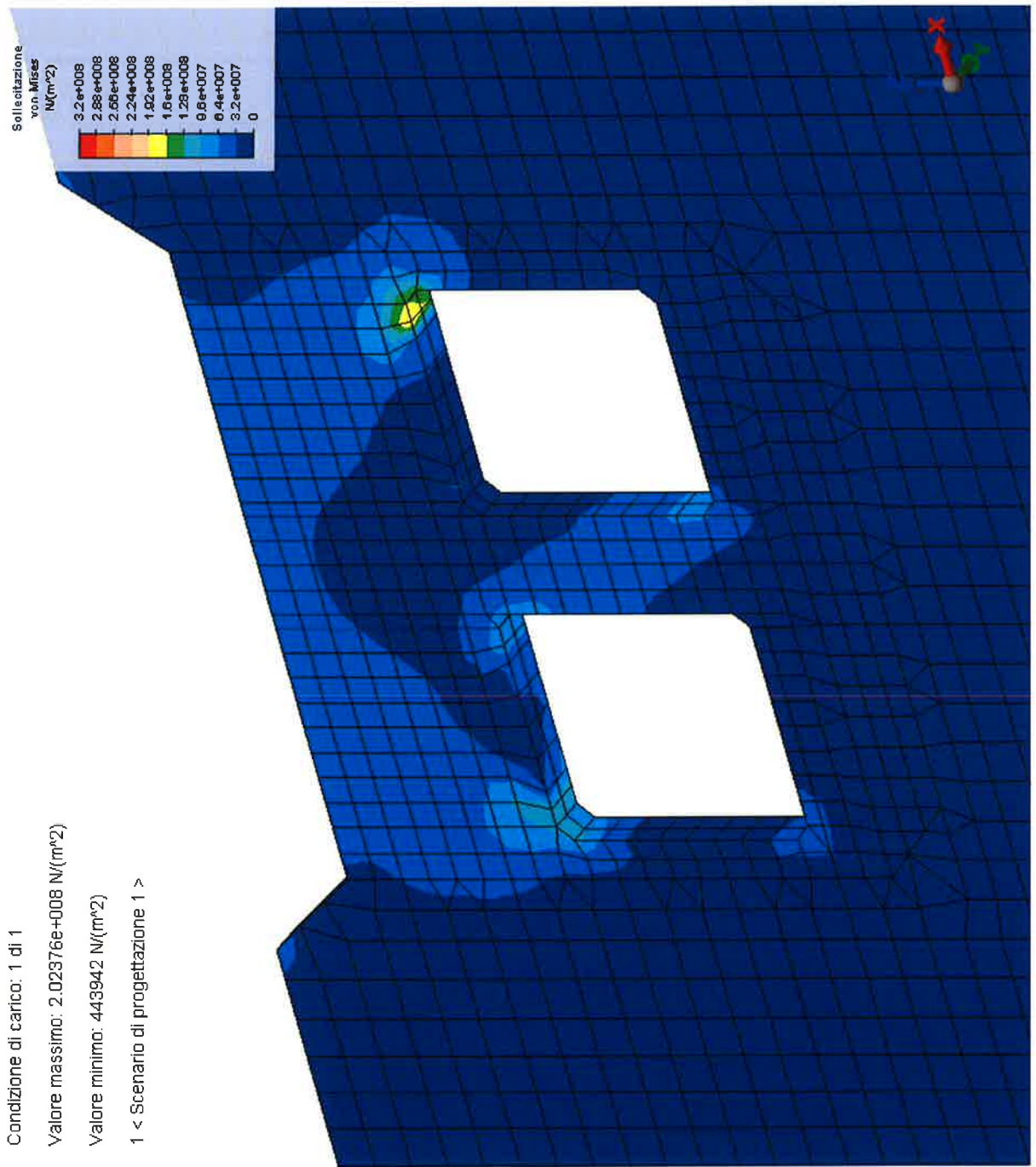


FIG. 8.31 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES; CAVA POSTERIORE

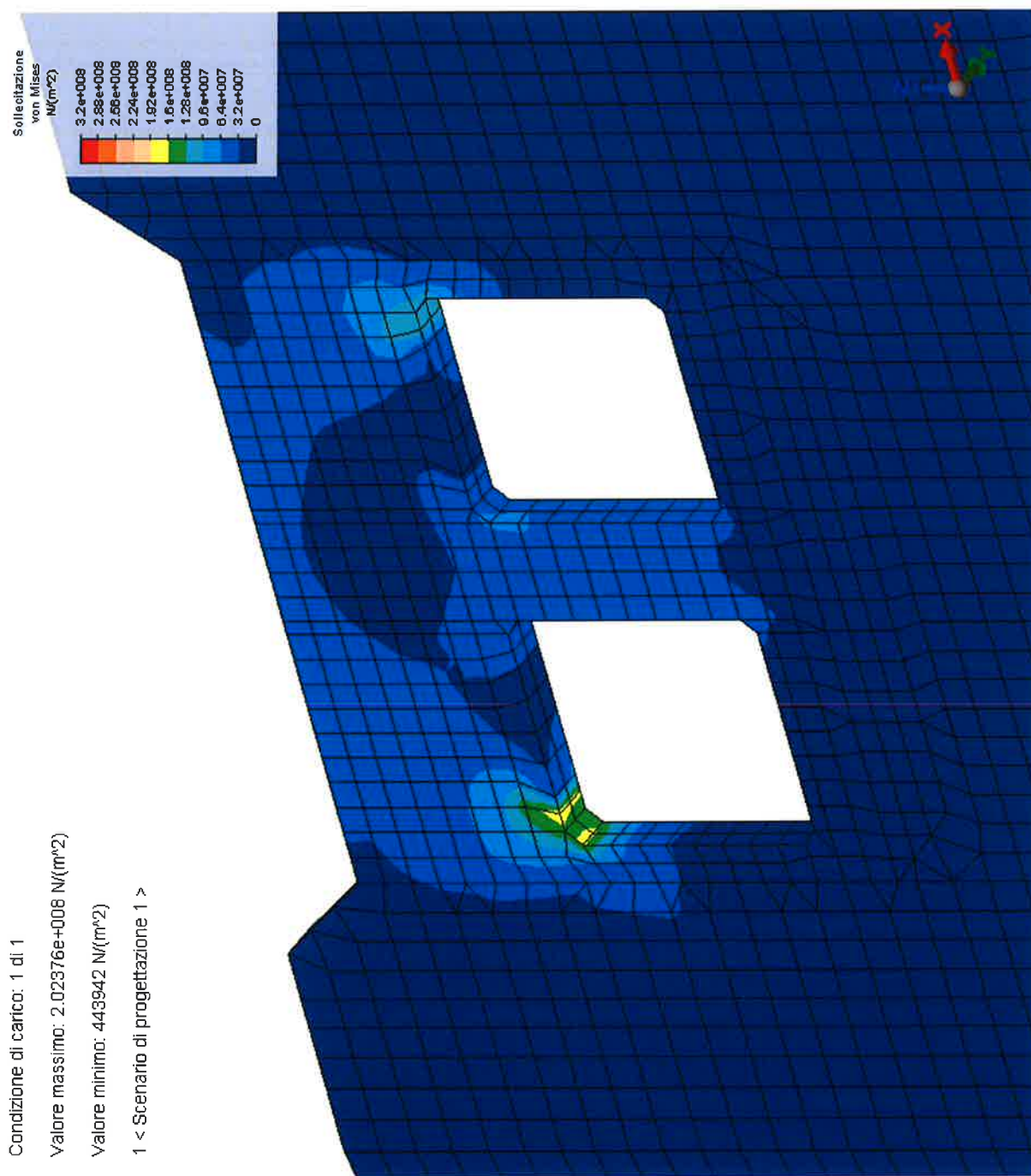


FIG. 8.32 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES; CAVA ANTERIORE

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

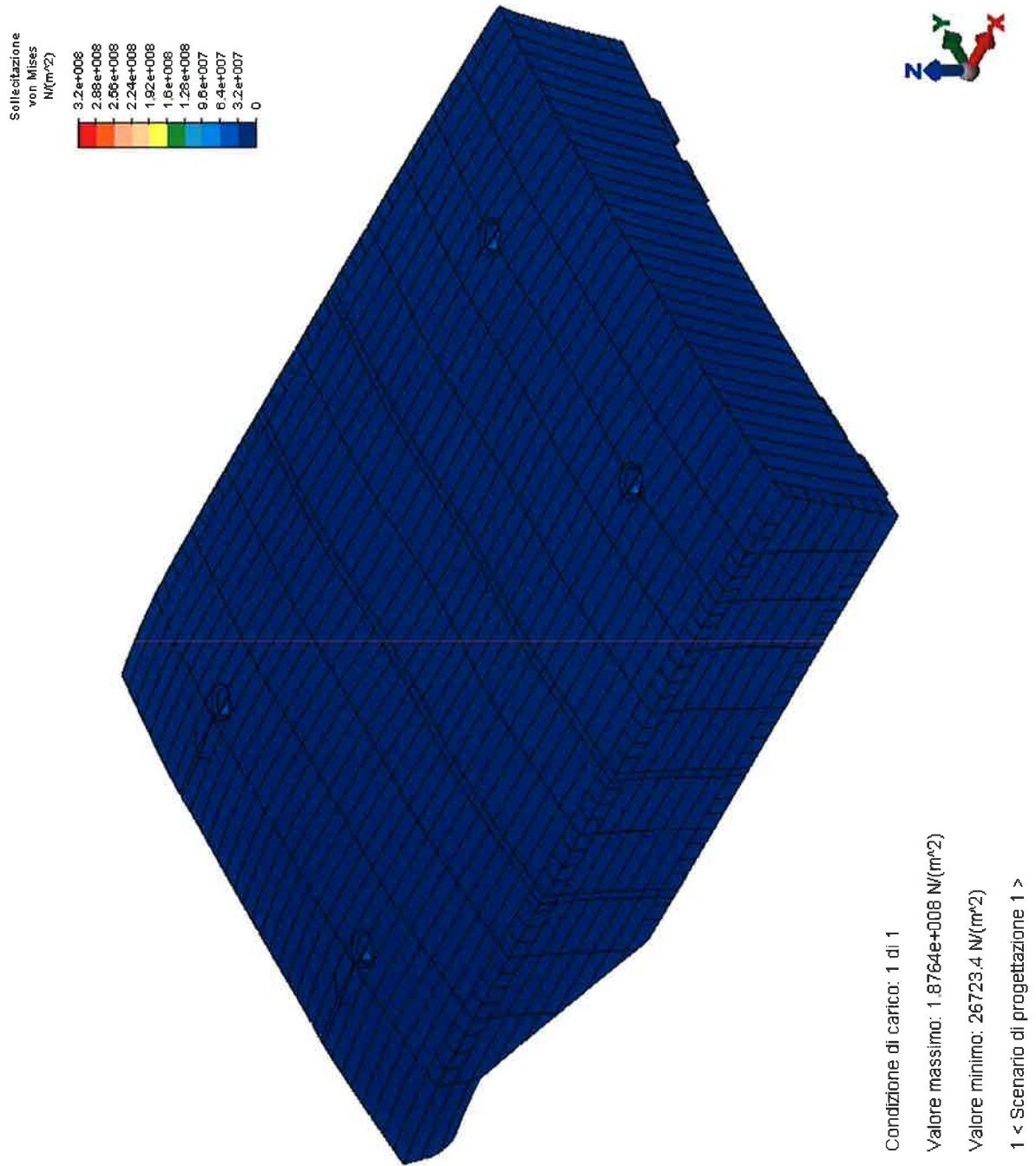


FIG. 8.33 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES E DEFORMATA

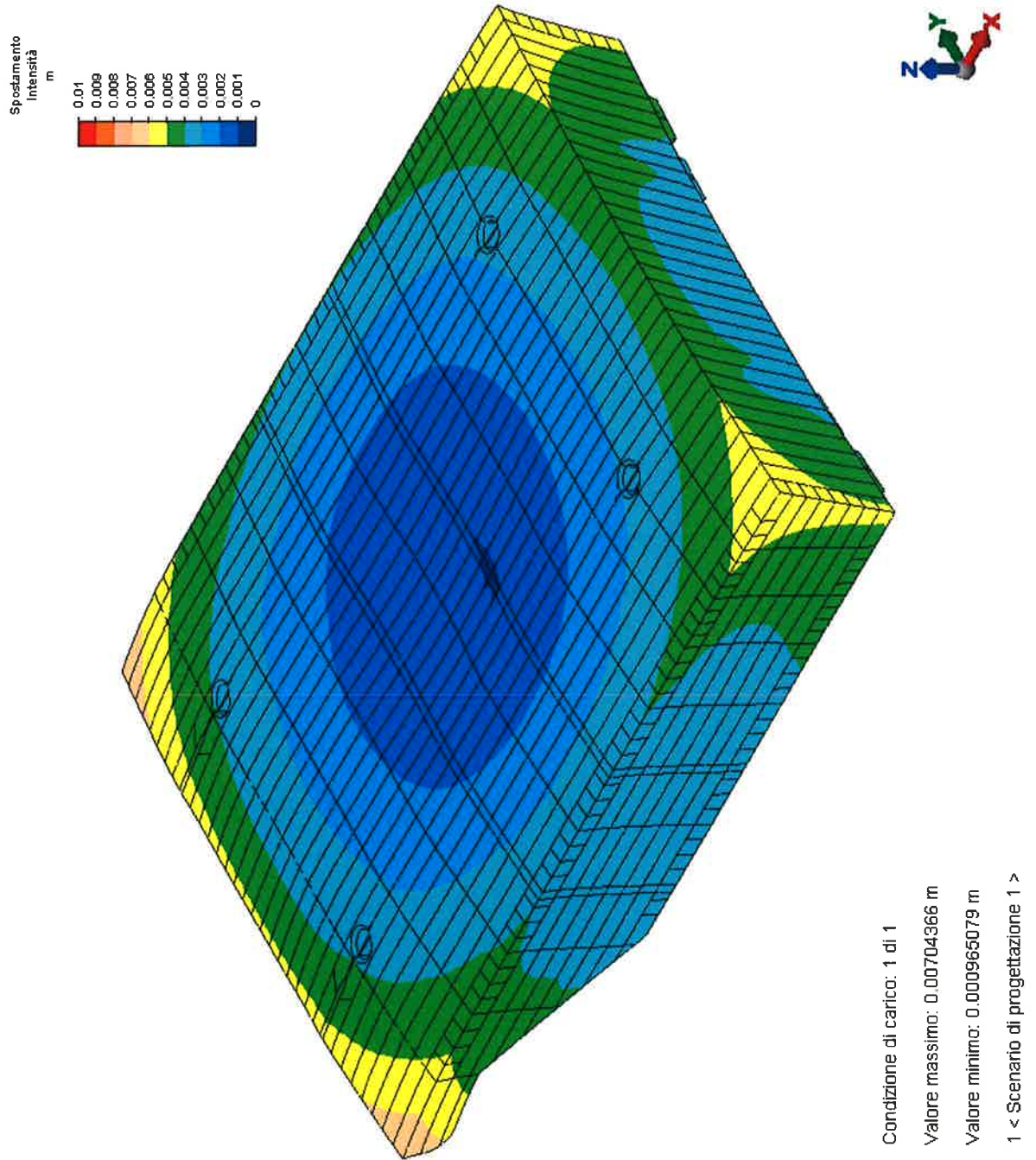



FIG. 8.34 – SPOSTAMENTI - DEFORMATA

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 130
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO	

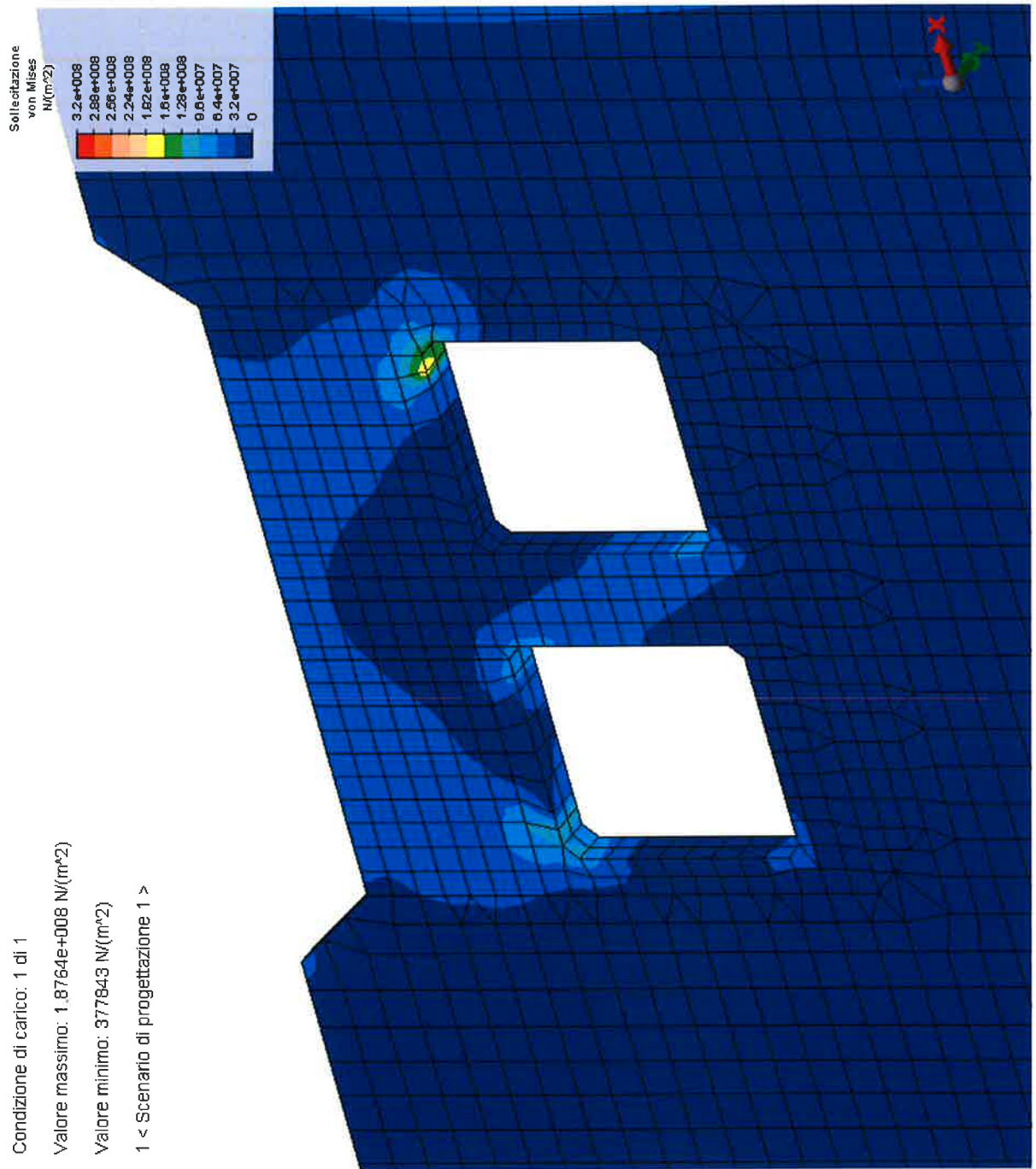
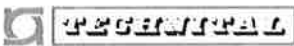


FIG. 8.35 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES; CAVA POSTERIORE

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 131
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO	

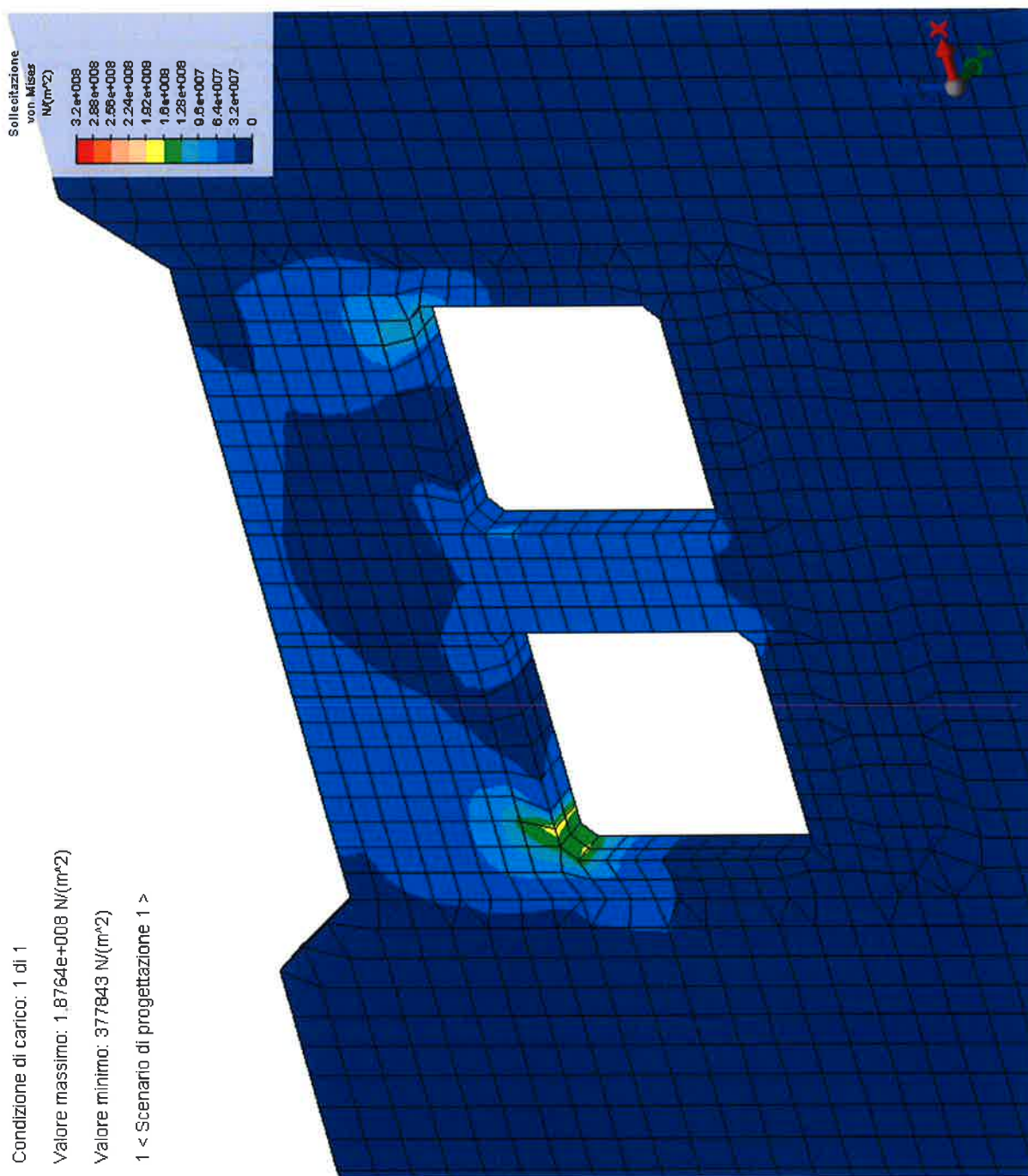



FIG. 8.36 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES; CAVA ANTERIORE

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 132
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO	

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

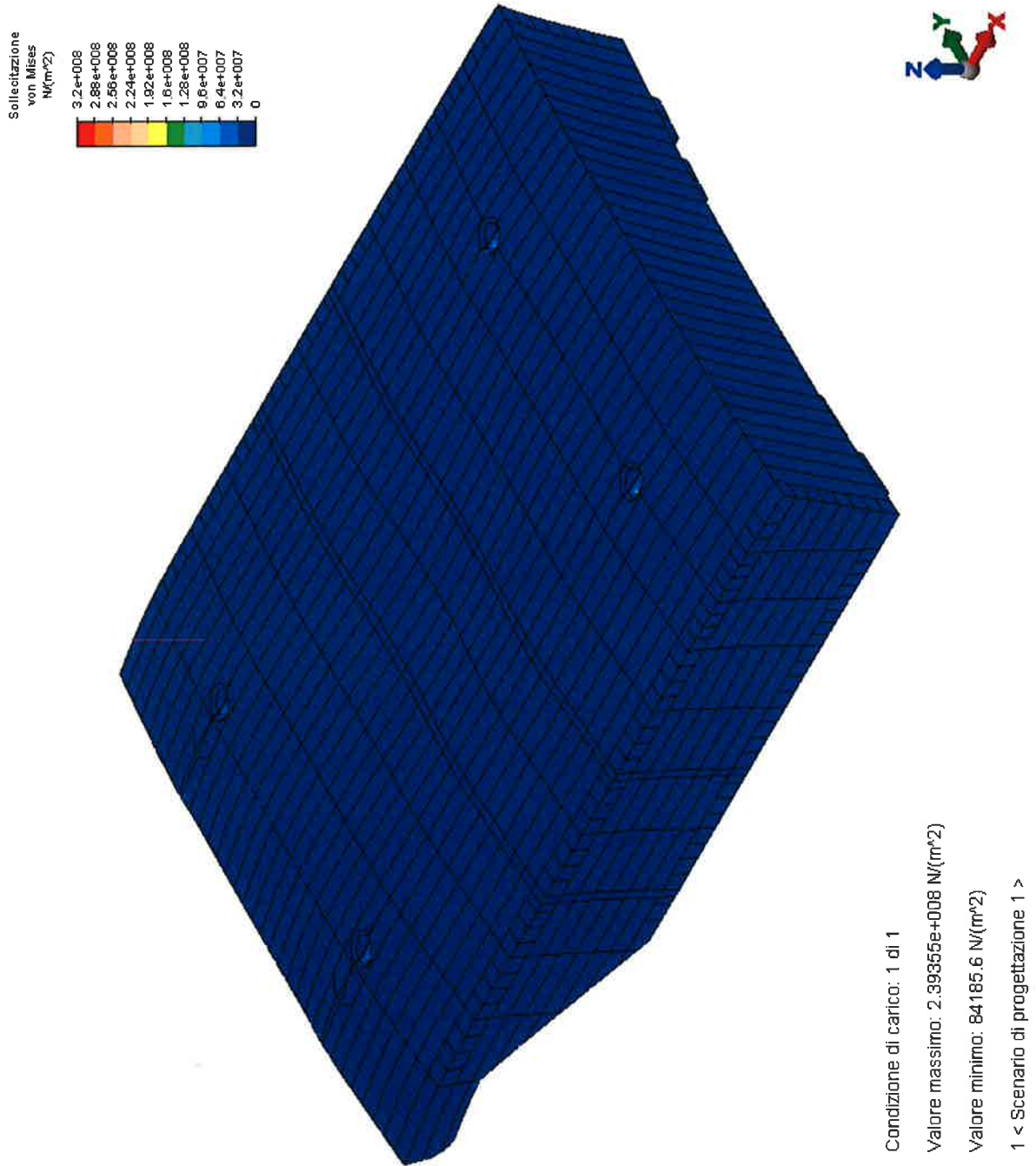


FIG. 8.37 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES E DEFORMATA

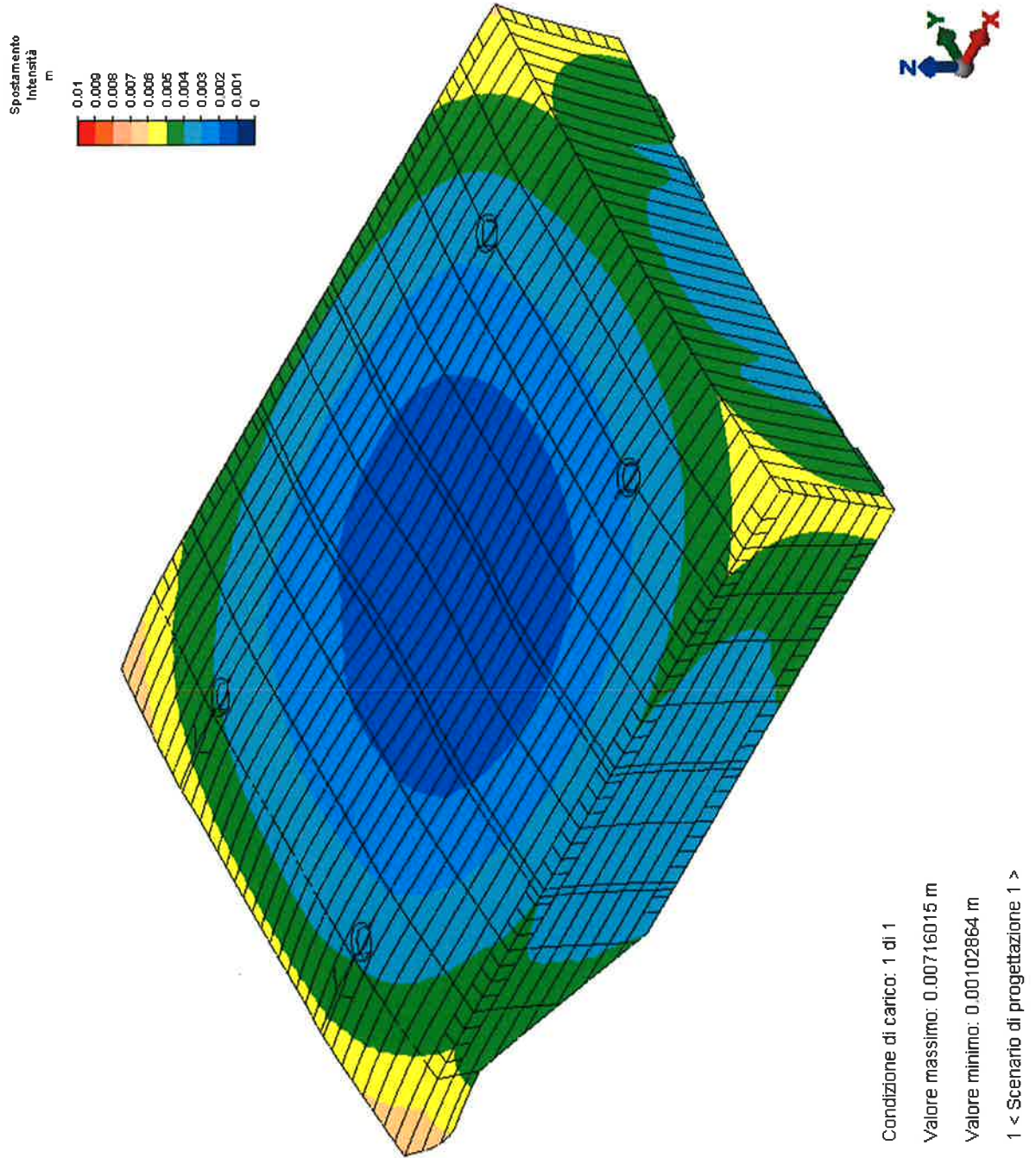


FIG. 8.38 – SPOSTAMENTI - DEFORMATA

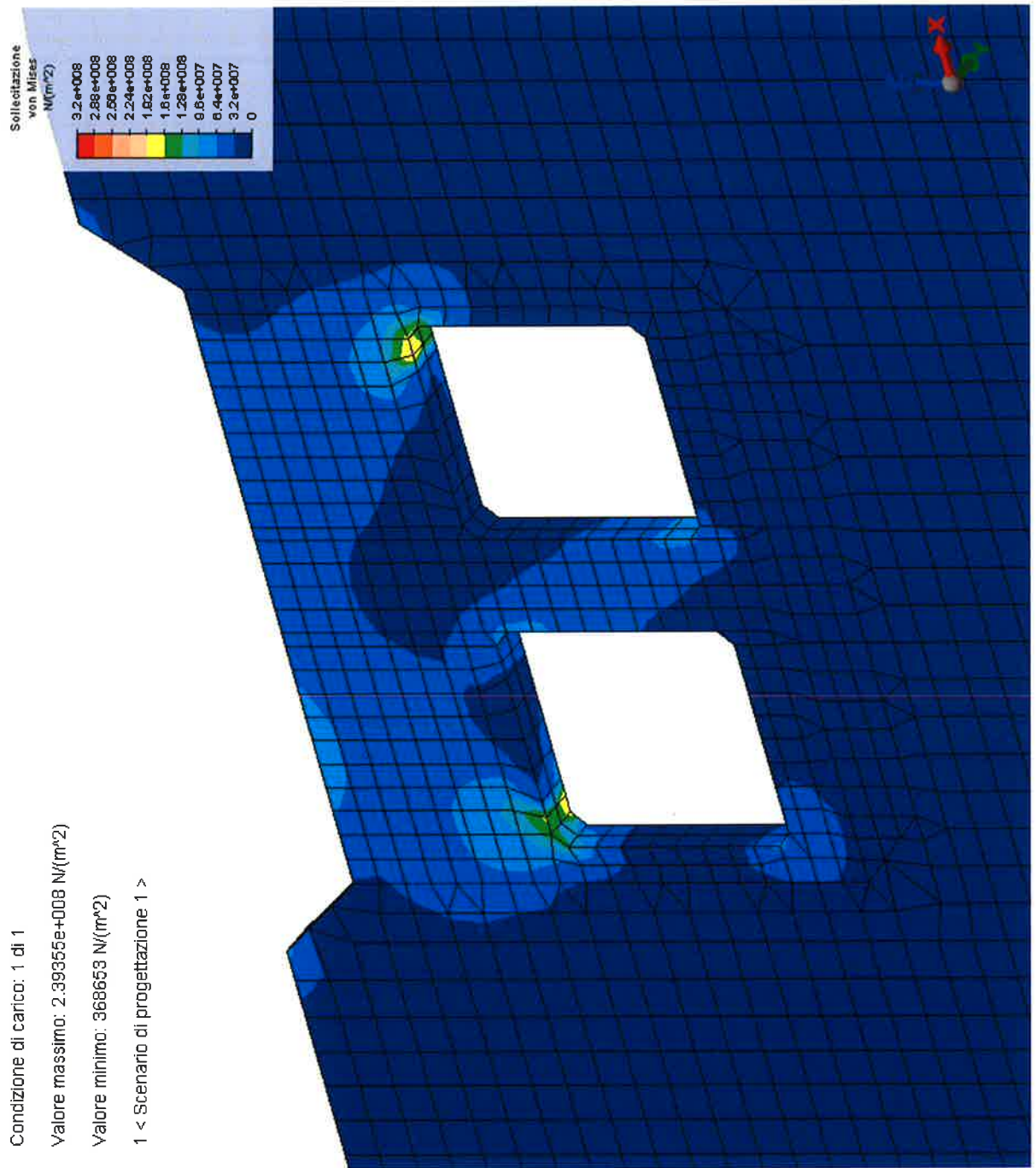


FIG. 8.39 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES; CAVA POSTERIORE

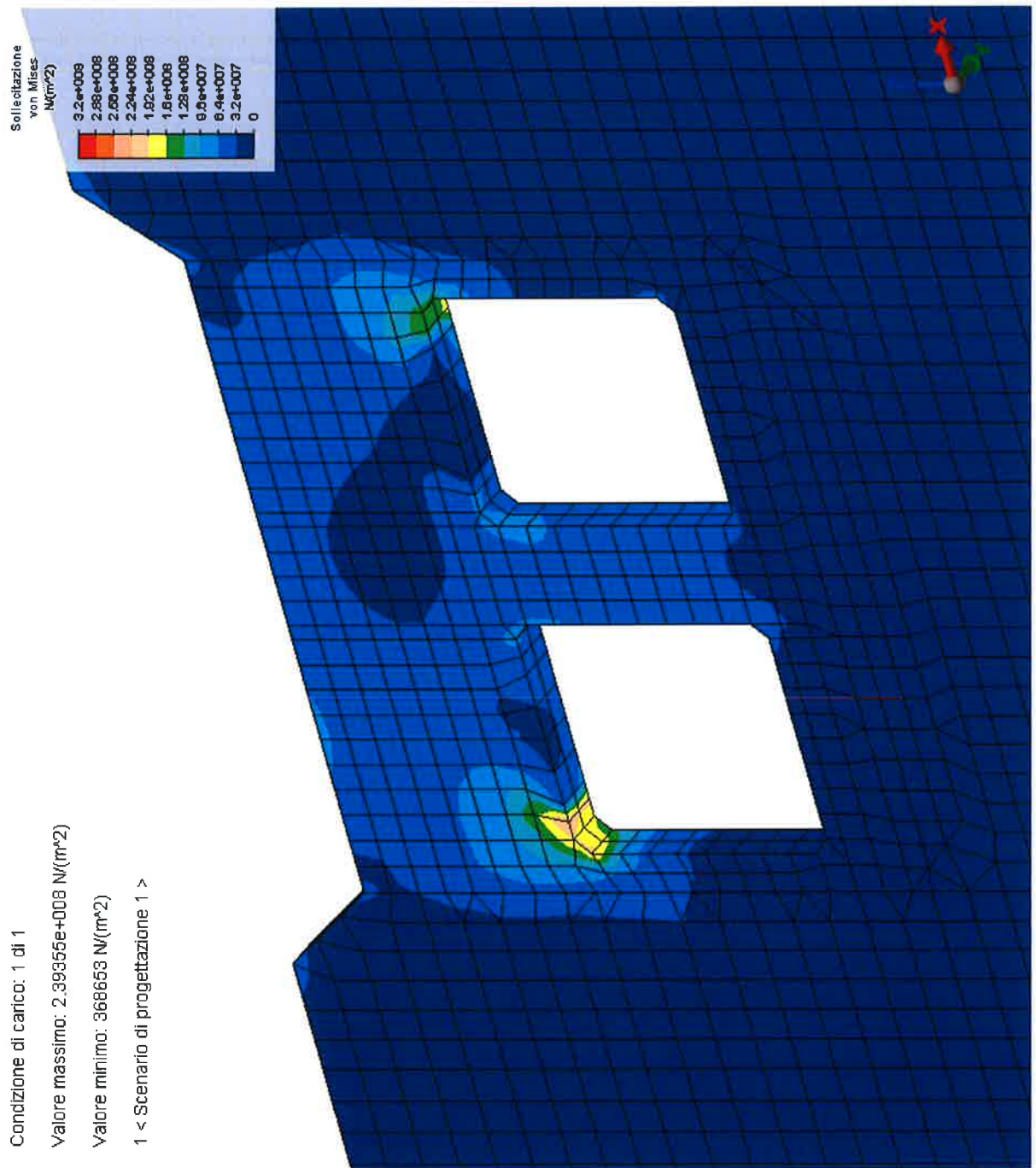


FIG. 8.40 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES; CAVA ANTERIORE

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

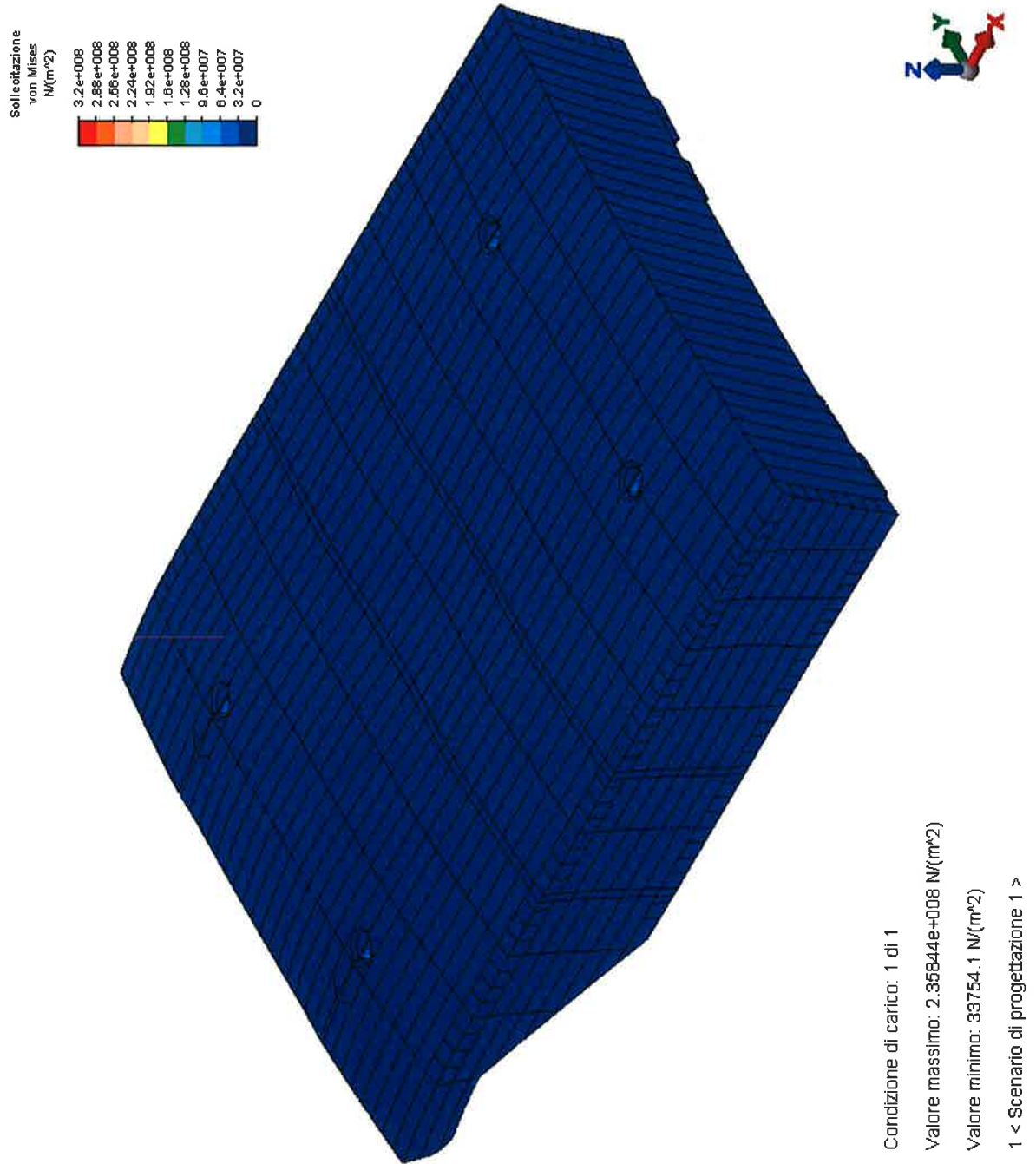


FIG. 8.41 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES E DEFORMATA

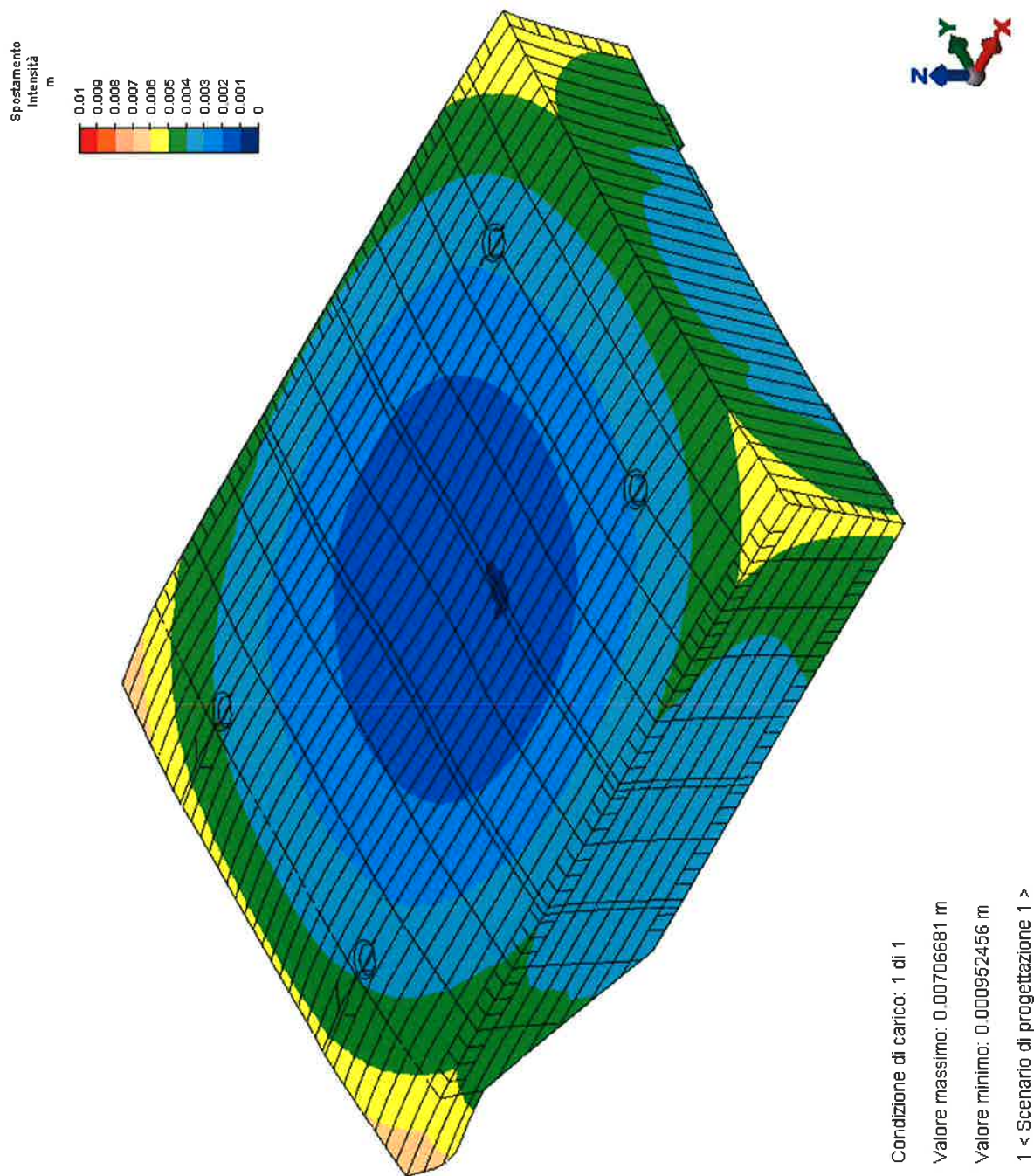


FIG. 8.42 – SPOSTAMENTI - DEFORMATA

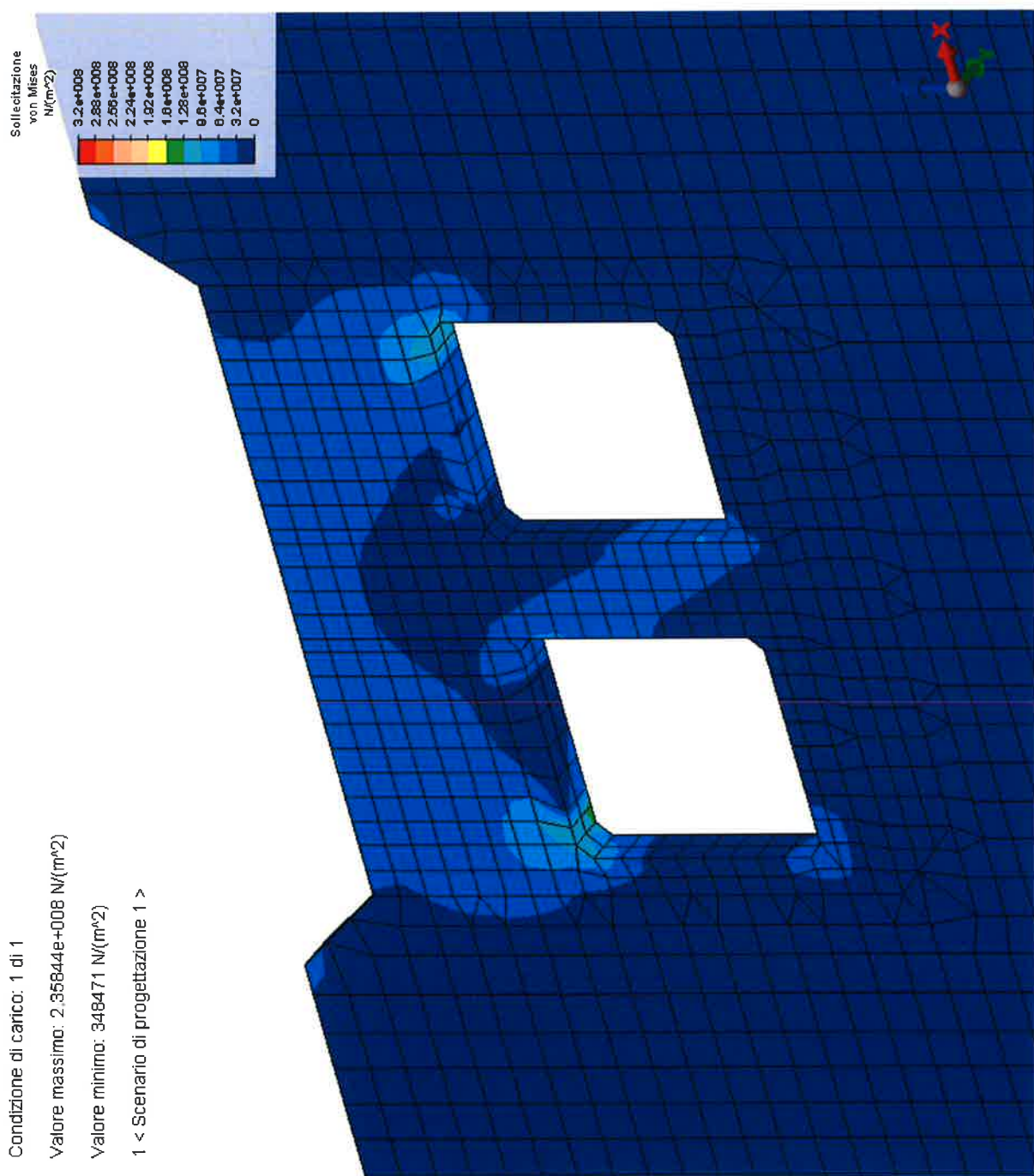



FIG. 8.43 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES; CAVA POSTERIORE

	Rev.	Data:	EI. MV078P-PE-CAR-2007-C0	Pag. n. 139
	Rev. C0	Data: 13/09/2013	VERIFICHE STRUTTURALI CON MODELLO 3D IN SOLLEVAMENTO/TRASPORTO	

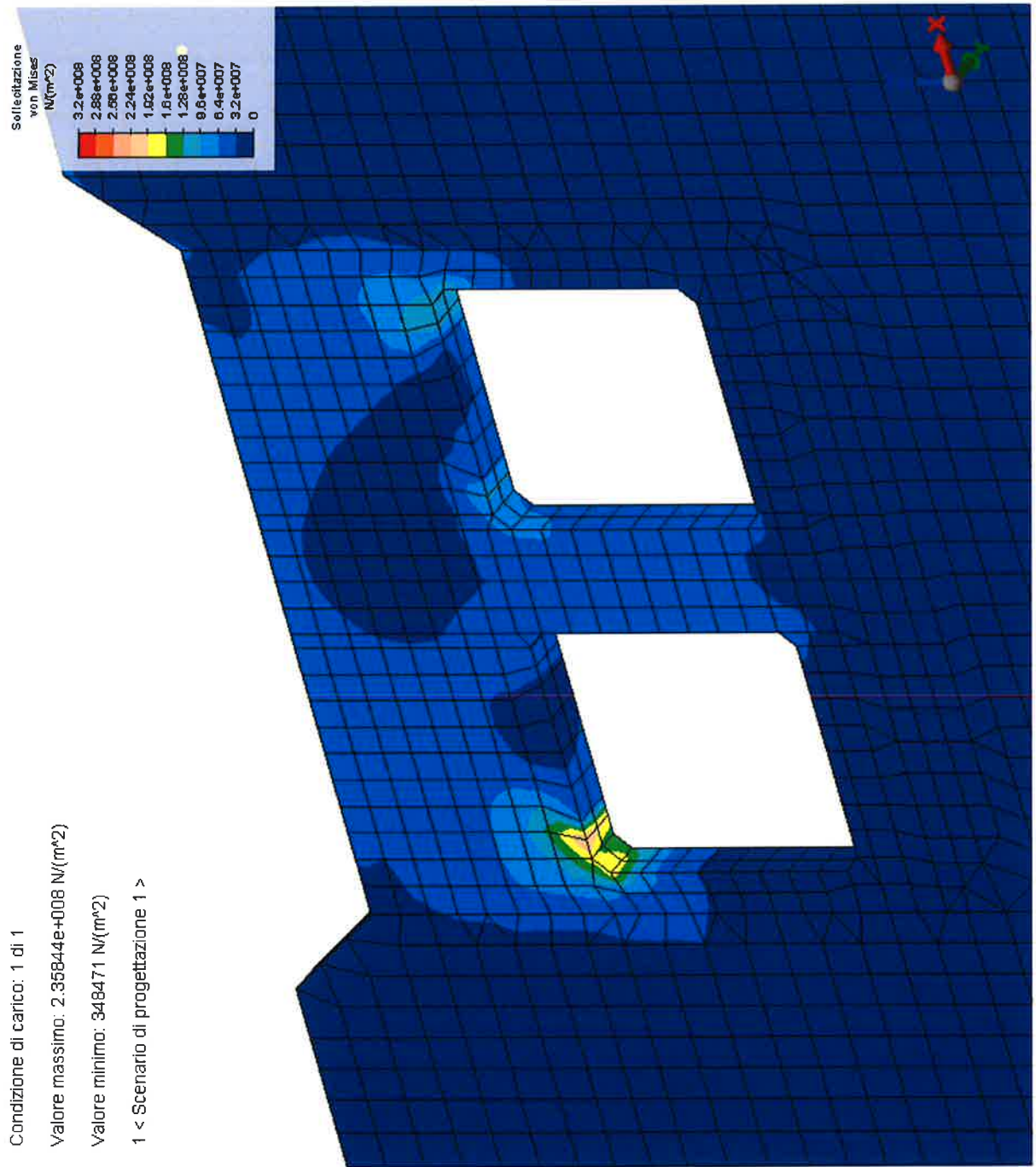


FIG. 8.44 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES; CAVA ANTERIORE

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

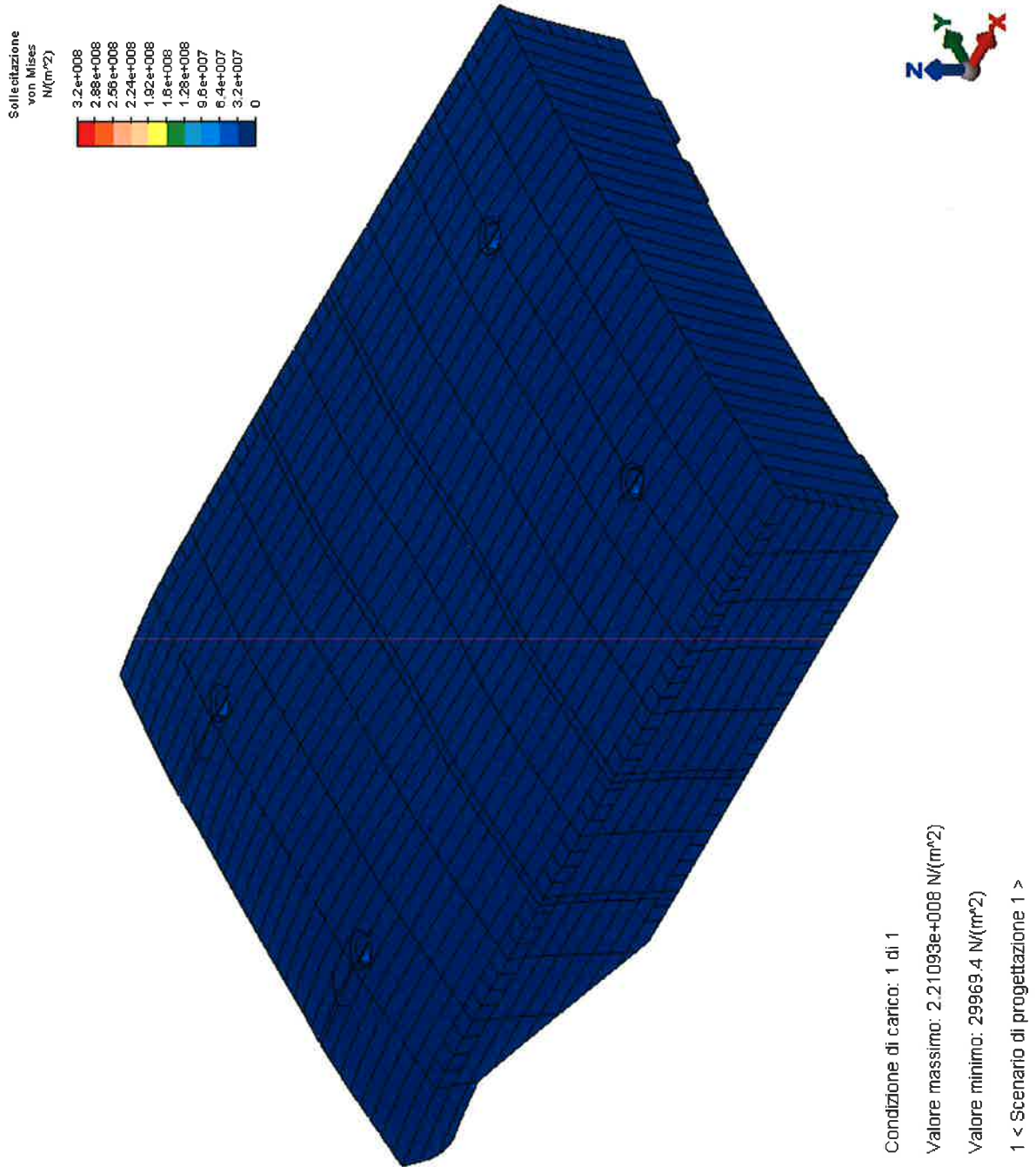


FIG. 8.45 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES E DEFORMATA

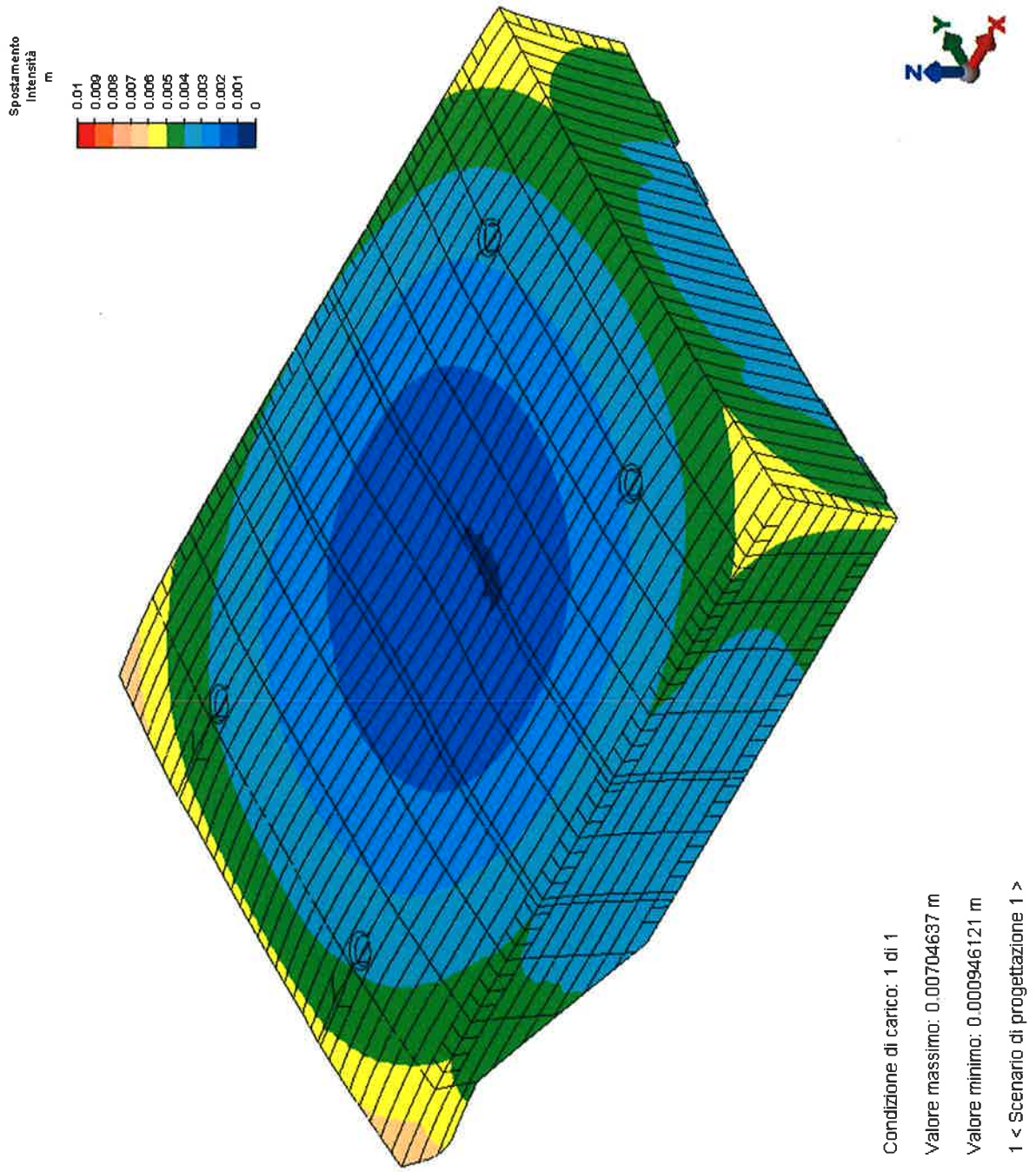


FIG. 8.46 – SPOSTAMENTI - DEFORMATA

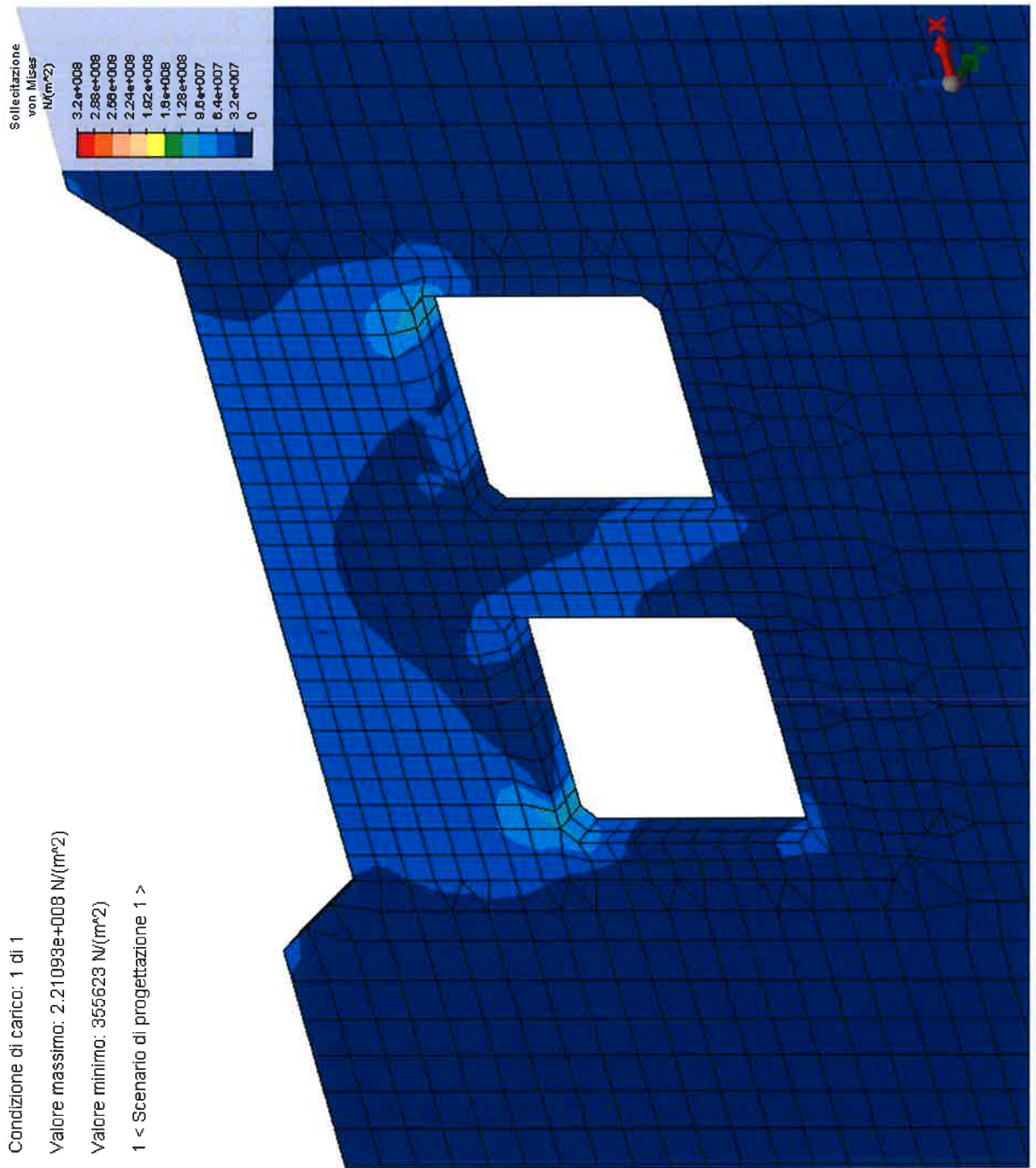


FIG. 8.47 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES; CAVA POSTERIORE

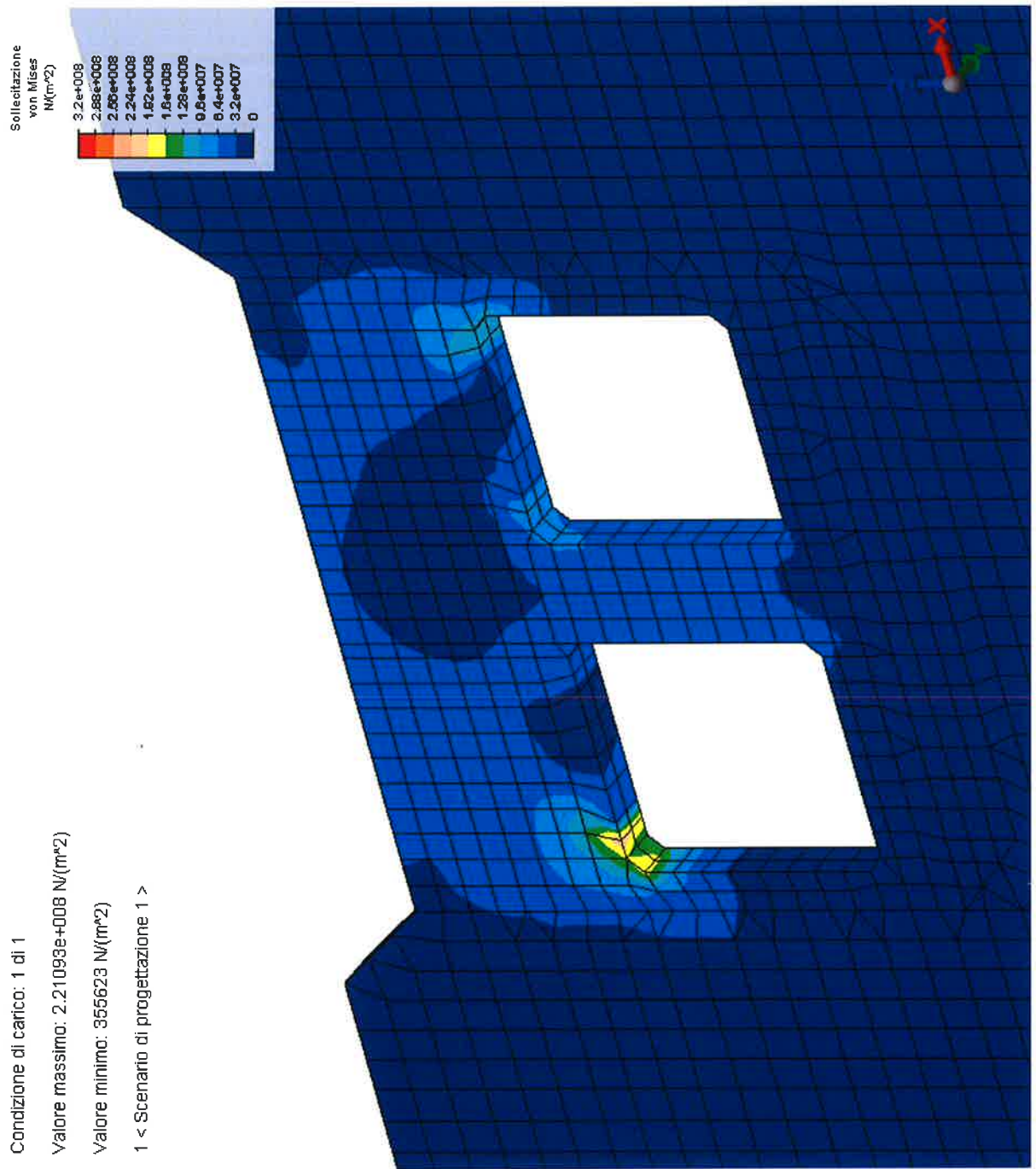


FIG. 8.48 – TENSIONE EQUIVALENTE DI VON MISES; CAVA ANTERIORE