

AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE

PROGETTO DEFINITIVO
Cod. UC 16

PROGETTAZIONE: R.T.I. PROGIN S.p.A. (capogruppo mandataria)
 CREW Cremonesi Workshop S.r.l. – ART Ambiente Risorse Territorio S.r.l.
 ECOPLAME S.r.l. – InArPRO S.r.l.

RESPONSABILE SPECIALISTICHE:
 Dott. Ing. Antonio GRIMALDI (Progin S.p.A.)

IL GEOLOGO:
 Dott. Geol. Giovanni CARRA (ART Ambiente Risorse e Territorio S.r.l.)

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:
 Dott. Ing. Michele Curiale (Progin S.p.A.)

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:
 Dott. Ing. Antonio CITARELLA

CAPOGRUPPO MANDATARIA:



Direttore Tecnico:
 Dott. Ing. Paolo IORIO

MANDANTI:



Direttore Tecnico
 Dott. Arch. Claudio TURRINI



Direttore Tecnico:
 Dott. Ing. Ivo FRESIA



Direttore Tecnico:
 Dott. Arch. Pasquale Pisano



Direttore Tecnico
 Dott. Ing. Massimo T. DE IORIO

PROTOCOLLO

DATA

STAZIONE POLIZIA STRADALE E DOPOSITO ANAS

STAZIONE POLIZIA STRADALE

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE

CODICE PROGETTO:

NOME FILE:

REVISIONE

DP	UC	16			D20
----	----	----	--	--	-----

T	0	0		F	A	0	1		S	T	R		R	E	0	1
---	---	---	--	---	---	---	---	--	---	---	---	--	---	---	---	---

A

A	EMISSIONE	Novembre 2021	VENEZIA	VALENTE	IORIO
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

INDICE 2

1	PREMESSA.....	5
2	DESCRIZIONE DELL'OPERA	6
3	DOCUMENTI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	13
4	MATERIALI	14
4.1	CALCESTRUZZO STRUTTURA IN ELEVAZIONE E FONDAZIONE C28/35	14
4.2	ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO B450C	14
4.3	COPRIFERRO	15
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	16
6	AZIONI SULLA STRUTTURA.....	17
6.1	AZIONI ELEMENTARI	17
6.1.1	Travi, pilastri, pareti, rampa, solaio rampa, scale e platea	17
6.1.2	Solai	17
6.1.3	Tamponature, parapetti e cornicioni	21
6.2	AZIONI DELLA NEVE	22
6.3	AZIONI DEL VENTO	23
6.3.1	Pressione normale	23
6.4	VARIAZIONE TERMICA	27
6.5	AZIONE SISMICA	28
6.5.1	Vita nominale.....	28
6.5.2	Classe d'uso.....	28
6.5.3	Periodo di riferimento per l'azione sismica	29
6.5.4	Azioni di progetto.....	29
6.5.5	Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche	30
6.5.6	Classe di duttilità	30
6.5.7	Regolarità.....	31
6.5.8	Tipologia strutturale e fattore di struttura.....	31
6.5.9	Spettri di risposta.....	32
6.5.9.1	<i>Spettro di risposta allo SLO.....</i>	<i>33</i>
6.5.9.2	<i>Spettro di risposta allo SLD</i>	<i>34</i>
6.5.9.3	<i>Spettro di risposta allo SLV</i>	<i>35</i>
7	CODICI DI CALCOLO.....	36
7.1	AFFIDABILITÀ DEL SOFTWARE	36
8	ANALISI DELLA STRUTTURA	37

8.1	MODELLO DI CALCOLO	37
8.2	ASSEGNAZIONE DEI CARICHI DI PROGETTO	41
8.3	ANALISI MODALE	47
8.4	COMBINAZIONI DI CARICO	49
8.5	INVILUPPO DELLE SOLLECITAZIONI	54
8.5.1	SLU	54
8.5.1.1	<i>Beam</i>	54
8.5.1.2	<i>Plate</i>	57
8.5.2	SLV	71
8.5.2.1	<i>Beam</i>	71
8.5.2.2	<i>Plate</i>	74
8.5.3	SLE	88
8.5.3.1	<i>Beam</i>	88
8.5.3.2	<i>Plate</i>	91

9 VERIFICA DELLA STRUTTURA 106

CRITERI DI VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	106
9.1.1 Criteri di verifica delle travi – SLU	106
9.1.1.1 <i>Verifica a flessione semplice</i>	106
9.1.1.2 <i>Verifica a taglio</i>	106
9.1.1.3 <i>Verifica limitazioni armatura</i>	107
9.1.2 Criteri di verifica dei pilastri – SLU.....	109
9.1.2.1 <i>Verifica a presso-flessione</i>	109
9.1.2.2 <i>Verifica a taglio</i>	110
9.1.2.3 <i>Verifica limitazioni armatura</i>	110
9.1.3 Criteri di verifica delle sezioni in c.a. – SLE.....	111
9.1.3.1 <i>Stato limite di deformazione</i>	111
9.1.3.2 <i>Stato limite di fessurazione</i>	112
9.1.3.3 <i>Stato limite di limitazione delle tensioni</i>	113
9.1.4 Criteri di verifica degli elementi bidimensionali (plate)	113
9.1.4.1 <i>Elementi bidimensionali slab</i>	114
9.1.4.2 <i>Elementi bidimensionali shell</i>	117
9.2 VERIFICHE DELLE TRAVI D'ELEVAZIONE	121
9.2.1 SLU-SLVX-SLVY.....	122
9.2.2 SLE	127
9.3 VERIFICHE DEI PILASTRI	133
9.3.1 SLU-SLVX-SLVY.....	134
9.3.2 SLE	148
9.4 VERIFICHE DELLE PARETI.....	149

9.4.1	SLU-SLVX_el-SLVY_el	149
9.4.2	SLE	154
9.4.2.1	<i>Stato limite di limitazione delle tensioni</i>	154
9.5	VERIFICHE DELLE PARETI DELL'ASCENSORE	156
9.5.1	SLU-SLVX_el-SLVY_el	156
9.5.2	SLE	158
9.5.2.1	<i>Stato limite di limitazione delle tensioni</i>	158
9.6	VERIFICHE DELLA RAMPA E DEL SOLAIO DELLA RAMPA	161
9.6.1	SLU-SLVX_el-SLVY_el	161
9.6.2	SLE	162
9.6.2.1	<i>Stato limite di limitazione delle tensioni</i>	162
9.7	VERIFICHE DELLA SCALA	165
9.7.1	SLU-SLVX_el-SLVY_el	165
9.7.2	SLE	166
9.7.2.1	<i>Stato limite di limitazione delle tensioni</i>	166
9.8	VERIFICHE DEL SOLAIO	169
9.8.1	Analisi dei carichi	169
9.8.2	Calcolo sollecitazioni	170
9.8.3	Verifiche del solaio	171
9.8.3.1	SLU	171
9.8.3.2	SLE	173
9.9	VERIFICA STRUTTURALE DELLA PLATEA DI FONDAZIONE	174
9.9.1	SLU-SLVX_el-SLVY_el	175
9.9.2	SLE	177
9.9.2.1	<i>Stato limite di limitazione delle tensioni</i>	177
9.10	VERIFICA DI RIGIDEZZA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI - SLO	180
9.11	VERIFICA DI STABILITÀ DEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI - SLV	182
9.12	VERIFICHE GEOTECNICHE DELLA FONDAZIONE	183
9.12.1	Verifica a carico limite	183
9.12.1.1	SLU	184
9.12.1.2	SLV	185

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 5 DI 185
---	---	-----------------------------

1 PREMESSA

L'attuale Svincolo di Eboli ricade nel Tronco 1° Tratto 3° Lotto unico dal km 23+000 al km 30+000 dell'ex autostrada A3 Salerno – Reggio Calabria, oggi A2 Autostrada del Mediterraneo, il cui progetto dei lavori di ammodernamento ed adeguamento era stato approvato, anche dal Comune di Eboli, nella Conferenza dei Servizi del 27 giugno 1997, relativa alla tratta dal km 13+000 al km 36+000 della SA-RC. In particolare l'attuale svincolo è ubicato alla progressiva 30+000, con innesto sulla Strada Provinciale n. 30 per Cornieto. L'intervento è inserito nel Contratto di Programma 2015 – Piano Pluriennale degli Investimenti 2015-2019 registrato presso la Corte dei Conti nel giugno del 2016, nell'importo complessivo di 16,64 milioni di euro ed è inoltre presente anche nell'attuale proposta di Piano Pluriennale degli Investimenti 2016-2020 con il medesimo costo totale.

La presente relazione illustra la progettazione della nuova caserma della Polizia Stradale, nell'area compresa tra la Rampa 3 di ingresso in Autostrada e la SP 30.

2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

La nuova stazione di polizia stradale, mostrata nella figura a seguire, sarà ubicata nell'area compresa tra la Rampa 3 di ingresso in Autostrada e la SP 30 ricoprendo un'area di progetto pari a 11200 mq ed una superficie coperta di 1020 mq con ingresso riservato al personale sulla SP 30.



Figura 1 – Inquadramento opera (vista satellitare)

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 7 DI 185
---	---	-----------------------------

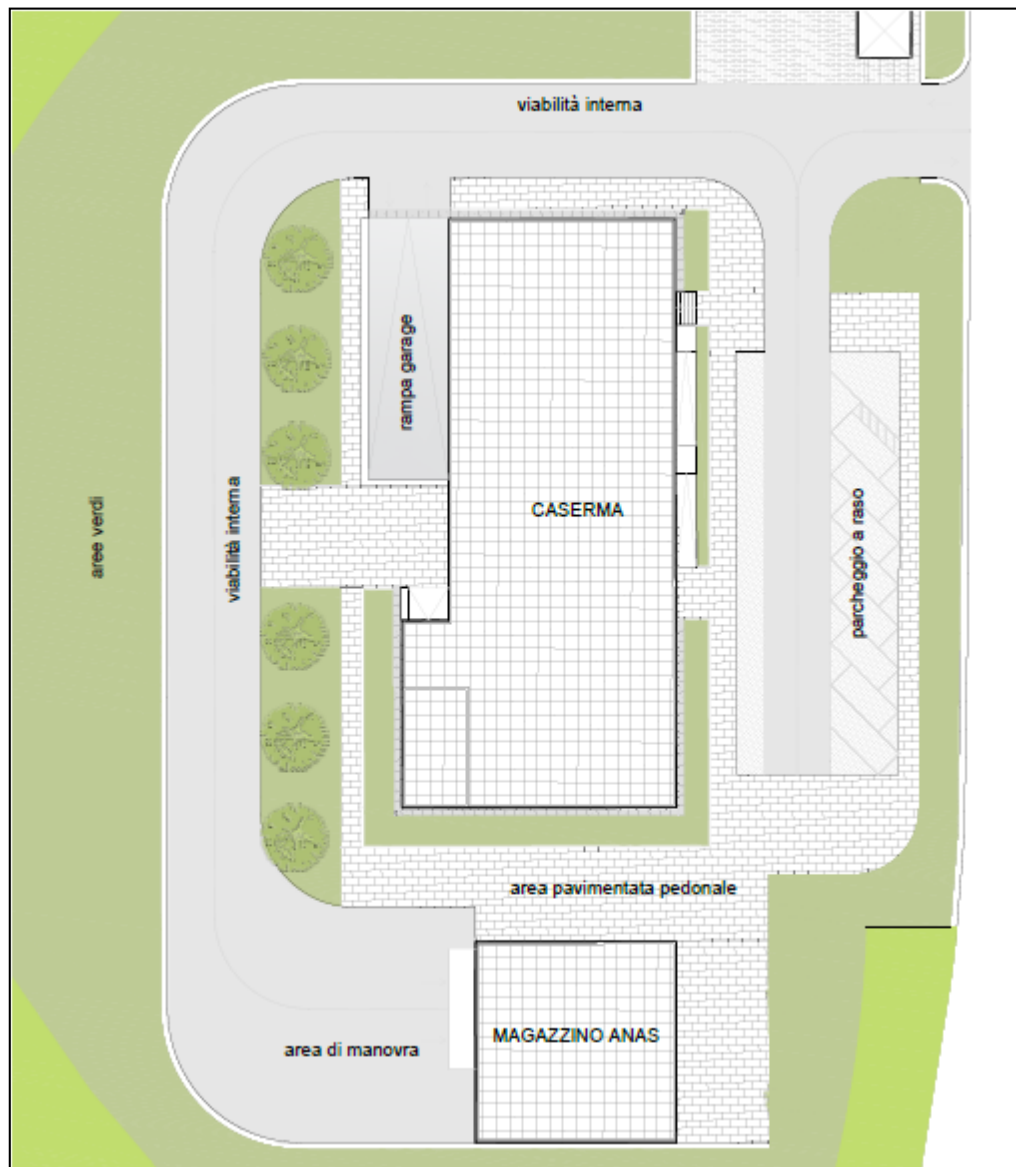


Figura 2 – Inquadramento opera (render)

L'edificio è costituito da un piano interrato e due fuori terra. In copertura è presente una copertura piana accessibile.

In alzata l'edificio è costituito da tre livelli e raggiunge un'altezza complessiva pari a circa 11,60 m. Dal punto di vista strutturale, l'edificio è costituito da pareti in cemento armato di spessore 50cm (per il piano interrato) e da un reticolo di travi e pilastri aventi dimensioni variabili (30x70, 70x30, 40x90, 90x40).

La fondazione prevista è costituita da una platea di spessore 60cm.

Di seguito si riportano in maniera rappresentativa lo stralcio di carpenteria dei vari impalcati e varie sezioni longitudinali.

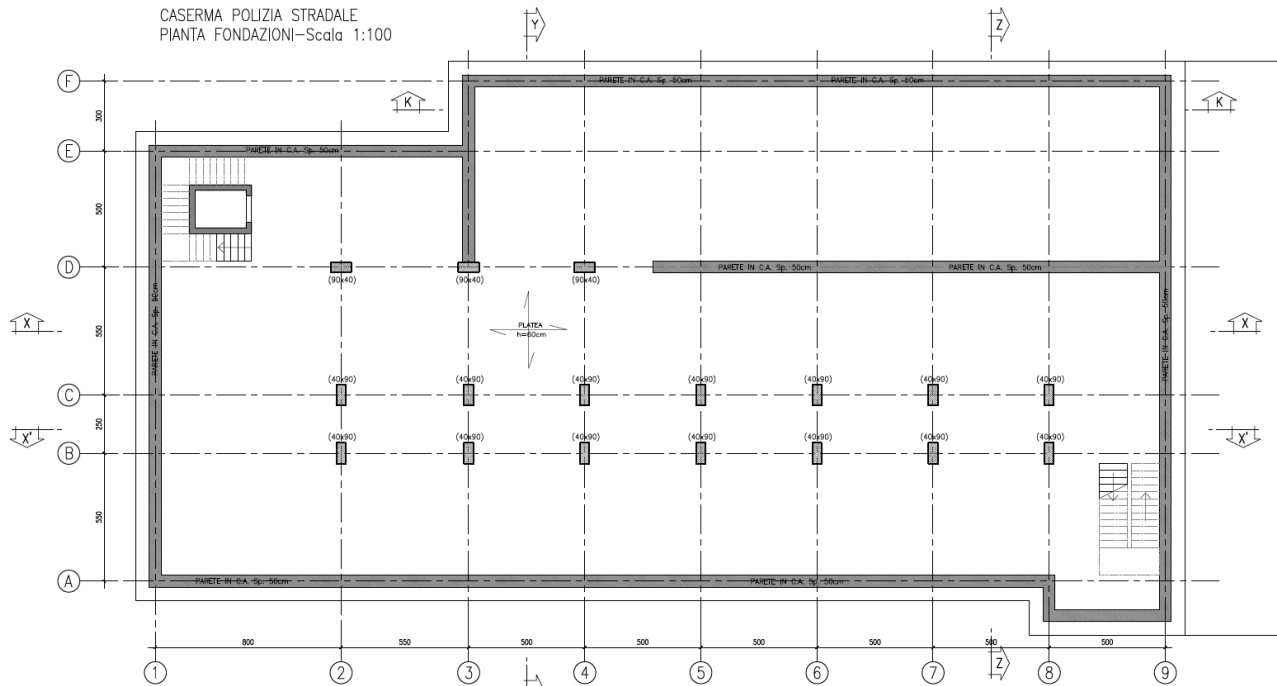


Figura 3 – Carpenteria fondazione



Figura 4 – Carpenteria piano terra

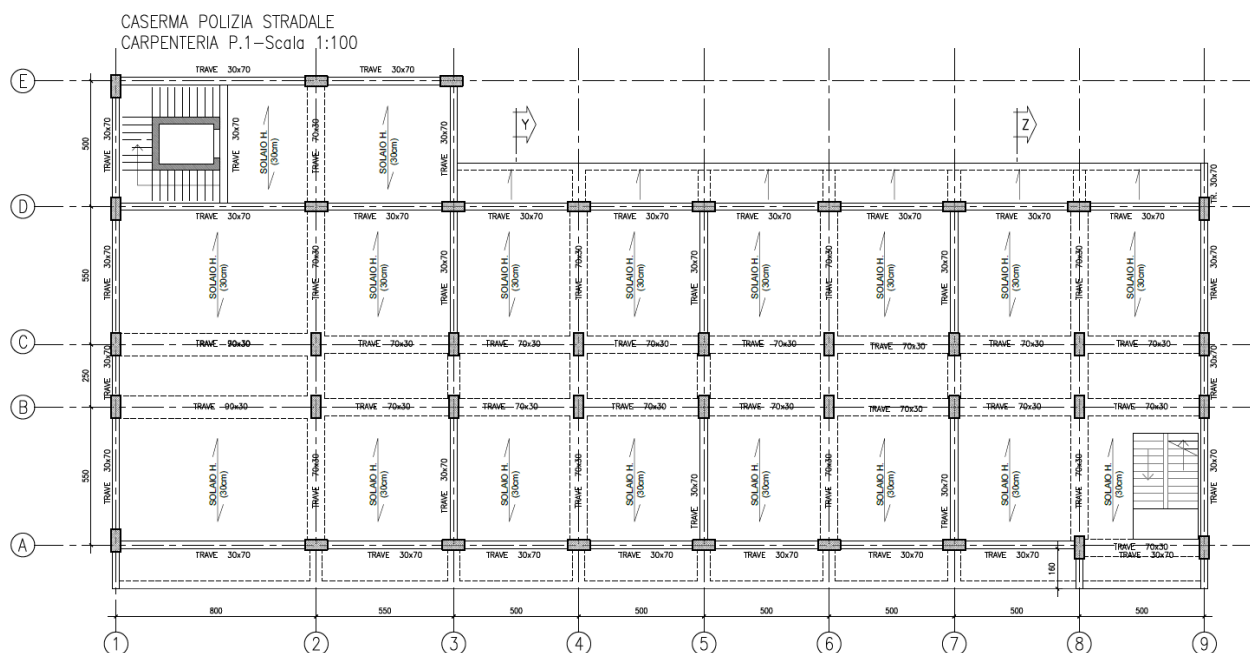


Figura 5 – Carpenteria piano primo

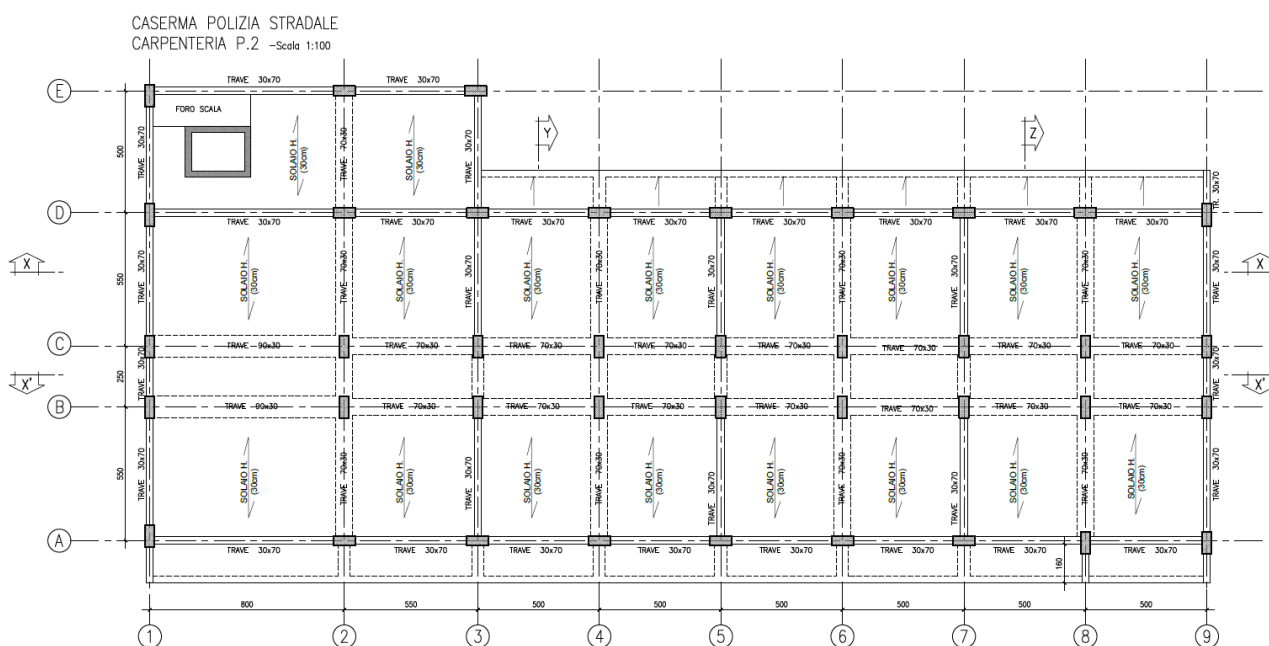


Figura 6 – Carpenteria copertura

CASERMA POLIZIA STRADALE
CARPENTERIA TORRINO SCALA - Scala 1:100

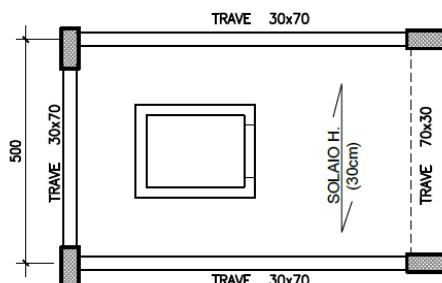


Figura 7 – Carpenteria torino scala

CASERMA POLIZIA STRADALE
SEZIONE Y-Y -Scala 1:100

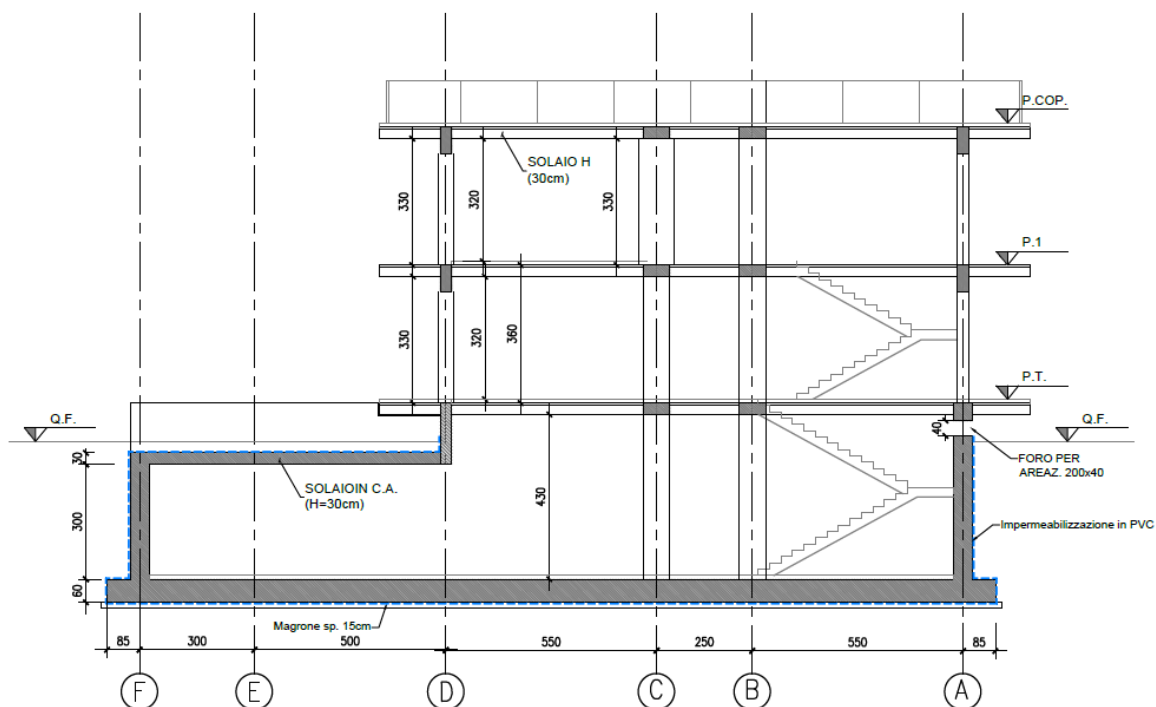


Figura 8 – Sezione Y-Y

CASERMA POLIZIA STRADALE
SEZIONE Z-Z -Scala 1:100

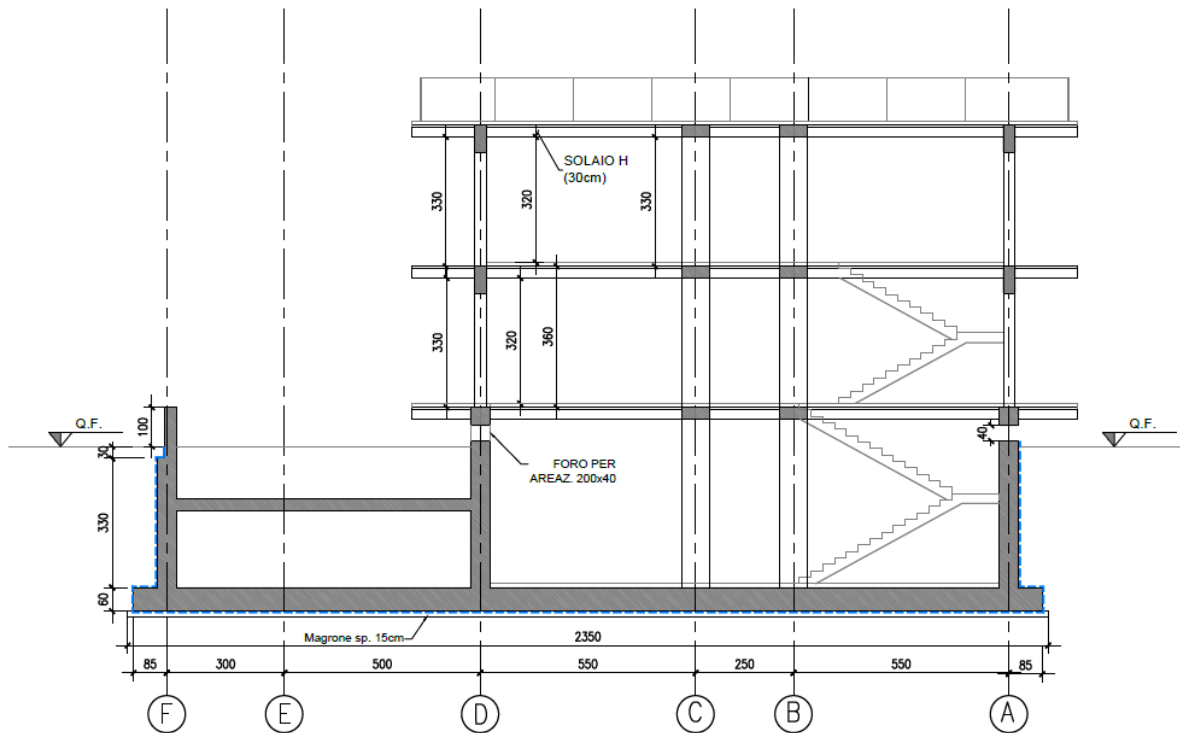


Figura 9 – Sezione Z-Z

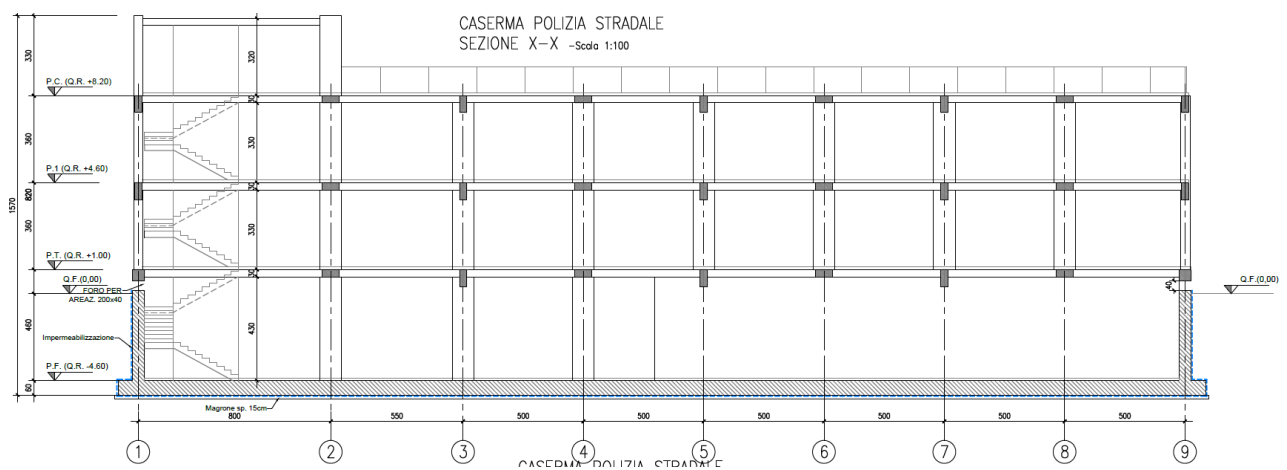


Figura 10 – Sezione X-X

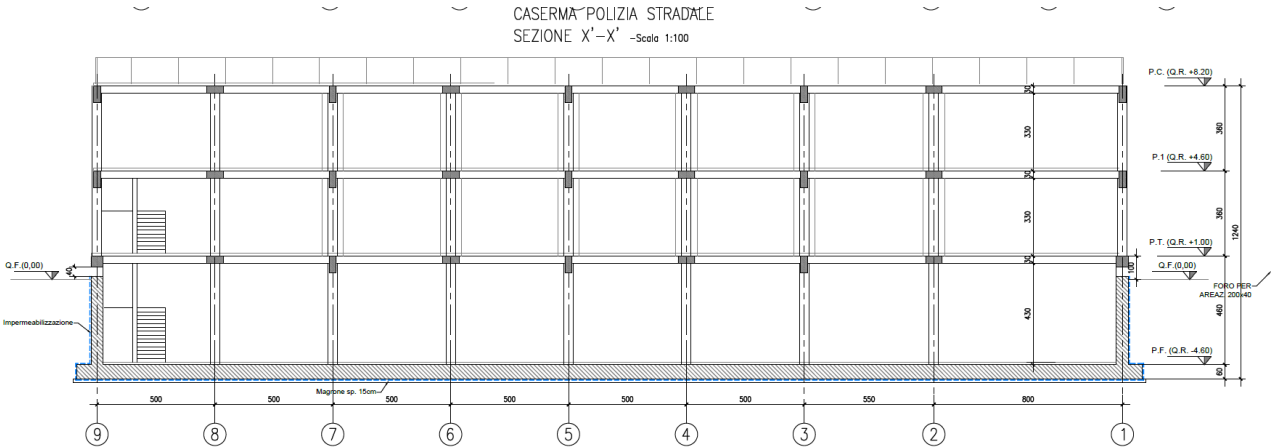


Figura 11 – Sezione X'-X'

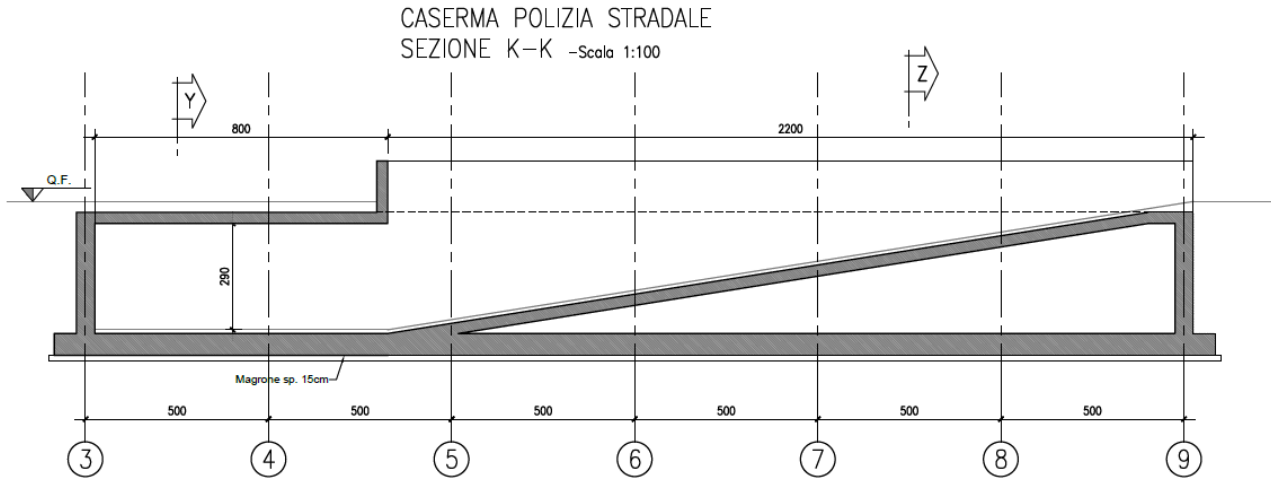


Figura 12 – Sezione K-K

SOLAIO IN LATEROCEMENTO CON TRAVETTI GETTATI IN OPERA
scala 1:10

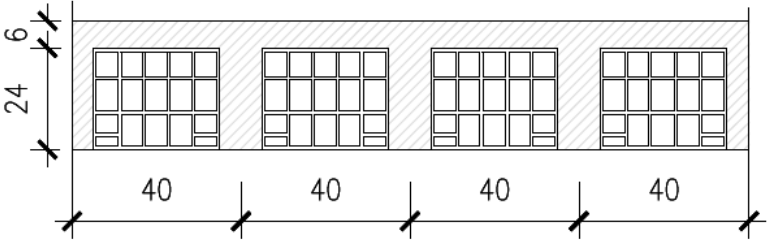


Figura 13 – Sezione solaio

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 13 DI 185
---	---	------------------------------

3 DOCUMENTI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Di seguito è riportato l'elenco delle Normative e dei Documenti assunti come riferimento per il progetto delle opere trattate nell'ambito del presente documento.

Normative e Documenti tecnici generali

- Rif. [1] DM 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle 'Norme tecniche per le costruzioni' (nel seguito indicate come NTC18)
- Rif. [2] Circolare 21 gennaio 2019 n.7, Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 17 gennaio 2018, supplemento ordinario n° 27 alla G. U. n° 35 dell'11/2/2019 (nel seguito indicate come CNTC18)
- Rif. [3] UNI 11104: Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1
- Rif. [4] UNI EN 1992-1-1:2005: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- Rif. [5] UNI EN 1992-2:2006: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: Ponti;

Documenti tecnici RFI e/o di ambito ferroviario

- Rif. [6] RFI DTC SI PS MA IFS 001 D, Manuale di Progettazione delle Opere Civili Manuale di Progettazione delle Opere Civili
- Rif. [7] Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019
- Rif. [8] Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFI DTC SI SP IFS 001 D)

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 14 DI 185
---	--	-------------------------------------

4 MATERIALI

4.1 Calcestruzzo struttura in elevazione e fondazione C28/35

CALCESTRUZZO C28/35	
$E_C = 32588 \text{ MPa}$	modulo di elasticità longitudinale
$\alpha = 10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	coefficiente di dilatazione termica
$\nu = 0.20$	coefficiente di Poisson
$\alpha_{cc} = 0.85$	coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata
$R_{ck} = 35.0 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica cubica a compressione
$f_{ck} = 29.1 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica cilindrica a compressione
$f_{cm} = 37.1 \text{ MPa}$	resistenza media cilindrica a compressione
$f_{ctm} = 2.83 \text{ MPa}$	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk} = 1.98 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica a trazione semplice
$f_{ctm} = 3.40 \text{ MPa}$	resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} = 2.38 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica a trazione per flessione
$f_{bk} = 4.47 \text{ MPa}$	resistenza caratteristica tangenziale per aderenza

SLU	
$\gamma_C = 1.50$	coefficiente sicurezza
$f_{cd} = 0.85 f_{ck} / \gamma_C = 16.49 \text{ MPa}$	resistenza di calcolo a compressione
$f_{ctd} = 0.7 f_{ctk} / \gamma_C = 0.93 \text{ MPa}$	resistenza di calcolo a trazione semplice (5%)

SLE	
$\sigma_{c,ad} = 0.60 f_{ck} = 17.46 \text{ MPa}$	combinazione rara
$\sigma_{c,ad} = 0.45 f_{ck} = 13.10 \text{ MPa}$	combinazione quasi permanente

4.2 Acciaio per calcestruzzo armato B450C

ACCIAIO B450C	
$E_s = 210000 \text{ MPa}$	modulo di elasticità longitudinale
$f_{yk} = 450 \text{ Mpa}$	tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} = 540 \text{ Mpa}$	tensione caratteristica di rottura
$A_{gtk} \geq 7.50\%$	allungamento
$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_m = 391.3 \text{ MPa}$	resistenza di calcolo

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 15 DI 185
---	--	-------------------------------------

SLU	
$\gamma_c = 1.15$	coefficiente sicurezza
$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_m = 391.3 \text{ MPa}$	resistenza di calcolo

SLE	
$\sigma_{y,ad} = 0.80 f_{yk} = 360 \text{ MPa}$	combinazione rara

4.3 Copriferro

Con riferimento al punto 4.1.6.1.3 delle NTC, al fine della protezione delle armature dalla corrosione il valore minimo dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve rispettare le indicazioni della tabella C4.1.IV della Circolare 21.1.2019, riportata di seguito, in cui sono distinte le tre condizioni ambientali di Tabella 4.1.III delle NTC.

Tabella 1 - Copriferro e condizioni ambientali

			barre da c.a.				cavi da c.a.p			
			elementi a piastra		altri elementi		elementi a piastra		altri elementi	
C_{min}	C_o	ambiente	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

Si riporta una tabella riepilogativa dei copriferri:

Tabella 2 - Copriferro adottato

	Ambiente	Copriferro
Struttura in elevazione	Ordinario	40
Fondazioni	Ordinario	40

La rispondenza dei materiali ai requisiti richiesti sarà valutata mediante le prescritte prove di accettazione.

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 16 DI 185
---	---	------------------------------

5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

In definitiva, per il terreno di fondazione dell'opera sono state assunte le seguenti caratteristiche geotecniche:

$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 27^\circ$	angolo di resistenza al taglio

Per quanto concerne il livello della falda, dal profilo geotecnico si evince che lo stesso risulta ad una quota inferiore rispetto al piano di posa della fondazione. Dunque, la falda non viene considerata ai fini del dimensionamento dell'opera in esame.

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 17 DI 185
---	---	------------------------------

6 AZIONI SULLA STRUTTURA

6.1 Azioni elementari

Le azioni elementari considerate nell'analisi riguardano i seguenti elementi costruttivi del fabbricato:

- pareti, travi e pilastri in c.a.;
- solai gettati in opera latero-cementizi.

6.1.1 Travi, pilastri, pareti, rampa, solaio rampa, scale e platea

Del peso proprio degli elementi strutturali, tiene conto automaticamente il programma di calcolo che considera il seguente peso specifico del calcestruzzo armato:

- calcestruzzo armato 25 kN/m³

6.1.2 Solai

Solaio di copertura del torrino						
H _{str} = 30 cm						
Tipo	Elemento	Quantità	Larghezza	Altezza	Peso specifico	Peso
[-]	[-]	[-]	[m]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ²]
G ₁	travetto	2	0.15	0.24	25	1.80
	laterizi forati	2	0.40	0.25	7	1.40
	soletta		1.00	0.06	25	1.50
	tot.					4.70
G ₂	massetto di pendenza		1.00	0.10	20	2.00
	guaine e membrane					0.03
	tot.					2.03
Q	Cat. I					4.00
	tot.					4.00
	Totale					10.7

Solaio di copertura						
H _{str} = 30 cm						
Tipo	Elemento	Quantità	Larghezza	Altezza	Peso specifico	Peso
[-]	[-]	[-]	[m]	[m]	[kN/m ³]	[kN/m ²]
G1	travetto	2	0.15	0.24	25	1.80
	laterizi forati	2	0.40	0.25	7	1.40

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA	Pag. 18 DI 185
	ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	

	soletta		1.00	0.06	25	1.50
	tot.					4.70
G2	massetto di pendenza		1.00	0.10	20	2.00
	guaine e membrane					0.03
	sottofondo		1.00	0.03	18	0.55
	pavimento					0.40
	tot.					2.98
Q	Cat. I					4.00
	tot.					4.00
Totale						11.7

Solaio del piano primo						
H _{str} = 30 cm						
Tipo	Elemento	Quantità	Larghezza	Altezza	Peso specifico	Peso
[-]	[-]	[-]	[m]	[m]	[kN/m³]	[kN/m²]
G1	travetto	2	0.15	0.24	25	1.80
	laterizi forati	2	0.40	0.25	7	1.40
	soletta		1.00	0.06	25	1.50
	tot.					4.70
G2	massetto		1.00	0.06	20	1.20
	guaine e membrane					0.03
	sottofondo		1.00	0.03	18	0.55
	pavimento					0.40
	elementi divisorii					0.80
	tot.					2.98
Q	Cat. C2					4.00
	tot.					4.00
Totale						11.7

Solaio del piano terra						
H _{str} = 30 cm						
Tipo	Elemento	Quantità	Larghezza	Altezza	Peso specifico	Peso
[-]	[-]	[-]	[m]	[m]	[kN/m³]	[kN/m²]
G ₁	travetto	2	0.15	0.24	25	1.80
	laterizi forati	2	0.40	0.25	7	1.40
	soletta		1.00	0.06	25	1.50
	tot.					4.70

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA	Pag. 19 DI 185
	ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	

G ₂	massetto		1.00	0.06	20	1.20
	guaine e membrane					0.03
	sottofondo		1.00	0.03	18	0.55
	pavimento					0.40
	elementi divisori					0.80
	tot.					2.98
Q	Cat. C2					4.00
	tot.					4.00
Totale						11.7

Solaio del piano interrato						
H _{str} = 60 cm						
Tipo	Elemento	Quantità	Larghezza	Altezza	Peso specifico	Peso
[-]	[-]	[-]	[m]	[m]	[kN/m³]	[kN/m²]
G ₁	soletta		1.00	0.10	25	2.50
	tot.					2.50
G ₂	riempimento		1	0.15	19	2.85
	igloo	4			0.03	0.12
	massetto		1.00	0.06	20	1.20
	guaine e membrane					0.03
	sottofondo		1.00	0.03	18	0.55
	pavimento					0.40
	elementi divisori					0.80
	tot.					5.95
Q	Cat. G					5.00
	tot.					5.00
Totale						13.5

Solaio della rampa carrabile						
H _{str} = 30 cm						
Tipo	Elemento	Quantità	Larghezza	Altezza	Peso specifico	Peso
[-]	[-]	[-]	[m]	[m]	[kN/m³]	[kN/m²]
G ₂	massetto		1.00	0.06	20	1.20
	guaine e membrane					0.03
	asfalto		1.00	0.15	13	1.95
	tot.					3.18
Q	Cat. G					5.00

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA	Pag. 20 DI 185
	ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	

	tot.					5.00
	Totale					8.2

Soletta rampante della scala (scala con gradini riportati)						
H _{str} = 15 cm						
Tipo	Elemento	Quantità	Larghezza	Altezza	Peso specifico	Peso
[-]	[-]	[-]	[m]	[m]	[kN/m³]	[kN/m²]
G ₂	gradini (h = 16 cm)	3	1.20	0.08	24	6.91
	massetto (spessore 2 cm)		0.01	0.02	20	0.59
	marmo (spessore 2 cm)		0.01	0.02	27	0.80
	intonaco (spessore 1.5 cm)		0.01	0.02	20	0.44
	tot.					8.75
Q	Cat. C5					5.00
	tot.					5.00
	Totale					13.7

Pianerottolo della scala (scala con gradini riportati)						
H _{str} = 20 cm						
Tipo	Elemento	Quantità	Larghezza	Altezza	Peso specifico	Peso
[-]	[-]	[-]	[m]	[m]	[kN/m³]	[kN/m²]
G ₂	massetto (spessore 2 cm)		1.00	0.02	20	0.40
	marmo (spessore 2 cm)		1.00	0.02	27	0.54
	intonaco (spessore 1.5 cm)		1.00	0.02	20	0.30
	tot.					1.24
Q	Cat. C5					5.00
	tot.					5.00
	Totale					6.2

Solaio interrato del garage						
H _{str} = 30 cm						
Tipo	Elemento	Quantità	Larghezza	Altezza	Peso specifico	Peso
[-]	[-]	[-]	[m]	[m]	[kN/m³]	[kN/m²]
G ₂	massetto (spessore 2 cm)			0.59	20	11.76
	tot.					11.76
	Totale					11.8

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 21 DI 185
---	--	-------------------------------------

6.1.3 Tamponature, parapetti e cornicioni

Tamponatura esterna				
s = 40 cm				
Tipo	Elemento	Spessore	Peso specifico	Peso
[-]	[-]	[m]	[kN/m³]	[kN/m²]
G ₂	muratura in mattoni forati	0.35	11	3.85
	intonaco interno a gesso	0.015	12	0.18
	rinzafo lisciato	0.010	19	0.19
	collante per rivestimento	0.004	1	0.01
	rivestimento esterno (klinker)	0.015	17	0.26
	arrotondamento			0.02
	tot.			4.50
	Totale			4.5

Tale azione viene ripartita in parti uguali tra le travi inferiore e superiore dei solai.

Parapetto copertura				
s = 15 cm				
Tipo	Elemento	Spessore	Peso specifico	Peso
[-]	[-]	[m]	[kN/m³]	[kN/m²]
G ₂	muratura piena	0.15	18	2.70
	impermeabilizzazione			0.30
	intonaco	0.03	12	0.36
	lastra marmo (2 cm x25 cm)	0.01	27	0.14
	tot.			3.50
	Totale			3.5

h _{par}	Peso
[m]	[kN/m]
1.1	3.2

Cornicione torrino		
Tipo	Elemento	Peso
[-]	[-]	[kN/m]
G ₂	cornicione	1.90
	Totale	1.9

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 22 DI 185
---	---	------------------------------

6.2 Azioni della neve

Il carico da neve per superficie unitaria di copertura q_s viene valutato attraverso l'espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

dove:

- μ_i è il coefficiente di forma della copertura e che nel caso in esame, trattandosi di copertura piana si assume pari a 0.8;
- q_{sk} è il valore caratteristico di riferimento del carico da neve al suolo; in mancanza di adeguate indagini statistiche e specifici studi locali, la norma fornisce un valore minimo di q_{sk} riferito ad un periodo di ritorno pari a 50 anni. Per la zona III e per una quota del suolo sul livello del mare inferiore di 200 m si assume $q_{sk} = 0.6 \text{ kN/m}^2$;
- C_E è il coefficiente di esposizione che, per classe di topografia "normale", assume valore unitario;
- C_t è il coefficiente termico che tiene conto della riduzione del carico da neve a causa dello scioglimento della stessa, dovuto alla perdita di calore della costruzione. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato $C_t = 1$.

Ne consegue che per la struttura in esame si considera un carico da neve uniforme in copertura pari a:

- Zona III
- Altitudine a_s 145 m
- Area topografica normale
- Inclinazione falde 0°
- q_{sk} 0.6 kN/m^2
- coeff esposizione C_E 1.00
- coeff termico C_t 1.00
- coefficiente di forma μ_i 0.80

Dunque, il carico da neve, pari a $q_s = \mu_i q_{sk} C_E C_t$, vale **0.48 kN/m²**.

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 23 DI 185
---	---	------------------------------

6.3 Azioni del vento

6.3.1 Pressione normale

L'azione del vento viene convenzionalmente considerata un'azione statica agente in direzione orizzontale.

La pressione del vento (N/m^2) è data dall'espressione:

$$p = q_r \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

dove:

- q_r è la pressione cinetica di riferimento di cui al §3.3.6;
- c_e è il coefficiente di esposizione di cui al §3.3.7;
- c_p è il coefficiente di pressione di cui al §3.3.8;
- c_d è il coefficiente dinamico di cui al §3.3.9.

Tali coefficienti vengono di seguito determinati.

Pressione cinetica di riferimento q_r

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$$

dove:

ρ è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1.25 kg/m^3 ;

v_b è la velocità di riferimento del vento (che rappresenta il valore caratteristico a 10 m dal suolo su un terreno di categoria di esposizione II, mediata su 10 minuti e riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni).

Nel caso in esame, per zona 3 ed $a_s \leq 500 \text{ m}$ si ha $v_b = v_{b,0} = 27 \text{ m/s}$. Dunque, la pressione cinetica di riferimento q_r vale 0.456 kN/m^2 .

Coefficiente di esposizione c_e

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z / z_0) \cdot [7 + c_t \cdot \ln(z / z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

Nel caso in esame, essendo in zona 4, classe di rugosità del terreno D e quindi categoria di esposizione del sito II, si ha:

- $k_r = 0.19$;
- $z_0 = 0.05 \text{ m}$;
- $z_{\min} = 4 \text{ m}$;

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 24 DI 185
---	---	------------------------------

- $c_t = 1$.

La struttura presenta due porzioni aventi altezze differenti ($z = 7.2$ m e $z = 15.4$ m), pertanto:

per $z = 7.2$ m si ha $c_e = 2.15$;

per $z = 15.4$ m si ha $c_e = 2.63$.

Coefficiente dinamico c_d

In assenza di considerazioni di dettaglio inerenti i fenomeni di natura aeroelastica e di distacco dei vortici si assume cautelativamente un valore $c_d = 1$.

Coefficiente di forma c_p

$$C_p = C_{psopravento} + C_{psottovento}$$

dove:

- $C_{psopravento}$ è il coefficiente di forma per elementi sopravento assunto pari a +0.8;
- $C_{psottovento}$ è il coefficiente di forma per elementi sottovento assunto pari a -0.4.

In sintesi, per le due porzioni di struttura aventi altezze differenti ($z = 7.2$ m e $z = 15.4$ m) l'azione del vento sarà:

$z = 7.2$ m

- **superfici sopravento $p = 0.78$ kN/m²**
- **superfici sottovento $p = 0.39$ kN/m²**

$z = 15.4$ m

- **superfici sopravento $p = 0.96$ kN/m²**
- **superfici sottovento $p = 0.48$ kN/m²**

Si riportano di seguito le tabelle riepilogative del calcolo dell'azione del vento per le due porzioni di struttura.

Azione del vento - NTC18 (paragrafo 3.3)			
Altitudine sul livello del mare	a_s	145	[m]
Zona	Z	III	[-]
Velocità base di riferimento al livello del mare	$v_{b,0}$	27	[m/s]
Parametri	a_0	-	[m]
Parametri	k_s	-	[-]
Coefficiente di altitudine	c_a	1	[-]
Velocità base di riferimento	$v_b = v_{b,0} c_a$	27.00	[m/s]
Periodo di ritorno considerato	T_R	50	[anni]
Coefficiente di ritorno	c_r	1.00	[-]
Velocità di riferimento	$v_r (T_R) = v_b c_r$	27.02	[m/s]
Densità dell'aria	ρ	1.25	[kg/m ³]
Pressione cinetica di riferimento	$q_r = 0.5 \rho v_r^2$	0.456	[kN/m²]
Classe di rugosità del terreno		D	[-]

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA	Pag.
	ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	25 DI 185

Distanza dalla costa		$2 < d < 30$	[km]
Categoria di esposizione del sito		II	[-]
Parametri	K_r	0.19	[-]
Parametri	Z_0	0.05	[m]
Parametri	Z_{min}	4	[m]
Altezza di riferimento	Z	7.2	[m]
Coefficiente di topografia	C_t	1	[-]
Coefficiente di esposizione	$c_e(z)$	2.15	[-]
Coefficiente dinamico	c_d	1	[-]

Coefficiente di pressione sopravento	c_p	0.8	[-]
Pressione del vento su superfici sopravento	$p = q_r c_e(z) c_p c_d$	0.78	[kN/m²]

Coefficiente di pressione sottovento	c_p	-0.4	[-]
Pressione del vento su superfici sottovento	$p = q_r c_e(z) c_p c_d$	-0.39	[kN/m²]

Azione del vento - NTC18 (paragrafo 3.3)			
Altitudine sul livello del mare	a_s	145	[m]
Zona	Z	III	[-]
Velocità base di riferimento al livello del mare	$v_{b,0}$	27	[m/s]
Parametri	a_0	-	[m]
Parametri	k_s	-	[-]
Coefficiente di altitudine	C_a	1	[-]
Velocità base di riferimento	$v_b = v_{b,0} C_a$	27.00	[m/s]
Periodo di ritorno considerato	T_R	50	[anni]
Coefficiente di ritorno	C_r	1.00	[-]
Velocità di riferimento	$v_r(T_R) = v_b C_r$	27.02	[m/s]
Densità dell'aria	ρ	1.25	[kg/m ³]
Pressione cinetica di riferimento	$q_r = 0.5 \rho v_r^2$	0.456	[kN/m²]
Classe di rugosità del terreno		D	[-]
Distanza dalla costa		$2 < d < 30$	[km]
Categoria di esposizione del sito		II	[-]
Parametri	K_r	0.19	[-]
Parametri	Z_0	0.05	[m]
Parametri	Z_{min}	4	[m]

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 26 DI 185
---	---	-------------------------------

Altezza di riferimento	z	15.4	[m]
Coefficiente di topografia	C_t	1	[-]
Coefficiente di esposizione	$c_e(z)$	2.63	[-]
Coefficiente dinamico	c_d	1	[-]

Coefficiente di pressione sopravento	c_p	0.8	[-]
Pressione del vento su superfici sopravento	$p = q_r c_e(z) c_p c_d$	0.96	[kN/m²]

Coefficiente di pressione sottovento	c_p	-0.4	[-]
Pressione del vento su superfici sottovento	$p = q_r c_e(z) c_p c_d$	-0.48	[kN/m²]

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 27 DI 185
---	---	------------------------------

6.4 Variazione termica

Negli edifici in cui la temperatura non costituisca azione fondamentale per la sicurezza o per l'efficienza funzionale della struttura è consentito tener conto della sola componente uniforme di variazione termica $\Delta T_u = T - T_0$ pari alla differenza tra la temperatura media attuale T e quella iniziale alla data della costruzione T_0 .

Nella modellazione sono stati considerati i seguenti carichi termici uniformi:

- strutture in c.a. protette $\Delta T_u = \pm 10^\circ \text{ C}$
- strutture in c.a. esposte $\Delta T_u = \pm 15^\circ \text{ C}$

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 28 DI 185
---	---	------------------------------

6.5 Azione sismica

Con riferimento alla normativa vigente (NTC-2018), le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione.

Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento V_R , come definito nel § 2.4

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

6.5.1 Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

La vita nominale dei diversi tipi di opere è riportata al seguito nella Tab. 2.4.I delle norme tecniche NTC-2018.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

1	TIPI DI COSTRUZIONI	Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Dunque, nel caso in esame si ha $V_N = 50$ anni.

6.5.2 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

- Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli;

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 29 DI 185
---	---	------------------------------

- Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti;
- Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso;
- Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Il fabbricato rientra per le sue funzioni tra le compresi nella **classe d'uso IV**.

6.5.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U .

Tale coefficiente è funzione della classe d'uso e nel caso specifico assume valore pari a $C_U = 2.0$ per la classe d'uso IV.

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 2.0 = 100 \text{ anni}$$

6.5.4 Azioni di progetto

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC18, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali previste dalle NTC18 sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g è accelerazione orizzontale massima al sito;

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 30 DI 185
---	---	------------------------------

- F_0 è il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* è il periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Le forme spettrali previste dalle NTC18 sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e da vite di riferimento. A tal fine occorre fissare:

- la vita di riferimento V_R della costruzione;
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento P_{VR} associate agli stati limite considerati, per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

A tal fine si utilizza come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni. Fissata la vita di riferimento V_R , i due parametri T_R e P_{VR} sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante la seguente espressione:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR})$$

I valori dei parametri a_g , F_0 e T_C^* relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento sono forniti nelle tabelle riportate Norme, in funzione di prefissati valori del periodo di ritorno T_R .

L'accelerazione al sito a_g è espressa in g/10, F_0 è adimensionale, T_C^* è espresso in secondi.

I punti del reticolo di riferimento sono definiti in termini di Latitudine e Longitudine ed ordinati a latitudine e longitudine crescenti, facendo variare prima la Longitudine e poi la Latitudine.

6.5.5 Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, in seguito alla campagna di indagini geotecniche, si adotta la categoria di **sottosuolo C**.

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti S_s e C_c valgono 1. Per le categorie di sottosuolo B,C,D ed E i coefficienti S_s e C_c possono essere calcolati in funzione dei valori F_0 e T_C^* relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella tab. 3.2.V, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Con riferimento alle caratteristiche della superficie topografica inerente l'opera in oggetto, si adotta la categoria **topografica T₁**.

6.5.6 Classe di duttilità

La costruzione oggetto della presente relazione, soggetta all'azione sismica, non dotata di appositi dispositivi dissipativi, è stata progettata considerando un comportamento strutturale dissipativo.

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 31 DI 185
---	---	------------------------------

Nel comportamento strutturale dissipativo, gli effetti combinati delle azioni sismiche e delle altre azioni sono calcolati tenendo conto delle non linearità di comportamento (di materiale sempre, geometriche quando rilevanti).

In particolare è stata adottata la “Classe di duttilità bassa (CD”B”)”.

6.5.7 Regolarità

La struttura è rispondente a tutti i requisiti di regolarità in pianta ed in elevazione elencati nel §7.2.2 delle NTC 18.

6.5.8 Tipologia strutturale e fattore di struttura

La tipologia strutturale del fabbricato in esame è “sismo resistente in calcestruzzo armato” (§7.4.3.1 NTC 18) ed è classificabile come:

- struttura a telaio

Agli stati limite ultimi le capacità dissipative delle strutture possono essere considerate attraverso una riduzione delle forze elastiche, tenendo conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica della struttura, della sua sovreresistenza, dell'incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni.

In tal caso lo spettro di progetto da utilizzare, sia per le componenti orizzontali, sia per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente, riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata, con le ordinate ridotte sostituendo nelle formule del §3.2.3 - NTC2018 η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura.

Il valore del fattore di struttura q da utilizzare per ciascuna direzione dell'azione sismica, dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e tiene in conto le non linearità di materiale. Esso può essere calcolato mediante la seguente espressione:

$$q = q_0 \cdot K_R$$

dove:

q_0 è il valore massimo del fattore di struttura;

K_R è un fattore che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione.

Un problema importante è la scelta del valore base del coefficiente di comportamento q_0 , che risulta legato alla tipologia strutturale ed al livello di duttilità attesa.

L'edificio in esame può essere riconducibile ad un sistema a telaio.

Per quanto riguarda il livello di duttilità attesa, si stabilisce di progettare il fabbricato in accordo con un comportamento strutturale dissipativo caratterizzato da una Classe di Duttilità Bassa (CD”B”).

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 32 DI 185
---	---	------------------------------

Pertanto, in base alla Tab. 7.3.II delle NTC 2018, il coefficiente di comportamento q_0 può essere valutato come:

$$q_0 = 3.0 \cdot \alpha_U / \alpha_1$$

Trattandosi di una struttura a telaio con più piani e più campate, in accordo con il §7.4.3.2 – NTC 2018, si assume:

$$\alpha_U / \alpha_1 = 1.3$$

Inoltre, la costruzione risulta REGOLARE IN PIANTA in quanto soddisfa il requisito b) riportato al § 7.2.3 – NTC2018. Essendo, poi, la struttura anche REGOLARE IN ALTEZZA si può assumere $K_R = 1$. Pertanto, il fattore di struttura al quale si farà riferimento per la definizione dello spettro di progetto è $q = 3.9$.

6.5.9 Spettri di risposta

Per l'individuazione dei parametri di pericolosità sismica, del caso in esame, è stato consultato il sito <https://www.acca.it/edilus-ms/>. Si riportano di seguito le immagini relative alla definizione dello spettro di risposta elastico.

Latitudine (WGS84)	40.60680897	Longitudine (WGS84)	15.04754663
Latitudine (ED50)	40.608508	Longitudine (ED50)	15.0484
Altitudine (mt)	75		
Classe dell'edificio	IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche i ▼		
Vita Nominale Struttura	50 ▼		
Periodo di Riferimento per l'azione sismica	100		

Parametri di pericolosità Sismica				
Stato Limite	T_r [anni]	a_g/g [-]	F_o [-]	T_c^* [s]
Operatività	60	0.051	2.434	0.337
Danno	101	0.063	2.535	0.366
Salvaguardia Vita	949	0.142	2.568	0.473
Prevenzione Collasso	1950	0.175	2.625	0.509

[Termini e Condizioni di utilizzo di Edilus-MS](#)

Figura 14 - Individuazione della pericolosità del sito

6.5.9.1 Spettro di risposta allo SLO

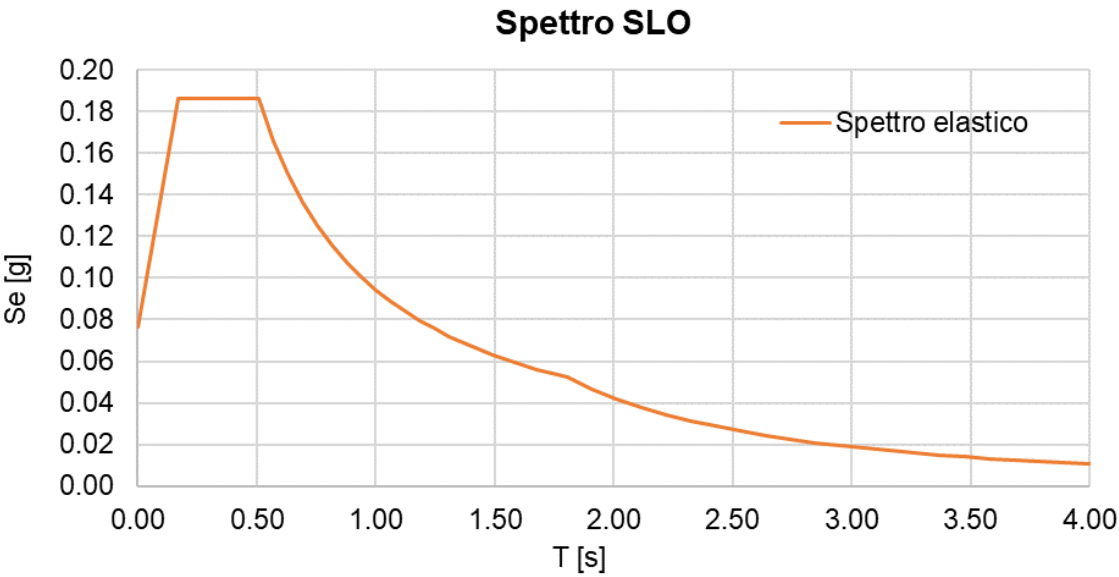


Figura 15 - Spettro di risposta all’SLO

a _g [g]	0.051	S [-]	1.500
F _o [-]	2.434	η [-]	1.000
T [*] _C [s]	0.337	T _B [s]	0.169
S _S [-]	1.500	T _C [s]	0.507
C _C [-]	1.503	T _D [s]	1.804
S _T [-]	1.000		

Figura 16 - Parametri dello spettro di risposta elastico nella componente orizzontale all’SLO

6.5.9.2 Spettro di risposta allo SLD

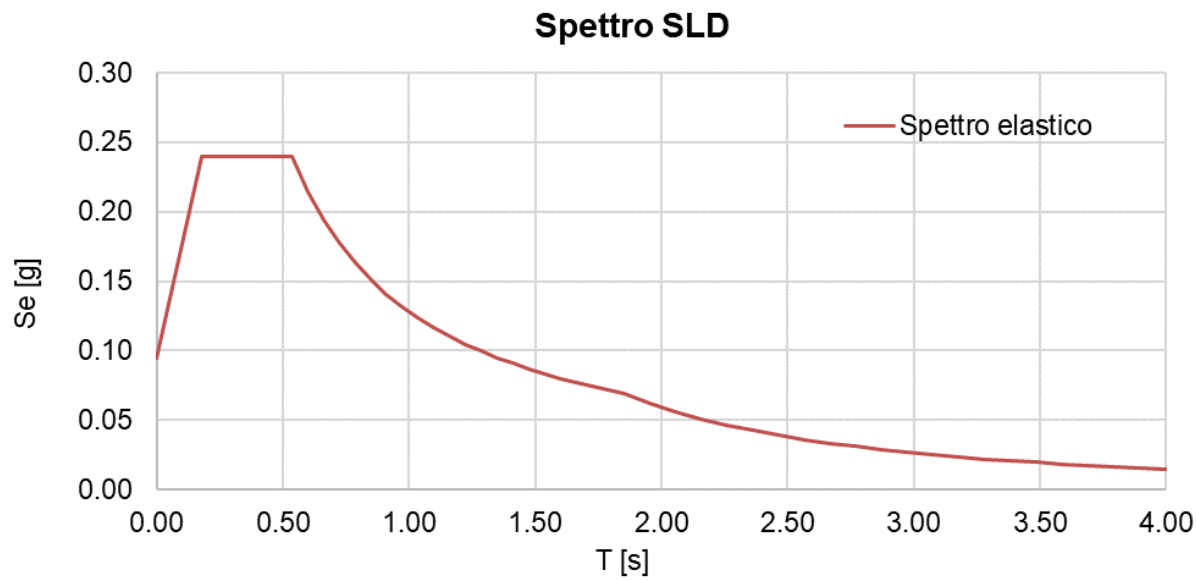


Figura 17 - Spettro di risposta all'SLD

a_g [g]	0.063	S [-]	1.500
F_o [-]	2.535	η [-]	1.000
T^*_C [s]	0.366	T_B [s]	0.178
S_S [-]	1.500	T_C [s]	0.535
C_C [-]	1.463	T_D [s]	1.852
S_T [-]	1.000		

Figura 18 - Parametri dello spettro di risposta elastico nella componente orizzontale all'SLD

6.5.9.3 Spettro di risposta allo SLV

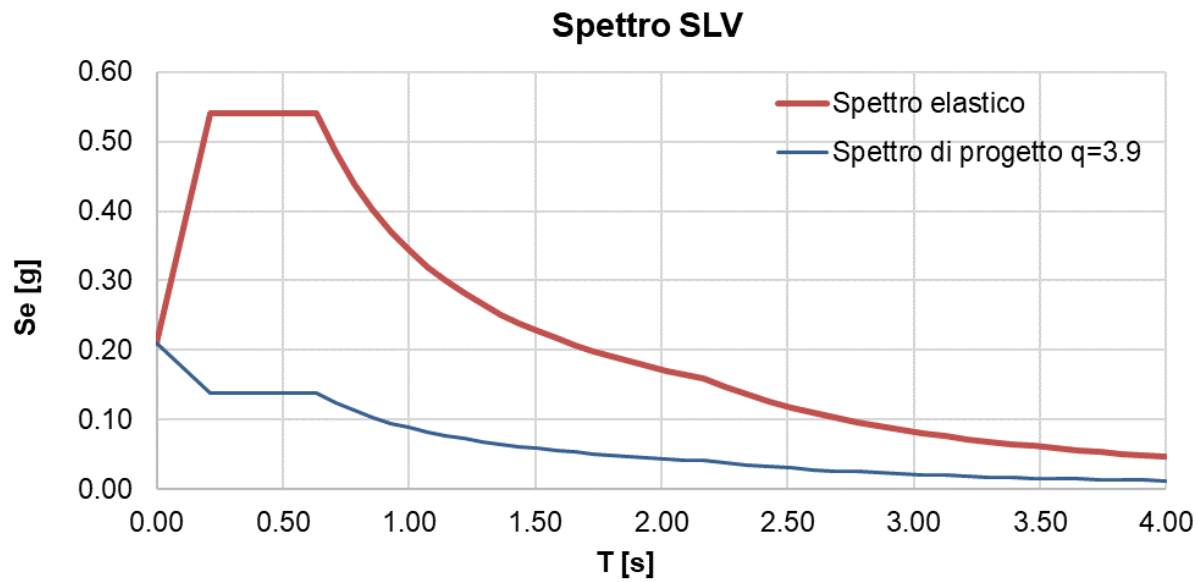


Figura 19 - Spettro di risposta nella componente orizzontale all'SLV

a_g [g]	0.142	S [-]	1.481
F_o [-]	2.568	η [-]	1.000
T^*_C [s]	0.473	T_B [s]	0.212
S_S [-]	1.481	T_C [s]	0.636
C_C [-]	1.344	T_D [s]	2.168
S_T [-]	1.000		

Figura 20 - Parametri dello spettro di risposta nella componente orizzontale all'SLV

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 36 DI 185
---	---	------------------------------

7 CODICI DI CALCOLO

Per il calcolo delle sollecitazioni gravanti sugli elementi strutturali, per i modi di vibrare della struttura e per verifiche di resistenza si è fatto ricorso seguenti Software di calcolo:

- “Midas GEN”;
- “Fogli di Calcolo Excel Autoprodotti”.

7.1 Affidabilità del software

La documentazione fornita a corredo del software “Midas GEN” contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l’individuazione dei campi d’impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati.

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 37 DI 185
---	---	------------------------------

8 ANALISI DELLA STRUTTURA

8.1 Modello di calcolo

L'analisi della struttura in esame è stata effettuata attraverso una modellazione agli elementi finiti. La struttura è stata modellata con un modello FEM nelle tre dimensioni nello spazio. Il sistema di riferimento assunto prevede una terna destrorsa il cui asse X è orientato in direzione longitudinale, l'asse Y in direzione trasversale e l'asse Z in direzione verticale (positivo verso l'alto).

Il modello prevede due piani fuori terra per l'intera estensione del fabbricato e un terzo piano fuori terra nella zona del torrino ascensore.

Le travi e i pilastri sono stati modellati mediante elementi beam, mentre, pareti, scale, la rampa carrabile sono stati modellati mediante elementi plate.

La platea di fondazione è stata modellata con elementi plate poggianti su suolo elastico alla Winkler, modellato a sua volta con l'introduzione di molle verticali.

Seguono alcune immagini rappresentative del modello di calcolo:

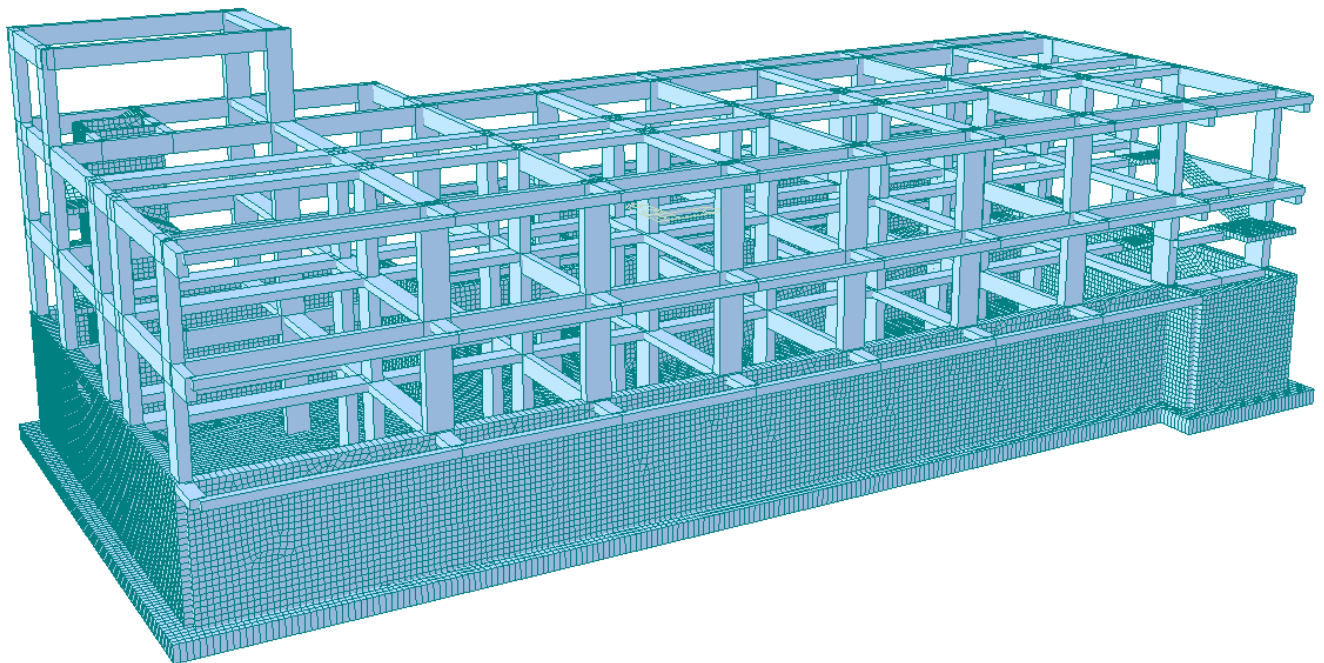


Figura 21 – Modello FEM: vista tridimensionale estrusa anteriore

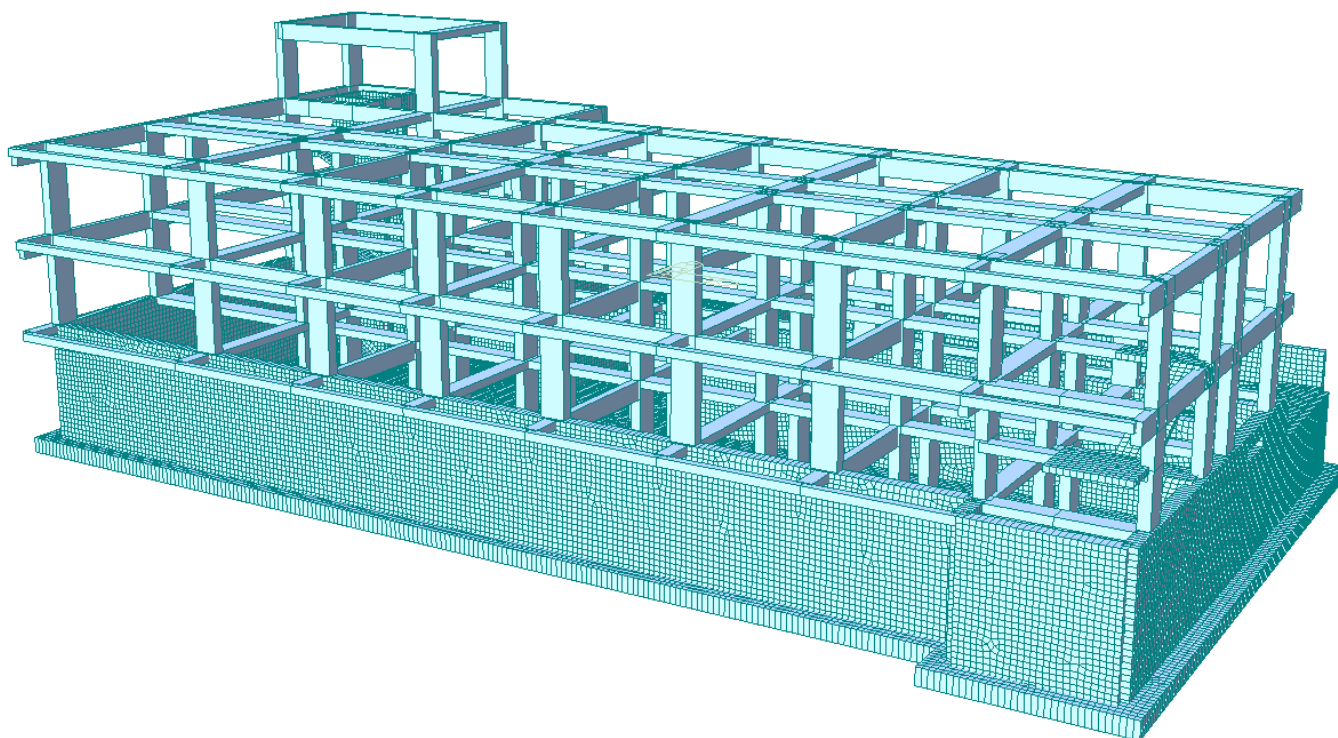


Figura 22 – Modello FEM: vista tridimensionale estrusa posteriore

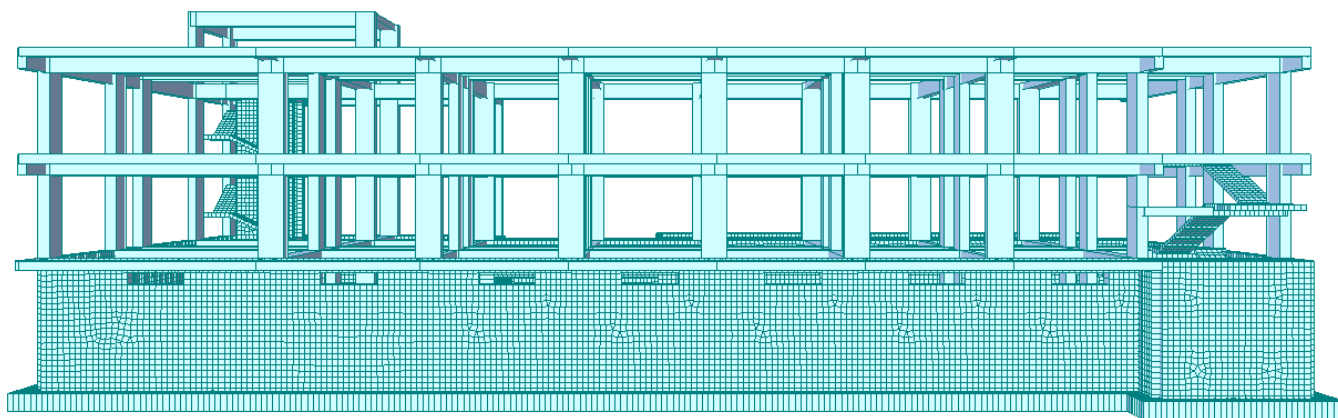


Figura 23 – Modello FEM: vista tridimensionale estrusa frontale

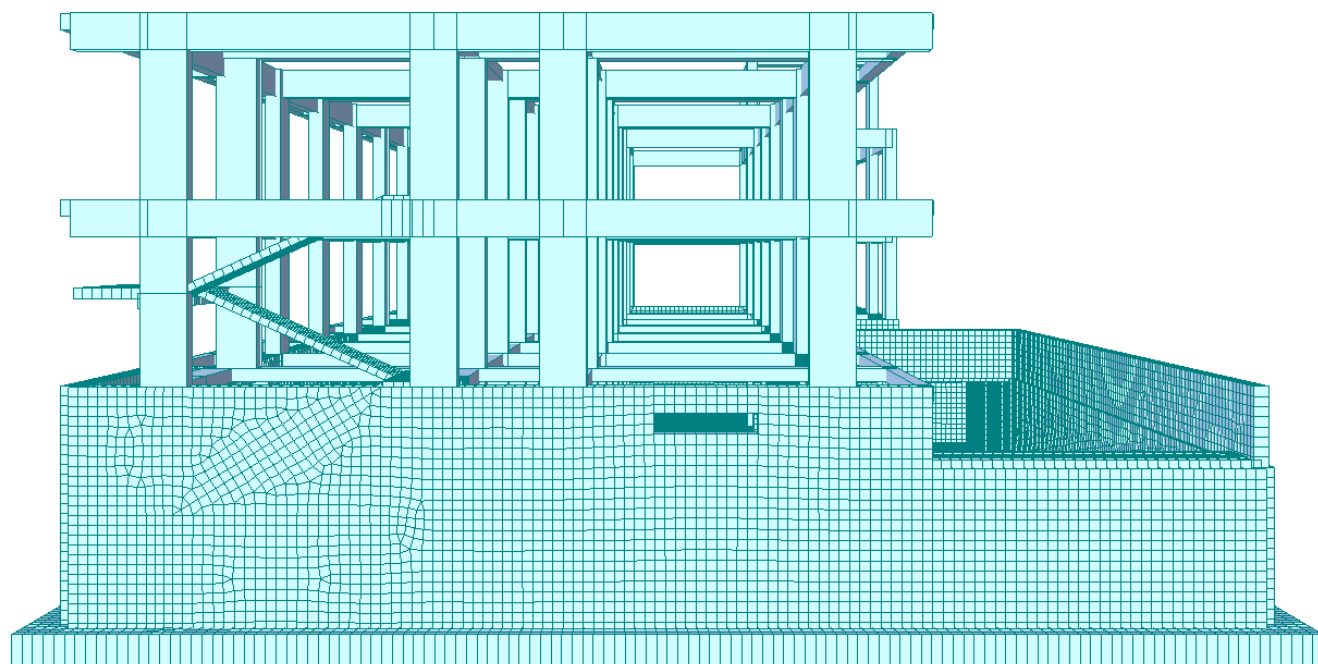


Figura 24 – Modello FEM: vista tridimensionale estrusa laterale

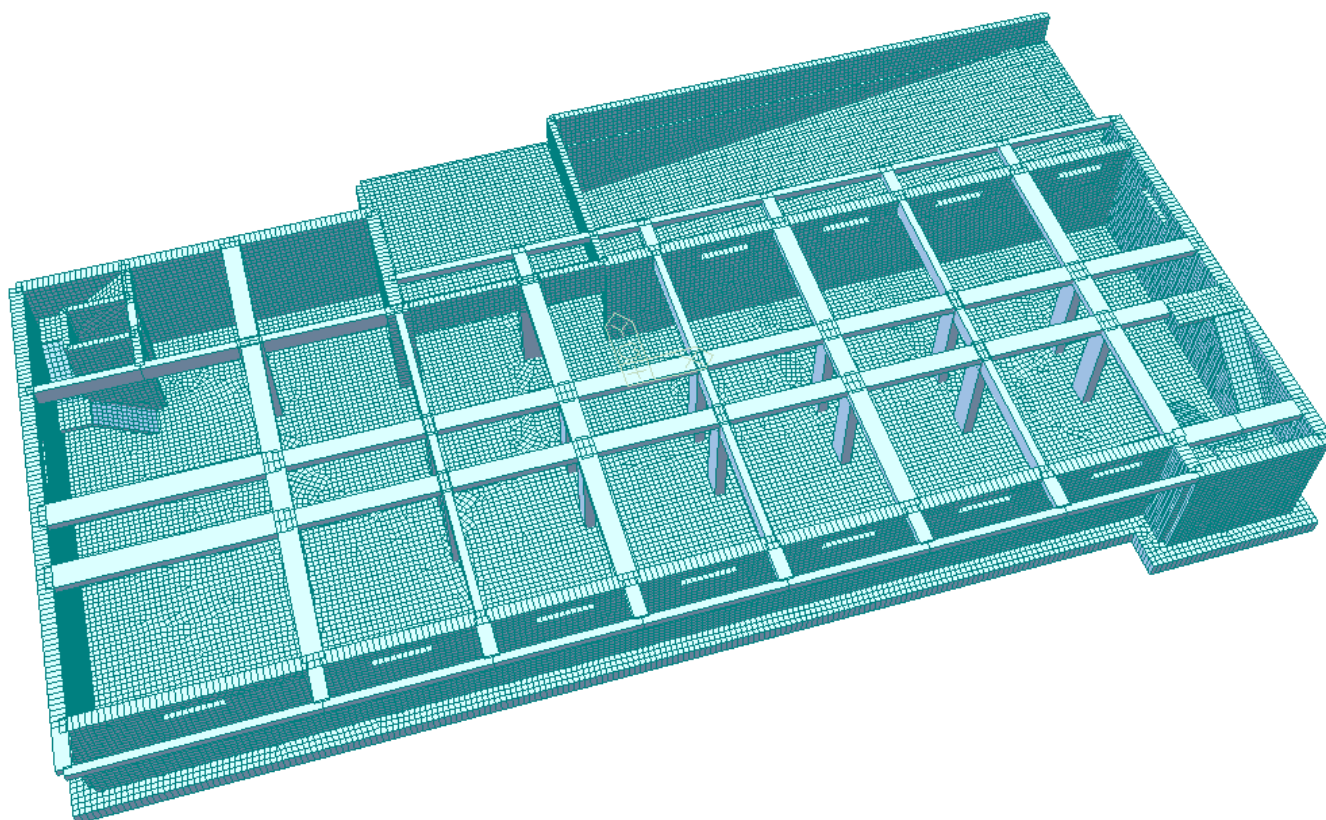


Figura 25 – Modello FEM: vista tridimensionale estrusa del piano interrato

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 40 DI 185
---	---	------------------------------

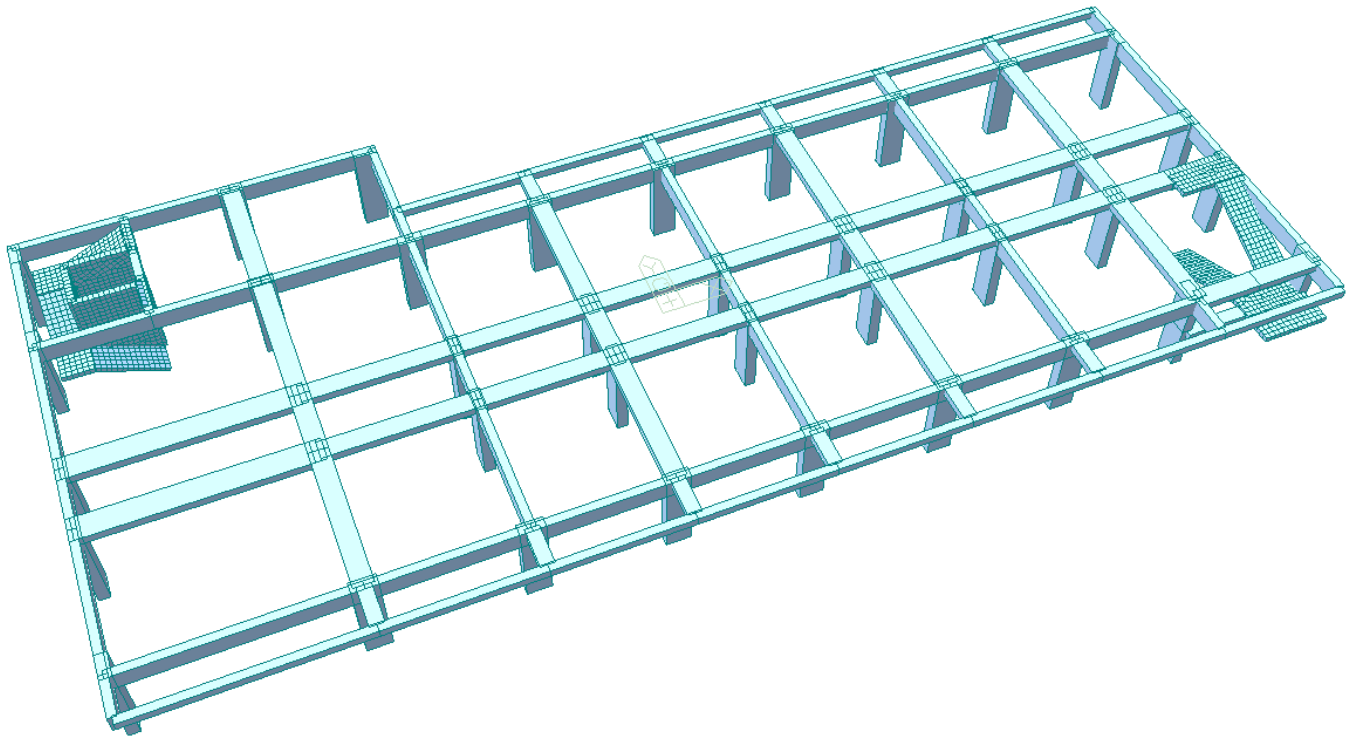


Figura 26 – Modello FEM: vista tridimensionale estrusa del piano terra

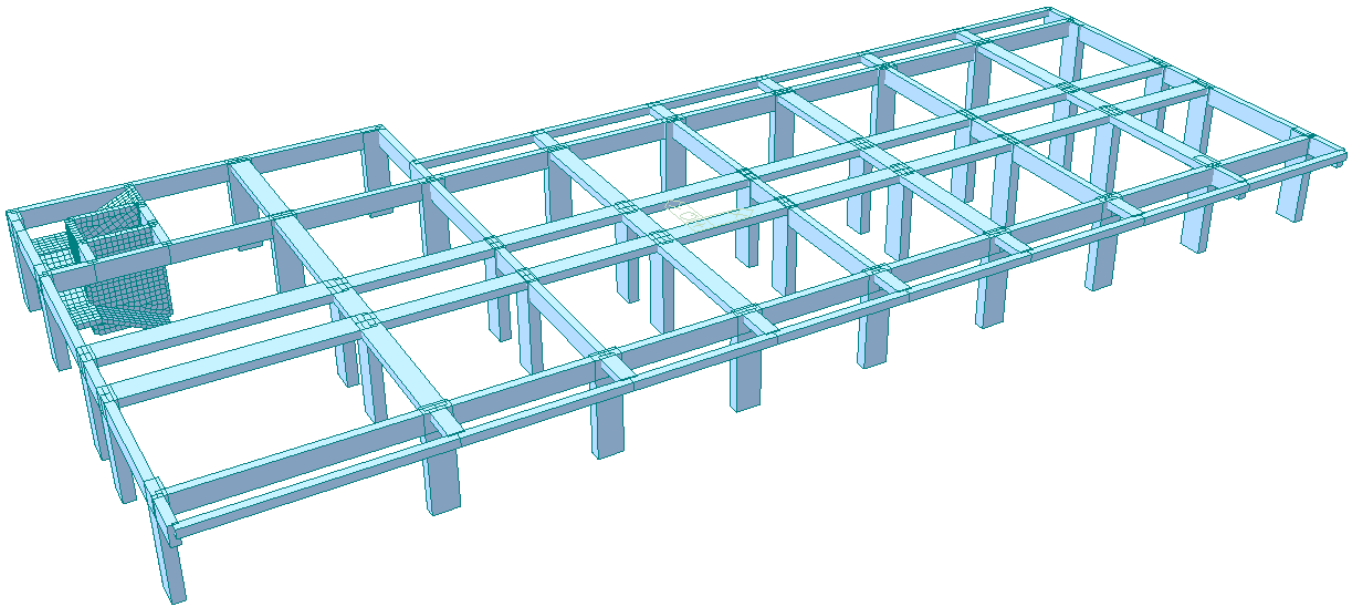


Figura 27 – Modello FEM: vista tridimensionale estrusa del piano primo

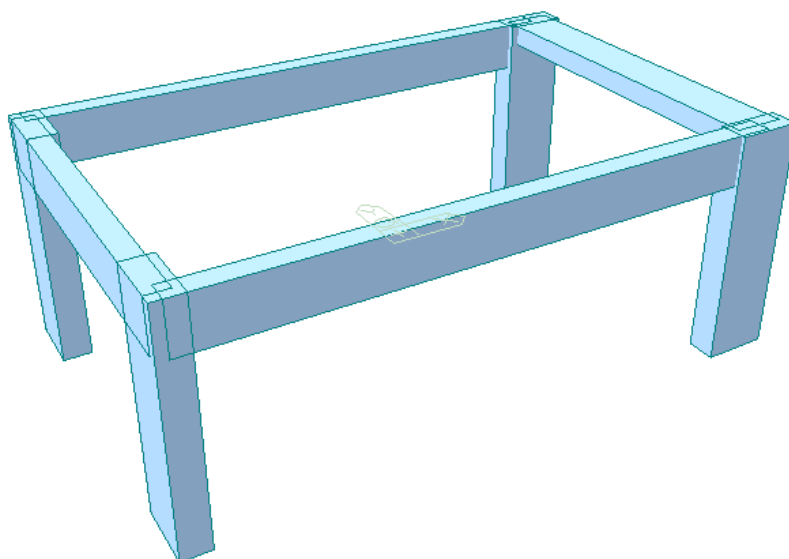


Figura 28 – Modello FEM: vista tridimensionale estrusa del torrino

8.2 Assegnazione dei carichi di progetto

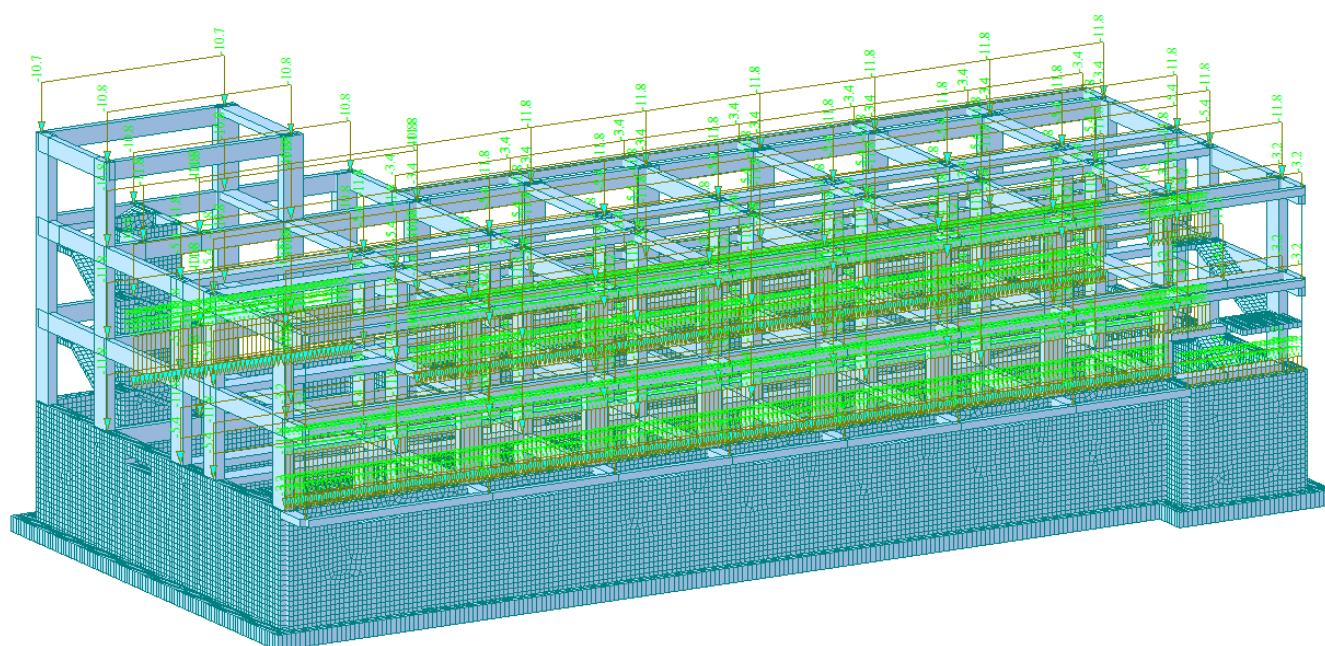


Figura 29 - G1 – Peso proprio solai

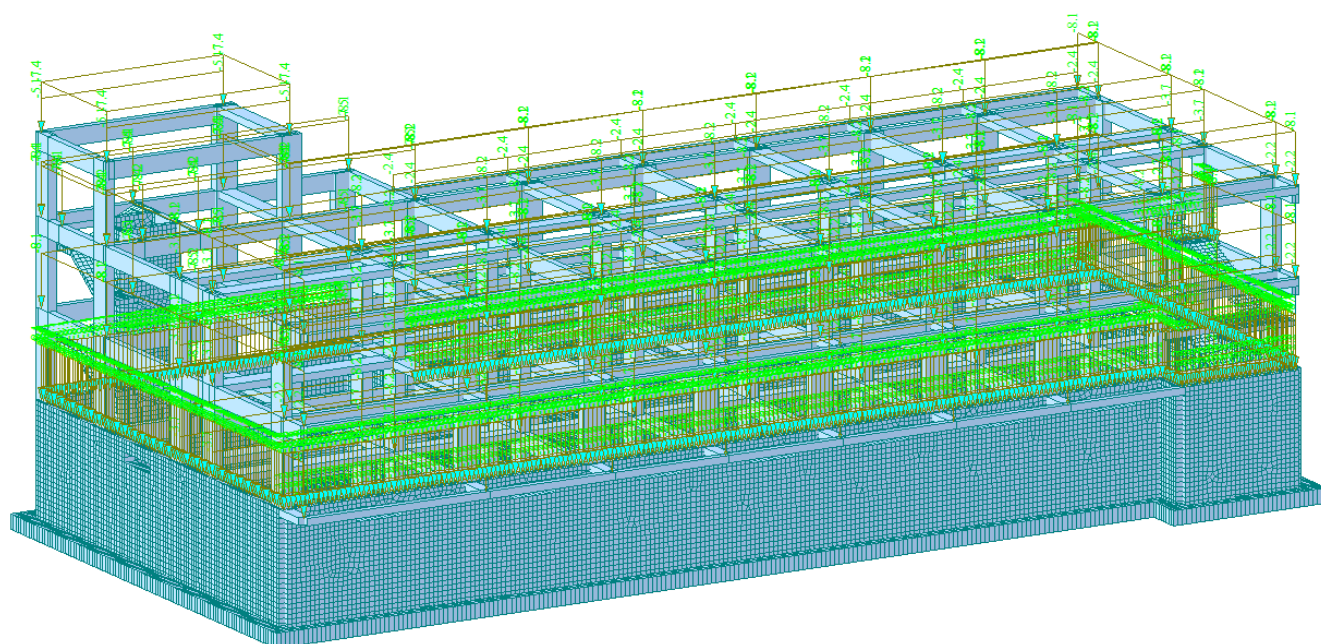


Figura 30 - G2 – Sovraccarichi permanenti solai e facciate

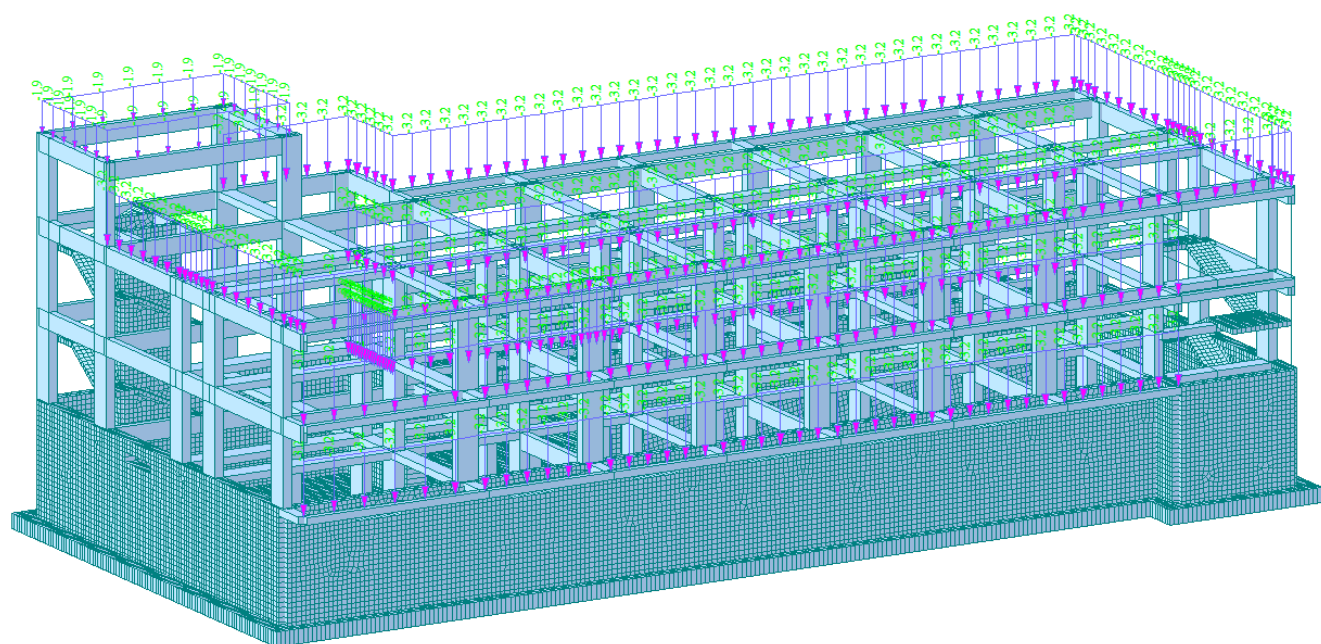


Figura 31 - G2 – Cornicioni e parapetti

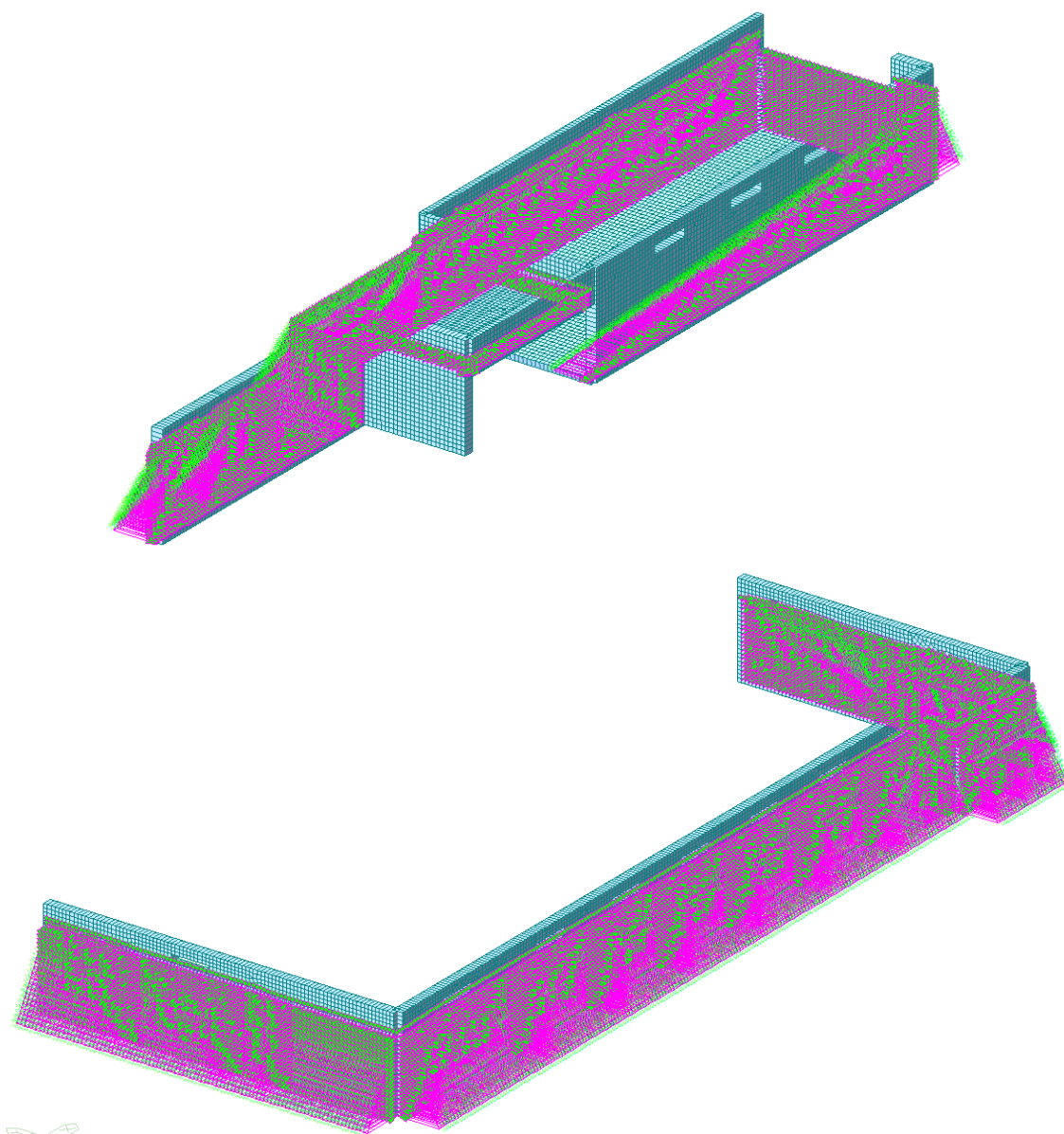


Figura 32 - G2 – Spinta litostatica del terreno

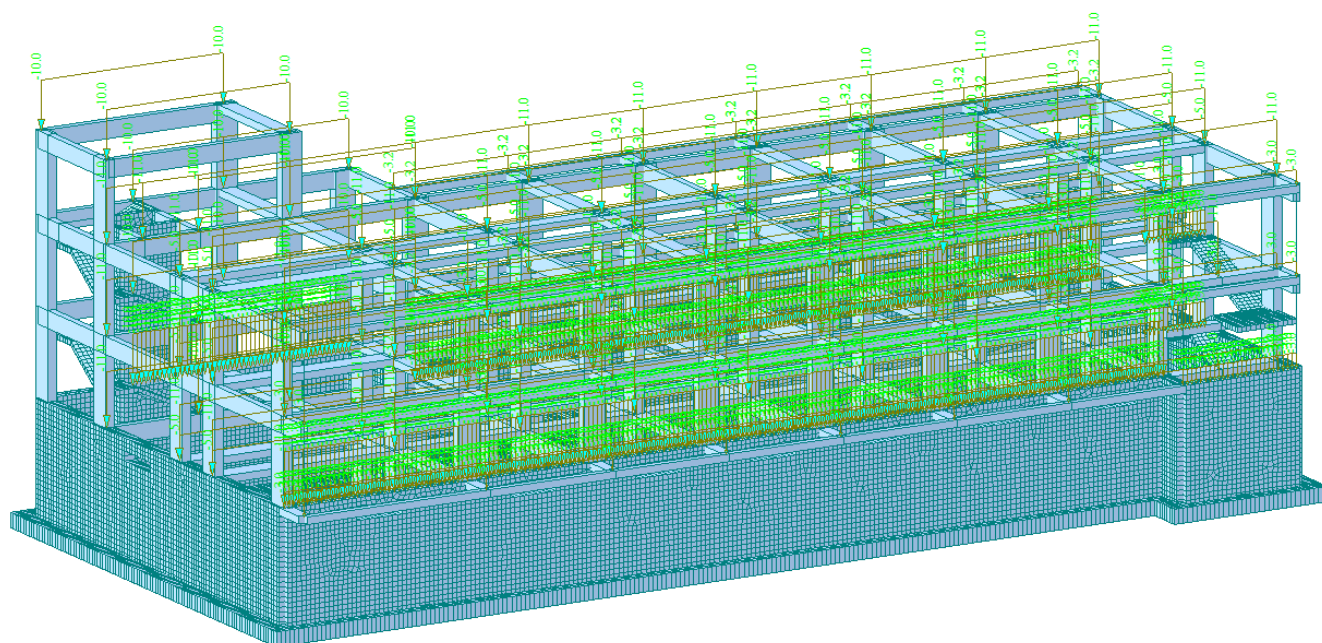


Figura 33 - Q – Sovraccarichi accidentali

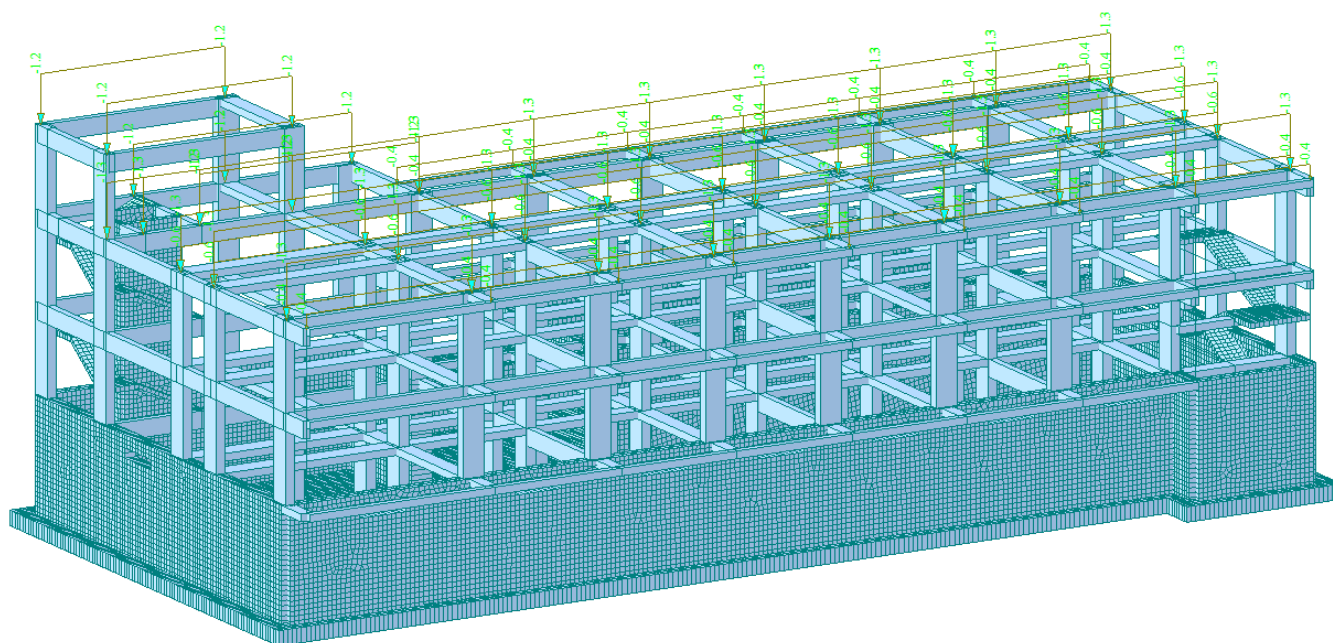


Figura 34 – Qsneve – Sovraccarichi accidentali da neve

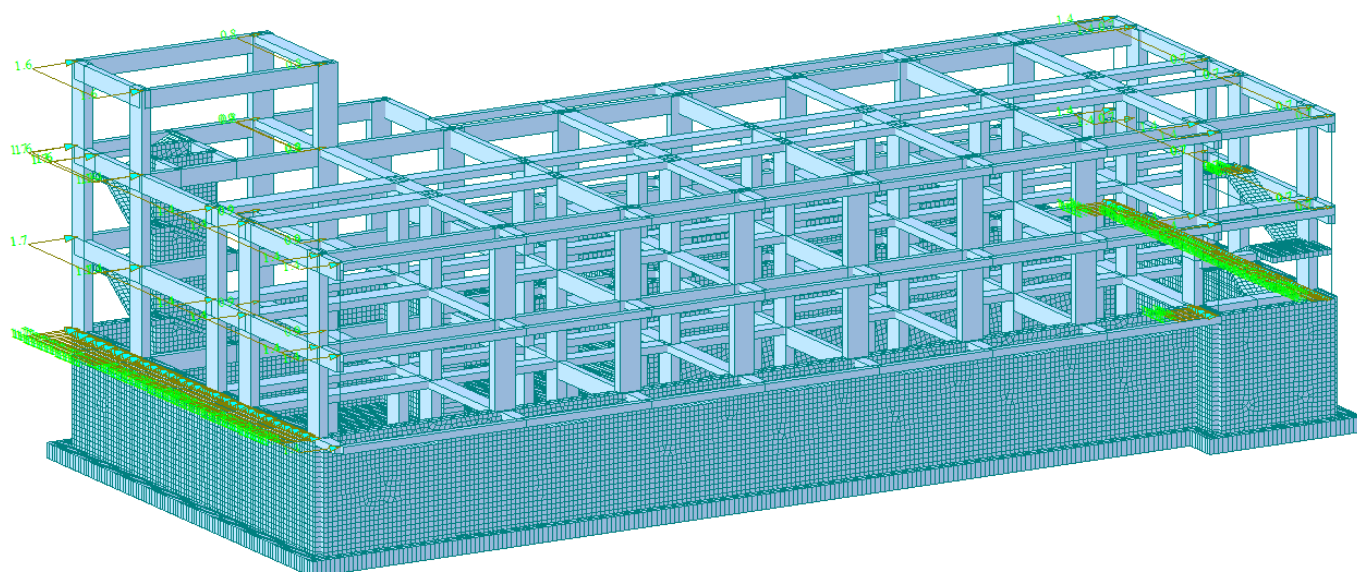


Figura 35 – Qvento_X+ – Sovraccarichi accidentali da vento X+

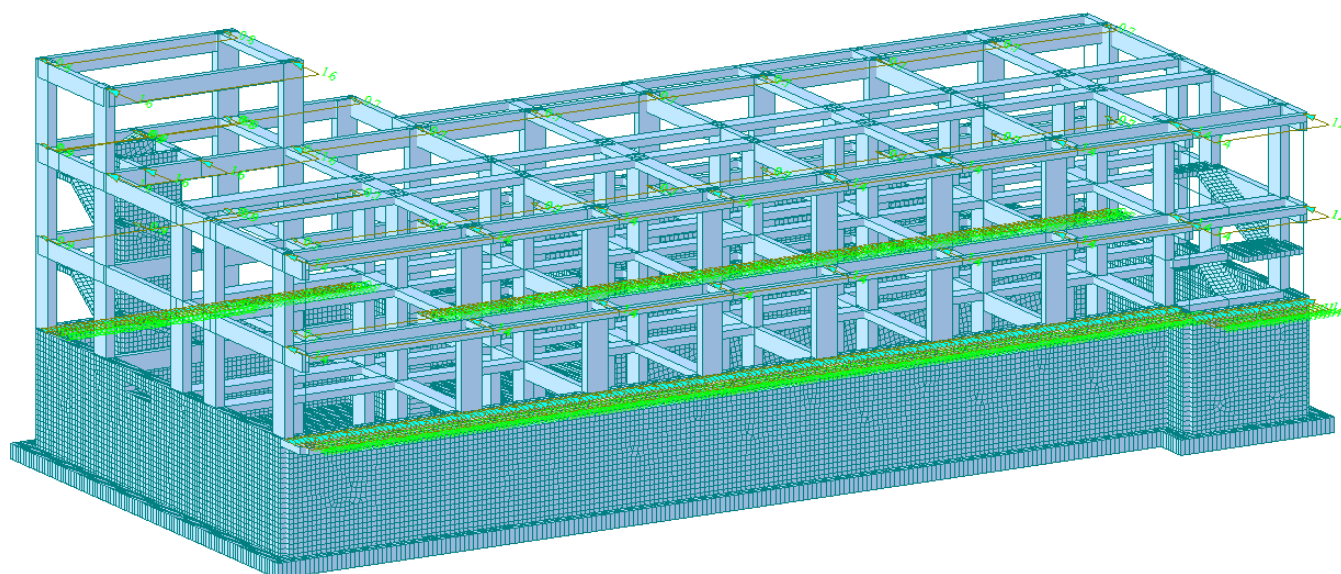


Figura 36 – Qvento_Y+ – Sovraccarichi accidentali da vento Y+

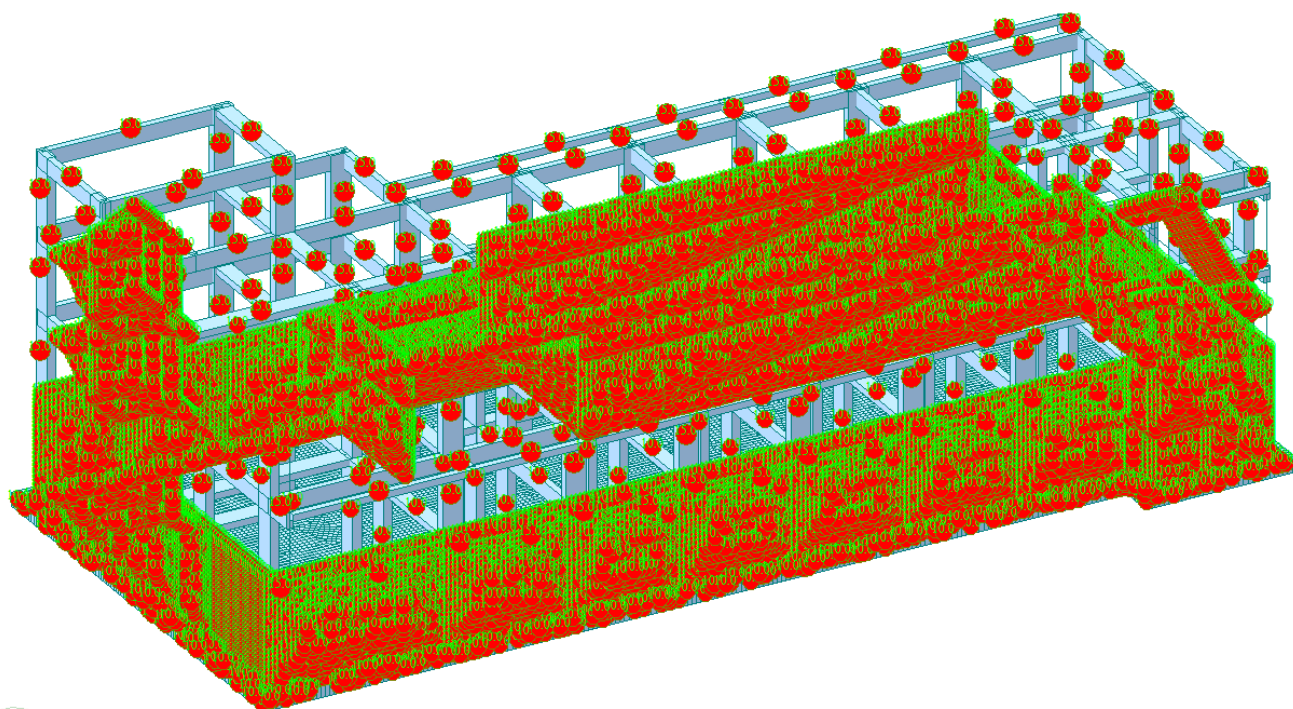


Figura 37 – QdeltaT+ – Sovraccarichi accidentali da variazione termica $\Delta T+$

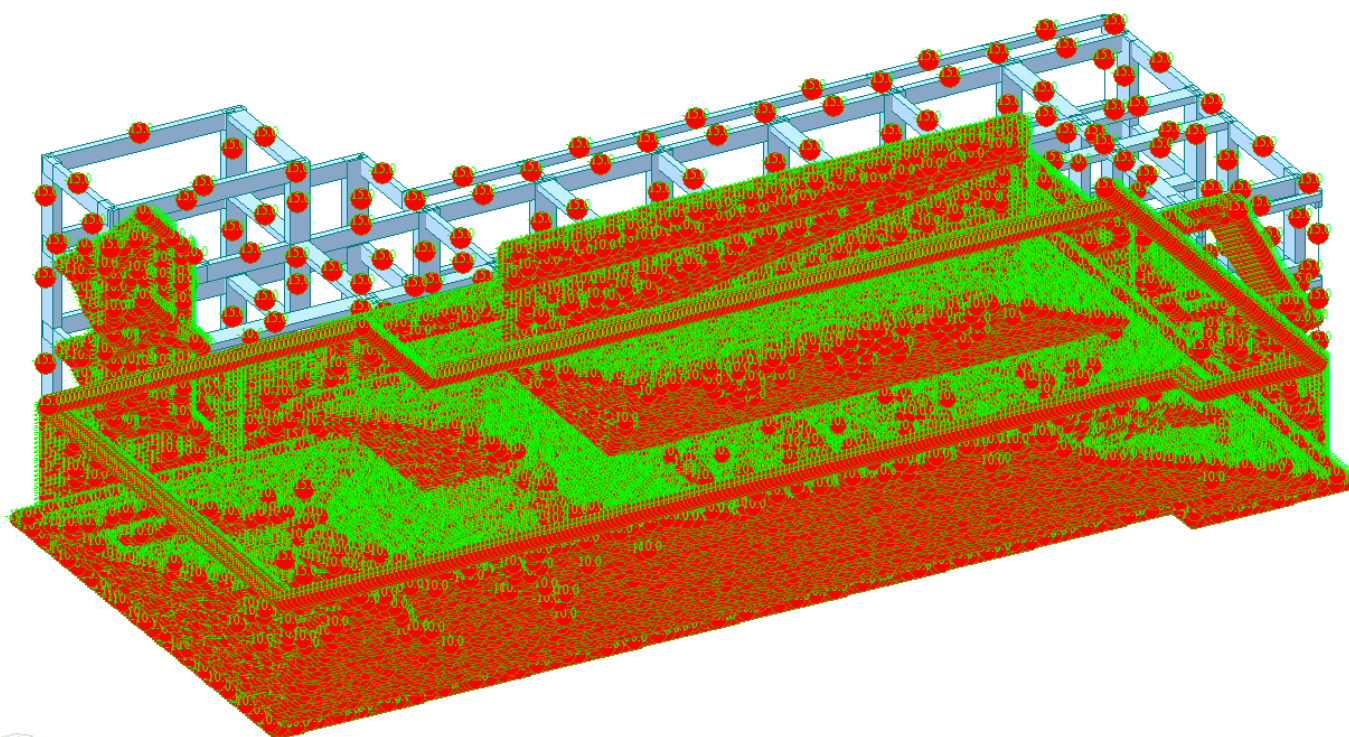


Figura 38 – QdeltaT- – Sovraccarichi accidentali da variazione termica $\Delta T-$

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 47 DI 185
---	---	--

8.3 Analisi modale

Sono di seguito riportati periodi e frequenze, masse partecipanti e coefficienti di partecipazione modale dei primi tre modi di vibrare.

Tabella 3 – Periodi e frequenze

EIGENVALUE ANALYSIS			
Mode No	Frequency	Frequency	Period
(-)	w (rad/sec)	f (cycle/sec)	T (sec)
1	14.98	2.38	0.419
2	16.17	2.57	0.389
3	19.58	3.12	0.321

Tabella 4 – Masse partecipanti (%)

MODAL PARTICIPATION MASSES (%) PRINTOUT						
Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z	
(-)	MASS (%)	SUM (%)	MASS (%)	SUM (%)	MASS (%)	SUM (%)
1	17.2	17.2	65.5	65.5	0.0	0.0
2	72.0	89.3	21.0	86.5	0.1	0.2
3	4.4	93.7	5.8	92.3	0.1	0.2

Mode No	ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
(-)	MASS (%)	SUM (%)	MASS (%)	SUM (%)	MASS (%)	SUM (%)
1	1.4	1.4	0.2	0.2	9.6	9.6
2	0.2	1.6	0.2	0.4	0.7	10.2
3	0.1	1.7	0.4	0.8	80.8	91.0

Tabella 5 – Masse partecipanti

MODAL PARTICIPATION MASSES PRINTOUT						
Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z	
(-)	MASS (Kg)	SUM (Kg)	MASS (Kg)	SUM (Kg)	MASS (Kg)	SUM (Kg)
1	394569	394569	1500889	1500889	674	674
2	1650924	2045493	481032	1981921	2769	3443
3	101244	2146737	132573	2114494	1349	4793

Mode No	ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
(-)	MASS (Kgm ²)	SUM (Kgm ²)	MASS (Kgm ²)	SUM (Kgm ²)	MASS (Kgm ²)	SUM (Kgm ²)
1	1229002	1229002	720457	720457	50923507	50923507
2	182574	1411576	982967	1703424	3531976	54455483
3	81456	1493033	1761667	3465091	430177591	484633075

Tabella 6 – Coefficienti di partecipazione modale

MODAL PARTICIPATION FACTOR PRINTOUT			
Mode No	TRAN-X	TRAN-Y	TRAN-Z
(-)	Value	Value	Value
1	-19.9	38.7	0.8
2	40.6	21.9	1.7
3	-10.1	11.5	1.2

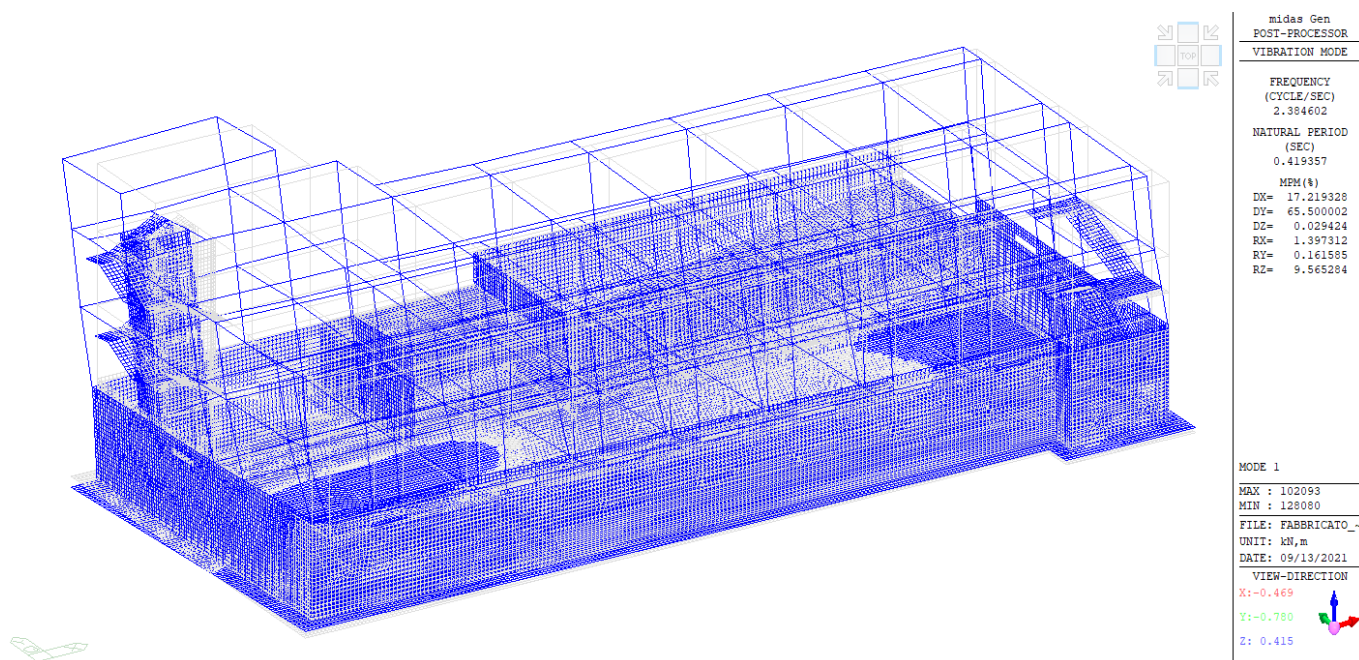


Figura 39 – Modo 1: diagramma degli spostamenti

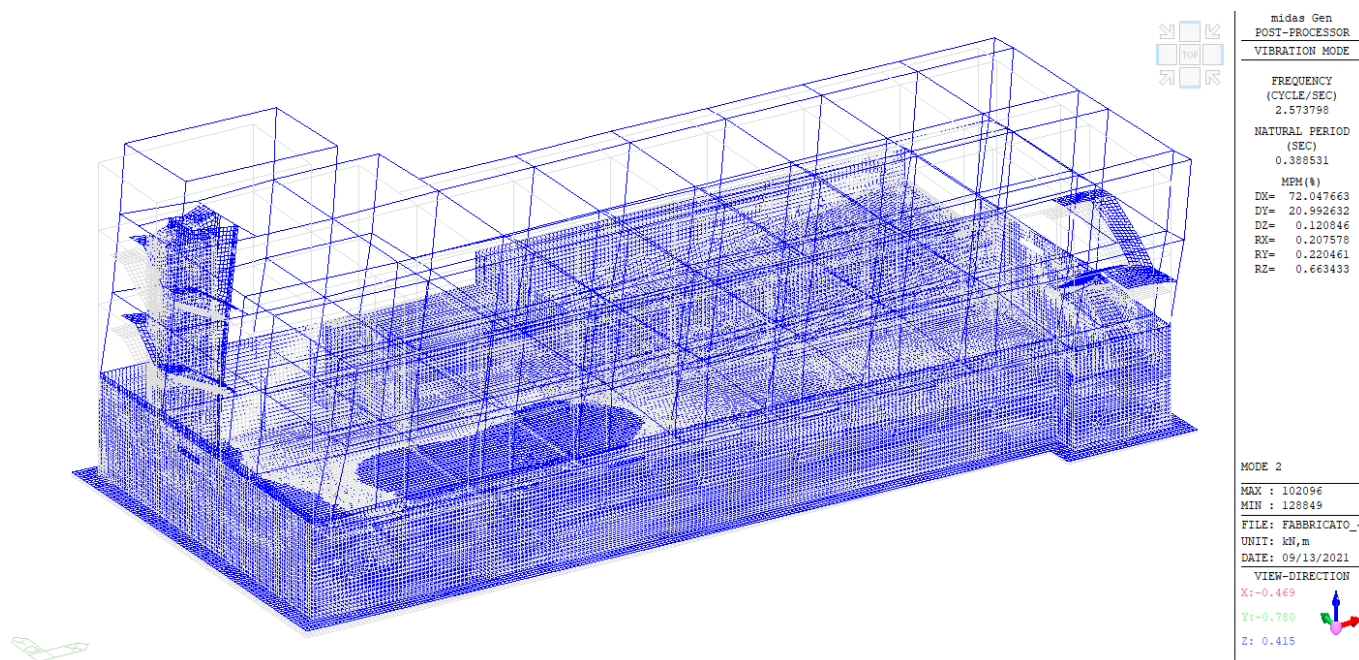


Figura 40 - Modo 2: diagramma degli spostamenti

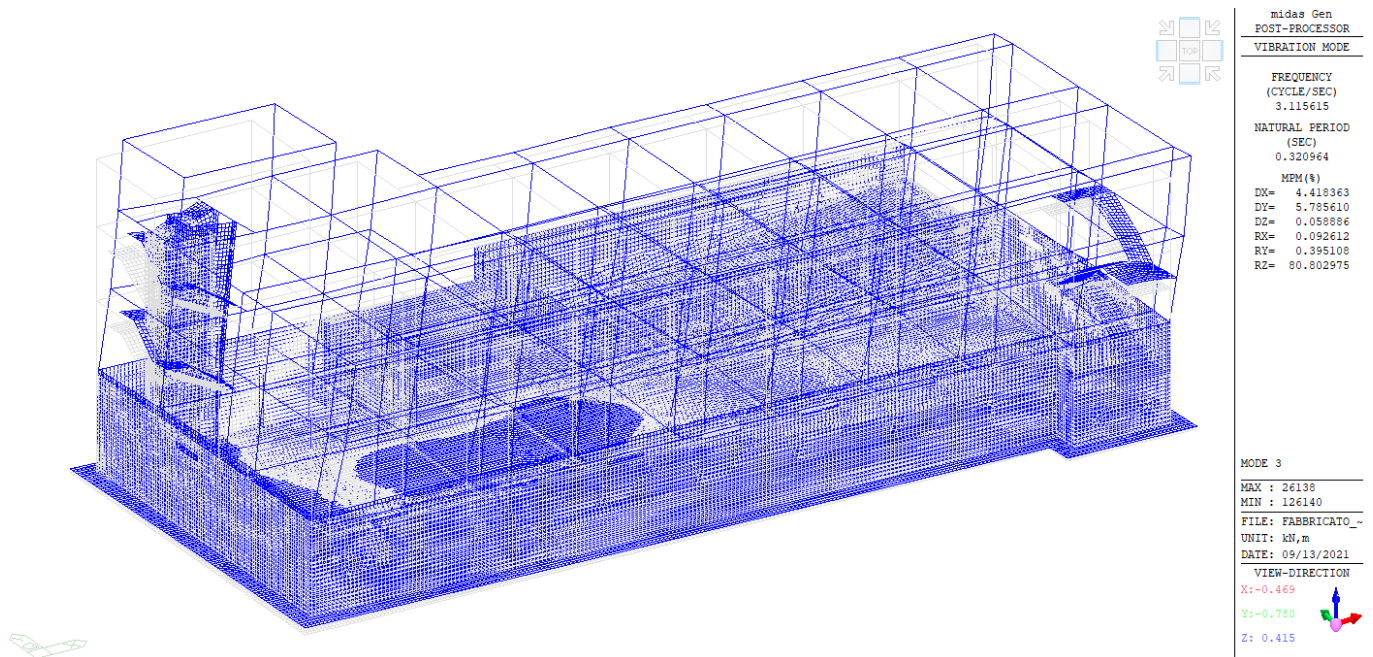


Figura 41 - Modo 3: diagramma degli spostamenti

8.4 Combinazioni di carico

1	cLCB1	Strength/Stress	Add	$1.3D + 1.5(1.0Q) + 1.5(0.6Q_{\delta T} + 0.6Q_{\delta T})$
2	cLCB2	Strength/Stress	Add	$1.3D + 1.5(0.7Q) + 1.5(1.0Q_{\delta T} + 1.0Q_{\delta T})$
3	cLCB3	Strength/Stress	Add	$1.3D + 1.5(1.0Q) + 1.5(0.6Q_{\delta T} + 0.6Q_{\delta T}) + 1.5(0.5Q_{neve})$
4	cLCB4	Strength/Stress	Add	$1.3D + 1.5(0.7Q) + 1.5(1.0Q_{\delta T} + 1.0Q_{\delta T}) + 1.5(0.5Q_{neve})$
5	cLCB5	Strength/Stress	Add	$1.3D + 1.5(0.7Q) + 1.5(0.6Q_{\delta T} + 0.6Q_{\delta T}) + 1.5(1.0Q_{neve})$
6	cLCB6	Strength/Stress	Add	$1.3D + 1.5(1.0Q) + 1.5(0.6Q_{\delta T} + 0.6Q_{\delta T}) + 1.5(0.6)Q_{vento_X+}$
7	cLCB7	Strength/Stress	Add	$1.3D + 1.5(1.0Q) + 1.5(0.6Q_{\delta T} + 0.6Q_{\delta T}) + 1.5(0.6)Q_{vento_Y+}$
8	cLCB8	Strength/Stress	Add	$1.3D + 1.5(0.7Q) + 1.5(1.0Q_{\delta T} + 1.0Q_{\delta T}) + 1.5(0.6)Q_{vento_X+}$
9	cLCB9	Strength/Stress	Add	$1.3D + 1.5(0.7Q) + 1.5(1.0Q_{\delta T} + 1.0Q_{\delta T}) + 1.5(0.6)Q_{vento_Y+}$
10	cLCB10	Strength/Stress	Add	$1.3D + 1.5(0.7Q) + 1.5(0.6Q_{\delta T} + 0.6Q_{\delta T}) + 1.5Q_{vento_X+}$
11	cLCB11	Strength/Stress	Add	$1.3D + 1.5(0.7Q) + 1.5(0.6Q_{\delta T} + 0.6Q_{\delta T}) + 1.5Q_{vento_Y+}$
12	cLCB12	Strength/Stress	Add	$1.3D + 1.5(1.0Q) + 1.5(0.6Q_{\delta T} + 0.6Q_{\delta T}) - 1.5(0.6)Q_{vento_X+}$
13	cLCB13	Strength/Stress	Add	$1.3D + 1.5(1.0Q) + 1.5(0.6Q_{\delta T} + 0.6Q_{\delta T}) - 1.5(0.6)Q_{vento_Y+}$
14	cLCB14	Strength/Stress	Add	$1.3D + 1.5(0.7Q) + 1.5(1.0Q_{\delta T} + 1.0Q_{\delta T}) - 1.5(0.6)Q_{vento_X+}$
15	cLCB15	Strength/Stress	Add	$1.3D + 1.5(0.7Q) + 1.5(1.0Q_{\delta T} + 1.0Q_{\delta T}) - 1.5(0.6)Q_{vento_Y+}$
16	cLCB16	Strength/Stress	Add	$1.3D + 1.5(0.7Q) + 1.5(0.6Q_{\delta T} + 0.6Q_{\delta T}) - 1.5Q_{vento_X+}$
17	cLCB17	Strength/Stress	Add	$1.3D + 1.5(0.7Q) + 1.5(0.6Q_{\delta T} + 0.6Q_{\delta T}) - 1.5Q_{vento_Y+}$
18	cLCB18	Strength/Stress	Add	$1.3D + 1.5(1.0Q) + 1.5(0.6Q_{\delta T} + 0.6Q_{\delta T}) + 1.5(0.5Q_{neve}) + 1.5(0.6)Q_{neve}$

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA			Pag.
	ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE			50 DI 185

19	cLCB19	Strength/Stress	Add	$1.3D + 1.5(1.0Q) + 1.5(0.6Q_{\Delta T} + 0.6Q_{\Delta T}) + 1.5(0.5Q_{neve}) + 1.5(0.6)Q...$
20	cLCB20	Strength/Stress	Add	$1.3D + 1.5(0.7Q) + 1.5(1.0Q_{\Delta T} + 1.0Q_{\Delta T}) + 1.5(0.5Q_{neve}) + 1.5(0.6)Q...$
21	cLCB21	Strength/Stress	Add	$1.3D + 1.5(0.7Q) + 1.5(1.0Q_{\Delta T} + 1.0Q_{\Delta T}) + 1.5(0.5Q_{neve}) + 1.5(0.6)Q...$
22	cLCB22	Strength/Stress	Add	$1.3D + 1.5(0.7Q) + 1.5(0.6Q_{\Delta T} + 0.6Q_{\Delta T}) + 1.5(0.5Q_{neve}) +$ $1.5Q_{vento_X} +$
23	cLCB23	Strength/Stress	Add	$1.3D + 1.5(0.7Q) + 1.5(0.6Q_{\Delta T} + 0.6Q_{\Delta T}) + 1.5(0.5Q_{neve}) +$ $1.5Q_{vento_Y} +$
24	cLCB24	Strength/Stress	Add	$1.3D + 1.5(1.0Q) + 1.5(0.6Q_{\Delta T} + 0.6Q_{\Delta T}) + 1.5(0.5Q_{neve}) - 1.5(0.6)Q...$
25	cLCB25	Strength/Stress	Add	$1.3D + 1.5(1.0Q) + 1.5(0.6Q_{\Delta T} + 0.6Q_{\Delta T}) + 1.5(0.5Q_{neve}) - 1.5(0.6)Q...$
26	cLCB26	Strength/Stress	Add	$1.3D + 1.5(0.7Q) + 1.5(1.0Q_{\Delta T} + 1.0Q_{\Delta T}) + 1.5(0.5Q_{neve}) - 1.5(0.6)Q...$
27	cLCB27	Strength/Stress	Add	$1.3D + 1.5(0.7Q) + 1.5(1.0Q_{\Delta T} + 1.0Q_{\Delta T}) + 1.5(0.5Q_{neve}) - 1.5(0.6)Q...$
28	cLCB28	Strength/Stress	Add	$1.3D + 1.5(0.7Q) + 1.5(0.6Q_{\Delta T} + 0.6Q_{\Delta T}) + 1.5(0.5Q_{neve}) - 1.5Q_{vento_X} +$
29	cLCB29	Strength/Stress	Add	$1.3D + 1.5(0.7Q) + 1.5(0.6Q_{\Delta T} + 0.6Q_{\Delta T}) + 1.5(0.5Q_{neve}) - 1.5Q_{vento_Y} +$
30	cLCB30	Strength/Stress	Add	$1.3D + 1.5(0.7Q) + 1.5(0.6Q_{\Delta T} + 0.6Q_{\Delta T}) + 1.5(1.0Q_{neve}) + 1.5(0.6)Q...$
31	cLCB31	Strength/Stress	Add	$1.3D + 1.5(0.7Q) + 1.5(0.6Q_{\Delta T} + 0.6Q_{\Delta T}) + 1.5(1.0Q_{neve}) + 1.5(0.6)Q...$
32	cLCB32	Strength/Stress	Add	$1.3D + 1.5(0.7Q) + 1.5(0.6Q_{\Delta T} + 0.6Q_{\Delta T}) + 1.5(1.0Q_{neve}) - 1.5(0.6)Q...$
33	cLCB33	Strength/Stress	Add	$1.3D + 1.5(0.7Q) + 1.5(0.6Q_{\Delta T} + 0.6Q_{\Delta T}) + 1.5(1.0Q_{neve}) - 1.5(0.6)Q...$
34	cLCB34	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) + 1.0(1.0(1.00)(SV Y(RS)+SV...$
35	cLCB35	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) + 1.0(1.0(1.00)(SV Y(RS)-SV...$
36	cLCB36	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) + 1.0(1.0(1.00)(SV Y(RS)+SV...$
37	cLCB37	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) + 1.0(1.0(1.00)(SV Y(RS)-SV...$
38	cLCB38	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) + 1.0(1.0(1.00)(SV X(RS)+SV...$
39	cLCB39	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) + 1.0(1.0(1.00)(SV X(RS)-SV...$
40	cLCB40	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) + 1.0(1.0(1.00)(SV X(RS)+SV...$
41	cLCB41	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) + 1.0(1.0(1.00)(SV X(RS)-SV...$
42	cLCB42	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) + 1.0(1.0(1.00)(SV Y(RS)+SV...$
43	cLCB43	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) + 1.0(1.0(1.00)(SV Y(RS)-SV...$
44	cLCB44	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) + 1.0(1.0(1.00)(SV Y(RS)+SV...$
45	cLCB45	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) + 1.0(1.0(1.00)(SV Y(RS)-SV...$
46	cLCB46	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) + 1.0(1.0(1.00)(SV X(RS)+SV...$
47	cLCB47	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) + 1.0(1.0(1.00)(SV X(RS)-SV...$
48	cLCB48	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) + 1.0(1.0(1.00)(SV X(RS)+SV...$
49	cLCB49	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) + 1.0(1.0(1.00)(SV X(RS)-SV...$
50	cLCB50	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(SV Y(RS)+SV...$
51	cLCB51	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(SV Y(RS)-SV...$
52	cLCB52	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(SV Y(RS)+SV...$
53	cLCB53	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(SV Y(RS)-SV...$
54	cLCB54	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(SV X(RS)+SV...$
55	cLCB55	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(SV X(RS)-SV...$

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 51 DI 185
---	--	-------------------------------------

56	cLCB56	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(SV X(RS)+SV...$
57	cLCB57	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(SV X(RS)-SV...$
58	cLCB58	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(SV Y(RS)+SV...$
59	cLCB59	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(SV Y(RS)-SV...$
60	cLCB60	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(SV Y(RS)+SV...$
61	cLCB61	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(SV Y(RS)-SV...$
62	cLCB62	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(SV X(RS)+SV...$
63	cLCB63	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(SV X(RS)-SV...$
64	cLCB64	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(SV X(RS)+SV...$
65	cLCB65	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(SV X(RS)-SV...$
66	cLCB66	Strength(Elastic)	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) + 1.0(1.0(1.00)(NSV Y(RS)+N...$
67	cLCB67	Strength(Elastic)	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) + 1.0(1.0(1.00)(NSV Y(RS)-N...$
68	cLCB68	Strength(Elastic)	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) + 1.0(1.0(1.00)(NSV Y(RS)+N...$
69	cLCB69	Strength(Elastic)	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) + 1.0(1.0(1.00)(NSV Y(RS)-N...$
70	cLCB70	Strength(Elastic)	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) + 1.0(1.0(1.00)(NSV X(RS)+N...$
71	cLCB71	Strength(Elastic)	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) + 1.0(1.0(1.00)(NSV X(RS)-N...$
72	cLCB72	Strength(Elastic)	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) + 1.0(1.0(1.00)(NSV X(RS)+N...$
73	cLCB73	Strength(Elastic)	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) + 1.0(1.0(1.00)(NSV X(RS)-N...$
74	cLCB74	Strength(Elastic)	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) + 1.0(1.0(1.00)(NSV Y(RS)+N...$
75	cLCB75	Strength(Elastic)	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) + 1.0(1.0(1.00)(NSV Y(RS)-N...$
76	cLCB76	Strength(Elastic)	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) + 1.0(1.0(1.00)(NSV Y(RS)+N...$
77	cLCB77	Strength(Elastic)	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) + 1.0(1.0(1.00)(NSV Y(RS)-N...$
78	cLCB78	Strength(Elastic)	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) + 1.0(1.0(1.00)(NSV X(RS)+N...$
79	cLCB79	Strength(Elastic)	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) + 1.0(1.0(1.00)(NSV X(RS)-N...$
80	cLCB80	Strength(Elastic)	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) + 1.0(1.0(1.00)(NSV X(RS)+N...$
81	cLCB81	Strength(Elastic)	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) + 1.0(1.0(1.00)(NSV X(RS)-N...$
82	cLCB82	Strength(Elastic)	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(NSV Y(RS)+N...$
83	cLCB83	Strength(Elastic)	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(NSV Y(RS)-N...$
84	cLCB84	Strength(Elastic)	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(NSV Y(RS)+N...$
85	cLCB85	Strength(Elastic)	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(NSV Y(RS)-N...$
86	cLCB86	Strength(Elastic)	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(NSV X(RS)+N...$
87	cLCB87	Strength(Elastic)	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(NSV X(RS)-N...$
88	cLCB88	Strength(Elastic)	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(NSV X(RS)+N...$
89	cLCB89	Strength(Elastic)	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(NSV X(RS)-N...$
90	cLCB90	Strength(Elastic)	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(NSV Y(RS)+N...$
91	cLCB91	Strength(Elastic)	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(NSV Y(RS)-N...$
92	cLCB92	Strength(Elastic)	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(NSV Y(RS)+N...$
93	cLCB93	Strength(Elastic)	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(NSV Y(RS)-N...$

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 52 DI 185
---	--	-------------------------------------

94	cLCB94	Strength(Elastic)	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(NSV \times (RS) + N...$
95	cLCB95	Strength(Elastic)	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(NSV \times (RS) - N...$
96	cLCB96	Strength(Elastic)	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(NSV \times (RS) + N...$
97	cLCB97	Strength(Elastic)	Add	$1.0D + 1.0(0.6Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(NSV \times (RS) - N...$
98	cLCB130	Serviceability	Add	$SERV : 1.0D + (1.0Q) + (0.6Q_{\Delta T} + 0.6Q_{\Delta T})$
99	cLCB131	Serviceability	Add	$SERV : 1.0D + (0.7Q) + (1.0Q_{\Delta T} + 1.0Q_{\Delta T})$
100	cLCB132	Serviceability	Add	$SERV : 1.0D + (1.0Q) + (0.6Q_{\Delta T} + 0.6Q_{\Delta T}) + (0.5Q_{neve})$
101	cLCB133	Serviceability	Add	$SERV : 1.0D + (0.7Q) + (1.0Q_{\Delta T} + 1.0Q_{\Delta T}) + (0.5Q_{neve})$
102	cLCB134	Serviceability	Add	$SERV : 1.0D + (0.7Q) + (0.6Q_{\Delta T} + 0.6Q_{\Delta T}) + (1.0Q_{neve})$
103	cLCB135	Serviceability	Add	$SERV : 1.0D + (1.0Q) + (0.6Q_{\Delta T} + 0.6Q_{\Delta T}) + (0.6)Q_{vento_X+}$
104	cLCB136	Serviceability	Add	$SERV : 1.0D + (1.0Q) + (0.6Q_{\Delta T} + 0.6Q_{\Delta T}) + (0.6)Q_{vento_Y+}$
105	cLCB137	Serviceability	Add	$SERV : 1.0D + (0.7Q) + (1.0Q_{\Delta T} + 1.0Q_{\Delta T}) + (0.6)Q_{vento_X+}$
106	cLCB138	Serviceability	Add	$SERV : 1.0D + (0.7Q) + (1.0Q_{\Delta T} + 1.0Q_{\Delta T}) + (0.6)Q_{vento_Y+}$
107	cLCB139	Serviceability	Add	$SERV : 1.0D + (1.0Q) + (0.6Q_{\Delta T} + 0.6Q_{\Delta T}) - (0.6)Q_{vento_X+}$
108	cLCB140	Serviceability	Add	$SERV : 1.0D + (1.0Q) + (0.6Q_{\Delta T} + 0.6Q_{\Delta T}) - (0.6)Q_{vento_Y+}$
109	cLCB141	Serviceability	Add	$SERV : 1.0D + (0.7Q) + (1.0Q_{\Delta T} + 1.0Q_{\Delta T}) - (0.6)Q_{vento_X+}$
110	cLCB142	Serviceability	Add	$SERV : 1.0D + (0.7Q) + (1.0Q_{\Delta T} + 1.0Q_{\Delta T}) - (0.6)Q_{vento_Y+}$
111	cLCB143	Serviceability	Add	$SERV : 1.0D + (0.7Q) + (0.6Q_{\Delta T} + 0.6Q_{\Delta T}) + 1.0Q_{vento_X+}$
112	cLCB144	Serviceability	Add	$SERV : 1.0D + (0.7Q) + (0.6Q_{\Delta T} + 0.6Q_{\Delta T}) + 1.0Q_{vento_Y+}$
113	cLCB145	Serviceability	Add	$SERV : 1.0D + (0.7Q) + (0.6Q_{\Delta T} + 0.6Q_{\Delta T}) - 1.0Q_{vento_X+}$
114	cLCB146	Serviceability	Add	$SERV : 1.0D + (0.7Q) + (0.6Q_{\Delta T} + 0.6Q_{\Delta T}) - 1.0Q_{vento_Y+}$
115	cLCB147	Serviceability	Add	$SERV : 1.0D + (1.0Q) + (0.6Q_{\Delta T} + 0.6Q_{\Delta T}) + (0.5Q_{neve}) + (0.6)Q_{vento_X+}$
116	cLCB148	Serviceability	Add	$SERV : 1.0D + (1.0Q) + (0.6Q_{\Delta T} + 0.6Q_{\Delta T}) + (0.5Q_{neve}) + (0.6)Q_{vento_Y+}$
117	cLCB149	Serviceability	Add	$SERV : 1.0D + (0.7Q) + (1.0Q_{\Delta T} + 1.0Q_{\Delta T}) + (0.5Q_{neve}) + (0.6)Q_{vento_X+}$
118	cLCB150	Serviceability	Add	$SERV : 1.0D + (0.7Q) + (1.0Q_{\Delta T} + 1.0Q_{\Delta T}) + (0.5Q_{neve}) + (0.6)Q_{vento_Y+}$
119	cLCB151	Serviceability	Add	$SERV : 1.0D + (1.0Q) + (0.6Q_{\Delta T} + 0.6Q_{\Delta T}) + (0.5Q_{neve}) - (0.6)Q_{vento_X+}$
120	cLCB152	Serviceability	Add	$SERV : 1.0D + (1.0Q) + (0.6Q_{\Delta T} + 0.6Q_{\Delta T}) + (0.5Q_{neve}) - (0.6)Q_{vento_Y+}$
121	cLCB153	Serviceability	Add	$SERV : 1.0D + (0.7Q) + (1.0Q_{\Delta T} + 1.0Q_{\Delta T}) + (0.5Q_{neve}) - (0.6)Q_{vento_X+}$
122	cLCB154	Serviceability	Add	$SERV : 1.0D + (0.7Q) + (1.0Q_{\Delta T} + 1.0Q_{\Delta T}) + (0.5Q_{neve}) - (0.6)Q_{vento_Y+}$
123	cLCB155	Serviceability	Add	$SERV : 1.0D + (0.7Q) + (0.6Q_{\Delta T} + 0.6Q_{\Delta T}) + (0.5Q_{neve}) + 1.0Q_{vento_X+}$
124	cLCB156	Serviceability	Add	$SERV : 1.0D + (0.7Q) + (0.6Q_{\Delta T} + 0.6Q_{\Delta T}) + (0.5Q_{neve}) + 1.0Q_{vento_Y+}$
125	cLCB157	Serviceability	Add	$SERV : 1.0D + (0.7Q) + (0.6Q_{\Delta T} + 0.6Q_{\Delta T}) + (0.5Q_{neve}) - 1.0Q_{vento_X+}$
126	cLCB158	Serviceability	Add	$SERV : 1.0D + (0.7Q) + (0.6Q_{\Delta T} + 0.6Q_{\Delta T}) + (0.5Q_{neve}) - 1.0Q_{vento_Y+}$
127	cLCB159	Serviceability	Add	$SERV : 1.0D + (0.7Q) + (0.6Q_{\Delta T} + 0.6Q_{\Delta T}) + (1.0Q_{neve}) + (0.6)Q_{vento_X+}$
128	cLCB160	Serviceability	Add	$SERV : 1.0D + (0.7Q) + (0.6Q_{\Delta T} + 0.6Q_{\Delta T}) + (1.0Q_{neve}) + (0.6)Q_{vento_Y+}$
129	cLCB161	Serviceability	Add	$SERV : 1.0D + (0.7Q) + (0.6Q_{\Delta T} + 0.6Q_{\Delta T}) + (1.0Q_{neve}) - (0.6)Q_{vento_X+}$
130	cLCB162	Serviceability	Add	$SERV : 1.0D + (0.7Q) + (0.6Q_{\Delta T} + 0.6Q_{\Delta T}) + (1.0Q_{neve}) - (0.6)Q_{vento_Y+}$
131	cLCB163	Serviceability	Add	$SERV : 1.0D + (0.7Q) + (0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T})$

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 53 DI 185
---	--	-------------------------------------

132	cLCB164	Serviceability	Add	SERV :1.0D + (0.6Q) + (0.5QdeltaT+ + 0.5QdeltaT)
133	cLCB165	Serviceability	Add	SERV :1.0D + (0.6Q) + (0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) + (0.2Qneve)
134	cLCB166	Serviceability	Add	SERV :1.0D + (0.6Q) + (0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) + (0.2)Qvento_X+
135	cLCB167	Serviceability	Add	SERV :1.0D + (0.6Q) + (0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) + (0.2)Qvento_Y+
136	cLCB168	Serviceability	Add	SERV :1.0D + (0.6Q) + (0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) - (0.2)Qvento_X+
137	cLCB169	Serviceability	Add	SERV :1.0D + (0.6Q) + (0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) - (0.2)Qvento_Y+
138	cLCB170	Serviceability	Add	SERV :1.0D + (0.6Q) + (0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) + (0.2Qneve) + (0.2)Qvento_X+
139	cLCB171	Serviceability	Add	SERV :1.0D + (0.6Q) + (0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) + (0.2Qneve) + (0.2)Qvento_Y+
140	cLCB172	Serviceability	Add	SERV :1.0D + (0.6Q) + (0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) + (0.2Qneve) - (0.2)Qvento_X+
141	cLCB173	Serviceability	Add	SERV :1.0D + (0.6Q) + (0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) + (0.2Qneve) - (0.2)Qvento_Y+
142	cLCB174	Serviceability	Add	SERV :1.0D + (0.6Q) + (0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT)
143	gLCB208	Strength/Stress	Add	1.0D + 1.0(0.3Q) + 1.0(0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(SO Y(RS)+SO...
144	gLCB209	Strength/Stress	Add	1.0D + 1.0(0.3Q) + 1.0(0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(SO Y(RS)-SO...
145	gLCB210	Strength/Stress	Add	1.0D + 1.0(0.3Q) + 1.0(0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(SO Y(RS)+SO...
146	gLCB211	Strength/Stress	Add	1.0D + 1.0(0.3Q) + 1.0(0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(SO Y(RS)-SO...
147	gLCB212	Strength/Stress	Add	1.0D + 1.0(0.3Q) + 1.0(0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(SO X(RS)+SO...
148	gLCB213	Strength/Stress	Add	1.0D + 1.0(0.3Q) + 1.0(0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(SO X(RS)-SO...
149	gLCB214	Strength/Stress	Add	1.0D + 1.0(0.3Q) + 1.0(0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(SO X(RS)+SO...
150	gLCB215	Strength/Stress	Add	1.0D + 1.0(0.3Q) + 1.0(0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(SO X(RS)-SO...
151	gLCB216	Strength/Stress	Add	1.0D + 1.0(0.3Q) + 1.0(0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(SO Y(RS)+SO...
152	gLCB217	Strength/Stress	Add	1.0D + 1.0(0.3Q) + 1.0(0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(SO Y(RS)-SO...
153	gLCB218	Strength/Stress	Add	1.0D + 1.0(0.3Q) + 1.0(0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(SO Y(RS)+SO...
154	gLCB219	Strength/Stress	Add	1.0D + 1.0(0.3Q) + 1.0(0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(SO Y(RS)-SO...
155	gLCB220	Strength/Stress	Add	1.0D + 1.0(0.3Q) + 1.0(0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(SO X(RS)+SO...
156	gLCB221	Strength/Stress	Add	1.0D + 1.0(0.3Q) + 1.0(0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(SO X(RS)-SO...
157	gLCB222	Strength/Stress	Add	1.0D + 1.0(0.3Q) + 1.0(0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(SO X(RS)+SO...
158	gLCB223	Strength/Stress	Add	1.0D + 1.0(0.3Q) + 1.0(0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) + 1.0(1.0(1.00)(SO X(RS)-SO...
159	gLCB224	Strength/Stress	Add	1.0D + 1.0(0.3Q) + 1.0(0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(SO Y(RS)+SO...
160	gLCB225	Strength/Stress	Add	1.0D + 1.0(0.3Q) + 1.0(0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(SO Y(RS)-SO...
161	gLCB226	Strength/Stress	Add	1.0D + 1.0(0.3Q) + 1.0(0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(SO Y(RS)+SO...
162	gLCB227	Strength/Stress	Add	1.0D + 1.0(0.3Q) + 1.0(0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(SO Y(RS)-SO...
163	gLCB228	Strength/Stress	Add	1.0D + 1.0(0.3Q) + 1.0(0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(SO X(RS)+SO...
164	gLCB229	Strength/Stress	Add	1.0D + 1.0(0.3Q) + 1.0(0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(SO X(RS)-SO...
165	gLCB230	Strength/Stress	Add	1.0D + 1.0(0.3Q) + 1.0(0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(SO X(RS)+SO...
166	gLCB231	Strength/Stress	Add	1.0D + 1.0(0.3Q) + 1.0(0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(SO X(RS)-SO...
167	gLCB232	Strength/Stress	Add	1.0D + 1.0(0.3Q) + 1.0(0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(SO Y(RS)+SO...
168	gLCB233	Strength/Stress	Add	1.0D + 1.0(0.3Q) + 1.0(0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(SO Y(RS)-SO...
169	gLCB234	Strength/Stress	Add	1.0D + 1.0(0.3Q) + 1.0(0.0QdeltaT+ + 0.0QdeltaT) - 1.0(1.0(1.00)(SO Y(RS)+SO...

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 54 DI 185
---	--	-------------------------------------

170	gLCB235	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.3Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(SO\ Y(RS)-SO...$
171	gLCB236	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.3Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(SO\ X(RS)+SO...$
172	gLCB237	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.3Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(SO\ X(RS)-SO...$
173	gLCB238	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.3Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(SO\ X(RS)+SO...$
174	gLCB239	Strength/Stress	Add	$1.0D + 1.0(0.3Q) + 1.0(0.0Q_{\Delta T} + 0.0Q_{\Delta T}) - 1.0(1.0(1.00)(SO\ X(RS)-SO...$
175	SLO_Env	Strength/Stress	Envelope	

8.5 Involuppo delle sollecitazioni

Di seguito si riportano, per il modello di calcolo, la rappresentazione grafica delle principali caratteristiche di sollecitazione a mezzo di diagrammi di involucro associati alle famiglie di combinazioni dei carichi.

8.5.1 SLU

8.5.1.1 Beam

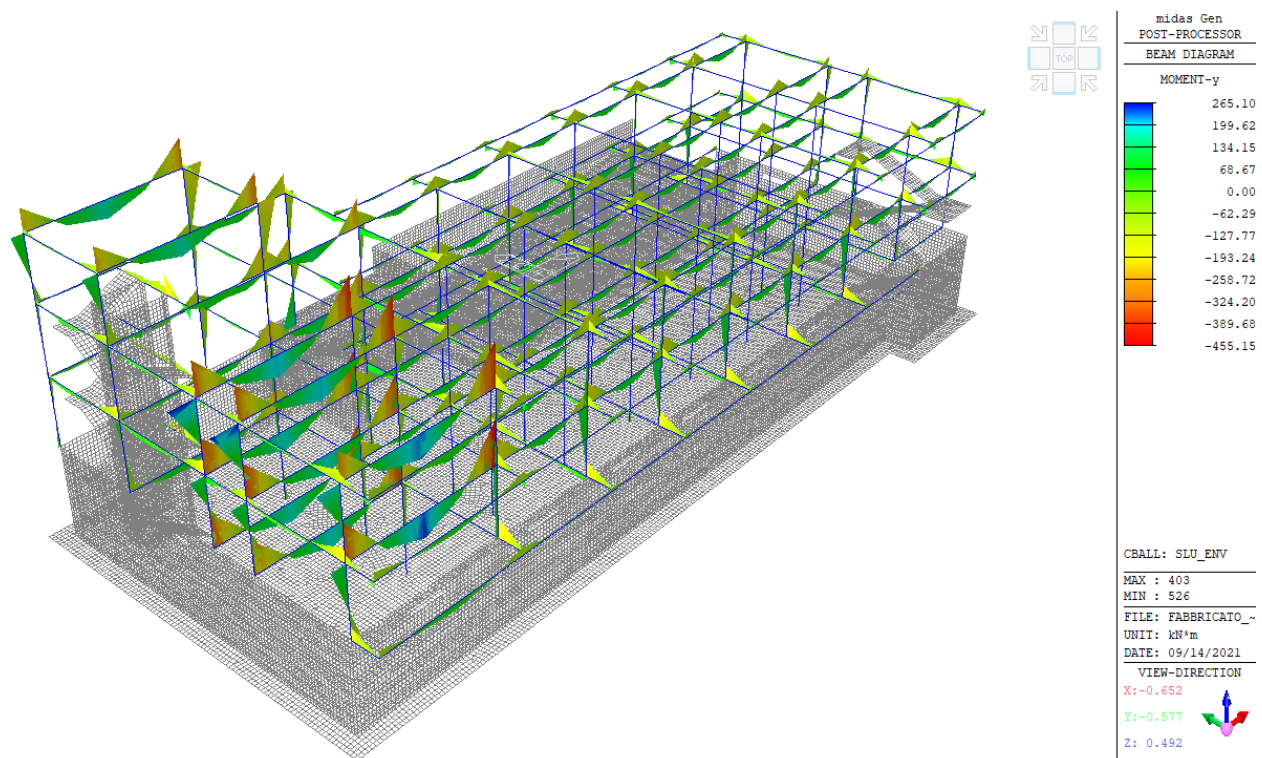


Figura 42 – Momento My - Involuppo SLU

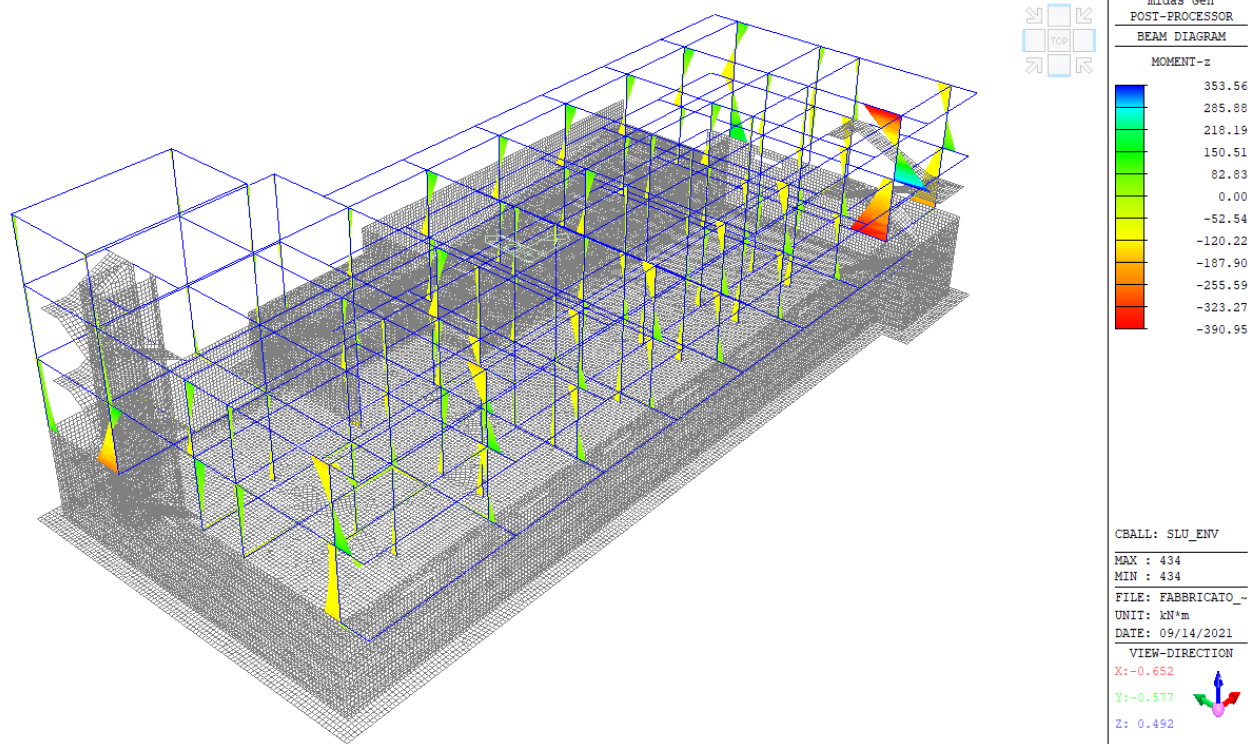


Figura 43 – Momento Mz - Involuppo SLU

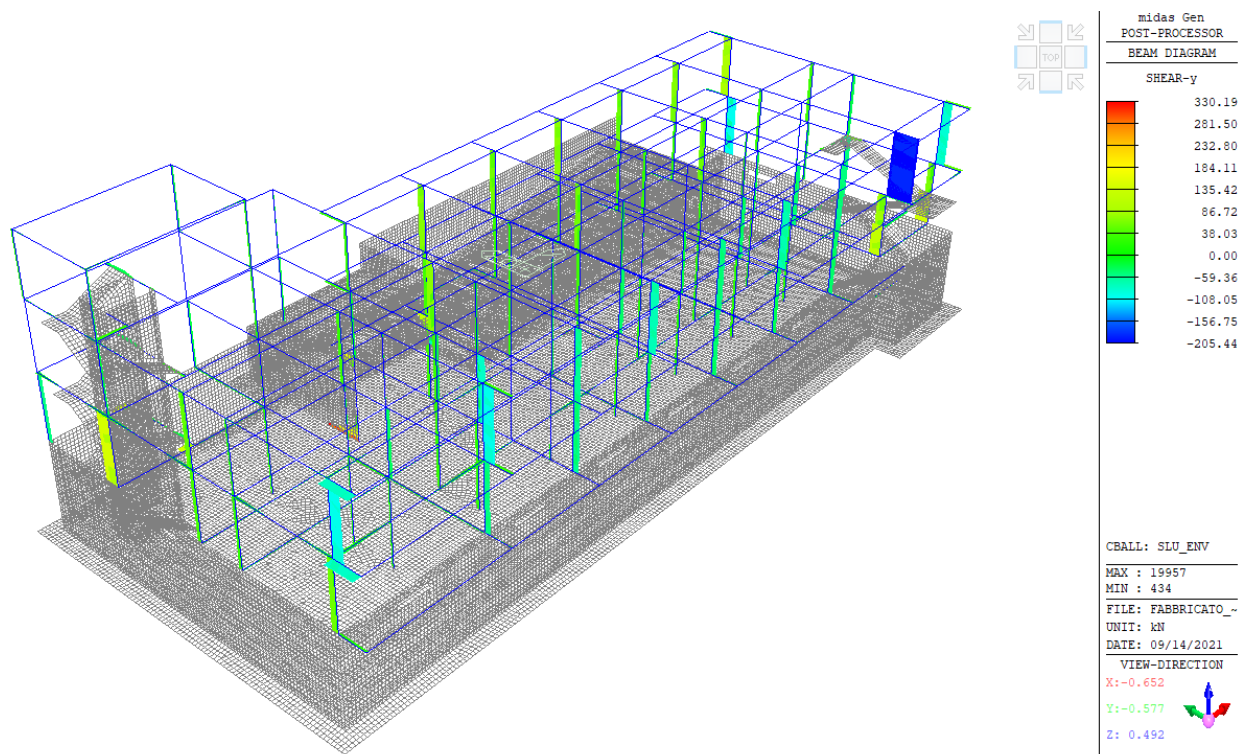


Figura 44 – Taglio Fy - Involuppo SLU

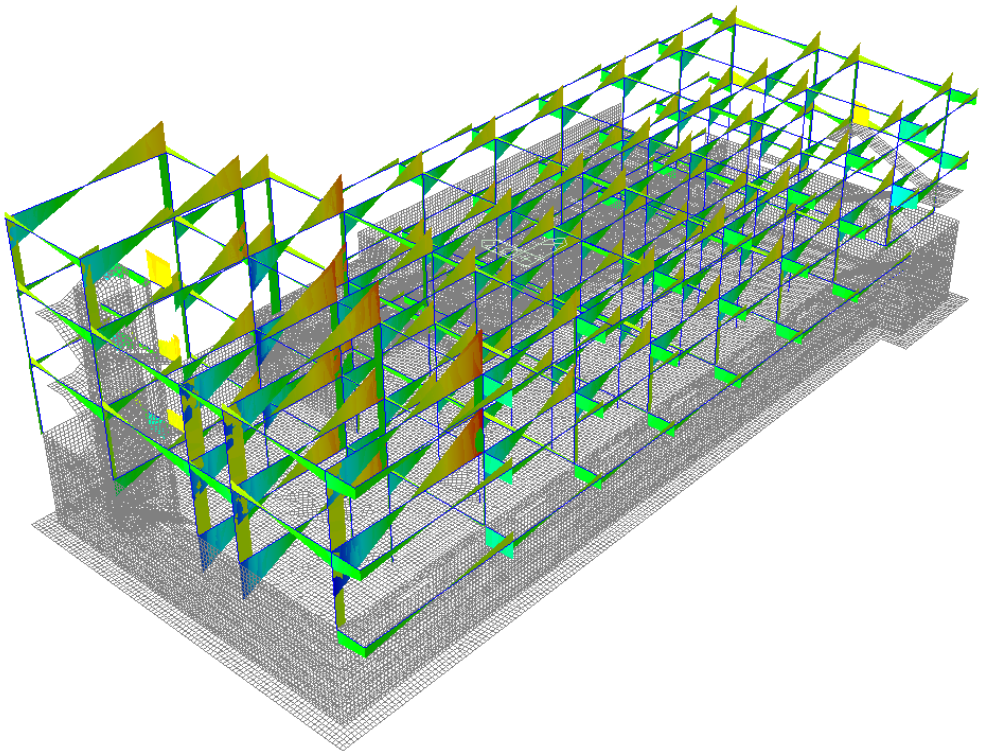


Figura 45 – Taglio Fz - Involuppo SLU

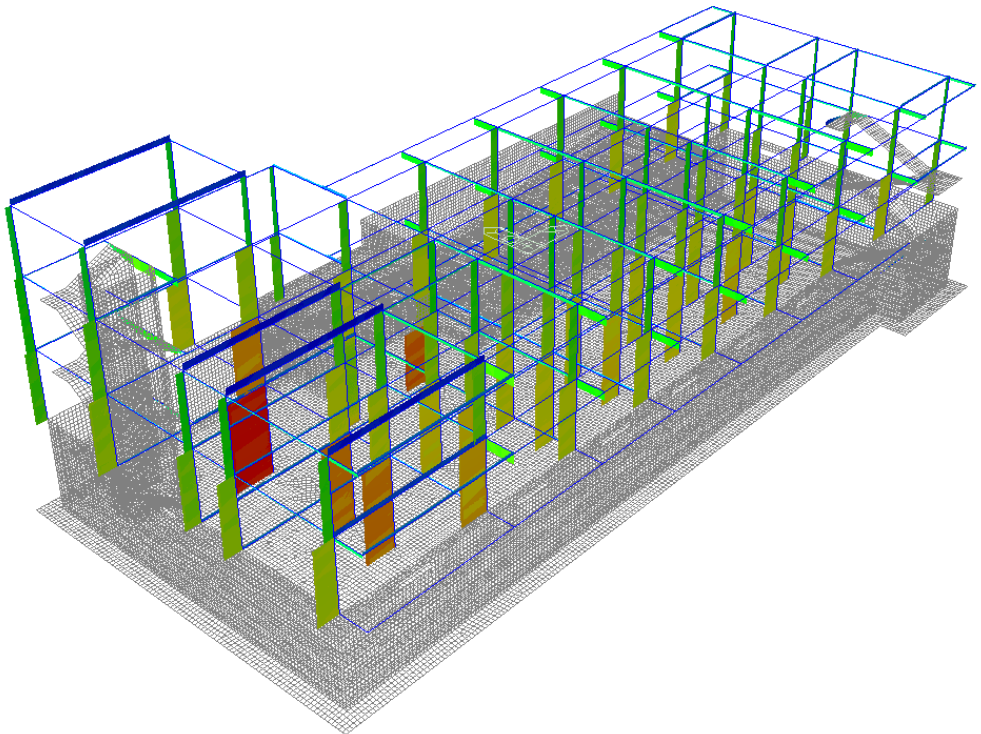


Figura 46 – Sforzo Normale Fx - Involuppo SLU

8.5.1.2 Plate

8.5.1.2.1 Pareti longitudinali

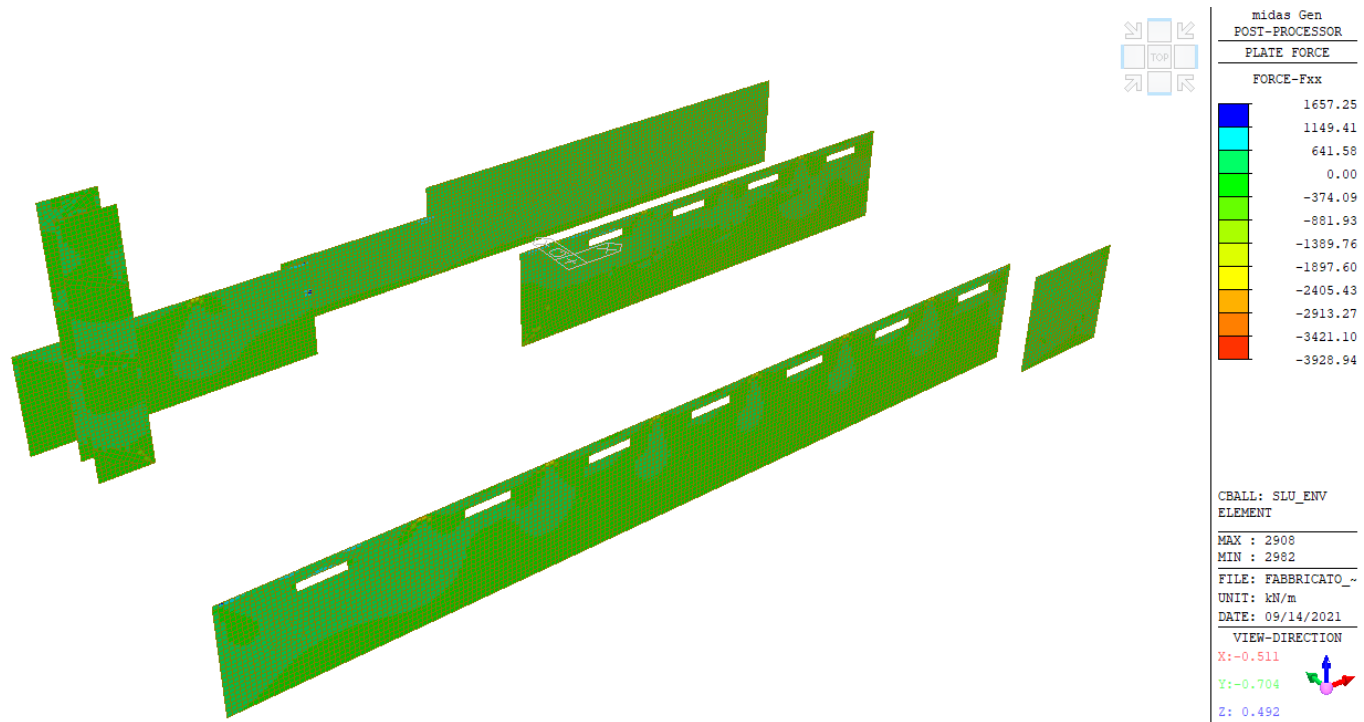


Figura 47 – Forza Fxx - Involuppo SLU

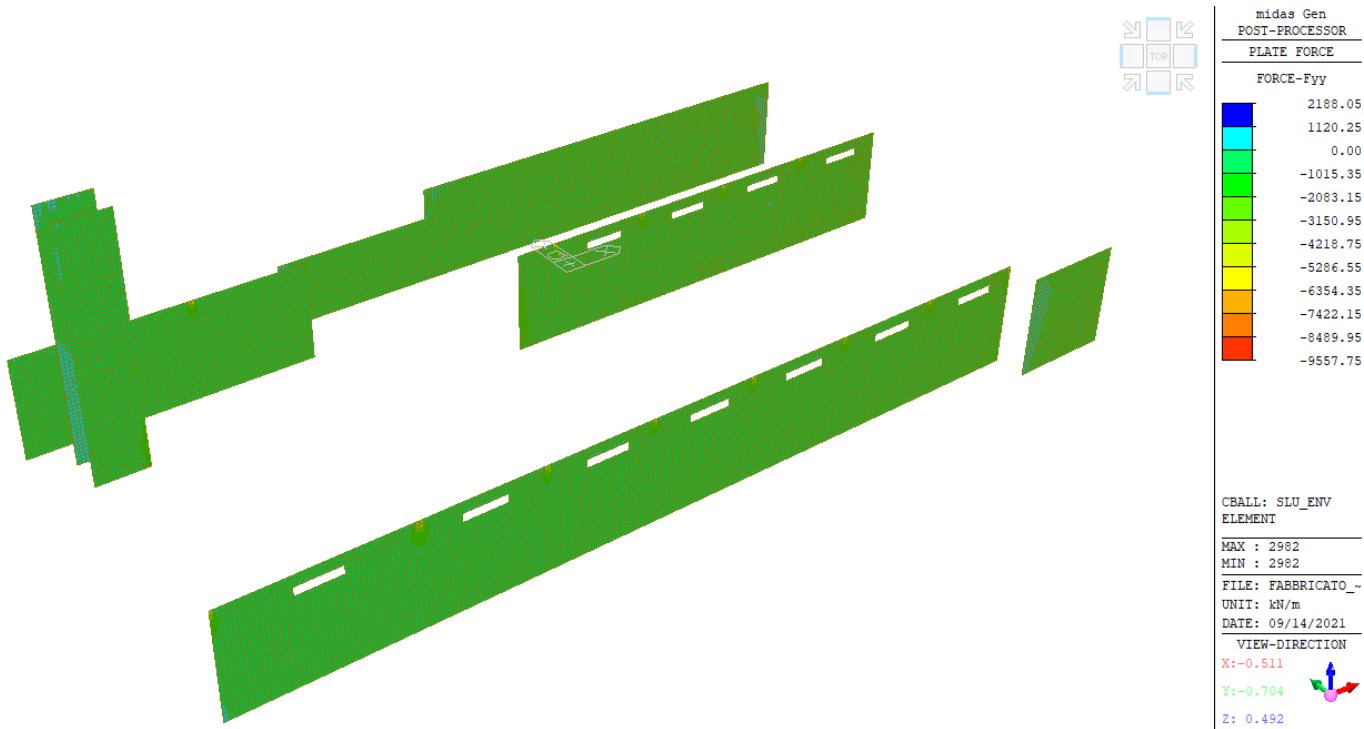


Figura 48 – Forza Fyy - Involuppo SLU

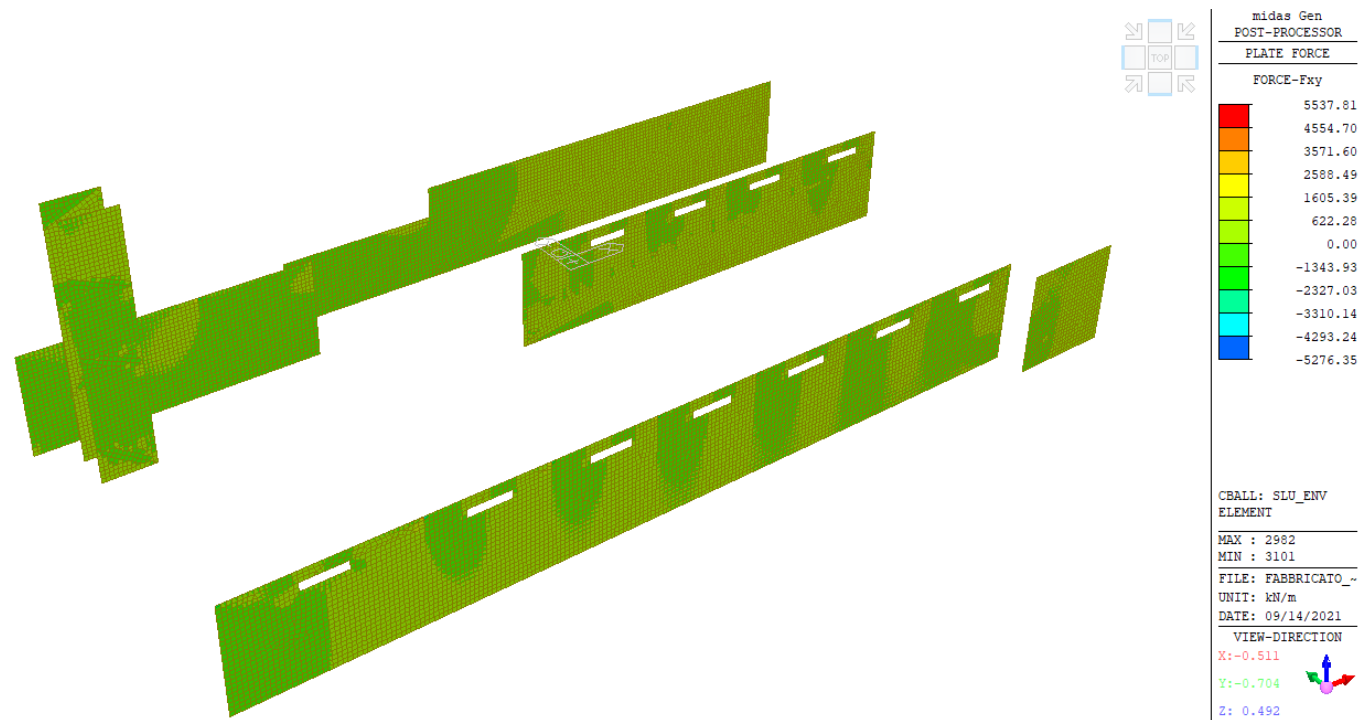


Figura 49 – Forza Fxy - Involuppo SLU

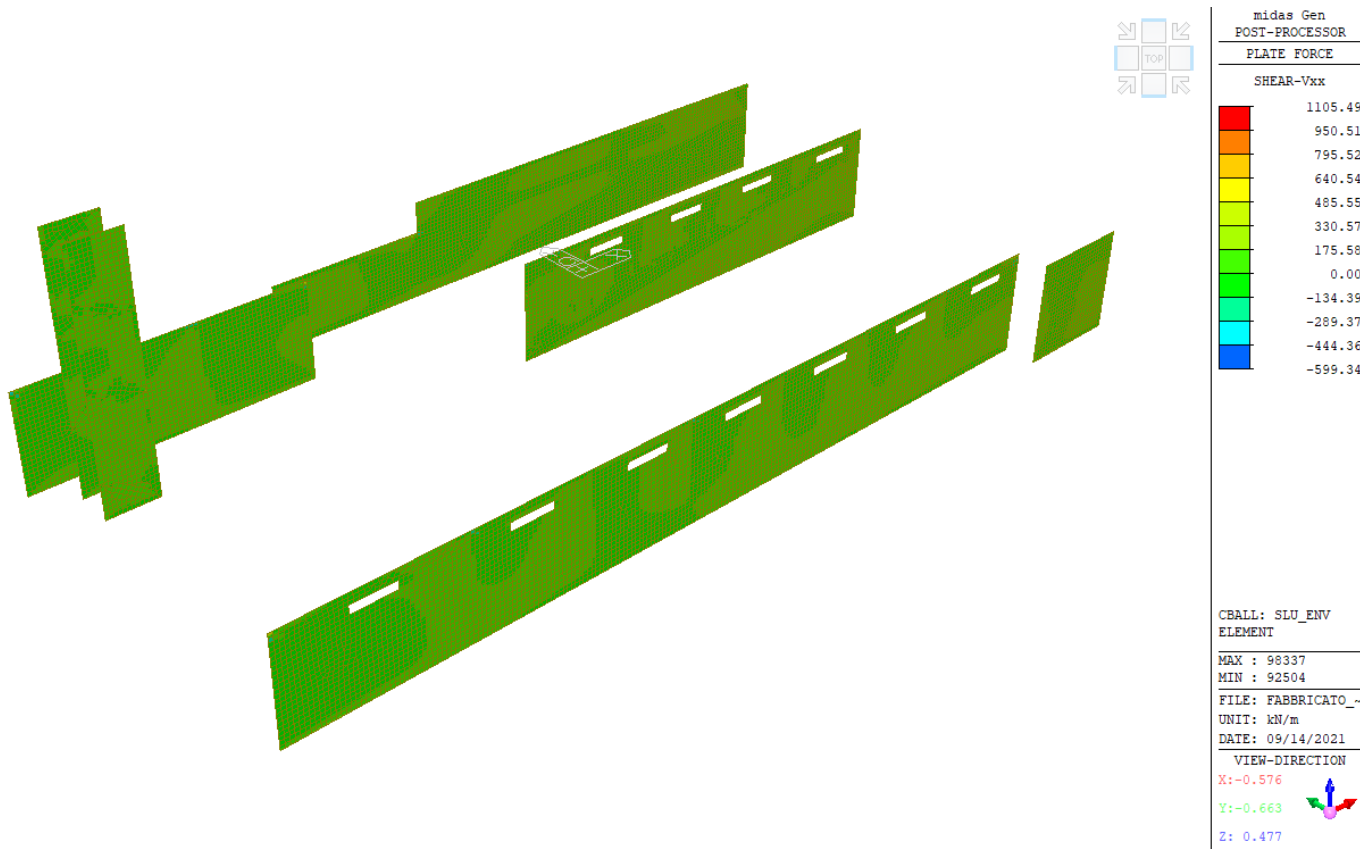


Figura 50 – Taglio Vxx - Involuppo SLU

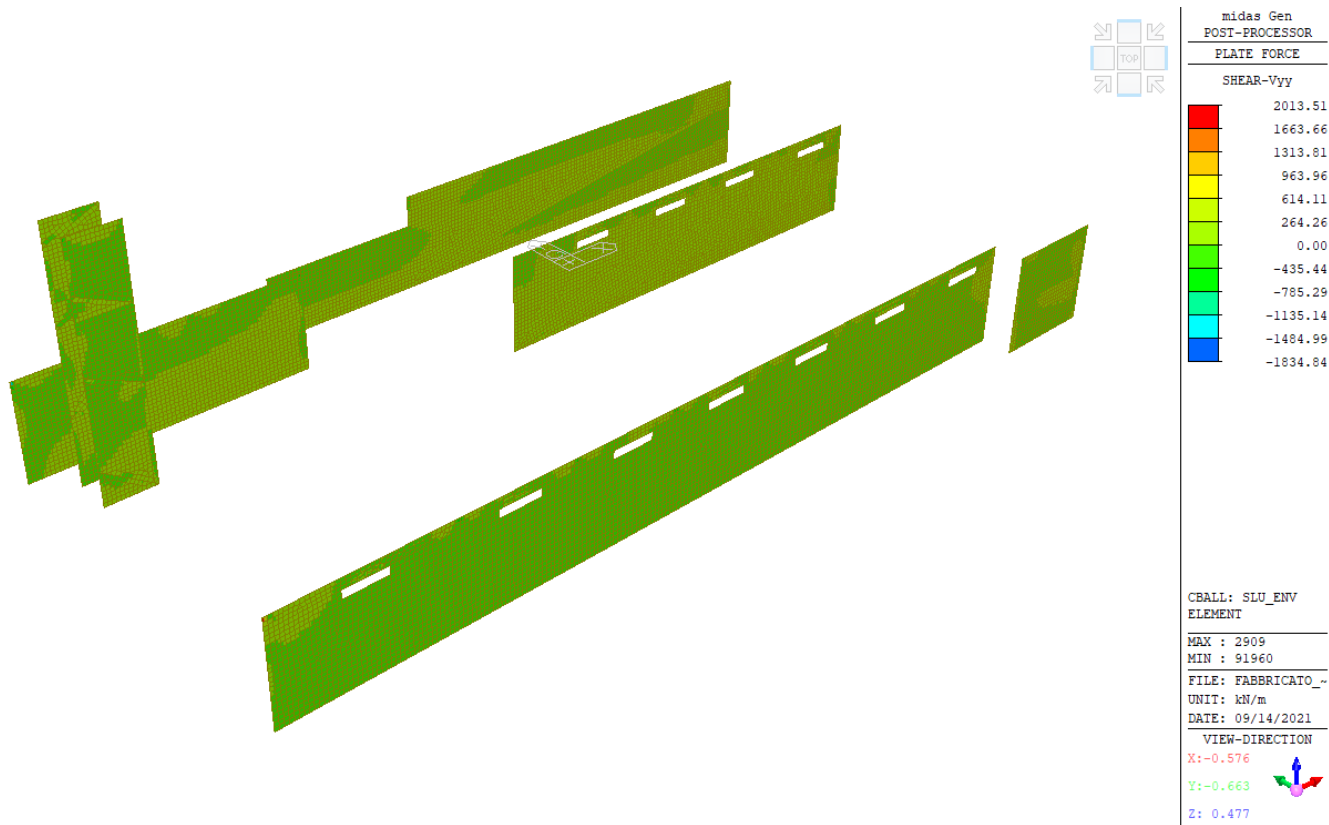


Figura 51 – Taglio Vyy - Involuppo SLU

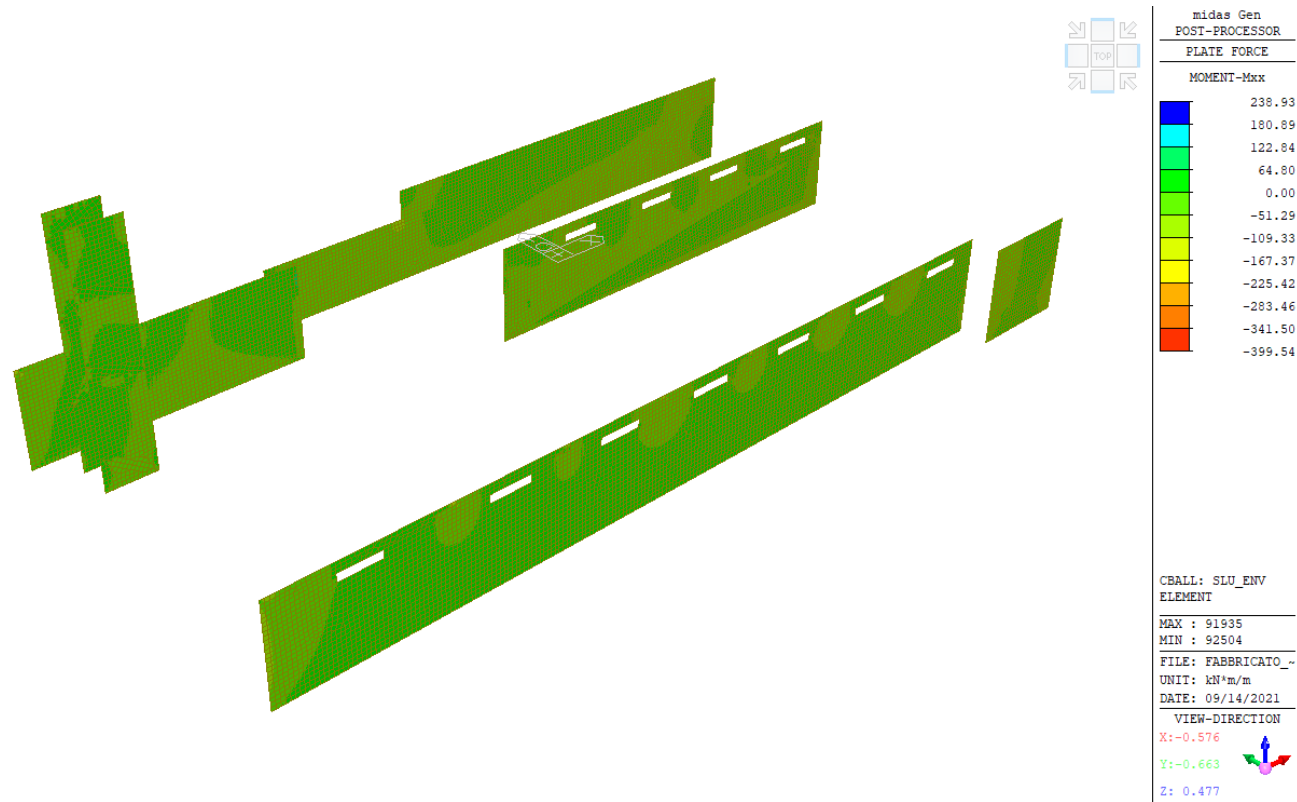


Figura 52 – Momento Mxx - Involuppo SLU

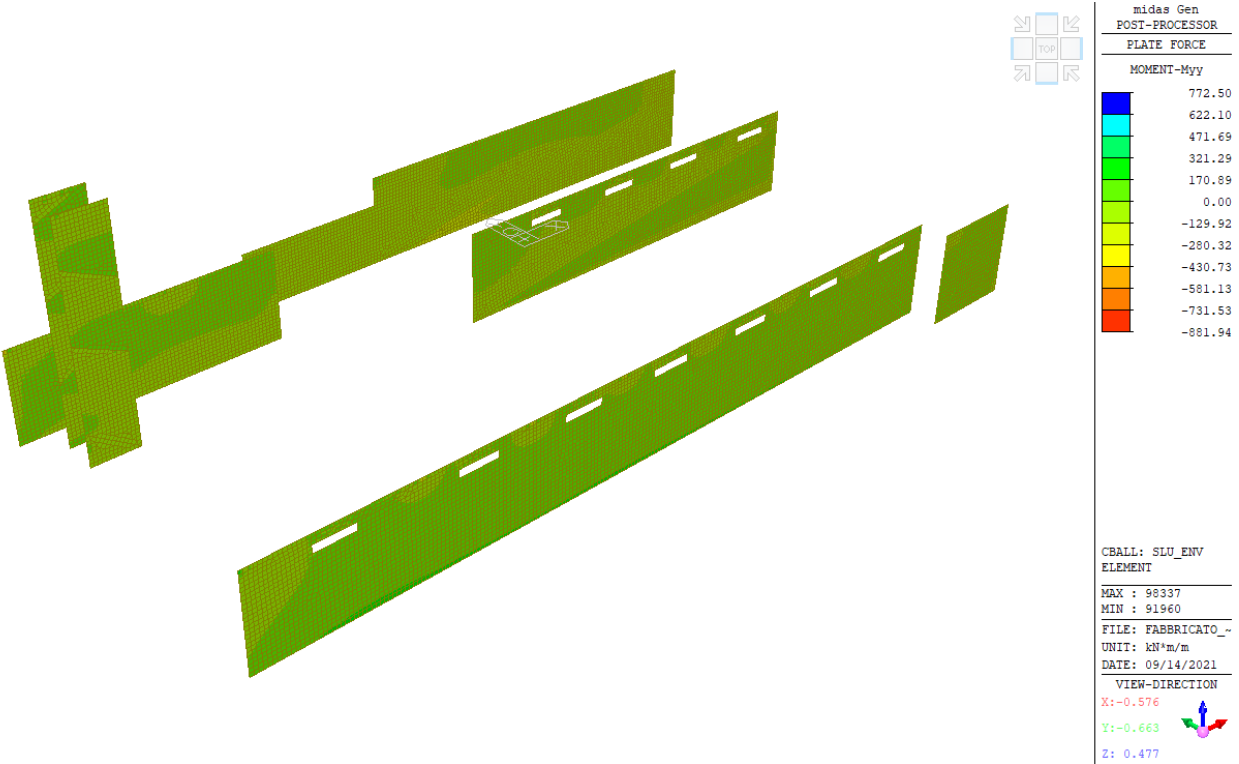


Figura 53 – Momento Myy - Inviluppo SLU

8.5.1.2.2 Pareti trasversali

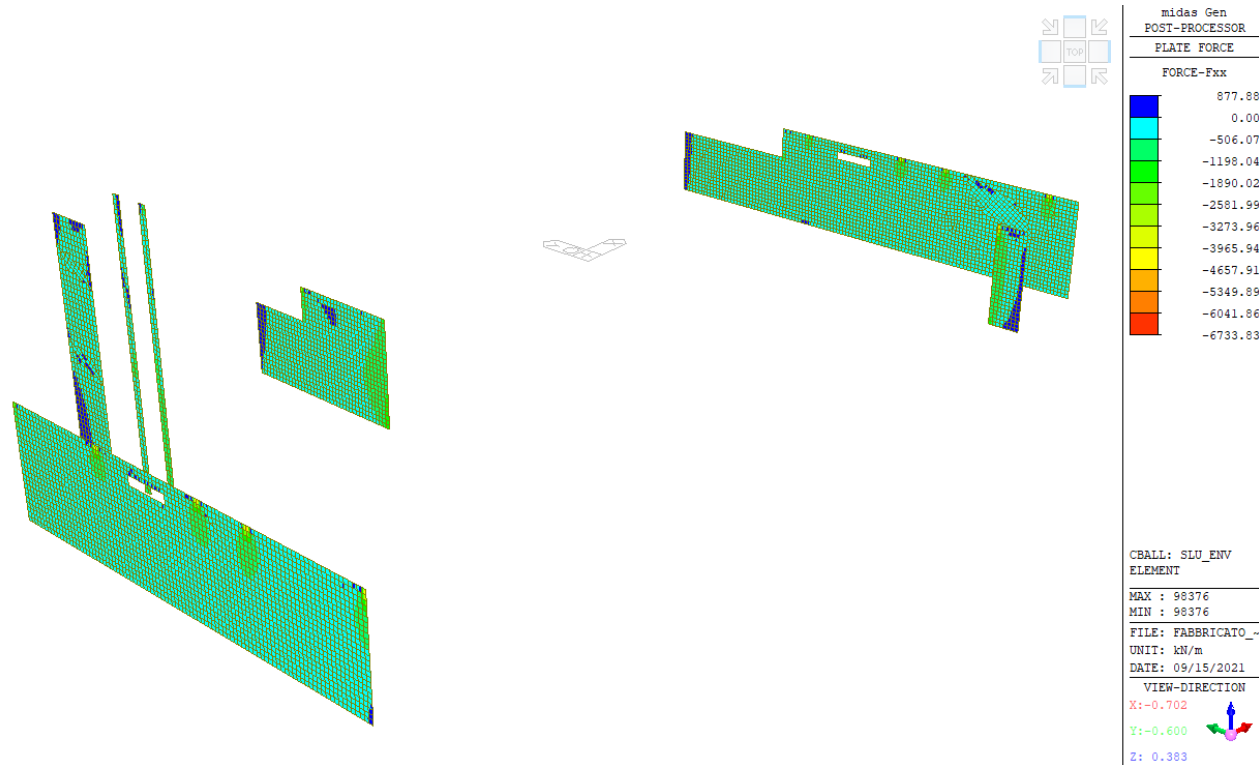


Figura 54 – Forza Fxx - Inviluppo SLU

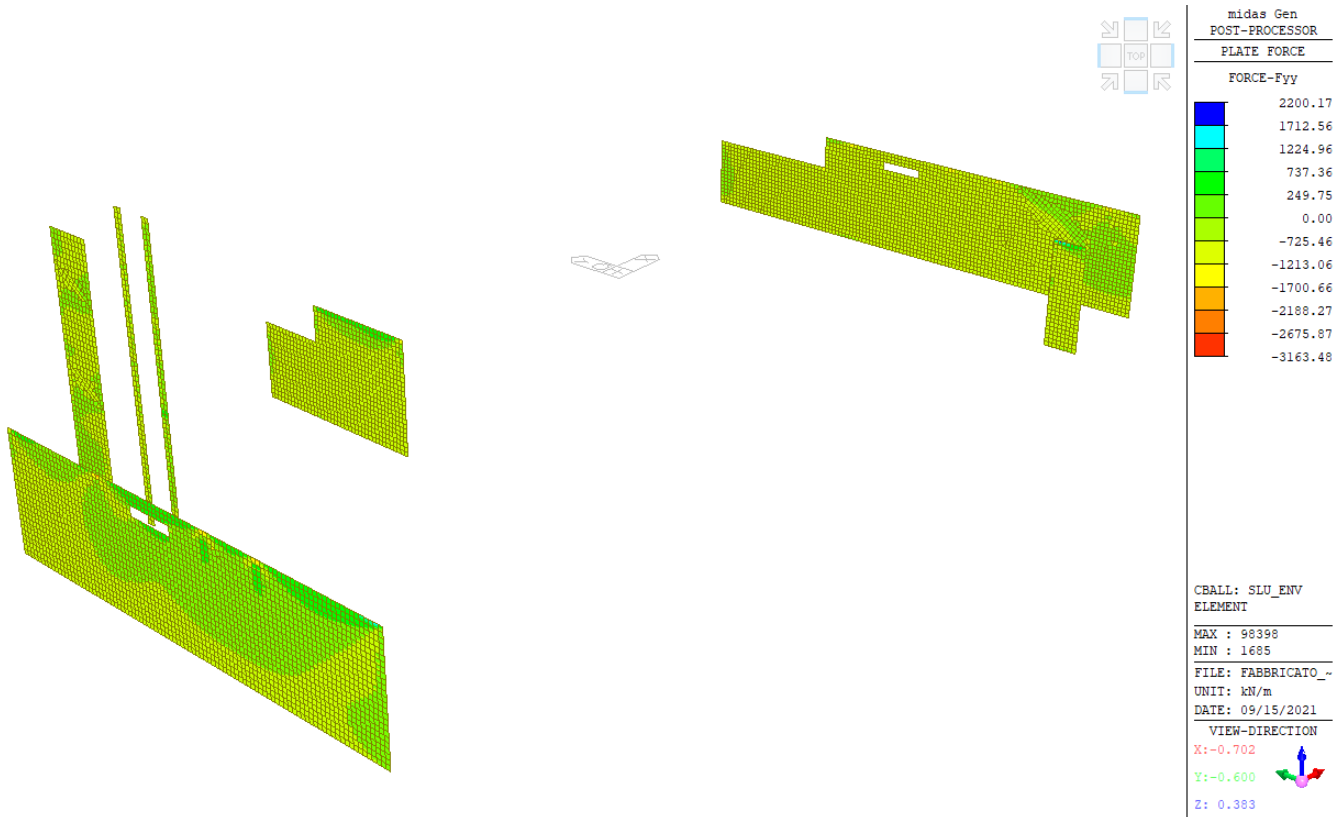


Figura 55 – Forza Fyy - Involuppo SLU

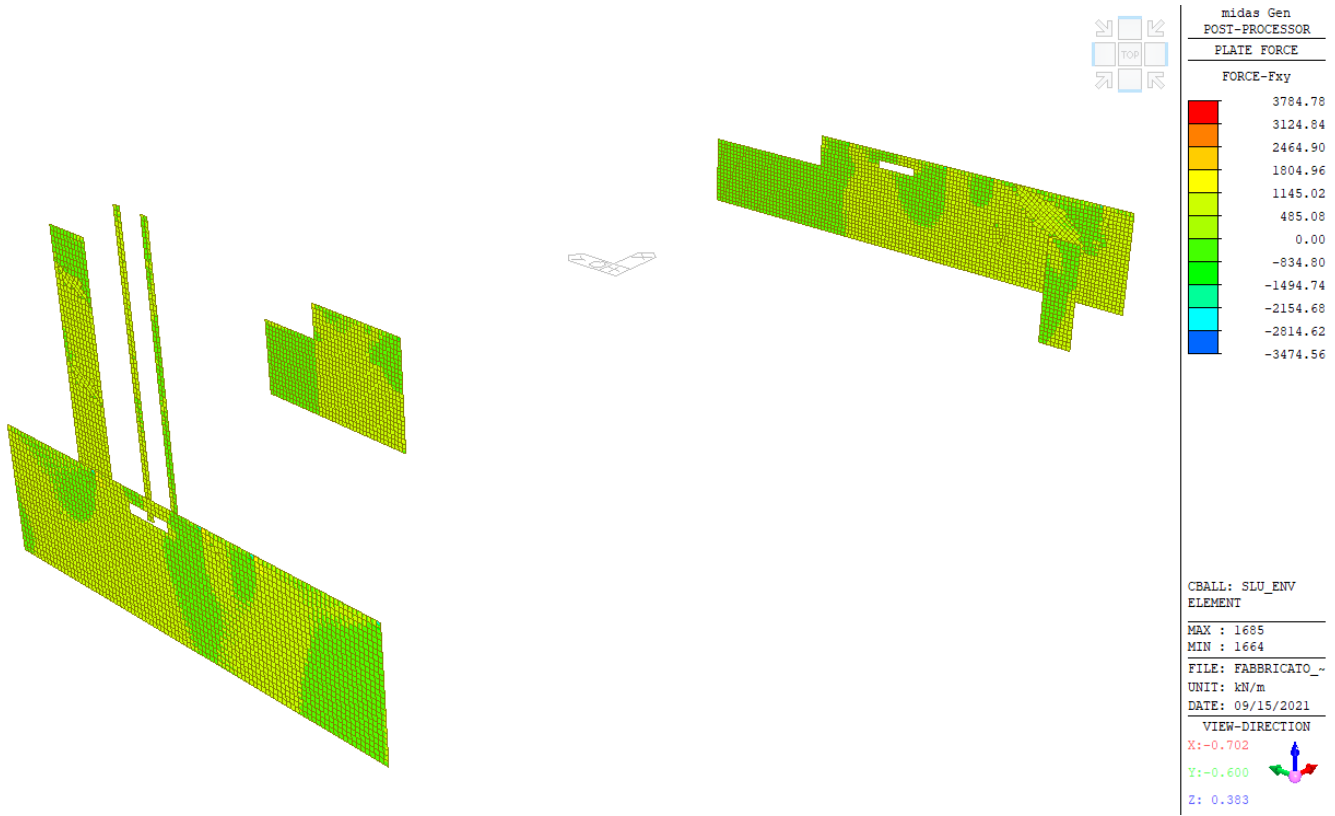


Figura 56 – Forza Fxy - Involuppo SLU

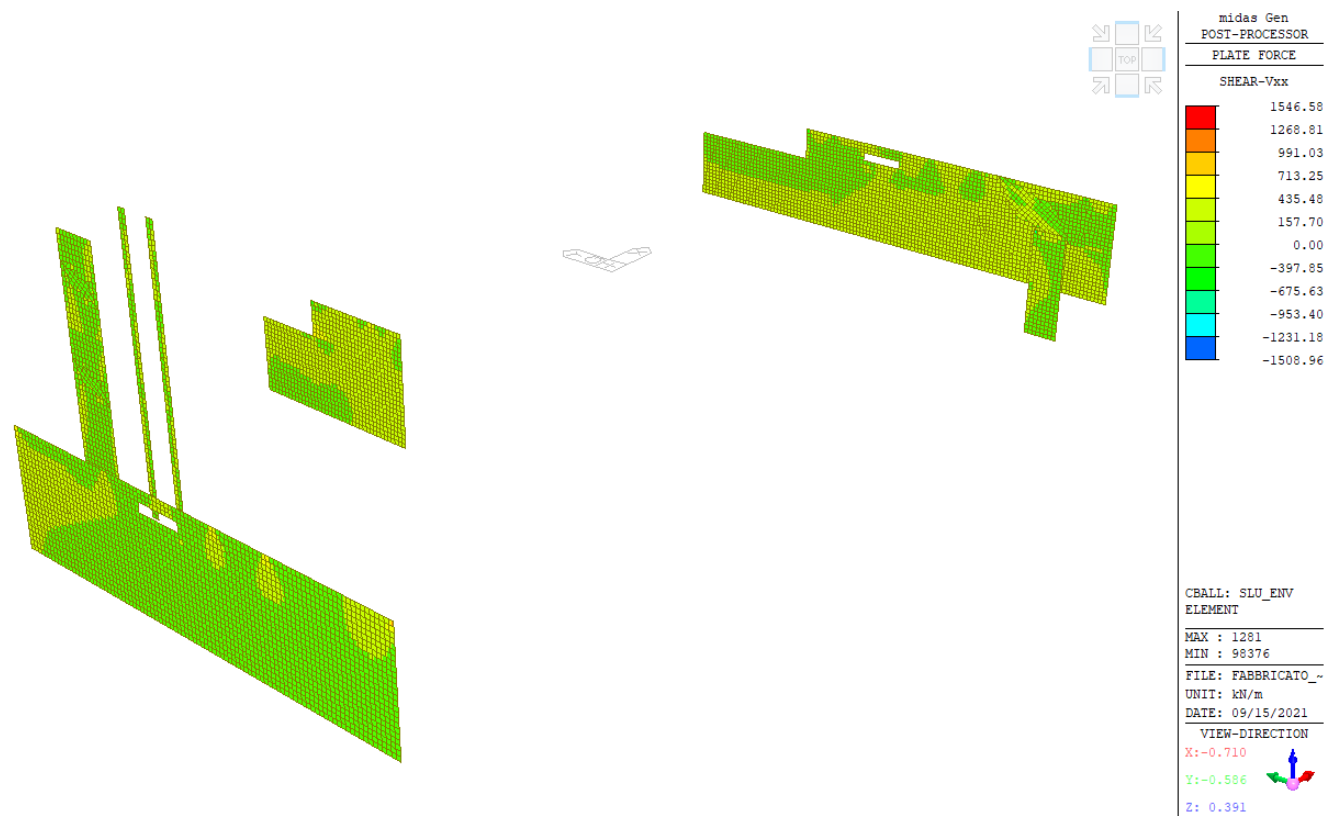


Figura 57 – Taglio Vxx - Involuppo SLU

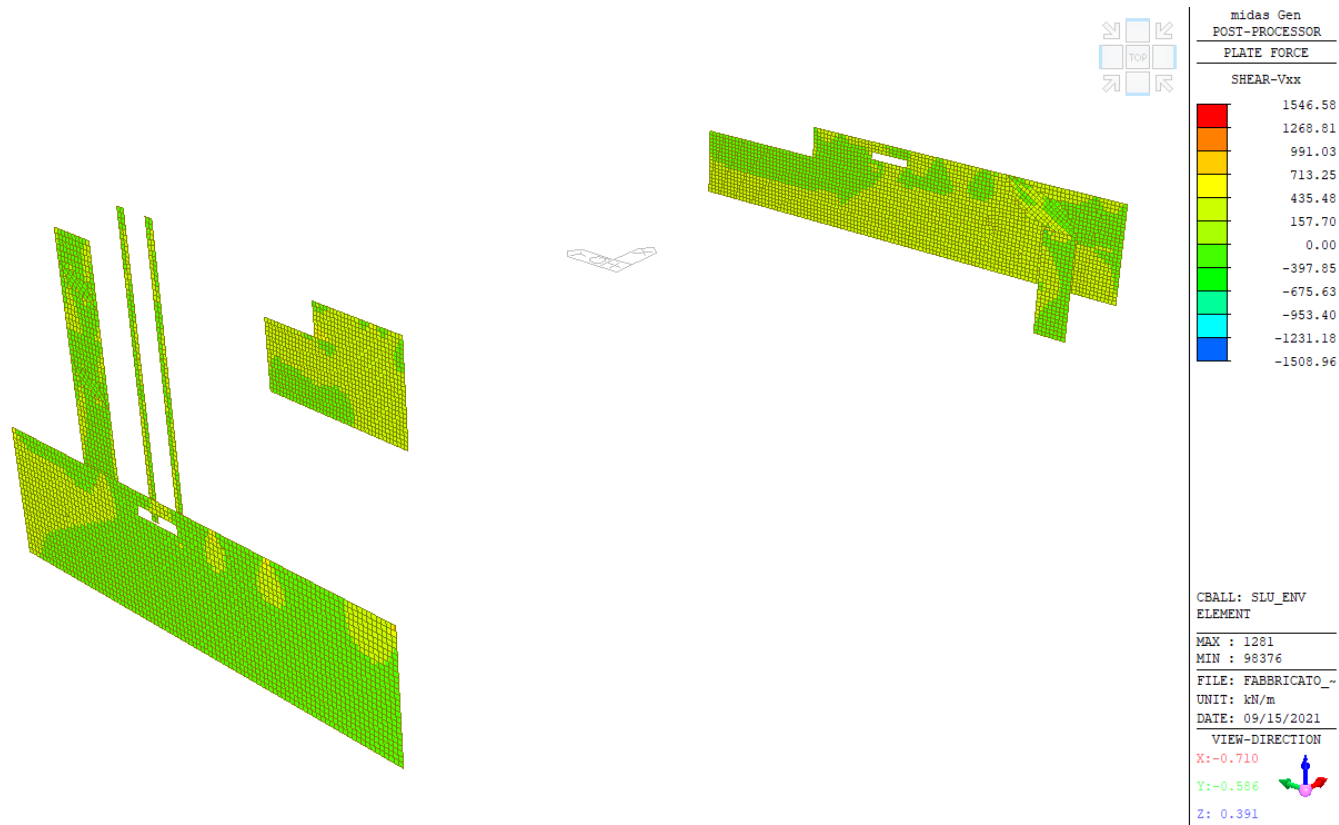


Figura 58 – Taglio Vyy - Involuppo SLU

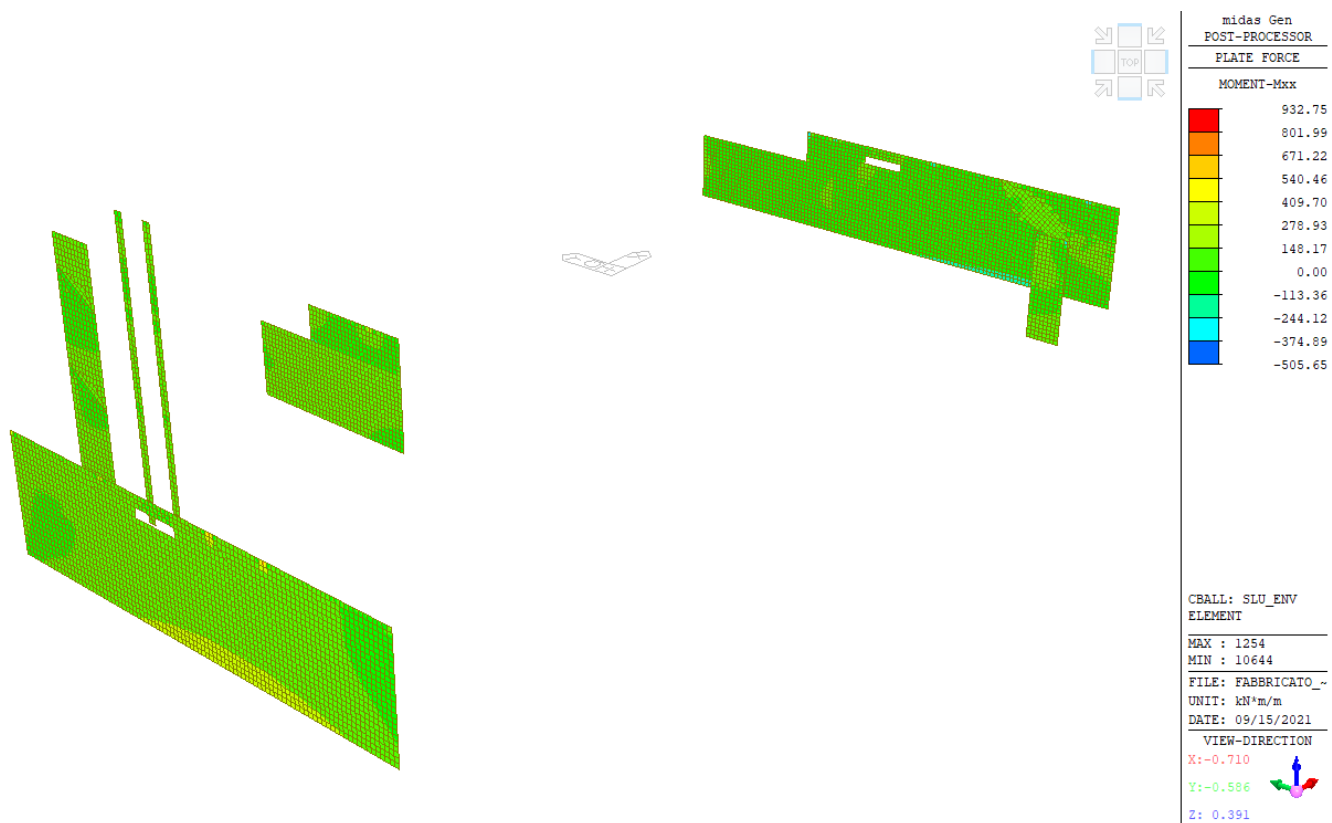


Figura 59 – Momento Mxx - Involuppo SLU

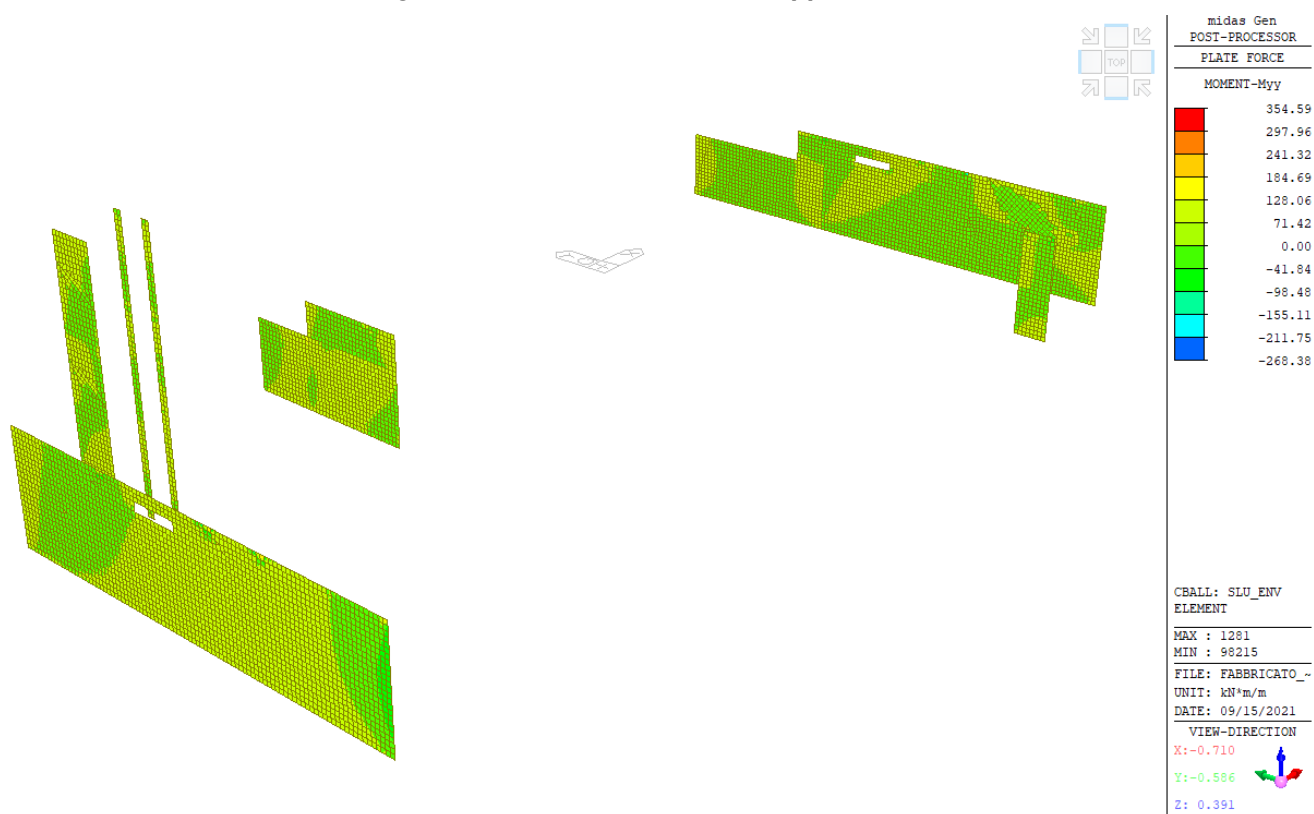


Figura 60 – Momento Myy - Involuppo SLU

8.5.1.2.3 Rampa e solaio rampa

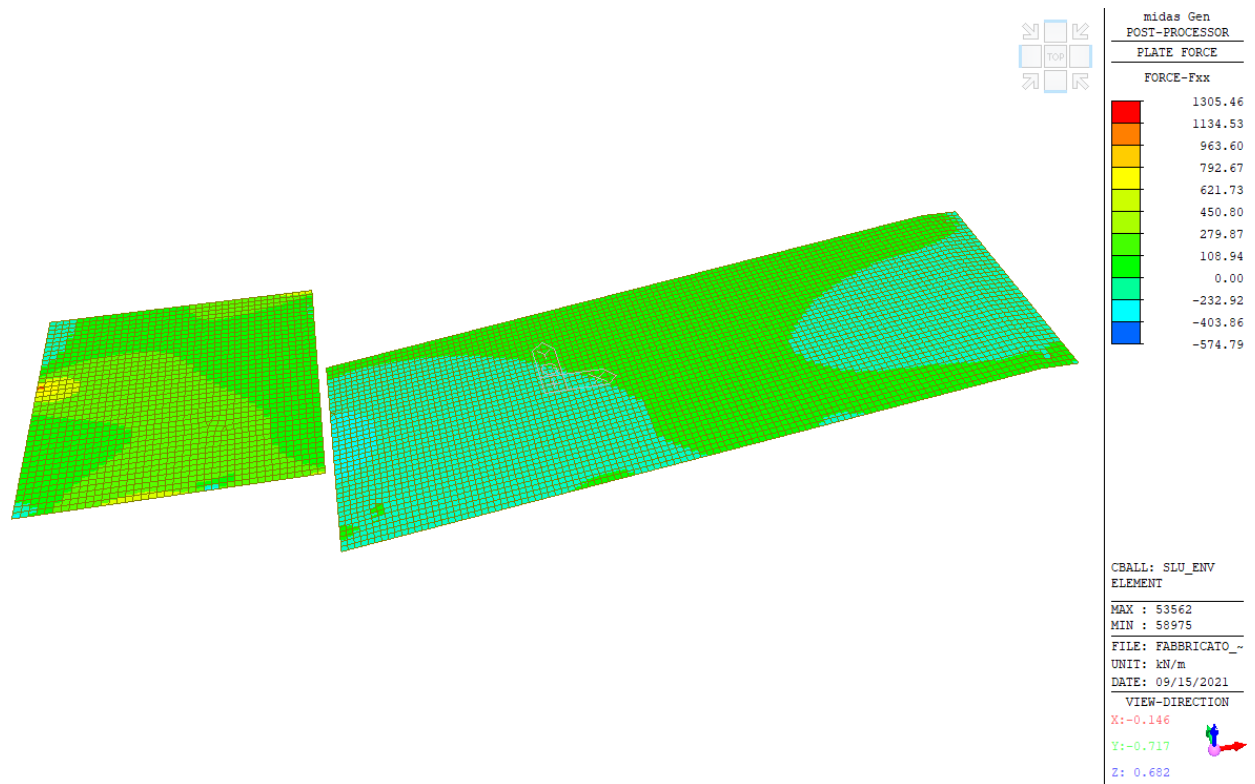


Figura 61 – Forza Fxx - Involuppo SLU

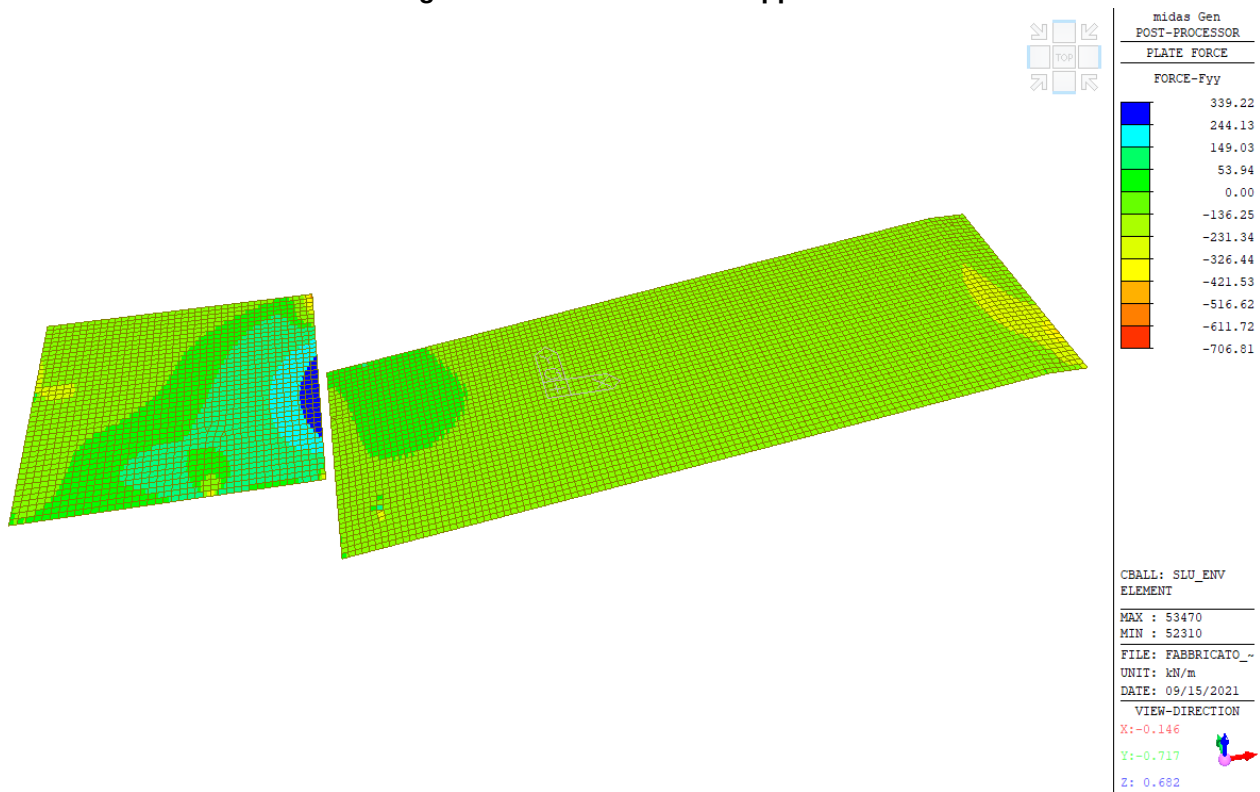


Figura 62 – Forza Fyy - Involuppo SLU

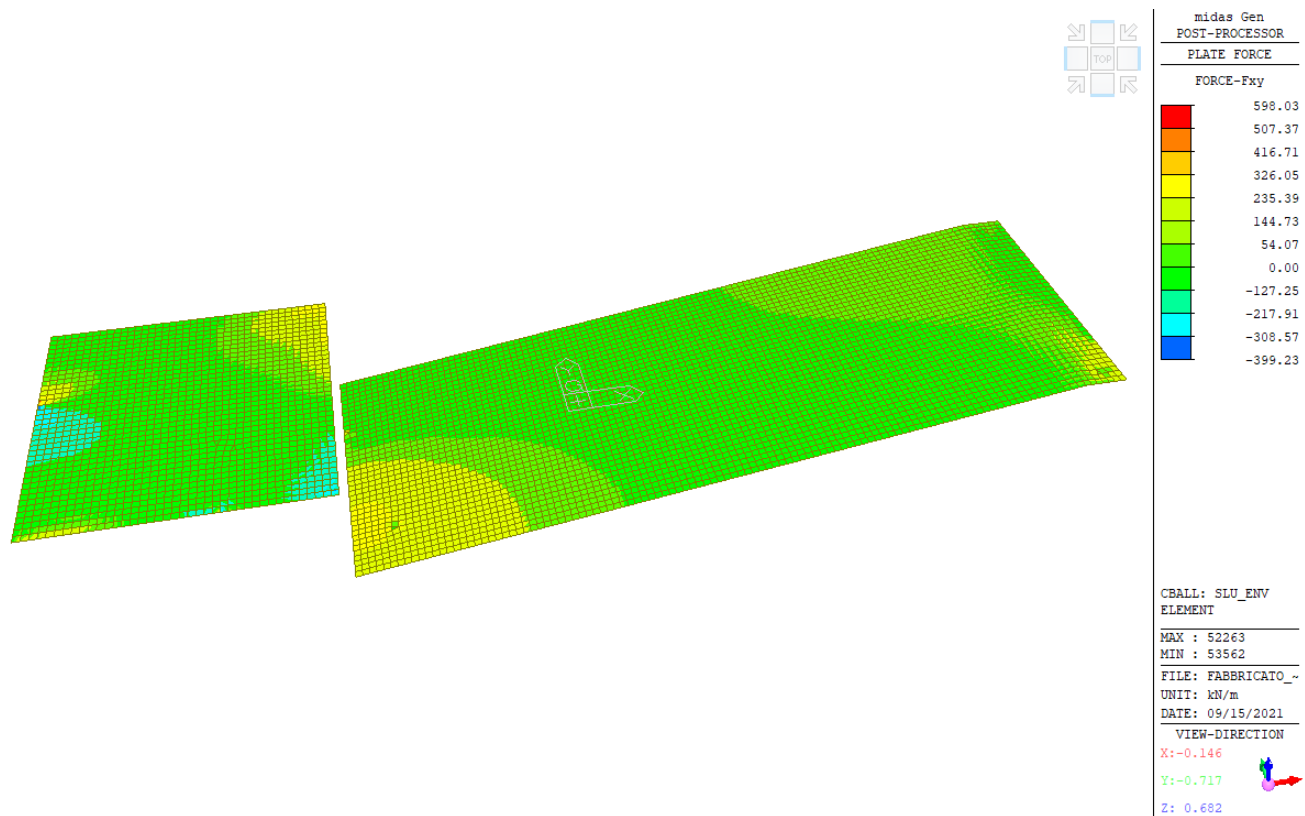


Figura 63 – Forza Fxy - Involuppo SLU

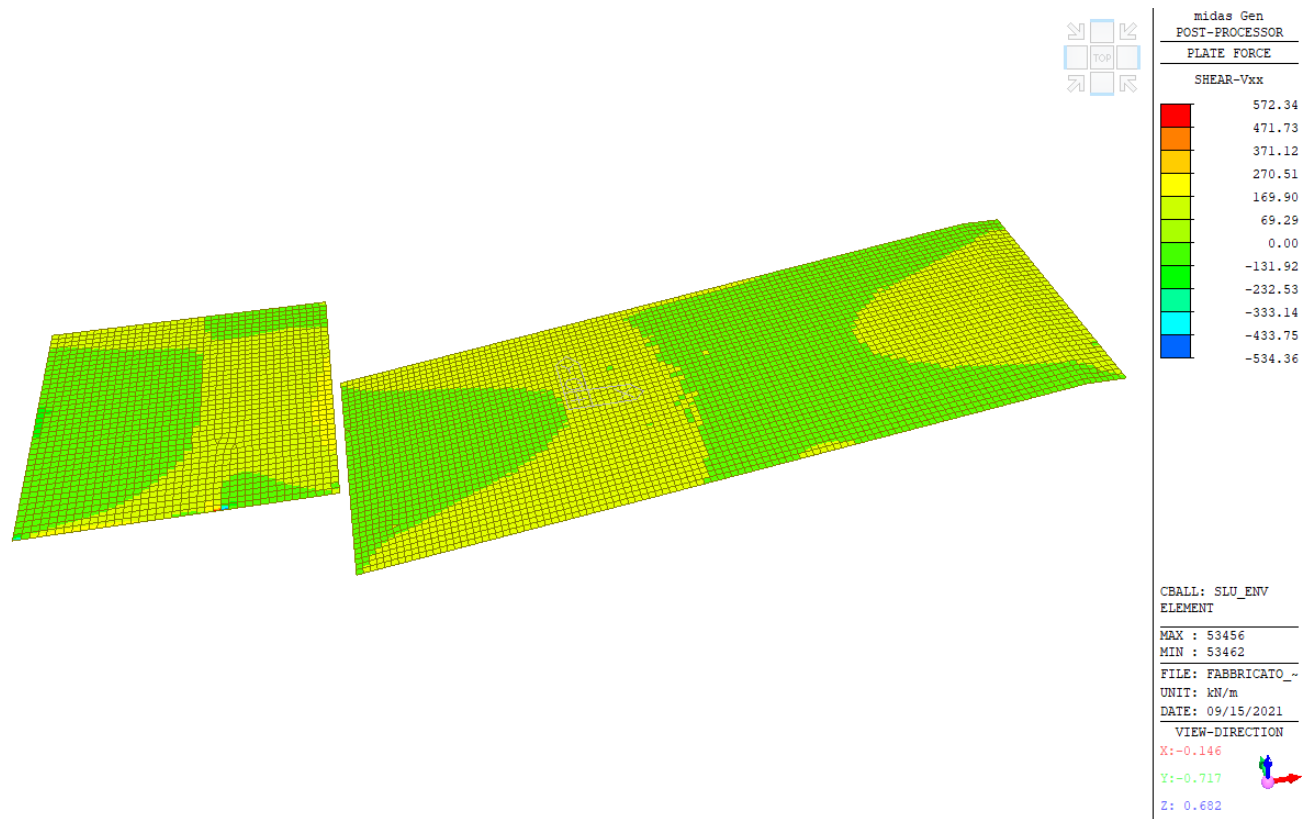


Figura 64 – Taglio Vxx - Involuppo SLU

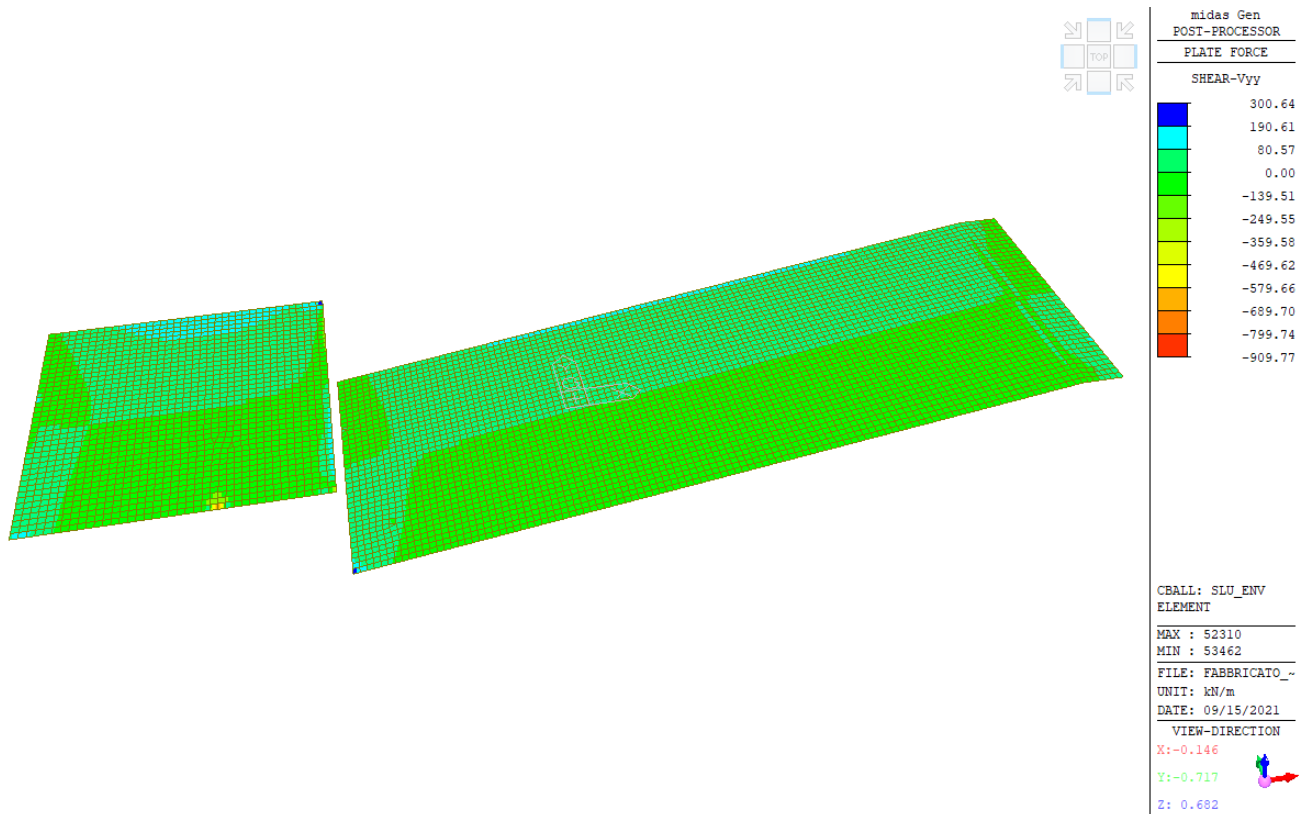


Figura 65 – Taglio Vyy - Involuppo SLU

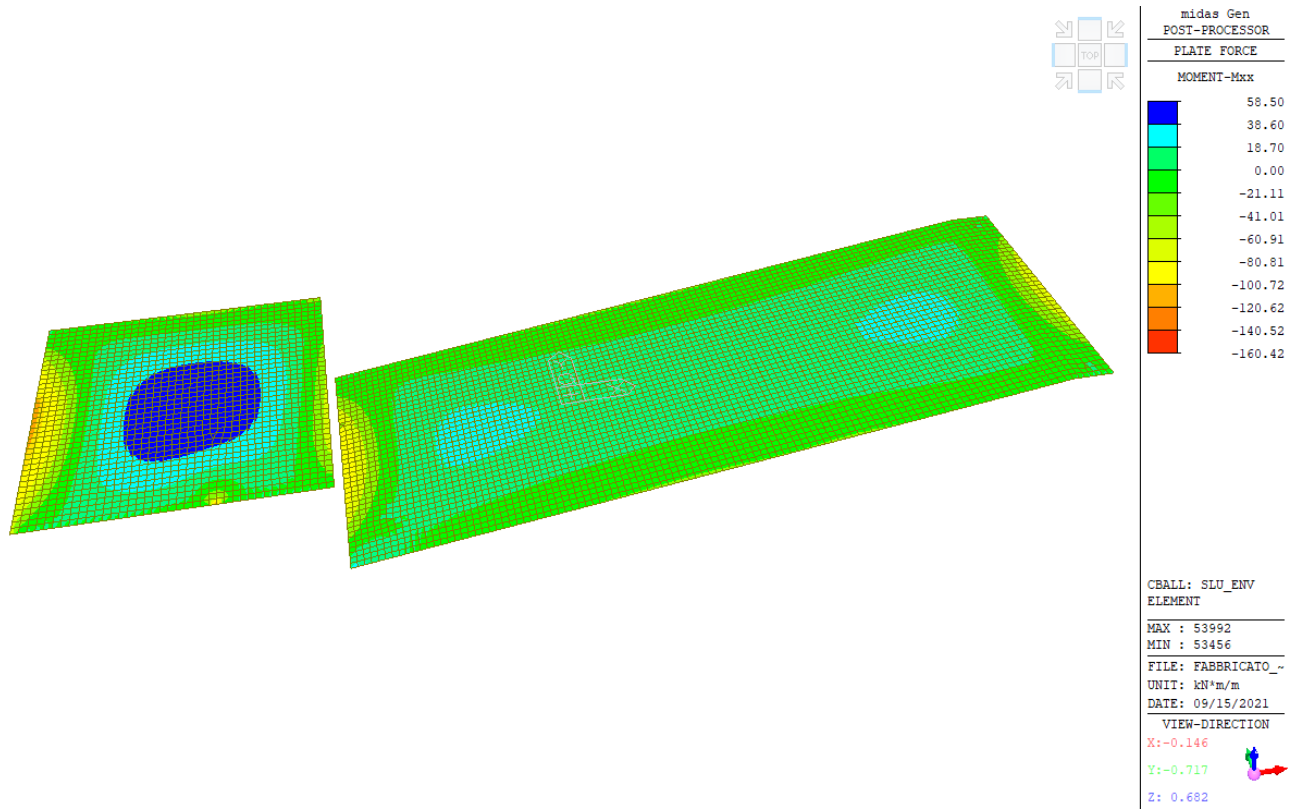


Figura 66 – Momento Mxx - Involuppo SLU

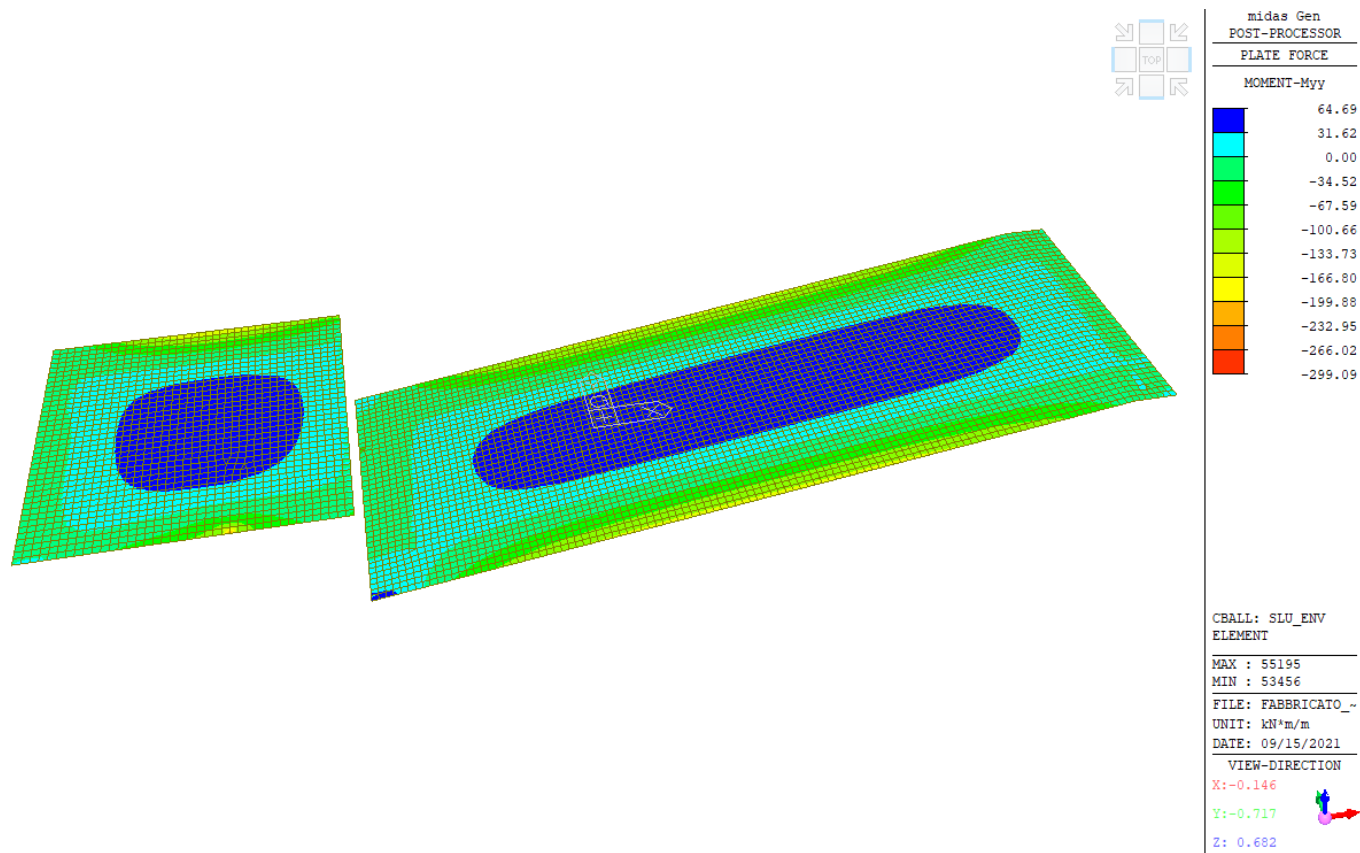


Figura 67 – Momento Myy - Involuppo SLU

8.5.1.2.4 Platea

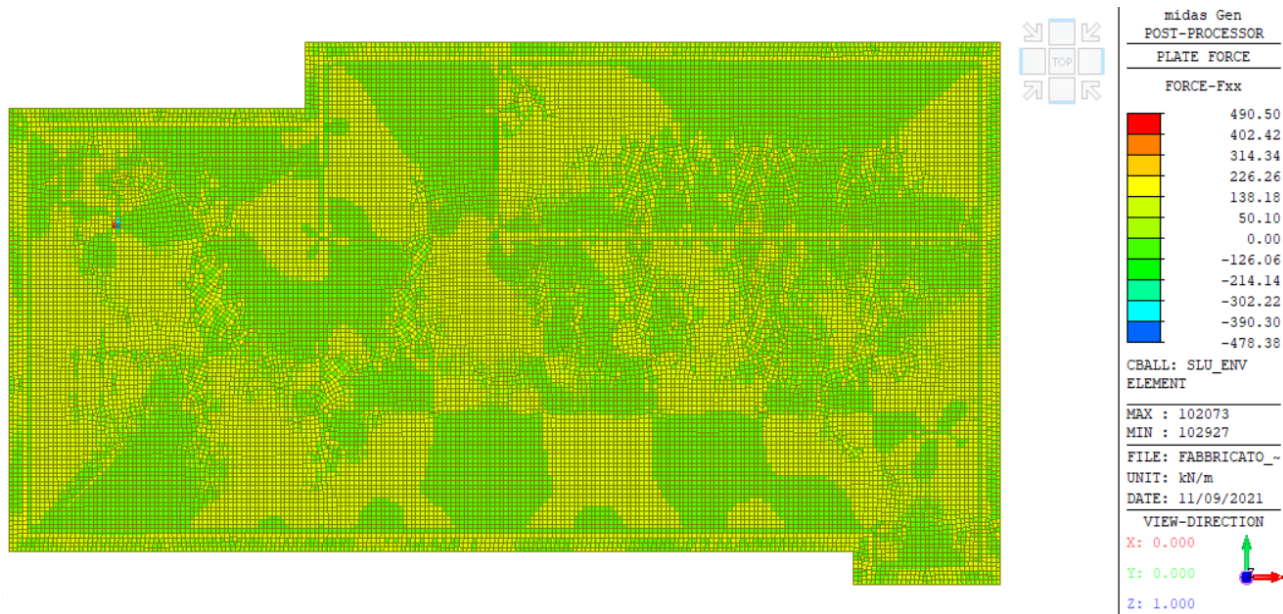


Figura 68 – Forza Fxx - Involuppo SLU

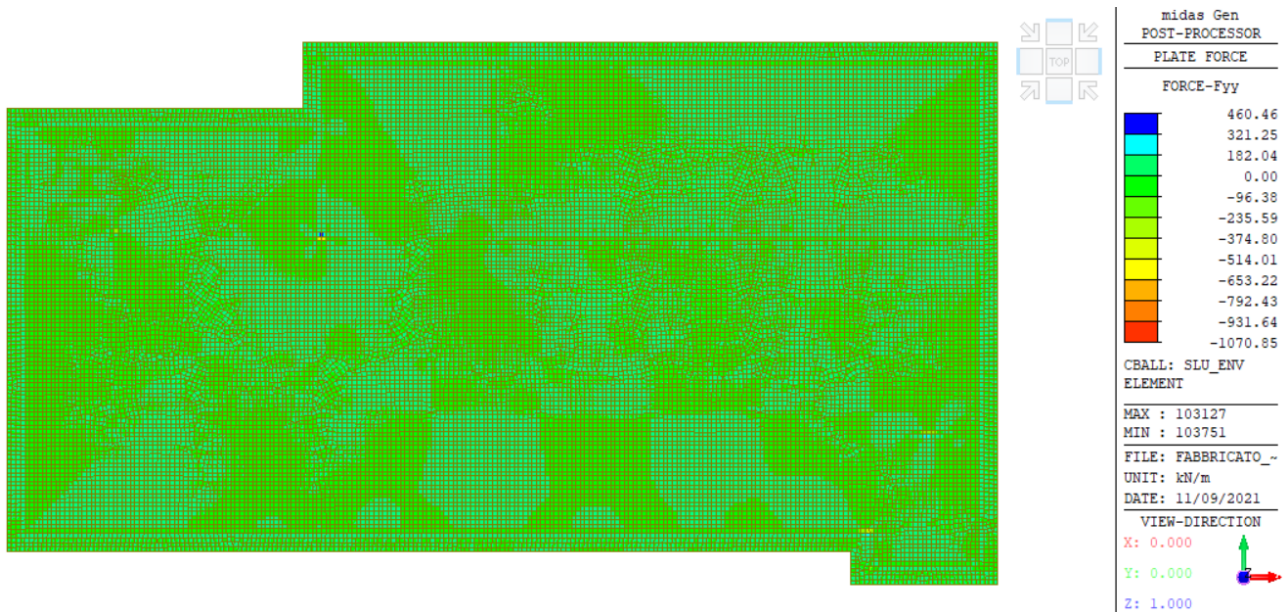


Figura 69 – Forza Fyy - Involuppo SLU

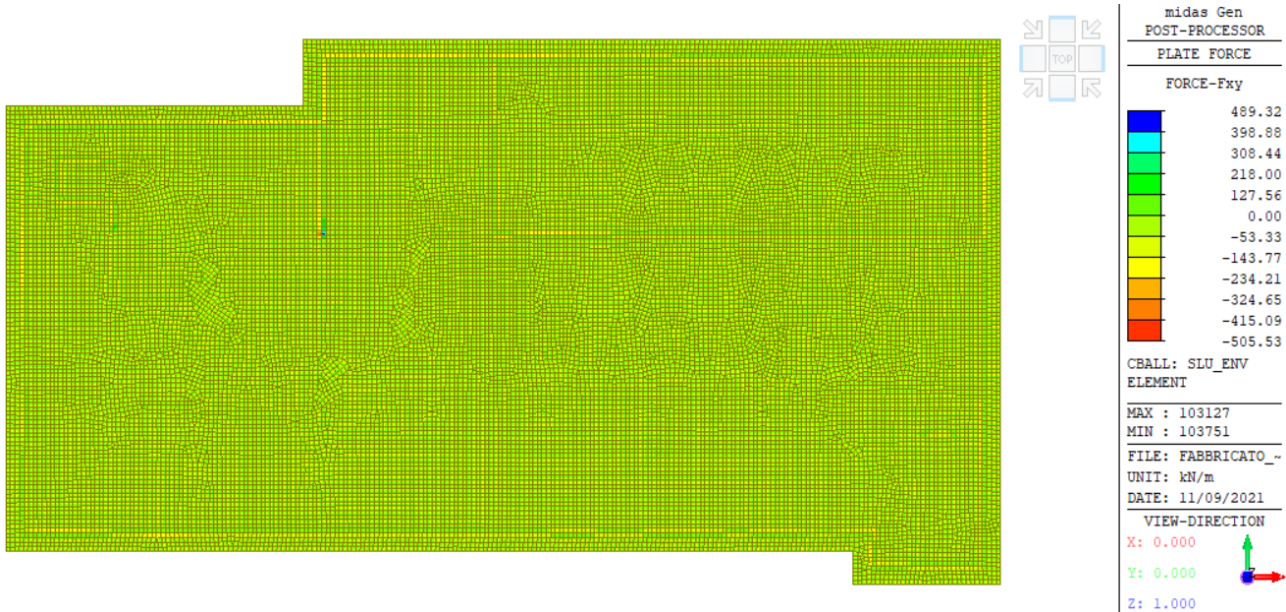


Figura 70 – Forza Fxy - Involuppo SLU

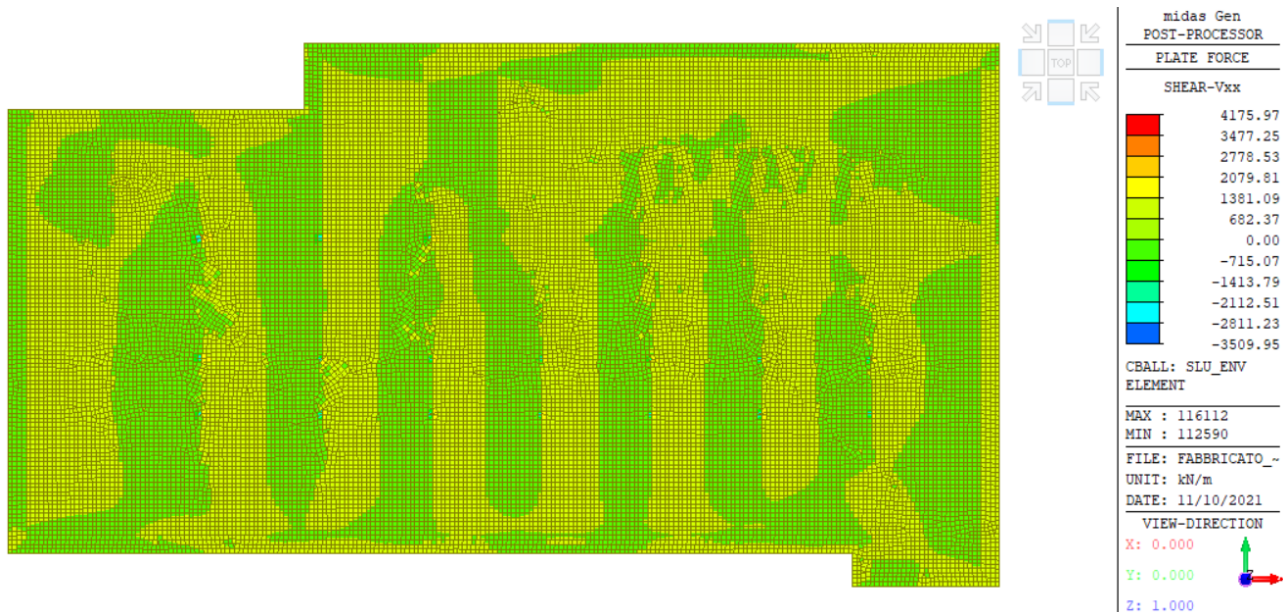


Figura 71 – Taglio Vxx - Involuppo SLU

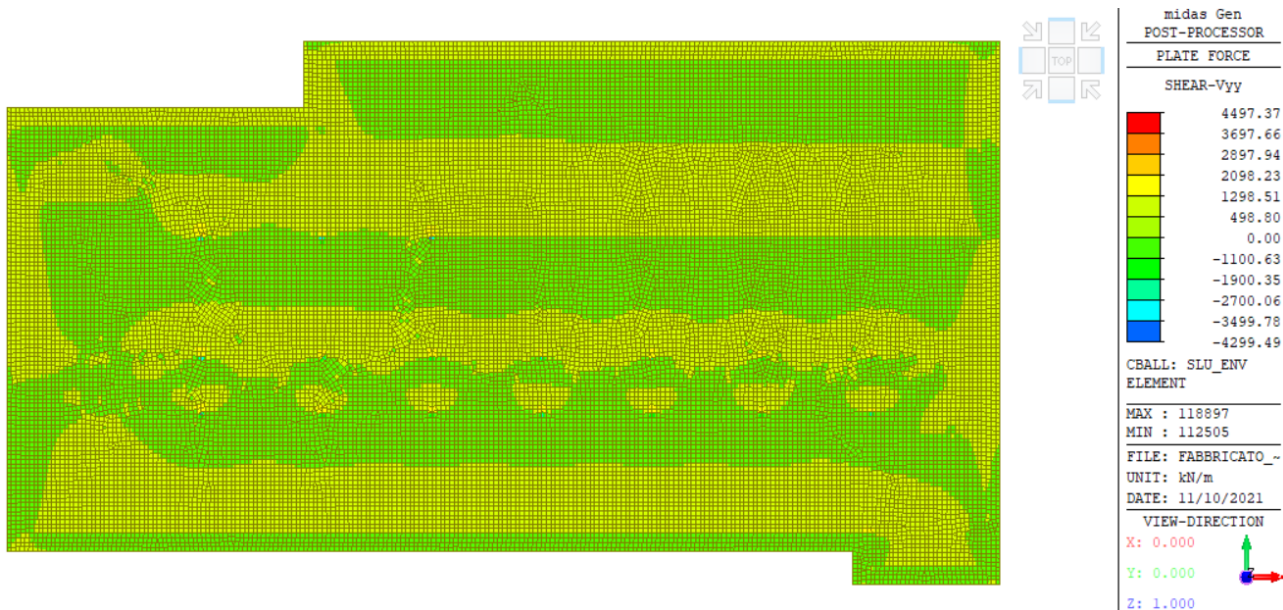


Figura 72 – Taglio Vyy - Involuppo SLU

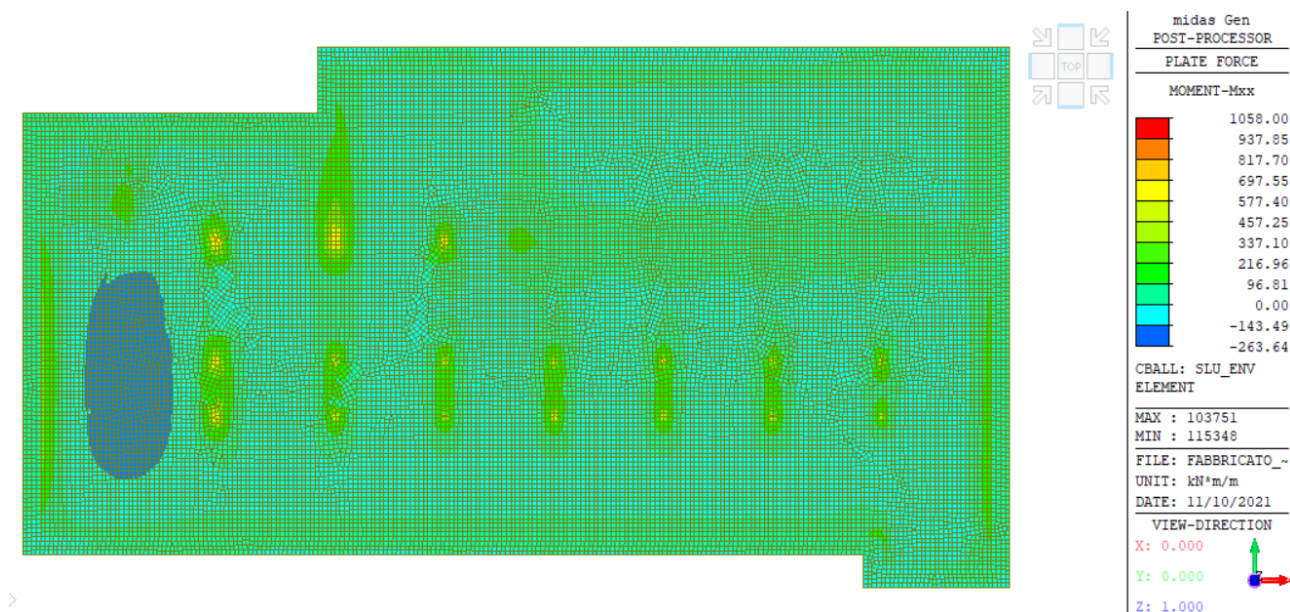


Figura 73 – Momento Mxx - Involuppo SLU

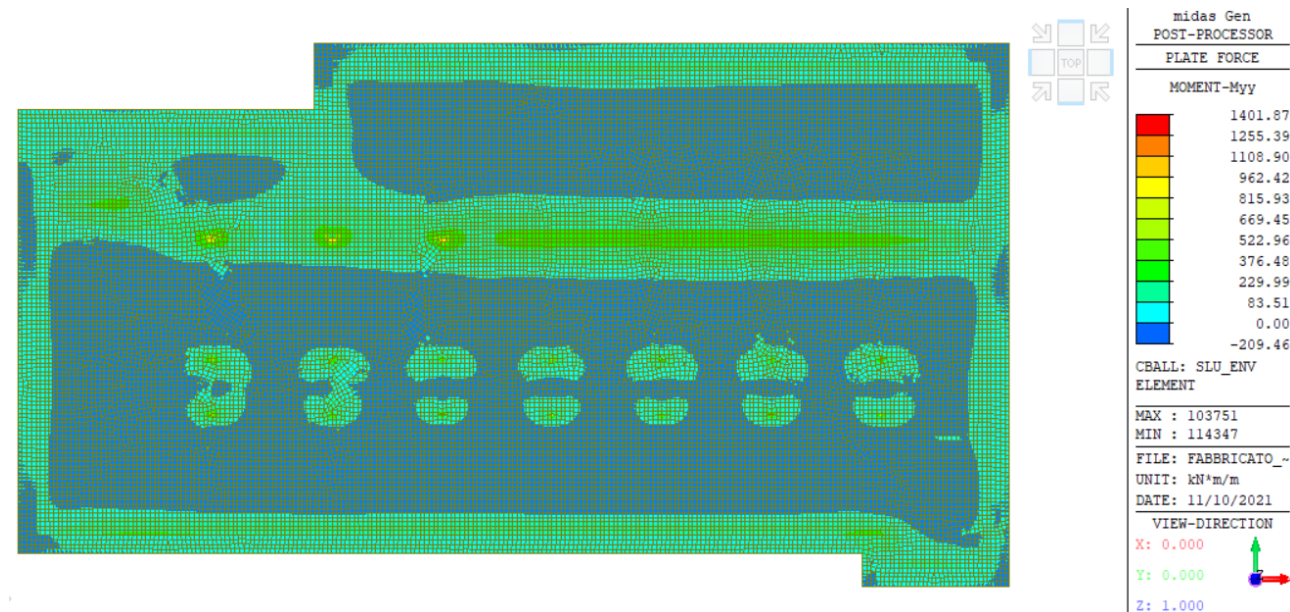


Figura 74 – Momento Myy - Involuppo SLU

8.5.2 SLV

8.5.2.1 Beam

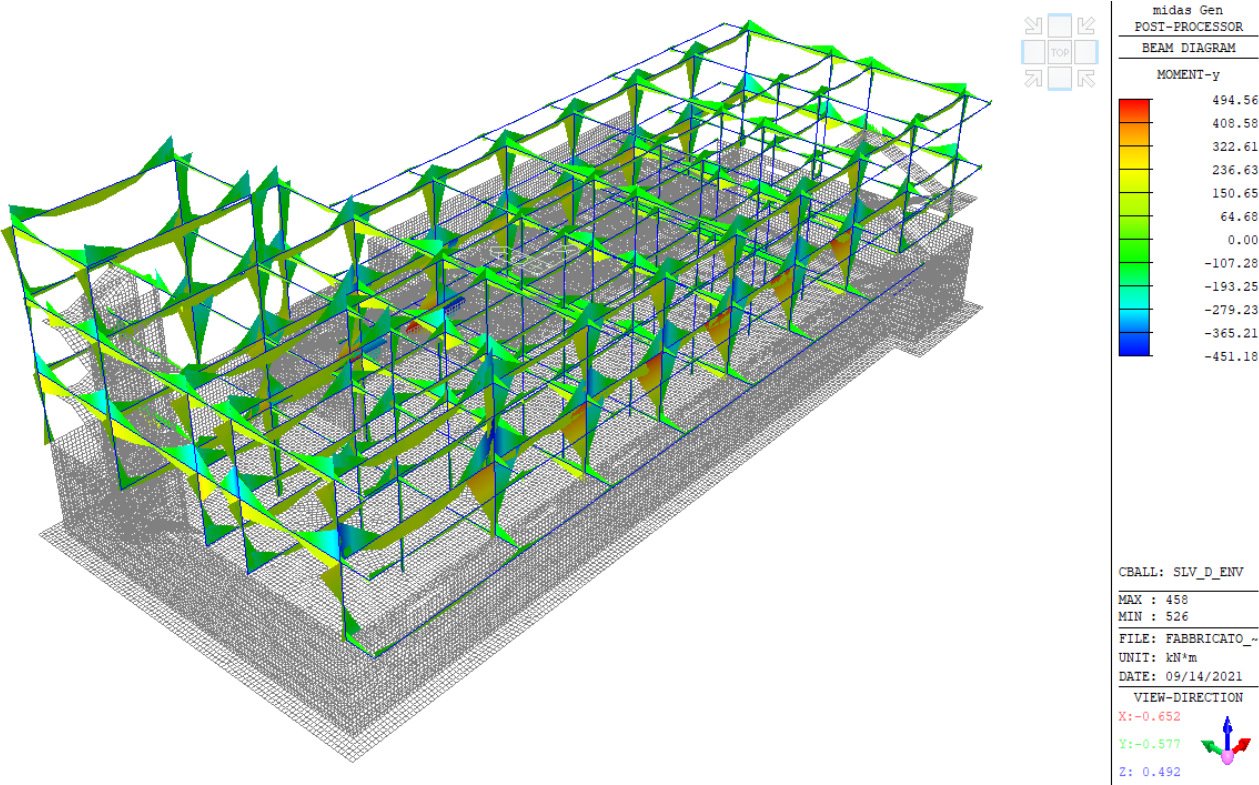


Figura 75 – Momento My - Involuppo SLV_q = 3.9

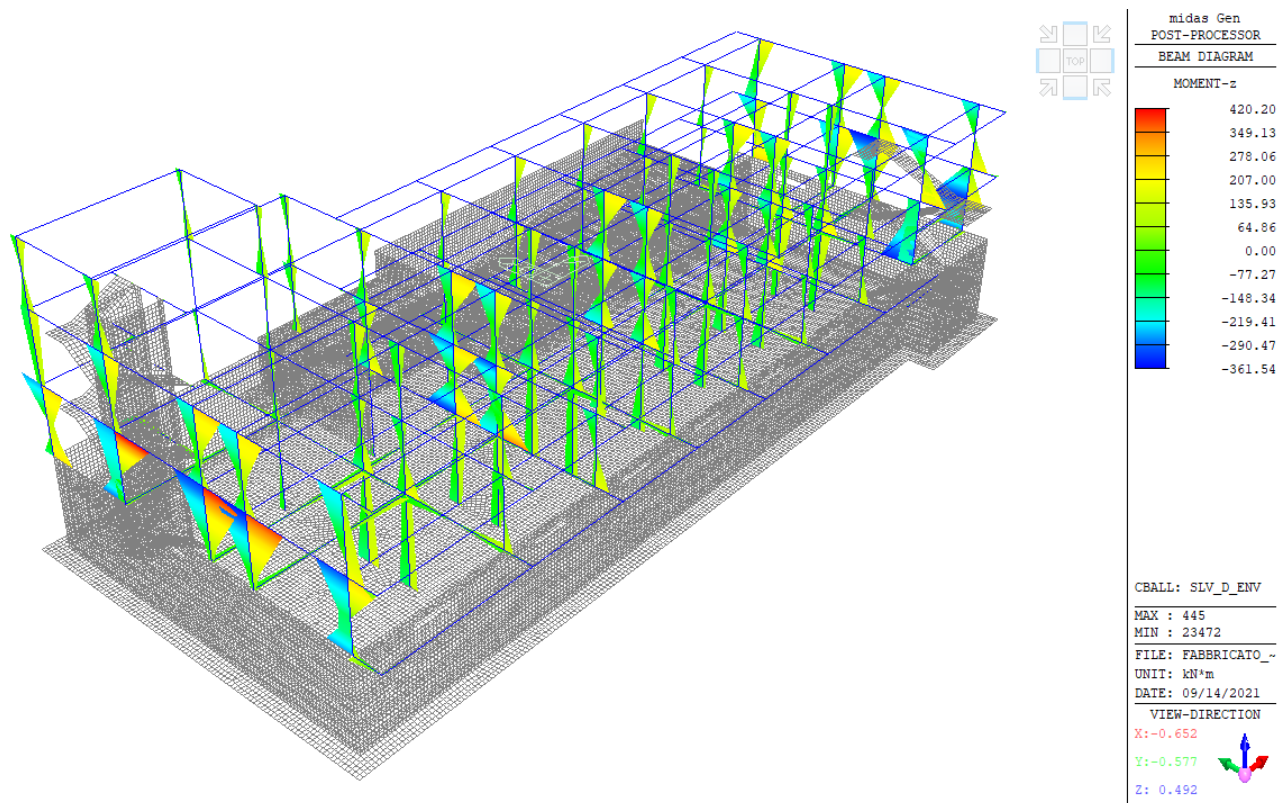


Figura 76 – Momento Mz - Involuppo SLV_q = 3.9

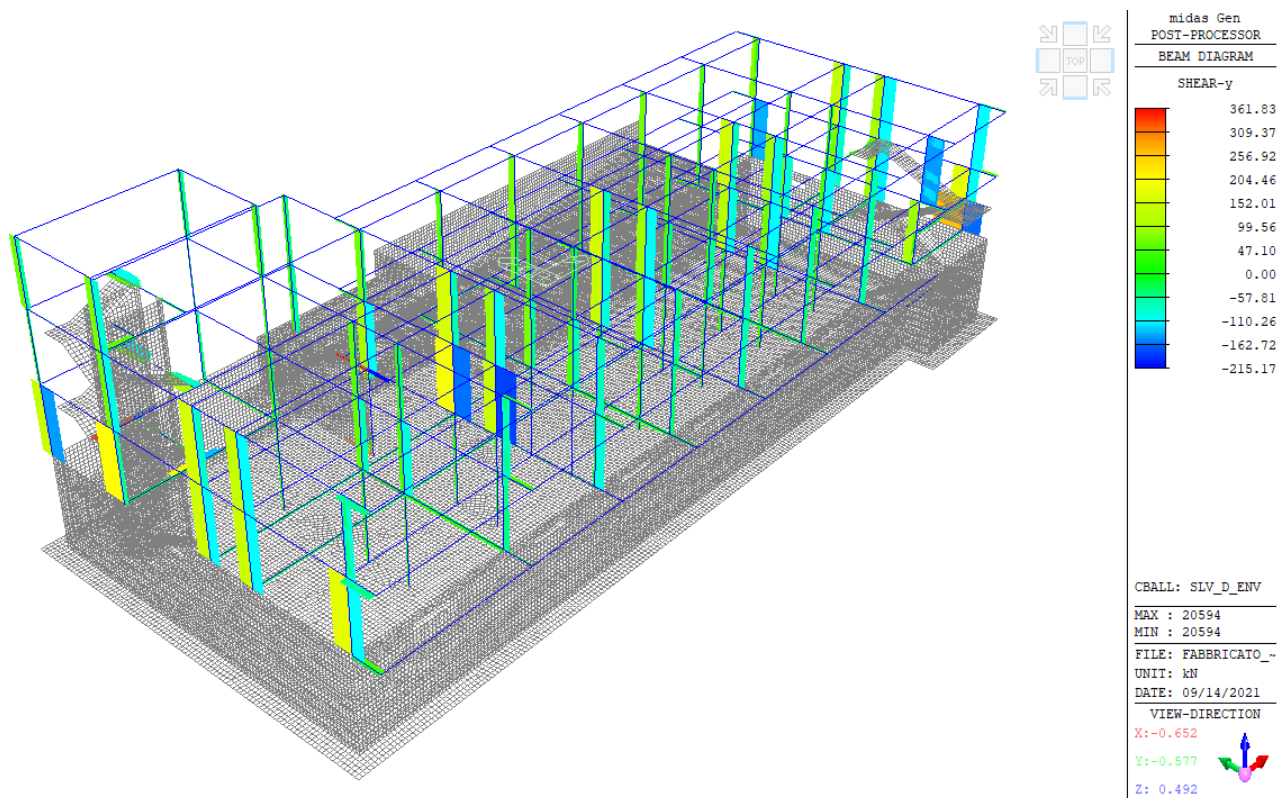


Figura 77 – Taglio Fy - Involuppo SLV_q = 3.9

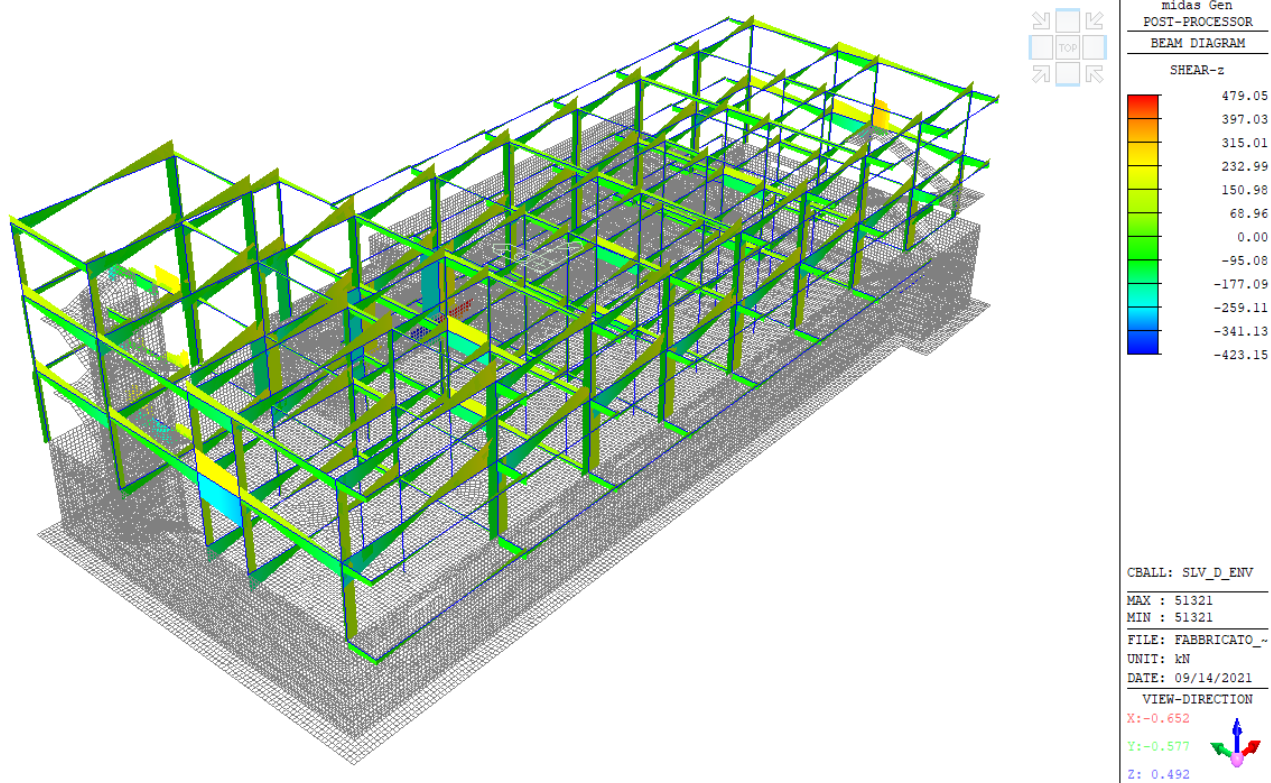


Figura 78 – Taglio Fz - Involuppo SLV_q = 3.9

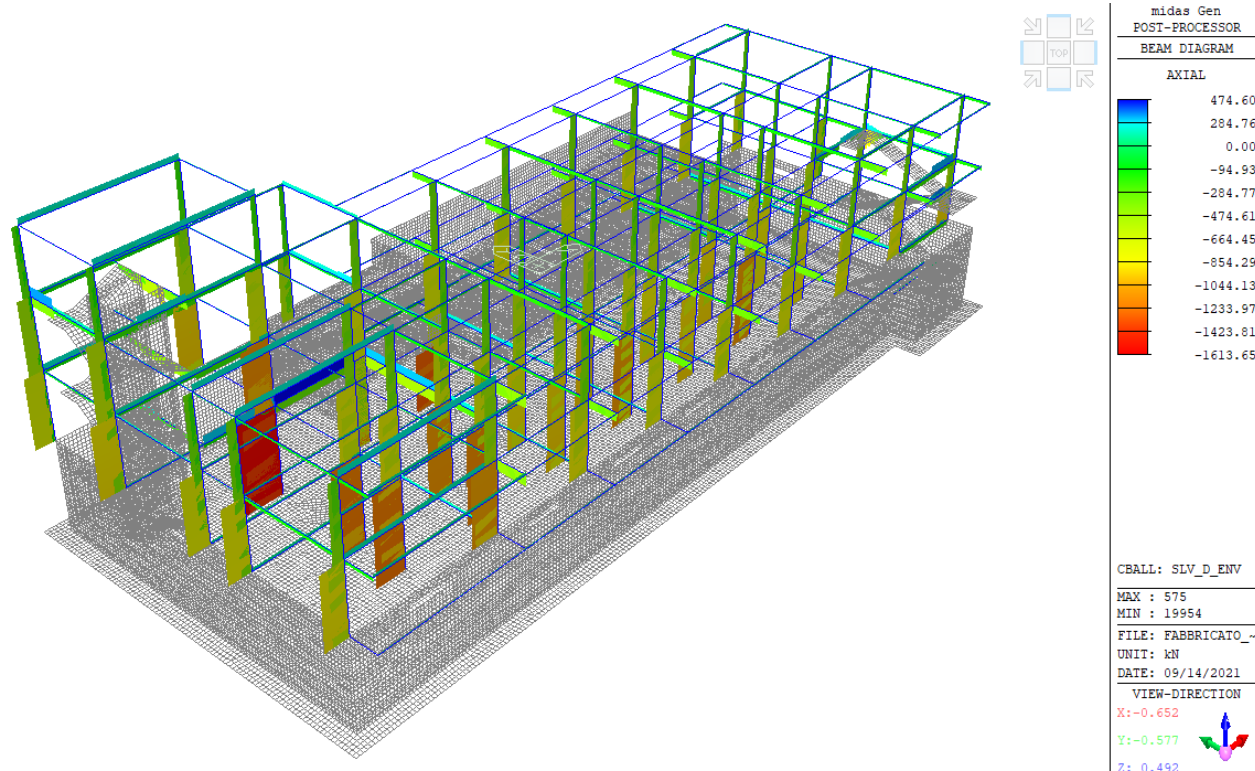


Figura 79 – Sforzo Normale Fx - Involuppo SLV_q = 3.9

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 74 DI 185
---	---	------------------------------

8.5.2.2 Plate

8.5.2.2.1 Pareti longitudinali

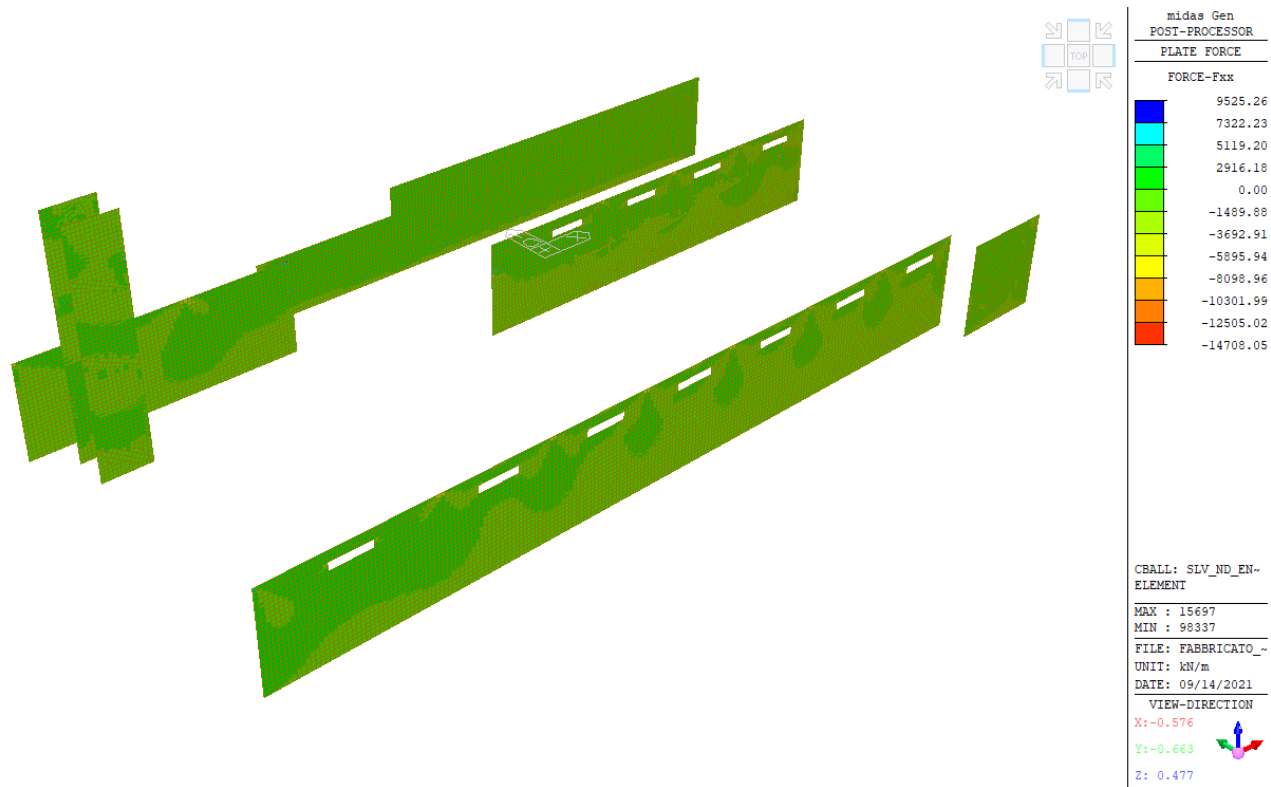


Figura 80 – Forza Fxx - Involuppo SLV_Elastico

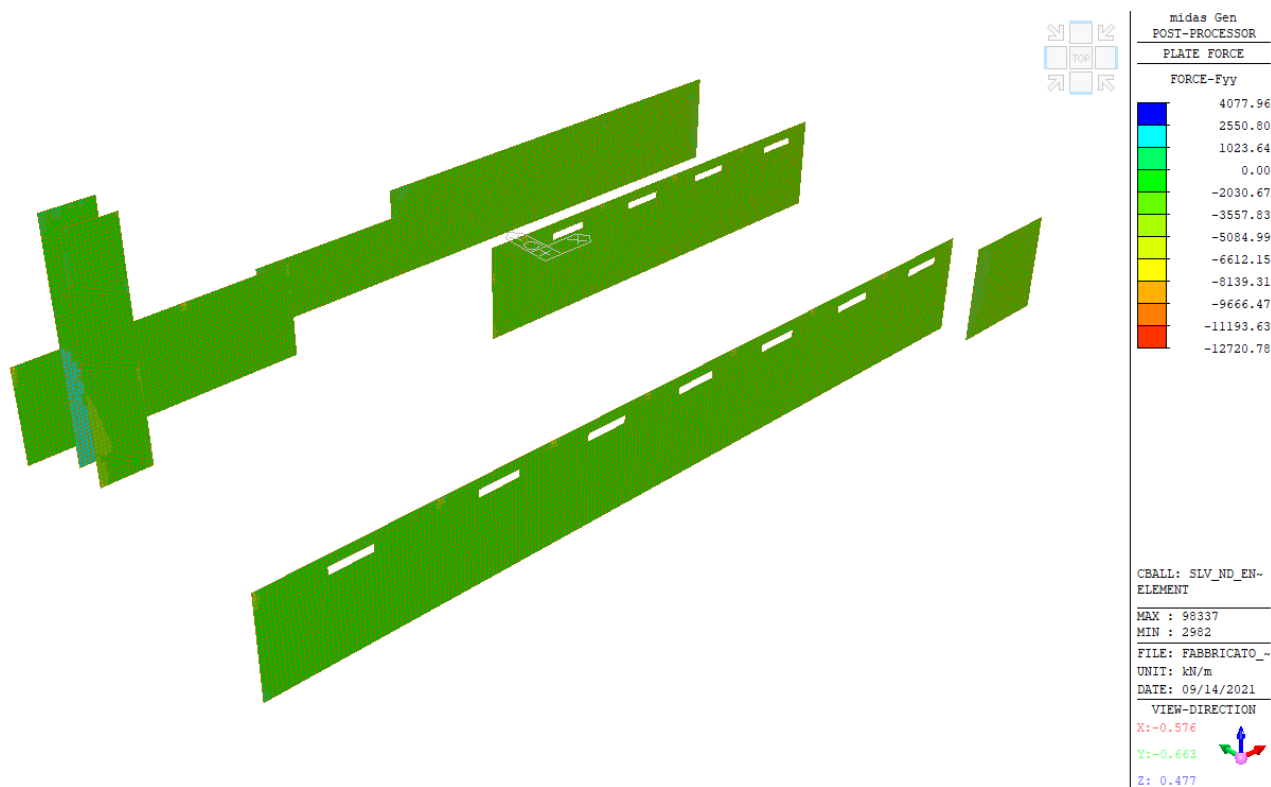


Figura 81 – Forza Fyy - Involucro SLV_Elastico

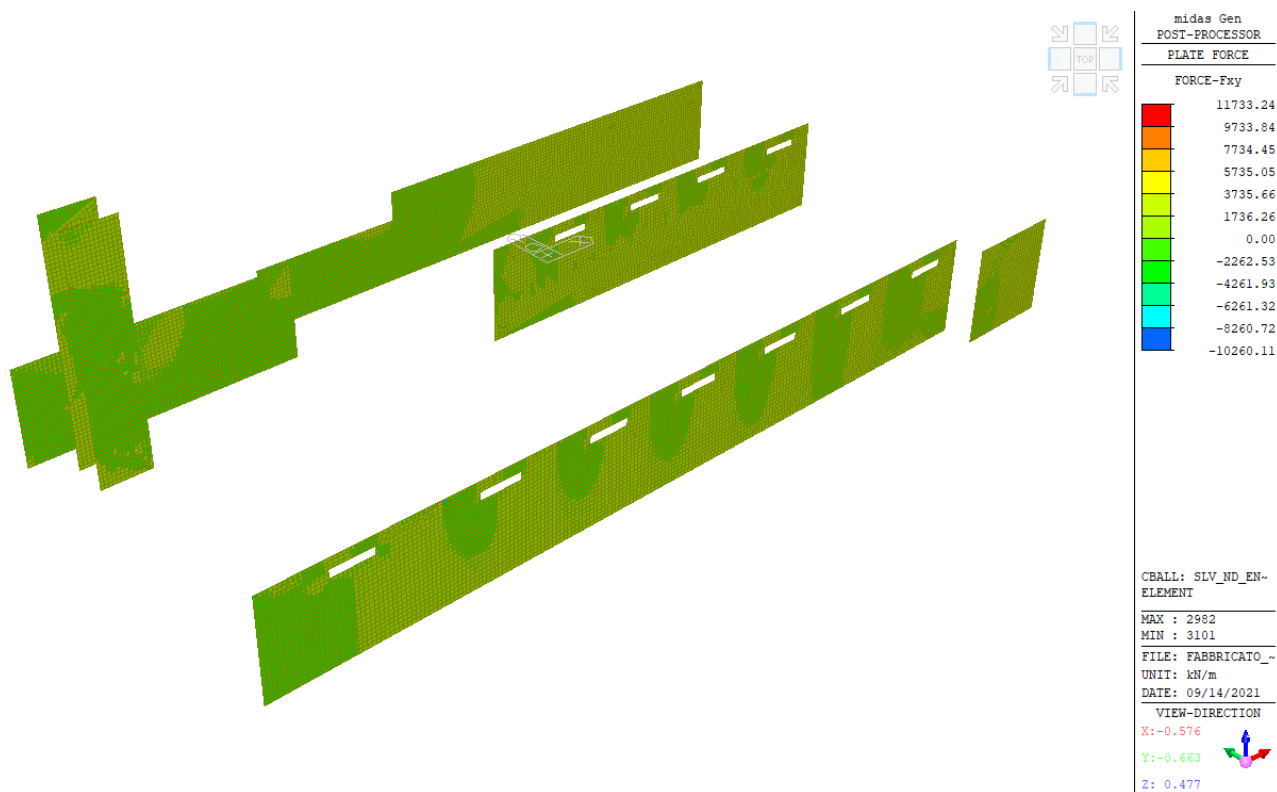


Figura 82 – Forza Fxy - Involucro SLV_Elastico

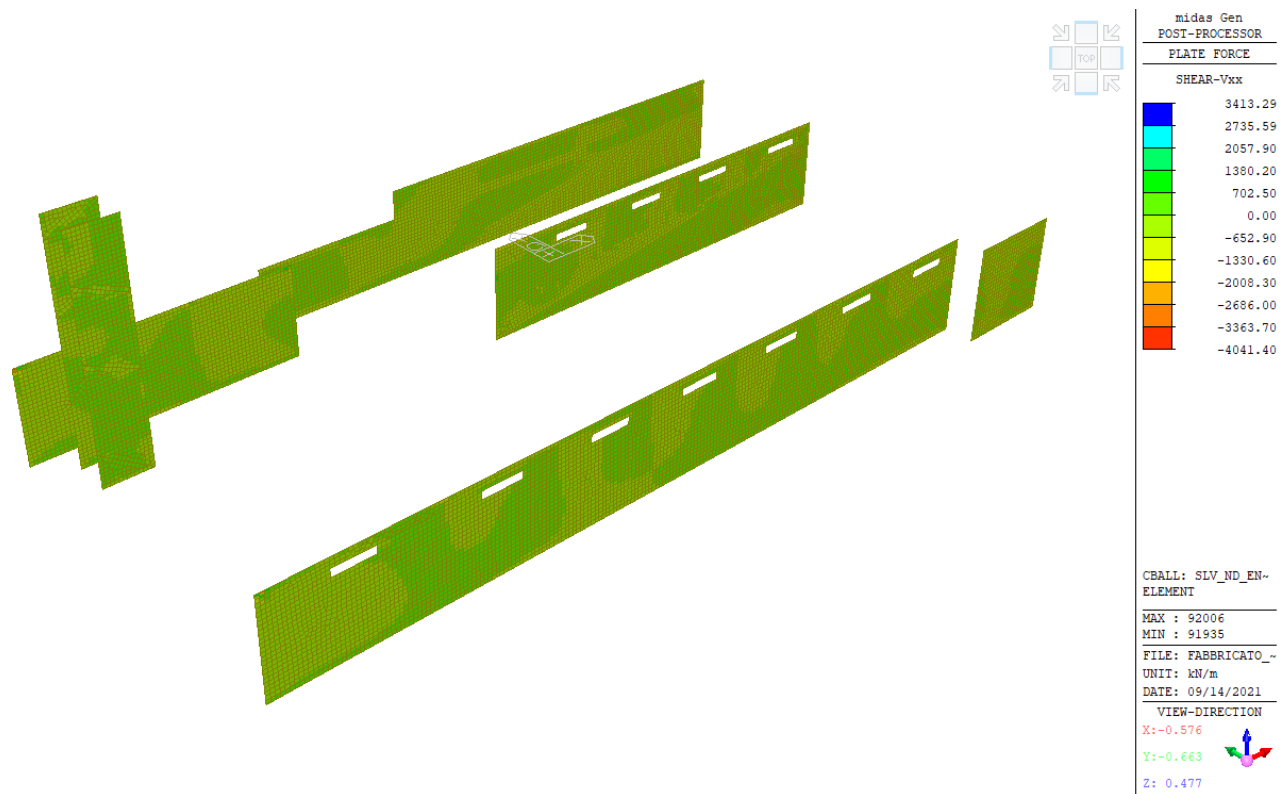


Figura 83 – Taglio Vxx - Involuppo SLV_Elastico

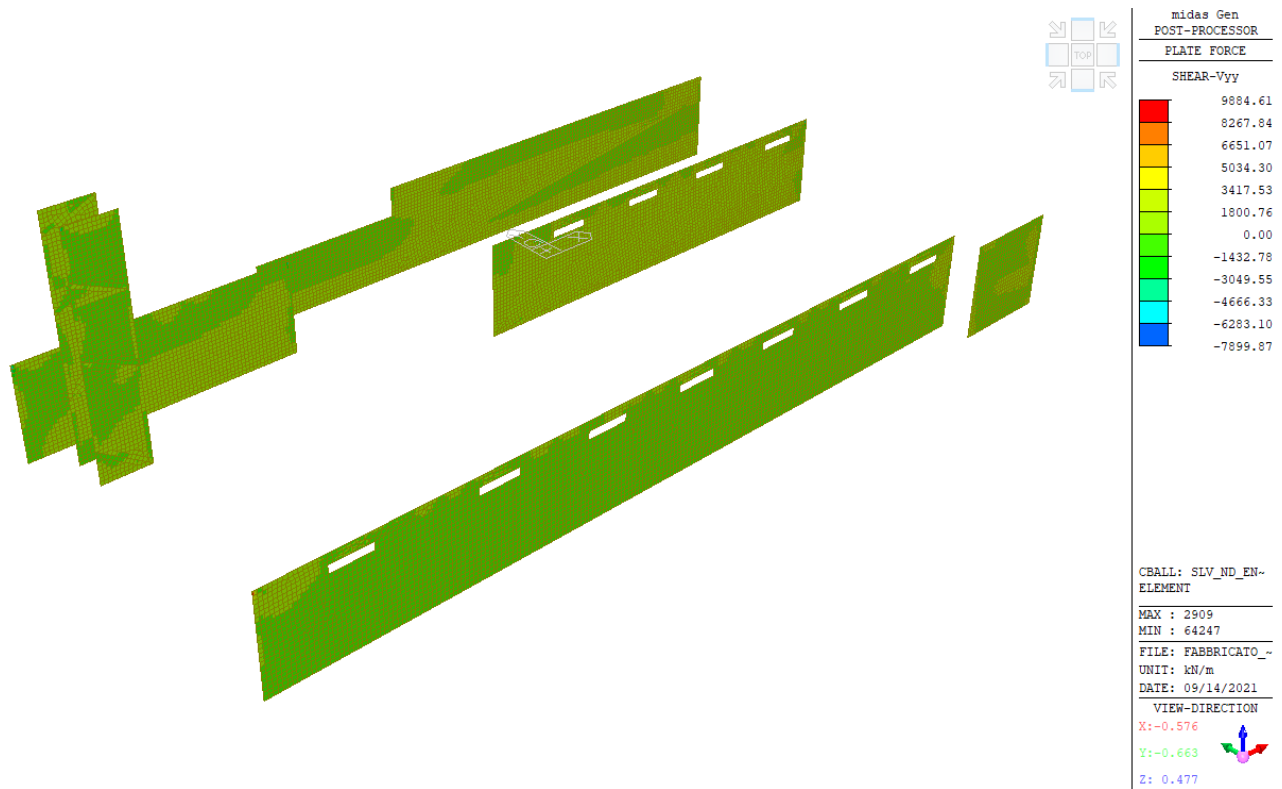


Figura 84 – Taglio Vyy - Involuppo SLV_Elastico

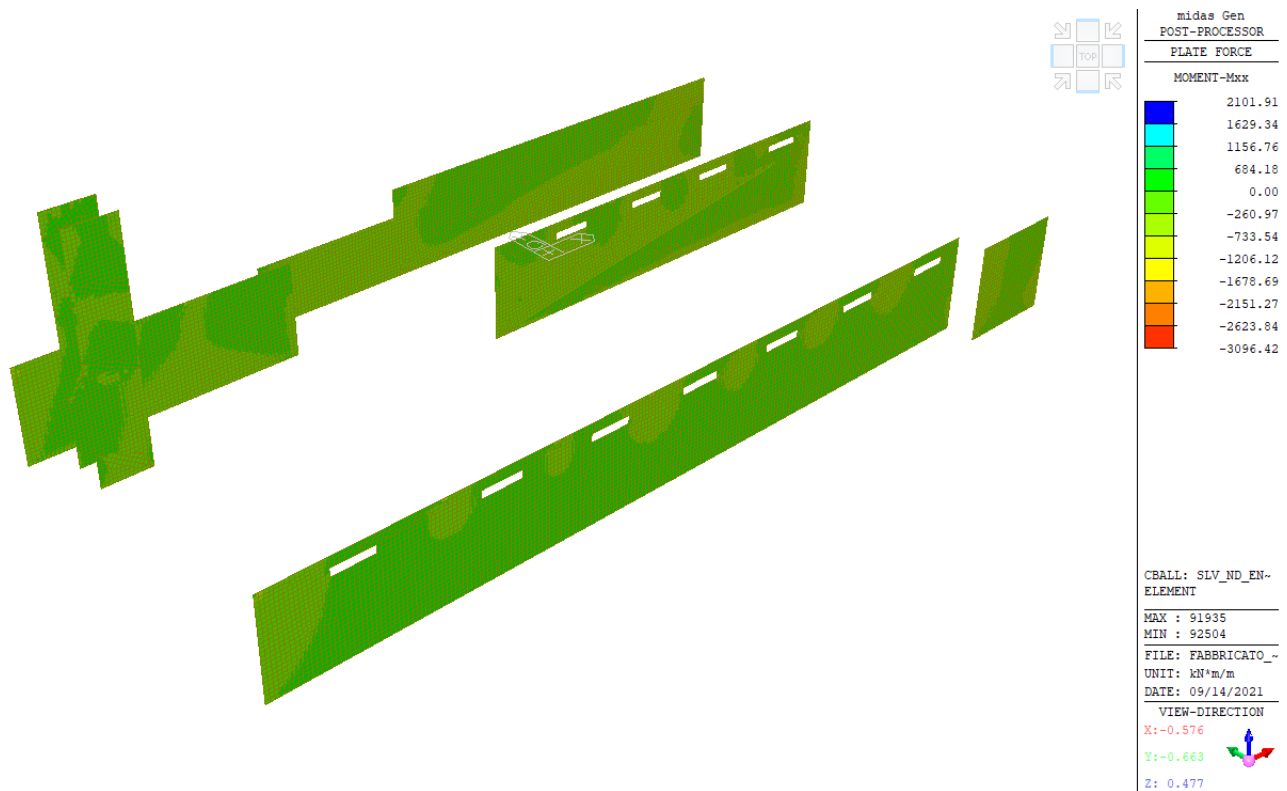


Figura 85 – Momento Mxx - Inviluppo SLV_Elastico

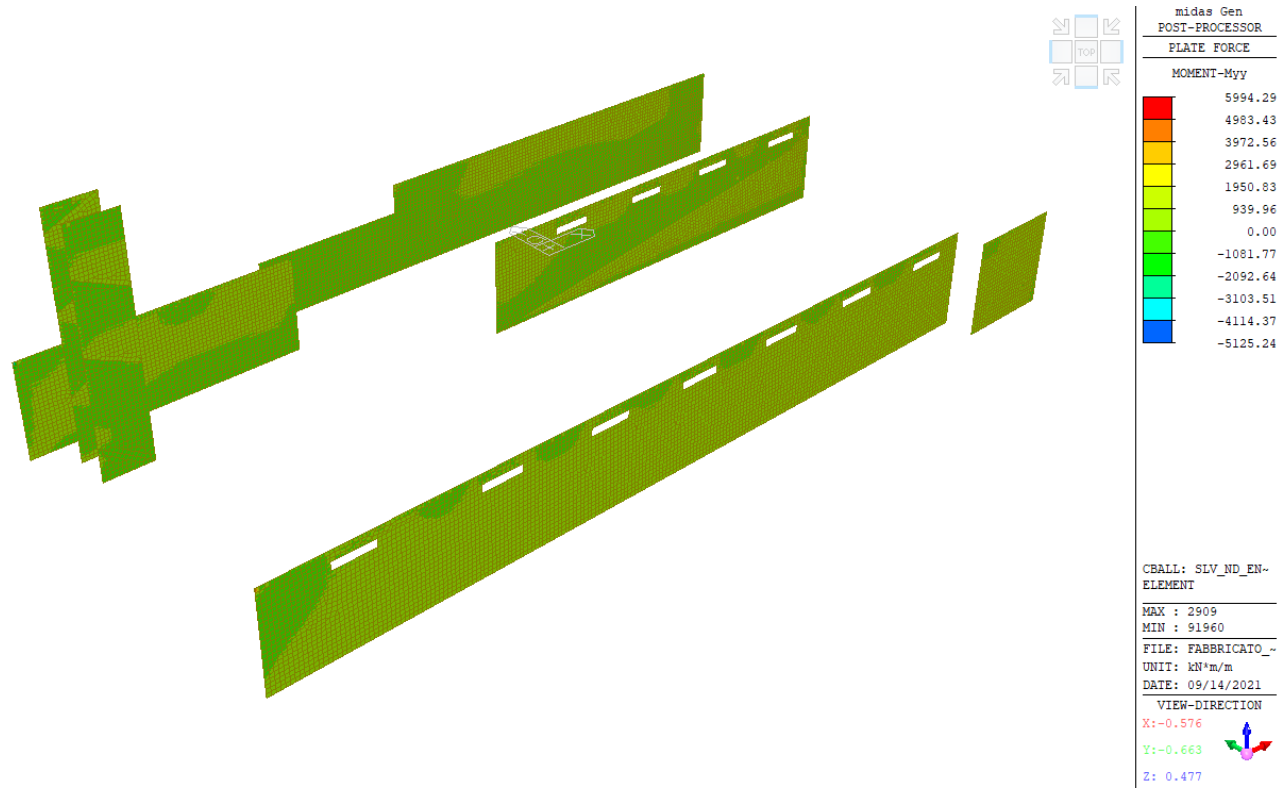


Figura 86 – Momento Myy - Inviluppo SLV_Elastico

8.5.2.2 Pareti trasversali

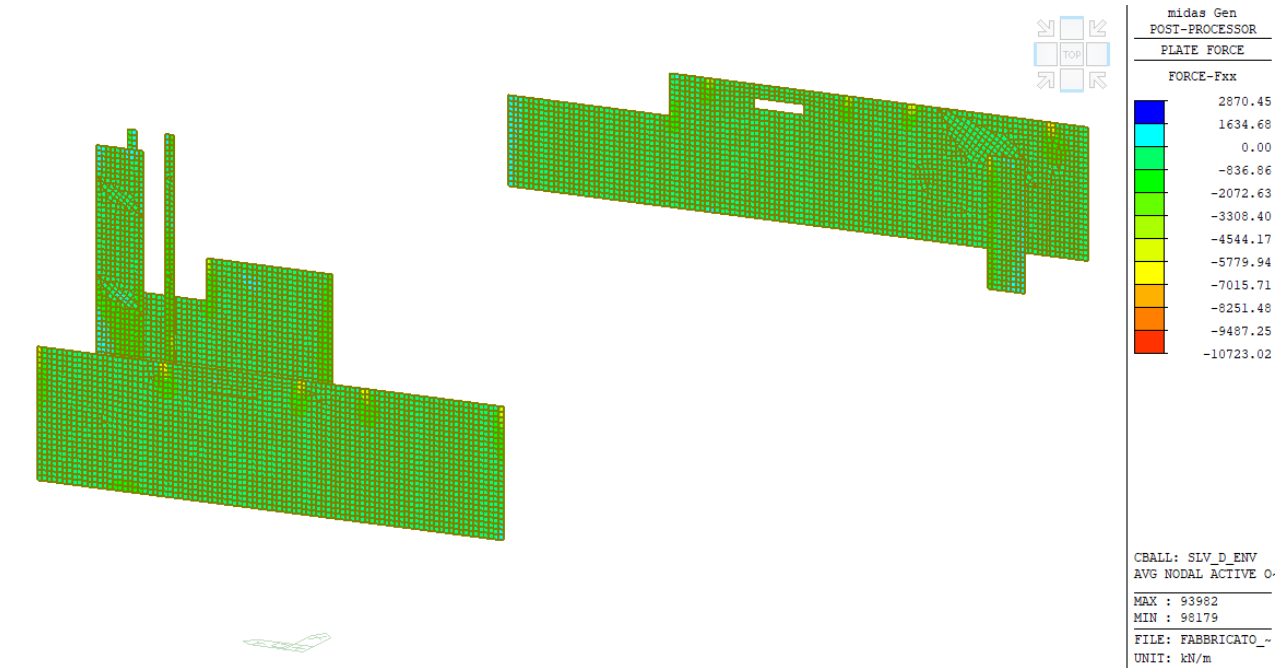


Figura 87 – Forza Fxx - Inviluppo SLV_Elastico

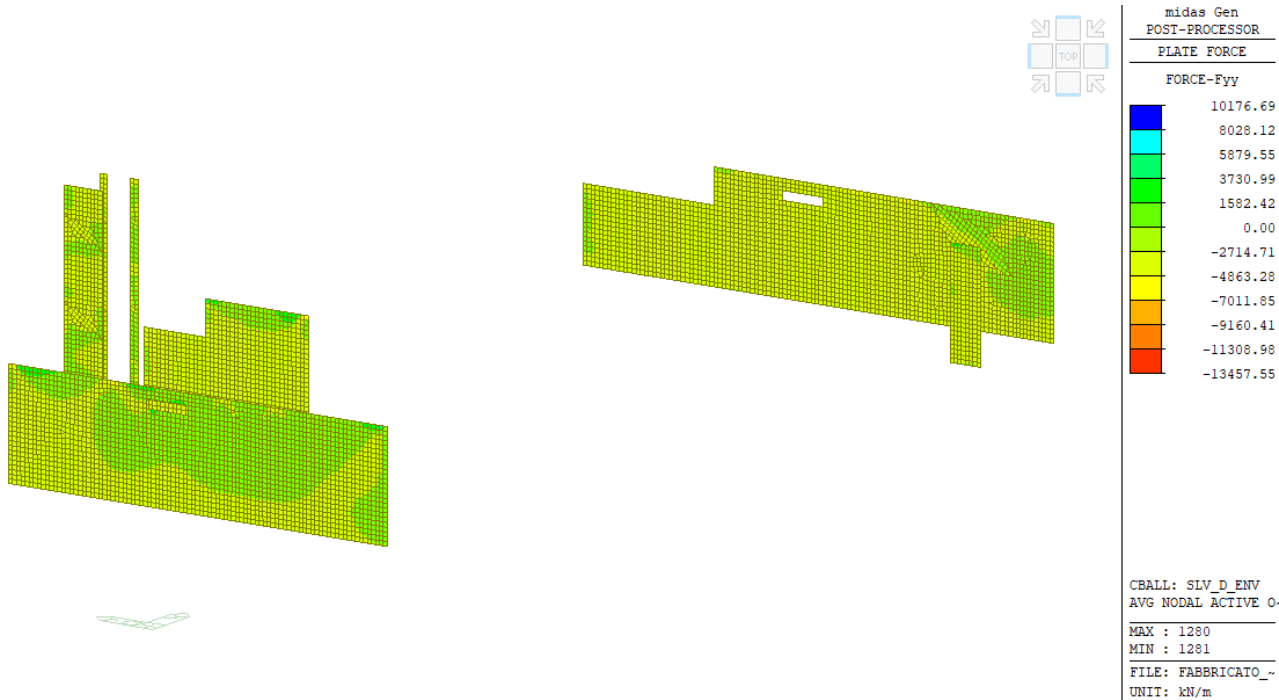


Figura 88 – Forza Fyy - Inviluppo SLV_Elastico

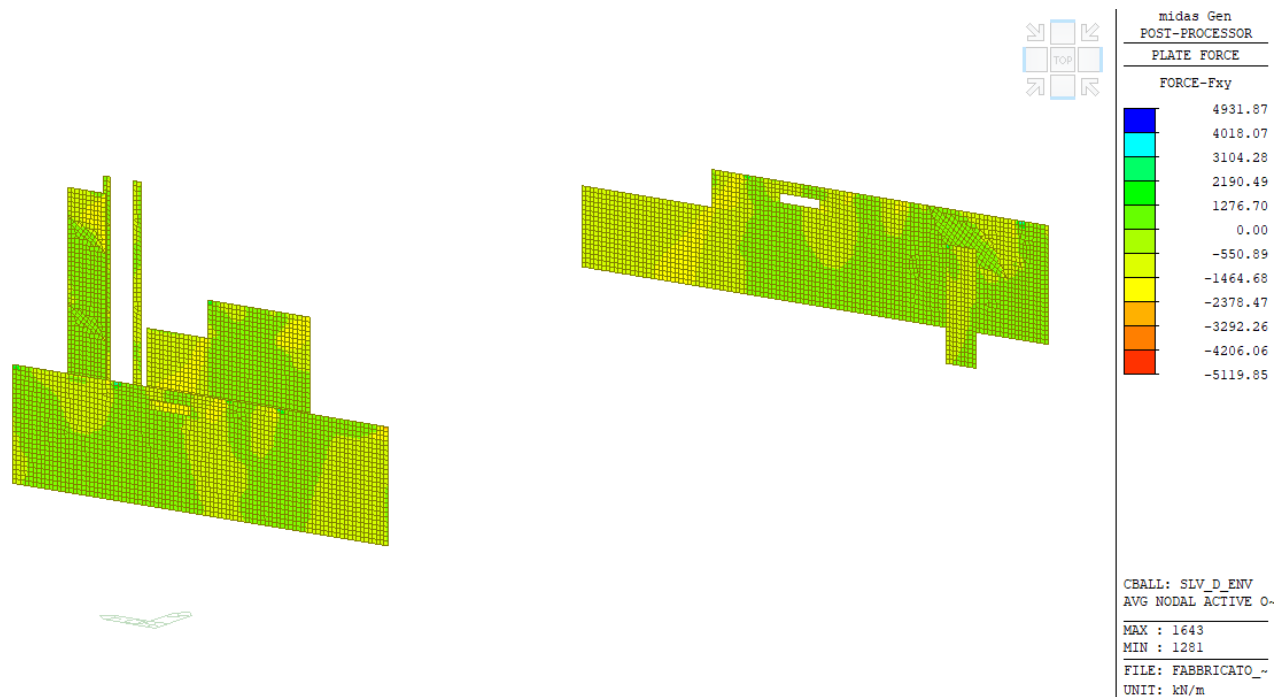


Figura 89 – Forza Fxy - Involuppo SLV_Elastico

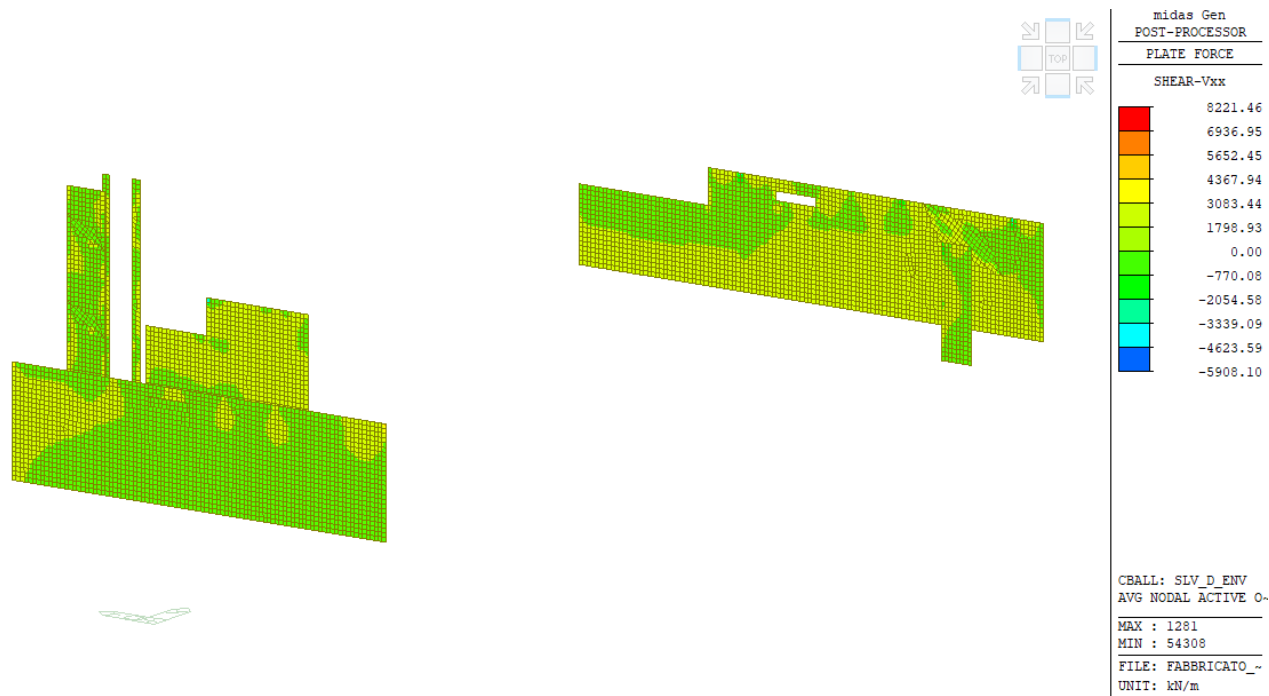


Figura 90 – Taglio Vxx - Involuppo SLV_Elastico

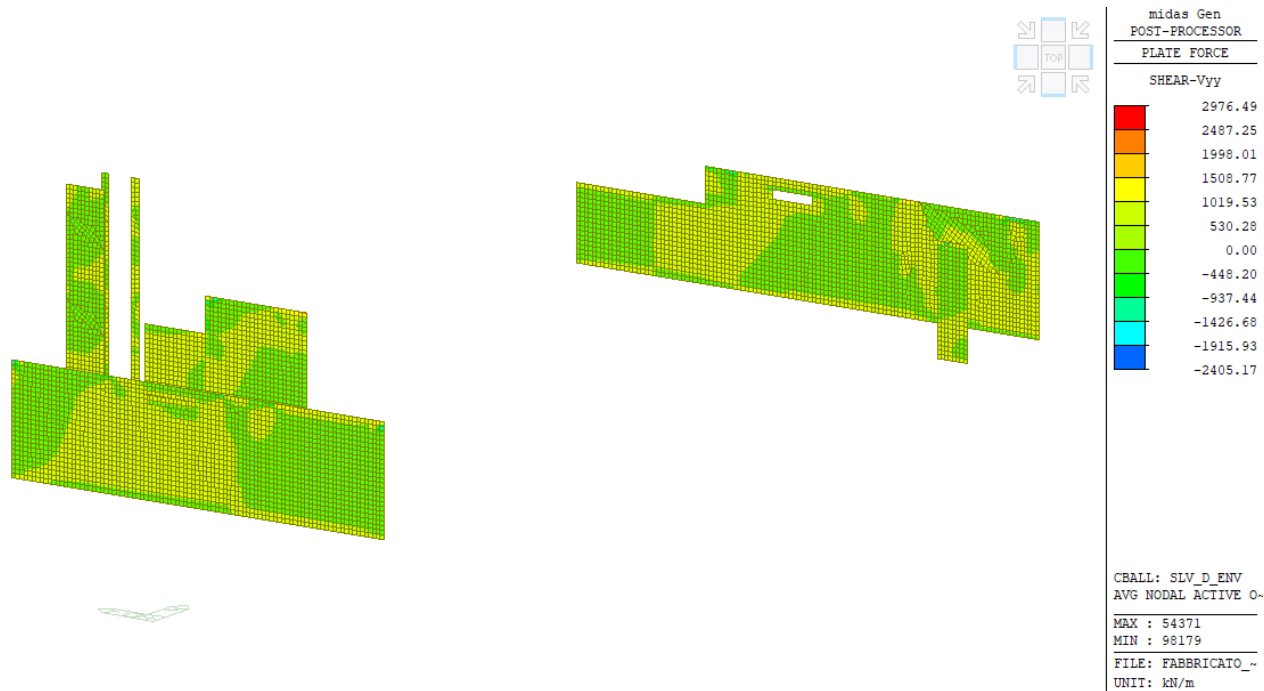


Figura 91 – Taglio Vyy - Involuppo SLV_Elastico

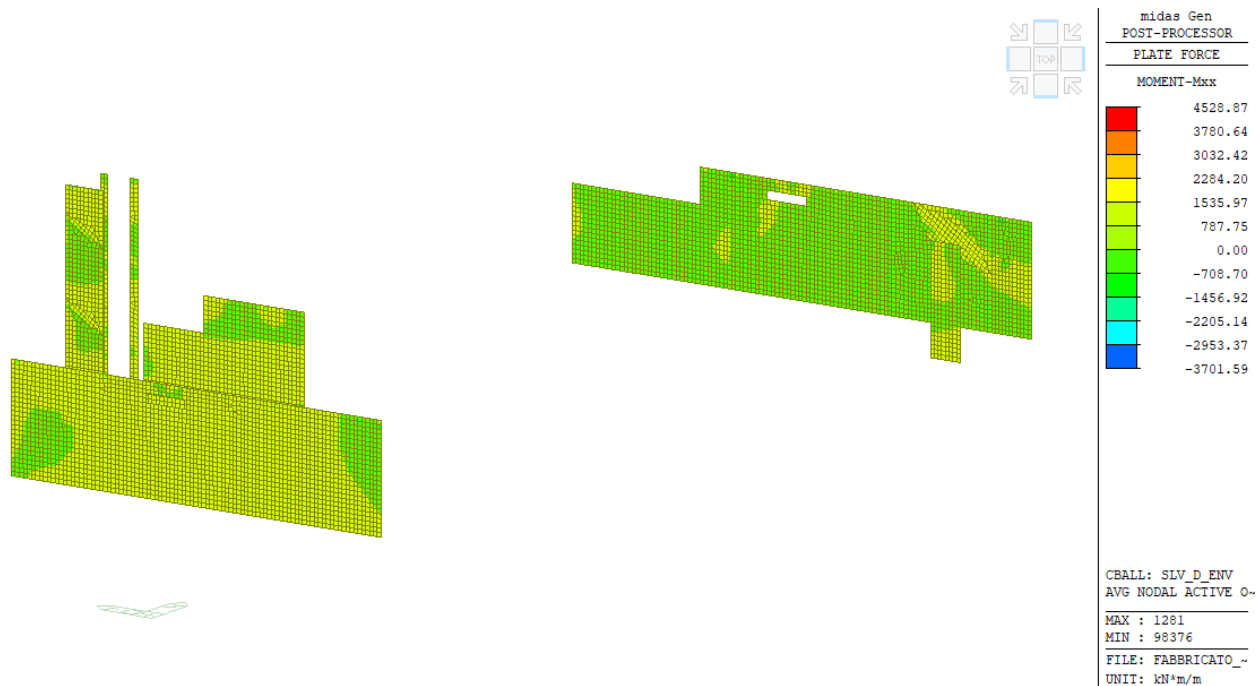


Figura 92 – Momento Mxx - Involuppo SLV_Elastico

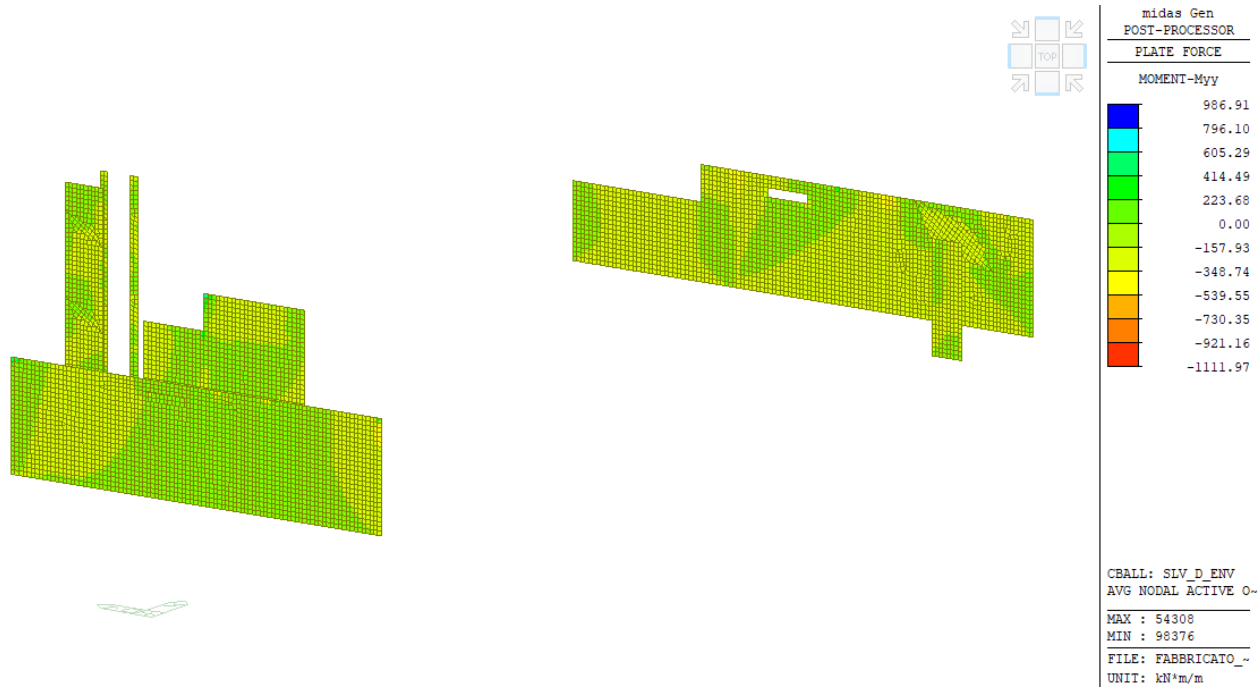


Figura 93 – Momento Myy - Involuppo SLV_Elastico

8.5.2.2.3 Rampa e solaio rampa

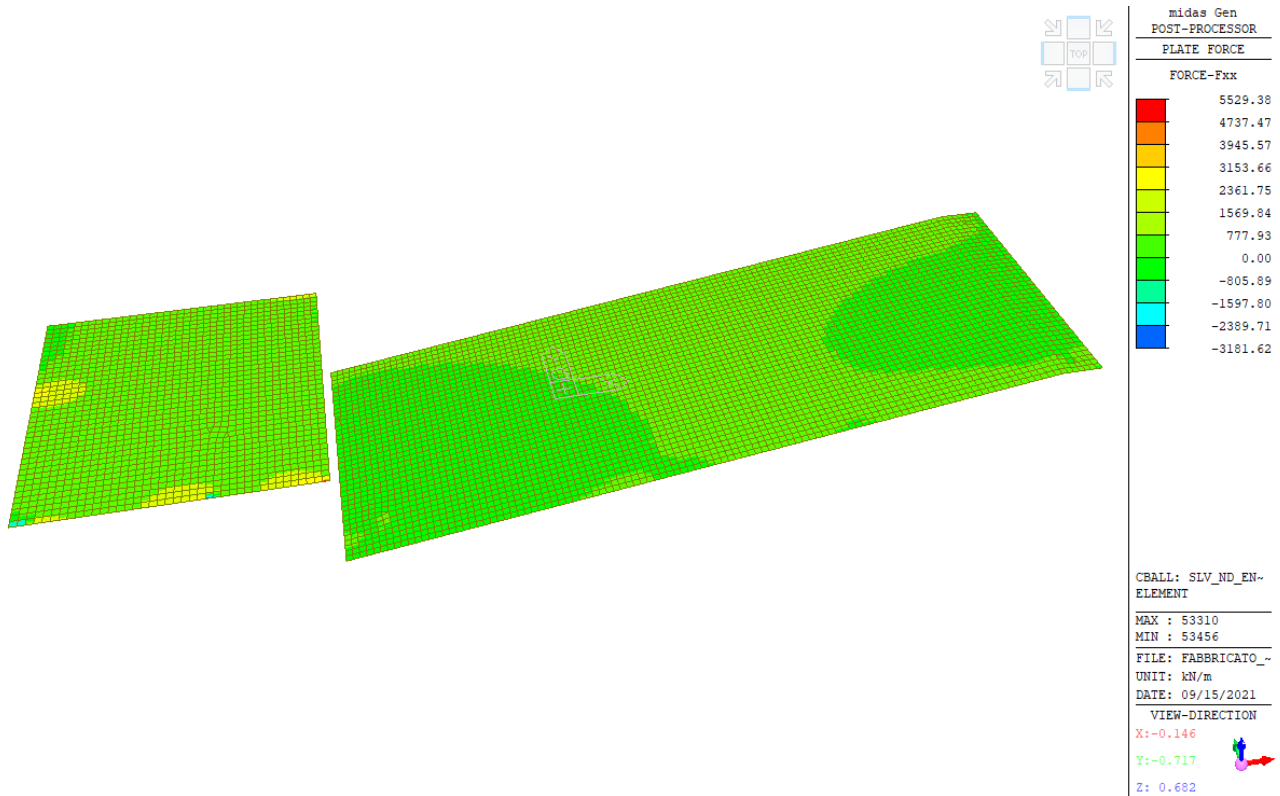


Figura 94 – Forza Fxx - Involuppo SLV_Elastico

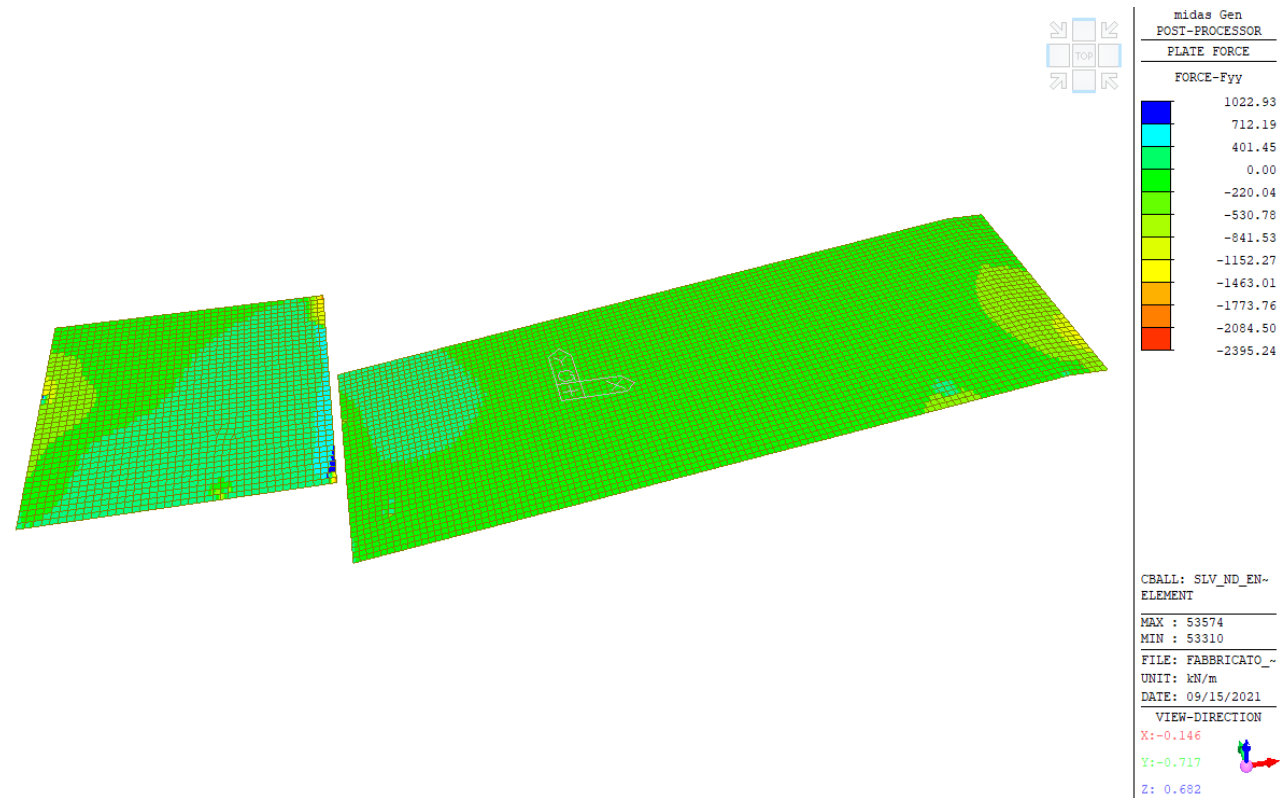


Figura 95 – Forza Fyy - Inviluppo SLV_Elastico

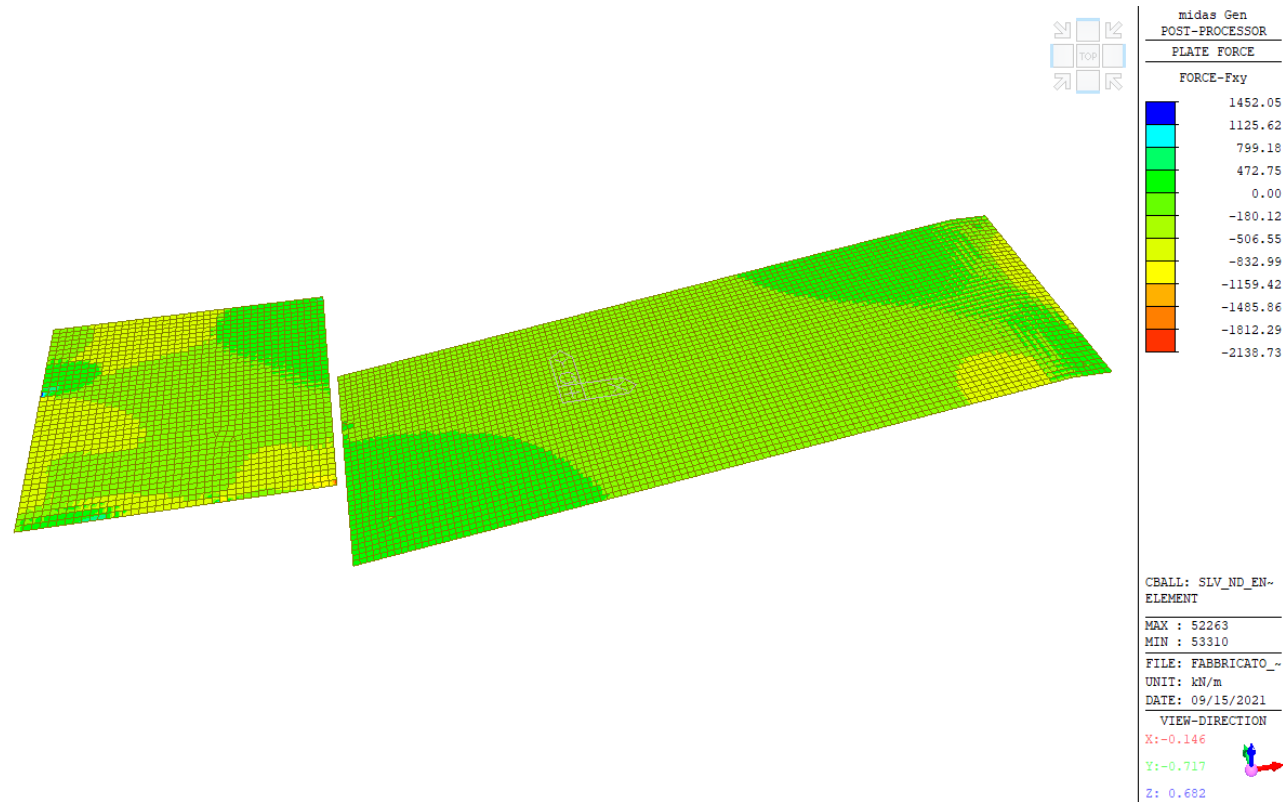


Figura 96 – Forza Fxy - Inviluppo SLV_Elastico

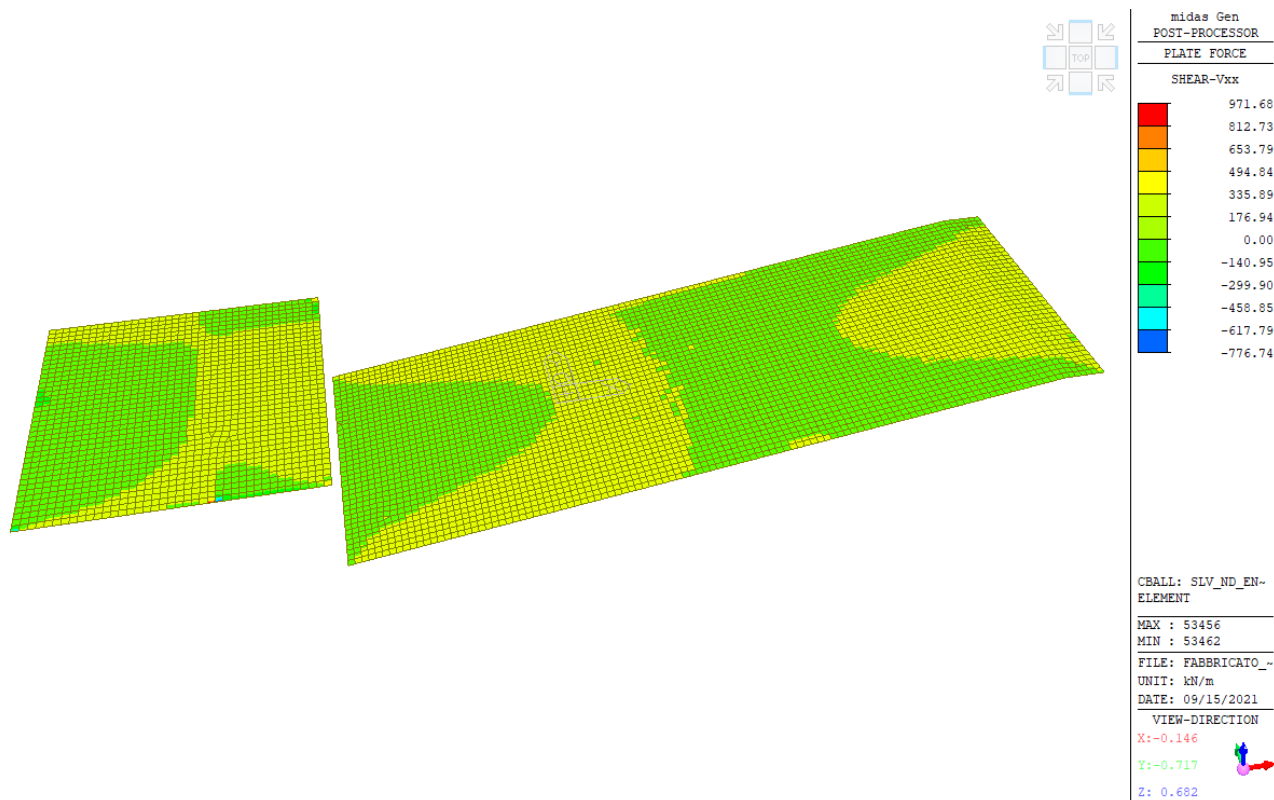


Figura 97 – Taglio Vxx - Involuppo SLV_Elastico

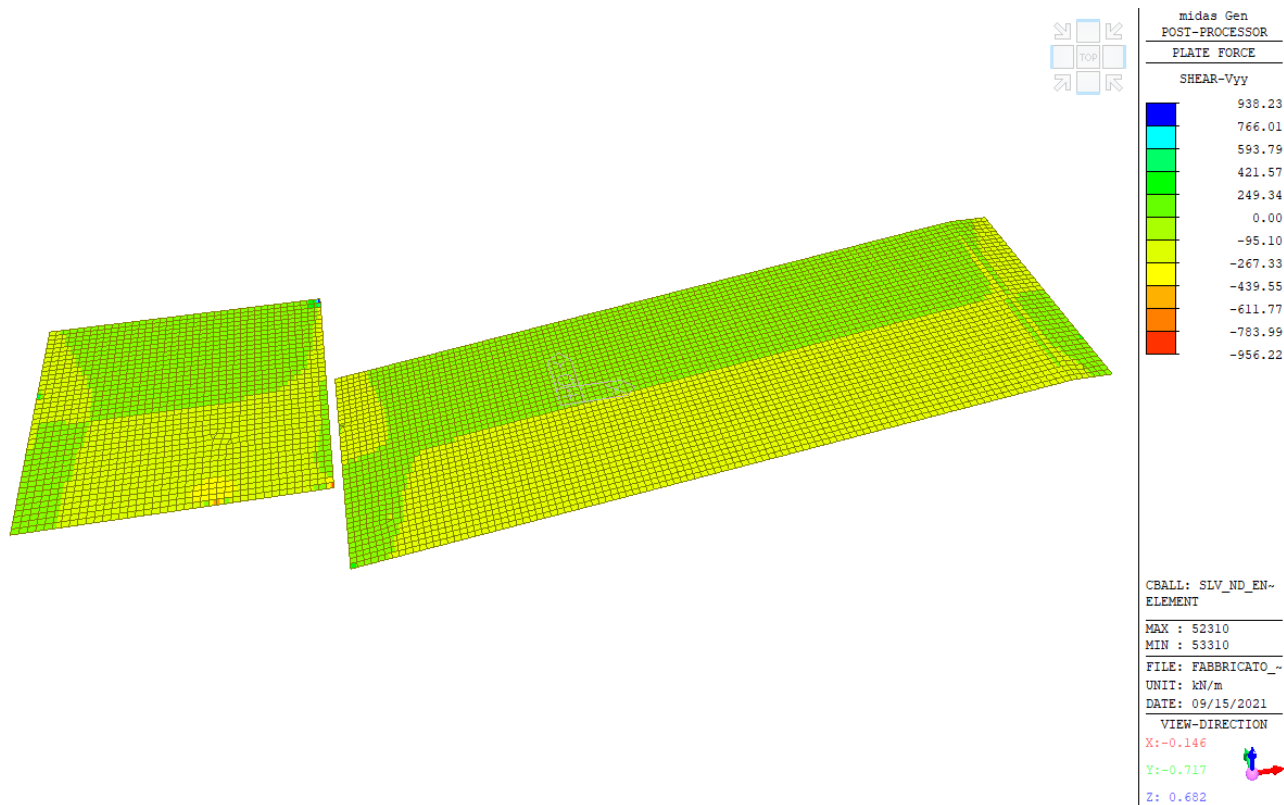


Figura 98 – Taglio Vyy - Involuppo SLV_Elastico

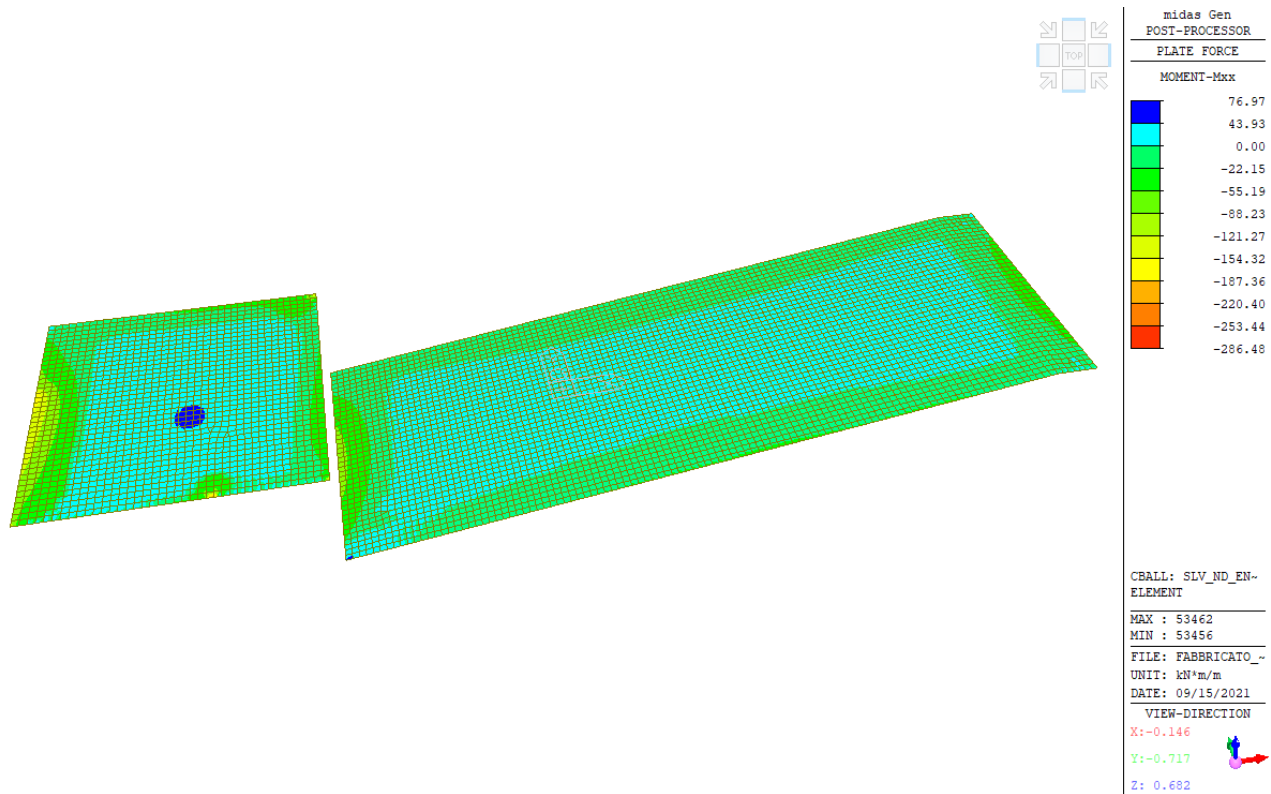


Figura 99 – Momento Mxx - Involuppo SLV_Elastico

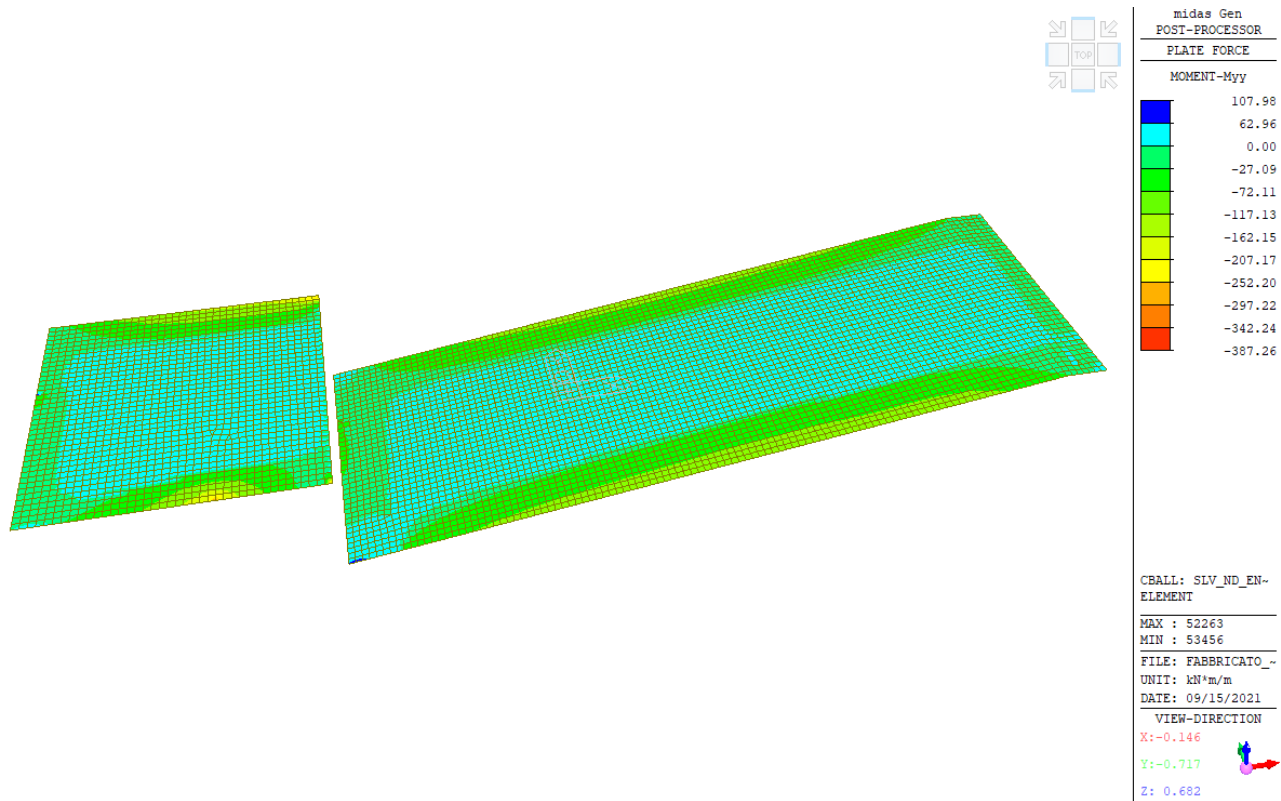


Figura 100 – Momento Myy - Involuppo SLV_Elastico

8.5.2.2.4 Platea

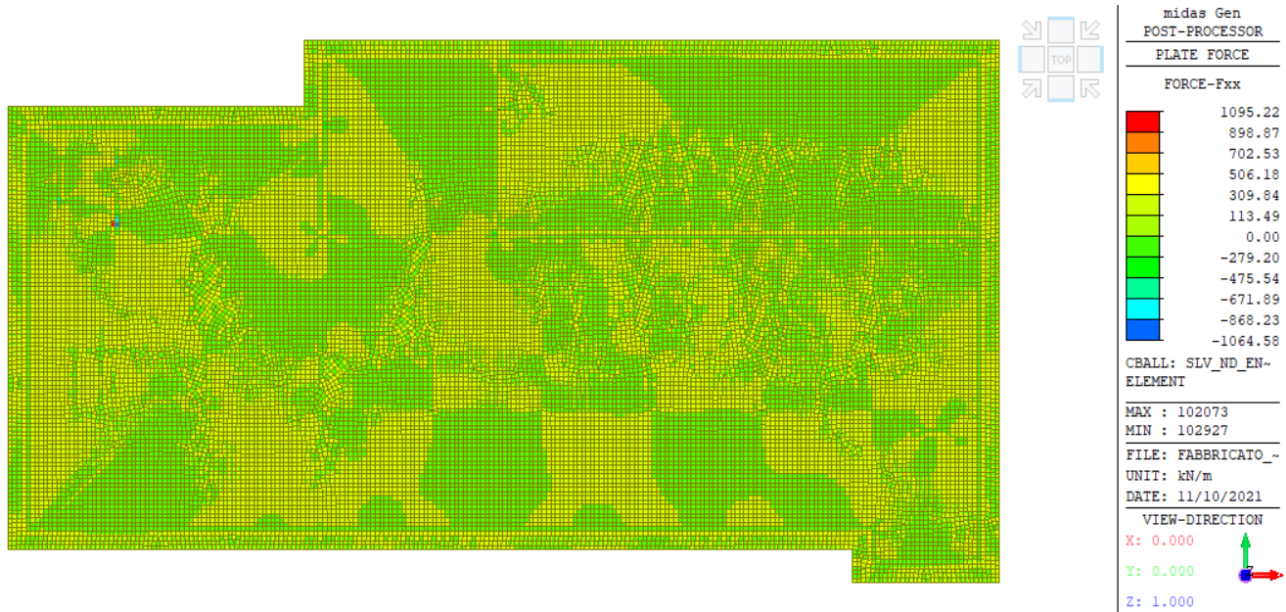


Figura 101 – Forza Fxx - Involuppo SLV_Elastico

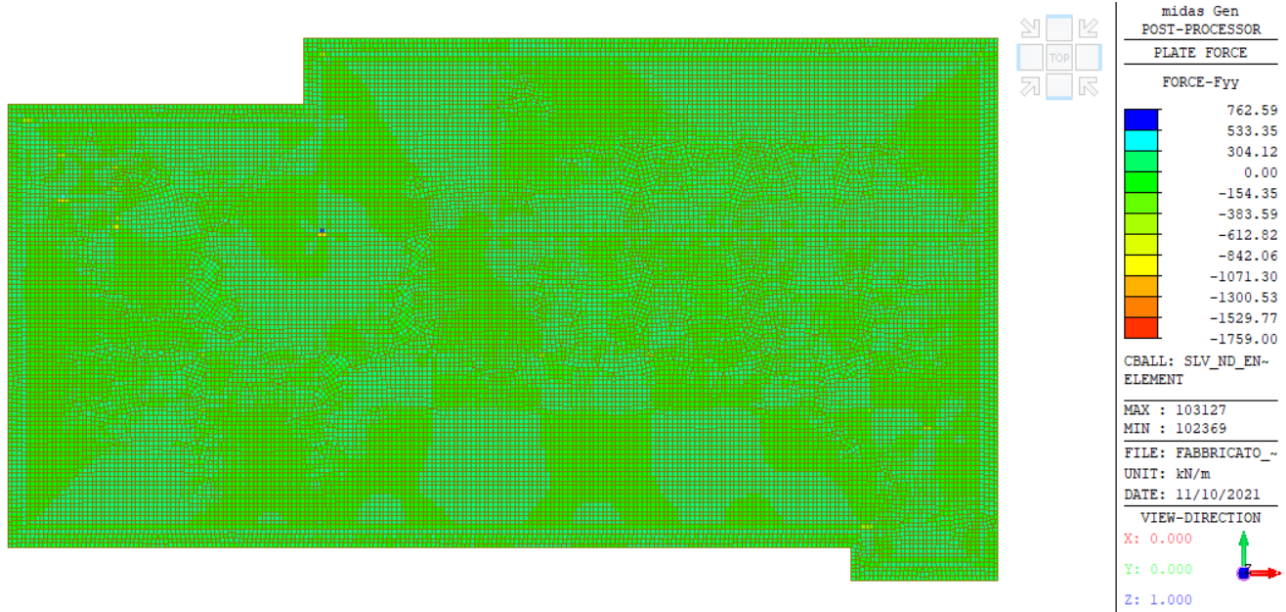


Figura 102 – Forza Fyy - Involuppo SLV_Elastico

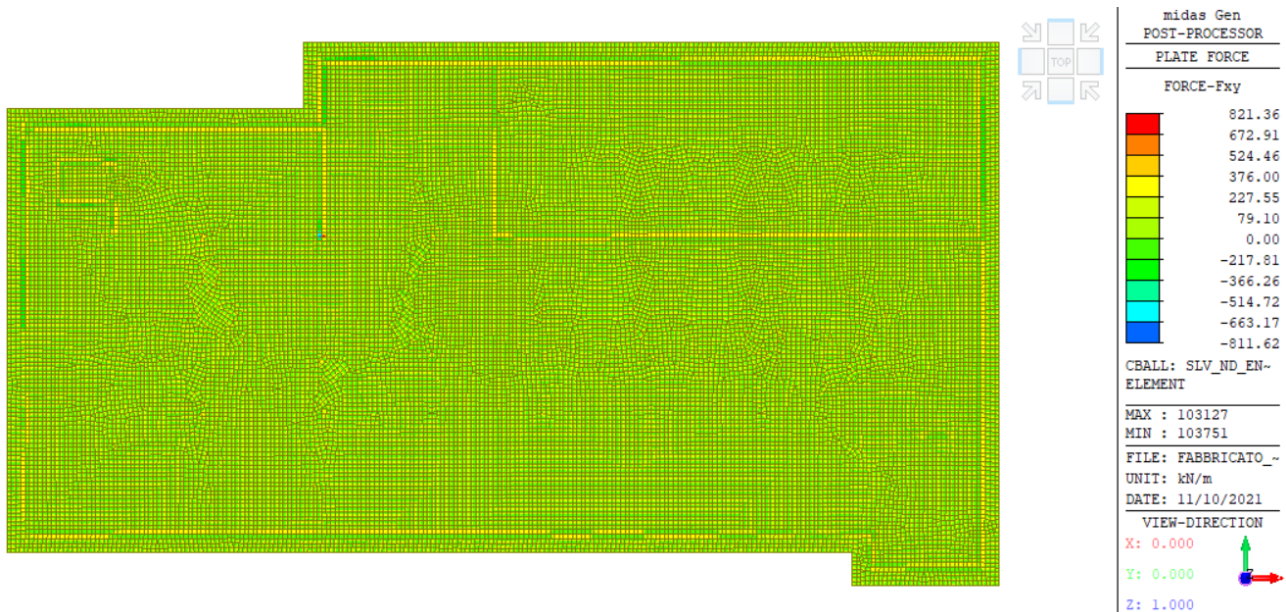


Figura 103 – Forza Fxy - Inviluppo SLV_Elastico

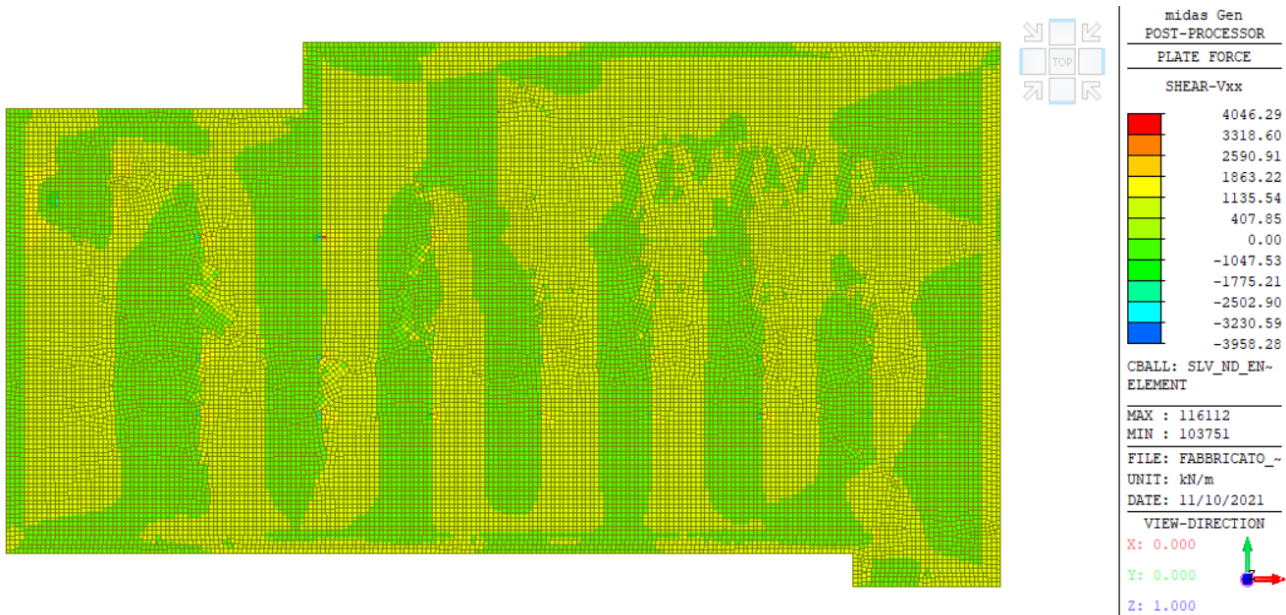


Figura 104 – Taglio Vxx - Inviluppo SLV_Elastico

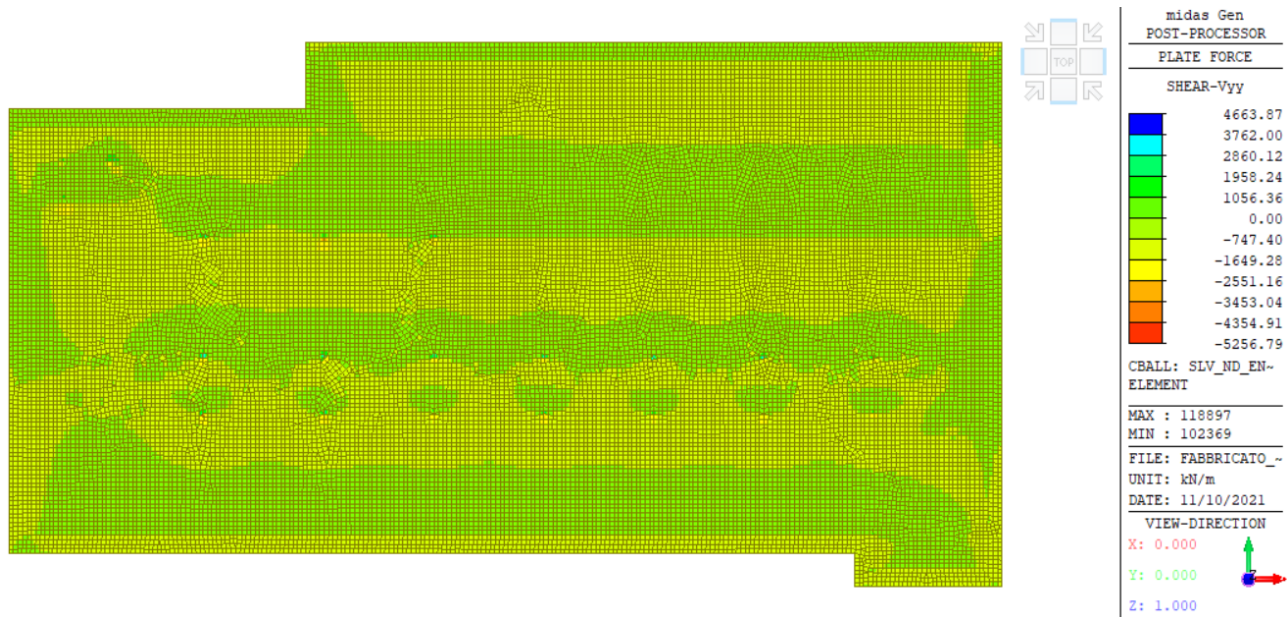


Figura 105 – Taglio Vyy - Inviluppo SLV_Elastico

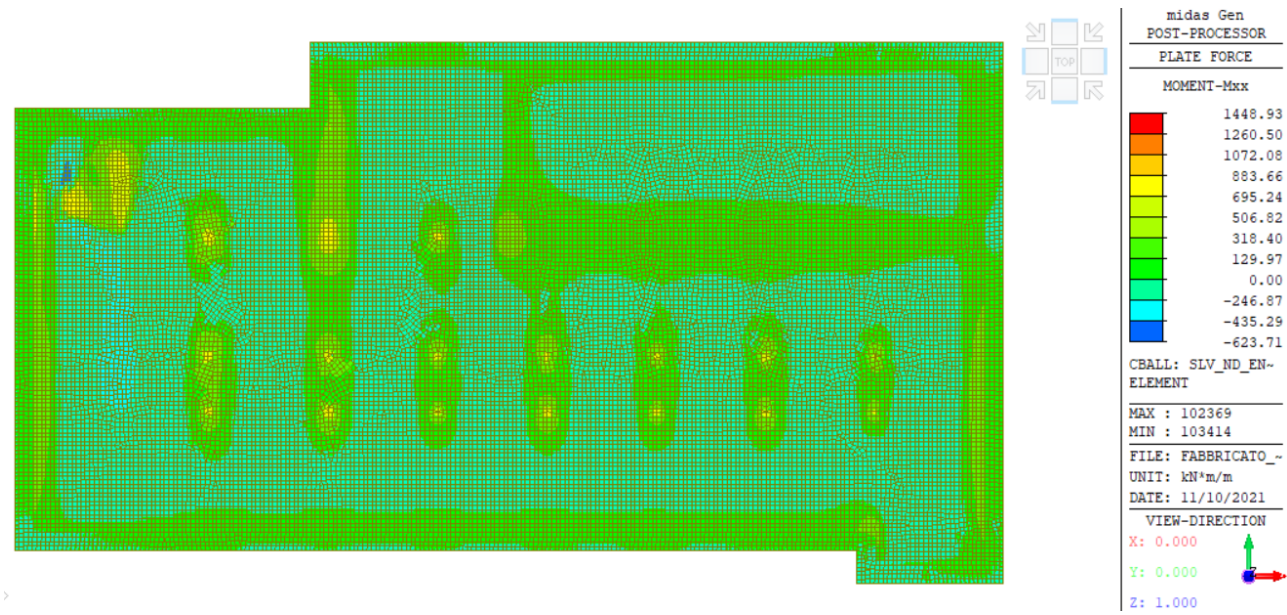


Figura 106 – Momento Mxx - Inviluppo SLV_Elastico

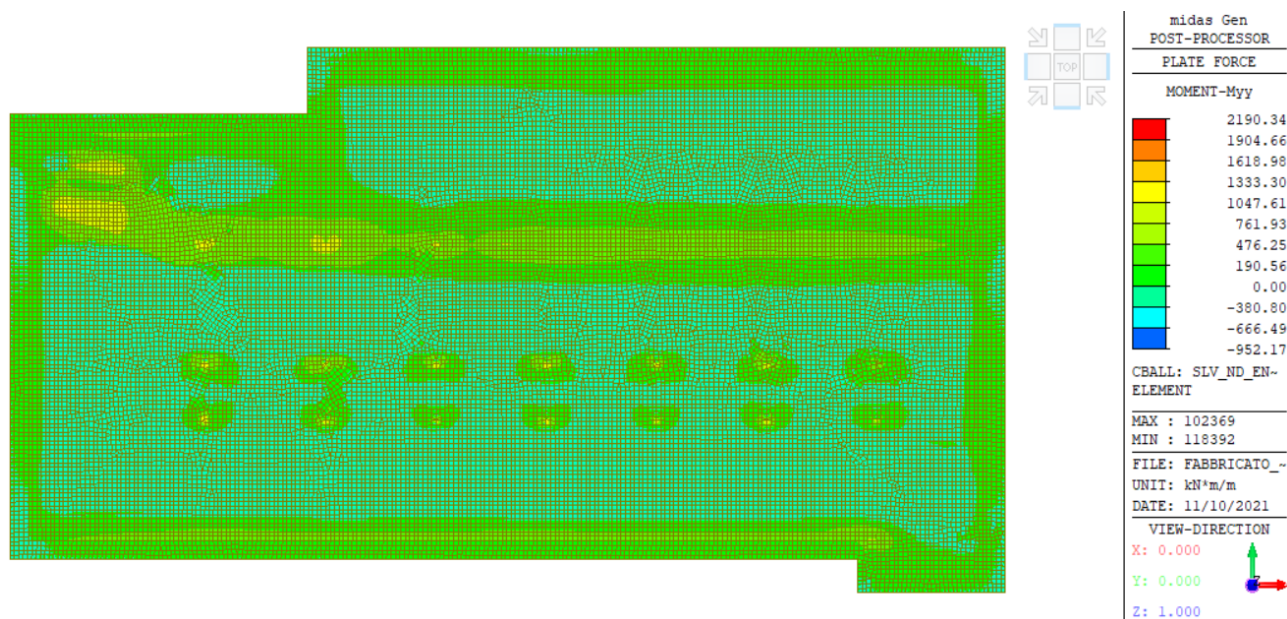


Figura 107 – Momento Myy - Involuppo SLV_Elastico

8.5.3 SLE

8.5.3.1 Beam

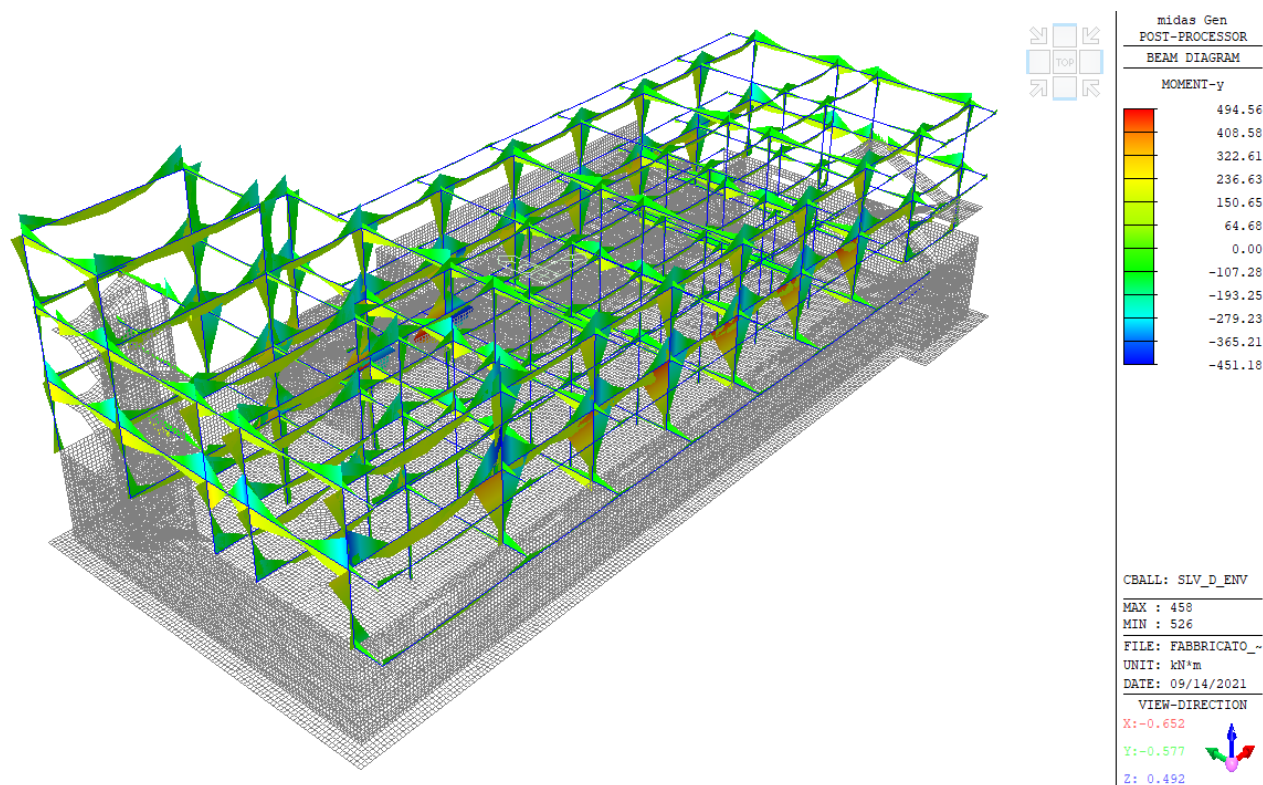


Figura 108 – Momento My - Involuppo SLE

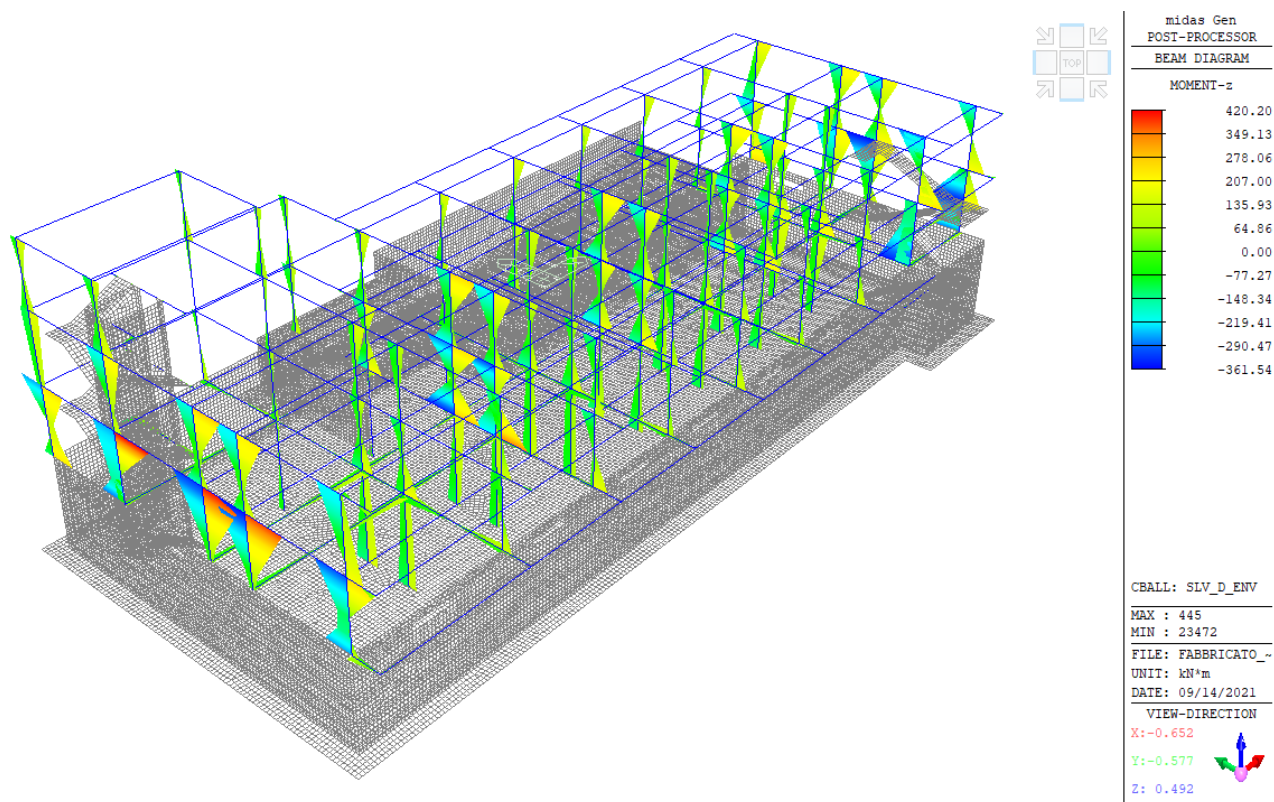


Figura 109 – Momento Mz - Involuppo SLE

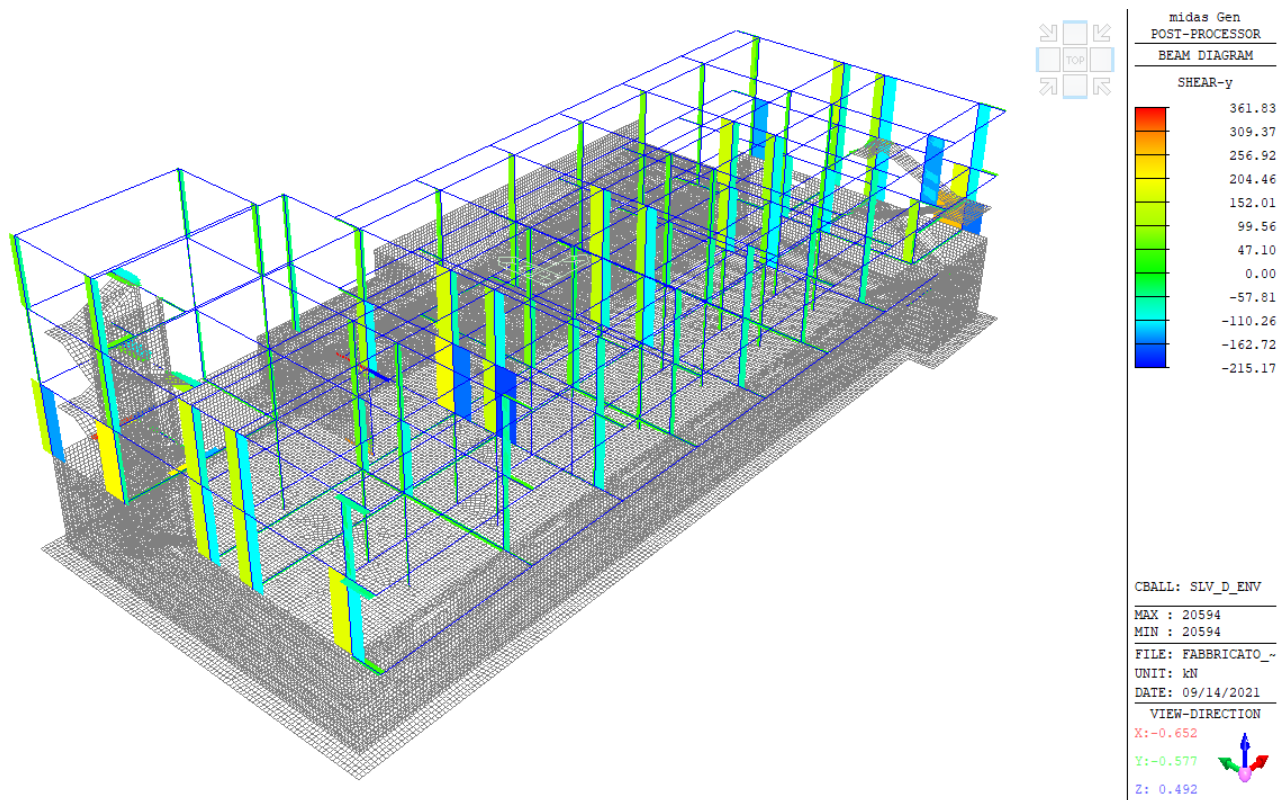


Figura 110 – Taglio Fy - Involuppo SLE

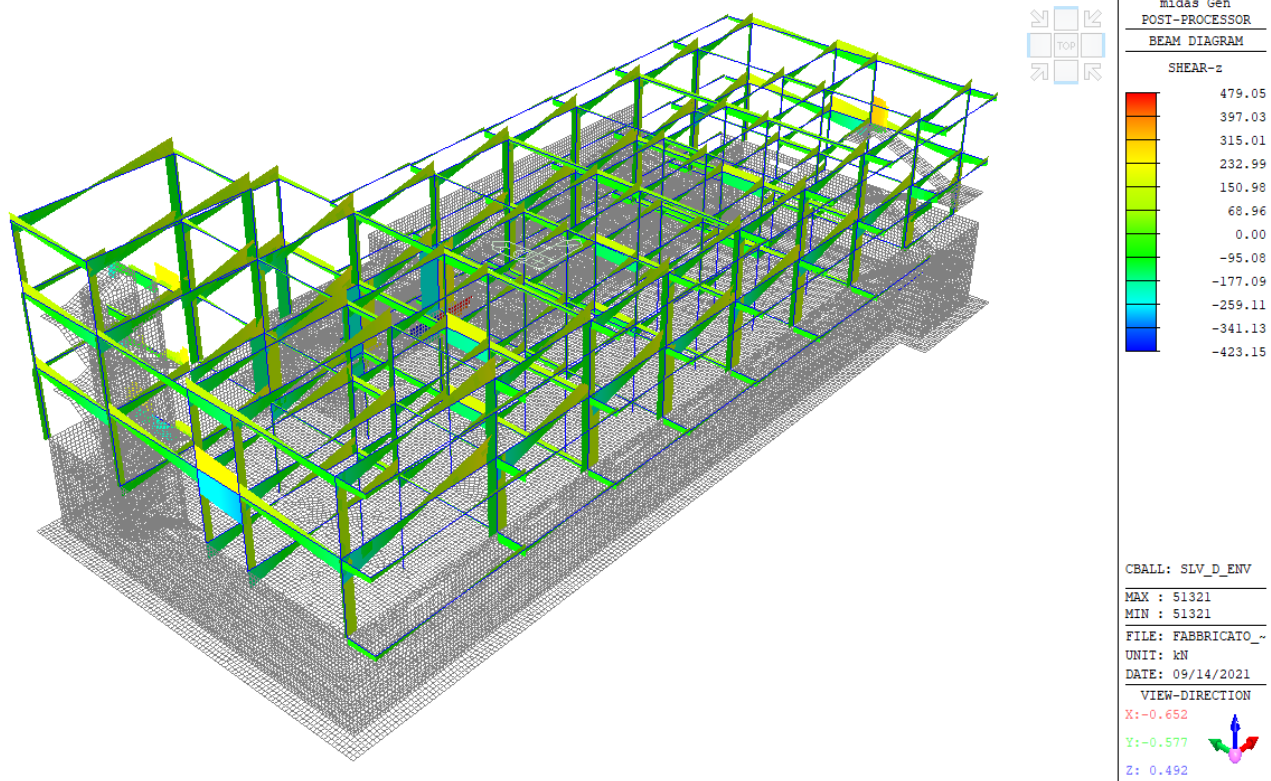


Figura 111 – Taglio Fz - Involuppo SLE

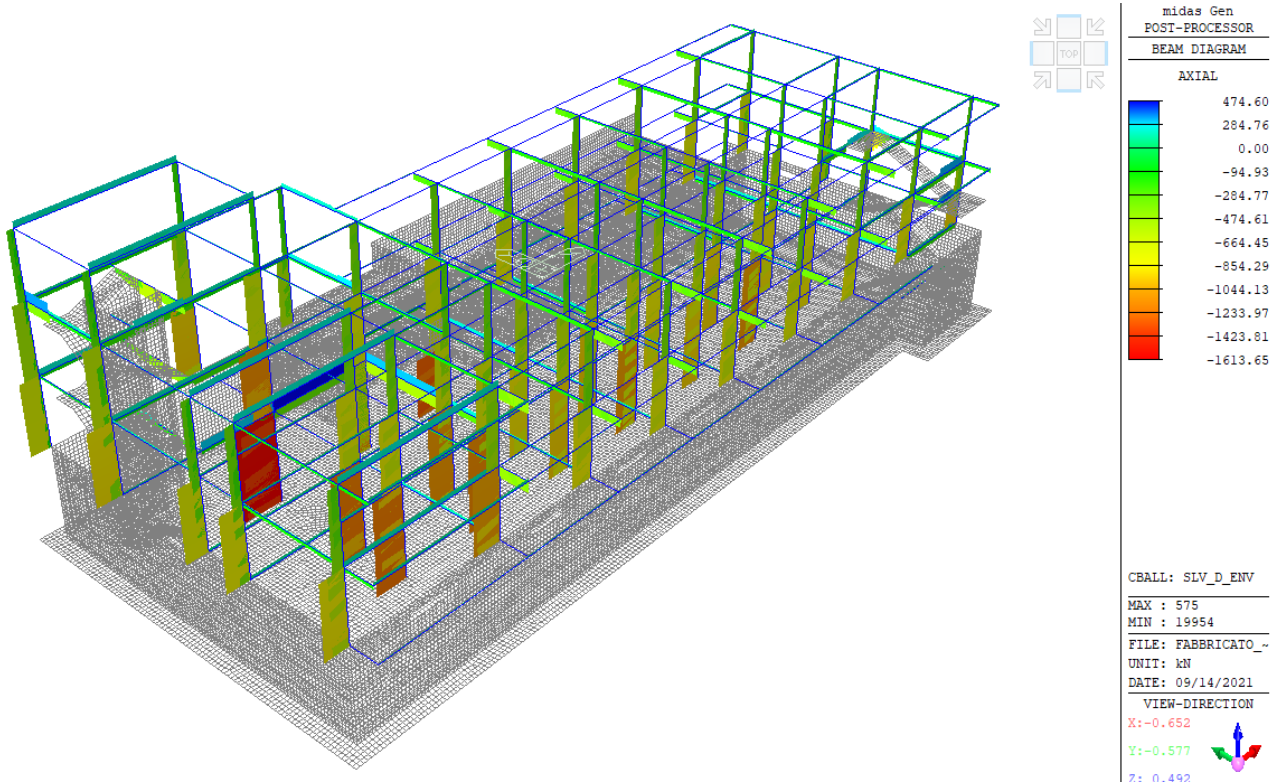


Figura 112 – Sforzo Normale Fx - Involuppo SLE

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 91 DI 185
---	---	------------------------------

8.5.3.2 Plate

8.5.3.2.1 Pareti longitudinali

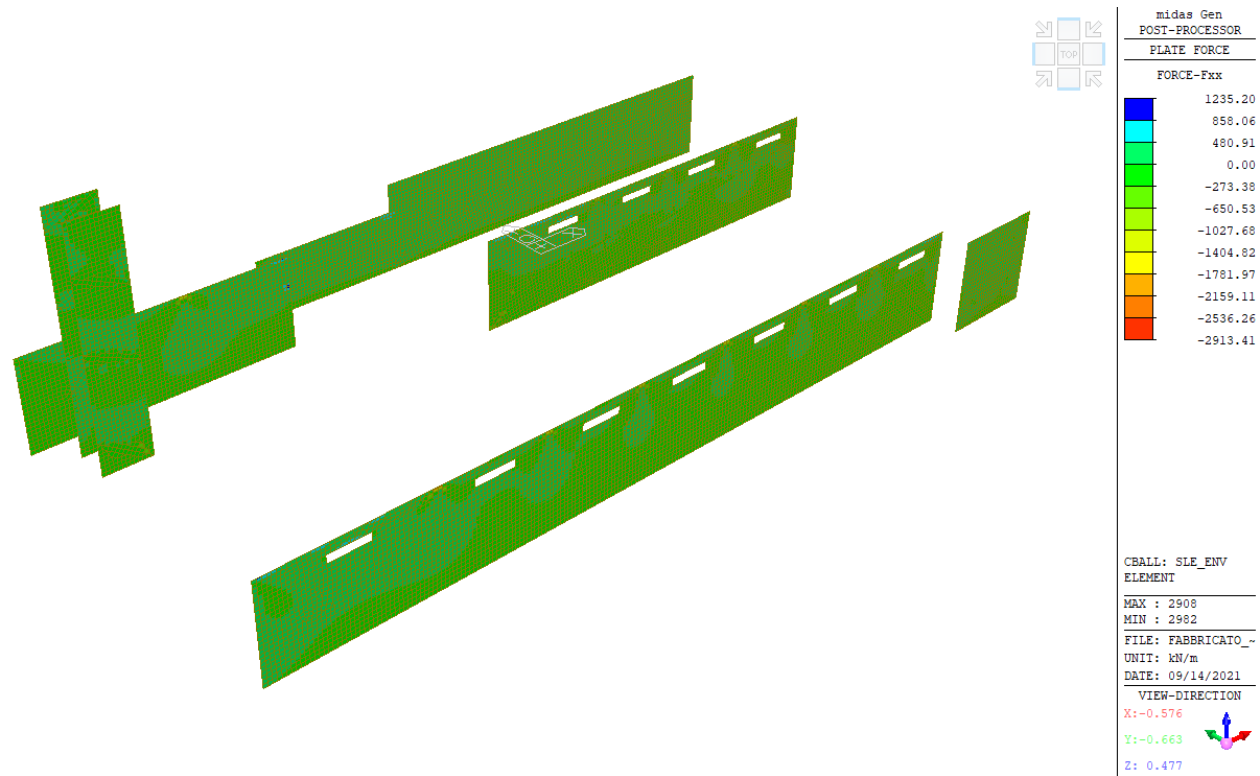


Figura 113 – Forza Fxx - Inviluppo SLE



Figura 114 – Forza Fyy - Involuppo SLE

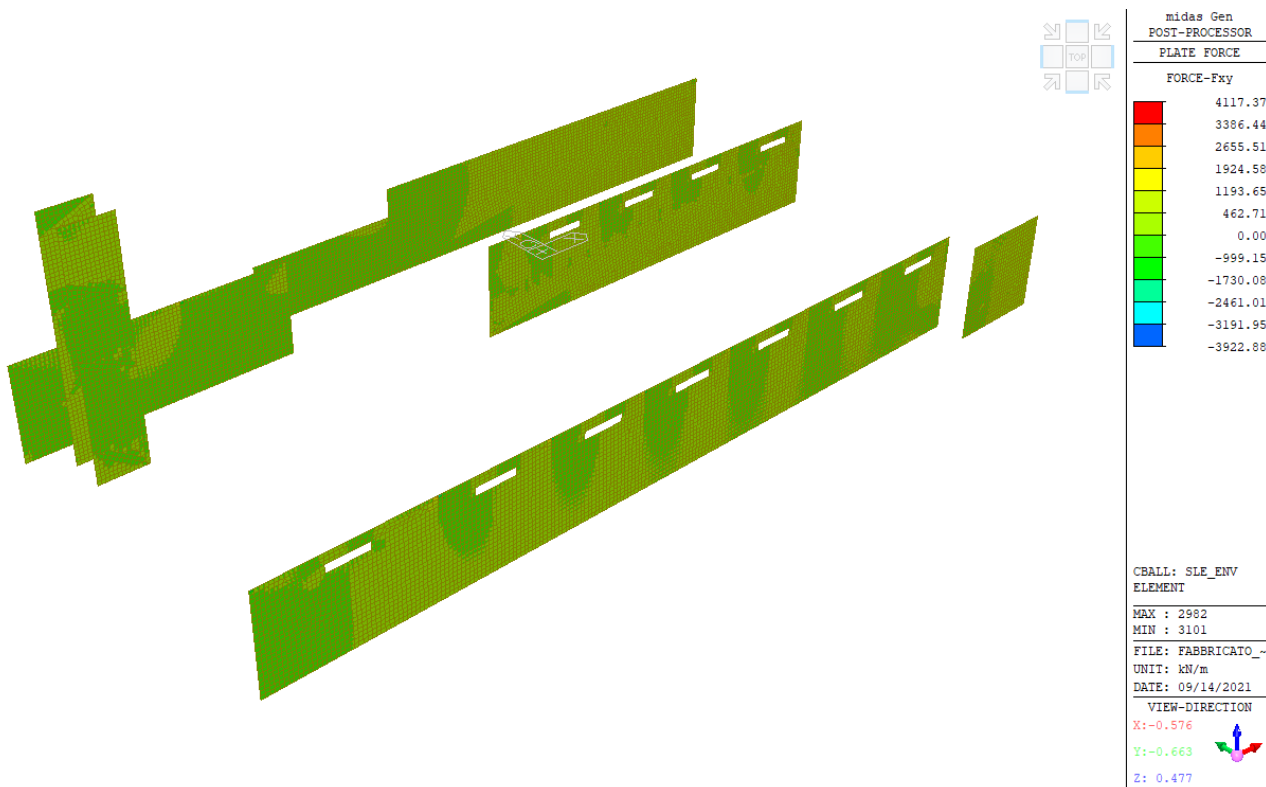


Figura 115 – Forza Fxy - Involuppo SLE

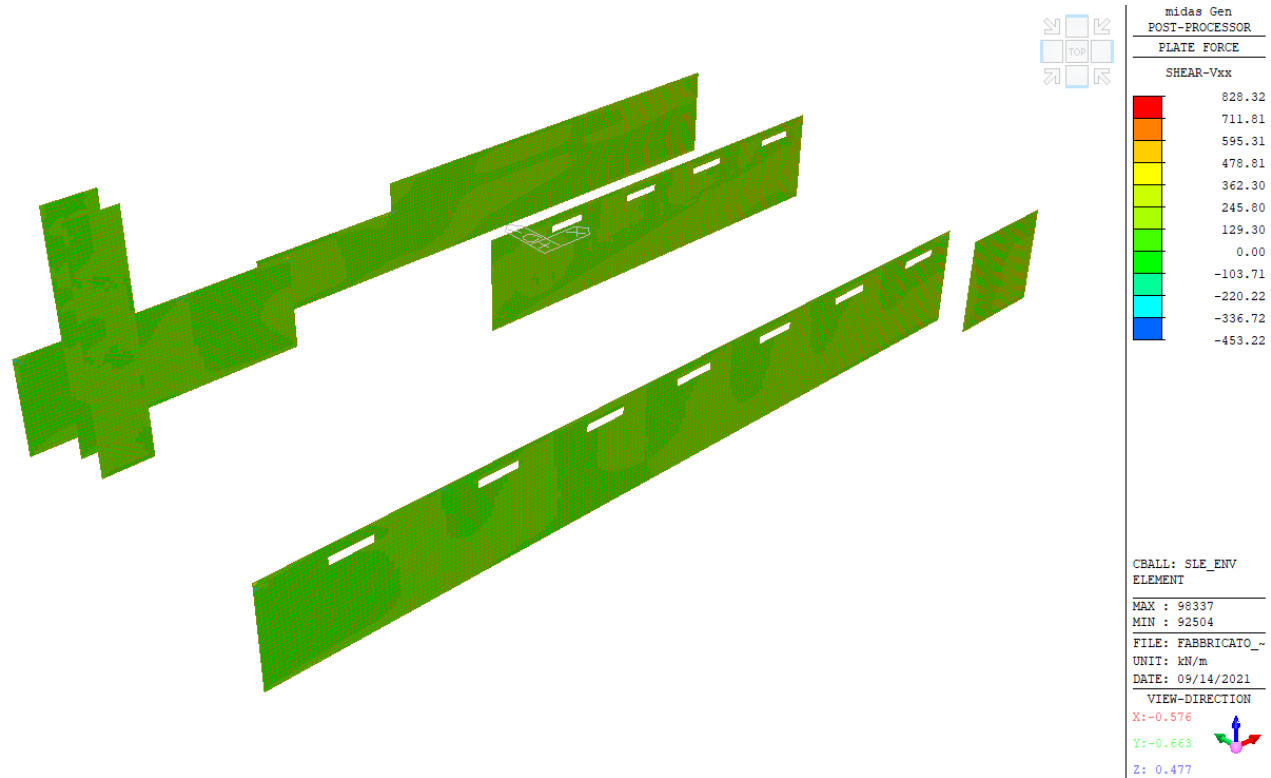


Figura 116 – Taglio Vxx - Involuppo SLE

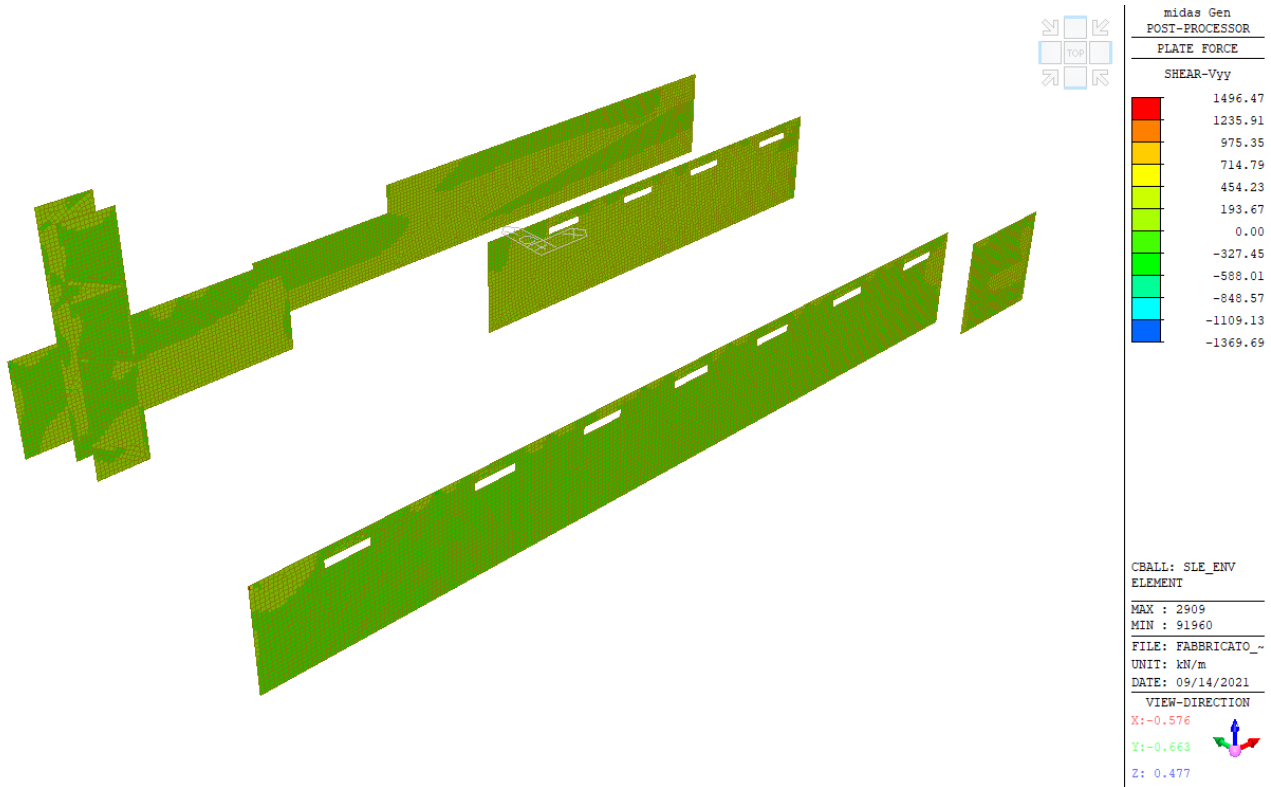


Figura 117 – Taglio Vyy - Involuppo SLE

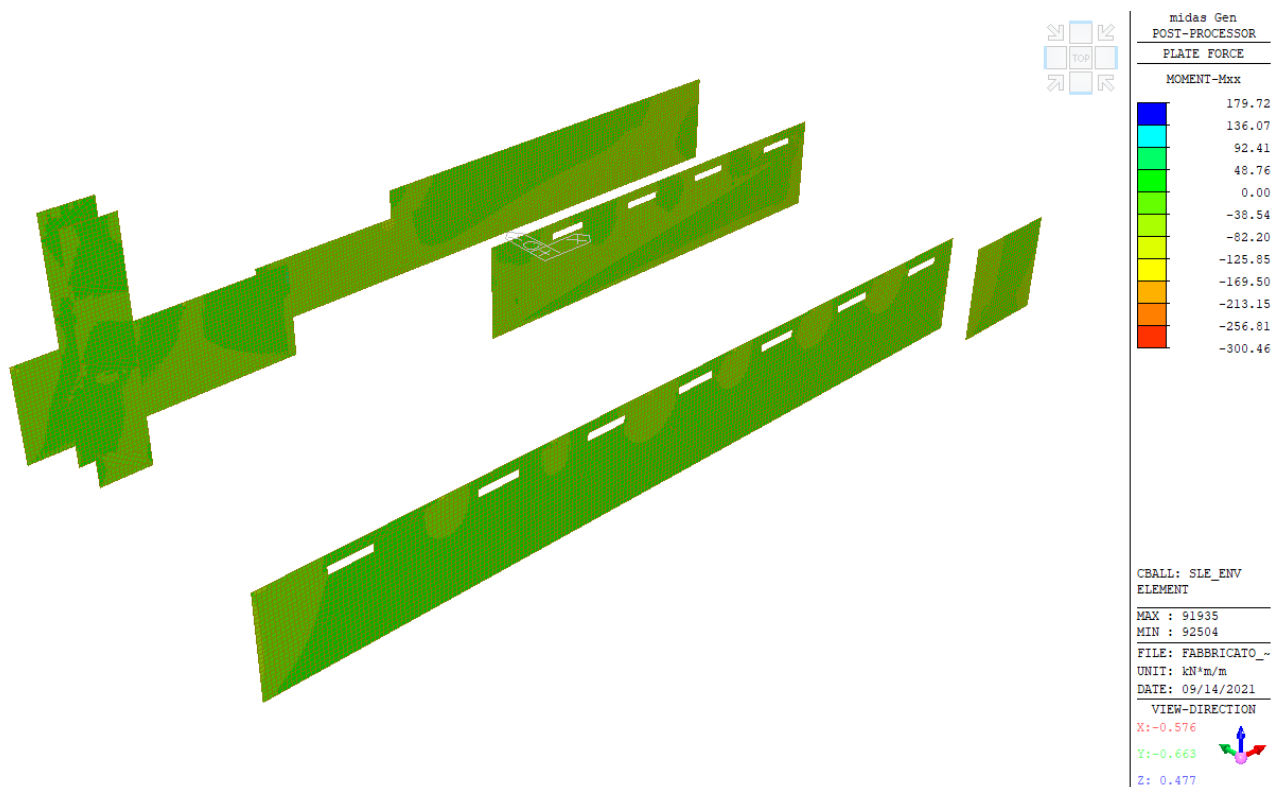


Figura 118 – Momento Mxx - Involuppo SLE

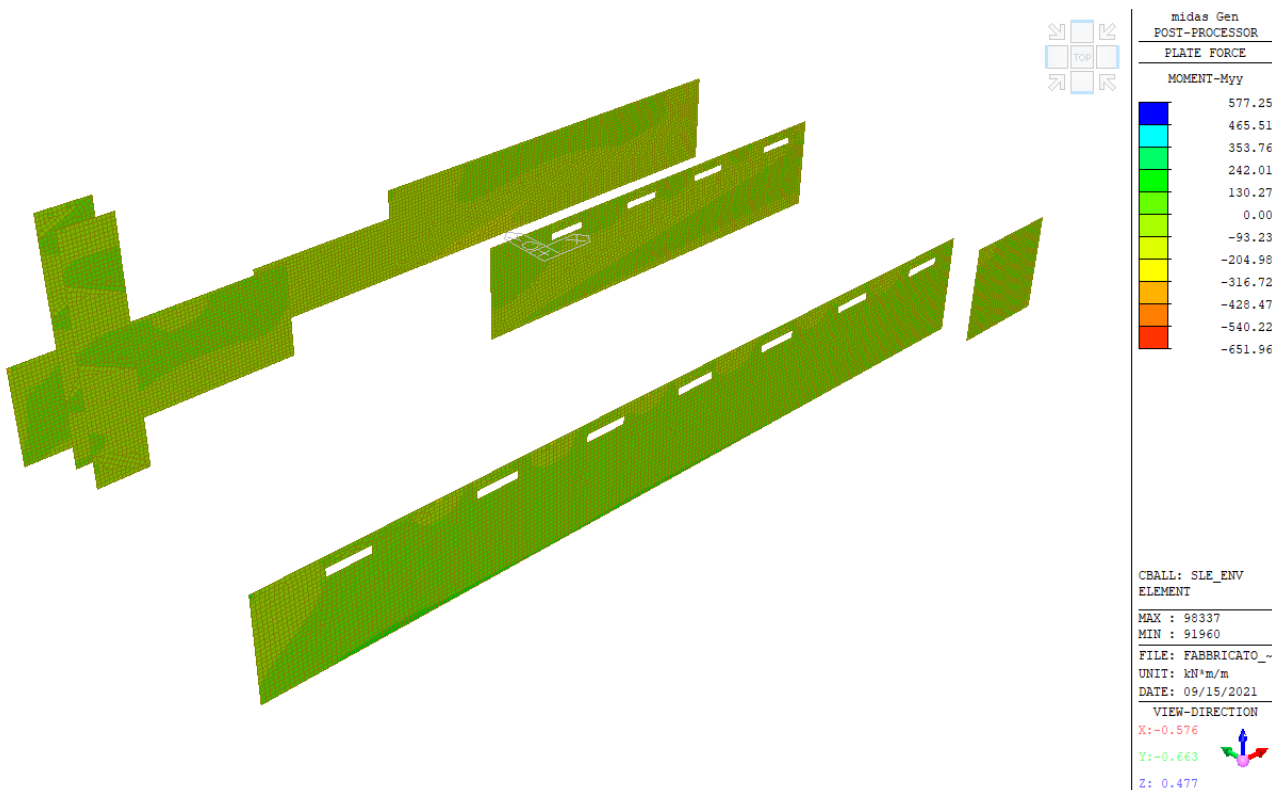


Figura 119 – Momento Myy - Involuppo SLE

8.5.3.2.2 Pareti trasversali

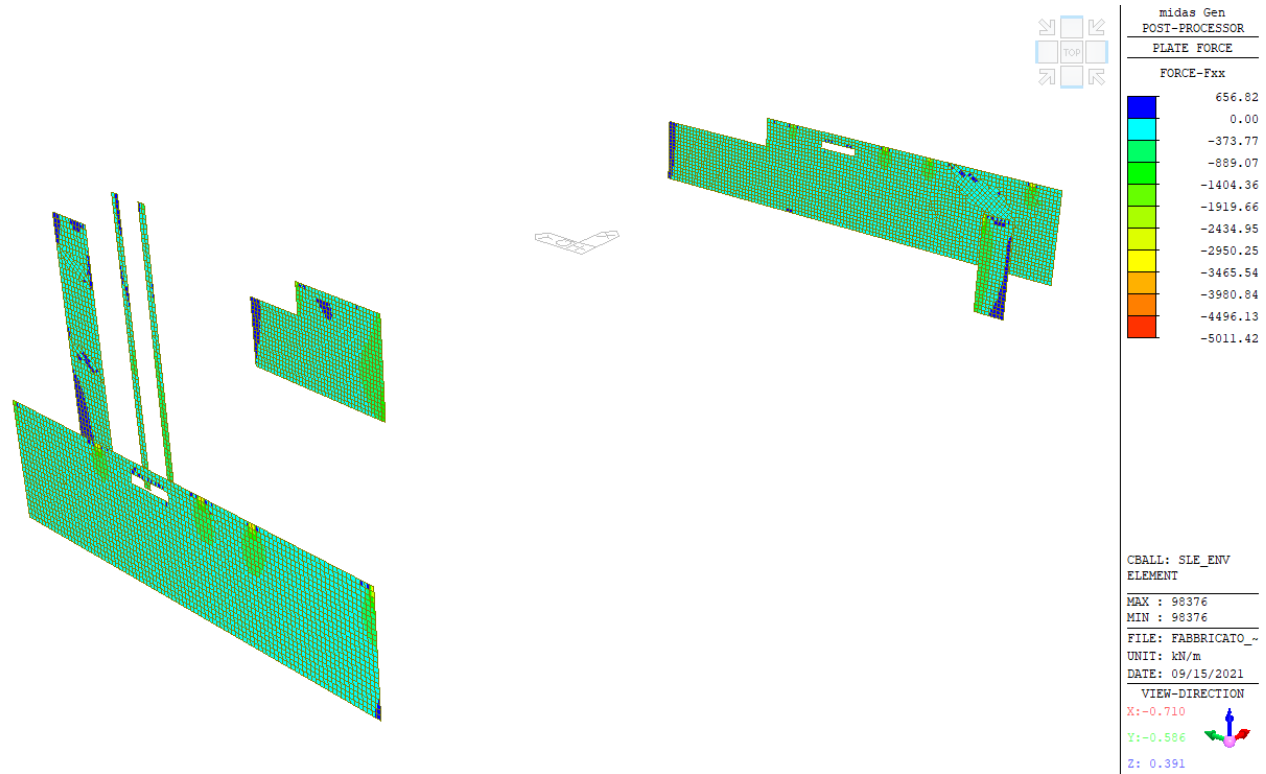


Figura 120 – Forza Fxx - Involuppo SLE

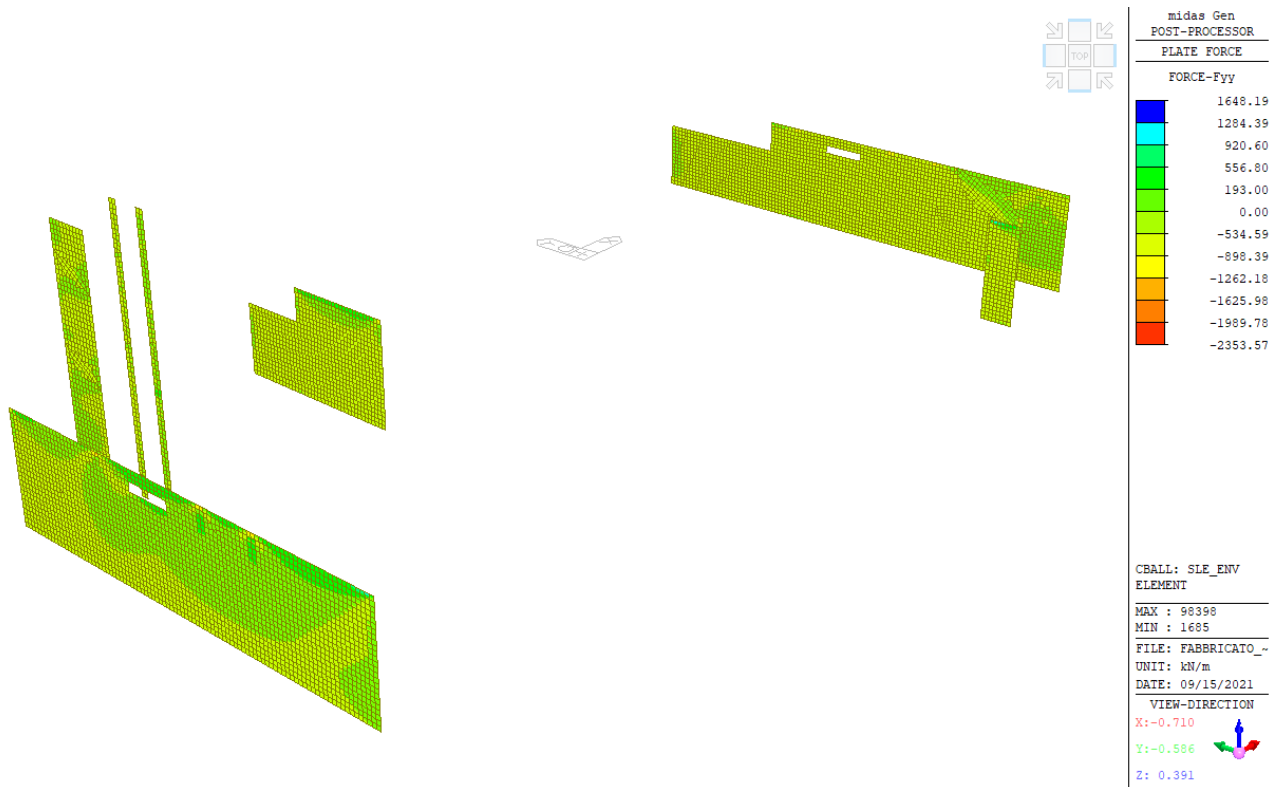


Figura 121 – Forza Fyy - Involuppo SLE

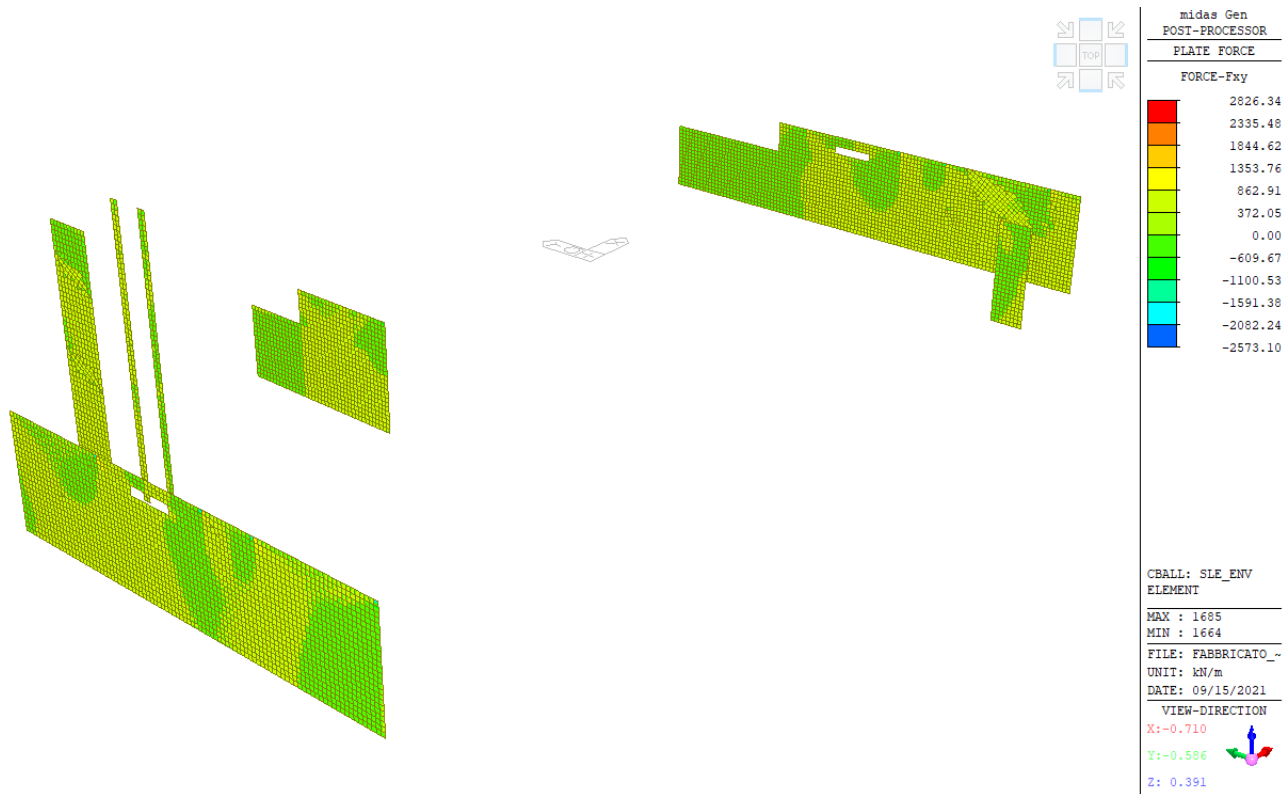


Figura 122 – Forza Fxy - Inviluppo SLE

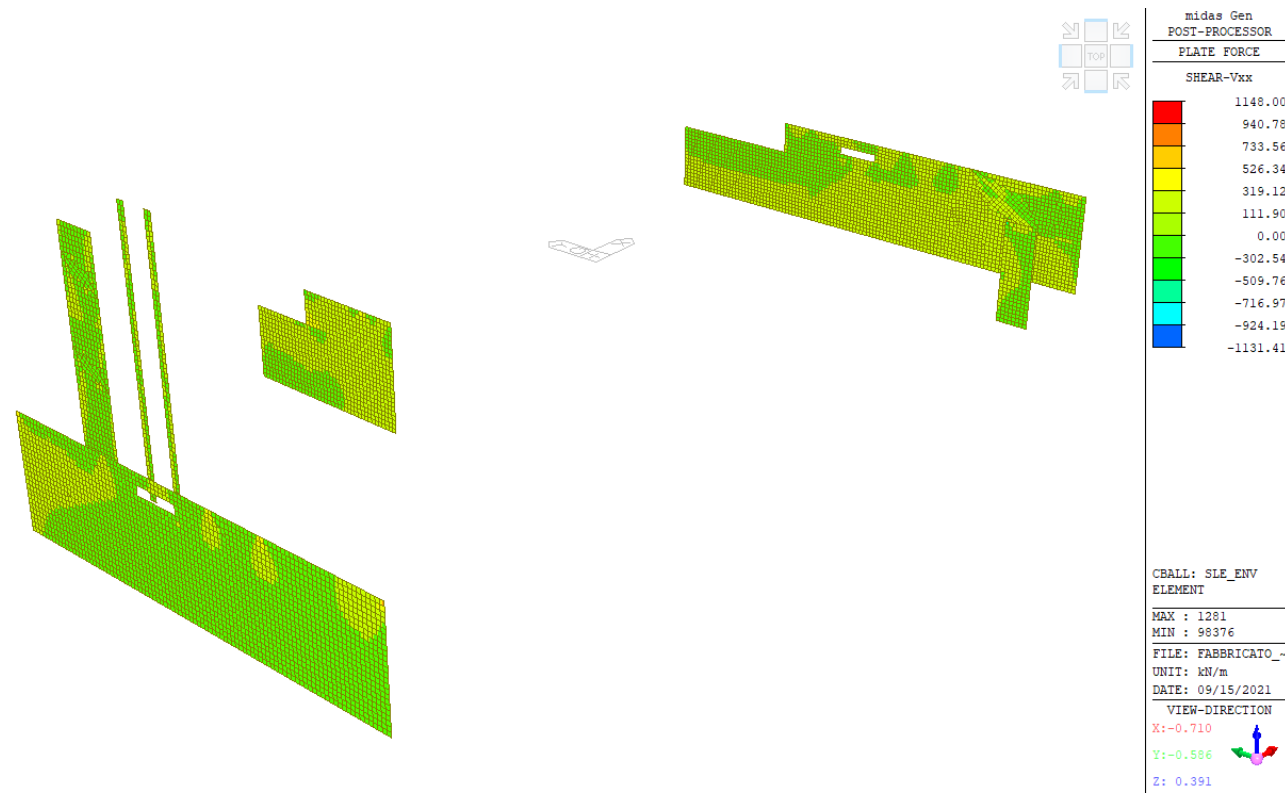


Figura 123 – Taglio Vxx - Inviluppo SLE

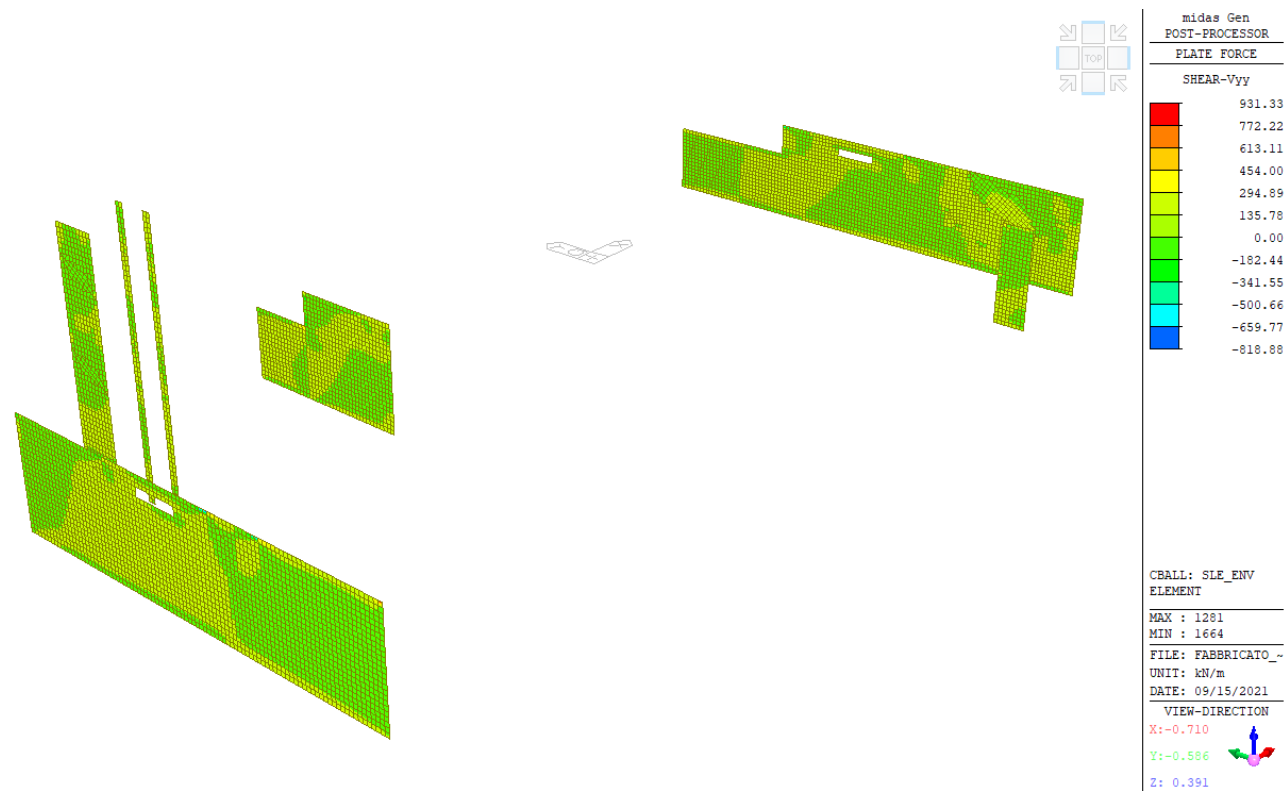


Figura 124 – Taglio Vyy - Inviluppo SLE

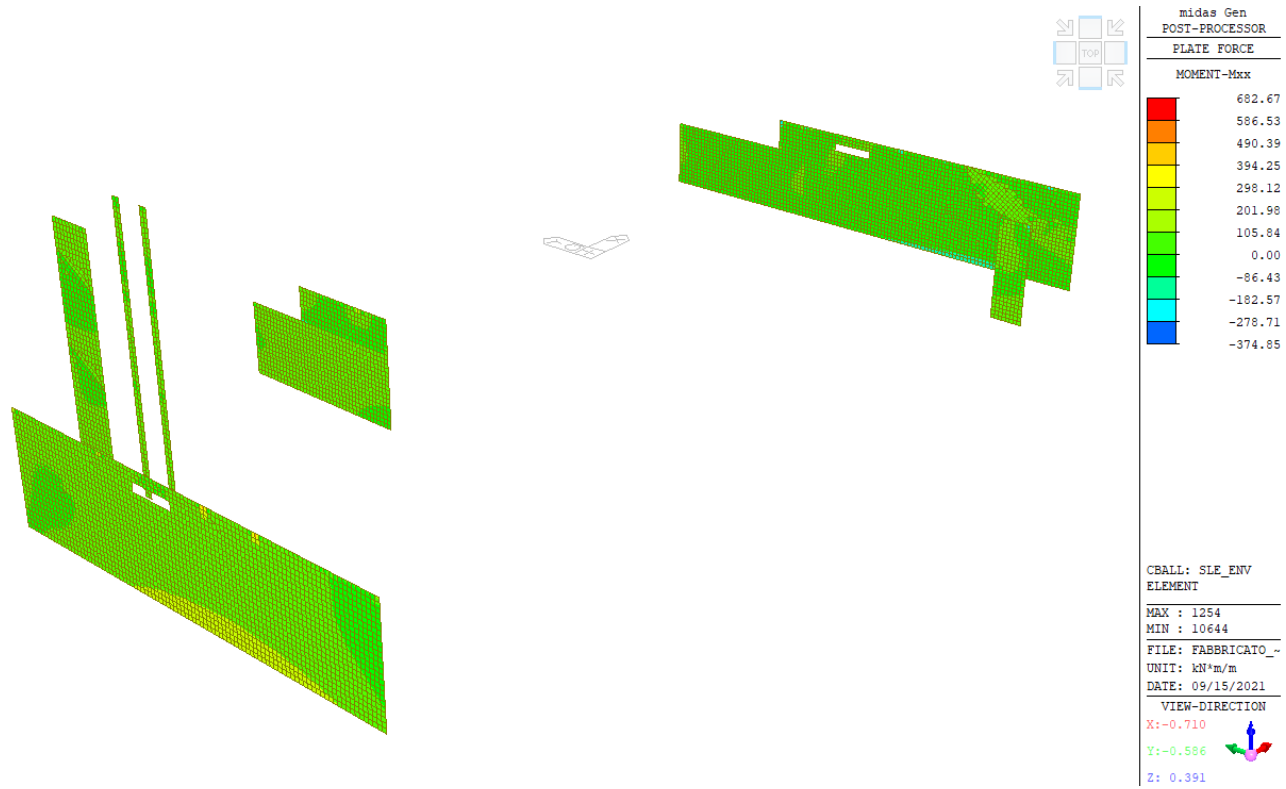


Figura 125 – Momento Mxx - Inviluppo SLE

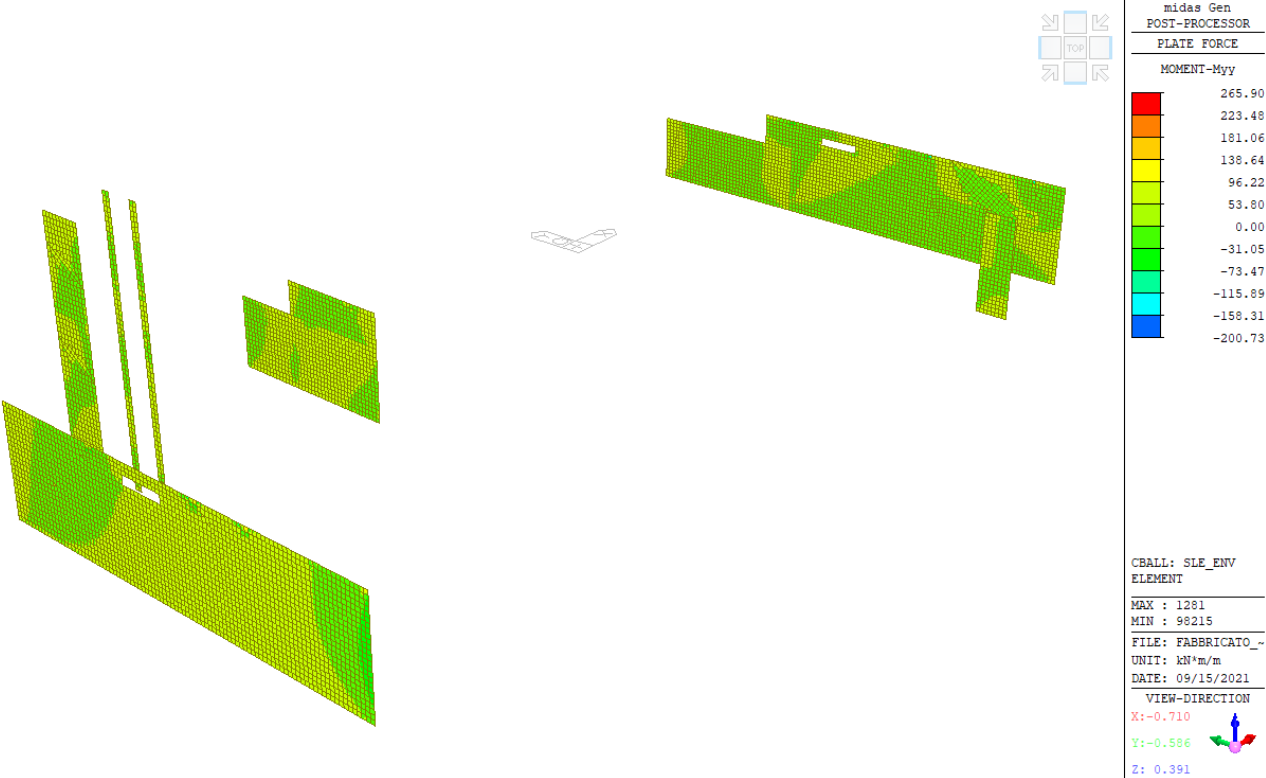


Figura 126 – Momento Myy - Involuppo SLE

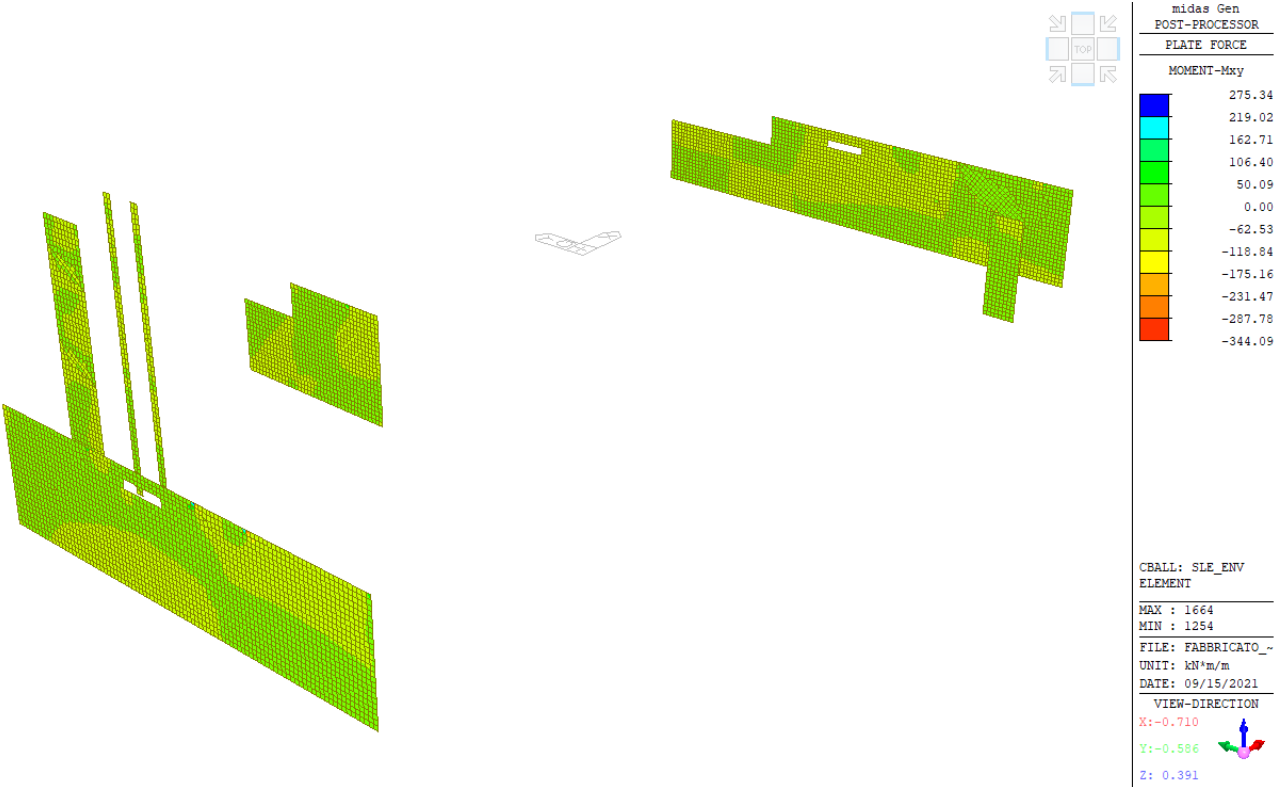


Figura 127 – Momento Mxy - Involuppo SLE

8.5.3.2.3 Rampa e solaio rampa

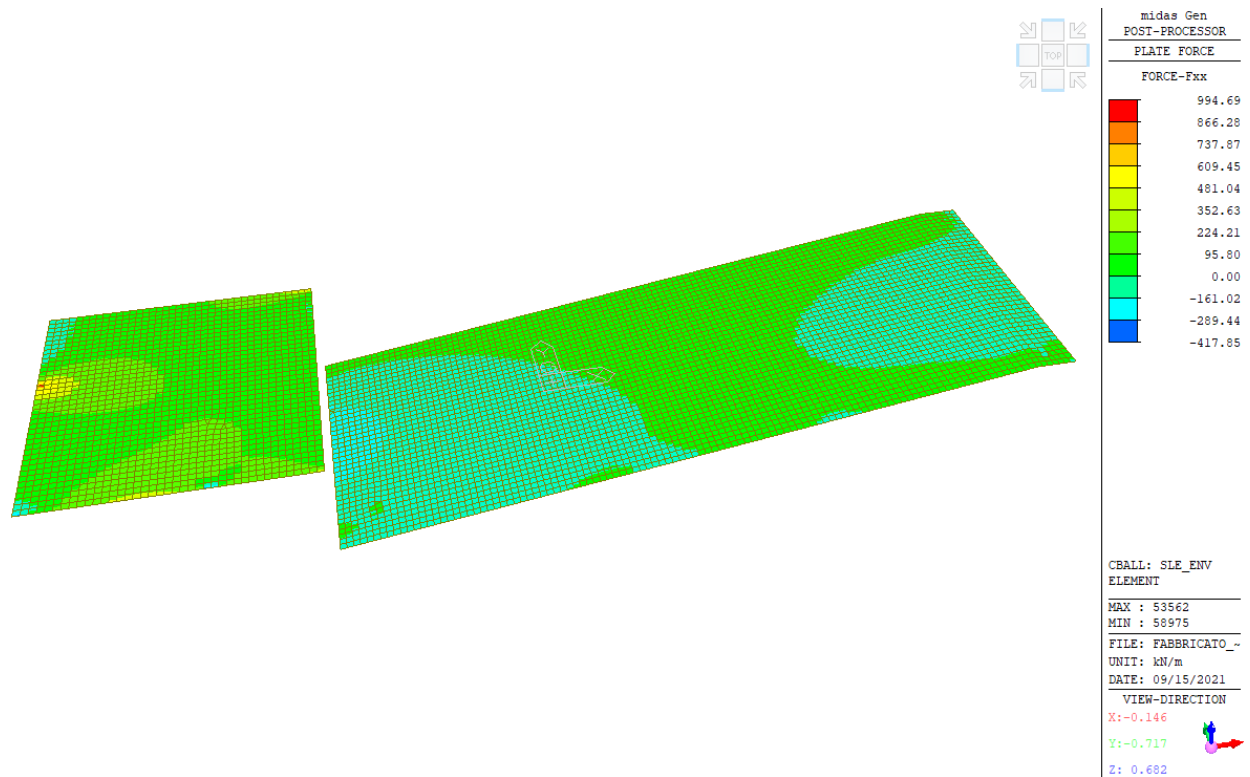


Figura 128 – Forza Fxx - Involuppo SLE

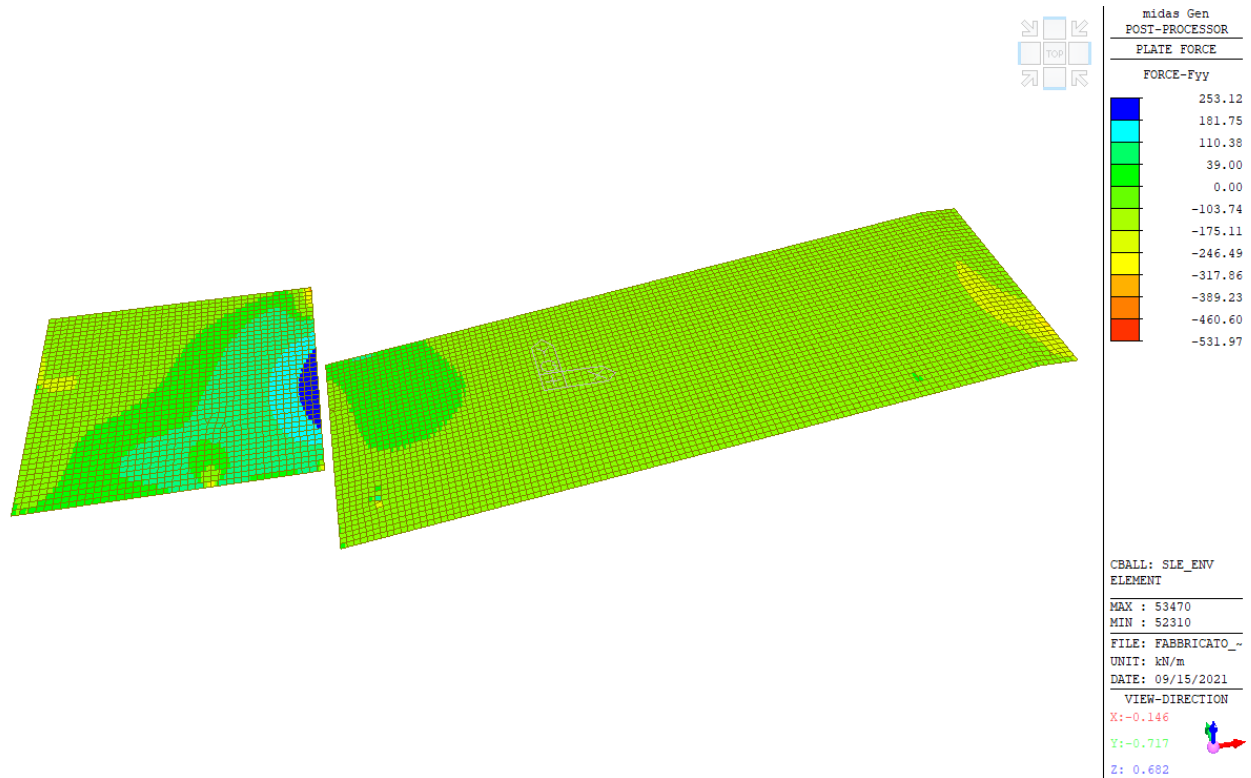


Figura 129 – Forza Fyy - Involuppo SLE

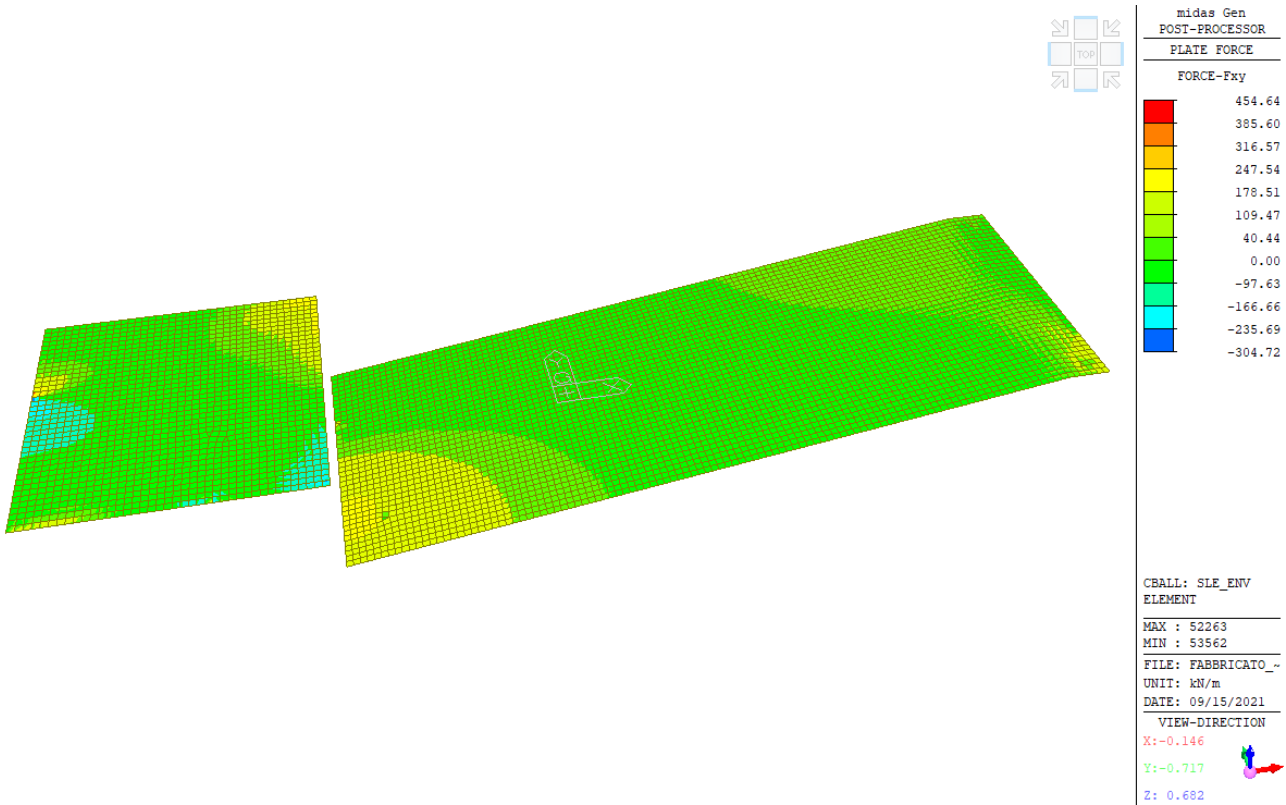


Figura 130 – Forza Fxy - Involuppo SLE

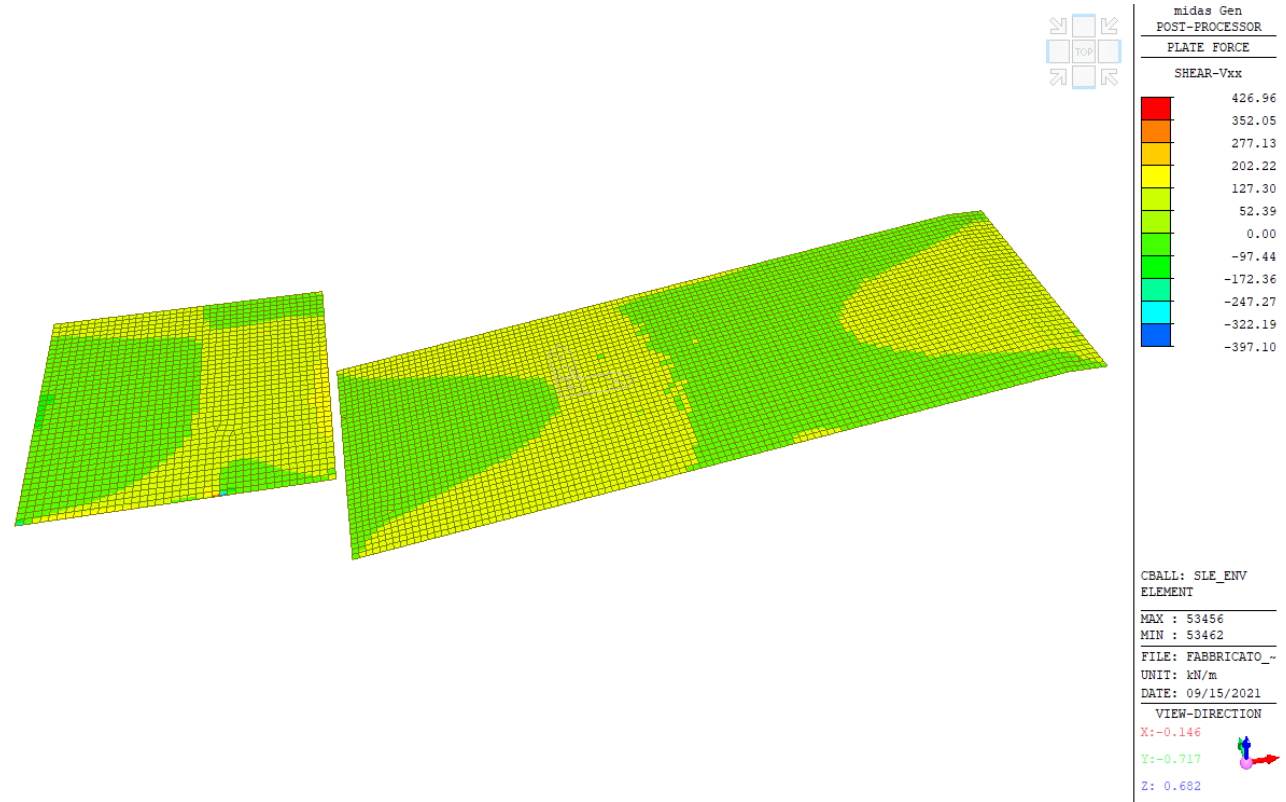


Figura 131 – Taglio Vxx - Involuppo SLE

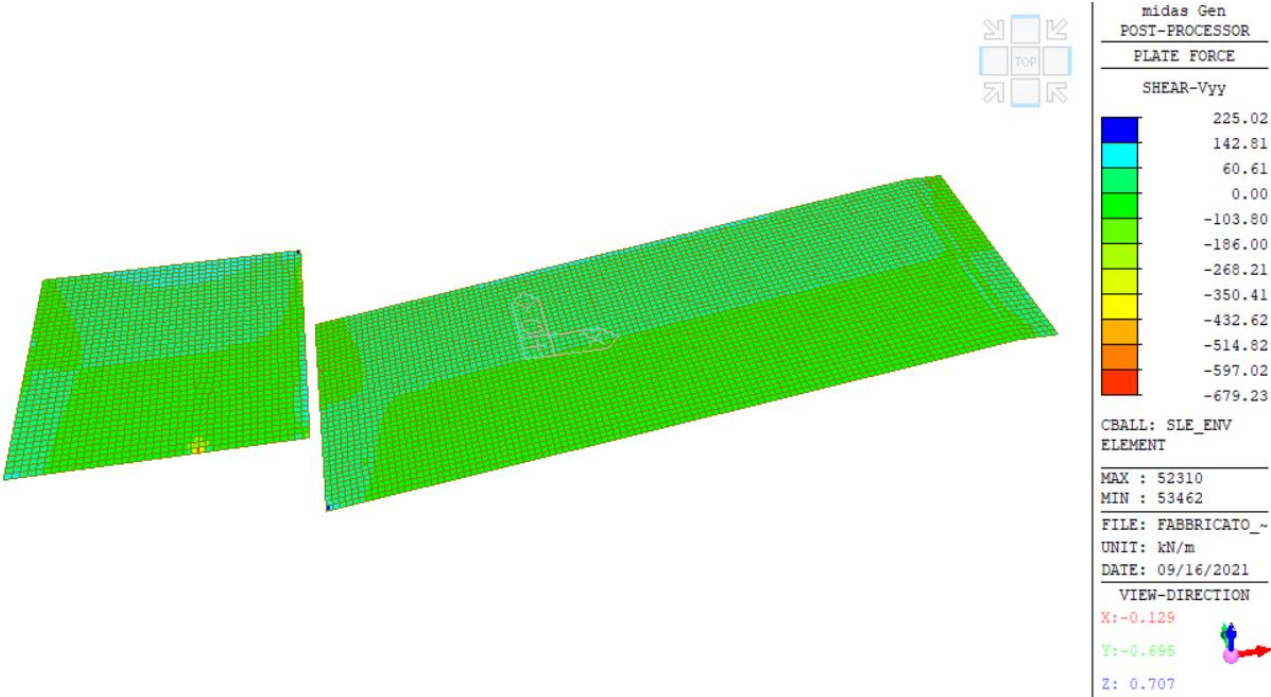


Figura 132 – Taglio Vyy - Involuppo SLE

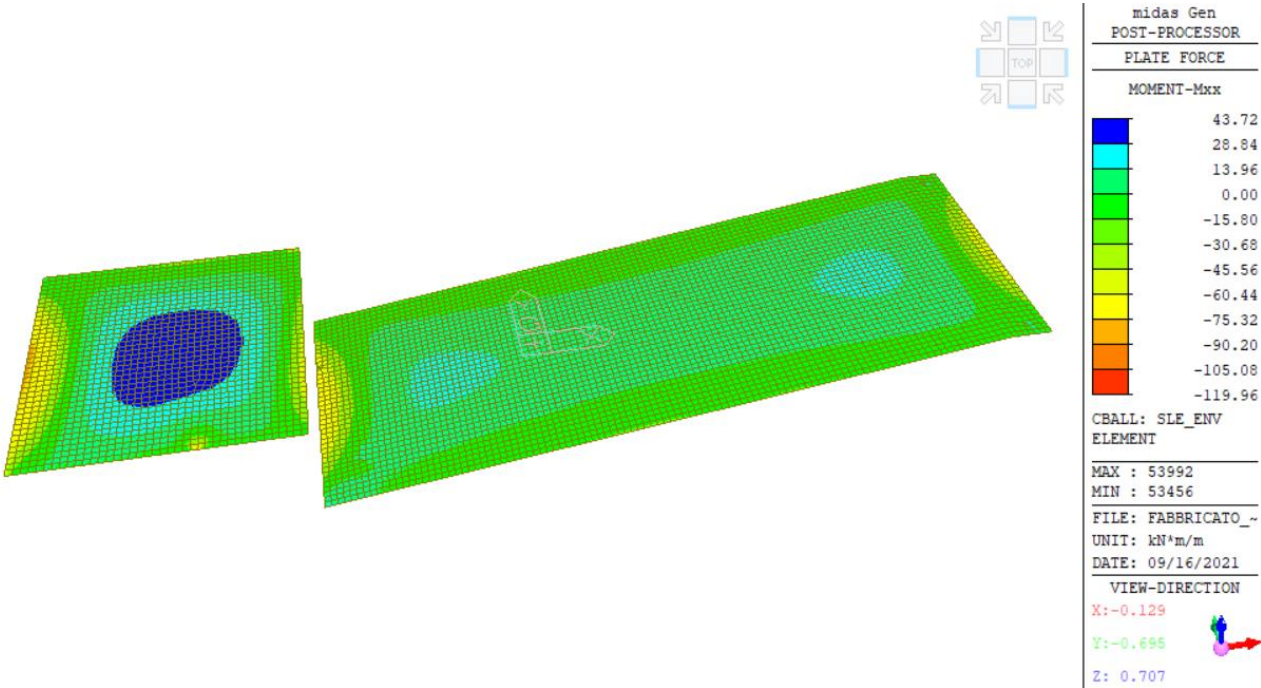


Figura 133 – Momento Mxx - Involuppo SLE

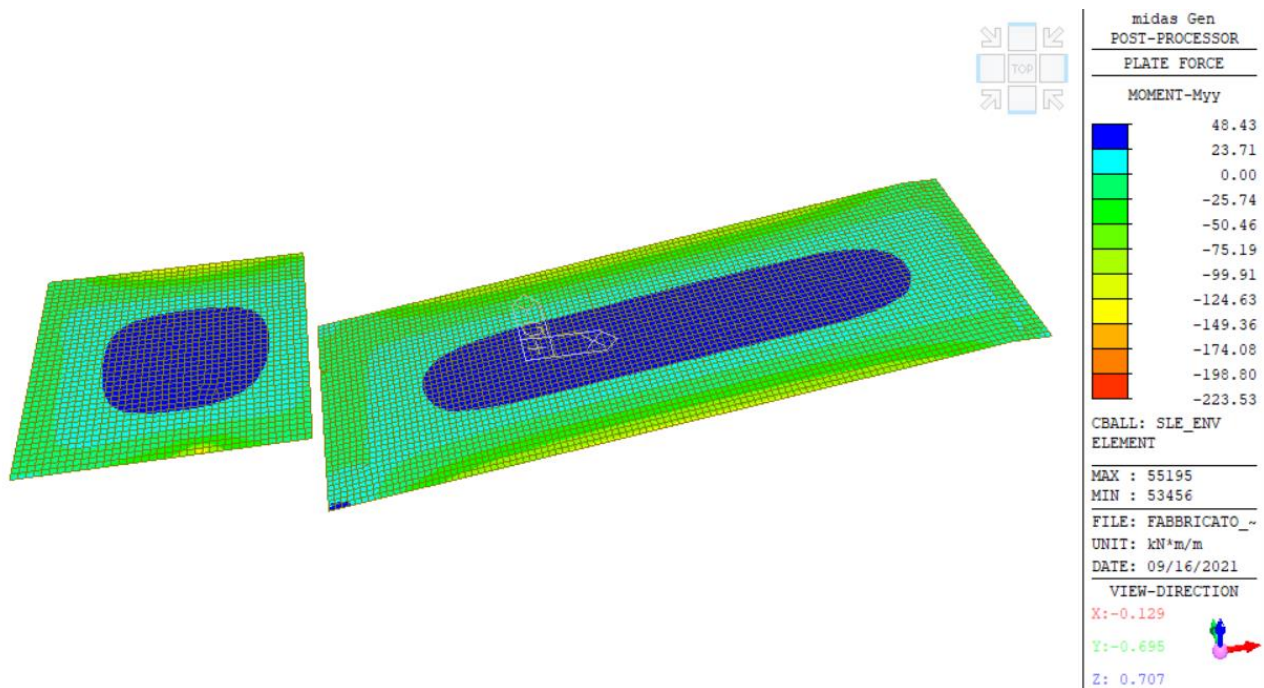


Figura 134 – Momento Myy - Inviluppo SLE

8.5.3.2.4 Platea

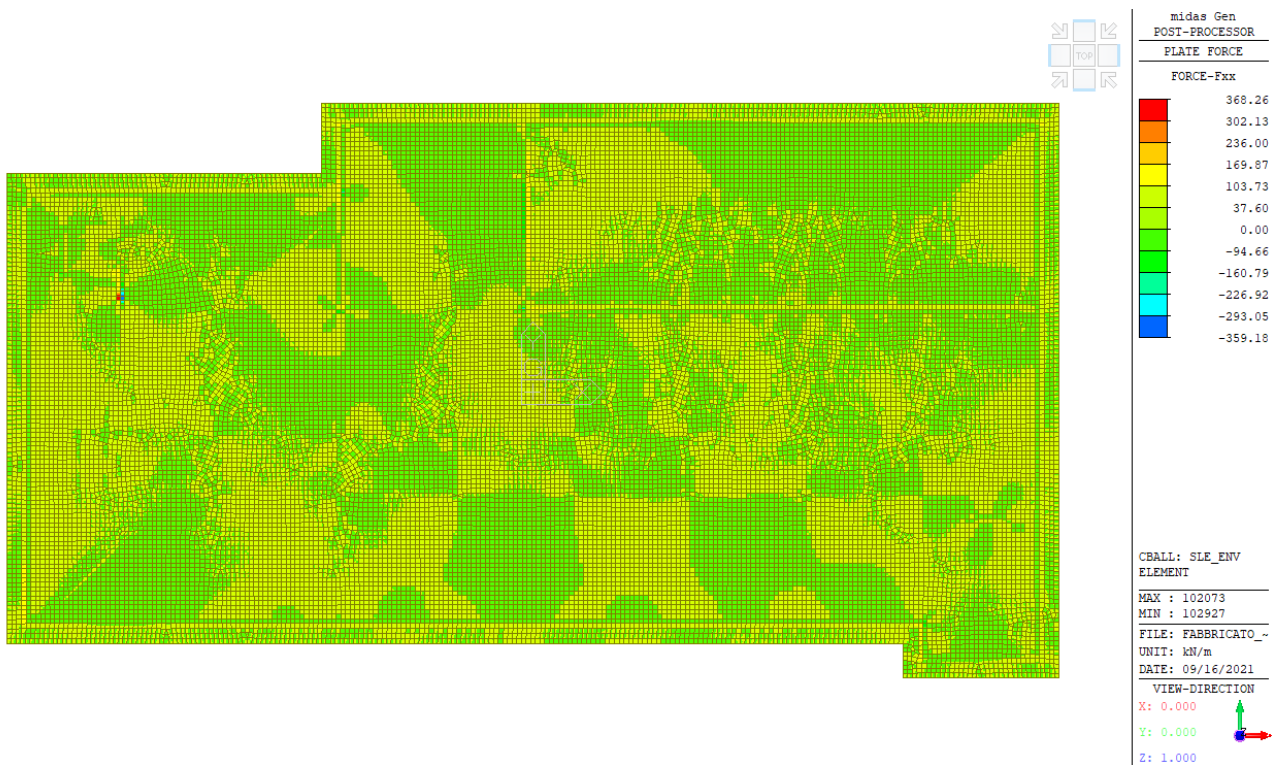


Figura 135 – Forza Fxx - Inviluppo SLE

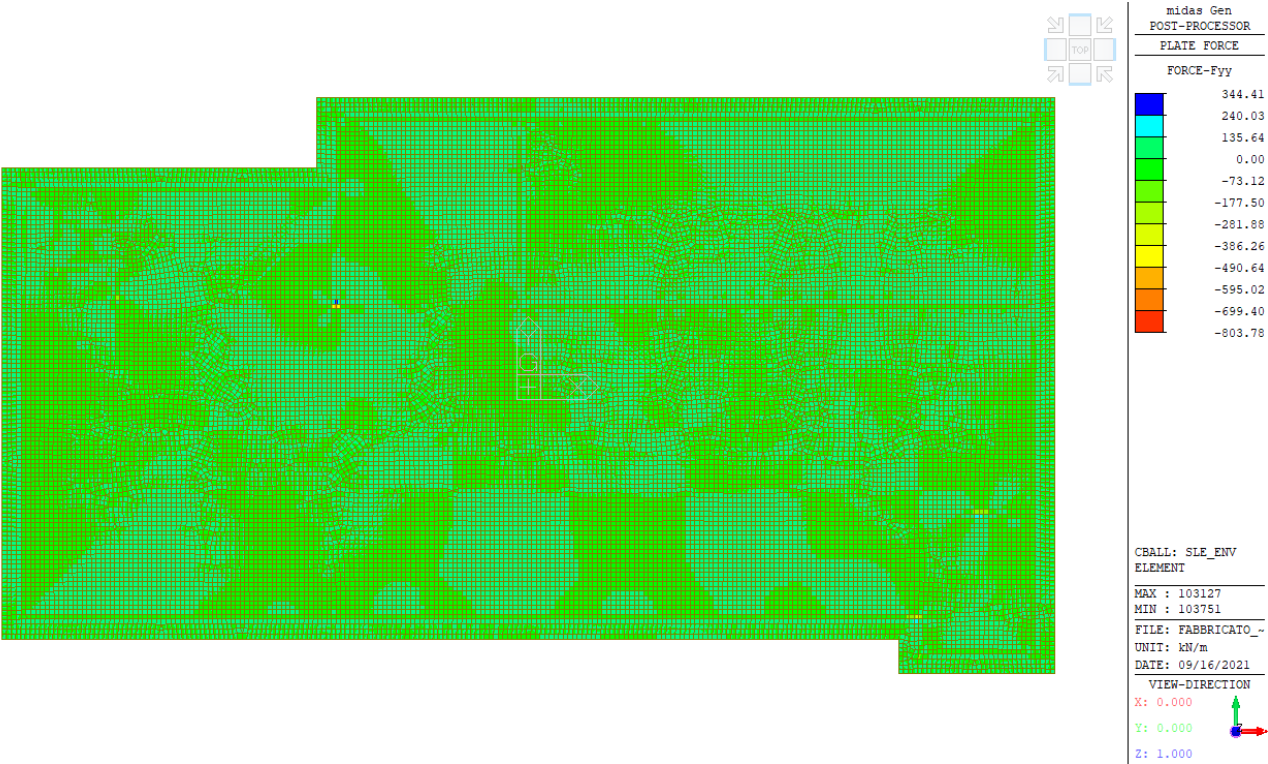


Figura 136 – Forza Fyy - Involuppo SLE

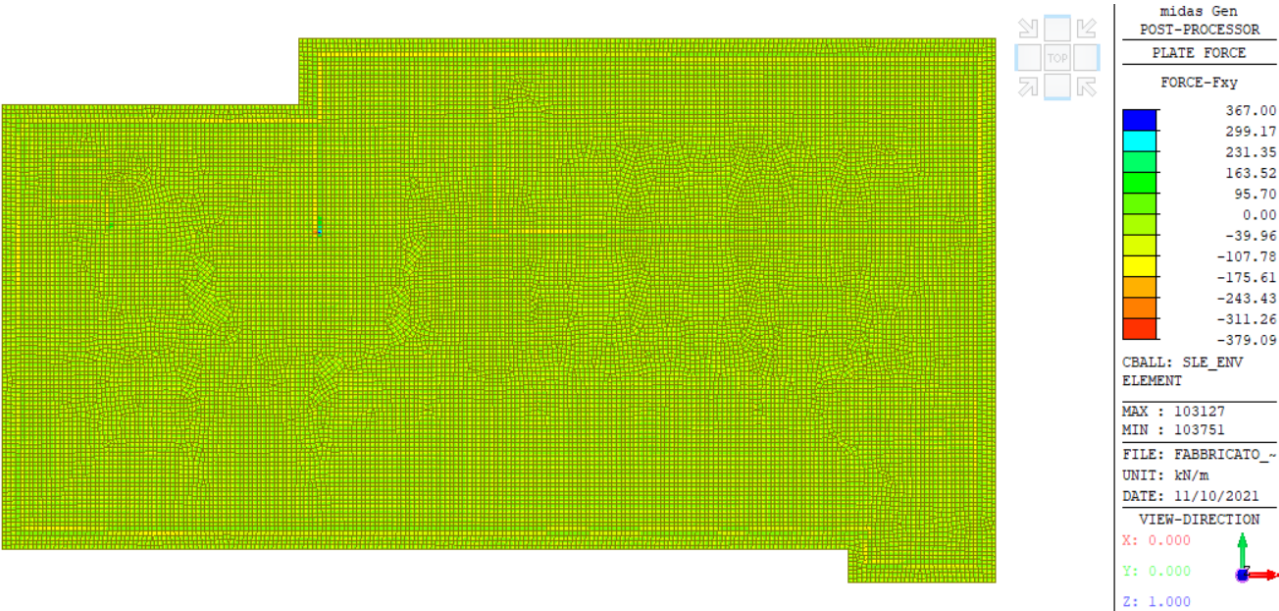


Figura 137 – Forza Fxy - Involuppo SLE

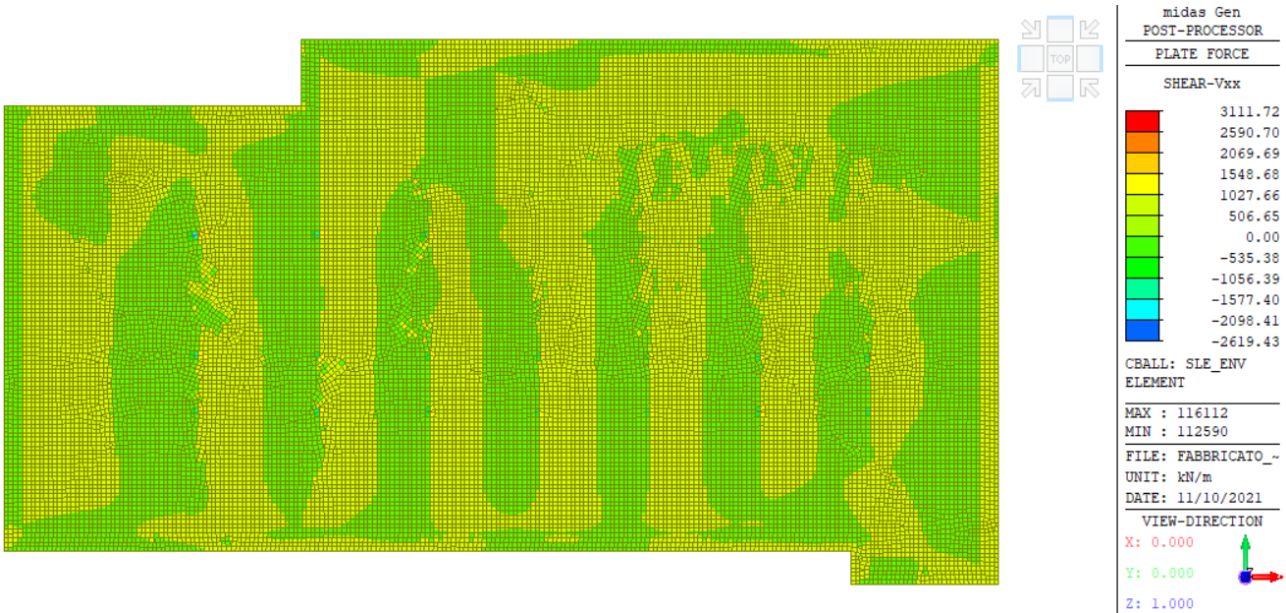


Figura 138 – Taglio Vxx - Involuppo SLE

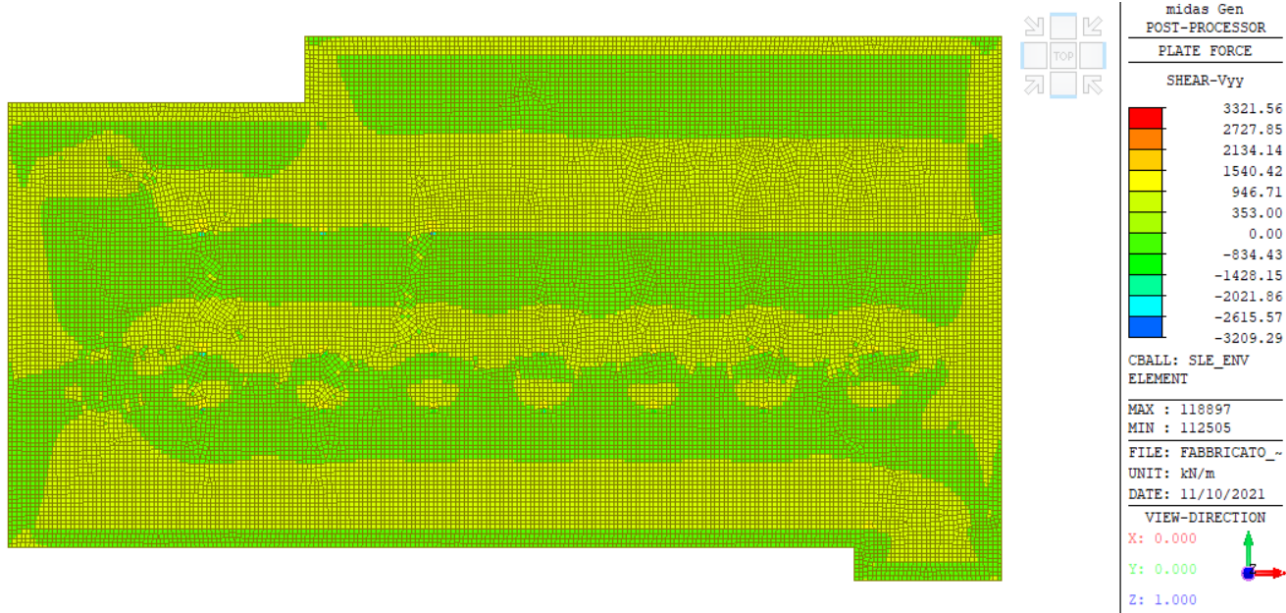


Figura 139 – Taglio Vyy - Involuppo SLE

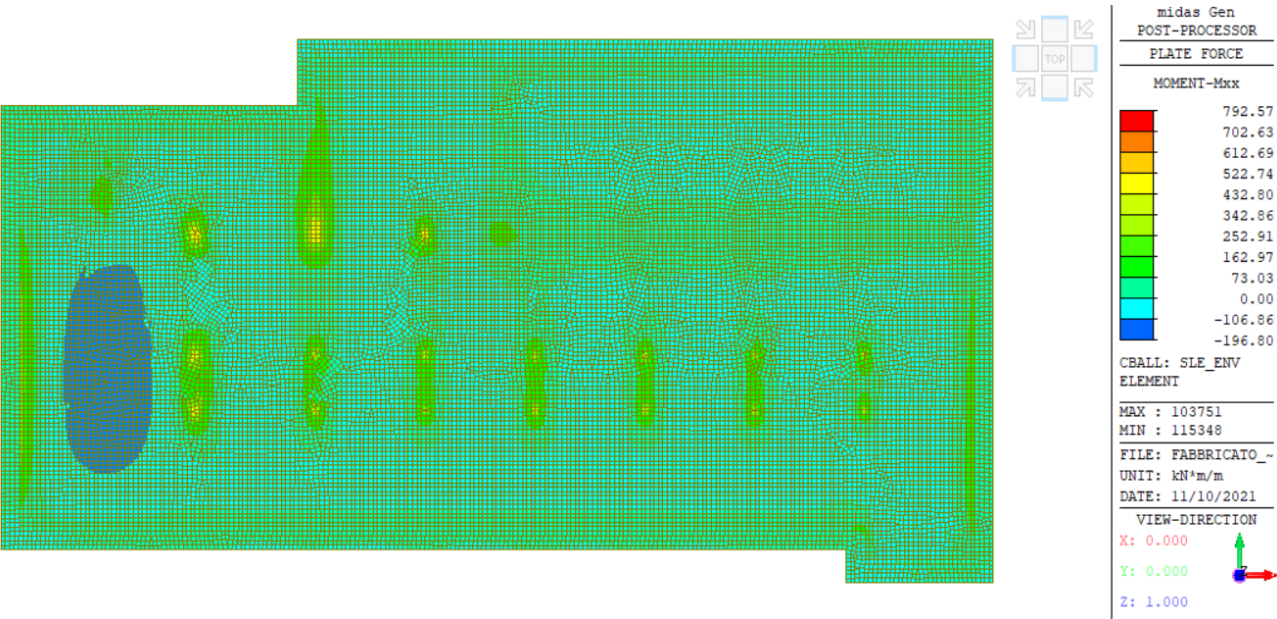


Figura 140 – Momento Mxx - Involuppo SLE

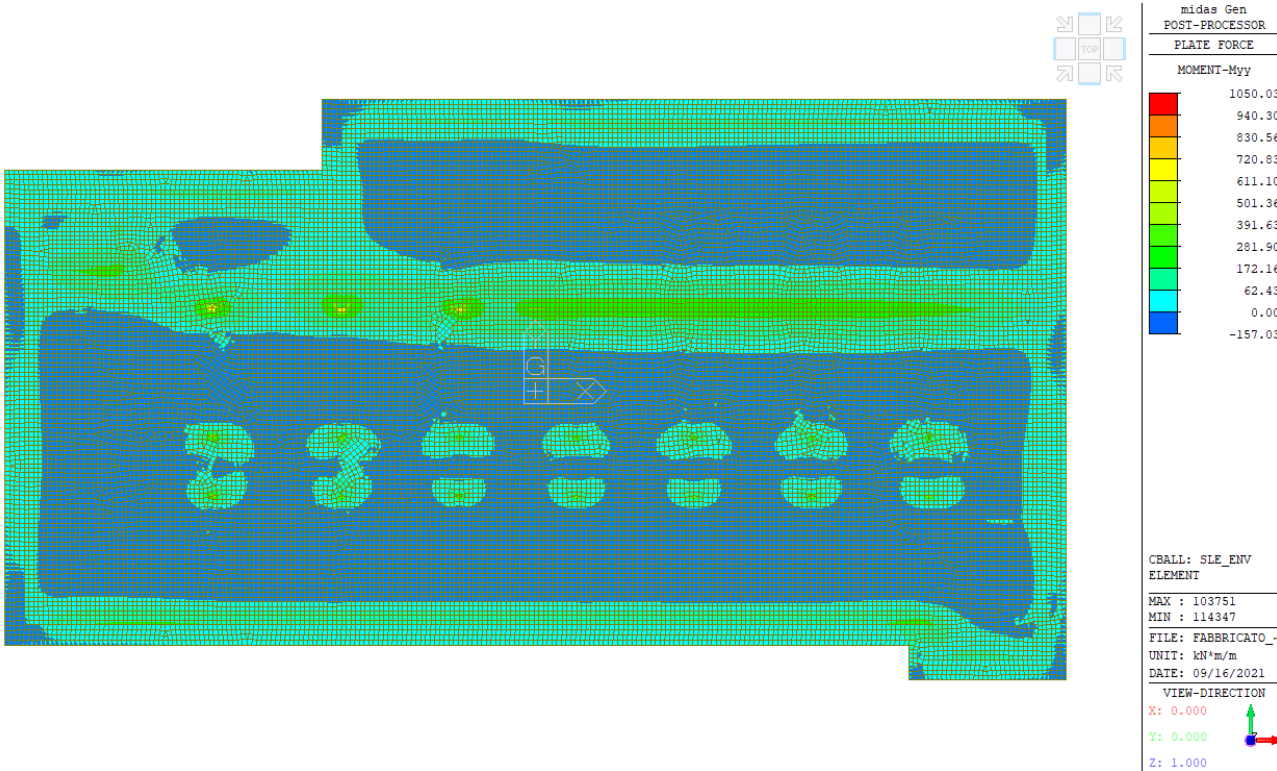


Figura 141 – Momento Myy - Involuppo SLE

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 106 DI 185
---	---	-------------------------------

9 VERIFICA DELLA STRUTTURA

Criteri di verifica degli elementi strutturali

9.1.1 Criteri di verifica delle travi – SLU

9.1.1.1 Verifica a flessione semplice

Le verifiche di resistenza a flessione allo SLU (NTC2018 – 4.1.2.1.2.4) per le sezioni di appoggio e di campata sono state condotte con il supporto del software “Midas GEN” (che svolge in automatico anche il rispetto dei quantitativi minimi di norma) considerando le sollecitazioni riportate nei prospetti precedenti.

9.1.1.2 Verifica a taglio

Al fine di escludere la formazione di meccanismi inelastici dovuti al taglio, le sollecitazioni di taglio di calcolo V_{Ed} si ottengono sommando il contributo dovuto ai carichi gravitazionali agenti sulla trave, considerata incernierata agli estremi, alle sollecitazioni di taglio corrispondenti alla formazione di cerniere plastiche nella trave e prodotte dai momenti resistenti (ultimi) delle due sezioni di plasticizzazione (generalmente quelle di estremità) amplificati del fattore di sovra resistenza γ_{Rd} assunto pari a 1.0 per CDB.

Deve risultare (NTC2018 – 4.1.2.1.3.2):

$$V_{Rd} > V_d$$

dove:

V_d = Valore di calcolo del taglio agente;

$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd})$.

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a “taglio trazione” si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a “taglio compressione” si calcola con:

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta) / (1 + \operatorname{ctg}^2 \theta)$$

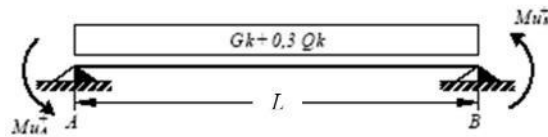
dove:

α angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse dell'elemento;

θ angolo d'inclinazione dei puntoni in calcestruzzo rispetto all'asse dell'elemento.

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 107 DI 185
---	---	-------------------------------

- 1° schema:

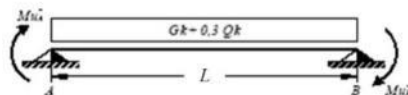


Il taglio è variabile linearmente lungo la trave ed è pari a:

$$V_A = \gamma_{Rd} \frac{Mu_A^+ + Mu_B^+}{l_{trave}} + \frac{(G_k + 0,3Q_k) \cdot l_{trave}}{2}$$

$$V_B = \gamma_{Rd} \frac{Mu_A^+ + Mu_B^+}{l_{trave}} - \frac{(G_k + 0,3Q_k) \cdot l_{trave}}{2}$$

- 2° Schema:



Il taglio è variabile linearmente lungo la trave ed è pari a:

$$V_A = \gamma_{Rd} \frac{Mu_A^- + Mu_B^-}{l_{trave}} + \frac{(G_k + 0,3Q_k) \cdot l_{trave}}{2}$$

$$V_B = \gamma_{Rd} \frac{Mu_A^- + Mu_B^-}{l_{trave}} - \frac{(G_k + 0,3Q_k) \cdot l_{trave}}{2}$$

9.1.1.3 Verifica limitazioni armatura

Resta da verificare che l'armatura determinata in funzione delle sollecitazioni agenti rispetti le limitazioni riportate nel punto 7.4.6.2.1 delle NTC2018:

- almeno due barre di diametro non inferiore a 14 mm devono essere presenti superiormente e inferiormente per tutta la lunghezza della trave;
- in ogni sezione della trave, il rapporto geometrico ρ relativo all'armatura tesa, indipendentemente dal fatto che l'armatura tesa sia quella al lembo superiore della sezione A_s o quella al lembo inferiore della sezione A_i , deve essere compreso entro i seguenti limiti:

dove:

$$\frac{1,4}{f_{yk}} < \rho < \rho_{comp} + \frac{3,5}{f_{yk}}$$

ρ è il rapporto geometrico relativo all'armatura tesa pari ad $A_s / (b \cdot h)$ oppure ad $A_i / (b \cdot h)$;

ρ_{comp} è il rapporto geometrico relativo all'armatura compressa;

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 108 DI 185
---	---	-------------------------------

f_{yk} è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio (in MPa).

- l'armatura compressa non deve essere mai inferiore ad un quarto di quella tesa:
- nelle zone critiche della trave, inoltre, deve essere:

$$\rho_{comp} \geq 0.5\rho$$

Le zone critiche si estendono, per CD"B", per una lunghezza pari a 1,5 volte l'altezza della sezione della trave, misurata a partire dalla faccia del nodo trave-pilastro o da entrambi i lati a partire dalla sezione di prima plasticizzazione.

- Nelle zone critiche devono essere previste staffe di contenimento. La prima staffa di contenimento deve distare non più di 5 cm dalla sezione a filo pilastro; le successive devono essere disposte ad un passo non superiore alla minore tra le grandezze seguenti:
 - un quarto dell'altezza utile della sezione trasversale;
 - 225 mm (per CD"B");
 - 8 volte il diametro minimo delle barre longitudinali considerate ai fini delle verifiche (per CD"B");
 - 24 volte il diametro delle armature trasversali.

Per staffa di contenimento si intende una staffa rettangolare, circolare o a spirale, di diametro minimo 6 mm, con ganci a 135° prolungati per almeno 10 diametri alle due estremità. I ganci devono essere assicurati alle barre longitudinali.

Devono inoltre essere rispettati i limiti previsti per le travi in calcestruzzo in zona non sismica (punto 4.1.6.1.1 delle NTC2018):

- l'area dell'armatura longitudinale in zona tesa non deve essere inferiore a

$$A_{s,min} = 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t \cdot d$$

e comunque non minore di $0.0013 b_t d$

dove:

b_t rappresenta la larghezza media della zona tesa;

d è l'altezza utile della sezione;

f_{ctm} è il valore medio della resistenza a trazione assiale;

f_{yk} è il valore caratteristico della resistenza a trazione dell'armatura ordinaria.

- negli appoggi di estremità all'intradosso deve essere disposta un'armatura efficacemente ancorata, calcolata per uno sforzo di trazione pari al taglio;
- al di fuori delle zone di sovrapposizione, l'area di armatura tesa o compressa non deve superare individualmente $A_{s,max} = 0,04 A_c$, essendo A_c l'area della sezione trasversale di calcestruzzo.

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 109 DI 185
---	---	-------------------------------

- le travi devono prevedere armatura trasversale costituita da staffe con sezione complessiva non inferiore ad $A_{st} = 1,5 b \text{ mm}^2/\text{m}$ essendo b lo spessore minimo dell'anima in millimetri, con un minimo di tre staffe al metro e comunque passo non superiore a 0,8 volte l'altezza utile della sezione;
 - in ogni caso almeno il 50% dell'armatura necessaria per il taglio deve essere costituita da staffe.
- Per le travi dell'edificio l'armatura a taglio è costituita solamente da staffe.
- Si riscontra, pertanto, che l'armatura della trave rispetta i limiti prescritti dalle NTC2018.

9.1.2 Criteri di verifica dei pilastri – SLU

Per la verifica di resistenza dei pilastri allo SLU è necessario valutare la stabilità degli elementi snelli. Tali verifiche devono essere condotte attraverso un'analisi del secondo ordine che tenga conto degli effetti flessionali delle azioni assiali sulla configurazione deformata degli elementi stessi. In via approssimativa gli effetti del secondo ordine in pilastri singoli possono essere trascurati se la snellezza λ non supera il valore limite (4.1.2.1.7-NTC2018):

$$\lambda_{\lim} = 15.4 \cdot \frac{C}{\sqrt{\nu}}$$

dove:

$\nu = N_{Ed} / (A_c f_{cd})$ è l'azione assiale adimensionale;

$C = 1.7 - r_m$ dipende dalla distribuzione dei momenti del primo ordine;

$r_m = M_{01} / M_{02}$ è il rapporto tra i momenti flettenti del primo ordine alle due estremità del pilastro (con $M_{02} \geq M_{01}$).

E' stata valutata la snellezza λ del pilastro nel piano (YZ) e nel piano ortogonale (XZ):

$$\lambda = L_0 / i$$

dove:

$L_0 = \beta L$ è la lunghezza di libera inflessione;

$\beta = 1$ è il coefficiente di vincolo per asta incastrata al piede;

L è la luce netta del pilastro.

9.1.2.1 Verifica a presso-flessione

Le verifiche di resistenza a flessione e pressoflessione allo SLU (NTC2018 – 4.1.2.1.2.4; - 7.4.4.2) per le sezioni di base dei pilastri sono state condotte con il supporto del software "Midas GEN" considerando le sollecitazioni riportate nei prospetti precedenti:

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 110 DI 185
---	---	-------------------------------

9.1.2.2 Verifica a taglio

Al fine di escludere la formazione di meccanismi inelastici o fragili dovuti al taglio, per quanto concerne la verifica a taglio del pilastro si utilizza il valore massimo tra il taglio di calcolo dedotto dall'output del modello di calcolo e quello che si ottiene dalla condizione di equilibrio del pilastro soggetto all'azione dei momenti resistenti nelle sezioni di estremità superiore $M_{C,Rd}^s$ ed inferiore $M_{C,Rd}^i$ secondo l'espressione:

$$V_{Ed} = \gamma_{Rd} \cdot \frac{M_{C,Rd}^s + M_{C,Rd}^i}{l_p}$$

dove:

$V_{Rd} = 1.10$ per strutture in CD"B".

9.1.2.3 Verifica limitazioni armatura

Resta da verificare che l'armatura determinata in funzione delle sollecitazioni agenti rispetti le limitazioni riportate nel punto 7.4.6.2.2 delle NTC2018:

- Per tutta la lunghezza del pilastro l'interasse tra le barre non deve essere superiore a 25 cm;
- Nella sezione corrente del pilastro, la percentuale geometrica ρ di armatura longitudinale, con ρ rapporto tra l'area dell'armatura longitudinale e l'area della sezione del pilastro, deve essere compresa entro i seguenti limiti:
- Nelle zone critiche devono essere rispettate le condizioni seguenti: le barre disposte sugli angoli della sezione devono essere contenute dalle staffe; almeno una barra ogni due, di quelle disposte sui lati, deve essere trattenuta da staffe interne o legature; le barre non fissate si devono trovare a meno di 20 cm da una barra fissata per CDB.
- Il diametro delle staffe di contenimento e legature deve essere non inferiore a 6 mm ed il loro passo deve essere non superiore alla più piccola delle quantità seguenti:
 - 1/2 del lato minore della sezione trasversale per CDB;
 - 175 mm (per CD"B");
 - 8 volte il diametro minimo delle barre longitudinali che collegano (per CD"B")
- Si devono disporre staffe in un quantitativo minimo non inferiore a:

$$\frac{A_{st}}{s} = 0.08 \frac{f_{cd} \cdot b_{st}}{f_{yd}}$$

Le staffe orizzontali presenti lungo l'altezza del nodo devono verificare la seguente condizione:

$$\frac{n_{st} \cdot A_{st}}{i \cdot b_j} \geq 0.05 \frac{f_{ck}}{f_{yk}}$$

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 111 DI 185
---	---	-------------------------------

Nella quale n_{st} e A_{st} sono rispettivamente il numero di bracci e l'area della sezione trasversale della barra della singola staffa orizzontale, i è l'interasse, e b_j è la larghezza utile del nodo determinata come segue:

- se la trave ha una larghezza b_w superiore a quella del pilastro b_c , allora b_j è il valore minimo fra b_w e $b_c + h_c/2$, essendo h_c la dimensione della sezione della colonna parallela alla trave;
- se la trave ha una larghezza b_w inferiore a quella del pilastro b_c , allora b_j è il valore minimo fra b_c e $b_w + h_c/2$.

Devono inoltre essere rispettati i limiti riportati al punto 4.1.6.1.2 delle NTC2018:

- Nel caso di elementi sottoposti a prevalente sforzo normale, le barre parallele all'asse devono avere diametro maggiore od uguale a 12 mm. Inoltre la loro area non deve essere inferiore a:

$$A_{s,min} = (0.10 \cdot \frac{N_{Ed}}{f_{yd}})$$

e comunque non minore di $0.003 A_c$;

dove:

N_{Ed} rappresenta lo sforzo di compressione assiale di calcolo;

A_c è l'area di calcestruzzo;

f_{yd} è il valore della resistenza di calcolo dell'armatura.

Si riscontra, pertanto, che l'armatura dei pilastri rispetta i limiti prescritti dalle NTC2018.

9.1.3 Criteri di verifica delle sezioni in c.a. – SLE

Si deve verificare il rispetto dei seguenti stati limite:

- deformazione;
- fessurazione;
- tensioni di esercizio.

9.1.3.1 Stato limite di deformazione

Al §C4.1.2.2.2 della Circolare n.7 del 2019 si legge quanto segue: *“Per quanto riguarda la salvaguardia dell'aspetto e della funzionalità dell'opera, le frecce a lungo termine di travi e solai, calcolate sotto la condizione quasi permanente dei carichi, non dovrebbero superare il limite di 1/250 della luce. In relazione all'integrità delle pareti portate divisorie e di tamponamento, le frecce di travi e solai, sotto la condizione quasi permanente dei carichi, non dovrebbero superare il limite di 1/500 della luce. In tale verifica la freccia totale calcolata può essere depurata della parte presente prima*

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 112 DI 185
---	--	--------------------------------------

dell'esecuzione delle pareti. Detto valore si riferisce al caso di pareti divisorie in muratura. Per altri tipi di pareti si dovranno valutare specificatamente i limiti di inflessione ammissibili.”

Inoltre, si legge: “Per travi e solai con luci non superiori a 10 m è possibile omettere la verifica delle inflessioni come sopra riportata, ritenendola implicitamente soddisfatta, se il rapporto l/h tra luce e altezza rispetta la limitazione:

$$\frac{l}{h} \leq K \left[11 + \frac{0.015 f_{ck}}{\rho + \rho'} \right] \left[\frac{500 A_{s,eff}}{f_{yk} A_{s,calc}} \right]$$

dove f_{ck} e f_{yk} sono espressi in MPa, ρ e ρ' sono i rapporti tra armatura tesa e compressa, rispettivamente, $A_{s,eff}$ ed $A_{s,calc}$ sono, rispettivamente, l'armatura tesa effettivamente presente nella sezione più sollecitata e l'armatura di progetto nella stessa sezione, e K è un coefficiente correttivo, che dipende dallo schema strutturale.”

Tabella 7 – Tabella C4.1.I - Valori di K e snellezze l/h limite per elementi inflessi di c.a. in assenza di compressione assiale

Sistema strutturale	K	Calcestruzzo molto sollecitato $\rho=1,5\%$	Calcestruzzo poco sollecitato $\rho=0,5\%$
Travi semplicemente appoggiate, piastre incernierate mono o bidirezionali	1,0	14	20
Campate terminali di travi continue o piastre continue monodirezionali o bidirezionali	1,3	18	26
continue sul lato maggiore			
Campate intermedie di travi o piastre continue mono o bidirezionali	1,5	20	30
Piastre non nervate sostenute da pilastri (snellezza relativa alla luce maggiore)	1,2	17	24
Mensole	0,4	6	8

9.1.3.2 Stato limite di fessurazione

La verifica di fessurazione consiste nel controllare l'ampiezza dell'apertura delle fessure sotto combinazione di carico frequente e combinazione quasi permanente. Si considerano condizioni ambientali ordinarie e le armature di acciaio ordinario sono ritenute poco sensibili [NTC – Tabella 4.1.IV].

In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è riportato nel prospetto seguente:

Tabella 8 - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione e Condizioni Ambientali

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione di azione	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_d	Stato limite	w_d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 113 DI 185
---	---	-------------------------------

b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto Aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Tabella 9 – Descrizione delle condizioni ambientali

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Risultando:

$w_1 = 0.2 \text{ mm}$

$w_2 = 0.3 \text{ mm}$

$w_3 = 0.4 \text{ mm}$

Per strutture in condizioni ambientali ordinarie, qual è il caso delle strutture in esame, così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.2 del DM 17.1.2018, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture, l'apertura convenzionale delle fessure dovrà risultare:

- Combinazione Caratteristica (Rara): **$\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$**

Riguardo infine il valore di calcolo delle fessure da confrontare con i valori limite fissati dalla norma, si è utilizzata la procedura prevista al punto "C4.1.2.2.4.6 Verifica allo stato limite di fessurazione" della Circolare n.7/19.

9.1.3.3 Stato limite di limitazione delle tensioni

La verifica delle tensioni in esercizio consiste nel controllare il rispetto dei limiti tensionali previsti per il calcestruzzo e per l'acciaio per ciascuna delle combinazioni di carico caratteristiche "Rara" e "Quasi Permanente".

9.1.4 Criteri di verifica degli elementi bidimensionali (plate)

I criteri generali di verifica utilizzati per la valutazione delle capacità resistenti delle sezioni, per la condizione SLU, SLV e per le massime tensioni nei materiali nonché per il controllo della fessurazione, relativamente agli SLE, sono basati sulle prescrizioni dell'normativa NTC2018 e sulle indicazioni dell'Eurocodice 2 Parte 1 e Parte 2.

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 114 DI 185
---	---	-------------------------------

9.1.4.1 Elementi bidimensionali *slab*

9.1.4.1.1 Verifiche SLU e SLV - Flessione

Per le sezioni in c.a. la determinazione della capacità resistente a flessione/pressoflessione della generica sezione viene effettuata con i criteri di cui al punto 4.1.2.1.2.4 delle NTC18, secondo quanto riportato schematicamente nelle figure seguito, tenendo conto dei valori delle resistenze e deformazioni di calcolo riportate al paragrafo dedicato alle caratteristiche dei materiali:

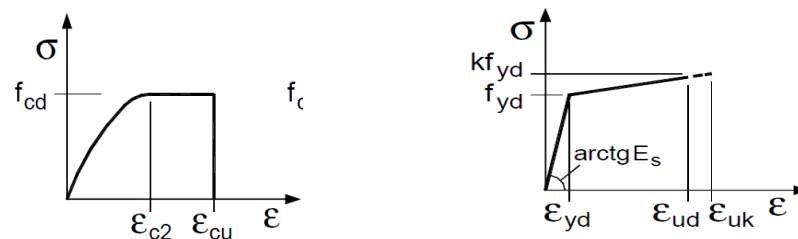


Figura 142: Legami costitutivi Calcestruzzo ed Acciaio

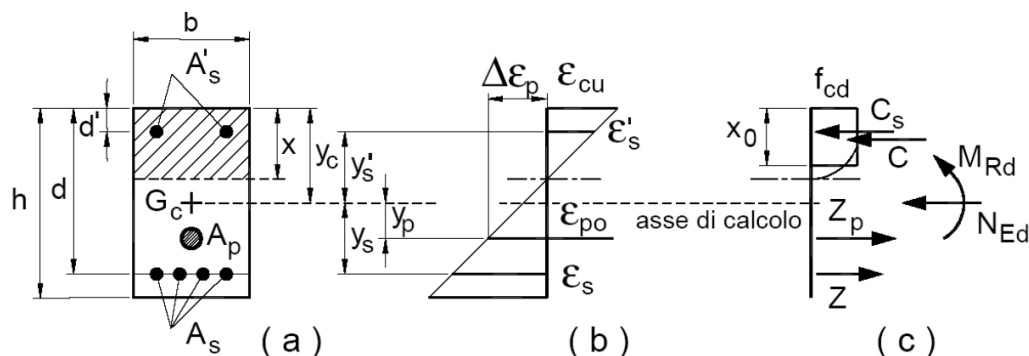


Figura 143 – Schema di riferimento per la valutazione della capacità resistente a pressoflessione sezione generica.

La verifica consisterà nel controllare il soddisfacimento della seguente condizione:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

Dove

- M_{Rd} è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a N_{Ed} ;
- N_{Ed} è il valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale) dell'azione;
- M_{Ed} è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione.

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 115 DI 185
---	---	-------------------------------

9.1.4.1.2 Verifiche SLU e SLV - TAGLIO

Per la verifica di resistenza allo SLU con riferimento alle sollecitazioni taglianti deve risultare:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed};$$

Le NTC08, al paragrafo 4.1.2.1.3.1, definiscono la resistenza a taglio in assenza di armatura specifica come:

$$V_{Rd} = \left\{ 0.18 \cdot k \cdot \frac{(100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0.15 \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

dove:

- $v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$;
- $k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$;
- $\rho_l = A_{sl}/(b_w \cdot d) \leq 0.02$;
- $\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c \leq 0.02 f_{cd}$;
- d è l'altezza utile della sezione (in mm);
- b_w è la larghezza minima della sezione (in mm).

[NTC – 4.1.2.1.3.2] In presenza di armatura resistente a taglio, il taglio resistente V_{Rd} è il minimo tra la resistenza a taglio trazione V_{Rsd} e la resistenza a taglio compressione V_{Rcd} .

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} (\ctg \alpha + \ctg \theta) \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot f'_{cd} (\ctg \alpha + \ctg \theta) / (1 + \ctg^2 \theta)$$

in cui:

- d è l'altezza utile della sezione (in mm);
- b_w è la larghezza minima della sezione (in mm).
- A_{sw} è l'area dell'armatura trasversale;
- s è l'interasse tra due armature trasversali consecutive;
- f'_{cd} è la resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima, pari a $0.5 f_{cd}$;
- α è l'inclinazione dell'armatura resistente a taglio rispetto all'asse dell'elemento;
- θ è l'inclinazione della biella di calcestruzzo compressa.

9.1.4.1.3 Verifiche SLE – Tensioni calcestruzzo e acciaio

Si eseguono le verifiche sulle tensioni del calcestruzzo e acciaio, seguendo quanto indicato dalle istruzioni RFI e NTC. La massima tensione di compressione del cls e di trazione nell'acciaio deve rispettare la seguente limitazione:

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 116 DI 185
---	---	-------------------------------

Tabella 10 - Limiti tensionali

Materiale	SLE QP	SLE RARA
C28/35	$\sigma_c \leq 0.45 \cdot f_{ck} = 12.6 \text{ MPa}$	$\sigma_c \leq 0.60 \cdot f_{ck} = 16.8 \text{ MPa}$
ACCIAIO B450C		$\sigma_s \leq 0.8 \cdot f_{yk} = 360 \text{ MPa}$

Il codice di calcolo fornisce (per tutti gli elementi), il valore massimo del rapporto tra tensione in esercizio e la resistenza di progetto ultima nel calcestruzzo e nell'acciaio. Tale rapporto deve risultare minore dei limiti dei rapporti indicati in tabella.

Tali verifiche vengono condotte sempre con riferimento alla combinazione rara, confrontando i valori derivanti dall'analisi con il limite, più gravoso, relativo alla combinazione rara. Solo nei casi in cui tale condizione risulta eccessivamente cautelativa e/o dimensionante, si fa riferimento alle tensioni effettivamente risultanti dalla combinazione quasi permanente.

9.1.4.1.4 Verifiche SLE – Fessurazione

Per le verifiche di fessurazione, nel caso di sezioni fessurate, il codice di calcolo fornisce il rapporto tra l'apertura delle fessure, calcolato con le modalità riportate a seguire, e i valori limiti fissati.

In termini di limiti di apertura delle fessure, alle prescrizioni normative presenti nelle NTC si sostituiscono in tal caso quelle fornite dal documento RFI DTC SICS MA IFS 001 A – 2.5.1.8.3.2.4 (*Manuale di progettazione delle opere civili del 29/12/2015*) secondo cui la verifica nei confronti dello stato limite di apertura delle fessure va effettuata utilizzando le sollecitazioni derivanti dalla combinazione caratteristica (rara).

Il valore di calcolo dell'apertura delle fessure, w_d , può essere ottenuto applicando la procedura seguente, tramite l'espressione:

$$w_d = \varepsilon_{sm} \cdot \Delta_{s,max}$$

dove:

- $\Delta_{s,max}$ è la distanza massima tra le fessure;
- ε_{sm} è la deformazione unitaria media delle barre di armatura.

La deformazione unitaria media delle barre può essere calcolata con la seguente espressione:

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ctm}}{\rho_{eff}} (1 + \alpha_e \rho_{eff})}{E_s} \geq \frac{0.6 \sigma_s}{E_s}$$

nella quale:

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 117 DI 185
---	---	-------------------------------

- σ_s è la tensione nell'armatura tesa, valutata considerando la sezione fessurata, relativamente alla combinazione di carico considerata;
- α_e è il rapporto tra il modulo elastico dell'acciaio e del calcestruzzo, può essere posto pari a 7;
- $\rho_{eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}}$ dove A_s è l'effettiva area di acciaio presente, mentre al denominatore è presente l'effettiva area efficace di calcestruzzo teso attorno all'armatura, la cui altezza è sempre funzione della profondità dell'asse neutro;
- k_t è un fattore che dipende dalla durata del carico, vale 0.6 per carichi di breve durata, altrimenti 0.4.

La distanza massima tra le fessure può essere calcolata con la seguente espressione:

$$\Delta_{s,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \frac{\phi}{\rho_{eff}}$$

nella quale:

- ϕ è il diametro delle barre, valutato come diametro equivalente nel caso in cui, nella sezione considerata, siano presenti barre di differente diametro;
- c è il ricoprimento dell'armatura, ovvero il copriferro di calcolo depurato di mezzo diametro della barra più grande utilizzata;
- k_1, k_2, k_3, k_4 sono coefficienti che tengono conto del tipo di sollecitazione di calcolo e della tipologia di barra utilizzata.

I limiti fessurativi previsti dalle NTC2018 sono i seguenti:

- $\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$ per tutte le strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture;
- $\delta_f \leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$ per strutture in condizioni ambientali ordinarie.

Nel caso in esame, tenendo conto delle ulteriori limitazioni previste dal manuale RFI DTC SI PS MA IFS 001 E, si adotta il limite w_1 sia per pareti che per platea in quanto sono elementi a permanente contatto con il terreno.

9.1.4.2 Elementi bidimensionali *shell*

9.1.4.2.1 Verifiche SLU E SLV - sollecitazioni membranali e flettenti

Per la verifica dell'elemento bidimensionale nei riguardi delle:

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 118 DI 185
---	---	-------------------------------

- SOLLECITAZIONI MEMBRANALI

- F_{xx} : forza assiale per unità di lunghezza nella direzione x (perpendicolare al piano locale y,z);
- F_{yy} : forza assiale per unità di lunghezza nella direzione y (perpendicolare al piano locale x,z);
- F_{xy} : forza tangenziale per unità di lunghezza nel piano xy .

- SOLLECITAZIONI FLESSIONALI E TAGLIANTI

- M_{xx} : momento flettente per unità di lunghezza nella direzione x (momento fuori dal piano locale intorno all'asse locale y);
- M_{yy} : momento flettente per unità di lunghezza nella direzione y (momento fuori dal piano locale intorno all'asse locale x);
- M_{xy} : momento torcente per unità di lunghezza agente sulle sezioni dell'elemento;

si adotta il modello bidimensionale *Sandwich*, raffigurato in Figura 144 - Modello Sandwich. Figura 144, che individua come elementi resistenti due strati (*layer*) all'estremità dello spessore dell'elemento.

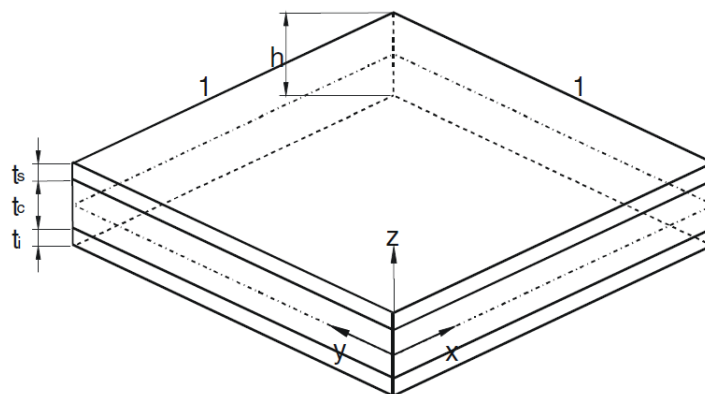


Figura 144 - Modello Sandwich

Nelle applicazioni è stato adottato un modello con spessore costante (indicato con ck dell'output del programma) dei layer pari a 0.2 dello spessore complessivo dell'elemento (indicato con t dell'output del programma).

Nei due layer vengono applicati sollecitazioni estensionali, ottenute ripartendo gli sforzi estensionali globali e i contributi dati dai momenti flettenti e torcenti. Pertanto, nei due layer, le sollecitazioni estensionali complessive sono:

$$\bar{F}_{xx} = \frac{F_{xx}}{2} \pm \frac{M_{xx}}{(t - ck)}$$

$$\bar{F}_{yy} = \frac{F_{yy}}{2} \pm \frac{M_{yy}}{(t - ck)}$$

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 119 DI 185
---	---	-------------------------------

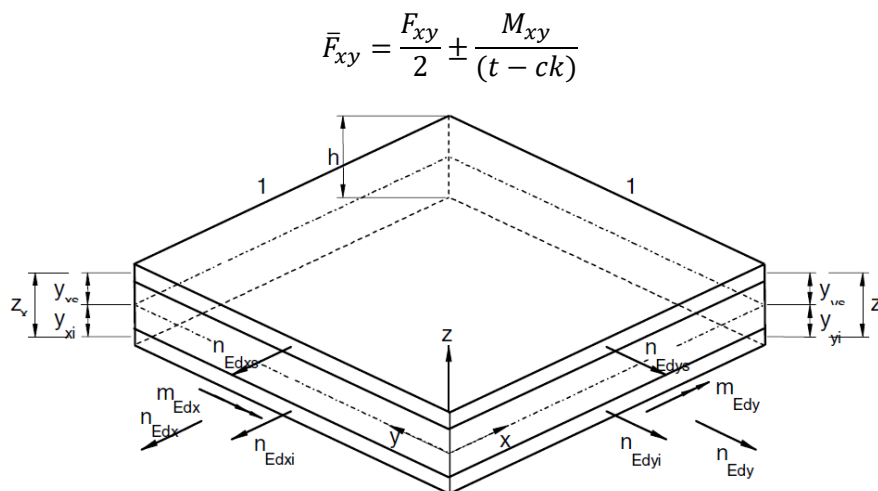


Figura 145 - Sforzi estensionali e momenti flettenti nei layer esterni

La procedura di verifica del singolo è sviluppata con le seguenti fasi:

- 1) Calcolo tensioni principali σ_1 e σ_2 , corrispondenti a $\bar{F}_{xx}$ e $\bar{F}_{yy}$;
- 2) Verifica della condizione di elemento fessurato (cracked o meno), secondo il criterio riportato dall'Eurocodice 2 in appendice LL (formule da LL.101 a LL. 112);
- 3) Nel caso di elemento non fessurato, la verifica consiste nel confrontare la tensione principale massima di compressione con la resistenza di progetto a compressione biassiale, valutata come:

$$\sigma_{cn} = \nu \cdot f_{cd}$$

dove ν è il coefficiente di riduzione della resistenza di progetto per condizioni biassiali di sollecitazione, fornito dalla 6.6 Eurocodice 2 parte 1:

$$\nu = 0.6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right]$$

- 4) Nel caso di elemento fessurato vengono calcolate le domande di resistenza, nella direzione x e direzione y a partire dalle sollecitazioni estensionali del layer ($\bar{F}_{xx}$, $\bar{F}_{yy}$ e $\bar{F}_{xy}$) con le formule riportate in Appendice F:

$$f'_{tdx} = |\tau_{Edxy}| - \sigma_{Edx}$$

$$f'_{tdy} = |\tau_{Edxy}| - \sigma_{Edy}$$

$$\sigma_{cd} = 2|\tau_{Edy}|$$

dove:

$$\tau_{Edxy} = \frac{\bar{F}_{xy}}{ck}$$

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 120 DI 185
---	---	-------------------------------

$$\sigma_{Edx} = \frac{\bar{F}_{xx}}{ck}$$

$$\sigma_{Edy} = \frac{\bar{F}_{yy}}{ck}$$

Le domande di resistenza a trazione f'_{tdx} e f'_{tdy} vengono confrontate con la resistenza f_{tdx} e f_{tdy} delle armature presenti nel layer, nelle direzioni x ed y:

$$f_{tdx} = \rho_x \cdot f_{yd}$$

$$f_{tdy} = \rho_y \cdot f_{xd}$$

Essendo ρ_x e ρ_y i rapporti geometrici di armatura, rispettivamente secondo gli assi x e y.

Il risultato è fornito come rapporto tra la domanda e la resistenza di progetto dell'acciaio.

La verifica del calcestruzzo compresso, anche in tal caso, è effettuata confrontando la domanda σ_{cd} (valutata con le precedenti relazioni) con la resistenza σ_{cn} .

La procedura di verifica suddetta è effettuata dal codice di calcolo in corrispondenza delle percentuali di armature lungo x e lungo y assegnate.

9.1.4.2.2 Verifiche SLU E SLV: TAGLIO

La verifica a taglio è condotta con le modalità previste per le travi (vedi par. 9.1.2), considerando un taglio risultante complessivo pari a:

$$V_{Ed} = \sqrt{V_{Edx}^2 + V_{Edy}^2}$$

9.1.4.2.3 Verifiche SLE – Tensioni Calcestruzzo e acciaio

Per le combinazioni di carico di esercizi, il codice di calcolo fornisce, applicando la medesima procedura illustrata per l'SLU e l'SLV, le tensioni massime di compressione nel calcestruzzo, sia in caso di elemento fessurato che non fessurato, e le tensioni di trazione nell'acciaio in direzione x e y.

Tali valori sono riportati nei risultati come rapporti tra domanda e resistenza e pertanto, la verifica richiesta è soddisfatta se i valori ottenuti sono inferiori ai limiti normativi, riportati in Tabella 11.

9.1.4.2.4 Verifiche SLE – Fessurazione

La verifica a fessurazione è effettuata con le medesime modalità analizzate nel par. 9.1.4.1.4

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 121 DI 185
---	---	-------------------------------

9.2 Verifiche delle travi d'elevazione

In funzione delle sollecitazioni si è dimensionata opportunamente l'armatura longitudinale delle travi.

Travi 30x70 • Zone d'appoggio: armatura superiore 4ϕ22+2ϕ22 armatura inferiore 4ϕ22 staffe ϕ14/5 cm (3 bracci) • Campata: armatura superiore 2ϕ22 armatura inferiore 4ϕ22 staffe ϕ14/10 cm (2 bracci)	Travi 70x30 • Zone d'appoggio: armatura superiore 6ϕ22 armatura inferiore 5ϕ22 staffe ϕ14/5 cm (4 bracci) • Campata: armatura superiore 3ϕ22 armatura inferiore 3ϕ22 staffe ϕ14/10 cm (2 bracci)
Travi 50x30 • Zone d'appoggio: armatura superiore 7ϕ22 armatura inferiore 4ϕ22 staffe ϕ14/5 cm (4 bracci) • Campata: armatura superiore 5ϕ22 armatura inferiore 3ϕ22 staffe ϕ14/10 cm (3 bracci)	Travi 30x30 • Zone d'appoggio: armatura superiore 5ϕ22 armatura inferiore 4ϕ22 staffe ϕ14/5 cm (4 bracci) • Campata: armatura superiore 4ϕ22 armatura inferiore 3ϕ22 staffe ϕ14/10 cm (3 bracci)
Travi 90x30 • Zone d'appoggio: armatura superiore 13ϕ22 armatura inferiore 6ϕ22 staffe ϕ14/5 cm (7 bracci) • Campata: armatura superiore 5ϕ22 armatura inferiore 7ϕ22 staffe ϕ14/10 cm (4 bracci)	

In aggiunta, fuori calcolo, andranno disposti 2 ϕ 12 come ferri di parete.

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 122 DI 185
---	---	-------------------------------

9.2.1 SLU-SLVX-SLVY

1. Design Information

Member Number 242

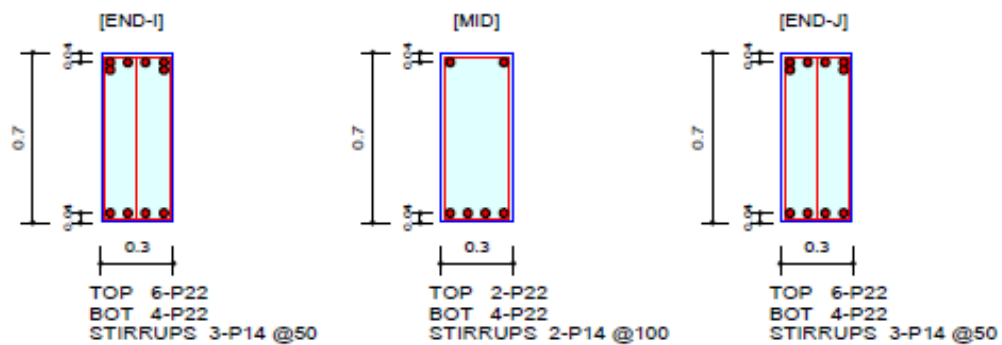
Design Code Eurocode2:04 & NTC2018

Unit System kN, m

Material Data $f_{ck} = 28000$, $f_{yk} = 450000$, $f_{yw} = 450000$ KPa

Section Property Travi 30x70 (No : 3)

Beam Span 2.5m



2. Bending Moment Capacity

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	51	51	35
Moment (M _{Ed})	189.52	97.11	185.24
Factored Strength (M _{Rd})	537.31	187.58	537.31
Check Ratio (M _{Ed} /M _{Rd})	0.3527	0.5177	0.3447
Neutral Axis (x/d)	0.1357	0.0686	0.1357
(+) Load Combination No.	35	51	51
Moment (M _{Ed})	164.27	81.57	167.83
Factored Strength (M _{Rd})	364.19	370.09	364.19
Check Ratio (M _{Ed} /M _{Rd})	0.4511	0.2204	0.4608
Neutral Axis (x/d)	0.1084	0.1289	0.1084
Using Rebar Top (A _{s_top})	0.0023	0.0008	0.0023
Using Rebar Bot (A _{s_bot})	0.0015	0.0015	0.0015

3. Shear Capacity

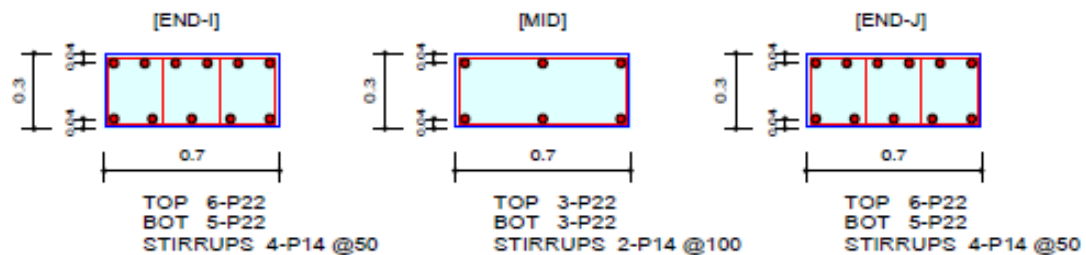
	END-I	MID	END-J
Load Combination No.	52	55	61
Factored Shear Force (V _{Ed})	112.52	89.06	113.71
V _{Rdc}	115.88	102.43	117.25
V _{Rds}	690.08	706.86	706.86
V _{Rdmax}	690.08	706.86	706.86
Using Shear Reinf. (A _{sw})	0.0092	0.0031	0.0092
Using Stirrups Spacing	3-P14 @50	2-P14 @100	3-P14 @50
V _{Ed} / V _{Rdc}	0.9710	0.8695	0.9698
V _{Ed} / min(V _{Rds} , V _{Rdmax})	0.1631	0.1260	0.1609
Check Ratio	0.9710	0.8695	0.9698

Figura 146 – Verifiche travi 30x70 – SLU-SLVX-SLVY

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 123 DI 185
---	---	-------------------------------

1. Design Information

Design Code	Eurocode2:04 & NTC2018	Unit System	kN, m
Material Data	$f_{ck} = 28000$, $f_{yk} = 450000$, $f_{yw} = 450000$ KPa		
Section Property	Travi 70x30 (No : 4)	Beam Span	5.5m



2. Bending Moment Capacity

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	24	64	18
Moment (M_{Ed})	203.91	60.20	167.12
Factored Strength (M_{Rd})	204.25	105.96	204.25
Check Ratio (M_{Ed}/M_{Rd})	0.9984	0.5681	0.8182
Neutral Axis (x/d)	0.2217	0.1660	0.2217
(+) Load Combination No.	12	19	18
Moment (M_{Ed})	93.06	84.84	83.56
Factored Strength (M_{Rd})	171.16	105.96	171.16
Check Ratio (M_{Ed}/M_{Rd})	0.5437	0.8006	0.4882
Neutral Axis (x/d)	0.1895	0.1660	0.1895
Using Rebar Top (A_{s_top})	0.0023	0.0011	0.0023
Using Rebar Bot (A_{s_bot})	0.0019	0.0011	0.0019

3. Shear Capacity

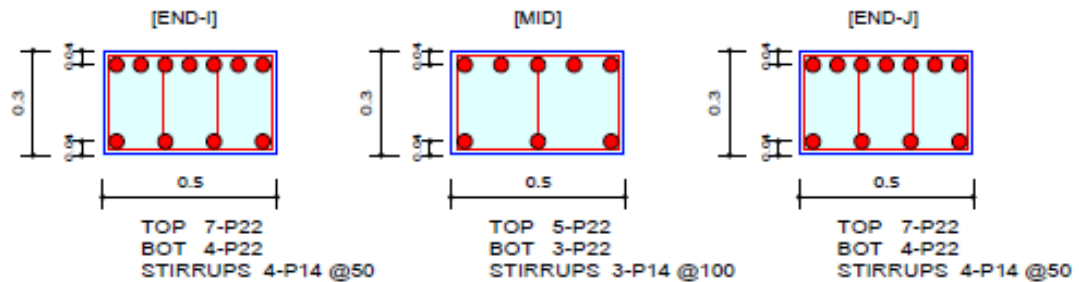
	END-I	MID	END-J
Load Combination No.	55	54	48
Factored Shear Force (V_{Ed})	134.06	105.82	125.63
V_{Rdc}	134.20	106.51	134.20
V_{Rds}	649.74	282.02	649.74
V_{Rdmax}	649.74	649.74	649.74
Using Shear Reinf. (A_{sw})	0.0123	0.0031	0.0123
Using Stirrups Spacing	4-P14 @50	2-P14 @100	4-P14 @50
V_{Ed} / V_{Rdc}	0.9990	0.9935	0.9362
$V_{Ed} / \min(V_{Rds}, V_{Rdmax})$	0.2063	0.3752	0.1934
Check Ratio	0.9990	0.9935	0.9362

Figura 147 – Verifiche travi 70x30 – SLU-SLVX-SLVY

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 124 DI 185
---	---	--

1. Design Information

Design Code	Eurocode2:04 & NTC2018	Unit System	kN, m
Material Data	fck = 28000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa		
Section Property	Travi 50x30 (No : 11)	Beam Span	2.4m



2. Bending Moment Capacity

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	24	24	50
Moment (M _{Ed})	210.68	158.76	102.88
Factored Strength (M _{Rd})	230.85	168.91	230.85
Check Ratio (M _{Ed} /M _{Rd})	0.9126	0.9399	0.4456
Neutral Axis (x/d)	0.3125	0.2617	0.3125
(+) Load Combination No.	64	48	64
Moment (M _{Ed})	72.65	44.78	82.50
Factored Strength (M _{Rd})	137.16	103.93	137.16
Check Ratio (M _{Ed} /M _{Rd})	0.5297	0.4309	0.6015
Neutral Axis (x/d)	0.1826	0.1743	0.1826
Using Rebar Top (A _{s_top})	0.0027	0.0019	0.0027
Using Rebar Bot (A _{s_bot})	0.0015	0.0011	0.0015

3. Shear Capacity

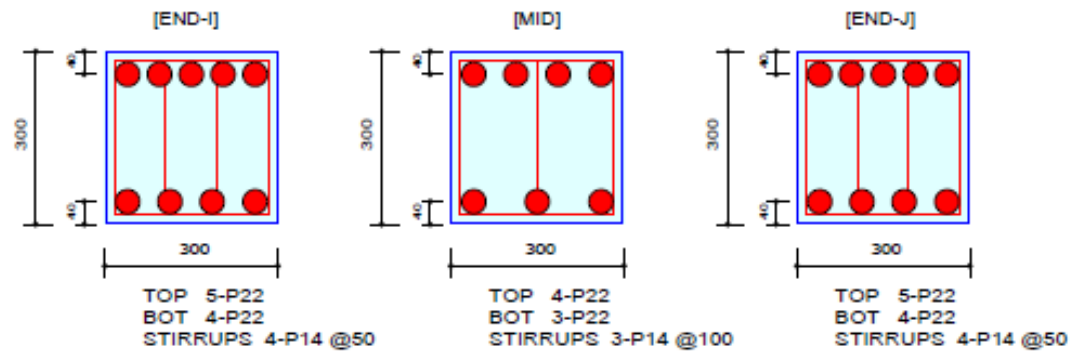
	END-I	MID	END-J
Load Combination No.	19	31	14
Factored Shear Force (V _{Ed})	108.43	100.61	111.10
V _{Rdc}	112.03	100.91	112.03
V _{Rds}	464.10	423.03	464.10
V _{Rdmax}	464.10	464.10	464.10
Using Shear Reinf. (A _{sw})	0.0123	0.0046	0.0123
Using Stirrups Spacing	4-P14 @50	3-P14 @100	4-P14 @50
V _{Ed} / V _{Rdc}	0.9679	0.9970	0.9917
V _{Ed} / min(V _{Rds} , V _{Rdmax})	0.2336	0.2378	0.2394
Check Ratio	0.9679	0.9970	0.9917

Figura 148 – Verifiche travi 50x30 – SLU-SLVX-SLVY

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 125 DI 185
---	---	------------------------

1. Design Information

Design Code	Eurocode2:04 & NTC2018	Unit System	N, mm
Material Data	$f_{ck} = 28$, $f_{yk} = 450$, $f_{yw} = 450$ MPa		
Section Property	Travi 30x30 (No : 12)	Beam Span	8000mm



2. Bending Moment Capacity

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	19	13	18
Moment (M_{Ed})	89010355.34	24211996.77	98018098.18
Factored Strength (M_{Rd})	164985070.98	133275080.17	164985070.98
Check Ratio (M_{Ed}/M_{Rd})	0.5395	0.1817	0.5941
Neutral Axis (x/d)	0.2813	0.2695	0.2813
(+) Load Combination No.	19	24	13
Moment (M_{Ed})	44505177.67	61957953.74	48423993.54
Factored Strength (M_{Rd})	133802222.32	101632147.39	133802222.32
Check Ratio (M_{Ed}/M_{Rd})	0.3326	0.6096	0.3619
Neutral Axis (x/d)	0.2207	0.2051	0.2207
Using Rebar Top (A_{s_top})	1900.0000	1520.0000	1900.0000
Using Rebar Bot (A_{s_bot})	1520.0000	1140.0000	1520.0000

3. Shear Capacity

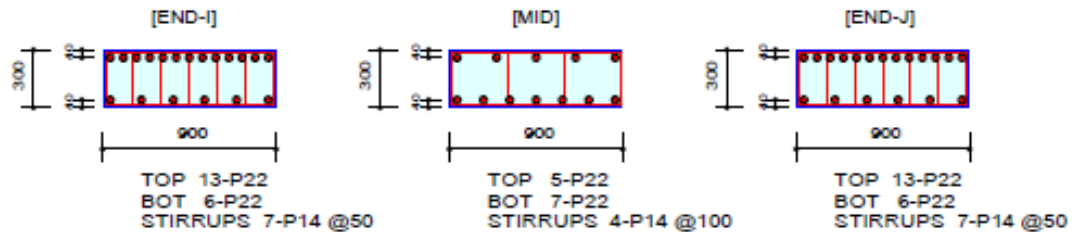
	END-I	MID	END-J
Load Combination No.	23	65	11
Factored Shear Force (V_{Ed})	67182.96	51412.75	66955.64
V_{Rdc}	67217.58	66638.09	67217.58
V_{Rds}	278460.00	278460.00	278460.00
V_{Rdmax}	278460.00	278460.00	278460.00
Using Shear Reinf. (A_{sw})	12320.0000	4620.0000	12320.0000
Using Stirrups Spacing	4-P14 @50	3-P14 @100	4-P14 @50
V_{Ed} / V_{Rdc}	0.9995	0.7715	0.9961
$V_{Ed} / \min(V_{Rds}, V_{Rdmax})$	0.2413	0.1846	0.2404
Check Ratio	0.9995	0.7715	0.9961

Figura 149 – Verifiche travi 30x30 – SLU-SLVX-SLVY

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 126 DI 185
---	---	---

1. Design Information

Design Code	Eurocode2:04 & NTC2018	Unit System	N, mm
Material Data	$f_{ck} = 28$, $f_{yk} = 450$, $f_{yw} = 450$ MPa		
Section Property	Travi 90x30 (No : 13)	Beam Span	8000mm



2. Bending Moment Capacity

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	24	6	18
Moment (M _{Ed})	357635905.39	97377960.35	399521562.73
Factored Strength (M _{Rd})	427734190.71	174670528.79	427734190.71
Check Ratio (M _{Ed} /M _{Rd})	0.8361	0.5575	0.9340
Neutral Axis (x/d)	0.3594	0.1748	0.3594
(+) Load Combination No.	24	24	6
Moment (M _{Ed})	178817952.70	208732545.42	194755920.70
Factored Strength (M _{Rd})	205661457.84	238917454.25	205661457.84
Check Ratio (M _{Ed} /M _{Rd})	0.8695	0.8737	0.9470
Neutral Axis (x/d)	0.1724	0.2217	0.1724
Using Rebar Top (A _{s_top})	4940.0000	1900.0000	4940.0000
Using Rebar Bot (A _{s_bot})	2280.0000	2660.0000	2280.0000

3. Shear Capacity

	END-I	MID	END-J
Load Combination No.	64	18	48
Factored Shear Force (V _{Ed})	183437.95	151999.25	191566.17
V _{Rdc}	201652.75	167038.30	201652.75
V _{Rds}	835380.00	564041.74	835380.00
V _{Rdmax}	835380.00	835380.00	835380.00
Using Shear Reinf. (A _{sw})	21560.0000	6160.0000	21560.0000
Using Stirrups Spacing	7-P14 @50	4-P14 @100	7-P14 @50
V _{Ed} / V _{Rdc}	0.9097	0.9100	0.9500
V _{Ed} / min(V _{Rds} , V _{Rdmax})	0.2196	0.2695	0.2293
Check Ratio	0.9097	0.9100	0.9500

Figura 150 – Verifiche travi 90x30 – SLU-SLVX-SLVY

9.2.2 SLE

$$\sigma_{c,ad} = 0.60 f_{ck} = 17.46 \text{ MPa}$$

combinazione rara

$$\sigma_{c,ad} = 0.45 f_{ck} = 13.10 \text{ MPa}$$

combinazione quasi permanente

$$\sigma_{y,ad} = 0.80 f_{yk} = 360 \text{ MPa}$$

combinazione rara

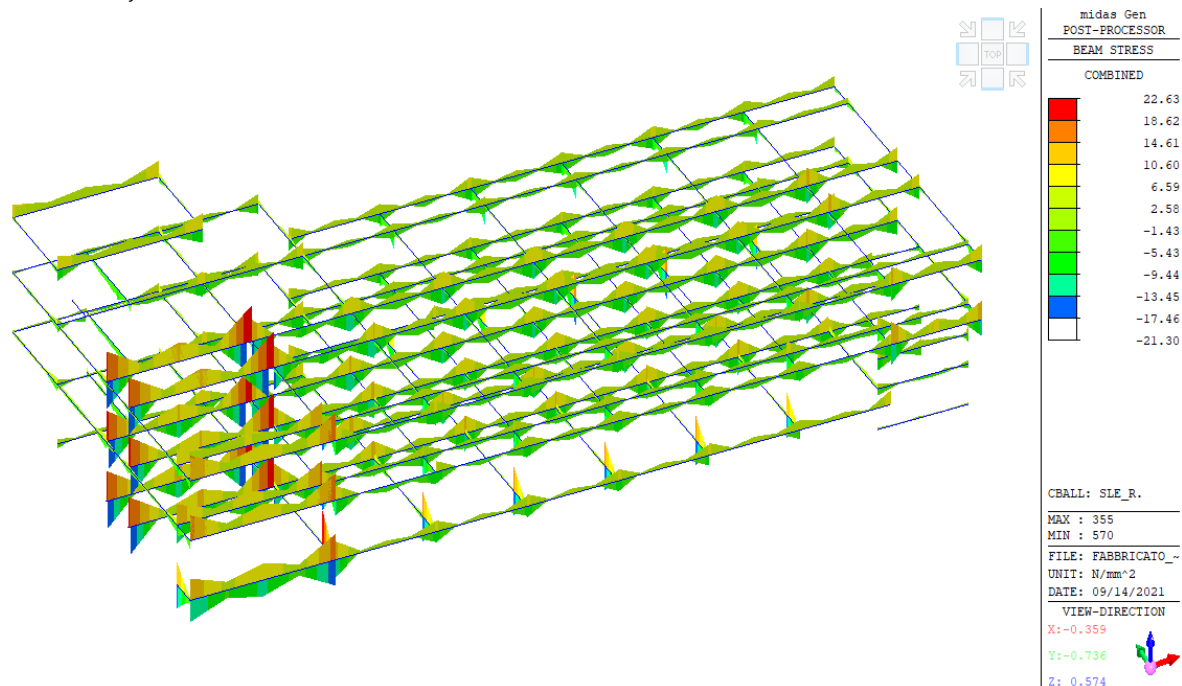


Figura 151 – Verifica travi – SLE Rara_Stato limite di limitazione delle tensioni

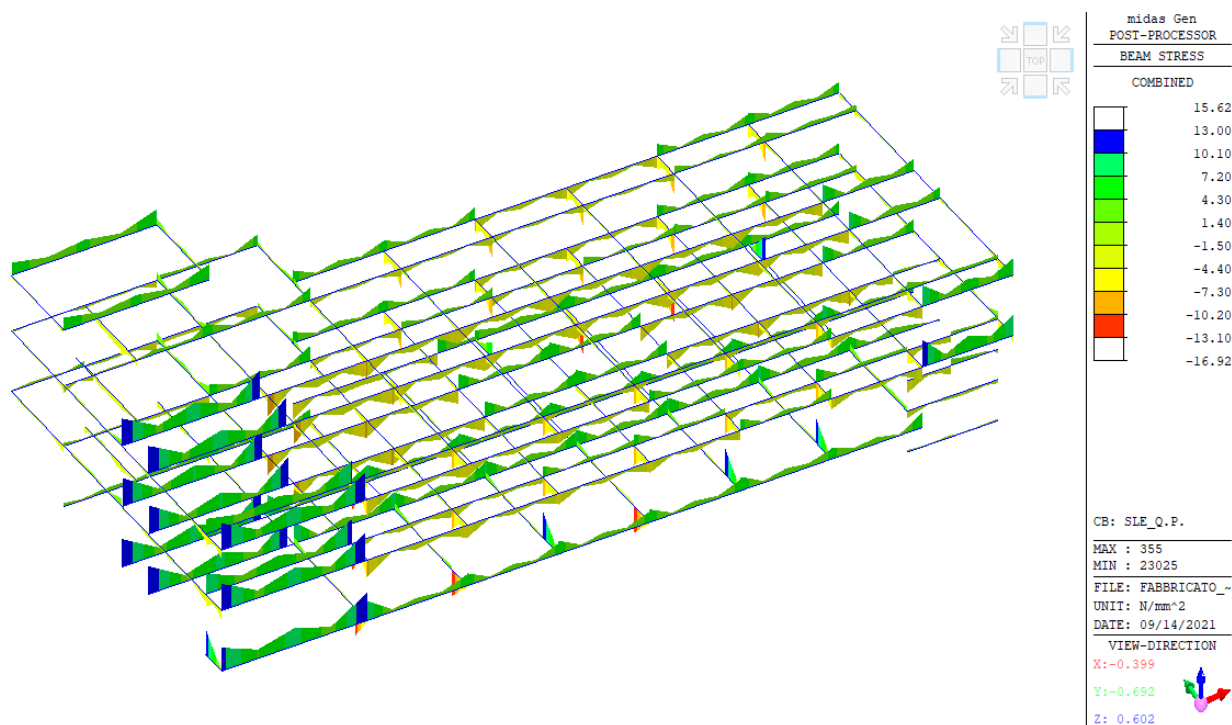
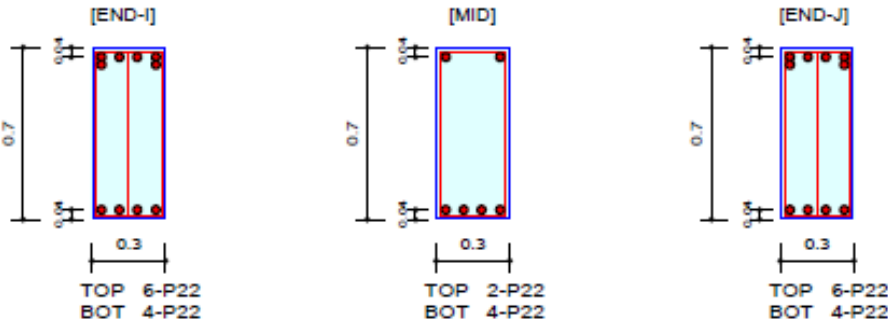


Figura 152 – Verifica travi – SLE Quasi Permanente_Stato limite di limitazione delle tensioni

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 128 DI 185
---	---	-------------------------------

1. Design Information

Design Code	Eurocode2:04 & NTC2018	Unit System	kN, m
Material Data	$f_{ck} = 28000$, $f_{yk} = 450000$, $f_{yw} = 450000$ KPa		
Section Property	Travi 30x70 (No : 3)	Beam Span	8m



4. Crack Control

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	142(Q)	142(Q)	142(Q)
Crack Width(w)	0.00	0.00	0.00
Allowable Crack Width(wa)	0.00	0.00	0.00
Check Ratio(w/wa)	0.4526	0.0674	0.5654
(+) Load Combination No.	142(Q)	142(Q)	142(Q)
Crack Width(w)	0.00	0.00	0.00
Allowable Crack Width(wa)	0.00	0.00	0.00
Check Ratio(w/wa)	0.0436	0.4456	0.0321

5. Deflection Control

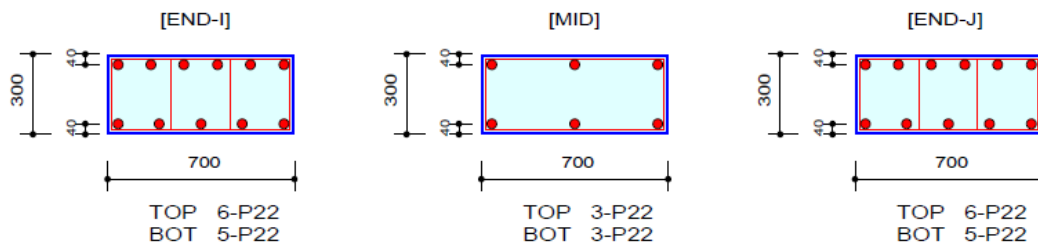
$L/500 = 0.016000 > 0.0029$ (LCB:142, POS: 4.0m from END-I)..... O.K

Figura 153 – Verifiche travi 30x70 – SLE_Stato limite di fessurazione e di deformazione

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 129 DI 185
---	---	---

1. Design Information

Design Code	Eurocode2:04 & NTC2018	Unit System	N, mm
Material Data	fck = 28, fyk = 450, fyw = 450 MPa		
Section Property	Travi 70x30 (No : 4)	Beam Span	5500mm



4. Crack Control

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	142(Q)	142(Q)	142(Q)
Crack Width(w)	0.20	0.02	0.15
Allowable Crack Width(wa)	0.30	0.30	0.30
Check Ratio(w/wa)	0.6507	0.0662	0.5155
(+) Load Combination No.	142(Q)	142(Q)	142(Q)
Crack Width(w)	0.01	0.20	0.02
Allowable Crack Width(wa)	0.30	0.30	0.30
Check Ratio(w/wa)	0.0328	0.6650	0.0535

5. Deflection Control

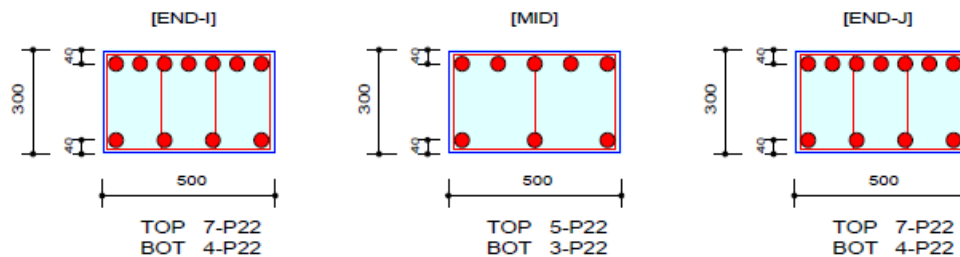
$L/500 = 11.000000 > 2.0434$ (LCB:142, POS:2750.0mm from END-I)..... O.K

Figura 154 – Verifiche travi 70x30 - SLE_Stato limite di fessurazione e di deformazione

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 130 DI 185
---	---	---

1. Design Information

Design Code	Eurocode2:04 & NTC2018	Unit System	N, mm
Material Data	$f_{ck} = 28$, $f_{yk} = 450$, $f_{yw} = 450$ MPa		
Section Property	Travi 50x30 (No : 11)	Beam Span	2400mm



4. Crack Control

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	142(Q)	142(Q)	142(Q)
Crack Width(w)	0.16	0.19	0.01
Allowable Crack Width(wa)	0.30	0.30	0.30
Check Ratio(w/wa)	0.5316	0.6201	0.0413
(+) Load Combination No.	142(Q)	142(Q)	142(Q)
Crack Width(w)	0.01	0.01	0.10
Allowable Crack Width(wa)	0.30	0.30	0.30
Check Ratio(w/wa)	0.0204	0.0328	0.3360

5. Deflection Control

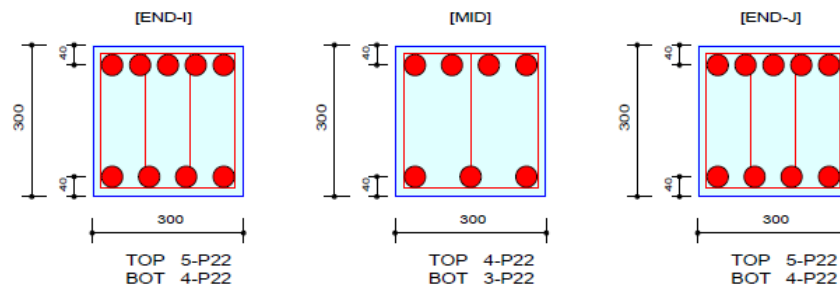
$L/500 = 2.980000 > 0.5729$ (LCB:142, POS: 662.2mm from END-I)..... O.K

Figura 155 – Verifiche travi 50x30 – SLE_Stato limite di fessurazione e di deformazione

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 131 DI 185
---	---	---

1. Design Information

Design Code	Eurocode2:04 & NTC2018	Unit System	N, mm
Material Data	fck = 28, fyk = 450, fyw = 450 MPa		
Section Property	Travi 30x30 (No : 12)	Beam Span	8000mm



4. Crack Control

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	142(Q)	142(Q)	142(Q)
Crack Width(w)	0.09	0.01	0.09
Allowable Crack Width(wa)	0.30	0.30	0.30
Check Ratio(w/wa)	0.2843	0.0250	0.3126
(+) Load Combination No.	142(Q)	142(Q)	142(Q)
Crack Width(w)	0.01	0.11	0.01
Allowable Crack Width(wa)	0.30	0.30	0.30
Check Ratio(w/wa)	0.0357	0.3805	0.0252

5. Deflection Control

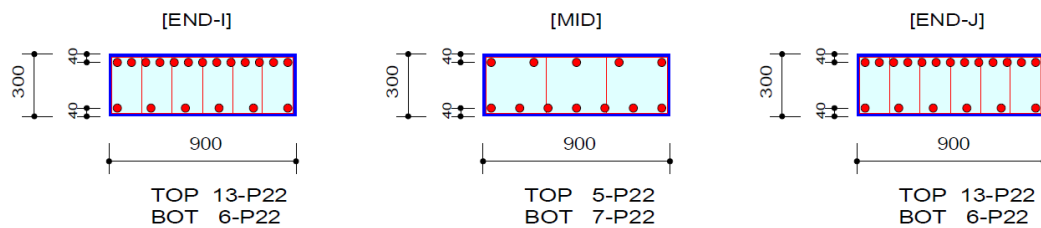
$L/500 = 16.000000 > 9.3725$ (LCB:142, POS:4000.0mm from END-I)..... O.K

Figura 156 – Verifiche travi 30x30 – SLE_Stato limite di fessurazione e di deformazione

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 132 DI 185
---	--	--------------------------------------

1. Design Information

Design Code	Eurocode2:04 & NTC2018	Unit System	N, mm
Material Data	$f_{ck} = 28$, $f_{yk} = 450$, $f_{yw} = 450$ MPa		
Section Property	Travi 90x30 (No : 13)	Beam Span	8000mm



4. Crack Control

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	142(Q)	142(Q)	142(Q)
Crack Width(w)	0.13	0.00	0.15
Allowable Crack Width(wa)	0.30	0.00	0.30
Check Ratio(w/wa)	0.4436	0.0000	0.4989
(+) Load Combination No.	142(Q)	142(Q)	142(Q)
Crack Width(w)	0.02	0.17	0.01
Allowable Crack Width(wa)	0.30	0.30	0.30
Check Ratio(w/wa)	0.0525	0.5736	0.0319

5. Deflection Control

$L/500 = 16.000000 > 8.8028$ (LCB:142, POS:4000.0mm from END-I)..... O.K

Figura 157 – Verifiche travi 90x30 – SLE_Stato limite di fessurazione e di deformazione

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 133 DI 185
---	---	-------------------------------

9.3 Verifiche dei pilastri

In funzione delle sollecitazioni si è dimensionata opportunamente l'armatura longitudinale dei pilastri.

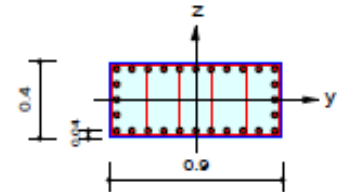
Pilastri 40x90 - Lato corto: - armatura superiore 5ϕ26 - armatura inferiore 5ϕ26 - zone d'appoggio: staffe Φ14/5 cm (3 bracci) - campata: staffe Φ14/10 cm (3 bracci) - Lato lungo: - armatura superiore 11ϕ26 - armatura inferiore 11ϕ26 - zone d'appoggio: staffe Φ14/5 cm (6 bracci) - campata: staffe Φ14/10 cm (6 bracci)	Pilastri 90x40 - Lato corto: - armatura superiore 5ϕ26 - armatura inferiore 5ϕ26 - zone d'appoggio: staffe Φ14/5 cm (3 bracci) - campata: staffe Φ14/10 cm (3 bracci) - Lato lungo: - armatura superiore 11ϕ26 - armatura inferiore 11ϕ26 - zone d'appoggio: staffe Φ14/5 cm (6 bracci) - campata: staffe Φ14/10 cm (6 bracci)
---	---

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 134 DI 185
---	---	-------------------------------

9.3.1 SLU-SLVX-SLVY

1. Design Condition

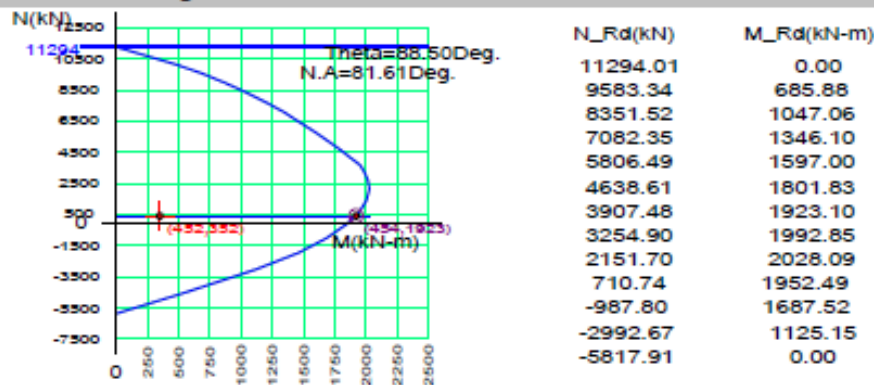
Design Code : Eurocode2:04 & NTC2018 UNIT SYSTEM kN, m
 Member Number: 453 (PM), 471, 475 (Shear-y,z)
 Material Data : $f_{ck} = 28000$, $f_{yk} = 450000$, $f_{yw} = 450000$ KPa
 Column Height : 3.6 m
 Section Property: Pil 40x90 (No : 1)
 Rebar Pattern : 28 - 5 - P26



2. Axial and Moments Capacity

Load Combination : 35 (Pos : J)
 Concentric Max. Axial Load $N_{Rdmax} = 11294.0$ kN
 Axial Load Ratio $N_{Ed} / N_{Rd} = 452.353 / 454.143 = 0.996 < 1.000$ O.K
 Moment Ratio $M_{Ed} / M_{Rd} = 352.260 / 1923.29 = 0.183 < 1.000$ O.K
 $M_{Edy} / M_{Rdy} = 9.04705 / 50.3355 = 0.180 < 1.000$ O.K
 $M_{Edz} / M_{Rdz} = 352.144 / 1922.63 = 0.183 < 1.000$ O.K
 Normalized Axial Load Ratio $Nu_d / 0.65 = 0.144 / 0.650 = 0.221 < 1.000$ O.K

M-N Interaction Diagram



3. Shear Capacity

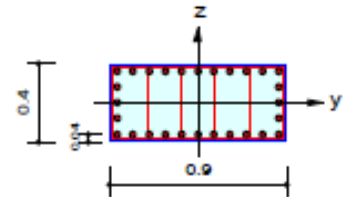
[END]	y (LCB : 58, POS : I)	z (LCB : 34, POS : I)
Applied Shear Force (V_Ed)	331.495 kN	129.837 kN
V_Ed / V_Rdc	331.495 / 332.077 = 0.998	129.837 / 323.634 = 0.401
V_Ed / V_Rds	331.495 / 2798.51 = 0.118	129.837 / 2342.94 = 0.055
V_Ed / V_Rdmax	331.495 / 1228.08 = 0.270	129.837 / 1156.68 = 0.112
Shear Ratio	0.998 < 1.000 O.K	0.401 < 1.000 O.K
Asw-H_use	0.00924 m^2/m, 3-P14 @50	0.01848 m^2/m, 6-P14 @50
[MIDDLE]	y (LCB : 51, POS : 1/2)	z (LCB : 34, POS : 1/2)
Applied Shear Force (V_Ed)	331.495 kN	129.837 kN
V_Ed / V_Rdc	331.495 / 332.038 = 0.998	129.837 / 325.821 = 0.398
V_Ed / V_Rds	331.495 / 1399.26 = 0.237	129.837 / 1171.47 = 0.111
V_Ed / V_Rdmax	331.495 / 1228.08 = 0.270	129.837 / 1156.68 = 0.112
Shear Ratio	0.998 < 1.000 O.K	0.398 < 1.000 O.K
Asw-H_use	0.00462 m^2/m, 3-P14 @100	0.00924 m^2/m, 6-P14 @100
[JOINT : TOP]	y (LCB : 34, POS : I)	z (LCB : 34, POS : I)
Ash.req / Ash.use	0.00573 / 0.00601 = 0.954	0.00407 / 0.01201 = 0.338
Joint Ratio	0.954 < 1.000 O.K	0.338 < 1.000 O.K

Figura 158 – Verifiche pilastri 40x90 - SLU-SLVX-SLVY

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 135 DI 185
---	---	-------------------------------

1. Design Condition

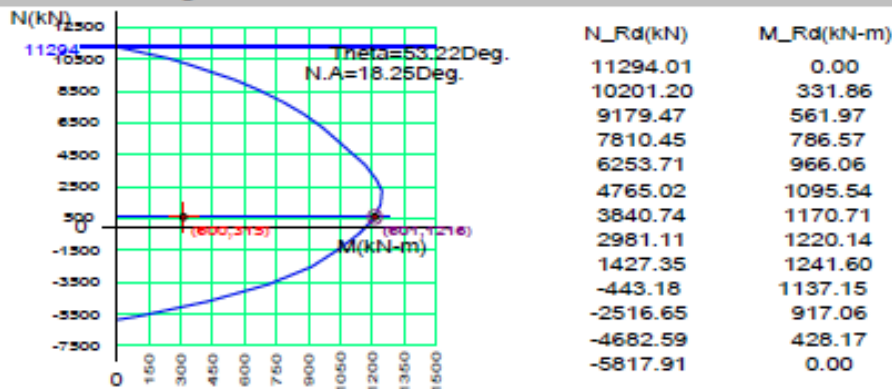
Design Code : Eurocode2:04 & NTC2018 UNIT SYSTEM kN, m
 Member Number: 125494 (PM), 125494 (Shear)
 Material Data : $f_{ck} = 28000$, $f_{yk} = 450000$, $f_{yw} = 450000$ KPa
 Column Height : 3.6 m
 Section Property: Pil 40x90 (sx i) (No : 7)
 Rebar Pattern : 28 - 5 - P26



2. Axial and Moments Capacity

Load Combination : 45 (Pos : I)
 Concentric Max. Axial Load $N_{Rdmax} = 11294.0$ kN
 Axial Load Ratio $N_{Ed} / N_{Rd} = 599.815 / 600.787 = 0.998 < 1.000$ O.K
 Moment Ratio $M_{Ed} / M_{Rd} = 314.564 / 1215.96 = 0.259 < 1.000$ O.K
 $M_{Edy} / M_{Rdy} = 188.920 / 728.041 = 0.259 < 1.000$ O.K
 $M_{Edz} / M_{Rdz} = 251.516 / 973.922 = 0.258 < 1.000$ O.K
 Normalized Axial Load Ratio $Nu_d / 0.65 = 0.149 / 0.650 = 0.229 < 1.000$ O.K

M-N Interaction Diagram



3. Shear Capacity

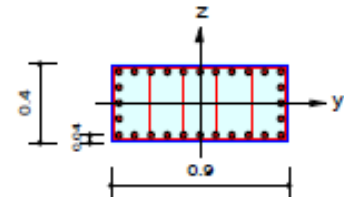
[END]	y (LCB : 65, POS : J)	z (LCB : 35, POS : I)
Applied Shear Force (V_Ed)	526.839 kN	290.565 kN
V_Ed / V_Rdc	526.839 / 345.472 = 1.525	290.565 / 334.984 = 0.867
V_Ed / V_Rds	526.839 / 2798.51 = 0.188	290.565 / 2342.94 = 0.124
V_Ed / V_Rdmax	526.839 / 1228.08 = 0.429	290.565 / 1156.68 = 0.251
Shear Ratio	0.429 < 1.000 O.K	0.867 < 1.000 O.K
Asw-H_use	0.00924 m^2/m, 3-P14 @50	0.01848 m^2/m, 6-P14 @50
[MIDDLE]	y (LCB : 65, POS : 1/2)	z (LCB : 35, POS : 1/2)
Applied Shear Force (V_Ed)	526.839 kN	290.565 kN
V_Ed / V_Rdc	526.839 / 343.150 = 1.535	290.565 / 337.171 = 0.862
V_Ed / V_Rds	526.839 / 1399.26 = 0.377	290.565 / 1171.47 = 0.248
V_Ed / V_Rdmax	526.839 / 1228.08 = 0.429	290.565 / 1156.68 = 0.251
Shear Ratio	0.429 < 1.000 O.K	0.862 < 1.000 O.K
Asw-H_use	0.00462 m^2/m, 3-P14 @100	0.00924 m^2/m, 6-P14 @100
[JOINT : TOP]	y (LCB : 34, POS : I)	z (LCB : 34, POS : I)
Ash.req / Ash.use	0.00573 / 0.00601 = 0.954	0.01146 / 0.01201 = 0.954
Joint Ratio	0.954 < 1.000 O.K	0.954 < 1.000 O.K

Figura 159 – Verifiche pilastri 40x90 (sx i) - SLU-SLVX-SLVY

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 136 DI 185
---	---	-------------------------------

1. Design Condition

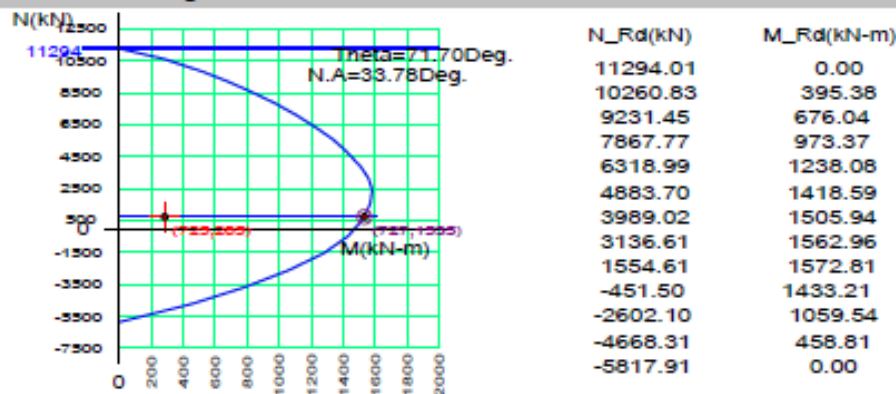
Design Code : Eurocode2:04 & NTC2018 UNIT SYSTEM kN, m
 Member Number: 481 (PM), 481 (Shear)
 Material Data : $f_{ck} = 28000$, $f_{yk} = 450000$, $f_{yw} = 450000$ KPa
 Column Height : 3.6 m
 Section Property: Pil 40x90 (dx s) (No : 8)
 Rebar Pattern : 28 - 5 - P26



2. Axial and Moments Capacity

Load Combination : 38 (Pos : J)
 Concentric Max. Axial Load $N_{Rdmax} = 11294.0$ kN
 Axial Load Ratio $N_{Ed} / N_{Rd} = 725.478 / 726.915 = 0.998 < 1.000$ O.K
 Moment Ratio $M_{Ed} / M_{Rd} = 285.344 / 1535.47 = 0.186 < 1.000$ O.K
 $M_{Edy} / M_{Rdy} = 87.9016 / 482.158 = 0.182 < 1.000$ O.K
 $M_{Edz} / M_{Rdz} = 271.467 / 1457.81 = 0.186 < 1.000$ O.K
 Normalized Axial Load Ratio $Nu_d / 0.65 = 0.127 / 0.650 = 0.195 < 1.000$ O.K

M-N Interaction Diagram



3. Shear Capacity

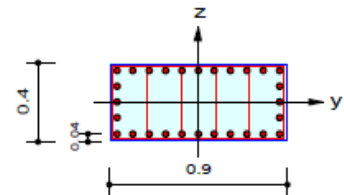
[END]	y (LCB : 65, POS : J)	z (LCB : 54, POS : I)
Applied Shear Force (V_{Ed})	399.311 kN	248.699 kN
V_{Ed} / V_{Rdc}	$399.311 / 300.186 = 1.330$	$248.699 / 309.053 = 0.805$
V_{Ed} / V_{Rds}	$399.311 / 2798.51 = 0.143$	$248.699 / 2342.94 = 0.106$
V_{Ed} / V_{Rdmax}	$399.311 / 1228.08 = 0.325$	$248.699 / 1156.68 = 0.215$
Shear Ratio	$0.325 < 1.000$ O.K	$0.805 < 1.000$ O.K
Asw-H_use	0.00924 m ² /m, 3-P14 @50	0.01848 m ² /m, 6-P14 @50
[MIDDLE]	y (LCB : 65, POS : 1/2)	z (LCB : 54, POS : 1/2)
Applied Shear Force (V_{Ed})	399.311 kN	248.699 kN
V_{Ed} / V_{Rdc}	$399.311 / 297.864 = 1.341$	$248.699 / 311.240 = 0.799$
V_{Ed} / V_{Rds}	$399.311 / 1399.26 = 0.285$	$248.699 / 1171.47 = 0.212$
V_{Ed} / V_{Rdmax}	$399.311 / 1228.08 = 0.325$	$248.699 / 1156.68 = 0.215$
Shear Ratio	$0.325 < 1.000$ O.K	$0.799 < 1.000$ O.K
Asw-H_use	0.00462 m ² /m, 3-P14 @100	0.00924 m ² /m, 6-P14 @100
[JOINT : TOP]	y (LCB : , POS : I)	z (LCB : , POS : I)
Ash.req / Ash.use	0.00000 / 0.00000 = 0.000	0.00000 / 0.00000 = 0.000
Joint Ratio	$0.000 < 1.000$ O.K	$0.000 < 1.000$ O.K

Figura 160 – Verifiche pilastri 40x90 (dx s) - SLU-SLVX-SLVY

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 137 DI 185
---	---	-------------------------------

1. Design Condition

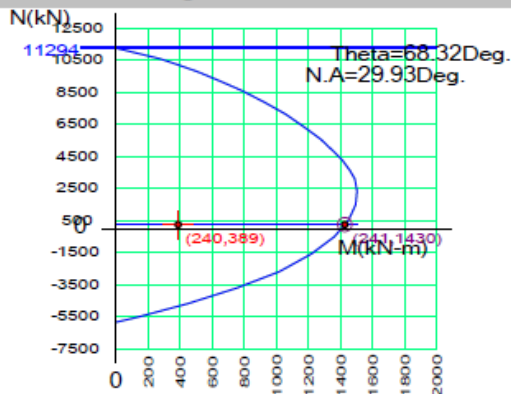
Design Code : Eurocode2:04 & NTC2018 UNIT SYSTEM kN, m
Member Number: 23472 (PM), 23472 (Shear)
Material Data : $f_{ck} = 28000$, $f_{yk} = 450000$, $f_{yw} = 450000$ KPa
Column Height : 1.8 m
Section Property: Pil 40x90 (dx i) (No : 9)
Rebar Pattern : 28 - 5 - P26



2. Axial and Moments Capacity

Load Combination : 34 (Pos : I)
Concentric Max. Axial Load $N_{Rdmax} = 11294.0$ kN
Axial Load Ratio $N_{Ed} / N_{Rd} = 239.767 / 240.963 = 0.995 < 1.000$ O.K
Moment Ratio $M_{Ed} / M_{Rd} = 388.788 / 1429.66 = 0.272 < 1.000$ O.K
 $M_{Edy} / M_{Rdy} = 142.988 / 528.235 = 0.271 < 1.000$ O.K
 $M_{Edz} / M_{Rdz} = 361.539 / 1328.50 = 0.272 < 1.000$ O.K
Normalized Axial Load Ratio $Nu_d / 0.65 = 0.161 / 0.650 = 0.248 < 1.000$ O.K

M-N Interaction Diagram



N_{Rd} (kN)	M_{Rd} (kN-m)
11294.01	0.00
10273.72	379.59
9252.43	648.52
7895.51	928.29
6355.55	1176.61
4871.67	1354.24
3956.80	1439.21
3086.61	1490.25
1482.73	1495.35
-491.70	1364.11
-2658.03	1018.05
-4689.77	447.98
-5817.91	0.00

3. Shear Capacity

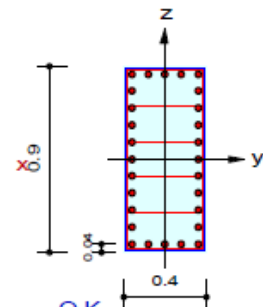
[END]	y (LCB : 65, POS : J)	z (LCB : 58, POS : I)
Applied Shear Force (V_{Ed})	923.353 kN	375.745 kN
V_{Ed} / V_{Rdc}	$923.353 / 320.296 = 2.883$	$375.745 / 380.502 = 0.987$
V_{Ed} / V_{Rds}	$923.353 / 2798.51 = 0.330$	$375.745 / 2342.94 = 0.160$
V_{Ed} / V_{Rdmax}	$923.353 / 1228.08 = 0.752$	$375.745 / 1156.68 = 0.325$
Shear Ratio	$0.752 < 1.000$ O.K	$0.987 < 1.000$ O.K
$Asw-H_{use}$	$0.00924 \text{ m}^2/\text{m}$, 3-P14 @50	$0.01848 \text{ m}^2/\text{m}$, 6-P14 @50
[MIDDLE]	y (LCB : 65, POS : 1/2)	z (LCB : 58, POS : 1/2)
Applied Shear Force (V_{Ed})	923.353 kN	375.745 kN
V_{Ed} / V_{Rdc}	$923.353 / 319.135 = 2.893$	$375.745 / 381.596 = 0.985$
V_{Ed} / V_{Rds}	$923.353 / 1399.26 = 0.660$	$375.745 / 1171.47 = 0.321$
V_{Ed} / V_{Rdmax}	$923.353 / 1228.08 = 0.752$	$375.745 / 1156.68 = 0.325$
Shear Ratio	$0.752 < 1.000$ O.K	$0.985 < 1.000$ O.K
$Asw-H_{use}$	$0.00462 \text{ m}^2/\text{m}$, 3-P14 @100	$0.00924 \text{ m}^2/\text{m}$, 6-P14 @100
[JOINT : TOP]	y (LCB : 34, POS : I)	z (LCB : 34, POS : I)
Ash_{req} / Ash_{use}	$0.00573 / 0.00601 = 0.954$	$0.01146 / 0.01201 = 0.954$
Joint Ratio	$0.954 < 1.000$ O.K	$0.954 < 1.000$ O.K

Figura 161 – Verifiche pilastri 40x90 (sx i) - SLU-SLVX-SLVY

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 138 DI 185
---	---	-------------------------------

1. Design Condition

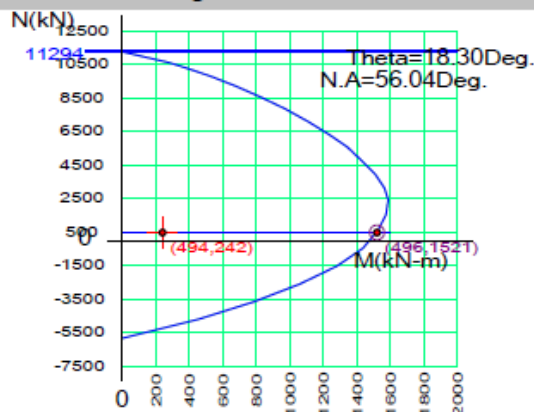
Design Code : Eurocode2:04 & NTC2018 UNIT SYSTEM kN, m
 Member Number: 495 (PM), 495 (Shear)
 Material Data : $f_{ck} = 28000$, $f_{yk} = 450000$, $f_{yw} = 450000$ KPa
 Column Height : 3.6 m
 Section Property: Pil 90x40 (dx s) (No : 10)
 Rebar Pattern : 28 - 11 - P26



2. Axial and Moments Capacity

Load Combination : 39 (Pos : I)
 Concentric Max. Axial Load $N_{Rdmax} = 11294.0$ kN
 Axial Load Ratio $N_{Ed} / N_{Rd} = 493.775 / 496.151 = 0.995 < 1.000$ O.K
 Moment Ratio $M_{Ed} / M_{Rd} = 242.125 / 1520.70 = 0.159 < 1.000$ O.K
 $M_{Edy} / M_{Rdy} = 230.849 / 1443.76 = 0.160 < 1.000$ O.K
 $M_{Edz} / M_{Rdz} = 73.0308 / 477.578 = 0.153 < 1.000$ O.K
 Normalized Axial Load Ratio $Nu_d / 0.65 = 0.094 / 0.650 = 0.144 < 1.000$ O.K

M-N Interaction Diagram



N_Rd(kN)	M_Rd(kN-m)
11294.01	0.00
10260.16	396.13
9230.32	677.36
7866.14	975.52
6317.10	1240.68
4884.01	1421.37
3990.40	1508.86
3138.74	1566.14
1558.38	1576.48
-448.53	1436.20
-2599.42	1061.49
-4667.30	459.32
-5817.91	0.00

3. Shear Capacity

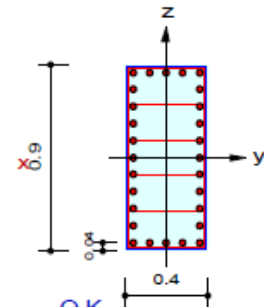
[END]	y (LCB : 51, POS : I)	z (LCB : 65, POS : J)
Applied Shear Force (V_{Ed})	180.593 kN	386.422 kN
V_{Ed} / V_{Rdc}	$180.593 / 295.349 = 0.611$	$386.422 / 285.582 = 1.353$
V_{Ed} / V_{Rds}	$180.593 / 2342.94 = 0.077$	$386.422 / 2798.51 = 0.138$
V_{Ed} / V_{Rdmax}	$180.593 / 1156.68 = 0.156$	$386.422 / 1228.08 = 0.315$
Shear Ratio	$0.611 < 1.000$ O.K	$0.315 < 1.000$ O.K
Asw-H_use	0.01848 m ² /m, 6-P14 @50	0.00924 m ² /m, 3-P14 @50
[MIDDLE]	y (LCB : 51, POS : 1/2)	z (LCB : 65, POS : 1/2)
Applied Shear Force (V_{Ed})	180.593 kN	386.422 kN
V_{Ed} / V_{Rdc}	$180.593 / 297.536 = 0.607$	$386.422 / 283.260 = 1.364$
V_{Ed} / V_{Rds}	$180.593 / 1171.47 = 0.154$	$386.422 / 1399.26 = 0.276$
V_{Ed} / V_{Rdmax}	$180.593 / 1156.68 = 0.156$	$386.422 / 1228.08 = 0.315$
Shear Ratio	$0.607 < 1.000$ O.K	$0.315 < 1.000$ O.K
Asw-H_use	0.00924 m ² /m, 6-P14 @100	0.00462 m ² /m, 3-P14 @100
[JOINT : TOP]	y (LCB : 34, POS : I)	z (LCB : 34, POS : I)
Ash.req / Ash.use	0.01146 / 0.01201 = 0.954	0.00573 / 0.00601 = 0.954
Joint Ratio	$0.954 < 1.000$ O.K	$0.954 < 1.000$ O.K

Figura 162 – Verifiche pilastri 90x40 (dx s) - SLU-SLVX-SLVY

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 139 DI 185
---	---	-------------------------------

1. Design Condition

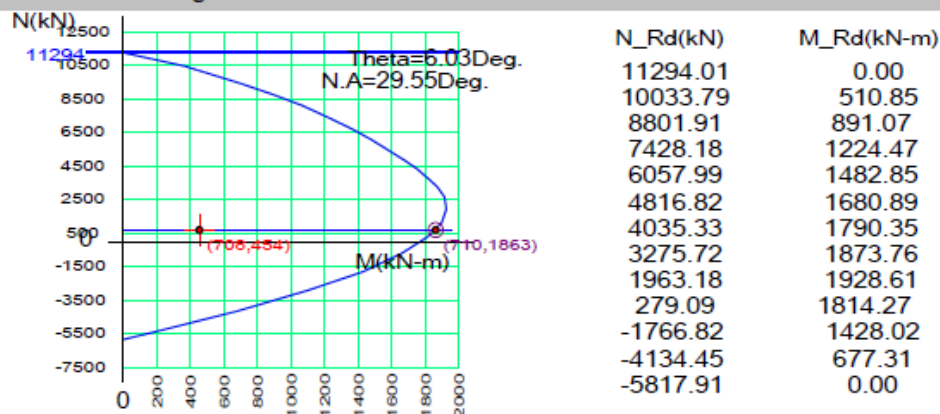
Design Code : Eurocode2:04 & NTC2018 UNIT SYSTEM kN, m
 Member Number: 462 (PM), 452, 411 (Shear-y,z)
 Material Data : fck = 28000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa
 Column Height : 3.6 m
 Section Property: Pil 90x40 (i) (No : 14)
 Rebar Pattern : 28 - 11 - P26



2. Axial and Moments Capacity

Load Combination : 64 (Pos : I)
 Concentric Max. Axial Load N_Rdmax = 11294.0 kN
 Axial Load Ratio $N_{Ed} / N_{Rd} = 707.500 / 710.362 = 0.996 < 1.000$ O.K
 Moment Ratio $M_{Ed} / M_{Rd} = 454.013 / 1863.46 = 0.244 < 1.000$ O.K
 $M_{Edy} / M_{Rdy} = 451.616 / 1853.14 = 0.244 < 1.000$ O.K
 $M_{Edz} / M_{Rdz} = 46.5932 / 195.905 = 0.238 < 1.000$ O.K
 Normalized Axial Load Ratio $Nu_d / 0.65 = 0.184 / 0.650 = 0.283 < 1.000$ O.K

M-N Interaction Diagram



3. Shear Capacity

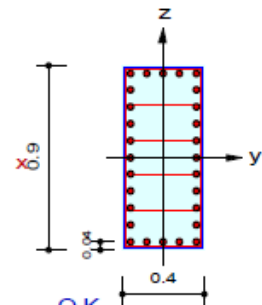
[END]	y (LCB : 35, POS : I)	z (LCB : 48, POS : I)
Applied Shear Force (V_Ed)	212.890 kN	117.262 kN
V_Ed / V_Rdc	212.890 / 343.866 = 0.619	117.262 / 295.202 = 0.397
V_Ed / V_Rds	212.890 / 2342.94 = 0.091	117.262 / 2798.51 = 0.042
V_Ed / V_Rdmax	212.890 / 1156.68 = 0.184	117.262 / 1228.08 = 0.095
Shear Ratio	0.619 < 1.000 O.K	0.397 < 1.000 O.K
Asw-H_use	0.01848 m^2/m, 6-P14 @50	0.00924 m^2/m, 3-P14 @50
[MIDDLE]	y (LCB : 35, POS : 1/2)	z (LCB : 48, POS : 1/2)
Applied Shear Force (V_Ed)	212.890 kN	117.262 kN
V_Ed / V_Rdc	212.890 / 346.053 = 0.615	117.262 / 297.524 = 0.394
V_Ed / V_Rds	212.890 / 1171.47 = 0.182	117.262 / 1399.26 = 0.084
V_Ed / V_Rdmax	212.890 / 1156.68 = 0.184	117.262 / 1228.08 = 0.095
Shear Ratio	0.615 < 1.000 O.K	0.394 < 1.000 O.K
Asw-H_use	0.00924 m^2/m, 6-P14 @100	0.00462 m^2/m, 3-P14 @100
[JOINT : TOP]	y (LCB : 34, POS : I)	z (LCB : 34, POS : I)
Ash.req / Ash.use	0.00776 / 0.01201 = 0.646	0.00573 / 0.00601 = 0.954
Joint Ratio	0.646 < 1.000 O.K	0.954 < 1.000 O.K

Figura 163 – Verifiche pilastri 90x40 (i) - SLU-SLVX-SLVY

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 140 DI 185
---	---	-------------------------------

1. Design Condition

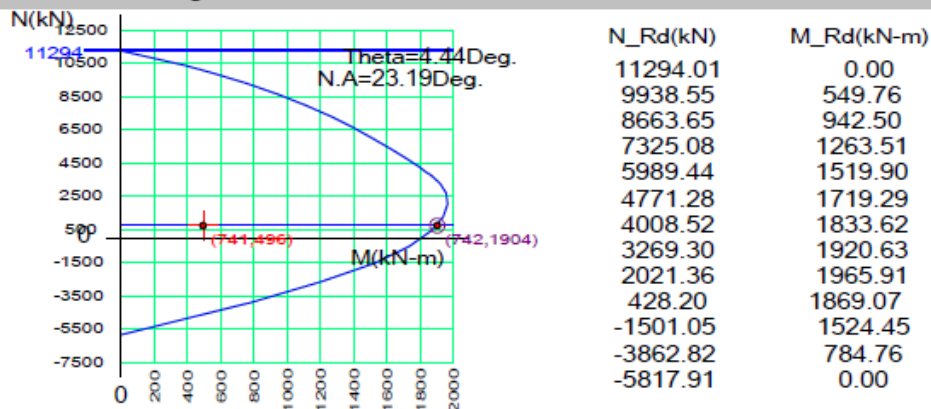
Design Code : Eurocode2:04 & NTC2018 UNIT SYSTEM kN, m
Member Number: 458 (PM), 455, 465 (Shear-y,z)
Material Data : fck = 28000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa
Column Height : 3.6 m
Section Property: Pil 90x40 (s) (No : 15)
Rebar Pattern : 28 - 11 - P26



2. Axial and Moments Capacity

Load Combination : 49 (Pos : J)
Concentric Max. Axial Load N_Rdmax = 11294.0 kN
Axial Load Ratio $N_{Ed} / N_{Rd} = 741.494 / 742.128 = 0.999 < 1.000$ O.K
Moment Ratio $M_{Ed} / M_{Rd} = 496.080 / 1904.03 = 0.261 < 1.000$ O.K
 $M_{Edy} / M_{Rdy} = 494.559 / 1898.32 = 0.261 < 1.000$ O.K
 $M_{Edz} / M_{Rdz} = 38.8205 / 147.301 = 0.264 < 1.000$ O.K
Normalized Axial Load Ratio $Nu_d / 0.65 = 0.148 / 0.650 = 0.228 < 1.000$ O.K

M-N Interaction Diagram



3. Shear Capacity

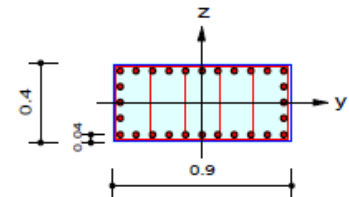
[END]	y (LCB : 51, POS : I)	z (LCB : 65, POS : J)
Applied Shear Force (V_Ed)	348.763 kN	340.972 kN
V_Ed / V_Rdc	348.763 / 350.382 = 0.995	340.972 / 341.052 = 1.000
V_Ed / V_Rds	348.763 / 2342.94 = 0.149	340.972 / 2798.51 = 0.122
V_Ed / V_Rdmax	348.763 / 1156.68 = 0.302	340.972 / 1228.08 = 0.278
Shear Ratio	0.995 < 1.000 O.K	1.000 < 1.000 O.K
Asw-H_use	0.01848 m^2/m, 6-P14 @50	0.00924 m^2/m, 3-P14 @50
[MIDDLE]	y (LCB : 51, POS : 1/2)	z (LCB : 62, POS : 1/2)
Applied Shear Force (V_Ed)	348.763 kN	325.604 kN
V_Ed / V_Rdc	348.763 / 352.569 = 0.989	325.604 / 326.219 = 0.998
V_Ed / V_Rds	348.763 / 1171.47 = 0.298	325.604 / 1399.26 = 0.233
V_Ed / V_Rdmax	348.763 / 1156.68 = 0.302	325.604 / 1228.08 = 0.265
Shear Ratio	0.989 < 1.000 O.K	0.998 < 1.000 O.K
Asw-H_use	0.00924 m^2/m, 6-P14 @100	0.00462 m^2/m, 3-P14 @100
[JOINT : TOP]	y (LCB : 34, POS : I)	z (LCB : 34, POS : I)
Ash.req / Ash.use	0.01146 / 0.01201 = 0.954	0.00573 / 0.00601 = 0.954
Joint Ratio	0.954 < 1.000 O.K	0.954 < 1.000 O.K

Figura 164 – Verifiche pilastri 90x40 (s) - SLU-SLVX-SLVY

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 141 DI 185
---	---	-------------------------------

1. Design Condition

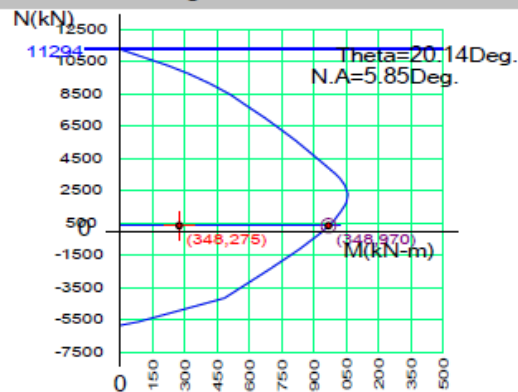
Design Code : Eurocode2:04 & NTC2018 UNIT SYSTEM kN, m
Member Number: 404 (PM), 404, 443 (Shear-y,z)
Material Data : fck = 28000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa
Column Height : 3.6 m
Section Property: Pil 40x90 (sx) (No : 16)
Rebar Pattern : 28 - 5 - P26



2. Axial and Moments Capacity

Load Combination : 25 (Pos : I)
Concentric Max. Axial Load N_Rdmax = 11294.0 kN
Axial Load Ratio N_Ed / N_Rd = 347.848 / 348.180 = 0.999 < 1.000 O.K
Moment Ratio M_Ed / M_Rd = 275.308 / 969.995 = 0.284 < 1.000 O.K
M_Edy / M_Rdy = 257.366 / 910.688 = 0.283 < 1.000 O.K
M_Edz / M_Rdz = 97.7617 / 333.972 = 0.293 < 1.000 O.K
Normalized Axial Load Ratio Nu_d / 0.65 = 0.140 / 0.650 = 0.216 < 1.000 O.K

M-N Interaction Diagram



N_Rd(kN)	M_Rd(kN-m)
11294.01	0.00
9775.65	317.65
8460.17	510.41
7026.78	674.02
5615.35	814.13
4336.84	931.51
3538.29	1002.76
2842.14	1044.04
1784.72	1053.26
595.47	990.08
-1119.84	832.42
-4125.64	485.24
-5817.91	0.00

3. Shear Capacity

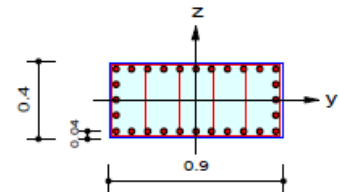
[END]	y (LCB : 51, POS : I)	z (LCB : 35, POS : I)
Applied Shear Force (V_Ed)	129.089 kN	146.421 kN
V_Ed / V_Rdc	129.089 / 257.452 = 0.501	146.421 / 304.863 = 0.480
V_Ed / V_Rds	129.089 / 2798.51 = 0.046	146.421 / 2342.94 = 0.062
V_Ed / V_Rdmax	129.089 / 1228.08 = 0.105	146.421 / 1156.68 = 0.127
Shear Ratio	0.501 < 1.000 O.K	0.480 < 1.000 O.K
Asw-H_use	0.00924 m^2/m, 3-P14 @50	0.01848 m^2/m, 6-P14 @50
[MIDDLE]	y (LCB : 51, POS : 1/2)	z (LCB : 35, POS : 1/2)
Applied Shear Force (V_Ed)	129.089 kN	146.421 kN
V_Ed / V_Rdc	129.089 / 259.774 = 0.497	146.421 / 307.050 = 0.477
V_Ed / V_Rds	129.089 / 1399.26 = 0.092	146.421 / 1171.47 = 0.125
V_Ed / V_Rdmax	129.089 / 1228.08 = 0.105	146.421 / 1156.68 = 0.127
Shear Ratio	0.497 < 1.000 O.K	0.477 < 1.000 O.K
Asw-H_use	0.00462 m^2/m, 3-P14 @100	0.00924 m^2/m, 6-P14 @100
[JOINT : TOP]	y (LCB : 34, POS : I)	z (LCB : 34, POS : I)
Ash.req / Ash.use	0.00573 / 0.00601 = 0.954	0.00407 / 0.01201 = 0.338
Joint Ratio	0.954 < 1.000 O.K	0.338 < 1.000 O.K

Figura 165 – Verifiche pilastri 40x90 (sx) - SLU-SLVX-SLVY

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 142 DI 185
---	---	-------------------------------

1. Design Condition

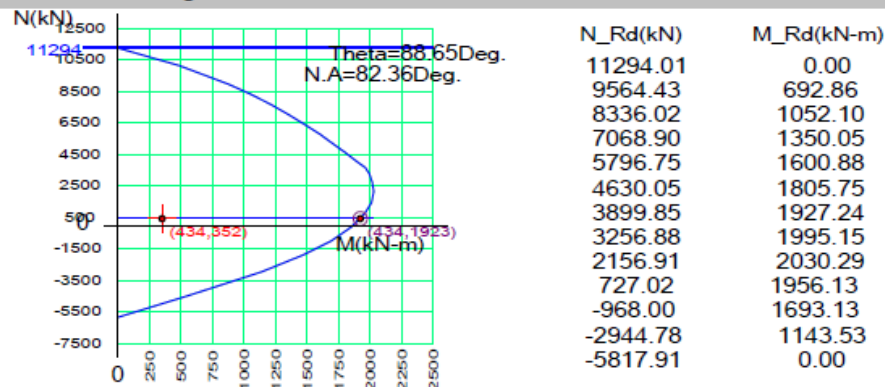
Design Code : Eurocode2:04 & NTC2018 UNIT SYSTEM kN, m
Member Number: 479 (PM), 480, 479 (Shear-y,z)
Material Data : $f_{ck} = 28000$, $f_{yk} = 450000$, $f_{yw} = 450000$ KPa
Column Height : 3.6 m
Section Property: Pil 40x90 (dx) (No : 17)
Rebar Pattern : 28 - 5 - P26



2. Axial and Moments Capacity

Load Combination : 34 (Pos : I)
Concentric Max. Axial Load $N_{Rdmax} = 11294.0$ kN
Axial Load Ratio $N_{Ed} / N_{Rd} = 434.282 / 434.296 = 1.000 < 1.000$ O.K
Moment Ratio $M_{Ed} / M_{Rd} = 352.206 / 1923.20 = 0.183 < 1.000$ O.K
 $M_{Edy} / M_{Rdy} = 8.68565 / 45.3396 = 0.192 < 1.000$ O.K
 $M_{Edz} / M_{Rdz} = 352.099 / 1922.66 = 0.183 < 1.000$ O.K
Normalized Axial Load Ratio $Nu_d / 0.65 = 0.101 / 0.650 = 0.155 < 1.000$ O.K

M-N Interaction Diagram



3. Shear Capacity

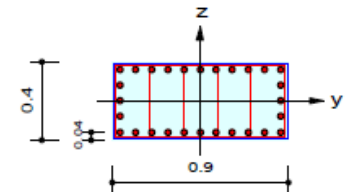
[END]	y (LCB : 54, POS : I)	z (LCB : 64, POS : I)
Applied Shear Force (V_Ed)	269.757 kN	140.919 kN
V_Ed / V_Rdc	269.757 / 269.949 = 0.999	140.919 / 310.024 = 0.455
V_Ed / V_Rds	269.757 / 2798.51 = 0.096	140.919 / 2342.94 = 0.060
V_Ed / V_Rdmax	269.757 / 1228.08 = 0.220	140.919 / 1156.68 = 0.122
Shear Ratio	0.999 < 1.000 O.K	0.455 < 1.000 O.K
Asw-H_use	0.00924 m^2/m, 3-P14 @50	0.01848 m^2/m, 6-P14 @50
[MIDDLE]	y (LCB : 50, POS : 1/2)	z (LCB : 64, POS : 1/2)
Applied Shear Force (V_Ed)	269.757 kN	140.919 kN
V_Ed / V_Rdc	269.757 / 269.894 = 0.999	140.919 / 312.211 = 0.451
V_Ed / V_Rds	269.757 / 1399.26 = 0.193	140.919 / 1171.47 = 0.120
V_Ed / V_Rdmax	269.757 / 1228.08 = 0.220	140.919 / 1156.68 = 0.122
Shear Ratio	0.999 < 1.000 O.K	0.451 < 1.000 O.K
Asw-H_use	0.00462 m^2/m, 3-P14 @100	0.00924 m^2/m, 6-P14 @100
[JOINT : TOP]	y (LCB : 34, POS : I)	z (LCB : 34, POS : I)
Ash.req / Ash.use	0.00573 / 0.00601 = 0.954	0.00407 / 0.01201 = 0.338
Joint Ratio	0.954 < 1.000 O.K	0.338 < 1.000 O.K

Figura 166 – Verifiche pilastri 40x90 (dx) - SLU-SLVX-SLVY

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 143 DI 185
---	---	-------------------------------

1. Design Condition

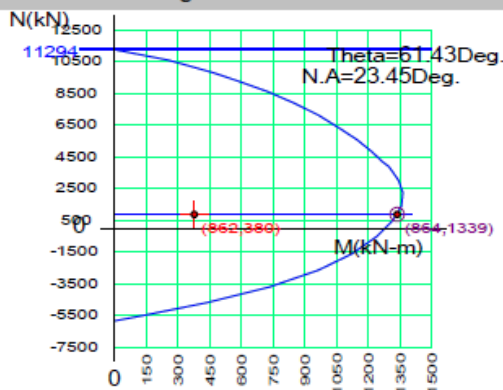
Design Code : Eurocode2:04 & NTC2018 UNIT SYSTEM kN, m
Member Number: 474 (PM), 434, 474 (Shear-y,z)
Material Data : $f_{ck} = 28000$, $f_{yk} = 450000$, $f_{yw} = 450000$ KPa
Column Height : 1.8 m
Section Property: Pil 40x90 (i) (No : 18)
Rebar Pattern : 28 - 5 - P26



2. Axial and Moments Capacity

Load Combination : 50 (Pos : J)
Concentric Max. Axial Load $N_{Rdmax} = 11294.0$ kN
Axial Load Ratio $N_{Ed} / N_{Rd} = 862.342 / 864.447 = 0.998 < 1.000$ O.K
Moment Ratio $M_{Ed} / M_{Rd} = 379.977 / 1338.61 = 0.284 < 1.000$ O.K
 $M_{Edy} / M_{Rdy} = 175.194 / 640.100 = 0.274 < 1.000$ O.K
 $M_{Edz} / M_{Rdz} = 337.180 / 1175.65 = 0.287 < 1.000$ O.K
Normalized Axial Load Ratio $N_{u,d} / 0.65 = 0.151 / 0.650 = 0.232 < 1.000$ O.K

M-N Interaction Diagram



N_Rd(kN)	M_Rd(kN-m)
11294.01	0.00
10263.20	352.91
9237.09	598.39
7892.04	851.99
6347.76	1063.21
4842.09	1217.41
3880.96	1296.67
2996.16	1344.18
1414.76	1357.71
-512.10	1240.40
-2628.43	964.31
-4689.11	436.82
-5817.91	0.00

3. Shear Capacity

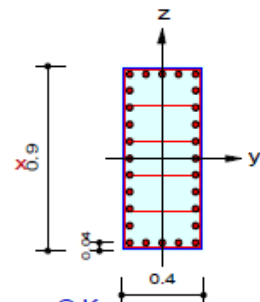
[END]	y (LCB : 25, POS : I)	z (LCB : 65, POS : J)
Applied Shear Force (V_{Ed})	205.440 kN	504.804 kN
V_{Ed} / V_{Rdc}	$205.440 / 306.687 = 0.670$	$504.804 / 366.846 = 1.376$
V_{Ed} / V_{Rds}	$205.440 / 2798.51 = 0.073$	$504.804 / 2342.94 = 0.215$
V_{Ed} / V_{Rdmax}	$205.440 / 1228.08 = 0.167$	$504.804 / 1156.68 = 0.436$
Shear Ratio	$0.670 < 1.000$ O.K	$0.436 < 1.000$ O.K
Asw-H_use	0.00924 m ² /m, 3-P14 @50	0.01848 m ² /m, 6-P14 @50
[MIDDLE]	y (LCB : 25, POS : 1/2)	z (LCB : 65, POS : 1/2)
Applied Shear Force (V_{Ed})	205.440 kN	504.804 kN
V_{Ed} / V_{Rdc}	$205.440 / 309.706 = 0.663$	$504.804 / 365.753 = 1.380$
V_{Ed} / V_{Rds}	$205.440 / 1399.26 = 0.147$	$504.804 / 1171.47 = 0.431$
V_{Ed} / V_{Rdmax}	$205.440 / 1228.08 = 0.167$	$504.804 / 1156.68 = 0.436$
Shear Ratio	$0.663 < 1.000$ O.K	$0.436 < 1.000$ O.K
Asw-H_use	0.00462 m ² /m, 3-P14 @100	0.00924 m ² /m, 6-P14 @100
[JOINT : TOP]	y (LCB : , POS : I)	z (LCB : 34, POS : I)
Ash.req / Ash.use	0.00000 / 0.00000 = 0.000	0.01146 / 0.01201 = 0.954
Joint Ratio	$0.000 < 1.000$ O.K	$0.954 < 1.000$ O.K

Figura 167 – Verifiche pilastri 40x90 (i) - SLU-SLVX-SLVY

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 144 DI 185
---	---	-------------------------------

1. Design Condition

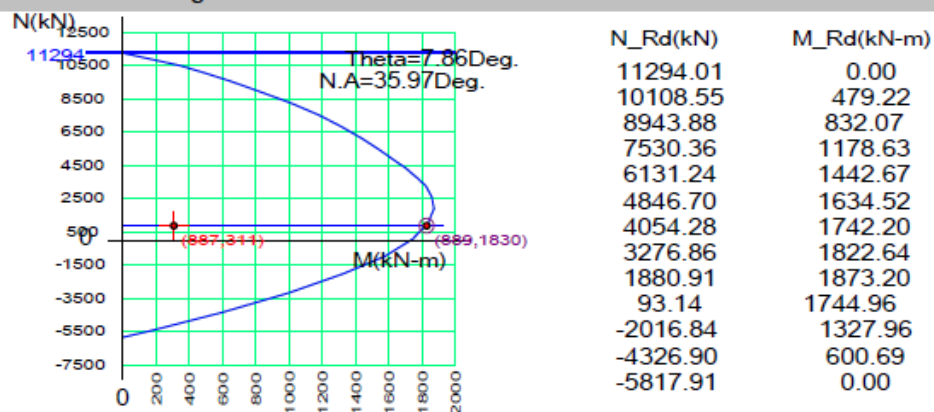
Design Code : Eurocode2:04 & NTC2018 UNIT SYSTEM kN, m
 Member Number: 494 (PM), 494 (Shear)
 Material Data : $f_{ck} = 28000$, $f_{yk} = 450000$, $f_{yw} = 450000$ KPa
 Column Height : 3.6 m
 Section Property: Pil T 90x40 (dx s) (No : 19)
 Rebar Pattern : 28 - 11 - P26



2. Axial and Moments Capacity

Load Combination : 39 (Pos : I)
 Concentric Max. Axial Load $N_{Rdmax} = 11294.0$ kN
 Axial Load Ratio $N_{Ed} / N_{Rd} = 886.670 / 889.351 = 0.997 < 1.000$ O.K
 Moment Ratio $M_{Ed} / M_{Rd} = 311.054 / 1829.56 = 0.170 < 1.000$ O.K
 $M_{Edy} / M_{Rdy} = 308.276 / 1812.36 = 0.170 < 1.000$ O.K
 $M_{Edz} / M_{Rdz} = 41.4789 / 250.282 = 0.166 < 1.000$ O.K
 Normalized Axial Load Ratio $Nu_d / 0.65 = 0.162 / 0.650 = 0.249 < 1.000$ O.K

M-N Interaction Diagram



3. Shear Capacity

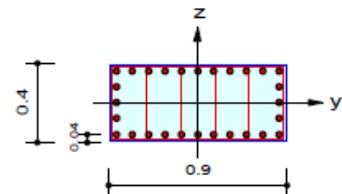
[END]	y (LCB : 51, POS : I)	z (LCB : 51, POS : I)
Applied Shear Force (V_{Ed})	94.0550 kN	309.538 kN
V_{Ed} / V_{Rdc}	$94.0550 / 344.979 = 0.273$	$309.538 / 324.720 = 0.953$
V_{Ed} / V_{Rds}	$94.0550 / 2342.94 = 0.040$	$309.538 / 2798.51 = 0.111$
V_{Ed} / V_{Rdmax}	$94.0550 / 1156.68 = 0.081$	$309.538 / 1228.08 = 0.252$
Shear Ratio	$0.273 < 1.000$ O.K	$0.953 < 1.000$ O.K
Asw-H_use	0.01848 m ² /m, 6-P14 @50	0.00924 m ² /m, 3-P14 @50
[MIDDLE]	y (LCB : 51, POS : 1/2)	z (LCB : 51, POS : 1/2)
Applied Shear Force (V_{Ed})	94.0550 kN	309.538 kN
V_{Ed} / V_{Rdc}	$94.0550 / 347.166 = 0.271$	$309.538 / 327.042 = 0.946$
V_{Ed} / V_{Rds}	$94.0550 / 1171.47 = 0.080$	$309.538 / 1399.26 = 0.221$
V_{Ed} / V_{Rdmax}	$94.0550 / 1156.68 = 0.081$	$309.538 / 1228.08 = 0.252$
Shear Ratio	$0.271 < 1.000$ O.K	$0.946 < 1.000$ O.K
Asw-H_use	0.00924 m ² /m, 6-P14 @100	0.00462 m ² /m, 3-P14 @100
[JOINT : TOP]	y (LCB : , POS : I)	z (LCB : 34, POS : I)
Ash.req / Ash.use	0.00000 / 0.00000 = 0.000	0.00573 / 0.00601 = 0.954
Joint Ratio	$0.000 < 1.000$ O.K	$0.954 < 1.000$ O.K

Figura 168 – Verifiche pilastri 90x40 (dx s) - SLU-SLVX-SLVY

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 145 DI 185
---	---	-------------------------------

1. Design Condition

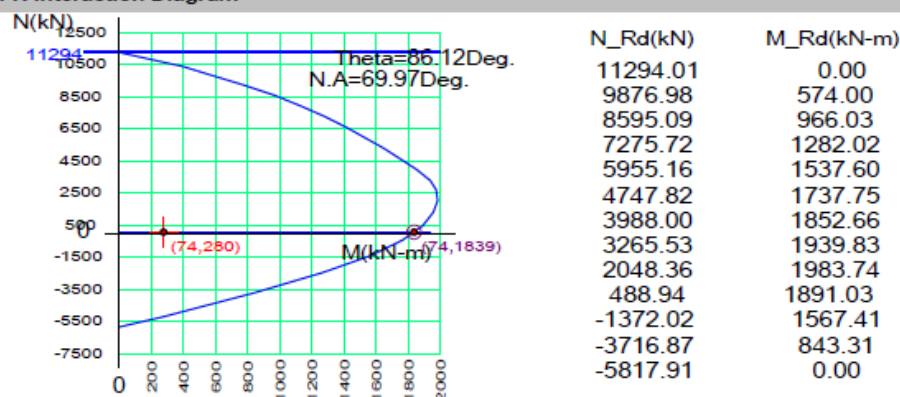
Design Code : Eurocode2:04 & NTC2018 UNIT SYSTEM kN, m
Member Number: 493 (PM), 493 (Shear)
Material Data : $f_{ck} = 28000$, $f_{yk} = 450000$, $f_{yw} = 450000$ KPa
Column Height : 3.6 m
Section Property: Pil T 40x90 (sx s) (No : 20)
Rebar Pattern : 28 - 5 - P26



2. Axial and Moments Capacity

Load Combination : 51 (Pos : I)
Concentric Max. Axial Load $N_{Rdmax} = 11294.0$ kN
Axial Load Ratio $N_{Ed} / N_{Rd} = 74.2462 / 74.2722 = 1.000 < 1.000$ O.K
Moment Ratio $M_{Ed} / M_{Rd} = 279.964 / 1839.50 = 0.152 < 1.000$ O.K
 $M_{Edy} / M_{Rdy} = 18.9601 / 124.566 = 0.152 < 1.000$ O.K
 $M_{Edz} / M_{Rdz} = 279.322 / 1835.28 = 0.152 < 1.000$ O.K
Normalized Axial Load Ratio $Nu_d / 0.65 = 0.121 / 0.650 = 0.186 < 1.000$ O.K

M-N Interaction Diagram



3. Shear Capacity

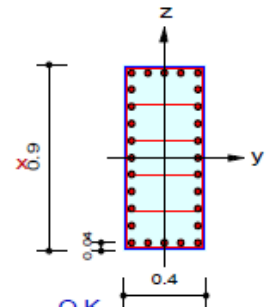
[END]	y (LCB : 65, POS : J)	z (LCB : 51, POS : I)
Applied Shear Force (V_{Ed})	523.870 kN	153.163 kN
V_{Ed} / V_{Rdc}	$523.870 / 286.601 = 1.828$	$153.163 / 269.644 = 0.568$
V_{Ed} / V_{Rds}	$523.870 / 2798.51 = 0.187$	$153.163 / 2342.94 = 0.065$
V_{Ed} / V_{Rdmax}	$523.870 / 1228.08 = 0.427$	$153.163 / 1156.68 = 0.132$
Shear Ratio	$0.427 < 1.000$ O.K	$0.568 < 1.000$ O.K
Asw-H _{use}	0.00924 m ² /m, 3-P14 @50	0.01848 m ² /m, 6-P14 @50
[MIDDLE]	y (LCB : 65, POS : 1/2)	z (LCB : 51, POS : 1/2)
Applied Shear Force (V_{Ed})	523.870 kN	153.163 kN
V_{Ed} / V_{Rdc}	$523.870 / 284.279 = 1.843$	$153.163 / 271.831 = 0.563$
V_{Ed} / V_{Rds}	$523.870 / 1399.26 = 0.374$	$153.163 / 1171.47 = 0.131$
V_{Ed} / V_{Rdmax}	$523.870 / 1228.08 = 0.427$	$153.163 / 1156.68 = 0.132$
Shear Ratio	$0.427 < 1.000$ O.K	$0.563 < 1.000$ O.K
Asw-H _{use}	0.00462 m ² /m, 3-P14 @100	0.00924 m ² /m, 6-P14 @100
[JOINT : TOP]	y (LCB : , POS : I)	z (LCB : 34, POS : I)
Ash.req / Ash.use	0.00000 / 0.00000 = 0.000	0.01146 / 0.01201 = 0.954
Joint Ratio	$0.000 < 1.000$ O.K	$0.954 < 1.000$ O.K

Figura 169 – Verifiche pilastri 40x90 (sx s) - SLU-SLVX-SLVY

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 146 DI 185
---	---	-------------------------------

1. Design Condition

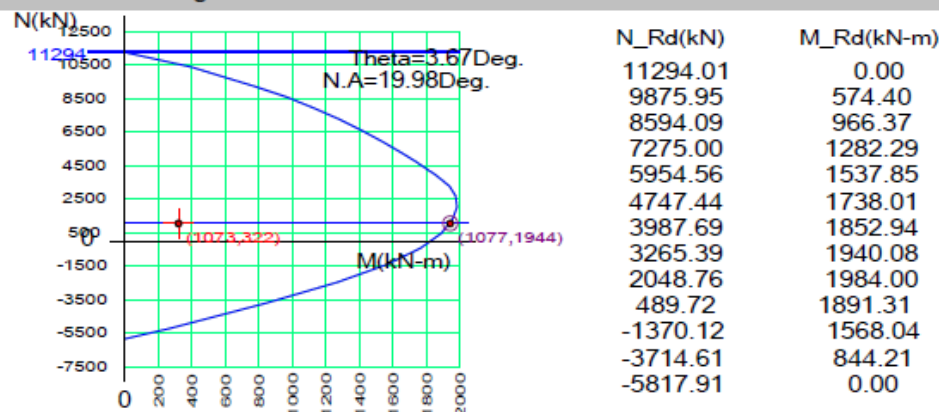
Design Code : Eurocode2:04 & NTC2018 UNIT SYSTEM kN, m
Member Number: 448 (PM), 448 (Shear)
Material Data : $f_{ck} = 28000$, $f_{yk} = 450000$, $f_{yw} = 450000$ KPa
Column Height : 3.6 m
Section Property: Pil T 90x40 (dx i) (No : 21)
Rebar Pattern : 28 - 11 - P26



2. Axial and Moments Capacity

Load Combination : 49 (Pos : J)
Concentric Max. Axial Load $N_{Rdmax} = 11294.0$ kN
Axial Load Ratio $N_{Ed} / N_{Rd} = 1072.87 / 1077.06 = 0.996 < 1.000$ O.K
Moment Ratio $M_{Ed} / M_{Rd} = 321.634 / 1944.02 = 0.165 < 1.000$ O.K
 $M_{Edy} / M_{Rdy} = 320.917 / 1940.03 = 0.165 < 1.000$ O.K
 $M_{Edz} / M_{Rdz} = 21.4574 / 124.539 = 0.172 < 1.000$ O.K
Normalized Axial Load Ratio $Nu_d / 0.65 = 0.203 / 0.650 = 0.312 < 1.000$ O.K

M-N Interaction Diagram



3. Shear Capacity

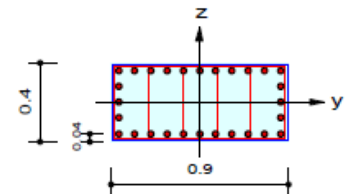
[END]	y (LCB : 35, POS : I)	z (LCB : 65, POS : J)
Applied Shear Force (V_{Ed})	107.385 kN	618.838 kN
V_{Ed} / V_{Rdc}	$107.385 / 392.110 = 0.274$	$618.838 / 391.765 = 1.580$
V_{Ed} / V_{Rds}	$107.385 / 2342.94 = 0.046$	$618.838 / 2798.51 = 0.221$
V_{Ed} / V_{Rdmax}	$107.385 / 1156.68 = 0.093$	$618.838 / 1228.08 = 0.504$
Shear Ratio	$0.274 < 1.000$ O.K	$0.504 < 1.000$ O.K
Asw-H_use	0.01848 m ² /m, 6-P14 @50	0.00924 m ² /m, 3-P14 @50
[MIDDLE]	y (LCB : 35, POS : 1/2)	z (LCB : 65, POS : 1/2)
Applied Shear Force (V_{Ed})	107.385 kN	618.838 kN
V_{Ed} / V_{Rdc}	$107.385 / 394.297 = 0.272$	$618.838 / 389.443 = 1.589$
V_{Ed} / V_{Rds}	$107.385 / 1171.47 = 0.092$	$618.838 / 1399.26 = 0.442$
V_{Ed} / V_{Rdmax}	$107.385 / 1156.68 = 0.093$	$618.838 / 1228.08 = 0.504$
Shear Ratio	$0.272 < 1.000$ O.K	$0.504 < 1.000$ O.K
Asw-H_use	0.00924 m ² /m, 6-P14 @100	0.00462 m ² /m, 3-P14 @100
[JOINT : TOP]	y (LCB : 34, POS : I)	z (LCB : 34, POS : I)
Ash.req / Ash.use	0.00407 / 0.01201 = 0.338	0.00573 / 0.00601 = 0.954
Joint Ratio	$0.338 < 1.000$ O.K	$0.954 < 1.000$ O.K

Figura 170 – Verifiche pilastri 90x40 (dx i) - SLU-SLVX-SLVY

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 147 DI 185
---	---	-------------------------------

1. Design Condition

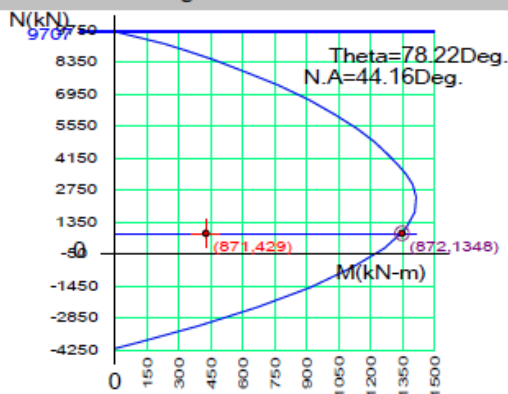
Design Code : Eurocode2:04 & NTC2018 UNIT SYSTEM kN, m
Member Number: 445 (PM), 445 (Shear)
Material Data : $f_{ck} = 28000$, $f_{yk} = 450000$, $f_{yw} = 450000$ KPa
Column Height : 3.6 m
Section Property: Pil T 40x90 (sx i) (No : 22)
Rebar Pattern : 28 - 5 - P22 $A_{st} = 0.01064 \text{ m}^2$ ($R_{hst} = 0.030$)



2. Axial and Moments Capacity

Load Combination : 51 (Pos : I)
Concentric Max. Axial Load $N_{Rdmax} = 9706.66 \text{ kN}$
Axial Load Ratio $N_{Ed} / N_{Rd} = 871.023 / 872.288 = 0.999 < 1.000$ O.K
Moment Ratio $M_{Ed} / M_{Rd} = 428.786 / 1347.93 = 0.318 < 1.000$ O.K
 $M_{Edy} / M_{Rdy} = 85.3896 / 275.169 = 0.310 < 1.000$ O.K
 $M_{Edz} / M_{Rdz} = 420.198 / 1319.55 = 0.318 < 1.000$ O.K
Normalized Axial Load Ratio $Nu_d / 0.65 = 0.152 / 0.650 = 0.235 < 1.000$ O.K

M-N Interaction Diagram



$N_{Rd}(\text{kN})$	$M_{Rd}(\text{kN-m})$
9706.66	0.00
8864.10	337.10
7941.39	613.34
6717.62	911.76
5461.02	1136.60
4343.70	1278.95
3663.02	1349.32
3005.72	1398.40
1791.13	1407.55
229.22	1266.26
-1504.48	918.95
-3183.15	395.41
-4163.48	0.00

3. Shear Capacity

[END]	y (LCB : 65, POS : J)	z (LCB : 35, POS : I)
Applied Shear Force (V_{Ed})	554.094 kN	166.945 kN
V_{Ed} / V_{Rdc}	$554.094 / 315.626 = 1.756$	$166.945 / 292.006 = 0.572$
V_{Ed} / V_{Rds}	$554.094 / 2798.51 = 0.198$	$166.945 / 2342.94 = 0.071$
V_{Ed} / V_{Rdmax}	$554.094 / 1228.08 = 0.451$	$166.945 / 1156.68 = 0.144$
Shear Ratio	$0.451 < 1.000$ O.K	$0.572 < 1.000$ O.K
Asw-H_use	0.00924 m^2/m , 3-P14 @50	0.01848 m^2/m , 6-P14 @50
[MIDDLE]	y (LCB : 65, POS : 1/2)	z (LCB : 35, POS : 1/2)
Applied Shear Force (V_{Ed})	554.094 kN	166.945 kN
V_{Ed} / V_{Rdc}	$554.094 / 313.304 = 1.769$	$166.945 / 294.193 = 0.567$
V_{Ed} / V_{Rds}	$554.094 / 1399.26 = 0.396$	$166.945 / 1171.47 = 0.143$
V_{Ed} / V_{Rdmax}	$554.094 / 1228.08 = 0.451$	$166.945 / 1156.68 = 0.144$
Shear Ratio	$0.451 < 1.000$ O.K	$0.567 < 1.000$ O.K
Asw-H_use	0.00462 m^2/m , 3-P14 @100	0.00924 m^2/m , 6-P14 @100
[JOINT : TOP]	y (LCB : 34, POS : I)	z (LCB : 34, POS : I)
Ash.req / Ash.use	$0.00573 / 0.00601 = 0.954$	$0.01146 / 0.01201 = 0.954$
Joint Ratio	$0.954 < 1.000$ O.K	$0.954 < 1.000$ O.K

Figura 171 – Verifiche pilastri 40x90 (sx i) - SLU-SLVX-SLVY

9.3.2 SLE

$\sigma_{c,ad} = 0.60 f_{ck} = 17.46 \text{ MPa}$	combinazione rara
$\sigma_{c,ad} = 0.45 f_{ck} = 13.10 \text{ MPa}$	combinazione quasi permanente
$\sigma_{y,ad} = 0.80 f_{yk} = 360 \text{ MPa}$	combinazione rara

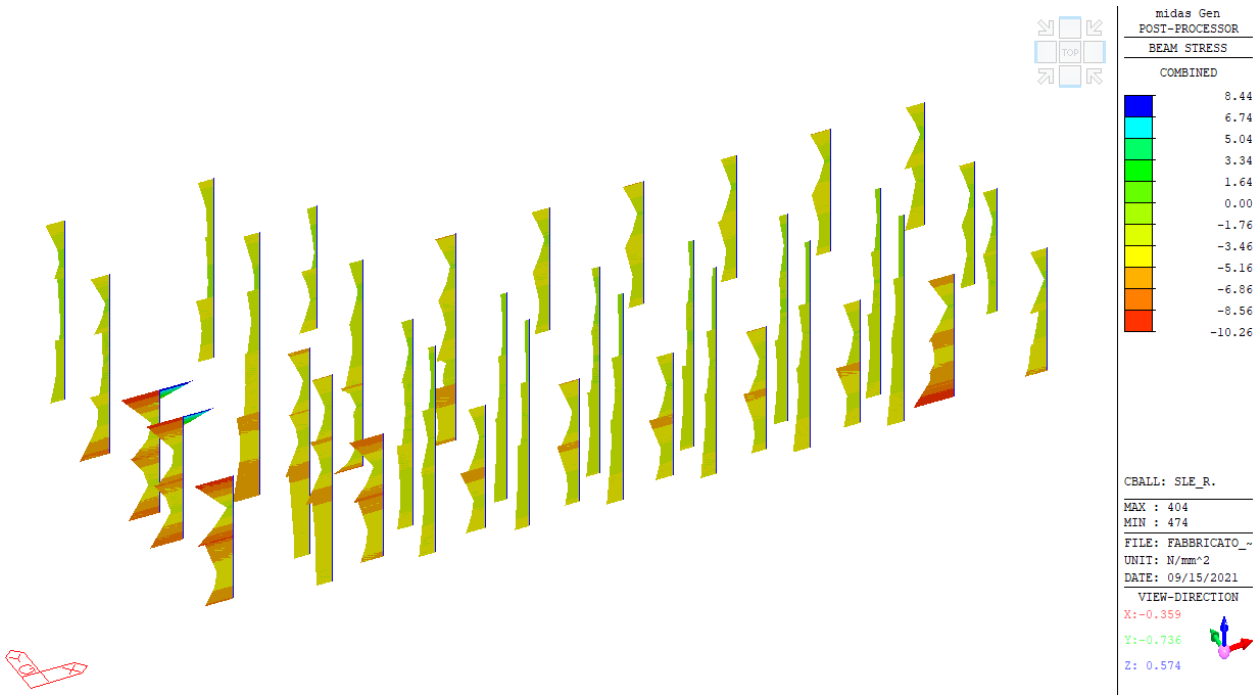


Figura 172 – Verifica pilastri – SLE Rara_Stato limite di limitazione delle tensioni

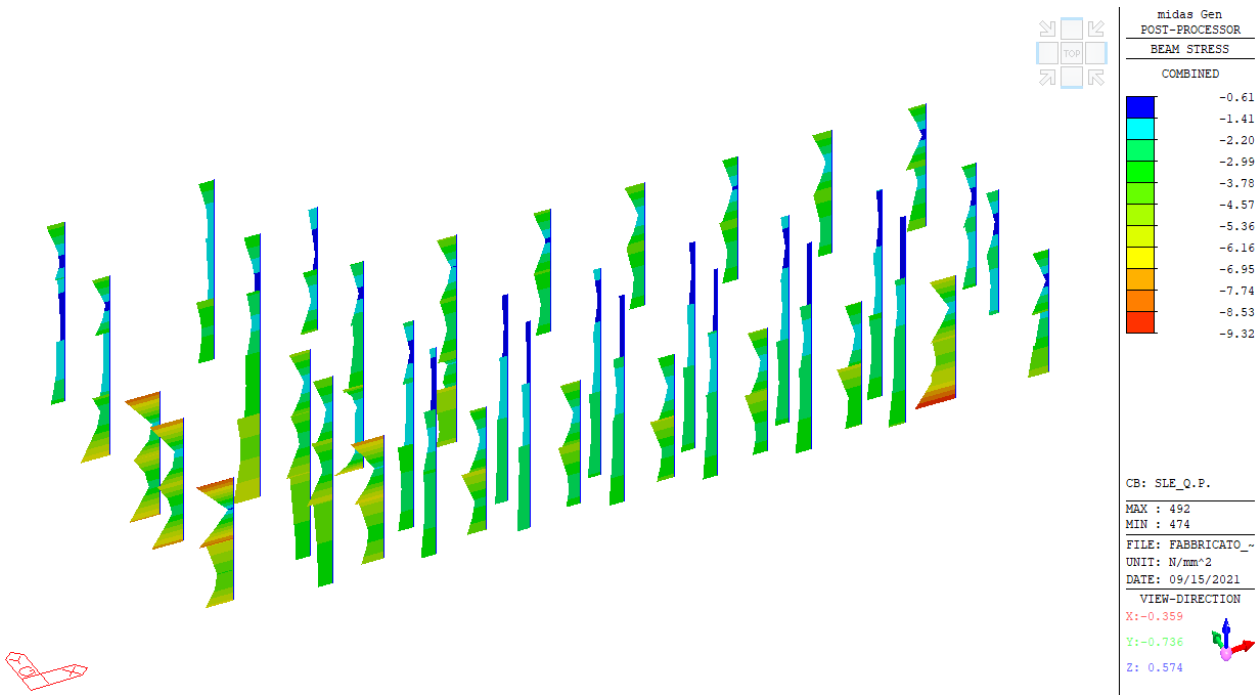


Figura 173 – Verifica pilastri – SLE Quasi Permanente_Stato limite di limitazione delle tensioni

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 149 DI 185
---	---	-------------------------------

9.4 Verifiche delle pareti

In funzione delle sollecitazioni si è dimensionata opportunamente l'armatura delle pareti longitudinali e trasversali.

- armatura orizzontale
superiore $\phi 20/10$ cm
inferiore $\phi 20/10$ cm
- armatura verticale
superiore $\phi 22/10$ cm
inferiore $\phi 22/10$ cm
- armatura trasversale:
spilli $\emptyset 12/20$ cm in entrambe le direzioni

Per la verifica sono stati esclusi dal calcolo quegli elementi per i quali si verificano picchi di sollecitazioni localizzati, dovuti alla tipologia di modellazione.

9.4.1 SLU-SLVX_el-SLVY_el

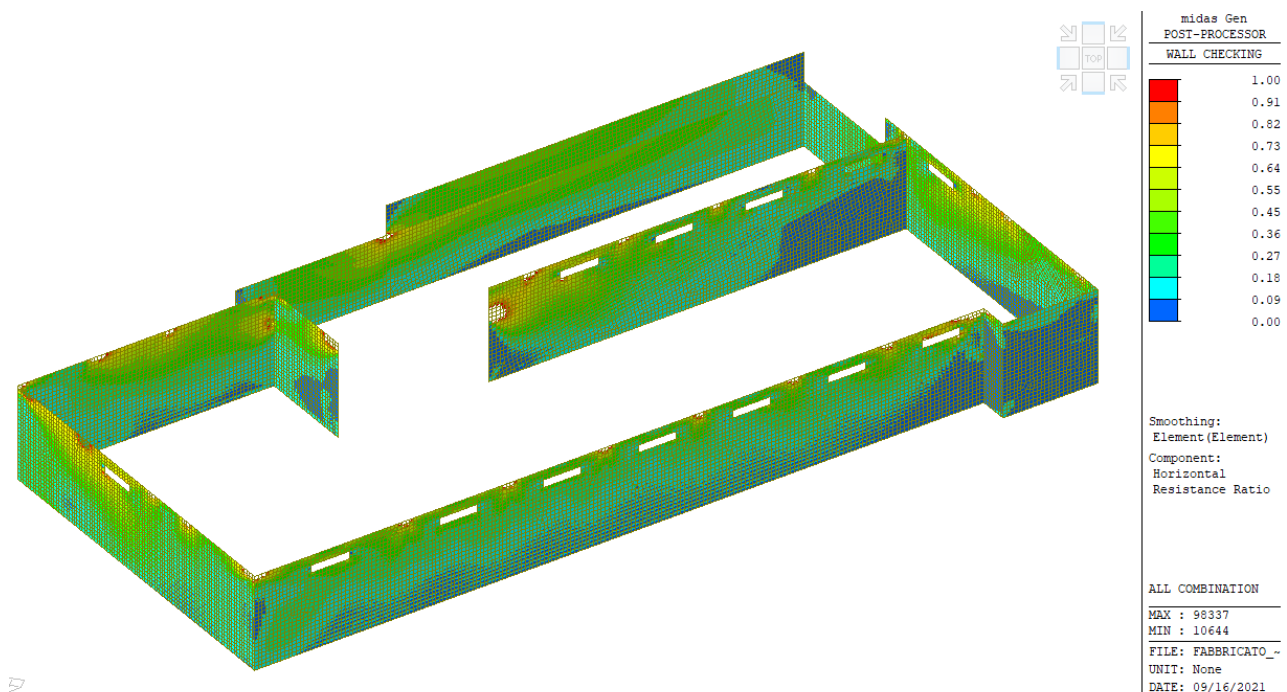


Figura 174 – Verifica membranale pareti (armatura orizzontale) – SLU-SLVX_el-SLVY_el

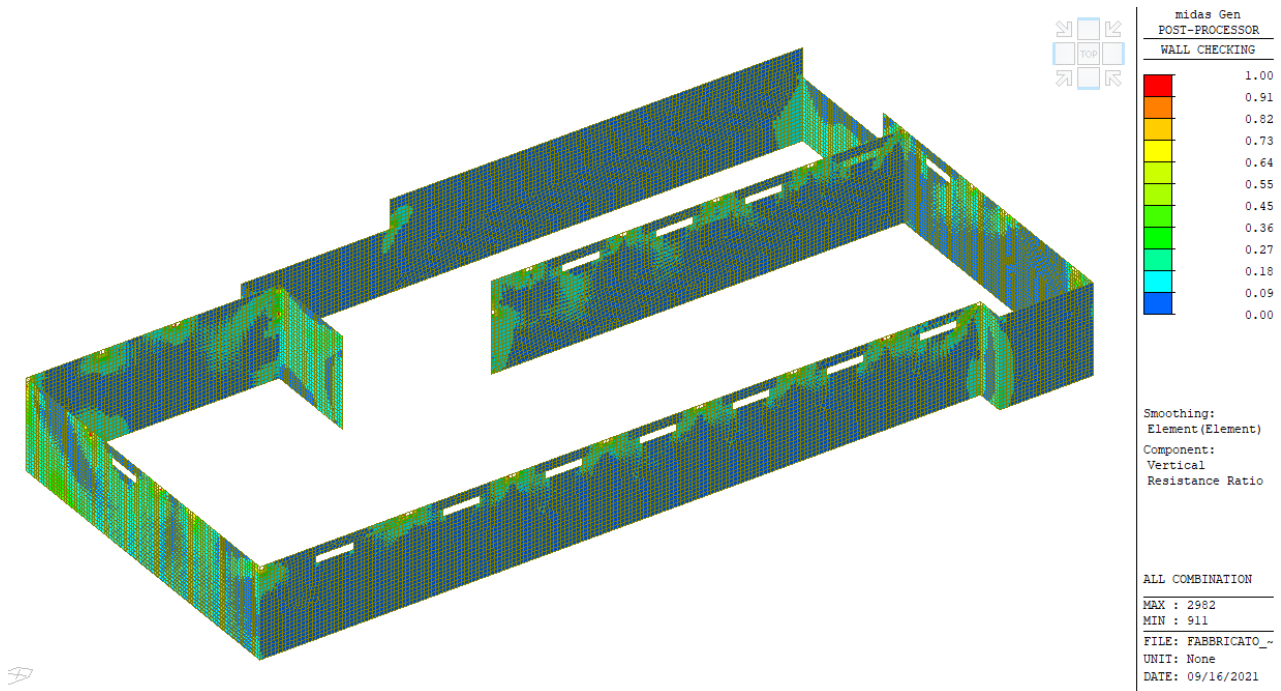


Figura 175 – Verifica membranale pareti (armatura verticale) – SLU-SLVX_el-SLVY_el

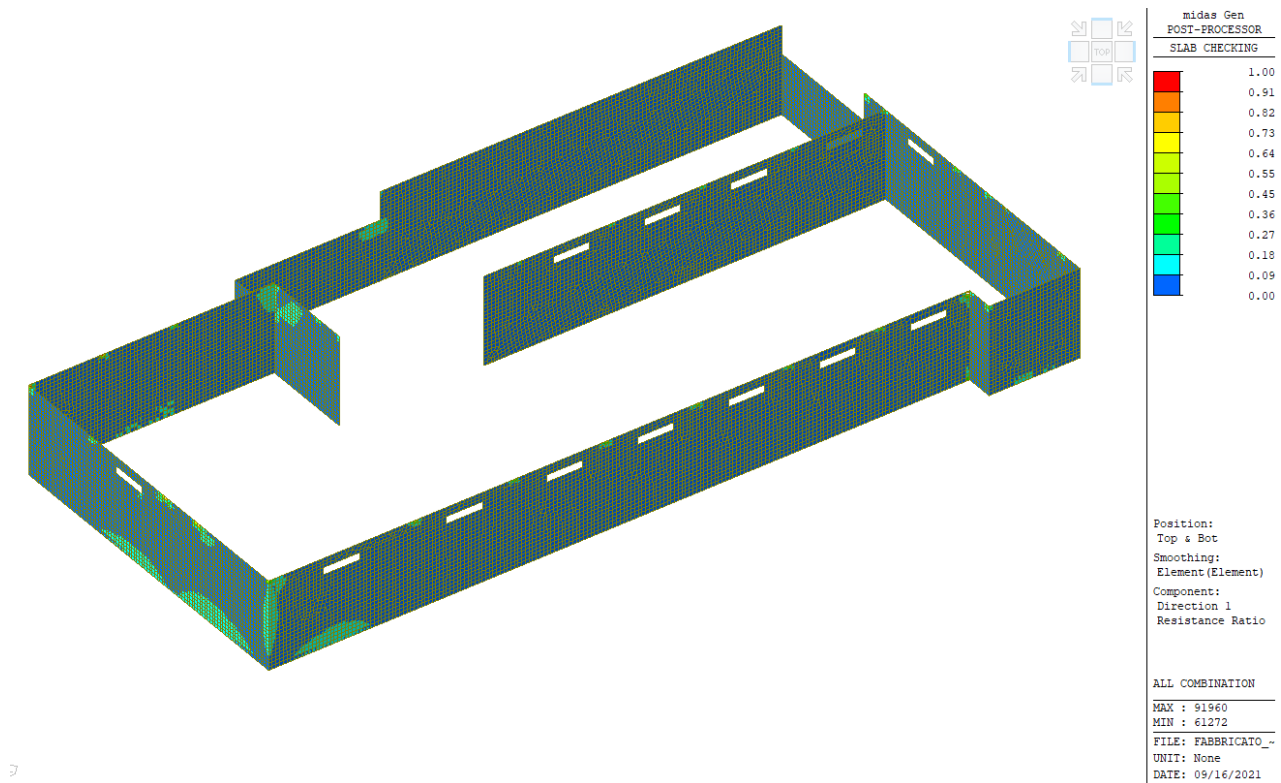


Figura 176 – Verifica flessionale pareti (armatura orizzontale) – SLU-SLVX_el-SLVY_el

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 151 DI 185
---	--	--------------------------------------

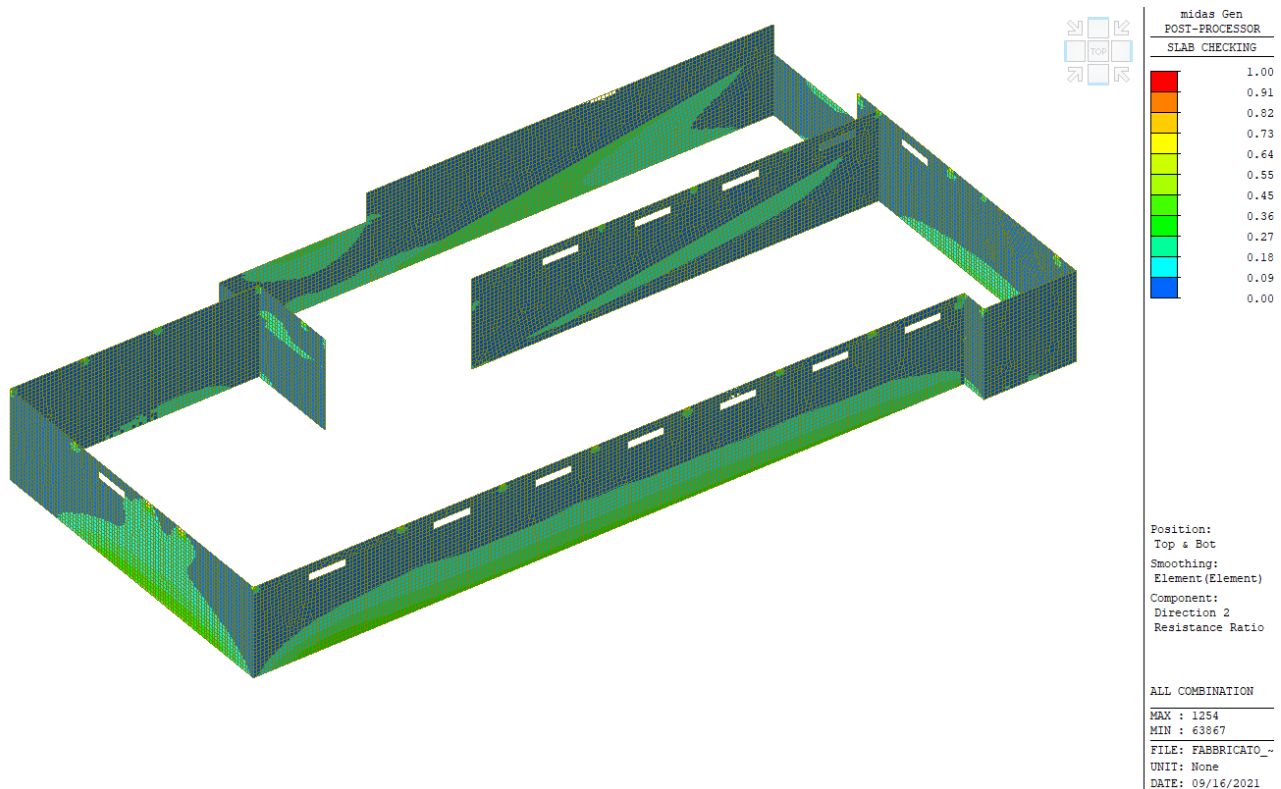
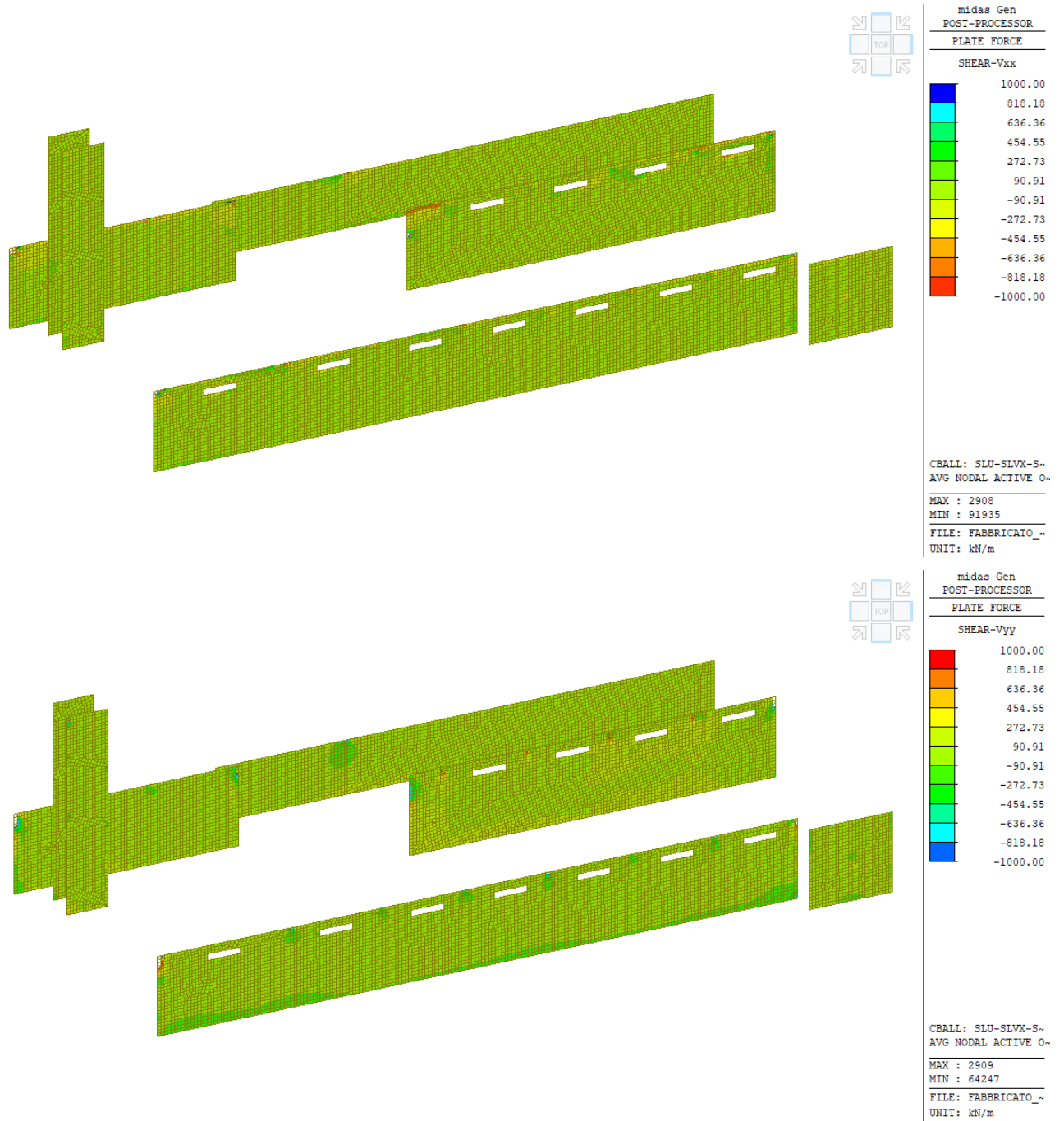


Figura 177 – Verifica flessionale pareti (armatura verticale) – SLU-SLVX_el-SLVY_el

Per la verifica a taglio degli elementi bidimensionali è stata effettuata una verifica combinata, come descritto nel paragrafo 9.1.4.

VERIFICA PER ELEMENTI ARMATI A TAGLIO: $V_{Ed} < V_{Rd}$								
SEZIONE CLS					ARMATURA A TAGLIO			
Elemento	h	c	d	b	ϕ_{legat}	Bracci	A_{ϕ}	A_{sw}
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[mm ²]	[mm ²]
Pareti piano interrato	500	40	460	1000	12	5.0	113.1	565.5

VERIFICA A COTG FISSA										
V _{ed}			CALCOLO DEI TAGLI RESISTENTI							FS
			TAGLIO COMPRESSIONE				TAGLIO TRAZIONE			
V _{ed,XX}	V _{ed,YY}	V _{ed,comb}	α _c	f' _{cd}	cotgθ	V _{Rcd}	cotgα	s _{eff}	V _{Rsđ}	
[kN]	[kN]	[kN]	[-]	[N/mm ²]	[-]	[kN]	[-]	[mm]	[kN]	
400.0	400.0	565.7	1.00	7.93	1.4	1543	0.0	200	654.2	1.2



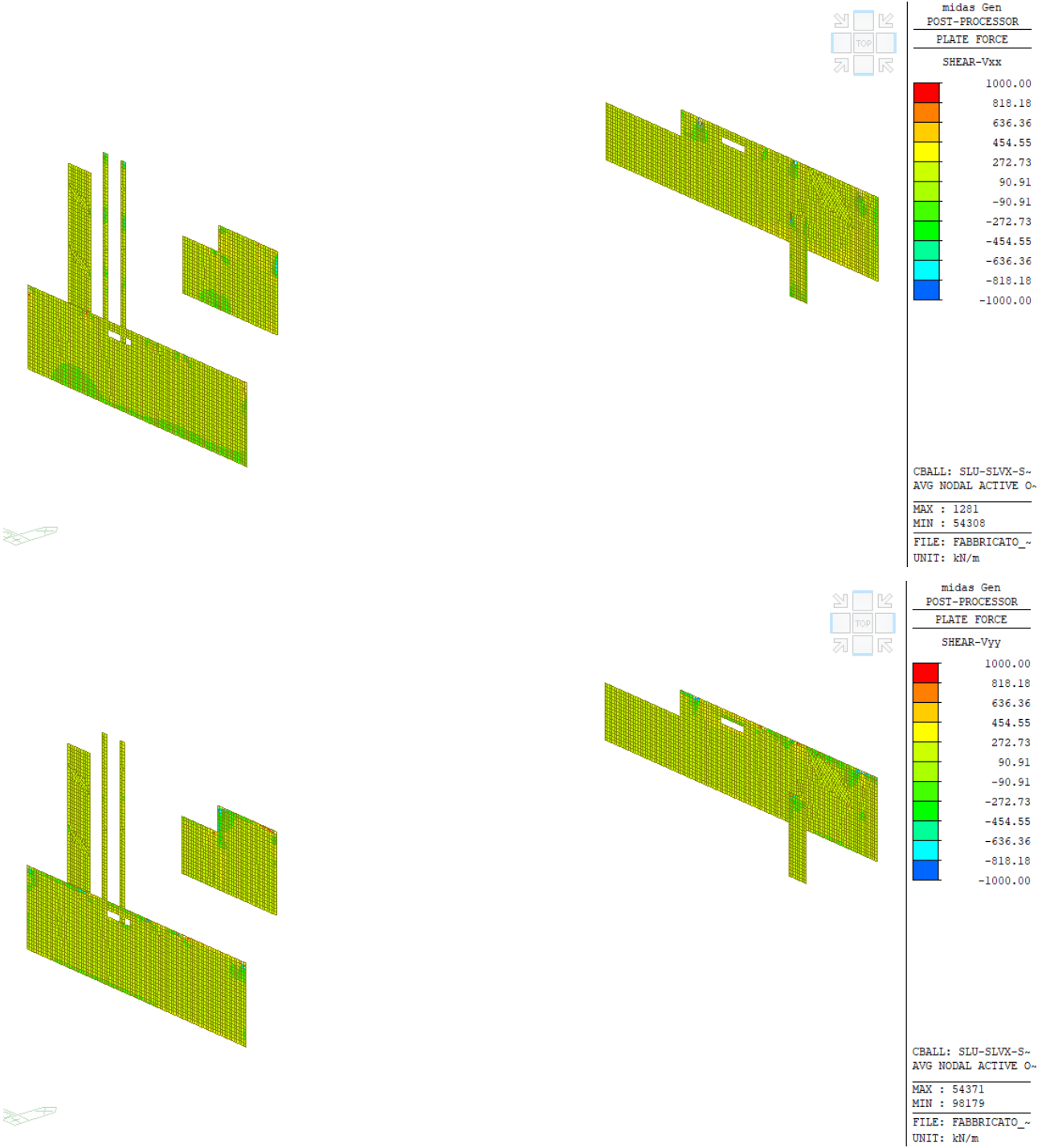


Figura 178 – Verifica a taglio platea di fondazione (1 m x 1 m) – SLU-SLVX_el-SLVY_el

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 155 DI 185
---	---	---

$$\sigma_{y,ad} = 0.80 f_{yk} = 360 \text{ MPa}$$

combinazione rara

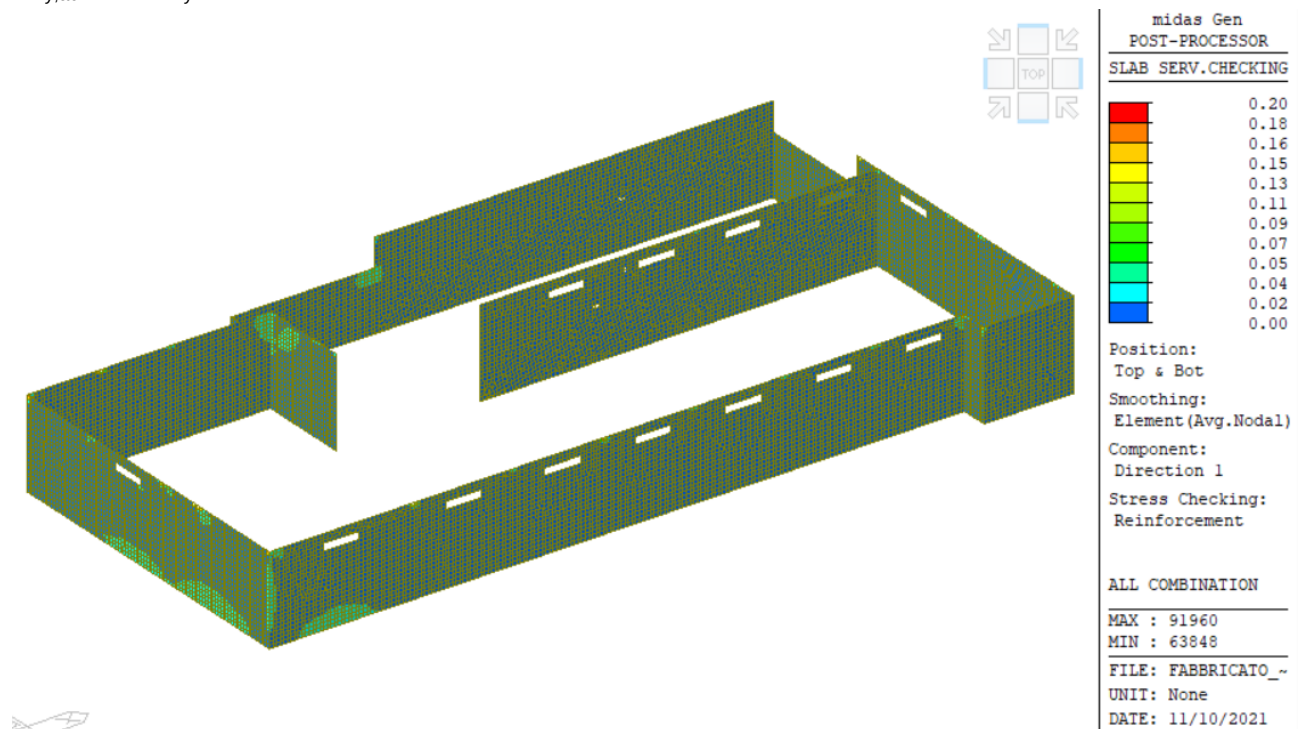


Figura 181 – Verifica di limitazione delle tensioni nell'acciaio (orizzontale) – SLE Rara

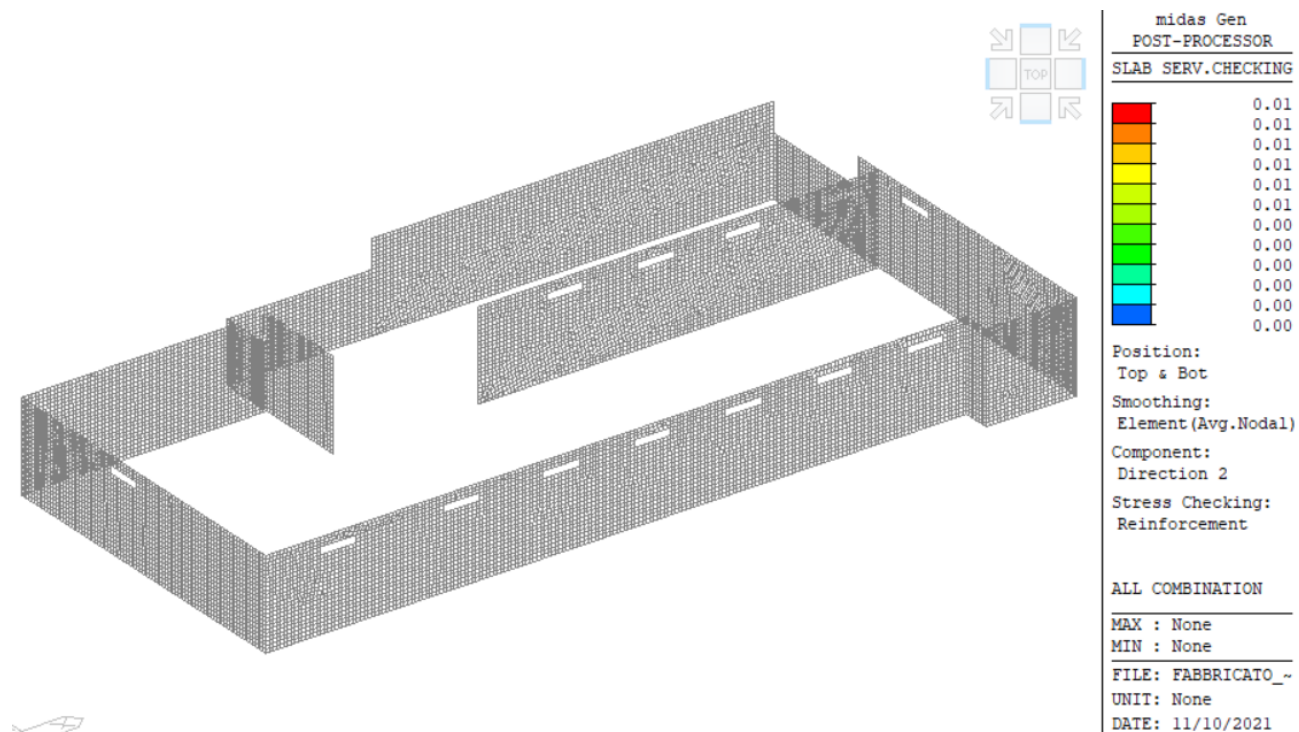


Figura 182 – Verifica di limitazione delle tensioni nell'acciaio (verticale) – SLE Rara

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 156 DI 185
---	---	-------------------------------

9.5 Verifiche delle pareti dell'ascensore

In funzione delle sollecitazioni si è dimensionata opportunamente l'armatura delle pareti dell'ascensore longitudinali e trasversali.

- armatura orizzontale
superiore $\phi 18/20$ cm
inferiore $\phi 18/20$ cm
- armatura verticale
superiore $\phi 22/10$ cm
inferiore $\phi 22/10$ cm

Per la verifica sono stati esclusi dal calcolo quegli elementi per i quali si verificano picchi di sollecitazioni localizzati, dovuti alla tipologia di modellazione.

9.5.1 SLU-SLVX_el-SLVY_el

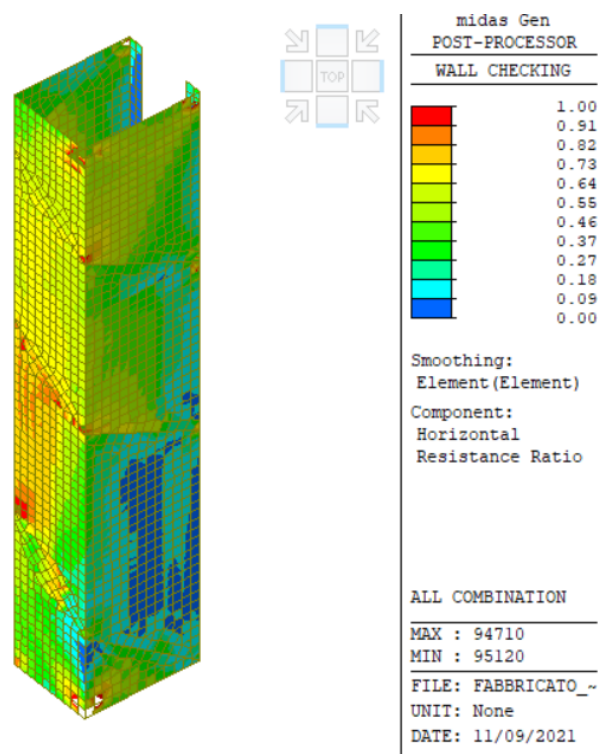


Figura 183 – Verifica membranale pareti ascensore (armatura orizzontale) – SLU-SLVX_el-SLVY_el

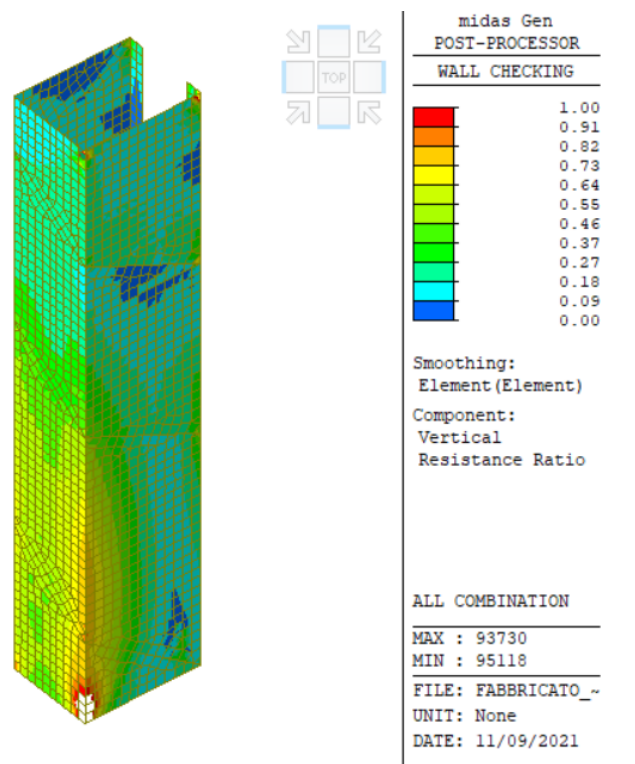


Figura 184 – Verifica membranale pareti dell’ascensore (armatura verticale) – SLU-SLVX_el-SLVY_el

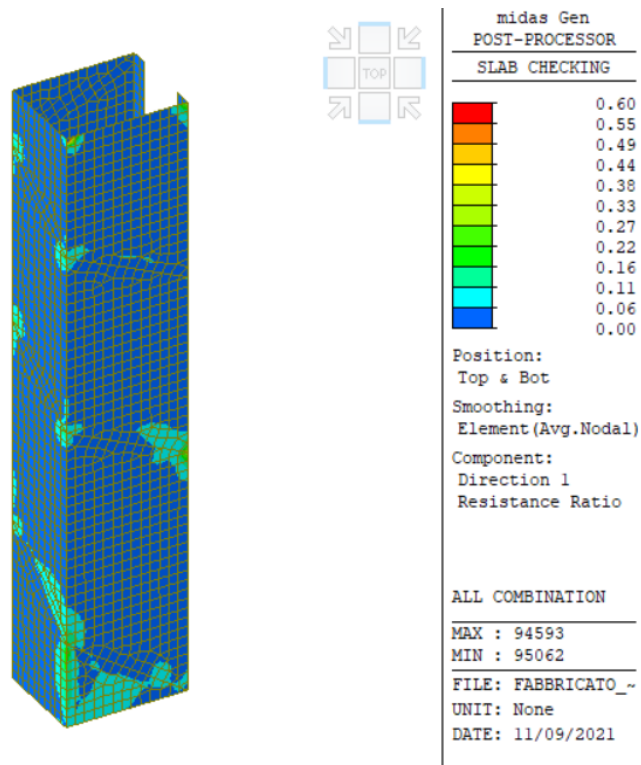


Figura 185 – Verifica flessionale pareti dell’ascensore (armatura orizzontale) – SLU-SLVX_el-SLVY_el

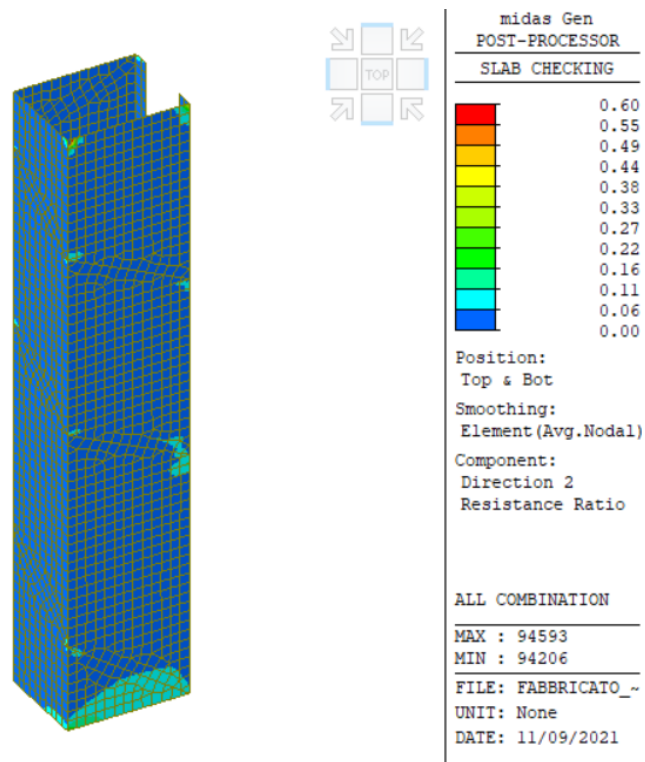


Figura 186 – Verifica flessionale pareti dell’ascensore (armatura verticale) – SLU-SLVX_el-SLVY_el

9.5.2 SLE

9.5.2.1 Stato limite di limitazione delle tensioni

$\sigma_{c,ad} = 0.60 f_{ck} = 17.46 \text{ MPa}$ combinazione rara

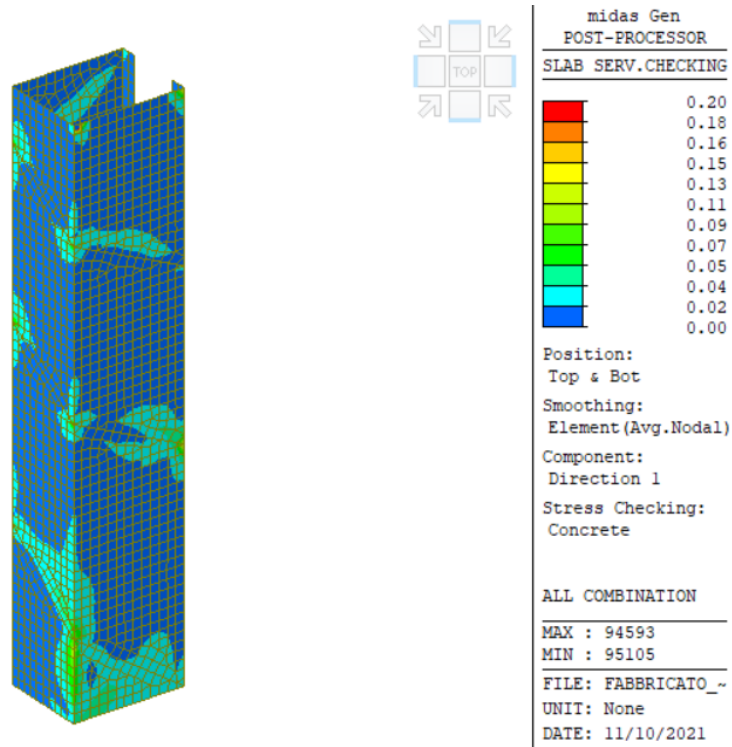


Figura 187 – Verifica di limitazione delle tensioni nel cls (orizzontale) – SLE Rara

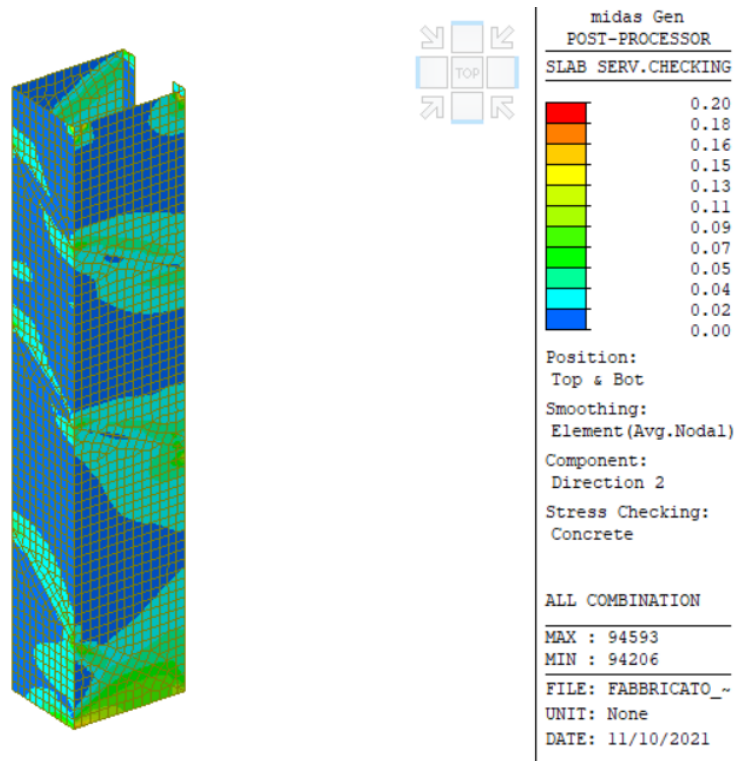


Figura 188 – Verifica di limitazione delle tensioni nel cls (verticale) – SLE Rara

$\sigma_{y,ad} = 0.80 f_{yk} = 360 \text{ MPa}$ combinazione rara

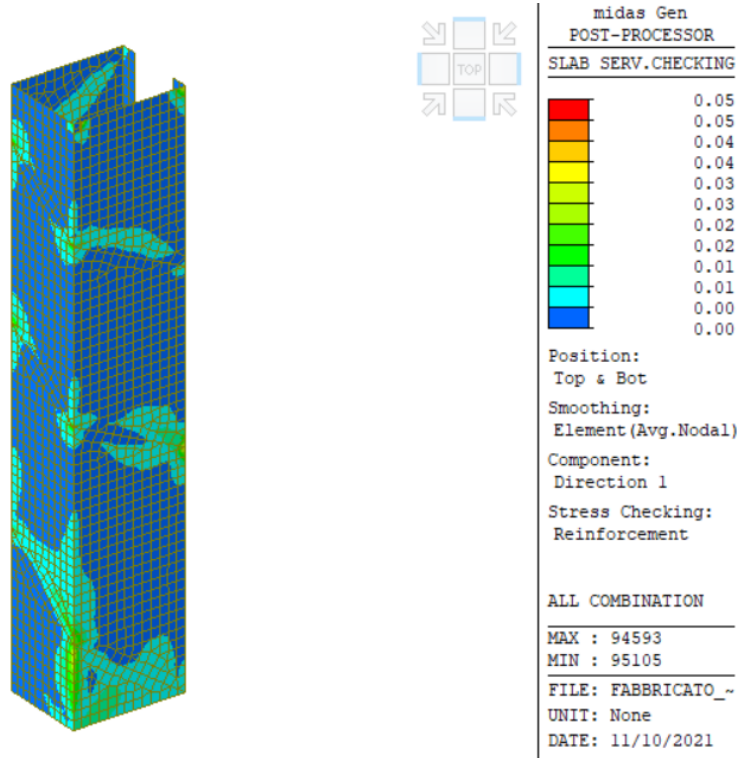


Figura 189 – Verifica di limitazione delle tensioni nell’acciaio (orizzontale) – SLE Rara

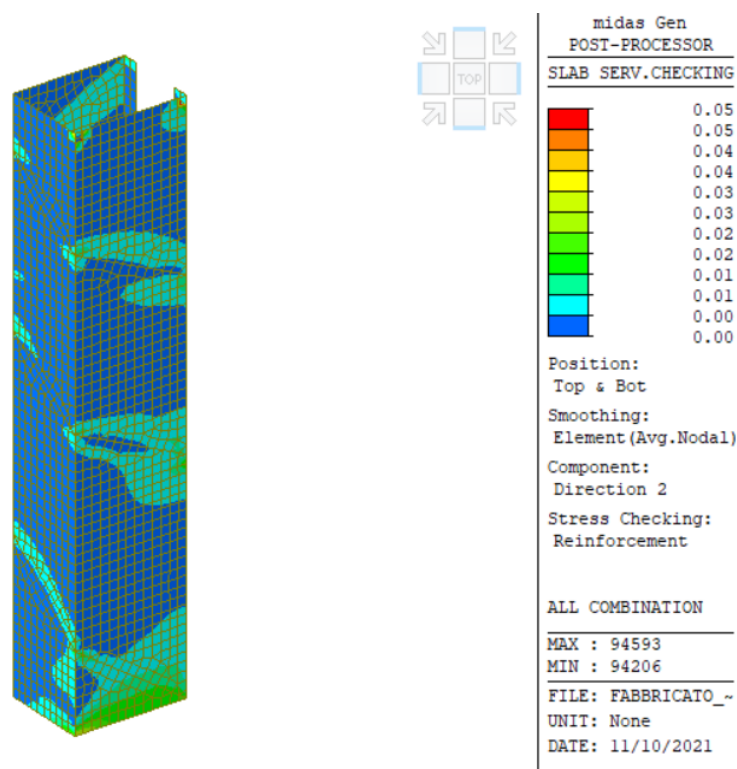


Figura 190 – Verifica di limitazione delle tensioni nell’acciaio (verticale) – SLE Rara

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 161 DI 185
---	---	-------------------------------

9.6 Verifiche della rampa e del solaio della rampa

In funzione delle sollecitazioni si è dimensionata opportunamente l'armatura della rampa e del solaio della rampa.

- armatura lungo x
superiore $\phi 16/10$ cm
inferiore $\phi 20/10$ cm
- armatura lungo y
superiore $\phi 16/10$ cm
inferiore $\phi 20/10$ cm

Per la verifica sono stati esclusi dal calcolo quegli elementi per i quali si verificano picchi di sollecitazioni localizzati, dovuti alla tipologia di modellazione.

9.6.1 SLU-SLVX_el-SLVY_el

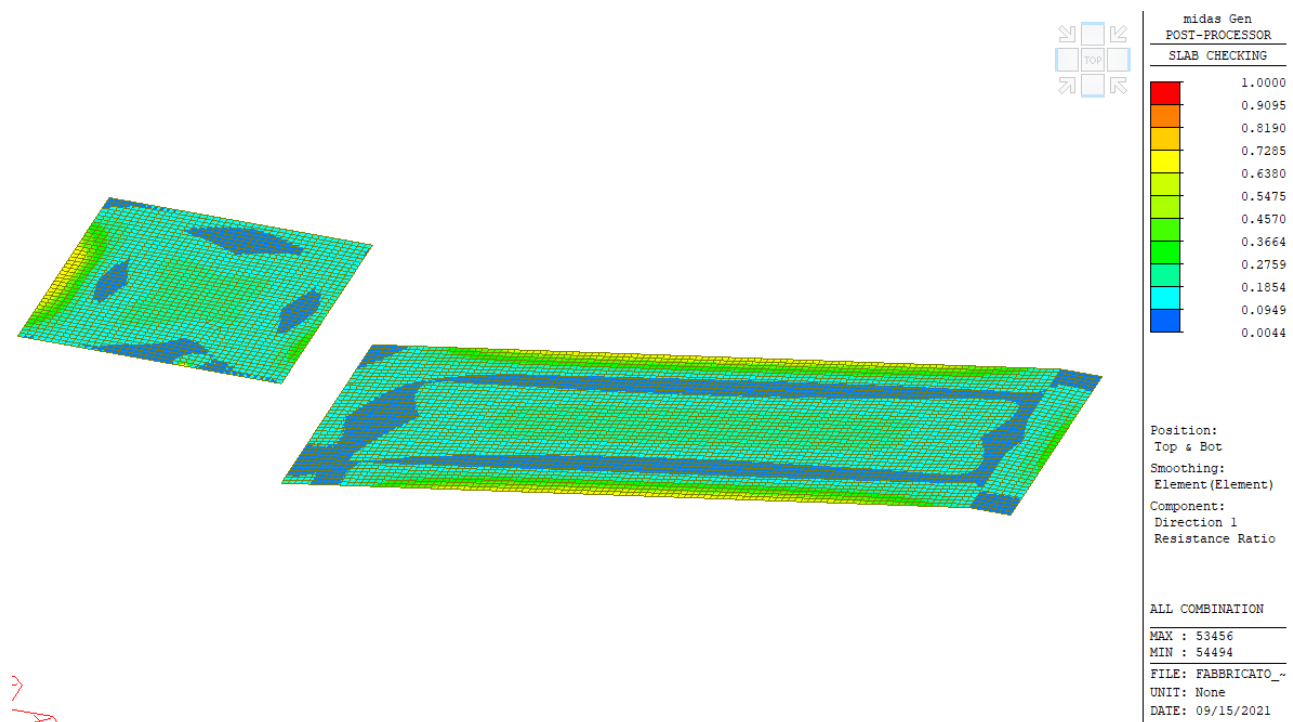


Figura 191 – Verifica flessionale rampa e solaio rampa (armatura lungo x) – SLU-SLVX_el-SLVY_el

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 162 DI 185
---	---	-------------------------------

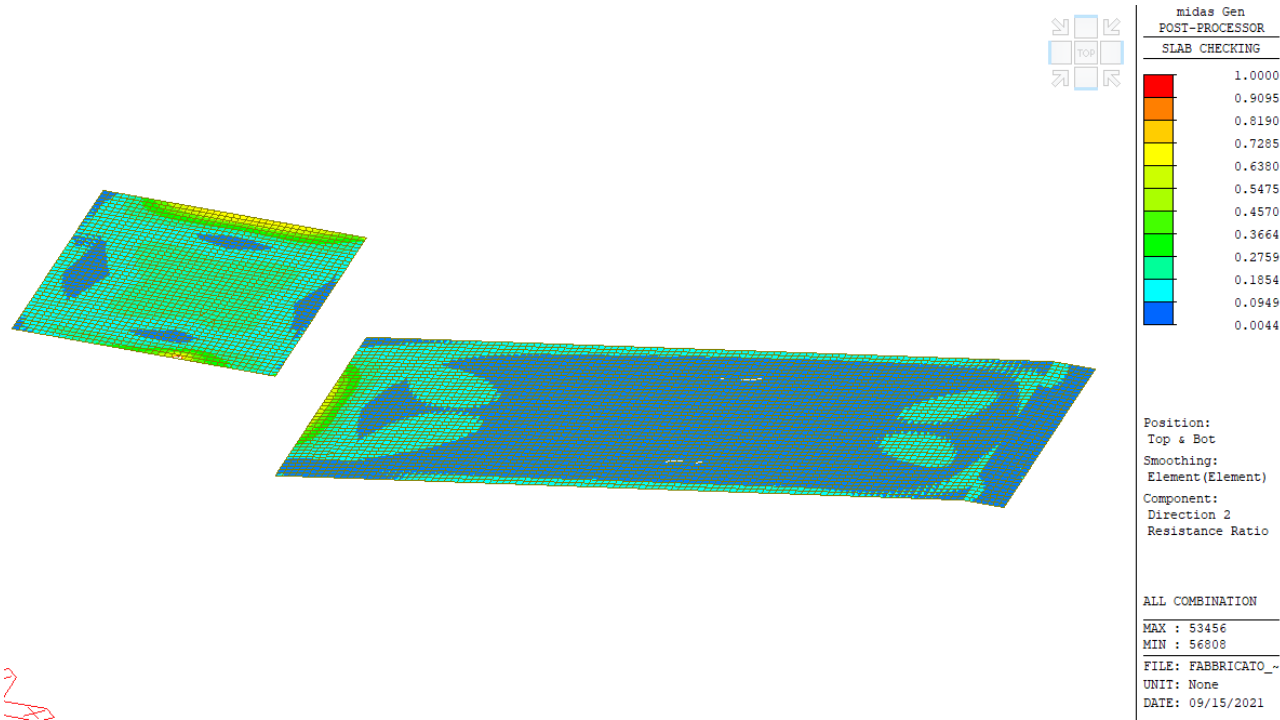


Figura 192 – Verifica flessionale rampa e solaio rampa (armatura lungo y) – SLU-SLVX_el-SLVY_el

9.6.2 SLE

9.6.2.1 Stato limite di limitazione delle tensioni

$\sigma_{c,ad} = 0.60 f_{ck} = 17.46 \text{ MPa}$ combinazione rara

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 163 DI 185
---	---	-------------------------------

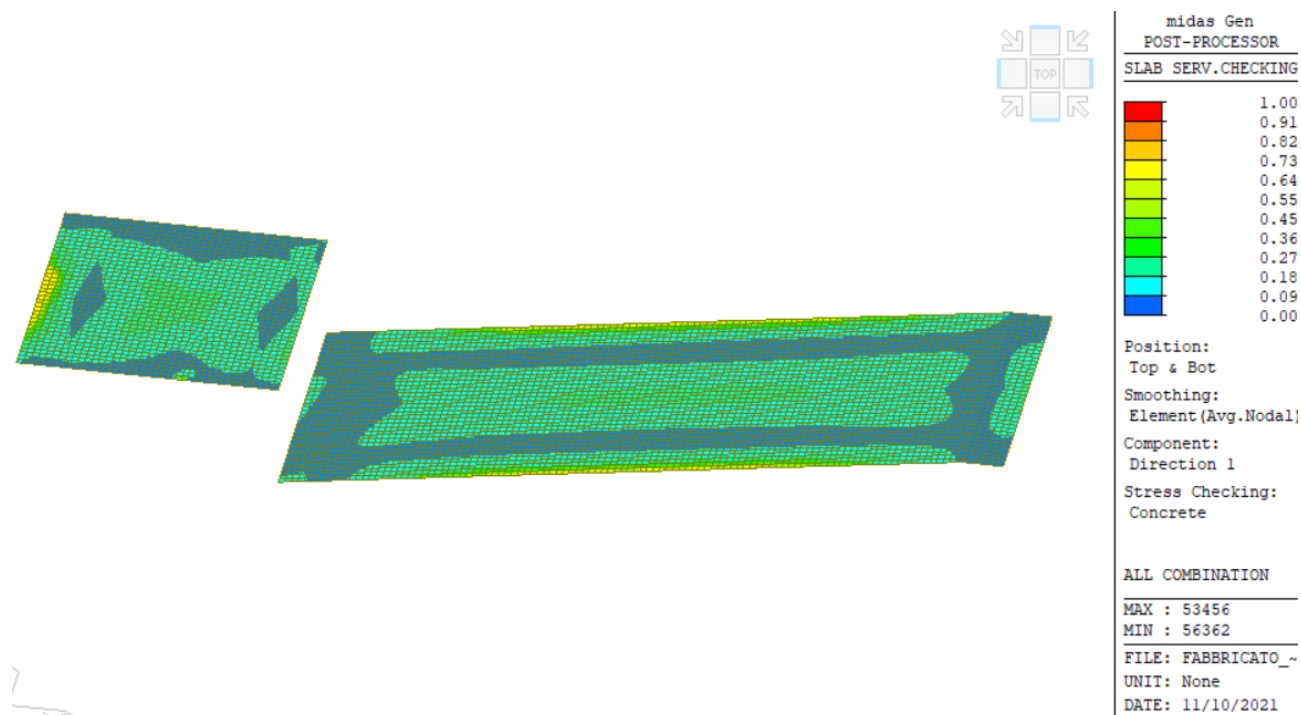


Figura 193 – Verifica di limitazione delle tensioni nel cls (orizzontale) – SLE Rara

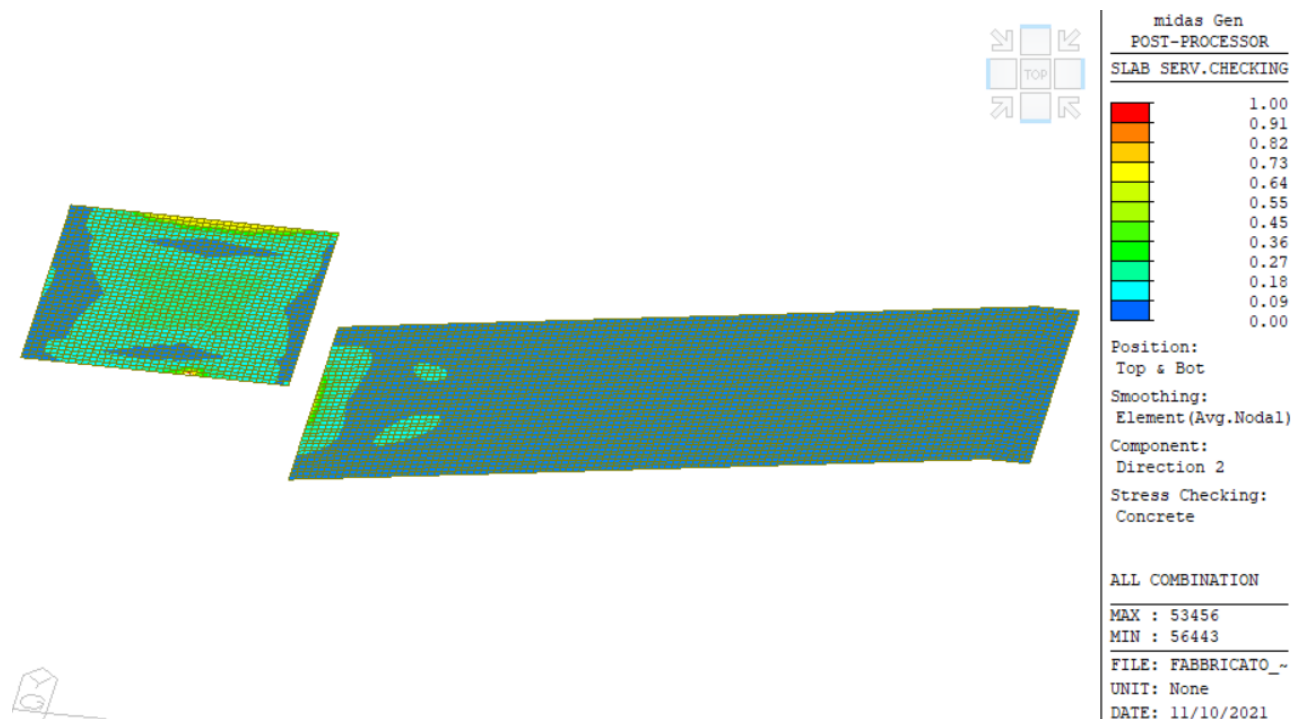


Figura 194 – Verifica di limitazione delle tensioni nel cls (verticale) – SLE Rara

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 164 DI 185
---	---	-------------------------------

$$\sigma_{y,ad} = 0.80 f_{yk} = 360 \text{ MPa}$$

combinazione rara

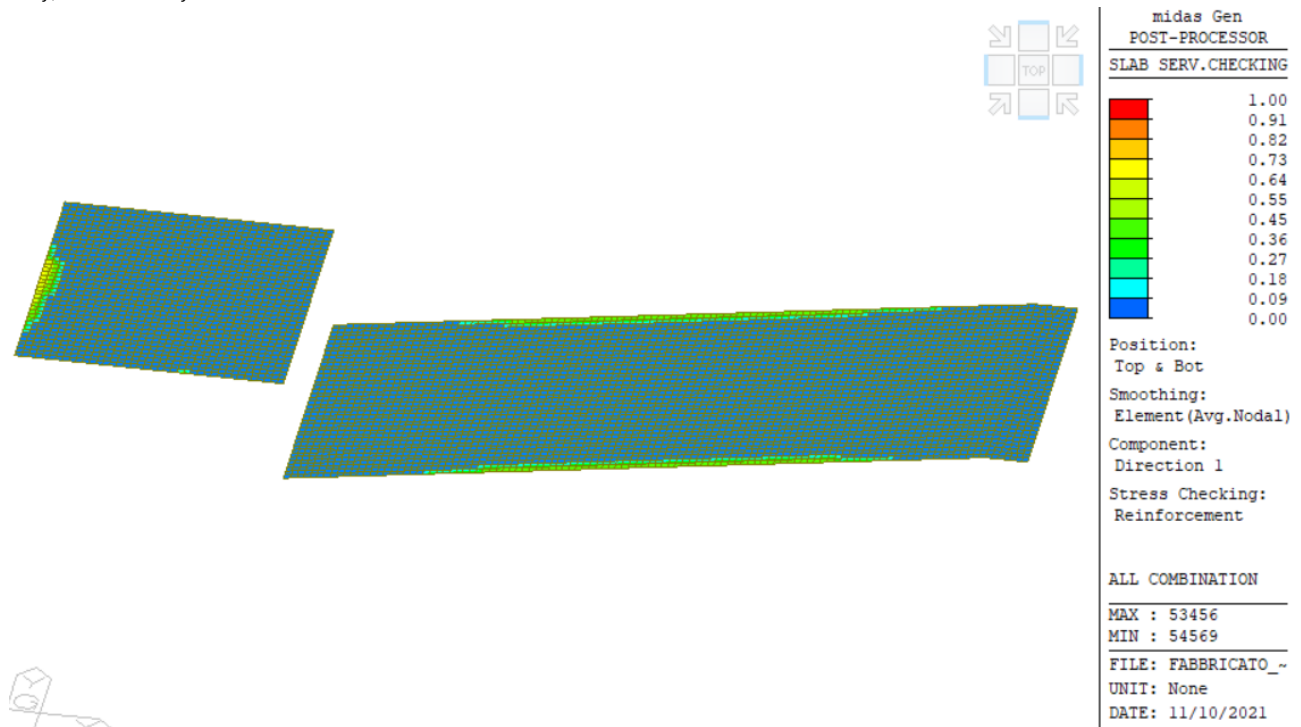


Figura 195 – Verifica di limitazione delle tensioni nell'acciaio (orizzontale) – SLE Rara

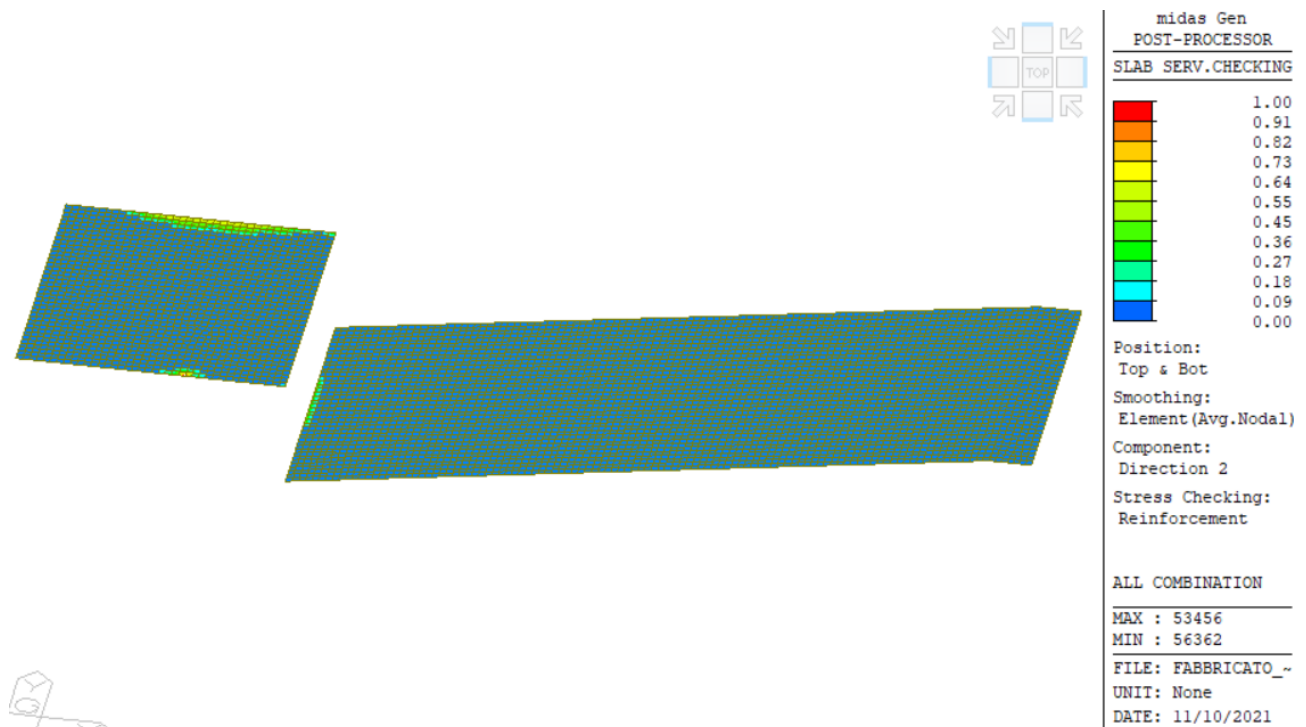


Figura 196 – Verifica di limitazione delle tensioni nell'acciaio (verticale) – SLE Rara

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 165 DI 185
---	---	-------------------------------

9.7 Verifiche della scala

In funzione delle sollecitazioni si è dimensionata opportunamente l'armatura dei pianerottoli e dei rampanti delle scale.

Pianerottolo	Rampante
- armatura lungo x superiore $\phi 16/10$ cm inferiore $\phi 20/10$ cm - armatura lungo y superiore $\phi 16/10$ cm inferiore $\phi 20/10$ cm	- armatura lungo x superiore $\phi 16/10$ cm inferiore $\phi 20/10$ cm - armatura lungo y superiore $\phi 16/10$ cm inferiore $\phi 20/10$ cm

Per la verifica sono stati esclusi dal calcolo quegli elementi per i quali si verificano picchi di sollecitazioni localizzati, dovuti alla tipologia di modellazione.

9.7.1 SLU-SLVX_el-SLVY_el



Figura 197 – Verifica flessionale scala (armatura lungo x) – SLU-SLVX_el-SLVY_el

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 166 DI 185
---	---	-------------------------------



Figura 198 – Verifica flessionale scala (armatura lungo y) – SLU-SLVX_el-SLVY_el

9.7.2 SLE

9.7.2.1 Stato limite di limitazione delle tensioni

$$\sigma_{c,ad} = 0.60 f_{ck} = 17.46 \text{ MPa} \quad \text{combinazione rara}$$

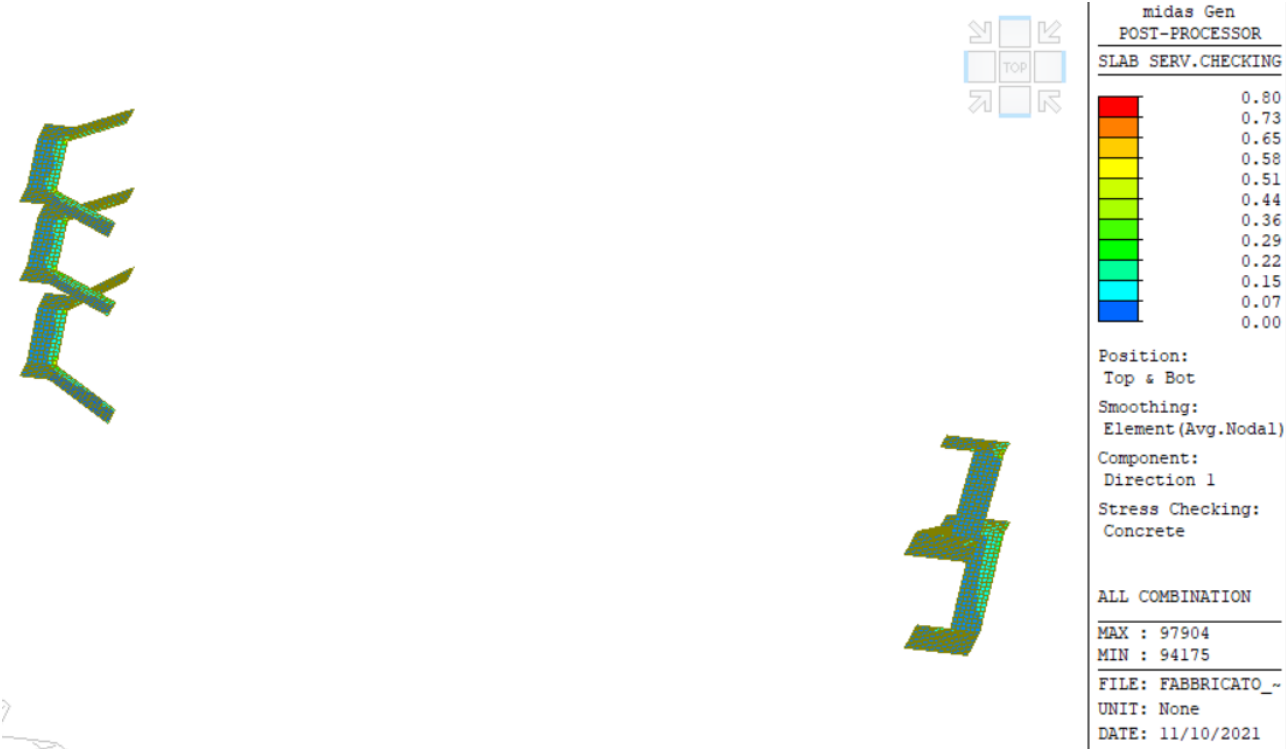


Figura 199 – Verifica di limitazione delle tensioni nel cls (orizzontale) – SLE Rara



Figura 200 – Verifica di limitazione delle tensioni nel cls (verticale) – SLE Rara

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 169 DI 185
---	---	-------------------------------

9.8 Verifiche del solaio

La porzione di solaio scelta ai fini della verifica è quella del piano di copertura che viene evidenziata nella figura sottostante.

La verifica viene condotta considerando uno schema statico di trave continua (fascia di solaio di larghezza pari a 0.50 m) su sei appoggi.

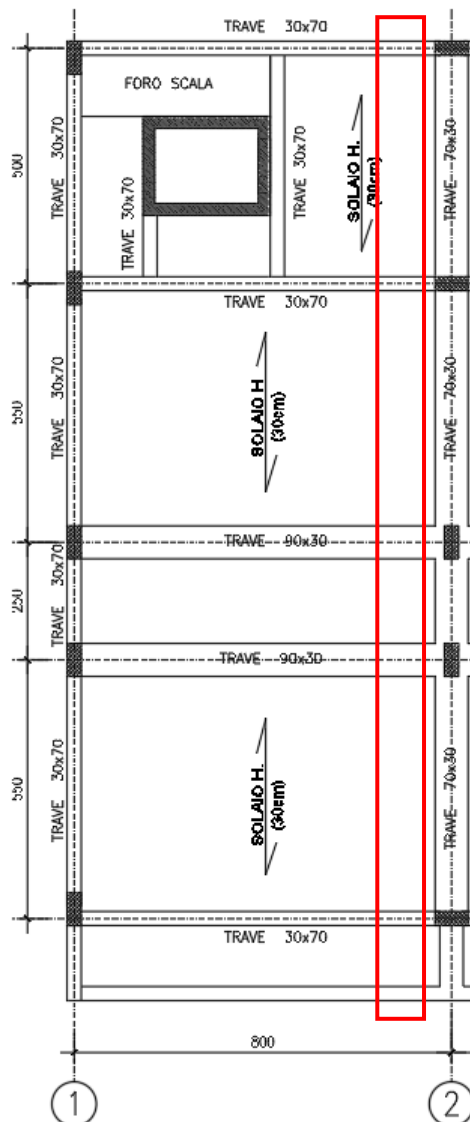


Figura 203 – Sezione di verifica del solaio di copertura

9.8.1 Analisi dei carichi

Dai paragrafi precedenti si ricavano le azioni agenti sul solaio di copertura:

- Peso proprio $G_1 = 4.70 \text{ kN/m}^2$
- Permanenti $G_2 = 2.98 \text{ kN/m}^2$

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 170 DI 185
---	---	-------------------------------

- Variabile cat. I $Q = 4.00 \text{ kN/m}^2$
- Variabile neve $Q_{\text{neve}} = 0.48 \text{ kN/m}^2$

Occorre precisare che si considera una sezione di calcolo del tipo trave a T di larghezza pari a 0.50 m. Dunque, le azioni agenti sulla trave equivalente al solaio divengono:

- Peso proprio (G_1) = $0.5 \text{ m} \times 4.70 \text{ kN/m}^2 = 2.35 \text{ kN/m}$
- Permanenti (G_2) = $0.5 \text{ m} \times 2.98 \text{ kN/m}^2 = 1.49 \text{ kN/m}$
- Variabile cat. I (Q) = $0.5 \text{ m} \times 4.00 \text{ kN/m}^2 = 2.00 \text{ kN/m}$
- Variabile neve $Q_{\text{neve}} = 0.5 \text{ m} \times 0.50 \text{ kN/m}^2 = 0.25 \text{ kN/m}$

9.8.2 Calcolo sollecitazioni

Nelle immagini che seguono si riportano i diagrammi del momento sollecitante e del taglio sollecitante.

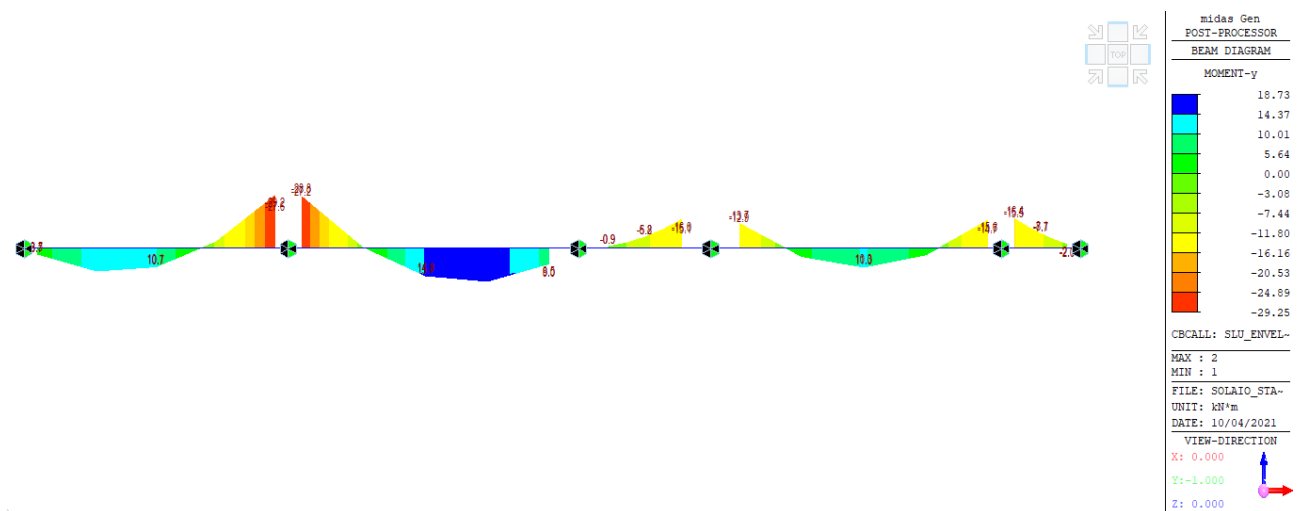
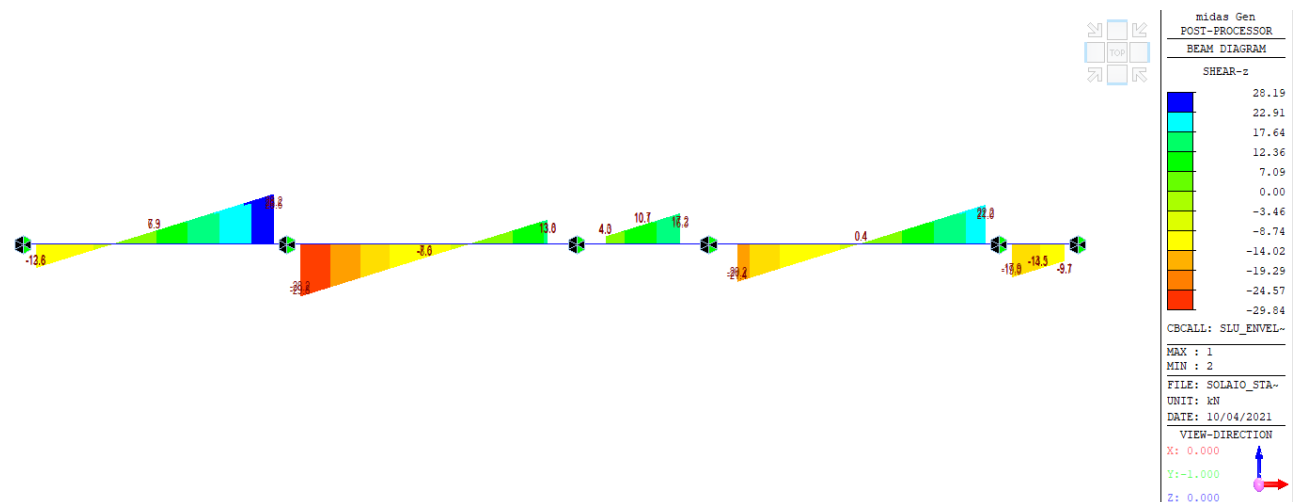


Figura 204 – Diagramma del momento sollecitante - SLU



RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 171 DI 185
---	---	-------------------------------

Figura 205 – Diagramma del taglio sollecitante – SLU

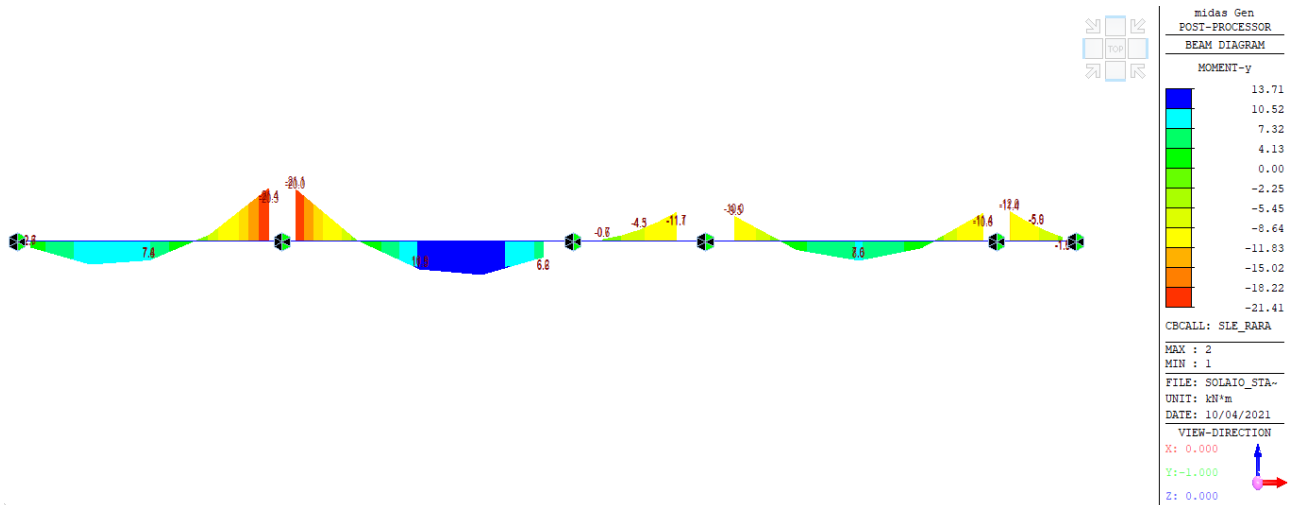


Figura 206 – Diagramma del momento sollecitante – SLE (rara)

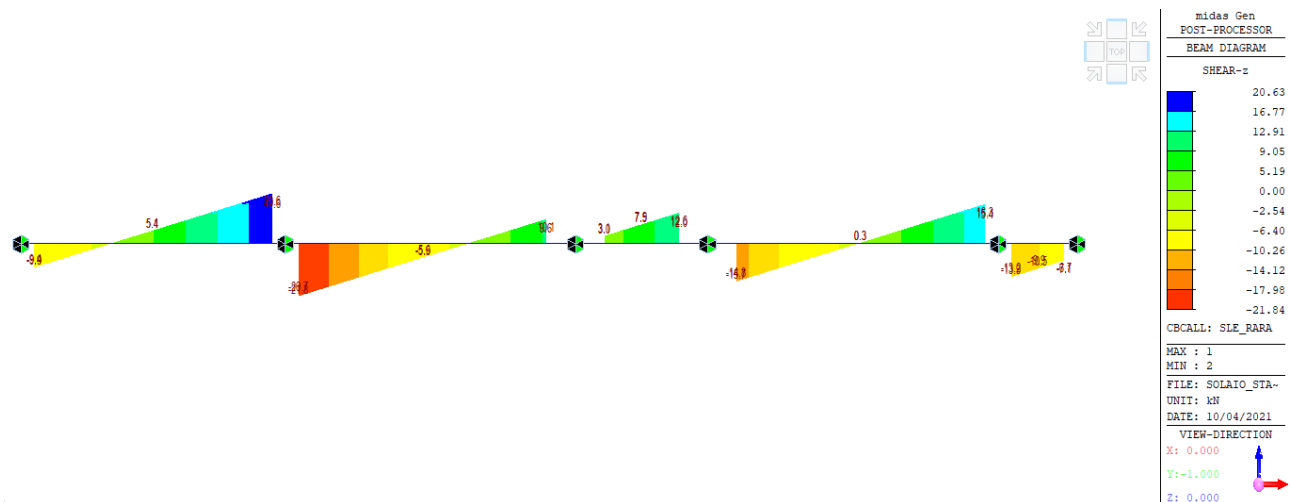


Figura 207 – Diagramma del taglio sollecitante – SLE (rara)

Dunque, si ha:

$V_{Ed,SLU,max}$	$M_{Ed,SLU,max}^+$	$M_{Ed,SLU,max}^-$	$M_{Ed,SLE,rara,max}^+$	$M_{Ed,SLE,rara,max}^-$
[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
29.84	18.73	-29.25	13.71	-21.41

9.8.3 Verifiche del solaio

La sezione di calcolo a T viene armata con 2 ϕ 16 inferiori e 2 ϕ 16 superiore a travetto.

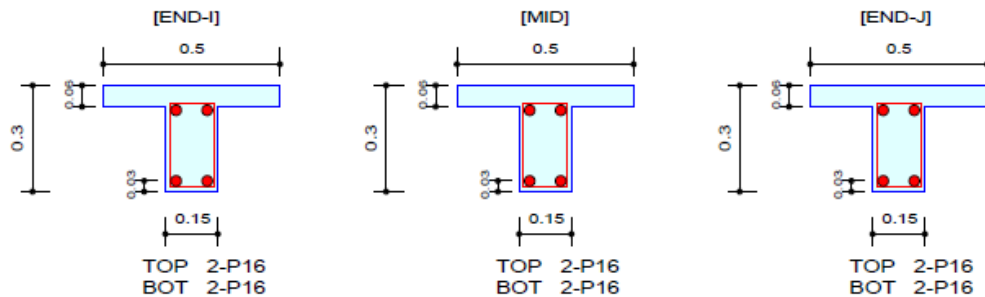
9.8.3.1 SLU

Di seguito vengono riportati i risultati della verifica a flessione e a taglio.

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 172 DI 185
---	---	---

1. Design Information

Design Code	Eurocode2:04 & NTC2018	Unit System	kN, m
Material Data	fck = 28000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa		
Section Property	T - travetto (No : 1)	Beam Span	5.5m



2. Bending Moment Capacity

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	2	2	2
Moment (M_Ed)	28.84	11.99	29.25
Factored Strength (M_Rd)	32.55	32.55	32.55
Check Ratio (M_Ed/M_Rd)	0.8860	0.3684	0.8987
Neutral Axis (x/d)	0.1763	0.1763	0.1763
(+) Load Combination No.	2	2	2
Moment (M_Ed)	13.06	18.73	18.73
Factored Strength (M_Rd)	48.04	48.04	48.04
Check Ratio (M_Ed/M_Rd)	0.2718	0.3899	0.3899
Neutral Axis (x/d)	0.1558	0.1558	0.1558
Using Rebar Top (As_top)	0.0004	0.0004	0.0004
Using Rebar Bot (As_bot)	0.0004	0.0004	0.0004

3. Shear Capacity

	END-I	MID	END-J
Load Combination No.	2	2	2
Factored Shear Force (V_Ed)	21.39	18.94	22.21
V_Rdc	25.56	27.39	25.56
V_Ed / V_Rdc	0.8368	0.6916	0.8688
Check Ratio	0.8368	0.6916	0.8688

Figura 208 – Diagramma del taglio sollecitante – SLE (rara)

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 173 DI 185
---	---	-------------------------------

9.8.3.2 SLE

1. Design Information

Design Code	Eurocode2:04 & NTC2018	Unit System	kN, m
Material Data	fck = 28000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa		
Section Property	T - travetto (No : 1)	Beam Span	5.5m

[END-I]

0.5

0.3

0.15

TOP 2-P16
BOT 2-P16
STIRRUPS 2-P8 @210

[MID]

0.5

0.3

0.15

TOP 2-P16
BOT 2-P16
STIRRUPS 2-P8 @210

[END-J]

0.5

0.3

0.15

TOP 2-P16
BOT 2-P16
STIRRUPS 2-P8 @210

2. Stress Check

	END-I		MID		END-J	
	Concrete	Rebar	Concrete	Rebar	Concrete	Rebar
(-) Load Combination No.	5(C)	5(C)	5(C)	5(C)	5(C)	5(C)
Stress(s)	5241.58	17523.66	2179.87	7287.76	5316.75	17774.95
Allowable Stress(sa)	16800.00	360000.00	16800.00	360000.00	16800.00	360000.00
Stress Ratio(s/sa)	0.3120	0.0487	0.1298	0.0202	0.3165	0.0494
(+) Load Combination No.	5(C)	5(C)	5(C)	5(C)	5(C)	5(C)
Stress(s)	1558.48	24519.78	2235.38	35169.41	2235.38	35169.41
Allowable Stress(sa)	16800.00	360000.00	16800.00	360000.00	16800.00	360000.00
Stress Ratio(s/sa)	0.0928	0.0681	0.1331	0.0977	0.1331	0.0977

3. Check Linear Creep

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	12(Q)	12(Q)	12(Q)
Stress(s)	4431.03	1842.78	4494.57
Allowable Stress(sa)	12600.00	12600.00	12600.00
Stress Ratio(s/sa)	0.3517	0.1463	0.3567
Result	Linear Creep	Linear Creep	Linear Creep
(+) Load Combination No.	12(Q)	12(Q)	12(Q)
Stress(s)	1317.48	1889.70	1889.70
Allowable Stress(sa)	12600.00	12600.00	12600.00
Stress Ratio(s/sa)	0.1046	0.1500	0.1500
Result	Linear Creep	Linear Creep	Linear Creep

Figura 209 – Verifiche solaio – SLE_Stato limite di deformazione, fessurazione e limitazione delle tensioni

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 174 DI 185
---	---	-------------------------------

9.9 Verifica strutturale della platea di fondazione

Al §7.4.3.1 delle NTC 18 si legge quanto segue: *“Sia per CD“A” sia per CD“B” il dimensionamento delle strutture di fondazione e la verifica di sicurezza del complesso fondazione-terreno devono essere eseguiti assumendo come azione in fondazione, trasmessa dagli elementi soprastanti, una tra le seguenti:*

- *quella derivante dall'analisi strutturale eseguita ipotizzando comportamento strutturale non dissipativo (v. § 7.3);*
- *quella derivante dalla capacità di resistenza a flessione degli elementi (calcolata per la forza assiale derivante dalla combinazione delle azioni di cui al § 2.5.3), congiuntamente al taglio determinato da considerazioni di equilibrio;*
- *quella trasferita dagli elementi soprastanti nell'ipotesi di comportamento strutturale dissipativo, amplificata di un coefficiente pari a 1,30 in CD“A” e 1,10 in CD“B”.*

Le strutture delle fondazioni superficiali devono essere progettate per le azioni definite al precedente capoverso, assumendo un comportamento non dissipativo; non sono quindi necessarie armature specifiche per ottenere un comportamento duttile.“

In ragione di quanto sopra riportato, il dimensionamento e la verifica strutturale delle travi di fondazione è stato eseguito per le azioni trasmesse dagli elementi soprastanti derivanti da una analisi strutturale elastica.

- armatura lungo x:
superiore $\phi 20/12.5$ cm
inferiore $\phi 20/12.5$ cm
- armatura lungo y:
superiore $\phi 20/12.5$ cm
inferiore $\phi 20/12.5$ cm
- armatura trasversale:
spilli $\emptyset 12/12.5$ cm in entrambe le direzioni

Per la verifica sono stati esclusi dal calcolo quegli elementi per i quali si verificano picchi di sollecitazioni localizzati, dovuti alla tipologia di modellazione.

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 175 DI 185
---	---	-------------------------------

9.9.1
SLU-SLVX_el-SLVY_el

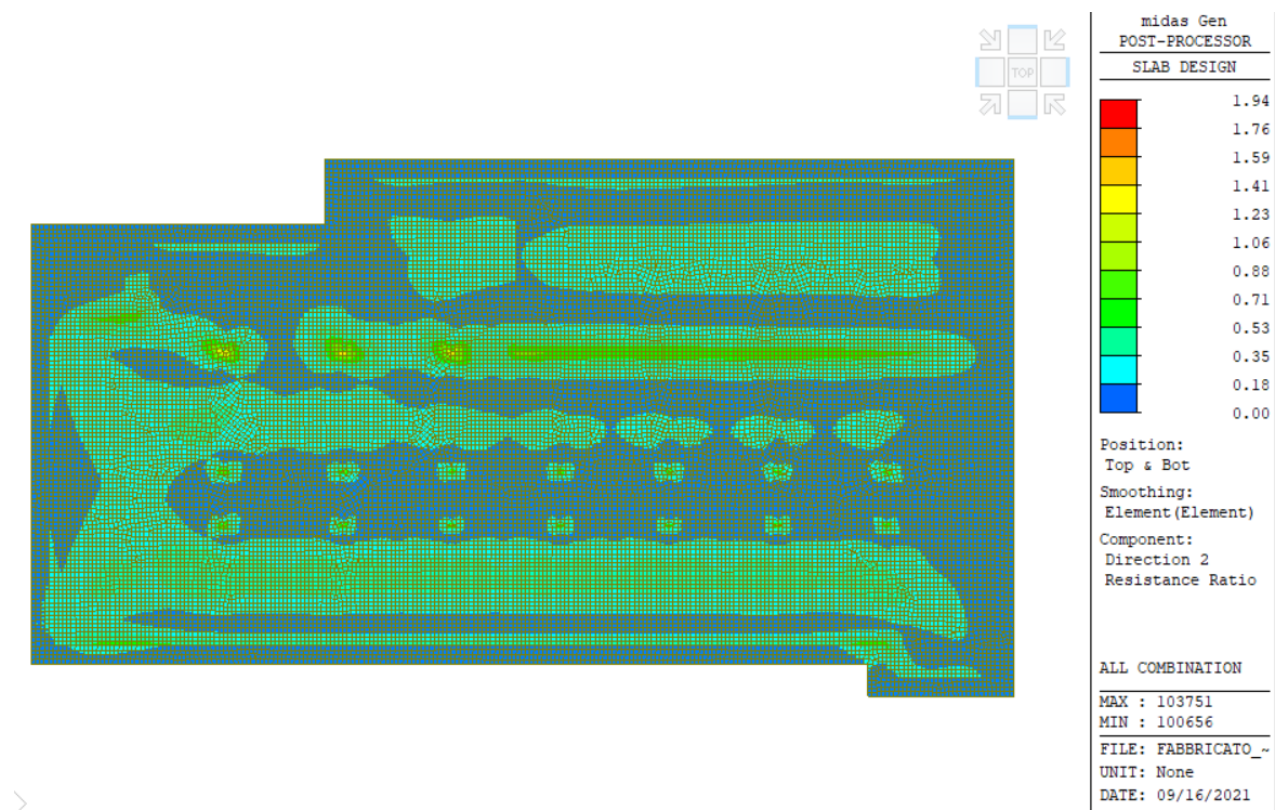


Figura 210 – Verifica flessionale platea di fondazione (armatura lungo x) – SLU-SLVX_el-SLVY_el



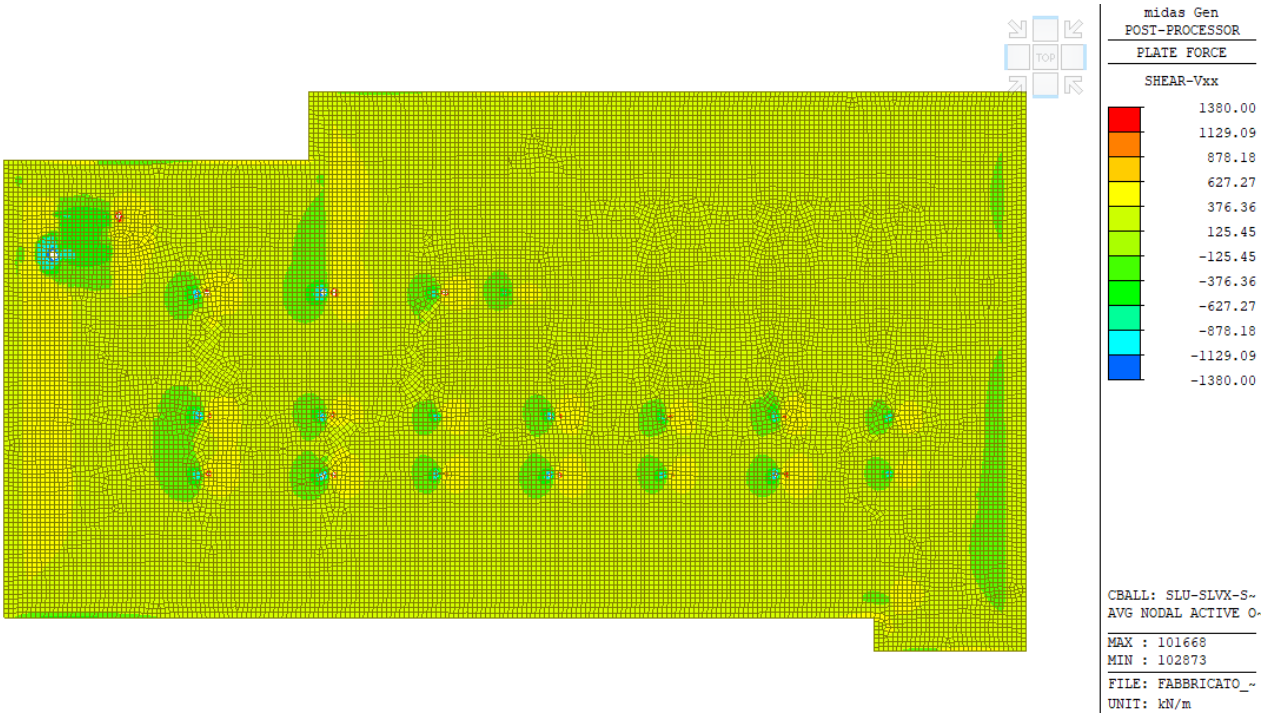
Figura 211 – Verifica flessionale platea di fondazione (armatura lungo y) – SLU-SLVX_el-SLVY_el

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA	Pag.
	ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	176 DI 185

Per la verifica a taglio degli elementi bidimensionali è stata effettuata una verifica combinata, come descritto nel paragrafo 9.1.4.

VERIFICA PER ELEMENTI ARMATI A TAGLIO: $V_{Ed} < V_{Rd}$								
SEZIONE CLS					ARMATURA A TAGLIO			
Elemento	h	c	d	b	ϕ_{legat}	Bracci	A_{ϕ}	A_{sw}
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[mm ²]	[mm ²]
Platea	600	40	560	1000	12	8.0	113.1	904.8

VERIFICA A COTG FISSA										
V _{ed}			CALCOLO DEI TAGLI RESISTENTI							FS
			TAGLIO COMPRESSIONE				TAGLIO TRAZIONE			
V _{ed,XX}	V _{ed,YY}	V _{ed,comb}	α _c	f' _{cd}	cotgΘ	V _{Rcd}	cotgα	s _{eff}	V _{Rsđ}	
[kN]	[kN]	[kN]	[-]	[N/mm²]	[-]	[kN]	[-]	[mm]	[kN]	
878.0	878.0	1241.7	1.00	7.93	1.0	1999	0.0	125	1427.5	1.15



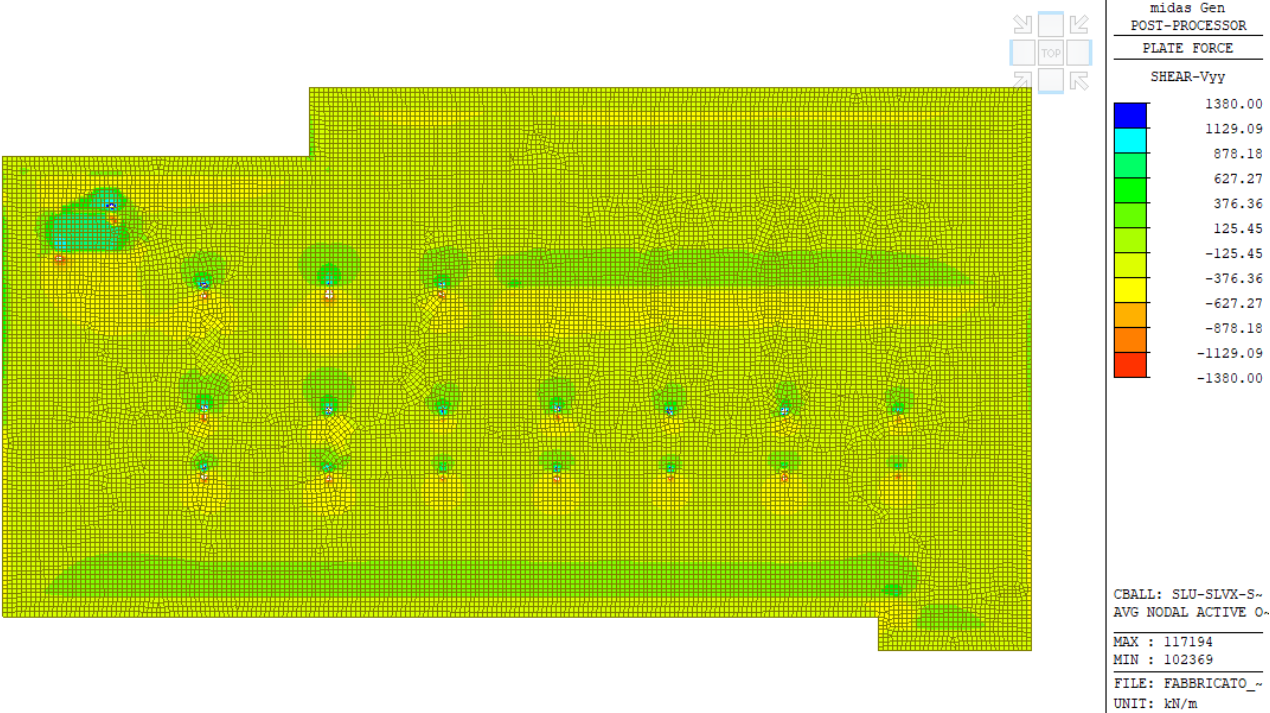


Figura 212 – Verifica a taglio platea di fondazione (1 m x 1 m) – SLU-SLVX_el-SLVY_el

9.9.2 SLE

9.9.2.1 Stato limite di limitazione delle tensioni

$\sigma_{c,ad} = 0.60 f_{ck} = 17.46 \text{ MPa}$ combinazione rara

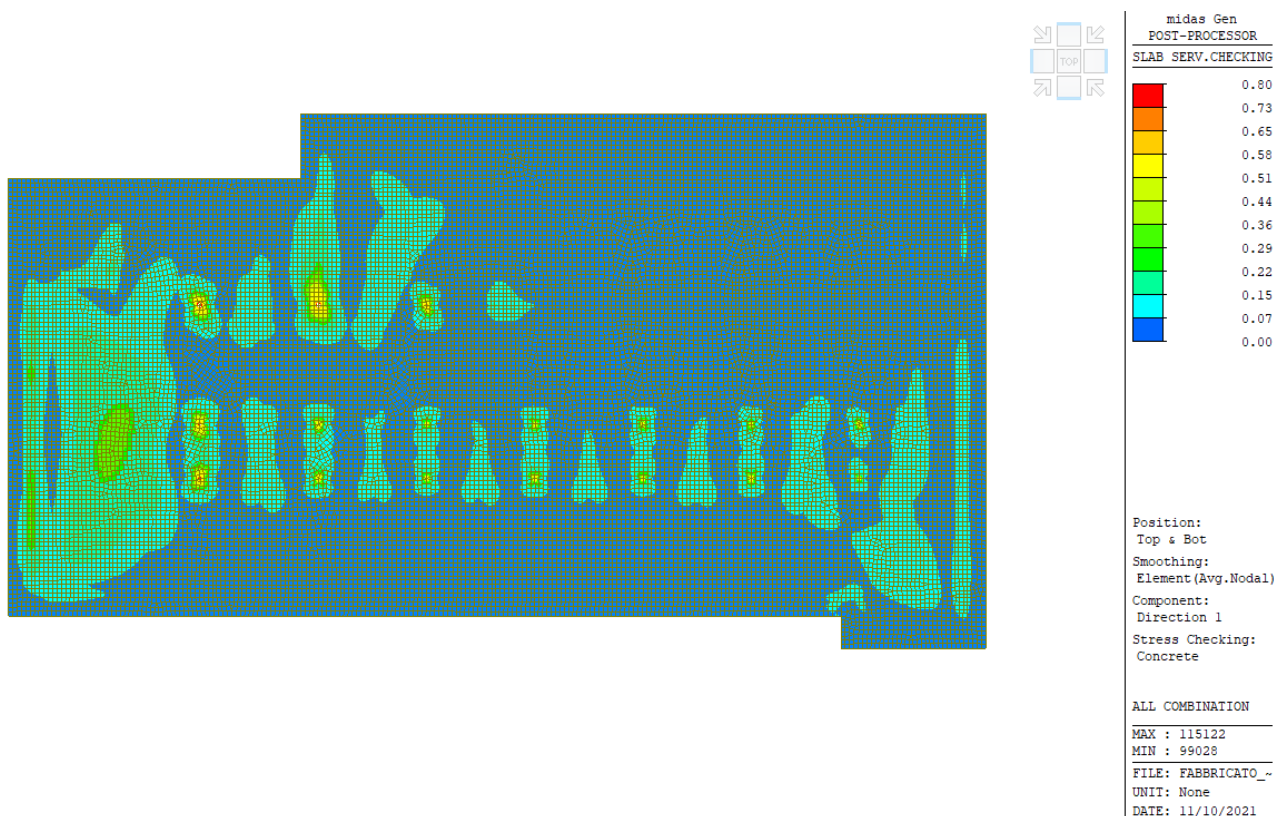


Figura 213 – Verifica di limitazione delle tensioni nel cls (orizzontale) – SLE Rara

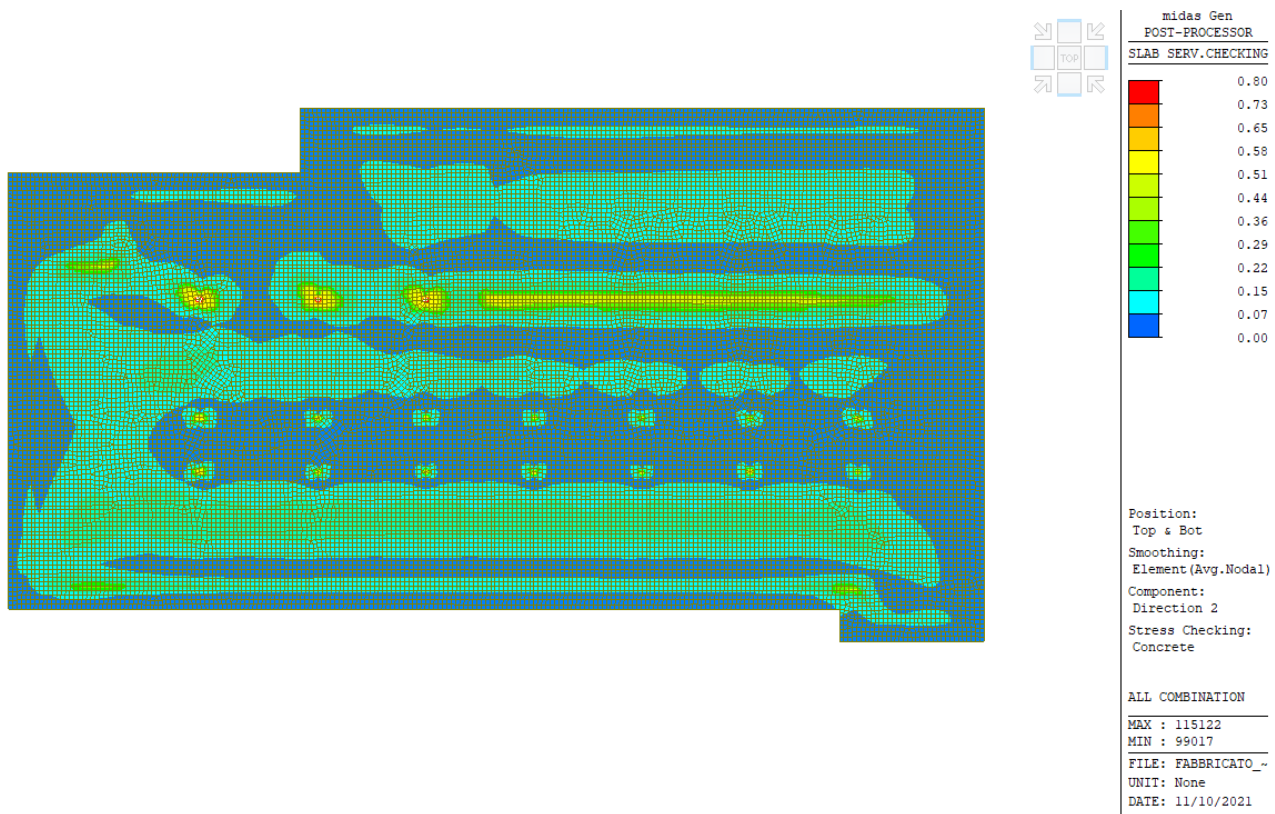


Figura 214 – Verifica di limitazione delle tensioni nel cls (verticale) – SLE Rara

$\sigma_{y,ad} = 0.80 f_{yk} = 360 \text{ MPa}$ combinazione rara

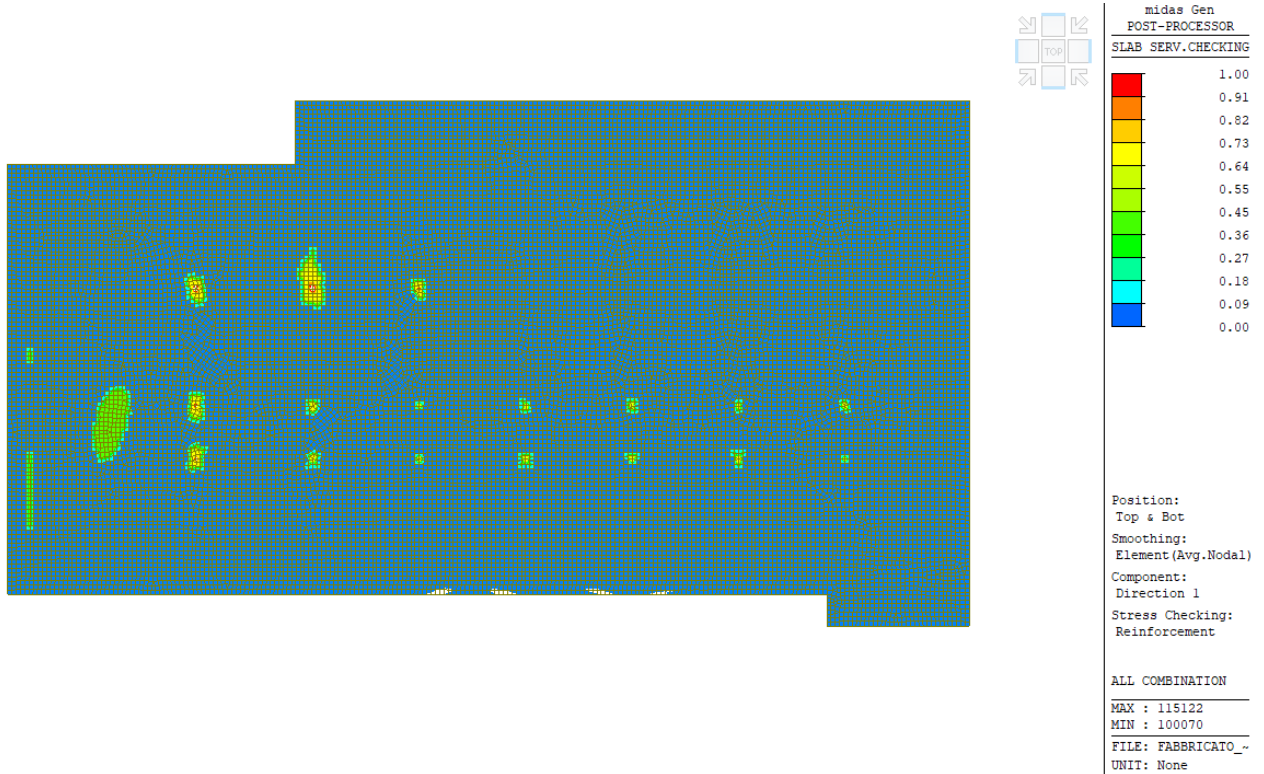


Figura 215 – Verifica di limitazione delle tensioni nell'acciaio (orizzontale) – SLE Rara

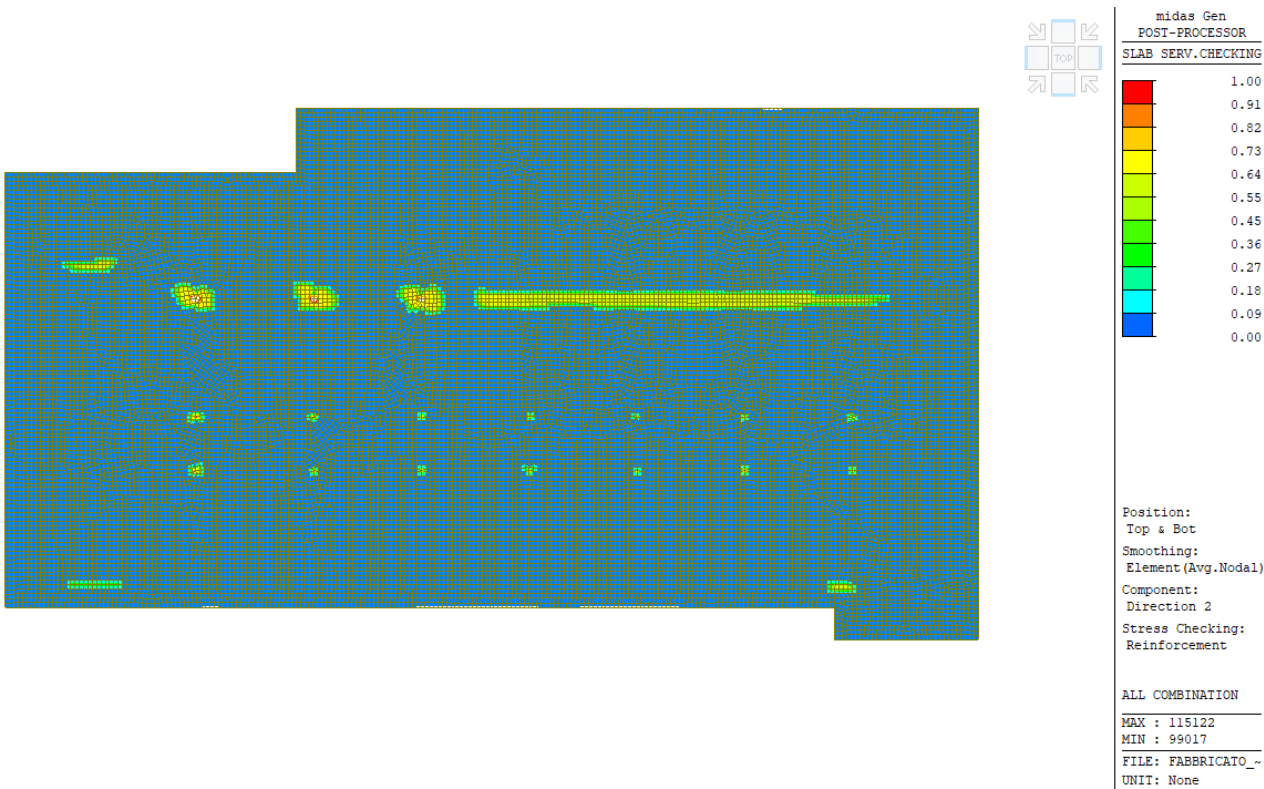


Figura 216 – Verifica di limitazione delle tensioni nell'acciaio (verticale) – SLE Rara

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 180 DI 185
---	---	-------------------------------

9.10 Verifica di rigidezza degli elementi strutturali - SLO

Al §7.3.6.1 delle NTC 18 si legge quanto segue: *“La condizione in termini di rigidezza sulla struttura si ritiene soddisfatta qualora la conseguente deformazione degli elementi strutturali non produca sugli elementi non strutturali danni tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile. Nel caso delle costruzioni civili e industriali, qualora la temporanea inagibilità sia dovuta a spostamenti di interpiano eccessivi, questa condizione si può ritenere soddisfatta quando gli spostamenti di interpiano ottenuti dall’analisi in presenza dell’azione sismica di progetto corrispondente allo SL e alla C_u considerati siano inferiori ai limiti indicati nel seguito.*

Per le CU III e IV ci si riferisce allo SLO (v. Tab. 7.3.III) e gli spostamenti d’interpiano devono essere inferiori ai 2/3 dei limiti indicati.

Per tamponature collegate rigidamente alla struttura, che interferiscono con la deformabilità della stessa: $q_{dr} < 0,0050 h$ per tamponature fragili;

con:

- *d_r è lo spostamento di interpiano, cioè la differenza tra gli spostamenti del solaio superiore e del solaio inferiore, calcolati, nel caso di analisi lineare, secondo il § 7.3.3.3 o, nel caso di analisi non lineare, secondo il § 7.3.4, sul modello di calcolo non comprensivo delle tamponature;*
- *h è l’altezza di interpiano, pari a 3.6m nel caso in esame.*

Dunque, nel caso in esame di ha:

$$d_r \leq \frac{2}{3} \cdot 0.005 \cdot 3.6 = 12 \text{ mm}$$

Si riportano gli spostamenti nelle due direzioni della combinazione “ENV_SLD_elastico”.

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 181 DI 185
---	---	-------------------------------

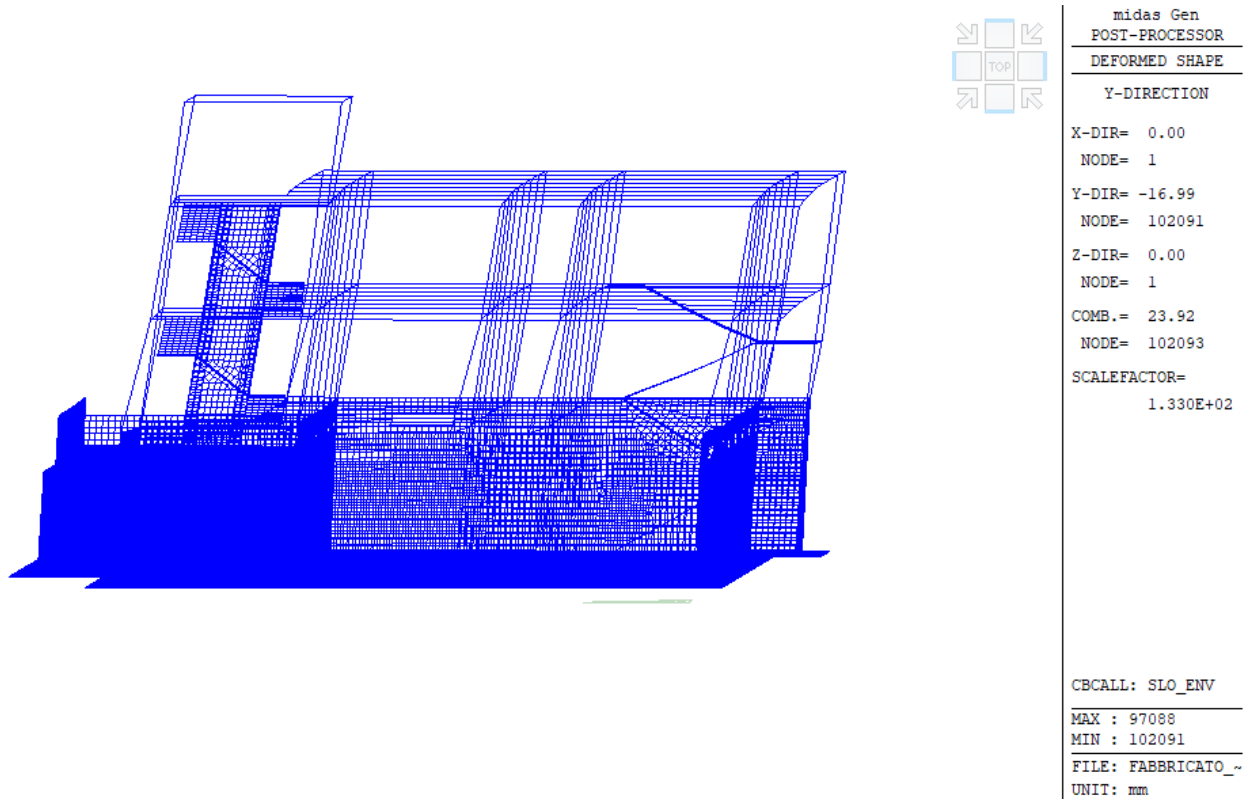


Figura 217 – Spostamenti d_y

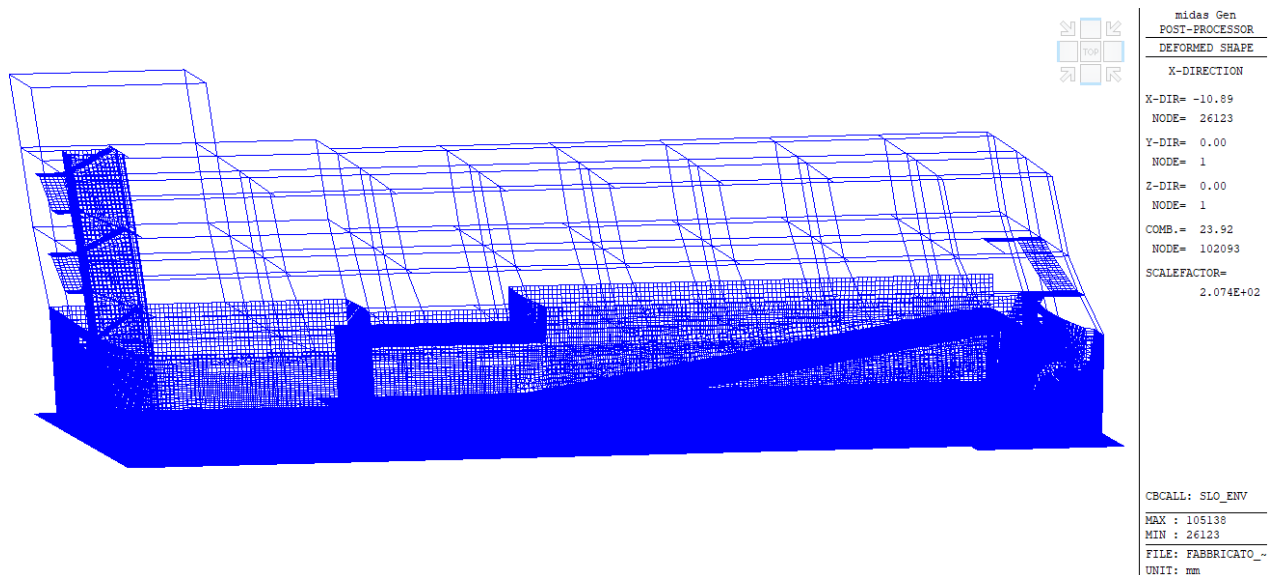


Figura 218 – Spostamenti d_x

Come si può vedere dalle immagini precedenti e nella tabella riportata di seguito, la verifica risulta soddisfatta in entrambe le direzioni:

$$d_{r,y} = 7.40 \text{ mm} < 12 \text{ mm}$$

$$d_{r,x} = 7.47 \text{ mm} < 12 \text{ mm}$$

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 182 DI 185
---	---	-------------------------------

9.11 Verifica di stabilità degli elementi non strutturali - SLV

Al §7.3.6.2 delle NTC 18 si legge quanto segue: *“Per gli elementi non strutturali debbono essere adottati magisteri atti ad evitare la possibile espulsione sotto l’azione della F_a (v. §7.2.3) corrispondente allo SL e alla C_U considerati.”.*

Inoltre, al §7.3.6.2 della Circolare n.7 del 2019 si legge: *“La prestazione, consistente nell’evitare la possibile espulsione delle tamponature sotto l’azione della F_a , si può ritenere conseguita con l’inserimento di leggere reti di intonaco sui due lati della muratura, collegate tra loro ed alle strutture circostanti a distanza non superiore a 500 mm sia in direzione orizzontale sia in direzione verticale, ovvero con l’inserimento di elementi di armatura orizzontale nei letti di malta, a distanza non superiore a 500 mm.”.*

Dunque, il progettista prescrive l'adozione di un sistema del tipo di cui sopra, con lo scopo di garantire la prestazione in oggetto.

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 183 DI 185
---	--	--------------------------------------

9.12 Verifiche geotecniche della fondazione

Al §7.11.5.3.1 delle NTC 18 si legge quanto segue: “La capacità del complesso fondazione-terreno deve essere verificata con riferimento allo stato limite ultimo (SLV) nei confronti del raggiungimento della resistenza per carico limite e per scorrimento, nel rispetto della condizione [6.2.1] e adottando i coefficienti parziali della Tabella 7.11.II.”

Coerentemente con quanto riportato nel §9.4 per la verifica strutturale della fondazione, la verifica di sicurezza del complesso fondazione-terreno è stata eseguita per le azioni trasmesse dagli elementi soprastanti derivanti da una analisi strutturale elastica.

9.12.1 Verifica a carico limite

Sulla base dei valori delle azioni trasmesse dalla sovrastruttura alla sottostruttura, si è ritenuto di eseguire la verifica a carico limite della porzione di platea di 5.00 m x 5.00 m.

Tabella 11 – Calcolo della capacità portante della platea (2 m x 2 m)

Parametri geotecnici del terreno			
Peso dell'unità di volume terreno di fondazione	(γ)	t/mc	2.00
Angolo di attrito interno	(φ)	°	27.00
Coesione	(c')	t/m ²	0.00
Kp			2.66
Peso dell'unità di volume terreno di riporto	(γ_d)	t/mc	1.60

Caratteristiche geometriche della fondazione			
Larghezza fondazione	B	m	5.00
Lunghezza fondazione	L	m	5.00
Eccentricità larghezza	e_x	m	0.000
Eccentricità lunghezza	e_y	m	0.000
Approfondimento	D	m	0.00
Inclinazione carico	i	°	0.00
Larghezza ridotta	B'	m	5.00
Lunghezza ridotta	L'	m	5.00

Coefficienti di fondazione		
Nq		13.20 $e^{(\pi * \tan \varphi) * \tan^2 (45^\circ + \varphi/2)}$
N_γ		9.46 $(N_q - 1) \tan (1,4 \varphi)$
Nc		23.94 $(N_q - 1) \cotg (\varphi)$

Fattori di forma		
S_c		1.53 $1 + 0,2 * K_p (B/L)$
$S_q = S_\gamma$		1.27 $1 + 0,1 * K_p (B/L)$

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 184 DI 185
---	--	--------------------------------------

Fattori di profondità		
d_c	1.00	$1 + 0,2 K_p^{1/2} * D/B$
$d_q = d_\gamma$	1.00	$1 + 0,1 K_p^{1/2} * D/B$

Fattori di inclinazione del carico		
$i_q = i_c$	1.00	$(1 - i^\circ/90)^\circ$
i_γ	1.00	$(1 - i^\circ/\varphi)^\circ$

Calcolo del carico limite		
0.00	$\gamma_r * D * N_q * s_q * d_q * i_q$	
59.91	$0,5 * B' * \gamma * N_\gamma * s_\gamma * d_\gamma * i_\gamma$	
0.00	$c' * N_c * s_c * d_c * i_c$	

q_d	t/m ²	59.91	TOTALE
-------	------------------	-------	--------

Coefficiente capacità portante γ_R	q_d	q_d
[-]	[t/m ²]	[kN/m ²]
2.3	59.91	587.52

9.12.1.1 SLU

Nel seguito viene riportata la verifica a carico limite in condizioni statiche.

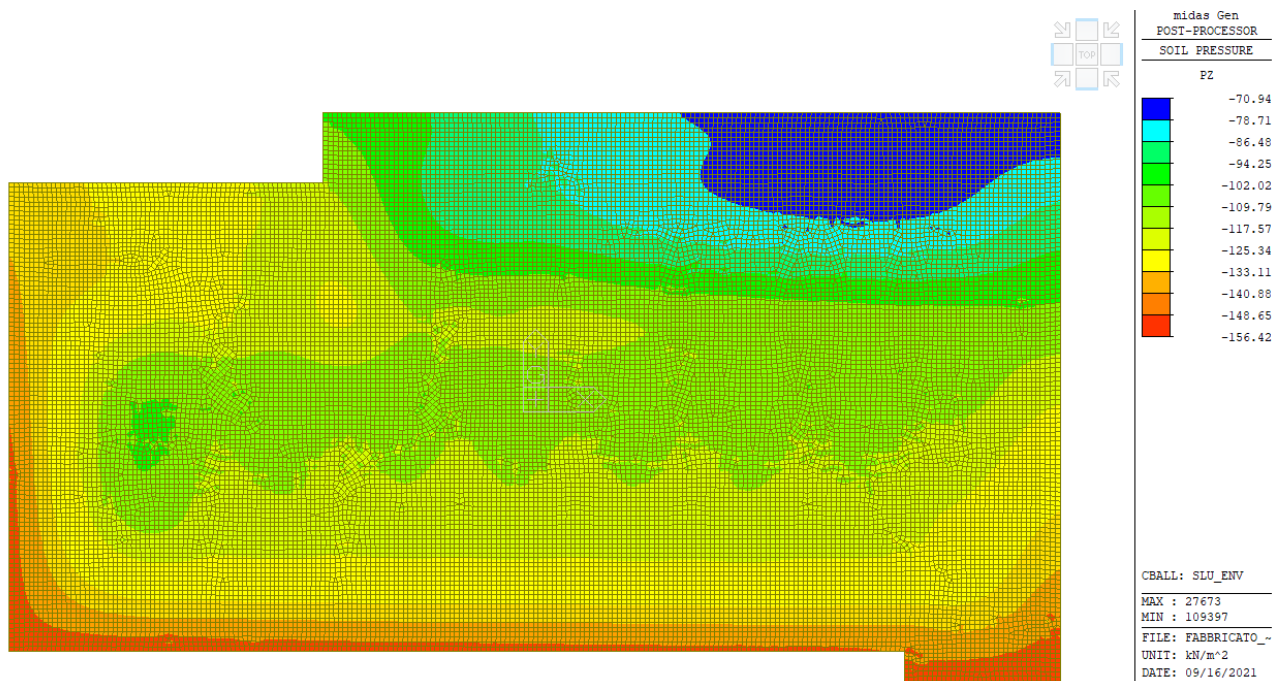


Figura 219 – Pressione del terreno P_z - Involuppo SLU

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE	AUTOSTRADA A2 MEDITERRANEA ADEGUAMENTO FUNZIONALE SVINCOLO DI EBOLI AL KM 30+000 E SISTEMAZIONE VIABILITA' LOCALE ESISTENTE	Pag. 185 DI 185
---	---	-------------------------------

Tabella 12 – Verifica a carico limite platea (5 m x 5 m) – SLU

q_{lim}	$P_{Z,media}$	FS
[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]
255.5	130	1.97

9.12.1.2 SLV

Nel seguito viene riportata la verifica a carico limite in condizioni sismiche.

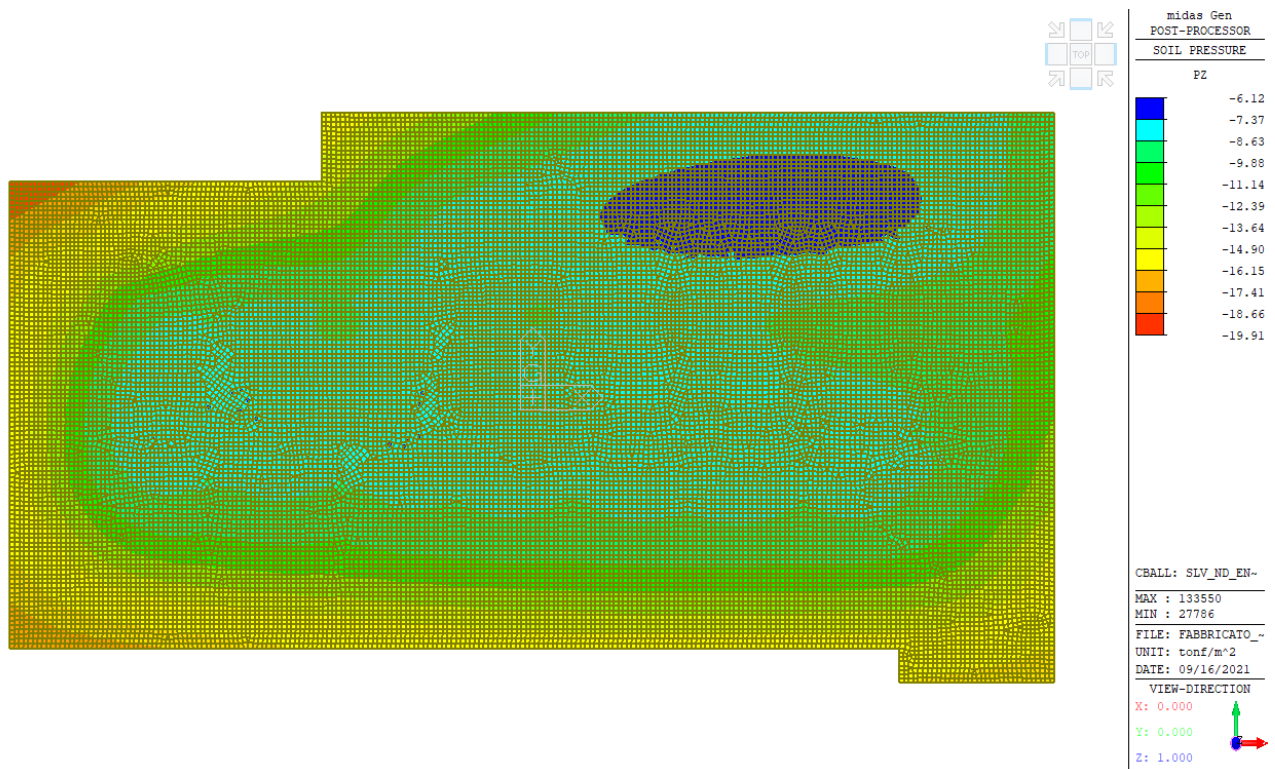


Figura 220 – Pressione del terreno P_z - Involuppo SLV_Elastico

Tabella 13 – Verifica a carico limite platea (5 m x 5 m) – SLV_Elastico

q_{lim}	$P_{Z,media}$	FS
[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]
255.5	150	1.70