AUTORITÀ PORTUALE DI SAVONA

PORTO DI VADO LIGURE

PROJECT FINANCING PER:

PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA, ESECUZIONE DEI LAVORI DELLA NUOVA PIASTRA MULTIFUNZIONALE DEL PORTO DI VADO LIGURE E GESTIONE DELLA PARTE RELATIVA AL TERMINAL CONTENITORI

SOCIETÀ DI PROGETTO: APM TERMINALS VADO LIGURE S.p.A.

MAERSK

CLF GRANDI LAVORI FINCOSIT

PROGETTAZIONE:

TECHNITAL S.p.A.

IL RESPONSABILE:

Dott. Ing. Guido Fiorini

PERIZIA DI VARIANTE

ELABORATO N° :

TITOLO ELABORATO

STRUTTURE

BANCHINA DI TESTATA - CASSONI

RELAZIONE DI CALCOLO

MI0102-PV-S-C-R-001-00

DATA	ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO
Dicembre 2015	M. Karlsson	P. Buongiorno	G. Fiorini

REVISIONE N°	DATA	DESCRIZIONE
00	Dicembre 2015	EMISSIONE PER APPROVAZIONE

NOME FILE

MI0102-PV-S-C-R-001-00.doc

A TERMINE DI LEGGE CI RISERVIAMO LA PROPRIETA' DI QUESTO ELABORATO CON DIVIETO DI RIPRODURLO RENDENDOLO NOTO A TERZI ANCHE PARZIALMENTE SENZA NOSTRA AUTORIZZAZIONE

AUTORITÀ PORTUALE DI SAVONA

PORTO DI VADO LIGURE

PROJECT FINANCING PER:

PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA, ESECUZIONE DEI LAVORI DELLA NUOVA PIASTRA MULTIFUNZIONALE DEL PORTO DI VADO LIGURE E GESTIONE DELLA PARTE RELATIVA AL TERMINAL CONTENITORI

PERIZIA DI VARIANTE

STRUTTURE
BANCHINA DI TESTATA - CASSONI
RELAZIONE DI CALCOLO

INDICE

1	INTRODUZIONE GENERALE	8
1.1	Programma di verifica	8
1.2	Documenti di riferimento	8
1.3	Caratteristiche e dati di calcolo	9
1.4	Legislazione di riferimento	13
2	VERIFICA GALLEGGIAMENTO CASSONE	14
2.1	Cassone corrente/cassoni d'angolo (A1)	14
3	VERIFICA STABILITA CASSONI	16
3.1	EQU – Fattori parziali	18
3.2	STR & GEO – Fattori parziali	18
3.3	Verifica stabilità generale	19
3.4	Verifiche delle strutture in cemento armato del cassone	32
3.4.1	Materiali	32
3.4.2	Copriferro	33
3.4.3	Fessurazioni e tensioni agli SLE	33
3.5	Solettone di base	33
3.5.1	Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU) – Cassone corrente	34
3.5.2	Verifiche agli Stati Limite di Esercizio (SLE) – Cassone corrente	48
3.5.3	Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU) – Cassone d'angolo (A1)	61
3.5.4	Verifiche agli Stati Limite di Esercizio (SLE) – Cassone d'angolo (A1)	73
3.5.5	Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU) – Cassone d'angolo (H1)	85
3.5.6	Verifiche agli Stati Limite d'esercizio (SLE) – Cassone d'angolo (H1)	85
3.6	Pareti perimetrali e setti interni	85
3.6.1	Cassone in fase di esercizio	86
3.6.2	Verifiche agli SLU	108
3.6.3	Verifiche ai SLE	127
3.5	Setti interni in fase provvisionale di riempimento celle	151
3.6	Monconi di ripresa solettone-pareti perimetrali fusto	152
3.6.1	Cassoni q.ta -16.50	152
3.7	Solette di copertura	155

ELENCO FIGURE

Figura 1-1- Planimetria cassoni 8
Figura 1-2- Formule Sainflou 12
Figura 2-1- Carpenteria cassone corrente – sezione orizzontale 14
Figura 2-2- Carpenteria cassone corrente – sezione verticale 15
Figura 3-1- cassone corrente - Sezione tipo 20
Figura 3-2-Cassone corrente - Cresta d'onda (H=5.5m) – Tr=50anni – cassone a q.ta-16.50 – marea +0.00 21
Figura 3-3- Cassone corrente - Cresta d'onda (H=5.5M) – Tr=50anni – cassone a q.ta-16.50 – marea +0.75 22
Figura 3-4- Cassone corrente - Cresta d'onda (H=5.5m) – Tr=50anni – cassone a q.ta-16.50 – marea -0.50 22
Figura 3-5- Cassone corrente - Cavo d'onda (H=6.5m) – Tr=50anni – cassone a q.ta-16.50 – marea+0.00 23
Figura 3-6-Cassone corrente - Cavo d'onda (H=6.5m) – Tr=50anni – cassone a q.ta-16.50 – marea+0.75 23
Figura 3-7-Cassone corrente - Cavo d'onda (H=6.5m) – Tr=50anni – cassone a q.ta-16.50 – marea-0.50 24
Figura 3-8-Cassone corrente – Fase sismica – marea-0.00 24
Figura 3-9- Cassone d'angolo (A1) - planimetria e Sezione sovrastruttura 27

Figura 3-10-Cassone d'angolo(A1)–Lato Rinfuse/Container-Cresta d'onda (H=5.48m) –Tr=250anni 28
Figura 3-11-Cassone d'angolo (A1)–Lato Rinfuse/Container-Cavo d'onda(H=6.53m)–Tr=250anni–marea +0.00 28
Figura 3-12-Cassone d'angolo (A1) – Lato Rinfuse – Cresta d'onda (H=5.00m) – Tr=50anni 29
Figura 3-13-Cassone d'angolo (A1) – Lato Container - Cresta d'onda (H=6.90m) – Tr=50anni 29
Figura 3-14-Cassone d'angolo (A1) – Lato Rinfuse – Cavo d'onda (H=6.00m) – Tr=50anni 30
Figura 3-15-Cassone d'angolo (A1) – Lato Container - Cavo d'onda (H=8.20m) – Tr=50anni 30
Figura 3-16-Schema statico solettone – cassone corrente 34
Figura 3-17-Cassone corrente – schema identificativo 35
Figura 3-18-Cassone corrente - Inviluppo SLU – Mmax trasversale [kNm/m] 37
Figura 3-19-Cassone corrente - Inviluppo SLU – Mmin trasversale [kNm/m] 38
Figura 3-20-Cassone corrente - Inviluppo SLU – Mmax longitudinale [kNm/m] 39
Figura 3-21-Cassone corrente - Inviluppo SLU – Mmin longitudinale [kNm/m] 40
Figura 3-22-Cassone corrente - SLU – V13max trasversale [kN/m] 41
Figura 3-23-Cassone corrente - SLU – V13min trasversale [kN/m] 42
Figura 3-24-Cassone corrente - SLU – V23max longitudinale [kN/m] 43
Figura 3-25-Cassone corrente- SLU – V23min longitudinale [kN/m] 44
Figura 3-26-Cassone corrente - Inviluppo SLE (freq.)– Mmax trasversale [kNm/m] 50
Figura 3-27-Cassone corrente - Inviluppo SLE(freq.) – Mmin trasversale [kNm/m] 51
Figura 3-28-Cassone corrente - Inviluppo SLE(freq.) – Mmax longitudinale [kNm/m] 52
Figura 3-29-Cassone corrente - Inviluppo SLE(freq.) – Mmin longitudinale [kNm/m] 53
Figura 3-30-Cassone corrente - Inviluppo SLE (rare)– Mmax trasversale [kNm/m] 56
Figura 3-31-Cassone corrente - Inviluppo SLE(rare) – Mmin trasversale [kNm/m] 57
Figura 3-32-Cassone corrente - Inviluppo SLE(rare) – Mmax longitudinale [kNm/m] 58
Figura 3-33-Cassone corrente - Inviluppo SLE(rare) – Mmin longitudinale [kNm/m] 59
Figura 3-34-Cassone d'angolo (A1) – schema identificativo 61
Figura 3-35-Cassone d'angolo - Inviluppo SLU – Mmax trasversale [kNm/m] 62
Figura 3-36-Cassone d'angolo - Inviluppo SLU – Mmin trasversale [kNm/m] 63
Figura 3-37-Cassone d'angolo - Inviluppo SLU – Mmax longitudinale [kNm/m] 64
Figura 3-38-Cassone d'angolo - Inviluppo SLU – Mmin longitudinale [kNm/m] 65
Figura 3-39-Cassone d'angolo - Inviluppo SLU – V13max trasversale [kN/m] 66
Figura 3-40-Cassone d'angolo – Inviluppo SLU – V13min trasversale [kN/m] 67
Figura 3-41-Cassone d'angolo - Inviluppo SLU – V23max longitudinale [kN/m] 68
Figura 3-42-Cassone d'angolo - Inviluppo SLU – V23min longitudinale [kN/m] 69
Figura 3-43-Inviluppo SLE (freq.)– Mmax trasversale [kNm/m] 74
Figura 3-44-Inviluppo SLE (freq.)– Mmin trasversale [kNm/m] 75
Figura 3-45-Inviluppo SLE(freq.) – Mmax longitudinale [kNm/m] 76
Figura 3-46-Inviluppo SLE(freq.) – Mmin longitudinale [kNm/m] 77
Figura 3-47-Inviluppo SLE(rare) – Mmax trasversale [kNm/m] 80
Figura 3-48- Inviluppo SLE(rare) – Mmin trasversale [kNm/m] 81
Figura 3-49- Inviluppo SLE (rare)– Mmax longitudinale [kNm/m] 82
Figura 3-50- Inviluppo SLE(rare) – Mmin longtrasversale [kNm/m] 83
Figura 3-51- Schema modello elementi finiti 86
Figura 3-52- cassone corrente e d'angolo - Inviluppo spinta idrostatica fasi di galleggiamento e affondamento 87
Figura 3-53- Spinta silos cassoni celle correnti 87
Figura 3-54- Spinta fusto – galleggiamento e affondamento 90
Figura 3-55- Spinta fusto – silos M1 e M2(q.+3.3m dal fondo) 90

Figura 3-56 - Spinta fusto – silos M2/M1 (q.+13m dal fondo) 91
Figura 3-57- Spinta fusto cassone corrente – sisma trasversale 91
Figura 3-58 - Spinta fusto cassone corrente – sisma longitudinale 92
Figura 3-59 - Spinta fusto parte bassa – cavo d'onda – Tr=50anni (cassone corrente) 92
Figura 3-60- Spinta fusto parte bassa – cresta d'onda Tr=50anni (cassone corrente) 93
Figura 3-61- Spinta fusto parte alta – cavo d'onda Tr=50anni (cassone corrente) 93
Figura 3-62- Spinta fusto parte alta – cresta d'onda Tr=50anni (cassone corrente) 94
Figura 3-63- Spinta fusto parte bassa – cavo d'onda lato banchina container(cassone a1) – Onda con Tr=250anni 96
Figura 3-64- Spinta fusto parte bassa – cavo d'onda lato banchina rinfuse(cassone A1) – Onda con Tr=250anni 96
Figura 3-65- Spinta fusto parte bassa – cavo d'onda obliquo (cassone A1) – Onda con Tr=250anni 97
Figura 3-66- Spinta fusto parte bassa–cresta d'onda lato banchina container(cassone A1)–Onda con Tr=250anni 97
Figura 3-67- Spinta fusto parte bassa – cresta d'onda lato banchina rinfuse(cassone A1) – Onda con Tr=250anni 98
Figura 3-68- Spinta fusto parte bassa – cresta d'onda obliquo(cassone A1) – Onda con Tr=250anni 98
Figura 3-69- Spinta fusto parte alta – cavo d'onda lato banchina container(cassone a1) – Onda con Tr=250anni 99
Figura 3-70 - Spinta fusto parte alta – cavo d'onda lato banchina rinfuse(cassone a1) – Onda con Tr=250anni 99
Figura 3-71 - Spinta fusto parte alta – cavo d'onda obliquo (cassone a1) – Onda con Tr=250anni 100
Figura 3-72 - Spinta fusto parte alta – cresta d'onda lato banchina container(cassone A1) –Onda con Tr=250anni 100
Figura 3-73 - Spinta fusto parte alta – cresta d'onda lato banchina rinfuse(cassone A1) – Onda con Tr=250anni 101
Figura 3-74 - Spinta fusto parte alta – cresta d'onda obliquo(cassone A1) – Onda con Tr=250anni 101
Figura 3-75- Spinta fusto parte bassa – cavo d'onda lato banchina container(cassone a1) – Onda con Tr=50anni 102
Figura 3-76- Spinta fusto parte bassa – cavo d'onda lato banchina rinfuse(cassone A1) – Onda con Tr=50anni 102
Figura 3-77- Spinta fusto parte bassa – cavo d'onda obliquo (cassone A1) – Onda con Tr=50anni 103
Figura 3-78- Spinta fusto parte bassa – cresta d'onda lato banchina container(cassone A1) –Onda con Tr=50anni 103
Figura 3-79- Spinta fusto parte bassa – cresta d'onda lato banchina rinfuse(cassone A1) – Onda con Tr=50anni 104
Figura 3-80- Spinta fusto parte bassa – cresta d'onda obliquo(cassone A1) – Onda con Tr=50anni 104
Figura 3-81- Spinta fusto parte alta – cavo d'onda lato banchina container(cassone a1) – Onda con Tr=50anni 105
Figura 3-82 - Spinta fusto parte alta – cavo d'onda lato banchina rinfuse(cassone a1) – Onda con Tr=50anni 105
Figura 3-83 - Spinta fusto parte alta – cavo d'onda obliquo (cassone a1) – Onda con Tr=50anni 106
Figura 3-84 - Spinta fusto parte alta – cresta d'onda lato banchina container(cassone A1) – Onda con Tr=50anni 106
Figura 3-85 - Spinta fusto parte alta – cresta d'onda lato banchina rinfuse(cassone A1) – Onda con Tr=50anni 107
Figura 3-86 - Spinta fusto parte alta – cresta d'onda obliquo(cassone A1) – Onda con Tr=50anni 107
Figura 3-87 - S.L.U - inviluppo momento flettente massimo e minimo pareti e setti fino a q.ta+13.00 108
Figura 3-88 - S.L.U - inviluppo taglio massimo e minimo pareti e setti fino a q.ta+13.00 109
Figura 3-89 - SLU - inviluppo sforzo normale massimo e minimo pareti e setti fino a q.ta+13.00 110
Figura 3-90 - S.L.U - inviluppo momento flettente massimo e minimo pareti e setti sopra q.ta+13.00 111
Figura 3-91 - S.L.U - inviluppo taglio massimo e minimo pareti e setti sopra q.ta+13.00 112
Figura 3-92 - SLU - inviluppo sforzo normale massimo e minimo pareti e setti sopra q.ta+13.00 113
Figura 3-93 - SLU - inviluppo momento flettente massimo e minimo pareti e setti fino a q.ta+13.00 116
Figura 3-94 - SLU - inviluppo taglio massimo e minimo pareti e setti fino a q.ta+13.00 117
Figura 3-95 - SLU - inviluppo sforzo normale massimo e minimo pareti e setti fino a q.ta+13.00 118
Figura 3-96 - SLU - inviluppo momento flettente massimo e minimo pareti e setti sopra q.ta+13.00 119
Figura 3-97 - SLU - inviluppo taglio massimo e minimo pareti e setti sopra q.ta+13.00 120
Figura 3-98 - SLU - inviluppo sforzo normale massimo e minimo pareti e setti sopra q.ta+13.00 121
Figura 3-99 - SLE comb. freq. - inviluppo momento flettente massimo e minimo pareti e setti – fino +13.00 128
Figura 3-100 - SLE comb. freq. - inviluppo sforzo normale massimo e minimo pareti e setti – fino +13.00 129
Figura 3-101 - SLE comb. rare - inviluppo momento flettente massimo e minimo pareti e setti – fino +13.00 130

Figura 3-102 - SLE comb. rare - inviluppo sforzo normale massimo e minimo pareti e setti – fino+13.00 131
Figura 3-103 - SLE comb. freq. - inviluppo momento flettente massimo e minimo pareti e setti – sopra +13.00 132
Figura 3-104 - SLE comb. freq. - inviluppo sforzo normale massimo e minimo pareti e setti – sopra +13.00 133
Figura 3-105 - SLE comb. rare - inviluppo momento flettente massimo e minimo pareti e setti – sopra +13.00 134
Figura 3-106 - SLE comb. rare - inviluppo sforzo normale massimo e minimo pareti e setti – sopra +13.00 135
Figura 3-107 - SLE comb. freq. - inviluppo momento flettente massimo e minimo pareti e setti-fino+13.00 139
Figura 3-108 - SLE comb. freq. - inviluppo sforzo normale massimo e minimo pareti e setti fino +13.00 140
Figura 3-109 - SLE comb. rare - inviluppo momento flettente massimo e minimo pareti e setti fino +13.00 141
Figura 3-110 - SLE comb. rare - inviluppo sforzo normale massimo e minimo pareti e setti fino +13.00 142
Figura 3-111 - SLE comb. freq. - inviluppo momento flettente massimo e minimo pareti e setti- sopra+13.00 143
Figura 3-112 - SLE comb. freq. - inviluppo sforzo normale massimo e minimo pareti e setti-sopra +13.00 144
Figura 3-113 - SLE comb. rare - inviluppo momento flettente massimo e minimo pareti e setti - sopra +13.00 145
Figura 3-114 - SLE comb. rare - inviluppo sforzo normale massimo e minimo pareti e setti - sopra +13.00 146
Figura 3-115 - Solette di copertura – schema statica solette di copertura con getto di completamento 157
Figura 3-116 - SLU – momento longitudinale [kNm/m]- max 157
Figura 3-117 - SLU – momento longitudinale [kNm/m]- min 158
Figura 3-118 - SLU – momento trasversale [kNm/m]-max 158
Figura 3-119 - SLU – momento trasversale [kNm/m]- min 159

ELENCO TABELLE

Tabella 3-1- Cassone corrente - Verifiche cemento armato agli SLU 46
Tabella 3-2- Cassone corrente - Verifiche agli SLE - fessurazioni combinazioni frequenti 54
Tabella 3-3- Cassone corrente - Verifiche agli SLE - tensioni combinazioni rare - fase di Esercizio 60
Tabella 3-4- Verifiche cemento armato agli SLU – sezioni trasversali 70
Tabella 3-5- Verifiche cemento armato agli SLU – sezioni longitudinali 71
Tabella 3-6- SLE(freq.) – Verifica fessurazione sezioni trasversali 78
Tabella 3-7- SLE(freq.) – Verifica fessurazione sezioni longitudinali 79
Tabella 3-8- SLE(rare) – Verifica tensioni sezioni trasversali 84
Tabella 3-9- SLE(rare) – Verifica tensioni sezioni longitudinali 85
Tabella 3-10 - Cassone Corrente - Verifica pareti s.l.u .tenso-pressoflessione fino q.+13.00 114
Tabella 3-11 - Cassone corrente - Verifica setti s.l.u. tenso-pressoflessione fino a q.+13.00 114
Tabella 3-12 - Cassone corrente - Verifica pareti s.l.u .tenso-pressoflessione sopra q.+13.00 115
Tabella 3-13 - Cassone corrente - Verifica setti s.l.u. tenso-pressoflessione sopra q.+13.00 115
Tabella 3-14 - Cassone d'angolo (A1) - Verifica pareti s.l.u .tenso-pressoflessione fino q.+13.00 122
Tabella 3-15 - Cassone d'angolo (A1) - Verifica setti s.l.u .tenso-pressoflessione fino q.+13.00 122
Tabella 3-16 - Cassone d'angolo (a1) - Verifica pareti s.l.u .tenso-pressoflessione sopra q.+13.00 123
Tabella 3-17 - Cassone d'angolo (a1) - Verifica setti s.l.u .tenso-pressoflessione sopra q.+13.00 123
Tabella 3-18 - Cassone corrente-Fase di Esercizio (freq.)-verifica pareti s.l.e.tenso-pressoflessione fino q.+13.00 135
Tabella 3-19 - Cassone corrente-Fase di Esercizio (freq.) - verifica setti s.l.e .tenso-pressoflessione fino q.+13.00 136
Tabella 3-20-Cassone corrente-Fase di Esercizio (freq.)-verifica pareti s.l.e.tenso-pressoflessione sopra q.+13.00 136
Tabella 3-21-Cassone corrente- Fase di Esercizio (freq.)-verifica setti s.l.e tenso-pressoflessione sopra q.+13.00 136
Tabella 3-22 - Cassone corrente-Fase di Esercizio (rare)-verifica pareti s.l.e tenso-pressoflessione fino q.+13.00 137
Tabella 3-23 - Cassone corrente - Fase di Esercizio (rare) - verifica setti s.l.e tenso-pressoflessione fino q.+13.00 137
Tabella 3-24 - Cassone corrente-Fase di Esercizio (rara) - verifica pareti s.l.e tenso-pressoflessione sopra+13.00 138
Tabella 3-25 - Cassone corrente - Fase di Esercizio (rara) - verifica setti s.l.e tenso-pressoflessione sopra+13.00 138
Tabella 3-26-Cassone d'angolo(a1)-Fase di Esercizio(freq.)-verifica pareti s.l.e.tenso-pressoflessione fino q.+13.00 147
Tabella 3-2 -Cassone d'angolo(a1)-Fase di Esercizio (freq.)-verifica setti s.l.e.tenso-pressoflessione fino q.+13.00 147
Tabella 3-28-Cassone d'angolo(a1)-Fase di Esercizio (freq.)-verifica pareti s.l.e.tenso-pressoflessione sopra+13.00 148
Tabella 3-29-Cassone d'angolo(a1)-Fase di Esercizio(freq.)-verifica setti s.l.e.tenso-pressoflessione sopra+13.00 148
Tabella 3-30-Cassone d'angolo (a1)-Fase di Esercizio (rara)-verifica pareti s.l.e.tenso-pressoflessione fino q.+13.00 149
Tabella 3-31-Cassone d'angolo (a1)-Fase di Esercizio (rara)-verifica setti s.l.e .tenso-pressoflessione fino q.+13.00 149
Tabella 3-32-Cassone d'angolo (a1)-Fase di Esercizio (rara)-verifica pareti s.l.e .tenso-pressoflessione sopra+13.00 150
Tabella 3-33–Cassone d'angolo (a1)-Fase di Esercizio (rara)-verifica setti s.l.e .tenso-pressoflessione sopra+13.00 150

1 INTRODUZIONE GENERALE

Oggetto della presente relazione è il dimensionamento del cemento armato dei cassoni in testata alla piattaforma imbasati a quote -16.50m; A1÷H1. Nella figura sottostante si riporta la planimetria dei cassoni cellulari.

Errore. Non si possono creare oggetti dalla modifica di codici di campo.
FIGURA 1-1- PLANIMETRIA CASSONI

1.1 Programma di verifica

Le verifiche svolte per accertare la stabilità del cassone nelle varie condizioni di lavoro prese in esame sono state raggruppate nei capitoli della presente relazione come segue:

Cap. 2 - Verifica stabilità di galleggiamento cassone
Cap. 3 - Verifica stabilità cassone
Cap. 4 - Verifiche di cemento armato del cassone

Per le verifiche di stabilità globale e di capacità portante si rimanda alla relazione geotecnica.

1.2 Documenti di riferimento

I pesi specifici e i dati di calcolo utilizzati sono stati tratti dalla relazione di calcolo del Progetto Definitivo presentato al Consiglio Superiore per i Lavori Pubblici di Marzo 2010 nonché dal Progetto Esecutivo Fase 2 e contestuale perizia di variante della Fase 1.

Progetto Definitivo		
MI010P-PD-G-Z-R-1001-C4	Marzo 2010	Relazione Descrittiva Generale
MI010P-PD-G-G-R-1121-C3	Gennaio 2010	Rapporto Geotecnico – Calcolo dei Cedimenti e della stabilità delle opere – Verifiche Normative
MI010P-PD-S-C-R-1001-C2	Giugno 2009	Area a giorno – Cassoni di reggispinta – Relazione di calcolo
MI010P-PD-G-L-R-1109-C2	Giugno 2009	Relazione Meteomarina
MI010P-PD-G-Z-R-1111-C3	29/01/2010	Valutazione della pericolosità sismica e verifica di liquefazione
MI010P-PD-G-N-R-1115-C2	Giugno 2009	Dimensionamento delle strutture di accosto e verifica degli schemi di ormeggio
Esecutivo Fase 2 e contestuale perizia di variante della Fase 1		
MI010P-PE-G-Z-R-4120-C0	Settembre 2014	Relazione Descrittiva Generale
MI010P-PE-G-L-R-4001-C0	Settembre 2014	Relazione Meteomarina

1.3 Caratteristiche e dati di calcolo

Dati Opera (DM 14/01/2008; Cap.2)

- Vita Nominale dell'opera V_N	50	Anni
- Classe d'uso	II	
- Periodo di riferimento per l'azione sismica Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) con probabilità di superamento del 10% nel periodo di riferimento	475	Anni
- Periodo di riferimento per l'azione sismica Stato Limite di Colasso (SLC) con probabilità di superamento del 5% nel periodo di riferimento	975	Anni

Pesi materiali

- Peso calcestruzzo armato	25.00	kN/m^3
- Peso calcestruzzo sovrastruttura	24.50	kN/m^3
- Peso pavimentazione	20.00	kN/m^3
- Peso acqua di mare	10.1	kN/m^3
- Peso rinfianco fuori acqua	18.0	kN/m^3
- Peso rinfianco immerso acqua	10.0	kN/m^3

Caratteristiche geotecniche materiali di scanno/rinfianco

- Angolo d'attrito scanno d'imbasamento	45	°
- Angolo d'attrito scanno-cassone 2/3 ρ'k	30	°

Quote

- Quota di sommità sovrastruttura fase definitiva	+4.50	
- Quota d'imbasamento cassone fase definitiva	-16.50	

Livelli mare

- Marea massima	+0.50	m
- Marea minima	-0.33	m
- Livello mare considerate per verifiche cassone nella fase di esercizio (1.5xMarea)	-0.50/ +0.00/ +0.75	m m m

Onde per la fase definitiva con diga come da PRP

- Altezza d'onda sull'opera definitiva cassoni correnti (Tr=250anni) (onda incidente 90°N) - angolo d'incidenza 52° sul perpendicolare H_s	4.4	m
- Periodo d'onda T_p	9.8	s
- Altezza d'onda sull'opera definitiva cassone A1/A2 (Tr=250anni (onda incidente 80°N) - angolo d'incidenza 44/46° sul perpendicolare H_s	5.0	m
- Periodo d'onda T_p	9.8	s
- Altezza d'onda di calcolo fase di cresta $H_{1/20}$	1.40 H_S	
- Altezza d'onda di calcolo fase di cavo $H_{1/100}$	1.67 H_S	

Onde per fase transitorio senza diga PRP

- Altezza d'onda sull'opera definitiva cassoni correnti (Tr=50anni) (onda incidente 105°N) – angolo d'incidenza 60° sul perpendicolare H_s	5.9	m
- Periodo d'onda T_p	10.4	s
- Altezza d'onda sull'opera definitiva cassone A1 (Tr=50anni) (onda incidente 105°N) – angolo d'incidenza 30°/60° sul perpendicolare H_s	5.0	m
- Periodo d'onda T_p	9.8	s
- Altezza d'onda sull'opera definitiva cassoni H2 (lato petroli) (Tr=250anni) con estensione diga (onda incidente 30°N) H_s	1.65	m
- Periodo d'onda T_p	5.0	s
- Altezza d'onda di calcolo fase di cresta $H_{1/20}$	1.40 H_S	

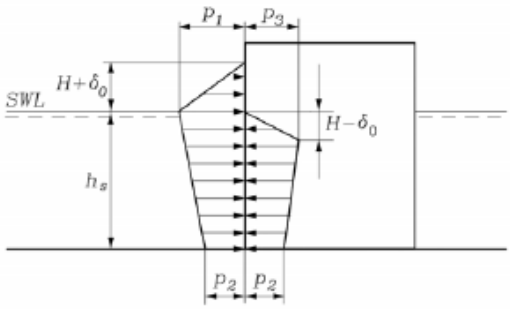
- Altezza d'onda di calcolo fase di cavo $H_{1/100}$	1.67 H_S	
Sovraccarichi		
- Sovraccarico cassoni banchina rinfuse testata q.-16.5 in fase definitiva	40	kPa
- Sovraccarico cassoni banchina container testata q.-16.5 in fase definitiva	40	kPa
Gru Scaricatore (banchina rinfuse)		
- Interasse rotaia	20.5	m
- Lunghezza carrello	6.83	m
- Lunghezza scaricatore	22	m
- Distanza rotaia gru lato mare filo banchina	2.50	m
- Numero ruote / angolo	8	
- Carico verticale gru lato mare (850kN/ruota x 8 x 2/22)	618	kN/m
- Carico orizzontale a ruota lato mare (scarocciamento) 10%	61.8	kN/m
- Carico verticale gru lato piattaforma (800kN/ruota x 8 x 2/22)	581	kN/m
Bitte banchina container		
- Bitta d'ormeggio	1500	kN
- Interasse bitte d'ormeggio	19	m
- Tiro bitta d'ormeggio considerato per cassone A1 lato container	1500	kN
- Tiro bitta d'ormeggio considerato per cassone A2 lato container	3000	kN
- Quota applicazione tiro bitta	+5.10	l.m.m.
Bitte banchina rinfuse		
- Bitta d'ormeggio	500	kN
- Interasse bitte d'ormeggio	23	m
- Tiro bitta d'ormeggio considerato per cassone A1	1000	kN
- Tiro bitta d'ormeggio considerato per cassoni correnti	1000	kN
- Quota applicazione tiro bitta	+5.10	l.m.m.
Bitte banchina petroli		
- Bitta d'ormeggio	500	kN
- Interasse bitte d'ormeggio	19	m
- Tiro bitta d'ormeggio considerato per cassone H2	1000	kN
- Quota applicazione tiro bitta	+5.10	l.m.m.
Parabordi banchina container SCN 1600 E2.0		
- Interasse parabordi	19	m
- Reazione parabordo	2355	kN
- Reazione parabordo considerato per cassone A1 lato container	2355	kN
- Quota parabordo	+2.50	l.m.m.
Parabordi banchina rinfuse SCN 1300 E2.2		
- Interasse parabordi	23	m
- Reazione parabordo	1638	kN
- Reazione parabordo considerato per cassone A2 lato rinfuse	1638	kN
- Reazione parabordo considerato per cassone corrente	3276	kN
- Quota parabordo	+2.50	l.m.m.
Parabordi banchina petroli SCN 1100 E2.0		
- Interasse parabordi	19	m
- Reazione parabordo	1115	kN
- Reazione parabordo considerato per cassone H2	2230	kN
- Quota parabordo	+2.50	l.m.m.
Sisma		
- Sisma limite di salvaguardia della vita (SLV) Tr=475anni ag	0.15g	

- Fattore βm (sottosuolo B,C,D,E ; $0.1g \leq a_g \leq 0.2g$) 0.24
- Coefficiente sismico orizzontale per verifiche sismiche $k_h = \beta_m \times a_{max}/ g = 0.24 \times 0.15g/g$ 0.036
- Coefficiente sismico verticale verifiche sismiche $k_v=0.5 \times k_h$ 0.018

Per il calcolo delle spinte idrodinamiche si è utilizzata la teoria di Sainflou trattandosi di onde non frangenti. Di seguito si riportano le formule di Sainflou tratte dalla parte VI della CEM.

EM 1110-2-1100 (Part VI)
1 Jun 06

Table VI-5-52
The Sainflou Formula for Head-on, Fully Reflected, Standing Regular Waves (Sainflou 1928)



$$p_1 = (p_2 + \rho_w g h_s)\frac{H+\delta_o}{h_s+H+\delta_o} \qquad \text{(VI–5–143)}$$

$$p_2 = \frac{\rho_w g H}{\cosh(2\pi h_s/L)} \qquad \text{(VI–5–144)}$$

$$p_3 = \rho_w g(H-\delta_o) \qquad \text{(VI–5–145)}$$

$$\delta_o = \frac{\pi H^2}{L}\coth\frac{2\pi h_s}{L} \qquad \text{(VI–5–146)}$$

where H Wave height. In case of irregular waves, H should be taken as a characteristic wave height. In Japan $H_{1/3}$ is used, while in other countries $H_{1/10}$ might be used.

p_1 Wave pressure at the still water level, corresponding to wave crest

p_2 Wave pressure at the base of the vertical wall

p_3 Wave pressure at the still water level, corresponding to wave trough

δ_o Vertical shift in the wave crest and wave trough at the wall

ρ_w Water density

h_s Water depth at the foot of the structure

L Local wave length.

Remarks. The Sainflou formula for conditions under wave crest and wave trough were derived theoretically for the case of regular waves and a vertical wall. The formula cannot be applied in cases where wave breaking and/or overtopping takes place.

FIGURA 1-2- FORMULE SAINFLOU

1.4 Legislazione di riferimento

Nell'ambito della presente relazione si è applicata la seguente normativa:

Legge 05/11/1971 n. 1086	-	Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica
Circolare Min. LL.PP. 14/02/1974 n. 11951	-	Istruzioni per l'applicazione delle "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"
Circolare Min. LL.PP. 1996	-	Istruzioni tecniche per la progettazione delle dighe marittime
D.M. 14/1/2008	-	Norme Tecniche per le Costruzioni
Circolare n°617 2/2/2009 CS.LL.PP	-	Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008"
Eurocodici		
CEM 2006	-	Coastal Engineering Manual – US Army Corps of Engineers
EAU 1990	-	Recommendations of the Committee for Waterfront Structures Harbours and Waterways

2 VERIFICA GALLEGGIAMENTO CASSONE

2.1 Cassone corrente/cassoni d'angolo (A1)

Nella figura seguente si riporta la carpenteria del cassone.

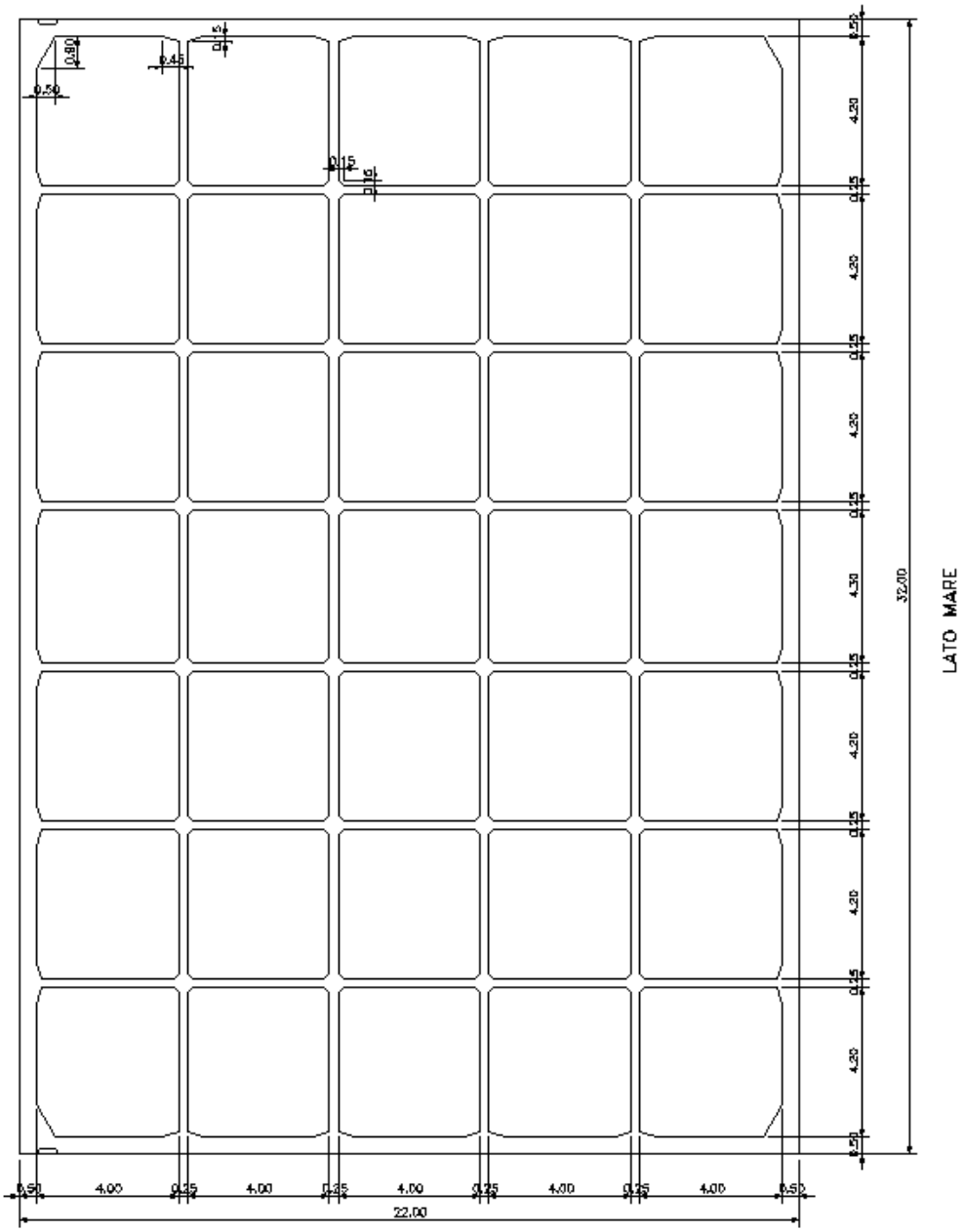


FIGURA 2-1- CARPENTERIA CASSONE CORRENTE – SEZIONE ORIZZONTALE

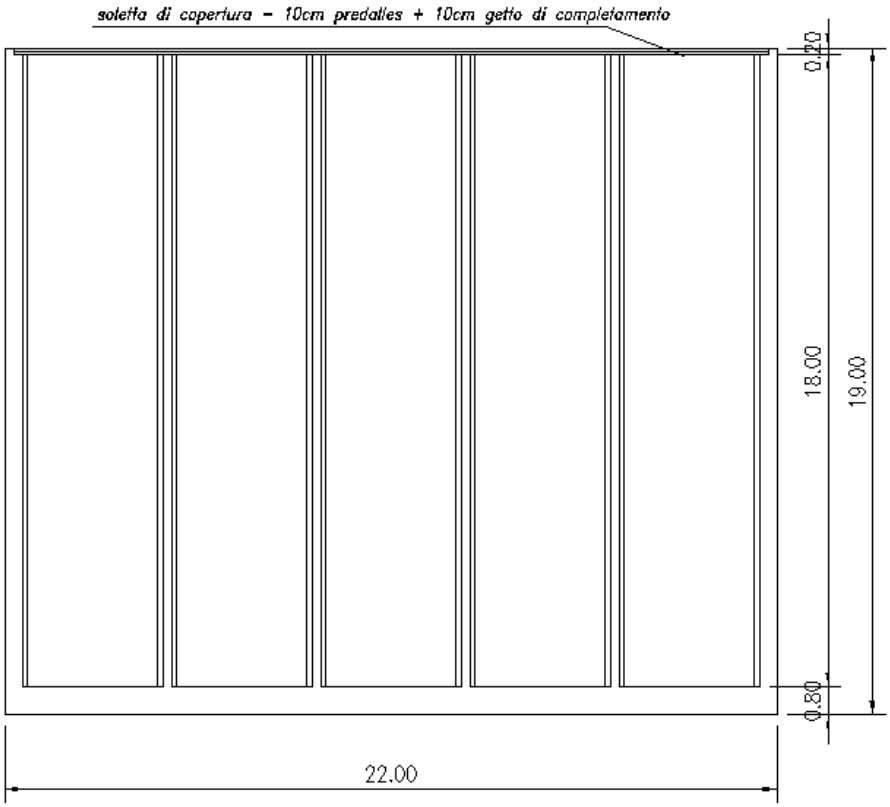


FIGURA 2-2- CARPENTERIA CASSONE CORRENTE – SEZIONE VERTICALE

Di seguito viene riportata la verifica di stabilità al galleggiamento del cassone corrente:

CARATTERISTICHE E DATI DI CALCOLO		
DATI GEOMETRICI DEL CASSONE CORRENTE		
Altezza cassone	19.00	m
Volume muretti	5.35	m^3
Volume solette di copertura (h = 0.20m)	135.45	m^3
Volume fusto a metro	117.33	m^3
Volume solettone interno alla sezione di galleggiamento (h = 0.80 m)	563.20	m^3
Volume netto celle	10560.06	m^3
Volume vuoto per pieno	13376	mcvpp
Volume calcestruzzo cassone	2813.21	m^3
Volume c.a. / volume vuoto per pieno	0.21	
Area sezione di galleggiamento	703.85	m^2
Il baricentro del cassone vuoto risulta a quota dal fondo del solettone	8.37	m
Si dispone di zavorra di 11kN nelle celle d'angolo in corrispondenza	22	kN

dell'incavo		
IMMERSIONE DEL CASSONE E CENTRO DI CARENA		
Il baricentro del cassone zavorrato risulta a quota dal fondo del solettone	8.37	m
Essendo il peso del cassone pari a	70352.25	kN
immersione	9.90	m
quota centro di carena	4.95	m
volume di carena	6968.12	m^3
per l'immersione di 9.90 m e con una inerzia minima pari a	28394.69	m^4
raggio metacentrico	4.07	m
l'altezza metacentrica w = 4.07 + 4.95 - 8.37	0.65	m

Il valore dell'altezza metacentrica assicura al cassone la stabilità dell'equilibrio in fase di galleggiamento.

3 VERIFICA STABILITA CASSONI

Si riportano le verifiche di stabilità generale delle sezioni tipo riportate di seguito.
Verifiche a s.l.u.
In conformità con quanto previsto dal DM 14/1/2008, per la verifica della struttura si sono utilizzati i seguenti approcci:

Approccio	*Combinazione*
1	A1+M1+R1 e A2+M2+R2
EQU	EQU+M2
2	A1+M1+R3

Per quanto riguarda i coefficienti parziali da utilizzare per le azioni e per i parametri del terreno nelle verifiche, si rimanda alle tabelle riportate di seguito.

Coefficienti parziali

		γ_F	EQU	A1	A2
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,30	1,00
Carichi permanenti non strutturali	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30

		γ_M	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	tan ϕ'	$\gamma_{\phi'}$	1,00	1,25

Combinazioni di carico

In ciascuna combinazione le azioni variabili sono ridotte per tener conto della probabilità della contemporaneità degli eventi.

Nel seguito sono riportati i valori utilizzati nel calcolo, tenendo presente che:

- ψ_{0i} è il coefficiente di combinazione applicato ai carichi variabili secondari nelle combinazioni a s.l.u. e nelle combinazioni rare, moltiplicato rispettivamente per γ_{Qi} e per 1.0;
- ψ_{1i} è il coefficiente di combinazione applicato al carico variabile principale nelle combinazioni frequenti;
- ψ_{2i} è il coefficiente di combinazione applicato ai carichi variabili secondari nelle combinazioni frequenti, a tutti i carichi variabili nelle combinazioni quasi permanenti e ai carichi variabili in combinazione sismica.

	Ψ_{0i}	Ψ_{1i}	Ψ_{2i}
Sovraccarico	1.0	0.9	0.8
Tiro bitta	0.6	0.2	0
Parabordo	0.6	0.2	0
Onde	0.6	0.2	0
Gru	0.7	0.7	0.6

Per la verifica di stabilità in fase sismica si considera soltanto il sovraccarico.

Per quanto riguarda l'attrito fra manufatto e scanno d'imbasamento:
Combinazioni A1-M1:
μ=tan(0.67x45°) = 0.577, si assume il valore 0.58
Combinazioni A2-M2:
φ= arctan(tan(45°)/1.25) = 38.66°
μ=tan(0.67x38.66°) = 0.486, si assume il valore 0.48

3.1 EQU – Fattori parziali

Fattori parziali per azioni γ_F

Azione	**Valore**
Permanente	
Destabilizzante $\gamma_{G;dst}$	1.1
Stabilizzante $\gamma_{G;stb}$	0.9
Variabile	
Destabilizzante $\gamma_{Q;dst}$	1.5
Stabilizzante $\gamma_{Q;stb}$	0.0

Fattori parziali per terreno γM

Parametro terreno	**Valore**
Angolo d'attrito $\gamma_{\varphi'}$ (da applicare a tg(φ'))	1.25
Coesione Stabilizzante $\gamma_{c'}$	1.25
Resistenza a taglio non drenata γ_{cu}	1.40
Resistenza non confinata γ_{qu}	1.40
Peso γ_γ	1.00

3.2 STR & GEO – Fattori parziali

Per le verifiche per SLU STR e GEO bisogna applicare set A1-M1 e A2-M2 con valori come esposti sotto.
Fattori parziali per azioni γ_F

Azione	**Set**	
	A1	**A2**
Permanente		
Destabilizzante γ_G	1.30	1.00
Stabilizzante γ_G	1.00	1.00
Variabile		
Destabilizzante γ_Q	1.50	1.30
Stabilizzante γ_Q	0.00	0.00

Fattori parziali per terreno γ_M

Parametro terreno	**M1**	**M2**
Angolo d'attrito $\gamma_{\varphi'}$ (da applicare a tg(φ'))	1.00	1.25
Coesione Stabilizzante $\gamma_{c'}$	1.00	1.25
Resistenza a taglio non drenata γ_{cu}	1.00	1.40
Resistenza non confinata γ_{qu}	1.00	1.40
Peso γ_γ	1.00	1.00

Resistenza	**set**		
	R1	**R2**	**R3**
Portanza $\gamma_{R;v}$	1.0	1.0	1.4
Scorrimento $\gamma_{R;h}$	1.0	1.0	1.1
Resistenza terreno stabilità globale $\gamma_{R;e}$	1.0	1.0	1.4

3.3 Verifica stabilità generale

La banchina di testata è soggetta a due condizioni meteomarine, una prima fase senza diga con una durata di 10 anni circa, e una seconda fase definitiva con diga foranea.
Di seguito si riportano le spinte delle onde sia per la prima che per la seconda fase.

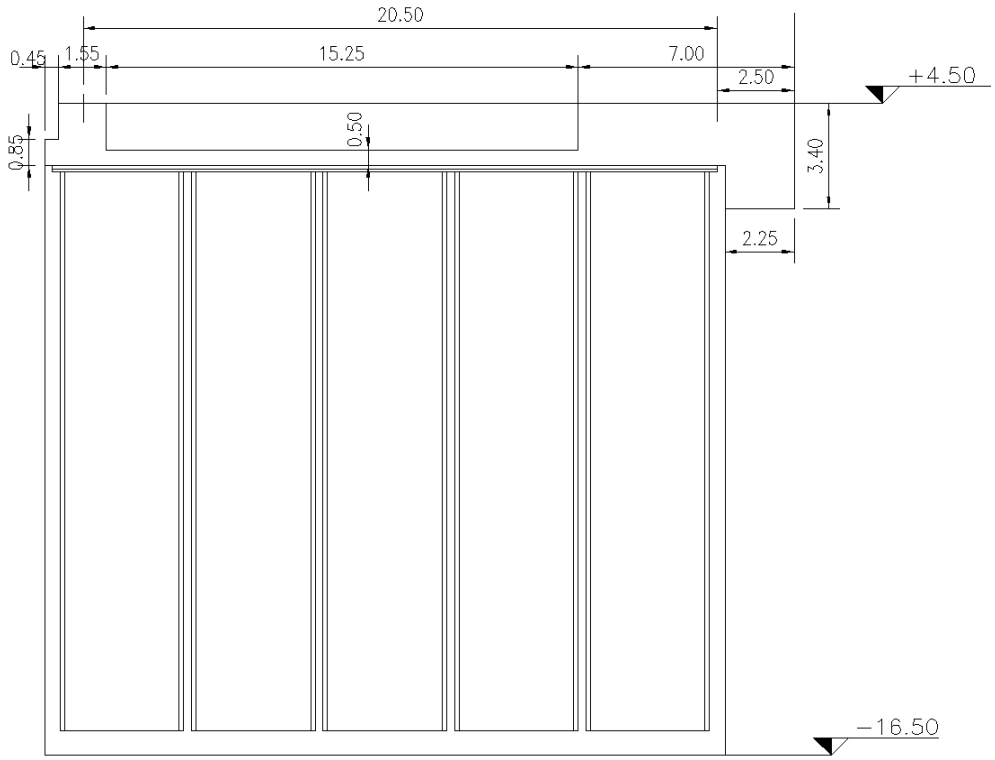


FIGURA 3-1- CASSONE CORRENTE - SEZIONE TIPO

Prima fase – onda con Tr=50anni – senza diga foranea

Per i cassoni correnti si è considerato un angolo d'incidenza rispetto all'allineamento della banchina di 60° per il calcolo dell'altezza d'onda secondo la teoria del clapotis gaufrè.

La riduzione dell'altezza d'onda è pari a 0.66 x 5.9 =3.9m per cui si è considerata un'altezza d'onda di 3.9m per i cassoni correnti di testata.

Le altezze d'onda di calcolo considerate sono con $T_s=T_p/1.1 = 9.45s$

Cresta d'onda: $H_{calcolo}=1.4 \times H_s = 1.4 \times 3.9 = 5.46m=5.5m$

Cavo d'onda: $H_{calcolo}=1.67 \times H_s = 1.67 \times 3.9 = 6.51m=6.5m$

Fase definitiva – onda con Tr=250anni – con diga foranea

Per i cassoni correnti si è considerato un angolo d'incidenza rispetto all'allineamento della banchina di 52° per il calcolo dell'altezza d'onda secondo la teoria del clapotis gaufrè.

La riduzione dell'altezza d'onda è pari a 0.731 x 4.4 =3.216m per cui si è considerata un'altezza d'onda di 3.216m per i cassoni correnti di testata.

Le altezze d'onda di calcolo considerate sono con $T_s=T_p/1.1 = 8.91s$
Cresta d'onda: $H_{calcolo}=1.4 \times H_s = 1.4 \times 3.216 = 4.50m$
Cavo d'onda: $H_{calcolo}=1.67 \times H_s = 1.67 \times 3.216 = 5.37m$

Come si può vedere la situazione più gravosa dal punto di vista del moto ondoso è la prima fase con onda con periodo di ritorno di 50anni.
Nelle figure sottostanti si riportano sia la sezione tipo della banchina, sia i diagrammi di spinta considerati per le verifiche di stabilità.

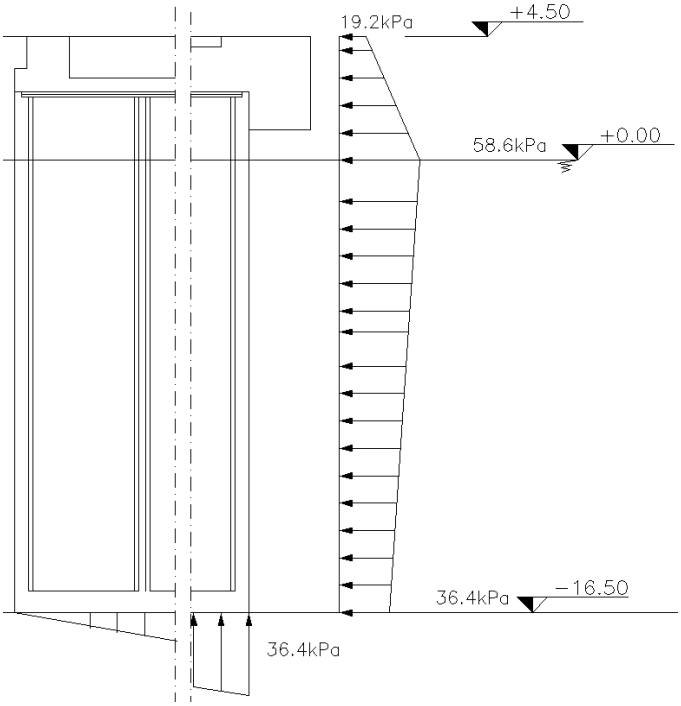


FIGURA 3-2- CASSONE CORRENTE - CRESTA D'ONDA (H=5.5M) – TR=50ANNI – CASSONE A Q.TA-16.50 – MAREA +0.00

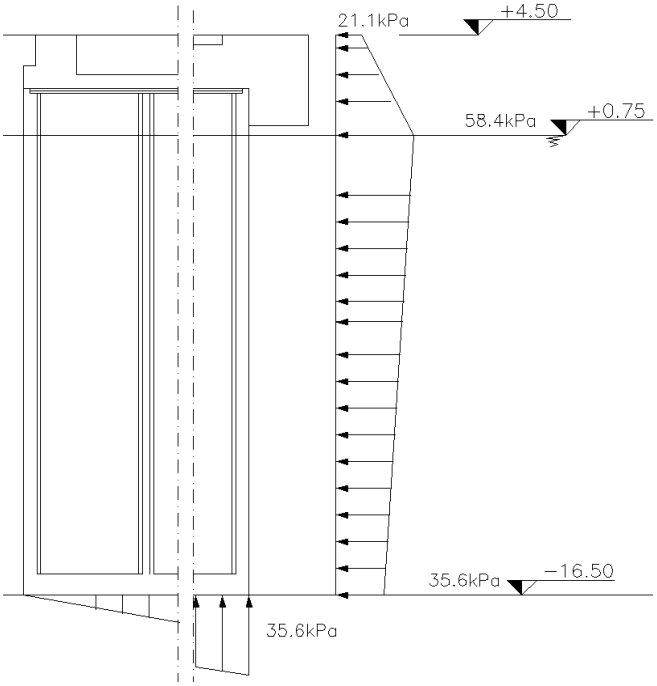


FIGURA 3-3- CASSONE CORRENTE - CRESTA D'ONDA (H=5.5M) – TR=50ANNI – CASSONE A Q.TA-16.50 – MAREA +0.75

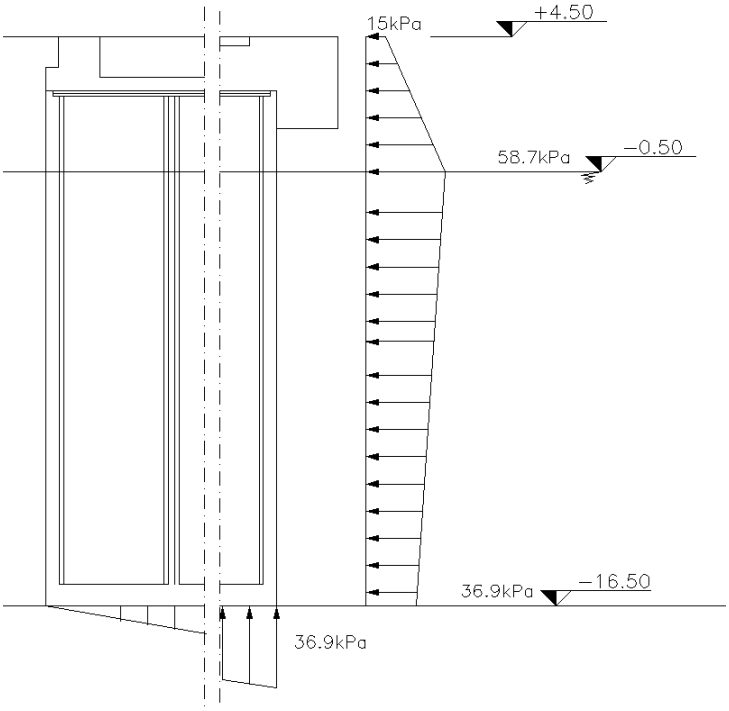


FIGURA 3-4- CASSONE CORRENTE - CRESTA D'ONDA (H=5.5M) – TR=50ANNI – CASSONE A Q.TA-16.50 – MAREA -0.50

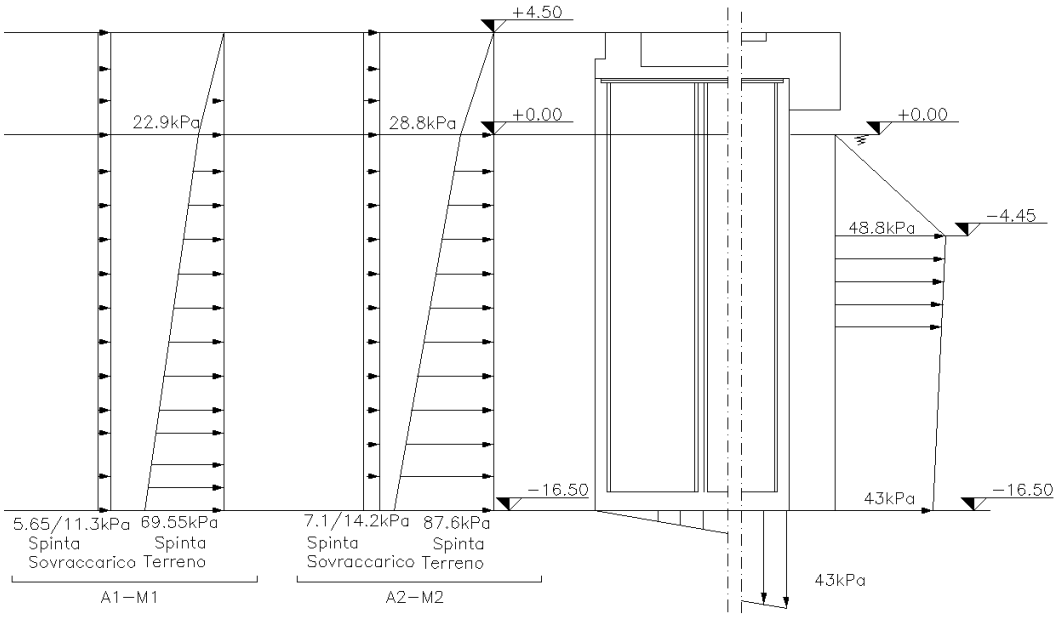


FIGURA 3-5- CASSONE CORRENTE - CAVO D'ONDA (H=6.5M) – TR=50ANNI – CASSONE A Q.TA-16.50 – MAREA+0.00

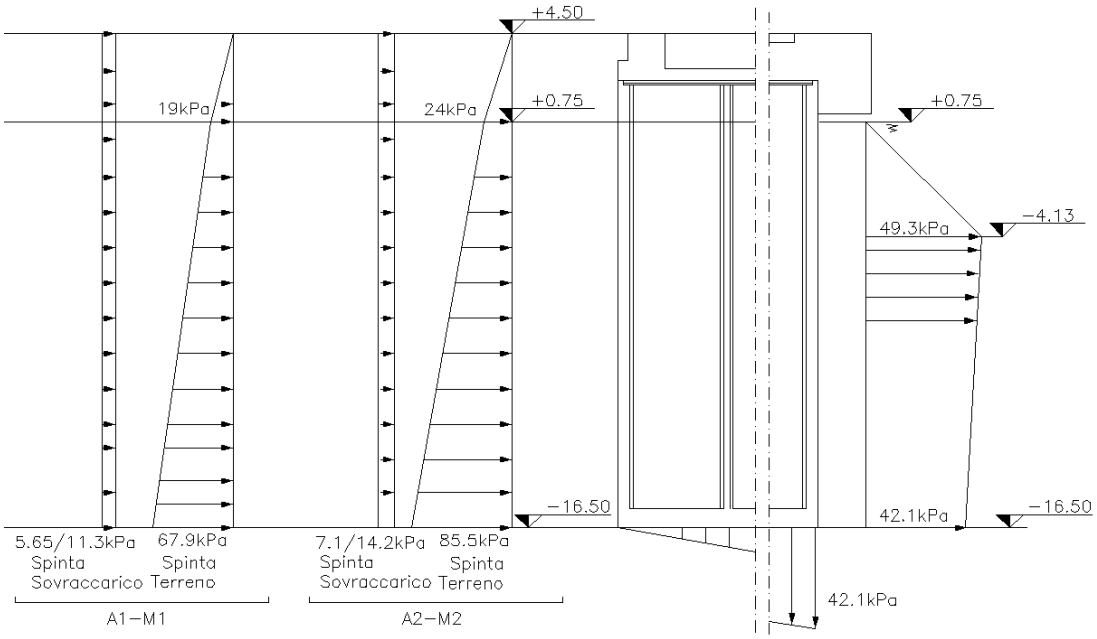


FIGURA 3-6- CASSONE CORRENTE - CAVO D'ONDA (H=6.5M) – TR=50ANNI – CASSONE A Q.TA-16.50 – MAREA+0.75

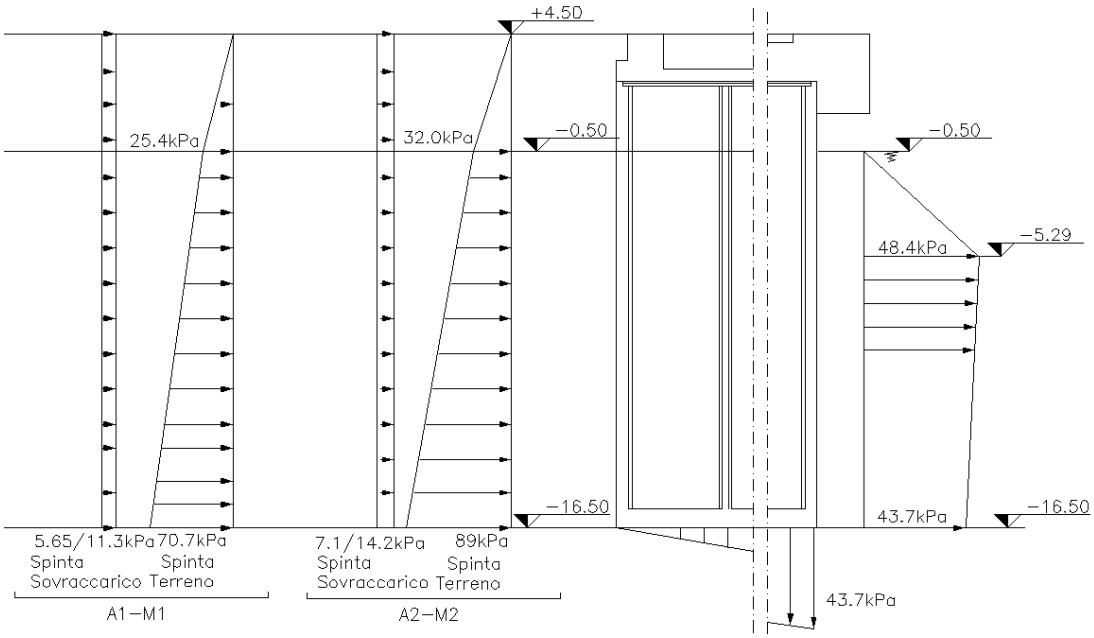


FIGURA 3-7- CASSONE CORRENTE - CAVO D'ONDA (H=6.5M) – TR=50ANNI – CASSONE A Q.TA-16.50 – MAREA-0.50

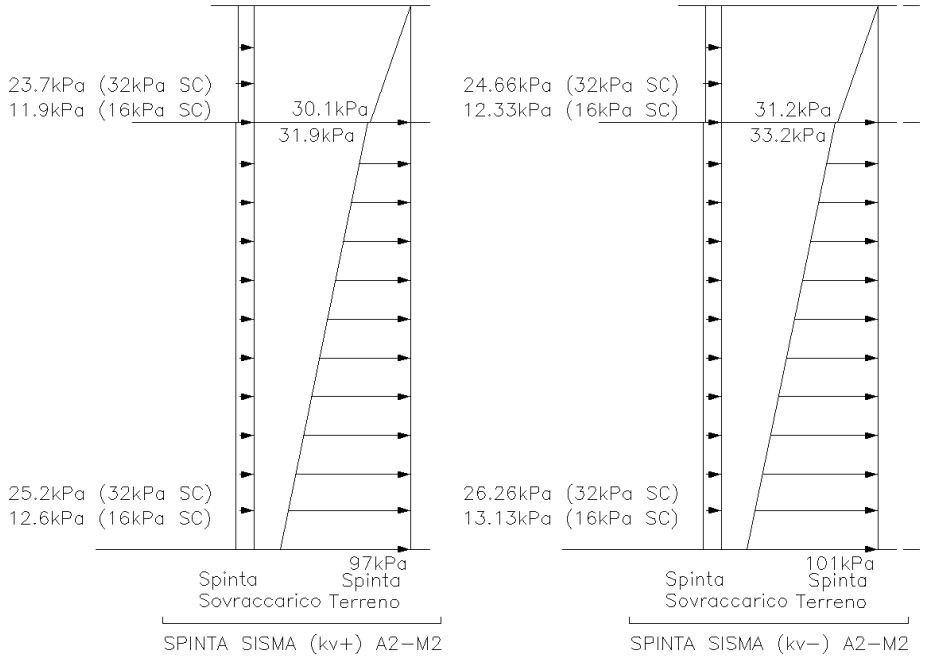


FIGURA 3-8- CASSONE CORRENTE – FASE SISMICA – MAREA-0.00

Di seguito si riportano le verifiche di stabilità utili per il dimensionamento delle strutture del cassone. Per le verifiche di stabilità globale si rimanda alle Relazioni geotecniche.

Di seguito si riportano le tabelle riepilogative della stabilità generale del cassone di banchina corrente.

Cassone di testata corrente onda T_r=50anni :

		Combinazione	FS	Fr
5	EQU	0.9P+1.1SpT+1.5xC+1.5x1.0xScSp+1.5x0.6TB	-	3.07
11	STR	1.0P+1.3SpT+1.5C+1.5x1.0xScSp+1.5x0.6TB	1.66	-

Verifiche stabilità generale fase d'esercizio – livello mare a q +0.00

		Combinazione	FS	Fr
5	EQU	0.9P+1.1SpT+1.5xC+1.5x1.0xScSp+1.5x0.6TB	-	3.17
11	STR	1.0P+1.3SpT+1.5C+1.5x1.0ScSp+1.5x0.6TB	1.69	-

Verifiche stabilità generale fase d'esercizio – livello mare a q -0.50(bassa marea)

		Combinazione	FS	Fr
5	EQU	0.9P+1.1SpT+1.5xC+1.5x1.0xScSp+1.5x0.6TB	-	2.92
11	STR	1.0P+1.3SpT+1.5C+1.5ScSp+1.5x0.6TB	1.61	-

Verifiche stabilità generale fase d'esercizio – livello mare a q+0.75(alta marea)

		Combinazione	FS	Fr
1	sisma vs mare	1.0P+1.0SpT+EQ(kv+)+0.8ScSp+0.6GruM	1.79	4.00
2	sisma vs mare	1.0P+1.0SpT+EQ(kv+)+0.8ScSp	1.78	4.34

Verifiche stabilità generale fase sismica – livello mare +0.00

Di seguito si riportano le tabelle riepilogative della stabilità generale del cassone di banchina corrente.

Nell'allegato 1 (1a – Marea +0.00(gru mare), 1b – Marea +0.00(gru terra), 1c – Marea -0.50(gru mare), 1d – Marea -0.50(gru terra), 1e – Marea +0.75(gru mare), 1f – Marea +0.75(gru terra)) si riportano le verifiche di stabilità per il cassone corrente.

Nell'allegato 2 (2a – Gru lato mare, 2b – Assenza Gru) si riportano le verifiche per la fase sismica

Cassone d'angolo lato banchina petroli (H1)

Il cassone d'angolo lato banchina petroli (H1) si considera assimilabile al cassone corrente essendo esposto a onde lato banchina petroli di bassa entità (H_s=1.65m).

Per i diagrammi di spinta delle onde si fa riferimento ai cassoni correnti.

Cassone d'angolo lato banchina container (A1)

Prima fase – onda con Tr=50anni – senza diga foranea

L'onda incidente è di H_s=5.4m con T_p=10.4s e proviene da 105°N al largo.

Per il cassone d'angolo A1 l'attacco d'onda viene da due lati del cassone; dal lato della banchina rinfuse con l'angolo d'incidenza rispetto all'allineamento della banchina di 60° e dal lato della banchina container con l'angolo d'incidenza rispetto all'allineamento della banchina di 30°.
La riduzione dell'altezza d'onda si esegue secondo la teoria del clapotis gaufrè.
La riduzione dell'altezza d'onda per l'angolo d'incidenza di 60°(lato rinfuse) è pari a 0.66 x 5.4 =3.6m mentre per l'onda con l'angolo d'incidenza di 30°(lato container) la riduzione è pari a 0.90x5.4=4.86=4.9m. Le altezze d'onda di calcolo considerate sono con $T_s=T_p/1.1$ = 9.45s.
Onde di calcolo considerate per il lato Rinfuse:
Cresta d'onda: $H_{calcolo}=1.4 \times H_s = 1.4 \times 3.6 = 5.04m=5m$
Cavo d'onda: $H_{calcolo}=1.67 \times H_s = 1.67 \times 3.6 = 6.01m=6m$

Onde di calcolo considerate per il lato Container:
Cresta d'onda: $H_{calcolo}=1.4 \times H_s = 1.4 \times 4.9 = 6.86m=6.9m$
Cavo d'onda: $H_{calcolo}=1.67 \times H_s = 1.67 \times 4.9 = 8.18m=8.2m$

Fase definitiva – onda con Tr=250anni – con diga foranea
Per il cassone A1 per la fase finale, con diga foranea, si è considerato un angolo d'incidenza rispetto all'allineamento della banchina di 46° per il calcolo dell'altezza d'onda secondo la teoria del clapotis gaufrè.
La riduzione dell'altezza d'onda è pari a 0.782, per cui si è considerata un'altezza d'onda di 3.91m (0.782 x 5.0 = 3.91m) per il cassone d'angolo.
Le altezze d'onda di calcolo considerate sono con $T_s=T_p/1.1$ = 8.91s

Onde di calcolo considerate lato container/lato rinfuse
Cresta d'onda: $H_{calcolo}=1.4 \times H_s = 1.4 \times 3.91 = 5.47m$
Cavo d'onda: $H_{calcolo}=1.67 \times H_s = 1.67 \times 3.91 = 6.53m$

Come si può vedere la situazione più gravosa per il cassone lato Rinfuse si ha per la situazione definitiva mentre per il lato banchina Container l'azione dell'onda per la fase transitoria è più gravosa.

Si esegue la verifica per entrambe le situazioni per il cassone d'angolo A1

Nelle figure sottostanti si riportano sia la sezione tipo della banchina, sia i diagrammi di spinta considerati per le verifiche di stabilità.

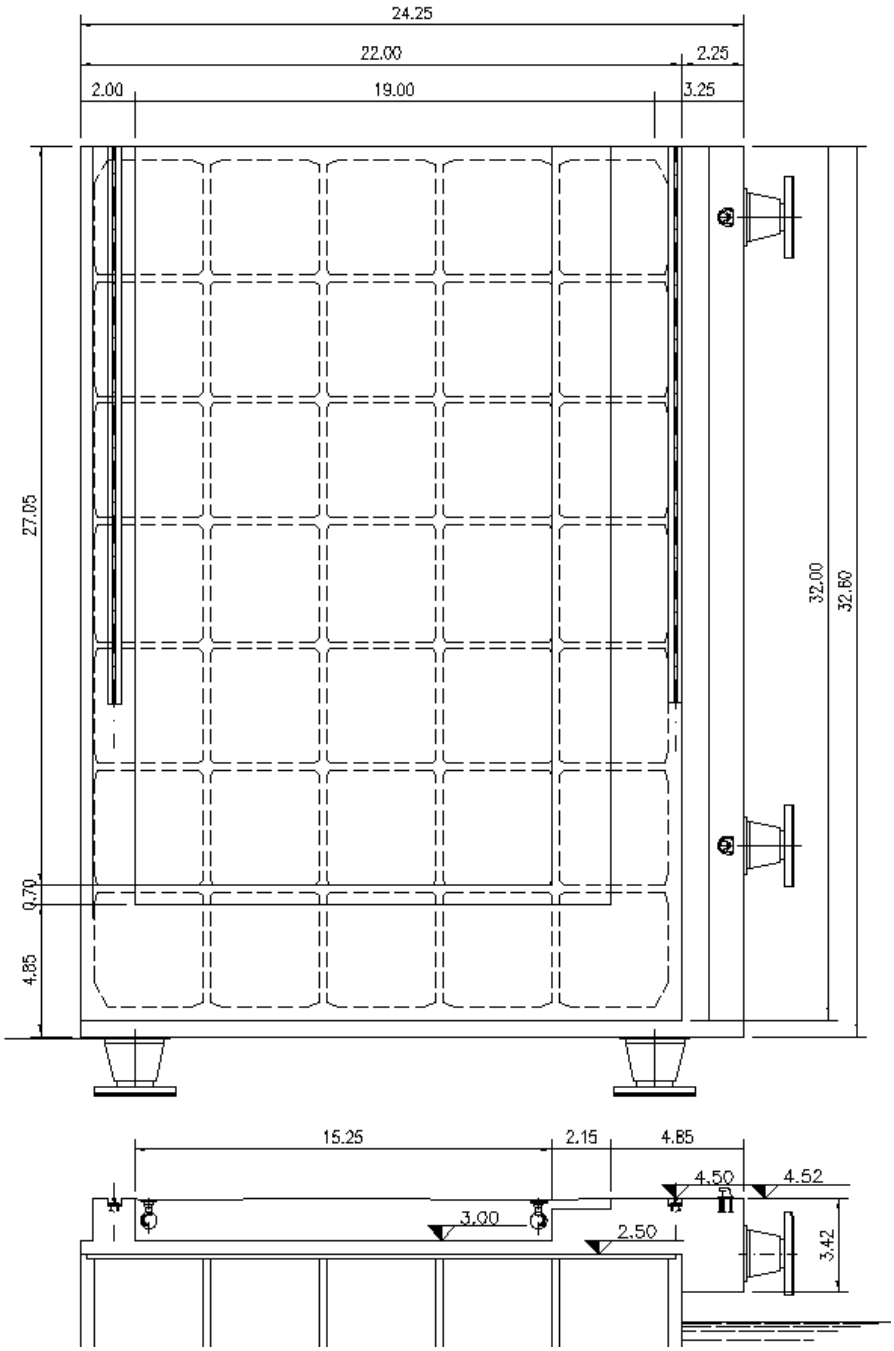


FIGURA 3-9-CASSONE D'ANGOLO (A1) - PLANIMETRIA E SEZIONE SOVRASTRUTTURA

Di seguito si riportano i diagrammi di spinta delle onde considerati per il cassone d'angolo.

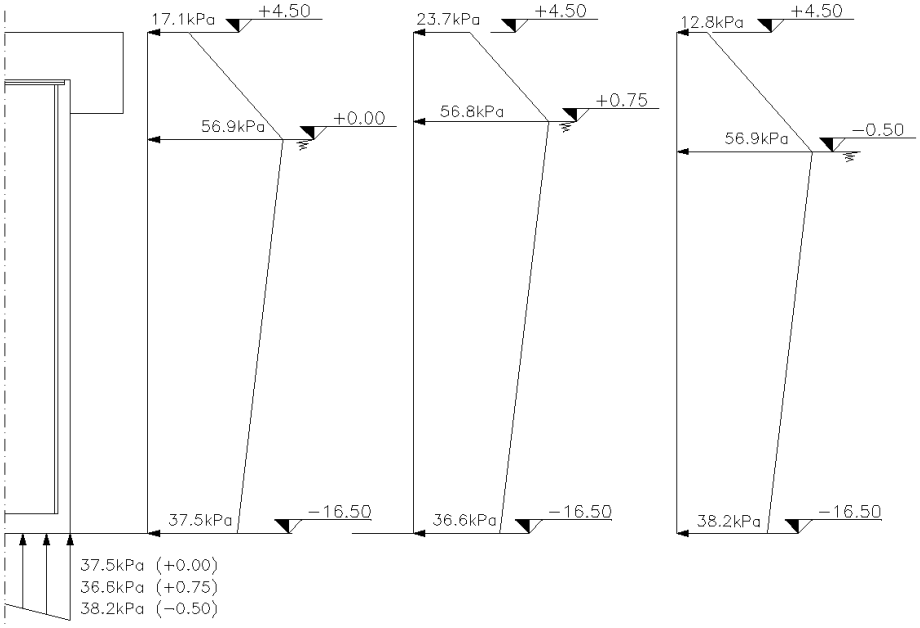


FIGURA 3-10- CASSONE D'ANGOLO (A1) – LATO RINFUSE/CONTAINER - CRESTA D'ONDA (H=5.48M) – TR=250ANNI

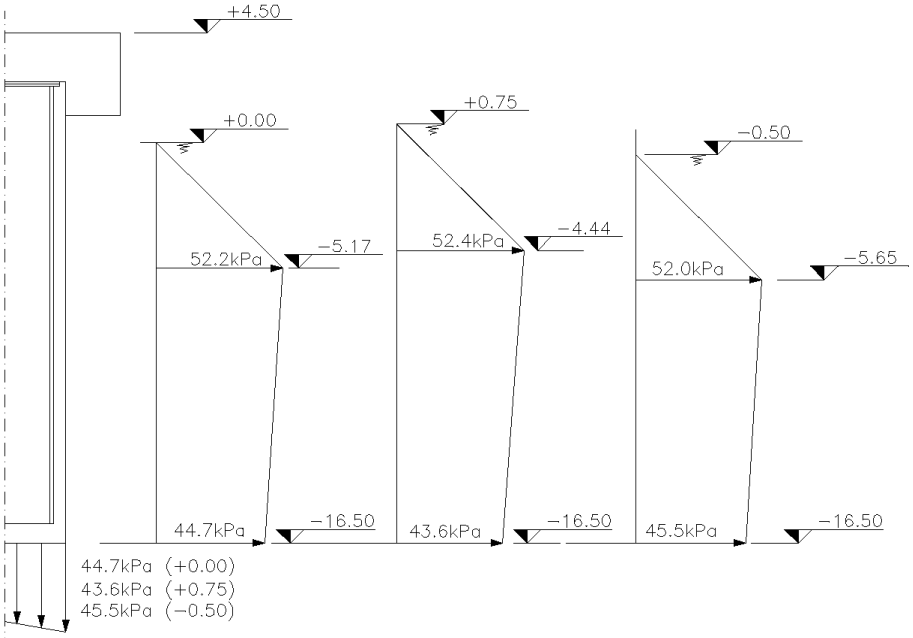


FIGURA 3-11- CASSONE D'ANGOLO (A1) – LATO RINFUSE/CONTAINER - CAVO D'ONDA (H=6.53M) – TR=250ANNI – MAREA +0.00

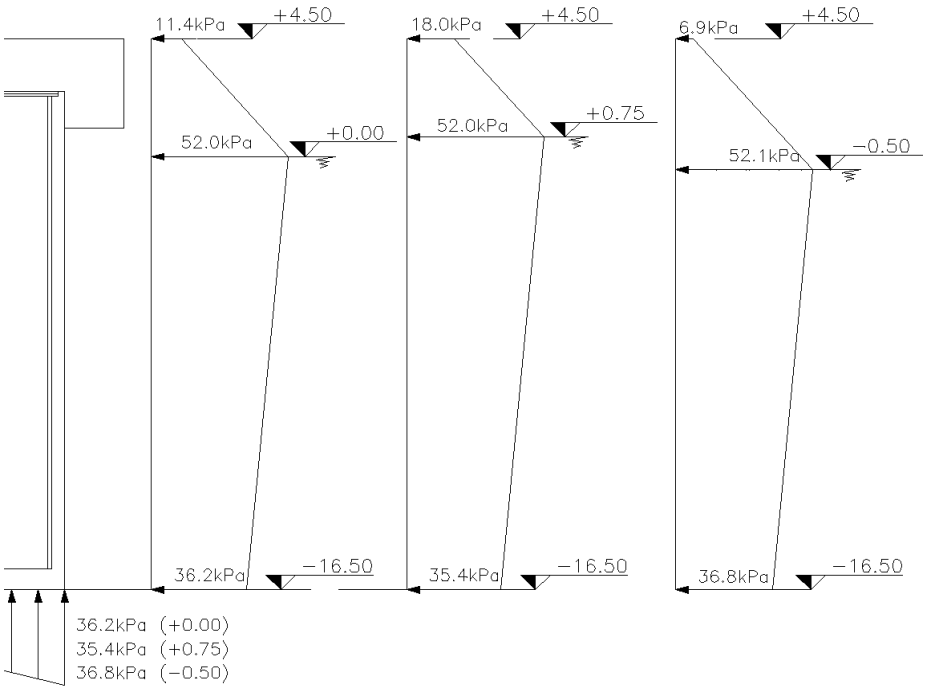


FIGURA 3-12- CASSONE D'ANGOLO (A1) – LATO RINFUSE – CRESTA D'ONDA (H=5.00M) – TR=50ANNI

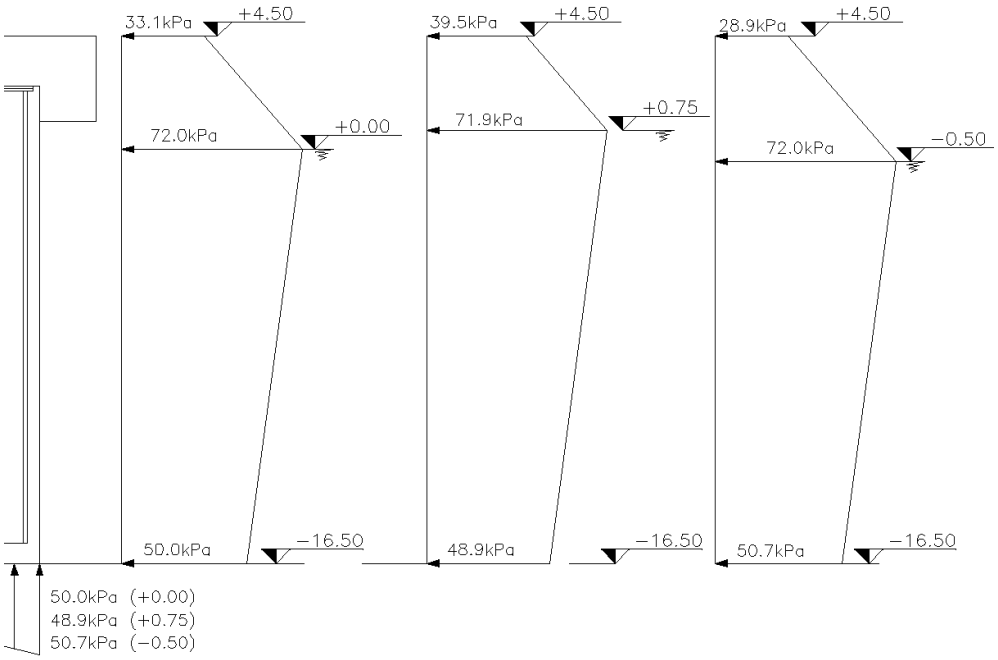


FIGURA 3-13- CASSONE D'ANGOLO (A1) – LATO CONTAINER - CRESTA D'ONDA (H=6.90M) – TR=50ANNI

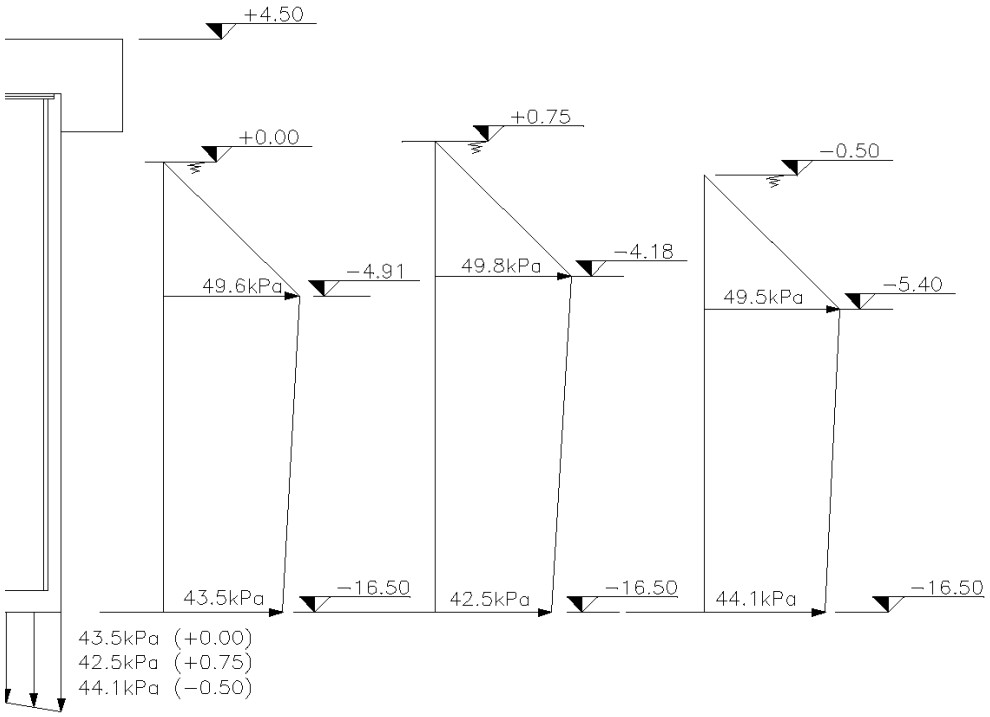


FIGURA 3-14- CASSONE D'ANGOLO (A1) – LATO RINFUSE – CAVO D'ONDA (H=6.00M) – TR=50ANNI

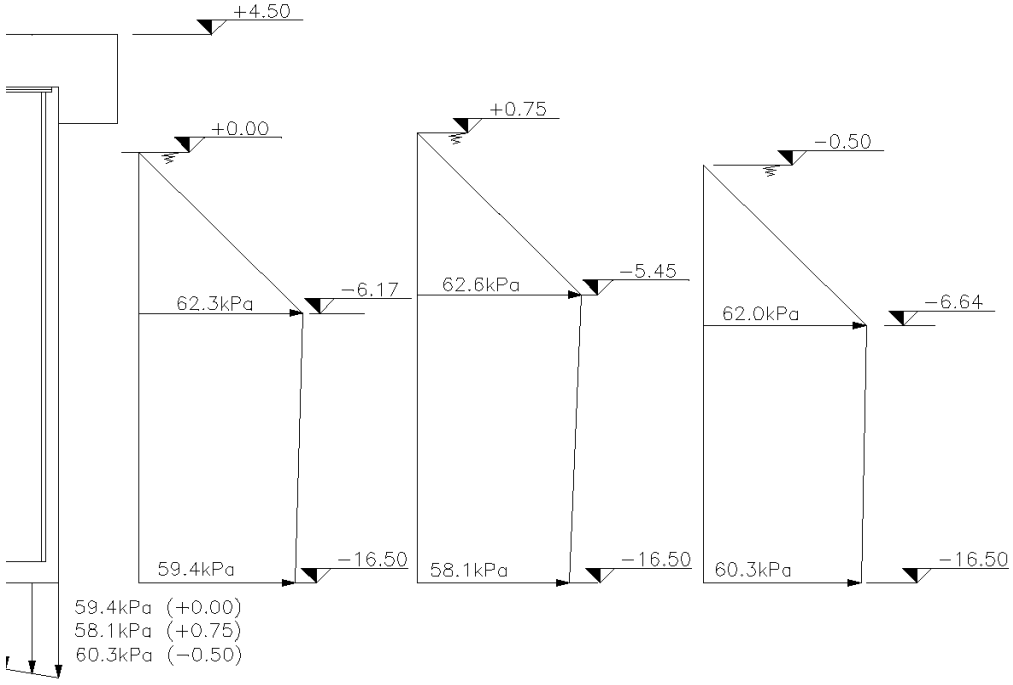


FIGURA 3-15- CASSONE D'ANGOLO (A1) – LATO CONTAINER - CAVO D'ONDA (H=8.20M) – TR=50ANNI

Di seguito si riportano le tabelle riepilogative della stabilità generale del cassone di banchina.

Cassone A1 – Onde Tr=50anni (senza diga):

		Combinazione	FS	Fr
1	EQU	0.9P+1.5xCr(lato rinfuse)		2.89
2	EQU	0.9P+1.5xCr(lato container)		2.92
3	STR	1.0P+1.5Cr(obliquo)	1.54	

Verifiche stabilità generale fase d'esercizio – livello mare a q +0.00

		Combinazione	FS	Fr
1	EQU	0.9P+1.5xCr(lato rinfuse)		2.98
2	EQU	0.9P+1.5xCr(lato container)		2.98
3	STR	1.0P+1.5Cr(obliquo)	1.58	

Verifiche stabilità generale fase d'esercizio – livello mare a q -0.50(bassa marea)

		Combinazione	FS	Fr
1	EQU	0.9P+1.5xCr(lato rinfuse)		2.76
2	EQU	0.9P+1.5xCr(lato container)		2.85
3	STR	1.0P+1.5Cr(obliquo)	1.48	

Verifiche stabilità generale fase d'esercizio – livello mare a q+0.75(alta marea)

Cassone A1 – Onde Tr=250anni (con diga):

		Combinazione	FS	Fr
1	EQU	0.9P+1.5xCr(lato rinfuse)	-	2.68
2	EQU	0.9P+1.5xCr(lato container)	-	3.89
3	STR	1.0P+1.5Cr(obliquo)	1.70	-

Verifiche stabilità generale fase d'esercizio – livello mare a q +0.00

		Combinazione	FS	Fr
1	EQU	0.9P+1.5xCr(lato rinfuse)	-	2.76
2	EQU	0.9P+1.5xCr(lato container)	-	3.96
3	STR	1.0P+1.5Cr(obliquo)	1.75	-

Verifiche stabilità generale fase d'esercizio – livello mare a q -0.50(bassa marea)

		Combinazione	FS	Fr
1	EQU	0.9P+1.5xCr(lato rinfuse)	-	2.58
2	EQU	0.9P+1.5xCr(lato container)	-	3.78
3	STR	1.0P+1.5Cr(obliquo)	1.63	-

Verifiche stabilità generale fase d'esercizio – livello mare a q+0.75(alta marea)

Cassone A1 – Sisma

			Combinazione	FS	Fr
1	Sisma	sisma vs mare	1.0P+EQ(kv+)	6.18	11.7

Verifiche stabilità generale fase sismica – livello mare +0.00

Dove:

P - peso proprio (azione permanente)
PB - reazione parabordo (azione variabile)
TB - tiro bitta (azione variabile)
SG - sovraccarico gravante (azione variabile)
C - cavo d'onda (azione variabile)
Cr - cresta d'onda (azione variabile)
GruT - gru terra con scarrocciamento vs terra
GruM - gru mare con scarrocciamento vs mare

Negli allegati 3(Tr=50anni), (3a-marea+0.00,3b-marea-0.50,3c-marea+0.75), 4(Tr=250anni), (4a-marea+0.00,4b-marea-0.50,4c-marea+0.75) e 5 (sisma) si riportano le verifiche di stabilità per il cassone A1.

3.4 Verifiche delle strutture in cemento armato del cassone

3.4.1 Materiali

Per tutte le opere a progetto saranno utilizzati i seguenti materiali:

- calcestruzzo classe C35/45confezionato con cemento pozzolanico o d'altoforno;
- classe d'esposizione parte immersa: XS2
- classe d'esposizione parte emersa: XS3
- armatura metallica in barre nervate ad aderenza migliorata tipo B450C (FeB44K).

Le resistenze caratteristiche dei materiali sono le seguenti:

- Resistenza caratteristica a compressione del calcestruzzo:
  f_{ck} = 35 N/mm^2
- Resistenza caratteristica a trazione semplice del calcestruzzo:
  f_{ctk} = 2.2 N/mm^2
- Resistenza caratteristica di snervamento dell'acciaio:
  f_{yk} = 450 N/mm^2

In conformità con quanto previsto dalla vigente normativa, nel calcolo si sono assunti i seguenti coefficienti riduttori delle resistenze caratteristiche dei materiali:

- Coefficiente di sicurezza del calcestruzzo nei calcoli allo s.l.u.: γ_c= 1.50

- Coefficiente di sicurezza dell'acciaio nei calcoli allo s.l.u.: γ_s= 1.15

3.4.2 Copriferro

Avendo l'opera una vita nominale di 50 anni ed essendo in ambiente molto aggressivo, utilizzando una classe di calcestruzzo C35/45 e barre poco sensibili alla corrosione, la normativa vigente prescrive un copriferro minimo di 40mm per elementi a piastra e 45mm per gli altri elementi.
A tale valore va aggiunta una tolleranza di posa. Pertanto per le sezioni resistenti si è previsto un copriferro di 50 mm per il cassone e 20 mm per le solette di copertura (opere provvisionali).

3.4.3 Fessurazioni e tensioni agli SLE

Limite di fessurazione per combinazioni frequenti	:	$\leq$ 0.2mm
Massima compressione nel calcestruzzo combinazioni rare	:	$0.6f_{ck}$=21MPa
Massima tensione nel calcestruzzo combinazioni rare	:	$0.8f_{yk}$=360MPa

3.5 Solettone di base

Si procede al calcolo della soletta di fondazione utilizzando un modello a piastra appoggiata sui setti verticali e caricata dal basso dalle pressioni agenti sul terreno e dalle pressioni idrostatiche e dall'alto dalle pressioni direttamente applicate all'estradosso (azioni dovute al riempimento all'interno delle celle).
Il modello è stato implementato con il codice di calcolo SAP 2000.
Nella figura seguente è rappresentato lo schema statico del solettone del cassone corrente.

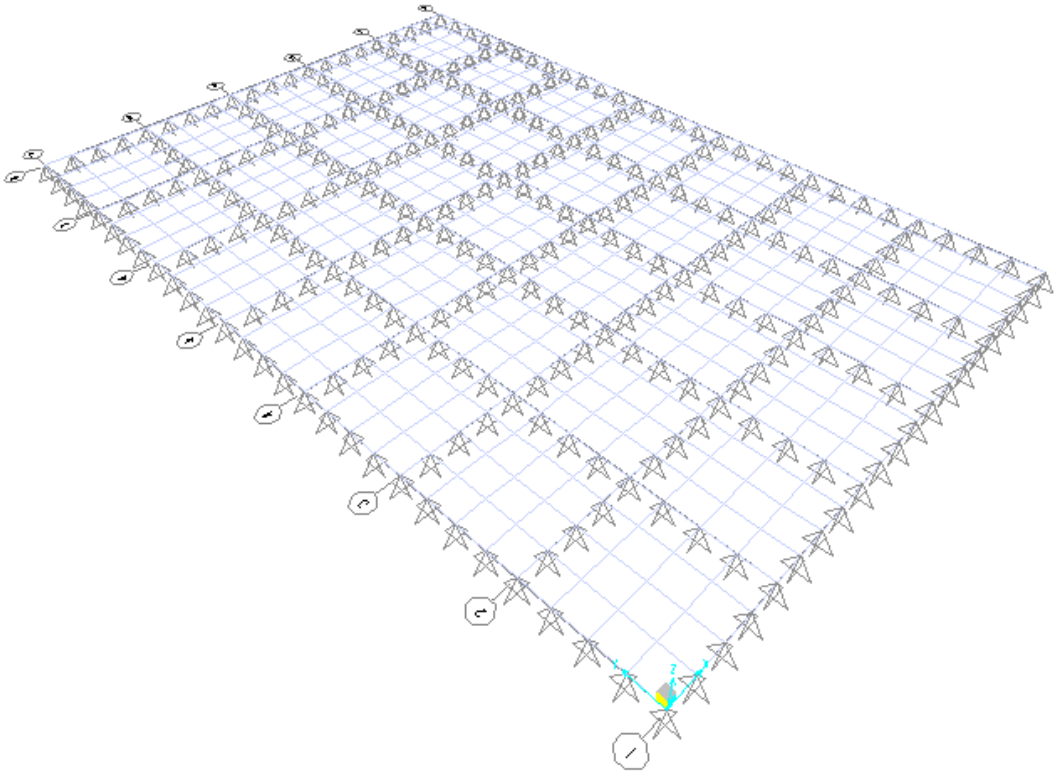


FIGURA 3-16 - SCHEMA STATICO SOLETTONE – CASSONE CORRENTE

3.5.1 Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU) – Cassone corrente

Si riporta di seguito uno schema identificativo del solettone del cassone corrente:

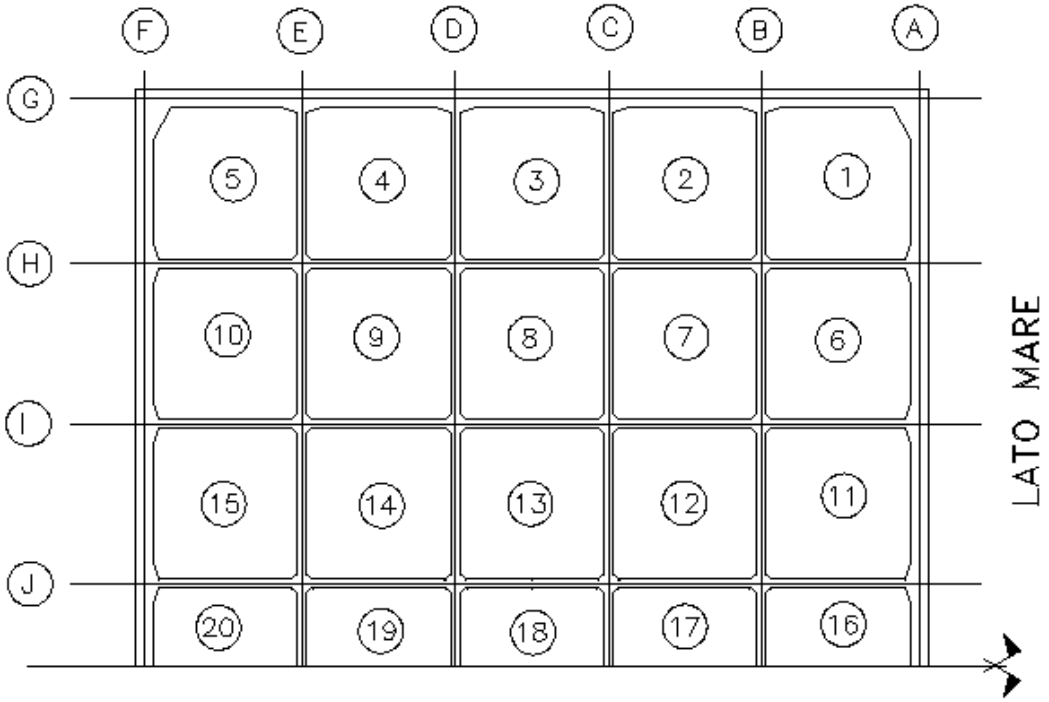


FIGURA 3-17- CASSONE CORRENTE – SCHEMA IDENTIFICATIVO

Le combinazioni più sfavorevoli per quanto riguarda gli stati limite ultimi sono elencate nella seguente tabella tratte da quelli elencati nell'allegato 1.

	Comb	***Verifiche solettone SLU***	P_{mare} *[kPa]*	P_{terra} *[kPa]*
		Marea+0.75 con acqua celle +2.30		
1	9	1.0P+1.3SpT+1.5TB+1.5ScSp+0.9C	559	30
2	11	1.0P+1.3SpT+1.5C+1.5ScSp+0.9TB	618	0
3	15	1.0P+1.0SpT+1.5Cr+1.05GruTerra	53	503
4	18	1.3P+1.0SpT+1.5Cr+1.5SG+1.05GruT	213	622
		Marea-0.50- con acqua celle +0.00		
5	12	1.3P+1.3SpT+1.5C+1.5SG+1.5ScSp+0.9TB+1.05GruM	931	75
6	18	1.3P+1.0SpT+1.5Cr+1.5SG+1.05GruM	433	450

Dove:

P - peso proprio (azione permanente)
SpT - terreno rinfianco (azione permanente)
TB - tiro bitta (azione variabile)
SG - sovraccarico gravante (azione variabile)
ScSp - sovraccarico spingente (azione variabile)
C - cavo d'onda (azione variabile)
Cr - cresta d'onda (azione variabile)
GruT - gru via di corsa lato terra
GruM - gru via di corsa lato mare

Di seguito si riportano gli inviluppi delle sollecitazioni massime e minime in senso longitudinale e trasversale.
Si fa presente che i momenti positivi determinano trazione a lembo inferiore e che i momenti negativi determinano trazione a lembo superiore.
Per senso trasversale si intende il lato 22m del cassone mentre per senso longitudinale si intende il lato 32m del cassone.

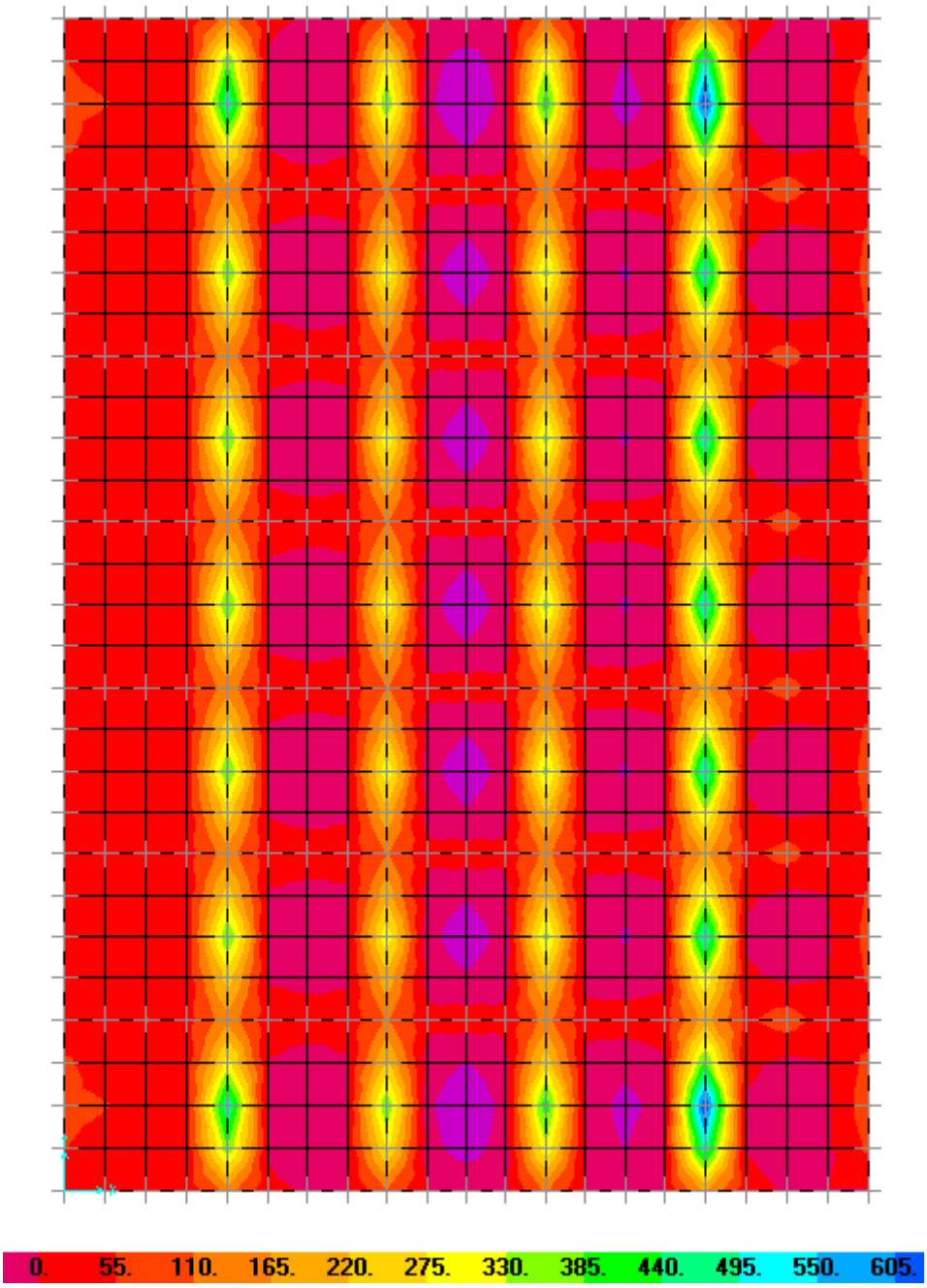


FIGURA 3-18- CASSONE CORRENTE - INVILUPPO SLU – MMAX TRASVERSALE [KNM/M]

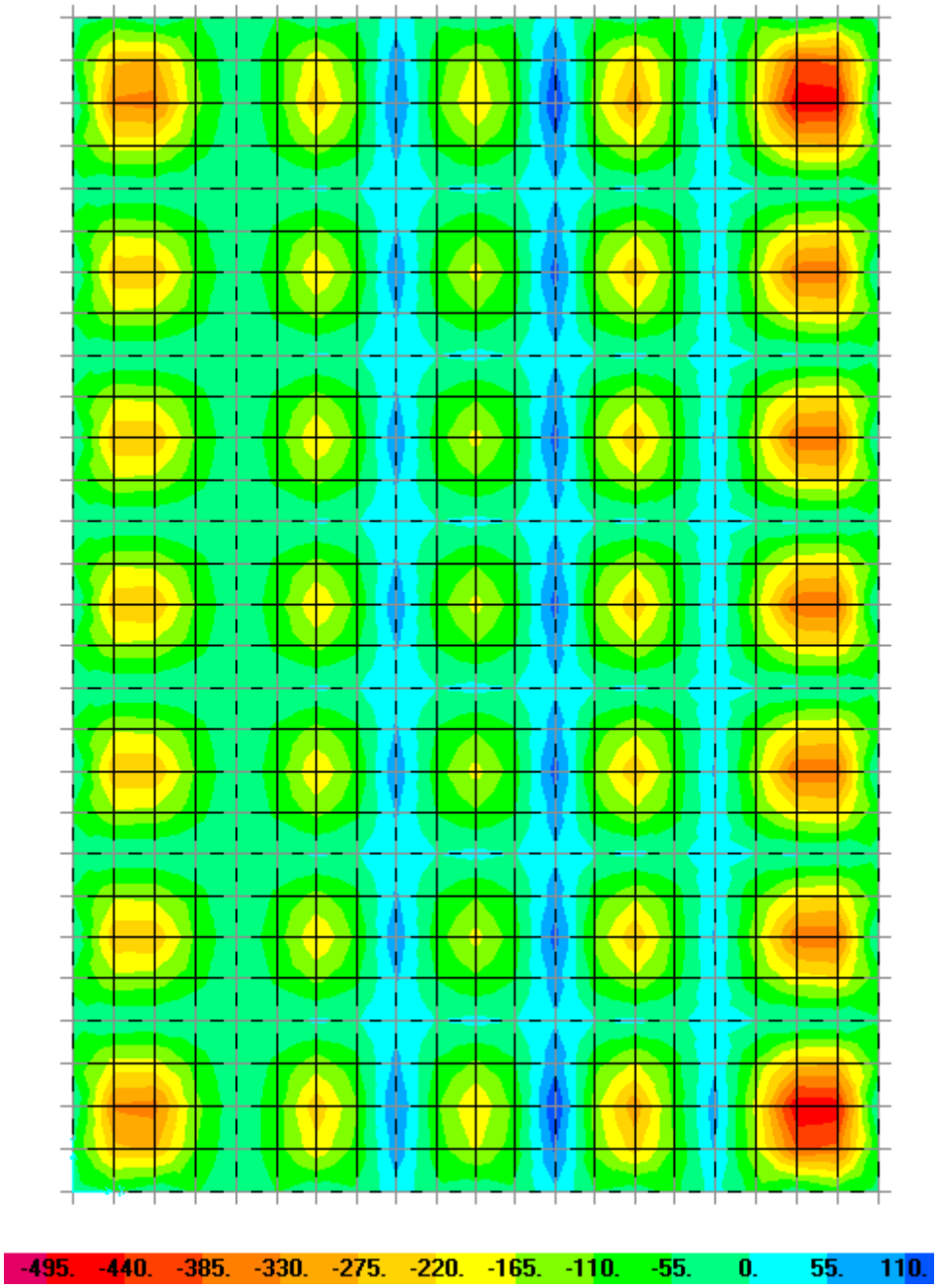


FIGURA 3-19-CASSONE CORRENTE - INVILUPPO SLU – MMIN TRASVERSALE [KNM/M]

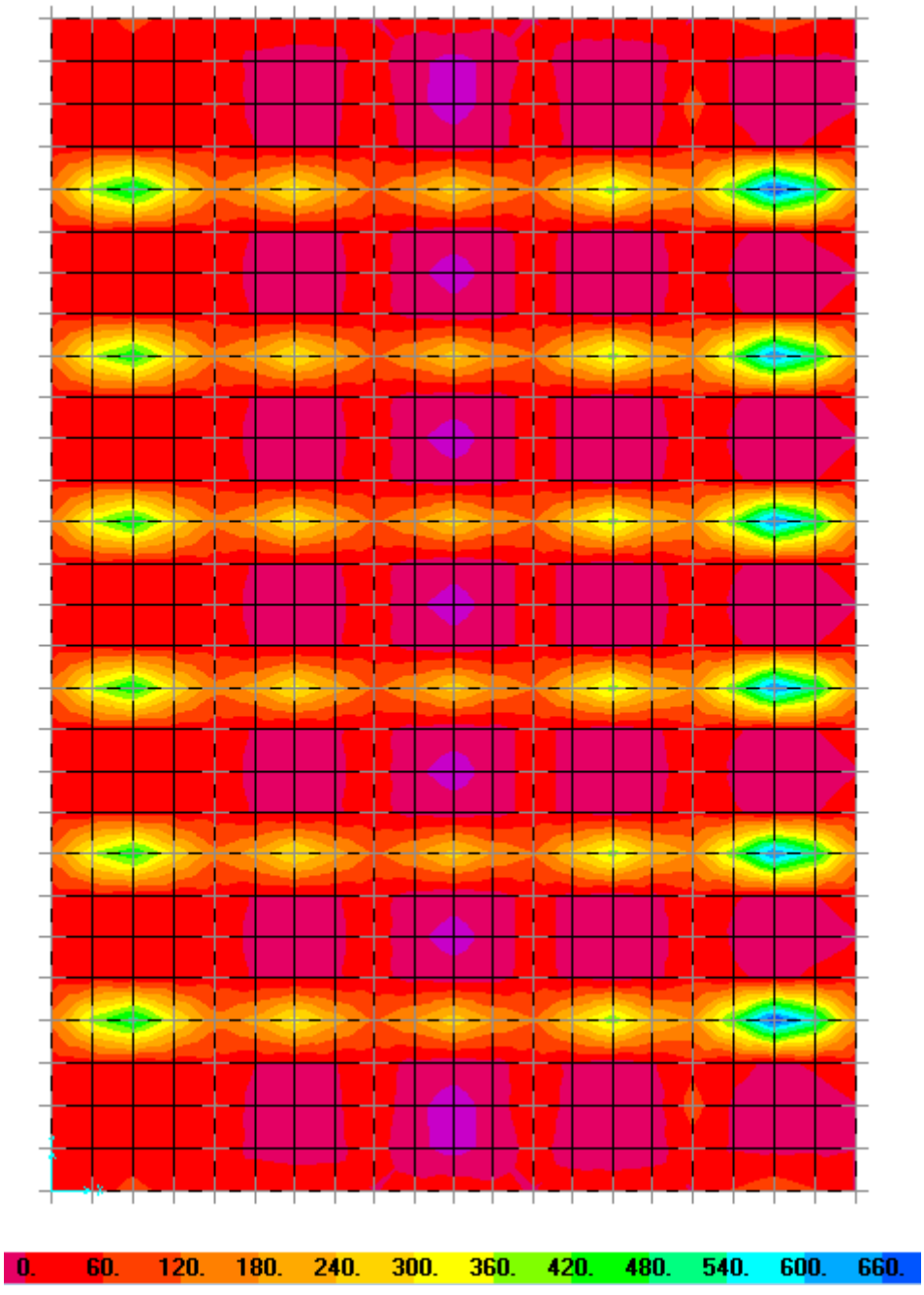


FIGURA 3-20- CASSONE CORRENTE - INVILUPPO SLU – MMAX LONGITUDINALE [KNM/M]

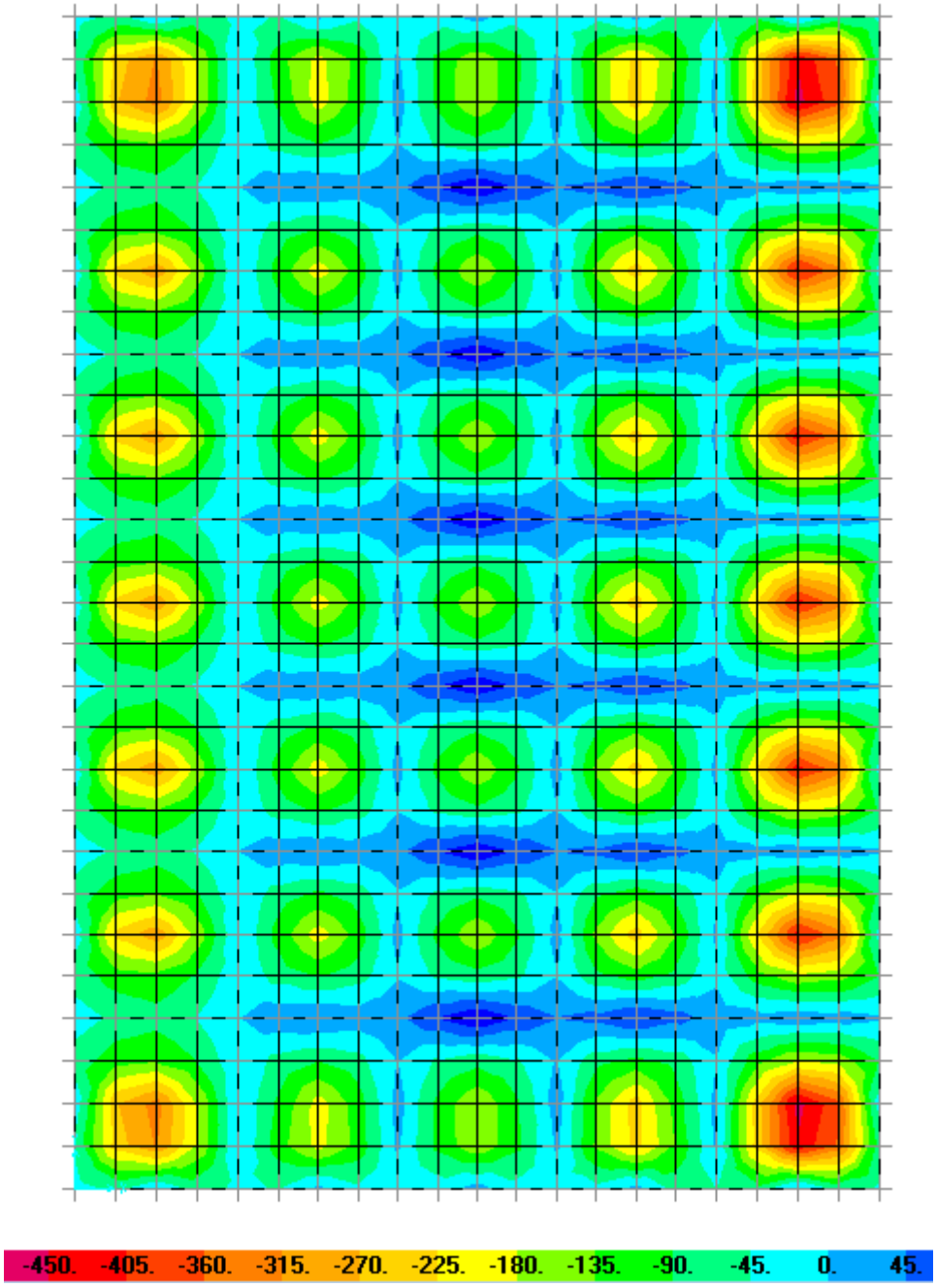


FIGURA 3-21-CASSONE CORRENTE - INVILUPPO SLU – MMIN LONGITUDINALE [KNM/M]

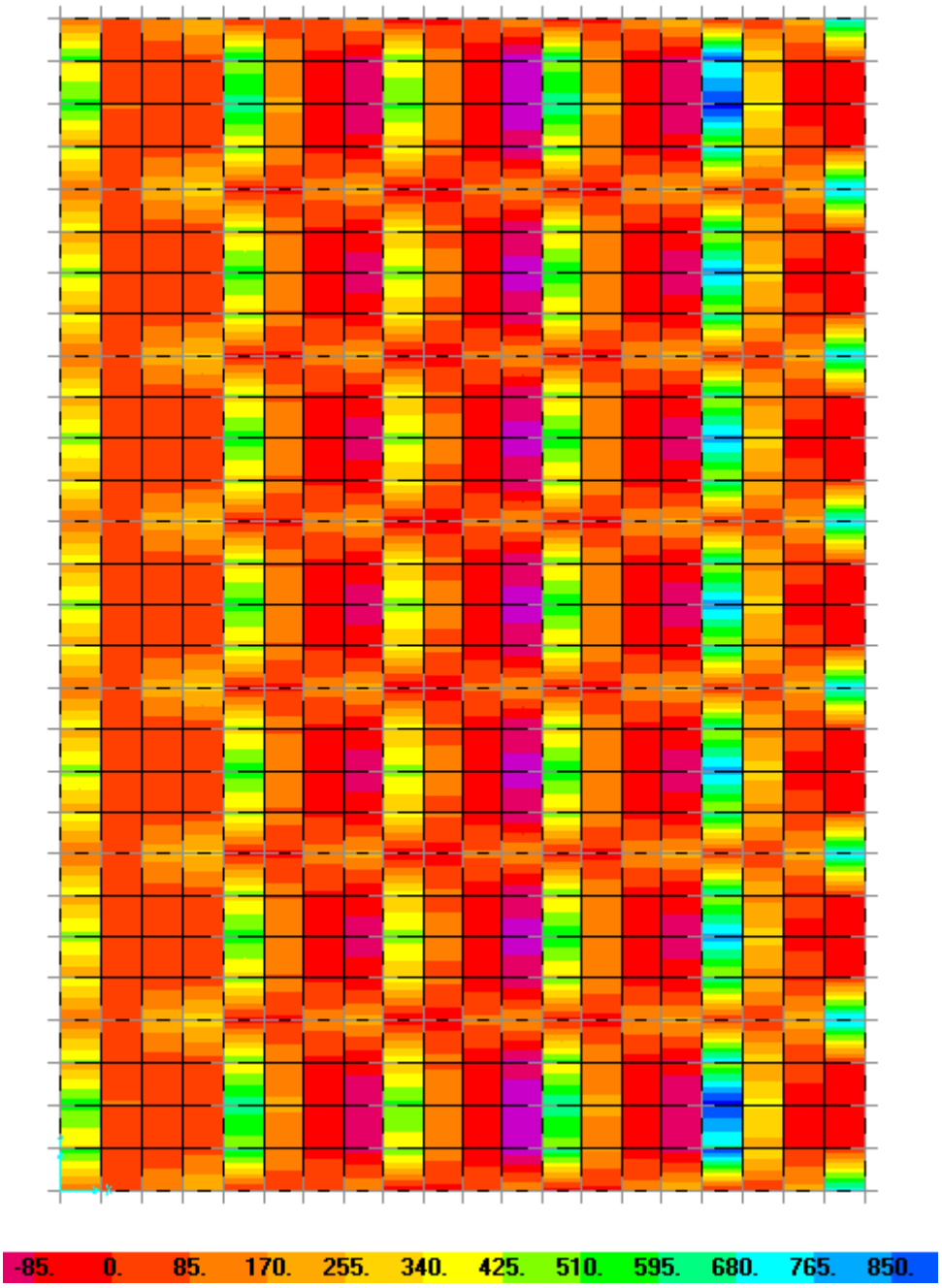


FIGURA 3-22-CASSONE CORRENTE - SLU – V13MAX TRASVERSALE [KN/M]

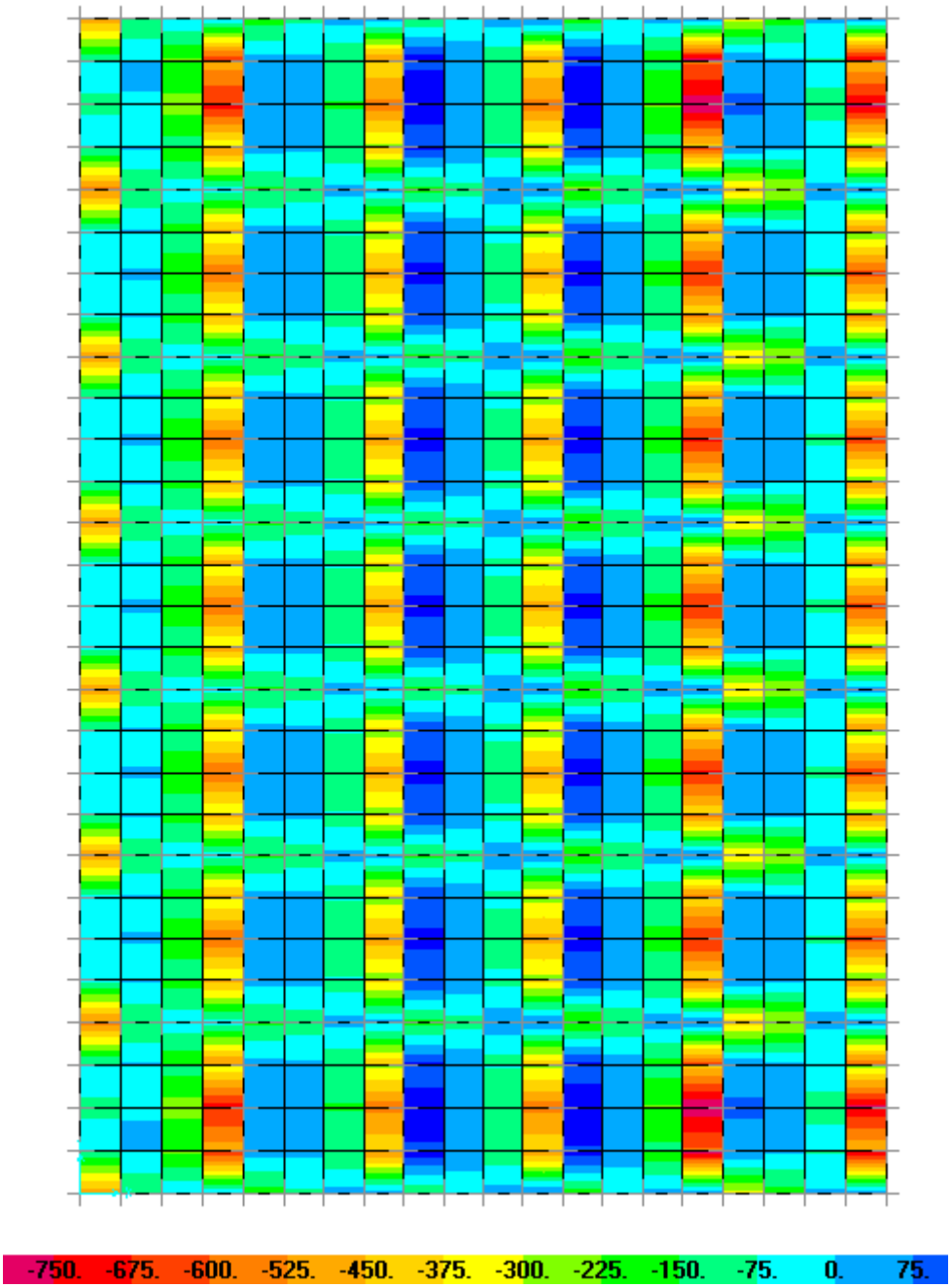


FIGURA 3-23-CASSONE CORRENTE - SLU – V13MIN TRASVERSALE [KN/M]

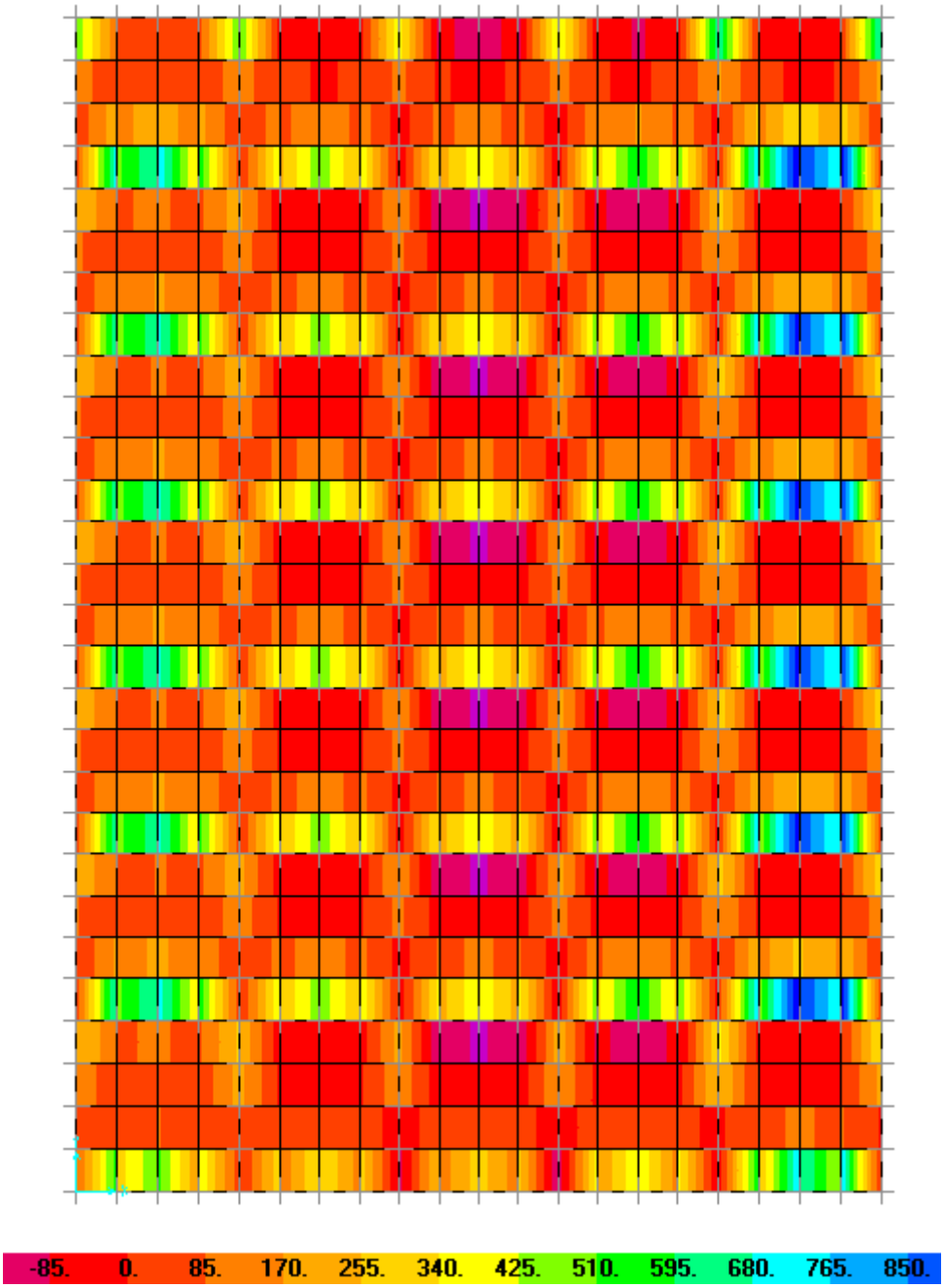


FIGURA 3-24-CASSONE CORRENTE - SLU – V23MAX LONGITUDINALE [KN/M]

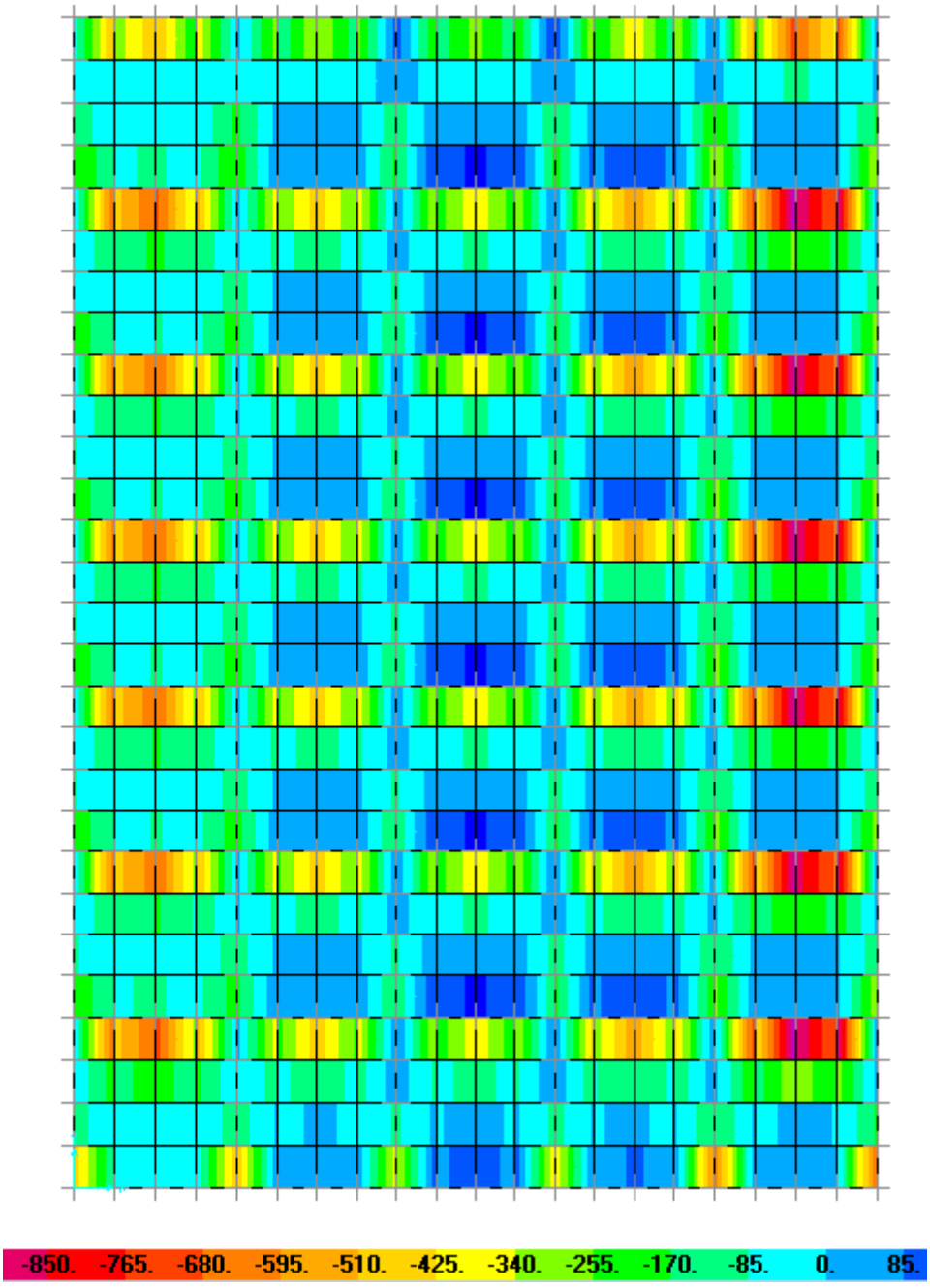


FIGURA 3-25-CASSONE CORRENTE- SLU – V23MIN LONGITUDINALE [KN/M]

Di seguito si verifica l'orditura di flessione del solettone per lo stato limite ultimo (SLU) per la fase d'esercizio.

Sezione	Sollecitazioni		Sezione		Armatura				Coprif. netto		M Resist.	FS
	M_{sd} [kNm]		b	H	Inferiore		Superiore		Inf	Sup		
			[m]	[m]	Tipo1	Tipo2	Tipo1	Tipo2	[cm]	[cm]	M_{rd}	M_{rd}/M_{sd}
Trasversale Bordo lato mare – parete A	M+	+75	1.0	0.8	5Ø20		5Ø20		5	5	+450	6.00
Trasversale Bordo Cella 1 – setto B	M+	+550	1.0	0.8	5Ø20	1.25Ø20	5Ø20	1.25Ø14	5	5	+555	1.01
	M-	-480									-502	1.05
Trasversale Bordo Celle 2-3-4- setti C-D	M+	+360	1.0	0.8	5Ø20		5Ø18		5	5	+449	1.25
	M-	-310									-370	1.19
Trasversale Bordo Cella 5 - setto E	M+	+405	1.0	0.8	5Ø20	1.25Ø20	5Ø20		5	5	+555	1.37
	M-	-325									-450	1.38
Trasversale Bordo lato piattaforma – parete F	M+	+60	1.0	0.8	5Ø20		5Ø20		5	5	+450	7.50
Trasversale Lato mare – parete A	M+	+60	1.0	0.8	5Ø20		5Ø20		5	5	+449	7.48
Trasversale Celle 6-11-16 – setto B	M+	+410	1.0	0.8	5Ø20		5Ø20		5	5	+449	1.10
	M-	-350									-449	1.28
Trasversale - Celle 7-8-9/12-13-14/17-18-19 – setti C-D	M+	+320	1.0	0.8	5Ø18		5Ø16		5	5	+368	1.15
	M-	-250									-297	1.19
Trasversale Celle 10-15-20 - setto E	M+	+310	1.0	0.8	5Ø18		5Ø16		5	5	+368	1.19
	M-	-260									-297	1.14
Trasversale lato piattaforma – parete F	M+	+50	1.0	0.8	5Ø18		5Ø16		5	5	+368	7.36
Longitudinali Cella 1-6-11-16– setti H-I-J	M+	+640	1.0	0.8	5Ø20	2.5Ø22	5Ø20	1.25Ø20	7.0	7.0	+689	1.08
	M-	-450									-548	1.22
Longitudinali Celle 2-7-12-17/setti H-I-J	M+	+340			5Ø20		5Ø18		7.0	6.6	+443	1.30
	M-	-240									-372	1.55

Long. Celle 3-8-13-18/4-9-14-19– setti H-I-J	M+	+270	1.0	0.8	5Ø20		5Ø16		7.0	6.6	+442	1.64
	M-	-180									-305	1.69
Longitudinali Celle 5-10-15-20 setti H-I-J	M+	+440	1.0	0.8	5Ø20	2.5Ø20	5Ø20		7.0	7.0	+647	1.47
	M-	-315									-448	1.42
NB: I momenti positivi tendono le fibre inferiori, i momenti negativi tendono le fibre superiori.												

TABELLA 3-1- CASSONE CORRENTE - VERIFICHE CEMENTO ARMATO AGLI SLU

Verifiche a taglio

Come si evince dalla tabella sottostante, la resistenza della sezione non armata a taglio è pari a 282 kN/m.

	Nsd	H	d1	A1	d2	A2	T	Crdc	k	fi1	fck	fcd	σ_c	k1	vmin	Vrd,c	Vrd,cmin	**VRD**
	[KN]	[mm]	[mm]	[mmq]	[mm]	[mmq]	(kN/m)									(kN)	(kN)	**(kN)**
Solettone	0	800	721	1570	0	0	0	0,12	1,53	0,0022	35	19,8	0	0,15	0,39	260	282	**282**

Si dispone di orditura a taglio piegata nelle seguenti sezioni:

Taglio in senso trasversale pareti A

- lato mare:

  V_{Sd} = 640kN/m;

Si dispongono ferri a taglio piegati a 45° **ϕ18/200** n°2 a distanza 500mm

V_{rd} = 254*5*391*2*sen(45°)/1000

V_{rd} = 496.57kN*2*sen(45°) = 496.57*2*0.707=702kN/m

Taglio in senso trasversale pareti F

- lato terra:

  V_{Sd} = 450kN/m;

Si dispongono ferri a taglio piegati a 45° **ϕ18/200** n°2 a distanza 500mm

V_{rd} = 254*5*391*2*sen(45°)/1000

V_{rd} = 496.57kN*2*sen(45°) = 496.57*2*0.707=702kN/m

Taglio in senso trasversale setti B-E celle 1-2/4-5

- setto B celle 1-2:

  V_{Sd} = 800kN/m;

- Setto E cella 4-5:

  V_{Sd} = 600kN/m;

Si dispongono ferri a taglio piegati a 45° **ϕ22/200** n°2 a distanza 500mm

V_{rd} = 380*5*391*2*sen(45°)/1000

V_{rd} = 1051kN/m

Taglio in senso trasversale setto C-D in corrispondenza celle 2-3-4

$V_{Sd.max}$ = 550kN/m;

Si dispongono ferri a taglio piegati a 45° **ϕ18/200** n°2 a distanza 500mm

V_{rd} = 702kN/m

Taglio in senso trasversale setti B-E celle 6-7/9-10/11-12/14-15/16-17/19-20

- setto B celle 6-7:

V_{Sd} = 670kN/m;

- Setto E cella 9-10:

V_{Sd} = 530kN/m;

Si dispongono ferri a taglio piegati a 45° **ϕ20/200** n°2 a distanza 500mm

V_{rd} = 314*5*391*2*sen(45°)/1000

V_{rd} = 868kN/m

Taglio in senso trasversale setto C-D in corrispondenza celle 7-8-9/12-13-14/17-18-19

$V_{Sd.max}$ = 460kN/m;

Si dispongono ferri a taglio piegati a 45° **ϕ18/200** n°2 a distanza 500mm

V_{rd} = 702kN/m

Taglio in senso longitudinali (parete G)

Parete G-cella 1-5:

V_{Sd} = 640kN/m

Si dispongono ferri a taglio piegati a 45° **ϕ18/200** n°2 a distanza 500mm

V_{rd} = 702kN/m

Parete G-cella 2-3-4:

V_{Sd} = 370kN/m

Si dispongono ferri a taglio piegati a 45° **ϕ14/200** n°2 a distanza 500mm

V_{rd} = 154*5*391*2*sen(45°)/1000

V_{rd} = 426kN/m

Setti H-I-J corrispondenza celle 1-6-11-16/5-10-15-20:

V_{Sd} = 900kN/m

Si dispongono ferri a taglio piegati a 45° **ϕ22/200** n°2 a distanza 500mm

V_{rd} = 1051kN/m

Setti H-I-J corrispondenza celle 2-7-12-17/3-8-13-18/4-9-14-19:

V_{Sd} = 530kN/m
Si dispongono ferri a taglio piegati a 45° **ϕ16/200** n°2 a distanza 500mm
V_{rd} = 556kN/m
Si dispone di 11 infilate passo 200mm di armatura a taglio disposta nel centro della cella su una larghezza di 2.0m.

3.5.2 Verifiche agli Stati Limite di Esercizio (SLE) – Cassone corrente

Si verifica la fessurazione per le combinazioni di servizio frequenti e rare in conformità con la normativa vigente.
Si considera il cassone riempito d'inerte fino a q.+2.30 con livello del acqua a q.+0.00.
Di seguito si riportano gli inviluppi dei momenti flettenti massimi e minimi in senso longitudinale e trasversale.
Si ricorda che i momenti positivi sono associati a trazione a lembo inferiore e che i momenti negativi sono associati a trazione a lembo superiore.
Si riportano di seguito le verifiche a fessurazione:

	Comb	***Verifiche solettone SLE(frequenti)***	P_{mare} *[kPa]*	P_{terra} *[kPa]*
		Marea+0.75		
1	11	1.0P+1SpT+0.2C+0.8ScSp	427	132
2	12	1.0P+1SpT+0.6GruM+0.2C+0.8(ScSp+SG)	544	119
3	15	1.0P+1SpT+0.6GruT+0.2Cr	305	272
		Marea-0.50		
4	12	1.0P+1SpT+0.6GruM+0.2C+0.8(ScSp+SG)	560	129
5	17	1.0P+1SpT+0.7GruT+0.8SG	395	290
6	18	1.0P+1SpT+0.2Cr+0.8SG+0.6GruT	370	302

Dove:
P - peso proprio (azione permanente)
SpT - rinfianco (azione permanente)
SG - sovraccarico gravante (azione variabile)
ScSp - sovraccarico spingente (azione variabile)
C - cavo d'onda (azione variabile)

Cr - cresta d'onda (azione variabile)
GruT - gru via di corsa lato terra
GruM - gru via di corsa lato mare

Le combinazioni esaminate sono quelli elencati nell'allegato 2.

Di seguito si riportano gli inviluppi dei momenti flettenti massimi e minimi in senso longitudinale e trasversale.
Si ricorda che i momenti positivi sono associati a trazione a lembo inferiore e che i momenti negativi sono associati a trazione a lembo superiore.

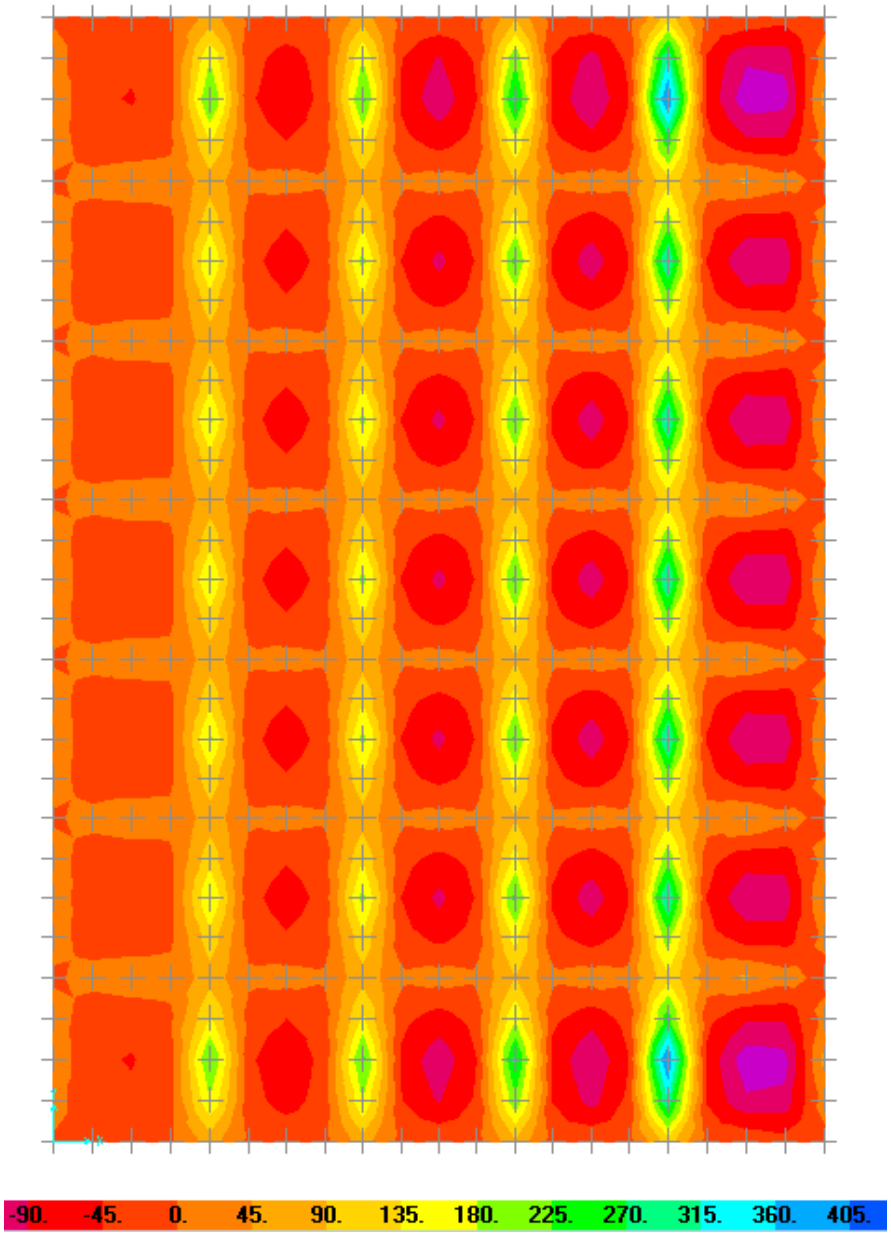


FIGURA 3-26-CASSONE CORRENTE - INVILUPPO SLE (FREQ.)– MMAX TRASVERSALE [KNM/M]

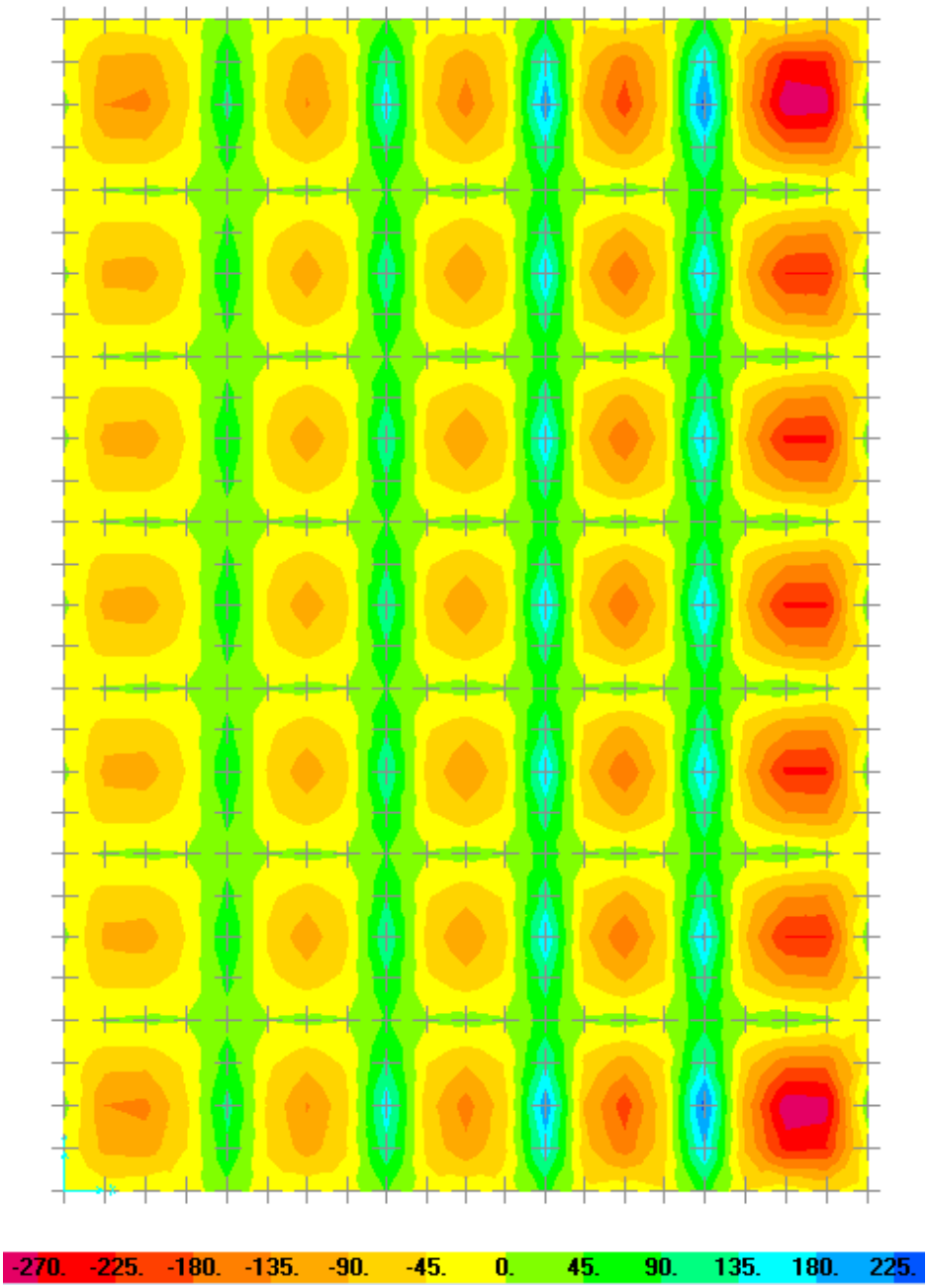


FIGURA 3-27- CASSONE CORRENTE - INVILUPPO SLE(FREQ.) – MMIN TRASVERSALE [KNM/M]

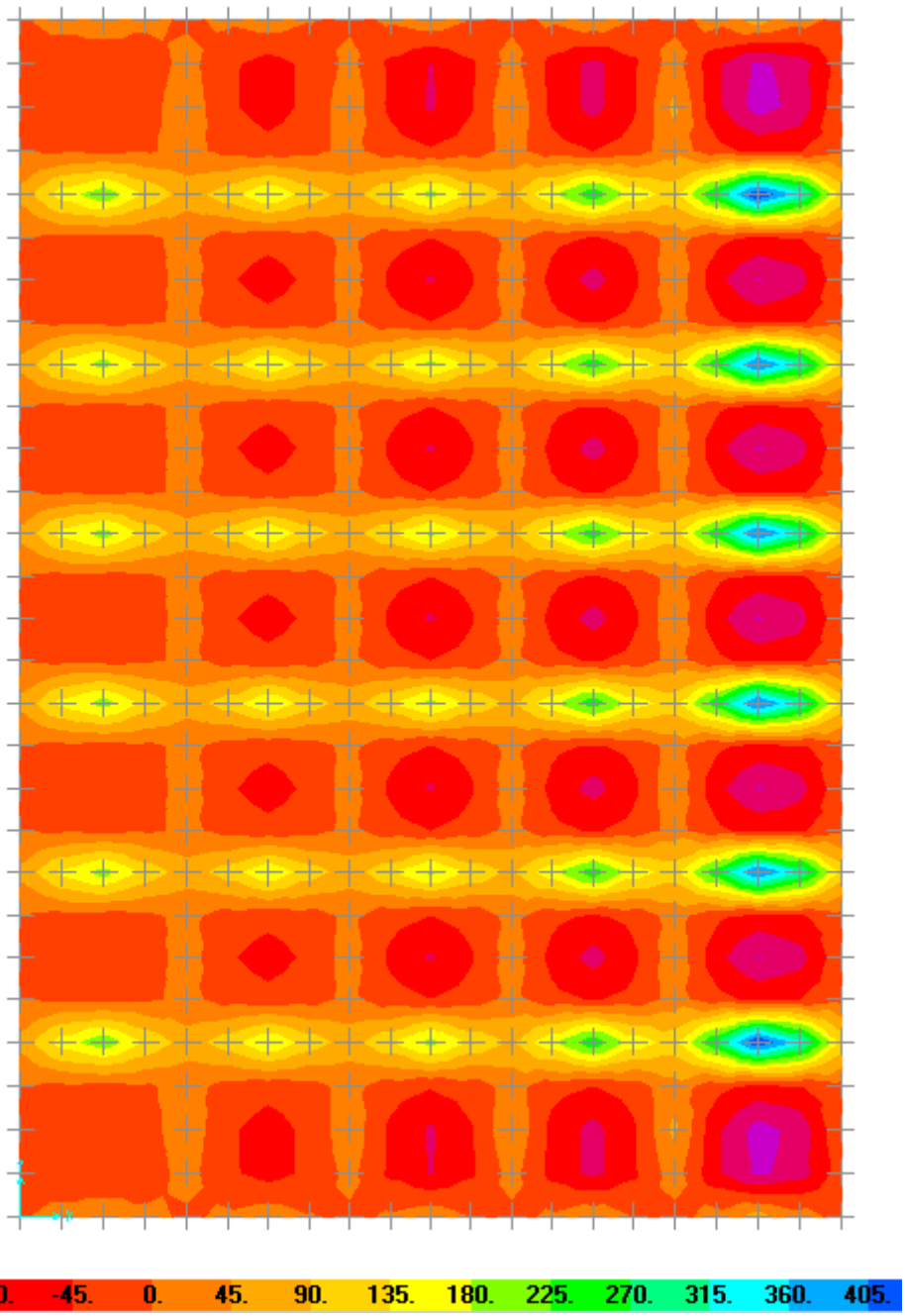


FIGURA 3-28-CASSONE CORRENTE - INVILUPPO SLE(FREQ.) – MMAX LONGITUDINALE [KNM/M]

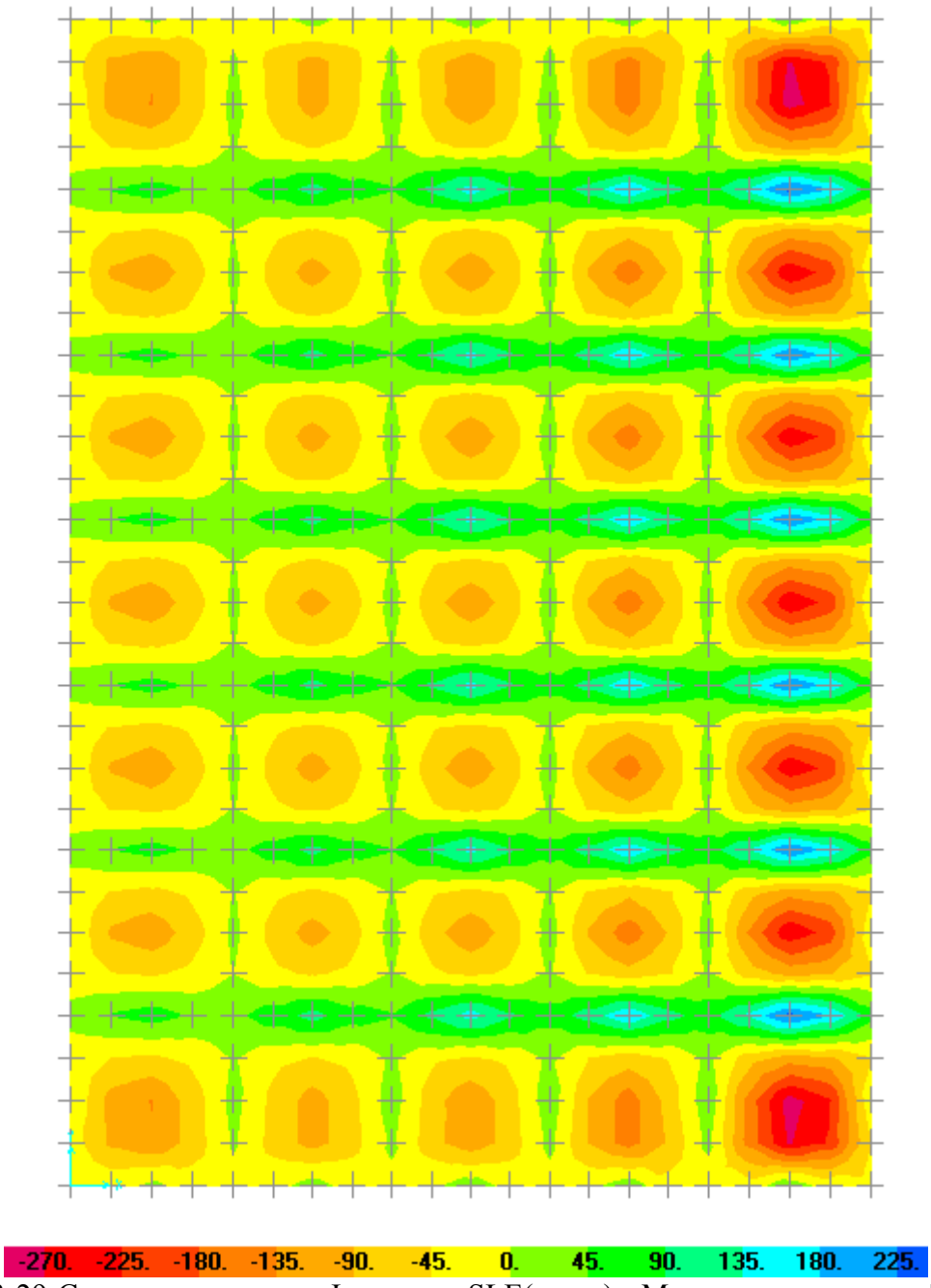


FIGURA 3-29-CASSONE CORRENTE - INVILUPPO SLE(FREQ.) – MMIN LONGITUDINALE [KNM/M]

Si riportano di seguito le verifiche a fessurazione:

Sezione	Sollecitazioni		Sezione		Armatura				Copriferro netto				
	M_{sd}		b	H	Inferiore		Superiore		inf	sup	σ_c	σ_s	w
	[kNm]		[m]	[m]	T1	T2	T1	T2	[cm]	[cm]	[MPa]	[MPa]	[mm]
Trasversale Bordo Lato mare - parete A	M+	+30	1.0	0.8	5Ø20		5Ø20		5	5	0.5	27	0.024
Trasversale Bordo Cella 1 – setto B	M+	+330	1.0	0.8	5Ø20	1.25Ø20	5Ø20	1.25Ø14	5	5	4.9	242	0.193
	M-	-290									4.3	235	0.197
Trasversale Bordo Cella 2-3-4 – setto C-D	M+	+230	1.0	0.8	5Ø20		5Ø18		5	5	3.8	209	0.185
	M-	-195									3.4	217	0.195
Trasversale Bordo Celle 5 setto E	M+	+210	1.0	0.8	5Ø20	1.25Ø20	5Ø20		5	5	3.1	154	0.123
	M-	-145									2.3	132	0.116
Trasversale Bordo lato piattaforma- parete F	M+	+15	1.0	0.8	5Ø20		5Ø20		5	5	0.2	14	0.01
Trasversale lato mare – parete A	M+	+20	1.0	0.8	5Ø20		5Ø20		5	5	0.3	18	0.02
Trasversale Cella 6-11-16 – setto B	M+	+260	1.0	0.8	5Ø20		5Ø20		5	5	3.9	218	0.192
	M-	-220									3.5	200	0.176
Trasversale Celle 7-8-9/12-13-14/17-18-19 – setti C-D	M+	+190	1.0	0.8	5Ø18		5Ø16		5	5	3.4	212	0.190
	M-	-160									3.0	217	0.197
Trasversale Celle 10-15-20 - setto E	M+	+150	1.0	0.8	5Ø18		5Ø16		5	5	2.7	167	0.150
	M-	-110									2.1	154	0.140
Trasversale lato piattaforma-parete F	M+	+15	1.0	0.8	5Ø18		5Ø16		5	5	0.3	17	0.02
Longitudinali Cella 1-6-11-16–setti H-I-J	M+	+370	1.0	0.8	5Ø20	2.5Ø22	5Ø20	1.25Ø20	7.0	7.0	5.2	220	0.194
	M-	-265									4.0	200	0.193
Long. Celle 2-7-12-17/setti H-I-J	M+	+200	1.0	0.8	5Ø20		5Ø18		7.0	6.6	3.5	188	0.198
	M-	-150									2.8	172	0.178
Long. Celle 3-8-13-18/ 4-9-14-19-setti H-I-J	M+	+155	1.0	0.8	5Ø20		5Ø16		7.0	6.6	2.7	145	0.154
	M-	-120									2.5	176	0.182
Longitudinali Celle 5-10-15-20 setti H-I-J	M+	+190	1.0	0.8	5Ø20	2.5Ø20	5Ø20		7.0	7.0	2.8	120	0.109
	M-	-130									2.2	125	0.129

NB: I momenti positivi tendono le fibre inferiori, i momenti negativi tendono le fibre superiori.

TABELLA 3-2-CASSONE CORRENTE - VERIFICHE AGLI SLE - FESSURAZIONI COMBINAZIONI FREQUENTI

	Comb	***Verifiche solettone SLE(rare) – sovraccarico 40kPa***	P_{mare} *[kPa]*	P_{terra} *[kPa]*
		Marea+0.75		
1	11	1P+1SpT+1ScSp+1C+0.6TB	524	68
2	12	1P+1SpT+1ScSp+1SG+1C+0.6TB+0.7gruM	665	55
3	15	1P+1SpT+1Cr+0.7gruT	162	392
4	18	1P+1SpT+1ScSp+1SG+1Cr+0.6TB+0.7gruT	220	423
		Marea-0.50		
5	12	1P+1SpT+1ScSp+1SG+1C+0.6TB+0.7gruM	674	73
6	17	1P+1SpT+1SG+1gruT+0.6Cr	290	407

Dove:

P - peso proprio (azione permanente)
SG - sovraccarico gravante (azione variabile)
ScSp - sovraccarico gravante (azione variabile)
C - cavo d'onda (azione variabile)
Cr - cresta d'onda (azione variabile)
GruT - gru via di corsa lato terra
GruM - gru via di corsa lato mare
TB - tiro bitta

Le combinazioni esaminate sono quelle elencate nell'allegato 3.
Di seguito si riportano gli inviluppi dei momenti flettenti massimi e minimi in senso longitudinale e trasversale.
Si ricorda che i momenti positivi sono associati a trazione a lembo inferiore e che i momenti negativi sono associati a trazione a lembo superiore.

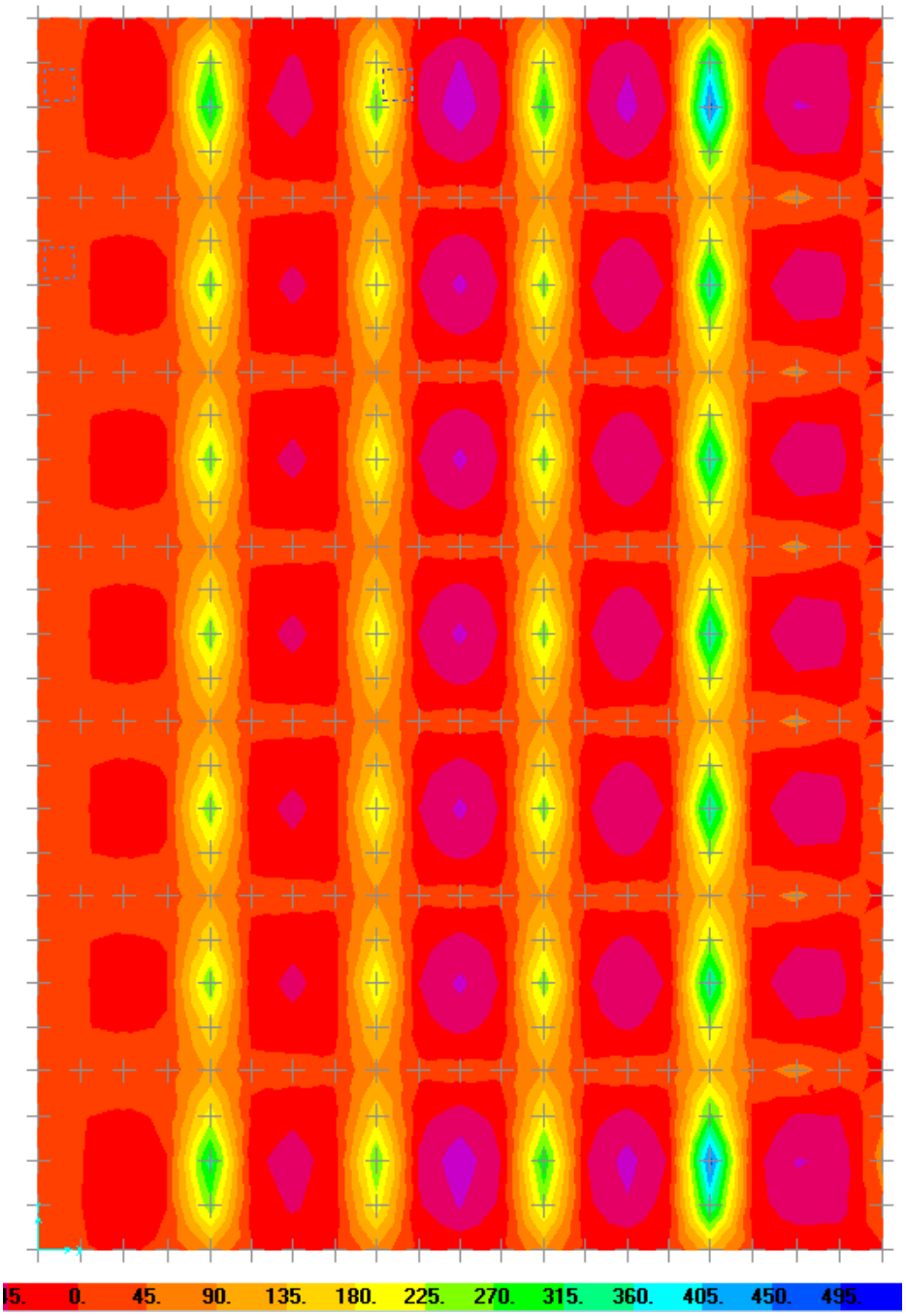


FIGURA 3-30-CASSONE CORRENTE - INVILUPPO SLE (RARE)– MMAX TRASVERSALE [KNM/M]

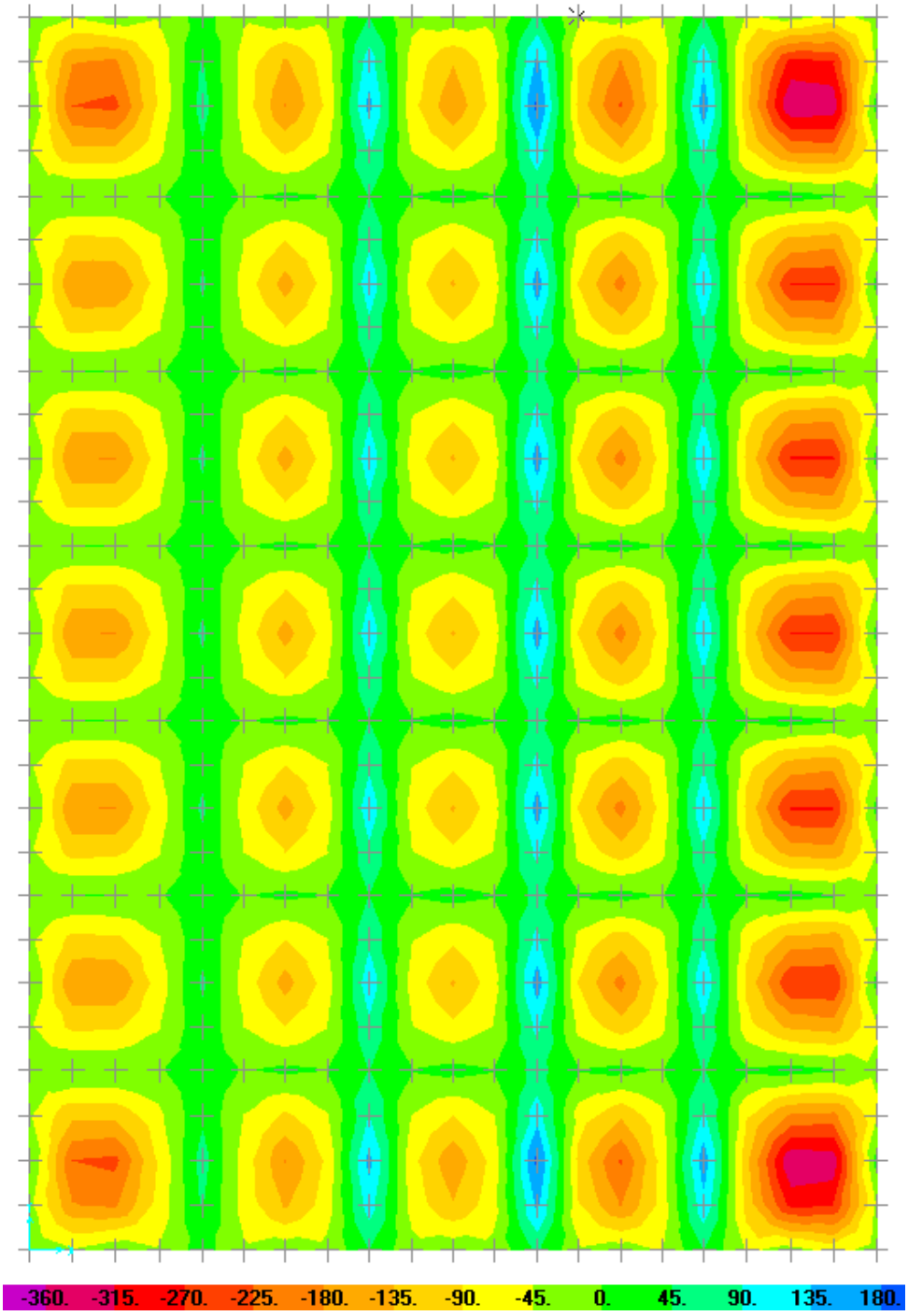


FIGURA 3-31-CASSONE CORRENTE - INVILUPPO SLE(RARE) – MMIN TRASVERSALE [KNM/M]

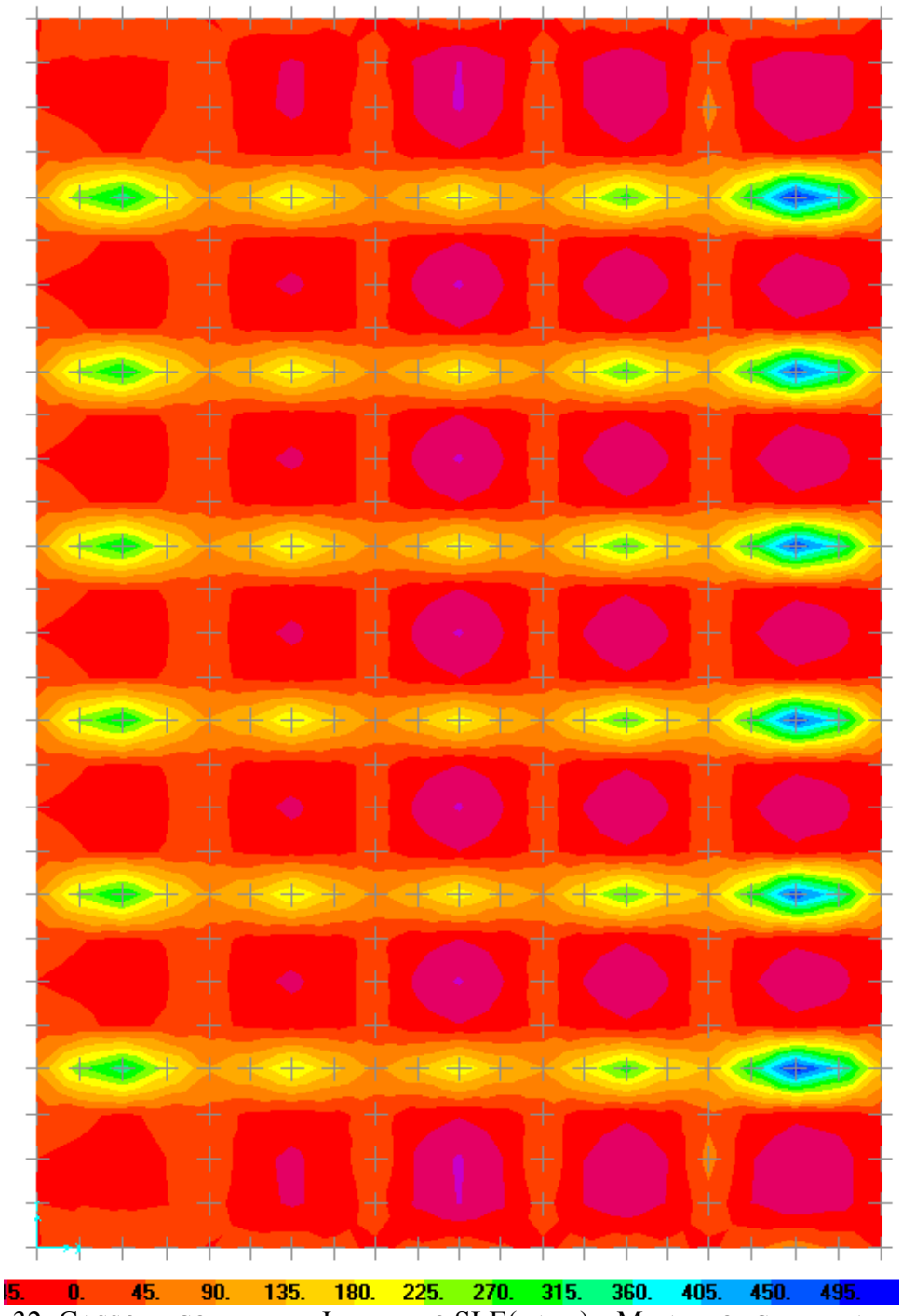


FIGURA 3-32- CASSONE CORRENTE - INVILUPPO SLE(RARE) – MMAX LONGITUDINALE [KNM/M]

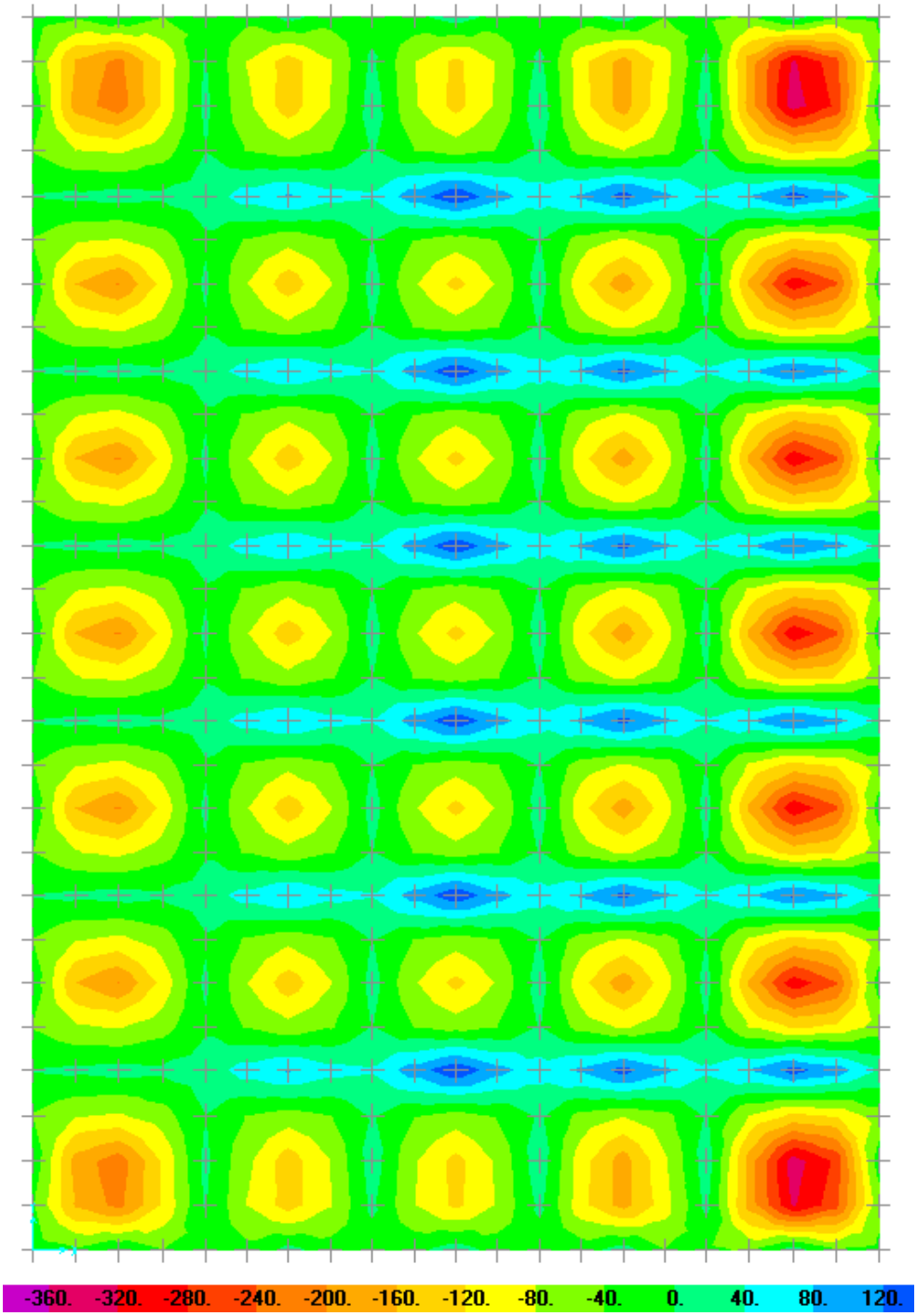


FIGURA 3-33- CASSONE CORRENTE - INVILUPPO SLE(RARE) – MMIN LONGITUDINALE [KNM/M]

Sezione	Sollecitazioni		Sezione		Armatura				Copriferro netto			
	M_{sd}		b	H	Inferiore		Superiore		inf	Sup	σ_c	σ_s
	[kNm]		[m]	[m]	Tipo1	Tipo2	Tipo1	Tipo2	[cm]	[cm]	[MPa]	[MPa]
Trasversale Bordo lato mare - parete A	M+	+40	1.0	0.8	5Ø20		5Ø20		5	5	0.6	37
Trasversale Bordo Cella 1 – setto B	M+	+400	1.0	0.8	5Ø20	1.25Ø20	5Ø20	1.25Ø14	5	5	5.8	298
	M-	-350									5.2	289
Trasversale Bordo Cella 2-3-4 – setto C-D	M+	+250	1.0	0.8	5Ø20		5Ø18		5	5	4.1	232
	M-	-215									3.8	244
Trasversale Bordo Celle 5 setto E	M+	+300	1.0	0.8	5Ø20	1.25Ø20	5Ø20		5	5	4.4	224
	M-	-220									3.5	204
Trasversale Bordo lato piattaforma- parete F	M+	+30	1.0	0.8	5Ø20		5Ø20		5	5	0.5	27
Trasversale lato mare – parete A	M+	+35	1.0	0.8	5Ø20		5Ø20		5	5	0.6	32
Trasversale Cella 6 – setto B	M+	+310	1.0	0.8	5Ø20		5Ø20		5	5	5.0	287
	M-	-260									4.2	241
Trasversale - Celle 7-8-9/12-13/14/17/18/19 – setti C-D	M+	+205	1.0	0.8	5Ø18		5Ø16		5	5	3.7	233
	M-	-170									3.3	243
Trasversale Celle 10-15-20 - setto E	M+	+210	1.0	0.8	5Ø18		5Ø16		5	5	3.8	239
	M-	-175									3.4	250
Trasversale lato piattaforma-parete F	M+	+25	1.0	0.8	5Ø18		5Ø16		5	5	0.5	28
Long.Cella 1-6-11-16/ – setti H-I-J	M+	+470	1.0	0.8	5Ø20	2.5Ø22	5Ø20	1.25Ø20	7.0	7.0	6.6	284
	M-	-315									4.7	243
Long. Cella 2-7-12-17 – setti H-I-J	M+	+240	1.0	0.8	5Ø20		5Ø18		7.0	6.6	4.2	229
	M-	-180									3.3	210
Long. Cella 3-8-13-18/4-9-14-19 – setti H-I-J	M+	+180	1.0	0.8	5Ø20		5Ø16		7.0	6.6	3.2	172
	M-	-135									2.8	198
Long.Celle 5-10-15-20 setti H-I-J	M+	+300	1.0	0.8	5Ø20	2.5Ø20	5Ø20		7.0	7.0	4.4	194
	M-	-205									3.4	196
NB: I momenti positivi tendono le fibre inferiori, i momenti negativi tendono le fibre superiori.												

TABELLA 3-3- CASSONE CORRENTE - VERIFICHE AGLI SLE - TENSIONI COMBINAZIONI RARE - FASE DI ESERCIZIO

3.5.3 Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU) – Cassone d'angolo (A1)

Le combinazioni esaminate sono quelle elencate negli allegati 3, 4 e 5 sia per l'onda con periodo di ritorno di 50anni (senza la diga) sia con periodo di ritorno di 250anni (con la diga).
Si riporta di seguito uno schema identificativo del solettone d'angolo

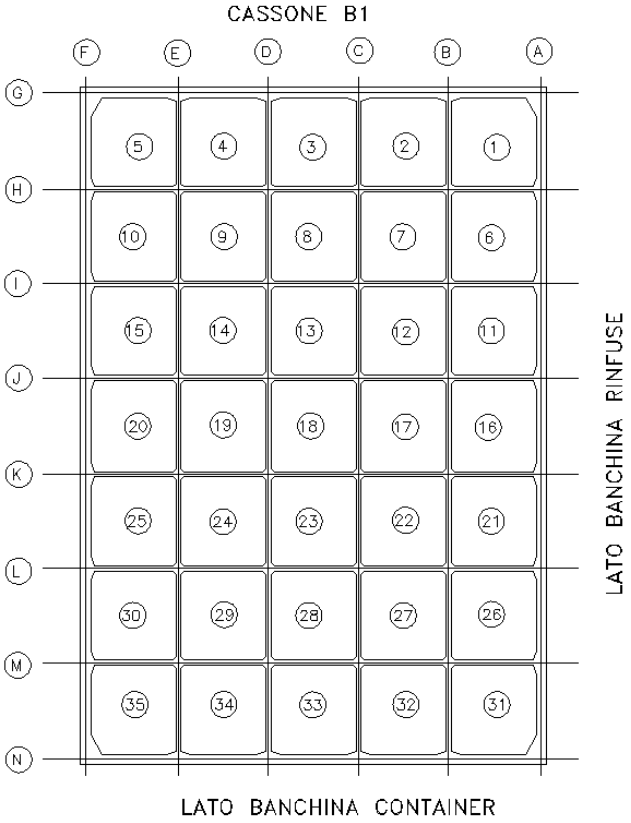


FIGURA 3-34- CASSONE D'ANGOLO (A1) – SCHEMA IDENTIFICATIVO

Si considera il cassone riempito d'inerte fino a q.+2.30 con livello del acqua sia a q.+0.00, sia a q. +2.30.
Di seguito si riportano gli inviluppi delle sollecitazioni massime e minime in senso longitudinale e trasversale.
Si fa presente che i momenti positivi determinano trazione a lembo inferiore e che i momenti negativi determinano trazione a lembo superiore.

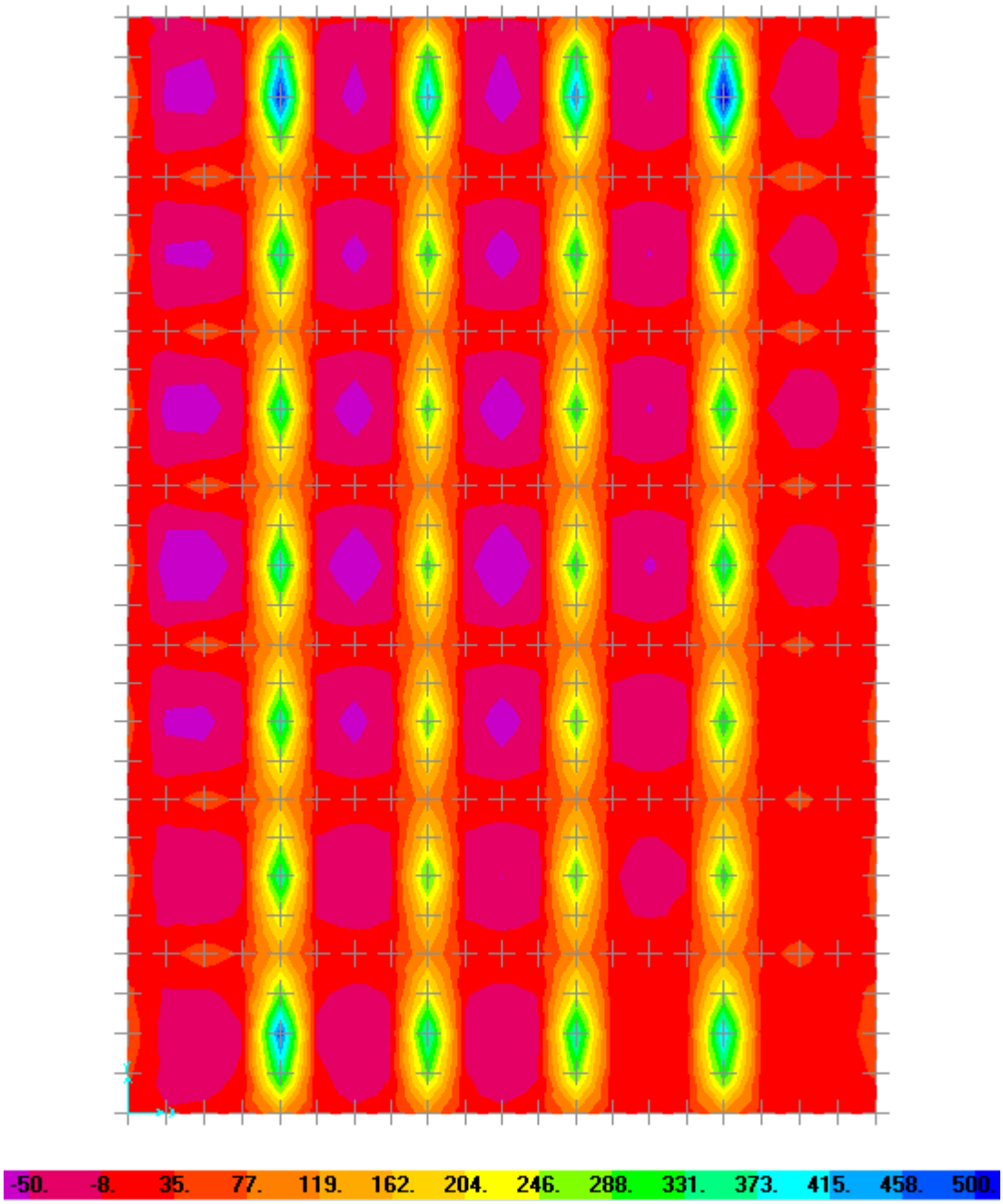


FIGURA 3-35- CASSONE D'ANGOLO - INVILUPPO SLU – MMAX TRASVERSALE [KNM/M]

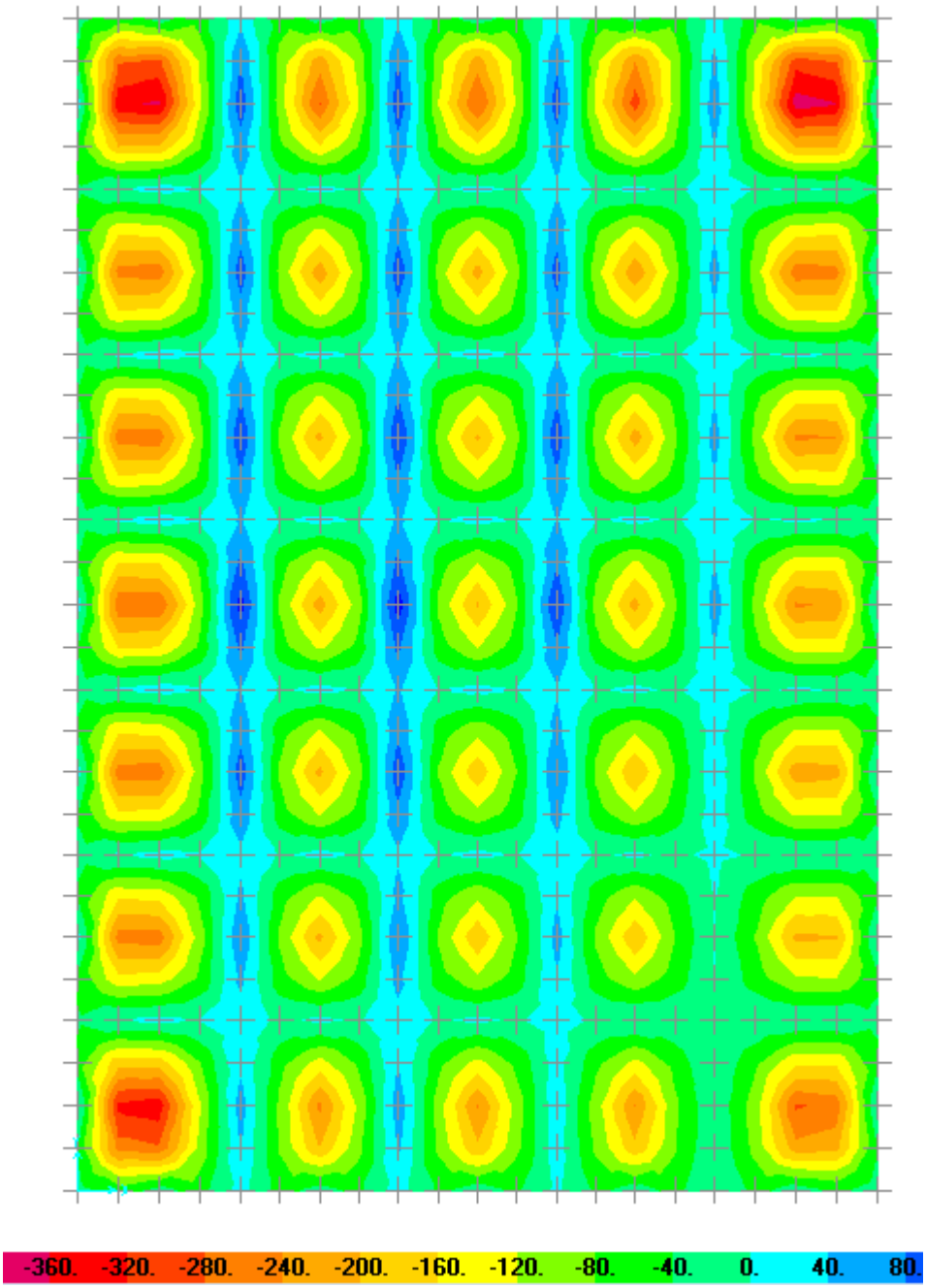


FIGURA 3-36- CASSONE D'ANGOLO - INVILUPPO SLU – MMIN TRASVERSALE [KNM/M]

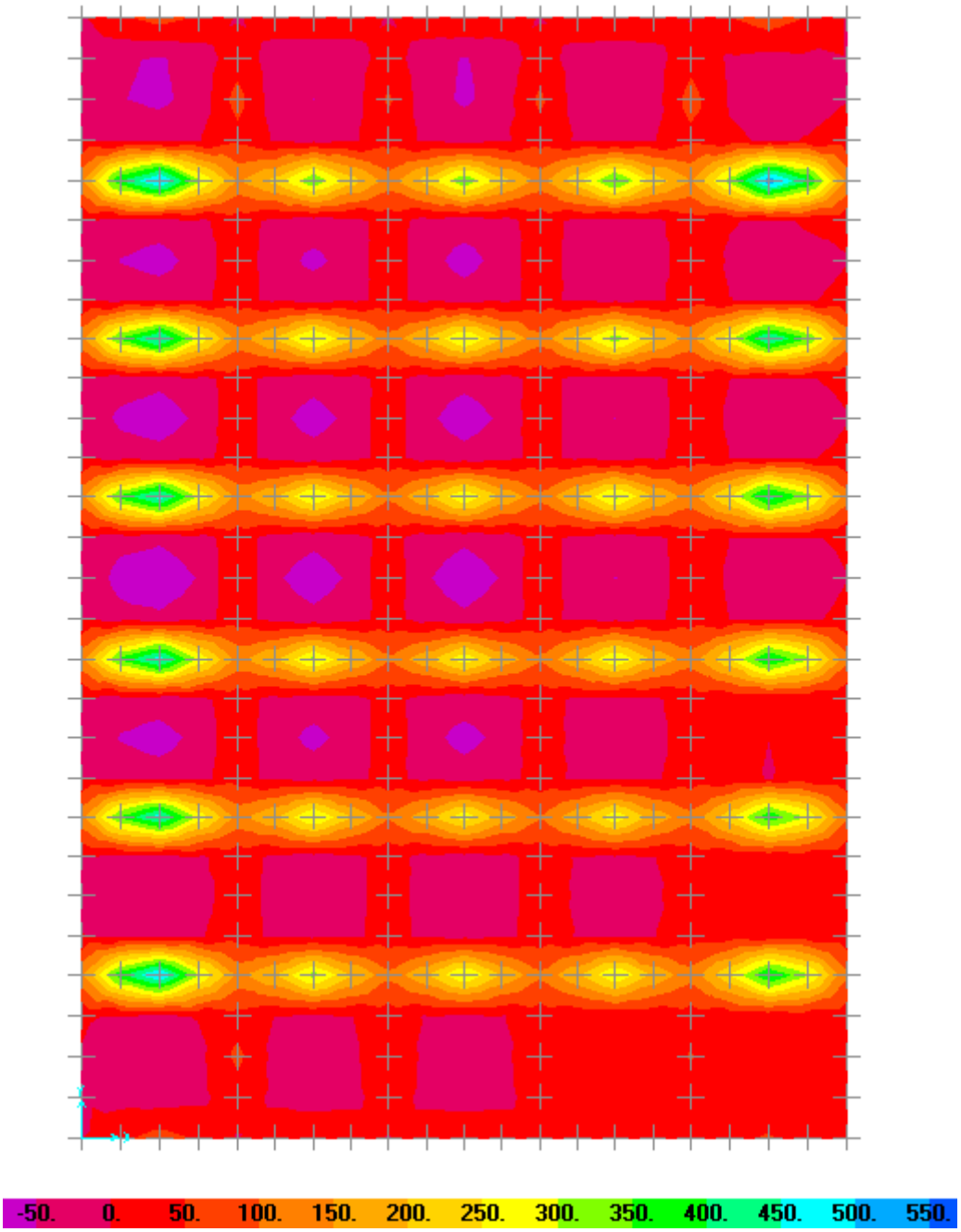


FIGURA 3-37- CASSONE D'ANGOLO - INVILUPPO SLU – MMAX LONGITUDINALE [KNM/M]

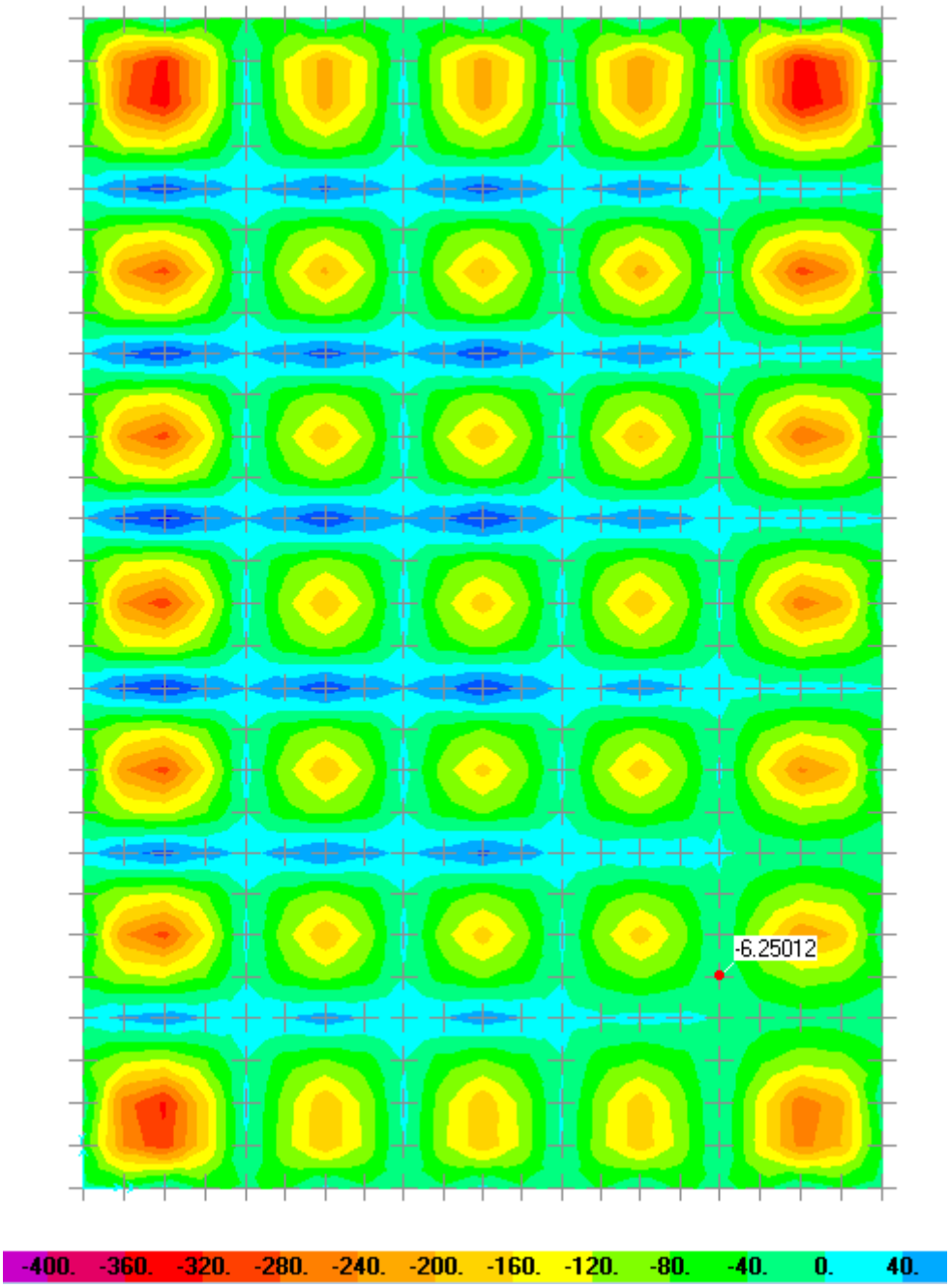


FIGURA 3-38- CASSONE D'ANGOLO - INVILUPPO SLU – MMIN LONGITUDINALE [KNM/M]

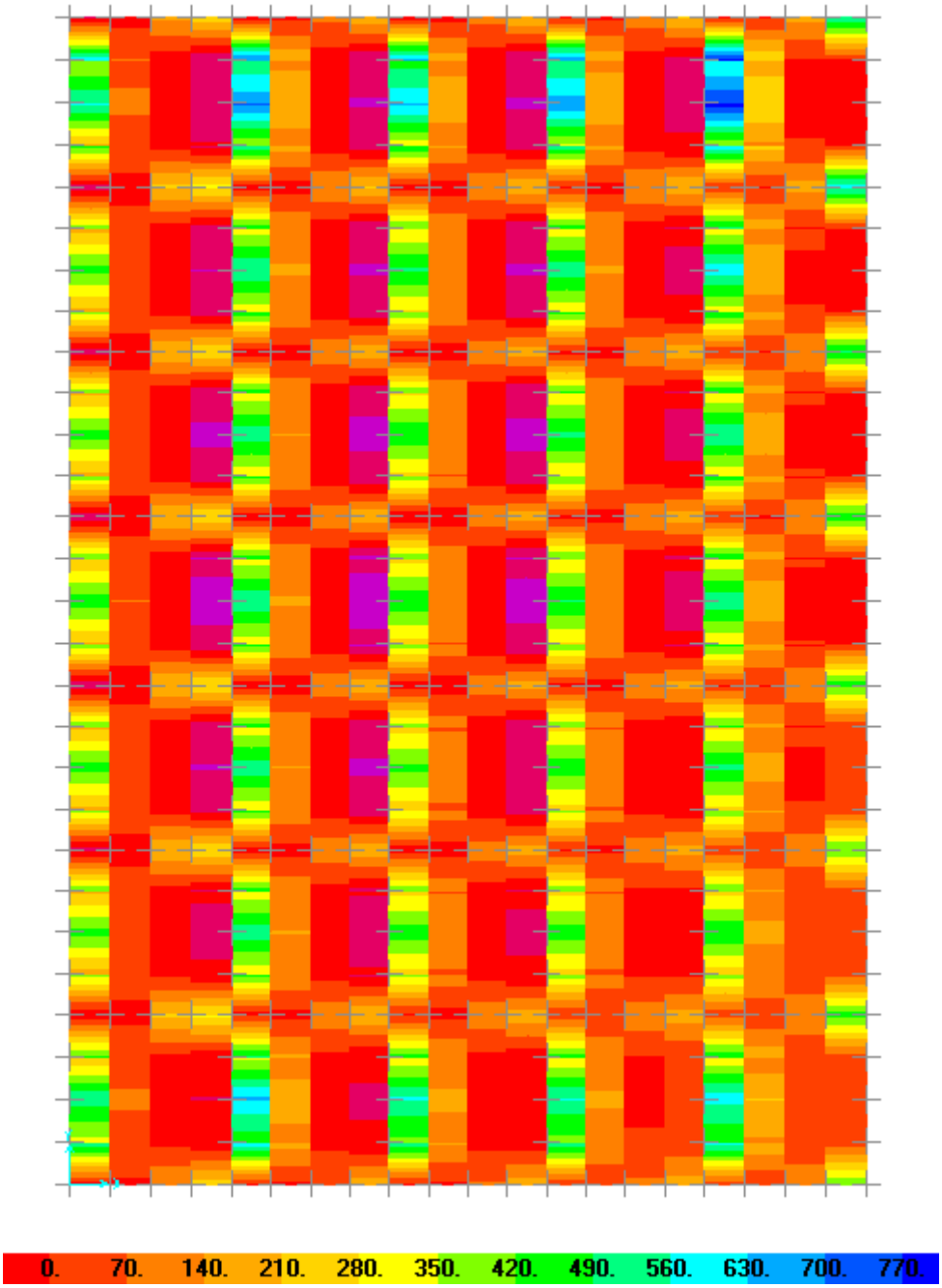


FIGURA 3-39- CASSONE D'ANGOLO - INVILUPPO SLU – V13MAX TRASVERSALE [KN/M]

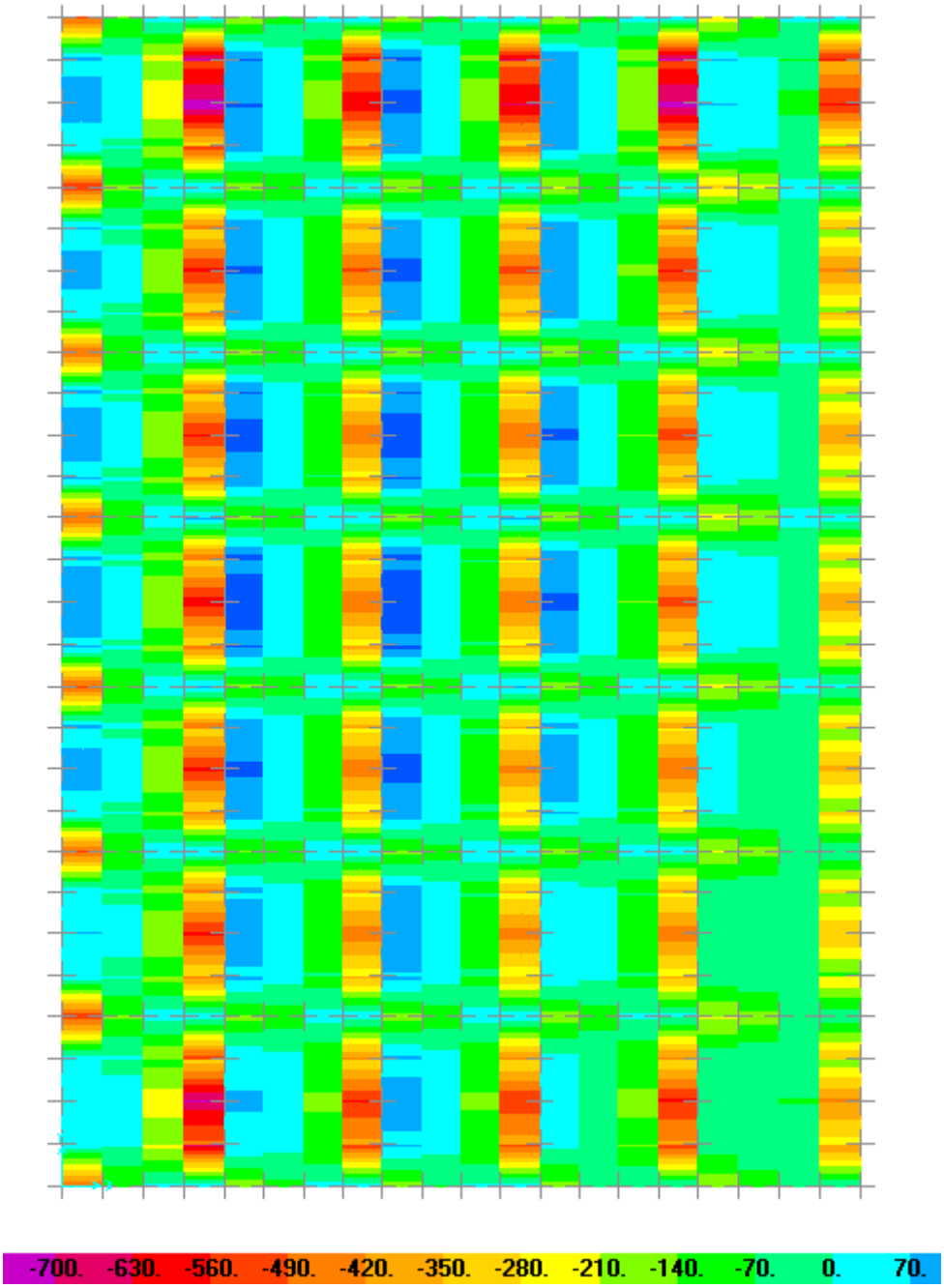


FIGURA 3-40- CASSONE D'ANGOLO – INVILUPPO SLU – V13MIN TRASVERSALE [KN/M]

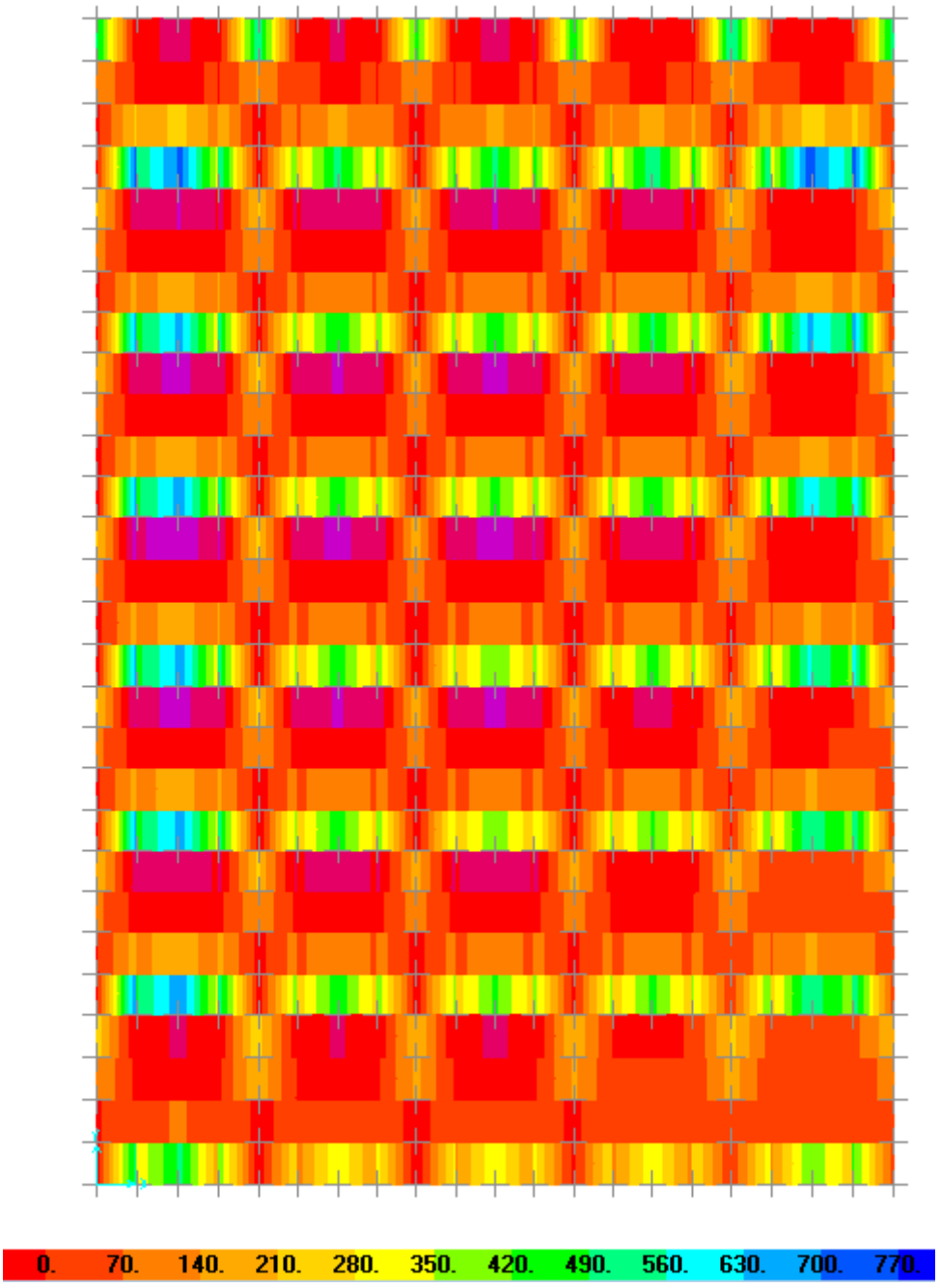


FIGURA 3-41- CASSONE D'ANGOLO - INVILUPPO SLU – V23MAX LONGITUDINALE [KN/M]

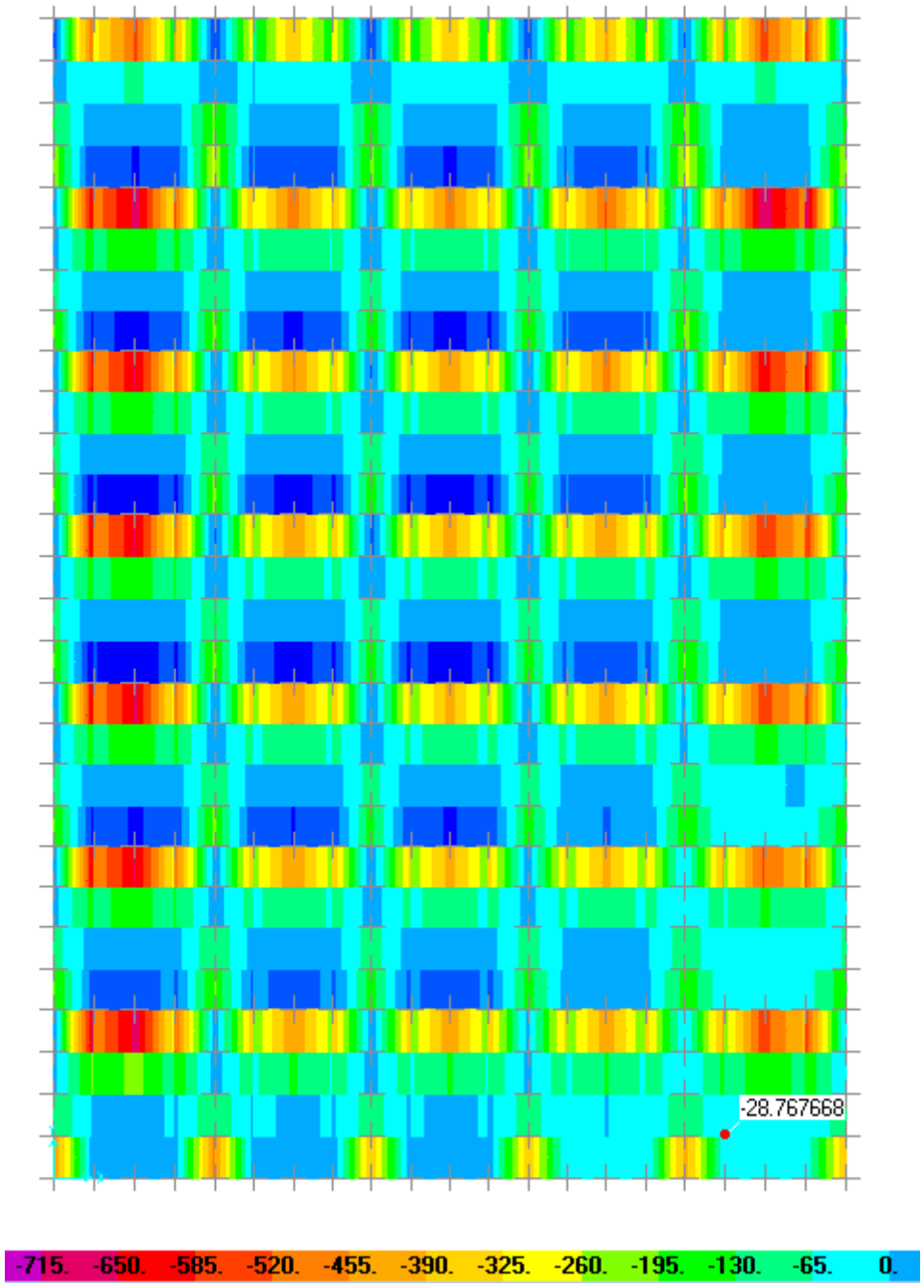


FIGURA 3-42- CASSONE D'ANGOLO - INVILUPPO SLU – V23MIN LONGITUDINALE [KN/M]

Di seguito si verifica l'orditura di flessione del solettone per lo stato limite ultimo (SLU) per la fase d'esercizio (ES).

Per senso trasversale si intende il lato lungo 22m del cassone mentre per senso longitudinale si intende il lato corto di 32m del cassone.

Sezione	Sollecitazioni		Sezione		Armatura				Coprif. netto		M Resist.	FS
	M_{sd} [kNm]		b	H	Inferiore		Superiore		Inf	Sup		
			[m]	[m]	T1	T2	T1	T2	[cm]	[cm]	M_{rd}	M_{rd}/M_{sd}
Trasversale Bordo - parete A	M+	+60	1.0	0.8	5Ø20		5Ø20		5	5	+450	7.50
Trasversale Bordo Cella 1-31 – setto B	M+	+480	1.0	0.8	5Ø20	1.25Ø20	5Ø20	1.25Ø14	5	5	+555	1.16
	M-	-370									-502	1.36
Trasversale Bordo Celle 2-3-4/32-33-34 - setti C-D	M+	+400	1.0	0.8	5Ø20		5Ø18		5	5	+449	1.12
	M-	-280									-370	1.32
Trasversale Bordo Cella 5-35 - setto E	M+	+460	1.0	0.8	5Ø20	1.25Ø20	5Ø20		5	5	+555	1.21
	M-	-355									-450	1.27
Trasversale Bordo Lato piattaforma – parete F	M+	+30	1.0	0.8	5Ø20		5Ø20		5	5	+450	15.0
Trasversale lato mare – parete A	M+	+50	1.0	0.8	5Ø20		5Ø20		5	5	+450	9.0
Trasversale Celle 6-11-16-21-26/ – setto B	M+	+300	1.0	0.8	5Ø20		5Ø20		5	5	+450	1.50
	M-	-265									-450	1.70
Trasversale – Celle 7-8-9/12-13-14//17-18-19/22-23-24/27-28-29 – setti C-D	M+	+270	1.0	0.8	5Ø18		5Ø16		5	5	+368	1.36
	M-	-235									-297	1.26
Trasversale Celle 10-15-20-25-30 - setto E	M+	+320	1.0	0.8	5Ø18		5Ø16		5	5	+368	1.15
	M-	-260									-297	1.14
Trasversale Lato piattaforma – parete F	M+	+39	1.0	0.8	5Ø18		5Ø16		5	5	+368	9.4
NB: I momenti positivi tendono le fibre inferiori, i momenti negativi tendono le fibre superiori.												

TABELLA 3-4-VERIFICHE CEMENTO ARMATO AGLI SLU – SEZIONI TRASVERSALI

Sezione	Sollecitazioni		Sezione		Armatura				Coprif. netto		M Resist.	FS
	M_{sd} [kNm]		b	H	Inferiore		Superiore		Inf	Sup		
			[m]	[m]	T1	T2	T1	T2	[cm]	[cm]	M_{rd}	M_{rd}/M_{sd}
Longitudinali Celle 1-6-11-16-21-26-31/ setti H-I-J-K-L-M	M+	+460	1.0	0.8	5Ø20	2.5Ø20	5Ø20		7.0	7.0	+646	1.40
	M-	-350									-448	1.28
Long. Cella 2-7-12-17-22-27-32 /3-8-13-18-23-28-33/4-9-14-19-24-29-34 - setti H-I-J-K-L-M	M+	+310	1.0	0.8	5Ø20		5Ø16		7.0	6.6	+442	1.43
	M-	-235									-305	1.30
Longitudinali Celle 5-10-15-20-25-30-35 setti H-I-J-K-L-M	M+	+460	1.0	0.8	5Ø20	2.5Ø20	5Ø20		7.0	7.0	+646	1.40
	M-	-330									-448	1.36
NB: I momenti positivi tendono le fibre inferiori, i momenti negativi tendono le fibre superiori.												

TABELLA 3-5- VERIFICHE CEMENTO ARMATO AGLI SLU – SEZIONI LONGITUDINALI

Verifiche a taglio

Come si evince dalla tabella sottostante, la resistenza della sezione non armata a taglio è pari a 282 kN/m.

	Nsd	H	d1	A1	d2	A2	T	Crdc	k	fi1	fck	fcd	σ_c	k1	vmin	Vrd,c	Vrd,cmin	**VRD**
	[KN]	[mm]	[mm]	[mmq]	[mm]	[mmq]	(kN/m)									(kN)	(kN)	**(kN)**
Solettone	0	800	721	1570	0	0	0	0,12	1,53	0,0022	35	19,8	0	0,15	0,39	260	282	**282**

Si dispone di orditura a taglio piegata nelle seguenti sezioni:

Taglio in senso trasversale pareti A-F

- lato mare/lato cassone A2:

  V_{Sd} = 530kN/m;

  Si dispongono ferri a taglio piegati a 45° **ϕ18/200** n°2 a distanza 500mm

  V_{rd} = 254*5*391*2*sen(45°)/1000

  V_{rd} = 702kN/m

Taglio in senso trasversale (setti longitudinali B-E in corrispondenza celle 1-2/4-5/31-32/34-35)

- V_{Sd} = 700kN/m;

Si dispongono ferri a taglio piegati a 45° **ϕ20/200** n°2 a distanza 500mm

V_{rd} = 314*5*391*2*sen(45°)/1000

V_{rd} = 868kN/m

Taglio in senso trasversale setto C-D in corrispondenza celle 2-3-4-5/32-33-34-35

$V_{Sd.max}$ = 620kN/m ;

Si dispongono ferri a taglio piegati a 45° **ϕ18/200** n°2 a distanza 500mm

V_{rd} = 702kN/m

Taglio in senso trasversale setto B-E in corrispondenza celle 6-7/11-12/16-17/21-22/26-27, setto E in corrispondenza celle 9-10/14-15/19-20/24-25/29-30

- setto B:
  V_{Sd} = 520kN/m ;
- setto E:
  VSd = 550kN/m ;

Si dispongono ferri a taglio piegati a 45° **ϕ18/200** n°2 a distanza 500mm

V_{rd} = 702kN/m

Taglio in senso trasversale (setti longitudinali C-D in corrispondenza celle 7-8-9-10/12-13-14-15/17-18-19-20/22-23-24-25/27-28-29-30/

$V_{Sd.max}$ = 485kN/m ;

Si dispongono ferri a taglio piegati a 45° **ϕ16/200** n°2 a distanza 500mm

V_{rd} = 201*5*391*2*sen(45°)/1000

V_{rd} = 301kN*2*sen(45°) = 556kN/m

Taglio in senso longitudinali (parete G)

Parete G/N – cella 1-5/31-34

V_{Sd} = 500kN/m

Si dispongono ferri a taglio piegati a 45° **ϕ16/200** n°2 a distanza 500mm

V_{rd} = 556kN/m

Parete G/N -celle 2-3-4/32-33-34:

V_{Sd} = 340kN/m

Si dispongono ferri a taglio piegati a 45° **ϕ14/200** n°2 a distanza 500mm

V_{rd} = 154*5*391*2*sen(45°)/1000

V_{rd} = 426kN/m

Setti H-I-J-K-L-M corrispondenza celle 1-6-11-16-21-26-31/5-10-15-20-25-30-35:

V_{Sd} = 650kN/m

Si dispongono ferri a taglio piegati a 45° **ϕ18/200** n°2 a distanza 500mm

V_{rd} = 702kN/m

Setti H-I-J-K-L-M corrispondenza celle 2-7-12-17-22-27-32/3-8-13-18-23-28-33/4-9-14-19-24-29-34:

V_{Sd} = 480kN/m

Si dispongono ferri a taglio piegati a 45° **ϕ16/200** n°2 a distanza 500mm

V_{rd} = 556kN/m

Si dispone 11 infilate passo 200mm di armatura a taglio disposta nel centro della cella su una larghezza di 2.0m.

Si dispone 12 infilate passo 200mm di armatura a taglio disposta nel centro della cella su una larghezza di 2.2m.

3.5.4 Verifiche agli Stati Limite di Esercizio (SLE) – Cassone d'angolo (A1)

Si verifica la fessurazione per le combinazioni di servizio frequenti e rare in conformità con la normativa vigente.

Le combinazioni esaminate sono quelle elencate nell'allegato 2.

Si considera il cassone riempito d'inerte fino a q.+2.30 con livello del acqua a q.+0.00.

Di seguito si riportano gli inviluppi dei momenti flettenti massimi e minimi in senso longitudinale e trasversale.

Si ricorda che i momenti positivi sono associati a trazione a lembo inferiore e che i momenti negativi sono associati a trazione a lembo superiore.

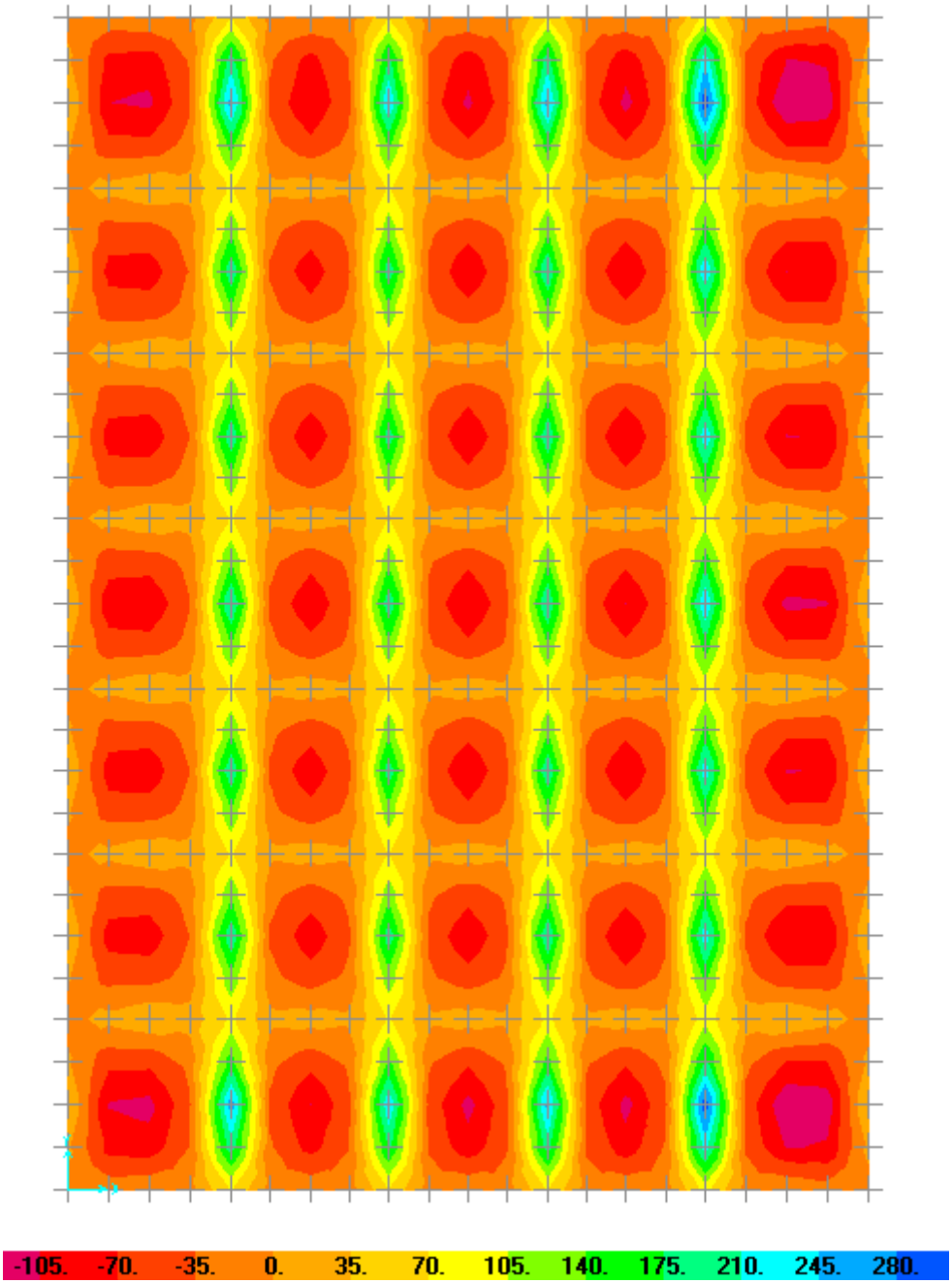


FIGURA 3-43-INVILUPPO SLE (FREQ.)– MMAX TRASVERSALE [KNM/M]

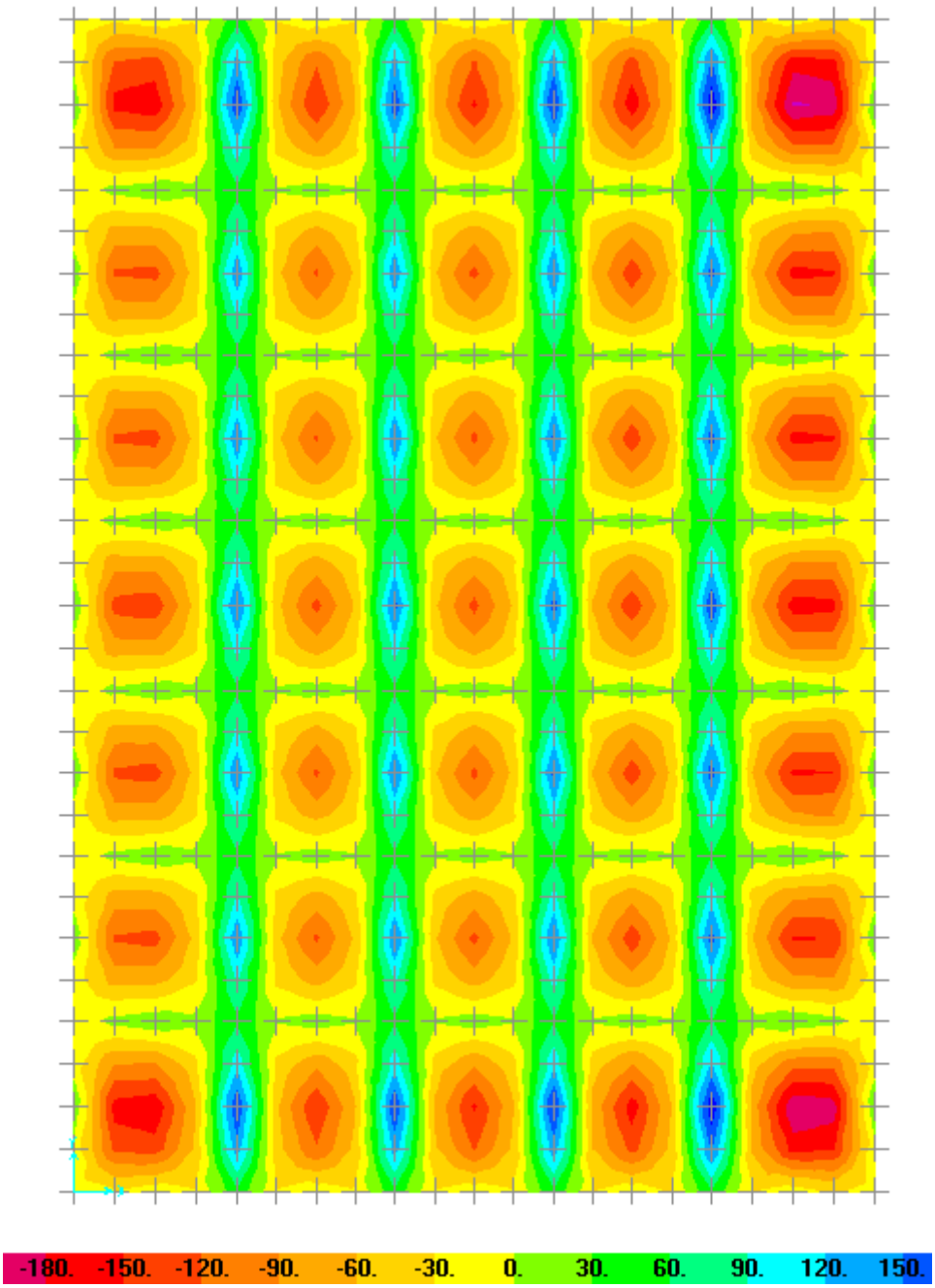


FIGURA 3-44- INVILUPPO SLE (FREQ.)– MMIN TRASVERSALE [KNM/M]

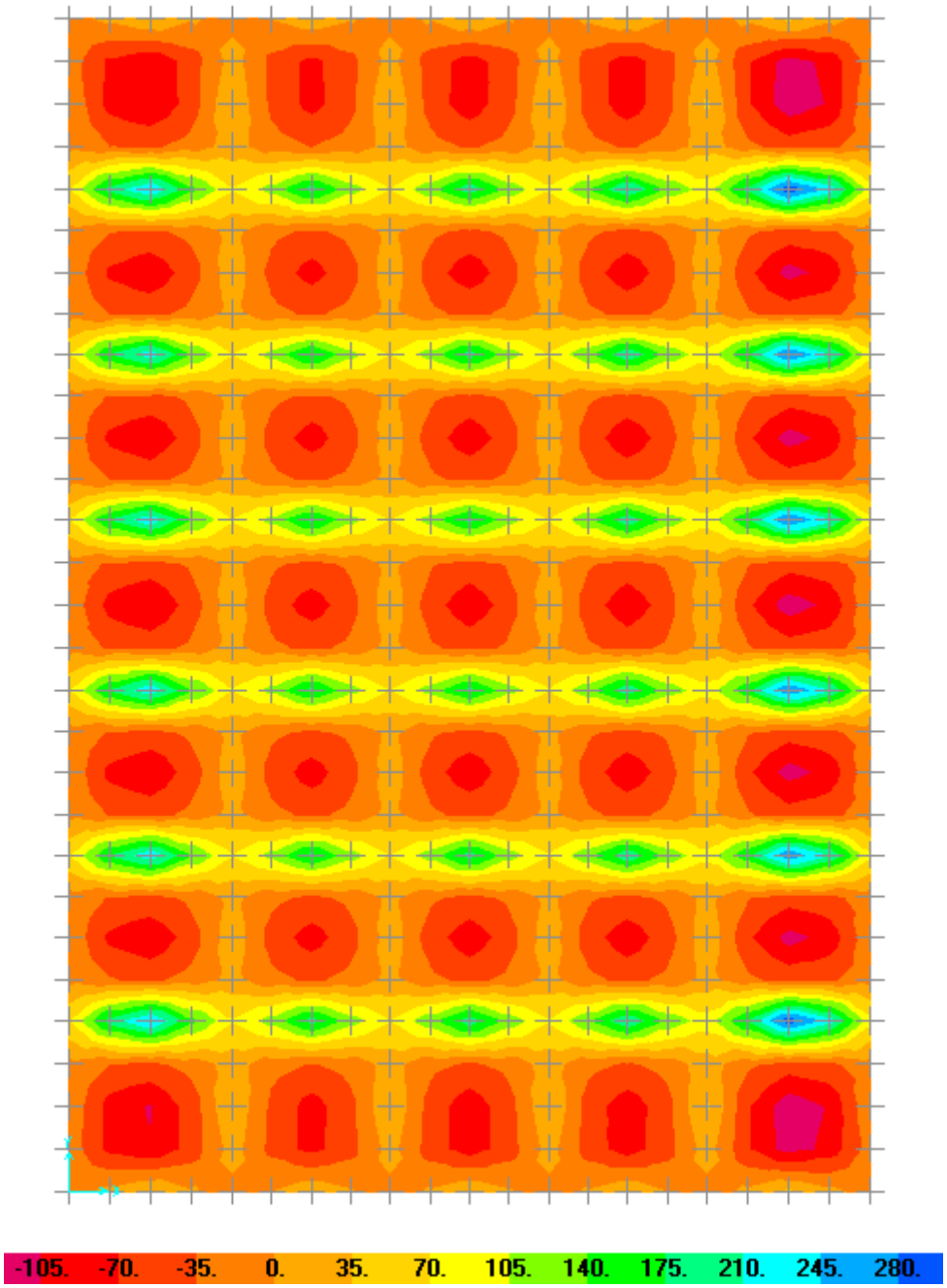


FIGURA 3-45- INVILUPPO SLE(FREQ.) – MMAX LONGITUDINALE [KNM/M]

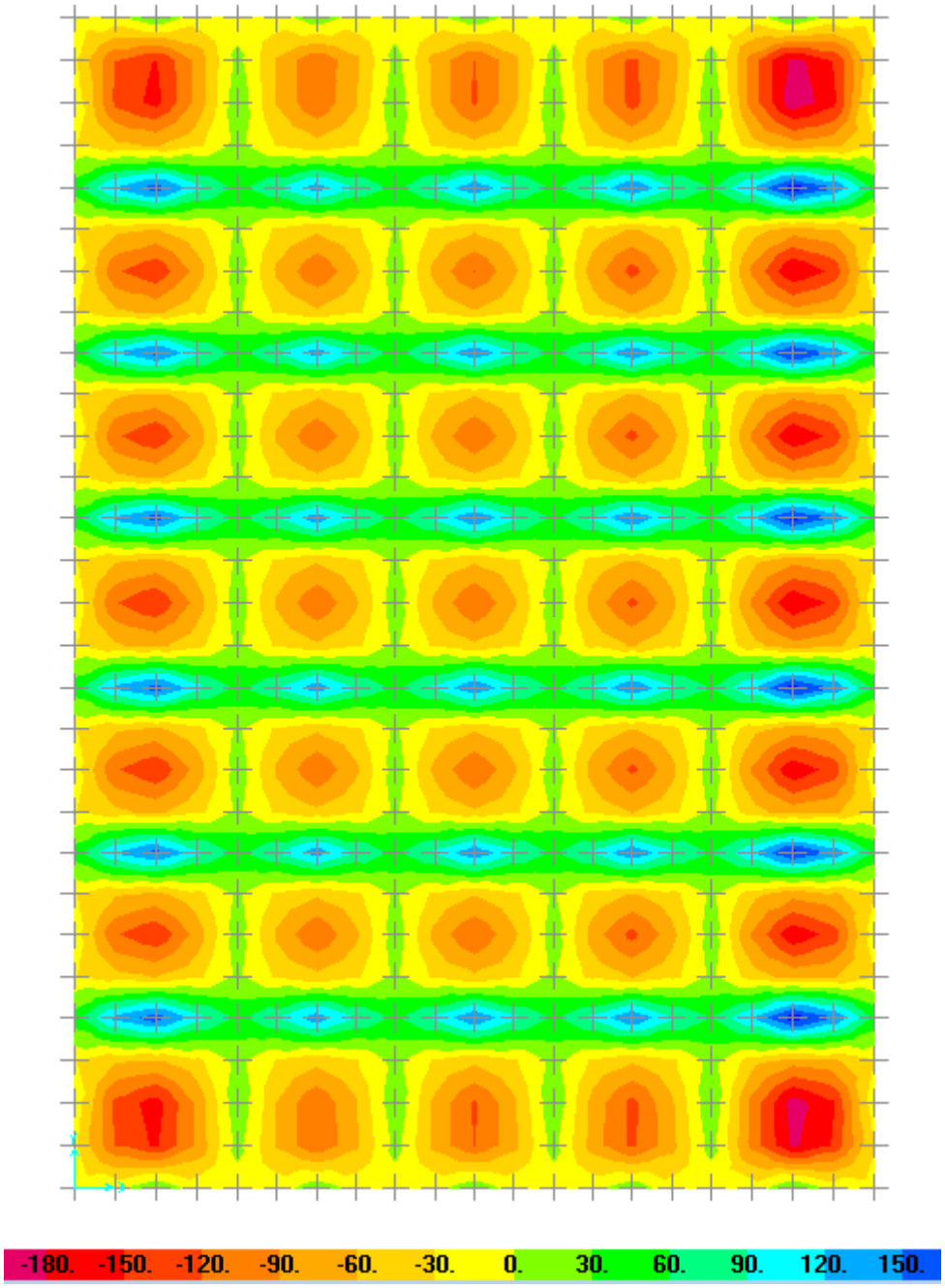


FIGURA 3-46- INVILUPPO SLE(FREQ.) – MMIN LONGITUDINALE [KNM/M]

Si riportano di seguito le verifiche a fessurazione:

Sezione	Sollecitazioni		Sezione		Armatura				Copriferro netto				
	M_{sd}		b	H	Inferiore		Superiore		inf	Sup	σ_c	σ_s	w
	[kNm]		[m]	[m]	T1	T2	T1	T2	[cm]	[cm]	[MPa]	[MPa]	[mm]
Trasversale Bordo - parete A	M+	+44	1.0	0.8	5Ø20		5Ø20		5	5	0.7	40	0.035
Trasversale Bordo Cella 1-31 – setto B	M+	+260	1.0	0.8	5Ø20	1.25Ø20	5Ø20	1.25Ø14	5	5	3.8	194	0.152
	M-	-200									3.0	165	0.136
Trasversale Bordo Celle 2-3-4/32-33-34 - setti C-D	M+	+210	1.0	0.8	5Ø20		5Ø18		5	5	3.4	195	0.168
	M-	-160									2.8	182	0.160
Trasversale Bordo Cella 5-35 - setto E	M+	+220	1.0	0.8	5Ø20	1.25Ø20	5Ø20		5	5	3.2	164	0.129
	M-	-158									2.5	143	0.130
Trasversale Bordo Lato piattaforma – parete F	M+	+35	1.0	0.8	5Ø20		5Ø20		5	5	0.6	32	0.030
Trasversale lato mare – parete A	M+	+31	1.0	0.8	5Ø20		5Ø20		5	5	0.5	28	0.030
Trasversale Celle 6-11-16-21-26 – setto B	M+	+190	1.0	0.8	5Ø20		5Ø20		5	5	3.0	176	0.152
	M-	-155									2.5	144	0.124
Trasversale –Celle 7-8-9/12-13-14//17-18-19/22-23-24/27-28-29 – setti C-D	M+	+170	1.0	0.8	5Ø18		5Ø16		5	5	3.1	193	0.170
	M-	-140									2.7	200	0.178
Trasversale Celle 10-15-20-25-30 - setto E	M+	+170	1.0	0.8	5Ø18		5Ø16		5	5	3.1	193	0.170
	M-	-135									2.0	200	0.178
Trasversale Lato piattaforma – parete F	M+	+30	1.0	0.8	5Ø18		5Ø16		5	5	0.6	43	0.038

NB: I momenti positivi tendono le fibre inferiori, i momenti negativi tendono le fibre superiori.

TABELLA 3-6- SLE(FREQ.) – VERIFICA FESSURAZIONE SEZIONI TRASVERSALI

Sezione	Sollecitazioni		Sezione		Armatura				Copriferro netto				
	M_{sd}		b	H	Inferiore		Superiore		inf	Sup	σ_c	σ_s	w
	[kNm]		[m]	[m]	T1	T2	T1	T2	[cm]	[cm]	[MPa]	[MPa]	[mm]
Longitudinali Celle 1-6-11-16-21-26-31/– setti H-I-J-K-L-M	M+	+260	1.0	0.8	5Ø20	2.5Ø20	5Ø20		7.0	7.0	3.8	168	0.149
	M-	-190									3.2	182	0.189
Long. Cella 2-7-12-17-22-27-32 /3-8-13-18-23-28-33/ 4-9-14-19-24-29-34–setti H-I-J-K-L-M	M+	+170	1.0	0.8	5Ø20		5Ø16		7.0	6.6	3.0	163	0.168
	M-	-120									2.5	176	0.182
Longitudinali Celle 5-10-15-20-25-30-35 - setti H-I-J-K-L-M	M+	+220	1.0	0.8	5Ø20	2.5Ø20	5Ø20		7.0	7.0	3.2	142	0.126
	M-	-150									2.5	144	0.149
NB: I momenti positivi tendono le fibre inferiori, i momenti negativi tendono le fibre superiori.													

TABELLA 3-7-SLE(FREQ.) – VERIFICA FESSURAZIONE SEZIONI LONGITUDINALI

Di seguito si riportano gli inviluppi dei momenti flettenti massimi e minimi in senso longitudinale e trasversale per le combinazioni rare.

Si ricorda che i momenti positivi sono associati a trazione a lembo inferiore e che i momenti negativi sono associati a trazione a lembo superiore.

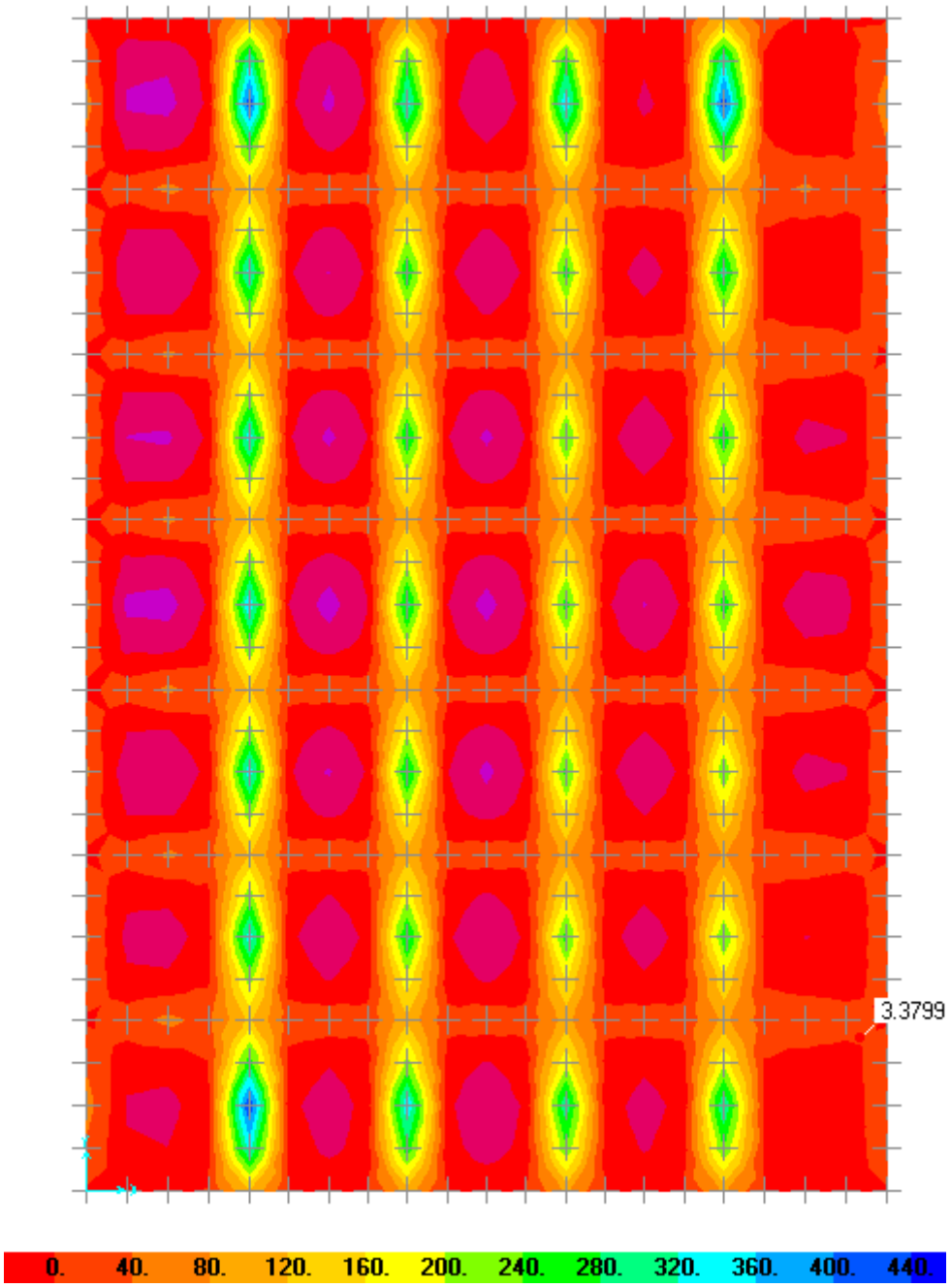


FIGURA 3-47- INVILUPPO SLE(RARE) – MMAX TRASVERSALE [KNM/M]

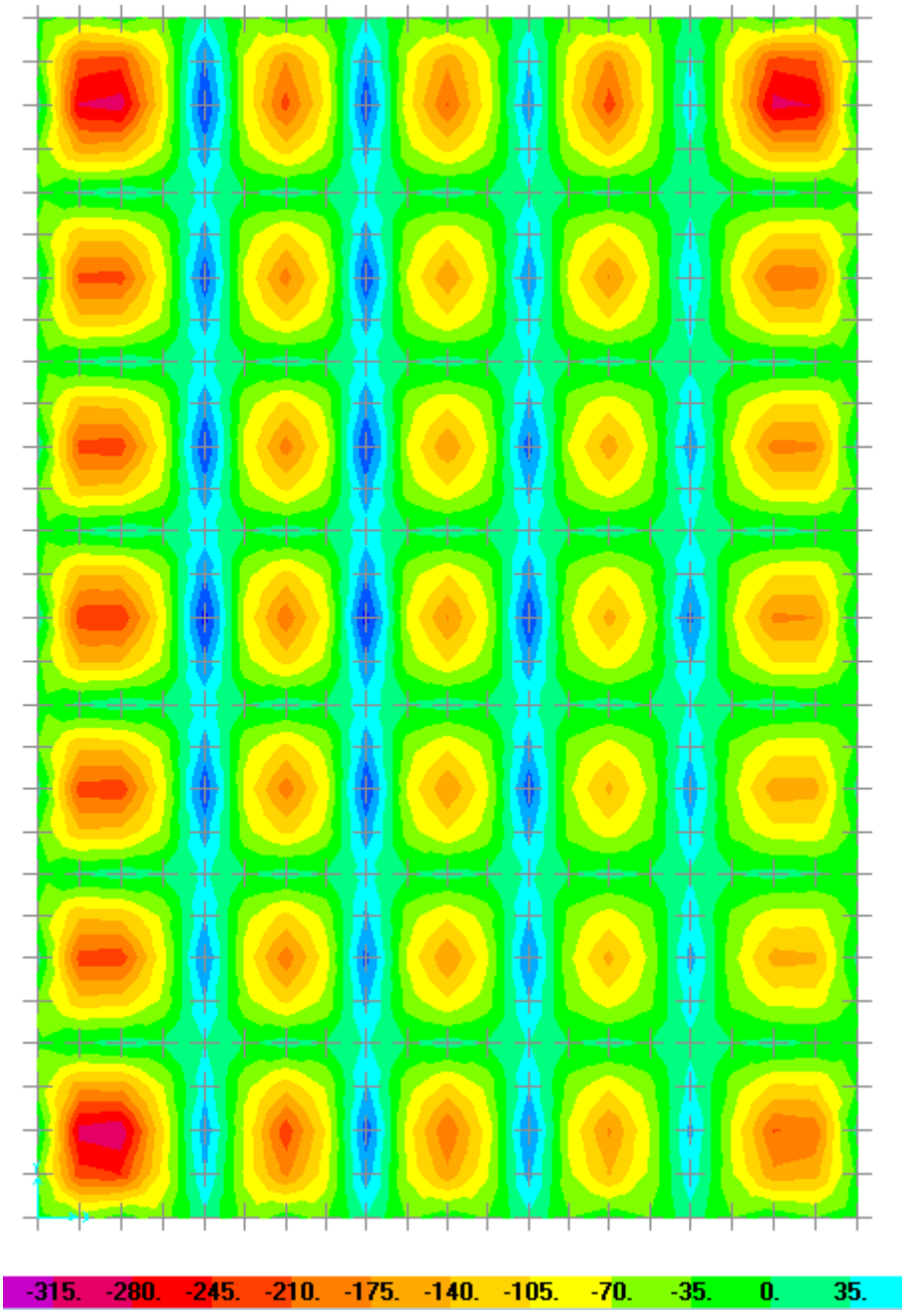


FIGURA 3-48- INVILUPPO SLE(RARE) – MMIN TRASVERSALE [KNM/M]

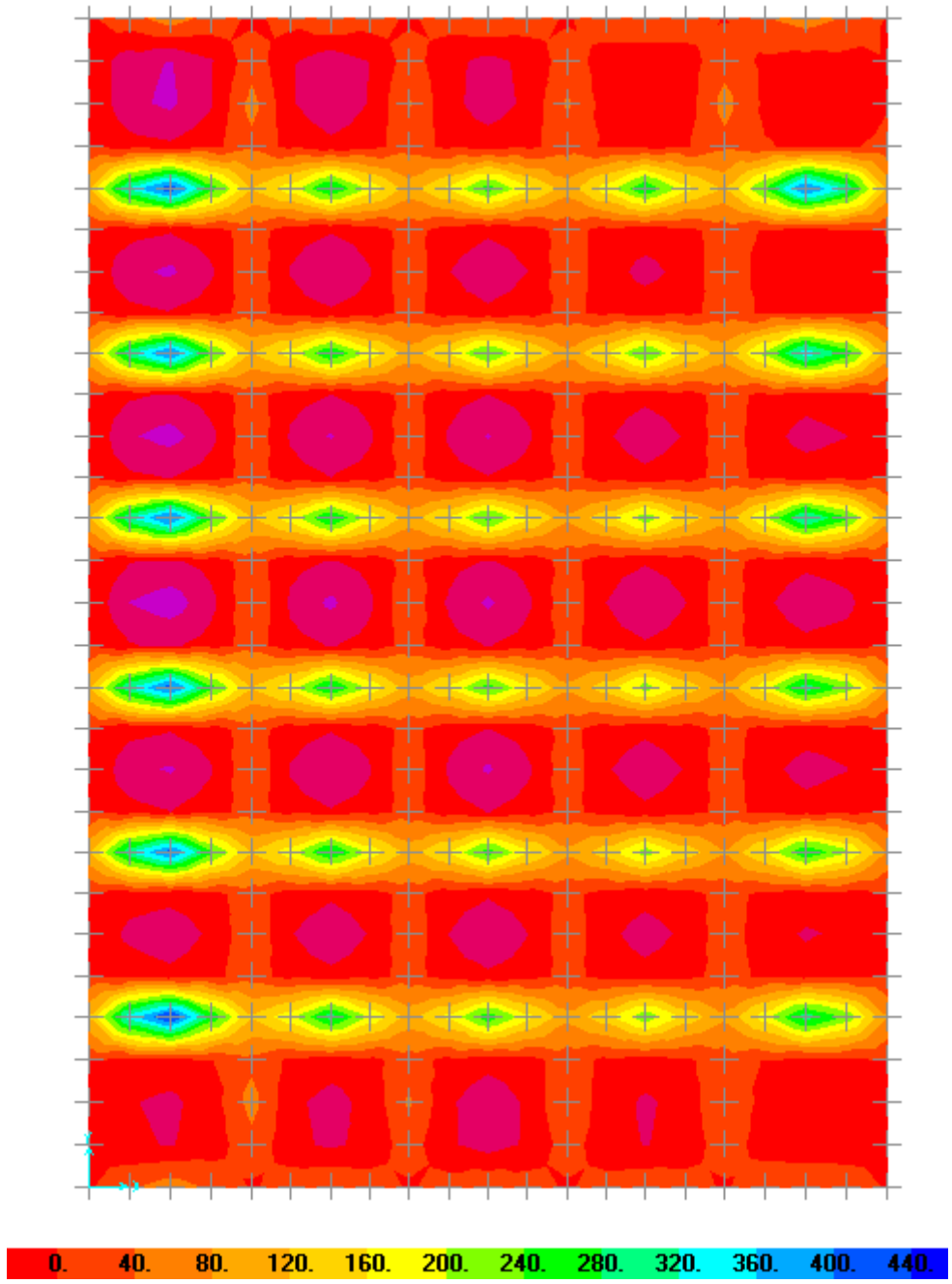


FIGURA 3-49- INVILUPPO SLE (RARE)– MMAX LONGITUDINALE [KNM/M]

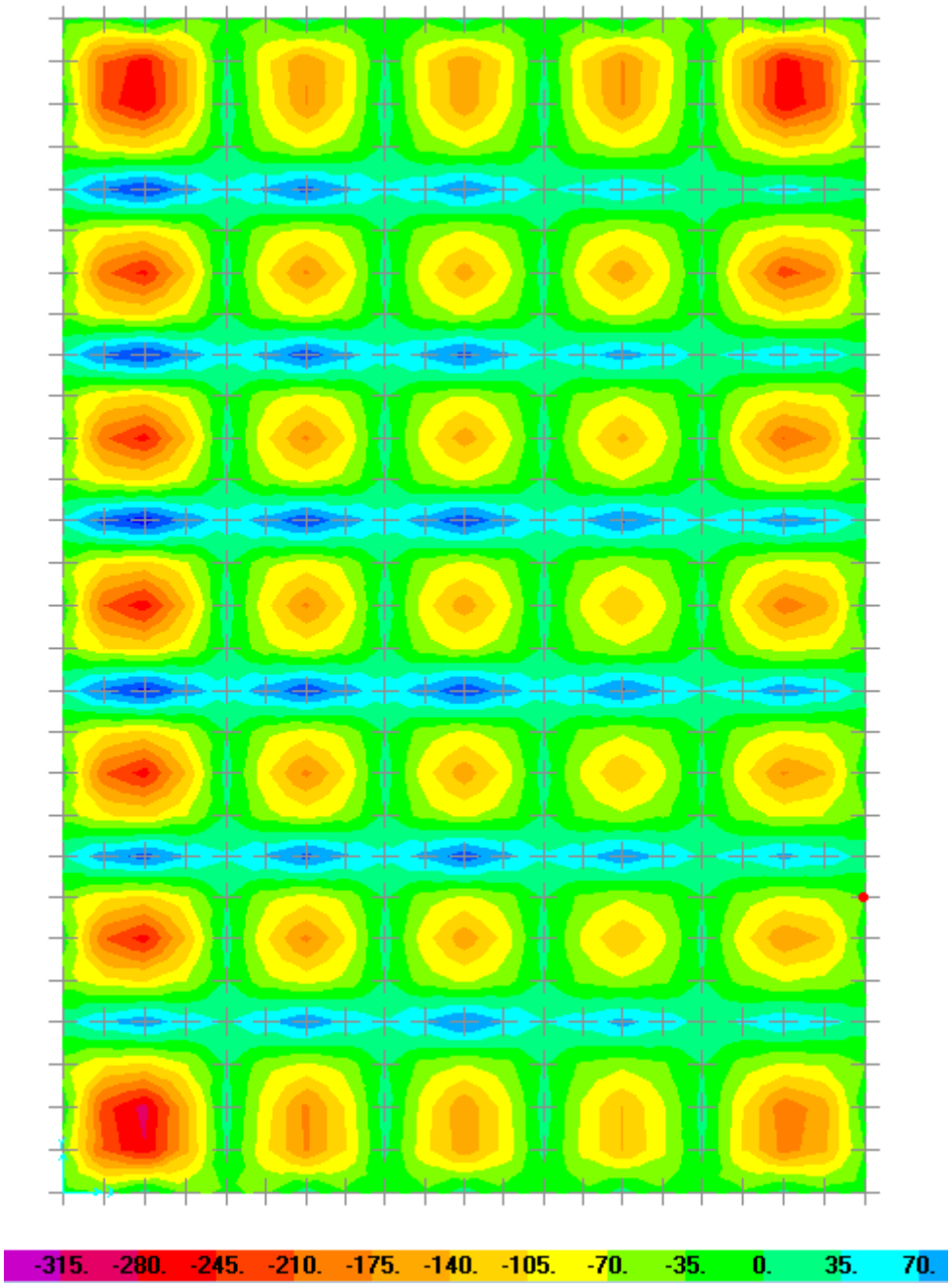


FIGURA 3-50- INVILUPPO SLE(RARE) – MMIN LONGTRASVERSALE [KNM/M]

Si riportano di seguito le verifiche delle tensioni:

Sezione	Sollecitazioni		Sezione		Armatura				Copriferro netto			
	M_{sd}		b	H	Inferiore		Superiore		inf	Sup	σ_c	σ_s
	[kNm]		[m]	[m]	T1	T2	T1	T2	[cm]	[cm]	[MPa]	[MPa]
Trasversale Bordo - parete A	M+	+44	1.0	0.8	5Ø20		5Ø20		5	5	0.7	40
Trasversale Bordo Cella 1-31 – setto B	M+	+360	1.0	0.8	5Ø20	1.25Ø20	5Ø20	1.25Ø14	5	5	5.2	268
	M-	-280									4.2	232
Trasversale Bordo Celle 2-3-4/32-33-34 - setti C-D	M+	+300	1.0	0.8	5Ø20		5Ø18		5	5	4.9	278
	M-	-220									3.8	250
Trasversale Bordo Cella 5-35 - setto E	M+	+365	1.0	0.8	5Ø20	1.25Ø20	5Ø20		5	5	5.4	272
	M-	-295									4.6	273
Trasversale Bordo Lato piattaforma – parete F	M+	+40	1.0	0.8	5Ø20		5Ø20		5	5	0.6	37
Trasversale lato mare – parete A	M+	+35	1.0	0.8	5Ø20		5Ø20		5	5	0.6	32
Trasversale Celle 6-11-16-21-26 – setto B	M+	+250	1.0	0.8	5Ø20		5Ø20		5	5	4.0	231
	M-	-200									3.2	185
Trasversale –Celle 7-8-9/12-13-14//17-18-19/22-23-24/27-28-29 – setti C-D	M+	+210	1.0	0.8	5Ø18		5Ø16		5	5	3.8	239
	M-	-195									3.8	278
Trasversale Celle 10-15-20-25-30 - setto E	M+	+280	1.0	0.8	5Ø18		5Ø16		5	5	5.0	318
	M-	-240									4.7	342
Trasversale Lato piattaforma – parete F	M+	+30	1.0	0.8	5Ø18		5Ø16		5	5	0.5	33
NB: I momenti positivi tendono le fibre inferiori, i momenti negativi tendono le fibre superiori.												

TABELLA 3-8- SLE(RARE) – VERIFICA TENSIONI SEZIONI TRASVERSALI

Sezione	Sollecitazioni		Sezione		Armatura				Copriferro netto			
	M_{sd}		b	H	Inferiore		Superiore		inf	Sup	σ_c	σ_s
	[kNm]		[m]	[m]	T1	T2	T1	T2	[cm]	[cm]	[MPa]	[MPa]
Longitudinali Celle 1-6-11-16-21-26-31/– setti H-I-J-K-L-M	M+	+360	1.0	0.8	5Ø20	2.5Ø20	5Ø20		7.0	7.0	5.3	233
	M-	-265									4.4	254
Long. Cella 2-7-12-17-22-27-32 /3-8-13-18-23-28-33/ 4-9-14-19-24-29-34–setti H-I-J-K-L-M	M+	+250	1.0	0.8	5Ø20		5Ø16		7.0	6.6	4.4	239
	M-	-175									3.6	256
Longitudinali Celle 5-10-15-20-25-30-35 - setti H-I-J-K-L-M	M+	+370	1.0	0.8	5Ø20	2.5Ø20	5Ø20		7.0	7.0	5.4	239
	M-	-280									4.6	268
NB: I momenti positivi tendono le fibre inferiori, i momenti negativi tendono le fibre superiori.												

TABELLA 3-9- SLE(RARE) – VERIFICA TENSIONI SEZIONI LONGITUDINALI

3.5.5 Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU) – Cassone d'angolo (H1)

Il cassone d'angolo H1 è meno sollecitato rispetto al cassone d'angolo A1 pertanto si prevede la stessa orditura del solettone.

3.5.6 Verifiche agli Stati Limite d'esercizio (SLE) – Cassone d'angolo (H1)

Il cassone d'angolo H1 è meno sollecitato rispetto al cassone d'angolo A1 pertanto si prevede la stessa orditura del solettone.

3.6 Pareti perimetrali e setti interni

Lo studio delle pareti perimetrali esterne e dei setti interni viene effettuato ricorrendo ad un modello piano agli elementi finiti realizzato con il codice SAP2000 in grado di riprodurre una sezione orizzontale del fusto del cassone.
Lo schema statico e l'orientamento del cassone sono riportati nella figura seguente.

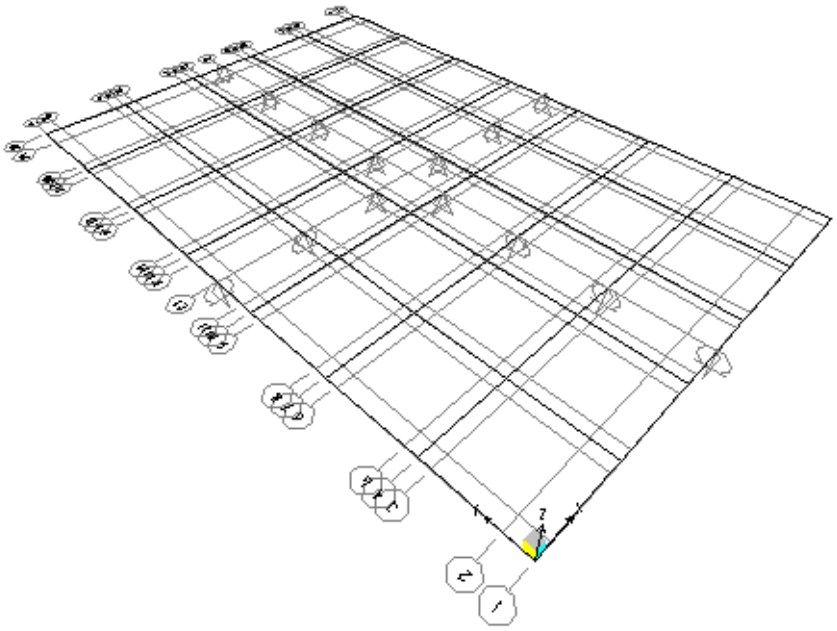


FIGURA 3-51- SCHEMA MODELLO ELEMENTI FINITI

Le verifiche sono state condotte per una striscia orizzontale che non risente degli effetti di bordo dovuti all'incastro con il solettone di base, alla quota +3.30 dalla quota d'imbasamento del cassone dove l'effetto bordo è trascurabile.
Si esegue inoltre una verifica a q.ta +13.00 dall'intradosso del solettone dove è previsto un cambiamento di orditura orizzontale del fusto.
Si considera il cassone riempito d'inerte fino a q.+2.30 con livello del acqua a q.+0.00 e q.+2.30 per le combinazione agli SLU mentre per le combinazioni agli SLE si considera il livello d'acqua a q.+0.00.
Si eseguono le verifiche per le fasi d'esercizio.

3.6.1 Cassone in fase di esercizio

Si riportano di seguito i diagrammi delle spinte idrostatiche che agiscono sulle pareti in fase di galleggiamento/affondamento nonché le spinte del materiale insilato nelle celle. Per quanto riguarda le spinte delle onde, i diagrammi sono riportati nel capitolo della stabilità generale. Le verifiche delle spinte sismiche sono eseguite per i setti nel capitolo a parte mentre per le pareti sono omessi essendo minori rispetto alle spinte delle onde.

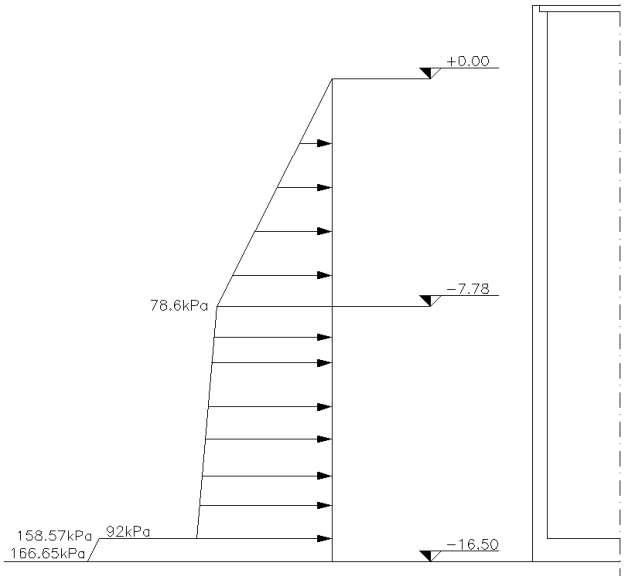


FIGURA 3-52- CASSONE CORRENTE E D'ANGOLO - INVILUPPO SPINTA IDROSTATICA FASI DI GALLEGGIAMENTO E AFFONDAMENTO

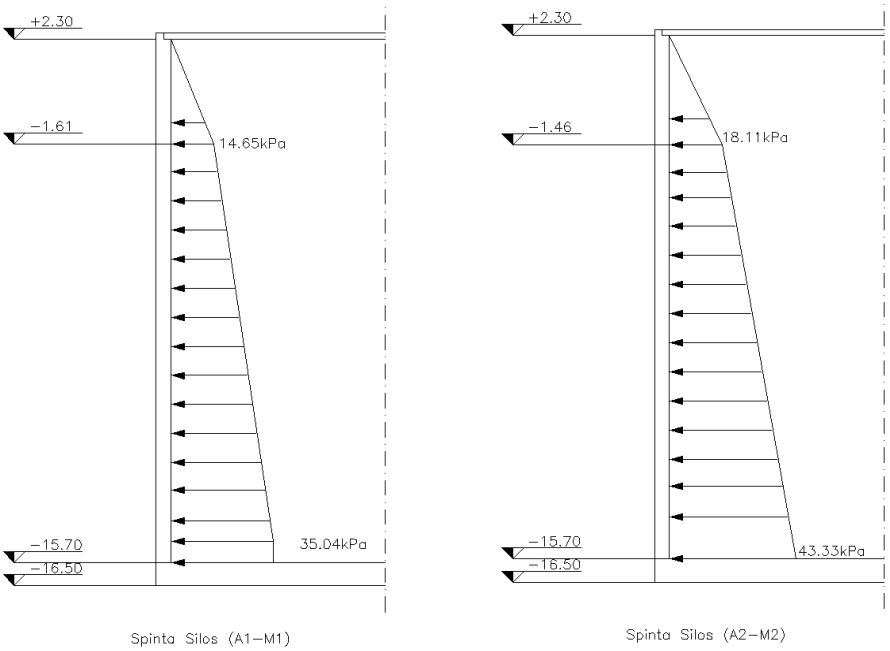


FIGURA 3-53- SPINTA SILOS CASSONI CELLE CORRENTI

Sono state analizzate le seguenti combinazioni di carico per livelli di marea +0.75/0.00/-0.50 per le fasi agli SLU:

Cassone corrente:

COMBINAZIONI AGLI STATI LIMITI UTLIMI (S.L.U.)

a) 1.3Silos+1.3dH20(+2.30)+1.5Cavo(marea-0.50/0.00/+0.75)+1.0SpT
b) 1.0Silos+1.0dH20(+0.00)+1.5Cavo(-0.50/0.00/+0.75)+1.3SpT+1.5x1xScSp
c) 1.0Silos+1.0dH20(+0.00)+1.5Cresta(-0.50/0.00/+0.75)+1.3SpT+1.5x1xScSp
d) 1.3(Galleggiamento e affondamento)
e) SISMA(silosM2) trasversale (marea +0.00)+ 1.0SpT+0.8ScSp
f) SISMA (silosM2) longitudinale (marea +0.00)+1.0SpT+0.8ScSp

COMBINAZIONI AGLI STATI LIMITI DI ESERCIZIO (FREQUENTI)

g) 1Silos+0.2Cavo d'onda+1.0SpT +0.8ScSp
h) 1Silos+0.2Cresta d'onda+1.0SpT +0.8ScSp
i) 1Silos+1.0SpT+0.9ScSp

COMBINAZIONI AGLI STATI LIMITI DI ESERCIZIO (RARE)

j) 1Silos+1.0Cavo d'onda+1.0SpT+1.0ScSp
k) 1Silos+1.0Cresta d'onda+1.0SpT+1.0ScSp

Per le verifiche in fase sismica si sono considerate le seguenti pressioni per i setti e le pareti.

Setti:

Su ciascun setto non allineato con la direzione dell'azione sismica agiscono le seguenti forze di inerzia:

- forza d'inerzia della massa del setto
- forza d'inerzia della massa di inerte saturo contenuta nelle celle separate dal setto

Nel caso in cui l'oscillazione sia diretta parallelamente all'asse trasversale del cassone, sui setti longitudinali agisce la pressione seguente:

Inerzia del materiale di riempimento saturo

p_I = 0.036*25*0.25 + 0.036*(4.00+4.00)*20 =0.225+5.8 =6 kPa

p_I =6.0 kN/mq (inerzia ca. + riempimento)

Nel caso in cui l'oscillazione sia diretta parallelamente all'asse longitudinale del cassone, sui setti trasversali agisce la pressione seguente:

p_I = 0.036*25*0.25 + 0.036*(4.20+4.30)*20 = 0.225 + 6.12 = 6.345 kPa

p_I = 6.4 kN/mq (inerzia ca. + riempimento)

Pareti:

Su ciascun parete non allineato con la direzione dell'azione sismica agiscono le seguenti forze di inerzia:

- spinta silos (M2) del materiale di riempimento delle celle
- forza d'inerzia della massa del setto
- forza d'inerzia della massa di inerte saturo contenuta nelle celle separate dal setto
- spinta idrodinamica lato esterno dovuto al acqua libera (Westergaard)

Sotto +13.00 dal fondo:

Nel caso in cui l'oscillazione sia diretta parallelamente all'asse trasversale del cassone, sui setti longitudinali agisce la pressione seguente:

p_l = 38.9+/-0.036*25*0.5 +/- 0.036*4.00*20 +/- 7/8*10.1*0.036*√(13.2*16.5)

p_l = 38.9+/-0.45+/-2.88+/-4.70

p_l = 46.9/30.8 kN/mq (silosM2+inerzia ca. + inerzia riempimento + Westergaard)

Nel caso in cui l'oscillazione sia diretta parallelamente all'asse longitudinale del cassone, sui setti trasversali agisce la pressione seguente:

p_l = 38.9+/-0.45 +/- 0.036*4.20*20 +/-4.7 = 38.9+/-0.45+/-3.02 +/-19.6

p_l = 62/15.8kN/mq (silos(M2)+ inerzia ca. + inerzia riempimento + Westergaard)

Sopra +13.00 dal fondo:

Nel caso in cui l'oscillazione sia diretta parallelamente all'asse trasversale del cassone, sui setti longitudinali agisce la pressione seguente:

p_l = 22+/-0.036*25*0.5 +/- 0.036*4.00*20 +/- 7/8*10.1*0.036*√(3.5*16.5)

p_l = 22+/-0.45+/-2.9+/-2.42

p_l = 27.8/16.2 kN/mq (silosM2+inerzia ca. + inerzia riempimento + Westergaard)

Nel caso in cui l'oscillazione sia diretta parallelamente all'asse longitudinale del cassone, sulle pareti trasversali agiscono le pressione seguente:

p_l = 22+/-0.45 +/- 0.036*4.20*20 +/-2.42 = 22+/-0.45+/-3.0 +/-2.42

p_l = 27.87/16.1kN/mq (silos(M2)+ inerzia ca. + inerzia riempimento + Westergaard)

Per le verifiche del fusto del cassone corrente si sono considerato i seguenti diagrammi di pressione.

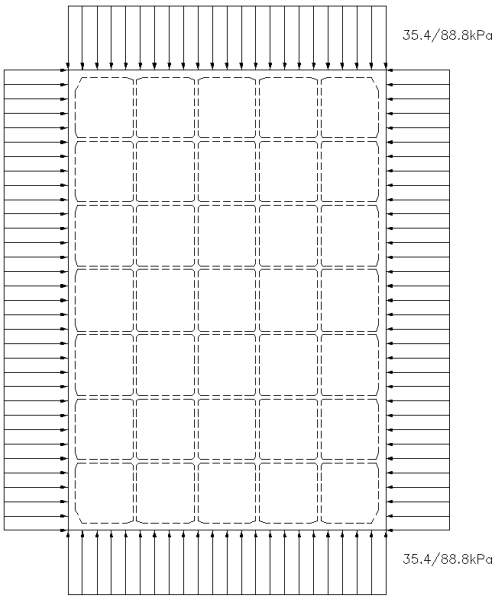


FIGURA 3-54- SPINTA FUSTO – GALLEGGIAMENTO E AFFONDAMENTO

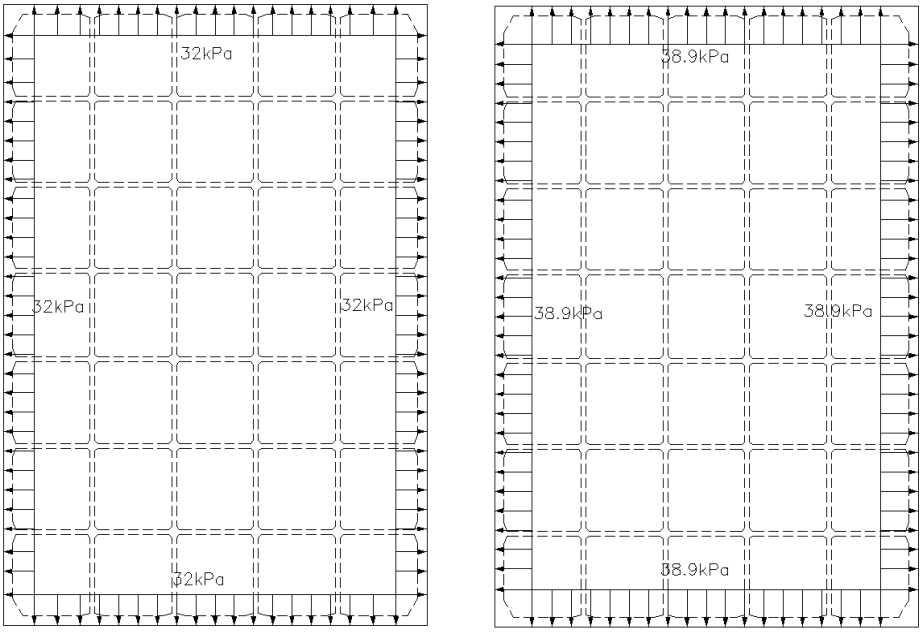


FIGURA 3-55- SPINTA FUSTO – SILOS M1 E M2(Q.+3.3M DAL FONDO)

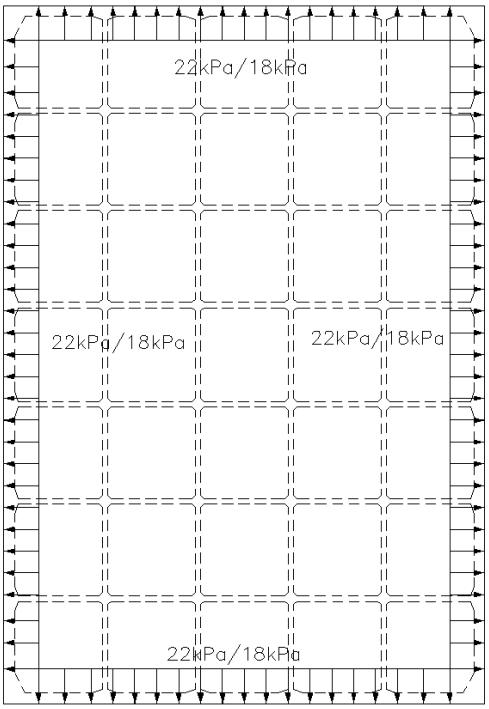


FIGURA 3-56 - SPINTA FUSTO – SILOS M2/M1 (Q.+13M DAL FONDO)

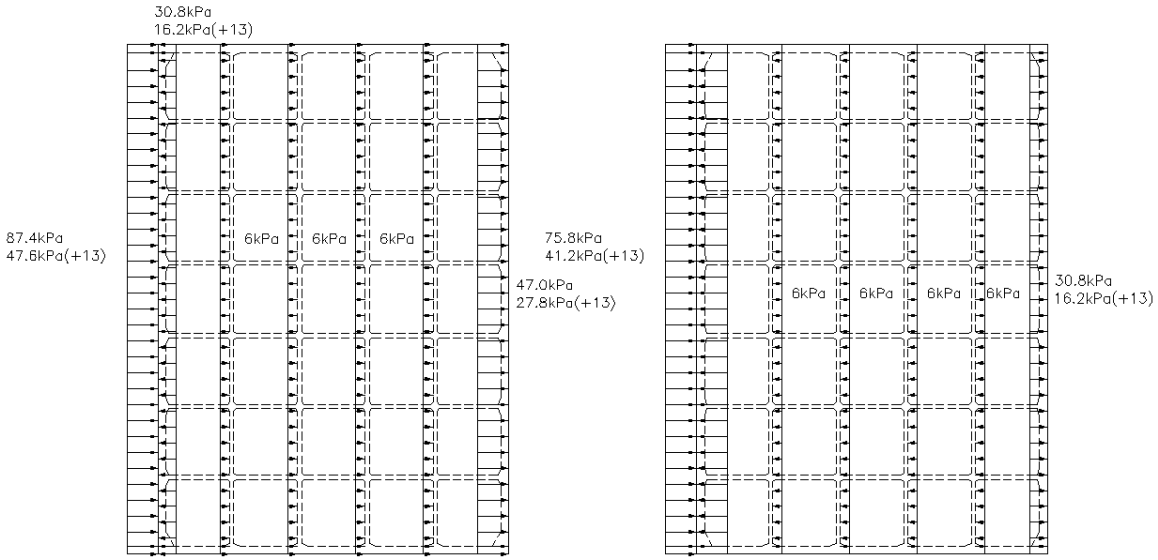


FIGURA 3-57- SPINTA FUSTO CASSONE CORRENTE – SISMA TRASVERSALE

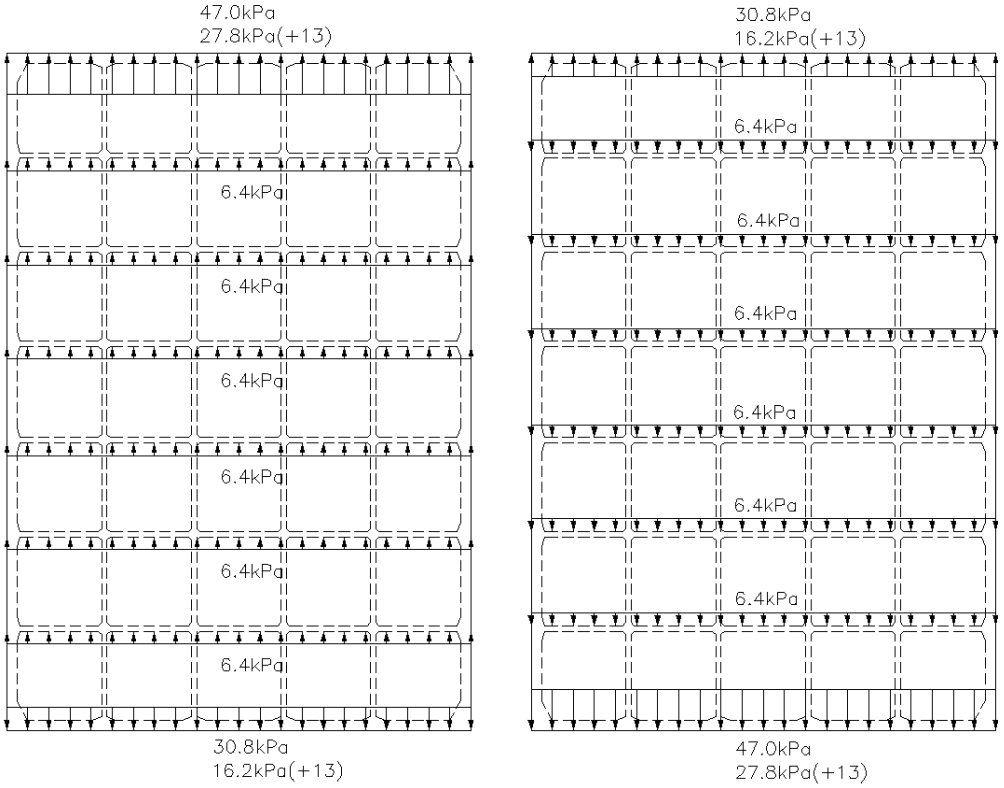


FIGURA 3-58 - SPINTA FUSTO CASSONE CORRENTE – SISMA LONGITUDINALE

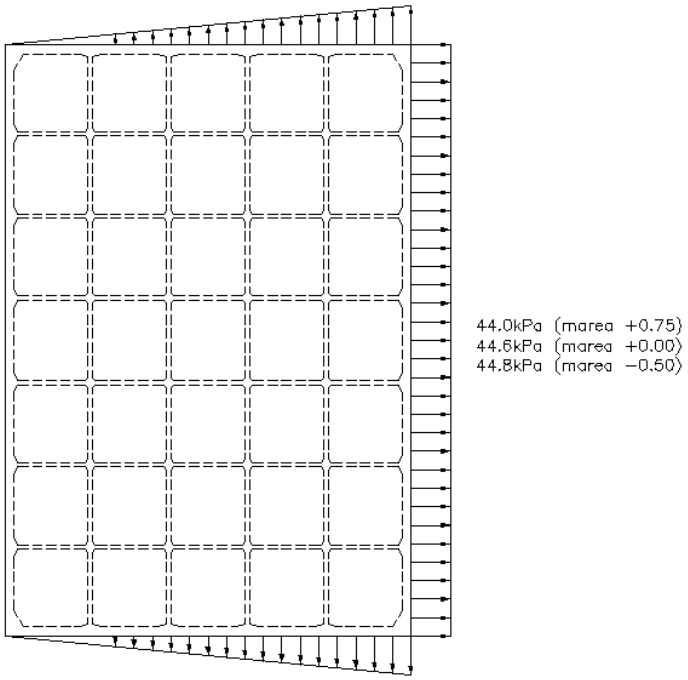


FIGURA 3-59 - SPINTA FUSTO PARTE BASSA – CAVO D'ONDA – TR=50ANNI (CASSONE CORRENTE)

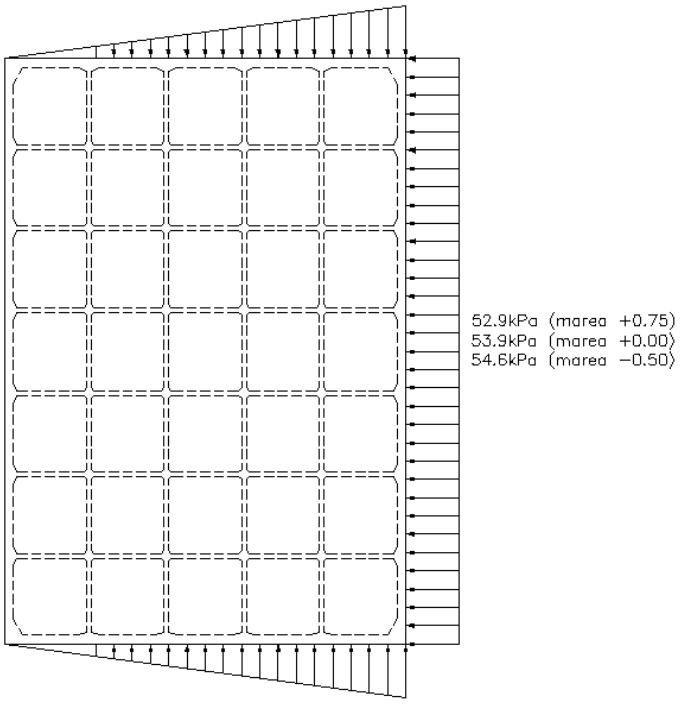


FIGURA 3-60- SPINTA FUSTO PARTE BASSA – CRESTA D'ONDA TR=50ANNI (CASSONE CORRENTE)

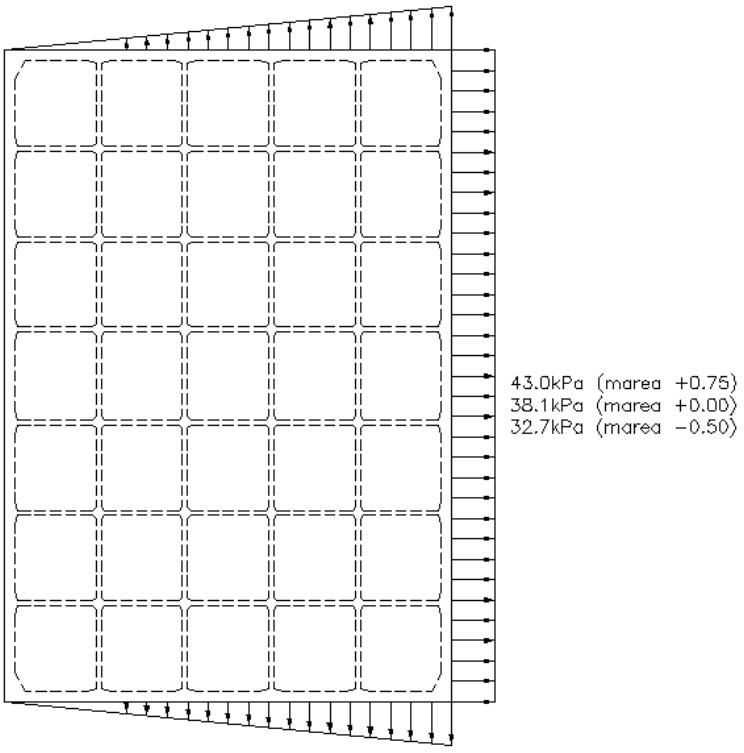


FIGURA 3-61- SPINTA FUSTO PARTE ALTA – CAVO D'ONDA TR=50ANNI (CASSONE CORRENTE)

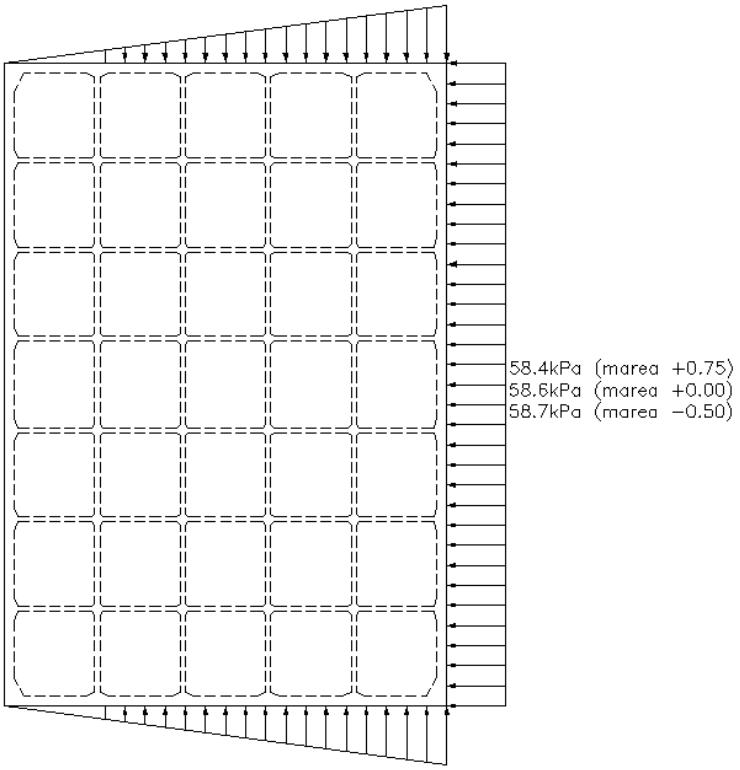


FIGURA 3-62- SPINTA FUSTO PARTE ALTA – CRESTA D'ONDA TR=50ANNI (CASSONE CORRENTE)

Cassone d'angolo (A1):

Per il cassone d'angolo si considerano le seguenti combinazioni di carico sia per l'onda con periodo di ritorno di 50anni (senza diga PRP) sia per l'onda con periodo di ritorno di 250anni (con diga PRP).

COMBINAZIONI AGLI STATI LIMITI ULTIMI (S.L.U.)

a1) 1.3xSilos(M1)+1.3xdH20(+2.30)+1.5xCavo(lato banchina container)
a2) 1.3xSilos(M1)+1.3xdH20(+2.30)+1.5xCavo(lato banchina rinfuse)
a3) 1.3xSilos(M1)+1.3xdH20(+2.30)+1.5xCavo obliquo
b1) 1.0xSilos(M1)+1.0xdH20(+0.00)+1.5xCresta(lato banchina container)
b2) 1.0xSilos(M1)+1.0xdH20(+0.00)+1.5xCresta(lato banchina rinfuse)
b3) 1.0xSilos(M1)+1.0xdH20(+0.00)+1.5xCresta obliqua
c) 1.3x(Galleggiamento e affondamento)
d) SISMA(silosM2) trasversale (marea +0.00)
e) SISMA (silosM2) longitudinale (marea +0.00)

COMBINAZIONI AGLI STATI LIMITI DI ESERCIZIO (FREQUENTI)

f1) 1xSilos(M1)+1xdH20(+0.00)+0.2xCavo d'onda(banchina container)

f2) 1xSilos(M1)+1xdH20(+0.00)+0.2xCavo d'onda(lato rinfuse)

f3) 1xSilos(M1)+1xdH20(+0.00)+0.2xCavo d'onda obliquo

g1) 1xSilos(M1)+1xdH20(+0.00)+0.2xCresta d'onda(banchina container)

g2) 1xSilos(M1)+1xdH20(+0.00)+0.2xCresta d'onda(lato rinfuse)

g3) 1xSilos(M1)+1xdH20(+0.00)+0.2xCresta d'onda obliqua

COMBINAZIONI AGLI STATI LIMITI DI ESERCIZIO (RARE)

h1) 1xdH20(+0.00)+1.0xCavo d'onda(banchina container)

h2) 1xdH20(+0.00)+1.0xCavo d'onda(lato rinfuse)

h3) 1xdH20(+0.00)+1.0xCavo d'onda obliquo

i1) 1xdH20(+0.00)+1.0xCresta d'onda(banchina container)

i2) 1xdH20(+0.00)+1.0xCresta d'onda(lato rinfuse)

i3) 1xdH20(+0.00)+1.0xCresta d'onda obliqua

Di seguito si riportano i diagrammi delle pressioni orizzontali nominali per il moto ondoso utilizzati per il calcolo delle sollecitazioni. Per quanto riguarda le spinte in fase di galleggiamento silos, nonché in fase sismica si fa riferimento al cassone corrente.

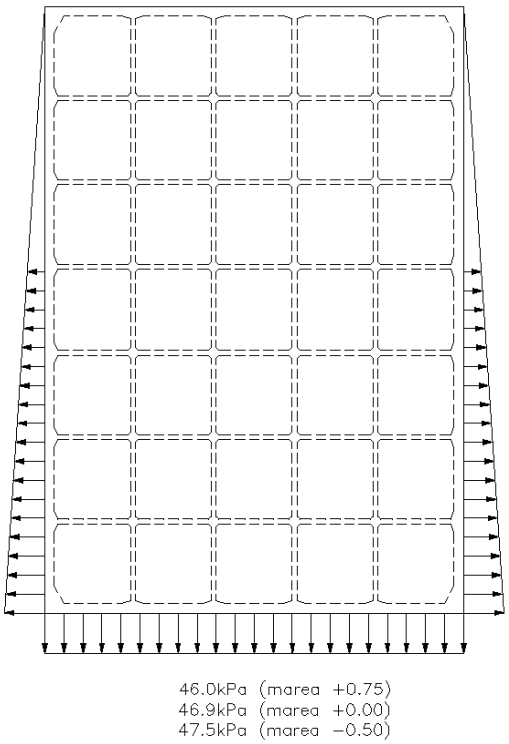


FIGURA 3-63- SPINTA FUSTO PARTE BASSA – CAVO D'ONDA LATO BANCHINA CONTAINER(CASSONE A1) – ONDA CON TR=250ANNI

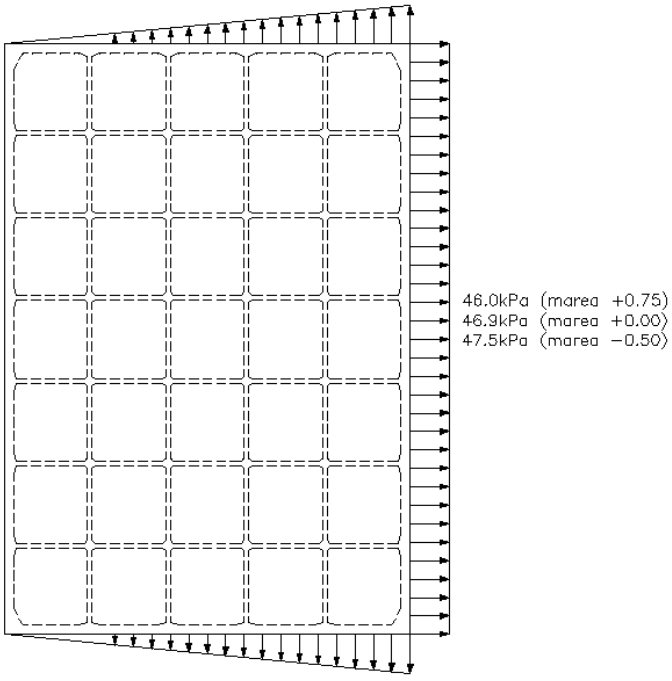


FIGURA 3-64- SPINTA FUSTO PARTE BASSA – CAVO D'ONDA LATO BANCHINA RINFUSE(CASSONE A1) – ONDA CON TR=250ANNI

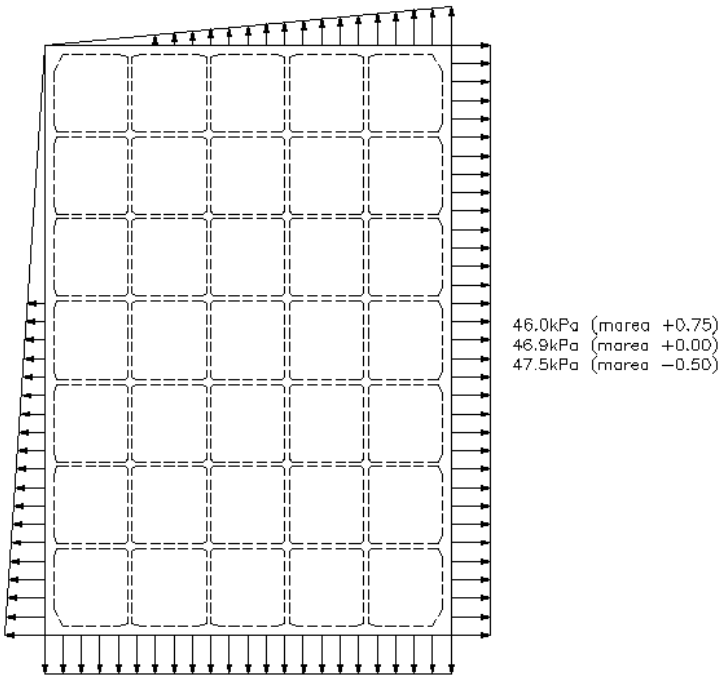


FIGURA 3-65- SPINTA FUSTO PARTE BASSA – CAVO D'ONDA OBLIQUO (CASSONE A1) – ONDA CON TR=250ANNI

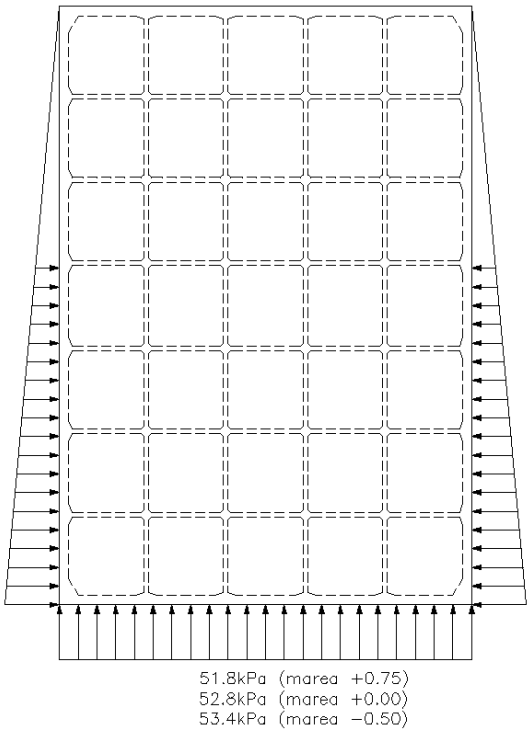


FIGURA 3-66- SPINTA FUSTO PARTE BASSA – CRESTA D'ONDA LATO BANCHINA CONTAINER(CASSONE A1) – ONDA CON TR=250ANNI

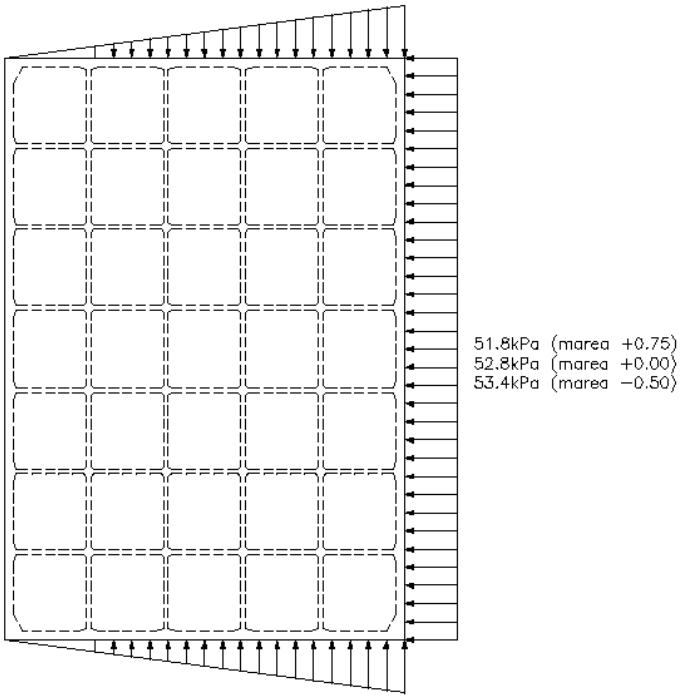


FIGURA 3-67- SPINTA FUSTO PARTE BASSA – CRESTA D'ONDA LATO BANCHINA RINFUSE(CASSONE A1) – ONDA CON TR=250ANNI

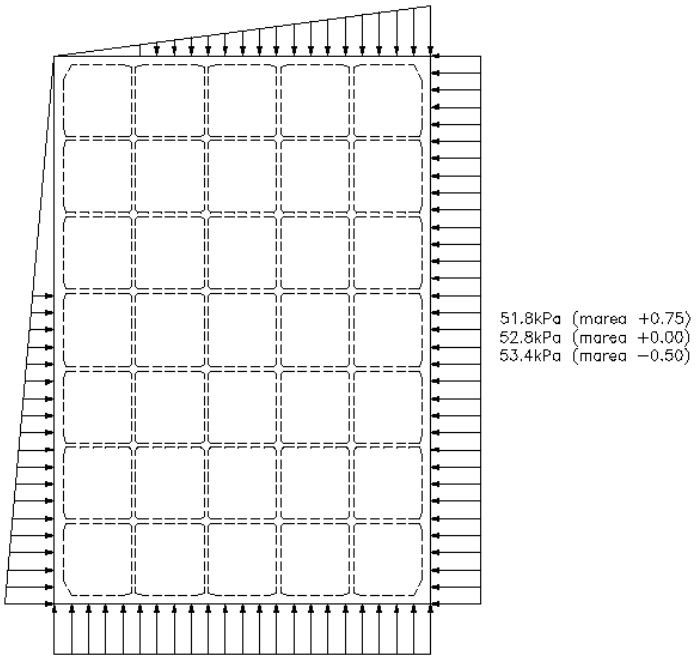


FIGURA 3-68- SPINTA FUSTO PARTE BASSA – CRESTA D'ONDA OBLIQUO(CASSONE A1) – ONDA CON TR=250ANNI

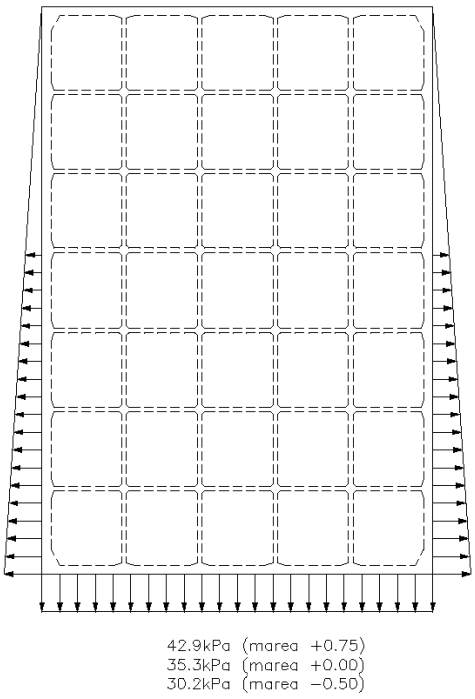


FIGURA 3-69- SPINTA FUSTO PARTE ALTA – CAVO D'ONDA LATO BANCHINA CONTAINER(CASSONE A1) – ONDA CON TR=250ANNI

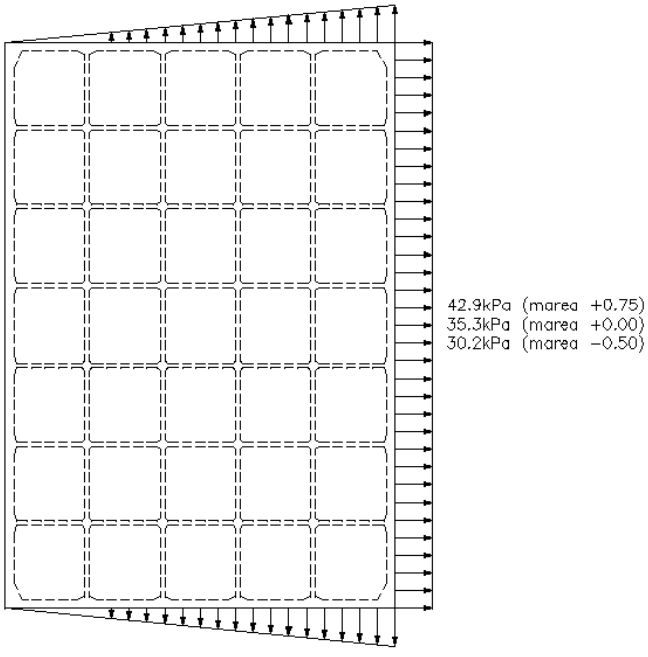


FIGURA 3-70 - SPINTA FUSTO PARTE ALTA – CAVO D'ONDA LATO BANCHINA RINFUSE(CASSONE A1) – ONDA CON TR=250ANNI

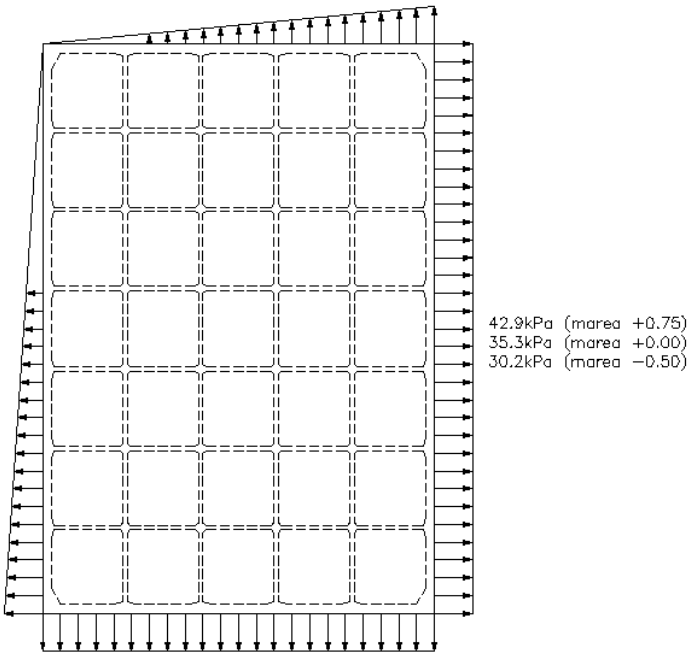


FIGURA 3-71 - SPINTA FUSTO PARTE ALTA – CAVO D'ONDA OBLIQUO (CASSONE A1) – ONDA CON TR=250ANNI

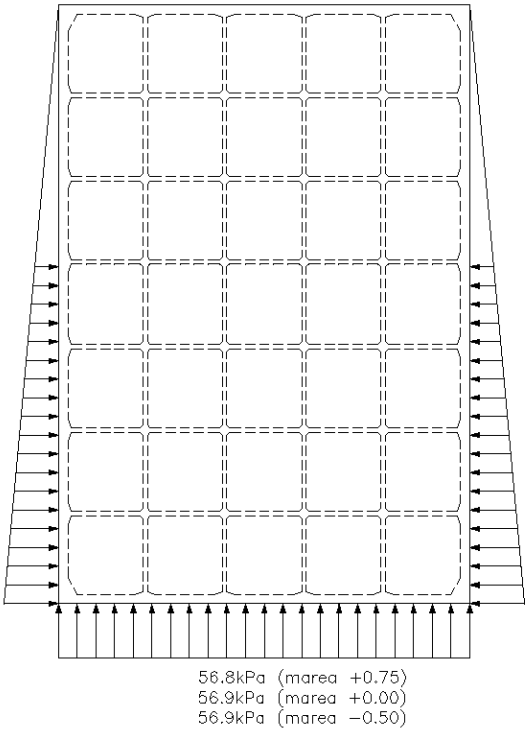


FIGURA 3-72 - SPINTA FUSTO PARTE ALTA – CRESTA D'ONDA LATO BANCHINA CONTAINER(CASSONE A1) – ONDA CON TR=250ANNI

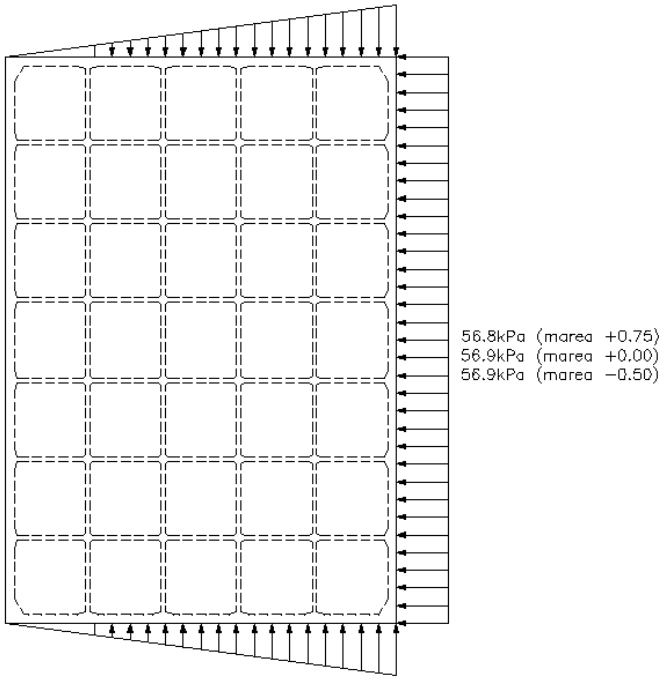


FIGURA 3-73 - SPINTA FUSTO PARTE ALTA – CRESTA D'ONDA LATO BANCHINA RINFUSE(CASSONE A1) – ONDA CON TR=250ANNI

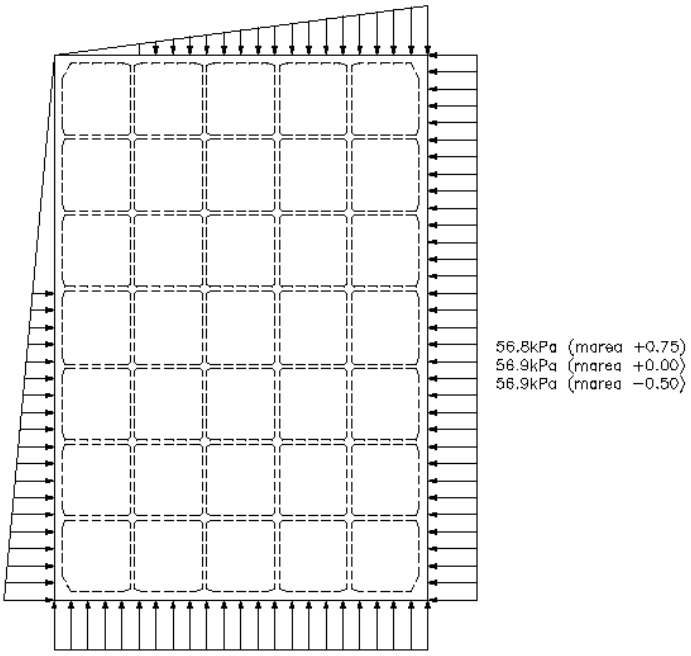


FIGURA 3-74 - SPINTA FUSTO PARTE ALTA – CRESTA D'ONDA OBLIQUO(CASSONE A1) – ONDA CON TR=250ANNI

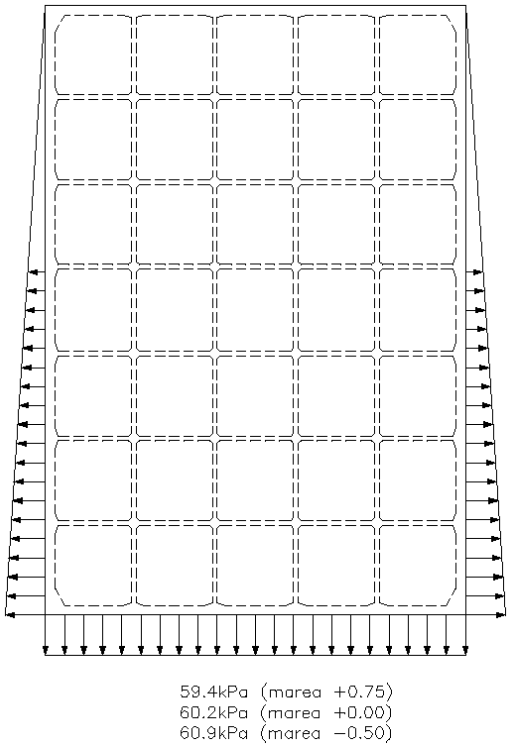


FIGURA 3-75- SPINTA FUSTO PARTE BASSA – CAVO D'ONDA LATO BANCHINA CONTAINER(CASSONE A1) – ONDA CON TR=50ANNI

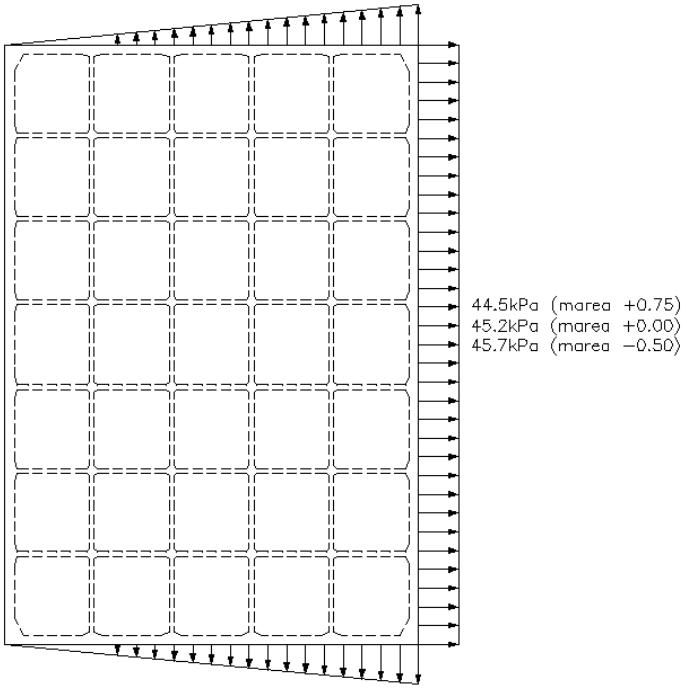


FIGURA 3-76- SPINTA FUSTO PARTE BASSA – CAVO D'ONDA LATO BANCHINA RINFUSE(CASSONE A1) – ONDA CON TR=50ANNI

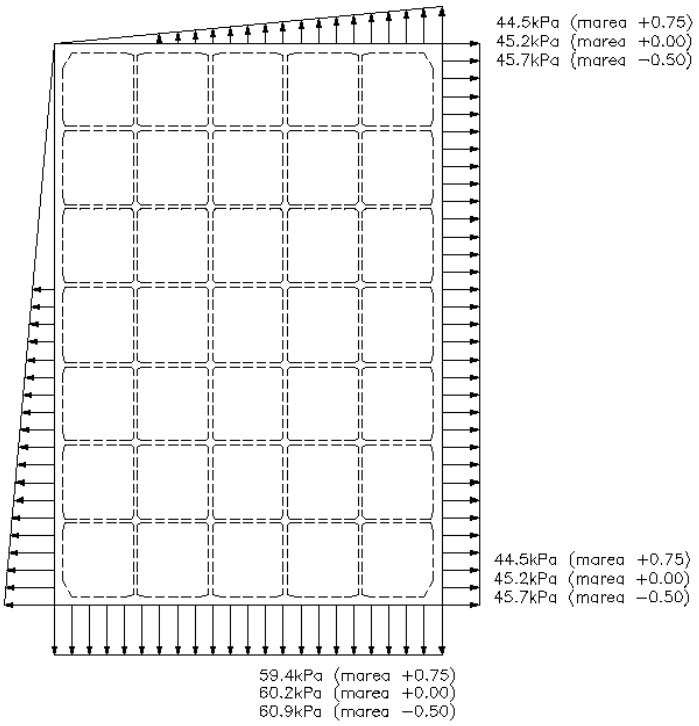


FIGURA 3-77- SPINTA FUSTO PARTE BASSA – CAVO D'ONDA OBLIQUO (CASSONE A1) – ONDA CON TR=50ANNI

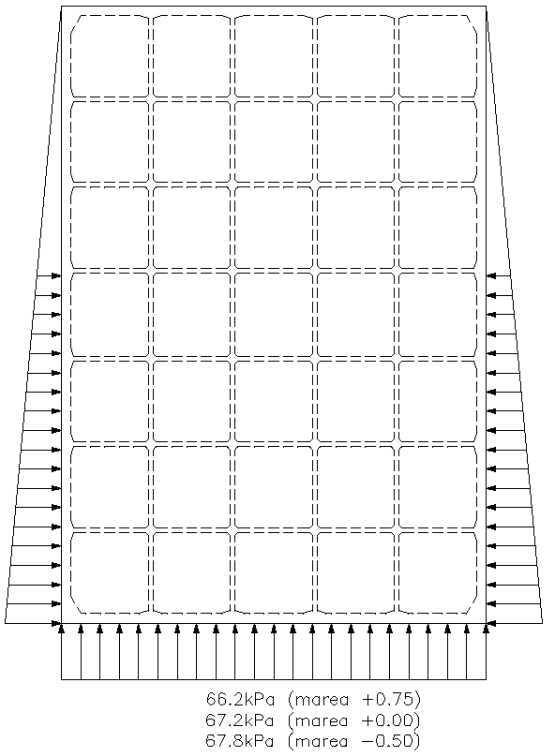


FIGURA 3-78- SPINTA FUSTO PARTE BASSA – CRESTA D'ONDA LATO BANCHINA CONTAINER(CASSONE A1) – ONDA CON TR=50ANNI

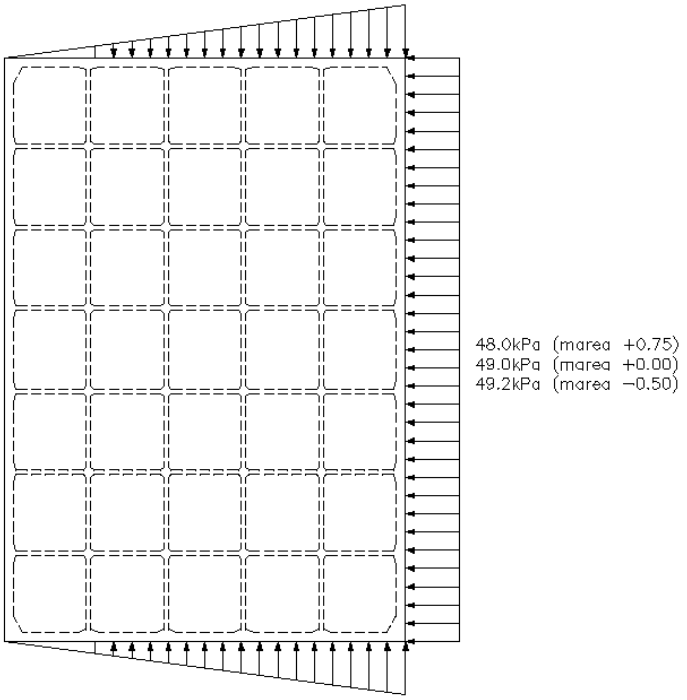


FIGURA 3-79- SPINTA FUSTO PARTE BASSA – CRESTA D'ONDA LATO BANCHINA RINFUSE(CASSONE A1) – ONDA CON TR=50ANNI

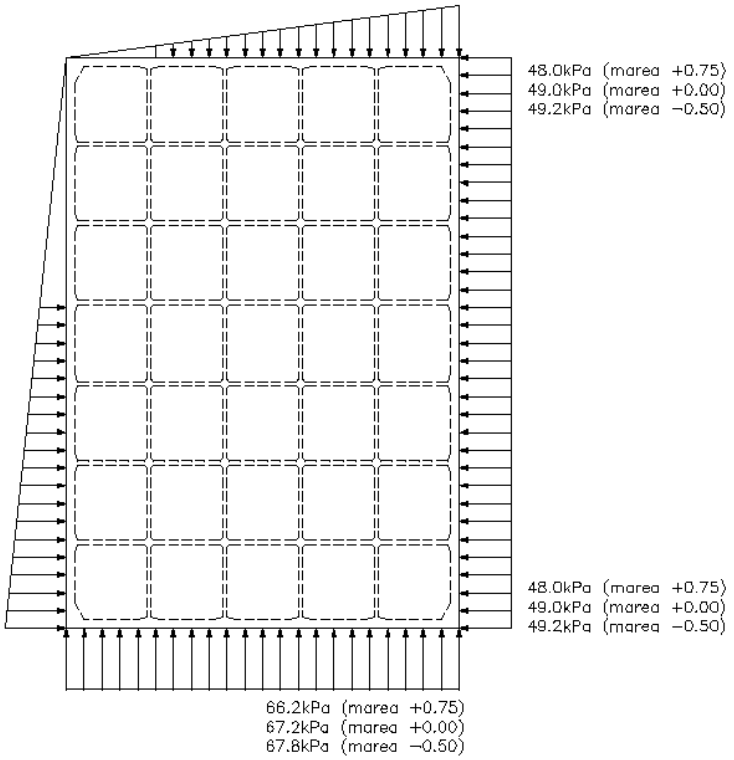


FIGURA 3-80- SPINTA FUSTO PARTE BASSA – CRESTA D'ONDA OBLIQUO(CASSONE A1) – ONDA CON TR=50ANNI

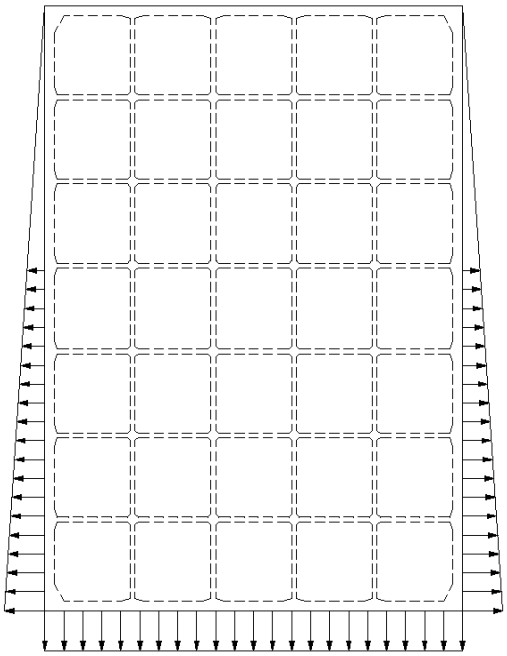


FIGURA 3-81- SPINTA FUSTO PARTE ALTA – CAVO D'ONDA LATO BANCHINA CONTAINER(CASSONE A1) – ONDA CON TR=50ANNI

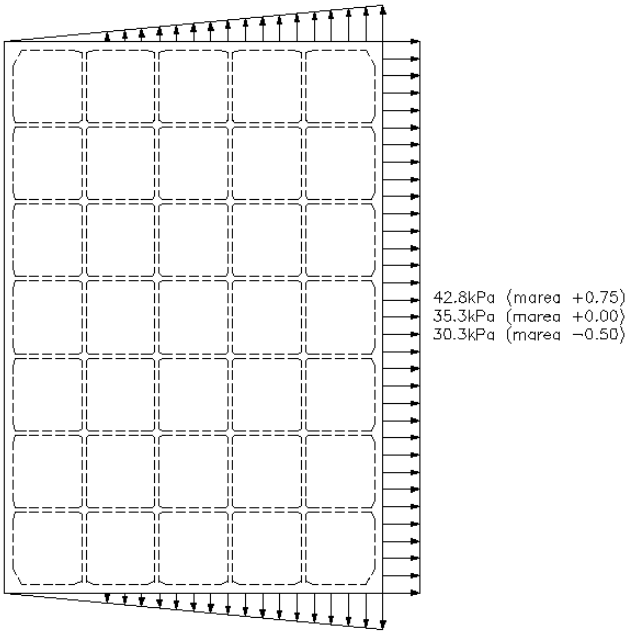


FIGURA 3-82 - SPINTA FUSTO PARTE ALTA – CAVO D'ONDA LATO BANCHINA RINFUSE(CASSONE A1) – ONDA CON TR=50ANNI

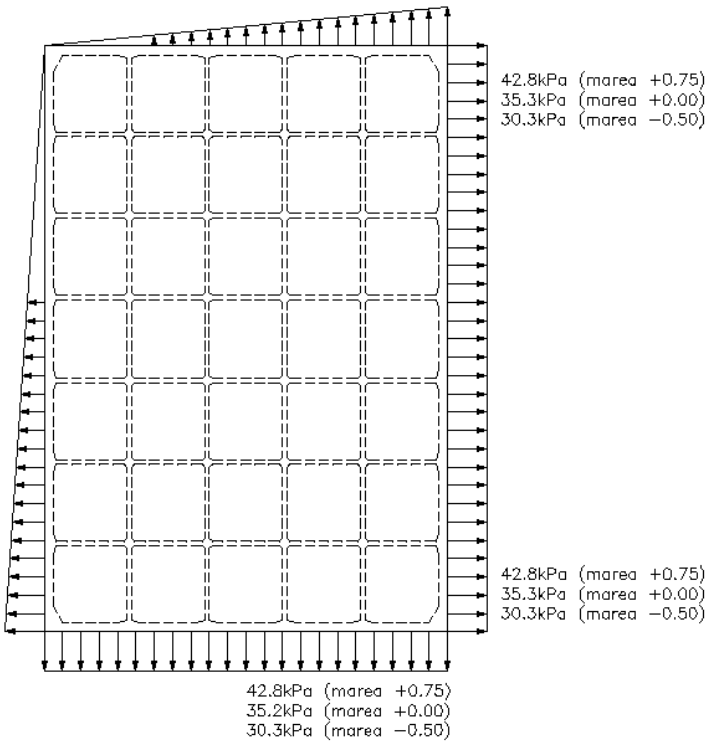


FIGURA 3-83 - SPINTA FUSTO PARTE ALTA – CAVO D'ONDA OBLIQUO (CASSONE A1) – ONDA CON TR=50ANNI

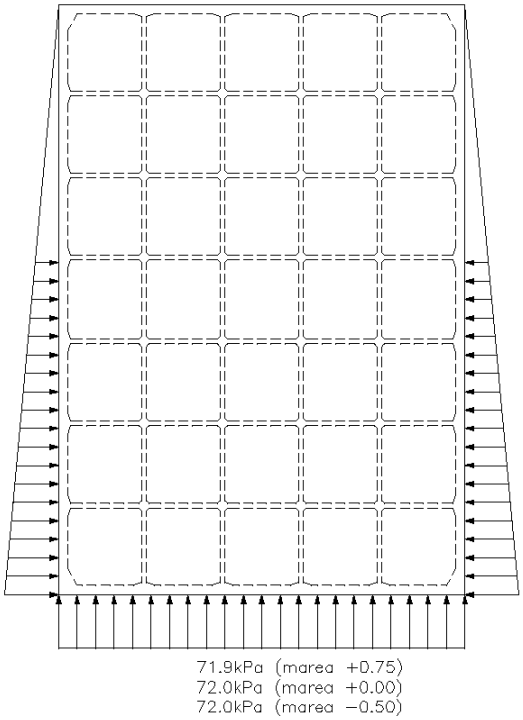


FIGURA 3-84 - SPINTA FUSTO PARTE ALTA – CRESTA D'ONDA LATO BANCHINA CONTAINER(CASSONE A1) – ONDA CON TR=50ANNI

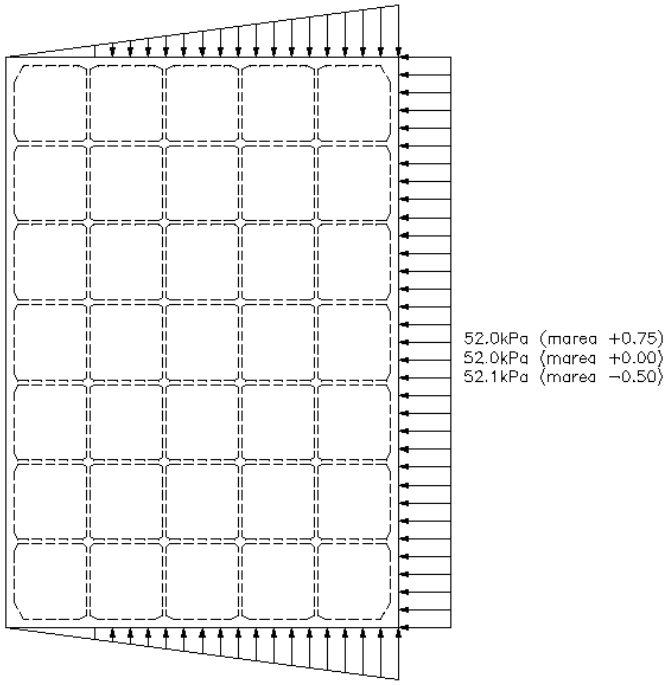


FIGURA 3-85 - SPINTA FUSTO PARTE ALTA – CRESTA D'ONDA LATO BANCHINA RINFUSE(CASSONE A1) – ONDA CON TR=50ANNI

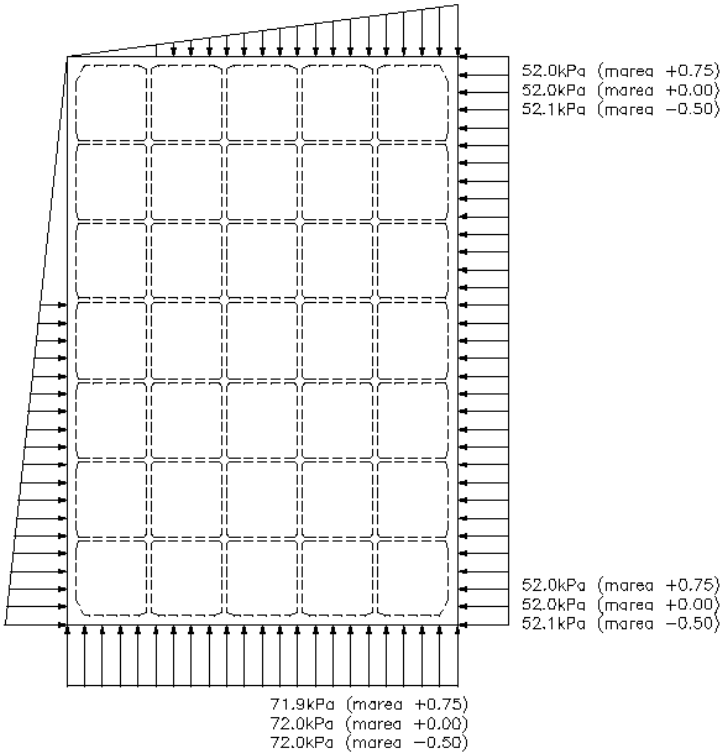


FIGURA 3-86 - SPINTA FUSTO PARTE ALTA – CRESTA D'ONDA OBLIQUO(CASSONE A1) – ONDA CON TR=50ANNI

Le verifiche sono state eseguite limitatamente alle condizioni più gravose e alle sezioni critiche.

3.6.2 Verifiche agli SLU

3.6.2.1 Cassone corrente- tenso-pressoflessione

Nelle figure seguenti sono riportati i diagrammi degli inviluppi delle combinazioni di carico di progetto.

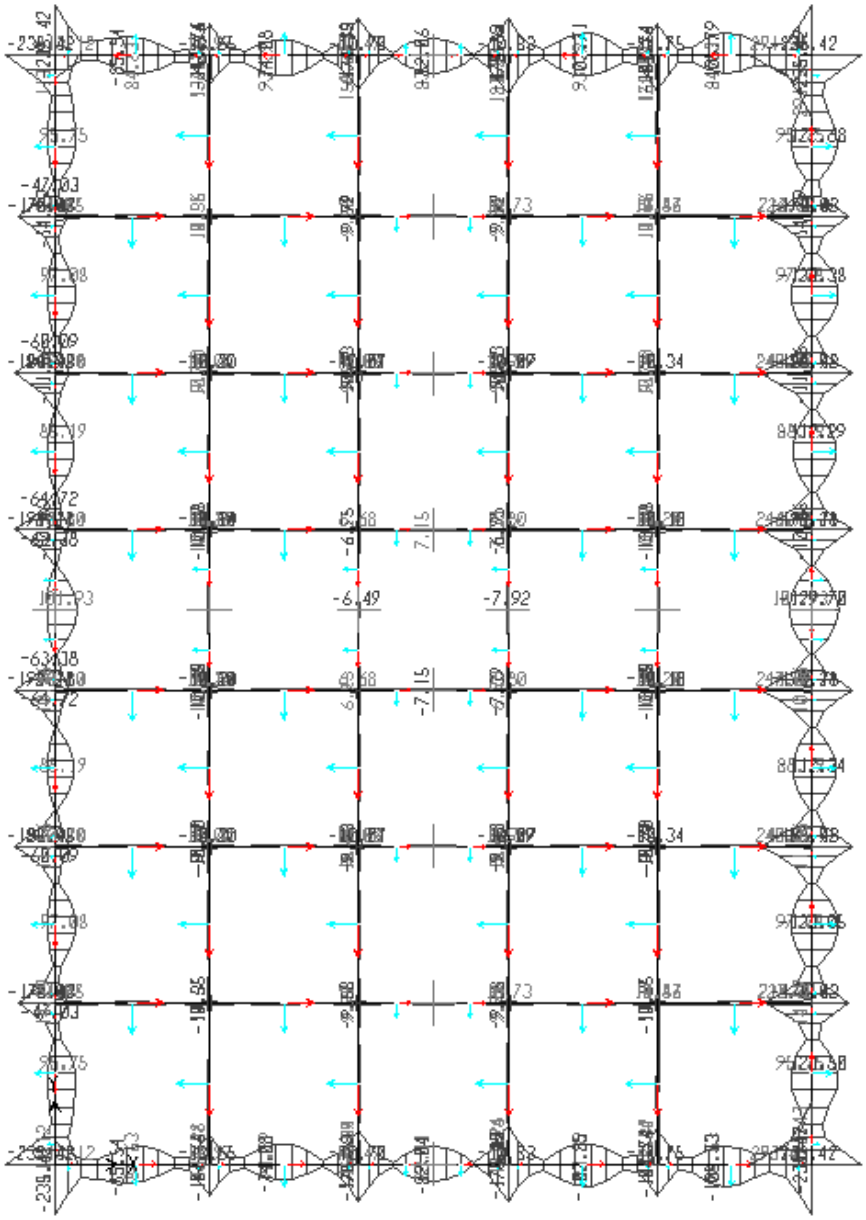


FIGURA 3-87 - S.L.U - INVILUPPO MOMENTO FLETTENTE MASSIMO E MINIMO PARETI E SETTI FINO A Q.TA+13.00

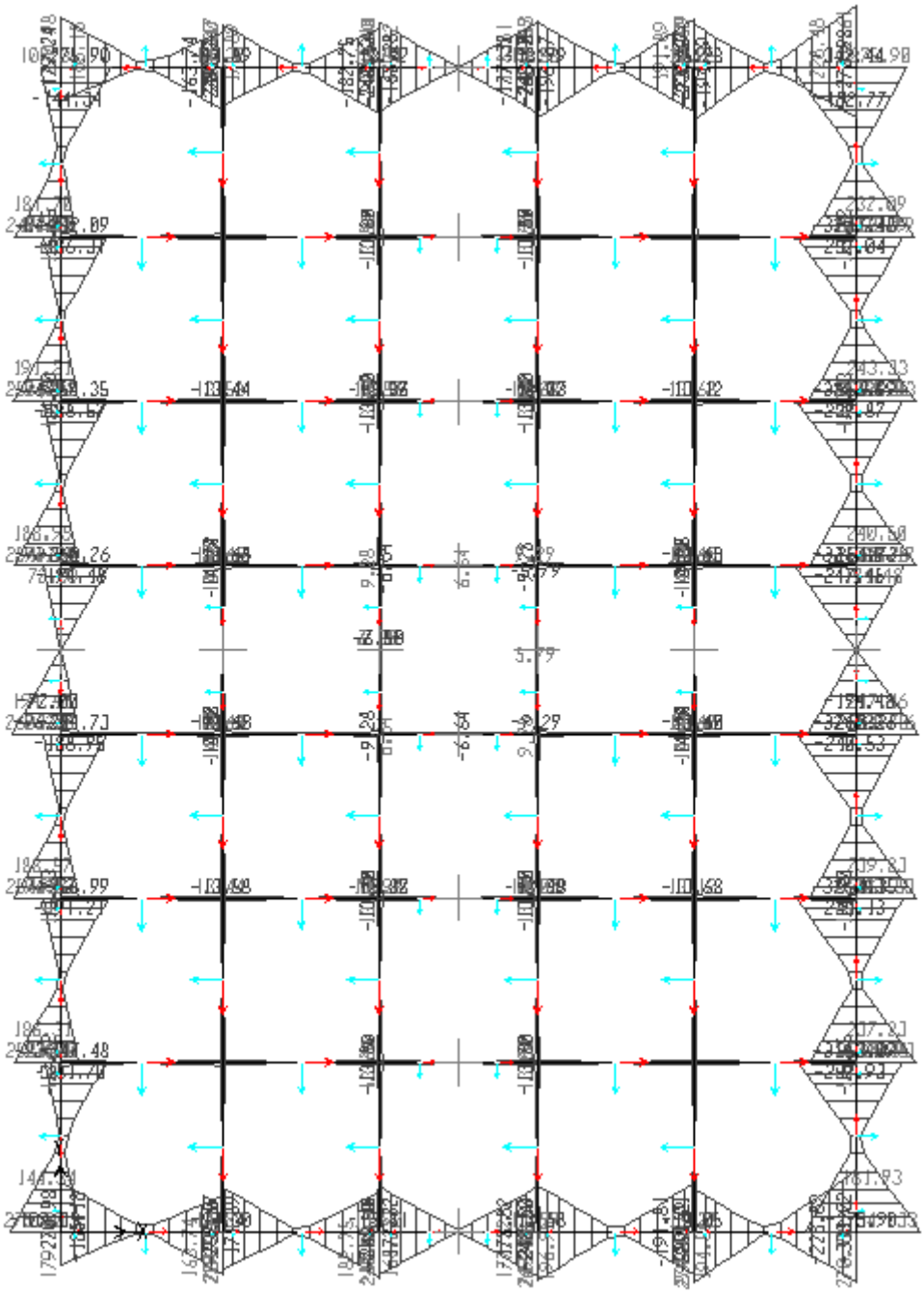


FIGURA 3-88 - S.L.U - INVILUPPO TAGLIO MASSIMO E MINIMO PARETI E SETTI FINO A Q.TA+13.00

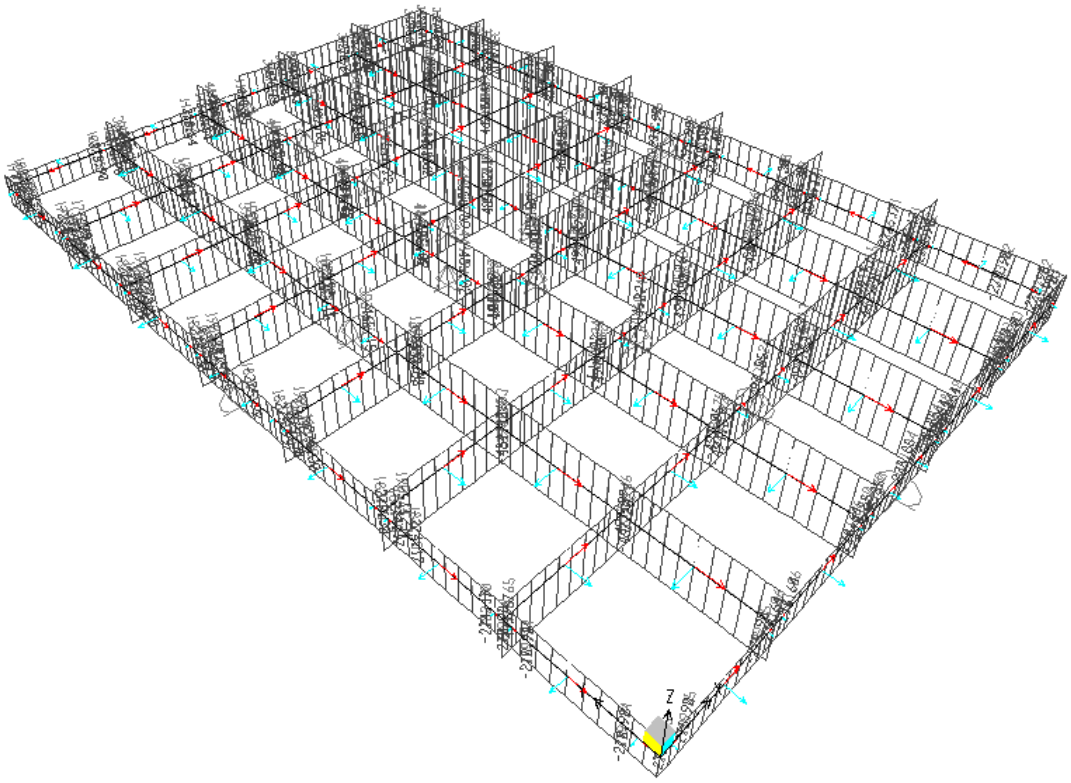


FIGURA 3-89 - SLU - INVILUPPO SFORZO NORMALE MASSIMO E MINIMO PARETI E SETTI FINO A Q.TA+13.00

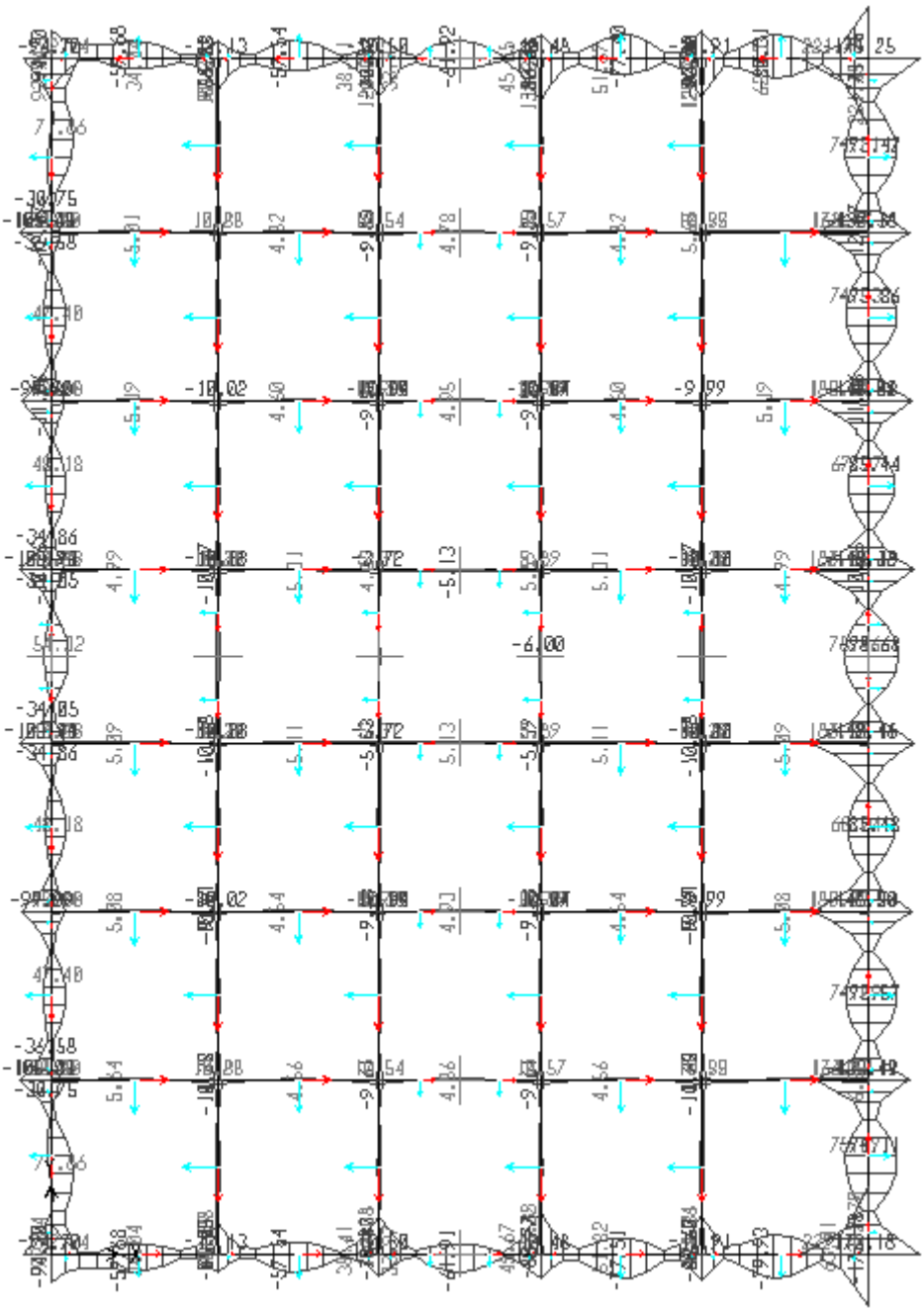


FIGURA 3-90 - S.L.U - INVILUPPO MOMENTO FLETTENTE MASSIMO E MINIMO PARETI E SETTI SOPRA Q.TA+13.00

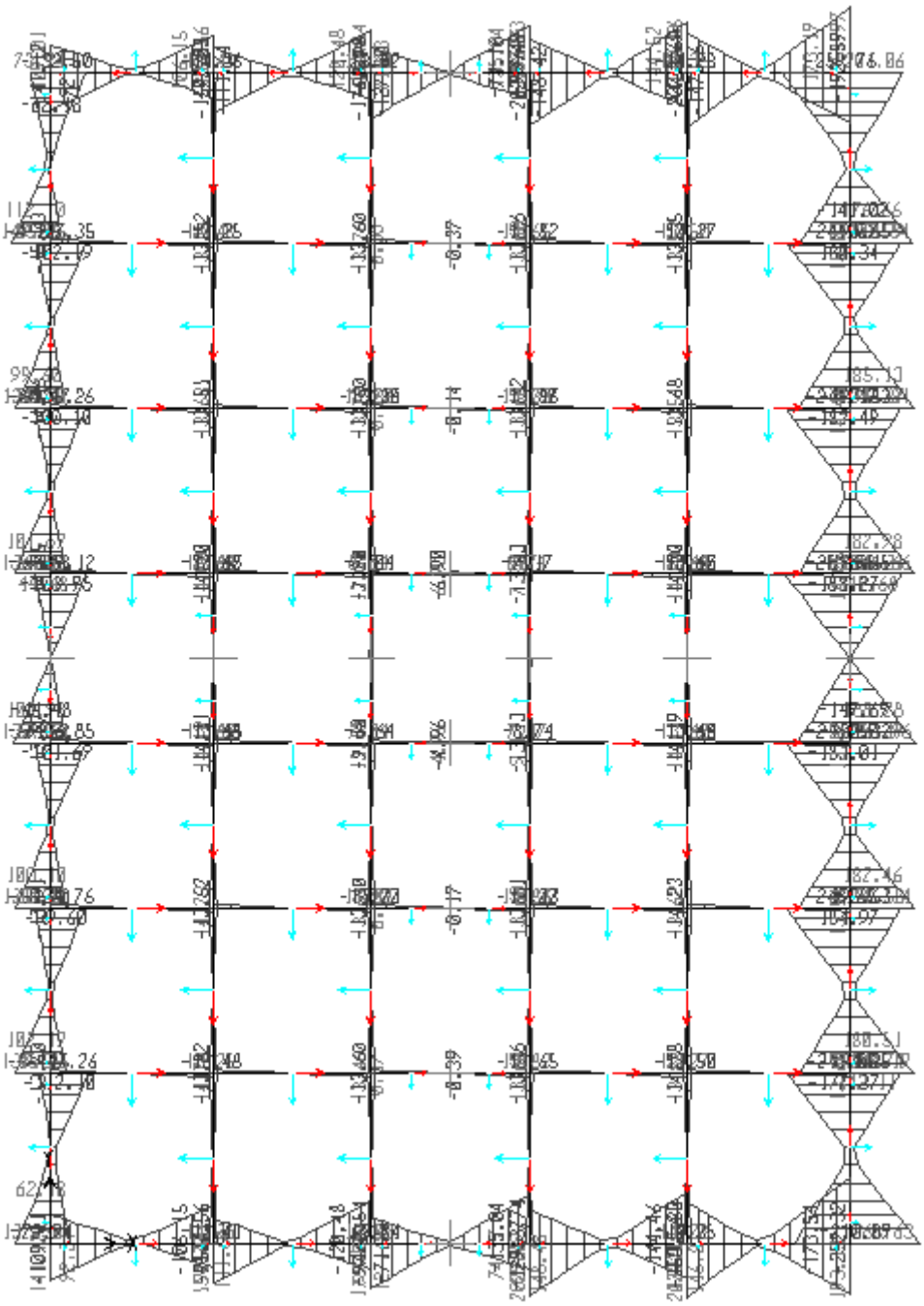


FIGURA 3-91 - S.L.U - INVILUPPO TAGLIO MASSIMO E MINIMO PARETI E SETTI SOPRA Q.TA+13.00

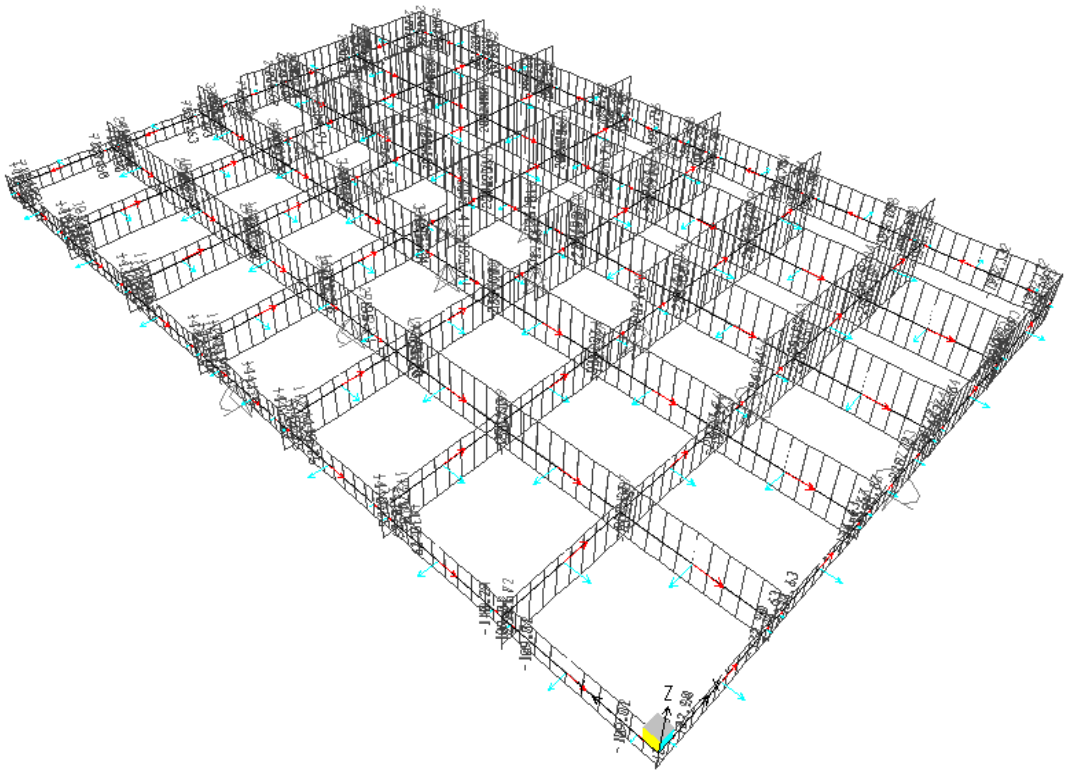


FIGURA 3-92 - SLU - INVILUPPO SFORZO NORMALE MASSIMO E MINIMO PARETI E SETTI SOPRA Q.TA+13.00

Nelle verifiche a tenso-pressoflessione si è tenuto conto della traslazione dei momenti.
Le verifiche a tenso-pressoflessione sono riportate nelle tabelle seguenti.
Si effettua la verifica parete per parete specificando se si sta verificando la campata (mezzeria cella o verifica in prossimità smusso), la sezione d'angolo o d'appoggio.

Parete	Comb. Carico	Az	Sollecitazioni		Sezione		Orditura		Coprif.	Momento Resistente	Fattore di Sicurezza
S.L.U.			Msd [kNm]	Nsd [kN]	B [m]	H [m]	Esterno	Interno	Int/est [mm]	Mrd [kNm]	Mrd / Msd
Lato Terra Appoggio		M-	-	-	1.0	0.5	4Ø16+ 1Ø16	4Ø18	50		
	c)	M+	+194	-276						+234	1.21
Lato Terra Campata		M+	-	-	1.0	0.5	4Ø16	4Ø18	50	+106	1.89
	c)	M-	-101	-276						-235	2.33
Lato Terra Angolo	a)	M-	-113	+152	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20	50	-187	1.65
	c)	M+	+235	-271						+271	1.15
Lato Laterale Appoggio	a)	M-	-183	+352	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20 +1Ø20	50	-195	1.07
	c)	M+	+175	-279						+272	1.55
Lato Laterale Campata	a)	M+	+105	+342	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20	50	+149	1.42
	c)	M-	-93	-279						-272	2.92
Lato Mare Angolo	a)	M-	-293	+342	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20 +2Ø26	50	-311	1.06
	c)	M+	+235	-276						+272	1.16
Lato Mare Appoggio	a)	M-	-247	+339	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20 +2Ø22	50	-265	1.07
	d)	M+	+193	-275						+272	1.41
Lato Mare Campata	d)	M-	-97	-274	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20	50	-272	2.80
	a)	M+	+130	+339						+150	1.15
M>0 fibre esterne tese, M<0 fibre interne tese; N>0 trazione, N<0 compressione											

TABELLA 3-10 - CASSONE CORRENTE - VERIFICA PARETI S.L.U .TENSO-PRESSOFLESSIONE FINO Q.+13.00

Parete	Comb. Carico	Az	Sollecitazioni		Sezione		Orditura		Copriferro	Momento Resistente	Fattore di Sicurezza
S.L.U.			Msd [kNm]	Nsd [kN]	B [m]	H [m]	Esterno	Interno	Int/est [mm]	Mrd [kNm]	Mrd / Msd
Long.	a)	M+	7	+538	1.0	0.25	2Ø16 +2Ø18	2Ø16 +2Ø18	50	21	3
Trasv. Lato mare	a)	M+	0.2	+655	1.0	0.25	2Ø16 +2Ø18	2Ø16 +2Ø18	50	9.6	48
Trasv lato terra	a)	M+	1.8	+190	1.0	0.25	4Ø12	4Ø12	50	20	11.1
M>0 fibre esterne tese, M<0 fibre interne tese; N>0 trazione, N<0 compressione											

TABELLA 3-11 - CASSONE CORRENTE - VERIFICA SETTI S.L.U. TENSO-PRESSOFLESSIONE FINO A Q.+13.00

Parete	Comb. Carico	Az	Sollecitazioni		Sezione		Orditura		Coprif.	Momento Resistente	Fattore di Sicurezza
S.L.U.			Msd [kNm]	Nsd [kN]	B [m]	H [m]	Esterno	Interno	Int/est [mm]	Mrd [kNm]	Mrd / Msd
Lato Terra Appoggio	a)	M-	-44	+144	1.0	0.5	4Ø16	4Ø16	50	-115	2.61
	d)	M+	+105	-34						+153	1.46
Lato Terra Campata	a)	M+	+23	+144	1.0	0.5	4Ø16	4Ø16	50	+115	5.00
	b)	M-	-61	+35						-139	2.28
Lato Terra Angolo	a)	M-	-93	+140	1.0	0.5	4Ø16	4Ø18	50	-150	1.61
	d)	M+	+95	-109						+170	1.79
Lato Laterale Appoggio	a)	M-	-138	+264	1.0	0.5	4Ø16	4Ø18+ 1Ø14	50	-148	1.07
	c)	M+	+90	-211						+190	2.11
Lato Laterale Campata	a)	M+	+80	+266	1.0	0.5	4Ø16	4Ø18	50	+91	1.14
	c)	M-	-62	-210						-222	3.58
Lato Mare Angolo	a)	M-	-223	+265	1.0	0.5	4Ø16	4Ø18 +2Ø24	50	-265	1.19
	c)	M+	+173	-210						+191	1.10
Lato Mare Appoggio	a)	M-	-188	+257	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18+ 2Ø18	50	-207	1.10
	b)	M+	+150	-196						+220	1.47
Lato Mare Campata	c)	M-	-76	-193	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18	50	-219	2.88
	a)	M+	+99	+257						+128	1.29
M>0 fibre esterne tese, M<0 fibre interne tese; N>0 trazione, N<0 compressione											

TABELLA 3-12 -CASSONE CORRENTE - VERIFICA PARETI S.L.U. TENSO-PRESSOFLESSIONE SOPRA Q.+13.00

Parete	Comb. Carico	Az	Sollecitazioni		Sezione		Orditura		Copriferro	Momento Resistente	Fattore di Sicurezza
S.L.U.			Msd [kNm]	Nsd [kN]	B [m]	H [m]	Esterno	Interno	Int/est [mm]	Mrd [kNm]	Mrd / Msd
Longitudinale	a)	M+	5.3	+405	1.0	0.25	4Ø14	4Ø14	50	9.5	
Trasv lato mare	a)	M+	0.12	+498	1.0	0.25	2Ø14 +2Ø16	2Ø14 +2Ø16	50	7.1	
Trasv lato terra	d)	M+	5.3	-102	1.0	0.25	4Ø12	4Ø12	50	51	
M>0 fibre esterne tese, M<0 fibre interne tese; N>0 trazione, N<0 compressione											

TABELLA 3-13 -CASSONE CORRENTE - VERIFICA SETTI S.L.U. TENSO-PRESSOFLESSIONE SOPRA Q.+13.00

3.6.2.2 Cassone H1 - tenso-pressoflessione

Il cassone H1 è soggetto alle stesse sollecitazioni del cassone corrente con in aggiunta una spinta orizzontale lato terra dovuta dal fatto che il cassone retrostante (H2) è imbasato a q.ta -13.00. Per questo motivo le celle lato H2 saranno pertanto riempite di calcestruzzo per un'altezza di 3.0m.

3.6.2.3 Cassone d'angolo (A1)- tenso-pressoflessione

Nelle figure seguenti sono riportati i diagrammi degli inviluppi delle combinazioni di carico di progetto.

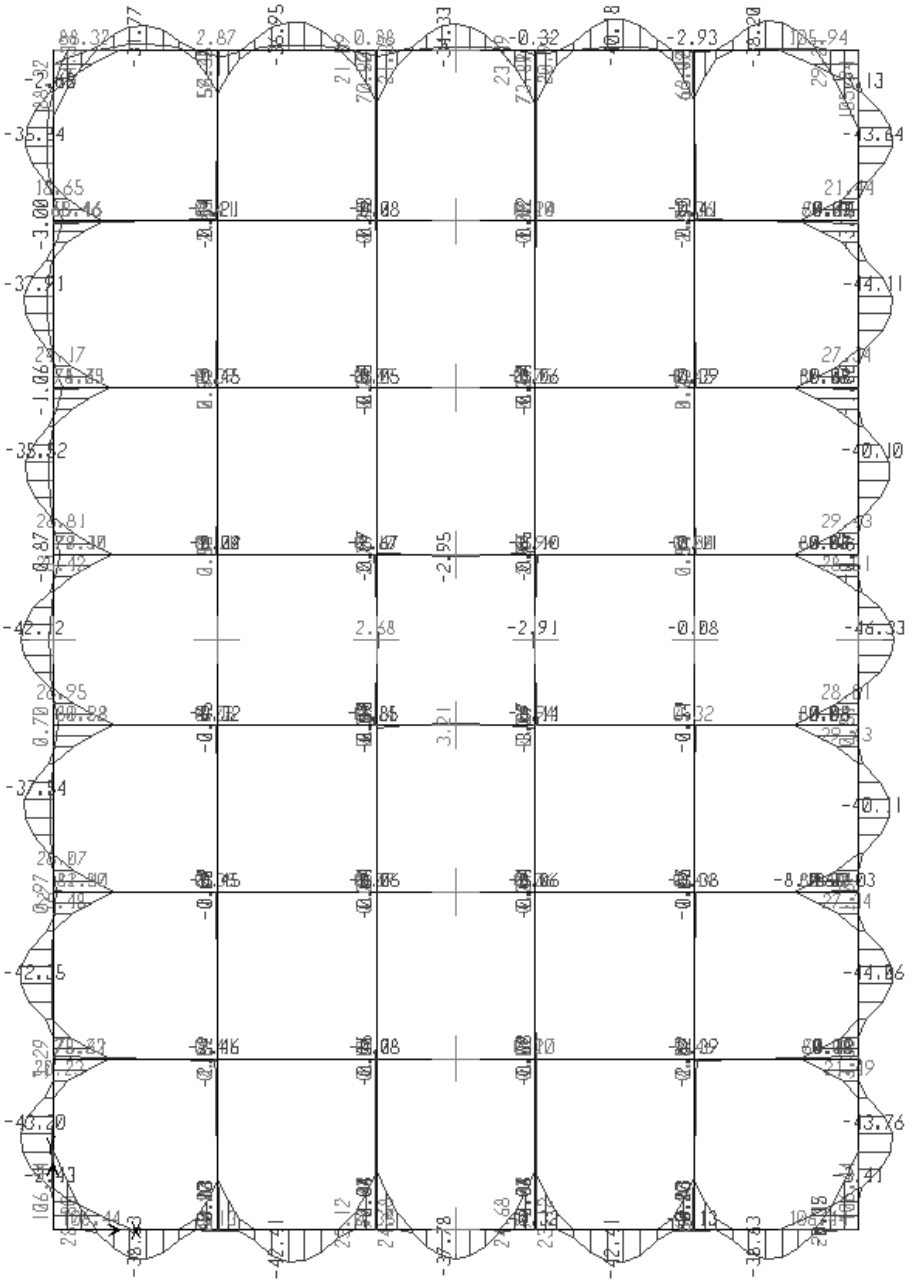


FIGURA 3-93 - SLU - INVILUPPO MOMENTO FLETTENTE MASSIMO E MINIMO PARETI E SETTI FINO A Q.TA+13.00

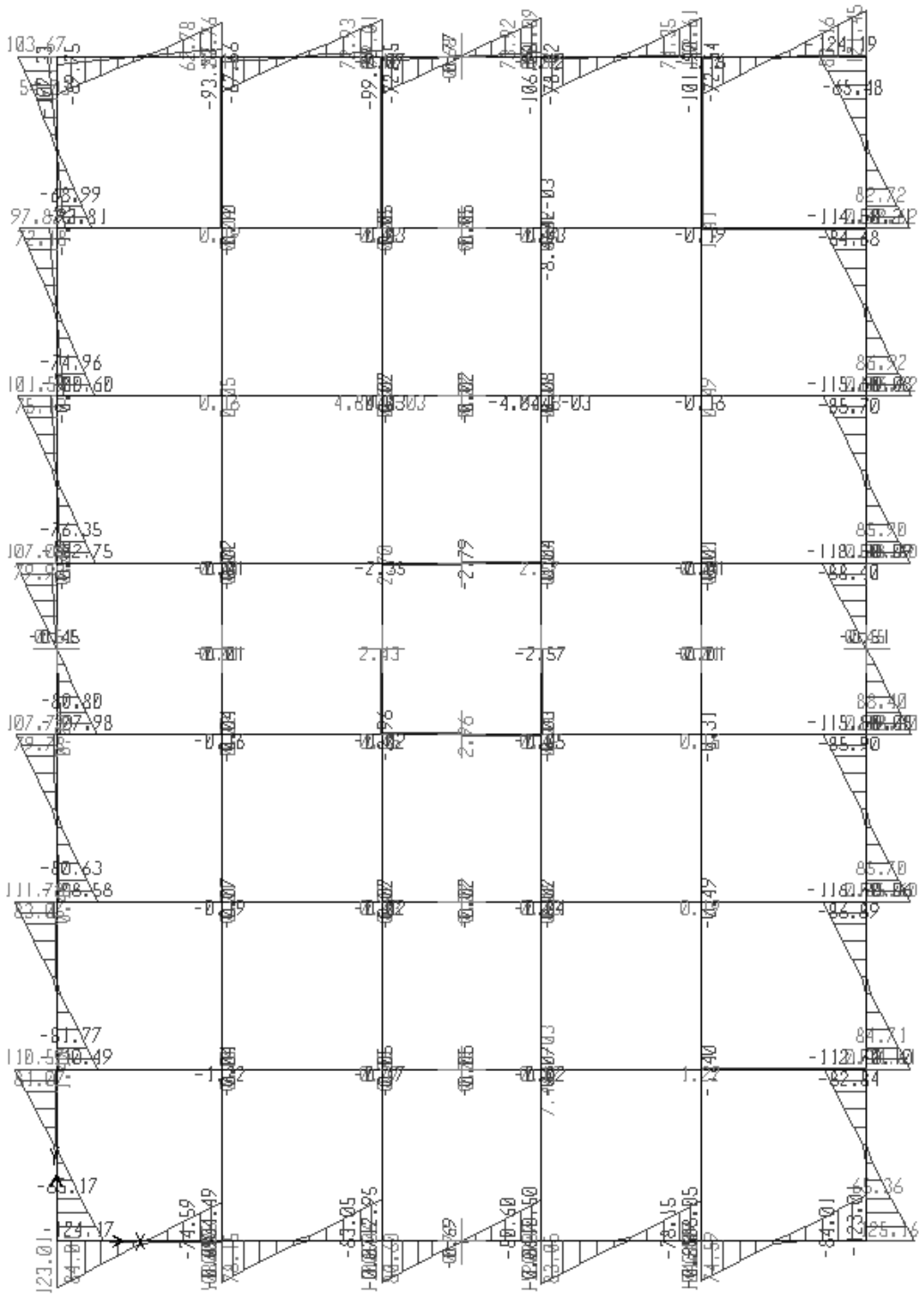


FIGURA 3-94 - SLU - INVILUPPO TAGLIO MASSIMO E MINIMO PARETI E SETTI FINO A Q.TA+13.00

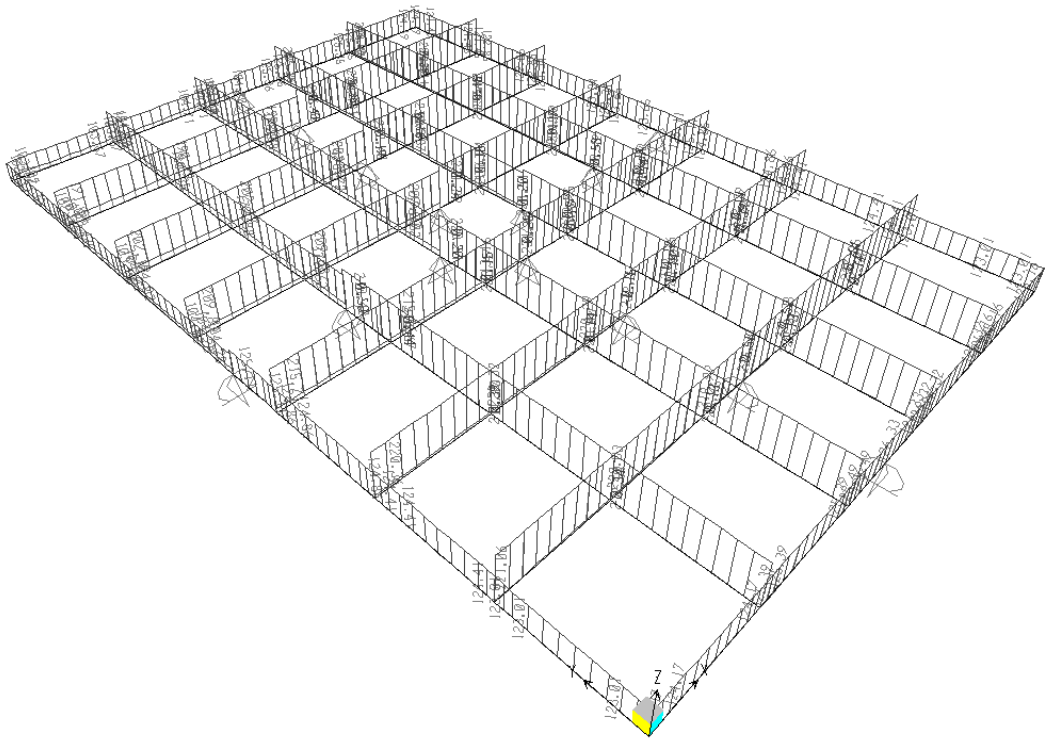


FIGURA 3-95 - SLU - INVILUPPO SFORZO NORMALE MASSIMO E MINIMO PARETI E SETTI FINO A Q.TA+13.00

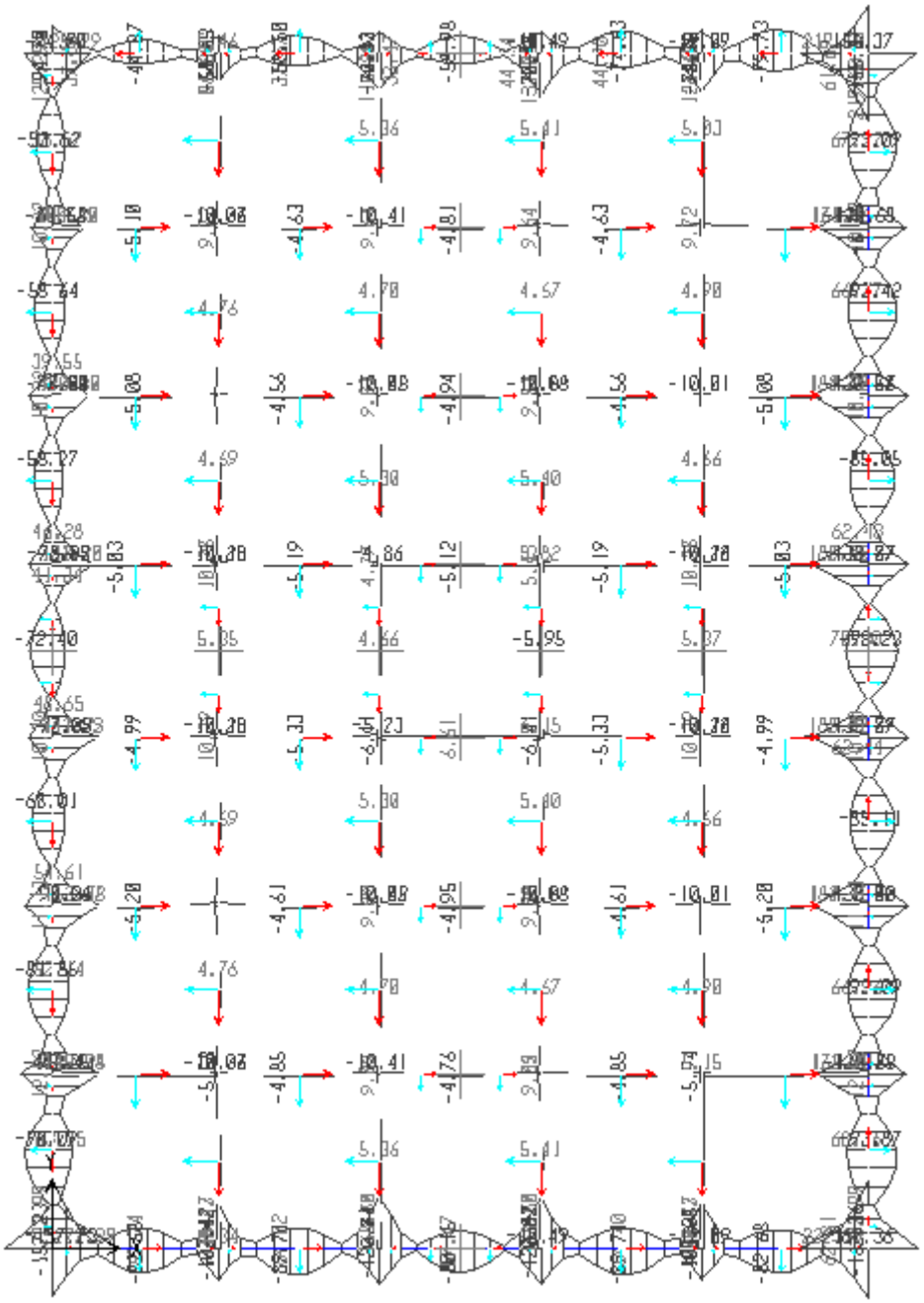


FIGURA 3-96 - SLU - INVILUPPO MOMENTO FLETTENTE MASSIMO E MINIMO PARETI E SETTI SOPRA Q.TA+13.00

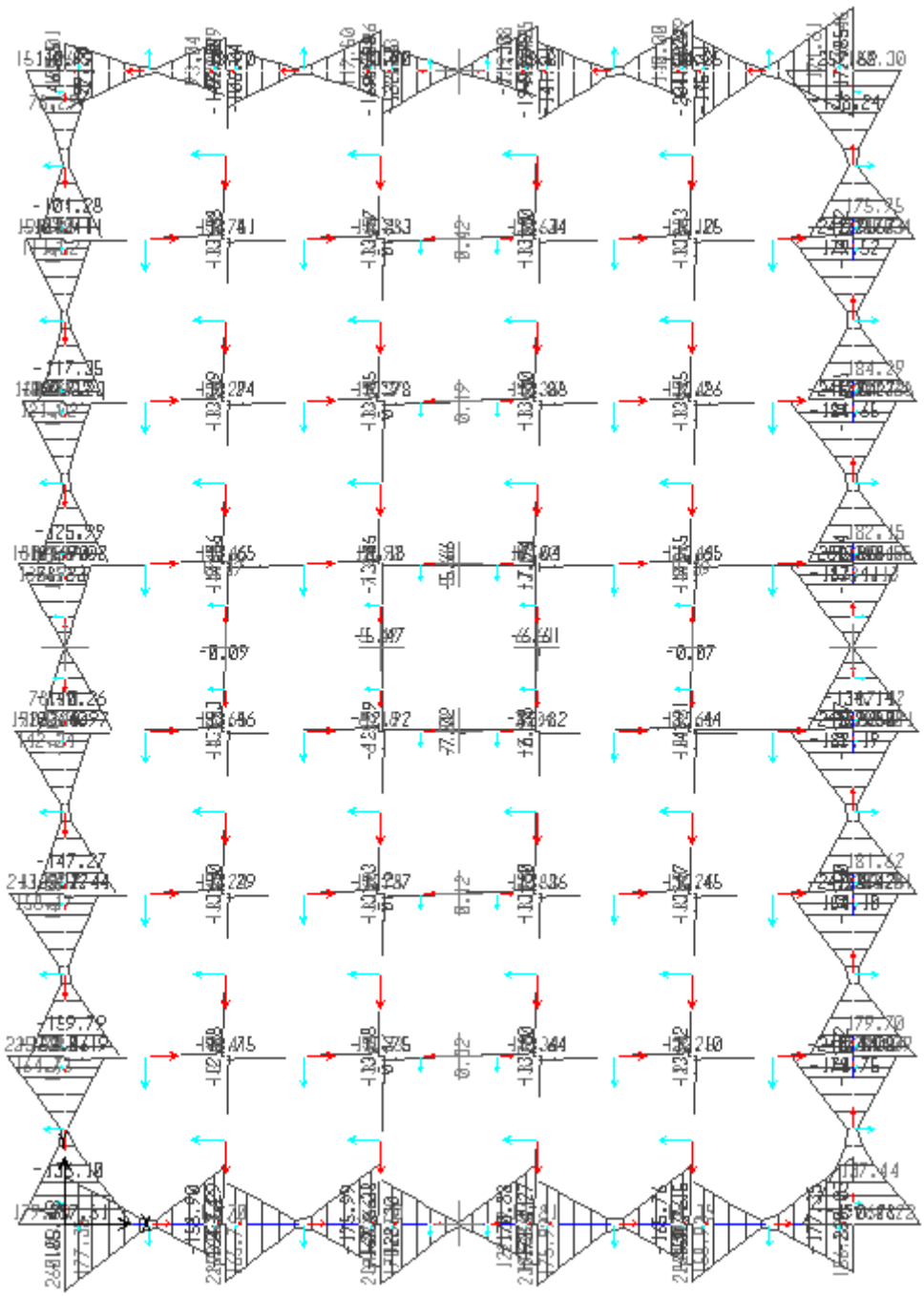


FIGURA 3-97 - SLU - INVILUPPO TAGLIO MASSIMO E MINIMO PARETI E SETTI SOPRA Q.TA+13.00

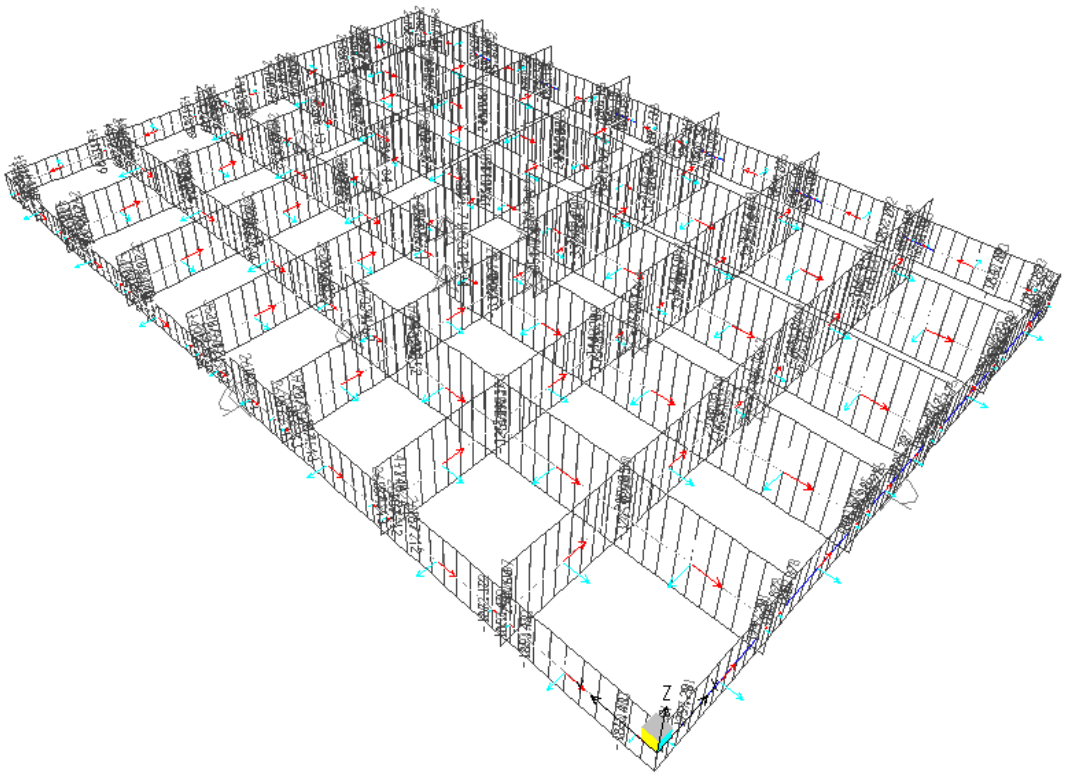


FIGURA 3-98 - SLU - INVILUPPO SFORZO NORMALE MASSIMO E MINIMO PARETI E SETTI SOPRA Q.TA+13.00

Nelle verifiche a tenso-pressoflessione si è tenuto conto della traslazione dei momenti.
Le verifiche a tenso-pressoflessione sono riportate nelle tabelle seguenti.
Si effettua la verifica parete per parete specificando se si sta verificando la campata (mezzeria cella o verifica in prossimità smusso), la sezione d'angolo o d'appoggio.

Parete	Comb. Carico	Az	Sollecitazioni		Sezione		Orditura		Coprif.	Momento Resistente	Fattore di Sicurezza
S.L.U.			Msd [kNm]	Nsd [kN]	B [m]	H [m]	Esterno	Interno	Int/est [mm]	Mrd [kNm]	Mrd / Msd
Lato Cassone A2 Appoggio	a3)	M-	-177	+327	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20 +2Ø20	50	-248	1.40
	c)	M+	+175	-278						+272	1.55
Lato Cassone A2 Campata	a3)	M+	+112	+327	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20	50	+152	1.36
	c)	M-	-93	-278						-272	2.92
Lato Cassone A2 Angolo Piattaforma	a3)	M-	-172	+212	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20	50	-175	1.01
	c)	M+	+235	-270						+271	1.15
Lato Cassone A2 Angolo Container	a3)	M-	-318	+380	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20 +4Ø20	50	-332	1.04
	c)	M+	+235	-270						+272	1.16
Lato Cassone B1 Appoggio	a3)	M-	-165	+339	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20 +1Ø20	50	-197	1.19
	c)	M+	+175	-278						+272	1.55
Lato Cassone B1 Campata	a3)	M+	+101	+336	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20	50	+150	1.49
	c)	M-	-93	-278						-272	2.92
Lato Mare Rinfuse Angolo Cassone B1	a3)	M-	-283	+336	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20 +4Ø20	50	-341	1.20
	c)	M+	+235	-270						+271	1.16
Lato Mare Rinfuse Appoggio	a3)	M-	-214	+383	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20 +2Ø20	50	-236	1.10
	c)	M+	+194	-275						+272	1.40
Lato Mare Rinfuse Campata	c)	M-	-101	-275	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20	50	-272	2.69
	a3)	M+	+111	+378						+142	1.28
Lato Mare Angolo Rinfuse-Container	a3)	M-	-311	+378	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20 +4Ø20	50	-333	1.07
	c)	M+	+235	-270						+271	1.15
Lato Mare Container Appoggio	a3)	M-	-212	+309	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20 +2Ø20	50	-251	1.18
	c)	M+	+175	-278						+273	1.56
Lato Mare Container Campata	a3)	M+	+130	+348	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20	50	+148	1.14
	c)	M-	-93	-278						-272	2.92
M>0 fibre esterne tese, M<0 fibre interne tese; N>0 trazione, N<0 compressione											

TABELLA 3-14 - CASSONE D'ANGOLO (A1) - VERIFICA PARETI S.L.U .TENSO-PRESSOFLESSIONE FINO Q.+13.00

Parete	Comb. Carico	Az	Sollecitazioni		Sezione		Orditura		Copriferro	Momento Resistente	Fattore di Sicurezza
S.L.U.			Msd [kNm]	Nsd [kN]	B [m]	H [m]	Esterno	Interno	Int/est [mm]	Mrd [kNm]	Mrd / Msd
Long.Lato Container	a3)	M+	8.6	+670	1.0	0.25	4Ø18	4Ø18	50	15.4	1.79
Long.Lato Cassone B1	a3)	M+	5.6	+516	1.0	0.25	4Ø16	4Ø16	50	13.8	2.46
Trasv. Lato Rinfuse	a3)	M+	4.4	+732	1.0	0.25	4Ø18	4Ø18	50	7.96	1.81
1-2° Trasv lato A2-Cont.	a3)	M+	8.4	+607	1.0	0.25	4Ø18	4Ø18	50	22.8	14.8
3-6° Trasv. lato A2-Cont. Rinfuse	a1)	M+	0.09	+557	1.0	0.25	4Ø16	4Ø16	50	8.87	98.6
M>0 fibre esterne tese, M<0 fibre interne tese; N>0 trazione, N<0 compressione											

TABELLA 3-15 - CASSONE D'ANGOLO (A1) - VERIFICA SETTI S.L.U. TENSO-PRESSOFLESSIONE FINO Q.+13.00

Parete	Comb. Carico	Az	Sollecitazioni		Sezione		Orditura		Coprif.	Momento Resistente	Fattore di Sicurezza
S.L.U.			Msd [kNm]	Nsd [kN]	B [m]	H [m]	Esterno	Interno	Int/est [mm]	Mrd [kNm]	Mrd / Msd
Lato Cassone A2 Appoggio	a3)	M-	-156	+263	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18+ 1Ø18	50	-166	1.06
	b1)	M+	+128	-239						+228	1.78
Lato Cassone A2 Campata	a3)	M+	+90	+260	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18	50	+127	1.41
	b1)	M-	-81	-239						-228	2.81
Lato Cassone A2 Angolo Piattaforma	a2)	M-	-128	+150	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18+ 1Ø18	50	-189	1.48
	c)	M+	+95	-109						+202	2.13
Lato Cassone A2 Angolo Container	A1)	M-	-233	+260	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18+ 2Ø24	50	-267	1.15
	B2)	M+	+203	-231						+227	1.12
Lato Cassone B1 Appoggio	b2)	M+	+78	-180	1.0	0.5	4Ø16	4Ø18+ 1Ø18	50	+184	2.36
	A2)	M-	-127	+260						-164	1.29
Lato Cassone B1 Campata	A2)	M+	+80	+258	1.0	0.5	4Ø16	4Ø18	50	+93	1.16
	b2)	M-	-56	-179						-215	3.84
Lato Mare Rinfuse Angolo Cassone B1	a3)	M-	-220	+258	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18+ 2Ø24	50	-267	1.21
	B2)	M+	+153	-180						+217	1.42
Lato Mare Rinfuse Appoggio	A2)	M-	-187	+254	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18+ 2Ø18	50	-207	1.11
	b2)	M+	+133	-175						+216	1.62
Lato Mare Rinfuse Campata	a3)	M+	+98	+254	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18	50	+128	1.31
	b2)	M-	-70	-175						-215	3.07
Lato Mare Angolo Rinfuse-Container	A1)	M-	-223	+260	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18+ 2Ø24	50	-267	1.20
	B1)	M+	+203	-239						+229	1.13
Lato Mare Container Appoggio	A1)	M-	-168	+260	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18+ 2Ø18	50	-206	1.23
	B1)	M+	+121	-181						+217	1.79
Lato Mare Container Campata	B1)	M-	-77	-231	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18	50	-226	2.94
	A1)	M+	+90	+260						+127	1.41
M>0 fibre esterne tese, M<0 fibre interne tese; N>0 trazione, N<0 compressione											

TABELLA 3-16 - CASSONE D'ANGOLO (A1) - VERIFICA PARETI S.L.U .TENSO-PRESSOFLESSIONE SOPRA Q.+13.00

Parete	Comb. Carico	Az	Sollecitazioni		Sezione		Orditura		Copriferro	Momento Resistente	Fattore di Sicurezza
S.L.U.			Msd [kNm]	Nsd [kN]	B [m]	H [m]	Esterno	Interno	Int/est [mm]	Mrd [kNm]	Mrd / Msd
Long.Lato Container	A1)	M+	0.06	+474	1.0	0.25	4Ø14	4Ø14	50	1	16.7
Long.Lato Cassone B1	A2)	M+	5.0	+397	1.0	0.25	4Ø14	4Ø14	50	10	2
Trasv. Lato Rinfuse	A2)	M+	0.12	+496	1.0	0.25	2Ø14+ 2Ø16	2Ø16+ 2Ø16+	50	7.3	60.8
Trasv lato A2-Cont.1-2°setto	A1)	M+	6.2	+441	1.0	0.25	2Ø16+ 2Ø14	2Ø16+ 2Ø14	50	14	2.26
Trasv lato A2-Cont. 3°-6°setti	A1)	M+	0.1	+351	1.0	0.25	4Ø12	4Ø12	50	0.3	3
M>0 fibre esterne tese, M<0 fibre interne tese; N>0 trazione, N<0 compressione											

TABELLA 3-17 - CASSONE D'ANGOLO (A1) - VERIFICA SETTI S.L.U .TENSO-PRESSOFLESSIONE SOPRA Q.+13.00

Nelle verifiche a tenso-pressoflessione si è tenuto conto della traslazione dei momenti.

Le verifiche a tenso-pressoflessione sono riportate nelle tabelle seguenti.
Si effettua la verifica parete per parete specificando se si sta verificando la campata (mezzeria cella o verifica in prossimità smusso), la sezione d'angolo o d'appoggio.
Nelle verifiche a tenso-pressoflessione si è tenuto conto della traslazione dei momenti.
Le verifiche a tenso-pressoflessione sono riportate nelle tabelle seguenti.
Si effettua la verifica parete per parete specificando se si sta verificando la campata (mezzeria cella o verifica in prossimità smusso), la sezione d'angolo o d'appoggio.

3.6.2.4 Verifiche a taglio fino a q.ta+13.00 – cassone corrente

Il taglio massimo si verifica per l'angolo lato mare con cavo d'onda di 228kN (inizio smusso h=0.5m) e 297kN (fine smusso h=1.0m) con la presenza di uno sforzo normale di trazione pari a 342kN.
Per le pareti lato mare il taglio massimo è pari a 232kN (inizio smusso h=0.5m) e 298kN (fine smusso con h=0.65m) con uno sforzo normale di trazione di 333kN.
Per l'angolo lato terra il taglio massimo è pari a 185kN (inizio smusso h=0.5m) e 242kN (fine smusso h=1.0m).
Per la parete lato terra il taglio massimo è pari a 115kN (inizio smusso h=0.5m) e 140kN (fine smusso con h=0.65m) con uno sforzo normale di trazione di 82kN.

	Nsd	H	d1	A1	d2	A2	T	Crdc	k	fi1	fck	fcd	σ_c	k1	vmin	Vrd,c	Vrd,cmin	**VRD**
	[KN]	[mm]	[mm]	[mmq]	[mm]	[mmq]	(kN/m)									(kN)	(kN)	**(kN)**
Angolo mare	-342	500	440	2318	60	1256	228	0.12	1.67	0.0053	35	19.83	-0.684	0.15	0.449	188.4	152	**188**
Angolo mare	-342	1000	940	2318	60	1256	297	0.12	1.46	0.0025	35	19.83	-0.342	0.15	0.366	289.9	296	**296**
App. mare	-333	500	440	1256	60	1256	232	0.12	1.67	0.0029	35	19.83	-0.666	0.15	0.449	146.4	153	**153**
App. mare	-333	650	590	1256	60	1256	298	0.12	1.58	0.0021	35	19.83	-0.512	0.15	0.412	173.5	198	**198**
Angolo terra	276	500	440	2318	60	1256	185	0.12	1.67	0.0053	35	19.83	0.552	0.15	0.449	270.0	234	**270**
Angolo terra	276	1000	940	2318	60	1256	242	0.12	1.46	0.0025	35	19.83	0.276	0.15	0.366	377.0	383	**383**
App.terra	-82	500	441	1016	58	804	115	0.12	1.67	0.0023	35	19.83	-0.164	0.15	0.448	166.7	187	**187**
App.terra	-82	650	591	1016	58	804	140	0.12	1.58	0.0017	35	19.83	-0.126	0.15	0.412	192.8	232	**232**

Si predispone un'orditura di spilli Ø10 maglia 250x400mm in corrispondenza degli incroci setti/pareti del cassone per le pareti lato mare e laterale.

	Orditura a taglio p s(mm)	Asw	cot(teta)	cot(alfa)	sen(alfa)	z=0.9d (mm)	fywd	alfacw	v1	acciaio Vrd,s (kN)	cls Vrd,max (kN)	Vres [kN]
Taglio appoggio setto lato mare	400	314	2.5	0	1.00	396.9	391.0	1	0.52	305	1,401	305

3.6.2.5 Verifiche a taglio da q.ta+13.00 – cassone corrente

Il taglio massimo si verifica per l'angolo lato mare con cavo d'onda di 174kN (inizio smusso h=0.5m) e 225kN (fine smusso h=1.0m) con la presenza di uno sforzo normale di trazione pari a 260kN.

Per la parete lato mare il taglio massimo è pari a 182kN (inizio smusso h=0.5m) e 232kN (fine smusso con h=0.65m) con uno sforzo normale di trazione di 256kN

Per la parete lato terra il taglio massimo è pari a 182kN (inizio smusso h=0.5m) e 232kN (fine smusso con h=0.65m) con uno sforzo normale di trazione di 256kN

Per le pareti laterali terra il taglio massimo è pari a 148kN (inizio smusso h=0.5m) e 190kN (fine smusso con h=0.65m) con uno sforzo normale di trazione di 259kN.

Per l'angolo lato terra pareti laterali terra il taglio massimo è pari a 92kN (inizio smusso h=0.5m) e 124kN (fine smusso con h=0.65m) con uno sforzo normale di trazione di 74kN.

	Nsd	H	d1	A1	d2	A2	T	Crdc	k	fi1	fck	fcd	σ_c	k1	vmin	Vrd,c	Vrd,cmin	VRD
	[KN]	[mm]	[mm]	[mmq]	[mm]	[mmq]	(kN/m)									(kN)	(kN)	(kN)
Angolo mare	-260	500	441	1920	58	804	174	0.12	1.67	0.0044	35	19.83	-0.52	0.15	0.448	185.2	163	**185**
Angolo mare	-260	1000	941	1920	58	804	225	0.12	1.46	0.0020	35	19.83	-0.26	0.15	0.366	281.0	307	**307**
App. mare	-256	500	441	1016	58	804	182	0.12	1.67	0.0023	35	19.83	-0.512	0.15	0.448	143.7	164	**164**
App. mare	-256	650	591	1016	58	804	232	0.12	1.58	0.0017	35	19.83	-0.394	0.15	0.412	169.1	209	**209**
App. laterale	-259	500	441	1016	58	804	148	0.12	1.67	0.0023	35	19.83	-0.518	0.15	0.448	143.3	163	**163**
App. laterale	-259	650	591	1016	58	804	190	0.12	1.58	0.0017	35	19.83	-0.398	0.15	0.412	168.7	208	**208**
Angolo terra	-259	500	441	2318	58	804	92	0.12	1.67	0.0053	35	19.83	-0.518	0.15	0.448	199.5	163	**200**
Angolo terra	-259	1000	941	2318	58	804	124	0.12	1.46	0.0025	35	19.83	-0.259	0.15	0.366	301.7	308	**308**
App.terra	-74	500	441	1016	58	804	182	0.12	1.67	0.0023	35	19.83	-0.148	0.15	0.448	167.8	188	**188**
App.terra	-74	650	591	1016	58	804	232	0.12	1.58	0.0017	35	19.83	-0.114	0.15	0.412	193.9	233	**233**

Per quanto riguarda le pareti lato mare lo sforzo di taglio supera la resistenza della sezione privo di orditura a taglio.

Si predispone un'orditura di spilli Ø10 maglia 400(larghezza)x250(altezza)mm in corrispondenza degli incroci setti/pareti del cassone.

	Ordituaataglio									acciaio	cls	
	ps(mm)	Asw	cot(teta)	cot(alfa)	sen(alfa)	z=0.9d(mm)	fywd	alfacw	v1	Vrd,s(kN)	Vrd,max(kN)	Vres[kN]
Taglioappoggiosettolatomare	400	314	2.5	0	1.00	396.9	391.0	1	0.52	305	1,401	305

3.6.2.6 Verifiche a taglio fino a q.ta+13.00 – cassone d'angolo A1

Il taglio massimo si verifica per l'angolo lato mare con cavo d'onda di 245kN (inizio smusso h=0.5m) e 432kN (fine smusso h=1.0m) con la presenza di uno sforzo normale di trazione pari a 383kN.

Per la pareti lato container il taglio massimo è pari a 258kN (inizio smusso h=0.5m) e 332kN (fine smusso con h=0.65m) con uno sforzo normale di trazione di 348kN.

Per la pareti lato rinfuse il taglio massimo è pari a 328kN (inizio smusso h=0.5m) e 416kN (fine smusso con h=0.65m) con uno sforzo normale di trazione di 361kN.

Per la pareti lato cassone A2 il taglio massimo è pari a 243kN (inizio smusso h=0.5m) e 314kN (fine smusso con h=0.65m) con uno sforzo normale di trazione di 383kN.

Per la pareti lato cassone B1 il taglio massimo è pari a 199kN (inizio smusso h=0.5m) e 262kN (fine smusso con h=0.65m) con uno sforzo normale di trazione di 351kN.

Per la pareti lato cassone B1 si predispone un'orditura di spilli Ø10 maglia 400(larghezza)x250(altezza)mm in corrispondenza degli incroci setti/pareti del cassone per tutte le pareti del cassone per tutta l'altezza.

	Ordituaataglio									acciaio	cls	
	ps(mm)	Asw	cot(teta)	cot(alfa)	sen(alfa)	z=0.9d(mm)	fywd	alfacw	v1	Vrd,s(kN)	Vrd,max(kN)	Vres[kN]
Orditura a taglio	400	314	2.5	0	1.00	396.9	391.0	1	0.52	305	1,401	305

Per gli altri pareti si predispone un'orditura di spilli Ø12 maglia 400(larghezza)x250(altezza)mm in corrispondenza degli incroci setti/pareti del cassone per tutte le pareti del cassone per tutta l'altezza.

	Ordituaataglio									acciaio	Cls	
	ps(mm)	Asw	cot(teta)	cot(alfa)	sen(alfa)	z=0.9d(mm)	fywd	alfacw	v1	Vrd,s(kN)	Vrd,max(kN)	Vres[kN]
Orditura a taglio	400	452	2.5	0	1.00	396.9	391.0	1	0.52	439	1,401	439

3.6.2.7 Verifiche a taglio da q.ta+13.00 – cassone d'angolo A1

Il taglio massimo di 195kN (fine smusso h=0.5m) e 245kN (inizio smusso h=1.0m) si verifica per l'angolo lato mare con cavo d'onda con la presenza di uno sforzo normale di trazione pari a 278kN.

Per le pareti lato container/lato rinfuse il taglio massimo è pari a 186kN (fine smusso h=0.5m) e 250kN (fine smusso h=0.65m) con sforzo normale di trazione di 278kN.

	Nsd	H	d1	A1	d2	A2	T	Crdc	k	fi1	fck	fcd	σ_c	k1	vmin	Vrd,c	Vrd,cmin	VRD
	[KN]	[mm]	[mm]	[mmq]	[mm]	[mmq]	(kN/m)									(kN)	(kN)	**(kN)**
Taglio angolo mare h=0.5m	-278	500	440	1644	59	1016	195	0.12	1.67	0.0037	35	19.8	-0.556	0.15	0.45	172	161	**172**
	Nsd	H	d1	A1	d2	A2	T	Crdc	k	fi1	fck	fcd	σ_c	k1	vmin	Vrd,c	Vrd,cmin	VRD
	[KN]	[mm]	[mm]	[mmq]	[mm]	[mmq]	(kN/m)									(kN)	(kN)	**(kN)**
Taglio angolo mare h=1.0m	-278	1000	943	299	59	1016	245	0.12	1.46	0.0003	35	19.8	-0.278	0.15	0.37	132	305	**305**

	Nsd	H	d1	A1	d2	A2	T	Crdc	k	fi1	fck	fcd	σ_c	k1	vmin	Vrd,c	Vrd,cmin	VRD
	[KN]	[mm]	[mm]	[mmq]	[mm]	[mmq]	(kN/m)									(kN)	(kN)	**(kN)**
Taglio Parete h=0.5m	-278	500	441	1524	59	1016	186	0.12	1.67	0.0035	35	19.8	-0.556	0.15	0.45	167	161	**161**
	Nsd	H	d1	A1	d2	A2	T	Crdc	k	fi1	fck	fcd	σ_c	k1	vmin	Vrd,c	Vrd,cmin	VRD
	[KN]	[mm]	[mm]	[mmq]	[mm]	[mmq]	(kN/m)									(kN)	(kN)	**(kN)**
Taglio angolo mare h=0.65m	-278	650	593	584	59	1016	250	0.12	1.58	0.0010	35	19.8	-0.428	0.15	0.41	132	206	**206**

Si predispone un'orditura di spilli Ø10 maglia 400(larghezza)x250(altezza)mm in corrispondenza degli incroci setti/pareti del cassone per tutte le pareti del cassone per tutta l'altezza.

	Ordituaataglio									acciaio	cls	
	ps(mm)	Asw	cot(teta)	cot(alfa)	sen(alfa)	z=0.9d(mm)	fywd	alfacw	v1	Vrd,s(kN)	Vrd,max(kN)	Vres[kN]
Orditura a taglio	400	314	2.5	0	1.00	396.9	391.0	1	0.52	305	1,401	305

Per le pareti non serve un'orditura specifica per il taglio.

3.6.3 Verifiche ai SLE

Nelle figure seguenti sono riportati i diagrammi degli inviluppi delle combinazioni di carico di progetto. Si esegue la verifica a fessurazione soltanto per le combinazioni d'esercizio.

Le verifiche sono state eseguite limitatamente alle condizioni più gravose e alle sezioni critiche.

Nelle verifiche a tenso-pressoflessione si è tenuto conto della traslazione dei momenti.

Le verifiche di fessurazione a tenso-pressoflessione sono riportate nella tabella seguente.
Si effettua la verifica parete per parete specificando se si sta verificando la campata (mezzeria cella o verifica in prossimità smusso) o la sezione d'angolo.

3.6.3.1 Cassone corrente

Nelle figure seguenti sono riportati i diagrammi degli inviluppi delle combinazioni di carico di progetto.

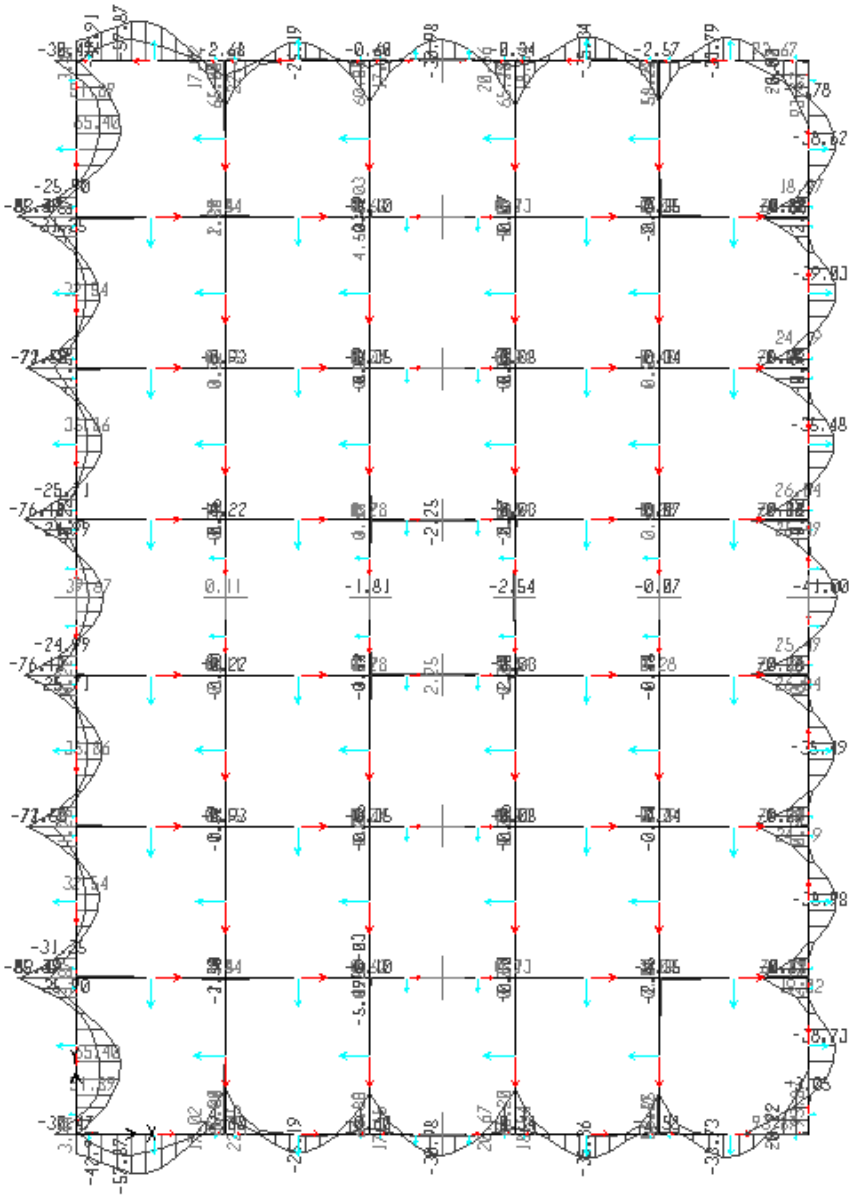


FIGURA 3-99 - SLE COMB. FREQ. - INVILUPPO MOMENTO FLETTENTE MASSIMO E MINIMO PARETI E SETTI – FINO +13.00

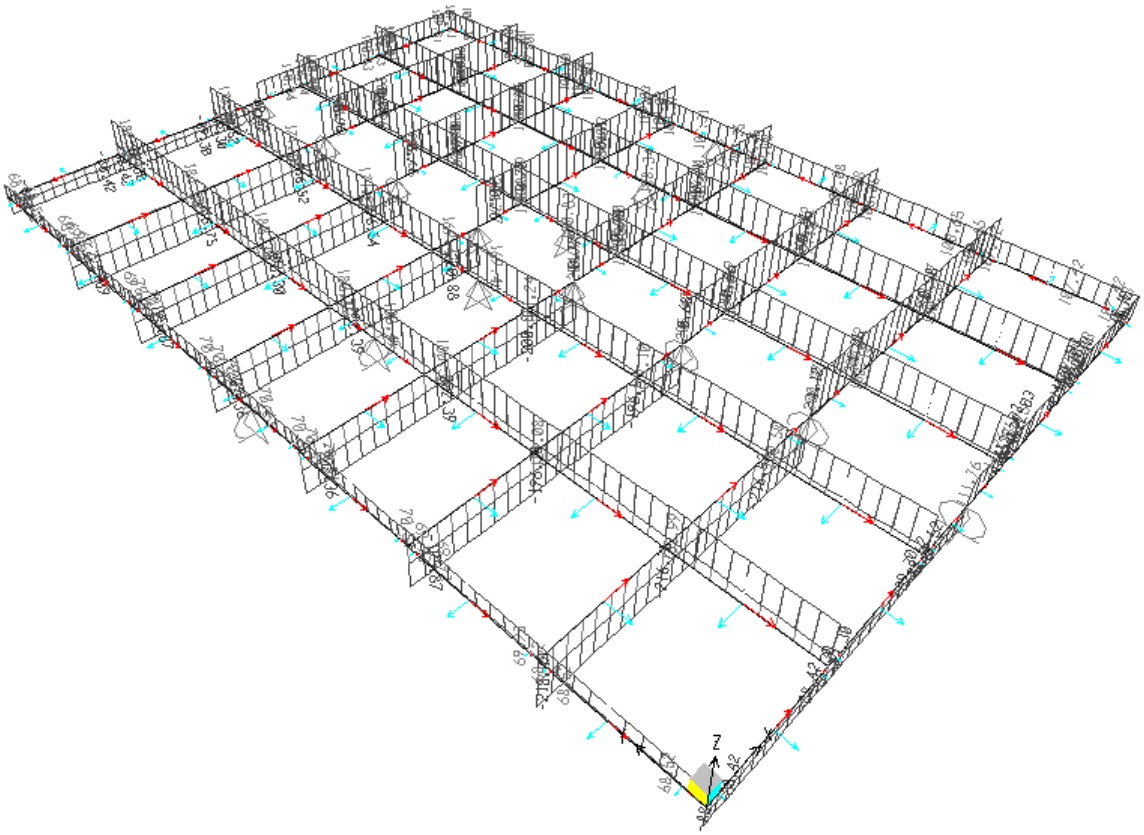


FIGURA 3-100 - SLE COMB. FREQ. - INVILUPPO SFORZO NORMALE MASSIMO E MINIMO PARETI E SETTI – FINO +13.00

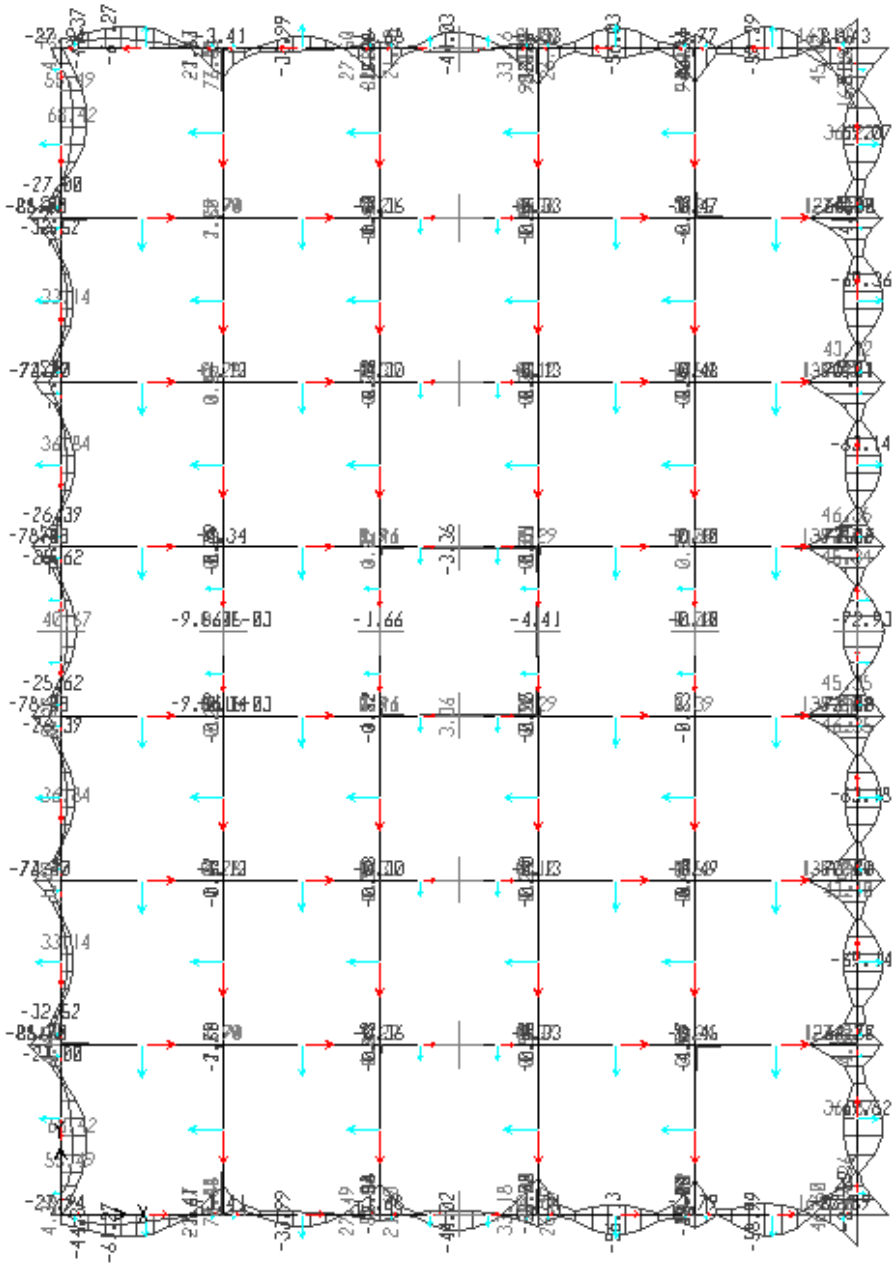


FIGURA 3-101 - SLE COMB. RARE - INVILUPPO MOMENTO FLETTENTE MASSIMO E MINIMO PARETI E SETTI – FINO +13.00

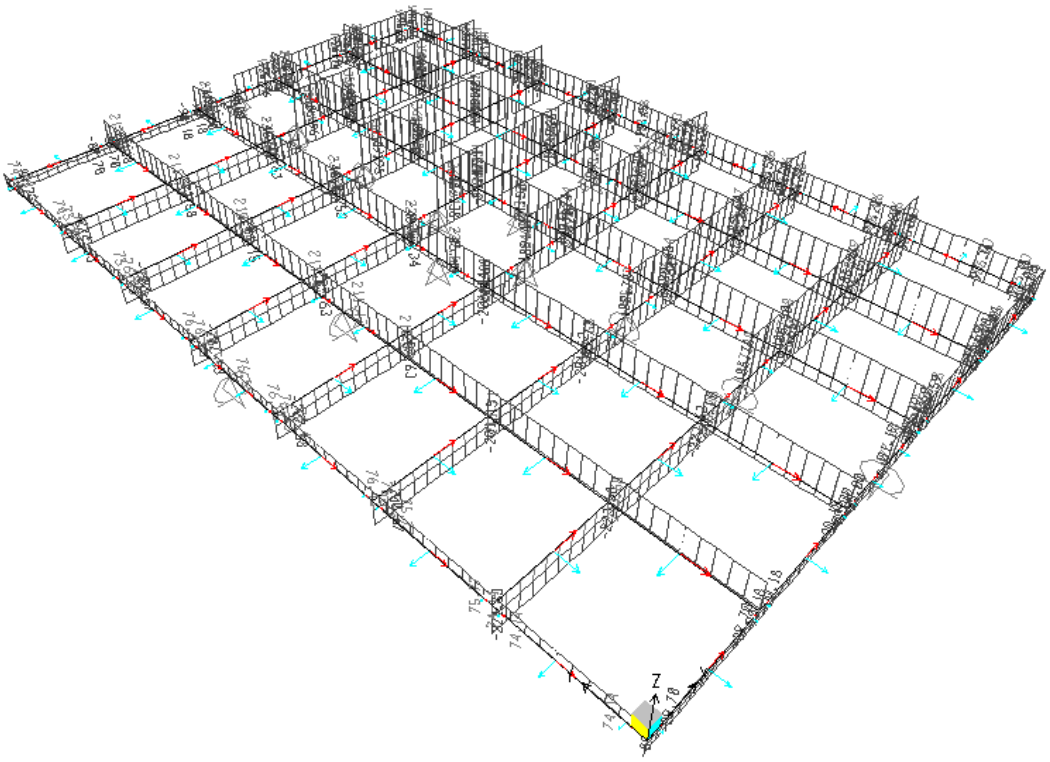


FIGURA 3-102 - SLE COMB. RARE - INVILUPPO SFORZO NORMALE MASSIMO E MINIMO PARETI E SETTI – FINO+13.00

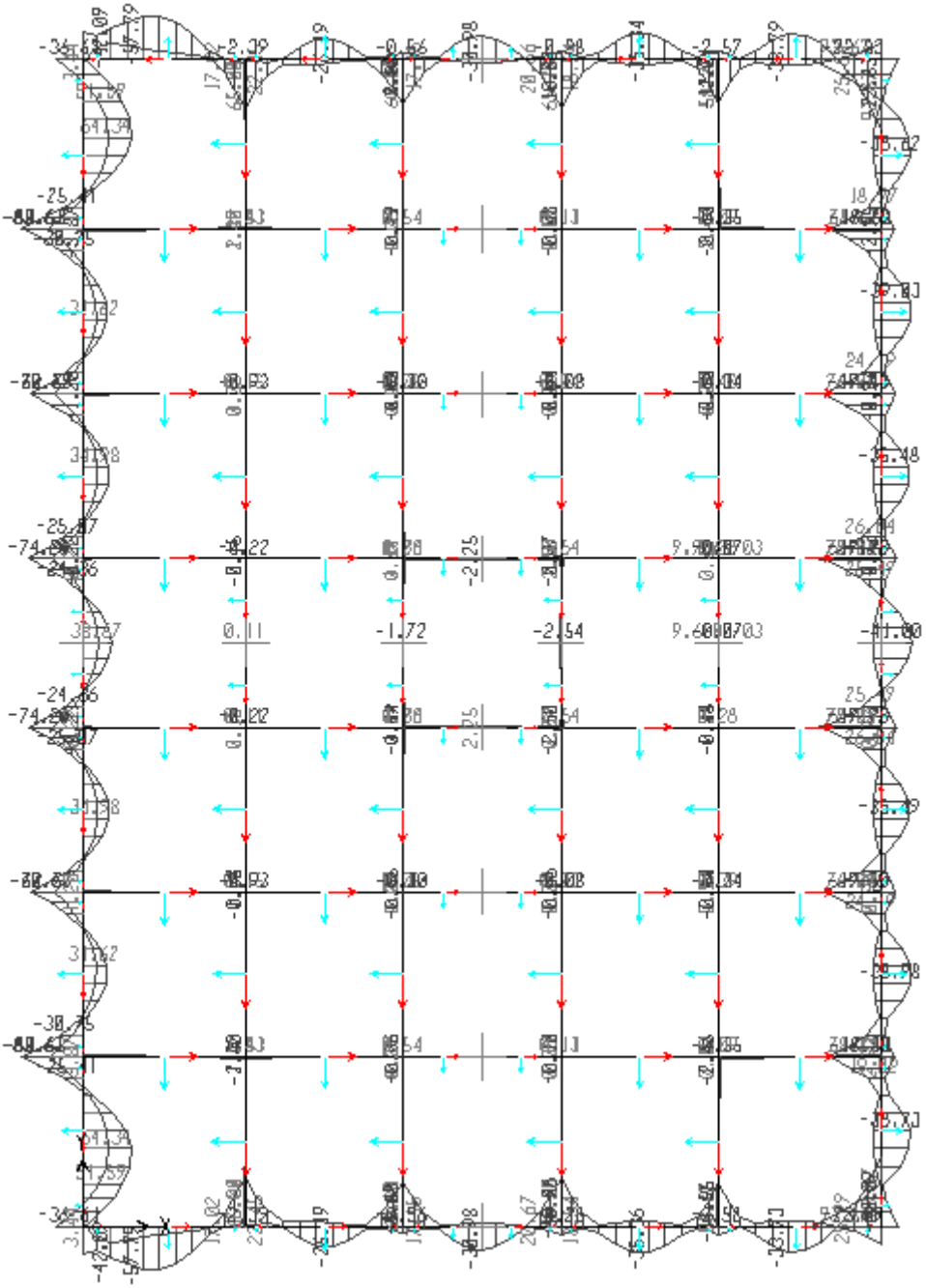


FIGURA 3-103 - SLE COMB. FREQ. - INVILUPPO MOMENTO FLETTENTE MASSIMO E MINIMO PARETI E SETTI – SOPRA +13.00

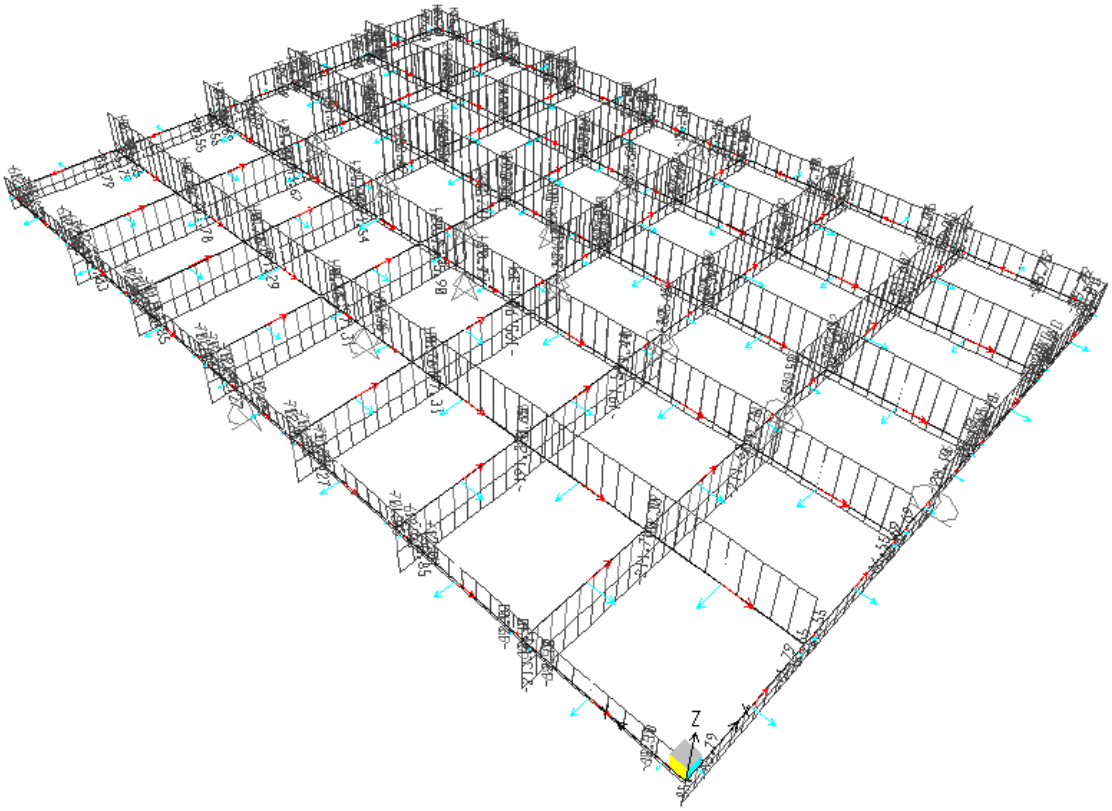


FIGURA 3-104 - SLE COMB. FREQ. - INVILUPPO SFORZO NORMALE MASSIMO E MINIMO PARETI E SETTI – SOPRA +13.00

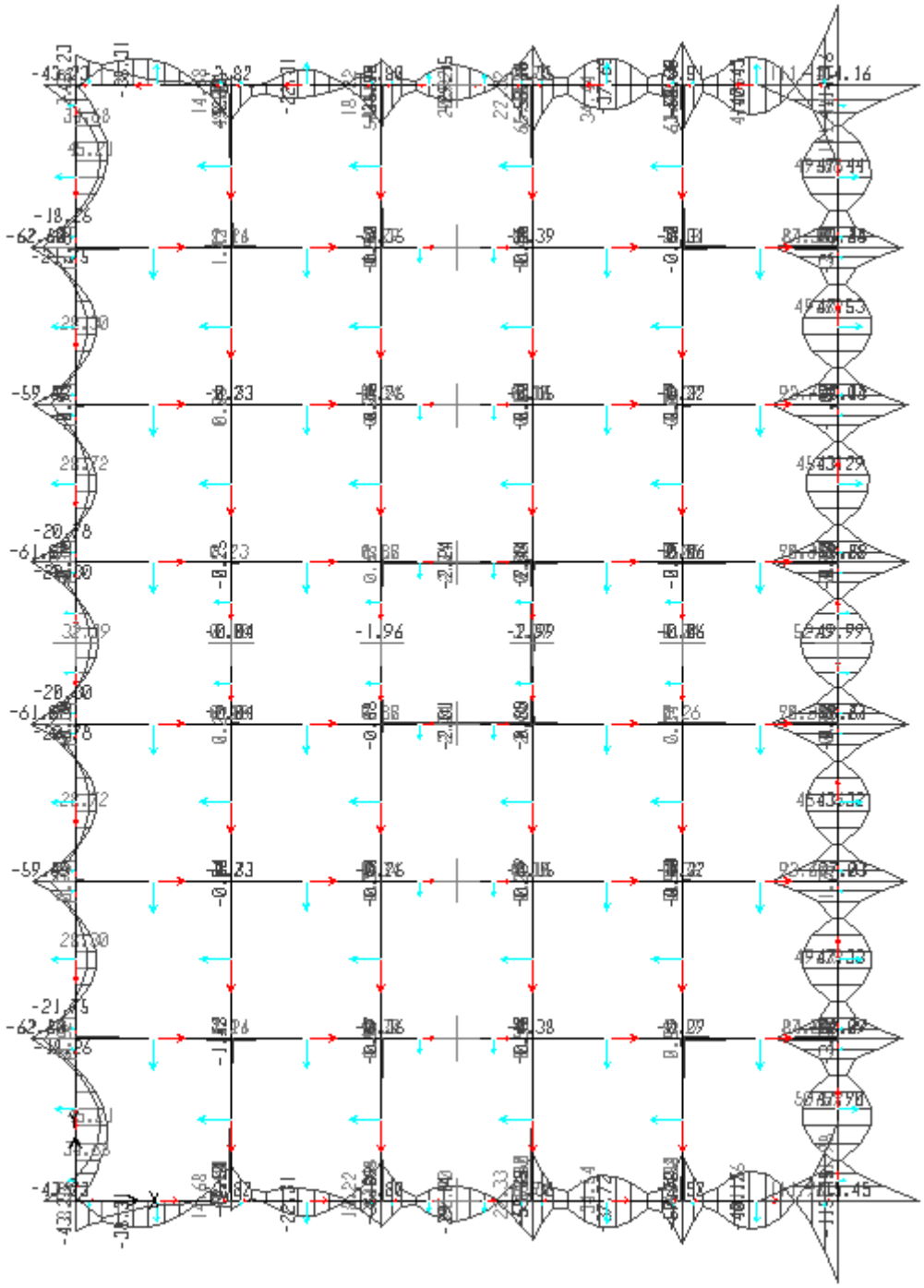


FIGURA 3-105 - SLE COMB. RARE - INVILUPPO MOMENTO FLETTENTE MASSIMO E MINIMO PARETI E SETTI – SOPRA +13.00

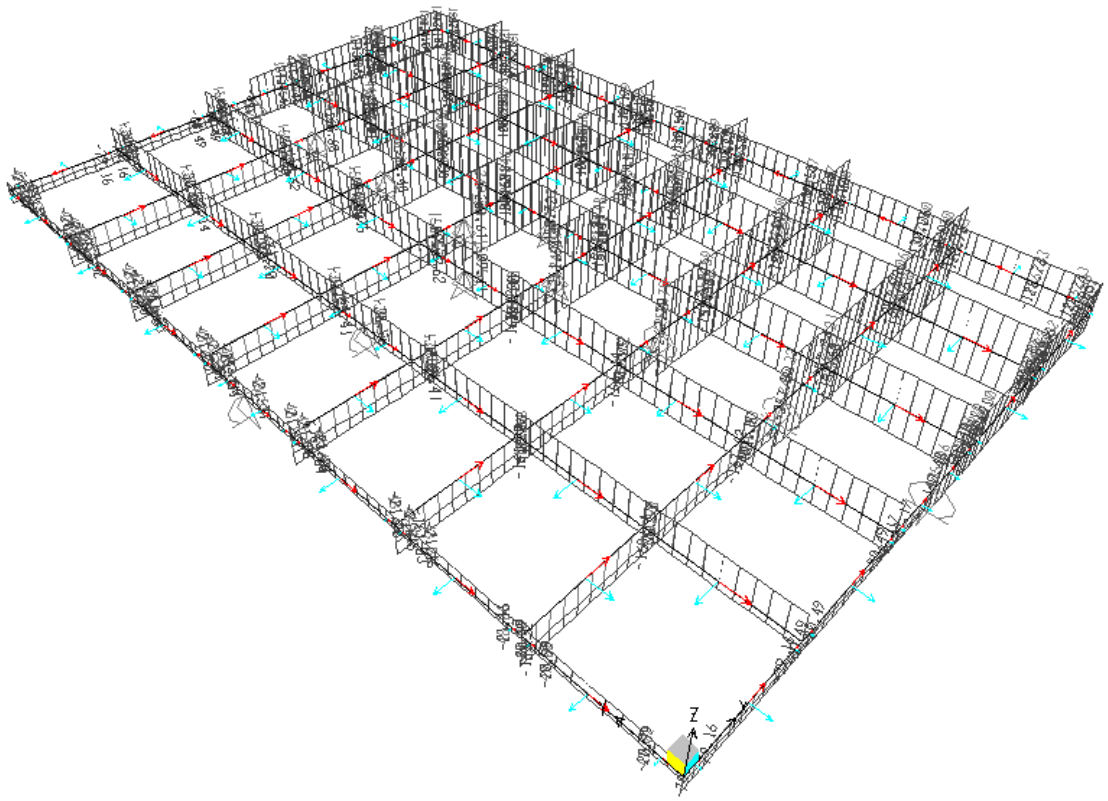


FIGURA 3-106 - SLE COMB. RARE - INVILUPPO SFORZO NORMALE MASSIMO E MINIMO PARETI E SETTI – SOPRA +13.00

Parete	Comb. carico	Az	Sollecitazioni		Sezione		Orditura		Coprif.	Tensioni nei materiali		Apertura fessura
S.L.E.			Msd [kNm]	Nsd [kN]	B [m]	H [m]	Esterno	Interno	Int/est [mm]	σc [MPa]	σs [MPa]	w [mm]
Lato Terra Appoggio	i)	M-	-85	+38	1.0	0.5	4Ø16+ 1Ø16	4Ø18	50	3.8	222	0.195
Lato Terra Campata	i)	M+	+65	+38	1.0	0.5	4Ø16	4Ø18	50	2.9	173	0.179
Lato Terra Angolo	g)	M-	-52	+69	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20	50	2.0	127	0.129
Lato Laterale Appoggio	g)	M-	-65	+111	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20 +1Ø20	50	2.4	168	0.171
Lato Laterale Campata	g)	M+	+35	+111	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20 +1Ø20	50	1.0	90	0.083
Lato Mare Angolo	g)	M-	-94	+110	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20 +2Ø26	50	2.8	124	0.106
Lato Mare Appoggio	g)	M-	-78	+110	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20 +2Ø22	50	2.5	122	0.105
Lato Mare Campata	g)	M+	+41	+110	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20	50	1.4	122	0.124
M>0 fibre esterne tese, M<0 fibre interne tese; N>0 trazione, N<0 compressione												

TABELLA 3-18 - CASSONE CORRENTE - FASE DI ESERCIZIO (FREQ.) - VERIFICA PARETI S.L.E.TENSO-PRESSOFLESSIONE FINO Q.+13.00

Parete	Comb. Carico	Az	Sollecitazioni		Sezione		Orditura		Copriferro	Tensioni nei materiali		Apertura fessura
S.L.E.			Msd [kNm]	Nsd [kN]	B [m]	H [m]	Esterno	Interno	Int/est [mm]	σc [MPa]	σs [MPa]	w [mm]
Long.	g)	M-	2.6	+180	1.0	0.25	2Ø16+2Ø18	2Ø16+2Ø18	50	-	118	0.164
Trasv. Lato mare	g)	M-	0.06	+207	1.0	0.25	2Ø16+2Ø18	2Ø16+2Ø18	50	-	112	0.190
Trasv lato terra	i)	M-	2.9	-218	1.0	0.25	4Ø12	4Ø12	50	1.1	-	-
M>0 fibre esterne tese, M<0 fibre interne tese; N>0 trazione, N<0 compressione												

TABELLA 3-19 - CASSONE CORRENTE- FASE DI ESERCIZIO (FREQ.) - VERIFICA SETTI S.L.E. TENSO-PRESSOFLESSIONE FINO Q.+13.00

Parete	Comb. carico	Az	Sollecitazioni		Sezione		Orditura		Coprif.	Tensioni nei materiali		Apertura fessura
S.L.E.			Msd [kNm]	Nsd [kN]	B [m]	H [m]	Esterno	Interno	Int/est [mm]	σc [MPa]	σs [MPa]	w [mm]
Lato Terra Appoggio	g)	M+	+59	+14	1.0	0.5	4Ø16	4Ø16	50	3.0	184	0.180
Lato Terra Campata	g)	M-	-44	+14	1.0	0.5	4Ø16	4Ø16	50	2.2	140	0.136
Lato Terra Angolo	g)	M-	-33	+42	1.0	0.5	4Ø16	4Ø18	50	1.4	99	0.103
Lato Laterale Appoggio	g)	M-	-42	+71	1.0	0.5	4Ø16	4Ø18+1Ø14	50	1.7	117	0.113
Lato Laterale Campata	g)	M+	+22	+71	1.0	0.5	4Ø16	4Ø18	50	0.9	110	0.108
Lato Mare Angolo	g)	M-	-60	+71	1.0	0.5	4Ø16	4Ø18+2Ø24	50	2.0	95	0.074
Lato Mare Appoggio	g)	M-	-50	+70	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18+2Ø18	50	1.8	103	0.088
Lato Mare Campata	h)	M-	-10	-26	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18	50	0.4	12	0.012
	g)	M+	+25	+70						1.0	94	0.098
M>0 fibre esterne tese, M<0 fibre interne tese; N>0 trazione, N<0 compressione												

TABELLA 3-20 - CASSONE CORRENTE - FASE DI ESERCIZIO (FREQ.) - VERIFICA PARETI S.L.E.TENSO-PRESSOFLESSIONE SOPRA Q.+13.00

Parete	Comb. Carico	Az	Sollecitazioni		Sezione		Orditura		Coprif.	Tensioni nei materiali		Apertura fessura
S.L.E.			Msd [kNm]	Nsd [kN]	B [m]	H [m]	Esterno	Interno	Int/est [mm]	σc [MPa]	σs [MPa]	w [mm]
Long.	g)	M-	1.6	+115	1.0	0.25	4Ø14	4Ø14	50	-	110	0.126
Trasv. Lato mare	g)	M-	0.04	+130	1.0	0.25	2Ø14+2Ø16	2Ø14+2Ø16	50	-	90	0.145
Trasv lato terra	h)	M-	2.0	-160	1.0	0.25	4Ø12	4Ø12	50	0.8	-	-
M>0 fibre esterne tese, M<0 fibre interne tese; N>0 trazione, N<0 compressione												

TABELLA 3-21 - CASSONE CORRENTE- FASE DI ESERCIZIO (FREQ.) - VERIFICA SETTI S.L.E TENSO-PRESSOFLESSIONE SOPRA Q.+13.00

Parete	Comb. Carico	Az	Sollecitazioni		Sezione		Orditura		Coprif.	Tensioni nei materiali	
S.L.E.			Msd [kNm]	Nsd [kN]	B [m]	H [m]	Esterno	Interno	Int/est [mm]	σc [MPa]	σs [MPa]
Lato Terra Appoggio	j)	M+	+45	+89	1.0	0.5	4Ø16+ 1Ø16	4Ø18	50	1.9	155
Lato Terra Campata	j)	M-	-65	+89	1.0	0.5	4Ø16	4Ø18	50	2.8	202
Lato Terra Angolo	k)	M+	+28	+3	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20	50	1.2	57
Lato Laterale Appoggio	j)	M-	-99	+193	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20 +1Ø20	50	3.3	220
Lato Laterale Campata	k)	M+	+30	-96	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20 +1Ø20	50	1.2	25
Lato Mare Angolo	i)	M+	+81	-96	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20 +2Ø26	50	2.8	70
	k)	M-	-163	+192						4.9	220
Lato Mare Appoggio	j)	M-	-139	+189	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20 +2Ø22	50	4.4	220
	k)	M+	+72	-92						2.9	107
Lato Mare Campata	j)	M+	+73	+189	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20	50	2.6	221
M>0 fibre esterne tese, M<0 fibre interne tese; N>0 trazione, N<0 compressione											

TABELLA 3-22 - CASSONE CORRENTE - FASE DI ESERCIZIO (RARE) - VERIFICA PARETI S.L.E TENSO-PRESSOFLESSIONE FINO Q.+13.00

Parete	Comb. carico	Az	Sollecitazioni		Sezione		Orditura		Copriferro	Tensioni nei materiali	
S.L.E.			Msd [kNm]	Nsd [kN]	B [m]	H [m]	Esterno	Interno	Int/est [mm]	σc [MPa]	σs [MPa]
Longitudinale	j)	M-	3.8	+296	1.0	0.25	2Ø16+ 2Ø18	2Ø16+ 2Ø18	50	-	194
Trasv lato mare	j)	M-	0.1	+368	1.0	0.25	2Ø16+ 2Ø18	2Ø16+ 2Ø18	50	-	203
Trasv lato terra	j)	M-	3.5	-225	1.0	0.25	4Ø12	4Ø12	50	1.1	-
M>0 fibre esterne tese, M<0 fibre interne tese; N>0 trazione, N<0 compressione											

TABELLA 3-23 - CASSONE CORRENTE - FASE DI ESERCIZIO (RARE) - VERIFICA SETTI S.L.E TENSO-PRESSOFLESSIONE FINO Q.+13.00

Parete	Comb. carico	Az	Sollecitazioni		Sezione		Orditura		Coprif.	Tensioni nei materiali	
S.L.E.			Msd [kNm]	Nsd [kN]	B [m]	H [m]	Esterno	Interno	Int/est [mm]	σc [MPa]	σs [MPa]
Lato Terra Appoggio	j)	M+	+60	+19	1.0	0.5	4Ø16	4Ø16	50	3.0	194
Lato Terra Campata	j)	M-	+45	+19	1.0	0.5	4Ø16	4Ø16	50	2.3	148
Lato Terra Angolo	j)	M-	-35	+47	1.0	0.5	4Ø16	4Ø18	50	1.5	108
Lato laterale Appoggio	j)	M-	-66	+130	1.0	0.5	4Ø16	4Ø18+ 1Ø14	50	2.6	195
	k)	M+	+60	-134						2.9	102
Lato Laterale Campata	j)	M+	+40	+130	1.0	0.5	4Ø16	4Ø18	50	1.7	205
Lato Mare Angolo	j)	M-	-111	+130	1.0	0.5	4Ø16	4Ø18+ 2Ø18	50	4.1	224
	k)	M+	+114	-134						5.5	265
Lato Mare Appoggio	k)	M+	+99	-130	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18+ 2Ø18	50	4.4	178
	j)	M-	-95	+128						3.4	197
Lato Mare Campata	j)	M+	+48	+127	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18	50	1.9	180
	k)	M-	-52	-130						2.3	66
M>0 fibre esterne tese, M<0 fibre interne tese; N>0 trazione, N<0 compressione											

TABELLA 3-24 - CASSONE CORRENTE - FASE DI ESERCIZIO (RARA) - VERIFICA PARETI S.L.E TENSO-PRESSOFLESSIONE SOPRA+13.00

Parete	Comb. carico	Az	Sollecitazioni		Sezione		Orditura		Copriferro	Tensioni nei materiali	
S.L.E.			Msd [kNm]	Nsd [kN]	B [m]	H [m]	Esterno	Interno	Int/est [mm]	σc [MPa]	σs [MPa]
Long	h)	M-	2.5	+195	1.0	0.25	4Ø14	4Ø14	50	-	188
Trasv lato mare	h)	M-	0.06	+253	1.0	0.25	2Ø14+ 2Ø16	2Ø14+ 2Ø16	50	-	179
Trasv lato terra	k)	M-	2.11	-170	1.0	0.25	4Ø12	4Ø12	50	0.8	-
M>0 fibre esterne tese, M<0 fibre interne tese; N>0 trazione, N<0 compressione											

TABELLA 3-25 - CASSONE CORRENTE - FASE DI ESERCIZIO (RARA) - VERIFICA SETTI S.L.E TENSO-PRESSOFLESSIONE SOPRA+13.00

3.6.3.2 Cassone d'angolo(A1)

Nelle figure seguenti sono riportati i diagrammi degli inviluppi delle combinazioni di carico di progetto.

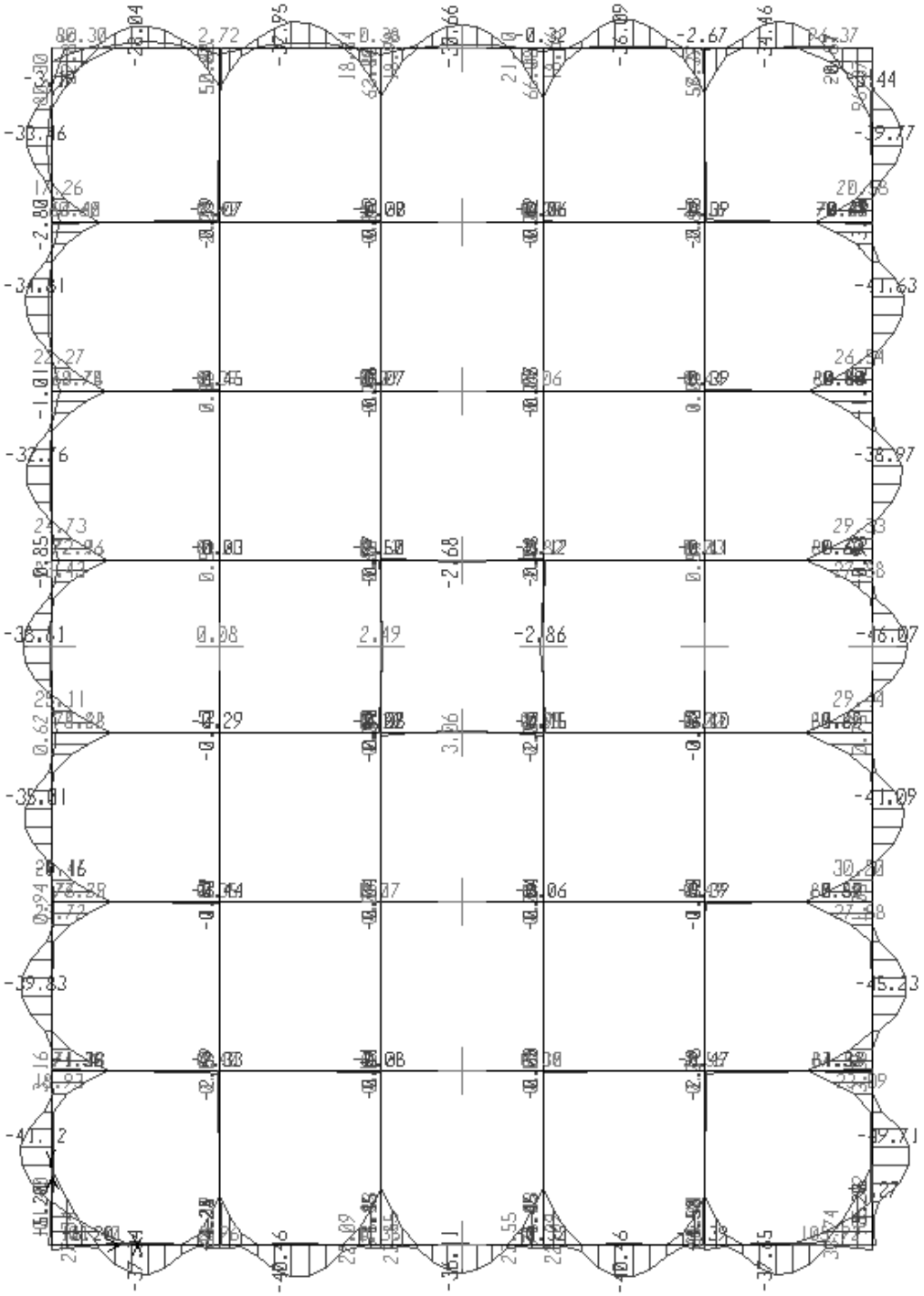


FIGURA 3-107 - SLE COMB. FREQ. - INVILUPPO MOMENTO FLETTENTE MASSIMO E MINIMO PARETI E SETTI-FINO+13.00

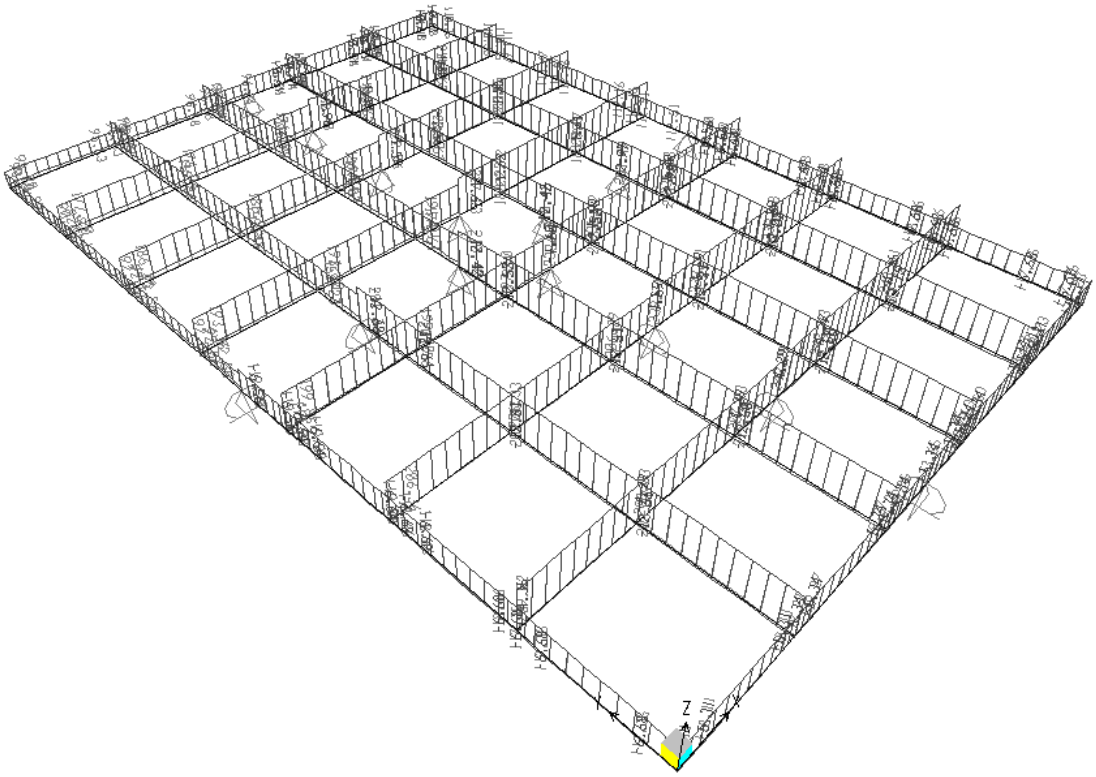


FIGURA 3-108 - SLE COMB. FREQ. - INVILUPPO SFORZO NORMALE MASSIMO E MINIMO PARETI E SETTI FINO +13.00

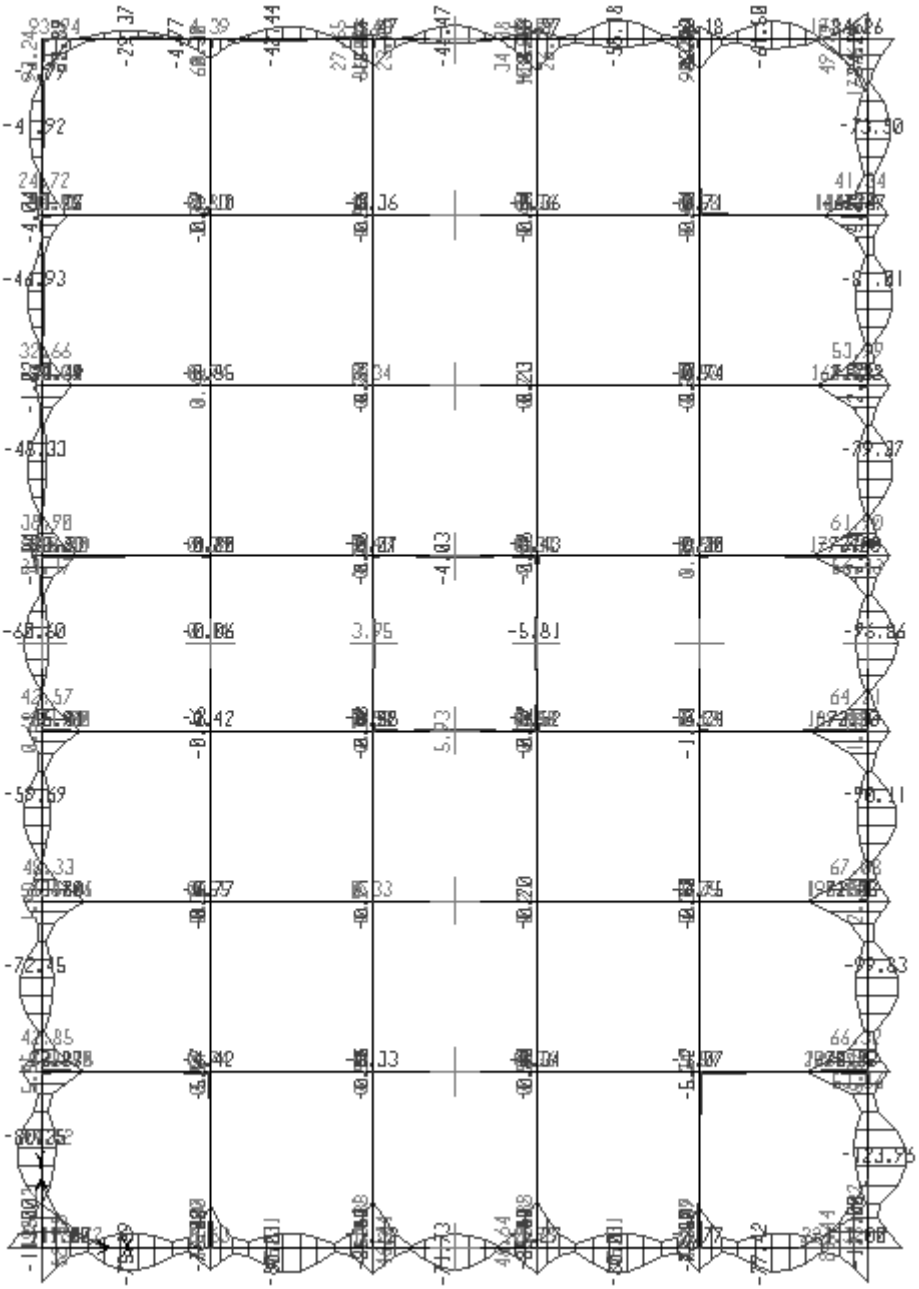


FIGURA 3-109 - SLE COMB. RARE - INVILUPPO MOMENTO FLETTENTE MASSIMO E MINIMO PARETI E SETTI FINO +13.00

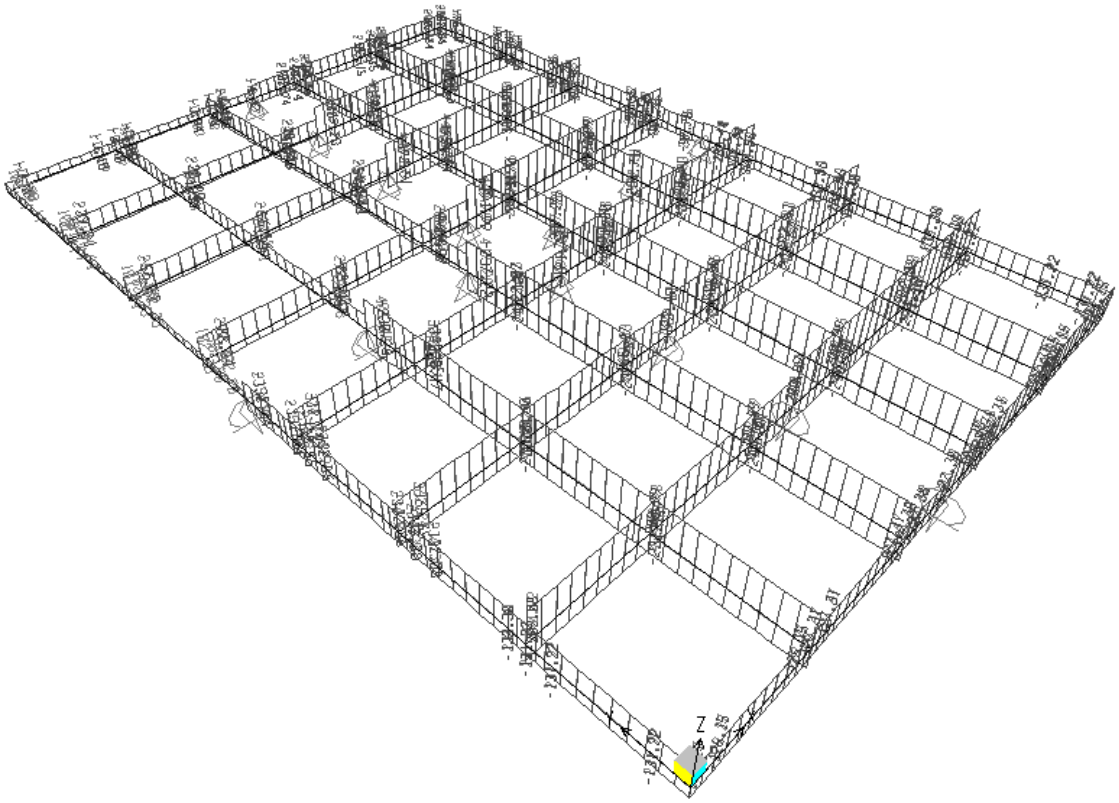


FIGURA 3-110 - SLE COMB. RARE - INVILUPPO SFORZO NORMALE MASSIMO E MINIMO PARETI E SETTI FINO +13.00

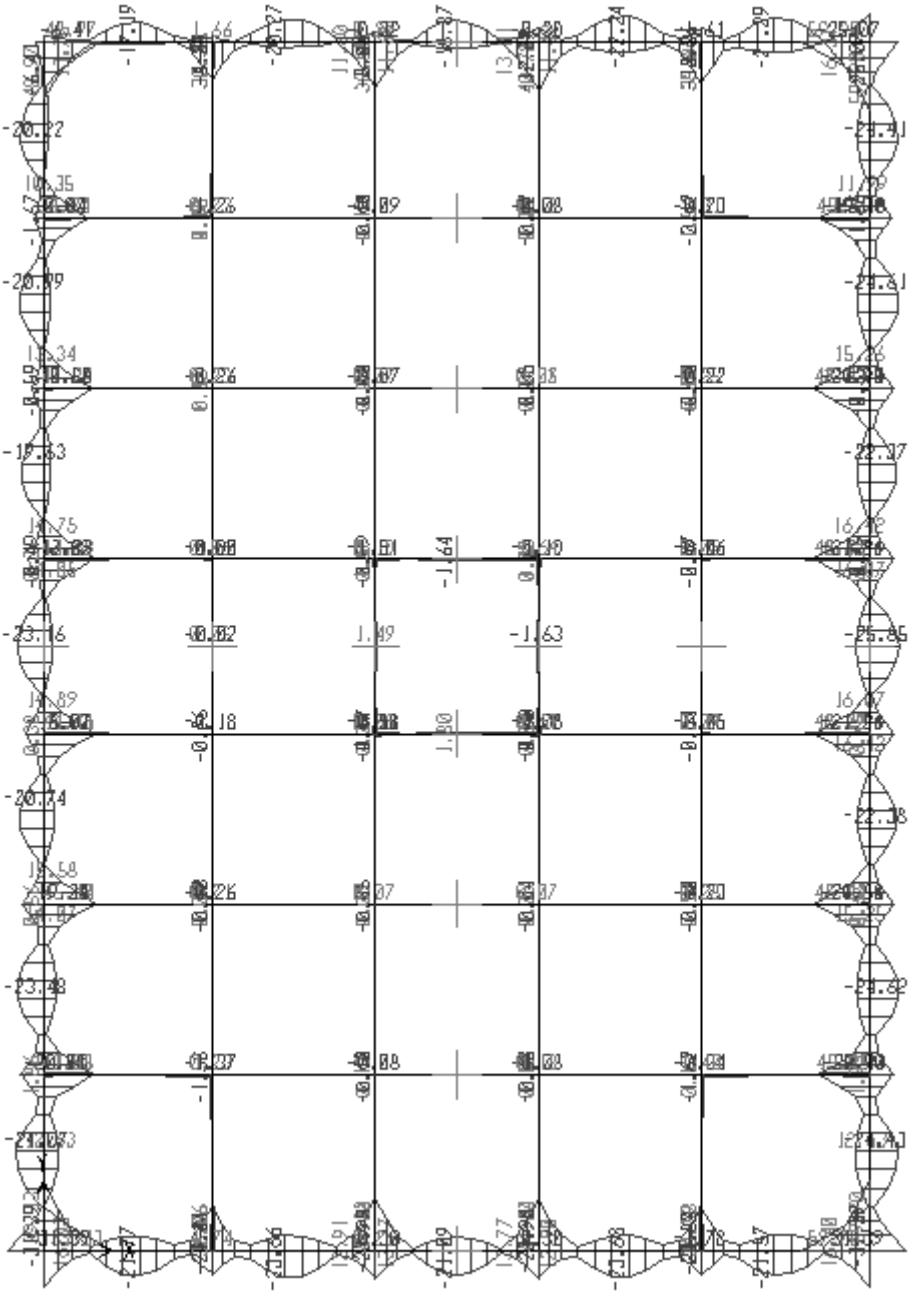


FIGURA 3-111 - SLE COMB. FREQ. - INVILUPPO MOMENTO FLETTENTE MASSIMO E MINIMO PARETI E SETTI-SOPRA+13.00

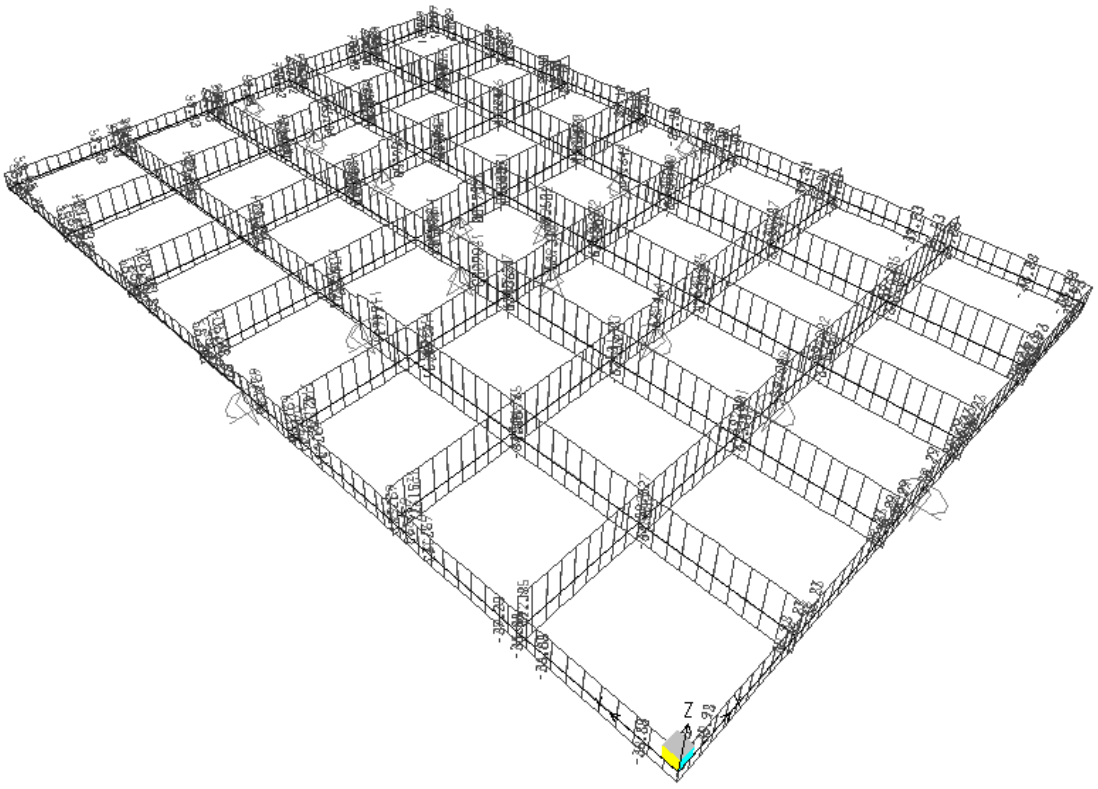


FIGURA 3-112 - SLE COMB. FREQ. - INVILUPPO SFORZO NORMALE MASSIMO E MINIMO PARETI E SETTI-SOPRA +13.00

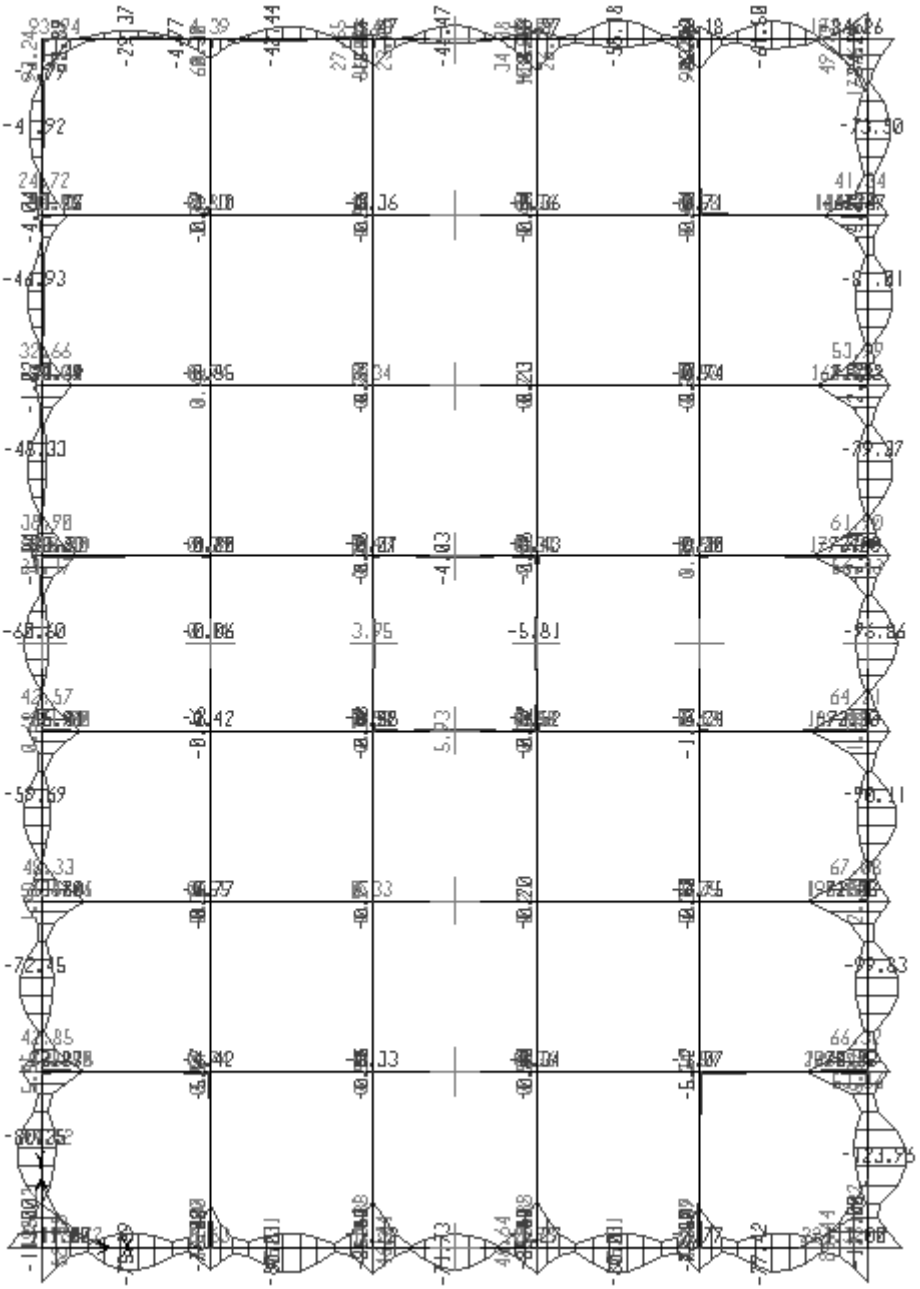


FIGURA 3-113 - SLE COMB. RARE - INVILUPPO MOMENTO FLETTENTE MASSIMO E MINIMO PARETI E SETTI - SOPRA +13.00

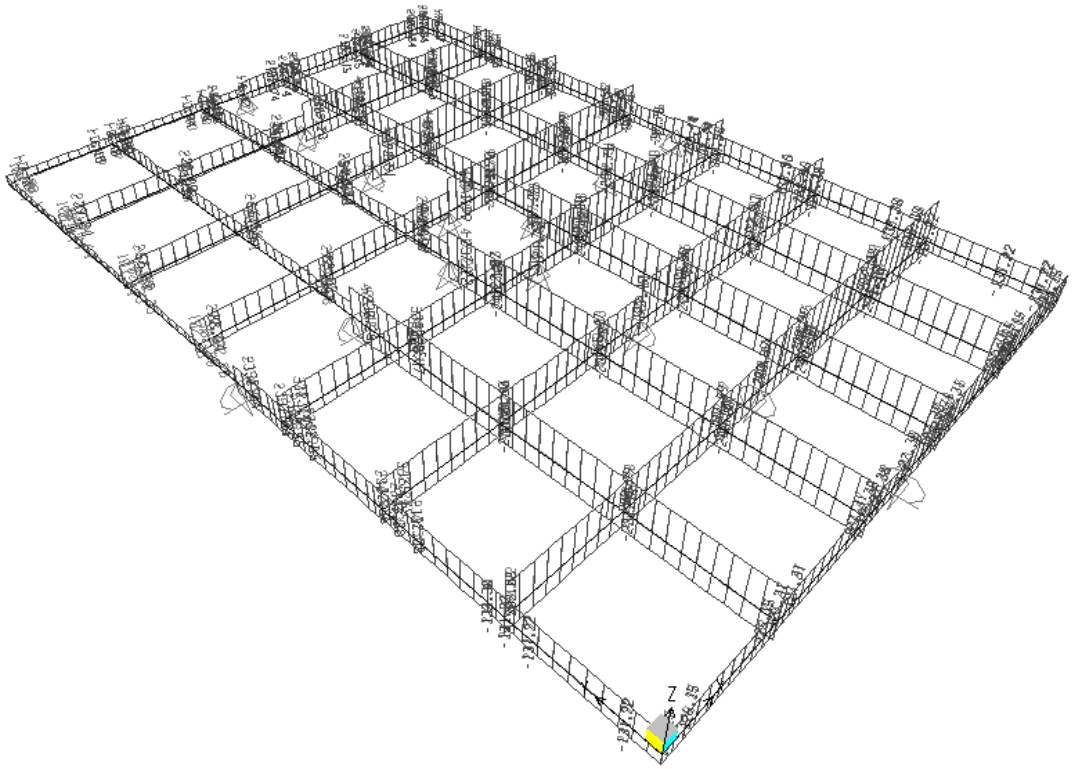


FIGURA 3-114 - SLE COMB. RARE - INVILUPPO SFORZO NORMALE MASSIMO E MINIMO PARETI E SETTI - SOPRA +13.00

Parete	Comb. carico	Az	Sollecitazioni		Sezione		Orditura		Coprif.	Tensioni nei materiali		Apertura fessura
S.L.E.			Msd [kNm]	Nsd [kN]	B [m]	H [m]	Esterno	Interno	Int/est [mm]	σc [MPa]	σs [MPa]	w [mm]
Lato Cassone A2 Appoggio	f3)	M-	-76	+118	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20 +2Ø20	50	2.4	130	0.110
Lato Cassone A2 Campata	f1)	M+	+41	+117	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20	50	1.4	126	0.129
Lato Cassone A2 Angolo Piattaforma	f3)	M-	-80	+96	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20	50	3.1	193	0.197
Lato Cassone A2 Angolo Container	f1)	M-	-101	+117	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20 +4Ø20	50	3.0	123	0.082
Lato Cassone B1 Appoggio	f3)	M-	-66	+115	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20 +1Ø20	50	2.3	139	0.128
Lato Cassone B1 Campata	f3)	M+	+36	+115	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20	50	1.2	116	0.118
Lato Mare Rinfuse Angolo Cassone B1	f3)	M-	-96	+114	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20 +4Ø20	50	2.8	117	0.078
Lato Mare Rinfuse Appoggio	f3)	M-	-88	+115	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20 +2Ø20	50	2.9	145	0.123
Lato Mare Rinfuse Campata	f3)	M+	+46	+116	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20	50	1.6	136	0.138
Lato Mare Angolo Rinfuse-Container	f3)	M-	-106	+132	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20 +4Ø20	50	3.1	131	0.087
Lato Mare Container Appoggio	f3)	M-	-76	+114	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20 +2Ø20	50	2.4	129	0.109
Lato Mare Container Campata	f3)	M+	+40	+117	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20	50	1.4	124	0.127
M>0 fibre esterne tese, M<0 fibre interne tese; N>0 trazione, N<0 compressione												

TABELLA 3-26 -CASSONE D'ANGOLO (A1) - FASE DI ESERCIZIO (FREQ.) - VERIFICA PARETI S.L.E. TENSO-PRESSOFLESSIONE FINO Q.+13.00

Parete	Comb. carico	Az	Sollecitazioni		Sezione		Orditura		Copriferro	Tensioni nei materiali		Apertura Fessura
S.L.E.			Msd [kNm]	Nsd [kN]	B [m]	H [m]	Esterno	Interno	Int/est [mm]	σc [MPa]	σs [MPa]	w [mm]
Long.Lato Container	f3)	M-	2.9	+204	1.0	0.25	4Ø18	4Ø18	50	-	120	0.155
Long.Lato Cassone B1	f3)	M-	2.6	+184	1.0	0.25	4Ø16	4Ø16	50	-	136	0.166
Trasv. Lato Rinfuse	f3)	M-	2.8	+243	1.0	0.25	4Ø18	4Ø18	50	-	138	0.185
1-2° Trasv lato A2-Cont.	f1)	M-	3.1	+209	1.0	0.25	4Ø18	4Ø18	50	-	124	0.159
3-6° Trasv. lato A2-Cont. Rinfuse	f1)	M	0.5	+200	1.0	0.25	4Ø16	4Ø16	50	-	127	0.180
M>0 fibre esterne tese, M<0 fibre interne tese; N>0 trazione, N<0 compressione												

TABELLA 3-27 - CASSONE D'ANGOLO (A1)- FASE DI ESERCIZIO (FREQ.) - VERIFICA SETTI S.L.E. TENSO-PRESSOFLESSIONE FINO Q.+13.00

Parete	Comb. carico	Az	Sollecitazioni		Sezione		Orditura		Coprif.	Tensioni nei materiali		Apertura fessura
S.L.E.			Msd [kNm]	Nsd [kN]	B [m]	H [m]	Esterno	Interno	Int/est [mm]	σc [MPa]	σs [MPa]	w [mm]
Lato Cassone A2 Appoggio	f1)	M-	-46	+70	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18+ 1Ø18	50	1.8	115	0.107
Lato Cassone A2 Campata	f1)	M+	+24	+69	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18	50	0.9	91	0.095
Lato Cassone A2 Angolo Piattaforma	F3)	M-	-49	+58	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18+ 1Ø18	50	1.9	116	0.108
Lato Cassone A2 Angolo Container	f3)	M-	-59	+70	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18+ 2Ø24	50	1.9	93	0.073
Lato Cassone B1 Appoggio	f3)	M-	-41	+71	1.0	0.5	4Ø16	4Ø18+ 1Ø18	50	1.6	106	0.099
Lato Cassone B1 Campata	f3)	M+	+22	+71	1.0	0.5	4Ø16	4Ø18	50	0.9	110	0.108
Lato Mare Rinfuse Angolo Cassone B1	f3)	M-	-59	+70	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18+ 2Ø24	50	1.9	93	0.073
Lato Mare Rinfuse Appoggio	f3)	M-	-49	+70	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18+ 2Ø18	50	1.7	101	0.087
Lato Mare Rinfuse Campata	f3)	M+	+26	+70	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18	50	1.0	97	0.100
Lato Mare Angolo Rinfuse-Container	f3)	M-	-60	+70	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18+ 2Ø24	50	2.0	95	0.074
Lato Mare Container Appoggio	f3)	M-	-44	+71	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18+ 2Ø18	50	1.5	94	0.080
Lato Mare Container Campata	f3)	M+	+24	+71	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18	50	0.9	92	0.096
M>0 fibre esterne tese, M<0 fibre interne tese; N>0 trazione, N<0 compressione												

TABELLA 3-28 - CASSONE D'ANGOLO (A1)- FASE DI ESERCIZIO (FREQ.) - VERIFICA PARETI S.L.E. TENSO-PRESSOFLESSIONE SOPRA+13.00

Parete	Comb. carico	Az	Sollecitazioni		Sezione		Orditura		Copriferro	Tensioni nei materiali		Apertura Fessura
S.L.E.			Msd [kNm]	Nsd [kN]	B [m]	H [m]	Esterno	Interno	Int/est [mm]	σc [MPa]	σs [MPa]	w [mm]
Long.Lato Container	F2)	M-	0.009	+125	1.0	0.25	4Ø14	4Ø14	50	-	100	0.136
Long.Lato Cassone B1	F3)	M-	1.6	+114	1.0	0.25	4Ø14	4Ø14	50	-	110	0.125
Trasv. Lato Rinfuse	F3)	M-	0.05	+131	1.0	0.25	2Ø14+ 2Ø16	2Ø14+ 2Ø16+	50	-	91	0.146
Trasv lato A2-Cont.1-2°setto	F1)	M-	1.8	+122	1.0	0.25	2Ø16 +2Ø14	2Ø16 +2Ø14	50	-	103	0.135
Trasv lato A2-Cont. 3°-6°setti	F1)	M-	0.02	+119	1.0	0.25	4Ø12	4Ø12	50	-	129	0.163
M>0 fibre esterne tese, M<0 fibre interne tese; N>0 trazione, N<0 compressione												

TABELLA 3-29 - CASSONE D'ANGOLO (A1)-FASE DI ESERCIZIO (FREQ.)-VERIFICA SETTI S.L.E. TENSO-PRESSOFLESSIONE SOPRA+13.00

Parete	Comb. carico	Az	Sollecitazioni		Sezione		Orditura		Coprif.	Tensioni nei materiali	
S.L.E.			Msd [kNm]	Nsd [kN]	B [m]	H [m]	Esterno	Interno	Int/est [mm]	σc [MPa]	σs [MPa]
Lato Cassone A2 Appoggio	h1)	M-	-138	+235	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20 +2Ø20	50	4.4	247
Lato Cassone A2 Campata	h1)	M+	+80	+231	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20	50	2.7	252
Lato Cassone A2 Angolo Piattaforma	h3)	M-	-93	+116	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20	50	3.6	230
Lato Cassone A2 Angolo Container	h1)	M-	-199	+232	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20 +4Ø20	50	5.8	247
Lato Cassone B1 Appoggio	h3)	M-	-101	+211	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20 +1Ø20	50	3.4	229
Lato Cassone B1 Campata	h3)	M+	+61	+210	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20	50	1.7	166
Lato Mare Rinfuse Angolo Cassone B1	h3)	M-	-174	+210	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20 +4Ø20	50	5.1	217
Lato Mare Rinfuse Appoggio	h3)	M-	-206	+216	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20 +2Ø20	50	6.8	332
Lato Mare Rinfuse Campata	h3)	M+	+124	+214	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20	50	4.7	332
Lato Mare Angolo Rinfuse-Container	h3)	M-	-221	+300	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20 +4Ø20	50	6.4	282
Lato Mare Container Appoggio	h3)	M-	-151	+232	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20 +2Ø20	50	4.8	263
Lato Mare Container Campata	h3)	M+	+84	+300	1.0	0.5	4Ø20	4Ø20	50	2.6	289
M>0 fibre esterne tese, M<0 fibre interne tese; N>0 trazione, N<0 compressione											

TABELLA 3-30 - CASSONE D'ANGOLO (A1) - FASE DI ESERCIZIO (RARA) - VERIFICA PARETI S.L.E.TENSO-PRESSOFLESSIONE FINO Q.+13.00

Parete	Comb. carico	Az	Sollecitazioni		Sezione		Orditura		Copriferro	Tensioni nei materiali	
S.L.E.			Msd [kNm]	Nsd [kN]	B [m]	H [m]	Esterno	Interno	Int/est [mm]	σc [MPa]	σs [MPa]
Long.Lato Container	h3)	M-	4.3	+307	1.0	0.25	4Ø18	4Ø18	50	-	183
Long.Lato Cassone B1	h1)	M-	0.05	+423	1.0	0.25	4Ø16	4Ø16	50	-	264
Trasv. Lato mare Rinfuse	h2)	M-	0.3	+564	1.0	0.25	4Ø18	4Ø18	50	-	279
1-2° Trasv lato A2-Cont.	h1)	M-	5.5	+390	1.0	0.25	4Ø18	4Ø18	50	-	233
3-6° Trasv. lato A2-Cont. Rinfuse	h1)	M	0.01	+324	1.0	0.25	4Ø16	4Ø16	50	-	202
M>0 fibre esterne tese, M<0 fibre interne tese; N>0 trazione, N<0 compressione											

TABELLA 3-31 -CASSONE D'ANGOLO (A1)- FASE DI ESERCIZIO (RARA) - VERIFICA SETTI S.L.E. TENSO-PRESSOFLESSIONE FINO Q.+13.00

Parete	Comb. carico	Az	Sollecitazioni		Sezione		Orditura		Coprif.	Tensioni nei materiali	
S.L.E.			Msd [kNm]	Nsd [kN]	B [m]	H [m]	Esterno	Interno	Int/est [mm]	σc [MPa]	σs [MPa]
Lato Cassone A2 Appoggio	h1)	M-	-83	+139	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18+ 1Ø18	50	3.2	217
Lato Cassone A2 Campata	h1)	M+	+48	+138	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18	50	1.8	186
Lato Cassone A2 Angolo Piattaforma	h3)	M-	-56	+68	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18+ 1Ø18	50	2.2	136
Lato Cassone A2 Angolo Container	h1)	M-	-118	+138	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18+ 2Ø24	50	3.9	190
Lato Cassone B1 Appoggio	h2)	M-	-68	+137	1.0	0.5	4Ø16	4Ø18+ 1Ø18	50	2.5	187
Lato Cassone B1 Campata	h3)	M+	+42	+136	1.0	0.5	4Ø16	4Ø18	50	1.8	215
Lato Mare Rinfuse Angolo Cassone B1	h2)	M-	-115	+136	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18+ 2Ø24	50	3.8	185
Lato Mare Rinfuse Appoggio	h2)	M-	-99	+134	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18+ 2Ø18	50	3.6	206
Lato Mare Rinfuse Campata	h3)	M+	+52	+134	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18	50	2.1	193
Lato Mare Angolo Rinfuse-Container	h1)	M-	-118	+137	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18+ 2Ø24	50	3.9	190
Lato Mare Container Appoggio	i3)	M+	+111	-135	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18+ 2Ø18	50	4.9	204
	h1)	M-	-138	+90						5.2	255
Lato Mare Container Campata	h1)	M+	+48	+138	1.0	0.5	4Ø18	4Ø18	50	1.8	186
M>0 fibre esterne tese, M<0 fibre interne tese; N>0 trazione, N<0 compressione											

TABELLA 3-32 -CASSONE D'ANGOLO (A1)- FASE DI ESERCIZIO (RARA) - VERIFICA PARETI S.L.E. TENSO-PRESSOFLESSIONE SOPRA+13.00

Parete	Comb. carico	Az	Sollecitazioni		Sezione		Orditura		Coprif.	Tensioni nei materiali	
S.L.E.			Msd [kNm]	Nsd [kN]	B [m]	H [m]	Esterno	Interno	Int/est [mm]	σc [MPa]	σs [MPa]
Long.Lato Container	h3)	M-	0.01	+250	1.0	0.25	4Ø14	4Ø14	50	-	203
Long.Lato Cassone B1	h2)	M-	2.6	+209	1.0	0.25	4Ø14	4Ø14	50	-	201
Trasv. Lato mare Rinfuse	H2)	M-	0.06	+262	1.0	0.25	2Ø14 +2Ø16	2Ø14 +2Ø16	50	-	213
Trasv lato A2-Cont.1-2°setto	h1)	M-	3.3	+232	1.0	0.25	2Ø14 +2Ø16	2Ø14 +2Ø16	50	-	198
Trasv lato A2-Cont. 3°-6°setti	h3)	M-	0.01	+193	1.0	0.25	4Ø12	4Ø12	50	-	214
M>0 fibre esterne tese, M<0 fibre interne tese; N>0 trazione, N<0 compressione											

TABELLA 3-33 - CASSONE D'ANGOLO (A1)- FASE DI ESERCIZIO (RARA) - VERIFICA SETTI S.L.E. TENSO-PRESSOFLESSIONE SOPRA+13.00

3.5 Setti interni in fase provvisionale di riempimento celle

Si considerano due ipotesi di carico:

- dislivello d'acqua di 1 metro tra due celle contigue per momento flettente
- q = 1.00 x 10.1 = 10.1 kN/m^2
- dislivello di inerte immerso di 2 metri tra due celle contigue
- q = 2 x 10 x tg2 (45°-25°/2) = 8.12 kN/m2

Setti longitudinali

a) Dislivello d'acqua

Strisce orizzontali

M_{sd} = 1.5 x 10.1 x 4.3^2 / 12 = 23.3 kNm

N_{sd} = -1.5 x 10.1 x 4.0 / 2 = -30.3 kN (trazione)

B = 1.0 m H = 0.25 m H1 = 0.194 m H2 = 0.056 m

AF1 = AF2 = 452mm^2 (ϕ12/250)

M_{rd} = 37.7 kNm > M_{sd}

Strisce verticali (incastro nel solettone di fondo; momento di lastra indefinita incastrata su 3 lati)

M_{sd} = 1.5 x 0.0569 x 10.1 x 4.3^2 = 15.9 kNm

N_{sd} = 1.0 x 0.25 x 18.00 x 25 = 112.5 kN

B = 1.0m H =0.25 m H1 = 0.178 m H2 = 0.072 m

AF1 = AF2 = 565 mm^2 (ϕ12/200)

M_{rd} = 61.3 kNm > M_{sd}

Setti trasversali

a) Dislivello d'acqua

Strisce orizzontali

M_{sd} = 1.5 x 10.1 x 4.0^2 / 12 = 20.2 kNm

N_{sd} = -1.5 x 10.1 x 4.3 / 2 = -32.6 kN (trazione)

B = 1.0 m H = 0.25 m H1 = 0.194 m H2 = 0.056 m

AF1 = AF2 = 452mm^2 (ϕ12/250)

M_{rd} = 37.5 kNm > M_{sd}

Strisce verticali (incastro nel solettone di fondo; momento di lastra indefinita incastrata su 3 lati)
M_{sd} = 1.5 x 0.0569 x 10.1 x 4.0^2 = 13.8 kNm
N_{sd} = 1.0 x 0.25 x 18.00 x 25 = 112.5 kN
B = 1.0m H =0.25 m H1 = 0.178 m H2 = 0.072 m
AF1 = AF2 = 565 mm^2 (ϕ12/200)
M_{rd} = 61.4 kNm > M_{sd}

b) Dislivello di inerte

Si omette la verifica perché la condizione è meno gravosa di quella al punto a).
Strisce verticali (incastro nel solettone di fondo; momento di lastra indefinita incastrata su 3 lati)
Si omette la verifica perché la condizione è meno gravosa di quella al punto a).

3.6 Monconi di ripresa solettone-pareti perimetrali fusto

3.6.1 Cassoni q.ta -16.50

Fase di galleggiamento – affondamento (S.L.U.) – ferri esterni
La pressione alla quota di calcolo del fusto in fase di galleggiamento-affondamento vale 88 kPa.
Si considera, a favore di sicurezza, il seguente valore del momento:
M_{sd} = 1.3 x 0.0569 x 88 x 4.55^2 = 134.8 kNm
N_{sd} = 1.0 x 0.50 x 18.0 x 25.00 = 225 kN
B = 1.0m H =0.50 m
H1 = 0.420 m, AF1 = 503 mm^2 (Ø16/400)
Mrd = 135 kNm > Msd

Fase di esercizio – (S.L.U.) – ferri esterni lato mare
La pressione alla quota di calcolo del fusto lato terra in fase d'esercizio è pari a:
Cresta d'onda (marea +0.75): 1.5x40 = 60.0 kPa

H20 dentro il cassone a 0.00: 1.5x0.75x10.1 = 11.4 kPa
Silos (A1-M1): 32.4x1.0 = -32.4 kPa
TOTALE PRESSIONE = 39.0 kPa
La pressione è minore della spinta in fase di galleggiamento e affondamento

Fase di esercizio – (S.L.U) – ferri interni lato mare/ lato laterale
Stato limite ultimo:
Si considera il seguente valore del momento:
Combinazione
A1-M1 (bassa marea):
1.3x32.4(silos)+1.3x(2.3+0.5)x10.1(H20)+1.5x44.8(Cavo d'onda) = 145kPa
Lato mare – Laterale
Msd = 0.0569 x 145 x 4.55^2 = 171 kNm
Nsd = 1.0 x 0.50 x 18.0 x 25.00 = 225.0 kN
B = 1.0m H = 0.50 m
H1 = 0.422 m, AF1 = 770 mm^2 (Ø14/200)

Mrd = 176 kNm > Msd

Stato limite ultimo (SISMA Westergaard) :
Silos (A2-M2): = 38.9 kPa
ptrasv = 38.9+(4.0*20+0.5*25)*0.036 = 38.9+3.3 = 42.2 kN/mq
Westergaard esterno (q.-13.2) = +7/8*0.036*10.1*$(16.5*13.2)^{1/2}$ = 4.7 kN/mq
tot. = 42.2+4.7=47kPa
La pressione sulla parete è minore di quella d'esercizio senza sisma, pertanto non si esegue la verifica.

Lato terra ferri esterni
Combinazione
A1-M1 (bassa marea):
-1.0x32.4(silos)-1.0x(2.3+0.5)x10.1(H20)+1.3x61(SpT)+1.5x11.3(Sovracc.)=-60.7+96kPa=35.6kPa – meno che la pressione in fase di galleggiamento

Lato terra ferri interno
Combinazione
A1-M1 (bassa marea):
1.3x32.4(silos)+1.3x(2.3+0.5)x10.1(H20)-1.0x61(SpT) = 18kPa vs mare
Ferri interni non sollecitati : (Ø14/400)

Stato limite di esercizio:
Fase di esercizio – (S.L.E.) – ferri esterni lato mare
La pressione alla quota di calcolo del fusto lato terra in fase d'esercizio è pari a:
A1-M1(m+0.75): 0.2x40(cresta d'onda)+0.75x10.1(marea)-32.4(silos) =-16.8kPa
Non si esegue la verifica

Fase di esercizio – (S.L.E) (parete lato mare) – ferri interni
Si considera il seguente valore del momento:
Combinazione A1-M1:
32.4(silos)+2.8x10.1(H20+marea)+0.2x44.8(Cavo d'onda)= 69.6kPa
Lato mare - Laterale
M_{sd} = 0.0569 x 69.6 x 4.55^2 = 82 kNm
N_{sd} = 1.0 x 0.50 x 18.0 x 25.00 = 225 kN
B = 1.0m H =0.50 m copriferro=70mm
H1 = 0.423 m, AF1 = 770 mm^2 (ϕ14/200)
σ acciaio = 125 MPa, σ cls = 4.4 MPa, w=0.138mm

Fase di esercizio – (S.L.E.) – ferri esterni lato terra
La pressione alla quota di calcolo del fusto lato terra in fase d'esercizio è pari a:
A1-M1 (bassa marea):
-1.0x32.4(silos)-1.0x(2.3+0.5)x10.1(H20)+1.0x61(SpT)+0.8x11.3(Sovracc.)=-60.7+70kPa=9.3kPa

M_{sd} = 0.0569 x 9.3 x 4.55^2 = 11 kNm
N_{sd} = 1.0 x 0.50 x 18.0 x 25.00 = 225 kN
E = M/N = 0.05m < H/6 = 0.083
La sezione è tutta compressa per cui la fessurazione non può avenire

Monconi lato mare e lato laterale esterno ϕ16/400, interno ϕ14/200. Lato terra monconi esterni ϕ16/400, interno ϕ16/400.

3.7 Solette di copertura

Le solette di copertura sono formate da una soletta prefabbricata dello spessore di 10cm e un getto di completamento dello spessore di 10cm.
Le solette prefabbricate devono reggere il getto di completamento nonché il getto di 0.5m di sovrastruttura. In alternativa devono resistere al passaggio di un mezzo di cantiere con carico ruota di 200kN su un impronta di 0.60x0.35m

Verifiche per la fase di getto di completamento
In questa fase la soletta delle dimensioni 4.08x4.38m è appoggiata sui setti/pareti del cassone e deve reggere, oltre al proprio peso, anche il getto di completamento.
Carichi:
pp soletta : 0.1x25 = 2.5 kPa
pp getto : 0.1x25 = 2.5 kPa
5.0 kPa

Verifica agli Stati Limiti Ultimi

(Betonkalender con ly/ lx = 1.10)

M_{Sd} = 1.3 x 5.0 x 4.082 / 22.4 = 4.83 kNm/m

B = 0.50m H =0.10 m H1 = 0.072 m (1°strato)

AF1 = 1005 mm2 (5θ16/200)

M_{Rd} = 19.8 kNm/m > M_{Sd}

M_{Sd} = 1.3 x 5.0 x 4.082 / 27.9 = 3.88 kNm/m

B = 0.5m H =0.10 m H1 = 0.056 m (2°strato)

AF1 = 1005 mm2 (5θ16)

M_{Rd} = 12.4 kNm/m > MSd

Verifica agli Stati Limiti d'Esercizio

Orditura 1°strato
M = 4.83/1.3 = 3.72 kNm/m

B = 0.5m H =0.10 m H1 = 0.072 m

AF1 = 1005 mm2 (5θ16)

σa = 63 MPa, σc = 6.1 MPa, x=0.04 m

Orditura 2°strato
M = 3.88/1.3 = 2.98 kNm/m

B = 0.5m H =0.10 m H1 = 0.056 m

AF1 = 1005 mm2 (5θ16)

σ_a = 66 MPa, σ_c = 7.6 MPa, x=0.04m

Verifiche per la fase di getto sovrastruttura
In questa fase le solette di copertura con il getto di completamento devono reggere il peso di 0.5m di getto di sovrastruttura, pari a 12.5kPa.

Carichi SLU:
1.3 x 5.0 + 1.5 x 12.5 = 25.25kPa

Si esegue l'analisi con SAP con schema statico come riportato sotto:

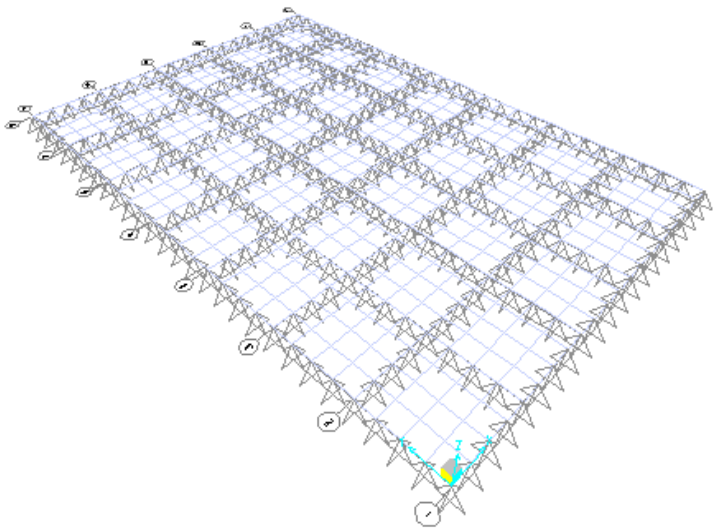


FIGURA 3-115 -SOLETTE DI COPERTURA – SCHEMA STATICO SOLETTE DI COPERTURA CON GETTO DI COMPLETAMENTO

Si riportano in seguito le sollecitazioni dove come trasversale è inteso il lato con minor lunghezza:

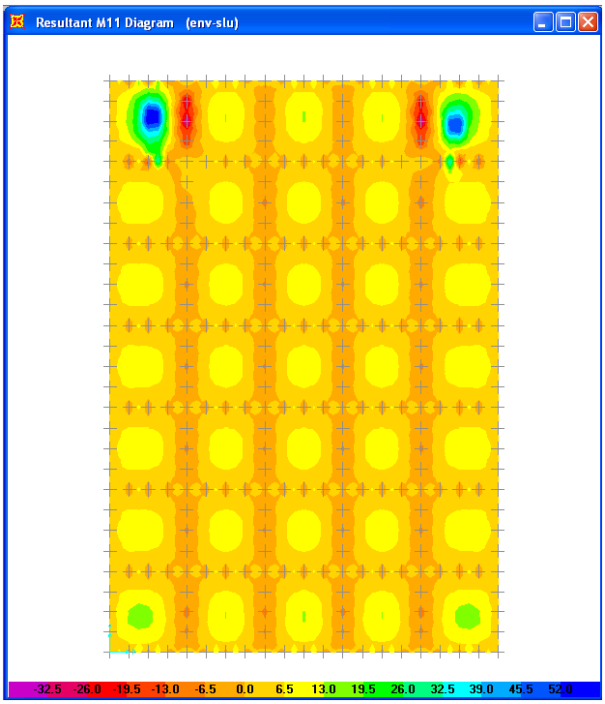


FIGURA 3-116 - SLU – MOMENTO LONGITUDINALE [KNM/M]- MAX

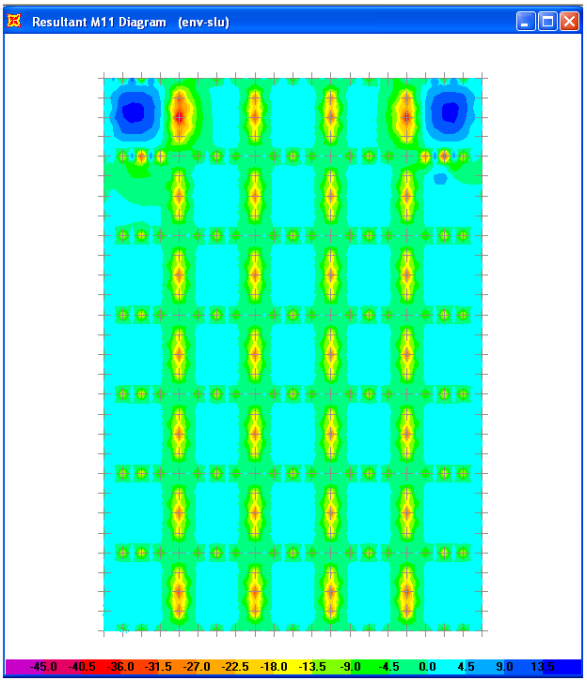


FIGURA 3-117 - SLU – MOMENTO LONGITUDINALE [KNM/M]- MIN

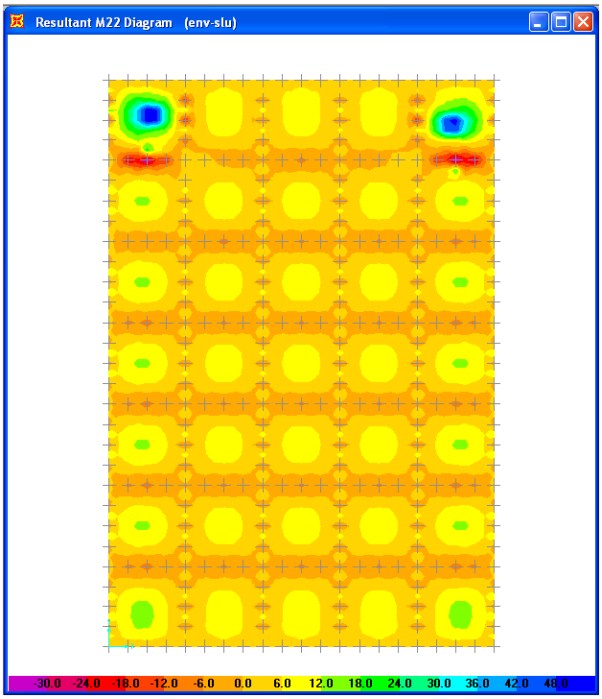


FIGURA 3-118 - SLU – MOMENTO TRASVERSALE [KNM/M]-MAX

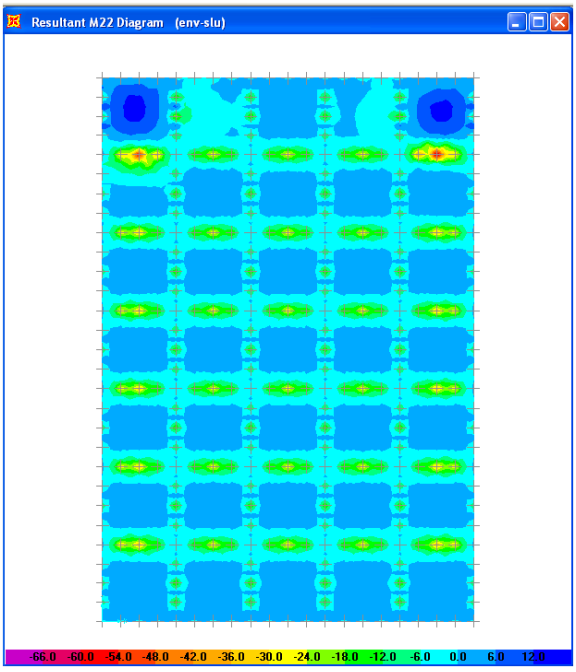


FIGURA 3-119 - SLU – MOMENTO TRASVERSALE [KNM/M]- MIN

Sezione	Sollecitazioni M_{sd} [kNm]		Sezione		Armatura				Copriferro netto		Momento Resist.	FS
			b	H	Inferiore		Superiore		Inf	Sup		
			[m]	[m]	Tipo1	Tipo2	Tipo1	Tipo2	[cm]	[cm]	M_{rd}	M_{rd}/M_{sd}
Getto 0.5m sovrastruttura												
Setti longitudinali	M-	-30	1.0	0.2			5Ø14		3.6	3.4	-50	1.50
	M+	+14	0.5	0.2	5Ø16		1.25Ø12		3.6	3.4	+53.3	3.81
Setti trasversale	M-	-30	1.0	0.2			5Ø14		2	2	-50	1.67
	M+	+14	0.5	0.2	5Ø16		1.25Ø12		2	2	+60.1	4.29
Passaggio ruota 200kN												
Setti longitudinali	M-	-40	1.0	0.2			5Ø14		3.6	3.4	-45	1.15
	M+	+50	0.5	0.2	5Ø16		1.25Ø12		3.6	3.4	+53.3	1.07
Setti trasversale	M-	-40	1.0	0.2			5Ø14		2	2	-50	1.25
	M+	+55	0.5	0.2	5Ø16		1.25Ø12		2	2	+60.1	1.09

Per le solette prefabbricate si verificano inoltre le tensioni in esercizio dell'acciaio inferiore sotto l'azione del carico variabile.

Orditura 2° strato

M campata = 50/1.3=38 kNm/m (in favore di sicurezza)

B = 0.5m H =0.20 m H1 = 0.156 m H2 = 0.04m

AF1 = 1005 mm² (5Ø16), AF2 = 141mm² (1.25Ø12)

σ_a = 281 MPa, σ_c = 15.6 MPa, x=0.07m

1° fase σ acciaio = 66 MPa (con soletta sp. 10cm)

σ acciaio tot = 66 + 281 = 347 MPa

Orditura 1° strato

M = 55/1.3=42 kNm/m (in favore di sicurezza)

B = l.0m H =0.20 m H1 = 0.172 m H2 = 0.026 m

AF1 = 1005 mm² (5Ø16), AF2 = 141mm² (1.25Ø12)

σ_a = 279 MPa, σ_c = 14.3 MPa, x=0.07m

1° fase σ acciaio = 63 MPa (con soletta sp. 10cm)

σ acciaio tot = 63 + 279 = 342 MPa

Le tensioni devono essere limitate ai seguenti valori (NTC 4.1.2)

σ_a < 0.8fyk = 0.8x450 = 360.00 MPa

σ_c < 0.45fck = 0.45x(0.83x45) = 16.81 MPa

Il taglio massimo riscontrato sugli appoggi interni è di 70kN

	Nsd	H	d1	A1	d2	A2	T	Crdc	k	fi1	fck	Fcd	σ_c	k1	vmin	Vrd,c	Vrd,cmin	**VRD**
	[KN]	[mm]	[mm]	[mm q]	[mm]	[mmq]	(kN/m)									(kN)	(kN)	**(kN)**
Taglioappoggiosetto		200	172	1005			70	0.12	2.00	0.0058	35	19.8	0	0.15	0.59	113	100.7	**113**

Non è necessaria orditura a taglio.