



Comune di Messina

IMPRESA APPALTATRICE



30015 Chioggia (VE)  
Banchina F - Val da Rio  
www.coedmar.it

Tel. +39 041 4967 925  
Fax +39 041 4967 914  
contratti@coedmar.it

COOPTATA



40132 Bologna  
Via M. E. Lepido, 182/2  
www.consorziointegra.it

Tel. +39 051 3161 300  
integra@consorziointegra.it

PROGETTAZIONE



30035 Mirano (VE)  
Viale Belvedere, 8/10  
www.fm-ingegneria-com

Tel. +39 041 5785 711  
Fax +39 041 4355 933  
tremestieri@fm-ingegneria.com



20148 Milano  
Via Caccialepori, 27

Tel. +39 02 8942 2685  
Fax +39 02 8942 5133  
mail@idrotec-ingegneria.it

Ing. Vincenzo Iacopino

Viale Regina Elena, 125 - Messina

Studio Tecnico Falzea

Via 1° Settembre, 37 - Messina

Arch. Claudio Lucchesi

Via Roma, 117 - Pace del Mela (ME)

Ing. Manlio Marino

Via Placida, 6 - Messina

Dott. Geol. Sergio Dolfìn

Via Marina, 4 - Torre Faro (ME)

PROGETTO

**COMUNE DI MESSINA  
LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA  
LOGISTICA INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO  
SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE**

EMISSIONE

**PROGETTO ESECUTIVO**

TITOLO

**G - MOLO FORANEO**

Relazione di calcolo

REV.	DATA	FILE	OGGETTO	DIS.	APPR.
1					
2					
3					
4					
5					

ELABORATO N.

**G001**

DATA: Ottobre 2017	SCALA: -	FILE: 1044_G001_1.doc	J.N. 1044
PROGETTO G. Milazzo	DISEGNO G. Milazzo	VERIFICA L. Masiero	APPROVAZIONE T. Tassi



## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>6</b>
1.1	OGGETTO.....	6
1.2	GENERALITÀ.....	6
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE OPERE .....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>9</b>
3.1	LEGGI, DECRETI E CIRCOLARI.....	9
3.2	NORME NAZIONALI .....	9
3.3	NORME EUROPEE.....	9
<b>4</b>	<b>VITA NOMINALE E CLASSE D'USO .....</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....</b>	<b>11</b>
5.1	CALCESTRUZZO PER OPERE DI FONDAZIONE E IN ELEVAZIONE .....	11
5.1.1	DURABILITÀ E COPRIFERRO.....	12
5.2	ACCIAIO.....	13
5.2.1	ACCIAIO PER ARMATURA .....	13
5.2.2	ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA .....	13
5.2.3	BULLONI.....	14
5.2.4	SALDATURE .....	14
<b>6</b>	<b>CONDIZIONI ELEMENTARI DI CARICO .....</b>	<b>15</b>
6.1	PESO PROPRIO .....	15
6.2	CARICHI PERMANENTI.....	15
6.2.1	PERMANENTI IMPALCATO .....	15
6.3	AZIONI ANTROPICHE.....	15
6.3.1	ACCIDENTALI IMPALCATO .....	15
6.3.2	TIRO BITTE.....	15
6.3.3	CARICHI DI ACCOSTO.....	15
6.3.3.1	Dimensionamento parabordi per gli accosti dedicati ai traghetti bidirezionali.....	15
6.3.3.2	Carichi Di Accosto .....	16
6.4	AZIONI AMBIENTALI .....	17
6.4.1	NEVE.....	17
6.4.2	VENTO.....	17
6.4.3	MOTO ONDOSI.....	17
6.4.3.1	Moto ondoso in fase di esercizio .....	19
6.4.4	AZIONE TERMICA .....	27
6.5	SISMA .....	28
6.5.1	PARAMETRI DI BASE .....	28
6.5.2	FATTORE DI STRUTTURA .....	28
6.5.3	TERRENO DI FONDAZIONE .....	29
6.5.4	STATO LIMITE – SLV .....	31
6.5.5	STATO LIMITE – SLD.....	34
6.5.6	STATO LIMITE – SLO .....	35
6.5.7	STATO LIMITE – SLC .....	37
6.5.8	SPINTA IDRODINAMICA .....	41
<b>7</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO .....</b>	<b>42</b>

7.1	COMBINAZIONI DI CARICO ALLO STATO LIMITE ULTIMO.....	42
7.2	COMBINAZIONI DI CARICO AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO.....	43
<b>8</b>	<b>CODICI DI CALCOLO UTILIZZATI.....</b>	<b>43</b>
<b>9</b>	<b>DESCRIZIONE DELLA MODELLAZIONE .....</b>	<b>44</b>
9.1	ELEMENTI GENERALI.....	44
9.2	GIUNTI TERMICI TRA I SETTORI.....	45
9.3	GIUNTI MURO PARAONDE.....	46
9.4	SCHEMATIZZAZIONE DEL TERRENO.....	46
9.5	ANALISI SISMICHE.....	49
9.5.1	MODI DI VIBRARE.....	49
<b>10</b>	<b>VERIFICHE STRUTTURALI.....</b>	<b>50</b>
10.1	MURO PARAONDE.....	50
10.1.1	GEOMETRIA .....	50
10.1.2	MURO.....	50
10.1.2.1	Sollecitazioni.....	50
10.1.2.2	Verifiche .....	52
10.1.2.2.1	Verifica di stato limite ultimo SLU.....	52
10.1.2.2.2	Valutazione delle tensioni SLE.....	52
10.1.2.2.3	Verifiche a fessurazione SLE.....	52
10.1.2.2.4	Verifiche a taglio SLU.....	52
10.1.3	CONTRAFFORTE .....	54
10.1.3.1	Sollecitazioni.....	54
10.1.3.2	Verifiche .....	55
10.1.3.2.1	Verifica di stato limite ultimo SLU.....	55
10.1.3.2.2	Valutazione delle tensioni SLE.....	55
10.1.3.2.3	Verifiche a fessurazione SLE.....	55
10.1.3.2.4	Verifiche a taglio SLU.....	56
10.2	SOLETTA DI IMPALCATO.....	57
10.2.1	PREDALLES PROVVISORIALI.....	57
10.2.2	SOLETTA.....	59
10.2.2.1	Geometria.....	59
10.2.2.2	Verifiche in direzione longitudinale .....	60
10.2.2.2.1	Verifica di stato limite SLU+SLV .....	60
10.2.2.2.2	Verifiche di tensione SLEr.....	61
10.2.2.2.3	Verifiche di tensione SLEqp .....	61
10.2.2.2.4	Verifiche a fessurazione .....	62
10.2.2.2.5	Verifica a taglio.....	63
10.2.2.3	Verifiche in direzione trasversale .....	64
10.2.2.3.1	Verifica di stato limite SLU+SLV .....	64
10.2.2.3.2	Verifiche di tensione SLEr.....	65
10.2.2.3.3	Verifiche di tensione SLEqp .....	65
10.2.2.3.4	Verifiche a fessurazione .....	66
10.2.2.3.5	Verifica a taglio.....	67
10.3	TRAVI DI TESTA .....	69
10.3.1.1	Geometria.....	69
10.3.1.2	Verifiche .....	69
10.3.1.2.1	Verifica di stato limite SLU+SLV .....	69

10.3.1.2.2	<i>Verifiche di tensione SLEr</i>	70
10.3.1.2.3	<i>Verifiche di tensione SLEqp</i>	71
10.3.1.2.4	<i>Verifiche a fessurazione</i>	73
10.3.1.2.5	<i>Verifiche a taglio</i>	75
10.4	PALI PORTANTI	77
10.4.1	GEOMETRIA	77
10.4.2	SETTORE A	79
10.4.2.1	Sollecitazioni	79
10.4.2.2	Verifiche Ø1800	84
10.4.2.2.1	<i>Armatura tipo 1</i>	84
10.4.2.2.2	<i>Armatura tipo 2</i>	86
10.4.2.2.3	<i>Armatura tipo 3</i>	88
10.4.2.2.4	<i>Armatura tipo 4</i>	90
10.4.2.2.5	<i>Armatura tipo 5</i>	92
10.4.2.3	Verifiche Ø1500	93
10.4.2.3.1	<i>Armatura tipo 1</i>	93
10.4.2.3.2	<i>Armatura tipo 2</i>	96
10.4.2.3.3	<i>Armatura tipo 3</i>	98
10.4.2.3.4	<i>Armatura tipo 4</i>	100
10.4.3	SETTORE B	102
10.4.3.1	Sollecitazioni	102
10.4.3.2	Verifiche Ø1800	107
10.4.3.2.1	<i>Armatura tipo 1</i>	107
10.4.3.2.2	<i>Armatura tipo 2</i>	109
10.4.3.2.3	<i>Armatura tipo 3</i>	111
10.4.3.2.4	<i>Armatura tipo 4</i>	113
10.4.3.2.5	<i>Armatura tipo 5</i>	115
10.4.3.3	Verifiche Ø1500	117
10.4.3.3.1	<i>Armatura tipo 1</i>	117
10.4.3.3.2	<i>Armatura tipo 2</i>	119
10.4.3.3.3	<i>Armatura tipo 3</i>	121
10.4.3.3.4	<i>Armatura tipo 4</i>	123
10.4.4	SETTORE C	125
10.4.4.1	Sollecitazioni	125
10.4.4.2	Verifiche Ø1800	130
10.4.4.2.1	<i>Armatura tipo 1</i>	130
10.4.4.2.2	<i>Armatura tipo 2</i>	132
10.4.4.2.3	<i>Armatura tipo 3</i>	134
10.4.4.2.4	<i>Armatura tipo 4</i>	136
10.4.4.2.5	<i>Armatura tipo 5</i>	138
10.4.4.3	Verifiche Ø1500	140
10.4.4.3.1	<i>Armatura tipo 1</i>	140
10.4.4.3.2	<i>Armatura tipo 2</i>	142
10.4.4.3.3	<i>Armatura tipo 3</i>	144
10.4.4.3.4	<i>Armatura tipo 4</i>	146
10.4.5	SETTORE D	148
10.4.5.1	Sollecitazioni	148
10.4.5.2	Verifiche Ø1800	153

10.4.5.2.1	Armatura tipo 1 .....	153
10.4.5.2.2	Armatura tipo 2 .....	155
10.4.5.2.3	Armatura tipo 3 .....	157
10.4.5.2.4	Armatura tipo 4 .....	159
10.4.5.2.5	Armatura tipo 5 .....	161
10.4.5.3	Verifiche Ø1500 .....	163
10.4.5.3.1	Armatura tipo 1 .....	163
10.4.5.3.2	Armatura tipo 2 .....	165
10.4.5.3.3	Armatura tipo 3 .....	167
10.4.5.3.4	Armatura tipo 4 .....	169
10.4.5.3.5	Armatura tipo 5 .....	171
10.5	PALI PORTATI .....	173
10.5.1	SOLLECITAZIONI .....	173
10.5.2	VERIFICHE .....	174
10.6	ATTACCO DI TESTA AI PALI PORTANTI .....	198
10.7	GIUNTI TRA SETTORI .....	201
10.7.1	SOLLECITAZIONI .....	201
10.7.2	VERIFICHE DI RESISTENZA DEL TUBOLARE .....	203
10.7.2.1	Piastra di testa .....	204
10.7.2.2	Saldatura a completa penetrazione .....	204
10.7.3	VERIFICHE DI DEFORMAZIONE DEL TUBOLARE .....	205
10.7.4	VERIFICHE LOCALI DELLA SOLETTA .....	207
10.7.5	VARCO MINIMO .....	209
10.8	GIUNTO ALLA RADICE DEL MOLO .....	210
10.9	VERIFICHE DEFORMAZIONE .....	211
10.9.1	VERIFICHE DEGLI SPOSTAMENTI IN FASE DI ESERCIZIO .....	211
10.9.2	VERIFICHE DEGLI SPOSTAMENTI AGLI SLE RARA .....	212
10.9.3	VERIFICHE DEGLI SPOSTAMENTI ALLO SLD .....	213
10.9.4	VERIFICHE DEGLI SPOSTAMENTI ALLO SLO .....	214
10.10	VERIFICHE DEI RISULTATI .....	215
10.10.1	CONTROLLO DELLE REAZIONI GLOBALI .....	215
10.10.2	CONTROLLO SOLLECITAZIONI DEL SINGOLO TELAIO .....	218
10.10.3	VERIFICHE SCHEMATIZZAZIONE TERRENO CON CURVE P-Y .....	219
<b>11</b>	<b>PROGETTAZIONE GEOTECNICA .....</b>	<b>222</b>
11.1	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU) .....	222
11.1.1	AZIONI .....	223
11.1.2	RESISTENZE .....	223
11.2	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE) .....	224
11.2.1	VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE .....	224
11.3	CRITERI GENERALI DI CALCOLO DELLE FONDAZIONI SU PALI .....	225
11.3.1	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU) .....	225
11.3.2	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE) .....	234
11.4	CRITERI DI PROGETTAZIONE IN ZONA SISMICA .....	234
11.5	FONDAZIONI PROFONDE .....	234
11.5.1	STATI LIMITE ULTIMI .....	235
11.6	CARICHI AGENTI .....	236
11.7	VERIFICHE PALI .....	242

11.7.1	VERIFICA CAPACITÀ PORTANTE VERTICALE .....	242
11.7.1.1	Settore A .....	242
11.7.1.1	Settore B .....	247
11.7.1.2	Settore C .....	252
11.7.1.1	Settore D .....	257
11.7.1.2	Riepilogo risultati .....	266
11.7.2	VERIFICA CAPACITÀ PORTANTE ORIZZONTALE .....	267
11.7.2.1	Pali diametro 1800 mm .....	267
11.7.2.2	Pali diametro 1500 mm portanti e portati .....	268
11.8	VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE .....	271
11.8.1	SETTORE C .....	271
11.8.1.1	Stato limite di esercizio in condizioni statiche: SLE .....	271
11.8.1.2	Stato limite di esercizio in condizioni sismiche: SLD .....	272
11.8.1.3	Stato limite ultimo in condizioni statiche: SLU .....	272
11.8.1.4	Stato limite ultimo in condizioni sismiche: SLV .....	273
11.8.2	SETTORE D .....	273
11.8.2.1	Stato limite di esercizio in condizioni statiche: SLE .....	273
11.8.2.2	Stato limite di esercizio in condizioni sismiche: SLD .....	274
11.8.2.3	Stato limite ultimo in condizioni statiche: SLU .....	274
11.8.2.4	Stato limite ultimo in condizioni sismiche: SLV .....	275

## **1 PREMESSA**

### **1.1 OGGETTO**

La presente relazione di calcolo riguarda il progetto strutturale esecutivo dell'opera del molo foraneo compreso nell'intervento di realizzazione della nuova piattaforma logistica intermodale di Tremestieri (Messina).

### **1.2 GENERALITÀ**

La relazione, redatta in conformità a quanto indicato al Capitolo 10 del D.M. 14.01.2008, si compone di una prima parte descrittiva e di una seconda dedicata al calcolo delle sollecitazioni ed alle verifiche di sicurezza.

La prima parte, descrittiva, comprende:

- la descrizione generale illustrativa dell'opera, del suo uso, della sua funzione nonché dei criteri normativi di sicurezza specifici della tipologia della costruzione con i quali la struttura progettata deve risultare compatibile. Essa contiene una descrizione dell'opera, con la definizione delle caratteristiche della costruzione quali la localizzazione geografica, la destinazione d'uso, la tipologia strutturale e le dimensioni principali complessive e dei principali elementi strutturali;
- le normative prese a riferimento;
- la descrizione del modello strutturale, correlato con quello geotecnico, ed i criteri generali di analisi e verifica;
- la valutazione della sicurezza e delle prestazioni della struttura in relazione agli stati limite che si possono verificare al fine di garantire il livello di sicurezza previsto in relazione alla vita nominale, alla classe d'uso, al periodo di riferimento, alle azioni ordinarie e quelle eccezionali ed alle loro combinazioni.

La seconda parte, invece, riporta:

- la descrizione dell'origine e delle caratteristiche del software di calcolo impiegato, nonché la descrizione del modello matematico impiegato;
- il tipo di analisi effettuate e le relative combinazioni dei carichi;
- i risultati ottenuti per le parti più sollecitate della struttura, descritti mediante immagini tratte direttamente dal software di calcolo che rappresentano graficamente le principali caratteristiche delle sollecitazioni e delle reazioni vincolari, i diagrammi di involuppo associati alle combinazioni di carico impiegate e le configurazioni deformate;
- le verifiche di sicurezza e di esercizio secondo i criteri richiesti dalle normative prese a riferimento.

## 2 DESCRIZIONE DELLE OPERE

La soluzione in progetto prevede un impalcato su pali proteso verso il mare aperto di spessore variabile costituito in parte da soletta piena in calcestruzzo di spessore totale pari a 1.00m e in parte da travi di collegamento dei pali sottostanti con sezione 2500x1500 mm. La prima fase di realizzazione dell'impalcato consisterà nella posa di predalles prefabbricate autoportanti in calcestruzzo, in grado da fungere da cassero collaborante, mentre la seconda fase consisterà del getto di completamento delle solette sopraccitate.

L'impalcato è sostenuto da una fila di pali in c.a. di diametro 1.5 m (lato mare) e da tre file di pali di diametro 1.8 m (lato interno) con la sola parte sommitale con forma tronco-conica di raccordo alla trave di testa superiore, tutti con profondità variabile tra i -23.3 e i -39.3 m s.l.m.m. e disposti ad un interasse longitudinale pari a circa 6.40 m e trasversale pari a 4.80/4.90 m. I pali sono realizzati previa infissione di camicia metallica avente funzione di cassero a perdere.

Il paramento esterno lato mare è realizzato mediante l'interposizione ai pali in c.a. di diametro 1.50 m. di pali in acciaio, denominati "pali di chiusura" o portati, di diametro 1.5 m, tangenti tra loro, vincolati superiormente all'impalcato in c.a., inferiormente al terreno di fondazione e collegati tra loro da appositi gargami.

Il molo presenta un tratto prevalente di larghezza 16.9 m ed un tratto terminale, di 80 m, di larghezza 10.3 m. A protezione del moto ondoso è realizzato un muro paraonde in c.a. con sommità a quota +6.50 m. s.l.m.m, sagomato verso il mare aperto, formato da una struttura classificabile come muro in calcestruzzo con contrafforti ad interasse tipico di 6416 mm e sezione di base 1500x1200 mm e un muro di spessore costante pari a 800mm.

Lungo il lato interno del molo sono disposte bitte da 1000 kN e parabordi ad interasse di 30 m, mentre nel tratto terminale sono disposti parabordi ogni 4.5 m. Per garantire l'ormeggio di imbarcazioni anche all'esterno del molo, nel caso di condizioni meteomarine particolarmente favorevoli, sono state previste ulteriori 3 bitte in corrispondenza del lato esterno del molo, dove si è anche previsto l'arretramento di 2m del muro paraonde del filo esterno; per l'accosto delle imbarcazioni si prevedono 3 parabordi amovibili agganciabili alla struttura esterna del molo.

In corrispondenza del tratto di molo di larghezza 10.3 m, su fondali di -12/-15 m s.l.m.m, la maglia strutturale procede con lo stesso schema, di un palo diametro 1.5 m più due pali diametro 1.8 m collegati tra loro mediante trave sommitale in c.a. di dimensioni 2500x1500mm, riducendo però l'interasse da 6 a 4.5 m.

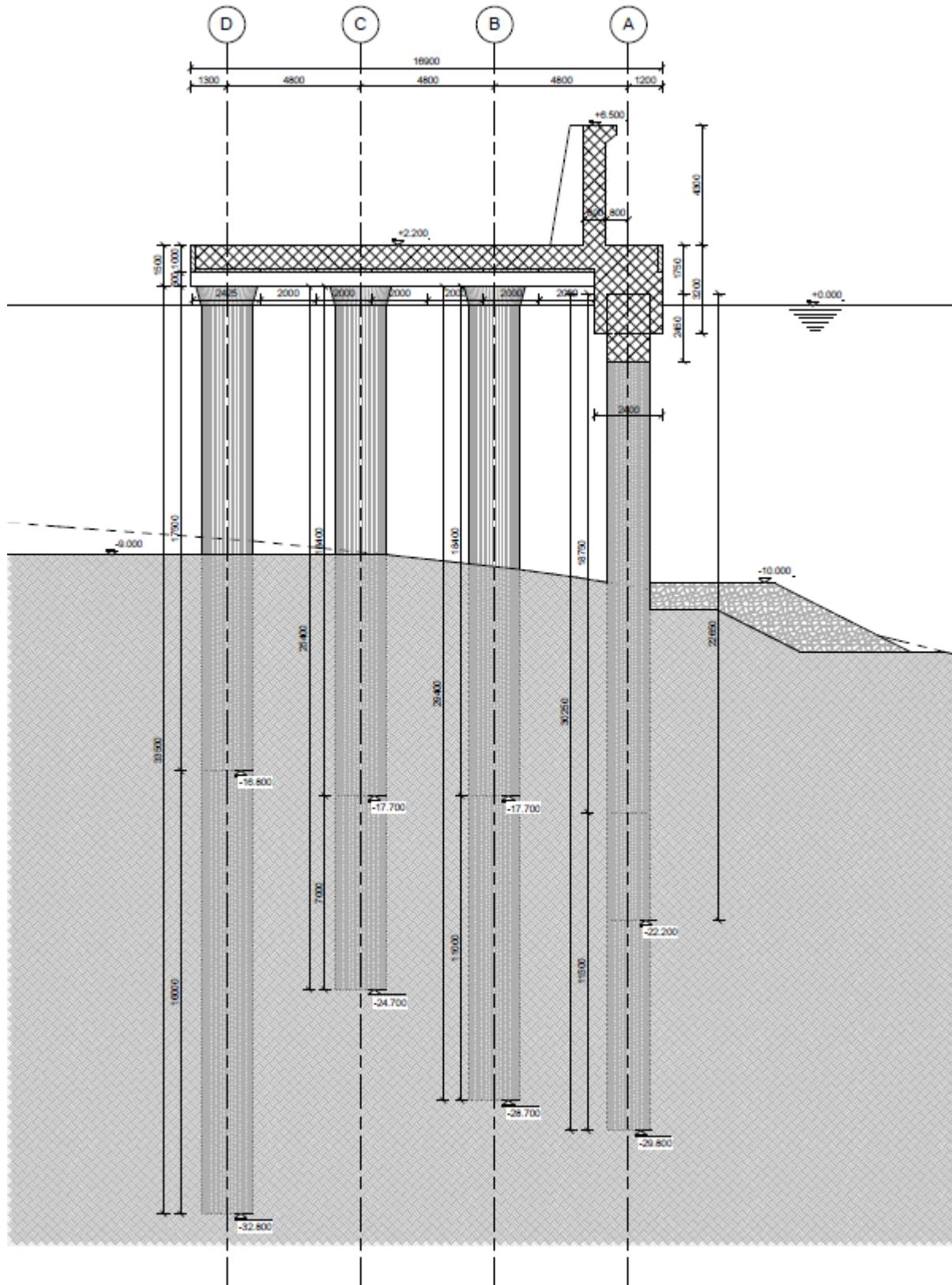
La struttura è divisa in quattro settori con lunghezze pari a:

Settore A	69.85 m
Settore B	69.09 m
Settore C	75.51 m
Settore D	107.87 m

La lunghezza totale della struttura risulta 322 m

Tra i settori è prevista l'adozione di un giunto in grado di assorbire la deformazione termica e, nel contempo di garantire l'efficace accoppiamento, in particolar modo trasversale, dei vari settori alle

altre azioni. Il giunto è realizzato utilizzando dei tubolari in acciaio  $\varnothing 224.5 \times 25$  dotati di piastra di testa, armatura di frettaggio e di rinforzo locale della soletta parzialmente inguainati in un tubo corrugato.



### **3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

#### **3.1 LEGGI, DECRETI E CIRCOLARI**

- L. 5.11.1971, n° 1086 – *“Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”*.
- D.M. 14.01.2008 – *“Norme tecniche per le costruzioni”*.
- Circ. Min. LL. PP. n. 617 02.02.2009 – *“Istruzioni per l’applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni”* di cui al D.M. 14.01.2008.
- CNR DT 207/2008 – *“Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni”*.

#### **3.2 NORME NAZIONALI**

- UNI EN 206-1:2006 – *“Calcestruzzo: specificazione, prestazione produzione e conformità”*.
- UNI 11104:2014 – *“Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1”*.
- UNI 11104:2016 – *“Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità – Specificazioni complementari per l’applicazione della EN 206”*.

#### **3.3 NORME EUROPEE**

- UNI EN 1992-1-1:2005 – *“Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: regole generali e regole per gli edifici”*.
- UNI EN 1993-1-1:2005 – *“Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-1: regole generali e regole per gli edifici”*.
- UNI EN 1997-1:2005 – *“Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Regole generali”*.
- UNI EN 1998-5:2005 – *“Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”*.

## 4 VITA NOMINALE E CLASSE D'USO

### VITA NOMINALE

La vita nominale  $V_N$  dell'opera corrisponde al numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere utilizzata per lo scopo al quale è destinata. Nelle previsioni progettuali dunque, se le condizioni ambientali e d'uso sono rimaste nei limiti previsti, non prima della fine di detto periodo saranno necessari interventi di manutenzione straordinaria per ripristinare le capacità di durata della costruzione. Con riferimento alla tabella 2.4.1 delle NTC 14/01/2008, si assume, per la costruzione in oggetto, una vita nominale corrispondente a:

$$V_N \leq 50 \text{ anni}$$

corrispondente ad un tipo di costruzione

**2**

che si riferisce a:

*"Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale"*

### CLASSE D'USO

In riferimento alle conseguenze di un eventuale collasso o di una perdita di operatività dell'opera (§2.4.2 NTC 14/01/2008) la struttura si classifica in:

Classe **III**

**Cu= 1.5**

Tale classe si riferisce a :

*"Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso."*

## 5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Si prescrive l'utilizzo dei seguenti materiali.

### 5.1 CALCESTRUZZO PER OPERE DI FONDAZIONE E IN ELEVAZIONE

		C35/45	
(NTC08 Tab. 4.1.1)	classe di resistenza	<b>R<sub>ck</sub></b>	<b>45.00 MPa</b>
	<b>resistenza cubica caratteristica a compressione</b>	<b>ρ</b>	<b>25.00 kN/mc</b>
	peso specifico		<b>XS3</b>
	classe d'esposizione		
(NTC08 §11.2.10.5)	coeff. espansione termica lineare	<b>α</b>	<b>1x10<sup>-5</sup> °C<sup>-1</sup></b>
(NTC08 §11.2.10.4)	coeff. di Poisson	<b>ν<sub>fess</sub></b>	<b>0.00</b>
		<b>ν<sub>non fess</sub></b>	<b>0.20</b>
(NTC08 §11.2.10.3)	modulo elastico secante	<b>E<sub>cm</sub></b>	<b>34077 MPa</b>
(NTC08 §11.2.10.1)	<b>resistenza cilindrica caratteristica a compressione</b>	<b>f<sub>ck</sub></b>	<b>35.00 MPa</b>
(NTC08 §11.2.10.1)	resistenza cilindrica media a compressione	<b>f<sub>cm</sub></b>	<b>43.00 MPa</b>
(NTC08 §4.1.2.1.1.1)	coeff. parziale per resistenze SLU	<b>γ<sub>c</sub></b>	<b>1.50</b>
(NTC08 §4.1.2.1.1.1)	coeff. riduttivo per resistenze di lunga durata	<b>α<sub>cc</sub></b>	<b>0.85</b>
(NTC08 §11.2.10.2)	resistenza media a trazione assiale	<b>f<sub>ctm</sub></b>	<b>3.21 MPa</b>
(NTC08 §11.2.10.2)	resistenza media a trazione per flessione	<b>f<sub>ctf</sub></b>	<b>3.85 MPa</b>
(NTC08 §11.2.10.2)	resistenza caratteristica a trazione frattile 5%	<b>f<sub>ctk,0.05</sub></b>	<b>2.25 MPa</b>
(NTC08 §11.2.10.2)	resistenza caratteristica a trazione frattile 95%	<b>f<sub>ctk,0.95</sub></b>	<b>4.17 MPa</b>
(NTC08 §4.1.2.1.1.1)	<b>resistenza di calcolo a compressione</b>	<b>f<sub>cd</sub></b>	<b>19.83 MPa</b>
(NTC08 § 4.1.2.1.1.1)	<b>resistenza di calcolo a compressione per spessori &lt; 5cm</b>	<b>f<sub>cd,sp&lt;5</sub></b>	<b>15.87 MPa</b>
(NTC08 §4.1.2.1.1.2)	<b>resistenza di calcolo a trazione</b>	<b>f<sub>ctd</sub></b>	<b>1.50 MPa</b>
(NTC08 §4.1.2.1.1.2)	<b>resistenza di calcolo a trazione per spessori &lt; 5cm</b>	<b>f<sub>ctd,sp&lt;5</sub></b>	<b>1.20 MPa</b>
(NTC08 §4.1.2.2.5.1)	<b>tensione ammissibile per combinazione caratteristica (rara)</b>	<b>σ<sub>c,rara</sub></b>	<b>21.00 MPa</b>
(NTC08 §4.1.2.2.5.1)	<b>tensione ammissibile per combinazione caratteristica (rara) per spessori &lt; 5cm</b>	<b>σ<sub>c,rara,sp&lt;5</sub></b>	<b>16.80 MPa</b>
(NTC08 §4.1.2.2.5.1)	<b>tensione ammissibile per combinazione quasi permanente</b>	<b>σ<sub>c,q.p.</sub></b>	<b>15.75 MPa</b>
(NTC08 §4.1.2.2.5.1)	<b>tensione ammissibile per combinazione quasi permanente per spessori &lt; 5cm</b>	<b>σ<sub>c,q.p.,sp&lt;5</sub></b>	<b>12.60 MPa</b>
(NTC08 §4.1.2.1.1.4)	resistenza tangenziale caratteristica di aderenza per barre Ø≤32	<b>f<sub>bk</sub></b>	<b>5.06 MPa</b>
(NTC08 §4.1.2.1.1.4)	<b>resistenza tangenziale di calcolo di aderenza per barre Ø≤32</b>	<b>f<sub>bd</sub></b>	<b>3.37 MPa</b>

### 5.1.1 Durabilità e copriferro

#### PRESCRIZIONI MINIME CALCESTRUZZO - UNI11104:2004 + UNI EN206-1:2006

##### Classe d'esposizione (1)

classe d'esposizione		XS3	
condizioni ambientali (NTC08 §4.1.2.2.4.3)		Molto aggressivo	
massimo rapporto acqua/cemento	a/c	0.45	
classe minima di resistenza	classe	C35/45	
contenuto minimo di cemento	cemento	360	Kg/mc
contenuto minimo d'aria	aria	-	%
altre prescrizioni		-	

La classe d'esposizione XS3 è compatibile con corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare per un ambiente zone esposte agli spruzzi o alle marea in strutture come: calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battigia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare.

Classe di esposizione:	XS3	
Tipo di ambiente:	Molto aggressivo	
Controllo qualità del copriferro:	No	
Classe C.A.:	C35/45	
Tipo di barre:	Barre da c.a.	
Tipo di elemento:	Altri elementi	
Vita nominale $V_N$ :	50	anni
Copriferro minimo:	45	mm
Tolleranza di posa:	10	mm
Incremento per vita nominale di 100 anni:	0	mm
Decremento per controllo qualità:	0	mm
Incremento per classe C.A. $C < C_{min}$ :	0	mm
<b>Copriferro minimo di progetto:</b>	<b>55</b>	<b>mm</b>

## 5.2 ACCIAIO

### 5.2.1 Acciaio per armatura

	B450C		
(NTC08 §11.3.2.1) tipo			
(NTC08 §4.1.2.1.1.3) coeff. parziale per le resistenze SLU	$\gamma_M$	1.15	
(NTC08 §11.3.2.1) resistenza caratteristica a snervamento	$f_{yk}$	450.00	MPa
(NTC08 §11.3.2.1) resistenza caratteristica a rottura	$f_{tk}$	540.00	MPa
(NTC08 §11.3.2.1) rapporto $(f_t / f_y)_k$		$1,15 \leq (f_t / f_y)_k \leq 1,35$	
(NTC08 §11.3.2.1) rapporto $(f_y / f_{y,nom})_k$		$(f_y / f_{y,nom})_k \leq 1,25$	
(NTC08 §11.3.2.1) allungamento $(A_{gt})_k$	$(A_{gt})_k$	$\geq 7,50 \%$	
(NTC08 §4.1.2.1.1.3) <b>resistenza di calcolo</b>	$f_{yd}$	<b>391.30</b>	<b>MPa</b>
(NTC08 §4.1.2.2.5.2) <b>tensione per combinazione caratteristica (rara)</b>	$\sigma_{s,rara}$	<b>360.00</b>	<b>MPa</b>

### 5.2.2 Acciaio da carpenteria metallica

	S 355		
(NTC08 §11.3.4.1) tipo			
(NTC08 §4.2.4.1.1) coeff. parziale per la resistenza delle sezioni	$\gamma_{M0}$	1.05	
(NTC08 §4.2.4.1.1) coeff. parziale per la resistenza all'instabilità	$\gamma_{M1}$	1.05	
(NTC08 §4.2.4.1.1) coeff. parziale per la resistenza all'instabilità negli elementi dei ponti	$\gamma_{M1,ponti}$	1.10	
(NTC08 §4.2.4.1.1) coeff. parziale per la resistenza delle sezioni tese con fori	$\gamma_{M2}$	1.25	
(NTC08 §11.3.4.1) peso specifico	$\rho$	78.50	kN/mc
(NTC08 §11.3.4.1) modulo elastico	E	210000	MPa
(NTC08 §11.3.4.1) modulo di elasticità trasversale $G = E / (2 \times (1 + \nu))$	G	80769	MPa
(NTC08 §11.3.4.1) coeff. di Poisson	$\nu$	0.30	
(NTC08 §11.3.4.1) coeff. espansione termica lineare	$\alpha$	$12 \times 10^{-6}$	$^{\circ}\text{C}^{-1}$
(NTC08 §11.3.4.1) resistenza caratteristica a snervamento	$f_{yk}$	355.00	MPa
(NTC08 §11.3.4.1) resistenza caratteristica a rottura	$f_{tk}$	510.00	MPa
(NTC08 §4.2.4.1.1) <b>resistenza di calcolo delle sezioni</b> $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M0}$	$f_{yd}$	<b>338.10</b>	<b>MPa</b>
(NTC08 §4.2.4.1.1) <b>resistenza di calcolo per l'instabilità</b> $f_{yd,1} = f_{yk} / \gamma_{M1}$	$f_{yd,1}$	<b>338.10</b>	<b>MPa</b>
(NTC08 §4.2.4.1.1) <b>resistenza di calcolo per l'instabilità negli elementi dei ponti</b> $f_{yd,1} = f_{yk} / \gamma_{M1}$	$f_{yd,1,ponti}$	<b>322.73</b>	<b>MPa</b>
(NTC08 §4.2.4.1.1) <b>resistenza di calcolo per sezioni tese con fori</b> $f_{yd,2} = f_{yk} / \gamma_{M2}$	$f_{yd,2}$	<b>284.00</b>	<b>Mpa</b>

### 5.2.3 Bulloni

Bulloni ad alta resistenza classe 8.8 secondo D.M. 14.01.2008, UNI EN ISO 898-1:2013, UNI EN ISO 4016:2011 e UNI EN 15048-1:2007:

- Resistenza caratteristica a rottura  $f_{tb} \geq 800 \text{ MPa}$
- Resistenza caratteristica a snervamento  $f_{yb} \geq 640 \text{ MPa}$

Dadi e rondelle secondo UNI EN 15048-1:2007:

- Dadi c1.8
- Rondelle c1.4.8

### 5.2.4 Saldature

Le saldature sono eseguite ad arco a cordone d'angolo ed a completo ripristino secondo UNI EN ISO 4063:2011 ed UNI EN 1011-1:2009.

## 6 CONDIZIONI ELEMENTARI DI CARICO

### 6.1 PESO PROPRIO

I pesi propri degli elementi strutturali sono autodeterminati dai software di calcolo in funzione delle dimensioni e del peso specifico del materiale.

I pesi specifici valgono:

- $\gamma_{\text{cls,armato}} = 25.00 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma_{\text{acciaio}} = 78.50 \text{ kN/m}^3$

### 6.2 CARICHI PERMANENTI

#### 6.2.1 Permanenti impalcato

Per l'impalcato di banchina non sono provvisti di massetti o pavimenti di finitura. Il getto di completamento costituisce anche il pavimento finito.

### 6.3 AZIONI ANTROPICHE

#### 6.3.1 Accidentali impalcato

L'impalcato è progettato per un carico accidentale di  $q = 40 \text{ kN/m}^2$ .

#### 6.3.2 Tiro bitte

Le bitte trasmettono alla banchina un tiro di  $T=1000 \text{ kN}$ .

#### 6.3.3 Carichi di accosto

##### 6.3.3.1 Dimensionamento parabordi per gli accosti dedicati ai traghetti bidirezionali

Si seguono le procedure del rapporto PIANC: Guidelines for the design of Fender System 2002.

Le dimensioni delle navi traghetto bidirezionali che accostano alle banchine ad esse dedicate sono:

LOA = 120 m  
B = 20 m  
d = 4.50 m  
Dislocamento  $W = 6000 \text{ t}$

L'energia normale di progetto è:

$$Ed = \frac{1}{2} * W * V^2 * C_e * C_m * C_s * C_l$$

Ed = energia che deve essere assorbita da 1 fender (KN\*m)  
W = dislocamento nave (in tonnellate)  
V = velocità di accosto (componente perpendicolare alla banchina)  
 $C_e$  = coefficiente di eccentricità  
 $C_m$  = coefficiente di massa virtuale  
 $C_s$  = softness factor  
 $C_c$  = coefficiente di configurazione dell'accosto

Nel caso in esame si adottano:

- $C_e = 0.5$  (quarter point berthing)  
 $C_m = 1.82$   
 $C_s = 1.0$   
 $C_c = 0.9$  (banchina a parete piena)

Il parametro critico è la velocità di accosto. In base alla Tab. 4.2.1 del rapporto PIANC si adotta:

$$V = 0.2 \text{ m/s}$$
$$E = 98 \text{ KN*m}$$

Per il dimensionamento del fender si considera la condizione di “abnormal berthing”, con coefficiente moltiplicativo dell’energia normale pari a 2.

L’energia di progetto è pertanto:

$$E = 200 \text{ KN*m} = 20.4 \text{ t*m}$$

Il fender di progetto risulta adeguato in quanto consente di assorbire un’energia di oltre 200 KN\*m con reazione dell’ordine di 80 t.

### 6.3.3.2 Carichi Di Accosto

Per la verifica ad urto sono previste due condizioni:

1. verifica locale in combinazione di carico allo SLU: carico d’urto concentrato in corrispondenza del fender  $N=800 \text{ kN}$ , carico di progetto del singolo fender.
2. verifica globale in combinazione di carico eccezionale: carico d’urto distribuito in accordo al §3.6.3.5 del D.M. 14.1.08. La normativa prevede due azioni, non contemporanee, nelle direzioni parallela ( $F_{d,x}$ ) e ortogonale ( $F_{d,y} = 0.5 F_{d,x}$ ).

L’imbarcazione di progetto ha DWT = 40 ton e lunghezza  $L = 200 \text{ m}$ . Da Normativa ne deriva una  $F_{d,x}=240000 \text{ kN}$ . Tale forza è riferita ad una velocità di navigazione di 5 m/s.

Nel caso in esame la velocità di accosto è stata assunta pari a 0.28 m/s, in accordo con le linee guida per la progettazione dei fender del 2002 (PIANC).

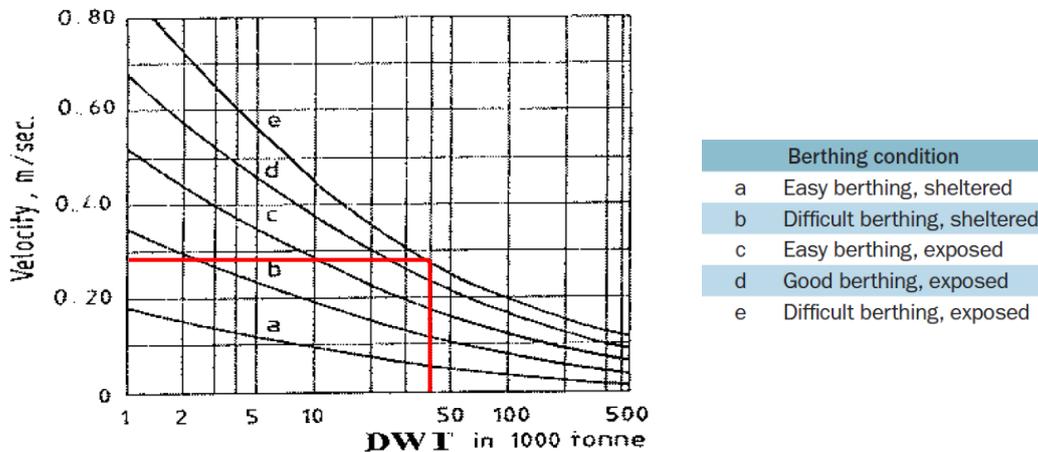


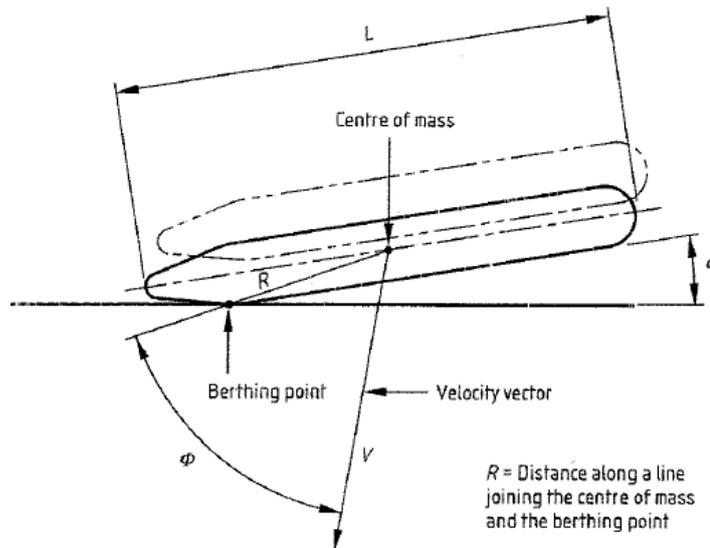
Figura 1 – velocità di accosto

Le forze  $F_{d,x}$  e  $F_{d,y}$  di conseguenza sono state ridotte proporzionalmente alla velocità e risultano essere:

$$F_{d,x}^* = \frac{0.28}{5} \cdot F_{d,x} = 13440 \text{ kN}$$

$$F_{d,y}^* = 0.5 \cdot F_{d,x}^* = 6720 \text{ kN}$$

Per imbarcazioni che hanno DWT < 50 ton e che entrano in porto senza l'ausilio di rimorchiatori, l'angolo di impatto ( $\alpha$ ) può essere tra 10 e 15 gradi.



La forza d'urto è applicata ad una superficie d'impatto determinata come da normativa.

Nello specifico la superficie d'impatto laterale si estende in larghezza di  $0.1L$ , dove  $L$  è la lunghezza dell'imbarcazione, e in altezza di  $0.05L$ . Quindi l'area di impatto ha dimensioni  $20 \times 10$  m.

## 6.4 AZIONI AMBIENTALI

### 6.4.1 Neve

Il carico da neve è circa un quarantesimo del carico accidentale e pertanto è trascurato in fase di progettazione.

### 6.4.2 Vento

Il carico da vento è un quindicesimo dei carichi orizzontali quali tiro trasmesso dalle bitte od urto delle imbarcazioni, ed è stato trascurato in fase di progettazione.

### 6.4.3 Moto ondoso

I carichi dovuti al moto ondoso agente sono riportati nella tabella seguente in funzione della profondità del fondale:

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
PROGETTO ESECUTIVO

PRESSIONI IN FASE DI CRESTA (t/m <sup>2</sup> )				
	prof [m]	p1	p2	p3
non frangimento (Sainflou)	17	7.44	1.51	5.33
	16	7.48	1.58	5.44
	15	7.52	1.64	5.56
	14	7.58	1.72	5.7
	13	7.64	1.81	5.85
	12	7.69	1.92	5.92
frangimento (Goda)	11	8.61	4.24	7.31
	10	9.02	4.44	7.86
	9	9.37	4.44	8.3
	8	9.46	4.66	8.44
	7	10.03	4.94	9.12
	6	10.87	5.35	10.06

p1	pressione al livello medio mare
p2	pressione alla sommità del muro paraonde (+6.50 m s.l.m.m.)
p3	pressione alla quota del fondale

PRESSIONI IN FASE DI CAVO (t/m <sup>2</sup> )					
	prof [m]	p1	p2	p3	h <sub>min</sub> [m]
(Sainflou)	17	6.61	0	6.36	6.39
	16	6.54	0	6.49	6.32
	15	6.45	0	6.63	6.23
	14	6.36	0	6.81	6.14
	13	6.25	0	6.98	6.03
	12	6.1	0	7.06	5.89
	11	5.89	0	6.96	5.69
	10	5.7	0	7.13	5.5
	9	5.45	0	7.26	5.27
	8	5.12	0	7.31	4.95
	7	4.73	0	7.45	4.52
	6	4.2	0	7.58	4.05

p1	pressione alla quota -h <sub>min</sub>
p2	pressione al livello medio mare
p3	pressione alla quota del fondale

6.4.3.1 Moto ondoso in fase di esercizio

I carichi dovuti al moto ondoso agente in fase di esercizio (con tempo di ritorno ridotto  $T_r=5$  anni) sono riportati nella tabella seguente in funzione della profondità del fondale:

**Profondità -8m**

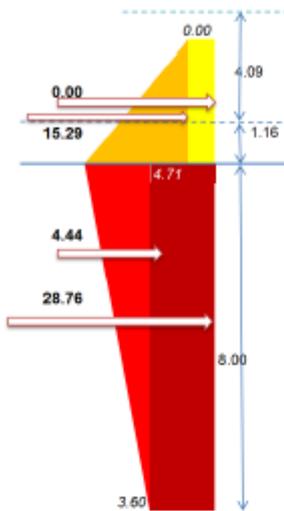


Figura 1 – Spinte sul molo foraneo in fase di cresta

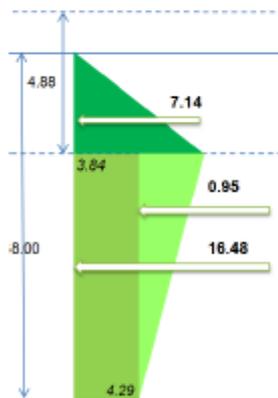


Figura 2 – Spinte sul molo foraneo in fase di cavo

Hs [m]	2.92	
Ts [sec]	9.38	
$h = d_p$ [m]	8.00	
$h_b$ [m]	10.00	
$h_c$ [m]	6.50	
$H_{1/20}$ [m]	4.09	
$H_{1/100}$ [m]	4.88	
L [m]	85.75	
$d_p/H_{1/20}$	1.96	>1.5 Sainflou
$d_p/H_{1/100}$	1.64	>1.5 Sainflou

	Spinta [t/m]	CRESTA	
		Triangolo superiore [t/m]	Rettangolo superiore [t/m]
	15.29	0.00	
	4.44	28.76	
	48.49		
CAVO	Spinta [t/m]	Triangolo superiore [t/m]	7.14
		Triangolo inferiore [t/m]	0.95
	Spinta [t/m]	Rettangolo inferiore [t/m]	16.48
		Spinta totale [t/m]	24.57

Tabella 1 – Dati e valori delle spinte sul molo in fase di cresta e in fase di cavo per  $d_p = -8m$

Profondità [m]	Spinta totale cresta [t/m]	Spinta totale cavo [t/m]
15	71.35	59.62
14	68.47	53.87
13	65.22	48.36
12	61.76	43.02
11	58.49	37.71
10	55.29	32.73
9	52.01	28.71
8	48.49	24.57

Goda
Sainflou

DATI	
Tr [anni]	5
Hs0 [m]	4.51
Hs [m]	2.92
Tp [s]	10.32
Ts [s]	9.38

Tabella 2 – Sintesi dei risultati: spinta totale in fase di cresta e in fase di cavo sul molo alle diverse profondità

**Profondità -9m**

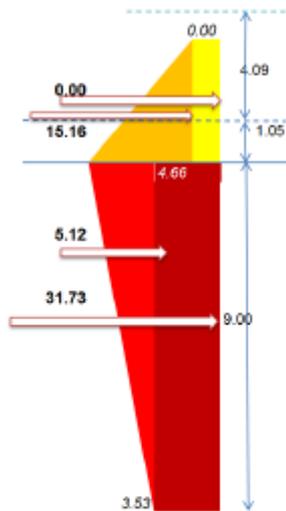


Figura 3 – Spinte sul molo foraneo in fase di cresta

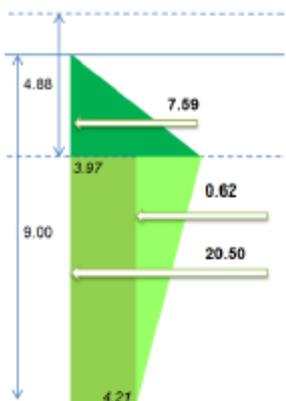


Figura 4 – Spinte sul molo foraneo in fase di cavo

Hs [m]	2.92
Ts [sec]	9.38
h = d <sub>p</sub> [m]	9.00
h <sub>b</sub> [m]	11.50
h <sub>c</sub> [m]	6.50
H <sub>1/20</sub> [m]	4.09
H <sub>1/100</sub> [m]	4.88
L [m]	90.81
d <sub>p</sub> /H <sub>1/20</sub>	2.20 >1.5 Sainflou
d <sub>p</sub> /H <sub>1/100</sub>	1.85 >1.5 Sainflou

CRESTA	Triangolo superiore [t/m]	15.16
	Rettangolo superiore [t/m]	0.00
	Triangolo inferiore [t/m]	5.12
	Rettangolo inferiore [t/m]	31.73
<b>Spinta totale [t/m]</b>		<b>52.01</b>
CAVO	Triangolo superiore [t/m]	7.59
	Triangolo inferiore [t/m]	0.62
	Rettangolo inferiore [t/m]	20.50
	<b>Spinta totale [t/m]</b>	

Tabella 3 – Dati e valori delle spinte sul molo in fase di cresta e in fase di cavo per d<sub>p</sub>= - 9m

Profondità [m]	Spinta totale cresta [t/m]	Spinta totale cavo [t/m]
15	71.35	59.62
14	68.47	53.87
13	65.22	48.36
12	61.76	43.02
11	58.49	37.71
10	55.29	32.73
9	52.01	28.71
8	48.49	24.57

Goda
Sainflou

DATI	
Tr [anni]	5
H <sub>50</sub> [m]	4.51
Hs [m]	2.92
T <sub>p</sub> [s]	10.32
Ts [s]	9.38

Tabella 4 – Sintesi dei risultati: spinta totale in fase di cresta e in fase di cavo sul molo alle diverse profondità

## Profondità -10m

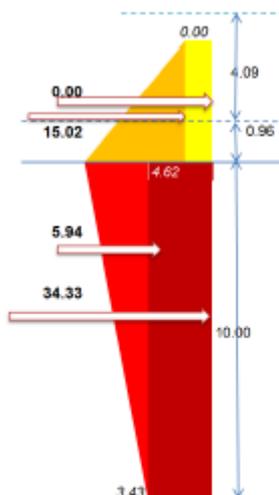


Figura 5 – Spinte sul molo foraneo in fase di cresta

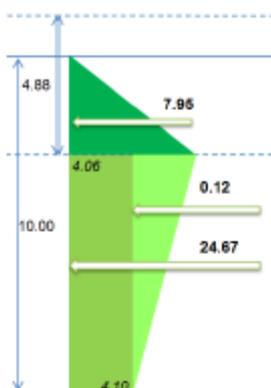


Figura 6 – Spinte sul molo foraneo in fase di cavo

Hs [m]	2.92	
Ts [sec]	9.38	
h = d <sub>p</sub> [m]	10.00	
h <sub>b</sub> [m]	12.50	
h <sub>c</sub> [m]	6.50	
H <sub>1/20</sub> [m]	4.09	
H <sub>1/100</sub> [m]	4.88	
L [m]	93.88	
d <sub>p</sub> /H <sub>1/20</sub>	2.45	>1.5 Sainflou
d <sub>p</sub> /H <sub>1/100</sub>	2.05	>1.5 Sainflou

CRESTA	Triangolo superiore [t/m]	15.02
	Rettangolo superiore [t/m]	0.00
	Triangolo inferiore [t/m]	5.94
	Rettangolo inferiore [t/m]	34.33
	Spinta totale [t/m]	55.29
CAVO	Triangolo superiore [t/m]	7.95
	Triangolo inferiore [t/m]	0.12
	Rettangolo inferiore [t/m]	24.67
	Spinta totale [t/m]	32.73

Tabella 5 – Dati e valori delle spinte sul molo in fase di cresta e in fase di cavo per d<sub>p</sub> = -10m

Profondità [m]	Spinta totale cresta [t/m]	Spinta totale cavo [t/m]
15	71.35	59.62
14	68.47	53.87
13	65.22	48.36
12	61.76	43.02
11	58.49	37.71
10	55.29	32.73
9	52.01	28.71
8	48.49	24.57

Goda
Sainflou

DATI	
Tr [anni]	5
H <sub>50</sub> [m]	4.51
Hs [m]	2.92
T <sub>p</sub> [s]	10.32
Ts [s]	9.38

Tabella 6 – Sintesi dei risultati: spinta totale in fase di cresta e in fase di cavo sul molo alle diverse profondità

## Profondità -11m

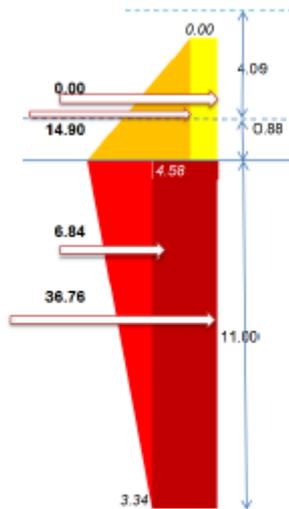


Figura 7 – Spinte sul molo foraneo in fase di cresta

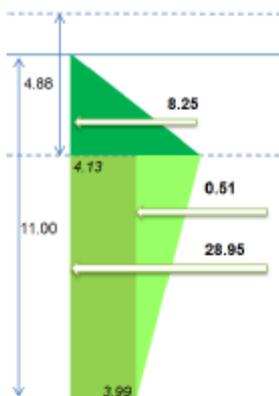


Figura 8 – Spinte sul molo foraneo in fase di cavo

Hs [m]	2.92	
Ts [sec]	9.38	
h = d <sub>p</sub> [m]	11.00	
h <sub>b</sub> [m]	13.50	
h <sub>c</sub> [m]	6.50	
H <sub>1/20</sub> [m]	4.09	
H <sub>1/100</sub> [m]	4.88	
L [m]	96.74	
d <sub>p</sub> /H <sub>1/20</sub>	2.69	>1.5 Sainflou
d <sub>p</sub> /H <sub>1/100</sub>	2.26	>1.5 Sainflou

CRESTA	Triangolo superiore [t/m]	14.90
	Rettangolo superiore [t/m]	0.00
	Triangolo inferiore [t/m]	6.84
	Rettangolo inferiore [t/m]	36.76
	Spinta totale [t/m]	58.49
CAVO	Triangolo superiore [t/m]	8.25
	Triangolo inferiore [t/m]	0.51
	Rettangolo inferiore [t/m]	28.95
	Spinta totale [t/m]	37.71

Tabella 7 – Dati e valori delle spinte sul molo in fase di cresta e in fase di cavo per d<sub>p</sub>= - 11m

Profondità [m]	Spinta totale cresta [t/m]	Spinta totale cavo [t/m]
15	71.35	59.62
14	68.47	53.87
13	65.22	48.36
12	61.76	43.02
11	58.49	37.71
10	55.29	32.73
9	52.01	28.71
8	48.49	24.57

Tabella 8 – Sintesi dei risultati: spinta totale in fase di cresta e in fase di cavo sul molo alle diverse profondità

Goda
Sainflou

DATI	
Tr [anni]	5
Hs <sub>0</sub> [m]	4.51
Hs [m]	2.92
Tp [s]	10.32
Ts [s]	9.38

## Profondità -12m

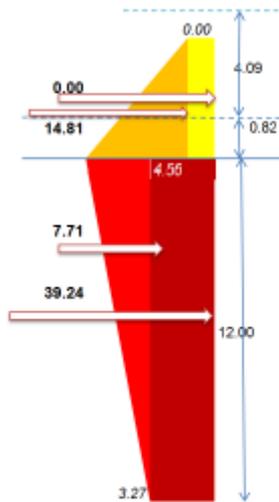


Figura 9 – Spinte sul molo foraneo in fase di cresta

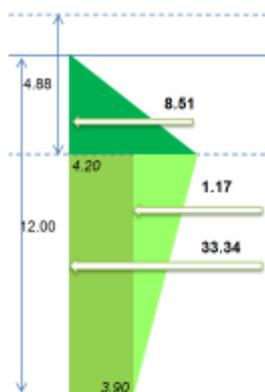


Figura 10 – Spinte sul molo foraneo in fase di cavo

Hs [m]	2.92	
Ts [sec]	9.38	
h = d <sub>p</sub> [m]	12.00	
h <sub>b</sub> [m]	15.00	
h <sub>c</sub> [m]	6.50	
H <sub>1/20</sub> [m]	4.09	
H <sub>1/100</sub> [m]	4.88	
L [m]	100.67	
d <sub>p</sub> /H <sub>1/20</sub>	2.94	>1.5 Sainflou
d <sub>p</sub> /H <sub>1/100</sub>	2.46	>1.5 Sainflou

CRESTA	Triangolo superiore [t/m]	14.81
	Rettangolo superiore [t/m]	0.00
	Triangolo inferiore [t/m]	7.71
	Rettangolo inferiore [t/m]	39.24
	<b>Spinta totale [t/m]</b>	<b>61.76</b>
CAVO	Triangolo superiore [t/m]	8.51
	Triangolo inferiore [t/m]	1.17
	Rettangolo inferiore [t/m]	33.34
	<b>Spinta totale [t/m]</b>	<b>43.02</b>

Tabella 9 – Dati e valori delle spinte sul molo in fase di cresta e in fase di cavo per d<sub>p</sub> = -12m

Profondità [m]	Spinta totale cresta [t/m]	Spinta totale cavo [t/m]
15	71.35	59.62
14	68.47	53.87
13	65.22	48.36
12	61.76	43.02
11	58.49	37.71
10	55.29	32.73
9	52.01	28.71
8	48.49	24.57

Goda
Sainflou

DATI	
Tr [anni]	5
Hs <sub>0</sub> [m]	4.51
Hs [m]	2.92
Tp [s]	10.32
Ts [s]	9.38

Tabella 10 – Sintesi dei risultati: spinta totale in fase di cresta e in fase di cavo sul molo alle diverse profondità

**Profondità -13m**

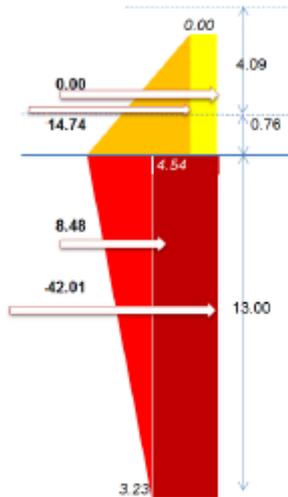


Figura 11 – Spinte sul molo foraneo in fase di cresta

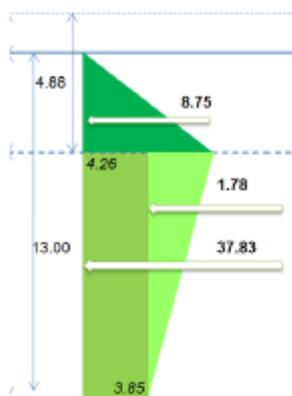


Figura 12 – Spinte sul molo foraneo in fase di cavo

Hs [m]	2.92	
Ts [sec]	9.38	
h = d <sub>p</sub> [m]	13.00	
h <sub>b</sub> [m]	17.50	
h <sub>c</sub> [m]	6.50	
H <sub>1/20</sub> [m]	4.09	
H <sub>1/100</sub> [m]	4.88	
L [m]	106.41	
d <sub>p</sub> /H <sub>1/20</sub>	3.18	>1.5 Sainflou
d <sub>p</sub> /H <sub>1/100</sub>	2.67	>1.5 Sainflou

CRESTA	Triangolo superiore [t/m]	14.74
	Rettangolo superiore [t/m]	0.00
	Triangolo inferiore [t/m]	8.48
	Rettangolo inferiore [t/m]	42.01
	<b>Spinta totale [t/m]</b>	<b>65.22</b>
CAVO	Triangolo superiore [t/m]	8.75
	Triangolo inferiore [t/m]	1.78
	Rettangolo inferiore [t/m]	37.83
	<b>Spinta totale [t/m]</b>	<b>48.36</b>

Tabella 11 – Dati e valori delle spinte sul molo in fase di cresta e in fase di cavo per d<sub>p</sub>= -13m

Profondità [m]	Spinta totale cresta [t/m]	Spinta totale cavo [t/m]
15	71.35	59.62
14	68.47	53.87
13	65.22	48.36
12	61.76	43.02
11	58.49	37.71
10	55.29	32.73
9	52.01	28.71
8	48.49	24.57

Goda
Sainflou

DATI	
Tr [anni]	5
Hs <sub>0</sub> [m]	4.51
Hs [m]	2.92
Tp [s]	10.32
Ts [s]	9.38

Tabella 12 – Sintesi dei risultati: spinta totale in fase di cresta e in fase di cavo sul molo alle diverse profondità

### Profondità -14m

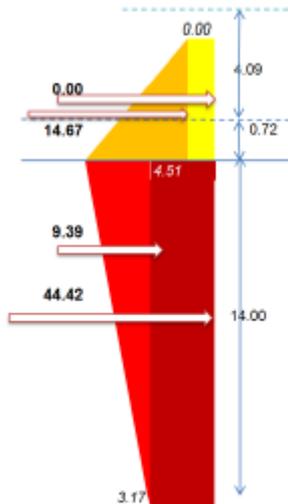


Figura 13 – Spinte sul molo foraneo in fase di cresta

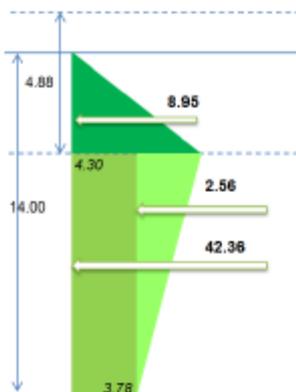


Figura 14 – Spinte sul molo foraneo in fase di cavo

Hs [m]	2.92	
Ts [sec]	9.38	
h = d <sub>p</sub> [m]	14.00	
h <sub>b</sub> [m]	19.60	
h <sub>c</sub> [m]	6.50	
H <sub>1/20</sub> [m]	4.09	
H <sub>1/100</sub> [m]	4.88	
L [m]	110.55	
d <sub>p</sub> /H <sub>1/20</sub>	3.42	>1.5 Sainflou
d <sub>p</sub> /H <sub>1/100</sub>	2.87	>1.5 Sainflou

CRESTA	Triangolo superiore [t/m]	14.67
	Rettangolo superiore [t/m]	0.00
	Triangolo inferiore [t/m]	9.39
	Rettangolo inferiore [t/m]	44.42
	<b>Spinta totale [t/m]</b>	<b>68.47</b>
CAVO	Triangolo superiore [t/m]	8.95
	Triangolo inferiore [t/m]	2.56
	Rettangolo inferiore [t/m]	42.36
	<b>Spinta totale [t/m]</b>	<b>53.87</b>

Tabella 13 – Dati e valori delle spinte sul molo in fase di cresta e in fase di cavo per d<sub>p</sub>= - 14m

Profondità [m]	Spinta totale cresta [t/m]	Spinta totale cavo [t/m]
15	71.35	59.62
14	68.47	53.87
13	65.22	48.36
12	61.76	43.02
11	58.49	37.71
10	55.29	32.73
9	52.01	28.71
8	48.49	24.57

Goda
Sainflou

DATI	
Tr [ann]	5
Hs <sub>0</sub> [m]	4.51
Hs [m]	2.92
T <sub>p</sub> [s]	10.32
Ts [s]	9.38

Tabella 14 – Sintesi dei risultati: spinta totale in fase di cresta e in fase di cavo sul molo alle diverse profondità

### Profondità -15m

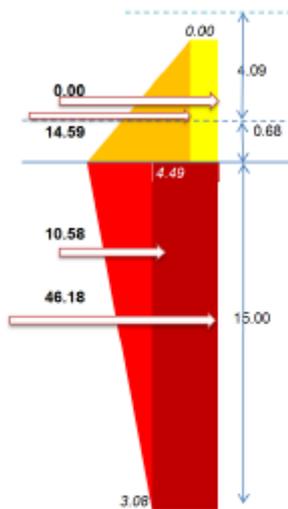


Figura 15 – Spinte sul molo foraneo in fase di cresta

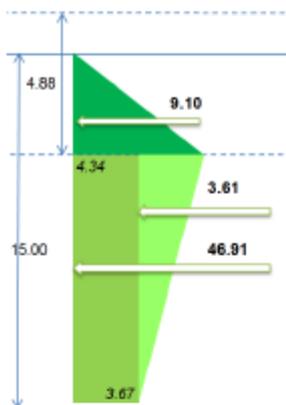


Figura 16 – Spinte sul molo foraneo in fase di cavo

Hs [m]	2.92	
Ts [sec]	9.38	
h = d <sub>p</sub> [m]	15.00	
h <sub>b</sub> [m]	20.50	
h <sub>c</sub> [m]	6.50	
H <sub>1/20</sub> [m]	4.09	
H <sub>1/100</sub> [m]	4.88	
L [m]	112.17	
d <sub>p</sub> /H <sub>1/20</sub>	3.67	>1.5 Sainflou
d <sub>p</sub> /H <sub>1/100</sub>	3.08	>1.5 Sainflou

CRESTA	Triangolo superiore [t/m]	14.59
	Rettangolo superiore [t/m]	0.00
	Triangolo inferiore [t/m]	10.58
	Rettangolo inferiore [t/m]	46.18
	<b>Spinta totale [t/m]</b>	<b>71.35</b>
CAVO	Triangolo superiore [t/m]	9.10
	Triangolo inferiore [t/m]	3.61
	Rettangolo inferiore [t/m]	46.91
	<b>Spinta totale [t/m]</b>	<b>59.62</b>

Tabella 15 – Dati e valori delle spinte sul molo in fase di cresta e in fase di cavo per d<sub>p</sub> = -15m

Profondità [m]	Spinta totale cresta [t/m]	Spinta totale cavo [t/m]
15	71.35	59.62
14	68.47	53.87
13	65.22	48.36
12	61.76	43.02
11	58.49	37.71
10	55.29	32.73
9	52.01	28.71
8	48.49	24.57

Goda
Sainflou

DATI	
Tr [anni]	5
H <sub>50</sub> [m]	4.51
Hs [m]	2.92
T <sub>p</sub> [s]	10.32
Ts [s]	9.38

Tabella 16 – Sintesi dei risultati: spinta totale in fase di cresta e in fase di cavo sul molo alle diverse profondità

#### 6.4.4 Azione termica

In conformità a quanto prescritto dalla Normativa Italiana si adottano i seguenti valori di variazione termica:

Tabella 3.5.II – Valori di  $\Delta T_u$  per gli edifici

Tipo di struttura	$\Delta T_u$
Strutture in c.a. e c.a.p. esposte	$\pm 15$ °C
Strutture in c.a. e c.a.p. protette	$\pm 10$ °C
Strutture in acciaio esposte	$\pm 25$ °C
Strutture in acciaio protette	$\pm 15$ °C

Si considera quindi una variazione termica pari a  $\Delta T = +15$  °C applicata, all'impalcato della banchina in c.a. e al muro paraonde, rispetto alla sottostante struttura, simulando così gli effetti di un rapido riscaldamento della struttura superiore, per irraggiamento solare.

## 6.5 SISMA

### 6.5.1 Parametri di base

La definizione della pericolosità del sito di progetto è stata condotta con riferimento alle seguenti coordinate geografiche relative alla zona portuale di Tremestieri:

*Latitudine:* 38°13'54.7"

*Longitudine:* 15°52'31.5"

Si opera nell'ipotesi di infrastruttura di importanza normale, con vita nominale prevista corrispondente a:

$$V_N=50\text{anni}$$

La struttura si considera di Classe d'uso III, corrispondente ad una costruzione il cui uso preveda affollamenti significativi.

Si applica dunque un coefficiente:  $C_U=1.5$

Il periodo di riferimento dell'azione sismica corrisponde dunque a:

$$V_R=V_N \times C_U=50 \times 1.5=75 \text{ anni}$$

Si riportano, nella tabella seguente, i valori di accelerazione di picco e gli altri parametri significativi degli spettri di progetto, per i diversi stati limiti da analizzare.

STATO LIMITE	Tr	a <sub>g</sub>	F <sub>0</sub>	T <sub>c</sub> *
SLO	45	0.080	2.349	0.287
SLD	75	0.105	2.297	0.309
SLV	712	0.305	2.410	0.372
SLC	1462	0.407	2.345	0.403

### 6.5.2 Fattore di struttura

La scelta del fattore di struttura, all'interno delle strutture in calcestruzzo ricade nelle seguenti tipologie:

- *strutture a telaio*, nelle quali la resistenza alle azioni sia verticali che orizzontali è affidata principalmente a telai spaziali, aventi resistenza a taglio alla base  $\geq 65\%$  della resistenza a taglio totale;
- *strutture a pareti*, nelle quali la resistenza alle azioni sia verticali che orizzontali è affidata principalmente a pareti, singole o accoppiate, aventi resistenza a taglio alla base  $\geq 65\%$  della resistenza a taglio totale<sup>4</sup>;
- *strutture miste telaio-pareti*, nelle quali la resistenza alle azioni verticali è affidata prevalentemente ai telai, la resistenza alle azioni orizzontali è affidata in parte ai telai ed in parte alle pareti, singole o accoppiate; se più del 50% dell'azione orizzontale è assorbita dai telai si parla di *strutture miste equivalenti a telai*, altrimenti si parla di *strutture miste equivalenti a pareti*;
- *strutture deformabili torsionalmente*, composte da telai e/o pareti, la cui rigidezza torsionale non soddisfa ad ogni piano la condizione  $r/l_s > 0,8$ , nella quale:

La struttura presenta un sistema sismo-resistente basato su telai in calcestruzzo, e può essere assimilata ad una struttura a telaio di un singolo piano, regolare in altezza ed in pianta, con fattore di strutture  $q_0$  pari quindi a:

Tipologia	$q_0$	
	CD"B"	CD"A"
Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste	$3.0\alpha_u/\alpha_1$	$4.5 \alpha_u/\alpha_1$
Strutture a pareti non accoppiate	3,0	$4,0 \alpha_u/\alpha_1$
Strutture deformabili torsionalmente	2,0	3,0
Strutture a pendolo inverso	1,5	2,0

Le strutture a pareti estese debolmente armate devono essere progettate in CD "B". Strutture aventi i telai resistenti all'azione sismica composti, anche in una sola delle direzioni principali, con travi a spessore devono essere progettate in CD"B" a meno che tali travi non si possano considerare elementi strutturali "secondari".

Per strutture regolari in pianta, possono essere adottati i seguenti valori di  $\alpha_u/\alpha_1$ :

a) Strutture a telaio o miste equivalenti a telai

- strutture a telaio di un piano	$\alpha_u/\alpha_1 = 1,1$
- strutture a telaio con più piani ed una sola campata	$\alpha_u/\alpha_1 = 1,2$
- strutture a telaio con più piani e più campate	$\alpha_u/\alpha_1 = 1,3$

Pertanto si ricava un fattore di struttura massimo:

$$q = q_0 \cdot K_R = 3.0 \cdot (\alpha_u/\alpha_1) \cdot K_R = 3.0 \cdot 1.1 \cdot 1 = 3.3$$

Tuttavia, considerata la sostanziale diversità di una struttura come il molo foraneo rispetto ad una classica tipologia strutturale di tipo civile, a cui le norme fanno riferimento, appare più corretto un approccio cautelativo che tenga conto dei seguenti aspetti:

- limitare il danneggiamento della struttura post-sisma;
- considerare le incertezze intrinseche di calcolo dovute all'interazione terreno del fondale e struttura in fase sismica;
- avere la certezza che la struttura sia in grado di dissipare l'energia sismica attraverso la formazione di plasticizzazioni locali con abbondante grado di ridondanza;

Considerato inoltre che le norme italiane indicano i seguenti valori minimi come riferimento per altre tipologie strutturali:

[§7.4.3.2] Strutture in CA a pendolo inverso  $q=1.50$

[§C8.7.2.4] Strutture in CA esistenti  $q=1.50$

Appare comunque troppo cautelativo ed irrealistico considerare un fattore di struttura unitario, pertanto, alla luce di quanto sopra esposto, risulta adeguato e cautelativo assumere un fattore di struttura pari a:

$$q=1.50 \quad (\text{NTC} - 7.5.2.2)$$

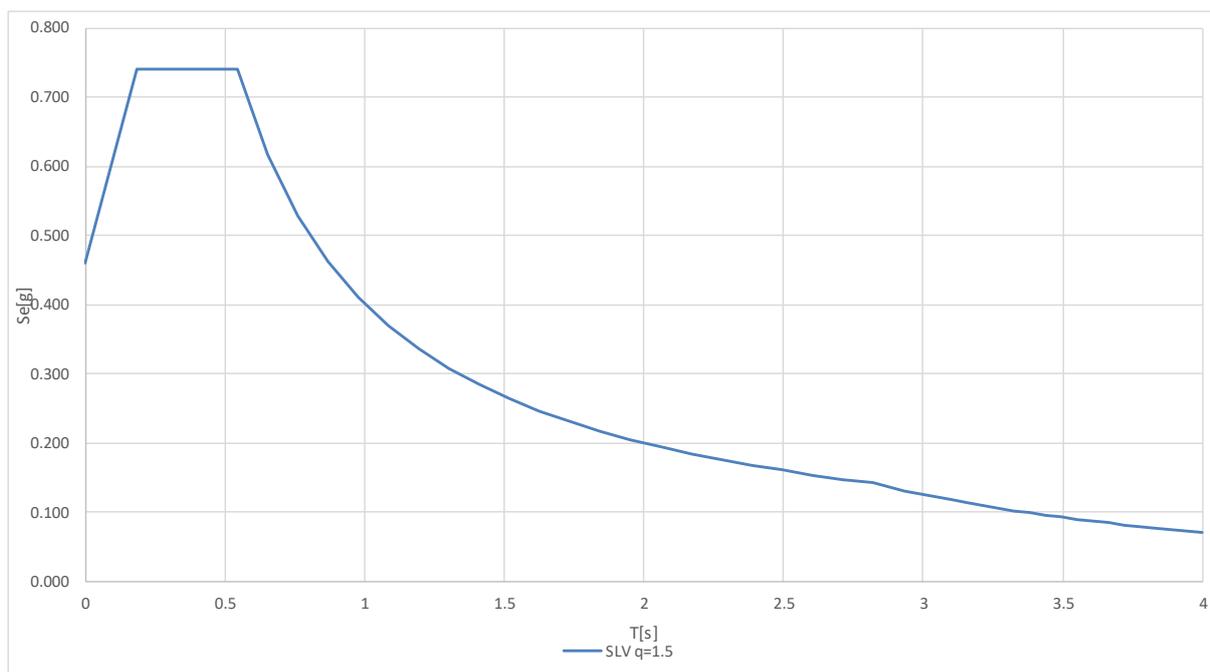
### 6.5.3 Terreno di fondazione

In accordo al D.M. 14 gennaio 2008, l'area rientra in **Categoria di suolo C** (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*)

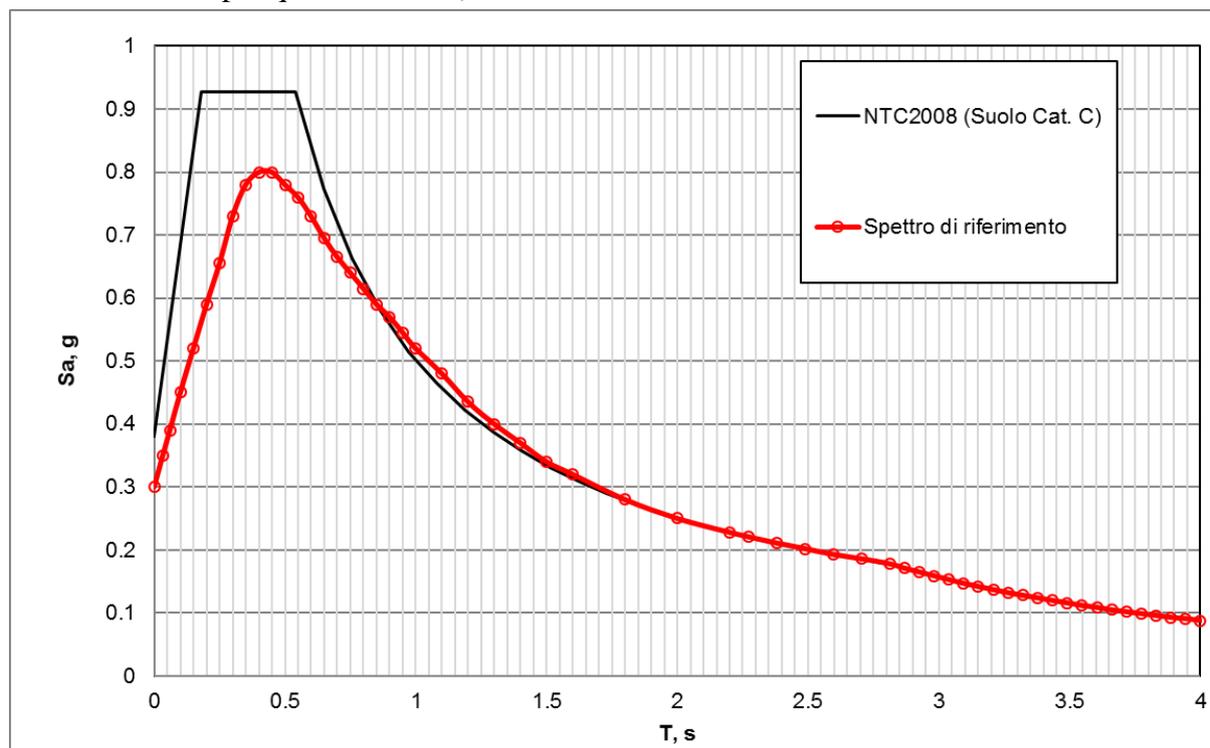
#### 6.5.4 Stato limite – SLV

Si riportano nel seguito i parametri di calcolo e i grafici corrispondenti agli spettri di progetto previsto secondo le NTC 08 previste nelle analisi per lo Stato Limite corrispondente alla perdita di vite umane – SLV.

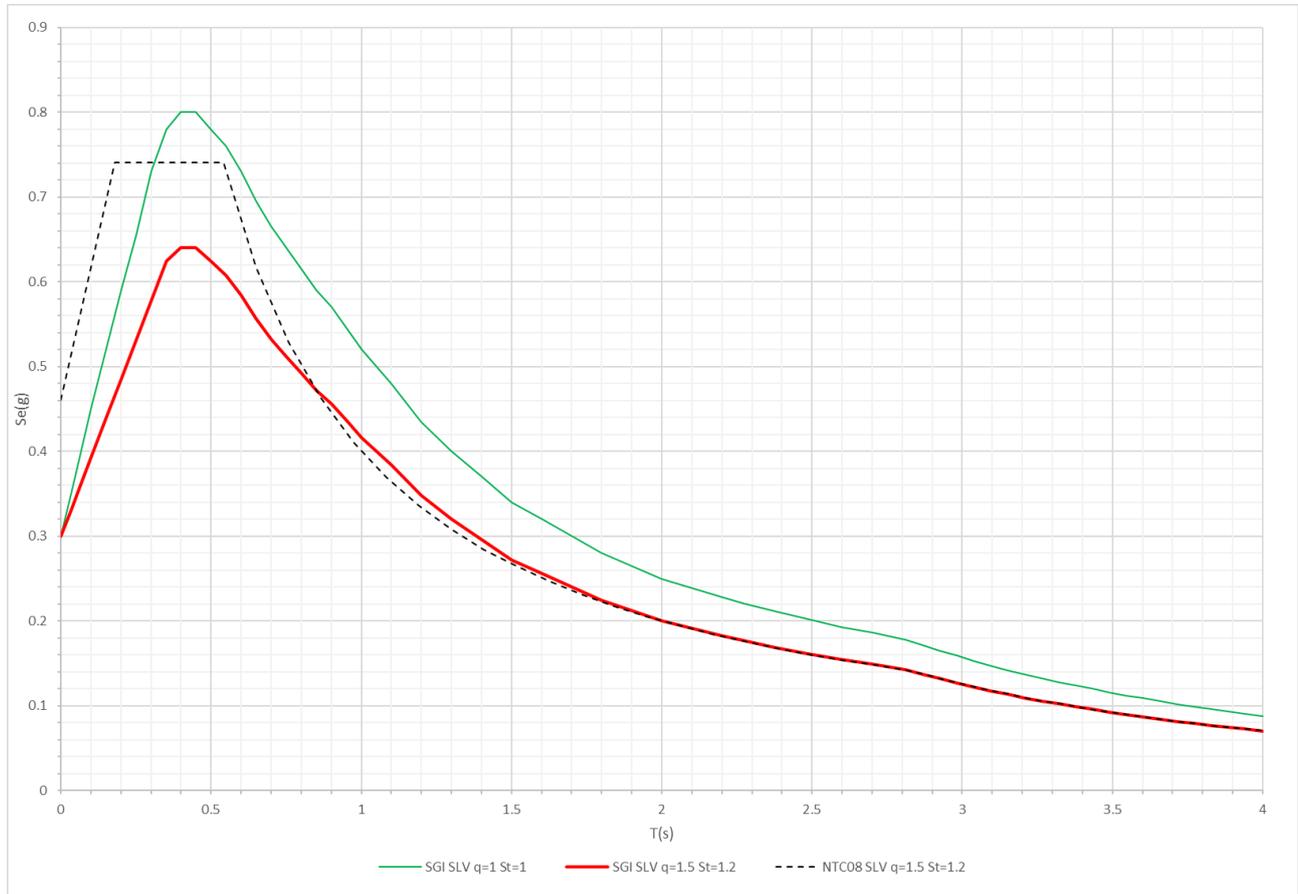
<p><math>a_g = 0.305</math> g</p> <p><math>F_0 = 2.410</math></p> <p><math>T_c^* = 0.372</math> s</p> <p><math>q = 1.50</math></p> <p>Tipo di suolo: C</p> <p>a topografica: T2</p>	<p><math>S_T = 1.200</math></p> <p><math>S_S = 1.259</math></p> <p><math>C_C = 1.455</math></p> <p><math>S = 1.511</math></p> <p><math>\eta = 0.667</math></p> <p><math>T_B = 0.180</math> s</p> <p><math>T_C = 0.541</math> s</p> <p><math>T_D = 2.820</math> s</p>	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">SLV q=1.5</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">T(s)</th> <th style="text-align: center;">Se(g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0.461</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0.180</td><td style="text-align: center;">0.740</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0.541</td><td style="text-align: center;">0.740</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0.650</td><td style="text-align: center;">0.617</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0.758</td><td style="text-align: center;">0.528</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0.867</td><td style="text-align: center;">0.462</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0.975</td><td style="text-align: center;">0.411</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1.084</td><td style="text-align: center;">0.370</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1.192</td><td style="text-align: center;">0.336</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1.301</td><td style="text-align: center;">0.308</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1.409</td><td style="text-align: center;">0.284</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1.518</td><td style="text-align: center;">0.264</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1.626</td><td style="text-align: center;">0.246</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1.735</td><td style="text-align: center;">0.231</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1.843</td><td style="text-align: center;">0.217</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1.952</td><td style="text-align: center;">0.205</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2.060</td><td style="text-align: center;">0.194</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2.169</td><td style="text-align: center;">0.185</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2.277</td><td style="text-align: center;">0.176</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2.386</td><td style="text-align: center;">0.168</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2.494</td><td style="text-align: center;">0.161</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2.603</td><td style="text-align: center;">0.154</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2.711</td><td style="text-align: center;">0.148</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2.820</td><td style="text-align: center;">0.142</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2.876</td><td style="text-align: center;">0.137</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2.932</td><td style="text-align: center;">0.131</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2.989</td><td style="text-align: center;">0.127</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3.045</td><td style="text-align: center;">0.122</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3.101</td><td style="text-align: center;">0.118</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3.157</td><td style="text-align: center;">0.113</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3.213</td><td style="text-align: center;">0.109</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3.270</td><td style="text-align: center;">0.106</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3.326</td><td style="text-align: center;">0.102</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3.382</td><td style="text-align: center;">0.099</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3.438</td><td style="text-align: center;">0.096</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3.494</td><td style="text-align: center;">0.093</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3.550</td><td style="text-align: center;">0.090</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3.607</td><td style="text-align: center;">0.087</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3.663</td><td style="text-align: center;">0.084</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3.719</td><td style="text-align: center;">0.082</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3.775</td><td style="text-align: center;">0.079</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3.831</td><td style="text-align: center;">0.077</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3.888</td><td style="text-align: center;">0.075</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3.944</td><td style="text-align: center;">0.073</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">4.000</td><td style="text-align: center;">0.071</td></tr> </tbody> </table>	SLV q=1.5		T(s)	Se(g)	0	0.461	0.180	0.740	0.541	0.740	0.650	0.617	0.758	0.528	0.867	0.462	0.975	0.411	1.084	0.370	1.192	0.336	1.301	0.308	1.409	0.284	1.518	0.264	1.626	0.246	1.735	0.231	1.843	0.217	1.952	0.205	2.060	0.194	2.169	0.185	2.277	0.176	2.386	0.168	2.494	0.161	2.603	0.154	2.711	0.148	2.820	0.142	2.876	0.137	2.932	0.131	2.989	0.127	3.045	0.122	3.101	0.118	3.157	0.113	3.213	0.109	3.270	0.106	3.326	0.102	3.382	0.099	3.438	0.096	3.494	0.093	3.550	0.090	3.607	0.087	3.663	0.084	3.719	0.082	3.775	0.079	3.831	0.077	3.888	0.075	3.944	0.073	4.000	0.071
SLV q=1.5																																																																																																
T(s)	Se(g)																																																																																															
0	0.461																																																																																															
0.180	0.740																																																																																															
0.541	0.740																																																																																															
0.650	0.617																																																																																															
0.758	0.528																																																																																															
0.867	0.462																																																																																															
0.975	0.411																																																																																															
1.084	0.370																																																																																															
1.192	0.336																																																																																															
1.301	0.308																																																																																															
1.409	0.284																																																																																															
1.518	0.264																																																																																															
1.626	0.246																																																																																															
1.735	0.231																																																																																															
1.843	0.217																																																																																															
1.952	0.205																																																																																															
2.060	0.194																																																																																															
2.169	0.185																																																																																															
2.277	0.176																																																																																															
2.386	0.168																																																																																															
2.494	0.161																																																																																															
2.603	0.154																																																																																															
2.711	0.148																																																																																															
2.820	0.142																																																																																															
2.876	0.137																																																																																															
2.932	0.131																																																																																															
2.989	0.127																																																																																															
3.045	0.122																																																																																															
3.101	0.118																																																																																															
3.157	0.113																																																																																															
3.213	0.109																																																																																															
3.270	0.106																																																																																															
3.326	0.102																																																																																															
3.382	0.099																																																																																															
3.438	0.096																																																																																															
3.494	0.093																																																																																															
3.550	0.090																																																																																															
3.607	0.087																																																																																															
3.663	0.084																																																																																															
3.719	0.082																																																																																															
3.775	0.079																																																																																															
3.831	0.077																																																																																															
3.888	0.075																																																																																															
3.944	0.073																																																																																															
4.000	0.071																																																																																															



Per il progetto allo SLV del molo foraneo vengono considerati i risultati del documento “1044\_A013\_0 Studio di microzonazione sismica”, che fornisce il seguente spettro locale (il confronto è fornito per  $q=1.0$  e  $St=1.0$ ):



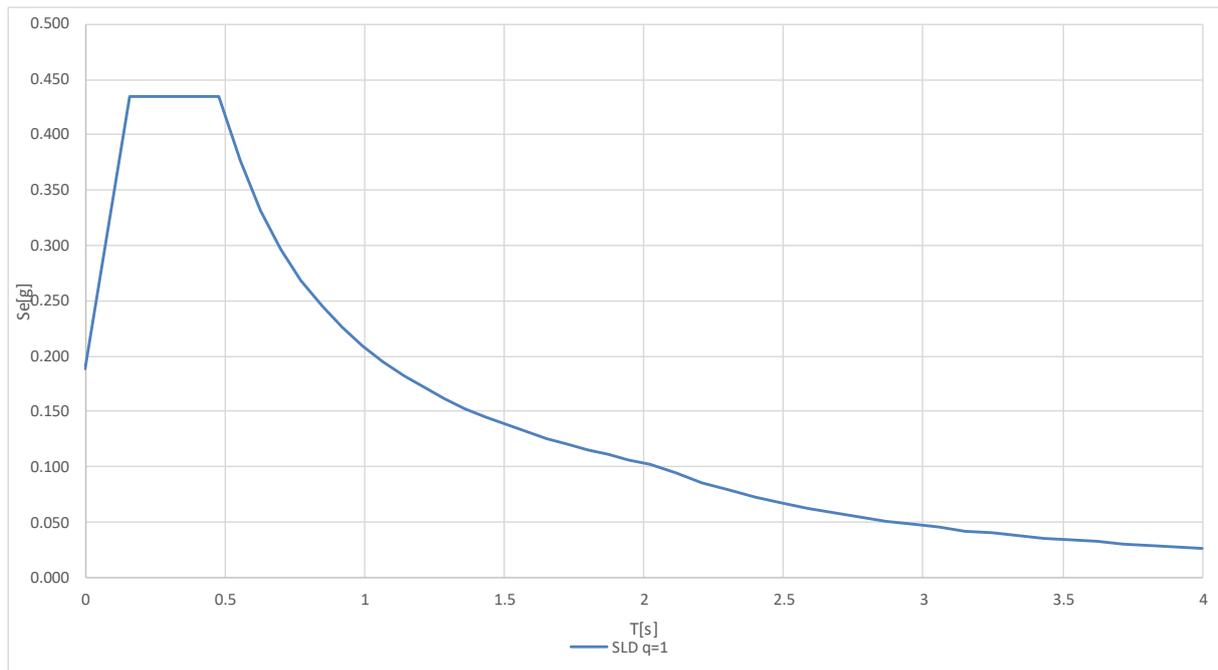
Lo spettro sopra raffigurato viene modificato per tenere conto del fattore di amplificazione topografica  $St=1.20$  e del fattore di struttura  $q=1.50$ , ottenendo il seguente (viene riportato anche il confronto con lo spettro di normativa e con lo spettro originale fornito dallo Studio):



### 6.5.5 Stato limite – SLD

Si riportano nel seguito i parametri corrispondenti agli spettri di progetto da considerare nelle analisi per lo Stato Limite di Danno – SLD.

SLD				SLD q=1			
				T(s)	Se(g)		
$a_g=$	0.105	g	$S_T=$	1.200	0	0.189	
$F_0=$	2.297		$S_S=$	1.500			
$T_C^*=$	0.309	s	$C_C=$	1.547	$T_B \Rightarrow$	0.159	0.434
$q=$	1.00		$S=$	1.800	$T_C \Rightarrow$	0.478	0.434
Tipo di suolo:	C		$\eta=$	1.000		0.551	0.376
Categoria topografica:	T2		$T_B=$	0.159	s	0.625	0.332
			$T_C=$	0.478	s	0.698	0.297
			$T_D=$	2.020	s	0.772	0.269
						0.845	0.246
						0.919	0.226
						0.992	0.209
						1.065	0.195
						1.139	0.182
						1.212	0.171
						1.286	0.161
						1.359	0.153
						1.433	0.145
						1.506	0.138
						1.579	0.131
						1.653	0.126
						1.726	0.120
						1.800	0.115
						1.873	0.111
						1.947	0.107
					$T_D \Rightarrow$	2.020	0.103
						2.114	0.094
						2.209	0.086
						2.303	0.079
						2.397	0.073
						2.491	0.068
						2.586	0.063
						2.680	0.058
						2.774	0.054
						2.869	0.051
						2.963	0.048
						3.057	0.045
						3.151	0.042
						3.246	0.040
						3.340	0.038
						3.434	0.036
						3.529	0.034
						3.623	0.032
						3.717	0.030
						3.811	0.029
						3.906	0.027
						4.000	0.026



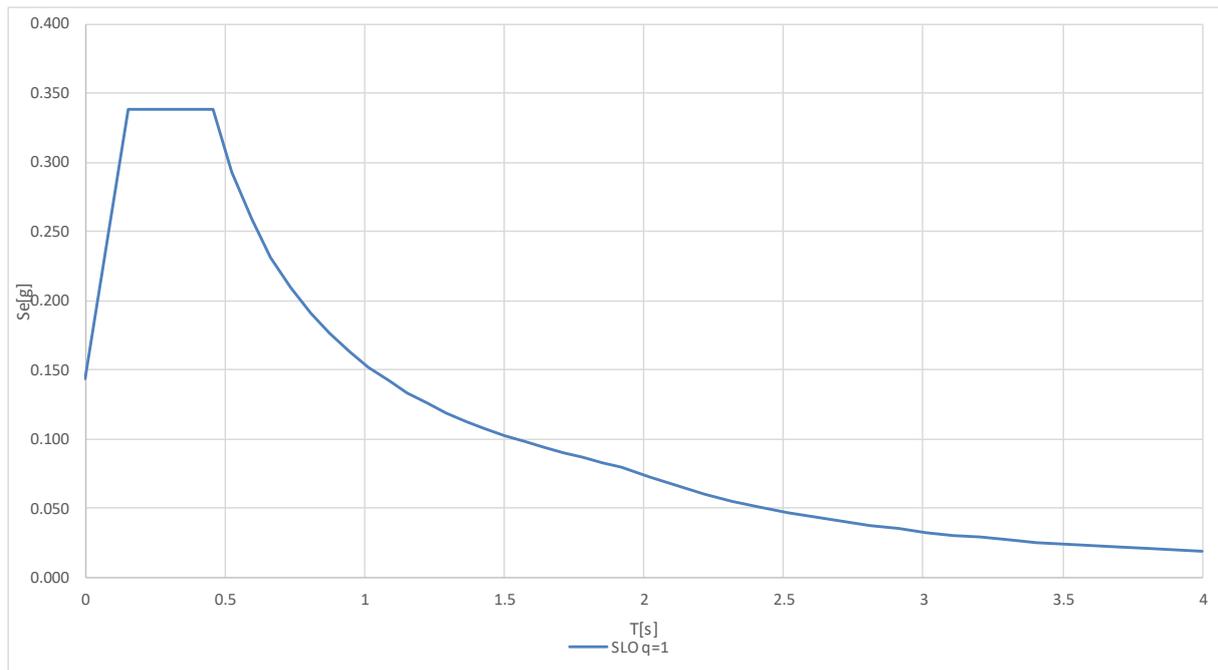
#### 6.5.6 Stato limite – SLO

Si riportano nel seguito i parametri corrispondenti agli spettri di progetto da considerare nelle analisi per lo Stato Limite di Operatività – SLO.

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
 INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
 PROGETTO ESECUTIVO

---

SLO			SLO q=1	
			T(s)	Se(g)
$a_g =$	0.080	g	$S_r =$ 1.200	0
$F_0 =$	2.349		$S_s =$ 1.500	0.144
$T_c^* =$	0.287	s	$C_c =$ 1.585	$T_B \Rightarrow$ 0.152
$q =$	1.00		$S =$ 1.800	$T_C \Rightarrow$ 0.455
Tipo di suolo:	C		$\eta =$ 1.000	0.525
Categoria topografica:	T2		$T_B =$ 0.152	0.594
			$T_c =$ 0.455	0.664
			$T_D =$ 1.920	0.734
				0.804
				0.874
				0.943
				1.013
				1.083
				1.153
				1.222
				1.292
				1.362
				1.432
				1.501
				1.571
				1.641
				1.711
				1.780
				1.850
				$T_D \Rightarrow$ 1.920
				2.019
				2.118
				2.217
				2.316
				2.415
				2.514
				2.613
				2.712
				2.811
				2.910
				3.010
				3.109
				3.208
				3.307
				3.406
				3.505
				3.604
				3.703
				3.802
				3.901
				4.000
				0.018



### 6.5.7 Stato limite – SLC

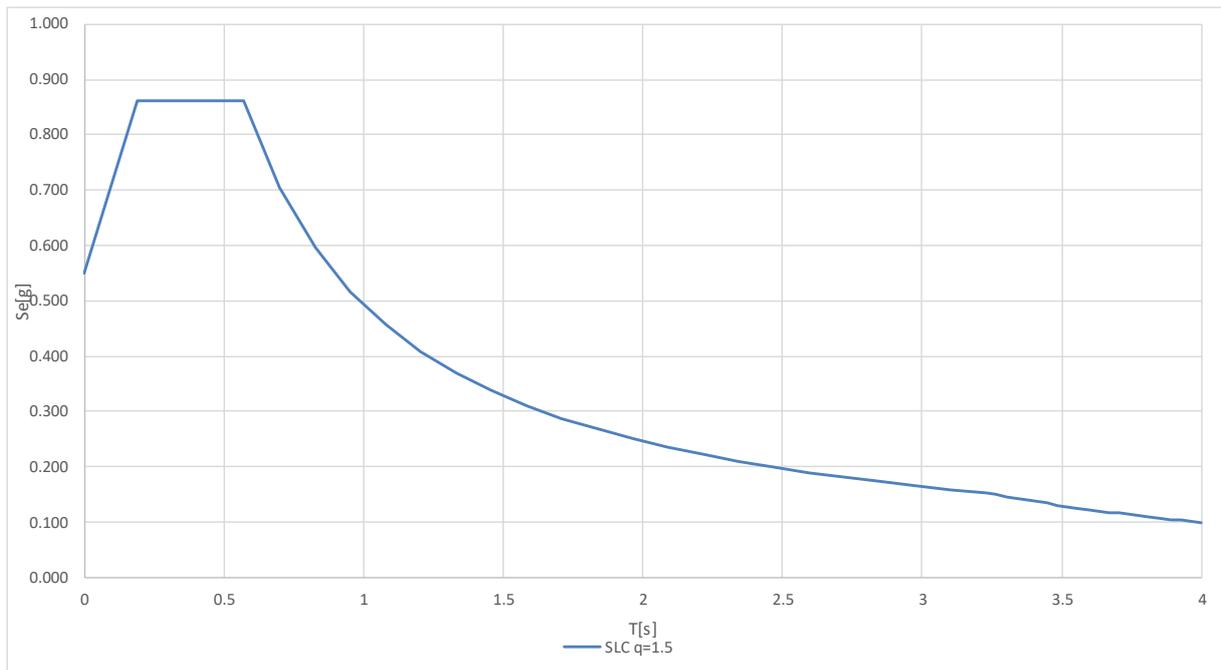
Si riportano nel seguito i parametri corrispondenti agli spettri di progetto da considerare nelle analisi per lo Stato Limite di Collasso – SLC.

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
 INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
 PROGETTO ESECUTIVO

SLC				SLC q=1.5		
				T(s)	Se(g)	
$a_g=$	0.407	g	$S_r=$	1.200	0	0.551
$F_0=$	2.345		$S_s=$	1.127		
$T_c^*=$	0.403	s	$C_c=$	1.417	$T_B \Rightarrow$ <span style="border: 1px solid black;">0.190</span>	0.861
$q=$	1.50		$S=$	1.353	$T_c \Rightarrow$ <span style="border: 1px solid black;">0.571</span>	0.861
Tipo di suolo:	C		$\eta=$	0.667	0.698	0.705
Categoria topografica:	T2		$T_B=$	0.190 s	0.824	0.596
			$T_c=$	0.571 s	0.951	0.517
			$T_D=$	3.228 s	1.077	0.456
					1.204	0.408
					1.330	0.370
					1.457	0.337
					1.583	0.311
					1.710	0.288
					1.836	0.268
					1.963	0.250
					2.089	0.235
					2.216	0.222
					2.342	0.210
					2.469	0.199
					2.595	0.189
					2.722	0.181
					2.848	0.173
					2.975	0.165
					3.101	0.159
					$T_D \Rightarrow$ <span style="border: 1px solid black;">3.228</span>	0.152
					3.265	0.149
					3.302	0.146
					3.338	0.142
					3.375	0.139
					3.412	0.136
					3.449	0.133
					3.485	0.131
					3.522	0.128
					3.559	0.125
					3.596	0.123
					3.632	0.120
					3.669	0.118
					3.706	0.116
					3.743	0.113
					3.779	0.111
					3.816	0.109
					3.853	0.107
					3.890	0.105
					3.926	0.103
					3.963	0.101
					<span style="border: 1px solid black;">4.000</span>	0.099

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
PROGETTO ESECUTIVO

---





### 6.5.8 Spinta idrodinamica

La pressione idrodinamica dell'acqua varia in altezza con legge (Westergaard, 1933):

$$q(z) = \frac{7}{8} \cdot k_h \cdot \gamma_w \cdot \sqrt{h \cdot z}$$

dove:

$$k_h = \alpha \cdot \beta \cdot a_{\max}$$

$$\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$$

h è la quota del pelo libero dell'acqua

z è la coordinata verticale diretta verso il basso con origine al pelo libero dell'acqua.

La spinta si considera agente due volte: al lato interno ed esterno della paratia di pali frontale.

### SLV – fondale massimo

Amplificazione stratigrafica:  $S_s = 1.259$

Amplificazione topografica:  $S_T = 1.200$

Acc. orizz. massima:  $a_g = 0.305 \text{ g}$

Acc. orizz. massima attesa:  $a_{\max} = 0.461 \text{ g}$

Coeff. di deformabilità:  $\alpha = 0.70$

Coeff. di spostamento:  $\beta = 0.50$

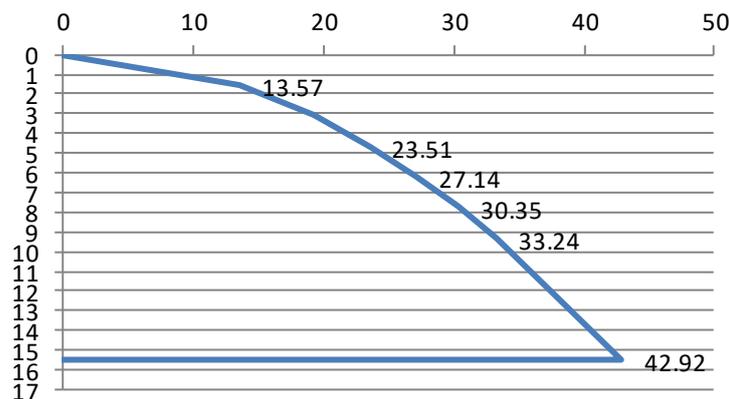
Coefficiente sismico orizzontale:  $k_h = 0.161$

Altezza di riferimento:  $H_w = 15.50 \text{ m}$

Andamento delle pressioni:  $W_{\text{sism}} = 10.90 \times z_w^{0.5} \text{ KN/m}^2$

Risultante delle pressioni:  $R_{W_{\text{sism}}} = 443.5 \text{ KN/m}$

Distanza della risultante dal fondo:  $d = 6.20 \text{ m}$



## 7 COMBINAZIONI DI CARICO

Il progetto e la verifica degli elementi strutturali seguono il Metodo Semi-Probabilistico agli Stati Limite.

Le condizioni elementari di carico vengono cumulate secondo combinazioni di carico tali da risultare le più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, determinando quindi le azioni di calcolo da utilizzare per le verifiche allo Stato Limite Ultimo (SLU), Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV), Stato Limite di Esercizio (SLE) e Stato Limite di Danno (SLD).

### 7.1 COMBINAZIONI DI CARICO ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Si adottano le combinazioni prescritte dalla normativa vigente ed espresse simbolicamente come segue:

$$F_d = \gamma_g \cdot G_k + \gamma_p \cdot P_k + \gamma_q \cdot \left[ Q_{1k} + \sum_{i=2}^{i=n} (\psi_{0i} \cdot Q_{ik}) \right] \quad \text{per le azioni statiche}$$

$$F_d = E + G_k + P_k + \sum_{i=1}^{i=n} (\psi_{2i} \cdot Q_{ik}) \quad \text{per le azioni sismiche}$$

con il seguente significato dei simboli:

$G_k$	valore caratteristico delle azioni permanenti
$P_k$	valore caratteristico della forza di precompressione
$Q_{ik}$	valore caratteristico dell'azione variabile i-esima
$E$	azione sismica
$\gamma_g = 1,3$	(1.0 se il suo contributo aumenta la sicurezza)
$\gamma_p = 1$	
$\gamma_q = 1,5$	(0.0 se il suo contributo aumenta la sicurezza)
$\psi_{0i} = 1,0$	per ambienti ad uso industriale
$\psi_{1i} = 0,9$	per ambienti ad uso industriale
$\psi_{2i} = 0,8$	per ambienti ad uso industriale

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_K + \sum_{i=1}^{i=n} (\psi_{2i} \cdot Q_{Ki})$$

## 7.2 COMBINAZIONI DI CARICO AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Si adottano le combinazioni prescritte dalla normativa vigente ed espresse simbolicamente come segue:

$$F_d = G_k + P_k + \left[ Q_{1k} + \sum_{i=2}^{i=n} (\psi_{0i} \cdot Q_{ik}) \right] \quad \text{per le combinazioni caratteristiche}$$
$$F_d = G_k + P_k + \left[ \psi_{1,1} \cdot Q_{1k} + \sum_{i=2}^{i=n} (\psi_{2i} \cdot Q_{ik}) \right] \quad \text{per le combinazioni frequenti}$$
$$F_d = G_k + P_k + \left[ \sum_{i=1}^{i=n} (\psi_{2i} \cdot Q_{ik}) \right] \quad \text{per le combinazioni quasi permanenti}$$

con il seguente significato dei simboli:

$G_k$	valore caratteristico delle azioni permanenti
$P_k$	valore caratteristico della forza di precompressione
$Q_{ik}$	valore caratteristico dell'azione variabile i-esima
$\psi_{0i} = 1,0$	per ambienti ad uso industriale
$\psi_{1i} = 0,9$	per ambienti ad uso industriale
$\psi_{2i} = 0,8$	per ambienti ad uso industriale

## 8 CODICI DI CALCOLO UTILIZZATI

Le elaborazioni mediante calcolatore sono state eseguite con l'ausilio dei seguenti programmi:

- Midas Gen 2017 sviluppato da MIDAS Information Technology e distribuito in Italia da CSPFea, via Zuccherificio 5/D, 35042 Este, Padova. Questo software agli elementi finiti è usato per il calcolo delle sollecitazioni e per la verifica strutturale degli elementi portanti.
- PresFLE+® e BeamCAD® prodotti da CONCRETE s.r.l., via della Pieve 19, 35121 Padova. Questo software è utilizzato per il calcolo e la verifica delle sezioni in calcestruzzo armato

I programmi vengono usati dalla scrivente in forza di regolari licenze d'uso e sono testati periodicamente mediante procedure di controllo codificate, tali da verificare l'attendibilità delle applicazioni e dei risultati ottenuti ed individuare eventuali vizi ed anomalie. Grazie alla raffinatezza dei modelli di calcolo è stato possibile analizzare il comportamento di tutti gli elementi della struttura, considerando l'effettivo contributo alla rigidità complessiva del sistema fornito da ciascun componente elementare. I criteri di modellazione prevedono la riproduzione fedele delle strutture così come sono state progettate e si prescrive siano realizzate.

## 9 DESCRIZIONE DELLA MODELLAZIONE

### 9.1 ELEMENTI GENERALI

Si è realizzato un modello agli elementi finiti per l'intero sviluppo del molo.

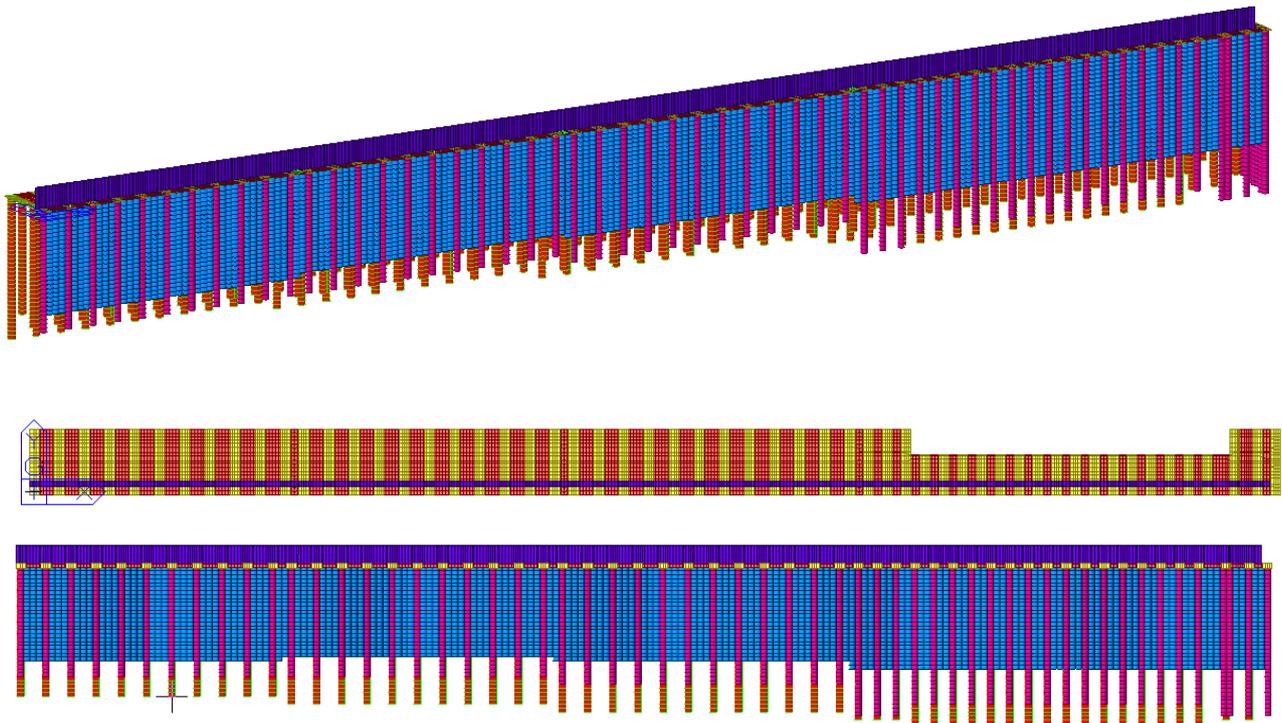
Impalcato e travi sono modellati con elementi bidimensionali plate a quattro nodi; mentre i pali sono modellati con elementi beam. Plate e beam sono dotati di rigidità in regime non fessurato delle sezioni di solo calcestruzzo, trascurando la presenza delle armature.

I vincoli applicati al modello del molo sono:

1. Vincolo elastico distribuito verticale lungo la lunghezza dei pali infissi nel fondale;
2. Vincolo elasto-plastico distribuito orizzontale lungo la lunghezza dei pali infissi nel fondale;

Le costanti elastiche caratteristiche di tali vincoli sono state tarate sulla scorta delle analisi geotecniche eseguite.

Si allegano alcune immagini del modello di calcolo agli elementi finiti:



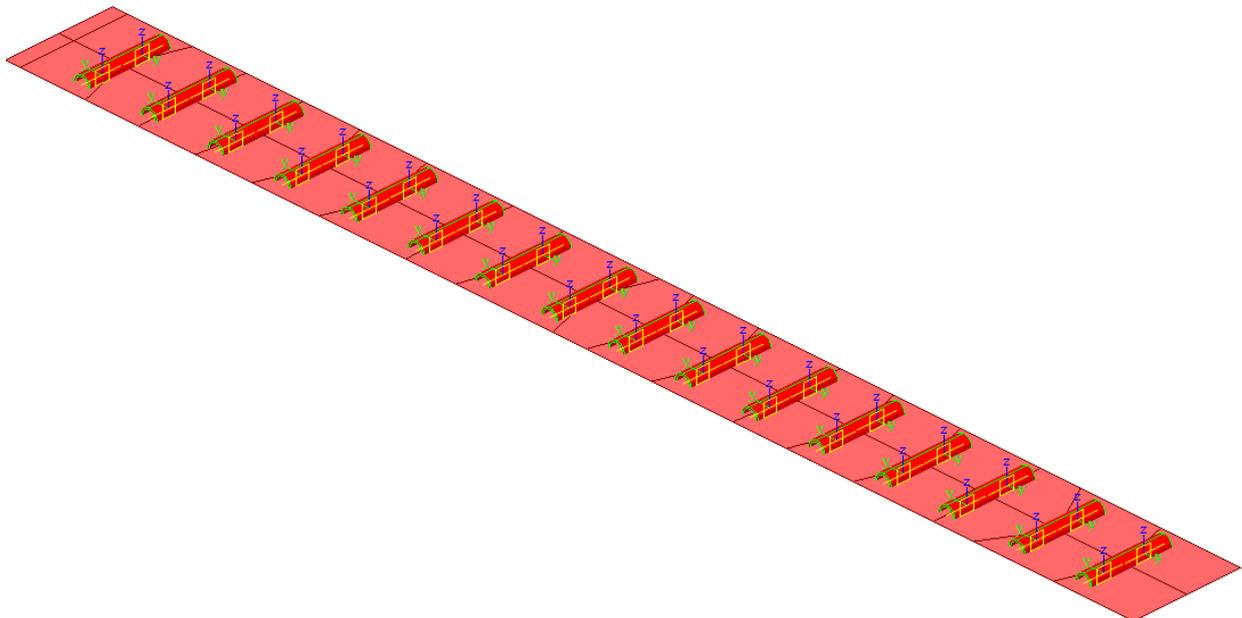
## 9.2 GIUNTI TERMICI TRA I SETTORI

Il giunto termico tra i vari settori è stato modellato utilizzando degli elementi *beam* della lunghezza pari alla parte libera (inguainata) dei tubolari in acciaio che lo costituiscono.

Gli elementi *beam* sono stati vincolati ai bordi dei due settori con elementi rigidi in modo da simulare l'immorsamento nel getto della soletta.

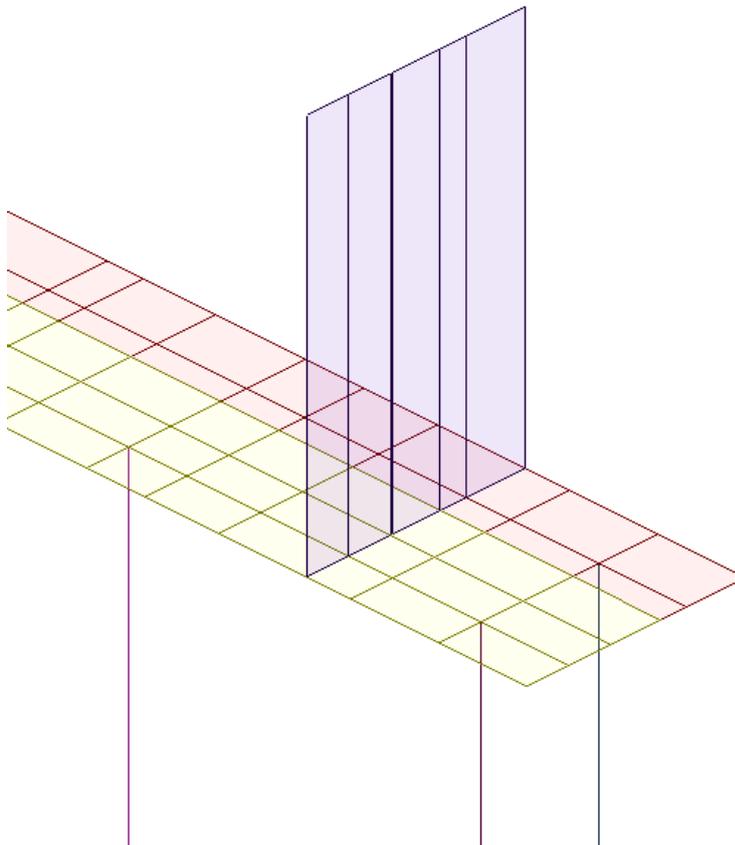
Utilizzando questa modellazione si hanno i seguenti effetti:

- si considera l'effettivo spostamento mutuo dei vari settori considerando anche la deformazione dovuta alla presenza dei tubolari;
- si hanno le reali sollecitazioni sui tubolari;
- il giunto risulta avere le reali caratteristiche di progetto.



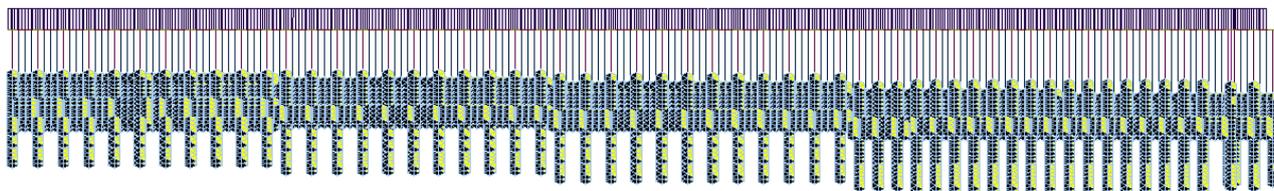
### 9.3 GIUNTI MURO PARAONDE

I giunti creati sul muro paraonde sono stati modellati svincolando le diverse parti del muro.



### 9.4 SCHEMATIZZAZIONE DEL TERRENO

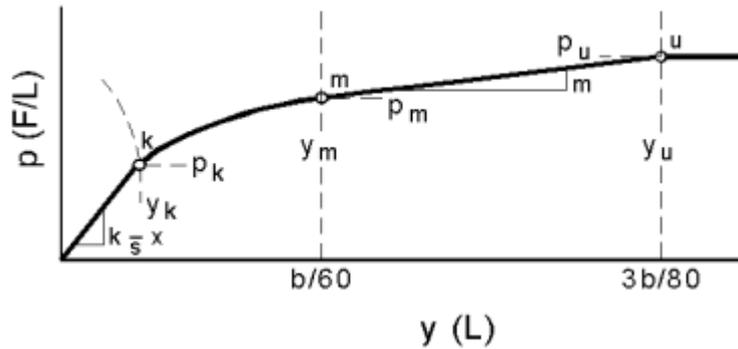
La schematizzazione del terreno sotto il fondale è stata realizzata utilizzando molle lineari distribuite per la direzione verticale, mentre per la direzione orizzontale si sono utilizzate delle molle a comportamento non lineare.



Le molle orizzontali a comportamento non lineare sono ottenute utilizzando la metodologia delle curve p-y che legano l'entità del carico p trasmesso al terreno con il valore dello spostamento orizzontale y del palo. Le curve p-y, quindi permettono di tenere in conto degli aspetti deformativi del complesso palo-terreno, come anche dell'eventuale plasticizzazione del terreno.

Le curve p-y di risposta del terreno, che esprimono la resistenza del terreno in funzione della profondità e dello spostamento del palo, sono state ricavate in relazione alla tipologia di terreni e alle proprietà geomeccaniche che li caratterizzano, in accordo alle procedure proposte da Reese, Cox e Koop per sabbie sopra e sotto falda.

curve p-y per sabbie:



1- calcolo di  $p = \min(p_{u1}; p_{u2})$

$$p_{u1} = \gamma \cdot z \cdot \frac{K_0 \cdot z \cdot \tan \phi \cdot \sin \beta}{\tan(\beta - \phi) \cdot \cos \alpha} \cdot A_1 + \frac{\tan \beta}{\tan(\beta - \phi)} \cdot (D \cdot A_3 + z \cdot \tan \beta \cdot \tan \alpha \cdot A_3^2) + \gamma \cdot z \cdot [K_0 \cdot z \cdot \tan \beta \cdot (\tan \phi \cdot \sin \beta - \tan \alpha) \cdot A_1 - K_a \cdot D]$$

$$p_{u2} = K_a \cdot D \cdot \gamma \cdot z \cdot (\tan^8 \beta - 1) + K_0 \cdot D \cdot \tan \phi \cdot \tan^4 \beta$$

$$A_1 = (4 \cdot A_2^3 - 3 \cdot A_2^2 + 1)$$

$$A_2 = (\tan \beta \cdot \tan \delta) / (\tan \beta \cdot \tan \delta + 1)$$

$$A_3 = 1 - A_2$$

dove:

- $p_u$  resistenza laterale unitaria ultima
- $y$  spostamento orizzontale
- $\gamma$  peso di volume efficace
- $z$  profondità da p.c.
- $K_0$  coefficiente di spinta a riposo
- $\phi$  angolo di attrito
- $\beta = 45 + \phi/2$
- $\alpha = \phi/2$
- $D$  diametro del palo
- $K_a = \tan^2(45 + \phi/2)$
- $\delta$  inclinazione del piano campagna rispetto all'orizzontale

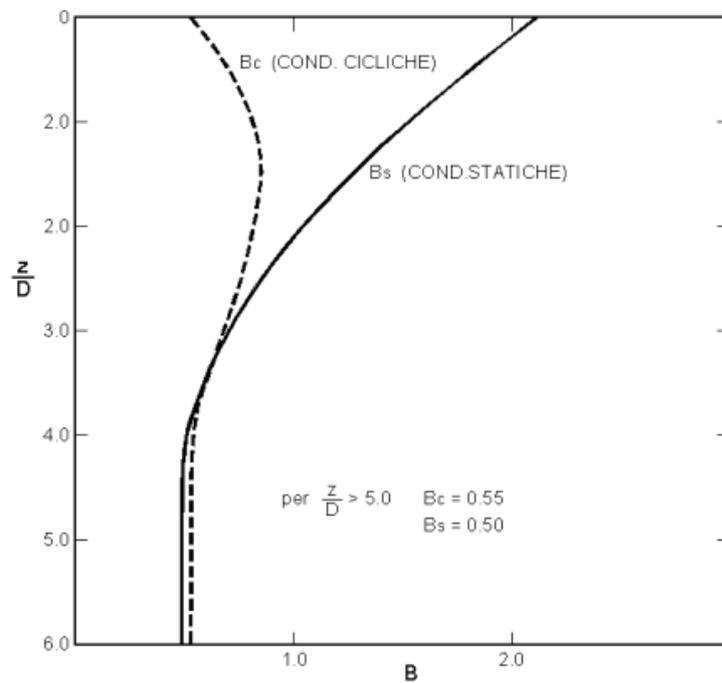
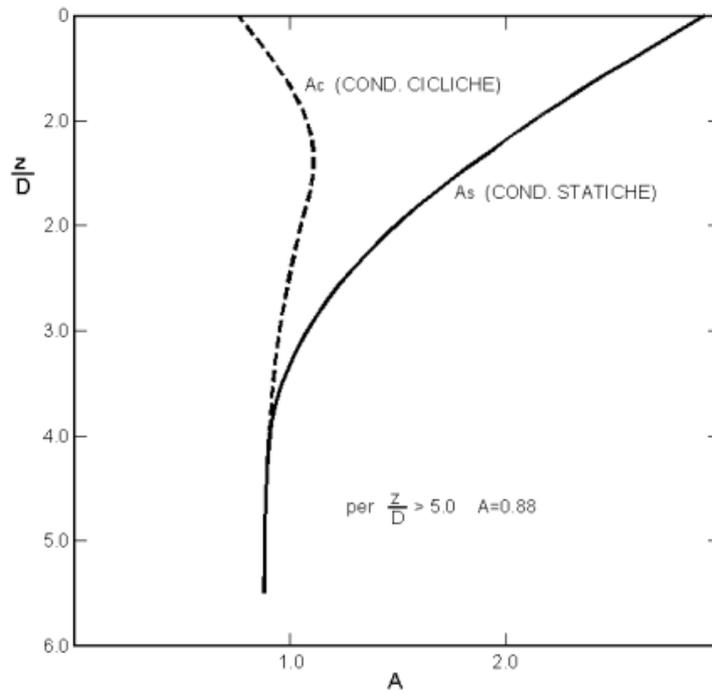
- 2- calcolo di  $p_u = A_i$
  - 3- calcolo di  $p_m = B_i$
  - 4- definizione del tratto iniziale della curva p-y
  - 5- definizione del tratto parabolico della curva p-y
- $$p = C y^{1/n}$$

dove:

$$n = p_m / m y_m$$

$$C = p_m / (y_m)^{1/n}$$

Coefficienti A e B per carichi statici e ciclici :



## 9.5 ANALISI SISMICHE

Per le analisi sismiche si è utilizzata una analisi lineare dinamica (modale con spettro di risposta).

### 9.5.1 Modi di vibrare

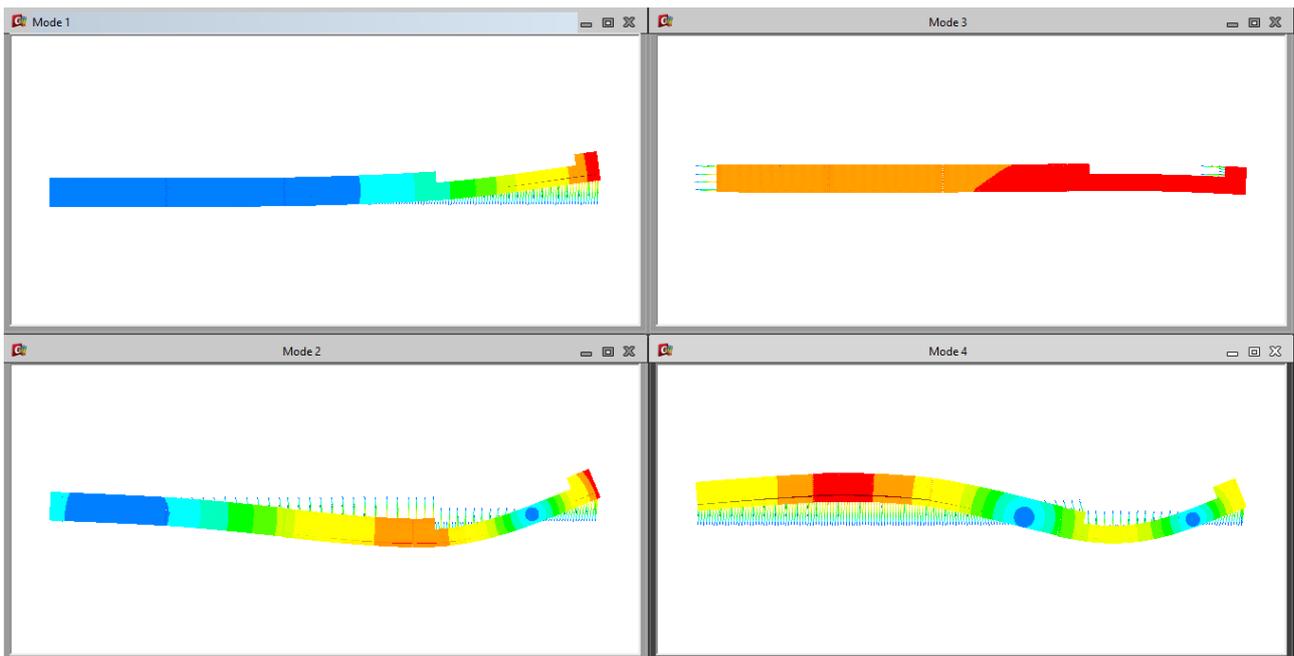
Si riportano nel seguito i modi principali di vibrare:

EIGENVALUE ANALYSIS												
Mode No	Frequency		Period		Tolerance							
	(rad/sec)	(cycle/sec)	(sec)	(sec)								
1	9.9596	1.5851	0.6309	0.6309	3.0309e-101							
2	10.5524	1.6795	0.5954	0.5954	7.5326e-098							
3	11.2068	1.7836	0.5607	0.5607	3.7337e-094							
4	11.5890	1.8445	0.5422	0.5422	3.5719e-092							
5	12.1562	1.9347	0.5169	0.5169	1.7223e-090							
6	14.4985	2.3075	0.4334	0.4334	4.9421e-082							
7	18.3473	2.9201	0.3425	0.3425	1.3024e-070							
8	23.4957	3.7395	0.2674	0.2674	9.5317e-058							
9	23.9179	3.8066	0.2627	0.2627	6.6667e-056							
10	29.7828	4.7401	0.2110	0.2110	1.8782e-046							

MODAL PARTICIPATION MASSES PRINTOUT												
Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
1	0.0212	0.0212	27.0573	27.0573	0.0000	0.0000	3.2396	3.2396	0.0000	0.0000	47.0094	47.0094
2	0.0164	0.0376	28.2344	55.2917	0.0000	0.0001	5.0168	8.2564	0.0001	0.0001	0.3191	47.3286
3	91.2318	91.2694	0.0219	55.3136	0.0000	0.0001	0.0032	8.2596	0.1049	0.1050	0.0011	47.3296
4	0.0730	91.3424	31.0968	86.4104	0.0000	0.0001	5.8297	14.0893	0.0001	0.1051	28.9362	76.2659
5	0.0052	91.3476	4.6587	91.0691	0.0000	0.0001	0.8711	14.9604	0.0002	0.1052	14.6123	90.8781
6	0.0086	91.3562	0.0267	91.0958	0.0000	0.0001	0.0116	14.9720	0.0001	0.1054	0.0236	90.9018
7	0.0021	91.3583	0.0001	91.0960	0.0000	0.0001	0.0044	14.9764	0.0002	0.1056	0.0057	90.9075
8	0.0027	91.3611	0.0050	91.1010	0.0000	0.0001	0.0069	14.9832	0.0000	0.1056	0.0006	90.9081
9	0.0665	91.4276	0.0002	91.1012	0.0000	0.0001	0.0001	14.9833	0.0018	0.1074	0.0000	90.9081
10	0.0000	91.4276	0.0007	91.1020	0.0000	0.0001	0.0078	14.9911	0.0000	0.1074	0.0040	90.9121

Si riportano nel seguito le immagini relative agli autovettori (in pianta) della struttura:



## 10 VERIFICHE STRUTTURALI

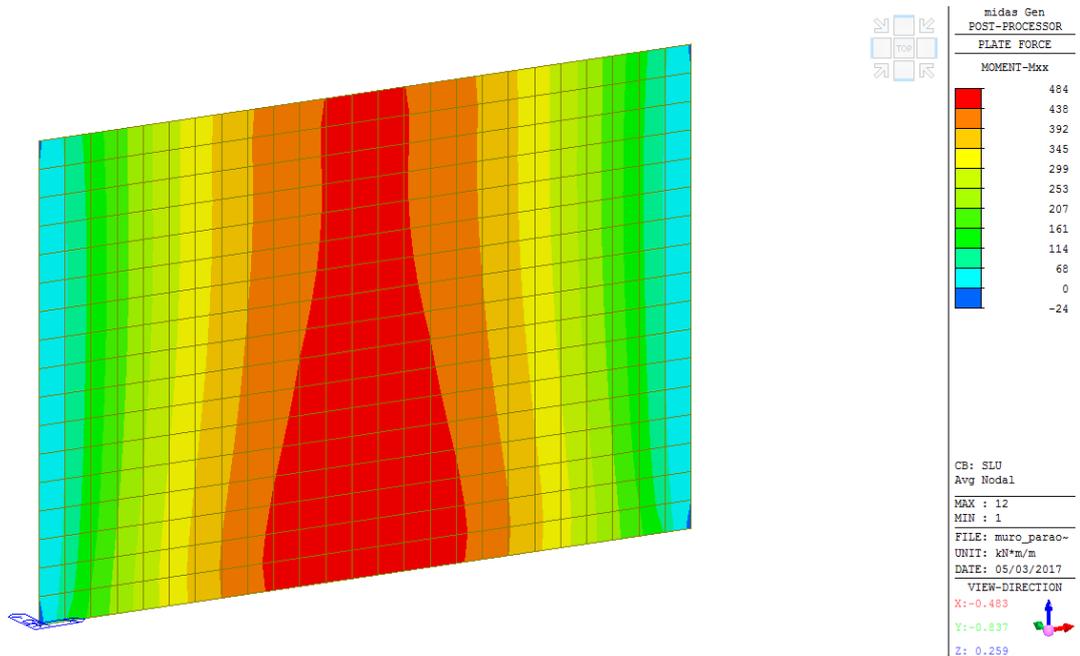
### 10.1 MURO PARAONDE

#### 10.1.1 Geometria

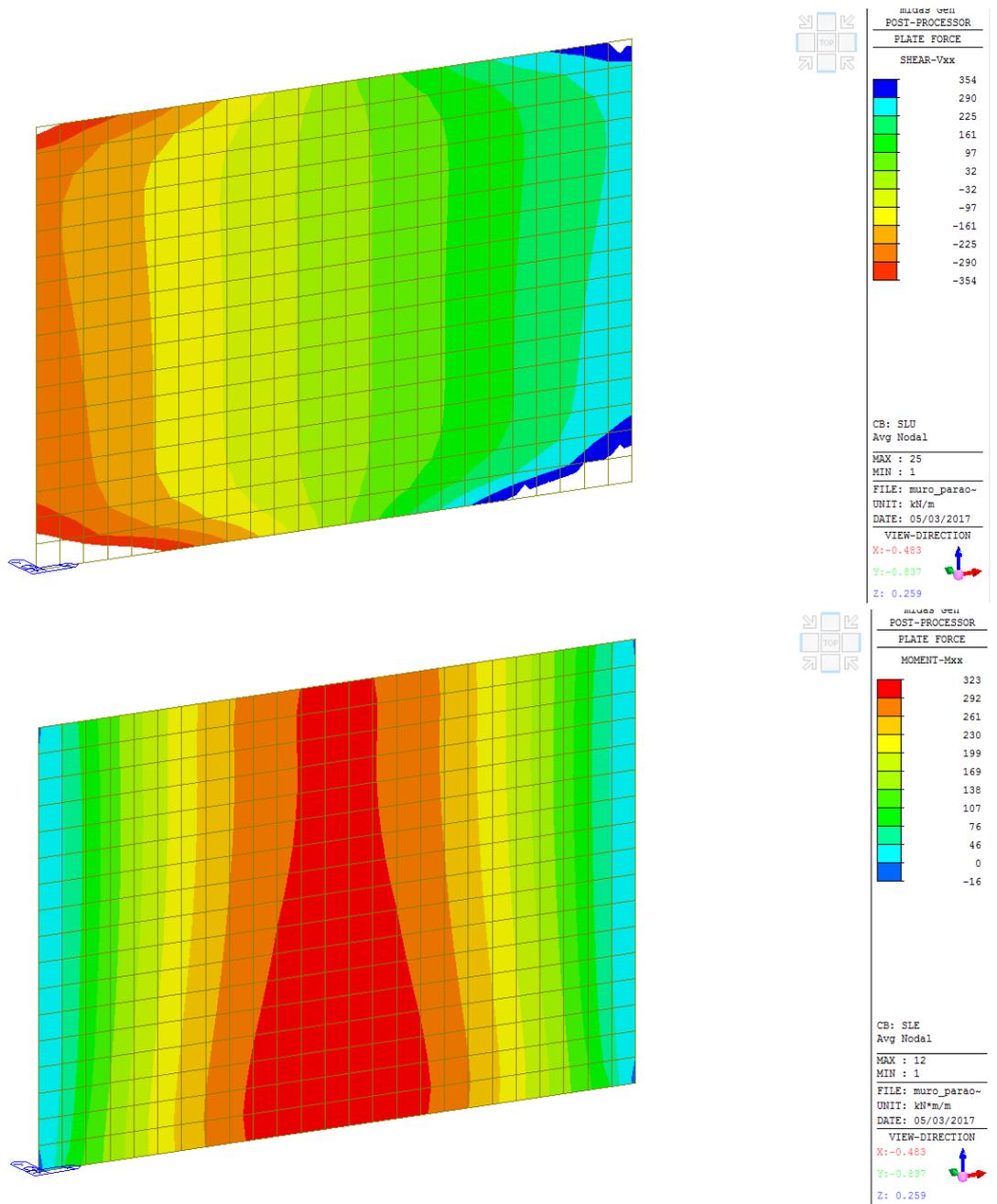
Spessore del muro	80 cm
Armatura orizzontale del muro faccia interna	Ø22/100
Armatura orizzontale del muro faccia esterna	Ø22/100
Armatura verticale del muro faccia interna	Ø18/200
Armatura verticale del muro faccia esterna	Ø18/200
Dimensioni del contrafforte alla base	150x200 cm
Armatura verticale contrafforte faccia interna	15+15Ø20
Armatura verticale contrafforte faccia esterna	15+15Ø20
Staffe contrafforte	Ø14/200 4 bracci

#### 10.1.2 Muro

##### 10.1.2.1 Sollecitazioni



COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
 INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
 PROGETTO ESECUTIVO



### 10.1.2.2 Verifiche

#### 10.1.2.2.1 Verifica di stato limite ultimo SLU

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	4850000	0	0	1.504>1	1.504>1

#### 10.1.2.2.2 Valutazione delle tensioni SLE

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	3230000	0	0	-67.1	1792.2	0.0	0.0

#### 10.1.2.2.3 Verifiche a fessurazione SLE

Unità di misura daN, cm

Sollecitazioni riferite al baricentro

Mx	My	N	Es/Ec	Wm(mm)	Wk(mm)	Sm(mm)	Epsilon	fctd	K1	K2	Beta1	Beta2
3230000	0	0	15	0.1986	0.1986	307	6.4656E-04	14	0.8	0.5	1	0.5

#### 10.1.2.2.4 Verifiche a taglio SLU

#### RESISTENZA DI ELEMENTI SENZA ARMATURA A TAGLIO

##### Sollecitazioni

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	354.00 kN
sforzo assiale sollecitante (+ comp, - traz)	$N_{Ed}$	0.00 kN

##### Geometria della sezione

larghezza minima	$b_w$	100.00 cm
altezza	$h$	80.00 cm
copriferro al centro barra	$c$	5.50 cm
altezza utile	$d$	74.50 cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	8000.00 cm <sup>2</sup>

##### Resistenza a taglio

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45
resistenza cilindrica caratt. a compressione	$f_{ck}$	35.00 MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83 MPa
tipo di acciaio		B450C
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30 MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	38.013 cmq
$k = 1 + (200 / d)^{1/2} \leq 2$	$k$	1.52
$v_{min} = 0,035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2}$	$v_{min}$	0.39 MPa
$\rho_L = A_{SL} / (b_w \times d) \leq 0,02$	$\rho_L$	0.0051
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	0.00 MPa
limite inferiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,min}$	288.55 kN

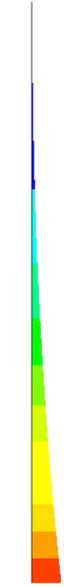
**Resistenza a taglio senza armatura specif  $V_{Rd}$  354.75 kN**

**≥  $V_{Ed}$  - VERIFICATO**



### 10.1.3 Contrafforte

#### 10.1.3.1 Sollecitazioni



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM  
MOMENT-y

0
-434
-867
-1301
-1735
-2169
-2602
-3036
-3470
-3903
-4337
-4771

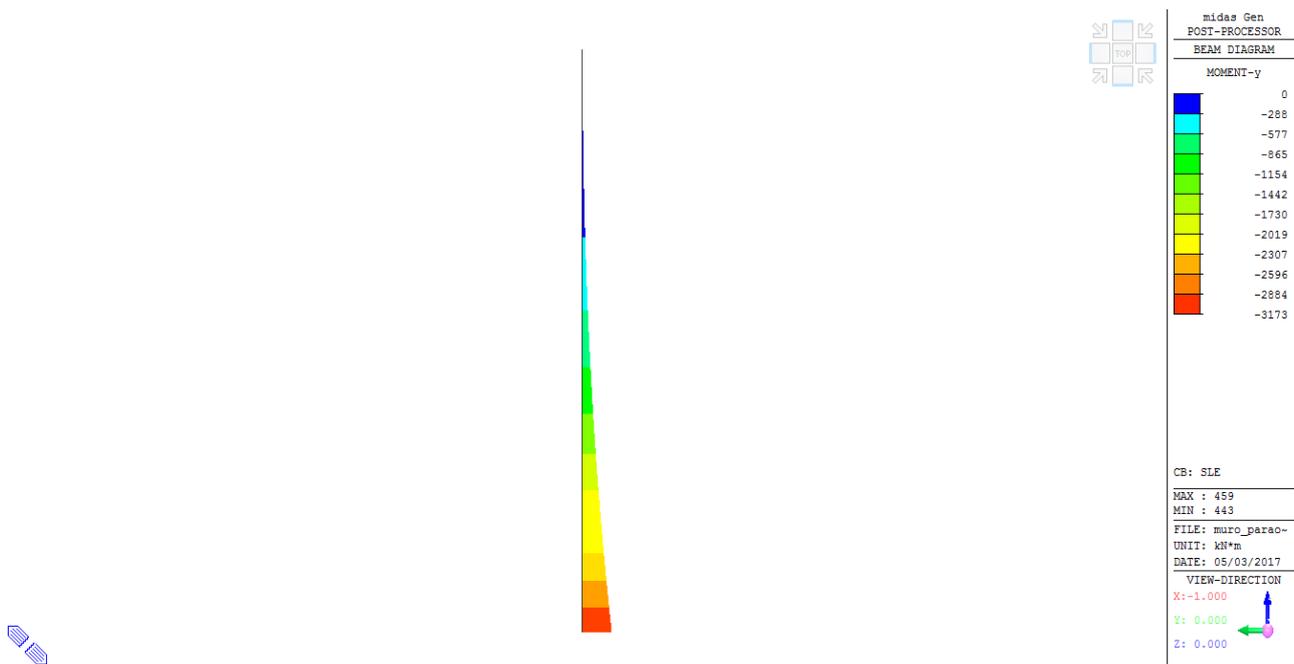
CB: SLU  
MAX : 459  
MIN : 443  
FILE: muro\_parco-  
UNIT: kN\*m  
DATE: 05/03/2017  
VIEW-DIRECTION  
X: -1.000  
Y: 0.000  
Z: 0.000



midas Gen  
POST-PROCESSOR  
BEAM DIAGRAM  
SHEAR-z

0
-217
-434
-651
-869
-1086
-1303
-1520
-1737
-1954
-2171
-2389

CB: SLU  
MAX : 459  
MIN : 443  
FILE: muro\_parco-  
UNIT: kN  
DATE: 05/03/2017  
VIEW-DIRECTION  
X: -1.000  
Y: 0.000  
Z: 0.000



### 10.1.3.2 Verifiche

#### 10.1.3.2.1 Verifica di stato limite ultimo SLU

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	47710000	0	0	1.441>1	1.441>1

#### 10.1.3.2.2 Valutazione delle tensioni SLE

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	31730000	0	0	-45.6	1871.8	0.0	0.0

#### 10.1.3.2.3 Verifiche a fessurazione SLE

Unità di misura daN, cm

Sollecitazioni riferite al baricentro

Mx	My	N	Es/Ec	Wm(mm)	Wk(mm)	Sm(mm)	Epsilon	fctd	K1	K2	Beta1	Beta2
31730000	0	0	15	0.168	0.168	231	7.2843E-04	14	0.8	0.5	1	0.5

10.1.3.2.4 Verifiche a taglio SLU

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	<b>2389.00</b>	<b>kN</b>
sforzo assiale sollecitante (+ comp, - traz)	$N_{Ed}$	<b>0.00</b>	<b>kN</b>

**Geometria della sezione**

larghezza minima	$b_w$	150.00	cm
altezza	$h$	200.00	cm
copriferro al centro barra	$c$	5.50	cm
altezza utile	$d$	194.50	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	30000.00	cm <sup>2</sup>

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratt. a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa

**Armatura a taglio**

	$n_{b,sw}$	$\Phi$ [mm]	$s$ [cm]	$\alpha$ [°]	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]
posizione 1	4	14	20	90	615.75
posizione 2	0	0	20	90	0.00
posizione 3	0	0	20	90	0.00

angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	40.0	°
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	$\cot \vartheta$	1.19	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	0.00	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	1	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	2509.57	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	12824.82	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	14465.94	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specific:</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>2509.57</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

## 10.2 SOLETTA DI IMPALCATO

L'impalcato è realizzato mediante l'impiego di lastre predalles prefabbricate che fungono da cassero autoportante a perdere, all'interno delle quali eseguire il getto del calcestruzzo.

### 10.2.1 Predalles provvisionali

<b>Acciaio:</b>	$f_{yd} =$	391.3	MPa
<b>Geometria:</b>			
Spessore totale soletta portata:	$s =$	0.85	m
Interasse tralicci	$it =$	0.3	m
Altezza netta traliccio:	$H =$	0.205	m
Angolo diagonali con orizzontale	$\alpha =$	64.0	°
Luce di calcolo:	$L =$	4.35	m
<b>Sollecitazioni:</b>			
Carico portato:	$q =$	2125.0	daN/mq
Momento flettente campata:	$M_{Ed} = 1.35 qL^2/8 =$	6785.5	daNm/m
Reazione appoggio:	$R_{Ed} = T_{Ed} = 1.35 qL/2 =$	6239.5	daN/m
<b>CALCOLO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI DEL TRALICCIO: secondo EC3</b>			
<b>BARRE INFERIORI:</b>			
Numero ferri per travetto:	$N =$	2	
Diametro armatura:	$\Phi =$	14	mm
<b>Reazione di trazione / travetto:</b>	$Zt = M_{Ed}/H \times it =$	99.30	kN
<b>Tensione di lavoro:</b>	$\sigma_s = Zt/A =$	322.53	Mpa
	$< f_{yd}/1.05 =$	372.7	Mpa
	$F_s =$	1.16	
<hr/>			
<b>BARRE DIAGONALI:</b>			
Numero ferri per travetto:	$N =$	2	
Diametro armatura:	$\Phi =$	10	mm
Raggio d'inerzia:	$i =$	2.50	mm
Lunghezza libera d'inflessione:	$L_{cr} =$	228.09	mm
Area:	$A =$	78.54	mmq
<b>Instabilità flessionale per azione assiale:</b>			
Curva di instabilità:		c	
Fattore di imperfezione:	$\alpha =$	0.49	
Termine $\Phi$ :	$\Phi = 0,5(1 + \alpha(\lambda - 0.2) + \lambda^2) =$	1.544	
Snellezza del profilo:	$\lambda_k = L_{cr}/i =$	91.2	
Snellezza di proporzionalità:	$\lambda_1 = \pi(E/f_y)^{0.5} =$	72.8	
Snellezza adimensionalizzata	$\lambda_{adim} = \lambda_k/\lambda_1 =$	1.254	
<b>Coeff. riduzione per instabilità:</b>	$X = 1 / (\Phi + (\Phi^2 - \lambda^2)^{0.5}) =$	0.409	
<b>Valore sollecitante:</b>	$N_{Ed} =$	10.413	kN
<b>Valore resistente:</b>	$Nb,rd = X A f_y / g M 1 =$	11.971	kN
	$< Nb, Rd$	Fs =	1.15

**BARRE SUPERIORI:**

Numero ferri per travetto:	N=	1	
Diametro armatura:	$\phi$ =	22	mm
Raggio d'inerzia:	i =	5.50	mm
Lunghezza libera d'inflessione:	L <sub>cr</sub> =	228.09	mm
Area:	A=	380.13	mmq

**Instabilità flessionale per azione assiale:**

Curva di instabilità:		c	
Fattore di imperfezione:	$\alpha$ =	0.49	
Termine $\Phi$ :	$\Phi = 0,5(1+\alpha(\lambda-0.2)+\lambda^2) =$	0.753	
Snellezza del profilo:	$\lambda_k=L_{cr}/i=$	41.5	
Snellezza di proporzionalità:	$\lambda_1 = \pi(E/f_y)^{0.5} =$	72.8	
Snellezza adimensionalizzata	$\lambda_{adim}=\lambda_k/\lambda_1=$	0.570	
<b>Coeff. riduzione per instabilità:</b>	<b><math>X = 1 / (\Phi + (\Phi^2 - \lambda^2)^{0.5}) =</math></b>	<b>0.803</b>	
<b>Valore sollecitante:</b>	<b><math>N_{Ed} =</math></b>	<b>99.300</b>	<b>kN</b>
<b>Valore resistente:</b>	<b><math>Nb,rd= X Afy/gM1 =</math></b>	<b>113.774</b>	<b>kN</b>
	<b><math>&lt; Nb,Rd</math></b>	<b>Fs =</b>	<b>1.15</b>

---

## 10.2.2 Soletta

### 10.2.2.1 Geometria

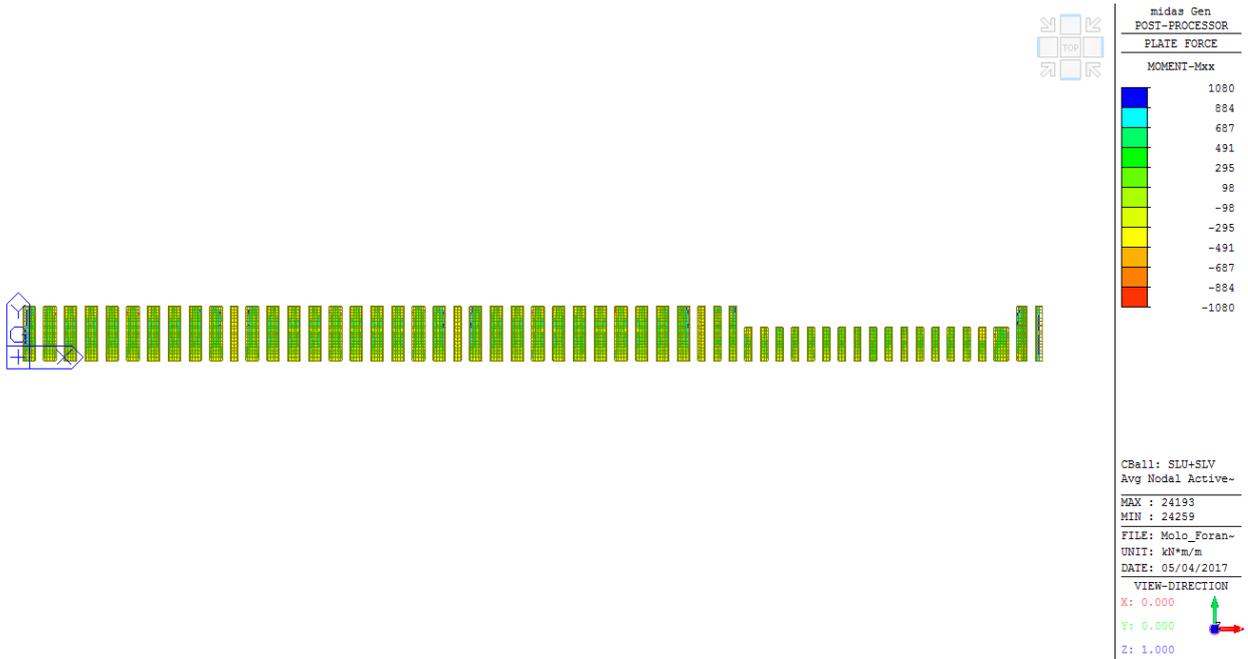
Spessore	100 cm
Armatura superiore direzione longitudinale	Ø20/100 mm
Armatura inferiore direzione longitudinale	Ø20/100 mm
Armatura superiore direzione trasversale	Ø20/100 mm
Armatura inferiore direzione trasversale	Ø20/100 mm
Infittimenti:	
Armatura superiore direzione longitudinale	Ø28/100 mm
Armatura inferiore direzione longitudinale	Ø28/100 mm
Ganci Ø16/200x200 mm	

**10.2.2.2 Verifiche in direzione longitudinale**

**10.2.2.2.1 Verifica di stato limite SLU+SLV**

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	10800000	0	0	1.011>1	1.011>1

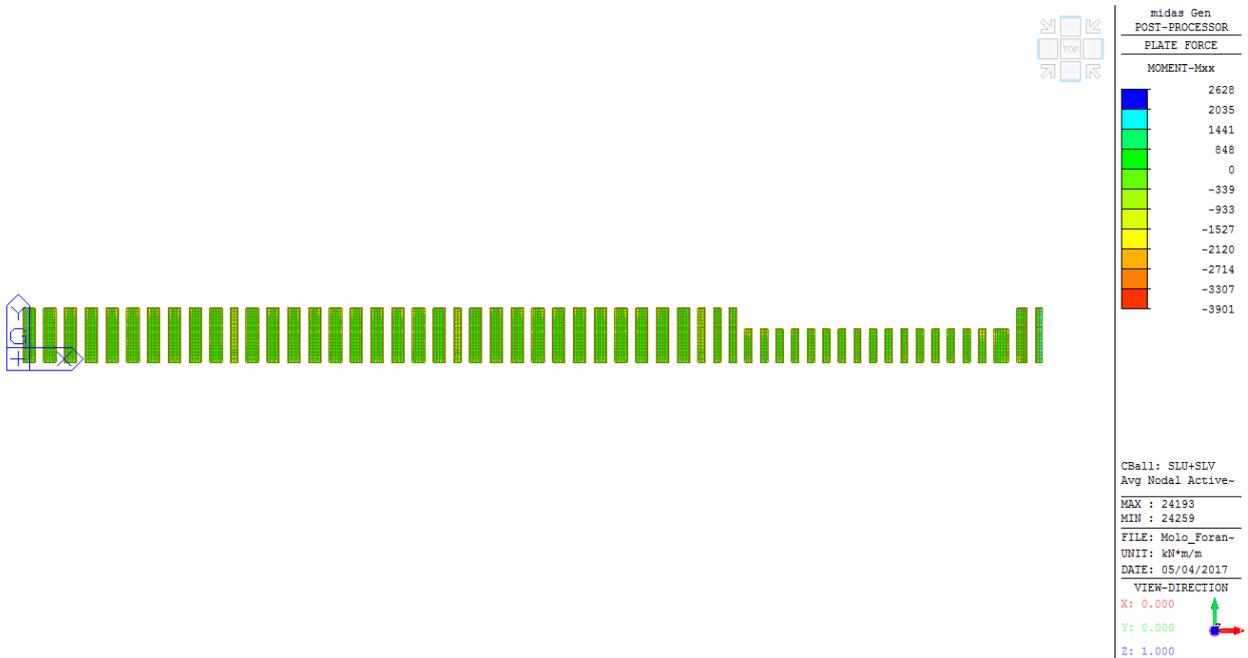
Si riportano i diagrammi di sollecitazione limitati ai valori resistenti.



**Verifica armatura di infittimento**

Nelle parti non verificate si dispone armatura di infittimento.

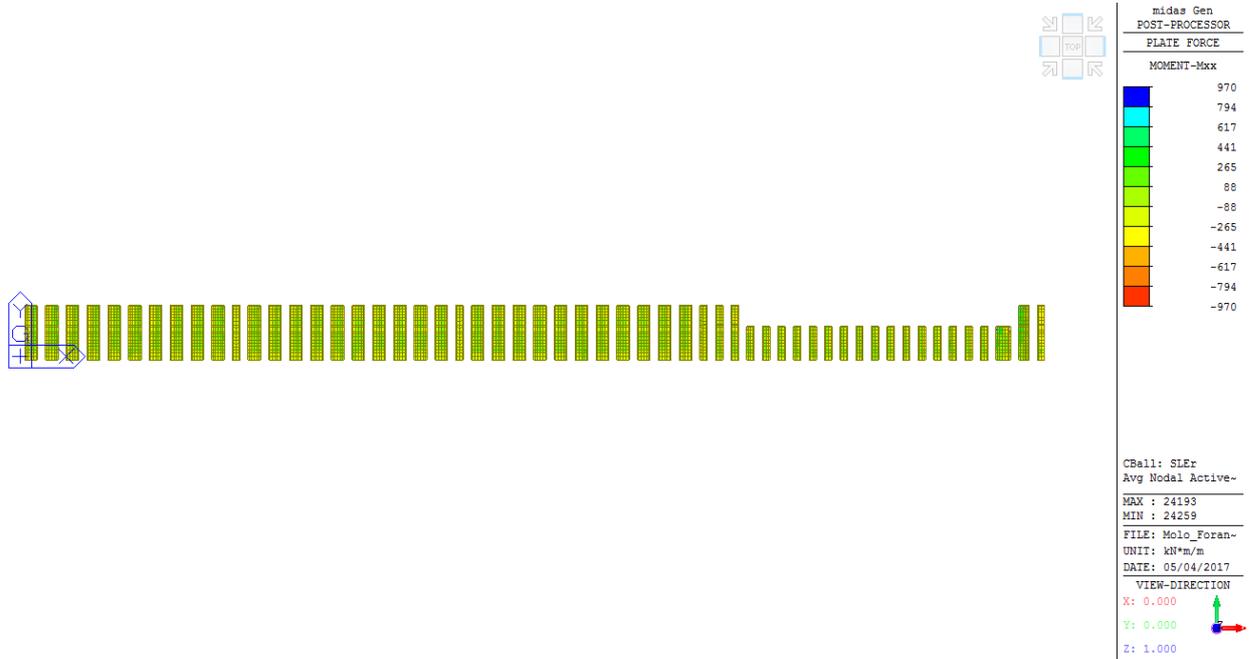
Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	21000000	0	0	1.004>1	1.004>1



10.2.2.2.2 Verifiche di tensione SLEr

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	9700000	0	0	-87.9	3585.0	0.0	0.0

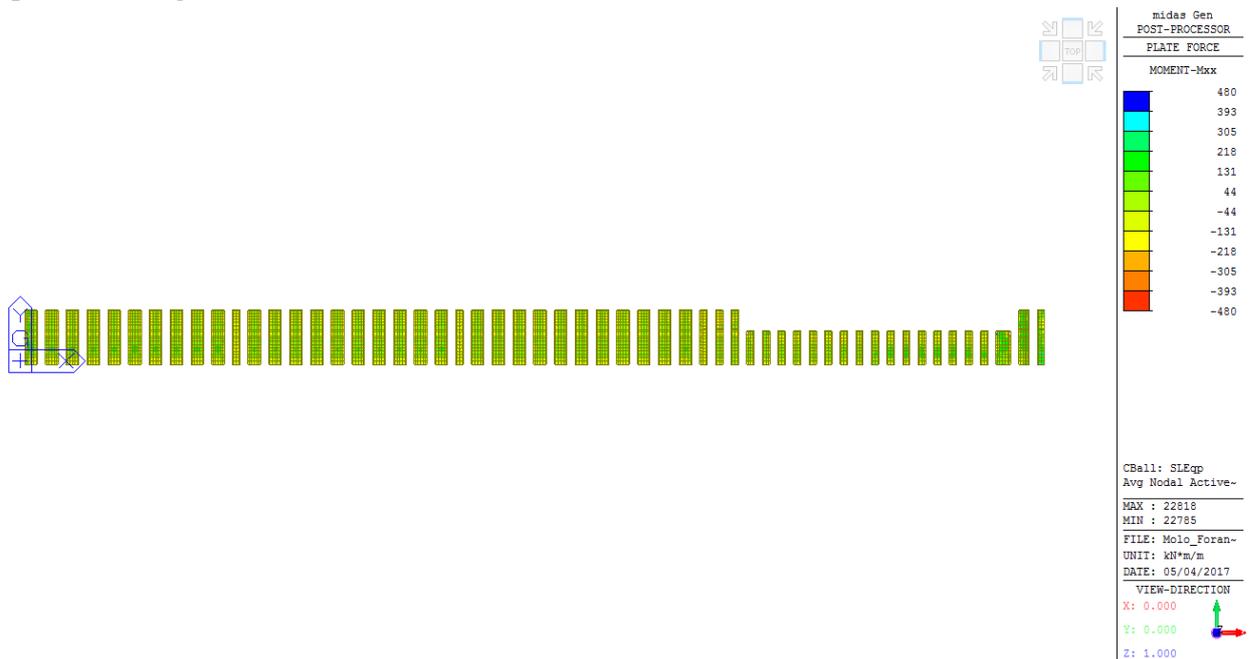
Si riportano i diagrammi di sollecitazione limitati ai valori resistenti.



10.2.2.2.3 Verifiche di tensione SLEq

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	4800000	0	0	-45.5	1770.9	0.0	0.0

Si riportano i diagrammi di sollecitazione limitati ai valori resistenti.



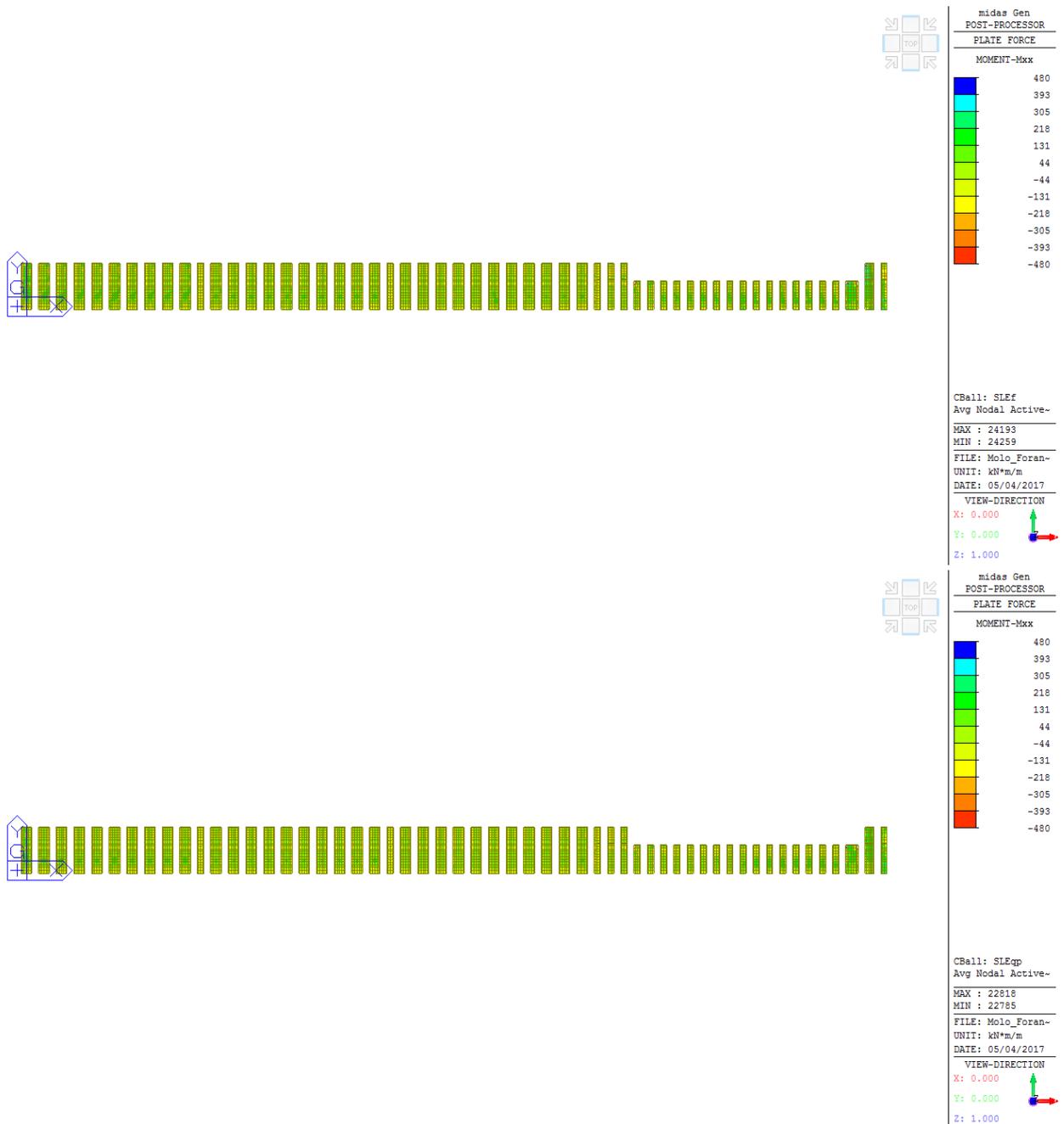
10.2.2.2.4 Verifiche a fessurazione

Unità di misura daN, cm

Sollecitazioni riferite al baricentro

Mx	My	N	Es/Ec	Wm(mm)	Wk(mm)	Sm(mm)	Epsilon	fctd	K1	K2	Beta1	Beta2
4800000	0	0	15	0.1964	0.1964	359	5.4636E-04	14	0.8	0.5	1	0.5

Si riportano i diagrammi di sollecitazione limitati ai valori resistenti.



10.2.2.2.5 Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	<b>1338.00</b>	<b>kN</b>
sforzo assiale sollecitante (+ comp, - traz)	$N_{Ed}$	<b>0.00</b>	<b>kN</b>

**Geometria della sezione**

larghezza minima	$b_w$	100.00	cm
altezza	$h$	100.00	cm
copriferro al centro barra	$c$	5.50	cm
altezza utile	$d$	94.50	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	10000.00	cm <sup>2</sup>

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratt. a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa

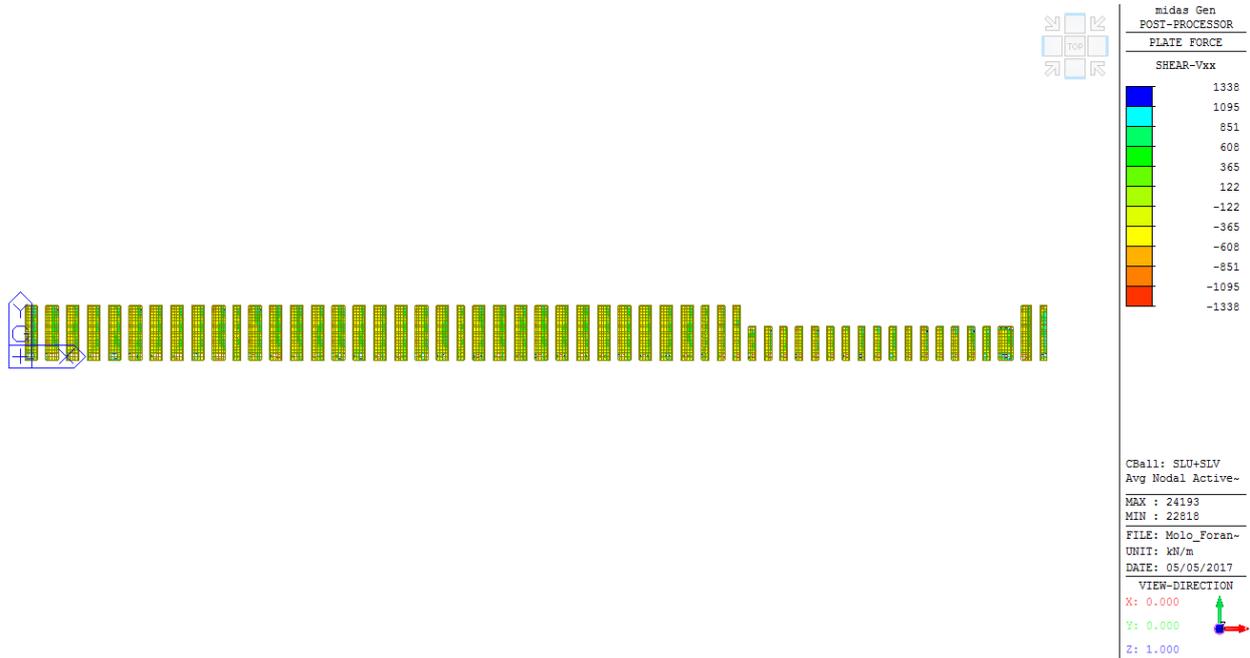
**Armatura a taglio**

	$n_{b,sw}$	$\Phi$ [mm]	$s$ [cm]	$\alpha$ [°]	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]
posizione 1	4	16	20	90	804.25
posizione 2	0	0	20	90	0.00
posizione 3	0	0	20	90	0.00

angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	45.0	°
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	$\cot \vartheta$	1.00	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	0.00	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	1	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	1338.29	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	4217.06	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	4685.63	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specific:</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>1338.29</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

Si riportano i diagrammi di sollecitazione limitati ai valori resistenti.

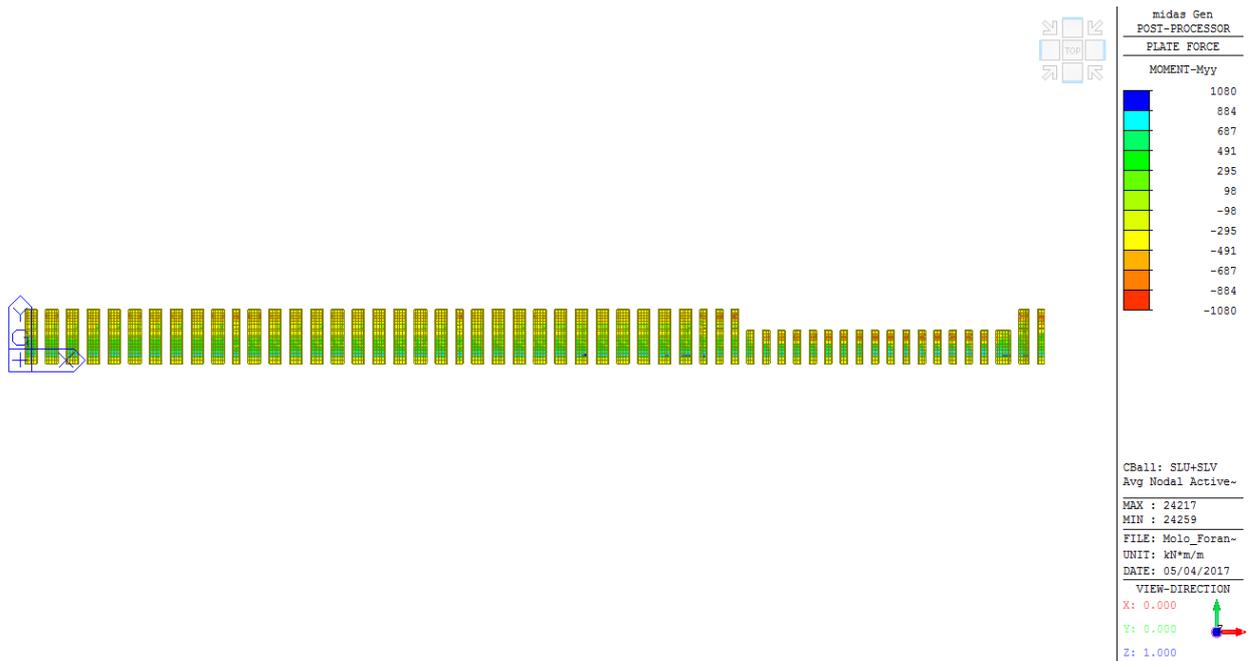


### 10.2.2.3 Verifiche in direzione trasversale

#### 10.2.2.3.1 Verifica di stato limite SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	10800000	0	0	1.011>1	1.011>1

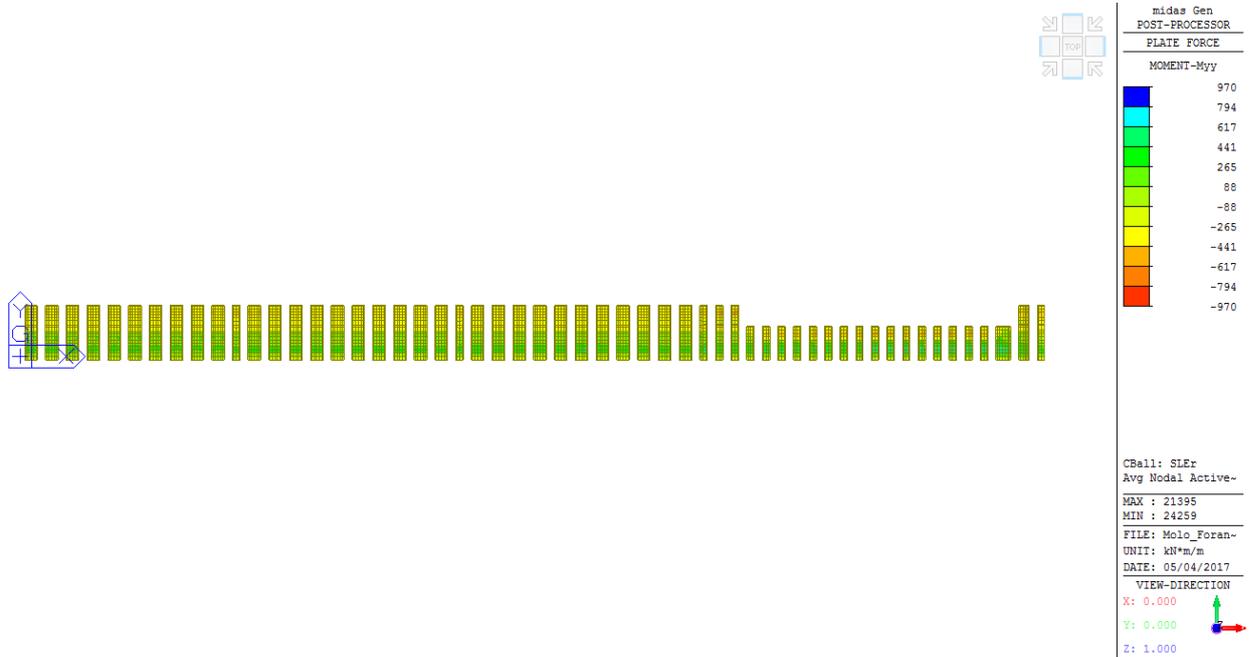
Si riportano i diagrammi di sollecitazione limitati ai valori resistenti.



10.2.2.3.2 Verifiche di tensione SLEr

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	9700000	0	0	-87.9	3585.0	0.0	0.0

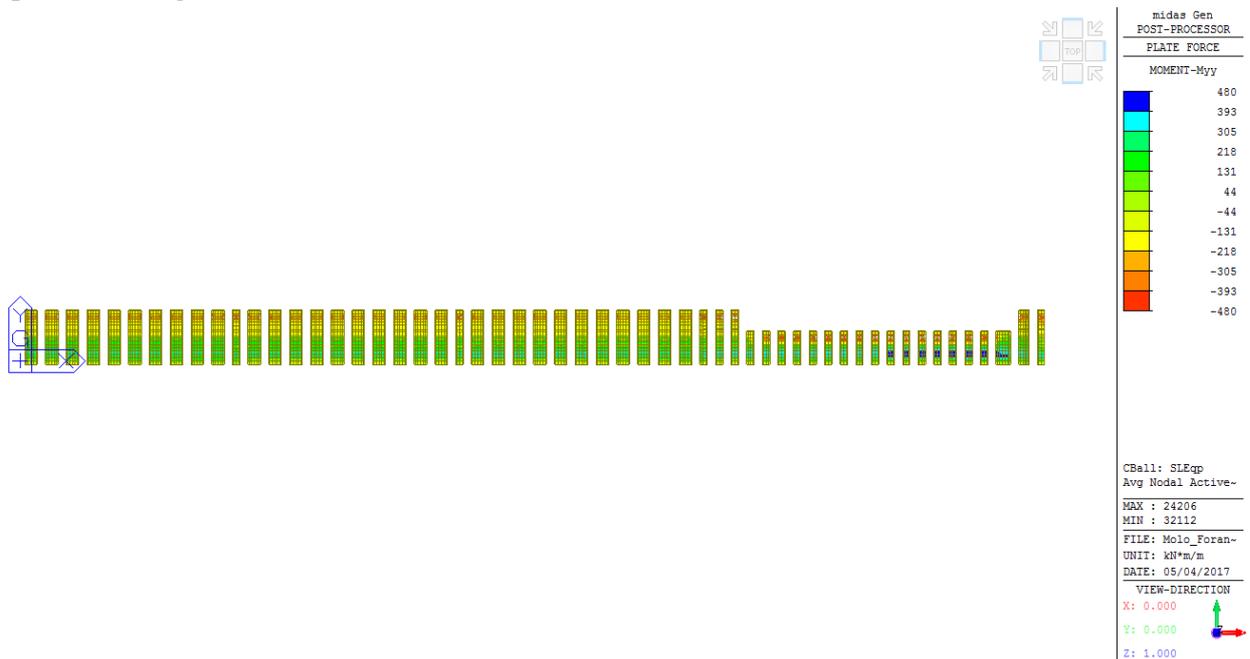
Si riportano i diagrammi di sollecitazione limitati ai valori resistenti.



10.2.2.3.3 Verifiche di tensione SLEqp

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	4800000	0	0	-45.5	1770.9	0.0	0.0

Si riportano i diagrammi di sollecitazione limitati ai valori resistenti.



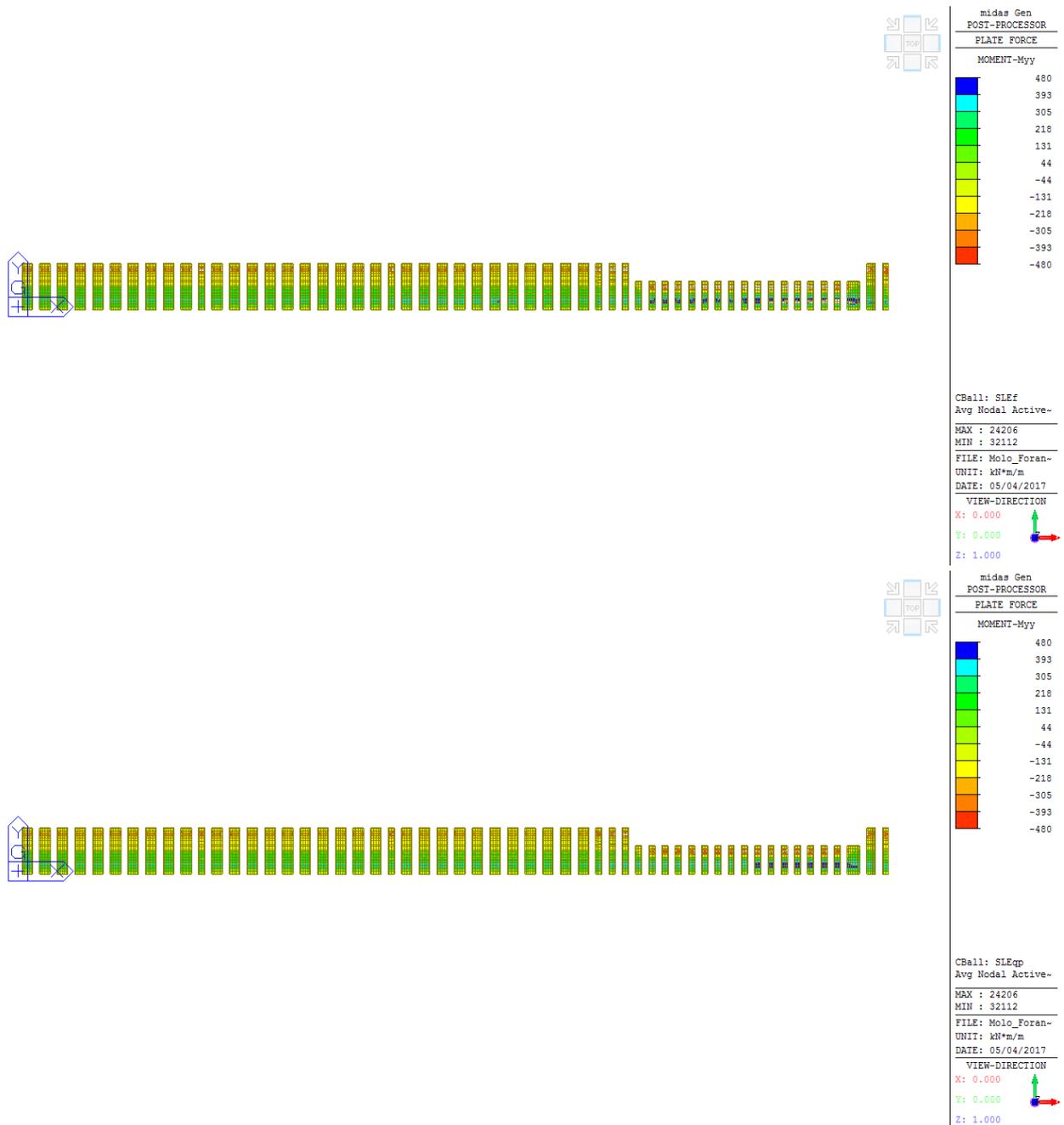
10.2.2.3.4 Verifiche a fessurazione

Unità di misura daN, cm

Sollecitazioni riferite al baricentro

Mx	My	N	Es/Ec	Wm(mm)	Wk(mm)	Sm(mm)	Epsilon	fctd	K1	K2	Beta1	Beta2
4800000	0	0	15	0.1964	0.1964	359	5.4636E-04	14	0.8	0.5	1	0.5

Si riportano i diagrammi di sollecitazione limitati ai valori resistenti.



10.2.2.3.5 Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	<b>1338.00</b>	<b>kN</b>
sforzo assiale sollecitante (+ comp, - traz)	$N_{Ed}$	<b>0.00</b>	<b>kN</b>

**Geometria della sezione**

larghezza minima	$b_w$	100.00	cm
altezza	$h$	100.00	cm
copriferro al centro barra	$c$	5.50	cm
altezza utile	$d$	94.50	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	10000.00	cm <sup>2</sup>

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratt. a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa

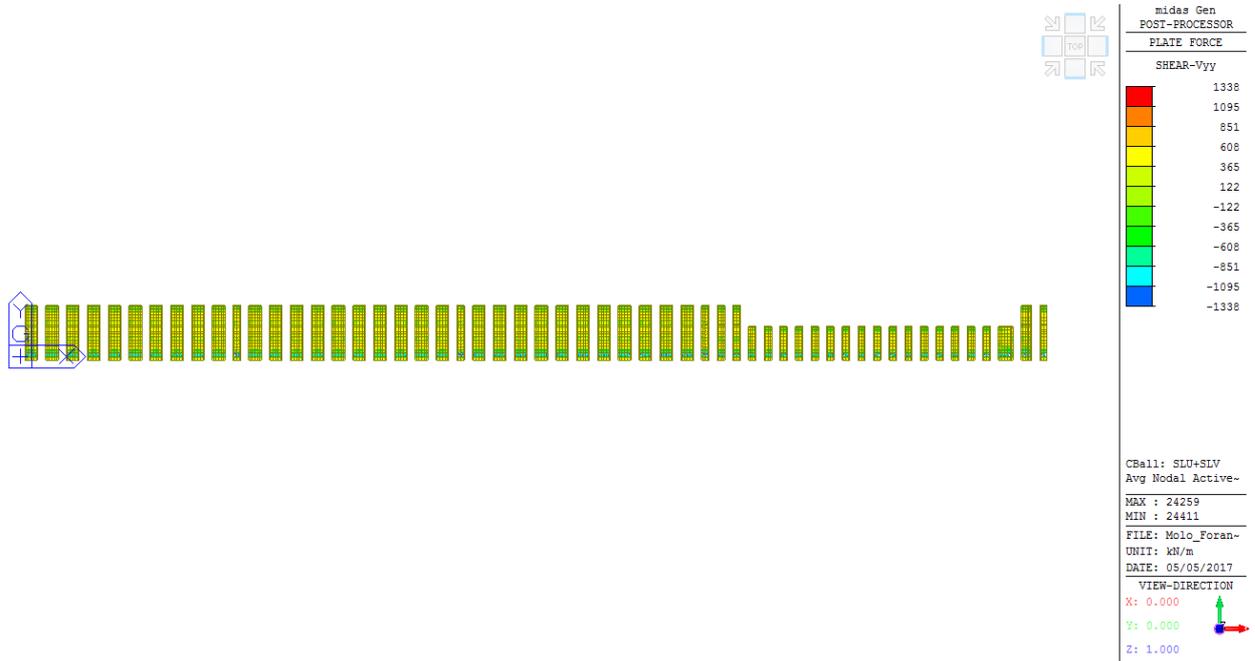
**Armatura a taglio**

	$n_{b,sw}$	$\Phi$ [mm]	$s$ [cm]	$\alpha$ [°]	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]
posizione 1	4	16	20	90	804.25
posizione 2	0	0	20	90	0.00
posizione 3	0	0	20	90	0.00

angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	45.0	°
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	$\cotg \vartheta$	1.00	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	0.00	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	1	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	1338.29	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	4217.06	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	4685.63	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specific:</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>1338.29</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

Si riportano i diagrammi di sollecitazione limitati ai valori resistenti.



### 10.3 TRAVI DI TESTA

#### 10.3.1.1 Geometria

Dimensioni 250x150 cm

Armatura di base

Armatura superiore 25 Ø24

Armatura inferiore 25 Ø32

Armatura aggiuntiva alla precedente

Armatura superiore 25 Ø24

Staffe

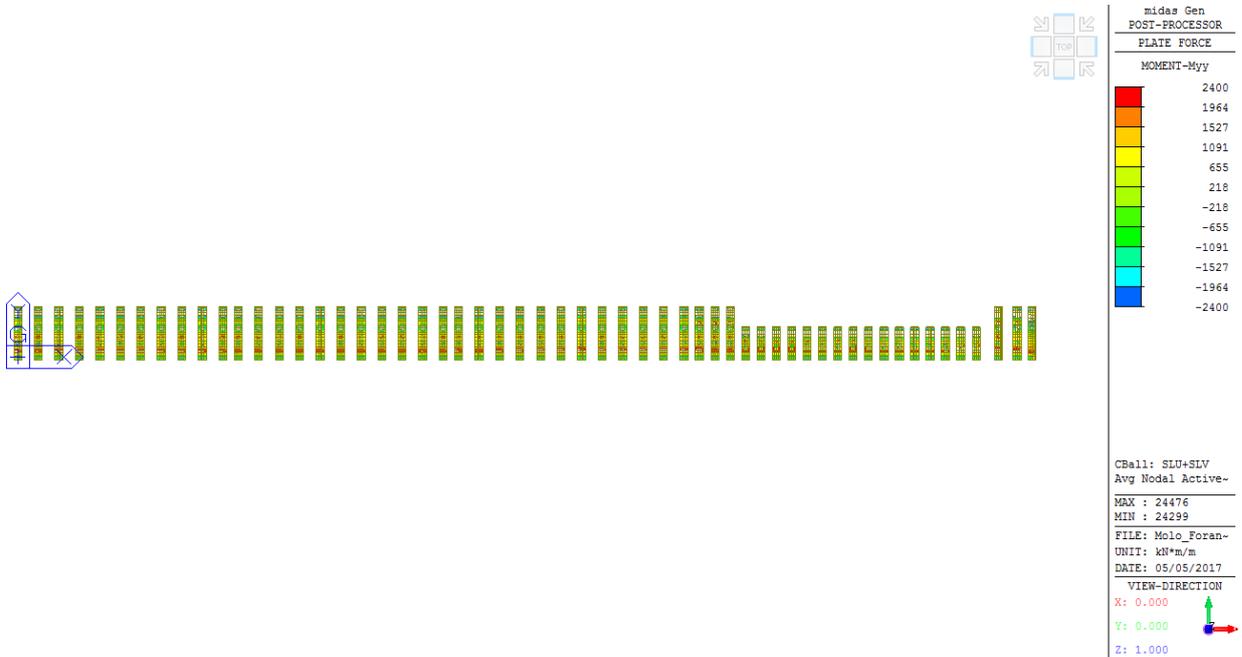
Ø20/200 a 4 bracci

#### 10.3.1.2 Verifiche

##### 10.3.1.2.1 Verifica di stato limite SLU+SLV

Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	Mxu(daN*cm)	Myu(daN*cm)	Nu(daN)	c.s.
24000000.0	0.0	0.0	24569819.4	0.0	0.0	<b>1.0237425</b>

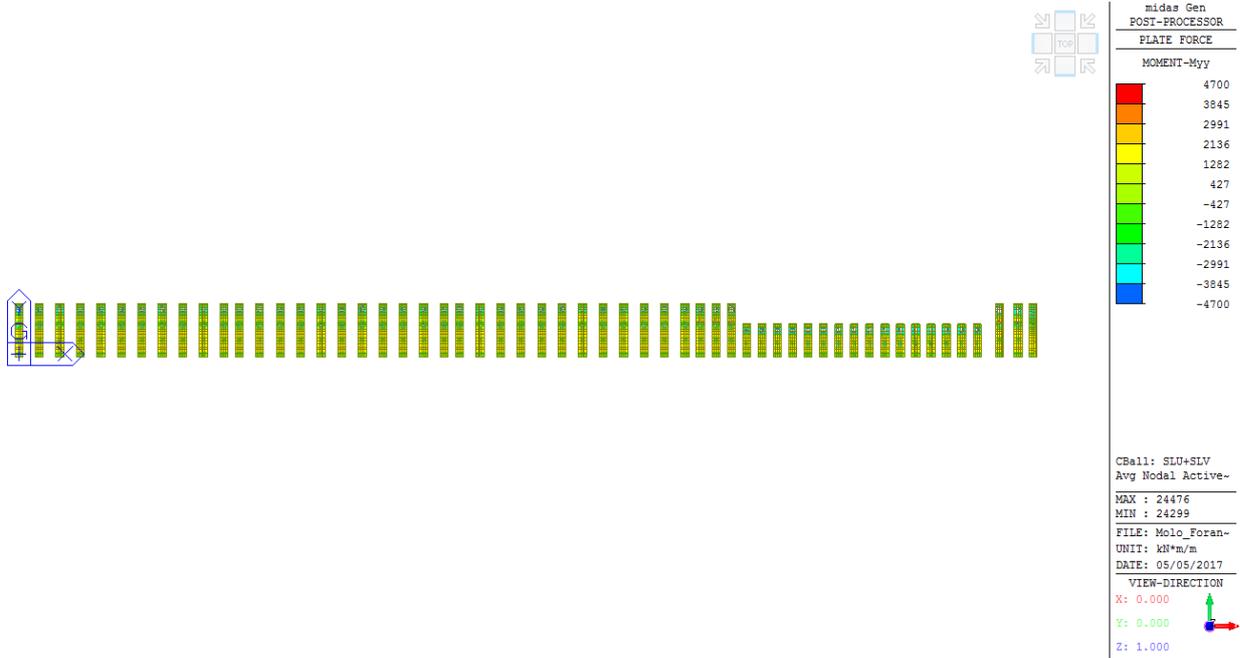
Si riportano i diagrammi di sollecitazione limitati ai valori resistenti.



Verifica armatura di infittimento

Nelle parti non verificate si dispone armatura di infittimento.

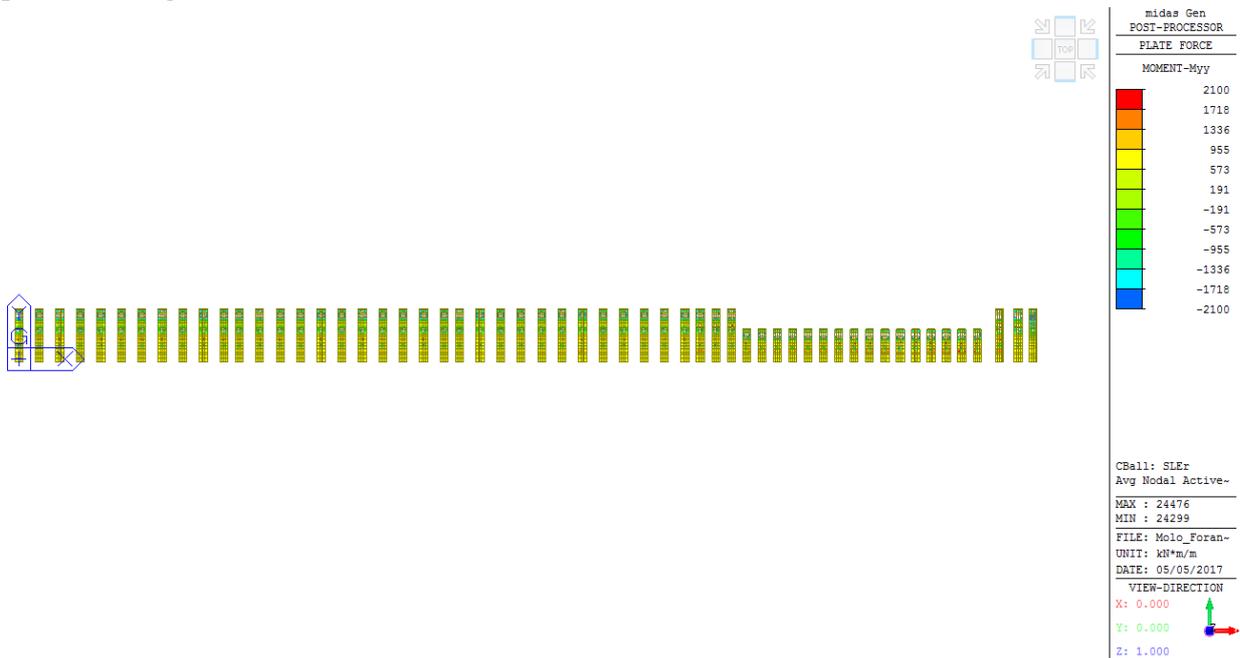
Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	47000000	0	0	1.029>1	1.029>1



10.3.1.2.2 Verifiche di tensione SLEr

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-21000000	0	0	-83.6	3572.0	0.0	0.0

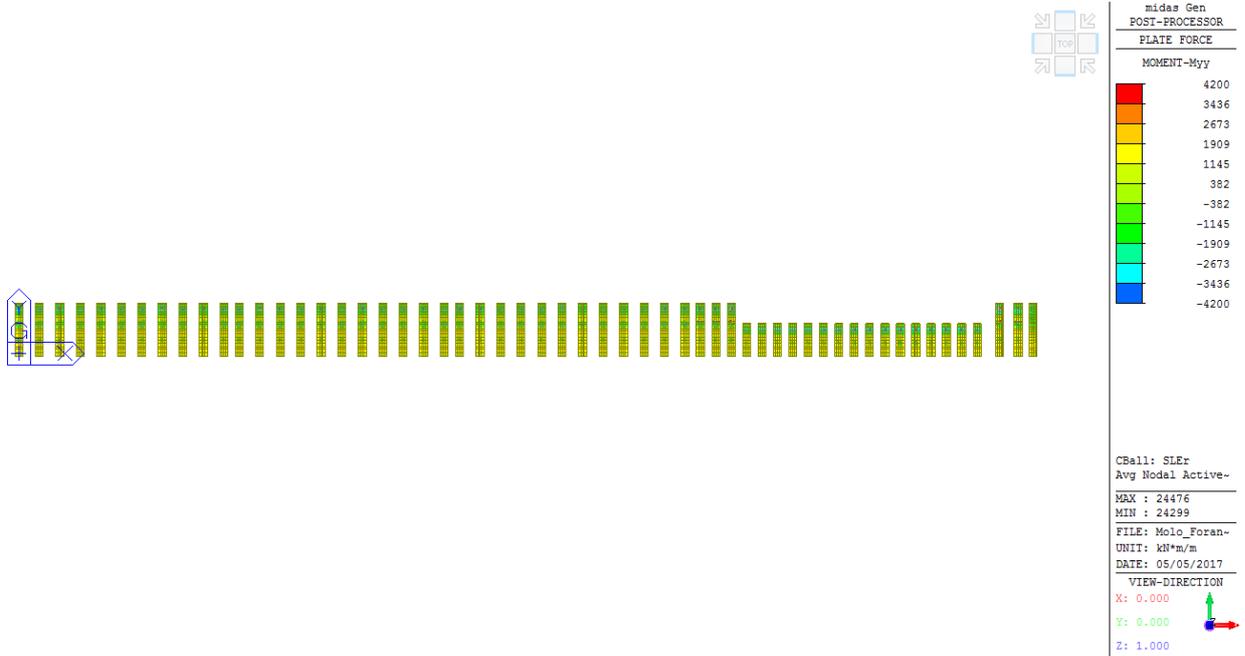
Si riportano i diagrammi di sollecitazione limitati ai valori resistenti.



Verifica armatura di infittimento

Nelle parti non verificate si dispone armatura di infittimento.

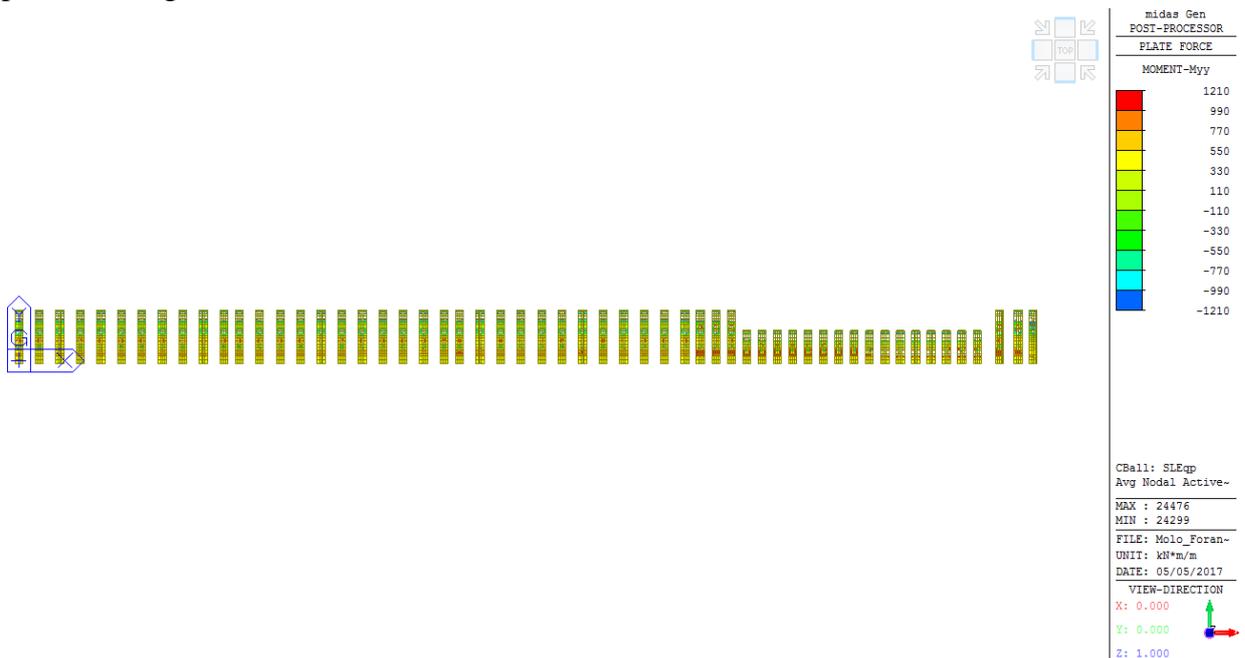
Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	42000000	0	0	-111.7	3569.1	0.0	0.0



10.3.1.2.3 Verifiche di tensione SLEqp

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-12100000	0	0	-49.9	2222.8	0.0	0.0

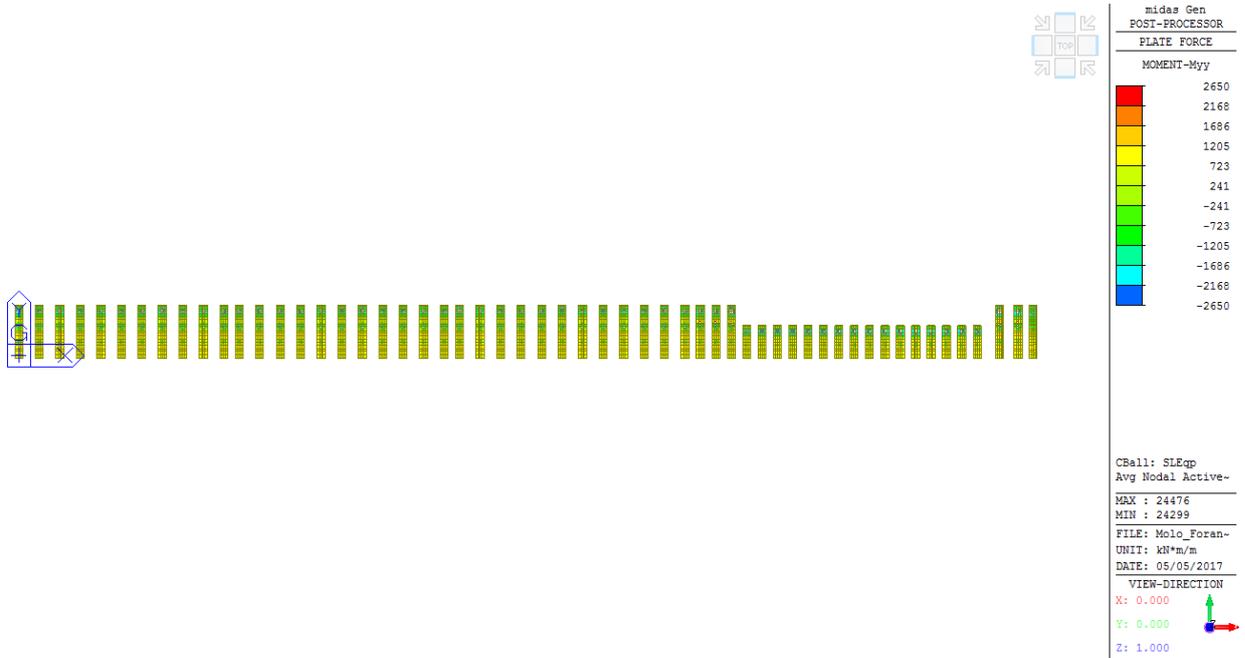
Si riportano i diagrammi di sollecitazione limitati ai valori resistenti.



Verifica armatura di infittimento

Nelle parti non verificate si dispone armatura di infittimento.

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	26500000	0	0	-73.9	2248.3	0.0	0.0



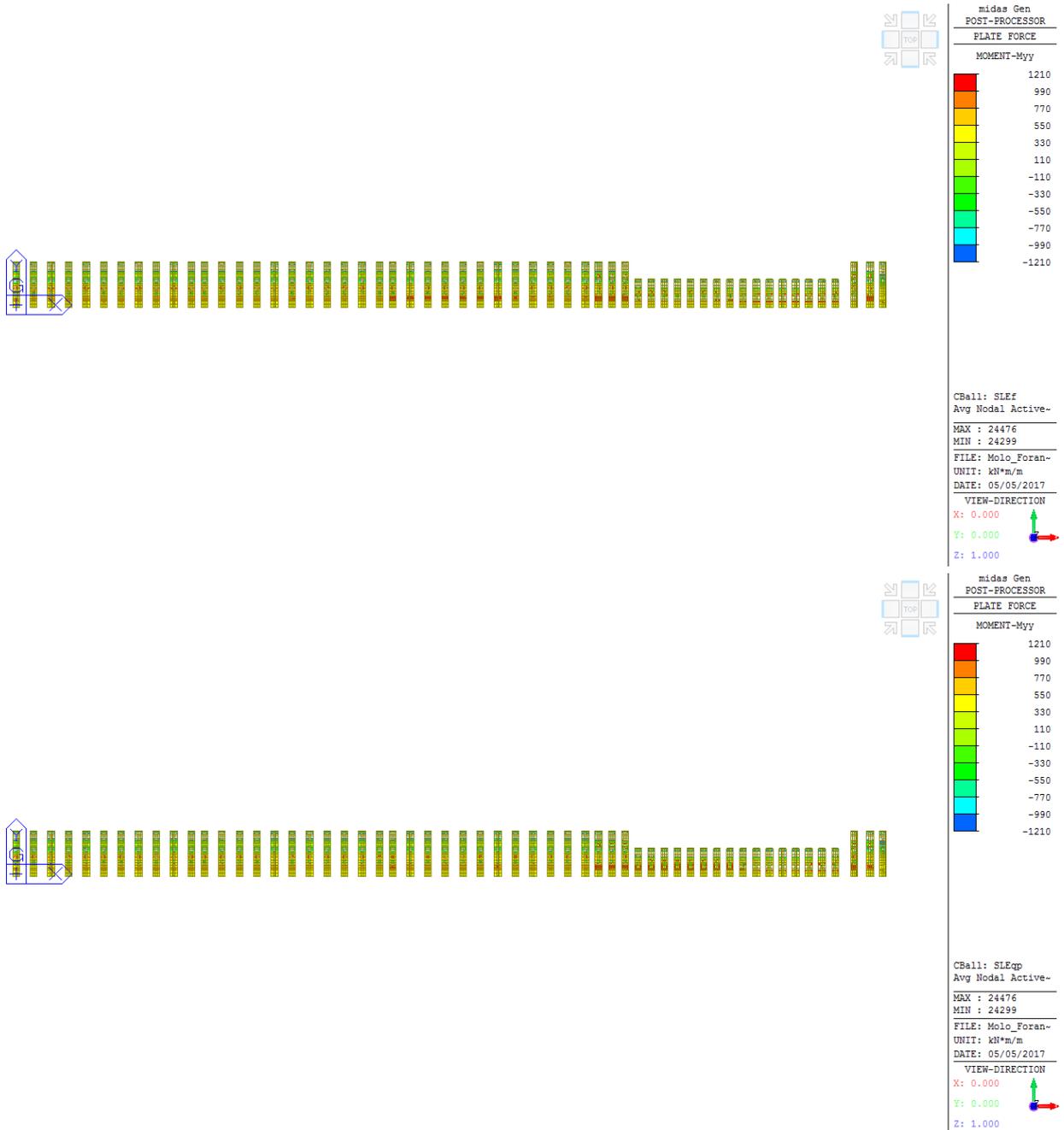
10.3.1.2.4 Verifiche a fessurazione

Unità di misura daN, cm

Sollecitazioni riferite al baricentro

Mx	My	N	Es/Ec	Wm(mm)	Wk(mm)	Sm(mm)	Epsilon	fctd	K1	K2	Beta1	Beta2
1210000 0	0	0	15	0.1998	0.1998	264	7.5561E-04	14	0.8	0.5	1	0.5

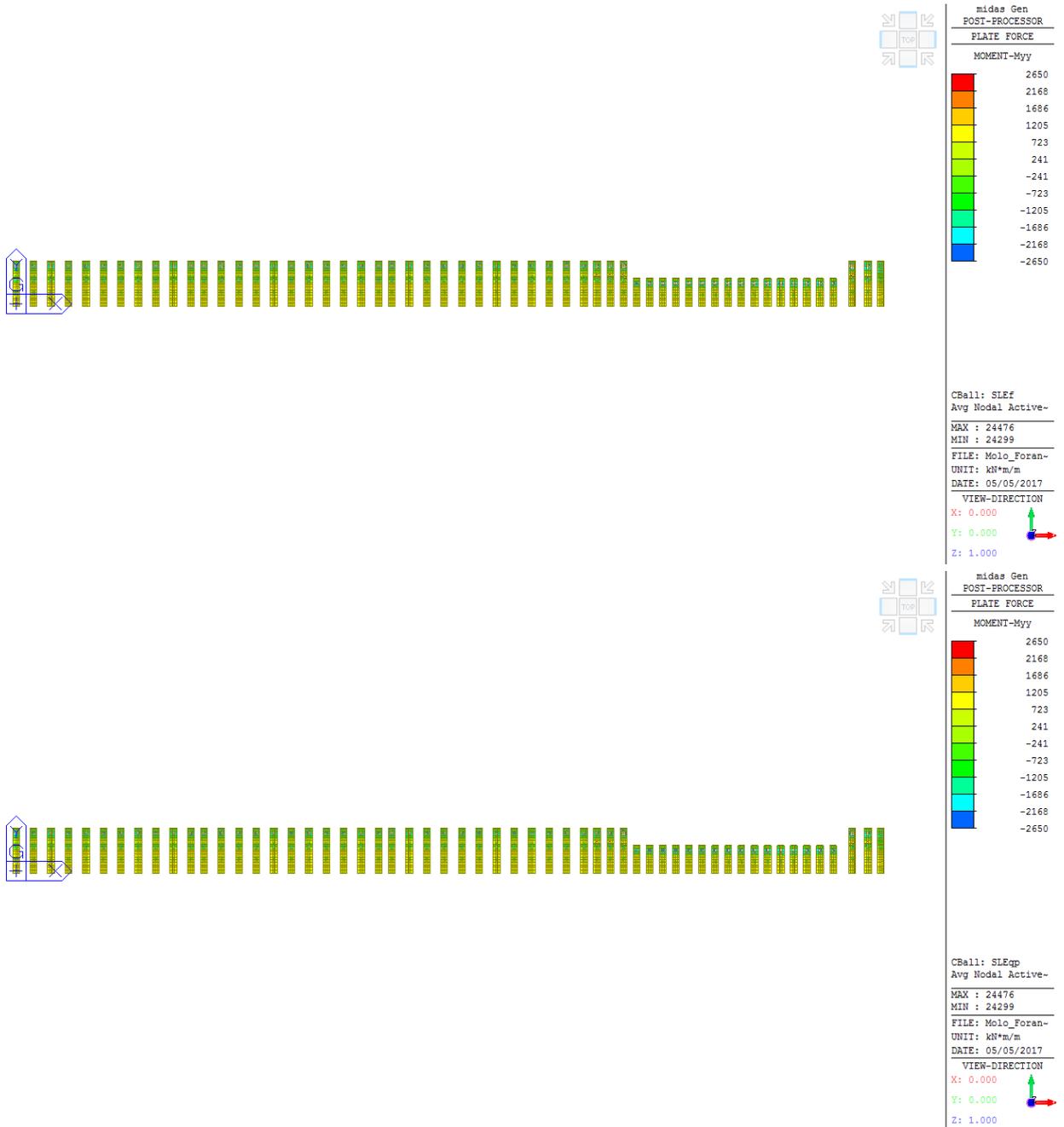
Si riportano i diagrammi di sollecitazione limitati ai valori resistenti.



Verifica armatura di infittimento

Nelle parti non verificate si dispone armatura di infittimento.

Mx	My	N	Es/Ec	Wm(mm)	Wk(mm)	Sm(mm)	Epsilon	fctd	K1	K2	Beta1	Beta2
2650000 0	0	0	15	0.1957	0.1957	210	9.3028E-04	14	0.8	0.5	1	0.5



10.3.1.2.5 Verifiche a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	5563.00	kN
sforzo assiale sollecitante (+ comp, - traz)	$N_{Ed}$	0.00	kN

**Geometria della sezione**

larghezza minima	$b_w$	100.00	cm
altezza	$h$	150.00	cm
copriferro al centro barra	$c$	5.50	cm
altezza utile	$d$	144.50	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	15000.00	cm <sup>2</sup>

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratt. a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa

**Armatura a taglio**

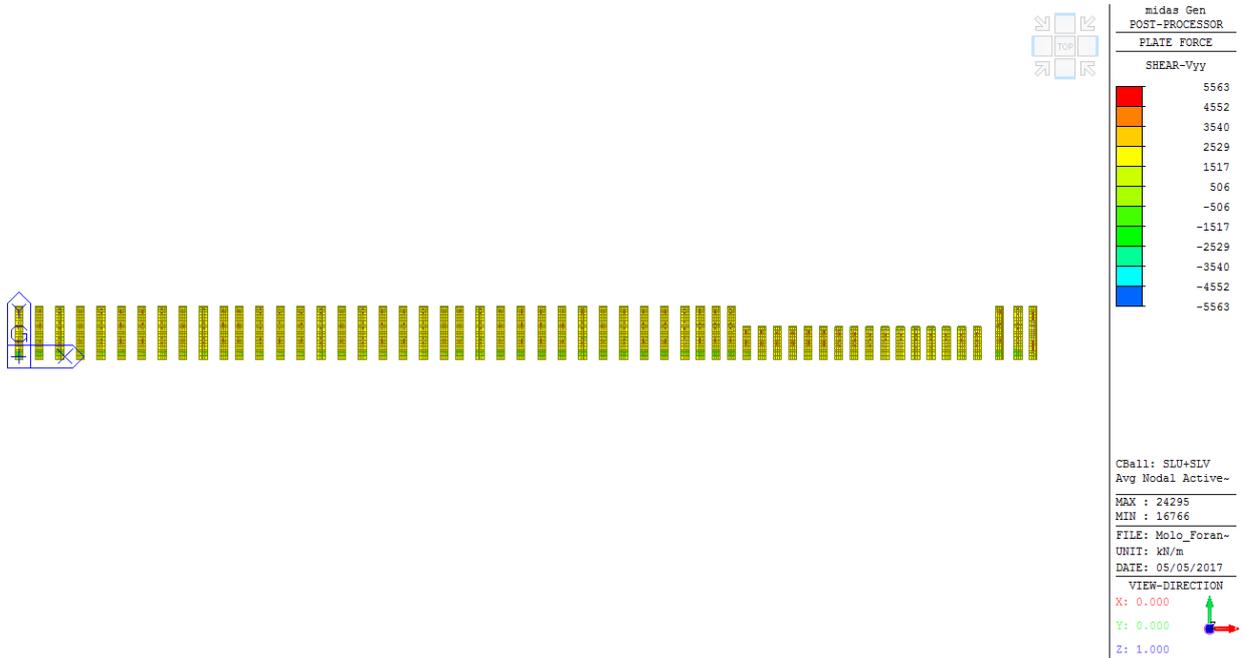
	$n_{b,sw}$	$\Phi$ [mm]	$s$ [cm]	$\alpha$ [°]	$A_{sw}$ [mm <sup>2</sup> ]
posizione 1	4	20	20	90	1256.64
posizione 2	0	0	20	90	0.00
posizione 3	0	0	20	90	0.00

angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	29.8	°
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	$\cot \vartheta$	1.74	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	0.00	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	1	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	5563.58	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	5571.59	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	7164.79	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specific:</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>5563.58</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
PROGETTO ESECUTIVO

Si riportano i diagrammi di sollecitazione limitati ai valori resistenti.



## 10.4 PALI PORTANTI

### 10.4.1 Geometria

Si riportano le geometrie delle armature e le relative tipologie di armatura per i pali portanti.

Settore	Palo	Tipo armatura	Armatura verticale			Staffe		Quota inizio	Quota fine
A	1800	1	63	∅	40	∅	16 / 100	0.7	-3
A	1800	2	35	∅	30	∅	16 / 100	-3	-12
			35	∅	24			-3	-12
A	1800	3	74	∅	30	∅	16 / 100	-12	-17
			74	∅	22			-12	-17
A	1800	4	74	∅	30	∅	16 / 100	-17	-23
			37	∅	22			-17	-23
A	1800	5	37	∅	20	∅	16 / 200	-23	-32
B	1800	1	63	∅	40	∅	16 / 100	0.7	-3
B	1800	2	35	∅	30	∅	16 / 100	-3	-11
			35	∅	24			-3	-11
B	1800	3	74	∅	30	∅	16 / 85	-11	-18
			74	∅	24			-11	-18
B	1800	4	74	∅	30	∅	16 / 100	-18	-23
			37	∅	20			-18	-23
B	1800	5	37	∅	18	∅	16 / 200	-23	-34
C	1800	1	69	∅	40	∅	16 / 100	0.7	-4
C	1800	2	35	∅	30	∅	16 / 100	-4	-14
			35	∅	30			-4	-14
C	1800	3	74	∅	30	∅	16 / 100	-14	-19
			74	∅	30			-14	-19
C	1800	4	74	∅	30	∅	16 / 100	-19	-25
			37	∅	22			-19	-25
C	1800	5	37	∅	18	∅	16 / 200	-25	-36
D	1800	1	75	∅	40	∅	16 / 120	0.7	-4
D	1800	2	35	∅	30	∅	16 / 120	-4	-12
			35	∅	30			-4	-12
D	1800	3	74	∅	30	∅	16 / 85	-12	-21
			74	∅	24			-12	-21
D	1800	4	74	∅	30	∅	16 / 85	-21	-26
			74	∅	22			-21	-26
D	1800	5	37	∅	18	∅	16 / 250	-26	-38

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
 INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
 PROGETTO ESECUTIVO

Settore	Palo	Tipo armatura	Armatura verticale			Staffe	Quota inizio	Quota fine
A	1500	1	30	∅	30	∅ 16 / 120	0.7	-8
			30	∅	24		0.7	-8
A	1500	2	30	∅	30	∅ 16 / 120	-8	-15
			30	∅	24		-8	-15
A	1500	3	90	∅	30	∅ 16 / 120	-15	-25
A	1500	4	30	∅	16	∅ 16 / 250	-25	-27
B	1500	1	30	∅	30	∅ 16 / 120	0.7	-8
			30	∅	24		0.7	-8
B	1500	2	30	∅	30	∅ 16 / 120	-8	-15
			30	∅	24		-8	-15
B	1500	3	90	∅	30	∅ 16 / 120	-15	-25
B	1500	4	30	∅	16	∅ 16 / 250	-25	-27
C	1500	1	60	∅	30	∅ 16 / 120	0.7	-8
C	1500	2	30	∅	30	∅ 16 / 120	-8	-15
			30	∅	24		-8	-15
C	1500	3	90	∅	30	∅ 16 / 120	-15	-25
C	1500	4	30	∅	18	∅ 16 / 250	-25	-29
D	1500	1	60	∅	30	∅ 16 / 150	0.7	-8
			30	∅	24		0.7	-8
D	1500	2	30	∅	30	∅ 16 / 120	-8	-15
			30	∅	24		-8	-15
D	1500	3	99	∅	30	∅ 16 / 85	-15	-25
D	1500	4	60	∅	30	∅ 16 / 120	-25	-28
D	1500	5	30	∅	22	∅ 16 / 250	-28	-37

Considerato che i pali vengono realizzati utilizzando un tubolare in acciaio con funzione di cassero a perdere infisso nel terreno solo per una quota parte dell'intero sviluppo del palo, le verifiche a fessurazione verranno svolte per le sezioni a quota inferiore rispetto alla quota di punta del tubolare. Si prevede infatti che, anche considerando la riduzione di spessore dovuta alla corrosione indotta dall'atmosfera marina, il tubolare in acciaio esterno mantenga comunque uno spessore residuo alla fine della vita utile dell'opera e pertanto la parte di palo in calcestruzzo racchiusa all'interno del tubolare risulta protetta ai fini della durabilità.

## 10.4.2 Settore A

### 10.4.2.1 Sollecitazioni

D1800 Armatura 1		Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
		SLV Y A27	<b>2101</b>	1313	462	1392	3599	9957	10587
	KN;KNm	SLU B46	<b>-8069</b>	-2275	447	2319	2220	-11643	11853
		SLU B46	-2620	-2406	365	<b>2433</b>	1684	-13257	13363
		SLU B46	-2473	-2406	365	2433	2623	-19452	<b>19628</b>
		SLE r B6	<b>215</b>	281	-1	281	45	1934	1935
		SLE r B21	<b>-5497</b>	-1519	298	1548	1480	-7780	7919
		SLE r B21	-1874	-1605	243	<b>1624</b>	1118	-8849	8919
		SLE r B21	-1761	-1605	243	1624	1743	-12983	<b>13099</b>
		SLE f B6	<b>144</b>	252	1	252	57	1727	1728
		SLE f B21	<b>-4902</b>	-1307	25	1308	123	-6657	6658
		SLE f B21	-1804	-1428	-4	<b>1428</b>	-78	-7880	7881
		SLE f B21	-1691	-1428	-4	1428	-87	-11558	<b>11558</b>
		SLE qp B7	<b>72</b>	222	3	222	69	1520	1521
		SLE qp B9	<b>-4560</b>	-1166	22	1166	110	-5939	5940
		SLE qp B9	-1801	-1274	-4	<b>1274</b>	-78	-7031	7031
		SLE qp B9	-1688	-1274	-4	1274	-89	-10311	<b>10311</b>
D1800 Armatura 2		Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
		SLV Y A27	<b>1953</b>	1402	494	1486	1896	5123	5463
		SLU B46	<b>-8367</b>	-2275	447	2319	-464	2008	2061
		SLU B46	-2837	-2406	365	<b>2433</b>	-870	3585	3689
		SLU B46	-2669	-2406	365	2433	1319	-10851	<b>10931</b>
		SLE r B6	<b>64</b>	281	-1	281	46	930	931
		SLE r B21	<b>-5726</b>	-1519	298	1548	-310	1333	1369
		SLE r B21	-2046	-1605	243	<b>1624</b>	-581	2388	2458
		SLE r B21	-1912	-1605	243	1624	875	-7244	<b>7296</b>
		SLE f B6	<b>-7</b>	252	1	252	53	828	829
		SLE f B21	<b>-5131</b>	-1307	25	1308	-25	1187	1187
		SLE f B21	-1978	-1428	-4	<b>1428</b>	-54	2117	2118
		SLE f B21	-1842	-1428	-4	1428	-75	-6452	<b>6452</b>
		SLE qp B7	<b>-79</b>	222	3	222	60	725	728
		SLE qp B9	<b>-4789</b>	-1166	22	1166	-23	1055	1055
		SLE qp B9	-1976	-1274	-4	<b>1274</b>	-49	1885	1886
		SLE qp B9	-1840	-1274	-4	1274	-74	-5757	<b>5758</b>

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
 INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
 PROGETTO ESECUTIVO

D1800 Armatura 3

Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
SLV Y A27	<b>1427</b>	383	142	408	-2421	-7086	7488
SLU B46	<b>-6828</b>	-1399	134	1405	-2022	10626	10817
SLU B46	-2068	-1544	109	<b>1548</b>	-1726	10267	10411
SLU B46	-5512	98	-113	150	-1883	12784	<b>12922</b>
SLE r B6	<b>-84</b>	-185	6	185	28	-1273	1273
SLE r B21	<b>-4674</b>	-934	89	938	-1348	7087	7214
SLE r B21	-1529	-1030	73	<b>1032</b>	-1150	6845	6941
SLE r B21	-3773	65	-76	100	-1254	8527	<b>8618</b>
SLE f B6	<b>-128</b>	-166	5	166	22	-1142	1142
SLE f B21	<b>-4189</b>	-813	7	813	-109	6152	6153
SLE f B21	-1447	-926	-3	<b>926</b>	-14	6177	6177
SLE f B21	-1118	417	-2	417	-5	7665	<b>7665</b>
SLE qp B7	<b>-173</b>	-147	4	147	17	-1012	1012
SLE qp B9	<b>-3911</b>	-724	6	724	-98	5482	5483
SLE qp B9	-1485	-824	-3	<b>824</b>	-12	5503	5503
SLE qp B9	-1148	372	-2	372	-3	6825	<b>6825</b>

D1800 Armatura 4

Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
SLV Y A27	<b>1020</b>	-981	-337	1037	-1858	-5362	5675
SLU B46	<b>-4838</b>	1613	-284	1638	-1585	10510	10629
SLU B46	-1110	1864	-251	<b>1881</b>	-1068	8983	9046
SLU B46	-1301	1593	-241	1611	-1342	10811	<b>10893</b>
SLE r B6	<b>-41</b>	-101	2	101	2	-211	211
SLE r B21	<b>-3311</b>	1076	-189	1093	-1057	7011	7090
SLE r B21	-800	1243	-167	<b>1254</b>	-711	5991	6033
SLE r B21	-961	1062	-160	1074	-894	7208	<b>7263</b>
SLE f B6	<b>-67</b>	-91	1	91	1	-189	189
SLE f B21	<b>-2967</b>	935	-15	935	-85	6084	6085
SLE f B21	-773	1108	-3	<b>1108</b>	-9	5347	5347
SLE f B21	-909	958	-1	958	-1	6497	<b>6497</b>
SLE qp B7	<b>-94</b>	-81	1	81	0	-168	168
SLE qp B9	<b>-2770</b>	833	-14	833	-76	5419	5420
SLE qp B9	-772	987	-3	<b>987</b>	-7	4763	4763
SLE qp B9	-934	853	-1	853	0	5783	<b>5783</b>

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
PROGETTO ESECUTIVO

D1800 Armatura 5

Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
SLV Y A27	<b>583</b>	-359	-125	381	-196	-554	588
SLU B46	<b>-2718</b>	794	-108	801	-173	1566	1576
SLU B46	-453	809	-84	<b>814</b>	-164	1724	1731
SLU B46	-453	809	-84	814	-164	1724	<b>1731</b>
SLE r B6	<b>16</b>	5	0	5	0	5	5
SLE r B21	<b>-1859</b>	530	-72	534	-115	1045	1051
SLE r B21	-334	540	-56	<b>543</b>	-109	1149	1154
SLE r B21	-334	540	-56	543	-109	1149	<b>1154</b>
SLE f B6	<b>15</b>	5	0	5	0	5	5
SLE f B21	<b>-1665</b>	459	-6	459	-9	905	905
SLE f B21	-316	486	0	<b>486</b>	1	1035	1035
SLE f B21	-316	486	0	486	1	1035	<b>1035</b>
SLE qp B7	<b>13</b>	4	0	4	0	4	4
SLE qp B9	<b>-1554</b>	409	-5	409	-8	806	806
SLE qp B9	-324	433	0	<b>433</b>	1	921	921
SLE qp B9	-324	433	0	433	1	921	<b>921</b>

D1500 Armatura 1

KN;KNm

Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
SLU B5	<b>1983</b>	404	-2	404	-13	-6178	6178
SLV Y A11	<b>-3613</b>	816	270	859	53	456	459
SLU B9	1082	-1178	-3	<b>1178</b>	-3	-3138	3138
SLV X 11	-1614	172	780	798	6594	1774	<b>6829</b>
SLE r B5	<b>1150</b>	320	-1	320	11	-3665	3665
SLE r A23	<b>-1884</b>	207	254	327	15	1190	1190
SLE r B9	466	-781	-2	<b>781</b>	-2	-2077	2077
SLE r B5	1085	49	-1	49	-6	-4329	<b>4329</b>
SLE f B5	<b>985</b>	289	0	289	12	-3288	3288
SLE f A25	<b>-1462</b>	164	129	208	12	965	965
SLE f B21	389	-702	-2	<b>702</b>	-1	-1868	1868
SLE f B5	916	45	-1	45	-5	-3885	<b>3885</b>
SLE qp B6	<b>820</b>	258	0	258	14	-2912	2912
SLE qp A7	<b>-1290</b>	182	2	182	3	1008	1008
SLE qp B9	220	-623	-1	<b>623</b>	-1	-1653	1653
SLE qp B6	747	41	-1	41	-5	-3440	<b>3440</b>

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
 INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
 PROGETTO ESECUTIVO

D1500 Armatura 2

Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
SLU B5	<b>1745</b>	-1366	-1	1366	0	-1922	1922
SLV Y A11	<b>-3667</b>	911	273	951	-497	-1247	1342
SLU B9	981	-1758	-3	<b>1758</b>	6	1273	1273
SLU B9	720	-409	1	409	12	7099	<b>7099</b>
SLE r B5	<b>912</b>	-860	-1	860	16	-1267	1267
SLE r A23	<b>-1937</b>	415	252	486	-492	571	754
SLE r B9	387	-1168	-2	<b>1168</b>	4	852	852
SLE r B9	286	-272	0	272	8	4725	<b>4725</b>
SLE f B5	<b>748</b>	-773	0	773	15	-1138	1138
SLE f A25	<b>-1515</b>	330	128	354	-245	474	533
SLE f B21	312	-1050	-2	<b>1050</b>	3	762	762
SLE f B21	232	-246	0	246	7	4244	<b>4244</b>
SLE qp B6	<b>583</b>	-686	0	686	14	-1008	1008
SLE qp A7	<b>-1343</b>	349	2	349	-1	480	480
SLE qp B9	149	-932	-1	<b>932</b>	3	683	683
SLE qp B9	112	-218	0	218	6	3775	<b>3775</b>

D1500 Armatura 3

Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
SLU B5	<b>1103</b>	152	1	152	6	7435	7435
SLV Y A11	<b>-2366</b>	-472	-156	497	-1274	-4120	4313
SLU B9	424	1170	2	<b>1170</b>	5	4548	4548
SLU B9	658	163	1	163	12	7508	<b>7508</b>
SLE r B5	<b>566</b>	122	2	122	14	4656	4656
SLE r A23	<b>-1250</b>	-86	-150	173	-1254	-1467	1930
SLE r B9	172	779	1	<b>779</b>	3	3027	3027
SLE r B9	262	109	1	109	7	4997	<b>4997</b>
SLE f B5	<b>460</b>	109	2	109	12	4189	4189
SLE f A25	<b>-979</b>	-66	-75	100	-632	-1156	1317
SLE f B21	140	700	1	<b>700</b>	3	2722	2722
SLE f B21	213	97	1	97	6	4490	<b>4490</b>
SLE qp B6	<b>354</b>	97	2	97	10	3721	3721
SLE qp A7	<b>-868</b>	-70	-1	70	-9	-1246	1246
SLE qp B9	71	622	1	<b>622</b>	2	2419	2419
SLE qp B9	104	87	1	87	6	3993	<b>3993</b>

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
 INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
 PROGETTO ESECUTIVO

D1500 Armatura 4

Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
SLU B5	<b>150</b>	106	0	106	0	121	121
SLV Y A11	<b>-285</b>	-2	1	2	5	10	11
SLU B5	150	106	0	<b>106</b>	0	121	121
SLU A17	88	106	1	106	4	122	<b>122</b>
SLE r B5	<b>82</b>	60	0	60	0	67	67
SLE r A23	<b>-145</b>	-11	0	11	4	-11	11
SLE r B5	81	71	0	<b>71</b>	0	81	81
SLE r A21	41	70	1	70	3	81	<b>81</b>
SLE f B5	<b>69</b>	54	0	54	0	60	60
SLE f A25	<b>-111</b>	-9	0	9	2	-9	9
SLE f B5	68	63	0	<b>63</b>	0	73	73
SLE f B5	68	63	0	63	0	73	<b>73</b>
SLE qp B6	<b>56</b>	48	0	48	0	53	53
SLE qp A7	<b>-97</b>	-10	0	10	0	-10	10
SLE qp B6	54	56	0	<b>56</b>	0	65	65
SLE qp A5	22	56	0	56	0	65	<b>65</b>

### 10.4.2.2 Verifiche Ø1800

#### 10.4.2.2.1 Armatura tipo 1

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	35985100	99565200	210111	1.744>1	1.696>1
2	22202800	-116432400	-806880	1.843>1	1.939>1
3	16835400	-132569500	-261985	1.493>1	1.529>1
4	26227600	-194523500	-247305	1.013>1	1.014>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	445800	19344700	21526	-30.8	571.1	0.0	0.0
2	14797100	-77797000	-549717	-121.9	1536.3	0.0	0.0
3	11177300	-88489000	-187430	-129.4	2273.3	0.0	0.0
4	17425300	-129825900	-176138	-171.5	3497.9	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	688500	15199100	7194	-24.5	435.2	0.0	0.0
2	1098800	-59387400	-455953	-95.4	1088.2	0.0	0.0
3	-781200	-70308800	-180133	-106.5	1731.3	0.0	0.0
4	-886700	-103107500	-168841	-144.8	2680.6	0.0	0.0

## Verifica a taglio

### RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)

#### Sollecitazioni

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	2433.00	kN
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	2620.00	kN

#### Geometria della sezione

diametro del palo	D	180.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	147.30	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	17040.04	cmq

#### Resistenza a taglio

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	0.000	cmq
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$	16	mm
passo armatura trasversale	s	10.00	cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	35.0	°
	ctg $\alpha$	0.00	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$	1.42	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	1.54	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	1.077524	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	2962.07	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	7714.45	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	8449.02	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>2962.07</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

10.4.2.2.2 Armatura tipo 2

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	18963400	51228600	195302	1.67>1	1.555>1
2	-4640300	20076300	-836653	6.582>1	5.55>1
3	-8696700	35849000	-283656	3.102>1	3.878>1
4	13188000	-108509700	-266947	1.041>1	1.046>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	464700	9297000	6417	-25.0	517.6	0.0	0.0
2	-3095200	13334600	-572620	-39.0	-34.7	0.0	0.0
3	-5807400	23883300	-204603	-61.6	777.5	0.0	0.0
4	8751000	-72435800	-191247	-161.7	3466.0	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	598600	7254700	-7916	-19.5	367.5	0.0	0.0
2	-226600	10551500	-478855	-31.5	-39.7	0.0	0.0
3	-494300	18852700	-197566	-47.2	500.2	0.0	0.0
4	-740200	-57571500	-183950	-134.8	2621.7	0.0	0.0

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	2433.00	kN
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	2837.00	kN

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	180.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	147.30	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	17040.04	cm <sup>2</sup>

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	0.000	cm <sup>2</sup>
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$	16	mm
passo armatura trasversale	s	10.00	cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	35.0	°
	ctg $\alpha$	0.00	
	ctg $\vartheta$	1.42	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$	1.42	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	1.66	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	1.083945	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	2962.07	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	7760.42	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	8449.02	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>2962.07</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

### 10.4.2.2.3 Armatura tipo 3

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	-24211600	-70859700	142709	2.583>1	2.465>1
2	-20216200	106262300	-682773	2.055>1	2.208>1
3	-17256200	102668500	-206824	1.993>1	2.06>1
4	-18825400	127838300	-551200	1.69>1	1.776>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	281800	-12725600	-8358	-20.6	337.6	0.0	0.0
2	-13477200	70867900	-467434	-111.0	1406.7	0.0	0.0
3	-11501900	68454200	-152860	-103.7	1717.6	0.0	0.0
4	-12540500	85267400	-377338	-127.0	1904.5	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	167100	-10117500	-17284	-16.6	254.3	0.0	0.0
2	-979800	54816800	-391089	-87.5	1021.6	0.0	0.0
3	-119500	55030700	-148457	-84.8	1323.2	0.0	0.0
4	-31700	68245200	-114781	-101.7	1734.1	0.0	0.0

Verifiche a fessurazione

Unità di misura daN, cm

Sollecitazioni riferite al baricentro

Mx	My	N	Es/Ec	Wm(mm)	Wk(mm)	Sm(mm)	Epsilon	fctd	K1	K2	Beta1	Beta2
224500	-11421500	-12821	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
-1094700	61524500	-418940	15	0.1085	0.1085	218	4.9711E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-142700	61774600	-144654	15	0.1463	0.1463	225	6.5083E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-51200	76647500	-111830	15	0.1965	0.1965	226	8.6865E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
167100	-10117500	-17284	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
-979800	54816800	-391089	15	0.0926	0.0926	218	4.2492E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-119500	55030700	-148457	15	0.1253	0.1253	224	5.5883E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-31700	68245200	-114781	15	0.1703	0.1703	226	7.5450E-04	15	0.8	0.5	1	0.5

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	1548.00	kN
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	2068.00	kN

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	180.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	147.30	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	17040.04	cm <sup>2</sup>

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	0.000	cm <sup>2</sup>
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$	16	mm
passo armatura trasversale	s	10.00	cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	45.0	°
	ctg $\alpha$	0.00	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$	1.00	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	1.21	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	1.061191	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	2085.97	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	8069.42	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	8449.02	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>2085.97</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

#### 10.4.2.2.4 Armatura tipo 4

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	-18577600	-53619500	101973	2.894>1	2.753>1
2	-15851100	105101800	-483785	1.764>1	1.89>1
3	-10680100	89831100	-111046	1.914>1	1.965>1
4	-13416900	108105400	-130127	1.597>1	1.629>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	15900	-2114300	-4126	-3.9	62.0	0.0	0.0
2	-10566500	70110000	-331143	-117.4	1812.2	0.0	0.0
3	-7112000	59910500	-80027	-99.5	1848.4	0.0	0.0
4	-8939000	72077300	-96148	-116.8	2230.6	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-4900	-1675200	-9373	-3.2	39.7	0.0	0.0
2	-759900	54191500	-276968	-93.1	1343.1	0.0	0.0
3	-68800	47626700	-77235	-80.9	1433.9	0.0	0.0
4	2100	57833700	-93358	-96.3	1745.4	0.0	0.0

Verifiche a fessurazione

Unità di misura daN, cm

Sollecitazioni riferite al baricentro

Mx	My	N	Es/Ec	Wm(mm)	Wk(mm)	Sm(mm)	Epsilon	fctd	K1	K2	Beta1	Beta2
5500	-1894800	-6749	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
-848900	60842200	-2967310	15	0.139	0.139	240	5.8010E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-94600	53468100	-77330	15	0.1545	0.1545	246	6.2880E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-11900	64965600	-90948	15	0.1944	0.1944	246	7.9088E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-4900	-1675200	-9373	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
-759900	54191500	-276968	15	0.1187	0.1187	239	4.9629E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-68800	47626700	-77235	15	0.1329	0.1329	245	5.4144E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
2100	57833700	-93358	15	0.1675	0.1675	245	6.8223E-04	15	0.8	0.5	1	0.5

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	<b>1881.00</b>	<b>kN</b>
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	<b>1110.00</b>	<b>kN</b>

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	180.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	147.30	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	17040.04	cm <sup>2</sup>

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	0.000	cm <sup>2</sup>
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$	16	mm
passo armatura trasversale	s	10.00	cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	45.0	°
	ctg $\alpha$	0.00	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$	1.00	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	0.65	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	1.032844	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	2085.97	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	7853.87	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	8449.02	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>2085.97</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

#### 10.4.2.2.5 Armatura tipo 5

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	-1964100	-5538400	58346	5.104>1	3.377>1
2	-1727000	15661200	-271777	3.312>1	7.282>1
3	-1643700	17235900	-45310	2.152>1	2.4>1
4	-1643700	17235900	-45310	2.152>1	2.4>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-1300	53700	1599	0.0	25.2	0.0	0.0
2	-1151200	10449000	-185935	-30.8	248.3	0.0	0.0
3	-1094700	11491500	-33430	-49.1	1521.0	0.0	0.0
4	-1094700	11491500	-33430	-49.1	1521.0	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-800	42700	1330	0.0	20.5	0.0	0.0
2	-81400	8055500	-155380	-23.1	152.0	0.0	0.0
3	11600	9210000	-32424	-39.4	1157.4	0.0	0.0
4	11600	9210000	-32424	-39.4	1157.4	0.0	0.0

Verifiche a fessurazione

Unità di misura daN, cm

Sollecitazioni riferite al baricentro

Mx	My	N	Es/Ec	Wm(mm)	Wk(mm)	Sm(mm)	Epsilon	fctd	K1	K2	Beta1	Beta2
-1000	48200	1464	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
-90900	9047400	-166527	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
10400	10350200	-31556	15	0.1825	0.1825	456	4.0042E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-800	42700	1330	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
-81400	8055500	-155380	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
11600	9210000	-32424	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	814.00	kN
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	453.00	kN

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	180.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	147.30	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	17040.04	cmq

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	0.000	cmq
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$	16	mm
passo armatura trasversale	s	20.00	cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	45.0	°
	ctg $\alpha$	0.00	
	ctg $\vartheta$	1.00	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$	1.00	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	0.27	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	1.013404	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	1042.98	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	7706.04	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	8449.02	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>1042.98</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

**10.4.2.3 Verifiche Ø1500**

10.4.2.3.1 Armatura tipo 1

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	-129700	-61777500	198286	1.081>1	1.07>1
2	527200	4557700	-361301	19.223>1	11.126>1
3	-28100	-31380400	108184	2.264>1	2.086>1
4	65942700	17737200	-161394	1.19>1	1.208>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	107500	-36649600	114960	-117.6	3073.6	0.0	0.0
2	151900	11901200	-188355	-43.5	353.3	0.0	0.0
3	-16900	-20771400	46635	-71.6	1674.8	0.0	0.0
4	-63100	-43289100	108544	-135.4	3549.6	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	137700	-29118100	82035	-96.7	2407.0	0.0	0.0
2	31400	10082300	-128959	-37.2	368.1	0.0	0.0
3	-12300	-16527700	22015	-58.3	1282.4	0.0	0.0
4	-46700	-34402500	74723	-112.3	2776.4	0.0	0.0

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	1178.00	kN
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	-1082.00	kN

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	150.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	122.75	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	11833.36	cm <sup>2</sup>

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	0.000	cm <sup>2</sup>
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$	16	mm
passo armatura trasversale	s	12.00	cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	35.0	°
	ctg $\alpha$	0.00	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$	1.42	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	-0.91	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	0.953898	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	2056.99	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	4742.61	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	5867.37	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>2056.99</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

10.4.2.3.2 Armatura tipo 2

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	3700	-19223400	174540	3.534>1	2.725>1
2	-4974100	-12465500	-366720	6.577>1	7.082>1
3	58300	12726900	98078	5.616>1	4.331>1
4	122600	70987100	71994	1.023>1	1.022>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	160800	-12669700	91214	-43.0	1226.4	0.0	0.0
2	-4916000	5711400	-193656	-28.3	101.1	0.0	0.0
3	38300	8517300	38665	-30.1	748.7	0.0	0.0
4	78900	47246400	28599	-146.8	3594.5	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	138600	-10081100	58289	-35.0	927.9	0.0	0.0
2	-14500	4798300	-134261	-18.3	52.4	0.0	0.0
3	30200	6833500	14900	-24.8	547.7	0.0	0.0
4	61500	37750100	11241	-122.8	2825.3	0.0	0.0

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	1758.00	kN
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	-981.00	kN

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	150.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	122.75	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	11833.36	cm <sup>2</sup>

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	0.000	cm <sup>2</sup>
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$	16	mm
passo armatura trasversale	s	12.00	cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	35.0	°
	ctg $\alpha$	0.00	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$	1.42	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	-0.83	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	0.958201	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	2056.99	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	4764.01	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	5867.37	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>2056.99</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

### 10.4.2.3.3 Armatura tipo 3

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	61500	74345600	110268	1.664>1	1.631>1
2	-12737700	-41202200	-236636	3.092>1	3.357>1
3	48800	45482300	42395	2.773>1	2.716>1
4	116000	75079800	65847	1.669>1	1.648>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	135800	46559500	56629	-109.5	2102.9	0.0	0.0
2	-12540400	-14671700	-125042	-52.4	622.1	0.0	0.0
3	31200	30274000	17175	-75.2	1329.3	0.0	0.0
4	74500	49969600	26226	-117.1	2200.4	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	96100	37214700	35434	-90.3	1660.8	0.0	0.0
2	-87400	-12456600	-86807	-34.5	392.1	0.0	0.0
3	24200	24190700	7088	-61.3	1049.5	0.0	0.0
4	58000	39925600	10378	-96.8	1736.2	0.0	0.0

Verifiche a fessurazione

Unità di misura daN, cm

Sollecitazioni riferite al baricentro

Mx	My	N	Es/Ec	Wm(mm)	Wk(mm)	Sm(mm)	Epsilon	fctd	K1	K2	Beta1	Beta2
116000	4188710 0	46032	15	0.1893	0.1893	229	8.2654E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-6319400	- 1155790 0	-97930	15	0.0274	0.0274	219	1.2517E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
26200	2721580 0	14016	15	0.1129	0.1129	228	4.9434E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
62600	4489870 0	21264	15	0.1988	0.1988	228	8.7079E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
96100	3721470 0	35434	15	0.1648	0.1648	229	7.2036E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-87400	- 1245660 0	-86807	15	0.026	0.026	220	1.1837E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
24200	2419070 0	7088	15	0.0971	0.0971	228	4.2573E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
58000	3992560 0	10378	15	0.1729	0.1729	228	7.5820E-04	15	0.8	0.5	1	0.5

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	1170.00	kN
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	-424.00	kN

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	150.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	122.75	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	11833.36	cm <sup>2</sup>

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	0.000	cm <sup>2</sup>
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$	16	mm
passo armatura trasversale	s	12.00	cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	35.0	°
	ctg $\alpha$	0.00	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$	1.42	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	-0.36	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	0.981934	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	2056.99	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	4882.00	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	5867.37	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>2056.99</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

10.4.2.3.4 Armatura tipo 4

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	-200	1212400	14955	11.6>1	6.992>1
2	47200	98800	-28452	151.77>1	112.927>1
3	-200	1212400	14955	11.6>1	6.992>1
4	38200	1216500	8834	11.83>1	8.487>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-1900	667600	8244	-6.4	416.1	0.0	0.0
2	40900	-107000	-14484	-1.1	-5.0	0.0	0.0
3	-100	807300	8146	-7.9	464.9	0.0	0.0
4	25500	810000	4065	-7.9	380.7	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-1600	533600	5593	-5.2	311.7	0.0	0.0
2	100	-95400	-9701	-0.8	-2.9	0.0	0.0
3	-100	645200	5422	-6.3	348.8	0.0	0.0
4	100	645300	2153	-6.3	280.8	0.0	0.0

Verifiche a fessurazione

Unità di misura daN, cm

Sollecitazioni riferite al baricentro

Mx	My	N	Es/Ec	Wm(mm)	Wk(mm)	Sm(mm)	Epsilon	fctd	K1	K2	Beta1	Beta2
-1800	600600	6919	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
20300	-87500	-11092	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
-100	726300	6784	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
-1600	533600	5593	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
100	-95400	-9701	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
-100	645200	5422	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
100	645300	2153	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	<b>106.00</b>	<b>kN</b>
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	<b>-150.00</b>	<b>kN</b>

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	150.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	122.75	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	11833.36	cmq

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	0.000	cmq
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$	16	mm
passo armatura trasversale	s	25.00	cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	45.0	°
	ctg $\alpha$	0.00	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$	1.00	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	-0.13	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	0.993609	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	695.32	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	5246.89	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	5867.37	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>695.32</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

### 10.4.3 Settore B

#### 10.4.3.1 Sollecitazioni

D1800 Armatura 1		Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
		SLV Y A27	<b>2273</b>	1241	425	1311	3592	10126	10744
	KN;KNm	SLU B33	<b>-8259</b>	-2223	25	2224	124	-11309	11310
		SLU B46	-2840	-2468	19	<b>2468</b>	18	-13565	13565
		SLU B46	-2693	-2468	19	2468	67	-19920	<b>19920</b>
		SLE r B6	<b>339</b>	384	-19	385	-157	2883	2887
		SLE r B8	<b>-5623</b>	-1484	17	1484	83	-7556	7556
		SLE r B21	-2024	-1646	12	<b>1647</b>	8	-9053	9053
		SLE r B21	-1911	-1646	12	1647	40	-13293	<b>13293</b>
		SLE f B6	<b>238</b>	345	-18	345	-145	2580	2584
		SLE f B20	<b>-5029</b>	-1335	15	1335	75	-6805	6806
		SLE f B21	-1828	-1458	-6	<b>1458</b>	-90	-8023	8024
		SLE f B21	-1715	-1458	-6	1458	-106	-11777	<b>11777</b>
		SLE qp B7	<b>137</b>	305	-16	305	-133	2278	2282
		SLE qp B8	<b>-4673</b>	-1190	14	1190	67	-6070	6070
		SLE qp B9	-1827	-1300	-6	<b>1300</b>	-87	-7157	7158
		SLE qp B9	-1714	-1300	-6	1300	-104	-10504	<b>10505</b>
D1800 Armatura 2		Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
		SLV Y A27	<b>2125</b>	1326	460	1403	2020	5558	5914
		SLU B33	<b>-8557</b>	-2223	25	2224	-28	2032	2032
		SLU B46	-3054	-2468	19	<b>2468</b>	-117	3711	3713
		SLU B46	-2890	-2468	19	2468	-2	-11097	<b>11097</b>
		SLE r B6	<b>188</b>	384	-19	385	-88	1508	1511
		SLE r B8	<b>-5852</b>	-1484	17	1484	-18	1350	1350
		SLE r B21	-2194	-1646	12	<b>1647</b>	-79	2473	2474
		SLE r B21	-2062	-1646	12	1647	-4	-7406	<b>7406</b>
		SLE f B6	<b>87</b>	345	-18	345	-81	1348	1350
		SLE f B20	<b>-5258</b>	-1335	15	1335	-17	1205	1205
		SLE f B21	-2005	-1458	-6	<b>1458</b>	-46	2180	2181
		SLE f B21	-1866	-1458	-6	1458	-83	-6566	<b>6566</b>
		SLE qp B7	<b>-15</b>	305	-16	305	-75	1187	1189
		SLE qp B8	<b>-4902</b>	-1190	14	1190	-14	1073	1073
		SLE qp B9	-2004	-1300	-6	<b>1300</b>	-42	1942	1942
		SLE qp B9	-1865	-1300	-6	1300	-81	-5857	<b>5858</b>

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
 INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
 PROGETTO ESECUTIVO

D1800 Armatura 3

Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
SLV Y A27	<b>1732</b>	1167	411	1237	-1828	-5458	5756
SLU B46	<b>-7740</b>	-1936	126	1940	-553	7077	7099
SLU B46	-2635	-2087	7	<b>2087</b>	-150	8545	8546
SLU B46	-1848	709	-18	709	-136	13181	<b>13181</b>
SLE r B6	<b>-31</b>	-273	12	273	83	-1854	1856
SLE r B21	<b>-5300</b>	-1292	84	1295	-368	4718	4732
SLE r B21	-1893	-1392	5	<b>1392</b>	-100	5698	5698
SLE r B21	-1327	473	-12	473	-90	8790	<b>8790</b>
SLE f B6	<b>-95</b>	-245	11	245	75	-1666	1667
SLE f B21	<b>-4748</b>	-1141	7	1141	-32	4128	4128
SLE f B21	-1729	-1239	-6	<b>1239</b>	-33	5038	5039
SLE f B21	-1045	404	-2	404	-2	7831	<b>7831</b>
SLE qp B7	<b>-159</b>	-218	10	218	68	-1477	1479
SLE qp B9	<b>-4434</b>	-1017	7	1017	-29	3679	3679
SLE qp B9	-1728	-1104	-6	<b>1104</b>	-29	4490	4490
SLE qp B9	-1097	360	-2	360	-1	6974	<b>6974</b>

D1800 Armatura 4

Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
SLV Y A27	<b>1118</b>	-1010	-345	1067	-1860	-5400	5711
SLU B46	<b>-4950</b>	1589	-105	1592	-563	9855	9871
SLU B46	-1293	1839	-19	<b>1839</b>	-78	9495	9495
SLU B46	-4650	1603	-21	1603	-99	9949	<b>9950</b>
SLE r B6	<b>-14</b>	-192	9	192	22	-492	492
SLE r B21	<b>-3389</b>	1060	-70	1062	-376	6573	6584
SLE r B21	-928	1227	-13	<b>1227</b>	-52	6332	6332
SLE r B21	-3183	1069	-14	1069	-65	6636	<b>6637</b>
SLE f B6	<b>-57</b>	-172	8	173	20	-442	442
SLE f B21	<b>-3035</b>	933	-6	933	-33	5809	5809
SLE f B21	-847	1089	-2	<b>1089</b>	-1	5632	5632
SLE f B21	-3001	938	-6	938	-34	5850	<b>5850</b>
SLE qp B7	<b>-100</b>	-153	7	153	18	-391	392
SLE qp B9	<b>-2834</b>	832	-5	832	-30	5175	5175
SLE qp B9	-847	970	-1	<b>970</b>	1	5017	5017
SLE qp B9	-2797	836	-5	836	-30	5213	<b>5214</b>

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
PROGETTO ESECUTIVO

D1800 Armatura 5		Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
		SLV Y A27	<b>737</b>	-504	-174	534	-356	-1017	1078
		SLU B46	<b>-3225</b>	981	-53	982	-107	2313	2315
		SLU B46	-3182	990	-23	<b>991</b>	-47	2339	2340
		SLU B46	-3182	990	-23	991	-47	2339	<b>2340</b>
		SLE r B6	<b>18</b>	7	0	7	0	7	7
		SLE r B21	<b>-2207</b>	654	-35	655	-72	1543	1545
		SLE r B21	-2179	661	-15	<b>661</b>	-31	1561	1561
		SLE r B21	-2179	661	-15	661	-31	1561	<b>1561</b>
		SLE f B6	<b>16</b>	6	0	6	0	6	6
		SLE f B21	<b>-1976</b>	579	-3	579	-6	1369	1369
		SLE f B21	-1954	583	-3	<b>583</b>	-6	1382	1382
		SLE f B21	-1954	583	-3	583	-6	1382	<b>1382</b>
		SLE qp B7	<b>14</b>	5	0	5	0	5	5
		SLE qp B9	<b>-1845</b>	516	-3	516	-6	1219	1219
		SLE qp B9	-1821	520	-3	<b>520</b>	-6	1232	1232
		SLE qp B9	-1821	520	-3	520	-6	1232	<b>1232</b>
D1500 Armatura 1		<b>Comb.</b>	<b>N</b>	<b>Vy</b>	<b>Vz</b>	<b>Vcomb</b>	<b>My</b>	<b>Mz</b>	<b>Mcomb</b>
		SLU B5	<b>1857</b>	539	-2	539	-29	-5533	5533
	KN;KNm	SLV Y A11	<b>-3249</b>	668	187	694	184	912	931
		SLU B9	966	-968	-2	<b>968</b>	-16	-3812	3812
		SLV X 11	-1419	151	670	687	6154	1764	<b>6402</b>
		SLE r B5	<b>1054</b>	362	-1	362	-19	-3652	3652
		SLE r A23	<b>-1655</b>	182	65	193	49	1566	1567
		SLE r B9	390	-642	-2	<b>642</b>	-11	-2528	2528
		SLE r B9	522	7	-2	7	-19	-4136	<b>4136</b>
		SLE f B5	<b>893</b>	327	-1	327	-17	-3276	3276
		SLE f A26	<b>-1412</b>	159	12	159	24	1262	1262
		SLE f B21	320	-576	-1	<b>576</b>	-10	-2274	2274
		SLE f B21	452	8	-1	8	-17	-3714	<b>3714</b>
		SLE qp B6	<b>733</b>	292	-1	292	-15	-2900	2900
		SLE qp A8	<b>-1310</b>	153	6	153	8	1259	1259
		SLE qp B9	159	-512	-1	<b>512</b>	-9	-2014	2014
		SLE qp B9	292	7	-1	7	-15	-3292	<b>3292</b>

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
PROGETTO ESECUTIVO

D1500 Armatura 2

Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
SLU B5	<b>1619</b>	-1145	-2	1145	-12	-2800	2800
SLV Y A11	<b>-3330</b>	818	189	839	-431	-1290	1360
SLU B9	842	-1695	-2	<b>1695</b>	-7	1528	1528
SLU B9	664	-920	-1	920	-1	6187	<b>6187</b>
SLE r B5	<b>817</b>	-761	-1	761	-8	-1856	1856
SLE r A23	<b>-1735</b>	493	64	497	-144	562	580
SLE r B9	287	-1127	-2	<b>1127</b>	-5	1020	1020
SLE r B9	228	-612	-1	612	-1	4119	<b>4119</b>
SLE f B5	<b>656</b>	-684	-1	684	-7	-1668	1668
SLE f A26	<b>-1491</b>	407	12	407	-11	419	419
SLE f B21	219	-1013	-1	<b>1013</b>	-4	913	913
SLE f B21	175	-551	-1	551	-1	3699	<b>3699</b>
SLE qp B6	<b>495</b>	-607	-1	607	-6	-1479	1479
SLE qp A8	<b>-1390</b>	402	5	402	-9	432	432
SLE qp B9	65	-900	-1	<b>900</b>	-4	817	817
SLE qp B9	54	-489	-1	489	-1	3291	<b>3291</b>

D1500 Armatura 3

Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
SLU B5	<b>1077</b>	-364	-1	364	-1	7024	7024
SLV Y A11	<b>-2307</b>	-237	-72	248	-1012	-4094	4217
SLU B9	391	1170	0	<b>1170</b>	2	5558	5558
SLU B9	552	213	-1	213	2	7462	<b>7462</b>
SLE r B5	<b>523</b>	-242	-1	242	-1	4676	4676
SLE r A23	<b>-1204</b>	38	-25	45	-338	-1778	1810
SLE r B9	138	779	0	<b>779</b>	1	3700	3700
SLE r B9	191	141	0	141	1	4967	<b>4967</b>
SLE f B5	<b>412</b>	-218	-1	218	-1	4206	4206
SLE f A26	<b>-1035</b>	29	-3	29	-50	-1513	1514
SLE f B21	107	700	0	<b>700</b>	1	3326	3326
SLE f B21	147	126	0	126	1	4463	<b>4463</b>
SLE qp B6	<b>301</b>	-194	0	194	0	3736	3736
SLE qp A8	<b>-966</b>	31	-2	31	-26	-1485	1485
SLE qp B9	37	622	0	<b>622</b>	1	2957	2957
SLE qp B9	47	113	0	113	1	3969	<b>3969</b>

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
 INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
 PROGETTO ESECUTIVO

D1500 Armatura 4

Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
SLU B5	<b>146</b>	221	0	221	0	281	281
SLV Y A11	<b>-277</b>	-42	-8	43	-11	-46	47
SLU B9	88	221	0	<b>221</b>	0	281	281
SLU B9	88	221	0	221	0	281	<b>281</b>
SLE r B5	<b>77</b>	147	0	147	0	187	187
SLE r A23	<b>-139</b>	-39	-3	39	-3	-48	48
SLE r B9	38	147	0	<b>147</b>	0	187	187
SLE r B9	38	147	0	147	0	187	<b>187</b>
SLE f B5	<b>63</b>	132	0	132	0	169	169
SLE f A26	<b>-144</b>	-33	-1	33	0	-7	7
SLE f B21	32	133	0	<b>133</b>	0	169	169
SLE f B21	32	133	0	133	0	169	<b>169</b>
SLE qp B6	<b>49</b>	118	0	118	0	150	150
SLE qp A8	<b>-109</b>	-33	0	33	0	-40	40
SLE qp B9	18	118	0	<b>118</b>	0	150	150
SLE qp B9	18	118	0	118	0	150	<b>150</b>

### 10.4.3.2 Verifiche Ø1800

#### 10.4.3.2.1 Armatura tipo I

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	35917100	101258000	227316	1.734>1	1.674>1
2	1236600	-113088300	-825886	1.971>1	2.106>1
3	175400	-135648100	-284019	1.526>1	1.562>1
4	669300	-199198600	-269340	1.036>1	1.038>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-1574200	28825400	33915	-45.1	854.7	0.0	0.0
2	829300	-75559500	-562258	-117.6	1412.7	0.0	0.0
3	82500	-90529000	-202432	-131.3	2279.4	0.0	0.0
4	401800	-132926200	-191139	-173.5	3515.8	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-1328800	22777100	13659	-36.2	656.8	0.0	0.0
2	670700	-60698700	-467308	-97.3	1110.6	0.0	0.0
3	-871900	-71572300	-182680	-108.2	1764.0	0.0	0.0
4	-1038000	-105044400	-171388	-146.8	2733.1	0.0	0.0

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	2468.00	kN
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	2840.00	kN

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	180.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	147.30	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	17040.04	cm <sup>2</sup>

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	0.000	cm <sup>2</sup>
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$	16	mm
passo armatura trasversale	s	10.00	cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	35.0	°
	ctg $\alpha$	0.00	
	ctg $\vartheta$	1.42	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$	1.42	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	1.67	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	1.084033	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	2962.07	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	7761.06	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	8449.02	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>2962.07</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

10.4.3.2.2 Armatura tipo 2

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	20198100	55582900	212485	1.526>1	1.436>1
2	-275300	20319500	-855659	6.721>1	5.51>1
3	-1167200	37110500	-305408	3.112>1	3.923>1
4	-16400	-110968300	-288981	1.037>1	1.042>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-877500	15083900	18806	-40.0	865.0	0.0	0.0
2	-182200	13497800	-585161	-39.2	-41.1	0.0	0.0
3	-785400	24725500	-219431	-61.8	751.2	0.0	0.0
4	-41500	-74064100	-206249	-163.8	3483.4	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-751000	11870900	-1450	-31.7	633.8	0.0	0.0
2	-143900	10725500	-490210	-32.1	-41.5	0.0	0.0
3	-420500	19419800	-200353	-48.6	522.7	0.0	0.0
4	-807400	-58573400	-186498	-136.8	2670.6	0.0	0.0

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	2468.00	kN
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	3054.00	kN

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	180.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	147.30	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	17040.04	cm <sup>2</sup>

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	0.000	cm <sup>2</sup>
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$	16	mm
passo armatura trasversale	s	10.00	cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	35.0	°
	ctg $\alpha$	0.00	
	ctg $\vartheta$	1.42	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$	1.42	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	1.79	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	1.090366	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	2962.07	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	7806.39	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	8449.02	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>2962.07</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

### 10.4.3.2.3 Armatura tipo 3

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	-18278500	-54581100	173222	3.54>1	3.251>1
2	-5525100	70769900	-773968	3.309>1	3.53>1
3	-1504500	85451500	-263486	2.574>1	2.741>1
4	-1362300	131805600	-184814	1.651>1	1.681>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	829600	-18538600	-3100	-28.5	476.8	0.0	0.0
2	-3684000	47178200	-530038	-76.3	639.0	0.0	0.0
3	-1002900	56975100	-189294	-85.3	1254.3	0.0	0.0
4	-900900	87897100	-132737	-122.2	2137.0	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	675700	-14773800	-15921	-23.1	363.1	0.0	0.0
2	-289000	36789900	-443384	-60.7	465.1	0.0	0.0
3	-291800	44902200	-172814	-69.0	958.3	0.0	0.0
4	-7800	69737500	-109681	-100.4	1685.0	0.0	0.0

Verifiche a fessurazione

Unità di misura daN, cm

Sollecitazioni riferite al baricentro

Mx	My	N	Es/Ec	Wm(mm)	Wk(mm)	Sm(mm)	Epsilon	fctd	K1	K2	Beta1	Beta2
752700	- 1665620 0	-9511	15	0.0279	0.0279	226	1.2345E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-324300	4128320 0	-474831	15	0.0428	0.0428	213	2.0053E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-331100	5038450 0	-172932	15	0.1012	0.1012	222	4.5601E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-21000	7831440 0	-104507	15	0.1898	0.1898	225	8.4449E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
675700	- 1477380 0	-15921	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
-289000	3678990 0	-443384	15	0.0346	0.0346	212	1.6291E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-291800	4490220 0	-172814	15	0.0858	0.0858	221	3.8765E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-7800	6973750	-109681	15	0.1646	0.1646	224	7.3327E-04	15	0.8	0.5	1	0.5

	0										
--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

### Verifica a taglio

#### RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)

##### Sollecitazioni

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	2087.00	kN
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	2635.00	kN

##### Geometria della sezione

diametro del palo	D	180.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	147.30	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	17040.04	cmq

##### Resistenza a taglio

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	0.000	cmq
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$	16	mm
passo armatura trasversale	s	8.50	cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	45.0	°
	ctg $\alpha$	0.00	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$	1.00	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	1.55	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	1.077968	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	2454.08	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	8196.99	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	8449.02	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>2454.08</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

#### 10.4.3.2.4 Armatura tipo 4

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	-18595400	-53997700	111821	2.775>1	2.625>1
2	-5634300	98548100	-494960	1.848>1	1.999>1
3	-783300	94946900	-129282	1.779>1	1.827>1
4	-990600	99493300	-465026	1.827>1	1.97>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	222700	-4918600	-1449	-9.1	162.9	0.0	0.0
2	-3756700	65734800	-338889	-112.1	1685.9	0.0	0.0
3	-516100	63318600	-92815	-106.0	1992.3	0.0	0.0
4	-652900	66363600	-318343	-112.8	1735.9	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	183000	-3913300	-10044	-7.4	114.7	0.0	0.0
2	-295000	51745700	-283373	-91.0	1293.4	0.0	0.0
3	6800	50166700	-84651	-86.4	1556.0	0.0	0.0
4	-295200	52134700	-279702	-91.6	1312.2	0.0	0.0

Verifiche a fessurazione

Unità di misura daN, cm

Sollecitazioni riferite al baricentro

Mx	My	N	Es/Ec	Wm(mm)	Wk(mm)	Sm(mm)	Epsilon	fctd	K1	K2	Beta1	Beta2
202900	-4415900	-5747	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
-331100	5809070 0	-303520	15	0.1458	0.1458	232	6.2836E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-8600	5632210 0	-84710	15	0.1805	0.1805	239	7.5481E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-335800	5849570 0	-300136	15	0.148	0.148	232	6.3719E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
183000	-3913300	-10044	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
-295000	5174570 0	-283373	15	0.1251	0.1251	232	5.4018E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
6800	5016670 0	-84651	15	0.1562	0.1562	239	6.5383E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-295200	5213470 0	-279702	15	0.1272	0.1272	232	5.4889E-04	15	0.8	0.5	1	0.5

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	<b>1839.00</b>	<b>kN</b>
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	<b>1293.00</b>	<b>kN</b>

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	180.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	147.30	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	17040.04	cm <sup>2</sup>

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	0.000	cm <sup>2</sup>
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$	16	mm
passo armatura trasversale	s	10.00	cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	45.0	°
	ctg $\alpha$	0.00	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$	1.00	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	0.76	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	1.038259	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	2085.97	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	7895.04	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	8449.02	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>2085.97</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

#### 10.4.3.2.5 Armatura tipo 5

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	-3555300	-10174200	73716	2.1>1	1.729>1
2	-1074200	23127800	-322505	2.144>1	4.152>1
3	-465000	23393600	-318231	2.112>1	4.054>1
4	-465000	23393600	-318231	2.112>1	4.054>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-3000	67000	1768	-0.1	36.3	0.0	0.0
2	-716300	15428900	-220740	-51.6	669.1	0.0	0.0
3	-309800	15605900	-217897	-52.8	711.6	0.0	0.0
4	-309800	15605900	-217897	-52.8	711.6	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-2400	53400	1408	-0.1	28.9	0.0	0.0
2	-56300	12194600	-184470	-39.9	462.3	0.0	0.0
3	-56500	12318400	-182072	-40.7	492.6	0.0	0.0
4	-56500	12318400	-182072	-40.7	492.6	0.0	0.0

Verifiche a fessurazione

Unità di misura daN, cm

Sollecitazioni riferite al baricentro

Mx	My	N	Es/Ec	Wm(mm)	Wk(mm)	Sm(mm)	Epsilon	fctd	K1	K2	Beta1	Beta2
-2700	60200	1588	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
-63200	1369390 0	-197633	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
-64500	1382280 0	-195422	15	0.0789	0.0789	386	2.0433E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-2400	53400	1408	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
-56300	1219460 0	-184470	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
-56500	1231840 0	-182072	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	✔	<b>991.00</b>	<b>kN</b>
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	✔	<b>3182.00</b>	<b>kN</b>

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	✔	180.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	✔	147.30	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	✔	17040.04	cmq

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo			C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$		35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$		19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$		9.92	MPa
tipo di acciaio			B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$		391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$		0.000	cmq
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2		
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$	16		mm
passo armatura trasversale	s	20.00		cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$	402.12		mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$	90		°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	✔ 45.0		°
	ctg $\alpha$	0.00		
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$	1.00		
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	1.87		MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	1.094153		
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5		
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	1042.98		kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	8320.07		kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	8449.02		kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>1042.98</b>		<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

### 10.4.3.3 Verifiche Ø1500

#### 10.4.3.3.1 Armatura tipo I

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	-286000	-55329600	185674	1.217>1	1.187>1
2	1837400	9124600	-324867	9.357>1	9.206>1
3	-164700	-38120900	96571	1.876>1	1.784>1
4	61537600	17639900	-141919	1.258>1	1.281>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-187000	-36522100	105398	-117.6	3036.4	0.0	0.0
2	492100	15662800	-165524	-56.9	663.8	0.0	0.0
3	-108300	-25278800	38964	-86.1	1985.6	0.0	0.0
4	-190200	-41362300	52218	-131.8	3228.6	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-147400	-28999200	73288	-96.7	2372.3	0.0	0.0
2	77100	12586500	-131040	-46.2	536.9	0.0	0.0
3	-85800	-20142000	15921	-70.3	1531.2	0.0	0.0
4	-150300	-32918000	29175	-109.1	2522.8	0.0	0.0

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	968.00	kN
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	-966.00	kN

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	150.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	122.75	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	11833.36	cm <sup>2</sup>

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	0.000	cm <sup>2</sup>
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$	16	mm
passo armatura trasversale	s	12.00	cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	35.0	°
	ctg $\alpha$	0.00	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$	1.42	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	-0.82	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	0.95884	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	2056.99	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	4767.18	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	5867.37	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>2056.99</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

10.4.3.3.2 Armatura tipo 2

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	-121800	-28002300	161928	2.446>1	2.122>1
2	-4313000	-12900100	-332964	6.431>1	7.263>1
3	-69400	15278500	84176	4.717>1	3.932>1
4	-7200	61871700	66393	1.178>1	1.17>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-80100	-18563300	81652	-63.5	1628.0	0.0	0.0
2	-1443600	5618600	-173476	-22.3	52.9	0.0	0.0
3	-46500	10199800	28658	-36.4	839.8	0.0	0.0
4	-6000	41187700	22791	-131.9	3122.6	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-63500	-14787800	49542	-51.8	1245.0	0.0	0.0
2	-88800	4316800	-138992	-17.0	30.8	0.0	0.0
3	-37300	8168300	6451	-29.8	618.8	0.0	0.0
4	-5500	32914000	5351	-109.6	2447.2	0.0	0.0

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	1695.00	kN
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	-842.00	kN

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	150.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	122.75	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	11833.36	cmq

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	0.000	cmq
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$	16	mm
passo armatura trasversale	s	12.00	cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	35.0	°
	ctg $\alpha$	0.00	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$	1.42	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	-0.71	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	0.964124	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	2056.99	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	4793.45	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	5867.37	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>2056.99</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

### 10.4.3.3.3 Armatura tipo 3

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	-5600	70243500	107730	1.763>1	1.723>1
2	-10118400	-40941700	-230740	3.152>1	3.424>1
3	21300	55578900	39140	2.271>1	2.24>1
4	15600	74619300	55188	1.684>1	1.666>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-5100	46758500	52255	-110.0	2104.2	0.0	0.0
2	-3378500	-17781300	-120387	-49.4	579.8	0.0	0.0
3	13400	37002000	13800	-90.4	1615.0	0.0	0.0
4	9100	49673200	19095	-116.6	2175.5	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-4900	37364600	30066	-90.7	1658.2	0.0	0.0
2	-262300	-14847400	-96557	-40.8	478.5	0.0	0.0
3	10200	29571300	3665	-74.0	1276.1	0.0	0.0
4	6400	39694700	4658	-96.4	1716.5	0.0	0.0

Verifiche a fessurazione

Unità di misura daN, cm

Sollecitazioni riferite al baricentro

Mx	My	N	Es/Ec	Wm(mm)	Wk(mm)	Sm(mm)	Epsilon	fctd	K1	K2	Beta1	Beta2
-5000	4206160 0	41161	15	0.1891	0.1891	229	8.2647E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-496500	- 1513290 0	-103545	15	0.0355	0.0355	220	1.6148E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
11200	3326210 0	10727	15	0.1411	0.1411	228	6.1872E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
6900	4463460 0	14717	15	0.1962	0.1962	228	8.6025E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-4900	3736460 0	30066	15	0.1645	0.1645	229	7.1943E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-262300	- 1484740 0	-96557	15	0.0353	0.0353	220	1.6017E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
10200	2957130 0	3665	15	0.1222	0.1222	228	5.3603E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
6400	3969470 0	4658	15	0.1707	0.1707	228	7.4902E-04	15	0.8	0.5	1	0.5

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	1170.00	kN
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	-391.00	kN

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	150.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	122.75	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	11833.36	cm <sup>2</sup>

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	0.000	cm <sup>2</sup>
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$	16	mm
passo armatura trasversale	s	12.00	cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	45.0	°
	ctg $\alpha$	0.00	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$	1.00	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	-0.33	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	0.98334	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	1448.59	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	5192.66	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	5867.37	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>1448.59</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

10.4.3.3.4 Armatura tipo 4

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	1600	2813000	14637	5.006>1	4.035>1
2	-110300	-456800	-27713	35.218>1	102.321>1
3	2000	2813800	8758	5.13>1	4.471>1
4	2000	2813800	8758	5.13>1	4.471>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	1000	1873200	7697	-18.1	845.5	0.0	0.0
2	-27300	-483300	-13902	-2.4	8.8	0.0	0.0
3	1300	1873700	3777	-17.9	764.9	0.0	0.0
4	1300	1873700	3777	-17.9	764.9	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	800	1497300	4921	-14.5	650.3	0.0	0.0
2	-2600	-401500	-10920	-2.0	8.6	0.0	0.0
3	1000	1497700	1785	-14.3	586.1	0.0	0.0
4	1000	1497700	1785	-14.3	586.1	0.0	0.0

Verifiche a fessurazione

Unità di misura daN, cm

Sollecitazioni riferite al baricentro

Mx	My	N	Es/Ec	Wm(mm)	Wk(mm)	Sm(mm)	Epsilon	fctd	K1	K2	Beta1	Beta2
900	1685200	6309	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
-500	-74200	-14446	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
1100	1685700	3173	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
800	1497300	4921	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
-2600	-401500	-10920	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
1000	1497700	1785	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	<b>V<sub>Ed</sub></b>	<b>221.00</b>	<b>kN</b>
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	<b>N<sub>Ed</sub></b>	<b>-88.00</b>	<b>kN</b>

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	150.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	122.75	cm
area totale di calcestruzzo	A <sub>c</sub>	11833.36	cmq

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f <sub>ck</sub>	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	f <sub>cd</sub>	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	f' <sub>cd</sub>	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	f <sub>yd</sub>	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	A <sub>SL,tot</sub>	0.000	cmq
n° braccia armatura trasversale	n <sub>b,sw</sub>	2	
diametro armatura trasversale	Φ <sub>sw</sub>	16	mm
passo armatura trasversale	s	25.00	cm
area armatura trasversale	A <sub>sw</sub>	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	α	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	ϑ	45.0	°
	ctg α	0.00	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg ϑ	1.00	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	σ <sub>cp</sub>	-0.07	MPa
coeff. maggiorativo	α <sub>c</sub>	0.99625	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	ν	0.5	
resistenza a taglio-trazione	V <sub>Rsd</sub>	695.32	kN
resistenza a taglio-compressione	V <sub>Rcd</sub>	5260.84	kN
limite superiore della resistenza a taglio	V <sub>Rd,max</sub>	5867.37	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b>V<sub>Rd</sub></b>	<b>695.32</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

## 10.4.4 Settore C

### 10.4.4.1 Sollecitazioni

D1800 Armatura 1

KN;KNm

Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
SLV Y A11	<b>2601</b>	1200	305	1238	3071	11351	11759
SLU B35	<b>-8223</b>	-1772	77	1774	423	-9747	9756
SLU B45	-3017	-2466	-274	<b>2481</b>	-1294	-12489	12556
SLU B45	-2821	-2466	-274	2481	-2272	-21304	<b>21425</b>
SLE r B6	<b>672</b>	454	-29	455	-261	3893	3902
SLE r B10	<b>-5602</b>	-1183	51	1184	281	-6511	6517
SLE r B20	-2145	-1645	-183	<b>1655</b>	-866	-8333	8378
SLE r B20	-1994	-1645	-183	1655	-1520	-14214	<b>14295</b>
SLE f B6	<b>538</b>	408	-27	408	-238	3491	3499
SLE f B22	<b>-5017</b>	-1065	46	1066	253	-5866	5872
SLE f B20	-1845	-1463	11	<b>1463</b>	-16	-7415	7415
SLE f B20	-1694	-1463	11	1463	25	-12645	<b>12645</b>
SLE qp B7	<b>403</b>	361	-24	362	-216	3089	3097
SLE qp B10	<b>-4663</b>	-948	41	949	224	-5228	5233
SLE qp B8	-1843	-1304	9	<b>1304</b>	-21	-6610	6610
SLE qp B8	-1692	-1304	9	1304	12	-11270	<b>11270</b>

D1800 Armatura 2

Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
SLV Y A11	<b>2415</b>	1318	350	1364	1582	5612	5831
SLU B35	<b>-8620</b>	-1772	77	1774	-191	4433	4437
SLU B45	-3364	-2466	-274	<b>2481</b>	622	4773	4813
SLU B45	-2824	-1625	-85	1627	1321	11784	<b>11858</b>
SLE r B6	<b>483</b>	454	-29	455	-127	1817	1821
SLE r B10	<b>-5908</b>	-1183	51	1184	-127	2953	2956
SLE r B20	-2412	-1645	-183	<b>1655</b>	414	3180	3207
SLE r B20	-2025	-1084	-57	1085	881	7857	<b>7906</b>
SLE f B6	<b>349</b>	408	-27	408	-117	1627	1631
SLE f B22	<b>-5322</b>	-1065	46	1066	-115	2651	2653
SLE f B20	-2113	-1463	11	<b>1463</b>	-96	2825	2827
SLE f B20	-1775	-970	-1	970	-122	6990	<b>6991</b>
SLE qp B7	<b>214</b>	361	-24	362	-106	1437	1441
SLE qp B10	<b>-4968</b>	-948	41	949	-102	2359	2362
SLE qp B8	-2111	-1304	9	<b>1304</b>	-87	2515	2516
SLE qp B8	-1774	-864	-2	864	-108	6225	<b>6226</b>

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
 INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
 PROGETTO ESECUTIVO

D1800 Armatura 3

Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
SLV Y A11	<b>1857</b>	722	201	750	-2107	-7977	8250
SLU B35	<b>-7506</b>	-1438	39	1438	-407	9665	9674
SLU B45	-1780	1775	185	<b>1785</b>	1030	12355	12398
SLU B45	-2186	703	132	715	1330	14419	<b>14480</b>
SLE r B6	<b>173</b>	288	-15	289	160	-2686	2690
SLE r B10	<b>-5146</b>	-960	26	960	-271	6445	6451
SLE r B20	-1276	1184	123	<b>1190</b>	688	8239	8267
SLE r B20	-1568	468	88	477	887	9614	<b>9655</b>
SLE f B6	<b>57</b>	259	-13	259	145	-2416	2420
SLE f B22	<b>-4637</b>	-864	23	864	-244	5793	5798
SLE f B20	-1118	1054	-15	<b>1054</b>	-74	7351	7351
SLE f B20	-1374	413	-14	414	-103	8570	<b>8571</b>
SLE qp B7	<b>-43</b>	-249	15	249	131	-2249	2253
SLE qp B10	<b>-4330</b>	-769	21	769	-217	5159	5163
SLE qp B8	-1117	939	-14	<b>939</b>	-64	6544	6545
SLE qp B8	-1372	369	-12	369	-90	7631	<b>7632</b>

D1800 Armatura 4

Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
SLV Y A11	<b>1359</b>	-1101	-292	1139	-1905	-7117	7368
SLU B35	<b>-5462</b>	1396	-56	1397	-368	10977	10983
SLU B45	-1582	1963	185	<b>1971</b>	846	10580	10614
SLU B45	-5225	1458	123	1463	807	11501	<b>11529</b>
SLE r B6	<b>131</b>	-377	22	378	143	-2506	2510
SLE r B10	<b>-3744</b>	931	-38	932	-245	7321	7325
SLE r B20	-1134	1309	123	<b>1314</b>	565	7055	7077
SLE r B20	-3579	972	82	976	539	7670	<b>7689</b>
SLE f B6	<b>46</b>	-339	20	340	130	-2253	2257
SLE f B22	<b>-3374</b>	837	-34	837	-220	6585	6589
SLE f B20	-993	1166	-15	<b>1166</b>	-59	6297	6297
SLE f B20	-3156	857	-33	857	-200	6787	<b>6790</b>
SLE qp B7	<b>-20</b>	-205	12	206	29	-518	518
SLE qp B10	<b>-3150</b>	745	-30	746	-196	5862	5865
SLE qp B8	-992	1039	-13	<b>1039</b>	-51	5606	5606
SLE qp B8	-2936	763	-29	764	-176	6045	<b>6048</b>

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
PROGETTO ESECUTIVO

D1800 Armatura 5

Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
SLV Y A11	<b>834</b>	-552	-149	572	-289	-1063	1101
SLU B35	<b>-3313</b>	938	-29	939	-56	2135	2135
SLU B45	-3169	984	63	<b>986</b>	123	2244	2247
SLU B45	-3169	984	63	986	123	2244	<b>2247</b>
SLE r B6	<b>87</b>	-198	11	198	21	-392	392
SLE r B10	<b>-2270</b>	626	-19	626	-37	1424	1425
SLE r B20	-2170	657	42	<b>658</b>	82	1497	1499
SLE r B20	-2170	657	42	658	82	1497	<b>1499</b>
SLE f B6	<b>36</b>	-178	10	178	19	-352	352
SLE f B22	<b>-2045</b>	563	-17	563	-33	1281	1282
SLE f B20	-1913	582	-15	<b>582</b>	-27	1330	1331
SLE f B20	-1913	582	-15	582	-27	1330	<b>1331</b>
SLE qp B7	<b>17</b>	7	0	7	0	7	7
SLE qp B10	<b>-1909</b>	501	-15	501	-30	1140	1141
SLE qp B8	-1778	518	-13	<b>519</b>	-23	1185	1185
SLE qp B8	-1778	518	-13	519	-23	1185	<b>1185</b>

D1500 Armatura 1

KN;KNm

Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
SLU B5	<b>2040</b>	407	-40	409	-369	-6326	6337
SLV Y A47	<b>-3515</b>	745	166	763	225	1522	1538
SLU B20	628	-888	-169	<b>903</b>	-167	-4311	4314
SLU B5	1962	-56	-40	68	-266	-6778	<b>6784</b>
SLE r B5	<b>1172</b>	274	-27	276	-246	-4179	4186
SLE r A23	<b>-1954</b>	193	-71	205	-38	2040	2040
SLE r B20	160	-589	-113	<b>599</b>	-111	-2859	2861
SLE r B5	1093	-34	-26	43	-177	-4488	<b>4492</b>
SLE f B5	<b>998</b>	248	-24	249	-221	-3750	3756
SLE f A25	<b>-1616</b>	153	-31	156	-12	1639	1639
SLE f B20	421	-537	-24	<b>538</b>	-44	-2578	2578
SLE f B5	919	-30	-24	38	-160	-4030	<b>4033</b>
SLE qp B6	<b>824</b>	221	-21	222	-196	-3320	3326
SLE qp A7	<b>-1444</b>	148	12	149	20	1635	1635
SLE qp B8	247	-477	-21	<b>477</b>	-39	-2284	2284
SLE qp B6	746	-25	-21	33	-142	-3572	<b>3575</b>

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
PROGETTO ESECUTIVO

D1500 Armatura 2

Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
SLU B5	<b>1803</b>	-1055	-39	1056	-30	-3384	3384
SLV Y A47	<b>-3622</b>	962	169	977	-446	-1869	1922
SLU B8	988	-1657	-39	<b>1658</b>	124	2112	2116
SLU B8	853	-1381	-14	1381	192	5460	<b>5464</b>
SLE r B5	<b>934</b>	-700	-26	701	-20	-2244	2244
SLE r A23	<b>-2060</b>	616	-69	619	243	433	497
SLE r B8	371	-1102	-26	<b>1102</b>	83	1408	1410
SLE r B8	321	-919	-9	919	128	3634	<b>3637</b>
SLE f B5	<b>760</b>	-629	-23	630	-18	-2016	2016
SLE f A25	<b>-1722</b>	491	-30	492	111	357	374
SLE f B20	291	-990	-23	<b>991</b>	74	1263	1265
SLE f B20	253	-827	-8	827	115	3264	<b>3266</b>
SLE qp B6	<b>587</b>	-558	-21	559	-16	-1788	1788
SLE qp A7	<b>-1550</b>	487	12	487	-28	373	374
SLE qp B8	124	-880	-21	<b>880</b>	66	1126	1128
SLE qp B8	108	-734	-7	734	102	2904	<b>2906</b>

D1500 Armatura 3

Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
SLU B5	<b>1316</b>	-940	2	940	202	6773	6776
SLV Y A47	<b>-2789</b>	36	-12	39	-966	-5162	5252
SLU B8	485	1261	29	<b>1262</b>	105	6128	6129
SLU B8	663	223	24	224	190	8136	<b>8138</b>
SLE r B5	<b>649</b>	-626	1	626	134	4508	4510
SLE r A23	<b>-1589</b>	317	12	318	448	-2321	2363
SLE r B8	186	839	20	<b>840</b>	70	4080	4080
SLE r B8	252	148	16	149	126	5415	<b>5417</b>
SLE f B5	<b>516</b>	-563	1	563	121	4055	4057
SLE f A25	<b>-1329</b>	255	6	255	200	-1843	1854
SLE f B20	148	755	18	<b>755</b>	62	3668	3669
SLE f B20	199	132	14	133	113	4867	<b>4869</b>
SLE qp B6	<b>382</b>	-500	1	500	107	3602	3603
SLE qp A7	<b>-1197</b>	255	-1	255	-63	-1813	1814
SLE qp B8	67	671	16	<b>671</b>	56	3260	3261
SLE qp B8	87	118	13	119	101	4327	<b>4328</b>

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
 INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
 PROGETTO ESECUTIVO

D1500 Armatura 4		Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
		SLU B5	<b>333</b>	463	5	463	6	853	853
		SLV Y A47	<b>-675</b>	-139	-22	141	-25	-176	178
		SLU B8	204	464	5	<b>464</b>	6	853	853
		SLU B8	204	464	5	464	6	853	<b>853</b>
		SLE r B5	<b>169</b>	308	3	308	4	568	568
		SLE r A23	<b>-380</b>	-118	9	119	9	-197	197
		SLE r B8	83	309	3	<b>309</b>	4	568	568
		SLE r B8	83	309	3	309	4	568	<b>568</b>
		SLE f B5	<b>137</b>	277	3	277	3	511	511
		SLE f A25	<b>-316</b>	-95	4	95	4	-157	157
		SLE f B20	68	278	3	<b>278</b>	3	511	511
		SLE f B20	68	278	3	278	3	511	<b>511</b>
		SLE qp B6	<b>104</b>	247	3	247	3	454	454
		SLE qp A7	<b>-284</b>	-94	-1	94	-2	-157	157
		SLE qp B8	35	247	3	<b>247</b>	3	454	454
		SLE qp B8	35	247	3	247	3	454	<b>454</b>
D1500 Armatura 3		<b>Comb.</b>	<b>N</b>	<b>Vy</b>	<b>Vz</b>	<b>Vcomb</b>	<b>My</b>	<b>Mz</b>	<b>Mcomb</b>
Interfaccia del tubo camicia		SLE f B5	<b>319</b>	750	17	750	61	3654	3655
		SLE f A25	<b>-803</b>	-335	27	336	94	-1441	1444
		SLE f B20	148	755	18	<b>755</b>	62	3668	3669
		SLE f B20	148	755	18	755	62	3668	<b>3669</b>
		SLE qp B6	<b>238</b>	666	15	666	54	3246	3247
		SLE qp A7	<b>-723</b>	-331	-9	331	-32	-1426	1426
		SLE qp B8	67	671	16	<b>671</b>	56	3260	3261
		SLE qp B8	67	671	16	671	56	3260	<b>3261</b>

#### 10.4.4.2 Verifiche Ø1800

##### 10.4.4.2.1 Armatura tipo 1

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	30712300	113507400	260110	1.713>1	1.651>1
2	4228100	-97465700	-822253	2.433>1	2.604>1
3	-12935600	-124887500	-301704	1.771>1	1.834>1
4	-22716700	-213044300	-282062	1.035>1	1.037>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-1266400	18166300	48284	-26.8	528.7	0.0	0.0
2	-1274300	29533300	-590763	-52.2	193.9	0.0	0.0
3	4137800	31804800	-241212	-51.6	543.4	0.0	0.0
4	8814200	78569300	-202543	-112.5	1800.1	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-2163400	30890300	40345	-45.6	847.4	0.0	0.0
2	2242900	-52280500	-466270	-82.3	818.9	0.0	0.0
3	-212400	-66099600	-184342	-96.7	1481.0	0.0	0.0
4	123400	-112701800	-169233	-148.6	2720.1	0.0	0.0

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	2481.00	kN
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	3017.00	kN

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	180.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	147.30	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	17040.04	cm <sup>2</sup>

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	0.000	cm <sup>2</sup>
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$	16	mm
passo armatura trasversale	s	10.00	cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	35.0	°
	ctg $\alpha$	0.00	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$	1.42	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	1.77	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	1.089271	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	2962.07	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	7798.55	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	8449.02	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>2962.07</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

10.4.4.2.2 Armatura tipo 2

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	15821500	56120400	241522	1.868>1	1.706>1
2	-1910900	44332800	-861950	3.45>1	3.705>1
3	6216300	47727400	-336439	2.805>1	3.31>1
4	13213000	117838600	-282382	1.121>1	1.132>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-1266400	18166300	48284	-42.9	930.5	0.0	0.0
2	-1274300	29533300	-590763	-65.9	280.6	0.0	0.0
3	4137800	31804800	-241212	-73.4	922.1	0.0	0.0
4	8814200	78569300	-202543	-159.5	3163.0	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-1064200	14366300	21419	-34.4	696.0	0.0	0.0
2	-1020000	23593900	-496806	-53.3	197.4	0.0	0.0
3	-870000	25149400	-211062	-58.3	677.6	0.0	0.0
4	-1076500	62249600	-177385	-132.7	2437.6	0.0	0.0

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	2481.00	kN
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	3364.00	kN

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	180.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	147.30	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	17040.04	cm <sup>2</sup>

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	0.000	cm <sup>2</sup>
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$	16	mm
passo armatura trasversale	s	10.00	cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	35.0	°
	ctg $\alpha$	0.00	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$	1.42	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	1.97	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	1.099538	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	2962.07	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	7872.06	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	8449.02	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>2962.07</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

#### 10.4.4.2.3 Armatura tipo 3

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	-21066200	-79768200	185660	2.952>1	2.785>1
2	-4065400	96653700	-750587	2.798>1	2.96>1
3	10303400	123552800	-177998	2.057>1	2.105>1
4	13295700	144185800	-218584	1.77>1	1.807>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	1603900	-26856200	17325	-36.1	601.9	0.0	0.0
2	-2708900	64452900	-514591	-90.6	920.0	0.0	0.0
3	6878100	82386400	-127625	-105.1	1679.9	0.0	0.0
4	8873800	96143400	-156754	-120.0	1958.4	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	1311700	-22488300	-4269	-30.8	484.6	0.0	0.0
2	-2165000	51587900	-432972	-74.2	715.4	0.0	0.0
3	-642400	65442600	-111686	-86.0	1316.1	0.0	0.0
4	-900000	76310500	-137231	-98.7	1530.1	0.0	0.0

Verifiche a fessurazione

Unità di misura daN, cm

Sollecitazioni riferite al baricentro

Mx	My	N	Es/Ec	Wm(mm)	Wk(mm)	Sm(mm)	Epsilon	fctd	K1	K2	Beta1	Beta2
1447800	- 2415910 0	5657	15	0.0399	0.0399	222	1.7939E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-2436600	5793210 0	-463709	15	0.072	0.072	213	3.3885E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-740100	7350760 0	-111786	15	0.1431	0.1431	220	6.5019E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-1031100	8570480 0	-137354	15	0.1689	0.1689	220	7.6776E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
1311700	- 2248830 0	-4269	15	0.0349	0.0349	222	1.5751E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-2165000	5158790 0	-432972	15	0.0608	0.0608	212	2.8661E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-642400	6544260 0	-111686	15	0.1242	0.1242	220	5.6497E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-900000	7631050 0	-137231	15	0.1469	0.1469	220	6.6848E-04	15	0.8	0.5	1	0.5

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	1785.00	kN
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	1780.00	kN

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	180.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	147.30	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	17040.04	cm <sup>2</sup>

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	0.000	cm <sup>2</sup>
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$	16	mm
passo armatura trasversale	s	10.00	cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	45.0	°
	ctg $\alpha$	0.00	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$	1.00	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	1.04	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	1.052669	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	2085.97	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	8004.62	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	8449.02	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>2085.97</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

#### 10.4.4.2.4 Armatura tipo 4

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	-19054100	-71173200	135867	2.206>1	2.113>1
2	-3676200	109766300	-546240	1.722>1	1.844>1
3	8457800	105798900	-158184	1.649>1	1.692>1
4	8065100	115006000	-522509	1.633>1	1.736>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	1431500	-25059400	13142	-43.5	839.7	0.0	0.0
2	-2448900	73212400	-374437	-121.0	1825.5	0.0	0.0
3	5646600	70548300	-113404	-114.4	2143.1	0.0	0.0
4	5387500	76703300	-357923	-125.4	1971.1	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	293000	-5175200	-1960	-9.4	165.3	0.0	0.0
2	-1956300	58622300	-314966	-100.0	1432.7	0.0	0.0
3	-507000	56056300	-99214	-93.8	1677.6	0.0	0.0
4	-1760200	60453400	-293590	-102.5	1524.4	0.0	0.0

Verifiche a fessurazione

Unità di misura daN, cm

Sollecitazioni riferite al baricentro

Mx	My	N	Es/Ec	Wm(mm)	Wk(mm)	Sm(mm)	Epsilon	fctd	K1	K2	Beta1	Beta2
-1997900	6786710 0	-315638	15	0.1751	0.1751	233	7.5328E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
1296400	- 2252900 0	4640	15	0.0614	0.0614	241	2.5465E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-2203000	6584840 0	-337363	15	0.1638	0.1638	232	7.0725E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-585700	6296750 0	-99304	15	0.1965	0.1965	238	8.2541E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-1997900	6786710 0	-315638	15	0.1751	0.1751	233	7.5328E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
293000	-5175200	-1960	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
-1956300	5862230 0	-314966	15	0.1408	0.1408	231	6.0947E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-507000	5605630 0	-99214	15	0.1701	0.1701	238	7.1572E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-1760200	6045340 0	-293590	15	0.1514	0.1514	232	6.5208E-04	15	0.8	0.5	1	0.5

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	<b>1971.00</b>	<b>kN</b>
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	<b>1582.00</b>	<b>kN</b>

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	180.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	147.30	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	17040.04	cmq

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	0.000	cmq
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$	16	mm
passo armatura trasversale	s	10.00	cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	45.0	°
	ctg $\alpha$	0.00	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$	1.00	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	0.93	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	1.04681	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	2085.97	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	7960.07	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	8449.02	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>2085.97</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

#### 10.4.4.2.5 Armatura tipo 5

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	-2888900	-10625800	83398	1.989>1	1.631>1
2	-556200	21347700	-331316	2.352>1	4.85>1
3	1228000	22441300	-316881	2.192>1	4.308>1
4	1228000	22441300	-316881	2.192>1	4.308>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	213500	-3916400	8742	-20.3	881.4	0.0	0.0
2	-370400	14240200	-227030	-45.1	479.3	0.0	0.0
3	821200	14968800	-216984	-49.8	630.9	0.0	0.0
4	821200	14968800	-216984	-49.8	630.9	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-4200	72100	1746	-0.2	37.2	0.0	0.0
2	-295700	11404800	-190852	-35.5	337.9	0.0	0.0
3	-231600	11848100	-177849	-38.9	457.1	0.0	0.0
4	-231600	11848100	-177849	-38.9	457.1	0.0	0.0

Verifiche a fessurazione

Unità di misura daN, cm

Sollecitazioni riferite al baricentro

Mx	My	N	Es/Ec	Wm(mm)	Wk(mm)	Sm(mm)	Epsilon	fctd	K1	K2	Beta1	Beta2
-333200	1281380 0	-204477	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
-265300	1330260 0	-191261	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
-4200	72100	1746	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
-295700	1140480 0	-190852	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
-231600	1184810 0	-177849	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	986.00	kN
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	3169.00	kN

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	180.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	147.30	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	17040.04	cm <sup>2</sup>

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	0.000	cm <sup>2</sup>
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$	16	mm
passo armatura trasversale	s	20.00	cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	45.0	°
	ctg $\alpha$	0.00	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$	1.00	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	1.86	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	1.093768	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	1042.98	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	8317.14	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	8449.02	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>1042.98</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

### 10.4.4.3 Verifiche Ø1500

#### 10.4.4.3.1 Armatura tipo I

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	-3688100	-63262900	204016	1.29>1	1.253>1
2	2249000	15219100	-351460	6.586>1	7.067>1
3	-1667500	-43110700	62810	2.023>1	1.972>1
4	-2662400	-67783100	196174	1.211>1	1.187>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-2456200	-41790200	117155	-119.2	2878.3	0.0	0.0
2	-378200	20398200	-195414	-67.0	779.4	0.0	0.0
3	-1111200	-28589100	15986	-87.3	1794.5	0.0	0.0
4	-1772900	-44883000	109313	-126.9	3048.3	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-1963400	-33201000	82411	-98.1	2254.1	0.0	0.0
2	195800	16349100	-144439	-54.3	649.6	0.0	0.0
3	-390700	-22840800	24681	-70.9	1461.9	0.0	0.0
4	-1417100	-35723000	74569	-105.0	2388.1	0.0	0.0

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	903.00	kN
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	-628.00	kN

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	150.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	122.75	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	11833.36	cmq

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	0.000	cmq
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$	16	mm
passo armatura trasversale	s	12.00	cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	35.0	°
	ctg $\alpha$	0.00	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$	1.42	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	-0.53	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	0.973242	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	2056.99	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	4838.79	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	5867.37	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>2056.99</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

10.4.4.3.2 Armatura tipo 2

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	-300200	-33836100	180270	1.999>1	1.789>1
2	-4463600	-18689700	-362227	4.586>1	5.484>1
3	1244200	21121700	98799	3.367>1	2.934>1
4	1917800	54603900	85333	1.316>1	1.295>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-200000	-22436900	93409	-75.7	1950.0	0.0	0.0
2	2433100	4328000	-206017	-21.2	5.5	0.0	0.0
3	827900	14078200	37054	-49.6	1152.1	0.0	0.0
4	1276200	36343100	32118	-118.6	2786.2	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-159900	-17877200	58665	-61.8	1500.6	0.0	0.0
2	-276700	3730300	-155042	-16.0	4.0	0.0	0.0
3	661400	11260800	12356	-40.5	865.0	0.0	0.0
4	1019600	29038800	10832	-98.0	2173.7	0.0	0.0

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	1658.00	kN
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	-988.00	kN

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	150.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	122.75	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	11833.36	cmq

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	0.000	cmq
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$	16	mm
passo armatura trasversale	s	12.00	cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	35.0	°
	ctg $\alpha$	0.00	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$	1.42	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	-0.83	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	0.957903	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	2056.99	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	4762.52	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	5867.37	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>2056.99</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

### 10.4.4.3.3 Armatura tipo 3

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	2019800	67734400	131587	1.811>1	1.759>1
2	-9660400	-51620500	-278916	2.559>1	2.745>1
3	1046500	61282900	48459	2.052>1	2.023>1
4	1897000	81357600	66327	1.537>1	1.522>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	1344100	45079200	64900	-106.2	2052.6	0.0	0.0
2	4475800	-23206900	-158879	-63.5	756.3	0.0	0.0
3	696400	40798600	18602	-98.4	1788.0	0.0	0.0
4	1262400	54152000	25152	-125.2	2381.7	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	1073800	36017100	38225	-87.6	1613.7	0.0	0.0
2	-633700	-18125600	-119743	-49.4	582.2	0.0	0.0
3	556400	32604900	6659	-80.8	1412.4	0.0	0.0
4	1008500	43269800	8682	-103.8	1878.9	0.0	0.0

Verifiche a fessurazione

Unità di misura daN, cm

Sollecitazioni riferite al baricentro

Mx	My	N	Es/Ec	Wm(mm)	Wk(mm)	Sm(mm)	Epsilon	fctd	K1	K2	Beta1	Beta2
612600	3654100 0	31868	15	0.1609	0.1609	229	7.0351E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
937500	- 1440760 0	-80281	15	0.0358	0.0358	221	1.6157E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
624800	3668390 0	14768	15	0.1583	0.1583	228	6.9355E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
544100	3246200 0	23759	15	0.1398	0.1398	229	6.1175E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-318600	- 1426040 0	-72280	15	0.0363	0.0363	222	1.6380E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
556400	3260490 0	6659	15	0.1372	0.1372	228	6.0188E-04	15	0.8	0.5	1	0.5

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	1262.00	kN
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	-485.00	kN

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	150.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	122.75	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	11833.36	cmq

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	0.000	cmq
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$	16	mm
passo armatura trasversale	s	12.00	cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	45.0	°
	ctg $\alpha$	0.00	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$	1.00	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	-0.41	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	0.979335	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	1448.59	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	5171.51	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	5867.37	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>1448.59</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

#### 10.4.4.3.4 Armatura tipo 4

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	55100	8530500	33312	1.956>1	1.775>1
2	-245600	-1764100	-67497	12.638>1	34.704>1
3	56900	8533000	20362	2.046>1	1.916>1
4	56900	8533000	20362	2.046>1	1.916>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	36600	5681200	16936	-46.7	1949.3	0.0	0.0
2	90300	-1967000	-38013	-10.7	101.5	0.0	0.0
3	37900	5682800	8303	-46.3	1811.4	0.0	0.0
4	37900	5682800	8303	-46.3	1811.4	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	29300	4541400	10386	-37.5	1506.8	0.0	0.0
2	-16800	-1565900	-28403	-8.8	93.3	0.0	0.0
3	30300	4542800	3480	-37.2	1396.9	0.0	0.0
4	30300	4542800	3480	-37.2	1396.9	0.0	0.0

Verifiche a fessurazione

Unità di misura daN, cm

Sollecitazioni riferite al baricentro

Mx	My	N	Es/Ec	Wm(mm)	Wk(mm)	Sm(mm)	Epsilon	fctd	K1	K2	Beta1	Beta2
33000	5111300	13661	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
38800	-1572900	-31635	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
34000	5112600	6755	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
29300	4541400	10386	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
-16800	-1565900	-28403	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
30300	4542800	3480	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	<b>464.00</b>	<b>kN</b>
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	<b>-204.00</b>	<b>kN</b>

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	150.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	122.75	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	11833.36	cm <sup>2</sup>

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	0.000	cm <sup>2</sup>
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$	16	mm
passo armatura trasversale	s	25.00	cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	45.0	°
	ctg $\alpha$	0.00	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$	1.00	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	-0.17	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	0.991308	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	695.32	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	5234.74	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	5867.37	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>695.32</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

## 10.4.5 Settore D

### 10.4.5.1 Sollecitazioni

D1800 Armatura 1

KN;KNm

Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
SLV Y A47	<b>3951</b>	1427	366	1473	3810	13106	13649
SLU B33	<b>-9363</b>	-2188	0	2188	10	-12155	12155
SLU B47	-2665	-2221	-606	<b>2302</b>	-3439	-13761	14184
SLU B47	-2469	-2221	-606	2302	-5605	-21701	<b>22413</b>
SLE r B6	<b>1134</b>	620	-2	620	-20	5293	5293
SLE r B8	<b>-6345</b>	-1460	0	1460	7	-8115	8115
SLE r B22	-1906	-1481	-404	<b>1535</b>	-2291	-9181	9463
SLE r B22	-1755	-1481	-404	1535	-3734	-14477	<b>14950</b>
SLE f B6	<b>958</b>	557	-2	557	-18	4752	4752
SLE f B20	<b>-5718</b>	-1314	0	1314	7	-7304	7304
SLE f B21	-282	-1334	-16	<b>1334</b>	-93	-8167	8167
SLE f B21	-131	-1334	-16	1334	-149	-12934	<b>12935</b>
SLE qp B7	<b>782</b>	495	-2	495	-16	4211	4211
SLE qp B8	<b>-5231</b>	-1170	0	1170	6	-6510	6510
SLE qp B9	-412	-1187	-14	<b>1187</b>	-82	-7272	7272
SLE qp B9	-261	-1187	-14	1187	-131	-11515	<b>11516</b>

D1800 Armatura 2

Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
SLV Y A47	<b>3766</b>	1543	413	1597	2036	6335	6655
SLU B33	<b>-9760</b>	-2188	0	2188	12	5353	5353
SLU B47	-3062	-2221	-606	<b>2302</b>	1406	4006	4246
SLU B47	-2715	-2221	-606	2302	-2834	-11540	<b>11883</b>
SLE r B6	<b>945</b>	620	-2	620	-11	2455	2455
SLE r B8	<b>-6651</b>	-1460	0	1460	8	3565	3565
SLE r B22	-2211	-1481	-404	<b>1535</b>	938	2669	2829
SLE r B22	-1944	-1481	-404	1535	-1888	-7700	<b>7928</b>
SLE f B6	<b>769</b>	557	-2	557	-10	2201	2201
SLE f B20	<b>-6024</b>	-1314	0	1314	7	3204	3204
SLE f B21	-588	-1334	-16	<b>1334</b>	32	2501	2501
SLE f B21	-321	-1334	-16	1334	-77	-6833	<b>6834</b>
SLE qp B7	<b>593</b>	495	-2	495	-9	1948	1948
SLE qp B8	<b>-5537</b>	-1170	0	1170	6	2847	2847
SLE qp B9	-717	-1187	-14	<b>1187</b>	28	2225	2225
SLE qp B9	-450	-1187	-14	1187	-68	-6084	<b>6085</b>

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
 INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
 PROGETTO ESECUTIVO

D1800 Armatura 3

Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
SLV Y A47	<b>3430</b>	1647	457	1709	-1454	-6450	6612
SLU B33	<b>-9672</b>	-2188	0	2188	12	7541	7541
SLU B47	-3072	-2221	-606	<b>2302</b>	2315	7338	7694
SLU B46	-7051	191	218	289	3233	15715	<b>16044</b>
SLE r B6	<b>641</b>	620	-2	620	5	-2507	2507
SLE r B8	<b>-6594</b>	-1460	0	1460	8	5025	5025
SLE r B22	-2221	-1481	-404	<b>1535</b>	1543	4891	5128
SLE r B21	-4808	127	145	193	2155	10478	<b>10698</b>
SLE f B6	<b>467</b>	557	-2	557	4	-2258	2258
SLE f B20	<b>-5975</b>	-1314	0	1314	7	4518	4518
SLE f B21	-625	-1334	-16	<b>1334</b>	56	4502	4502
SLE f B21	-4408	104	7	104	91	9477	<b>9477</b>
SLE qp B7	<b>294</b>	495	-2	495	4	-2009	2009
SLE qp B8	<b>-5494</b>	-1170	0	1170	6	4017	4017
SLE qp B9	-753	-1187	-14	<b>1187</b>	49	4005	4005
SLE qp B9	-4055	93	6	93	79	8434	<b>8435</b>

D1800 Armatura 4

Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
SLV Y A47	<b>2024</b>	-1335	-335	1377	-1458	-5695	5879
SLU B33	<b>-5649</b>	2109	1	2109	4	10916	10916
SLU B46	-5495	2123	424	<b>2165</b>	1850	10965	11120
SLU B46	-259	2045	375	2079	1792	11989	<b>12122</b>
SLE r B6	<b>389</b>	-564	1	564	6	-2488	2488
SLE r B8	<b>-3850</b>	1406	1	1406	3	7279	7279
SLE r B21	-3747	1416	283	<b>1444</b>	1233	7312	7415
SLE r B21	-251	1363	250	1386	1195	7993	<b>8082</b>
SLE f B6	<b>287</b>	-507	1	507	5	-2238	2238
SLE f B20	<b>-3487</b>	1265	1	1265	2	6549	6549
SLE f B21	-3434	1281	12	<b>1281</b>	51	6646	6647
SLE f B21	-290	1240	12	1240	58	7256	<b>7256</b>
SLE qp B7	<b>185</b>	-450	1	450	4	-1988	1988
SLE qp B8	<b>-3205</b>	1125	1	1125	2	5826	5826
SLE qp B9	-3159	1140	10	<b>1140</b>	44	5915	5915
SLE qp B9	-352	1104	11	1104	51	6455	<b>6456</b>

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
PROGETTO ESECUTIVO

D1800 Armatura 5		Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
		SLV Y A47	<b>1159</b>	-171	-46	177	38	182	186
		SLU B33	<b>-3199</b>	458	0	458	0	189	189
		SLU B47	-2455	499	90	<b>507</b>	-16	349	350
		SLU B34	-64	491	3	491	3	793	<b>793</b>
		SLE r B6	<b>229</b>	-80	0	80	0	56	56
		SLE r B8	<b>-2179</b>	305	0	305	0	126	126
		SLE r B22	-1685	333	60	<b>338</b>	-11	233	233
		SLE r B9	-61	328	2	328	2	529	<b>529</b>
		SLE f B6	<b>171</b>	-72	0	72	0	50	50
		SLE f B20	<b>-1973</b>	275	0	275	0	114	114
		SLE f B21	-60	295	2	<b>295</b>	2	476	476
		SLE f B21	-60	295	2	295	2	476	<b>476</b>
		SLE qp B7	<b>114</b>	-64	0	64	0	45	45
		SLE qp B8	<b>-1813</b>	244	0	244	0	101	101
		SLE qp B10	-1560	262	11	<b>262</b>	-1	188	188
		SLE qp B9	-76	262	1	262	2	423	<b>423</b>
D1500 Armatura 1		<b>Comb.</b>	<b>N</b>	<b>Vy</b>	<b>Vz</b>	<b>Vcomb</b>	<b>My</b>	<b>Mz</b>	<b>Mcomb</b>
		SLU B5	<b>3311</b>	598	-32	599	-306	-6102	6110
	KN;KNm	SLU B47	<b>-6492</b>	262	-880	918	-2189	544	2256
		SLU B47	-1090	251	-989	<b>1020</b>	-10488	2468	10774
		SLU B47	-1090	251	-989	1020	-10488	2468	<b>10774</b>
		SLE r B5	<b>2029</b>	401	-21	401	-203	-4045	4050
		SLE r B22	<b>-4386</b>	175	-587	612	-1460	366	1505
		SLE r B22	-761	168	-659	<b>680</b>	-6993	1656	7186
		SLE r B22	-761	168	-659	680	-6993	1656	<b>7186</b>
		SLE f B5	<b>1773</b>	361	-19	362	-183	-3634	3638
		SLE f B22	<b>-3457</b>	36	-507	509	-1282	84	1284
		SLE f B22	-381	27	-575	<b>575</b>	-6103	308	6110
		SLE f B22	-301	23	-574	574	-6105	267	<b>6111</b>
		SLE qp B6	<b>1516</b>	322	-17	322	-162	-3222	3226
		SLE qp B10	<b>-3167</b>	32	-453	454	-1139	78	1142
		SLE qp B10	-387	25	-514	<b>514</b>	-5455	290	5463
		SLE qp B10	-321	21	-513	514	-5458	254	<b>5464</b>

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
PROGETTO ESECUTIVO

D1500 Armatura 2

Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
SLU B5	<b>3073</b>	-860	-31	860	-38	-4832	4832
SLU B47	<b>-6733</b>	262	-887	925	3994	-1293	4198
SLU B8	1885	-1768	-15	<b>1768</b>	100	3141	3143
SLU B5	2942	-719	-10	719	-19	-5365	<b>5365</b>
SLE r B5	<b>1791</b>	-571	-20	572	-25	-3213	3213
SLE r B22	<b>-4571</b>	175	-592	617	2663	-862	2799
SLE r B8	956	-1177	-10	<b>1177</b>	66	2091	2092
SLE r B5	1705	-478	-7	478	-13	-3570	<b>3570</b>
SLE f B5	<b>1535</b>	-514	-18	514	-22	-2890	2890
SLE f B22	<b>-3643</b>	36	-512	513	2286	-166	2292
SLE f B20	811	-1059	-9	<b>1059</b>	60	1880	1880
SLE f B5	1458	-430	-6	430	-11	-3211	<b>3211</b>
SLE qp B6	<b>1279</b>	-456	-16	456	-20	-2566	2566
SLE qp B10	<b>-3352</b>	32	-457	458	2044	-144	2049
SLE qp B8	584	-941	-8	<b>941</b>	53	1671	1672
SLE qp B6	1211	-382	-5	382	-10	-2851	<b>2851</b>

D1500 Armatura 3

Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
SLU B5	<b>2681</b>	-1717	-10	1717	52	3254	3255
SLU B47	<b>-6533</b>	262	-888	926	4881	-1555	5123
SLU B9	2086	-1722	-11	<b>1722</b>	59	3301	3302
SLU B8	1333	266	16	267	108	9271	<b>9272</b>
SLE r B5	<b>1496</b>	-1097	-14	1097	115	3177	3179
SLE r B22	<b>-4436</b>	175	-592	617	3254	-1037	3415
SLE r B9	1087	-1147	-7	<b>1147</b>	39	2198	2198
SLE r B8	678	177	11	177	71	6174	<b>6174</b>
SLE f B5	<b>1263</b>	-987	-12	987	104	2858	2859
SLE f B22	<b>-3538</b>	36	-513	514	2799	-202	2806
SLE f B21	927	-1031	-7	<b>1031</b>	35	1974	1974
SLE f B20	576	158	10	159	64	5553	<b>5553</b>
SLE qp B6	<b>1030</b>	-877	-11	877	92	2539	2540
SLE qp B10	<b>-3257</b>	32	-457	459	2501	-176	2508
SLE qp B9	688	-917	-6	<b>917</b>	31	1756	1757
SLE qp B8	416	141	9	141	56	4935	<b>4936</b>

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
 INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
 PROGETTO ESECUTIVO

D1500 Armatura 4		Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
		SLU B5	1139	1278	6	1278	14	4068	4068
		SLU B47	-2747	-190	770	793	1918	-426	1964
		SLU B9	888	1283	7	1283	16	4078	4078
		SLU B9	888	1283	7	1283	16	4078	4078
		SLE r B5	639	708	9	708	15	1856	1856
		SLE r B22	-1864	-127	513	529	1278	-284	1310
		SLE r B9	467	855	5	855	11	2717	2717
		SLE r B9	467	855	5	855	11	2717	2717
		SLE f B5	541	637	8	637	14	1670	1670
		SLE f B22	-1485	-24	447	448	1118	-54	1120
		SLE f B21	399	769	4	769	10	2444	2444
		SLE f B21	399	769	4	769	10	2444	2444
		SLE qp B6	442	566	7	566	12	1484	1484
		SLE qp B10	-1367	-22	399	400	997	-48	998
		SLE qp B9	298	683	4	683	9	2173	2173
		SLE qp B9	298	683	4	683	9	2173	2173
D1500 Armatura 5		Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
		SLU B5	732	544	2	544	0	933	933
		SLU B47	-1747	-47	227	232	180	-10	180
		SLU B9	572	545	2	545	0	933	933
		SLU B5	732	544	2	544	0	933	933
		SLE r B5	413	225	1	225	-3	234	234
		SLE r B22	-1185	-31	151	154	120	-7	120
		SLE r B9	303	363	1	363	0	622	622
		SLE r B5	410	362	1	362	0	622	622
		SLE f B5	350	202	1	202	-3	210	210
		SLE f B22	-943	-6	133	133	108	-1	108
		SLE f B21	259	327	1	327	0	560	560
		SLE f B5	345	326	1	326	0	560	560
		SLE qp B6	287	180	1	180	-2	187	187
		SLE qp B10	-868	-5	118	118	96	-1	96
		SLE qp B9	195	290	1	290	0	498	498
		SLE qp B6	281	290	1	290	0	498	498
D1500 Armatura 3 sezione tubo camicia		Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
		SLE f B5	741	832	17	832	56	4110	4110
		SLE f B22	-2053	-40	637	638	2920	-162	2925
		SLE f B20	408	861	8	861	22	3378	3378
		SLE f B21	545	721	7	721	29	4859	4859
		SLE qp B6	605	739	15	739	49	3652	3652
		SLE qp B10	-1890	-35	568	570	2605	-143	2609
		SLE qp B8	296	765	7	765	20	3002	3002
		SLE qp B9	406	641	6	641	26	4320	4320

### 10.4.5.2 Verifiche Ø1800

#### 10.4.5.2.1 Armatura tipo 1

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	38103000	131064400	395114	1.558>1	1.498>1
2	98600	-121552200	-936309	2.102>1	2.213>1
3	-34394500	-137609100	-266518	1.67>1	1.712>1
4	-56049000	-217006200	-246876	1.055>1	1.056>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-202400	52926200	113386	-71.0	1394.4	0.0	0.0
2	67700	-81152300	-634540	-115.9	1276.1	0.0	0.0
3	-22913400	-91810900	-190604	-124.6	2057.4	0.0	0.0
4	-37342400	-144765600	-175495	-174.0	3417.1	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-157300	42107100	78230	-57.7	1094.4	0.0	0.0
2	57100	-65098100	-523133	-95.8	1004.8	0.0	0.0
3	-820400	-72715100	-41207	-98.1	1689.4	0.0	0.0
4	-1313700	-115151000	-26098	-143.2	2734.8	0.0	0.0

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	2302.00	kN
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	2665.00	kN

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	180.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	147.30	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	17040.04	cm <sup>2</sup>

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	0.000	cm <sup>2</sup>
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$	16	mm
passo armatura trasversale	s	12.00	cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	35.0	°
	ctg $\alpha$	0.00	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$	1.42	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	1.56	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	1.078855	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	2468.39	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	7723.98	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	8449.02	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>2468.39</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

10.4.5.2.2 Armatura tipo 2

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	20364500	63352800	376551	1.53>1	1.399>1
2	115900	53526100	-976006	2.921>1	3.125>1
3	14063100	40062600	-306215	3.159>1	3.783>1
4	-28337300	-115400200	-271480	1.115>1	1.126>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-111800	24549300	94460	-56.8	1325.8	0.0	0.0
2	76800	35652400	-665076	-78.6	393.3	0.0	0.0
3	9375300	26689100	-221140	-65.2	793.7	0.0	0.0
4	-18877300	-76998400	-194421	-159.6	3189.2	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-86900	19479300	59304	-45.8	1014.0	0.0	0.0
2	60800	28474500	-553669	-63.6	285.7	0.0	0.0
3	283400	22246500	-71743	-52.5	838.9	0.0	0.0
4	-682500	-60844900	-45024	-129.8	2662.5	0.0	0.0

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	2302.00	kN
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	3062.00	kN

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	180.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	147.30	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	17040.04	cm <sup>2</sup>

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	0.000	cm <sup>2</sup>
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$	16	mm
passo armatura trasversale	s	12.00	cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	35.0	°
	ctg $\alpha$	0.00	
	ctg $\vartheta$	1.42	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$	1.42	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	1.80	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	1.090602	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	2468.39	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	7808.08	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	8449.02	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>2468.39</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

### 10.4.5.2.3 Armatura tipo 3

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	-14541300	-64496800	343002	2.968>1	2.569>1
2	118100	75410900	-967162	3.178>1	3.24>1
3	23148900	73376000	-307183	2.879>1	3.11>1
4	32332300	157145100	-705060	1.456>1	1.502>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	46500	-25071500	64059	-36.8	731.2	0.0	0.0
2	77900	50253000	-659371	-81.8	591.5	0.0	0.0
3	15429500	48907800	-222126	-78.2	1065.9	0.0	0.0
4	21551700	104783700	-480815	-147.0	2233.6	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	36100	-20088500	29353	-30.2	557.5	0.0	0.0
2	61200	40171100	-549391	-66.7	450.8	0.0	0.0
3	490300	40051800	-75271	-60.8	947.7	0.0	0.0
4	789000	84341800	-405521	-121.7	1721.5	0.0	0.0

Verifiche a fessurazione

Unità di misura daN, cm

Sollecitazioni riferite al baricentro

Mx	My	N	Es/Ec	Wm(mm)	Wk(mm)	Sm(mm)	Epsilon	fctd	K1	K2	Beta1	Beta2
41300	- 2258000 0	46706	15	0.0504	0.0504	229	2.1987E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
65200	4517970 0	-597482	15	0.0411	0.0411	212	1.9378E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
556200	4501570 0	-62521	15	0.1004	0.1004	225	4.4675E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
914500	9476520 0	-440773	15	0.1917	0.1917	220	8.7061E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
36100	- 2008850 0	29353	15	0.0409	0.0409	229	1.7904E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
61200	4017110 0	-549391	15	0.0333	0.0333	211	1.5781E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
490300	4005180 0	-75271	15	0.0846	0.0846	224	3.7745E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
789000	8434180 0	-405521	15	0.167	0.167	220	7.5896E-04	15	0.8	0.5	1	0.5

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	2302.00	kN
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	3072.00	kN

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	180.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	147.30	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	17040.04	cm <sup>2</sup>

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	0.000	cm <sup>2</sup>
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$	16	mm
passo armatura trasversale	s	8.50	cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	45.0	°
	ctg $\alpha$	0.00	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$	1.00	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	1.80	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	1.090898	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	2454.08	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	8295.32	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	8449.02	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>2454.08</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

#### 10.4.5.2.4 Armatura tipo 4

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	-14575800	-56953800	202443	3.241>1	2.94>1
2	41200	109160600	-564910	2.006>1	2.149>1
3	18501000	109648600	-549454	1.963>1	2.097>1
4	17922400	119886900	-25850	1.655>1	1.661>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	57500	-24879100	38882	-38.4	735.2	0.0	0.0
2	26600	72790700	-384979	-110.9	1522.5	0.0	0.0
3	12332200	73117900	-374652	-112.5	1572.6	0.0	0.0
4	11946900	79929400	-25100	-115.8	2201.8	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	44600	-19877900	18548	-31.2	570.1	0.0	0.0
2	19900	58258000	-320541	-91.3	1198.7	0.0	0.0
3	443100	59146400	-315917	-92.5	1228.8	0.0	0.0
4	508500	64553500	-35178	-95.6	1734.7	0.0	0.0

Verifiche a fessurazione

Unità di misura daN, cm

Sollecitazioni riferite al baricentro

Mx	My	N	Es/Ec	Wm(mm)	Wk(mm)	Sm(mm)	Epsilon	fctd	K1	K2	Beta1	Beta2
51100	- 2237850 0	28715	15	0.051	0.051	230	2.2177E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
18900	6548580 0	-348718	15	0.1294	0.1294	221	5.8614E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
513600	6646440 0	-343416	15	0.1329	0.1329	221	6.0187E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
576800	7256240 0	-28975	15	0.1964	0.1964	228	8.6295E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
44600	- 1987790 0	18548	15	0.0418	0.0418	229	1.8243E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
19900	5825800 0	-320541	15	0.1117	0.1117	220	5.0663E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
443100	5914640 0	-315917	15	0.1149	0.1149	221	5.2075E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
508500	6455350 0	-35178	15	0.171	0.171	227	7.5181E-04	15	0.8	0.5	1	0.5

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	<b>V<sub>Ed</sub></b>	<b>2165.00</b>	<b>kN</b>
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	<b>N<sub>Ed</sub></b>	<b>5495.00</b>	<b>kN</b>

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	180.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	147.30	cm
area totale di calcestruzzo	A <sub>c</sub>	17040.04	cmq

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f <sub>ck</sub>	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	f <sub>cd</sub>	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	f' <sub>cd</sub>	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	f <sub>yd</sub>	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	A <sub>SL,tot</sub>	0.000	cmq
n° braccia armatura trasversale	n <sub>b,sw</sub>	2	
diametro armatura trasversale	Φ <sub>sw</sub>	16	mm
passo armatura trasversale	s	8.50	cm
area armatura trasversale	A <sub>sw</sub>	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	α	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	ϑ	45.0	°
	ctg α	0.00	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg ϑ	1.00	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	σ <sub>cp</sub>	3.22	MPa
coeff. maggiorativo	α <sub>c</sub>	1.162593	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	ν	0.5	
resistenza a taglio-trazione	V <sub>Rsd</sub>	2454.08	kN
resistenza a taglio-compressione	V <sub>Rcd</sub>	8840.49	kN
limite superiore della resistenza a taglio	V <sub>Rd,max</sub>	8449.02	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b>V<sub>Rd</sub></b>	<b>2454.08</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

#### 10.4.5.2.5 Armatura tipo 5

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	384900	1822800	115855	10.448>1	2.628>1
2	-4400	1887500	-319919	26.27>1	14.551>1
3	-161700	3492400	-245484	12.791>1	18.589>1
4	34800	7933200	-6389	3.592>1	3.75>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-1100	559900	22917	0.0	390.2	0.0	0.0
2	-2900	1259400	-217927	-10.4	-64.1	0.0	0.0
3	-108100	2329700	-168454	-10.3	-29.1	0.0	0.0
4	23100	5289500	-6092	-26.4	958.7	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-800	449600	11363	-0.8	237.8	0.0	0.0
2	-2300	1009300	-181312	-8.6	-53.8	0.0	0.0
3	-14400	1876800	-155967	-9.1	-31.1	0.0	0.0
4	18400	4232800	-7622	-21.0	732.0	0.0	0.0

Verifiche a fessurazione

Unità di misura daN, cm

Sollecitazioni riferite al baricentro

Mx	My	N	Es/Ec	Wm(mm)	Wk(mm)	Sm(mm)	Epsilon	fctd	K1	K2	Beta1	Beta2
-1000	504800	17140	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
-2500	1135100	-197323	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
20900	4759200	-6028	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
-800	449600	11363	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
-2300	1009300	-181312	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
-14400	1876800	-155967	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
18400	4232800	-7622	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	507.00	kN
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	2455.00	kN

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	180.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	147.30	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	17040.04	cm <sup>2</sup>

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	0.000	cm <sup>2</sup>
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$	16	mm
passo armatura trasversale	s	25.00	cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	45.0	°
	ctg $\alpha$	0.00	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$	1.00	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	1.44	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	1.072642	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	834.39	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	8156.49	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	8449.02	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>834.39</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

### 10.4.5.3 Verifiche Ø1500

#### 10.4.5.3.1 Armatura tipo 1

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	-3059300	-61019500	331071	1.674>1	1.549>1
2	-21892900	5440300	-649212	5.782>1	4.918>1
3	-104879600	24678700	-108999	1.09>1	1.093>1
4	-104879600	24678700	-108999	1.09>1	1.093>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-3059300	-61019500	331071	-138.0	3594.8	0.0	0.0
2	-21892900	5440300	-649212	-72.8	179.7	0.0	0.0
3	-104879600	24678700	-108999	-211.7	3913.0	0.0	0.0
4	-104879600	24678700	-108999	-211.7	3913.0	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-1621100	-32221600	151621	-80.8	1843.5	0.0	0.0
2	-11390600	784400	-316671	-37.5	97.3	0.0	0.0
3	-54553800	2898700	-38746	-134.3	2555.8	0.0	0.0
4	-54575800	2544300	-32074	-134.2	2567.9	0.0	0.0

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	✓	<b>1020.00</b>	<b>kN</b>
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	✓	<b>1090.00</b>	<b>kN</b>

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	✓	150.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	✓	122.75	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	✓	11833.36	cmq

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo			C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$		35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$		19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$		9.92	MPa
tipo di acciaio			B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$		391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$		0.000	cmq
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$		2	
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$		16	mm
passo armatura trasversale	s		15.00	cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$		402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$		90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	✓	35.0	°
	ctg $\alpha$		0.00	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$		1.42	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$		0.92	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$		1.046443	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$		0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$		1645.60	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$		5202.73	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$		5867.37	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>		<b>1645.60</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

10.4.5.3.2 Armatura tipo 2

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	-375200	-48318400	307325	1.269>1	1.202>1
2	39940800	-12927300	-673334	2.313>1	2.574>1
3	997000	31414400	188514	2.136>1	1.873>1
4	-193400	-53649300	294239	1.156>1	1.122>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-248800	-32133500	179147	-102.9	2947.3	0.0	0.0
2	26627200	-8615600	-457112	-97.3	822.2	0.0	0.0
3	661100	20914200	95572	-70.7	1845.1	0.0	0.0
4	-127900	-35695800	170541	-113.5	3183.2	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-198300	-25659600	127875	-84.9	2300.5	0.0	0.0
2	20443400	-1440000	-335226	-72.9	593.2	0.0	0.0
3	526700	16714100	58396	-57.9	1414.3	0.0	0.0
4	-101700	-28514400	121061	-93.9	2489.1	0.0	0.0

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	1768.00	kN
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	-1885.00	kN

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	150.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	122.75	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	11833.36	cm <sup>2</sup>

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	0.000	cm <sup>2</sup>
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$	16	mm
passo armatura trasversale	s	12.00	cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	35.0	°
	ctg $\alpha$	0.00	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$	1.42	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	-1.59	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	0.919683	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	2056.99	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	4572.50	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	5867.37	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>2056.99</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

### 10.4.5.3.3 Armatura tipo 3

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	519700	32543700	268136	3.981>1	3.25>1
2	48813200	-15551300	-653272	2.98>1	3.064>1
3	591800	33014000	208618	3.987>1	3.424>1
4	1078300	92711600	133331	1.449>1	1.427>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	1152200	31765100	149618	-70.7	1480.3	0.0	0.0
2	32542300	-10369100	-443639	-88.6	730.9	0.0	0.0
3	392700	21978500	108741	-49.9	1031.1	0.0	0.0
4	711300	61740500	67789	-131.7	2544.9	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	919600	25385100	103042	-57.9	1155.9	0.0	0.0
2	25013900	-1757800	-325676	-66.5	531.7	0.0	0.0
3	313000	17564300	68790	-40.9	794.9	0.0	0.0
4	564600	49352100	41572	-109.7	2009.7	0.0	0.0

Verifiche a fessurazione

Unità di misura daN, cm

Sollecitazioni riferite al baricentro

Mx	My	N	Es/Ec	Wm(mm)	Wk(mm)	Sm(mm)	Epsilon	fctd	K1	K2	Beta1	Beta2
557500	41095700	74072	15	0.1702	0.1702	224	7.5884E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
29203400	-1619200	-205337	15	0.0748	0.0748	217	3.4437E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
224800	33781800	40774	15	0.1331	0.1331	224	5.9527E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
287600	48593900	54520	15	0.1988	0.1988	224	8.8918E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
494900	36516300	60520	15	0.1482	0.1482	224	6.6143E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
26053900	-1425200	-188974	15	0.0641	0.0641	217	2.9580E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
197100	30023800	29560	15	0.1152	0.1152	223	5.1542E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
258600	43198800	40586	15	0.1733	0.1733	223	7.7594E-04	15	0.8	0.5	1	0.5

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	1722.00	kN
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	-2086.00	kN

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	150.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	122.75	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	11833.36	cmq

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	0.000	cmq
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$	16	mm
passo armatura trasversale	s	8.50	cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	45.0	°
	ctg $\alpha$	0.00	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$	1.00	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	-1.76	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	0.911119	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	2045.07	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	4811.29	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	5867.37	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>2045.07</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

#### 10.4.5.3.4 Armatura tipo 4

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	144700	40678400	113913	2.103>1	1.99>1
2	19175300	-4256300	-274671	5.039>1	6.058>1
3	164900	40781500	88798	2.12>1	2.034>1
4	164900	40781500	88798	2.12>1	2.034>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	152900	18559000	63902	-57.4	1303.4	0.0	0.0
2	12783600	-2841700	-186440	-44.3	372.8	0.0	0.0
3	109400	27170600	46652	-82.8	1788.6	0.0	0.0
4	109400	27170600	46652	-82.8	1788.6	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	122000	14840000	44248	-46.6	1023.3	0.0	0.0
2	9970700	-480900	-136662	-34.0	294.4	0.0	0.0
3	87200	21726200	29794	-67.7	1408.6	0.0	0.0
4	87200	21726200	29794	-67.7	1408.6	0.0	0.0

Verifiche a fessurazione

Unità di misura daN, cm

Sollecitazioni riferite al baricentro

Mx	My	N	Es/Ec	Wm(mm)	Wk(mm)	Sm(mm)	Epsilon	fctd	K1	K2	Beta1	Beta2
137500	16699500	54075	15	0.1144	0.1144	257	4.4439E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
11182600	-544500	-148527	15	0.0241	0.0241	231	1.0439E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
96900	24441500	39897	15	0.1687	0.1687	255	6.6192E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
87200	21726200	29794	15	0.1447	0.1447	254	5.6876E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
122000	14840000	44248	15	0.0969	0.0969	257	3.7710E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
9970700	-480900	-136662	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
87200	21726200	29794	15	0.1447	0.1447	254	5.6876E-04	15	0.8	0.5	1	0.5

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	<b>1283.00</b>	<b>kN</b>
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	<b>-888.00</b>	<b>kN</b>

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	150.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	122.75	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	11833.36	cm <sup>2</sup>

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	0.000	cm <sup>2</sup>
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$	16	mm
passo armatura trasversale	s	12.00	cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	45.0	°
	ctg $\alpha$	0.00	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$	1.00	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	-0.75	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	0.962164	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	1448.59	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	5080.84	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	5867.37	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>1448.59</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

#### 10.4.5.3.5 Armatura tipo 5

Verifica di stato limite ultimo SLU+SLV

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	CS,Ncost	CS,Mx/My cost
1	3000	9334600	73200	2.468>1	2.007>1
2	1799300	-99800	-174722	20.208>1	19.592>1
3	3500	9333000	57167	2.568>1	2.156>1
4	3000	9334600	73200	2.468>1	2.007>1

Verifiche di tensione SLE rara

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-30500	2335500	41273	-13.7	917.8	0.0	0.0
2	1199600	-67100	-118541	-9.6	-33.7	0.0	0.0
3	2300	6220400	30261	-41.0	1583.6	0.0	0.0
4	2000	6221400	40950	-40.8	1698.2	0.0	0.0

Verifiche di tensione SLE quasi permanente

Comb.	Mx(daN*cm)	My(daN*cm)	N(daN)	sc,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sf,max(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,min(daN/cm <sup>2</sup> )	sp,max(daN/cm <sup>2</sup> )
1	-24300	1868700	28726	-11.5	687.6	0.0	0.0
2	957600	-10300	-86763	-7.3	-22.8	0.0	0.0
3	1800	4975300	19499	-33.1	1216.0	0.0	0.0
4	1600	4976100	28050	-33.0	1307.4	0.0	0.0

Verifiche a fessurazione

Unità di misura daN, cm

Sollecitazioni riferite al baricentro

Mx	My	N	Es/Ec	Wm(mm)	Wk(mm)	Sm(mm)	Epsilon	fctd	K1	K2	Beta1	Beta2
-27400	2102100	35000	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
1077600	-10500	-94338	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
2000	5597900	25949	15	0.1735	0.1735	422	4.1153E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
1800	5598800	34500	15	0.1865	0.1865	427	4.3725E-04	15	0.8	0.5	1	0.5
-24300	1868700	28726	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
957600	-10300	-86763	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
1800	4975300	19499	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5
1600	4976100	28050	15	0	0	0	0.0000E00	15	0.8	0.5	1	0.5

Verifica a taglio

**RESISTENZA DI ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO (NTC08 §4.1.2.1.3.2)**

**Sollecitazioni**

sforzo di taglio sollecitante	$V_{Ed}$	545.00	kN
sforzo assiale sollecitante(+compressione;- trazione)	$N_{Ed}$	-572.00	kN

**Geometria della sezione**

diametro del palo	D	150.00	cm
(NTC08 §7.9.5.2.2) d equivalente $d = D/2 + D/\pi$	d	122.75	cm
area totale di calcestruzzo	$A_c$	11833.36	cmq

**Resistenza a taglio**

classe di resistenza del calcestruzzo		C35/45	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck}$	35.00	MPa
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	19.83	MPa
resistenza di calcolo a compressione ridotta	$f'_{cd}$	9.92	MPa
tipo di acciaio		B450C	
resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391.30	MPa
armatura longitudinale tesa	$A_{SL,tot}$	0.000	cmq
n° braccia armatura trasversale	$n_{b,sw}$	2	
diametro armatura trasversale	$\Phi_{sw}$	16	mm
passo armatura trasversale	s	25.00	cm
area armatura trasversale	$A_{sw}$	402.12	mm <sup>2</sup>
angolo armatura trasversale rispetto asse elemento	$\alpha$	90	°
angolo puntoni di cls rispetto asse elemento	$\vartheta$	45.0	°
	ctg $\alpha$	0.00	
$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.50$	ctg $\vartheta$	1.00	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \leq 0,2 \times f_{cd}$	$\sigma_{cp}$	-0.48	MPa
coeff. maggiorativo	$\alpha_c$	0.975628	
coeff. riduttivo per fessurazione a taglio	$\nu$	0.5	
resistenza a taglio-trazione	$V_{Rsd}$	695.32	kN
resistenza a taglio-compressione	$V_{Rcd}$	5151.94	kN
limite superiore della resistenza a taglio	$V_{Rd,max}$	5867.37	kN
<b>Resistenza a taglio con armatura specifica</b>	<b><math>V_{Rd}</math></b>	<b>695.32</b>	<b>kN</b>

**≥ V<sub>Ed</sub> - VERIFICATO**

## 10.5 PALI PORTATI

### 10.5.1 Sollecitazioni

Settore A KN;KNm	Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
	SLU B5	516	1070	-1	1070	-7	-699	699
	SLV Y A11	-1153	517	136	535	-428	-1192	1267
	SLU B9	244	-1240	0	1240	3	520	520
	SLU B9	156	44	1	44	3	4315	4315
Settore B KN;KNm	Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
	SLU B5	473	1163	-1	1163	-10	-78	79
	SLV Y A11	-1094	483	89	491	-331	-1118	1166
	SLU B9	210	-1209	0	1209	-2	556	556
	SLU B9	124	87	0	87	-1	4215	4215
Settore C KN;KNm	Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
	SLU B5	515	1027	-17	1028	-165	-528	553
	SLV Y A47	-1099	572	81	578	-323	-1444	1480
	SLU B8	250	-1228	-18	1228	84	2103	2104
	SLU B8	150	93	14	94	89	4581	4582
Settore D KN;KNm	Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
	SLU B5	784	1203	-14	1203	-139	197	241
	SLV Y A11	-1179	607	100	615	-475	-1605	1673
	SLU A27	129	1383	-9	1383	-130	1744	1749
	SLU B8	238	109	9	109	52	5276	5276
<b>MASSIMI TOTALI</b> KN;KNm	Comb.	N	Vy	Vz	Vcomb	My	Mz	Mcomb
	SLU B5	784	1203	-14	1203	-139	197	241
	SLV Y A11	-1179	607	100	615	-475	-1605	1673
	SLU A27	129	1383	-9	1383	-130	1744	1749
	SLU B8	238	109	9	109	52	5276	5276

## 10.5.2 Verifiche

$N_{min}$

### A INPUT

#### A.1 CROSS-SECTION PROPERTIES

Uncorroded pile outer diameter	d	=	<b>1524</b>	mm
Uncorroded pile wall thickness	t	=	<b>12.5</b>	mm
Corrosion loss of the section (internal faces)		=	<b>0</b>	mm
Corrosion loss of the section external faces)		=	<b>1.75</b>	mm

Properties	Symbols	Uncorroded	Corroded	Unit
Outer diameter	d	1524	1520.5	mm
Inner diameter	di	1499	1499	mm
Wall thickness	t	12.5	10.75	mm
Cross-sectional area	A	59356	50987	mm <sup>2</sup>
Tube weight	W	466	400	kg/m
Moment of inertia	I	1.70E+10	1.45E+10	mm <sup>4</sup>
Elastic Modulus	Z	22246879	19109488	mm <sup>3</sup>
Plastic Modulus	S	28558554	24503374	mm <sup>3</sup>
Radius of cylinder middle surface	r	755.75	754.875	mm

#### A.2 MATERIAL PROPERTIES

Ultimate Yield Strength	$f_{yk}$	=	<b>355</b>	MPa
Modulus of Elasticity	E	=	<b>210000</b>	MPa

EC3-1-6 - §D.1.2.2 (2) - Table D.2

Quality class

**B**

Fabrication quality parameter

Q = 25

EC3-1-1 - Table 5.2 (sheet 3 of 3)

Classification of section:

$\epsilon = (235/f_{yk})^{0.5} = 0.81$

		Uncorroded	Corroded
<b>d/t ratio</b>		121.9	141.4
Class	d/t limit	Section classification	
1	33.1	-	-
2	46.3	-	-
3	59.6	-	-
4	-	CLASS 4	CLASS 4

#### A.3 MEMBER LENGTH AND BOUNDARY CONDITION

Length of cylinder between boundary conditions	L	=	<b>15.5</b>	m
Member end 1 boundary condition		=	<b>3</b>	w ≠ 0 and u ≠ 0
Member end 2 boundary condition		=	<b>1</b>	w = 0 and u = 0

#### A.4 PARTIAL SAFETY FACTOR

Partial safety factor for cross section	$\gamma_{M0}$	=	<b>1.05</b>
Partial safety factor for member instability	$\gamma_{M1}$	=	<b>1.05</b>
Partial safety factor for cross section in tension	$\gamma_{M2}$	=	<b>1.25</b>

EC3-1-6 - §6.2.2 - Equation 6.5

Design value of resistance  $f_{eq,Rd} = f_{yd} = 338.095$  Mpa

#### A.5 STRESS COMPUTATION METHODS

**Buckling verification is based on Appendix A Shell expressions**

**A.6 CO-EXISTING ULTIMATE DESIGN FORCE**

Design Maximum Axial Force (negative for tension)	$N_{Ed} =$	<b>-784</b>	kN
Design Maximum Shear (z)	$V_{z,Ed} =$	<b>1203</b>	kN
Design Maximum Shear (y)	$V_{y,Ed} =$	<b>-14</b>	kN
Resultant Shear	$V_{Ed} =$	1203	kN
Design Maximum Torsion (x)	$M_{x,Ed} =$	<b>0</b>	kNm
Design Maximum Bending Moment (z)	$M_{z,Ed} =$	<b>-139</b>	kNm
Design Maximum Bending Moment (y)	$M_{y,Ed} =$	<b>197</b>	kNm
Design Resultant Bending Moment	$M_{Ed} =$	241	kNm
Internal friction	$=$	-	kPa
External/Internal Pressure (Hoop/Circumferential stress)	$=$	<b>0</b>	kPa

**B SUMMARY OF DESIGN RESULTS**

C.2 (LS1) Plastic Limit State  
 $\sigma_{eq,Ed} / f_{eq,Rd} = 0.26$  **OK**

C.3.1 (LS3) Stress Limitation - Meridional buckling  
 $\sigma_{x,Ed} / \sigma_{x,Rd} = 0.10$  **OK**

C.3.2 (LS3) Stress Limitation - Circumferential buckling  
 $\sigma_{\theta,Ed} / \sigma_{\theta,Rd} = 0.00$  **OK**

C.3.3 (LS3) Stress Limitation - Shear buckling  
 $\tau_{\theta,Ed} / \tau_{x\theta,Rd} = 0.46$  **OK**

C.5 (LS3) EC3-1-6 - 8.5.3(3) - Eqn. 8.19 - Buckling Interaction Verification  
 $(\sigma_{x,Ed} / \sigma_{x,Rd})^{k\sigma} - k_i (\sigma_{x,Ed} - \sigma_{x,Rd}) (\sigma_{\theta,Ed} / \sigma_{\theta,Rd}) + (\sigma_{\theta,Ed} / \sigma_{\theta,Rd})^{k\theta} + (\tau_{x\theta,Ed} / \tau_{x\theta,Rd})^{k\tau} =$   
 $= 0.30$  **OK** using Appendix D parameters  
 $= 0.31$  **OK** using conservative parameters

using Appendix D parameters

Terms of Equation 8.19 using conservative parameters	Utilisation	% Contribution
Component of Meridional utilisation factor	0.01	4.9%
Component of Meridional / Circumferential cross product utilisation factor	0.00	0.0%
Component of Circumferential utilisation factor	0.00	0.0%
Component of Shear utilisation factor	0.28	95.1%
<b>UTILISATION FACTOR</b>	<b>0.30</b>	<b>100%</b>

**C DESIGN CALCULATION**

EC3-1-6 - Annex A - §A.2

**C.1 UNSTIFFENED CYLINDRICAL SHELL**

A.2.1	Uniform axial load from $F_x$ , meridional stress	$\sigma_{xn} =$	15.4	MPa
A.2.2	Axial load from M, meridional stress	$\sigma_{xb} =$	12.5	MPa
	Meridional stress	$\sigma_{xEd} =$	27.9	MPa
	$n_{x,Ed \max} = \sigma_x t$ (compression)	$n_x =$	300.0	MPa/mm
A.2.3	Internal Friction	$=$	0.0	(not implemented)
	Internal pressure	$\sigma_{\theta,Ed} =$	0.0	MPa
	$n_{\theta,Ed} = \sigma_{\theta,Ed} t$	$n_{\theta} =$	0.0	MPa/mm
A.2.6	Uniform Shear from Torsion	$\tau_{\theta} =$	0.0	MPa

	$n_{\theta,Ed \max} = \tau_{\theta} t$	$n_{\theta} = 0.0$	MPa/mm
A.2.7	Shear from Transverse Force	$\tau_{\max} = 47.2$	MPa
	$n_{x\theta} = \tau_{\max} t$	$n_{x\theta} = 507.3$	MPa/mm
		$t_{x\theta,Ed} = 47.2$	MPa

EC3-1-6 - §6

**C.2 PLASTIC LIMIT STATE (LS1)**

6.2.1 (1)	Elastic stress design - lower bound theorem		
6.2.1 (5)	Equivalent design stress $\sigma_{eq,Ed} = (1/t)(n_{x,Ed}^2 + n_{\theta,Ed}^2 - n_{x,Ed} n_{\theta,Ed} + 3n_{x\theta,Ed}^2)^{0.5}$	$\sigma_{eq,Ed} = 86.4$	MPa
6.2.3 (1)	Stress Limitation	$\sigma_{eq,Ed} = 86.4$	MPa
		$f_{eq,Ed} = 338.1$	MPa
eqn 6.6	$\sigma_{eq,Ed} \leq f_{eq,Rd}$		<b>OK</b>

EC3-1-6 - §8.5.2

**C.3 BUCKLING LIMIT STATE (LS3)**

**C.3.1 MERIDIONAL BUCKLING**

D.1.2.2 (5)	Meridional shell buckling check requirement	$r/t = 70.2$	
	$r/t \leq 0.03 (E / f_{yk})$	$0.03 (E / f_{yk}) = 17.7$	<b>Check Required</b>
D.1.2.1 (2)	Dimensionless length parameter $\omega = l / (rt)^{0.5}$	$\omega = 172.1$	
D.1.2.1	Check length of cylinder		= LONG
Eqn D.3	Medium $1.7 \leq \omega \leq 0.5 r/t$		
Eqn D.5	Short $\omega \leq 1.7$		
Eqn D.7	Long $\omega > 0.5 r/t$		
D.1.2.1 (7)	Check long cylinder special condition		
	$r/t \leq 150$	=	TRUE
	$\omega \leq 6 (r/t)$	=	TRUE
	$500 \leq E/f_{yk} \leq 1000$	=	TRUE
			<b>TRUE</b>
D.1.2.1 - Eqn D.4, D.6, D.8	Factor $C_x$	$C_x = 0.60$	
Table D.2	Only for long cylinders	$C_{xb} = 1$	
D.1.2.1 (7) - Equation D.12 (Only for long cylinders that satisfy the special conditions)	Meridional design value of $C_x$	$C_x = 0.78$	
		$\sigma_{xE} = 27.9$	MPa
		$\sigma_{xE,M} = 12.5$	MPa
D.1.2.1 (3) - Equation D.2	Elastic Critical Meridional Buckling Stress		
	$\sigma_{x,Rcr} = 0.605 E C_x t / r$	$\sigma_{x,Rcr} = 1410.5$	MPa
8.5.2 (6) - Equation 8.17	Relative slenderness of the shell		
	$\lambda_{xk} = (f_{yk} / \sigma_{x,Rc})^{0.5}$	$\lambda_{xk} = 0.5$	

	<i>D.1.2.2 (3) - Equation D.16</i>				
	Meridional squash limit slenderness	$\lambda_{x0}$	=	0.2	
	Plastic range factor	$\beta$	=	0.6	
	Interaction exponent	$\eta$	=	1.0	
	<i>D.1.2.2 (1) - Equation D.15</i>				
	Characteristic imperfection amplitude				
	$\Delta_{wk} = t / Q (r / t)^{0.5}$	$\Delta_{wk}$	=	3.60	mm
	<i>D.1.2.2 (1) - Equation D.14</i>				
	Meridional elastic imperfection factor				
	$\alpha_x = 0.62 / (1 + 1.91 (\Delta_{wk} / t)^{1.44})$	$\alpha_x$	=	0.44	
	<i>8.5.2 (5) - Equation 8.16</i>				
	Plastic limit relative slenderness				
	$\lambda_p = (\alpha / (1 - \beta))^{0.5}$	$\lambda_p$	=	1.05	
8.5.2 (4)	Meridional Shell Buckling Parameter	$\chi_x$	=	0.81	
Eqn 8.13	se $\lambda_x \leq \lambda_{x0}$	FALSE			
Eqn 8.14	se $\lambda_{x0} < \lambda_x < \lambda_p$	TRUE			
Eqn 8.15	se $\lambda_x \geq \lambda_p$	FALSE			
8.5.2 (3)	Characteristic Meridional Buckling Stress				
	$\sigma_{x,Rk} = \chi_x f_{yk}$	$\sigma_{x,Rk}$	=	287.4	MPa
8.5.3 (2)	Stress limitation				
		$\sigma_{x,Ed}$	=	27.9	MPa
		$\sigma_{x,Rd}$	=	273.7	MPa
Eqn 6.6	$\sigma_{x,Ed} \leq \sigma_{x,Rd}$			<b>OK</b>	
<b>C.3.2 CIRCUMFERENTIAL BUCKLING</b>					
D.1.3.2 (3)	Circumferential shell buckling check requirement				
		$r/t$	=	70.2	
		$0.21 (E / f_{yk})^{0.5}$	=	5.1	
	$r/t \leq 0.21 (E / f_{yk})^{0.5}$				<b>Check Required</b>
D.1.3.1 (2)	Dimensionless length parameter				
	$\omega = l / (rt)^{0.5}$	$\omega$	=	172.1	
Table D.3	External pressure buckling factor for medium-length cylinders	$C_\theta$	=	0.00	
Table D.4	External pressure buckling factor for short cylinders	$C_{\theta s}$	=	0.60	
D.1.3.1	Check length of cylinder: condition		=	LONG	
Eqn D.20	Medium $20 \leq \omega / C_\theta \leq 1.63 r/t$				
Eqn D.22	Short $\omega / C_\theta < 20$				
Eqn D.24	Long $\omega / C_\theta > 1.63 r/t$				
D.1.3.1	Elastic critical circumferential buckling stress				
Eqn D.21	Medium $\sigma_{\theta,Rcr} = 0.92 E (C_\theta / \omega) (t / r)$		=	FALSE	MPa
Eqn D.23	Short $\sigma_{\theta,Rcr} = 0.92 E (C_{\theta s} / \omega) (t / r)$		=	FALSE	MPa
Eqn D.25	Long $\sigma_{\theta,Rcr} = E (t / r)^2 (0.275 + 2.03 ((C_\theta / \omega) (r / t))^4)$		=	11.7	MPa
		$\sigma_{\theta,Rcr}$	=	11.7	MPa
	<i>§8.5.2 (6) - Equation 8.17</i>				
	Relative Slenderness of the shell				
	$\lambda_\theta = (f_{yk} / \sigma_{\theta,Rc})^{0.5}$	$\lambda_\theta$	=	5.51	

	<i>D.1.3.2 (2) - Equation D.26</i>			
	Circumferential squash limit slenderness	$\lambda_{\theta 0} =$	0.4	
	Plastic range factor	$\beta =$	0.6	
	Interaction exponent	$\eta =$	1.0	
<i>Table D.5</i>	Circumferential elastic imperfection reduction factor	$\alpha_{\theta} =$	0.65	
	<i>§8.5.2 (5) - Equation 8.16</i>			
	Plastic limit relative slenderness			
	$\lambda_{\theta p} = (\alpha_{\theta} / (1 - \beta))^{0.5}$	$\lambda_{\theta p} =$	1.27	
<i>8.5.2 (4)</i>	Circumferential Shell Buckling Parameter	$\chi_{\theta} =$	0.02	
<i>Eqn 8.13</i>	se $\lambda_{\theta} \leq \lambda_{\theta 0}$	FALSE		
<i>Eqn 8.14</i>	se $\lambda_{\theta 0} < \lambda_{\theta} < \lambda_{\theta p}$	FALSE		
<i>Eqn 8.15</i>	se $\lambda_{\theta} \geq \lambda_{\theta p}$	TRUE		
<i>8.5.2 (3)</i>	Characteristic Circumferential Buckling Stress			
	$\sigma_{\theta, Rk} = \chi_{\theta} f_{yk}$	$\sigma_{\theta, Rk} =$	7.6	MPa
<i>8.5.3 (2)</i>	Stress limitation			
		$\sigma_{\theta, Ed} =$	0.0	MPa
		$\sigma_{\theta, Rd} =$	7.3	MPa
<i>Eqn 6.6</i>	$\sigma_{\theta, Ed} \leq \sigma_{\theta, Rd}$			<b>OK</b>

### C.3.3 SHEAR BUCKLING

<i>D.1.4.2 (3)</i>	Shear shell buckling check requirement			
		$r/t =$	70.2	
		$0.16 (E / f_{yk})^{0.67} =$	11.5	
	$r/t \leq 0.16 (E / f_{yk})^{0.67}$			<b>Check Required</b>
<i>D.1.3.1 (2)</i>	Dimensionless length parameter			
	$\omega = l / (rt)^{0.5}$	$\omega =$	172.1	
<i>D.1.4.1</i>	Check length of cylinder: condition			<b>= MEDIUM</b>
<i>Eqn D.33</i>	Medium $10 \leq \omega \leq 8.7 r/t$			
<i>Eqn D.35</i>	Short $\omega < 10$			
<i>Eqn D.37</i>	Long $\omega > 8.7 r/t$			
<i>D.1.4.1 - Eqn D.34, D.36, D.38</i>	Factor $C_{\tau}$	$C_{\tau} =$	1	
<i>D.1.4.1 (3) - Equation D.32</i>	Elastic Critical Shear Buckling Stress			
	$\tau_{x\theta, Rcr} = 0.75 E C_{\tau} (1/\omega)^{0.5} t / r$	$\tau_{x\theta, Rcr} =$	171.0	MPa
<i>8.5.2 (6) - Equation 8.17</i>	Relative slenderness of the shell			
	$\lambda_{\tau} = ((f_{yk} / 3^{0.5}) / \tau_{x\theta, Rcr})^{0.5}$	$\lambda_{\tau} =$	1.09	
<i>D.1.4.2 (2) - Equation D.39</i>	Shear squash limit slenderness	$\lambda_{\tau 0} =$	0.4	
	Plastic range factor	$\beta =$	0.6	
	Interaction exponent	$\eta =$	1.0	
<i>Table D.6</i>	Shear elastic imperfection factor	$\alpha_{\tau} =$	0.65	
	<i>8.5.2 (5) - Equation 8.16</i>			
	Plastic limit relative slenderness			

	$\lambda_p = (\alpha_r / (1 - \beta))^{0.5}$	$\lambda_p = 1.27$	
8.5.2 (4)	Shear Shell Buckling Parameter	$\chi_\tau = 0.52$	
Eqn 8.13	se $\lambda_\tau \leq \lambda_{\tau 0}$	FALSE	
Eqn 8.14	se $\lambda_{\tau 0} < \lambda_\tau < \lambda_{\tau p}$	TRUE	
Eqn 8.15	se $\lambda_\tau \geq \lambda_{\tau p}$	FALSE	
8.5.2 (3)	Characteristic Shear Buckling Stress	$\tau_{x\theta,Rk} = 107.3$	MPa
	$\tau_{x\theta,Rk} = \chi_x f_{yk} / 3^{0.5}$		
8.5.3 (2)	Stress limitation	$\tau_{x\theta,Ed} = 47.2$	MPa
		$\tau_{x\theta,Rd} = 102.2$	MPa
Eqn 6.6	$\tau_{x\theta,Ed} \leq \tau_{x\theta,Rd}$	<b>OK</b>	
D.1.6 (2)	Length parameter $l_R = \min(0.1 L ; 0.16 r (r/t)^{0.5})$	$l_R = 1012$	mm
D.1.6 (4)	Free length $l_f = L - 2 l_R$	$l_f = 13476$	mm
D.1.6 (5)	For a long cylinder $l_{int} = 1.3 r (r/t)^{0.5}$	$l_{int} = 8223$	mm

**C.4 SUMMARY OF THE BUCKLING LIMIT STATE (LS3) CALCULATION**

Meridional Buckling factor	$\chi_x = 0.81$	
Circumferential Buckling factor	$\chi_\theta = 0.02$	
Shear Buckling factor	$\chi_\tau = 0.52$	
Meridional Design Stress	$\sigma_{x,Ed} = 27.9$	MPa
Meridional Design Resistance	$\sigma_{x,Rd} = 273.7$	MPa
Circumferential Design Stress	$\sigma_{\theta,Ed} = 0.0$	MPa
Circumferential Design Resistance	$\sigma_{\theta,Rd} = 7.3$	MPa
Shear Design Stress	$\tau_{x\theta,Ed} = 47.2$	MPa
Shear Design Resistance	$\tau_{x\theta,Rd} = 102.2$	MPa

EC3-1-6

**C.5 BUCKLING INTERACTION VERIFICATION**

<i>Appendix D buckling interaction parameters</i>			
Eqn D.46	$k_x = 1.25 + 0.75 \chi_x$	$k_x = 1.86$	
Eqn D.47	$k_\theta = 1.25 + 0.75 \chi_\theta$	$k_\theta = 1.27$	
Eqn D.48	$k_\tau = 1.25 + 0.75 \chi_\tau$	$k_\tau = 1.64$	
Eqn D.49	$k_i = (\chi_x \chi_\theta)^2$	$k_i = 0.00$	
<i>Conservative buckling interaction parameters</i>			
Eqn 8.20	$k_x = 1 + \chi_x^2$	$k_x = 1.66$	
Eqn 8.21	$k_\theta = 1 + \chi_\theta^2$	$k_\theta = 1.00$	
Eqn 8.22	$k_\tau = 1.5 + 0.5 \chi_\tau^2$	$k_\tau = 1.64$	
Eqn 8.23	$k_i = (\chi_x \chi_\theta)^2$	$k_i = 0.00$	
Eqn 8.19	$(\sigma_{x,Ed} / \sigma_{x,Rd})^{k_x} - k_i (\sigma_{x,Ed} - \sigma_{x,Rd}) (\sigma_{\theta,Ed} / \sigma_{\theta,Rd}) + (\sigma_{\theta,Ed} / \sigma_{\theta,Rd})^{k_\theta} + (\tau_{x\theta,Ed} / \tau_{x\theta,Rd})^{k_\tau} \leq 1.0$		
	Eqn 8.19 using Appendix D buckling interaction parameters	= 0.30	
	Eqn 8.19 using conservative buckling interaction parameters	= 0.31	

**N<sub>max</sub>**

**A INPUT**

**A.1 CROSS-SECTION PROPERTIES**

Uncorroded pile outer diameter  $d = 1524$  mm  
 Uncorroded pile wall thickness  $t = 12.5$  mm  
 Corrosion loss of the section (internal faces)  $= 0$  mm  
 Corrosion loss of the section external faces)  $= 1.75$  mm

Properties	Symbols	Uncorroded	Corroded	Unit
Outer diameter	d	1524	1520.5	mm
Inner diameter	di	1499	1499	mm
Wall thickness	t	12.5	10.75	mm
Cross-sectional area	A	59356	50987	mm <sup>2</sup>
Tube weight	W	466	400	kg/m
Moment of inertia	I	1.70E+10	1.45E+10	mm <sup>4</sup>
Elastic Modulus	Z	22246879	19109488	mm <sup>3</sup>
Plastic Modulus	S	28558554	24503374	mm <sup>3</sup>
Radius of cylinder middle surface	r	755.75	754.875	mm

**A.2 MATERIAL PROPERTIES**

Ultimate Yield Strength  $f_{yk} = 355$  MPa  
 Modulus of Elasticity  $E = 210000$  MPa

*EC3-1-6 - §D.1.2.2 (2) - Table D.2*

Quality class

Fabrication quality parameter

**B**  
 $Q = 25$

*EC3-1-1 - Table 5.2 (sheet 3 of 3)*

Classification of section:

$$\epsilon = (235/f_{yk})^{0.5} = 0.81$$

		Uncorroded	Corroded
<b>d/t ratio</b>		121.9	141.4
Class	d/t limit	Section classification	
1	33.1	-	-
2	46.3	-	-
3	59.6	-	-
4	-	CLASS 4	CLASS 4

**A.3 MEMBER LENGTH AND BOUNDARY CONDITION**

Length of cylinder between boundary conditions  $L = 15.5$  m  
 Member end 1 boundary condition  $= 3$   $w \neq 0$  and  $u \neq 0$   
 Member end 2 boundary condition  $= 1$   $w = 0$  and  $u = 0$

**A.4 PARTIAL SAFETY FACTOR**

Partial safety factor for cross section  $\gamma_{M0} = 1.05$   
 Partial safety factor for member instability  $\gamma_{M1} = 1.05$   
 Partial safety factor for cross section in tension  $\gamma_{M2} = 1.25$

*EC3-1-6 - §6.2.2 - Equation 6.5*

Design value of resistance

$$f_{eq,Rd} = f_{yd} = 338.095 \text{ Mpa}$$

**A.5 STRESS COMPUTATION METHODS**

**Buckling verification is based on Appendix A Shell expressions**

**A.6 CO-EXISTING ULTIMATE DESIGN FORCE**

Design Maximum Axial Force (negative for tension)	$N_{Ed} =$	<b>1179</b>	kN
Design Maximum Shear (z)	$V_{z,Ed} =$	<b>607</b>	kN
Design Maximum Shear (y)	$V_{y,Ed} =$	<b>100</b>	kN
Resultant Shear	$V_{Ed} =$	<b>615</b>	kN
Design Maximum Torsion (x)	$M_{x,Ed} =$	<b>0</b>	kNm
Design Maximum Bending Moment (z)	$M_{z,Ed} =$	<b>-475</b>	kNm
Design Maximum Bending Moment (y)	$M_{y,Ed} =$	<b>-1605</b>	kNm
Design Resultant Bending Moment	$M_{Ed} =$	<b>1674</b>	kNm
Internal friction	$=$	<b>-</b>	kPa
External/Internal Pressure (Hoop/Circumferential stress)	$=$	<b>0</b>	kPa

**B SUMMARY OF DESIGN RESULTS**

C.2 (LS1) Plastic Limit State  
 $\sigma_{eq,Ed} / f_{eq,Rd} = 0.23$  **OK**

C.3.1 (LS3) Stress Limitation - Meridional buckling  
 $\sigma_{x,Ed} / \sigma_{x,Rd} = 0.20$  **OK**

C.3.2 (LS3) Stress Limitation - Circumferential buckling  
 $\sigma_{\theta,Ed} / \sigma_{\theta,Rd} = 0.00$  **OK**

C.3.3 (LS3) Stress Limitation - Shear buckling  
 $\tau_{\theta,Ed} / \tau_{x\theta,Rd} = 0.24$  **OK**

C.5 (LS3) EC3-1-6 - 8.5.3(3) - Eqn. 8.19 - Buckling Interaction Verification  
 $(\sigma_{x,Ed} / \sigma_{x,Rd})^{k\alpha} - k_i (\sigma_{x,Ed} - \sigma_{x,Rd}) (\sigma_{\theta,Ed} / \sigma_{\theta,Rd}) + (\sigma_{\theta,Ed} / \sigma_{\theta,Rd})^{k\beta} + (\tau_{x\theta,Ed} / \tau_{x\theta,Rd})^{k\gamma} =$   
 $= 0.14$  **OK** using Appendix D parameters  
 $= 0.14$  **OK** using conservative parameters

using Appendix D parameters

Terms of Equation 8.19 using conservative parameters	Utilisation	% Contribution
Component of Meridional utilisation factor	0.04	32.1%
Component of Meridional / Circumferential cross product utilisation factor	0.00	0.0%
Component of Circumferential utilisation factor	0.00	0.0%
Component of Shear utilisation factor	0.09	67.9%
<b>UTILISATION FACTOR</b>	<b>0.14</b>	<b>100%</b>

**C DESIGN CALCULATION**

EC3-1-6 - Annex A - §A.2

**C.1 UNSTIFFENED CYLINDRICAL SHELL**

A.2.1	Uniform axial load from $F_x$ , meridional stress	$\sigma_{xn} =$	-23.1	MPa
A.2.2	Axial load from M, meridional stress	$\sigma_{xb} =$	87.0	MPa
	Meridional stress	$\sigma_{xEd} =$	63.9	MPa
	$n_{x,Ed \max} = \sigma_x t$ (compression)	$n_x =$	686.4	MPa/mm
A.2.3	Internal Friction	$=$	0.0	(not implemented)
	Internal pressure	$\sigma_{\theta,Ed} =$	0.0	MPa
	$n_{\theta,Ed} = \sigma_{\theta,Ed} t$	$n_{\theta} =$	0.0	MPa/mm
A.2.6	Uniform Shear from Torsion	$\tau_{\theta} =$	0.0	MPa

	$n_{\theta,Ed \max} = \tau_{\theta} t$	$n_{\theta} =$	0.0	MPa/mm
A.2.7	Shear from Transverse Force	$\tau_{\max} =$	24.1	MPa
	$n_{x\theta} = \tau_{\max} t$	$n_{x\theta} =$	259.4	MPa/mm
		$t_{x\theta,Ed} =$	24.1	MPa

EC3-1-6 - §6

**C.2 PLASTIC LIMIT STATE (LS1)**

6.2.1 (1)	Elastic stress design - lower bound theorem			
6.2.1 (5)	Equivalent design stress $\sigma_{eq,Ed} = (1/t)(n_{x,Ed}^2 + n_{\theta,Ed}^2 - n_{x,Ed}n_{\theta,Ed} + 3n_{x\theta,Ed}^2)^{0.5}$	$\sigma_{eq,Ed} =$	76.3	MPa
6.2.3 (1)	Stress Limitation	$\sigma_{eq,Ed} =$	76.3	MPa
		$f_{eq,Ed} =$	338.1	MPa
eqn 6.6	$\sigma_{eq,Ed} \leq f_{eq,Rd}$			<b>OK</b>

EC3-1-6 - §8.5.2

**C.3 BUCKLING LIMIT STATE (LS3)**

**C.3.1 MERIDIONAL BUCKLING**

D.1.2.2 (5)	Meridional shell buckling check requirement			
	$r/t \leq 0.03 (E / f_{yk})$	$r/t =$	70.2	
		$0.03 (E / f_{yk}) =$	17.7	<b>Check Required</b>
D.1.2.1 (2)	Dimensionless length parameter $\omega = l / (rt)^{0.5}$	$\omega =$	172.1	
D.1.2.1	Check length of cylinder	$=$	LONG	
Eqn D.3	Medium $1.7 \leq \omega \leq 0.5 r/t$			
Eqn D.5	Short $\omega \leq 1.7$			
Eqn D.7	Long $\omega > 0.5 r/t$			
D.1.2.1 (7)	Check long cylinder special condition	$r/t \leq 150$	$=$	TRUE
		$\omega \leq 6 (r/t)$	$=$	TRUE
		$500 \leq E/f_{yk} \leq 1000$	$=$	TRUE
				<b>TRUE</b>
	D.1.2.1 - Eqn D.4, D.6, D.8			
Table D.2	Factor $C_x$	$C_x =$	0.60	
	Only for long cylinders	$C_{xb} =$	1	
	D.1.2.1 (7) - Equation D.12 (Only for long cylinders that satisfy the special conditions)			
	Meridional design value of $C_x$	$C_x =$	1.14	
		$\sigma_{xE} =$	63.9	MPa
		$\sigma_{xE,M} =$	87.0	MPa
	D.1.2.1 (3) - Equation D.2			
	Elastic Critical Meridional Buckling Stress			
	$\sigma_{x,Rcr} = 0.605 E C_x t / r$	$\sigma_{x,Rcr} =$	2071.4	MPa
	8.5.2 (6) - Equation 8.17			
	Relative slenderness of the shell			
	$\lambda_{xk} = (f_{yk} / \sigma_{x,Rc})^{0.5}$	$\lambda_{xk} =$	0.4	

	<i>D.1.2.2 (3) - Equation D.16</i>				
	Meridional squash limit slenderness	$\lambda_{x0}$	=	0.3	
	Plastic range factor	$\beta$	=	0.6	
	Interaction exponent	$\eta$	=	1.0	
	<i>D.1.2.2 (1) - Equation D.15</i>				
	Characteristic imperfection amplitude				
	$\Delta_{wk} = t / Q (r / t)^{0.5}$	$\Delta_{wk}$	=	3.60	mm
	<i>D.1.2.2 (1) - Equation D.14</i>				
	Meridional elastic imperfection factor				
	$\alpha_x = 0.62 / (1 + 1.91 (\Delta_{wk} / t)^{1.44})$	$\alpha_x$	=	0.44	
	<i>8.5.2 (5) - Equation 8.16</i>				
	Plastic limit relative slenderness				
	$\lambda_p = (\alpha / (1 - \beta))^{0.5}$	$\lambda_p$	=	1.05	
8.5.2 (4)	Meridional Shell Buckling Parameter	$\chi_x$	=	0.93	
Eqn 8.13	se $\lambda_x \leq \lambda_{x0}$	FALSE			
Eqn 8.14	se $\lambda_{x0} < \lambda_x < \lambda_p$	TRUE			
Eqn 8.15	se $\lambda_x \geq \lambda_p$	FALSE			
8.5.2 (3)	Characteristic Meridional Buckling Stress				
	$\sigma_{x,Rk} = \chi_x f_{yk}$	$\sigma_{x,Rk}$	=	331.9	MPa
8.5.3 (2)	Stress limitation				
		$\sigma_{x,Ed}$	=	63.9	MPa
		$\sigma_{x,Rd}$	=	316.1	MPa
Eqn 6.6	$\sigma_{x,Ed} \leq \sigma_{x,Rd}$			<b>OK</b>	
<b>C.3.2 CIRCUMFERENTIAL BUCKLING</b>					
D.1.3.2 (3)	Circumferential shell buckling check requirement				
		$r/t$	=	70.2	
		$0.21 (E / f_{yk})^{0.5}$	=	5.1	
	$r/t \leq 0.21 (E / f_{yk})^{0.5}$				<b>Check Required</b>
D.1.3.1 (2)	Dimensionless length parameter				
	$\omega = l / (rt)^{0.5}$	$\omega$	=	172.1	
Table D.3	External pressure buckling factor for medium-length cylinders	$C_\theta$	=	0.00	
Table D.4	External pressure buckling factor for short cylinders	$C_{\theta s}$	=	0.60	
D.1.3.1	Check length of cylinder: condition		=	LONG	
Eqn D.20	Medium $20 \leq \omega / C_\theta \leq 1.63 r/t$				
Eqn D.22	Short $\omega / C_\theta < 20$				
Eqn D.24	Long $\omega / C_\theta > 1.63 r/t$				
D.1.3.1	Elastic critical circumferential buckling stress				
Eqn D.21	Medium $\sigma_{\theta,Rcr} = 0.92 E (C_\theta / \omega) (t / r)$		=	FALSE	MPa
Eqn D.23	Short $\sigma_{\theta,Rcr} = 0.92 E (C_{\theta s} / \omega) (t / r)$		=	FALSE	MPa
Eqn D.25	Long $\sigma_{\theta,Rcr} = E (t / r)^2 (0.275 + 2.03 ((C_\theta / \omega) (r / t))^4)$		=	11.7	MPa
		$\sigma_{\theta,Rcr}$	=	11.7	MPa
	<i>§8.5.2 (6) - Equation 8.17</i>				
	Relative Slenderness of the shell				
	$\lambda_\theta = (f_{yk} / \sigma_{\theta,Rc})^{0.5}$	$\lambda_\theta$	=	5.51	

	<i>D.1.3.2 (2) - Equation D.26</i>			
	Circumferential squash limit slenderness	$\lambda_{\theta 0}$	=	0.4
	Plastic range factor	$\beta$	=	0.6
	Interaction exponent	$\eta$	=	1.0
<i>Table D.5</i>	Circumferential elastic imperfection reduction factor	$\alpha_{\theta}$	=	0.65
	<i>§8.5.2 (5) - Equation 8.16</i>			
	Plastic limit relative slenderness			
	$\lambda_{\theta p} = (\alpha_{\theta} / (1 - \beta))^{0.5}$	$\lambda_{\theta p}$	=	1.27
<i>8.5.2 (4)</i>	Circumferential Shell Buckling Parameter	$\chi_{\theta}$	=	0.02
<i>Eqn 8.13</i>	se $\lambda_{\theta} \leq \lambda_{\theta 0}$	FALSE		
<i>Eqn 8.14</i>	se $\lambda_{\theta 0} < \lambda_{\theta} < \lambda_{\theta p}$	FALSE		
<i>Eqn 8.15</i>	se $\lambda_{\theta} \geq \lambda_{\theta p}$	TRUE		
<i>8.5.2 (3)</i>	Characteristic Circumferential Buckling Stress			
	$\sigma_{\theta, Rk} = \chi_{\theta} f_{yk}$	$\sigma_{\theta, Rk}$	=	7.6 MPa
<i>8.5.3 (2)</i>	Stress limitation			
		$\sigma_{\theta, Ed}$	=	0.0 MPa
		$\sigma_{\theta, Rd}$	=	7.3 MPa
<i>Eqn 6.6</i>	$\sigma_{\theta, Ed} \leq \sigma_{\theta, Rd}$			<b>OK</b>
<b>C.3.3 SHEAR BUCKLING</b>				
<i>D.1.4.2 (3)</i>	Shear shell buckling check requirement			
		$r/t$	=	70.2
		$0.16 (E / f_{yk})^{0.67}$	=	11.5
	$r/t \leq 0.16 (E / f_{yk})^{0.67}$			<b>Check Required</b>
<i>D.1.3.1 (2)</i>	Dimensionless length parameter	$\omega$	=	172.1
	$\omega = l / (rt)^{0.5}$			
<i>D.1.4.1</i>	Check length of cylinder: condition		=	MEDIUM
<i>Eqn D.33</i>	Medium $10 \leq \omega \leq 8.7 r/t$			
<i>Eqn D.35</i>	Short $\omega < 10$			
<i>Eqn D.37</i>	Long $\omega > 8.7 r/t$			
<i>D.1.4.1 - Eqn D.34, D.36, D.38</i>	Factor $C_{\tau}$	$C_{\tau}$	=	1
<i>D.1.4.1 (3) - Equation D.32</i>	Elastic Critical Shear Buckling Stress			
	$\tau_{x\theta, Rcr} = 0.75 E C_{\tau} (1/\omega)^{0.5} t / r$	$\tau_{x\theta, Rcr}$	=	171.0 MPa
<i>8.5.2 (6) - Equation 8.17</i>	Relative slenderness of the shell			
	$\lambda_{\tau} = ((f_{yk} / 3^{0.5}) / \tau_{x\theta, Rc})^{0.5}$	$\lambda_{\tau}$	=	1.09
<i>D.1.4.2 (2) - Equation D.39</i>	Shear squash limit slenderness	$\lambda_{\tau 0}$	=	0.4
	Plastic range factor	$\beta$	=	0.6
	Interaction exponent	$\eta$	=	1.0
<i>Table D.6</i>	Shear elastic imperfection factor	$\alpha_{\tau}$	=	0.65
	<i>8.5.2 (5) - Equation 8.16</i>			
	Plastic limit relative slenderness			

	$\lambda_p = (\alpha_\tau / (1 - \beta))^{0.5}$	$\lambda_p = 1.27$	
8.5.2 (4)	Shear Shell Buckling Parameter	$\chi_\tau = 0.52$	
Eqn 8.13	se $\lambda_\tau \leq \lambda_{\tau 0}$	FALSE	
Eqn 8.14	se $\lambda_{\tau 0} < \lambda_\tau < \lambda_{\tau p}$	TRUE	
Eqn 8.15	se $\lambda_\tau \geq \lambda_{\tau p}$	FALSE	
8.5.2 (3)	Characteristic Shear Buckling Stress	$\tau_{x\theta,Rk} = 107.3$	MPa
	$\tau_{x\theta,Rk} = \chi_x f_{yk} / 3^{0.5}$		
8.5.3 (2)	Stress limitation	$\tau_{x\theta,Ed} = 24.1$	MPa
		$\tau_{x\theta,Rd} = 102.2$	MPa
Eqn 6.6	$\tau_{x\theta,Ed} \leq \tau_{x\theta,Rd}$	<b>OK</b>	
D.1.6 (2)	Length parameter $l_R = \min(0.1 L ; 0.16 r (r/t)^{0.5})$	$l_R = 1012$	mm
D.1.6 (4)	Free length $l_f = L - 2 l_R$	$l_f = 13476$	mm
D.1.6 (5)	For a long cylinder $l_{int} = 1.3 r (r/t)^{0.5}$	$l_{int} = 8223$	mm

#### C.4 SUMMARY OF THE BUCKLING LIMIT STATE (LS3) CALCULATION

Meridional Buckling factor	$\chi_x = 0.93$	
Circumferential Buckling factor	$\chi_\theta = 0.02$	
Shear Buckling factor	$\chi_\tau = 0.52$	
Meridional Design Stress	$\sigma_{x,Ed} = 63.9$	MPa
Meridional Design Resistance	$\sigma_{x,Rd} = 316.1$	MPa
Circumferential Design Stress	$\sigma_{\theta,Ed} = 0.0$	MPa
Circumferential Design Resistance	$\sigma_{\theta,Rd} = 7.3$	MPa
Shear Design Stress	$\tau_{x\theta,Ed} = 24.1$	MPa
Shear Design Resistance	$\tau_{x\theta,Rd} = 102.2$	MPa

EC3-1-6

#### C.5 BUCKLING INTERACTION VERIFICATION

<i>Appendix D buckling interaction parameters</i>			
Eqn D.46	$k_x = 1.25 + 0.75 \chi_x$	$k_x = 1.95$	
Eqn D.47	$k_\theta = 1.25 + 0.75 \chi_\theta$	$k_\theta = 1.27$	
Eqn D.48	$k_\tau = 1.25 + 0.75 \chi_\tau$	$k_\tau = 1.64$	
Eqn D.49	$k_i = (\chi_x \chi_\theta)^2$	$k_i = 0.00$	
<i>Conservative buckling interaction parameters</i>			
Eqn 8.20	$k_x = 1 + \chi_x^2$	$k_x = 1.87$	
Eqn 8.21	$k_\theta = 1 + \chi_\theta^2$	$k_\theta = 1.00$	
Eqn 8.22	$k_\tau = 1.5 + 0.5 \chi_\tau^2$	$k_\tau = 1.64$	
Eqn 8.23	$k_i = (\chi_x \chi_\theta)^2$	$k_i = 0.00$	
Eqn 8.19	$(\sigma_{x,Ed} / \sigma_{x,Rd})^{k_x} - k_i (\sigma_{x,Ed} - \sigma_{x,Rd}) (\sigma_{\theta,Ed} / \sigma_{\theta,Rd}) + (\sigma_{\theta,Ed} / \sigma_{\theta,Rd})^{k_\theta} + (\tau_{x\theta,Ed} / \tau_{x\theta,Rd})^{k_\tau} \leq 1.0$		
	Eqn 8.19 using Appendix D buckling interaction parameters	= 0.14	
	Eqn 8.19 using conservative buckling interaction parameters	= 0.14	

$V_{max}$

**A INPUT**

**A.1 CROSS-SECTION PROPERTIES**

Uncorroded pile outer diameter	d =	<b>1524</b>	mm
Uncorroded pile wall thickness	t =	<b>12.5</b>	mm
Corrosion loss of the section (internal faces)	=	<b>0</b>	mm
Corrosion loss of the section external faces)	=	<b>1.75</b>	mm

Properties	Symbols	Uncorroded	Corroded	Unit
Outer diameter	d	1524	1520.5	mm
Inner diameter	di	1499	1499	mm
Wall thickness	t	12.5	10.75	mm
Cross-sectional area	A	59356	50987	mm <sup>2</sup>
Tube weight	W	466	400	kg/m
Moment of inertia	I	1.70E+10	1.45E+10	mm <sup>4</sup>
Elastic Modulus	Z	22246879	19109488	mm <sup>3</sup>
Plastic Modulus	S	28558554	24503374	mm <sup>3</sup>
Radius of cylinder middle surface	r	755.75	754.875	mm

**A.2 MATERIAL PROPERTIES**

Ultimate Yield Strength	$f_{yk}$ =	<b>355</b>	MPa
Modulus of Elasticity	E =	<b>210000</b>	MPa

EC3-1-6 - §D.1.2.2 (2) - Table D.2

Quality class

Fabrication quality parameter

	<b>B</b>
Q =	25

EC3-1-1 - Table 5.2 (sheet 3 of 3)

Classification of section:

$$\epsilon = (235/f_{yk})^{0.5} = 0.81$$

		Uncorroded	Corroded
<b>d/t ratio</b>		121.9	141.4
<b>Class</b>	<b>d/t limit</b>	<b>Section classification</b>	
1	33.1	-	-
2	46.3	-	-
3	59.6	-	-
4	-	CLASS 4	CLASS 4

**A.3 MEMBER LENGTH AND BOUNDARY CONDITION**

Length of cylinder between boundary conditions	L =	<b>15.5</b>	m
Member end 1 boundary condition	=	<b>3</b>	w ≠ 0 and u ≠ 0
Member end 2 boundary condition	=	<b>1</b>	w = 0 and u = 0

**A.4 PARTIAL SAFETY FACTOR**

Partial safety factor for cross section	$\gamma_{M0}$ =	<b>1.05</b>
Partial safety factor for member instability	$\gamma_{M1}$ =	<b>1.05</b>
Partial safety factor for cross section in tension	$\gamma_{M2}$ =	<b>1.25</b>

EC3-1-6 - §6.2.2 - Equation 6.5

Design value of resistance

$$f_{eq,Rd} = f_{yd} = 338.095 \text{ Mpa}$$

**A.5 STRESS COMPUTATION METHODS**

**Buckling verification is based on Appendix A Shell expressions**

**A.6 CO-EXISTING ULTIMATE DESIGN FORCE**

Design Maximum Axial Force (negative for tension)	$N_{Ed} =$	<b>-129</b>	kN
Design Maximum Shear (z)	$V_{z,Ed} =$	<b>1383</b>	kN
Design Maximum Shear (y)	$V_{y,Ed} =$	<b>-9</b>	kN
Resultant Shear	$V_{Ed} =$	<b>1383</b>	kN
Design Maximum Torsion (x)	$M_{x,Ed} =$	<b>0</b>	kNm
Design Maximum Bending Moment (z)	$M_{z,Ed} =$	<b>-130</b>	kNm
Design Maximum Bending Moment (y)	$M_{y,Ed} =$	<b>1744</b>	kNm
Design Resultant Bending Moment	$M_{Ed} =$	<b>1749</b>	kNm
Internal friction	$=$	<b>-</b>	kPa
External/Internal Pressure (Hoop/Circumferential stress)	$=$	<b>0</b>	kPa

**B SUMMARY OF DESIGN RESULTS**

C.2 (LS1) Plastic Limit State  
 $\sigma_{eq,Ed} / f_{eq,Rd} = 0.39$  **OK**

C.3.1 (LS3) Stress Limitation - Meridional buckling  
 $\sigma_{x,Ed} / \sigma_{x,Rd} = 0.31$  **OK**

C.3.2 (LS3) Stress Limitation - Circumferential buckling  
 $\sigma_{\theta,Ed} / \sigma_{\theta,Rd} = 0.00$  **OK**

C.3.3 (LS3) Stress Limitation - Shear buckling  
 $\tau_{\theta,Ed} / \tau_{x\theta,Rd} = 0.53$  **OK**

C.5 (LS3) EC3-1-6 - 8.5.3(3) - Eqn. 8.19 - Buckling Interaction Verification  
 $(\sigma_{x,Ed} / \sigma_{x,Rd})^{k\sigma} - k_i (\sigma_{x,Ed} - \sigma_{x,Rd}) (\sigma_{\theta,Ed} / \sigma_{\theta,Rd}) + (\sigma_{\theta,Ed} / \sigma_{\theta,Rd})^{k\theta} + (\tau_{x\theta,Ed} / \tau_{x\theta,Rd})^{k\tau} =$   
 $= 0.46$  **OK** using Appendix D parameters  
 $= 0.48$  **OK** using conservative parameters

using Appendix D parameters

Terms of Equation 8.19 using conservative parameters	Utilisation	% Contribution
Component of Meridional utilisation factor	0.11	23.5%
Component of Meridional / Circumferential cross product utilisation factor	0.00	0.0%
Component of Circumferential utilisation factor	0.00	0.0%
Component of Shear utilisation factor	0.35	76.5%
<b>UTILISATION FACTOR</b>	<b>0.46</b>	<b>100%</b>

**C DESIGN CALCULATION**

EC3-1-6 - Annex A - §A.2

**C.1 UNSTIFFENED CYLINDRICAL SHELL**

A.2.1	Uniform axial load from $F_x$ , meridional stress	$\sigma_{xn} =$	2.5	MPa
A.2.2	Axial load from M, meridional stress	$\sigma_{xb} =$	90.9	MPa
	Meridional stress	$\sigma_{xEd} =$	93.4	MPa
	$n_{x,Ed \max} = \sigma_x t$ (compression)	$n_x =$	1004.1	MPa/mm
A.2.3	Internal Friction	$=$	0.0	(not implemented)
	Internal pressure	$\sigma_{\theta,Ed} =$	0.0	MPa
	$n_{\theta,Ed} = \sigma_{\theta,Ed} t$	$n_{\theta} =$	0.0	MPa/mm
A.2.6	Uniform Shear from Torsion	$\tau_{\theta} =$	0.0	MPa

	$n_{\theta,Ed\ max} = \tau_{\theta}t$	$n_{\theta} =$	0.0 MPa/mm
A.2.7	Shear from Transverse Force	$\tau_{max} =$	54.2 MPa
	$n_{x\theta} = \tau_{max}t$	$n_{x\theta} =$	583.2 MPa/mm
		$t_{x\theta,Ed} =$	54.2 MPa
<i>EC3-1-6 - §6</i>			
<b>C.2 PLASTIC LIMIT STATE (LS1)</b>			
6.2.1 (1)	Elastic stress design - lower bound theorem		
6.2.1 (5)	Equivalent design stress $\sigma_{eq,Ed} = (1/t)(n^2_{x,Ed} + n^2_{\theta,Ed} - n_{x,Ed}n_{\theta,Ed} + 3n^2_{x\theta,Ed})^{0.5}$	$\sigma_{eq,Ed} =$	132.5 MPa
6.2.3 (1)	Stress Limitation	$\sigma_{eq,Ed} =$	132.5 MPa
		$f_{eq,Ed} =$	338.1 MPa
eqn 6.6	$\sigma_{eq,Ed} \leq f_{eq,Rd}$		<b>OK</b>
<i>EC3-1-6 - §8.5.2</i>			
<b>C.3 BUCKLING LIMIT STATE (LS3)</b>			
<b>C.3.1 MERIDIONAL BUCKLING</b>			
D.1.2.2 (5)	Meridional shell buckling check requirement	$r/t =$	70.2
	$r/t \leq 0.03 (E / f_{yk})$	$0.03 (E / f_{yk}) =$	17.7
			<b>Check Required</b>
D.1.2.1 (2)	Dimensionless length parameter $\omega = l / (rt)^{0.5}$	$\omega =$	172.1
D.1.2.1	Check length of cylinder		= LONG
Eqn D.3	Medium $1.7 \leq \omega \leq 0.5 r/t$		
Eqn D.5	Short $\omega \leq 1.7$		
Eqn D.7	Long $\omega > 0.5 r/t$		
D.1.2.1 (7)	Check long cylinder special condition	$r/t \leq 150$	= TRUE
		$\omega \leq 6 (r/t)$	= TRUE
		$500 \leq E/f_{yk} \leq 1000$	= TRUE
			<b>TRUE</b>
	<i>D.1.2.1 - Eqn D.4, D.6, D.8</i>		
	Factor $C_x$	$C_x =$	0.60
Table D.2	Only for long cylinders	$C_{xb} =$	1
	<i>D.1.2.1 (7) - Equation D.12 (Only for long cylinders that satisfy the special conditions)</i>		
	Meridional design value of $C_x$	$C_x =$	0.99
		$\sigma_{xE} =$	93.4 MPa
		$\sigma_{xE,M} =$	90.9 MPa
	<i>D.1.2.1 (3) - Equation D.2</i>		
	Elastic Critical Meridional Buckling Stress		
	$\sigma_{x,Rcr} = 0.605 E C_x t / r$	$\sigma_{x,Rcr} =$	1789.7 MPa
	<i>8.5.2 (6) - Equation 8.17</i>		
	Relative slenderness of the shell		
	$\lambda_{xk} = (f_{yk} / \sigma_{x,Rc})^{0.5}$	$\lambda_{xk} =$	0.4

	<i>D.1.2.2 (3) - Equation D.16</i>				
	Meridional squash limit slenderness	$\lambda_{x0}$	=	0.3	
	Plastic range factor	$\beta$	=	0.6	
	Interaction exponent	$\eta$	=	1.0	
	<i>D.1.2.2 (1) - Equation D.15</i>				
	Characteristic imperfection amplitude				
	$\Delta_{wk} = t / Q (r / t)^{0.5}$	$\Delta_{wk}$	=	3.60	mm
	<i>D.1.2.2 (1) - Equation D.14</i>				
	Meridional elastic imperfection factor				
	$\alpha_x = 0.62 / (1 + 1.91 (\Delta_{wk} / t)^{1.44})$	$\alpha_x$	=	0.44	
	<i>8.5.2 (5) - Equation 8.16</i>				
	Plastic limit relative slenderness				
	$\lambda_p = (\alpha / (1 - \beta))^{0.5}$	$\lambda_p$	=	1.05	
8.5.2 (4)	Meridional Shell Buckling Parameter				
Eqn 8.13	se $\lambda_x \leq \lambda_{x0}$	FALSE			
Eqn 8.14	se $\lambda_{x0} < \lambda_x < \lambda_p$	TRUE			
Eqn 8.15	se $\lambda_x \geq \lambda_p$	FALSE			
		$\chi_x$	=	0.88	
8.5.2 (3)	Characteristic Meridional Buckling Stress				
	$\sigma_{x,Rk} = \chi_x f_{yk}$	$\sigma_{x,Rk}$	=	313.3	MPa
8.5.3 (2)	Stress limitation				
		$\sigma_{x,Ed}$	=	93.4	MPa
		$\sigma_{x,Rd}$	=	298.4	MPa
Eqn 6.6	$\sigma_{x,Ed} \leq \sigma_{x,Rd}$			<b>OK</b>	
<b>C.3.2 CIRCUMFERENTIAL BUCKLING</b>					
D.1.3.2 (3)	Circumferential shell buckling check requirement				
		$r/t$	=	70.2	
		$0.21 (E / f_{yk})^{0.5}$	=	5.1	
	$r/t \leq 0.21 (E / f_{yk})^{0.5}$				<b>Check Required</b>
D.1.3.1 (2)	Dimensionless length parameter				
	$\omega = l / (rt)^{0.5}$	$\omega$	=	172.1	
Table D.3	External pressure buckling factor for medium-length cylinders	$C_\theta$	=	0.00	
Table D.4	External pressure buckling factor for short cylinders	$C_{\theta s}$	=	0.60	
D.1.3.1	Check length of cylinder: condition		=	LONG	
Eqn D.20	Medium $20 \leq \omega / C_\theta \leq 1.63 r/t$				
Eqn D.22	Short $\omega / C_\theta < 20$				
Eqn D.24	Long $\omega / C_\theta > 1.63 r/t$				
D.1.3.1	Elastic critical circumferential buckling stress				
Eqn D.21	Medium $\sigma_{\theta,Rcr} = 0.92 E (C_\theta / \omega) (t / r)$		=	FALSE	MPa
Eqn D.23	Short $\sigma_{\theta,Rcr} = 0.92 E (C_{\theta s} / \omega) (t / r)$		=	FALSE	MPa
Eqn D.25	Long $\sigma_{\theta,Rcr} = E (t / r)^2 (0.275 + 2.03 ((C_\theta / \omega) (r / t))^4)$		=	11.7	MPa
		$\sigma_{\theta,Rcr}$	=	11.7	MPa
	<i>§8.5.2 (6) - Equation 8.17</i>				
	Relative Slenderness of the shell				
	$\lambda_\theta = (f_{yk} / \sigma_{\theta,Rc})^{0.5}$	$\lambda_\theta$	=	5.51	

	<i>D.1.3.2 (2) - Equation D.26</i>			
	Circumferential squash limit slenderness	$\lambda_{\theta 0} =$	0.4	
	Plastic range factor	$\beta =$	0.6	
	Interaction exponent	$\eta =$	1.0	
<i>Table D.5</i>	Circumferential elastic imperfection reduction factor	$\alpha_{\theta} =$	0.65	
	<i>§8.5.2 (5) - Equation 8.16</i>			
	Plastic limit relative slenderness			
	$\lambda_{\theta p} = (\alpha_{\theta} / (1 - \beta))^{0.5}$	$\lambda_{\theta p} =$	1.27	
<i>8.5.2 (4)</i>	Circumferential Shell Buckling Parameter	$\chi_{\theta} =$	0.02	
<i>Eqn 8.13</i>	se $\lambda_{\theta} \leq \lambda_{\theta 0}$	FALSE		
<i>Eqn 8.14</i>	se $\lambda_{\theta 0} < \lambda_{\theta} < \lambda_{\theta p}$	FALSE		
<i>Eqn 8.15</i>	se $\lambda_{\theta} \geq \lambda_{\theta p}$	TRUE		
<i>8.5.2 (3)</i>	Characteristic Circumferential Buckling Stress			
	$\sigma_{\theta, Rk} = \chi_{\theta} f_{yk}$	$\sigma_{\theta, Rk} =$	7.6	MPa
<i>8.5.3 (2)</i>	Stress limitation			
		$\sigma_{\theta, Ed} =$	0.0	MPa
		$\sigma_{\theta, Rd} =$	7.3	MPa
<i>Eqn 6.6</i>	$\sigma_{\theta, Ed} \leq \sigma_{\theta, Rd}$			<b>OK</b>
<b>C.3.3 SHEAR BUCKLING</b>				
<i>D.1.4.2 (3)</i>	Shear shell buckling check requirement			
		$r/t =$	70.2	
		$0.16 (E / f_{yk})^{0.67} =$	11.5	
	$r/t \leq 0.16 (E / f_{yk})^{0.67}$			<b>Check Required</b>
<i>D.1.3.1 (2)</i>	Dimensionless length parameter			
	$\omega = l / (rt)^{0.5}$	$\omega =$	172.1	
<i>D.1.4.1</i>	Check length of cylinder: condition			<b>= MEDIUM</b>
<i>Eqn D.33</i>	Medium $10 \leq \omega \leq 8.7 r/t$			
<i>Eqn D.35</i>	Short $\omega < 10$			
<i>Eqn D.37</i>	Long $\omega > 8.7 r/t$			
	<i>D.1.4.1 - Eqn D.34, D.36, D.38</i>			
	Factor $C_{\tau}$	$C_{\tau} =$	1	
	<i>D.1.4.1 (3) - Equation D.32</i>			
	Elastic Critical Shear Buckling Stress			
	$\tau_{x\theta, Rcr} = 0.75 E C_{\tau} (1/\omega)^{0.5} t / r$	$\tau_{x\theta, Rcr} =$	171.0	MPa
	<i>8.5.2 (6) - Equation 8.17</i>			
	Relative slenderness of the shell			
	$\lambda_{\tau} = ((f_{yk} / 3^{0.5}) / \tau_{x\theta, Rcr})^{0.5}$	$\lambda_{\tau} =$	1.09	
	<i>D.1.4.2 (2) - Equation D.39</i>			
	Shear squash limit slenderness	$\lambda_{\tau 0} =$	0.4	
	Plastic range factor	$\beta =$	0.6	
	Interaction exponent	$\eta =$	1.0	
<i>Table D.6</i>	Shear elastic imperfection factor	$\alpha_{\tau} =$	0.65	
	<i>8.5.2 (5) - Equation 8.16</i>			
	Plastic limit relative slenderness			

	$\lambda_p = (\alpha_r / (1 - \beta))^{0.5}$	$\lambda_p = 1.27$	
8.5.2 (4)	Shear Shell Buckling Parameter	$\chi_\tau = 0.52$	
Eqn 8.13	se $\lambda_\tau \leq \lambda_{\tau 0}$	FALSE	
Eqn 8.14	se $\lambda_{\tau 0} < \lambda_\tau < \lambda_{\tau p}$	TRUE	
Eqn 8.15	se $\lambda_\tau \geq \lambda_{\tau p}$	FALSE	
8.5.2 (3)	Characteristic Shear Buckling Stress	$\tau_{x\theta,Rk} = 107.3$	MPa
	$\tau_{x\theta,Rk} = \chi_x f_{yk} / 3^{0.5}$		
8.5.3 (2)	Stress limitation	$\tau_{x\theta,Ed} = 54.2$	MPa
		$\tau_{x\theta,Rd} = 102.2$	MPa
Eqn 6.6	$\tau_{x\theta,Ed} \leq \tau_{x\theta,Rd}$	<b>OK</b>	
D.1.6 (2)	Length parameter $l_R = \min(0.1 L ; 0.16 r (r/t)^{0.5})$	$l_R = 1012$	mm
D.1.6 (4)	Free length $l_f = L - 2 l_R$	$l_f = 13476$	mm
D.1.6 (5)	For a long cylinder $l_{int} = 1.3 r (r/t)^{0.5}$	$l_{int} = 8223$	mm

**C.4 SUMMARY OF THE BUCKLING LIMIT STATE (LS3) CALCULATION**

Meridional Buckling factor	$\chi_x = 0.88$	
Circumferential Buckling factor	$\chi_\theta = 0.02$	
Shear Buckling factor	$\chi_\tau = 0.52$	
Meridional Design Stress	$\sigma_{x,Ed} = 93.4$	MPa
Meridional Design Resistance	$\sigma_{x,Rd} = 298.4$	MPa
Circumferential Design Stress	$\sigma_{\theta,Ed} = 0.0$	MPa
Circumferential Design Resistance	$\sigma_{\theta,Rd} = 7.3$	MPa
Shear Design Stress	$\tau_{x\theta,Ed} = 54.2$	MPa
Shear Design Resistance	$\tau_{x\theta,Rd} = 102.2$	MPa

EC3-1-6

**C.5 BUCKLING INTERACTION VERIFICATION**

<i>Appendix D buckling interaction parameters</i>			
Eqn D.46	$k_x = 1.25 + 0.75 \chi_x$	$k_x = 1.91$	
Eqn D.47	$k_\theta = 1.25 + 0.75 \chi_\theta$	$k_\theta = 1.27$	
Eqn D.48	$k_\tau = 1.25 + 0.75 \chi_\tau$	$k_\tau = 1.64$	
Eqn D.49	$k_i = (\chi_x \chi_\theta)^2$	$k_i = 0.00$	
<i>Conservative buckling interaction parameters</i>			
Eqn 8.20	$k_x = 1 + \chi_x^2$	$k_x = 1.78$	
Eqn 8.21	$k_\theta = 1 + \chi_\theta^2$	$k_\theta = 1.00$	
Eqn 8.22	$k_\tau = 1.5 + 0.5 \chi_\tau^2$	$k_\tau = 1.64$	
Eqn 8.23	$k_i = (\chi_x \chi_\theta)^2$	$k_i = 0.00$	
Eqn 8.19	$(\sigma_{x,Ed} / \sigma_{x,Rd})^{k_x} - k_i (\sigma_{x,Ed} - \sigma_{x,Rd}) (\sigma_{\theta,Ed} / \sigma_{\theta,Rd}) + (\sigma_{\theta,Ed} / \sigma_{\theta,Rd})^{k_\theta} + (\tau_{x\theta,Ed} / \tau_{x\theta,Rd})^{k_\tau} \leq 1.0$		
	Eqn 8.19 using Appendix D buckling interaction parameters	= 0.46	
	Eqn 8.19 using conservative buckling interaction parameters	= 0.48	

**M<sub>max</sub>**

**A INPUT**

**A.1 CROSS-SECTION PROPERTIES**

Uncorroded pile outer diameter	d =	<b>1524</b>	mm
Uncorroded pile wall thickness	t =	<b>12.5</b>	mm
Corrosion loss of the section (internal faces)	=	<b>0</b>	mm
Corrosion loss of the section external faces)	=	<b>1.75</b>	mm

Properties	Symbols	Uncorroded	Corroded	Unit
Outer diameter	d	1524	1520.5	mm
Inner diameter	di	1499	1499	mm
Wall thickness	t	12.5	10.75	mm
Cross-sectional area	A	59356	50987	mm <sup>2</sup>
Tube weight	W	466	400	kg/m
Moment of inertia	I	1.70E+10	1.45E+10	mm <sup>4</sup>
Elastic Modulus	Z	22246879	19109488	mm <sup>3</sup>
Plastic Modulus	S	28558554	24503374	mm <sup>3</sup>
Radius of cylinder middle surface	r	755.75	754.875	mm

**A.2 MATERIAL PROPERTIES**

Ultimate Yield Strength	f <sub>yk</sub> =	<b>355</b>	MPa
Modulus of Elasticity	E =	<b>210000</b>	MPa

EC3-1-6 - §D.1.2.2 (2) - Table D.2

Quality class

Fabrication quality parameter

	<b>B</b>
Q =	25

EC3-1-1 - Table 5.2 (sheet 3 of 3)

Classification of section:

$$\epsilon = (235/f_{yk})^{0.5} = 0.81$$

		Uncorroded	Corroded
<b>d/t ratio</b>		121.9	141.4
<b>Class</b>	<b>d/t limit</b>	<b>Section classification</b>	
1	33.1	-	-
2	46.3	-	-
3	59.6	-	-
4	-	CLASS 4	CLASS 4

**A.3 MEMBER LENGTH AND BOUNDARY CONDITION**

Length of cylinder between boundary conditions	L =	<b>15.5</b>	m
Member end 1 boundary condition	=	<b>3</b>	w ≠ 0 and u ≠ 0
Member end 2 boundary condition	=	<b>1</b>	w = 0 and u = 0

**A.4 PARTIAL SAFETY FACTOR**

Partial safety factor for cross section	γ <sub>M0</sub> =	<b>1.05</b>
Partial safety factor for member instability	γ <sub>M1</sub> =	<b>1.05</b>
Partial safety factor for cross section in tension	γ <sub>M2</sub> =	<b>1.25</b>

EC3-1-6 - §6.2.2 - Equation 6.5

Design value of resistance

$$f_{eq,Rd} = f_{yd} = 338.095 \text{ Mpa}$$

**A.5 STRESS COMPUTATION METHODS**

**Buckling verification is based on Appendix A Shell expressions**

**A.6 CO-EXISTING ULTIMATE DESIGN FORCE**

Design Maximum Axial Force (negative for tension)	$N_{Ed} =$	<b>-238</b>	kN
Design Maximum Shear (z)	$V_{z,Ed} =$	<b>109</b>	kN
Design Maximum Shear (y)	$V_{y,Ed} =$	<b>9</b>	kN
Resultant Shear	$V_{Ed} =$	<b>109</b>	kN
Design Maximum Torsion (x)	$M_{x,Ed} =$	<b>0</b>	kNm
Design Maximum Bending Moment (z)	$M_{z,Ed} =$	<b>52</b>	kNm
Design Maximum Bending Moment (y)	$M_{y,Ed} =$	<b>5276</b>	kNm
Design Resultant Bending Moment	$M_{Ed} =$	<b>5276</b>	kNm
Internal friction	$=$	<b>-</b>	kPa
External/Internal Pressure (Hoop/Circumferential stress)	$=$	<b>0</b>	kPa

**B SUMMARY OF DESIGN RESULTS**

C.2 (LS1) Plastic Limit State  
 $\sigma_{eq,Ed} / f_{eq,Rd} = 0.83$  **OK**

C.3.1 (LS3) Stress Limitation - Meridional buckling  
 $\sigma_{x,Ed} / \sigma_{x,Rd} = 0.93$  **OK**

C.3.2 (LS3) Stress Limitation - Circumferential buckling  
 $\sigma_{\theta,Ed} / \sigma_{\theta,Rd} = 0.00$  **OK**

C.3.3 (LS3) Stress Limitation - Shear buckling  
 $\tau_{\theta,Ed} / \tau_{x\theta,Rd} = 0.04$  **OK**

C.5 (LS3) EC3-1-6 - 8.5.3(3) - Eqn. 8.19 - Buckling Interaction Verification  
 $(\sigma_{x,Ed} / \sigma_{x,Rd})^{k\alpha} - k_i (\sigma_{x,Ed} - \sigma_{x,Rd}) (\sigma_{\theta,Ed} / \sigma_{\theta,Rd}) + (\sigma_{\theta,Ed} / \sigma_{\theta,Rd})^{k\beta} + (\tau_{x\theta,Ed} / \tau_{x\theta,Rd})^{k\tau} =$   
 $= 0.88$  **OK** using Appendix D parameters  
 $= 0.89$  **OK** using conservative parameters

using Appendix D parameters

Terms of Equation 8.19 using conservative parameters	Utilisation	% Contribution
Component of Meridional utilisation factor	0.88	99.4%
Component of Meridional / Circumferential cross product utilisation factor	0.00	0.0%
Component of Circumferential utilisation factor	0.00	0.0%
Component of Shear utilisation factor	0.01	0.6%
<b>UTILISATION FACTOR</b>	<b>0.88</b>	<b>100%</b>

**C DESIGN CALCULATION**

EC3-1-6 - Annex A - §A.2

**C.1 UNSTIFFENED CYLINDRICAL SHELL**

A.2.1	Uniform axial load from $F_x$ , meridional stress	$\sigma_{xn} =$	4.7	MPa
A.2.2	Axial load from M, meridional stress	$\sigma_{xb} =$	274.2	MPa
	Meridional stress	$\sigma_{xEd} =$	278.8	MPa
	$n_{x,Ed \max} = \sigma_x t$ (compression)	$n_x =$	2997.5	MPa/mm
A.2.3	Internal Friction	$=$	0.0	(not implemented)
	Internal pressure	$\sigma_{\theta,Ed} =$	0.0	MPa
	$n_{\theta,Ed} = \sigma_{\theta,Ed} t$	$n_{\theta} =$	0.0	MPa/mm
A.2.6	Uniform Shear from Torsion	$\tau_{\theta} =$	0.0	MPa

	$n_{\theta,Ed \max} = \tau_{\theta} t$	$n_{\theta} =$	0.0 MPa/mm
A.2.7	Shear from Transverse Force	$\tau_{\max} =$	4.3 MPa
	$n_{x\theta} = \tau_{\max} t$	$n_{x\theta} =$	46.1 MPa/mm
		$t_{x\theta,Ed} =$	4.3 MPa
<i>EC3-1-6 - §6</i>			
<b>C.2 PLASTIC LIMIT STATE (LS1)</b>			
6.2.1 (1)	Elastic stress design - lower bound theorem		
6.2.1 (5)	Equivalent design stress $\sigma_{eq,Ed} = (1/t)(n^2_{x,Ed} + n^2_{\theta,Ed} - n_{x,Ed}n_{\theta,Ed} + 3n^2_{x\theta,Ed})^{0.5}$	$\sigma_{eq,Ed} =$	278.9 MPa
6.2.3 (1)	Stress Limitation	$\sigma_{eq,Ed} =$	278.9 MPa
		$f_{eq,Ed} =$	338.1 MPa
eqn 6.6	$\sigma_{eq,Ed} \leq f_{eq,Rd}$		<b>OK</b>
<i>EC3-1-6 - §8.5.2</i>			
<b>C.3 BUCKLING LIMIT STATE (LS3)</b>			
<b>C.3.1 MERIDIONAL BUCKLING</b>			
D.1.2.2 (5)	Meridional shell buckling check requirement	$r/t =$	70.2
	$r/t \leq 0.03 (E / f_{yk})$	$0.03 (E / f_{yk}) =$	17.7
			<b>Check Required</b>
D.1.2.1 (2)	Dimensionless length parameter $\omega = l / (rt)^{0.5}$	$\omega =$	172.1
D.1.2.1	Check length of cylinder		= LONG
Eqn D.3	Medium $1.7 \leq \omega \leq 0.5 r/t$		
Eqn D.5	Short $\omega \leq 1.7$		
Eqn D.7	Long $\omega > 0.5 r/t$		
D.1.2.1 (7)	Check long cylinder special condition	$r/t \leq 150$	= TRUE
		$\omega \leq 6 (r/t)$	= TRUE
		$500 \leq E/f_{yk} \leq 1000$	= TRUE
			<b>TRUE</b>
	<i>D.1.2.1 - Eqn D.4, D.6, D.8</i>		
	Factor $C_x$	$C_x =$	0.60
Table D.2	Only for long cylinders	$C_{xb} =$	1
	<i>D.1.2.1 (7) - Equation D.12 (Only for long cylinders that satisfy the special conditions)</i>		
	Meridional design value of $C_x$	$C_x =$	0.99
		$\sigma_{xE} =$	278.8 MPa
		$\sigma_{xE,M} =$	274.2 MPa
	<i>D.1.2.1 (3) - Equation D.2</i>		
	Elastic Critical Meridional Buckling Stress		
	$\sigma_{x,Rcr} = 0.605 E C_x t / r$	$\sigma_{x,Rcr} =$	1797.2 MPa
	<i>8.5.2 (6) - Equation 8.17</i>		
	Relative slenderness of the shell		
	$\lambda_{xk} = (f_{yk} / \sigma_{x,Rc})^{0.5}$	$\lambda_{xk} =$	0.4

	<i>D.1.2.2 (3) - Equation D.16</i>				
	Meridional squash limit slenderness	$\lambda_{x0}$	=	0.3	
	Plastic range factor	$\beta$	=	0.6	
	Interaction exponent	$\eta$	=	1.0	
	<i>D.1.2.2 (1) - Equation D.15</i>				
	Characteristic imperfection amplitude				
	$\Delta_{wk} = t / Q (r / t)^{0.5}$	$\Delta_{wk}$	=	3.60	mm
	<i>D.1.2.2 (1) - Equation D.14</i>				
	Meridional elastic imperfection factor				
	$\alpha_x = 0.62 / (1 + 1.91 (\Delta_{wk} / t)^{1.44})$	$\alpha_x$	=	0.44	
	<i>8.5.2 (5) - Equation 8.16</i>				
	Plastic limit relative slenderness				
	$\lambda_p = (\alpha / (1 - \beta))^{0.5}$	$\lambda_p$	=	1.05	
8.5.2 (4)	Meridional Shell Buckling Parameter	$\chi_x$	=	0.88	
Eqn 8.13	se $\lambda_x \leq \lambda_{x0}$	FALSE			
Eqn 8.14	se $\lambda_{x0} < \lambda_x < \lambda_p$	TRUE			
Eqn 8.15	se $\lambda_x \geq \lambda_p$	FALSE			
8.5.2 (3)	Characteristic Meridional Buckling Stress				
	$\sigma_{x,Rk} = \chi_x f_{yk}$	$\sigma_{x,Rk}$	=	313.8	MPa
8.5.3 (2)	Stress limitation				
		$\sigma_{x,Ed}$	=	278.8	MPa
		$\sigma_{x,Rd}$	=	298.9	MPa
Eqn 6.6	$\sigma_{x,Ed} \leq \sigma_{x,Rd}$			<b>OK</b>	
<b>C.3.2 CIRCUMFERENTIAL BUCKLING</b>					
D.1.3.2 (3)	Circumferential shell buckling check requirement				
		$r/t$	=	70.2	
		$0.21 (E / f_{yk})^{0.5}$	=	5.1	
	$r/t \leq 0.21 (E / f_{yk})^{0.5}$				<b>Check Required</b>
D.1.3.1 (2)	Dimensionless length parameter				
	$\omega = l / (rt)^{0.5}$	$\omega$	=	172.1	
Table D.3	External pressure buckling factor for medium-length cylinders	$C_\theta$	=	0.00	
Table D.4	External pressure buckling factor for short cylinders	$C_{\theta s}$	=	0.60	
D.1.3.1	Check length of cylinder: condition		=	LONG	
Eqn D.20	Medium $20 \leq \omega / C_\theta \leq 1.63 r/t$				
Eqn D.22	Short $\omega / C_\theta < 20$				
Eqn D.24	Long $\omega / C_\theta > 1.63 r/t$				
D.1.3.1	Elastic critical circumferential buckling stress				
Eqn D.21	Medium $\sigma_{\theta,Rcr} = 0.92 E (C_\theta / \omega) (t / r)$		=	FALSE	MPa
Eqn D.23	Short $\sigma_{\theta,Rcr} = 0.92 E (C_{\theta s} / \omega) (t / r)$		=	FALSE	MPa
Eqn D.25	Long $\sigma_{\theta,Rcr} = E (t / r)^2 (0.275 + 2.03 ((C_\theta / \omega) (r / t))^4)$		=	11.7	MPa
		$\sigma_{\theta,Rcr}$	=	11.7	MPa
	<i>§8.5.2 (6) - Equation 8.17</i>				
	Relative Slenderness of the shell				
	$\lambda_\theta = (f_{yk} / \sigma_{\theta,Rc})^{0.5}$	$\lambda_\theta$	=	5.51	

	<i>D.1.3.2 (2) - Equation D.26</i>			
	Circumferential squash limit slenderness	$\lambda_{\theta 0}$	=	0.4
	Plastic range factor	$\beta$	=	0.6
	Interaction exponent	$\eta$	=	1.0
<i>Table D.5</i>	Circumferential elastic imperfection reduction factor	$\alpha_{\theta}$	=	0.65
	<i>§8.5.2 (5) - Equation 8.16</i>			
	Plastic limit relative slenderness			
	$\lambda_{\theta p} = (\alpha_{\theta} / (1 - \beta))^{0.5}$	$\lambda_{\theta p}$	=	1.27
<i>8.5.2 (4)</i>	Circumferential Shell Buckling Parameter	$\chi_{\theta}$	=	0.02
<i>Eqn 8.13</i>	se $\lambda_{\theta} \leq \lambda_{\theta 0}$	FALSE		
<i>Eqn 8.14</i>	se $\lambda_{\theta 0} < \lambda_{\theta} < \lambda_{\theta p}$	FALSE		
<i>Eqn 8.15</i>	se $\lambda_{\theta} \geq \lambda_{\theta p}$	TRUE		
<i>8.5.2 (3)</i>	Characteristic Circumferential Buckling Stress			
	$\sigma_{\theta, Rk} = \chi_{\theta} f_{yk}$	$\sigma_{\theta, Rk}$	=	7.6 MPa
<i>8.5.3 (2)</i>	Stress limitation			
		$\sigma_{\theta, Ed}$	=	0.0 MPa
		$\sigma_{\theta, Rd}$	=	7.3 MPa
<i>Eqn 6.6</i>	$\sigma_{\theta, Ed} \leq \sigma_{\theta, Rd}$			<b>OK</b>

### C.3.3 SHEAR BUCKLING

<i>D.1.4.2 (3)</i>	Shear shell buckling check requirement			
		$r/t$	=	70.2
		$0.16 (E / f_{yk})^{0.67}$	=	11.5
	$r/t \leq 0.16 (E / f_{yk})^{0.67}$			<b>Check Required</b>
<i>D.1.3.1 (2)</i>	Dimensionless length parameter			
	$\omega = l / (rt)^{0.5}$	$\omega$	=	172.1
<i>D.1.4.1</i>	Check length of cylinder: condition		=	MEDIUM
<i>Eqn D.33</i>	Medium $10 \leq \omega \leq 8.7 r/t$			
<i>Eqn D.35</i>	Short $\omega < 10$			
<i>Eqn D.37</i>	Long $\omega > 8.7 r/t$			
<i>D.1.4.1 - Eqn D.34, D.36, D.38</i>	Factor $C_{\tau}$	$C_{\tau}$	=	1
<i>D.1.4.1 (3) - Equation D.32</i>	Elastic Critical Shear Buckling Stress			
	$\tau_{x\theta, Rcr} = 0.75 E C_{\tau} (1/\omega)^{0.5} t / r$	$\tau_{x\theta, Rcr}$	=	171.0 MPa
<i>8.5.2 (6) - Equation 8.17</i>	Relative slenderness of the shell			
	$\lambda_{\tau} = ((f_{yk} / 3^{0.5}) / \tau_{x\theta, Rcr})^{0.5}$	$\lambda_{\tau}$	=	1.09
<i>D.1.4.2 (2) - Equation D.39</i>	Shear squash limit slenderness	$\lambda_{\tau 0}$	=	0.4
	Plastic range factor	$\beta$	=	0.6
	Interaction exponent	$\eta$	=	1.0
<i>Table D.6</i>	Shear elastic imperfection factor	$\alpha_{\tau}$	=	0.65
	<i>8.5.2 (5) - Equation 8.16</i>			
	Plastic limit relative slenderness			

	$\lambda_p = (\alpha_r / (1 - \beta))^{0.5}$	$\lambda_p = 1.27$	
8.5.2 (4)	Shear Shell Buckling Parameter	$\chi_\tau = 0.52$	
Eqn 8.13	se $\lambda_\tau \leq \lambda_{\tau 0}$	FALSE	
Eqn 8.14	se $\lambda_{\tau 0} < \lambda_\tau < \lambda_{\tau p}$	TRUE	
Eqn 8.15	se $\lambda_\tau \geq \lambda_{\tau p}$	FALSE	
8.5.2 (3)	Characteristic Shear Buckling Stress	$\tau_{x\theta,Rk} = 107.3$	MPa
	$\tau_{x\theta,Rk} = \chi_x f_{yk} / 3^{0.5}$		
8.5.3 (2)	Stress limitation	$\tau_{x\theta,Ed} = 4.3$	MPa
		$\tau_{x\theta,Rd} = 102.2$	MPa
Eqn 6.6	$\tau_{x\theta,Ed} \leq \tau_{x\theta,Rd}$	<b>OK</b>	
D.1.6 (2)	Length parameter $l_R = \min(0.1 L ; 0.16 r (r/t)^{0.5})$	$l_R = 1012$	mm
D.1.6 (4)	Free length $l_f = L - 2 l_R$	$l_f = 13476$	mm
D.1.6 (5)	For a long cylinder $l_{int} = 1.3 r (r/t)^{0.5}$	$l_{int} = 8223$	mm

#### C.4 SUMMARY OF THE BUCKLING LIMIT STATE (LS3) CALCULATION

Meridional Buckling factor	$\chi_x = 0.88$	
Circumferential Buckling factor	$\chi_\theta = 0.02$	
Shear Buckling factor	$\chi_\tau = 0.52$	
Meridional Design Stress	$\sigma_{x,Ed} = 278.8$	MPa
Meridional Design Resistance	$\sigma_{x,Rd} = 298.9$	MPa
Circumferential Design Stress	$\sigma_{\theta,Ed} = 0.0$	MPa
Circumferential Design Resistance	$\sigma_{\theta,Rd} = 7.3$	MPa
Shear Design Stress	$\tau_{x\theta,Ed} = 4.3$	MPa
Shear Design Resistance	$\tau_{x\theta,Rd} = 102.2$	MPa

EC3-1-6

#### C.5 BUCKLING INTERACTION VERIFICATION

<i>Appendix D buckling interaction parameters</i>			
Eqn D.46	$k_x = 1.25 + 0.75 \chi_x$	$k_x = 1.91$	
Eqn D.47	$k_\theta = 1.25 + 0.75 \chi_\theta$	$k_\theta = 1.27$	
Eqn D.48	$k_\tau = 1.25 + 0.75 \chi_\tau$	$k_\tau = 1.64$	
Eqn D.49	$k_i = (\chi_x \chi_\theta)^2$	$k_i = 0.00$	
<i>Conservative buckling interaction parameters</i>			
Eqn 8.20	$k_x = 1 + \chi_x^2$	$k_x = 1.78$	
Eqn 8.21	$k_\theta = 1 + \chi_\theta^2$	$k_\theta = 1.00$	
Eqn 8.22	$k_\tau = 1.5 + 0.5 \chi_\tau^2$	$k_\tau = 1.64$	
Eqn 8.23	$k_i = (\chi_x \chi_\theta)^2$	$k_i = 0.00$	
Eqn 8.19	$(\sigma_{x,Ed} / \sigma_{x,Rd})^{k_x} - k_i (\sigma_{x,Ed} - \sigma_{x,Rd}) (\sigma_{\theta,Ed} / \sigma_{\theta,Rd}) + (\sigma_{\theta,Ed} / \sigma_{\theta,Rd})^{k_\theta} + (\tau_{x\theta,Ed} / \tau_{x\theta,Rd})^{k_\tau} \leq 1.0$		
	Eqn 8.19 using Appendix D buckling interaction parameters	= 0.88	
	Eqn 8.19 using conservative buckling interaction parameters	= 0.89	

## 10.6 ATTACCO DI TESTA AI PALI PORTANTI

Sui pali portanti è prevista la realizzazione di un sistema di ancoraggio che permetta il completo trasferimento delle azioni anche nella situazione in cui vi sia una ridotta lunghezza di ancoraggio delle barre.

L'analisi di questa tipologia di attacco viene fatta considerando le seguenti fasi:

- calcolo della lunghezza di ancoraggio secondo Eurocodice 2;
- calcolo dello sforzo di ancoraggio massimo esplicitato dalla suddetta lunghezza;
- verifica del sistema di ancoraggio considerando lo sforzo di cui sopra.

### Lunghezza di ancoraggio

#### LUNGHEZZA DI ANCORAGGIO - DM 14/01/2008

<b>CALCESTRUZZO - Rif. DM 14/01/2008</b>			
diametro barra	Ø	40 mm	
classe di resistenza		C35/45	(tab. 4.1.1)
resistenza cubica caratteristica a compressione $R_{ck}$	$R_{ck}$	45.00 MPa	
resistenza cilindrica caratteristica a compressione $f_{ck} = 0,83 \times R_{ck}$	$f_{ck}$	37.35 MPa	(p.to 11.2.10.1)
resistenza cilindrica media a compressione $f_{cm} = f_{ck} + 8$	$f_{cm}$	45.35 MPa	(p.to 11.2.10.1)
coeff. parziale per resistenze SLU	$\gamma_M$	1.50	(p.to 4.1.2.1.1.1)
resistenza media a trazione assiale per $f_{ck} \leq 50$ MPa $f_{ctm} = 0,30 \times f_{ck}^{2/3}$ per $f_{ck} > 50$ MPa $f_{ctm} = 2,12 \times \ln(1 + f_{cm} / 10)$	$f_{ctm}$	3.35 MPa	(p.to 11.2.10.2)
resistenza caratteristica a trazione frattile 5% $f_{ctk,0.05} = 0,7 \times f_{ctm}$	$f_{ctk,0.05}$	2.35 MPa	(p.to 11.2.10.2)
coeff. $\eta$ tiene conto del diametro della barra	$\eta$	0.92	
resistenza tangenziale caratteristica di aderenza in "Buona aderenza" per barre $\varnothing \leq 32$ mm $f_{bk} = 2,25 \times f_{ctk,0.05}$	$f_{bk}$	4.86 MPa	(p.to 4.1.2.1.1.4)
<b>resistenza tangenziale di calcolo di aderenza in "Buona aderenza"</b> per barre $\varnothing \leq 32$ mm $f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c$	$f_{bd}$	<b>3.24 MPa</b>	(p.to 4.1.2.1.1.4)
coeff. riduttivo per barre addensate o in zona tesa "Mediocre aderenza"	$\eta' \geq 1,5$	1.50	(p.to 4.1.2.1.1.4)
<b>resistenza tangenziale di calcolo di aderenza in "Mediocre aderenza"</b> per barre $\varnothing \leq 32$ mm $f_{bd,rid} = f_{bd} / \eta'$	$f_{bd,rid}$	<b>2.16 MPa</b>	(p.to 4.1.2.1.1.4)
<b>ACCIAIO DA C.A. - Rif. DM 14/01/2008</b>			
tipo		B450C	(p.to 11.3.2.1)
coeff. parziale per le resistenze SLU	$\gamma_s$	1.15	(p.to 4.1.2.1.1.3)
resistenza caratteristica a snervamento $f_{yk} = f_{y,nom}$	$f_{yk}$	450.00 MPa	(p.to 11.3.2.1)
resistenza caratteristica a rottura $f_{tk} = f_{t,nom}$	$f_{tk}$	540.00 MPa	(p.to 11.3.2.1)
<b>resistenza di calcolo</b> $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	$f_{yd}$	<b>391.30 MPa</b>	(p.to 4.1.2.1.1.3)

tensione nella barra	$\sigma_s$	391.30 Mpa	
Lunghezza di ancoraggio di base - buona aderenza $L_{b,rqd,b.a.}$	$L_{b,rqd,b.a.}$	1208 mm	EC2 - p.to 8.4.3
Lunghezza di ancoraggio di base - mediocre aderenza $L_{b,rqd,m.a.}$	$L_{b,rqd,m.a.}$	1813 mm	EC2 - p.to 8.4.3
$\alpha_1$	$\alpha_1$	1.00	EC2 - prosp. 8.2
$\alpha_2$	$\alpha_2$	1.00	EC2 - prosp. 8.2
$\alpha_3$	$\alpha_3$	1.00	EC2 - prosp. 8.2
$\alpha_4$	$\alpha_4$	0.70	EC2 - prosp. 8.2
$\alpha_5$	$\alpha_5$	1.00	EC2 - prosp. 8.2
$C_d$	$C_d$	34.00 mm	
Lunghezza di ancoraggio di progetto - buona aderenza $L_{bd,b.a.} = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \alpha_4 \times \alpha_5 \times L_{b,rqd,b.a.} (\geq 20 \varnothing \text{ e } \geq 150\text{mm})$	$L_{bd,b.a.}$	846 mm = 21 $\varnothing$	EC2 - p.to 8.4.4 NTC2008 (p.to 4.1.2.1.8)
Lunghezza di ancoraggio di progetto - mediocre aderenza $L_{bd,m.a.} = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \alpha_4 \times \alpha_5 \times L_{b,rqd,m.a.} (\geq 20 \varnothing \text{ e } \geq 150\text{mm})$	$L_{bd,m.a.}$	1269 mm = 31 $\varnothing$	EC2 - p.to 8.4.4 NTC2008 (p.to 4.1.2.1.8)

### Massima azione trasmessa con la lunghezza di ancoraggio

Resistenza di aderenza  $f_{bd,rid}=2.16 \text{ MPa}$   
Lunghezza di aderenza  $L=1269 \text{ mm}$

Area aderente  $A=\pi \varnothing L=3.14 \times 40 \times 1269=159386 \text{ mm}^2$   
Forza di ancoraggio  $F=A f_{bd}=159386 \times 2.16=344273 \text{ N}=344 \text{ KN}$

### Calcolo dell'ancoraggio

Forza di trazione massima sulla barra  $F=$  **344** KN

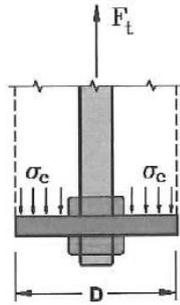
Calcestruzzo: **C35/45**  $\alpha_{cc} =$  **0.85**  $\gamma_c =$  **1.50**

$f_{ck} =$	35.0 N/mm <sup>2</sup>	resistenza cilindrica
$f_{cm} =$	43.0 N/mm <sup>2</sup>	resistenza cilindrica media
$f_{ctm} =$	3.2 N/mm <sup>2</sup>	resistenza a trazione assiale
$f_{ctk} =$	2.2 N/mm <sup>2</sup>	resistenza a trazione assiale caratteristica (frattile 5%)
$f_{cd} =$	19.8 N/mm <sup>2</sup>	
$f_{ctd} =$	1.8 N/mm <sup>2</sup>	

Acciaio **S355**  $\gamma_s =$  **1.05**

$f_{yk} =$	355.0 N/mm <sup>2</sup>	resistenza caratteristica a snervamento
$f_{yd} =$	338.1 N/mm <sup>2</sup>	resistenza a snervamento

Equilibrio dell'attacco



La resistenza a compressione locale del calcestruzzo deve poter equilibrare la trazione della barra

$L = 240$  mm larghezza piastra ancoraggio  
 $i = 80$  mm interasse piastra ancoraggio

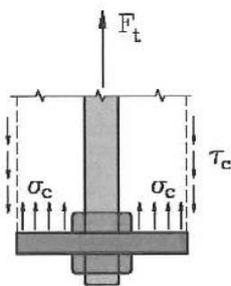
$a = 19200$  mm<sup>2</sup> area della piastra

$R_{c1} = 381$  kN

**Verificato**

**c.s. = 1.11**

Equilibrio della superficie di rottura conica del calcestruzzo



La tensione tangenziale considerata agente sulla superficie di rottura deve poter equilibrare l'azione di contrasto della piastra

$\alpha = 45$  ° angolo di inclinazione della superficie

$h = 400$  mm profondità di ripartizione  
 $L_A = 1040$  mm lato maggiore della superficie ripartita  
 $l_A = 880$  mm lato minore della superficie ripartita

$S = 896000$  mm<sup>2</sup> superficie laterale troncoconica

$\tau_c = 0.47$  N/mm<sup>2</sup> tensione tangenziale [NTC 08 §4.1.11.1]

$R_{c2} = 422.8$  kN

**Verificato**

**c.s. = 1.23**

Rottura a flessione del profilo di contrasto

Lo schema adottato è quello di trave rovescia con schema a semplice appoggio

$q = 1433$  N/mm carico sollecitante  
 $L = 40$  mm luce  
 $M = 0.29$  kNm momento in mezzzeria

$W = 39600$  mm<sup>3</sup> momento statico 1 profilo UPN 240

$M_{c,Rd} = 13.39$  kNm

**Verificato**

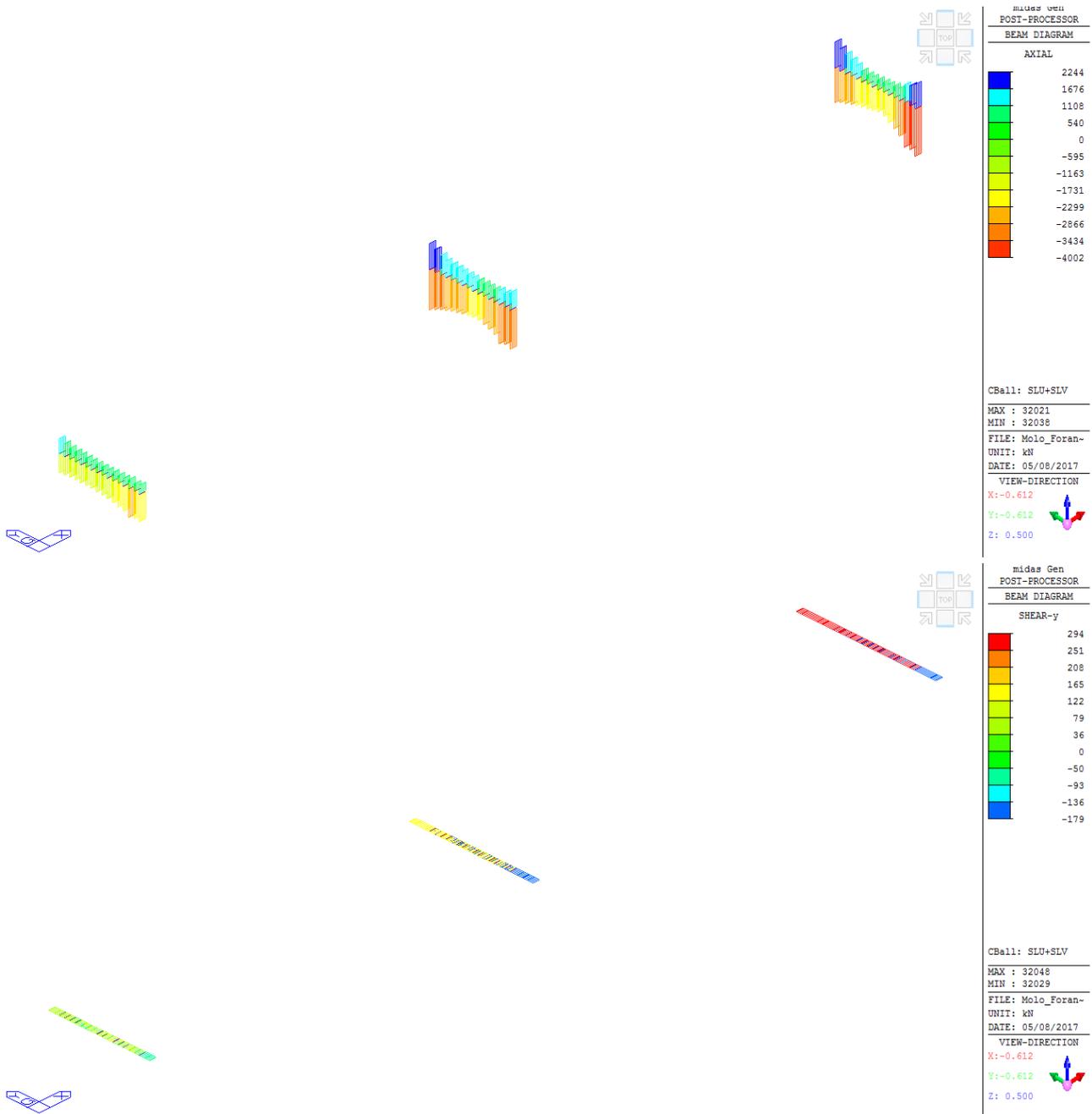
**c.s. = 46.70**

Si adottano quindi un profilo UPN 240 calandrato da disporre saldato a completo ripristino sulle sezioni in testa alle armature terminali dei pali portanti Ø1800.

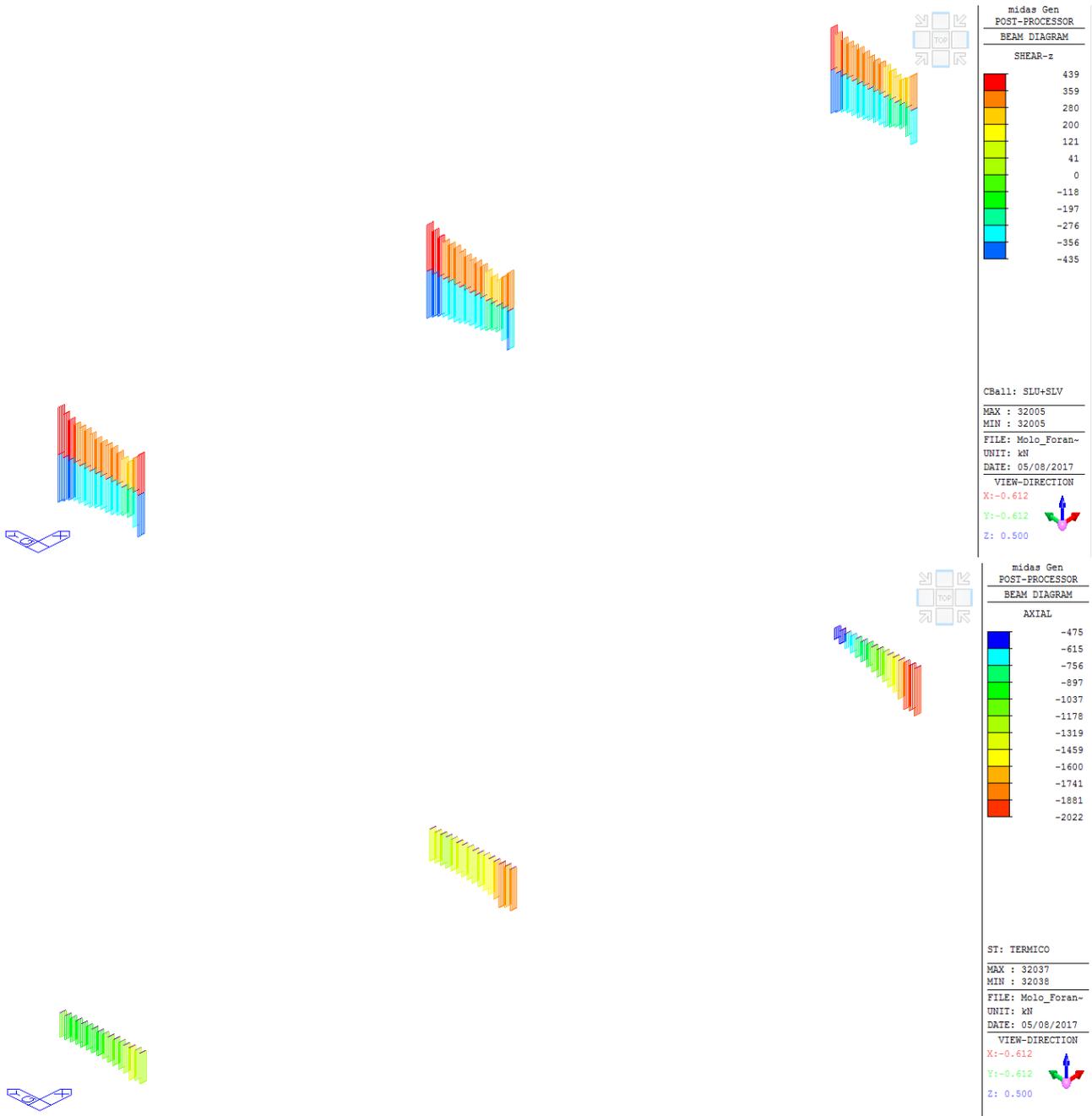
## 10.7 GIUNTI TRA SETTORI

Tra i diversi settori vengono collocati dei giunti con la funzione di assorbire la deformazione termica, e dall'altro lato di trasferire gli sforzi derivanti da carichi impulsivi e dinamici quali le azioni sismiche tra i vari settori.

### 10.7.1 Sollecitazioni



COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
 INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
 PROGETTO ESECUTIVO



### 10.7.2 Verifiche di resistenza del tubolare

#### AZIONI DI PROGETTO SUL CONNETTORE

Numero di connettori	n=	15	
Azione termica sul singolo connettore	$F_{t,SLE,1}$	2022	KN
Azione longitudinale sul singolo connettore	$F_{SLU,L,1}$	4002	KN
Azione trasversale sul singolo connettore	$F_{SLU,T,1}$	528	KN

#### CONNETTORE

Tipo di acciaio	$f_{yk}$	355	MPa
Lunghezza inguainata	l	1200	mm
Diametro del connettore	D	244.5	mm
Spessore	s	25.00	mm
Spessore corroso	s	0.00	mm
Diametro del connettore post corrosione	D	244.5	mm
Spessore post corrosione	s	25.00	mm
	$\varepsilon$	0.81	
	d/t	9.78	
<b>Classe del profilo</b>		<b>1</b>	

#### VERIFICHE DI RESISTENZA

$f_{yk}$ [MPa]= 355	$A_{eff}$ [mm <sup>2</sup> ]= 17239.49
$\gamma_{M1}$ = 1.05	$J_y$ [mm <sup>4</sup> ]= 1.0512E+08
E [MPa]= 210000	$\gamma_{max}$ [mm]= 122.25
D [mm]= 244.50	$W_y$ [mm <sup>3</sup> ]= 8.5987E+05
s [mm]= 25.00	

#### Compressione/Trazione tubolare

$N_{Ed}$ [KN]= 4002.0	
$N_{c,Rd}$ [KN]= 5828.6	
$N_{Ed}/N_{c,Rd}$ = 0.69	< 1 <b>Verificato</b>

#### Taglio

$V_{Ed}$ [KN]= 528.4	
$A_v$ [mm <sup>2</sup> ]= 10975.00	
$V_{c,Rd}$ [KN]= 2142.3	
$V_{Ed}/V_{c,Rd}$ = 0.25	< 1 <b>Verificato</b>

**INSTABILITA'**

L <sub>cr</sub> [mm]=	600	schema a doppio incastro
N <sub>cr</sub> [KN]=	604584	Φ= 0.49
λ <sub>media</sub> =	0.10	χ= 1.00
α=	0.21	
N <sub>b,Rd</sub> [KN]=	5828.6	N <sub>Ed</sub> [KN]= 4002
λ=	7.7 < 200	<b>Verificato</b>
N <sub>Ed</sub> /N <sub>b,Rd</sub> =	0.69 < 1	<b>Verificato</b>

**10.7.2.1 Piastra di testa**

**VERIFICA PIASTRA DI TESTA**

Resistenza dell'acciaio	f <sub>yd</sub> =	338	Mpa
Carico agente	P <sub>ed</sub> =	4002	KN
Larghezza piastra	l <sub>1</sub> =	345	mm
Pressione sulla piastra	q <sub>Ed</sub> =	56	N/mm <sup>2</sup>
Spessore piastra	t=	15	mm
Larghezza resistente	l <sub>2</sub> =	50.25	mm
Modulo resistente	W=	563	mm <sup>3</sup>
<b>Momento sollecitante</b>	<b>M<sub>Ed</sub>=</b>	<b>0.07</b>	<b>KNm</b>
<b>Momento resistente</b>	<b>M<sub>Rd</sub>=</b>	<b>0.19</b>	<b>KNm</b>

**VERIFICATO**

**10.7.2.2 Saldatura a completa penetrazione**

**VERIFICA SALDATURA**

f <sub>yk</sub> =	355	Mpa	γ <sub>M</sub> =	1.25
β=	0.9		β <sub>1</sub> =	0.7
β <sub>2</sub> =	0.85			
a <sub>1</sub> =	25.00	mm	l <sub>1</sub> =	767.73 mm
σ <sub>⊥</sub> =	208.5	Mpa	τ <sub>⊥</sub> =	55.1 Mpa
t <sub>⊥</sub> [MPa]=	55.1		τ <sub>//</sub> =	0.0 Mpa

[n <sub>⊥</sub> <sup>2</sup> +t <sub>⊥</sub> <sup>2</sup> +t <sub>//</sub> <sup>2</sup> ] <sup>0,5</sup> =	215.7	MPa	β <sub>1</sub> f <sub>yk</sub> =	248.5 MPa	<b>Verificato</b>
n <sub>⊥</sub>  + t <sub>⊥</sub>  =	263.6	MPa	β <sub>2</sub> f <sub>yk</sub> =	301.8 MPa	<b>Verificato</b>

### 10.7.3 Verifiche di deformazione del tubolare

Il giunto deve riuscire ad assorbire una deformazione pari a quella dovuta per le dilatazioni termiche dei singoli settori. Si calcola la deformazione massima dovuta alle sollecitazioni termiche, considerando come lunghezza reagente la distanza tra l'ultimo filo di pali, che agiscono da ritegni, e il bordo del settore della sezione generica:

#### TEMPERATURA

Azione termica	$\Delta T =$	15	°C
Dilatazione termica CA	$\alpha =$	1.00E-05	1/°C
Lunghezza del molo reagente	L =	4.93	m
Modulo elastico del CA	E =	34077.1	MPa
Area della sezione trasversale	A =	16.9	m <sup>2</sup>
Deformazione	$\Delta L =$	0.74	mm

Tale dato viene confermato dalle massime deformazioni relative tra i due lati del giunto ottenute dal modello complessivo del molo foraneo per la sola deformazione termica:

Giunto A-B					Giunto B-C					Giunto C-D				
Node	DX (mm)	Node	DX (mm)	$\Delta$ (mm)	Node	DX (mm)	Node	DX (mm)	$\Delta$ (mm)	Node	DX (mm)	Node	DX (mm)	$\Delta$ (mm)
20230	-8.23	20214	-8.58	-0.35	20246	-0.31	20247	-0.76	-0.45	20278	8.62	20279	8.46	-0.16
20231	-8.24	20215	-8.57	-0.33	20276	-0.16	20277	-0.75	-0.59	20308	8.12	20309	7.45	-0.67
20232	-8.24	20216	-8.57	-0.33	20274	-0.17	20275	-0.75	-0.58	20306	8.15	20307	7.52	-0.63
20233	-8.24	20217	-8.57	-0.33	20272	-0.16	20273	-0.78	-0.62	20304	8.22	20305	7.56	-0.66
20234	-8.24	20218	-8.57	-0.33	20270	-0.2	20271	-0.74	-0.54	20302	8.21	20303	7.66	-0.55
20235	-8.24	20219	-8.57	-0.33	20268	-0.22	20269	-0.73	-0.51	20300	8.23	20301	7.73	-0.5
20236	-8.23	20220	-8.57	-0.34	20266	-0.24	20267	-0.72	-0.48	20298	8.26	20299	7.8	-0.46
20237	-8.23	20221	-8.57	-0.34	20264	-0.25	20265	-0.72	-0.47	20296	8.29	20297	7.87	-0.42
20238	-8.23	20222	-8.57	-0.34	20262	-0.26	20263	-0.72	-0.46	20294	8.33	20295	7.94	-0.39
20239	-8.22	20223	-8.57	-0.35	20260	-0.27	20261	-0.72	-0.45	20292	8.36	20293	8.01	-0.35
20240	-8.21	20224	-8.58	-0.37	20258	-0.28	20259	-0.72	-0.44	20290	8.4	20291	8.07	-0.33
20241	-8.2	20225	-8.58	-0.38	20256	-0.28	20257	-0.73	-0.45	20288	8.44	20289	8.15	-0.29
20242	-8.19	20226	-8.59	-0.4	20254	-0.29	20255	-0.73	-0.44	20286	8.47	20287	8.21	-0.26
20243	-8.16	20227	-8.62	-0.46	20252	-0.3	20253	-0.73	-0.43	20284	8.51	20285	8.27	-0.24
20244	-8.17	20228	-8.6	-0.43	20250	-0.3	20251	-0.74	-0.44	20282	8.55	20283	8.34	-0.21
20245	-8.17	20229	-8.6	-0.43	20248	-0.31	20249	-0.75	-0.44	20280	8.58	20281	8.4	-0.18
<b>MIN</b>					<b>MIN</b>					<b>MIN</b>				
<b>-0.46</b>					<b>-0.62</b>					<b>-0.67</b>				

Si ritiene cautelativo mantenere la deformazione calcolata in precedenza (-0.74 mm) e procedere quindi al calcolo della lunghezza libera minima che deve avere il connettore per consentire tale deformazione.

La lunghezza minima della barra libera viene ottenuta eguagliando la deformazione dovuta agli effetti termici dell'impalcato con la deformata finale ottenuta dal sistema composto da calcestruzzo e connettore.

La deformazione totale del sistema risulta:  $\Delta L_c = \Delta L_F - \Delta L_s$

La deformazione dovuta allo sforzo termico trasmesso dall'impalcato risulta:

$$\Delta L_F = \frac{FL_s}{A_s E_s}$$

La deformazione della parte in acciaio:  $\Delta L_s = \alpha_s \cdot \Delta T \cdot L_s$

Si ottiene quindi:  $\Delta L_c = \Delta L_F - \Delta L_s = \frac{FL_s}{A_s E_s} - \alpha_s \cdot \Delta T \cdot L_s$

Da cui si ottiene la lunghezza minima della barra per assicurare la congruenza delle deformazioni:

$$L_s = \frac{\Delta L_c}{\frac{F}{A_s E_s} - \alpha_s \Delta T}$$

Dove:

$\Delta L_c$  Dilatazione della parte in CA del sistema

$\Delta L_F$  Contrazione dell'acciaio dovuta allo sforzo di compressione del calcestruzzo in dilatazione

$\Delta L_s$  Dilatazione della parte in acciaio del sistema dovuta alla temperatura

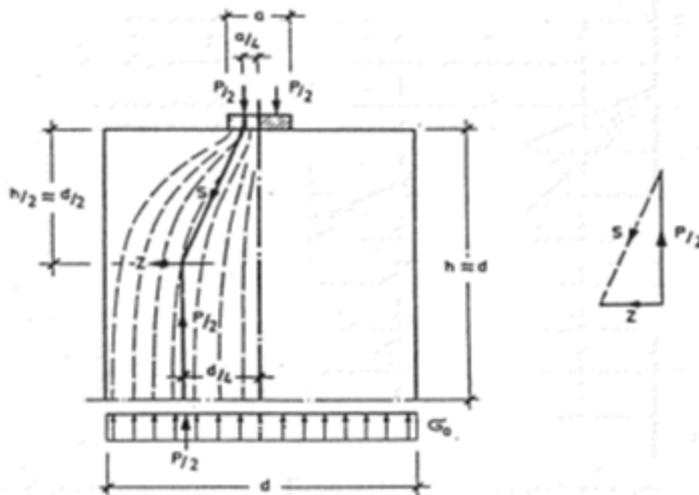
#### VERIFICA COMPATIBILITA' DEFORMATIVA

Azione termica sul singolo connettore	$F_{t,SLU,1} =$	3033	KN
Deformazione termica impalcato	$\Delta L_c =$	0.74	mm
Dilatazione termica acciaio	$\alpha_s =$	1.20E-05	1/°C
Area del connettore	$A_s =$	17239.49	mm <sup>2</sup>
Modulo elastico acciaio	$E_s =$	210000	MPa
Lunghezza minima della barra	$L =$	1124	mm
<b>Lunghezza libera</b>	<b><math>l =</math></b>	<b>1200</b>	<b>mm</b>
		<b>VERIFICATO</b>	

### 10.7.4 Verifiche locali della soletta

#### ARMATURE DI FRETTAGE

Resistenza dell'acciaio	$f_{yd}$ [Mpa]=	338		
Carico agente	$P_{ed}$ [KN]=	4002		
Larghezza di riferimento	$d$ [cm]=	60.00		
Larghezza della zona di applicazione	$a$ [cm]=	34.50		
Trazione sulle staffe	$Z$ [KN]=	425		
Area minima da adottare	$A_{s,min}$ [cm <sup>2</sup> ]=	12.58	$\Phi = 14$	$n^\circ = 8.2$
<b>Armatura scelta</b>	<b><math>A_s</math> [cm<sup>2</sup>]=</b>	<b>13.85</b>	<b><math>\Phi = 14</math></b>	<b><math>n^\circ = 9</math></b>



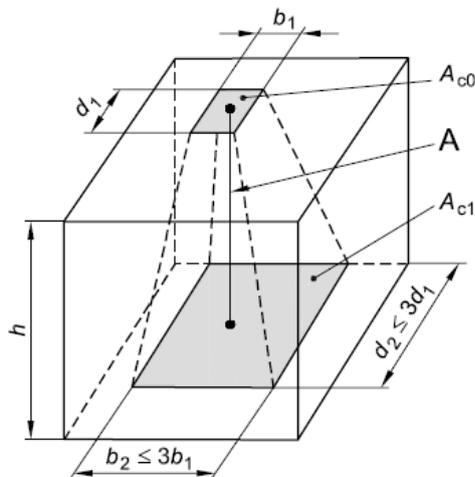
**VERIFICA PRESSIONI LOCALI DEL CALCESTRUZZO**

Resistenza del CA	$f_{cd} =$	21.17	Mpa
Altezza	$h =$	600	mm
Dimensioni area applicazione	$d_1 =$	345	mm
Dimensioni area applicazione	$b_1 =$	345	mm
Area di applicazione	$A_{c0} =$	119025	mm <sup>2</sup>
Dimensioni area diffusa	$b_2 =$	600	mm
Dimensioni area diffusa	$d_2 =$	600	mm
Area di diffusione	$A_{c1} =$	360000	mm <sup>2</sup>

$$F_{Rdu} = A_{c0} \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{A_{c1}/A_{c0}} \leq 3,0 \cdot f_{cd} \cdot A_{c0}$$

Carico agente	$F_{Ed} =$	4002	KN
<b>Resistenza a pressione locale</b>	<b><math>F_{Rdu} =</math></b>	<b>4381</b>	<b>KN</b>

**VERIFICATO**



**VERIFICA TRAZIONE ARMATURA INTEGRATIVA**

$\Phi =$  20       $n^\circ =$  20       $A_s =$  6280 mm<sup>2</sup>

Carico massimo di trazione	$F_{Ed} =$	2244	KN
<b>Resistenza trazione delle barre</b>	<b><math>F_{Rd} =</math></b>	<b>2455</b>	<b>KN</b>

**VERIFICATO**

### VERIFICA TRAZIONE ROTTURA CONICA

Carico massimo di trazione	$F_{Ed} =$	2244	KN
Profondità di ripartizione	$h =$	1200	mm
Larghezza piastra	$l =$	345	mm
Larghezza massima ripartita a 45°	$L =$	1000	mm
Superficie tronco-piramidale	$S_{lat} =$	4565081	mm <sup>2</sup>
tensione tangenziale resistente [NTC 08 §4.1.11.1]	$\tau_{Rd,c} =$	0.59	N/mm <sup>2</sup>

**Resistenza trazione cono di calcestruzzo**

$$F_{Rd} = 2678 \text{ KN}$$

**VERIFICATO**

#### 10.7.5 Varco minimo

Considerando gli spostamenti relativi agli stati limite ultimi tra nodi omologhi ai due lati dei giunti si ottengono i seguenti risultati:

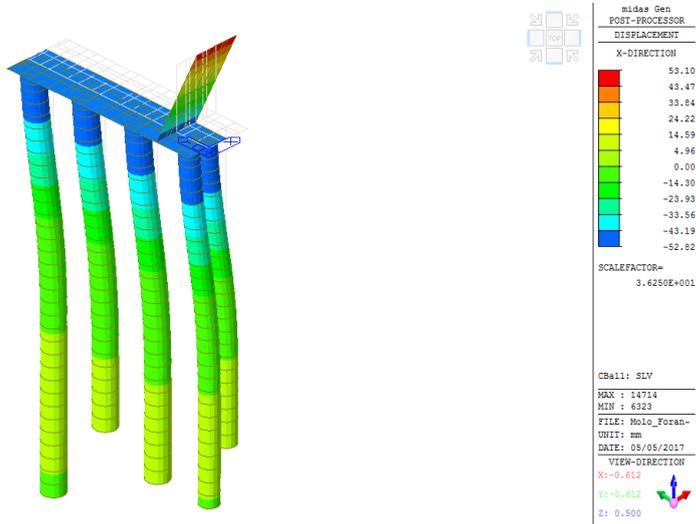
Giunto A-B	$\Delta_{max} = 2.52 \text{ mm}$
Giunto B-C	$\Delta_{max} = 1.18 \text{ mm}$
Giunto C-D	$\Delta_{max} = 6.84 \text{ mm}$

Si deve quindi adottare un **varco minimo di 15 mm** tra le strutture dei settori collegati ed utilizzare un giunto che consenta almeno un **movimento di  $\pm 10 \text{ mm}$** .

### 10.8 GIUNTO ALLA RADICE DEL MOLO

La struttura si trova in adiacenza alla banchina, pertanto andrà verificata la distanza minima di costruzione in modo da scongiurare pericolosi fenomeni di martellamento tra strutture.

Si riportano gli spostamenti in direzione longitudinale dell'ultima parte del molo, in adiacenza alla banchina.



#### Parametri sismici SLV

	$a_g = 0.305$	$S = 1.510764$
$T_1[\text{sec}] = 0.561$	$F_0 = 2.410$	$T_B = 0.180$
$S_d(T_1) = 0.714$	$T_C^* = 0.372$	$T_C = 0.541$
	$S_5 = 1.259$	$T_D = 2.820$
	$C_C = 1.455$	
	$S_T = 1.200$	
	$q = 1.50$	

Spostamento derivante dall'analisi:  $d_{Ee} = 53.00$  mm

#### Spostamento massimo (NTC08 - §7.3.3.3)

$\mu_d = 1.500$   $d_E = 79.50$  mm

Lo spostamento massimo dello sperone risulta: 61 mm

Il varco minimo per evitare il martellamento risulta quindi  $80+61=$  141 mm

#### Distanza minima tra costruzioni contigue (NTC08 - § 7.2.2)

Altezza della costruzione:

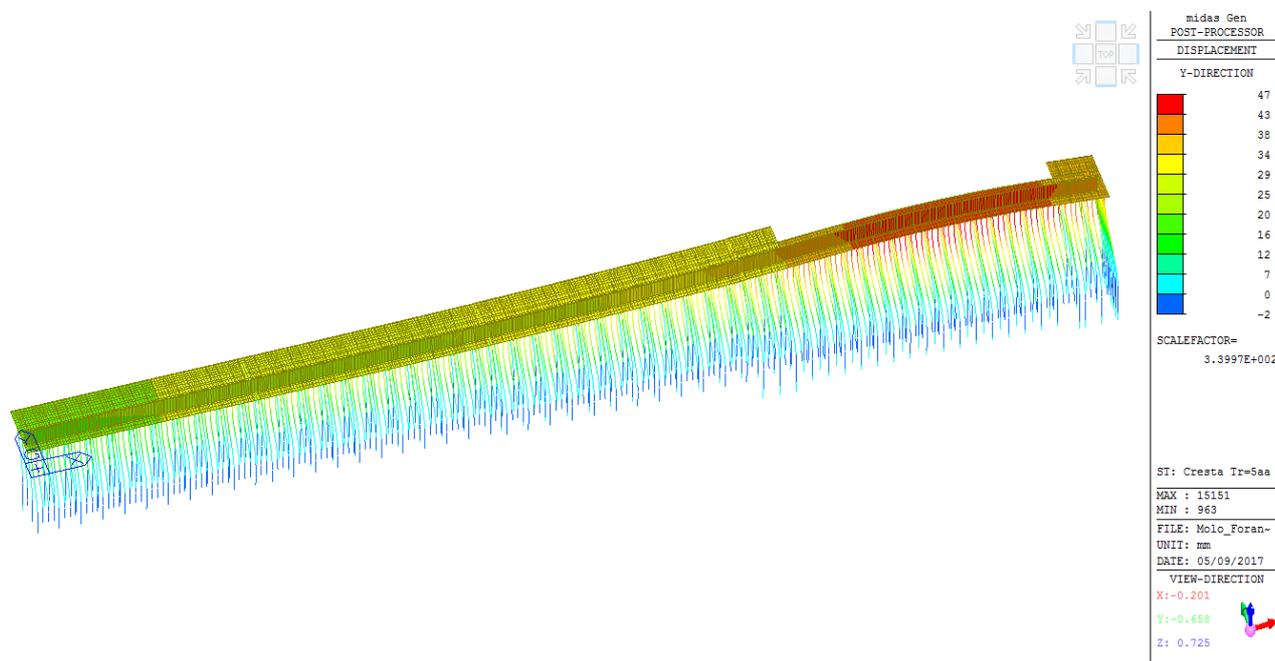
$H = 11.3$  m

$a_g S / 0.5g = 0.922 \leq 1$   $d_{min} = 104.37$  mm

Si deve quindi adottare un **varco minimo di 145 mm** con le strutture esistenti ed utilizzare un giunto che consenta almeno un **movimento di  $\pm 80$  mm**.

## 10.9 VERIFICHE DEFORMAZIONE

### 10.9.1 Verifiche degli spostamenti in fase di esercizio

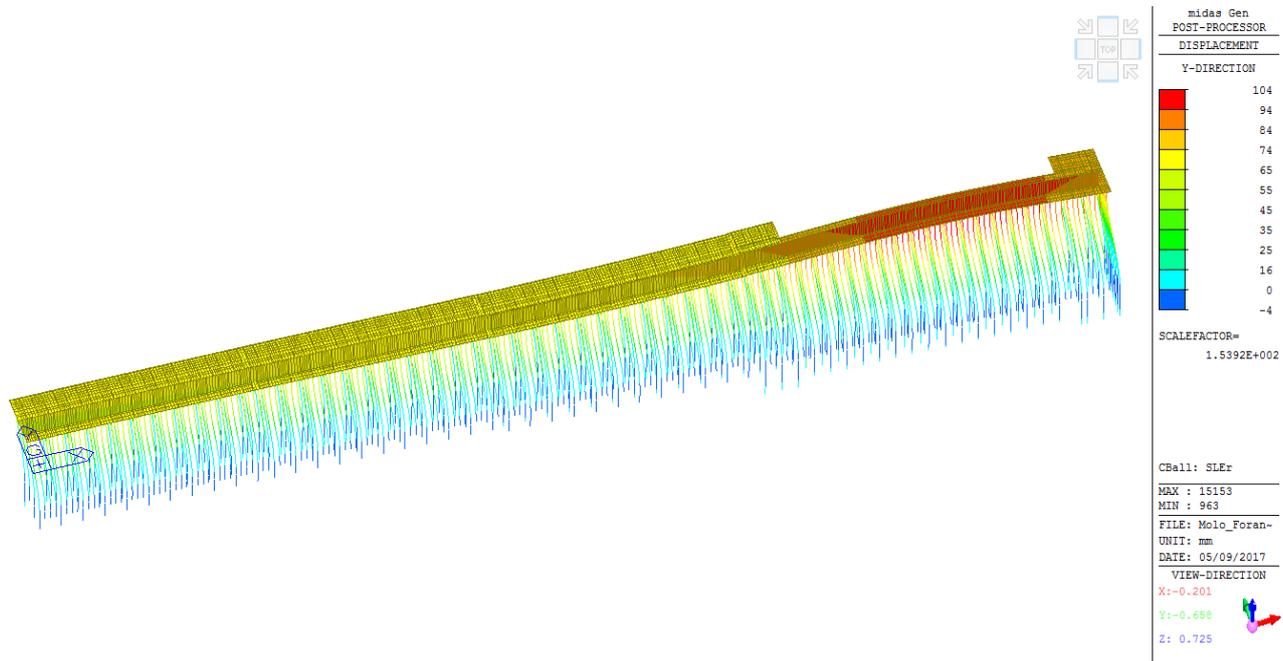


Secondo §4.1.2.2.2 NTC08, per quanto riguarda i limiti di deformabilità, essi devono essere congruenti con le prestazioni richieste alla struttura anche in relazione alla destinazione d'uso, con riferimento alle esigenze statiche, funzionali ed estetiche. Per quanto riguarda i valori limite, essi dovranno essere commisurati a specifiche esigenze e potranno essere dedotti da documentazione tecnica di comprovata validità. Nel caso specifico si controlla il limite di deformabilità ( $H/300$ ) della struttura soggetta al moto ondoso con  $Tr=5$  anni.

$$\Delta = 47 \text{ mm} = h/340 < 16000/300 = 53 \text{ mm}$$

**Verificato**

### 10.9.2 Verifiche degli spostamenti agli SLE rara

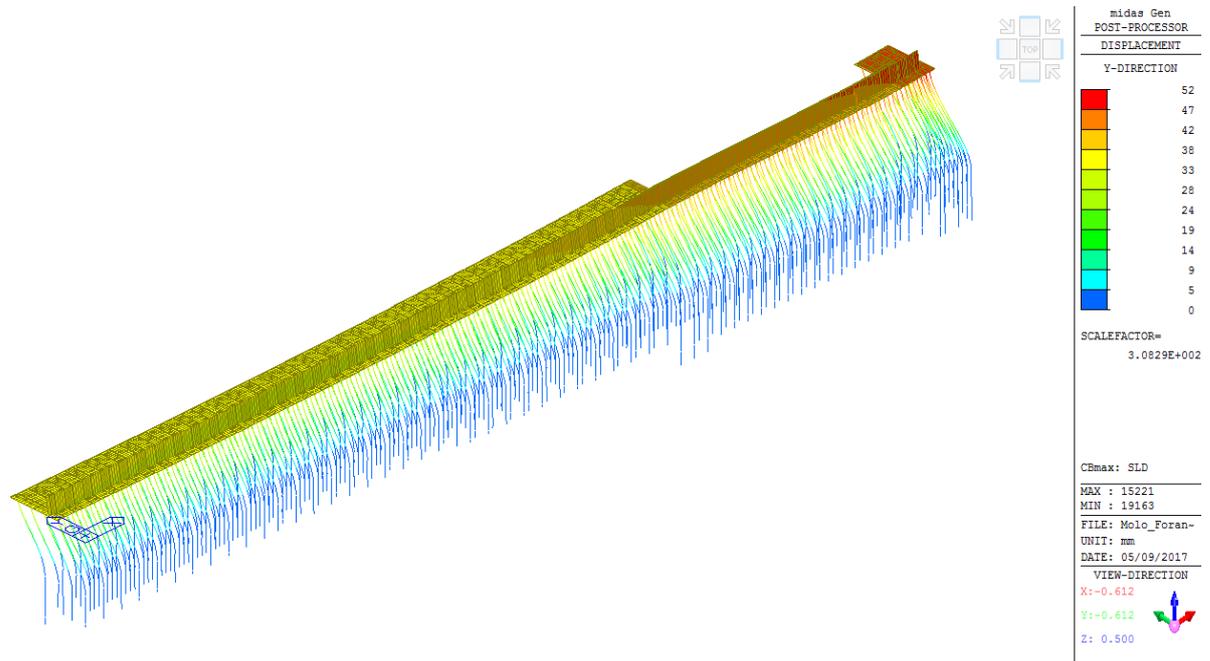


Nelle strutture gli spostamenti laterali alla sommità delle colonne per le combinazioni caratteristiche delle azioni devono generalmente limitarsi ad una frazione dell'altezza della colonna e dell'altezza complessiva dell'edificio da valutarsi in funzione degli effetti sugli elementi portati, della qualità del comfort richiesto alla costruzione, delle eventuali implicazioni di una eccessiva deformabilità sul valore dei carichi agenti. Nel caso specifico si controlla il limite di deformabilità (H/150) della struttura soggetta alle azioni nelle combinazioni Stato Limite di Esercizio rare.

$$\Delta = 104 \text{ mm} = h/154 < 16000/150 = 107 \text{ mm}$$

**Verificato**

### 10.9.3 Verifiche degli spostamenti allo SLD



Secondo §7.3.7.2 NTC08 nel caso delle costruzioni civili e industriali, qualora la temporanea inagibilità sia dovuta a spostamenti eccessivi, la condizione di verifica si può ritenere soddisfatta quando gli spostamenti ottenuti dall'analisi in presenza dell'azione sismica di progetto relativa allo SLD siano inferiori ai limiti indicati nel seguito:

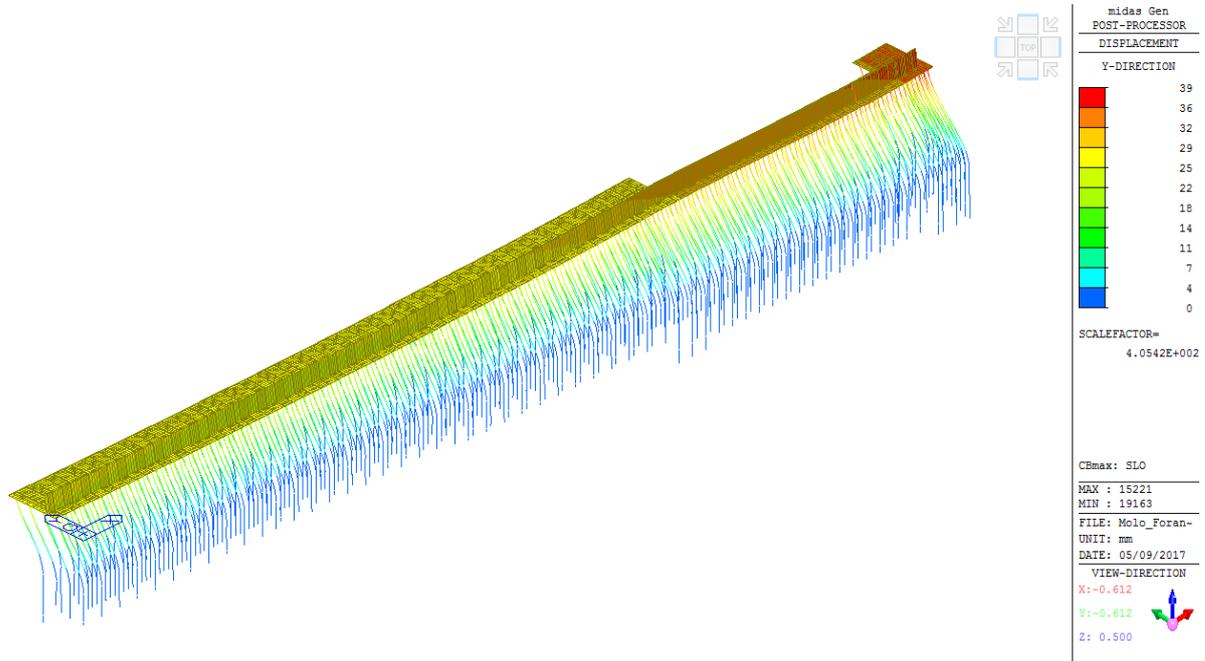
$$d_r < 0,005 h$$

Con riferimento al massimo spostamento si ottiene:

$$d_r = 52 \text{ mm} < 0.005 h = 0.005 \times 16000 = 80 \text{ mm}$$

**Verificato**

### 10.9.4 Verifiche degli spostamenti allo SLO



Secondo §7.3.7.2 NTC08 nel caso delle costruzioni civili e industriali, qualora la temporanea inagibilità sia dovuta a spostamenti eccessivi interpiano, la condizione di verifica si può ritenere soddisfatta quando gli spostamenti interpiano ottenuti dall'analisi in presenza dell'azione sismica di progetto relativa allo SLD siano inferiori ai limiti indicati nel seguito:

$$d_r < 0,005 h$$

Per le costruzioni ricadenti in classe d'uso III e IV si deve verificare che l'azione sismica di progetto non produca danni agli elementi costruttivi senza funzione strutturale tali da rendere temporaneamente non operativa la costruzione. Nel caso delle costruzioni civili e industriali questa condizione si può ritenere soddisfatta quando gli spostamenti interpiano ottenuti dall'analisi in presenza dell'azione sismica di progetto relativa allo *SLO* (v. § 3.2.1 e § 3.2.3.2) siano inferiori ai 2/3 dei limiti in precedenza indicati.

Con riferimento al massimo spostamento si ottiene:

$$d_r = 39 \text{ mm} < (2/3)0.005 h = (2/3) 0.005 \times 16000 = 53 \text{ mm}$$

**Verificato**

## 10.10 VERIFICHE DEI RISULTATI

### 10.10.1 Controllo delle reazioni globali

Si esegue un calcolo semplificato delle reazioni vincolari in fondazione per i casi di carico principali:

#### Azioni verticali:

- Peso proprio
- Accidentali di banchina

#### Azioni orizzontali trasversali:

- Carico di cresta
- Carico di cavo
- Spinta idrodinamica SLV
- Sisma SLV

Laddove sarà necessario considerare grandezze diverse si è eseguito un calcolo utilizzando la metodologia della media ponderata. Questo avviene, ad esempio, nel calcolo della larghezza media di impalcato, che risulta più stretto nel settore D, nel calcolo relativo alla spinta di cresta e cavo con le diverse profondità di fondale e nel calcolo del periodo principale di vibrazione della struttura, che deve tenere conto dei diversi contributi della massa partecipante.

#### Dimensioni in pianta

Lunghezza	322	m
Larghezza media	15.25	m

#### Reazioni vincolari modello

	Load	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)
PP	0	0	0	454024
ACCIDENTALE	0	0	0	194880
CRESTA	0	0	-395918	0
CAVO	0	0	191394	0
SLV Y - IDRO	0	0	-92789	0
SLV Y(RS)	-3022	-3022	-235743	-110

#### Controllo peso proprio PP

Peso impalcato medio	30	KN/mq
Peso pali CA	251413	KN
Peso pali acciaio	14066	KN
Peso muro paraonde	85	KN/ml

Risultante azioni	438297	KN
Da modello	454024	KN
<b>Differenza</b>	<b>4%</b>	

**Controllo ACCIDENTALE**

Carico	40	KN/mq
Risultante azioni	196394	KN
Da modello	194880	KN
<b>Differenza</b>	<b>-1%</b>	

**Controllo CRESTA**

Carico	1260	KN/ml
Risultante azioni	405720	KN
Da modello	395918	KN
<b>Differenza</b>	<b>-2%</b>	

**Controllo CAVO**

Carico	638	KN/ml
Risultante azioni	205349	KN
Da modello	191394	KN
<b>Differenza</b>	<b>-7%</b>	

**Controllo SLV Y - IDRO**

Carico muro frontale	295	KN/ml
Carico setti interni	0	KN
Risultante azioni	94850	KN
Da modello	92789	KN
<b>Differenza</b>	<b>-2%</b>	

Mode No	Period (sec)	MASS(%)	Period x MASS	<b>Tmedio</b>
1	0.6346	23.5229	14.92763	<b>0.582</b>
2	0.5944	31.935	18.98216	
3	0.5593	0.0471	0.026343	
4	0.5406	29.6034	16.0036	
5	0.5135	5.8676	3.013013	
6	0.4325	0.0179	0.007742	
7	0.3425	0.0001	3.43E-05	
8	0.2674	0.0059	0.001578	
9	0.2632	0.0004	0.000105	
10	0.2109	0.0005	0.000105	

**Controllo SLV Y(RS)**

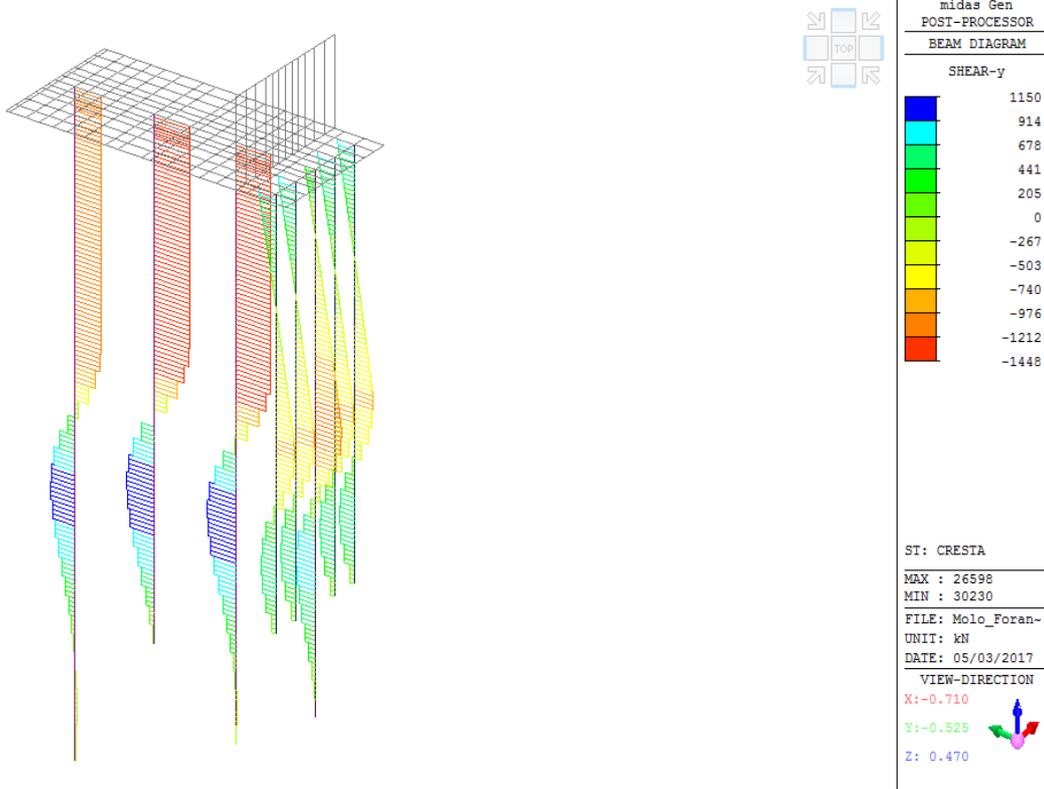
Massa partecipante impalcato	100%	145579	KN
Massa partecipante pali CA	50%	125707	KN
Massa partecipante pali acciaio	100%	14066	KN
Massa partecipante muro paraonde	100%	27239	KN
Massa 0.8*Accidentale	0.80	157115	KN
Massa totale	469706		KN
Acc. sism modo princ.	0.584		g
Massa partecipante	85%		
Risultante azioni	233162		KN
Da modello	235743		KN
<b>Differenza</b>	<b>1%</b>		

I risultati confermano la bontà delle modellazioni eseguite.

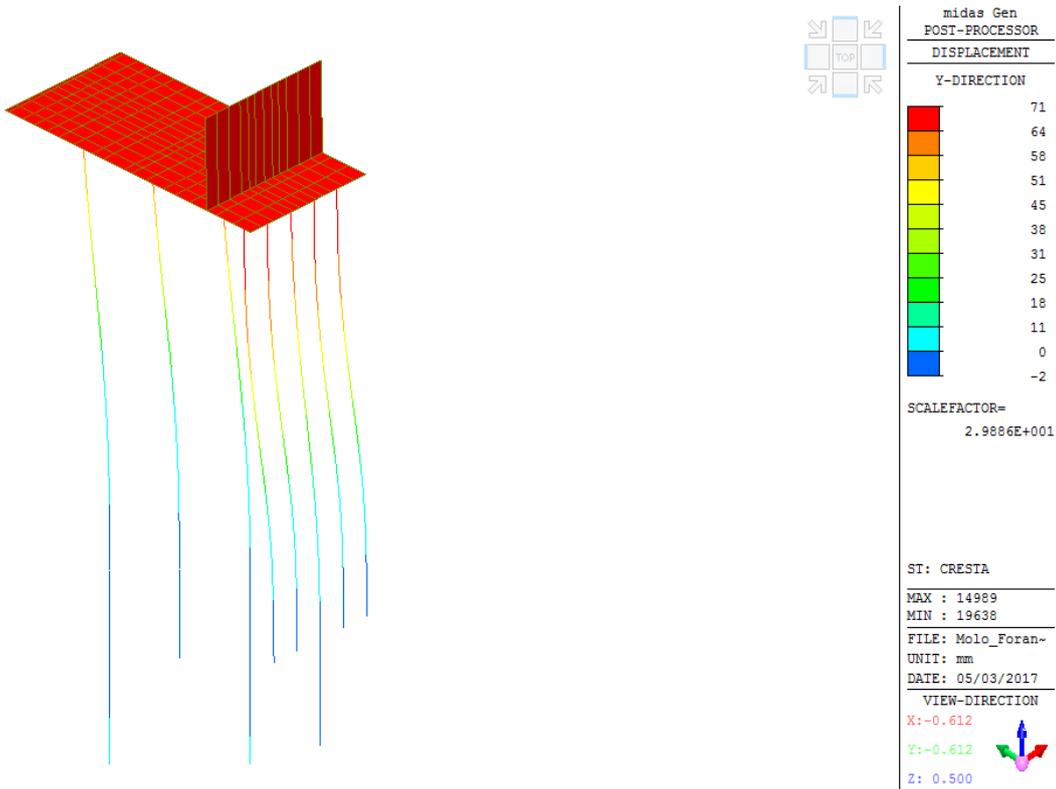
### 10.10.2 Controllo sollecitazioni del singolo telaio

Si controlla lo sforzo di taglio afferente ai pali del settore C nell'intorno del filo 28, considerando il carico di cresta.

Le sollecitazioni ottenute da modello risultano:



Gli spostamenti ottenuti dal modello risultano:



Si procede quindi ad un calcolo semplificato delle sollecitazioni e degli spostamenti del telaio considerando le seguenti ipotesi:

- incastro alla base considerato alla quota di massimo momento
- cerniera in sommità ai pali
- impalcato infinitamente rigido

Si considerano quindi le rigidezze dei pali come: 
$$K = \frac{3EJ}{L^3}$$

**Rigidezze orizzontali elementi resistenti**

Filo	Elemento	D [m]	d [m]	h [m]	E [KN/m <sup>2</sup> ]	J [m <sup>4</sup> ]	K [KN/m]
D	Palo CA	1.80		16.00	34077000	0.51530	12861
C	Palo CA	1.80		15.00	34077000	0.51530	15609
B	Palo CA	1.80		15.00	34077000	0.51530	15609
A	Palo CA	1.50		12.00	34077000	0.24850	14702
A	Palo acciaio	1.52	1.50	11.00	210000000	0.01695	8024
A	Palo acciaio	1.52	1.50	11.00	210000000	0.01695	8024
A	Palo acciaio	1.52	1.50	11.00	210000000	0.01695	8024
A	Palo acciaio	1.52	1.50	11.00	210000000	0.01695	8024

**Rigidezza totale= 90876**

Taglio agente= 7585 KN

**Calcolo a telaio Da modello**

VEd [KN]	VEd [KN]	Differenza
1073	1059	-1%
1303	1436	10%
1303	1448	11%
1227	1087	-11%
670	786	17%
670	786	17%
670	786	17%
670	786	17%

Taglio totale= 7585

Spostamento calcolo a telaio 83.46 mm

Spostamento da modello 71.00 mm

Differenza -15%

I risultati, pur considerando le pesanti semplificazioni fatte per il calcolo a telaio, confermano la bontà delle modellazioni eseguite.

**10.10.3 Verifiche schematizzazione terreno con curve p-y**

Come già riportato nei paragrafi precedenti, la resistenza laterale del terreno sotto il fondale è stata schematizzata mediante delle molle a comportamento non lineare.

Le molle orizzontali a comportamento non lineare sono ottenute utilizzando la metodologia delle curve p-y che legano l'entità del carico p trasmesso al terreno con il valore dello spostamento orizzontale y del palo. Le curve p-y, quindi permettono di tenere in conto degli aspetti deformativi del complesso palo-terreno, come anche dell'eventuale plasticizzazione del terreno.

Per verificare la correttezza delle curve p-y implementate nel modello di calcolo realizzato con il codice di calcolo Midas e validare i risultati ottenuti, si riporta di seguito il confronto delle analisi effettuate su un si

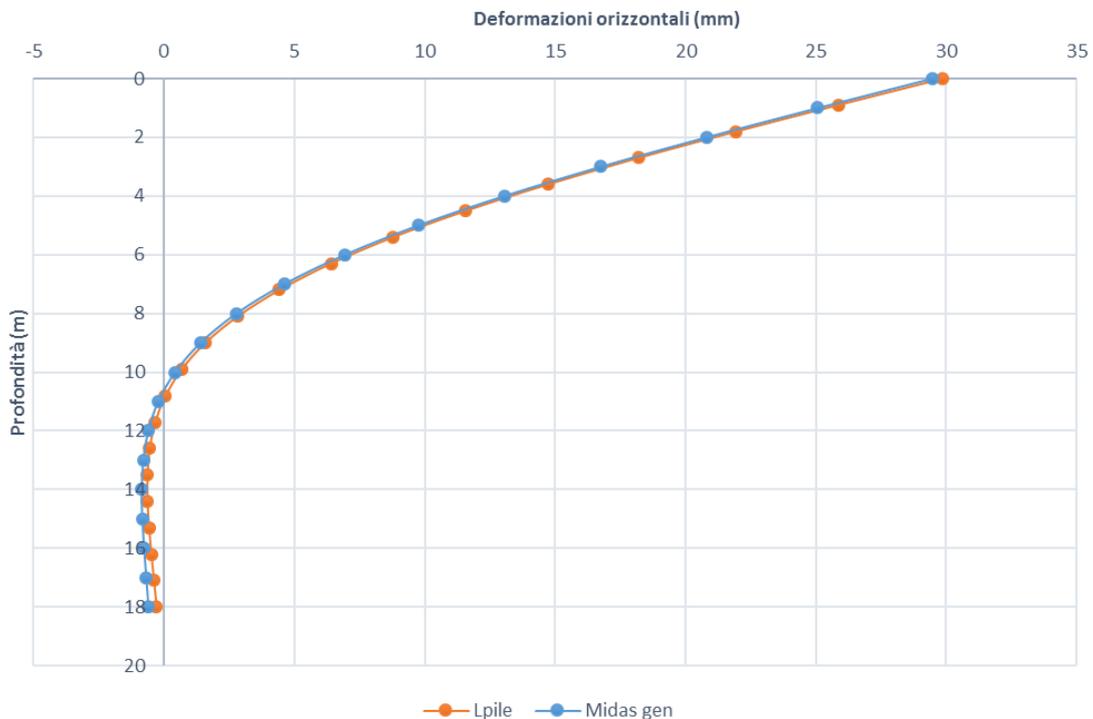
Si esegue la verifica delle curve p-y, delle deformazioni orizzontali e delle azioni agenti lungo il palo di fondazione mediante l'utilizzo del codice di LPile. Lpile è un codice di calcolo "geotecnico" per l'analisi del comportamento di un palo sottoposto ad azioni orizzontali.

Il confronto dei risultati ottenuti con i due codici di calcolo viene effettuato considerando:

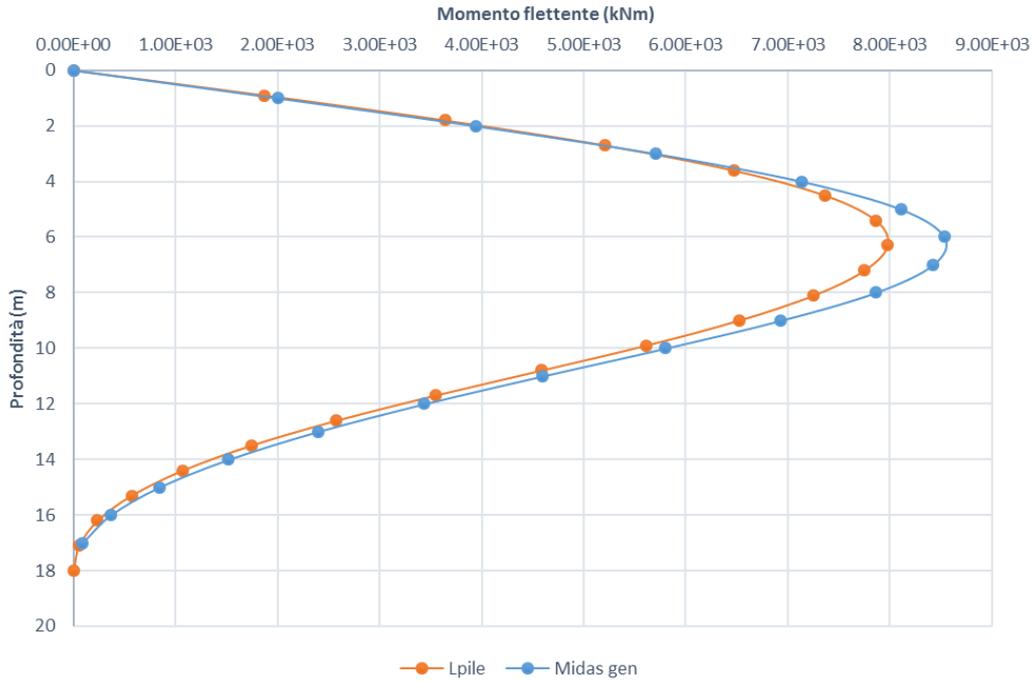
- le caratteristiche del terreno presente nell'area di intervento:
  - angolo d'attrito terreno 35 °;
  - curve p-y per sabbie (Reese);
  - falda a piano campagna;
- singolo palo di diametro 1800 mm e lunghezza 18 m;
- carico orizzontale di 2000 kN;

### Risultati analisi

Confronto spostamenti orizzontali:

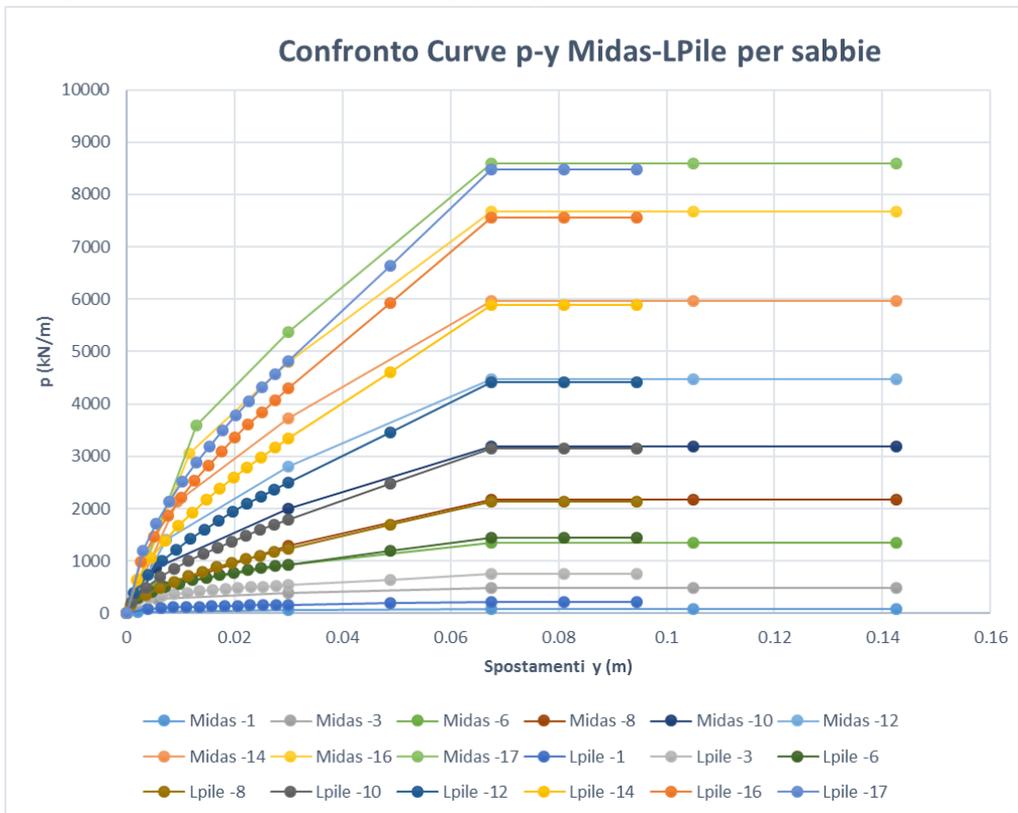


Confronto valori del momento flettente:



Alla profondità di 6 m si rileva una differenza tra i risultati ottenuti con i due modelli di calcolo massima di circa il 6.25%.

Si riporta di seguito il confronto tra le curve p-y implementate dai due codici di calcolo



I risultati, confermano la correttezza delle analisi eseguite.

## 11 PROGETTAZIONE GEOTECNICA

Le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) e le analisi relative alle condizioni di esercizio (SLE) devono essere effettuate nel rispetto dei principi e delle procedure seguenti.

### 11.1 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

- $E_d = \begin{cases} E \left[ \gamma_F \cdot F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right] \\ \gamma_E \cdot E \left[ F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right] \end{cases}$  : valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;
- $\gamma_E = \gamma_F$  ;
- $R_d = \frac{1}{\gamma_R} \cdot R \left[ \gamma_F \cdot F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$  valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Effetto delle azioni e resistenza sono espresse in funzione delle azioni di progetto,  $\gamma_F \cdot F_k$  dei parametri di progetto e della geometria di progetto  $a_d$ . L'effetto delle azioni può anche essere valutato direttamente come  $E_d = E_k \cdot \gamma_E$ . Nella formulazione della resistenza  $R_d$ , compare esplicitamente un coefficiente  $\gamma_R$  che opera direttamente sulla resistenza del sistema.

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo approccio progettuale (Approccio 1) sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti: la prima combinazione è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche.

### 11.1.1 Azioni

I coefficienti parziali  $\gamma_F$  relativi alle azioni sono indicati nella tabella seguente (Tab. 6.2.I. DM 14/01/2008).

**Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.**

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Si deve comunque intendere che il terreno e l'acqua costituiscono carichi permanenti (strutturali) quando, nella modellazione utilizzata, contribuiscono al comportamento dell'opera con le loro caratteristiche di peso, resistenza e rigidità.

### 11.1.2 Resistenze

Il valore di progetto della resistenza può essere determinato:

- in modo analitico, con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, diviso per il valore del coefficiente parziale specificato nella successiva tabella (Tab. 6.2.II DM 14/01/2008) e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali specificati nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera;
- in modo analitico, con riferimento a correlazioni con i risultati di prove in sito, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle contenute nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera;
- sulla base di misure dirette su prototipi, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle contenute nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera.

**Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_c$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

Per le rocce, al valore caratteristico della resistenza a compressione uniaassiale deve essere applicato un coefficiente parziale  $\gamma_{qu} = 1.6$

Per gli ammassi rocciosi e per i terreni a struttura complessa, nella valutazione della resistenza caratteristica occorre tener conto della natura e delle caratteristiche geometriche e di resistenza delle discontinuità strutturali.

## 11.2 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)

Le opere e i sistemi geotecnici di cui al § 6.1.1 devono essere verificati nei confronti degli stati limite di esercizio. A tale scopo, il progetto deve esplicitare le prescrizioni relative agli spostamenti compatibili e le prestazioni attese per l'opera stessa. Il grado di approfondimento dell'analisi di interazione terreno-struttura è funzione dell'importanza dell'opera. Per ciascun stato limite di esercizio deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq C_d$$

dove:

- $E_d$ : valore di progetto dell'effetto delle azioni;
- $C_d$ : prescritto valore limite dell'effetto delle azioni.

### 11.2.1 Verifiche di stabilità globale

Le verifiche di stabilità globale allo stato limite ultimo sono condotte secondo la combinazione A2+M2+R2, in ottemperanza al DM. 14.1.2008, con i coefficienti delle azioni e dei parametri geotecnici riportati nelle tabelle 6.2.I e 6.2.II del DM 14/01/2008, richiamati nei paragrafi precedenti.

Le verifiche vengono effettuate con il metodo di Bishop, che assimila la superficie di scivolamento ad un arco di circonferenza.

Se si considera la massa interessata dallo scivolamento suddivisa in  $n$  conci, il fattore di sicurezza può essere espresso in termini di momenti generati dalle forze agenti sui singoli conci rispetto al centro della circonferenza stessa

$$FS = \frac{M_S}{M_R}$$

dove:

- $M_R = r \cdot \sum_{i=1}^n W_i \cdot \sin \alpha_i$ : momento delle forze ribaltanti;
- $M_S = \sum_{i=1}^n (c + \sigma_i \cdot \tan \varphi_i) \cdot \Delta l_i$ : momento stabilizzante;
- $r$ : raggio del conchio considerato;
- $\Delta l_i$ : lunghezza della base del conchio considerato.

Nel metodo di Bishop si assume che le azioni agenti all'interfaccia dei conci abbiano risultante orizzontale, perciò, se si esprime la resistenza mobilizzata come un'aliquota della resistenza al taglio tramite il fattore di sicurezza  $FS$  (assunto uguale a quello dell'equazione generale), si ricava  $N_i$  dall'equilibrio alla traslazione verticale:

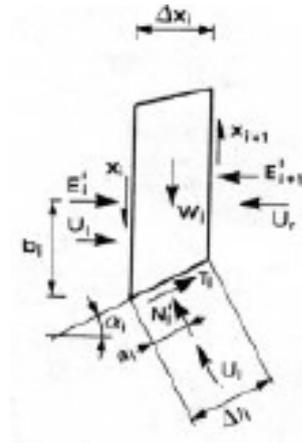
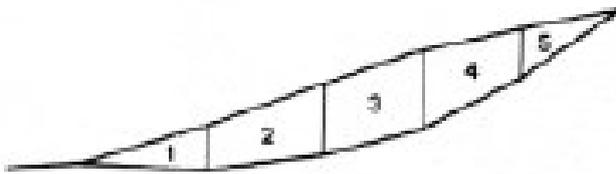
$$N_i = \frac{W_i - u_i \cdot \Delta x_i - (1/FS) \cdot c \cdot \Delta x_i \cdot \tan \alpha_i}{\cos \alpha_i \cdot [1 + (\tan \alpha_i \cdot \tan \varphi_i) / FS]}$$

Si ottiene quindi:

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^n [c \cdot \Delta x_i + (W_i - u_i \cdot \Delta x_i) \cdot \tan \alpha_i] \cdot [1/M_i(\alpha)]}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot \sin \alpha_i}$$

dove:

- $M_i(\alpha) = \cos \alpha_i \cdot \left( 1 + \frac{\tan \alpha_i \cdot \tan \varphi_i}{FS} \right)$



### 11.3 CRITERI GENERALI DI CALCOLO DELLE FONDAZIONI SU PALI

#### 11.3.1 Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU)

Nelle verifiche di sicurezza devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo, sia a breve sia a lungo termine.

Gli stati limite ultimi delle fondazioni su pali si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono la fondazione stessa.

Nel caso di fondazioni posizionate su o in prossimità di pendii naturali o artificiali deve essere effettuata la verifica con riferimento alle condizioni di stabilità globale del pendio includendo nelle verifiche le azioni trasmesse dalle fondazioni.

Le verifiche delle fondazioni su pali devono essere effettuate con riferimento almeno ai seguenti stati limite, quando pertinenti:

- SLU di tipo geotecnico (GEO)
  - collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali;
  - collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi trasversali;
  - collasso per carico limite di sfilamento nei riguardi dei carichi assiali di trazione;
  - stabilità globale;
- SLU di tipo strutturale (STR)
  - raggiungimento della resistenza dei pali;
  - raggiungimento della resistenza della struttura di collegamento dei pali,
  - accertando che la condizione sia soddisfatta per ogni stato limite considerato.

La verifica di stabilità globale deve essere effettuata secondo l'Approccio 1:

- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II del DM 14/01/2008 per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tabella 6.8.I per le resistenze globali.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.4.II del dm 14/01/2008, seguendo almeno uno dei due approcci:

Approccio 1:

- Combinazione 1: (A1+M1+R1)
- Combinazione 2: (A2+M1+R2) (Circolare 2 febbraio 2009, n.617)

Approccio 2:

- (A1+M1+R3).

Nelle verifiche effettuate con l'approccio 2 che siano finalizzate al dimensionamento strutturale coefficiente  $\gamma_R$  non deve essere portato in conto.

### Resistenze di pali soggetti a carichi assiali

Il valore di progetto  $R_d$  della resistenza si ottiene a partire dal valore caratteristico  $R_k$  applicando i coefficienti parziali della Tab. 6.4.II del DM 14/01/2008.

**Tabella 6.4.II** – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche.

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	$\gamma_b$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale (*)	$\gamma_t$	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25

(\*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

La resistenza caratteristica  $R_k$  del palo singolo può essere dedotta da:

- risultati di prove di carico statico di progetto su pali pilota (§ 6.4.3.7.1);
- metodi di calcolo analitici, dove è calcolata a partire dai valori caratteristici dei parametri geotecnici, oppure con l'impiego di relazioni empiriche che utilizzino direttamente i risultati di prove in sito (prove penetrometriche, pressiometriche, ecc.);
- risultati di prove dinamiche di progetto, ad alto livello di deformazione, eseguite su pali pilota.

a) Se il valore caratteristico della resistenza a compressione del palo,  $R_{k,c}$ , o a trazione,  $R_{k,t}$ , è dedotto dai corrispondenti valori  $R_{k,c}$  o  $R_{k,t}$ , ottenuti elaborando i risultati di una o più prove di carico di progetto, il valore caratteristico della resistenza a compressione e a trazione è pari al minore dei valori ottenuti applicando i fattori di correlazione riportati nella Tab. 6.4.III, in funzione del numero n di prove di carico su pali pilota:

$$R_{c,k} = \min \left\{ \frac{(R_{c,m})_{media}}{\xi_1}, \frac{(R_{c,m})_{min}}{\xi_2} \right\}$$

$$R_{t,k} = \min \left\{ \frac{(R_{t,m})_{media}}{\xi_1}, \frac{(R_{t,m})_{min}}{\xi_2} \right\}$$

**Tabella 6.4.III** - Fattori di correlazione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica a partire dai risultati di prove di carico statico su pali pilota.

Numero di prove di carico	1	2	3	4	$\geq 5$
$\xi_1$	1,40	1,30	1,20	1,10	1,0
$\xi_2$	1,40	1,20	1,05	1,00	1,0

b) Con riferimento alle procedure analitiche che prevedano l'utilizzo dei parametri geotecnici o dei risultati di prove in sito, il valore caratteristico della resistenza ( $R_{c,k}$ ) è dato dal minore dei valori ottenuti applicando alle resistenze calcolate ( $R_{c,m}$ ) i fattori di correlazione riportati nella Tab. 6.4.IV, in funzione del numero di verticali di indagine:

$$R_{c,k} = \min \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

$$R_{t,k} = \min \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

**Tabella 6.4.IV** – Fattori di correlazione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate.

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
$\xi_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Nell'ambito dello stesso sistema di fondazione, il numero di verticali d'indagine da considerare per la scelta dei coefficienti  $\xi$  (Tab. 6.4.IV DM14/01/2008) deve corrispondere al numero di verticali lungo le quali la singola indagine (sondaggio con prelievo di campioni indisturbati, prove penetrometriche, ecc.) sia stata spinta ad una profondità superiore alla lunghezza dei pali, in grado di consentire una completa identificazione del modello geotecnico di sottosuolo.

Il numero di verticali di indagine con i requisiti necessari deve essere riferito al volume significativo. Ciò significa, ad esempio che per gli edifici il volume significativo deve essere riferito a ciascun corpo di fabbrica, mentre per un'opera lineare, come un viadotto, il volume significativo riguarda ogni singola fondazione (Circolare 2 febbraio 2009, n.617).

c) Se il valore caratteristico della resistenza  $R_{c,k}$  è dedotto dal valore  $R_{c,m}$  ottenuto elaborando i risultati di una o più prove dinamiche di progetto ad alto livello di deformazione, il valore caratteristico della resistenza compressione è pari al minore dei valori ottenuti applicando i fattori di correlazione  $\xi$  riportati nella Tab. 6.4.V, in funzione del numero n di prove dinamiche eseguite su pali pilota:

$$R_{c,k} = \min \left\{ \frac{(R_{c,m})_{media}}{\xi_5}, \frac{(R_{c,m})_{min}}{\xi_6} \right\}$$

**Tabella 6.4.V** - Fattori di correlazione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica a partire dai risultati di prove dinamiche su pali pilota.

Numero di prove di carico	$\geq 2$	$\geq 5$	$\geq 10$	$\geq 15$	$\geq 20$
$\xi_5$	1,60	1,50	1,45	1,42	1,40
$\xi_8$	1,50	1,35	1,30	1,25	1,25

Il calcolo è eseguito secondo quanto riportato nelle "Raccomandazioni sui pali di fondazione" della Commissione dell'Associazione Geotecnica Italiana (A.G.I.), edizione del dicembre 1984.

L'espressione generica utilizzata per il calcolo della portanza di un palo soggetto a carico verticale è la seguente:

$$Q_{tot} = Q_l + Q_p = \sum_{i=1}^n A_{li} \cdot q_{li} + A_p \cdot q_p \text{ dove:}$$

- $Q_l$  : portata limite laterale;
- $Q_p$  : portata limite di punta;
- $A_{li}$  : area laterale del concio i-esimo;
- $q_{li}$  : portata limite laterale unitaria;
- $q_p$  : portata limite di punta unitaria;

Portata laterale unitaria

$$q_{li} = \alpha \cdot C + \tan \mu \cdot k \cdot \sigma_v$$

dove:

- $\alpha$  : coefficiente di adesione, funzione della tecnica esecutiva del palo, del materiale costituente il palo e della coesione non drenata ( );
- $C$  : coesione;
- $\mu$  : angolo d'attrito palo-terreno, funzione della tecnica esecutiva del palo, del materiale costituente il palo e dell'angolo d'attrito del terreno;
- $k$  : coefficiente di spinta, funzione della tecnica esecutiva del palo, del materiale costituente il palo e, per terreni incoerenti, dello stato di addensamento del terreno;
- $\sigma_v$  : tensione litostatica media dello strato in esame.

Per terreni incoerenti si assume:

- $C = 0$ ;
- $k$  e  $\mu$  forniti dalla seguente tabella (Tab. 4.1 delle Raccomandazioni A.G.I.):
- $\sigma_v$  : valore medio della tensione litostatica efficace dello strato in esame.

Portata di punta unitaria

$$q_p = N_c \cdot C + N_q \cdot \sigma_{vL}$$

dove:

- $A_p$  : area di base del palo;

- $N_c$  e  $N_q$ : fattori di portanza funzioni dell'angolo d'attrito e del rapporto tra la lunghezza ed il diametro del palo ( $L/D$ );
- $C$ : coesione;
- $\sigma_{vL}$ : tensione verticale alla base del palo.

Per i terreni incoerenti si assume:

- $N_c = 0$ ;
- $N_q$ : fornito dal seguente grafico:

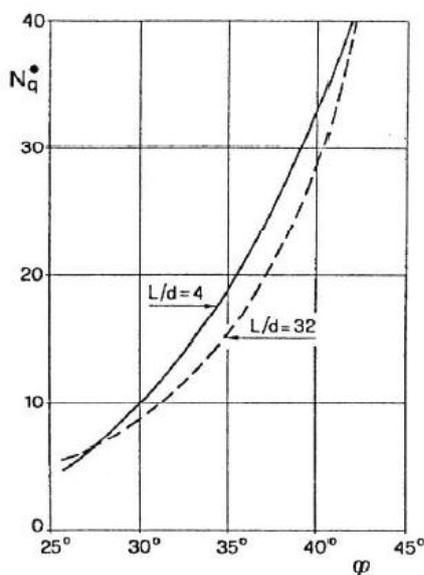


Figura 4 –del coefficiente  $N_q$  per pali di grande diametro.

- $\sigma'_{vL}$ : tensione litostatica efficace alla base del palo.

### Resistenze di pali soggetti a carichi trasversali

Per la determinazione del valore di progetto  $R_{t,d}$  della resistenza di pali soggetti a carichi trasversali valgono le indicazioni riportate al paragrafo precedente, applicando i coefficienti parziali  $\gamma_T$  della Tabella 6.4.VI. del DM 14/01/2008.

**Tabella 6.4.VI** - Coefficienti parziali  $\gamma_T$  per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali.

COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
$\gamma_T = 1,0$	$\gamma_T = 1,6$	$\gamma_T = 1,3$

Nel caso in cui la resistenza caratteristica  $R_{t,k}$  sia valutata a partire dalla resistenza  $R_{t,m}$  misurata nel corso di una o più prove di carico statico su pali pilota, è necessario che la prova sia eseguita riproducendo intensità e retta di azione delle azioni di progetto.

Nel caso in cui la resistenza caratteristica sia valutata con metodi di calcolo analitici, i coefficienti riportati nella Tabella 6.4.IV del DM 14/01/2008 devono essere scelti assumendo come verticali indagate solo quelle che consentano una completa identificazione del modello geotecnico di sottosuolo nell'ambito delle profondità interessate dal meccanismo di rottura.

La resistenza sotto carichi trasversali dell'intera fondazione su pali deve essere valutata tenendo conto delle condizioni di vincolo alla testa dei pali determinate dalla struttura di collegamento.

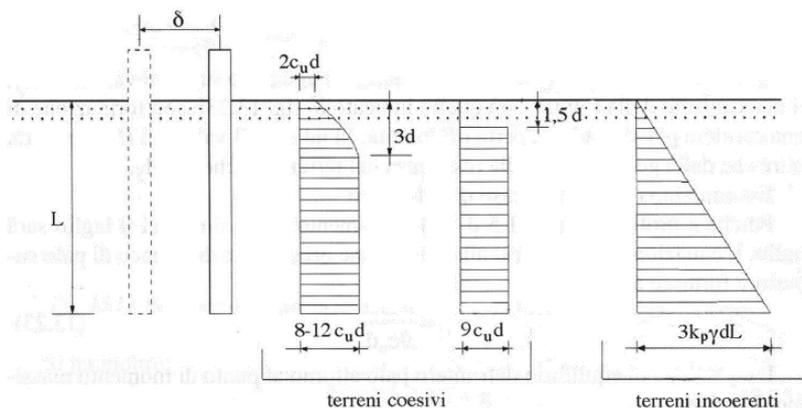
Il calcolo della capacità portante di un palo soggetto ad un carico orizzontale è condotto applicando la teoria di Broms (1964), considerando lo schema di palo vincolato in testa in terreno incoerente soggetto ad un carico orizzontale.

Secondo la teoria di Broms, lo stato tensodeformativo del complesso palo terreno sotto azioni orizzontali, si presenta come un problema tridimensionale per la cui soluzione è necessario introdurre alcune ipotesi semplificative:

- il terreno è omogeneo;
- il comportamento dell'interfaccia palo-terreno è di tipo rigido-perfettamente plastico;
- la forma del palo è ininfluente, l'interazione palo-terreno è determinata dalla dimensione caratteristica  $d$  della sezione del palo (diametro) misurata normalmente alla direzione del movimento;
- il palo ha un comportamento rigido-perfettamente plastico, ovvero si considerano trascurabili le deformazioni elastiche del palo.

L'ultima ipotesi comporta che il palo abbia solo moti rigidi finché non si raggiunge il momento di plasticizzazione  $M_y$  del palo. A questo punto si ha la formazione di una cerniera plastica in cui la rotazione continua per un tratto di lunghezza non definita con momento costante.

Sulla base di analisi teoriche e di osservazioni sperimentali si assume che la resistenza  $p$  del terreno abbia l'andamento rappresentato nella figura seguente:

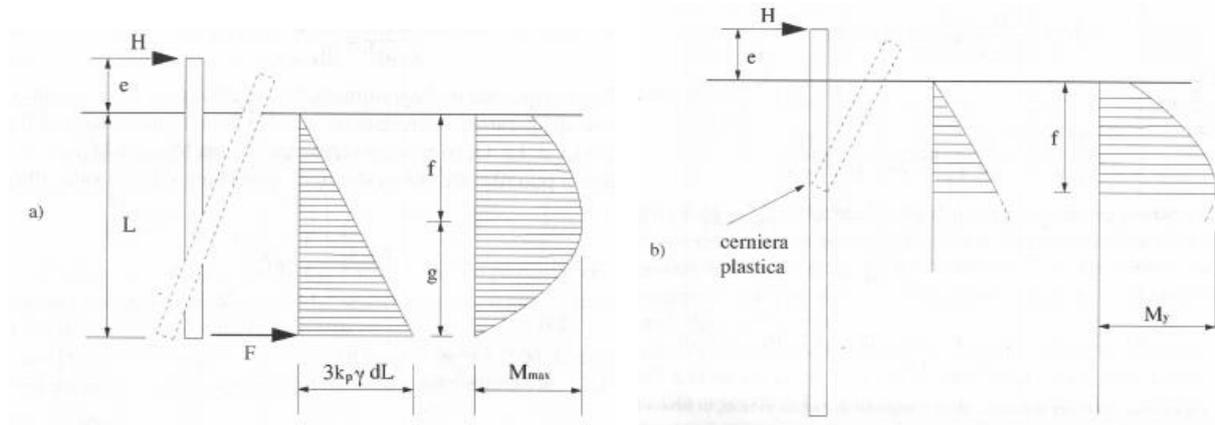


Per un terreno incoerente, si assume che la resistenza del terreno vari linearmente con la profondità secondo la legge:

$$P = 3 \cdot k_p \cdot \gamma \cdot z \cdot d$$

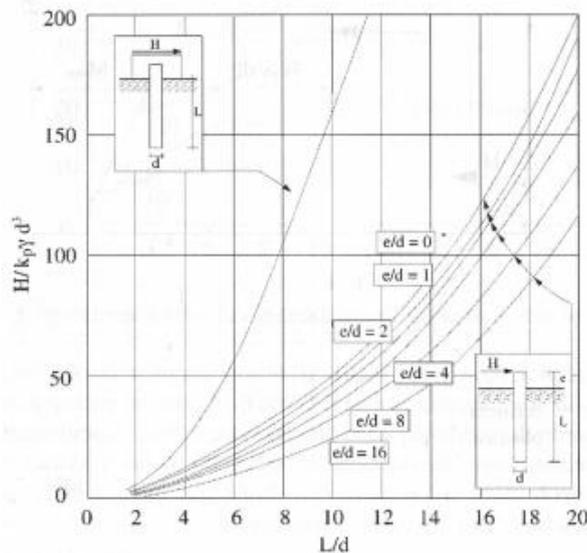
Pali liberi di ruotare in testa, terreni incoerenti:

Nella figura seguente sono rappresentati i due possibili meccanismi di rottura; anche in questo caso si può avere un comportamento del palo di tipo corto e lungo.



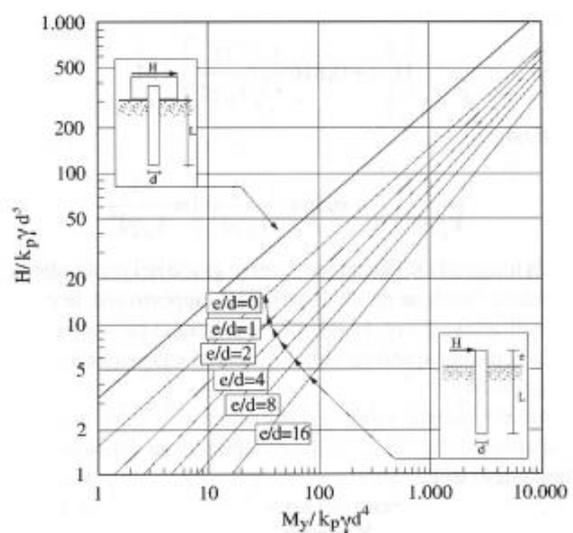
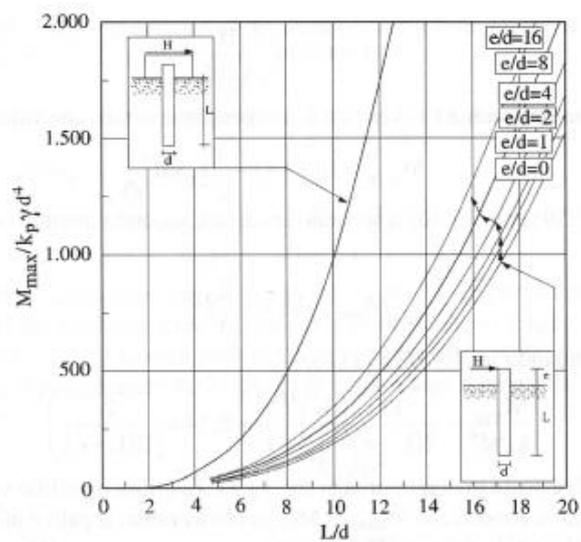
Per il palo corto è stato trovato che la rotazione avviene attorno al punto molto prossimo all'estremità inferiore del palo. Broms suggerì di assumere il centro di rotazione coincidente con l'estremità inferiore del palo e di schematizzare la risultante delle azioni del terreno al di sotto di tale punto con una forza concentrata  $F$ .

$$\frac{H}{k_p \cdot \gamma \cdot d^3} = \frac{d}{2 \cdot (e + L)} \cdot \left(\frac{L}{d}\right)^3$$



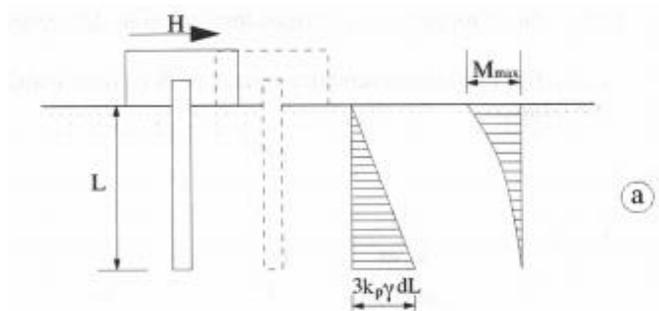
Nel caso invece sia  $M_{\max} > M_y$ , il palo è lungo e si ottiene:

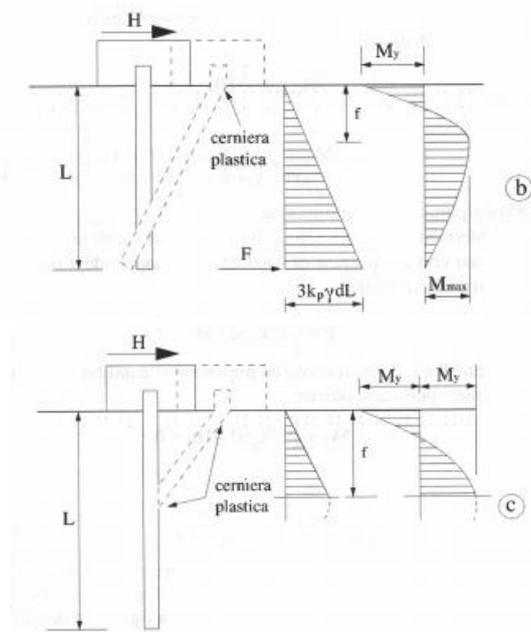
$$\frac{H}{k_p \cdot \gamma \cdot d^3} \cdot \left( \frac{e}{d} + 0.544 \cdot \sqrt{\frac{H}{k_p \cdot \gamma \cdot d^3}} \right) = \frac{M_y}{k_p \cdot \gamma \cdot d^4}$$



Pali a rotazione in testa impedita, terreni incoerenti:

I possibili meccanismi di rottura e le corrispondenti reazioni del terreno sono:





Per il palo corto:

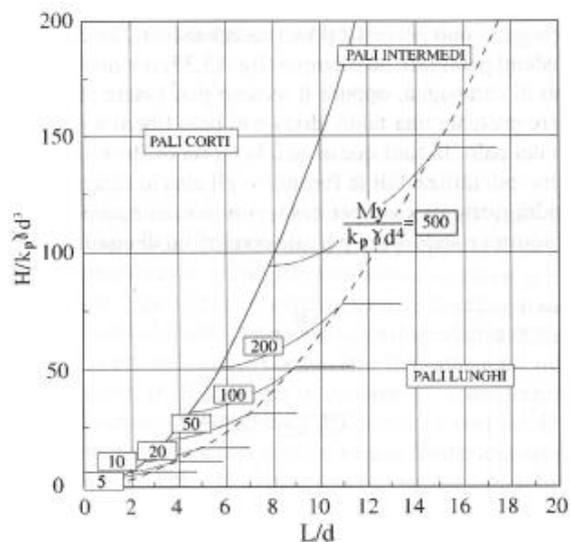
$$\frac{H}{k_p \cdot \gamma \cdot d^3} = 1.5 \left( \frac{L}{d} \right)^2$$

Per il palo intermedio:

$$\frac{H}{k_p \cdot \gamma \cdot d^3} = \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{L}{d} \right)^2 + \frac{M_y}{k_p \cdot \gamma \cdot d^4} \cdot \frac{d}{L}$$

Per il palo lungo:

$$\frac{H}{k_p \cdot \gamma \cdot d^3} = \sqrt[3]{\left( 3.676 \cdot \frac{M_y}{k_p \cdot \gamma \cdot d^4} \right)^2}$$



Le verifiche risultano soddisfatte quando viene rispettata la seguente condizione:

$$E_d \leq H_d$$

dove:

- $E_d$ : valore di progetto dell'azione esterna calcolata applicando i coefficienti parziali  $\gamma_G$  e  $\gamma_Q$  alle azioni agenti;
- $H_d$ : valore di progetto della resistenza del terreno.

### 11.3.2 Verifiche agli stati limite di esercizio (SLE)

Devono essere presi in considerazione almeno i seguenti stati limite di servizio, quando pertinenti:

- eccessivi cedimenti o sollevamenti;
- eccessivi spostamenti trasversali.

Specificamente, si devono calcolare i valori degli spostamenti e delle distorsioni per verificarne la compatibilità con i requisiti prestazionali della struttura in elevazione.

La geometria della fondazione (numero, lunghezza, diametro e interasse dei pali) deve essere stabilita nel rispetto dei summenzionati requisiti prestazionali, tenendo opportunamente conto degli effetti di interazione tra i pali e considerando i diversi meccanismi di mobilitazione della resistenza laterale rispetto alla resistenza alla base, soprattutto in presenza di pali di grande diametro.

### 11.4 CRITERI DI PROGETTAZIONE IN ZONA SISMICA

Sotto l'effetto dell'azione sismica di progetto, definita al Cap. 3 del D.M. 14/01/2008, le opere e i sistemi geotecnici devono rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio definiti al § 3.2.1 (D.M. 14/01/2008), con i requisiti di sicurezza indicati nel § 7.1 (D.M. 14/01/2008).

Le verifiche agli stati limite ultimi devono essere effettuate ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e impiegando i parametri geotecnici e le resistenze di progetto, con i valori dei coefficienti parziali utilizzati per le analisi statiche.

### 11.5 FONDAZIONI PROFONDE

La progettazione delle fondazioni è condotta unitamente alla progettazione dell'opera alla quale appartengono e richiede preliminarmente:

- la valutazione della sicurezza del sito nei confronti della liquefazione e della stabilità dei pendii
- la valutazione della risposta sismica locale del sito

Le azioni trasmesse in fondazione derivano dall'analisi del comportamento dell'intera opera, in genere condotta esaminando la sola struttura in elevazione alla quale sono applicate le azioni statiche e sismiche.

Per le strutture progettate sia per CD "A" sia per CD "B" il dimensionamento delle strutture di fondazione e la verifica di sicurezza del complesso fondazione-terreno devono essere eseguiti assumendo come azioni in fondazione le resistenze degli elementi strutturali soprastanti. Più precisamente, la forza assiale negli elementi strutturali verticali derivante dalla combinazione delle azioni deve essere associata al concomitante valore resistente del momento flettente e del taglio; si richiede tuttavia che tali azioni risultino non maggiori di quelle trasferite dagli elementi soprastanti,

amplificate con un  $\gamma$  pari a 1,1 in CD "B" e 1,3 in CD "A", e comunque non maggiori di quelle derivanti da una analisi elastica della struttura in elevazione eseguita con un fattore di struttura  $q$  pari a 1.

I pali in calcestruzzo devono essere armati per tutta la lunghezza, con un'area non inferiore allo 0,3% di quella del calcestruzzo.

Nei casi in cui gli effetti dell'interazione cinematica terreno-struttura siano considerati rilevanti, sui pali deve essere assunta la condizione di sollecitazione più sfavorevole estesa a tutta la lunghezza del palo.

L'impiego di pali inclinati è da evitare. Nei casi in cui sia necessario farne uso, i pali devono essere dimensionati per sopportare con adeguato margine sicurezza le sollecitazioni che derivano dall'analisi del complesso fondazione-terreno in condizioni sismiche.

È da evitare la formazione di cerniere plastiche nei pali di fondazione. Qualora non fosse possibile escluderne la formazione, le corrispondenti sezioni devono essere progettate per un comportamento duttile e opportunamente confinate. L'armatura perimetrale di confinamento dei pali di fondazione, di diametro non inferiore a 8 mm, deve essere costituita da spirale continua per tutti i tratti interessati da potenziali cerniere plastiche. In tali tratti, assunti di dimensione almeno pari a 3 volte il diametro, e comunque per uno sviluppo, a partire dalla testa del palo, di almeno 10 diametri, l'armatura longitudinale deve avere area non inferiore all'1% di quella del calcestruzzo.

Gli stati limite ultimi delle fondazioni su pali si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno, e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono la fondazione stessa.

Devono essere considerati almeno gli stessi stati limite ultimi considerati per le analisi statiche.

Le verifiche allo stato limite ultimo sono condotte con i due approcci indicati nel Cap. 6 del D.M. 14/01/2008, con le prescrizioni di cui al § 7.11.1.

Nelle verifiche di fondazioni su pali, effettuate con l'Approccio 1 Combinazione 2, si deve fare riferimento ai coefficienti  $R_3$  di cui alle Tabelle 6.4.II e 6.4.VI. del D.M. 14/01/2008. Nelle verifiche si deve tener conto delle pressioni interstiziali preesistenti e di quelle eventualmente indotte dal moto sismico.

### **11.5.1 Stati Limite Ultimi**

Le fondazioni su pali devono essere verificate agli stati limite ultimi sotto l'azione del moto sismico di riferimento. Nelle verifiche agli stati limite ultimi si devono prendere in considerazione tutti gli stati limite rilevanti e almeno i seguenti:

- collasso per carico limite verticale del complesso pali-terreno;
- collasso per carico limite orizzontale del complesso pali-terreno;
- liquefazione del terreno di fondazione;
- spostamenti o rotazioni eccessive che possano indurre il raggiungimento di uno stato limite ultimo nella struttura in elevazione;
- rottura di uno degli elementi strutturali della palificata (pali o struttura di collegamento).

Le verifiche nei confronti del collasso per carico limite (verticale e orizzontale) consistono nel raffronto tra le azioni (forza assiale e forza trasversale sul palo) e le corrispondenti resistenze.

Le azioni trasmesse in fondazione sono determinate, in accordo con quanto riportato al § 7.2.5, dalla corrispondente analisi della struttura in elevazione sotto la combinazione di carico sismico per stato limite ultimo.

La valutazione delle resistenze del complesso pali-terreno soggetto all'azione verticale e trasversale, deve essere effettuata nel rispetto delle indicazioni di cui ai §§ 7.11.2 e 7.11.5.2 del D:M:14/01/2008, tenendo conto di eventuali riduzioni di resistenza dei terreni per effetto dell'azione sismica.

Nelle verifiche condotte in termini di tensioni efficaci in terreni saturi si deve tenere conto degli eventuali incrementi di pressione interstiziale indotti dal moto sismico e, in particolare, si deve trascurare il contributo alla resistenza di eventuali strati di terreno suscettibili di liquefazione.

Nelle verifiche nei confronti del collasso per carico limite trasversale si deve porre particolare attenzione alla caratterizzazione geotecnica degli strati di terreno più superficiali.

In presenza di moto sismico, nei pali si sviluppano sollecitazioni dovute sia alle forze inerziali trasmesse dalla sovrastruttura (interazione inerziale) sia all'interazione tra palo e terreno (interazione cinematica).

È opportuno che i momenti flettenti dovuti all'interazione cinematica siano valutati per le costruzioni di classe d'uso III e IV, per sottosuoli di tipo D o peggiori, in siti a sismicità media o alta ( $a_g > 0.25g$ ) e in presenza di elevati contrasti di rigidezza al contatto fra strati contigui di terreno.

Le analisi per la valutazione delle sollecitazioni e degli spostamenti dei pali (dovute alle azioni inerziali e all'interazione cinematica) devono tener conto della rigidezza flessionale del palo e della dipendenza della rigidezza del terreno dallo stato tensionale e deformativo.

## 11.6 CARICHI AGENTI

Le tabelle seguenti riportano gli involuppi dei carichi assiali agenti sui pali di fondazione a quota fondale distinti per settore.

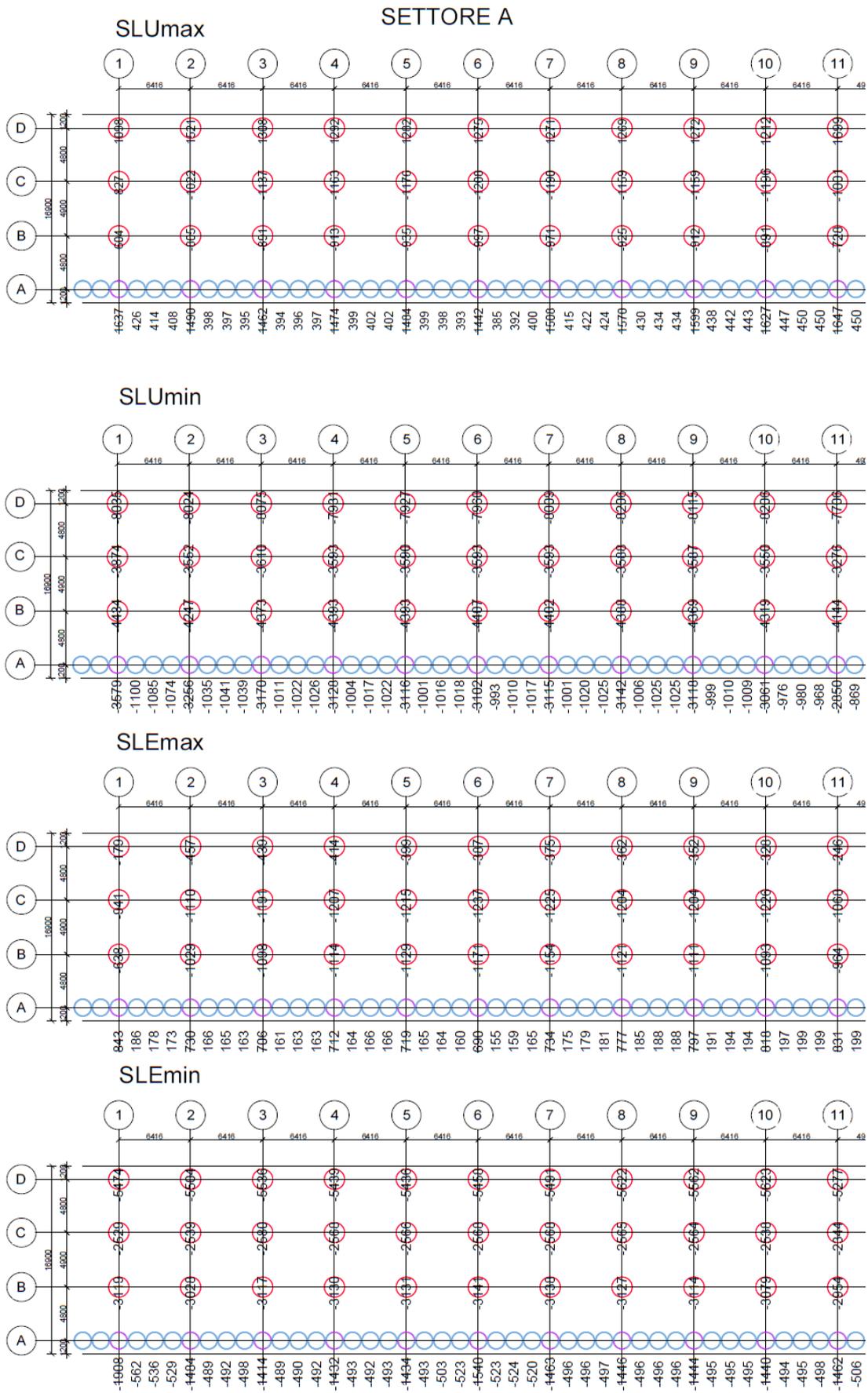
### LEGENDA

-  Pali portanti Ø1800 mm
-  Pali portanti Ø1500 mm
-  Pali portati Ø1500 mm

Valori positivi sollecitazioni di trazione

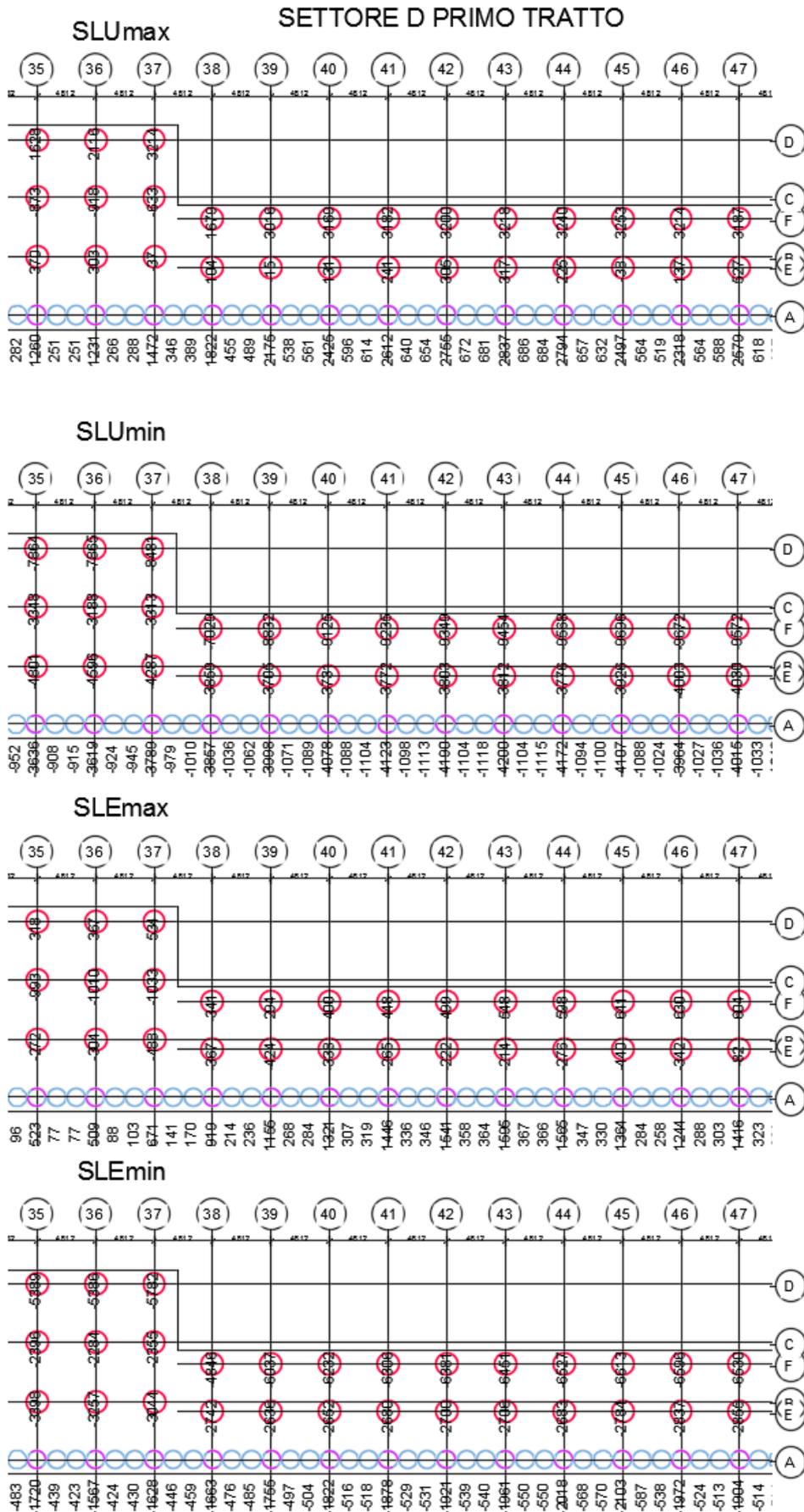
Valori negativi sollecitazioni di compressione

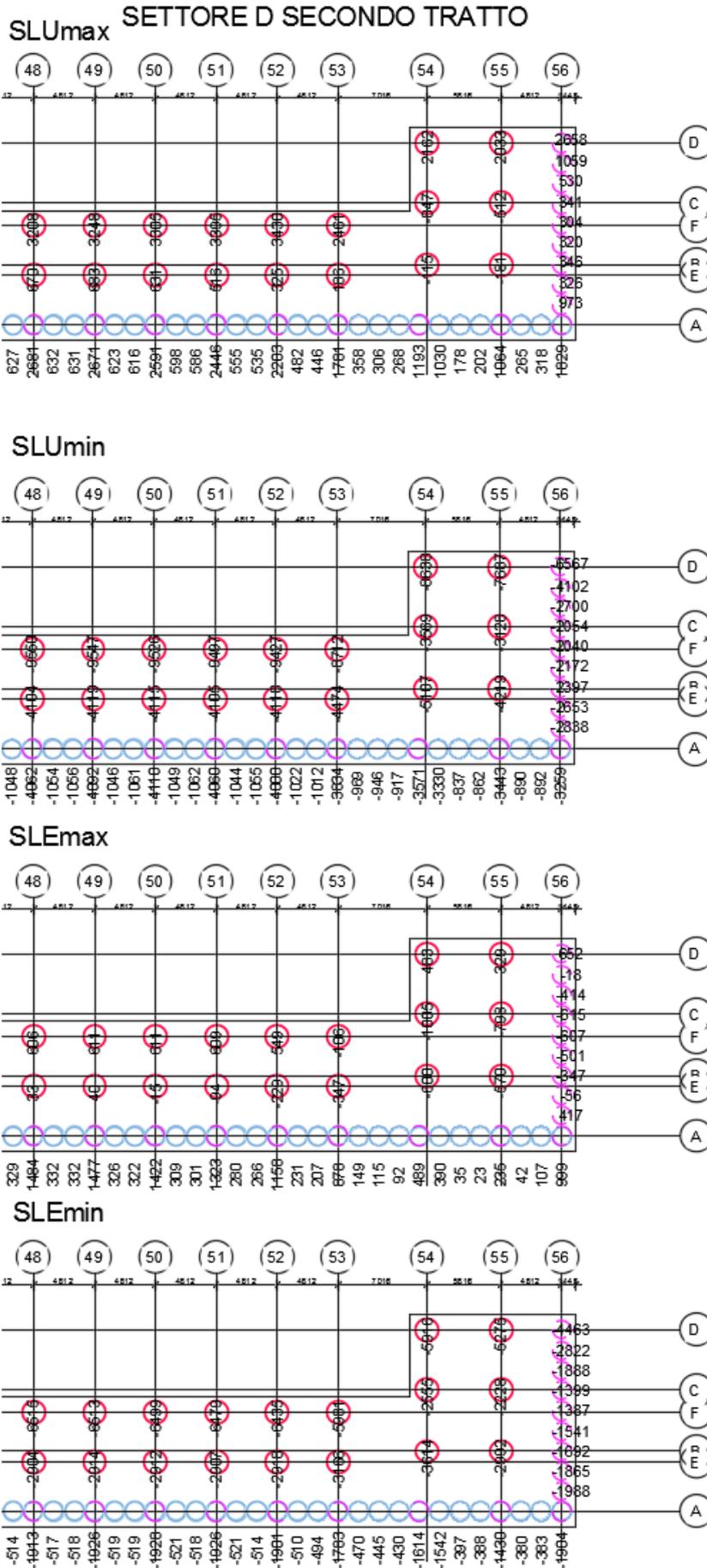
COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
 INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
 PROGETTO ESECUTIVO











## 11.7 VERIFICHE PALI

### 11.7.1 Verifica capacità portante verticale

Si riportano le verifiche a di capacità portante verticale dei pali allo Stato Limite Ultimo per ogni settore e filo analizzato.

#### 11.7.1.1 Settore A

CALCOLO CAPACITA' PORTANTE PALI TRIVELLATI									
SETTORE	A	Fila	A	D(m)	1.5	Fondale (m)	9		
Prof. tetto (m da fondale)	Prof. base (m da fondale)	D (m)	Cu (kN/mq)	alfa (-)	$\sigma'$ (kN/mq)	$\phi$ (°)	k (-)	tan( $\delta$ ) (-)	Q (kN)
0	8.3	<b>1.524</b>	0	1	40.65	35	0.8	0.36	470.1
8.3	18.3	<b>1.5</b>	0	1	130.26	35	0.7	0.70	3007.2
18.3	18.3	<b>1.5</b>	0	1	179.23	35	0.7	0.70	0.0
18.3	18.3	<b>1.5</b>	0	1	179.23	35	0.7	0.70	0.0
Diametro palo		( m )	<b>1.5</b>						
Lunghezza sopra l.m.m.		( m )	0.7						
Lunghezza sopra fondale		( m )	9						
Lunghezza nel terreno		( m )	18.3						
Lunghezza sotto l.m.m.		( m )	27.3						
Peso di volume cls		(kN/m <sup>3</sup> )	25						
Peso palo		(kN)	472.1						
Peso di volume		(kN/m <sup>3</sup> )	19.6						
Nq		( - )	<b>18</b>						
Profondità punta palo		(m s.l.m.m.)	18.3						
Tensione totale alla punta		(kN/mq)	179.2						
Portata per attrito (Ql)								(kN)	<b>3477.2</b>
Portata per punta (Qp_inc)								(kN)	5698.2
Portata totale (Qp + Ql)								(kN)	9175.4
<b>Calcolo allo SLU_A1+M1+R3 (compressione)</b>									
Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )								( - )	1.4
Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )								( - )	1.15
Coefficiente punta ( $\gamma_b$ )								( - )	1.35
Portata design (Rd)								(kN)	<b>4561</b>
<b>Calcolo allo SLU_A1+M1+R3 (trazione)</b>									
Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )								( - )	1.4
Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )								( - )	1.25
Portata design (Rd)								(kN)	<b>2459</b>
<b>Calcolo allo SLE_rara</b>									
Fattore di Sicurezza								( - )	2.5
Portata ammissibile (trazione)								(kN)	<b>1415</b>
Portata ammissibile (compressione)								(kN)	<b>3198</b>

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
PROGETTO ESECUTIVO

CALCOLO CAPACITA' PORTANTE PALI TRIVELLATI									
SETTORE	A	Fila	A_acc	D(m)	1.5	Fondale (m)	9		
Prof. tetto (m da fondale)	Prof. base (m da fondale)	D (m)	Cu (kN/mq)	alfa (-)	$\sigma'$ (kN/mq)	$\varphi$ (°)	k (-)	tan( $\delta$ ) (-)	Q (kN)
0	14.3	<b>1.524</b>	0	1	70.03	35	0.8	0.36	2790.6
14.3	14.3	<b>1.5</b>	0	1	140.05	35	0.7	0.70	0.0
14.3	14.3	<b>1.5</b>	0	1	140.05	35	0.7	0.70	0.0
14.3	14.3	<b>1.5</b>	0	1	140.05	35	0.7	0.70	0.0
Diametro palo		( m )	<b>1.524</b>	spessore	<b>0.011</b>	m			
Lunghezza sopra l.m.m.		( m )	0.7						
Lunghezza sopra fondale		( m )	9						
Lunghezza nel terreno		( m )	14.3						
Lunghezza sotto l.m.m.		( m )	23.3						
Peso di volume acciaio		(kN/m <sup>3</sup> )	78.5						
Peso palo		(kN)	51.2						
Peso di volume		(kN/m <sup>3</sup> )	19.6						
Nq		(-)	<b>0</b>						
Profondità punta palo		(m s.l.m.m.)	14.3						
Tensione totale alla punta		(kN/mq)	140.1						
Portata per attrito (Ql)								(kN)	<b>2790.6</b>
Portata per punta (Qp_inc)								(kN)	0.0
Portata totale (Qp + Ql)								(kN)	2790.6
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (compressione)</b>					Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )		(-)	1.4	
					Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )		(-)	1.15	
					Coefficiente punta ( $\gamma_b$ )		(-)	1.35	
					Portata design (Rd)		(kN)	<b>1667</b>	
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (trazione)</b>					Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )		(-)	1.4	
					Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )		(-)	1.25	
					Portata design (Rd)		(kN)	<b>1646</b>	
<b>Calcolo allo SLE_rara</b>					Fattore di Sicurezza		(-)	2.5	
					Portata ammissibile (trazione)		(kN)	<b>1195</b>	
					Portata ammissibile (compressione)		(kN)	<b>1065</b>	

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
PROGETTO ESECUTIVO

CALCOLO CAPACITA' PORTANTE PALI TRIVELLATI											
SETTORE	A	Fila	B	D(m)	1.8	Fondale (m)	9				
Prof. tetto	Prof. base	D	Cu	alfa	$\sigma'$	$\varphi$	k	$\tan(\delta)$	Q		
(m da fondale)	(m da fondale)	(m)	(kN/mq)	(-)	(kN/mq)	(°)	(-)	(-)	(kN)		
0	8.3	<b>1.8288</b>	0	1	40.65	35	0.8	0.36	564.1		
8.3	18.3	<b>1.8</b>	0	1	130.26	35	0.7	0.70	3608.6		
18.3	18.3	<b>1.8</b>	0	1	179.23	35	0.7	0.70	0.0		
18.3	18.3	<b>1.8</b>	0	1	179.23	35	0.7	0.70	0.0		
Diametro palo		( m )	<b>1.8</b>								
Lunghezza sopra l.m.m.		( m )	0.7								
Lunghezza sopra fondale		( m )	9								
Lunghezza nel terreno		( m )	18.3								
Lunghezza sotto l.m.m.		( m )	27.3								
Peso di volume cls		(kN/m <sup>3</sup> )	25								
Peso palo		(kN)	679.9								
Peso di volume		(kN/m <sup>3</sup> )	19.6								
Nq		(-)	<b>18</b>								
Profondità punta palo		(m s.l.m.m.)	18.3								
Tensione totale alla punta		(kN/mq)	179.2								
Portata per attrito (Ql)								(kN)	<b>4172.7</b>		
Portata per punta (Qp_inc)								(kN)	8205.4		
Portata totale (Qp + Ql)								(kN)	12378.0		
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (compressione)</b>				Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )						(-)	1.4
				Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )						(-)	1.15
				Coefficiente punta ( $\gamma_b$ )						(-)	1.35
				Portata design (Rd)						(kN)	<b>6049</b>
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (trazione)</b>				Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )						(-)	1.4
				Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )						(-)	1.25
				Portata design (Rd)						(kN)	<b>3064</b>
<b>Calcolo allo SLE_rara</b>				Fattore di Sicurezza						(-)	2.5
				Portata ammissibile (trazione)						(kN)	<b>1694</b>
				Portata ammissibile (compressione)						(kN)	<b>4271</b>

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
PROGETTO ESECUTIVO

CALCOLO CAPACITA' PORTANTE PALI TRIVELLATI									
SETTORE	A	Fila	C	D(m)	1.8	Fondale (m)	9		
Prof. tetto	Prof. base	D	Cu	alfa	$\sigma'$	$\varphi$	k	tan( $\delta$ )	Q
(m da fondale)	(m da fondale)	(m)	(kN/mq)	(-)	(kN/mq)	( $^{\circ}$ )	(-)	(-)	(kN)
0	8.3	<b>1.8288</b>	0	1	40.65	35	0.8	0.36	564.1
8.3	15.8	<b>1.8</b>	0	1	118.02	35	0.7	0.70	2452.1
15.8	15.8	<b>1.8</b>	0	1	154.75	35	0.7	0.70	0.0
15.8	15.8	<b>1.8</b>	0	1	154.75	35	0.7	0.70	0.0
Diametro palo		( m )	<b>1.8</b>						
Lunghezza sopra l.m.m.		( m )	0.7						
Lunghezza sopra fondale		( m )	9						
Lunghezza nel terreno		( m )	15.8						
Lunghezza sotto l.m.m.		( m )	24.8						
Peso di volume cls		(kN/m <sup>3</sup> )	25						
Peso palo		(kN )	587.0						
Peso di volume		(kN/m <sup>3</sup> )	19.6						
Nq		( - )	<b>18</b>						
Profondità punta palo		(m s.l.m.m.)	15.8						
Tensione totale alla punta		(kN/mq)	154.7						
Portata per attrito (Ql)								(kN)	<b>3016.2</b>
Portata per punta (Qp_inc)								(kN)	7084.4
Portata totale (Qp + Ql)								(kN)	10100.6
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (compressione)</b>									
Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )								( - )	1.4
Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )								( - )	1.15
Coefficiente punta ( $\gamma_b$ )								( - )	1.35
Portata design (Rd)								(kN)	<b>4859</b>
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (trazione)</b>									
Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )								( - )	1.4
Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )								( - )	1.25
Portata design (Rd)								(kN)	<b>2311</b>
<b>Calcolo allo SLE_rara</b>									
Fattore di Sicurezza								( - )	2.5
Portata ammissibile (trazione)								(kN)	<b>1231</b>
Portata ammissibile (compressione)								(kN)	<b>3453</b>

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
PROGETTO ESECUTIVO

CALCOLO CAPACITA' PORTANTE PALI TRIVELLATI									
SETTORE	A	Fila	D	D(m)	1.8	Fondale (m)	9		
Prof. tetto (m da fondale)	Prof. base (m da fondale)	D (m)	Cu (kN/mq)	alfa (-)	$\sigma'$ (kN/mq)	$\varphi$ (°)	k (-)	tan( $\delta$ ) (-)	Q (kN)
0	8.3	<b>1.8288</b>	0	1	40.65	35	0.8	0.36	564.1
8.3	23.3	<b>1.8</b>	0	1	154.75	35	0.7	0.70	6430.4
23.3	23.3	<b>1.8</b>	0	1	228.20	35	0.7	0.70	0.0
23.3	23.3	<b>1.8</b>	0	1	228.20	35	0.7	0.70	0.0
Diametro palo		( m )	<b>1.8</b>						
Lunghezza sopra l.m.m.		( m )	0.7						
Lunghezza sopra fondale		( m )	9						
Lunghezza nel terreno		( m )	23.3						
Lunghezza sotto l.m.m.		( m )	32.3						
Peso di volume cls		(kN/m <sup>3</sup> )	25						
Peso palo		(kN)	865.7						
Peso di volume		(kN/m <sup>3</sup> )	19.6						
Nq		(-)	<b>18</b>						
Profondità punta palo		(m s.l.m.m.)	23.3						
Tensione totale alla punta		(kN/mq)	228.2						
Portata per attrito (Ql)								(kN)	<b>6994.4</b>
Portata per punta (Qp_inc)								(kN)	10447.3
Portata totale (Qp + Ql)								(kN)	17441.7
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (compressione)</b>					Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )		(-)	1.4	
					Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )		(-)	1.15	
					Coefficiente punta ( $\gamma_b$ )		(-)	1.35	
					Portata design (Rd)		(kN)	<b>8747</b>	
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (trazione)</b>					Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )		(-)	1.4	
					Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )		(-)	1.25	
					Portata design (Rd)		(kN)	<b>4862</b>	
<b>Calcolo allo SLE_rara</b>					Fattore di Sicurezza		(-)	2.5	
					Portata ammissibile (trazione)		(kN)	<b>2822</b>	
					Portata ammissibile (compressione)		(kN)	<b>6111</b>	

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
PROGETTO ESECUTIVO

**11.7.1.1 Settore B**

CALCOLO CAPACITA' PORTANTE PALI TRIVELLATI									
SETTORE	B	Fila	A	D(m)	1.5	Fondale (m)	10		
Prof. tetto (m da fondale)	Prof. base (m da fondale)	D (m)	Cu (kN/mq)	alfa (-)	$\sigma'$ (kN/mq)	$\varphi$ (°)	k (-)	tan( $\delta$ ) (-)	Q (kN)
0	8.8	<b>1.524</b>	0	1	43.09	35	0.8	0.36	528.4
8.8	16.8	<b>1.5</b>	0	1	125.36	35	0.7	0.70	2315.3
16.8	16.8	<b>1.5</b>	0	1	164.54	35	0.7	0.70	0.0
16.8	16.8	<b>1.5</b>	0	1	164.54	35	0.7	0.70	0.0
Diametro palo		( m )	<b>1.5</b>						
Lunghezza sopra l.m.m.		( m )	0.7						
Lunghezza sopra fondale		( m )	9						
Lunghezza nel terreno		( m )	16.8						
Lunghezza sotto l.m.m.		( m )	25.8						
Peso di volume cls		(kN/m <sup>3</sup> )	25						
Peso palo		(kN )	433.4						
Peso di volume		(kN/m <sup>3</sup> )	19.6						
Nq		( - )	<b>18</b>						
Profondità punta palo		(m s.l.m.m.)	16.8						
Tensione totale alla punta		(kN/mq)	164.5						
Portata per attrito (Ql)								(kN)	<b>2843.7</b>
Portata per punta (Qp_inc)								(kN)	5231.1
Portata totale (Qp + Ql)								(kN)	8074.8
<b>Calcolo allo SLU_A1+M1+R3 (compressione)</b>					Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )		( - )	1.4	
					Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )		( - )	1.15	
					Coefficiente punta ( $\gamma_b$ )		( - )	1.35	
					Portata design (Rd)		(kN)	<b>3971</b>	
<b>Calcolo allo SLU_A1+M1+R3 (trazione)</b>					Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )		( - )	1.4	
					Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )		( - )	1.25	
					Portata design (Rd)		(kN)	<b>2058</b>	
<b>Calcolo allo SLE_rara</b>					Fattore di Sicurezza		( - )	2.5	
					Portata ammissibile (trazione)		(kN)	<b>1162</b>	
					Portata ammissibile (compressione)		(kN)	<b>2796</b>	

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
 INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
 PROGETTO ESECUTIVO

CALCOLO CAPACITA' PORTANTE PALI TRIVELLATI											
SETTORE	B	Fila	A_acc	D(m)	1.5	Fondale (m)	10				
Prof. tetto (m da fondale)	Prof. base (m da fondale)	D (m)	Cu (kN/mq)	alfa (-)	$\sigma'$ (kN/mq)	$\varphi$ (°)	k (-)	tan( $\delta$ ) (-)	Q (kN)		
0	8.8	<b>1.524</b>	0	1	43.09	35	0.8	0.36	1056.8		
8.8	11.8	<b>1.5</b>	0	1	100.88	35	0.7	0.70	1397.3		
11.8	11.8	<b>1.5</b>	0	1	115.57	35	0.7	0.70	0.0		
11.8	11.8	<b>1.5</b>	0	1	115.57	35	0.7	0.70	0.0		
Diametro palo		( m )	<b>1.524</b>	spessore	<b>0.0125</b>	m					
Lunghezza sopra l.m.m.		( m )	0.7								
Lunghezza sopra fondale		( m )	9								
Lunghezza nel terreno		( m )	11.8								
Lunghezza sotto l.m.m.		( m )	20.8								
Peso di volume acciaio		(kN/m <sup>3</sup> )	78.5								
Peso palo		(kN)	48.0								
Peso di volume		(kN/m <sup>3</sup> )	19.6								
Nq		(-)	<b>0</b>								
Profondità punta palo		(m s.l.m.m.)	11.8								
Tensione totale alla punta		(kN/mq)	115.6								
Portata per attrito (Ql)								(kN)	<b>2454.1</b>		
Portata per punta (Qp_inc)								(kN)	0.0		
Portata totale (Qp + Ql)								(kN)	2454.1		
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (compressione)</b>					Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )					(-)	1.4
					Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )					(-)	1.15
					Coefficiente punta ( $\gamma_b$ )					(-)	1.35
					Portata design (Rd)					(kN)	<b>1462</b>
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (trazione)</b>					Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )					(-)	1.4
					Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )					(-)	1.25
					Portata design (Rd)					(kN)	<b>1450</b>
<b>Calcolo allo SLE_rara</b>					Fattore di Sicurezza					(-)	2.5
					Portata ammissibile (trazione)					(kN)	<b>1060</b>
					Portata ammissibile (compressione)					(kN)	<b>934</b>

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
PROGETTO ESECUTIVO

CALCOLO CAPACITA' PORTANTE PALI TRIVELLATI									
SETTORE	B	Fila	B	D(m)	1.8	Fondale (m)	10		
Prof. tetto (m da fondale)	Prof. base (m da fondale)	D (m)	Cu (kN/mq)	alfa (-)	$\sigma'$ (kN/mq)	$\varphi$ (°)	k (-)	tan( $\delta$ ) (-)	Q (kN)
0	8.8	<b>1.8288</b>	0	1	43.09	35	0.8	0.36	634.1
8.8	19.3	<b>1.8</b>	0	1	137.61	35	0.7	0.70	4002.7
19.3	19.3	<b>1.8</b>	0	1	189.02	35	0.7	0.70	0.0
19.3	19.3	<b>1.8</b>	0	1	189.02	35	0.7	0.70	0.0
Diametro palo		( m )	<b>1.8</b>						
Lunghezza sopra l.m.m.		( m )	0.7						
Lunghezza sopra fondale		( m )	9						
Lunghezza nel terreno		( m )	19.3						
Lunghezza sotto l.m.m.		( m )	28.3						
Peso di volume cls		(kN/m <sup>3</sup> )	25						
Peso palo		(kN )	717.0						
Peso di volume		(kN/m <sup>3</sup> )	19.6						
Nq		( - )	<b>18</b>						
Profondità punta palo		(m s.l.m.m.)	19.3						
Tensione totale alla punta		(kN/mq)	189.0						
Portata per attrito (Ql)								(kN)	<b>4636.8</b>
Portata per punta (Qp_inc)								(kN)	8653.8
Portata totale (Qp + Ql)								(kN)	13290.5
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (compressione)</b>									
Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )								( - )	1.4
Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )								( - )	1.15
Coefficiente punta ( $\gamma_b$ )								( - )	1.35
Portata design (Rd)								(kN)	<b>6527</b>
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (trazione)</b>									
Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )								( - )	1.4
Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )								( - )	1.25
Portata design (Rd)								(kN)	<b>3367</b>
<b>Calcolo allo SLE_rara</b>									
Fattore di Sicurezza								( - )	2.5
Portata ammissibile (trazione)								(kN)	<b>1879</b>
Portata ammissibile (compressione)								(kN)	<b>4599</b>

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
PROGETTO ESECUTIVO

CALCOLO CAPACITA' PORTANTE PALI TRIVELLATI									
SETTORE	B	Fila	C	D(m)	1.8	Fondale (m)	10		
Prof. tetto (m da fondale)	Prof. base (m da fondale)	D (m)	Cu (kN/mq)	alfa (-)	$\sigma'$ (kN/mq)	$\varphi$ (°)	k (-)	tan( $\delta$ ) (-)	Q (kN)
0	8.8	<b>1.8288</b>	0	1	43.09	35	0.8	0.36	634.1
8.8	16.3	<b>1.8</b>	0	1	122.91	35	0.7	0.70	2553.8
16.3	16.3	<b>1.8</b>	0	1	159.64	35	0.7	0.70	0.0
16.3	16.3	<b>1.8</b>	0	1	159.64	35	0.7	0.70	0.0
Diametro palo		( m )	<b>1.8</b>						
Lunghezza sopra l.m.m.		( m )	0.7						
Lunghezza sopra fondale		( m )	9						
Lunghezza nel terreno		( m )	16.3						
Lunghezza sotto l.m.m.		( m )	25.3						
Peso di volume cls		(kN/m <sup>3</sup> )	25						
Peso palo		(kN )	605.6						
Peso di volume		(kN/m <sup>3</sup> )	19.6						
Nq		( - )	<b>18</b>						
Profondità punta palo		(m s.l.m.m.)	16.3						
Tensione totale alla punta		(kN/mq)	159.6						
Portata per attrito (Ql)								(kN)	<b>3187.9</b>
Portata per punta (Qp_inc)								(kN)	7308.6
Portata totale (Qp + Ql)								(kN)	10496.5
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (compressione)</b>				Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )		( - )	1.4		
				Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )		( - )	1.15		
				Coefficiente punta ( $\gamma_b$ )		( - )	1.35		
				Portata design (Rd)		(kN)	<b>5060</b>		
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (trazione)</b>				Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )		( - )	1.4		
				Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )		( - )	1.25		
				Portata design (Rd)		(kN)	<b>2427</b>		
<b>Calcolo allo SLE_rara</b>				Fattore di Sicurezza		( - )	2.5		
				Portata ammissibile (trazione)		(kN)	<b>1300</b>		
				Portata ammissibile (compressione)		(kN)	<b>3593</b>		

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
PROGETTO ESECUTIVO

CALCOLO CAPACITA' PORTANTE PALI TRIVELLATI									
SETTORE	B	Fila	D	D(m)	1.8	Fondale (m)	10		
Prof. tetto (m da fondale)	Prof. base (m da fondale)	D (m)	Cu (kN/mq)	alfa (-)	$\sigma'$ (kN/mq)	$\varphi$ (°)	k (-)	tan( $\delta$ ) (-)	Q (kN)
0	8.8	<b>1.8288</b>	0	1	43.09	35	0.8	0.36	634.1
8.8	23.8	<b>1.8</b>	0	1	159.64	35	0.7	0.70	6633.9
23.8	23.8	<b>1.8</b>	0	1	233.10	35	0.7	0.70	0.0
23.8	23.8	<b>1.8</b>	0	1	233.10	35	0.7	0.70	0.0
Diametro palo		( m )	<b>1.8</b>						
Lunghezza sopra l.m.m.		( m )	0.7						
Lunghezza sopra fondale		( m )	9						
Lunghezza nel terreno		( m )	23.8						
Lunghezza sotto l.m.m.		( m )	32.8						
Peso di volume cls		(kN/m <sup>3</sup> )	25						
Peso palo		(kN )	884.2						
Peso di volume		(kN/m <sup>3</sup> )	19.6						
Nq		( - )	<b>18</b>						
Profondità punta palo		(m s.l.m.m.)	23.8						
Tensione totale alla punta		(kN/mq)	233.1						
Portata per attrito (Ql)								(kN)	<b>7267.9</b>
Portata per punta (Qp_inc)								(kN)	10671.5
Portata totale (Qp + Ql)								(kN)	17939.4
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (compressione)</b>									
Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )								( - )	1.4
Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )								( - )	1.15
Coefficiente punta ( $\gamma_b$ )								( - )	1.35
Portata design (Rd)								(kN)	<b>9011</b>
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (trazione)</b>									
Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )								( - )	1.4
Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )								( - )	1.25
Portata design (Rd)								(kN)	<b>5037</b>
<b>Calcolo allo SLE_rara</b>									
Fattore di Sicurezza								( - )	2.5
Portata ammissibile (trazione)								(kN)	<b>2932</b>
Portata ammissibile (compressione)								(kN)	<b>6292</b>

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
PROGETTO ESECUTIVO

**11.7.1.2 Settore C**

CALCOLO CAPACITA' PORTANTE PALI TRIVELLATI									
SETTORE	C	Fila	A	D(m)	1.5	Fondale (m)	12		
Prof. tetto (m da fondale)	Prof. base (m da fondale)	D (m)	Cu (kN/mq)	alfa (-)	$\sigma'$ (kN/mq)	$\varphi$ (°)	k (-)	tan( $\delta$ ) (-)	Q (kN)
0	8.3	<b>1.524</b>	0	1	40.65	35	0.8	0.36	470.1
8.3	16.8	<b>1.5</b>	0	1	122.91	35	0.7	0.70	2412.0
16.8	16.8	<b>1.5</b>	0	1	164.54	35	0.7	0.70	0.0
16.8	16.8	<b>1.5</b>	0	1	164.54	35	0.7	0.70	0.0
Diametro palo		( m )	<b>1.5</b>						
Lunghezza sopra l.m.m.		( m )	0.7						
Lunghezza sopra fondale		( m )	9						
Lunghezza nel terreno		( m )	16.8						
Lunghezza sotto l.m.m.		( m )	25.8						
Peso di volume cls		(kN/m^3)	25						
Peso palo		(kN)	433.4						
Peso di volume		(kN/m^3)	19.6						
Nq		(-)	<b>18</b>						
Profondità punta palo		(m s.l.m.m.)	16.8						
Tensione totale alla punta		(kN/mq)	164.5						
Portata per attrito (Ql)								(kN)	<b>2882.0</b>
Portata per punta (Qp_inc)								(kN)	5231.1
Portata totale (Qp + Ql)								(kN)	8113.1
<b>Calcolo allo SLU_A1+M1+R3 (compressione)</b>					Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )	(-)	1.4		
					Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )	(-)	1.15		
					Coefficiente punta ( $\gamma_b$ )	(-)	1.35		
					Portata design (Rd)	(kN)	<b>3994</b>		
<b>Calcolo allo SLU_A1+M1+R3 (trazione)</b>					Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )	(-)	1.4		
					Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )	(-)	1.25		
					Portata design (Rd)	(kN)	<b>2080</b>		
<b>Calcolo allo SLE_rara</b>					Fattore di Sicurezza	(-)	2.5		
					Portata ammissibile (trazione)	(kN)	<b>1177</b>		
					Portata ammissibile (compressione)	(kN)	<b>2812</b>		

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
PROGETTO ESECUTIVO

CALCOLO CAPACITA' PORTANTE PALI TRIVELLATI											
SETTORE	C	Fila	A_acc	D(m)	1.5	Fondale (m)	12				
Prof. tetto	Prof. base	D	Cu	alfa	$\sigma'$	$\varphi$	k	tan( $\delta$ )	Q		
(m da fondale)	(m da fondale)	(m)	(kN/mq)	(-)	(kN/mq)	( $^{\circ}$ )	(-)	(-)	(kN)		
0	8.3	<b>1.524</b>	0	1	40.65	35	0.8	0.36	940.1		
8.3	11.3	<b>1.5</b>	0	1	95.98	35	0.7	0.70	1329.5		
11.3	11.3	<b>1.5</b>	0	1	110.67	35	0.7	0.70	0.0		
11.3	11.3	<b>1.5</b>	0	1	110.67	35	0.7	0.70	0.0		
Diametro palo		( m )	<b>1.524</b>	spessore	<b>0.0125</b>	m					
Lunghezza sopra l.m.m.		( m )	0.7								
Lunghezza sopra fondale		( m )	9								
Lunghezza nel terreno		( m )	11.3								
Lunghezza sotto l.m.m.		( m )	20.3								
Peso di volume acciaio		(kN/m <sup>3</sup> )	78.5								
Peso palo		(kN )	45.9								
Peso di volume		(kN/m <sup>3</sup> )	19.6								
Nq		( - )	<b>0</b>								
Profondità punta palo		(m s.l.m.m.)	11.3								
Tensione totale alla punta		(kN/mq)	110.7								
Portata per attrito (Ql)								(kN)	<b>2269.6</b>		
Portata per punta (Qp_inc)								(kN)	0.0		
Portata totale (Qp + Ql)								(kN)	2269.6		
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (compressione)</b>					Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )					( - )	1.4
					Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )					( - )	1.15
					Coefficiente punta ( $\gamma_b$ )					( - )	1.35
					Portata design (Rd)					(kN)	<b>1350</b>
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (trazione)</b>					Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )					( - )	1.4
					Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )					( - )	1.25
					Portata design (Rd)					(kN)	<b>1343</b>
<b>Calcolo allo SLE_rara</b>					Fattore di Sicurezza					( - )	2.5
					Portata ammissibile (trazione)					(kN)	<b>986</b>
					Portata ammissibile (compressione)					(kN)	<b>862</b>

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
PROGETTO ESECUTIVO

CALCOLO CAPACITA' PORTANTE PALI TRIVELLATI									
SETTORE	C	Fila	B	D(m)	1.8	Fondale (m)	12		
Prof. tetto (m da fondale)	Prof. base (m da fondale)	D (m)	Cu (kN/mq)	alfa (-)	$\sigma'$ (kN/mq)	$\varphi$ (°)	k (-)	tan( $\delta$ ) (-)	Q (kN)
0	8.3	<b>1.8288</b>	0	1	40.65	35	0.8	0.36	564.1
8.3	19.8	<b>1.8</b>	0	1	137.61	35	0.7	0.70	4383.9
19.8	19.8	<b>1.8</b>	0	1	193.92	35	0.7	0.70	0.0
19.8	19.8	<b>1.8</b>	0	1	193.92	35	0.7	0.70	0.0
Diametro palo		( m )	<b>1.8</b>						
Lunghezza sopra l.m.m.		( m )	0.7						
Lunghezza sopra fondale		( m )	9						
Lunghezza nel terreno		( m )	19.8						
Lunghezza sotto l.m.m.		( m )	28.8						
Peso di volume cls		(kN/m <sup>3</sup> )	25						
Peso palo		(kN )	735.6						
Peso di volume		(kN/m <sup>3</sup> )	19.6						
Nq		( - )	<b>18</b>						
Profondità punta palo		(m s.l.m.m.)	19.8						
Tensione totale alla punta		(kN/mq)	193.9						
Portata per attrito (Ql)								(kN)	<b>4948.0</b>
Portata per punta (Qp_inc)								(kN)	8877.9
Portata totale (Qp + Ql)								(kN)	13825.9
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (compressione)</b>									
Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )								( - )	1.4
Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )								( - )	1.15
Coefficiente punta ( $\gamma_b$ )								( - )	1.35
Portata design (Rd)								(kN)	<b>6814</b>
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (trazione)</b>									
Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )								( - )	1.4
Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )								( - )	1.25
Portata design (Rd)								(kN)	<b>3563</b>
<b>Calcolo allo SLE_rara</b>									
Fattore di Sicurezza								( - )	2.5
Portata ammissibile (trazione)								(kN)	<b>2004</b>
Portata ammissibile (compressione)								(kN)	<b>4795</b>

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
PROGETTO ESECUTIVO

CALCOLO CAPACITA' PORTANTE PALI TRIVELLATI									
SETTORE	C	Fila	D	D(m)	1.8	Fondale (m)	12		
Prof. tetto	Prof. base	D	Cu	alfa	$\sigma'$	$\varphi$	k	tan( $\delta$ )	Q
(m da fondale)	(m da fondale)	(m)	(kN/mq)	(-)	(kN/mq)	( $^{\circ}$ )	(-)	(-)	(kN)
0	8.3	<b>1.8288</b>	0	1	40.65	35	0.8	0.36	564.1
8.3	16.3	<b>1.8</b>	0	1	120.47	35	0.7	0.70	2669.8
16.3	16.3	<b>1.8</b>	0	1	159.64	35	0.7	0.70	0.0
16.3	16.3	<b>1.8</b>	0	1	159.64	35	0.7	0.70	0.0
Diametro palo		( m )	<b>1.8</b>						
Lunghezza sopra l.m.m.		( m )	0.7						
Lunghezza sopra fondale		( m )	9						
Lunghezza nel terreno		( m )	16.3						
Lunghezza sotto l.m.m.		( m )	25.3						
Peso di volume cls		(kN/m <sup>3</sup> )	25						
Peso palo		(kN )	605.6						
Peso di volume		(kN/m <sup>3</sup> )	19.6						
Nq		( - )	<b>18</b>						
Profondità punta palo		(m s.l.m.m.)	16.3						
Tensione totale alla punta		(kN/mq)	159.6						
Portata per attrito (Ql)								(kN)	<b>3233.9</b>
Portata per punta (Qp_inc)								(kN)	7308.6
Portata totale (Qp + Ql)								(kN)	10542.5
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (compressione)</b>					Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )		( - )	1.4	
					Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )		( - )	1.15	
					Coefficiente punta ( $\gamma_b$ )		( - )	1.35	
					Portata design (Rd)		(kN)	<b>5088</b>	
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (trazione)</b>					Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )		( - )	1.4	
					Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )		( - )	1.25	
					Portata design (Rd)		(kN)	<b>2454</b>	
<b>Calcolo allo SLE_rara</b>					Fattore di Sicurezza		( - )	2.5	
					Portata ammissibile (trazione)		(kN)	<b>1318</b>	
					Portata ammissibile (compressione)		(kN)	<b>3611</b>	

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
PROGETTO ESECUTIVO

CALCOLO CAPACITA' PORTANTE PALI TRIVELLATI									
SETTORE	C	Fila	D	D(m)	1.8	Fondale (m)	12		
Prof. tetto (m da fondale)	Prof. base (m da fondale)	D (m)	Cu (kN/mq)	alfa (-)	$\sigma'$ (kN/mq)	$\varphi$ (°)	k (-)	tan( $\delta$ ) (-)	Q (kN)
0	8.3	<b>1.8288</b>	0	1	40.65	35	0.8	0.36	564.1
8.3	23.8	<b>1.8</b>	0	1	157.19	35	0.7	0.70	6749.8
23.8	23.8	<b>1.8</b>	0	1	233.10	35	0.7	0.70	0.0
23.8	23.8	<b>1.8</b>	0	1	233.10	35	0.7	0.70	0.0
Diametro palo		( m )	<b>1.8</b>						
Lunghezza sopra l.m.m.		( m )	0.7						
Lunghezza sopra fondale		( m )	9						
Lunghezza nel terreno		( m )	23.8						
Lunghezza sotto l.m.m.		( m )	32.8						
Peso di volume cls		(kN/m <sup>3</sup> )	25						
Peso palo		(kN )	884.2						
Peso di volume		(kN/m <sup>3</sup> )	19.6						
Nq		( - )	<b>18</b>						
Profondità punta palo		(m s.l.m.m.)	23.8						
Tensione totale alla punta		(kN/mq)	233.1						
Portata per attrito (Ql)								(kN)	<b>7313.9</b>
Portata per punta (Qp_inc)								(kN)	10671.5
Portata totale (Qp + Ql)								(kN)	17985.4
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (compressione)</b>									
Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )								( - )	1.4
Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )								( - )	1.15
Coefficiente punta ( $\gamma_b$ )								( - )	1.35
Portata design (Rd)								(kN)	<b>9040</b>
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (trazione)</b>									
Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )								( - )	1.4
Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )								( - )	1.25
Portata design (Rd)								(kN)	<b>5064</b>
<b>Calcolo allo SLE_rara</b>									
Fattore di Sicurezza								( - )	2.5
Portata ammissibile (trazione)								(kN)	<b>2950</b>
Portata ammissibile (compressione)								(kN)	<b>6310</b>

**11.7.1.1 Settore D**

CALCOLO CAPACITA' PORTANTE PALI TRIVELLATI									
SETTORE	D 3	Fila	A	D(m)	1.5	Fondale (m)	13		
Prof. tetto	Prof. base	D	Cu	alfa	$\sigma'$	$\varphi$	k	$\tan(\delta)$	Q
(m da fondale)	(m da fondale)	(m)	(kN/mq)	(-)	(kN/mq)	(°)	(-)	(-)	(kN)
0	9.3	<b>1.524</b>	0	1	45.54	35	0.8	0.36	590.2
9.3	20.8	<b>1.5</b>	0	1	147.40	35	0.7	0.70	3913.3
20.8	20.8	<b>1.5</b>	0	1	203.72	35	0.7	0.70	0.0
20.8	20.8	<b>1.5</b>	0	1	203.72	35	0.7	0.70	0.0
Diametro palo		( m )	<b>1.5</b>						
Lunghezza sopra l.m.m.		( m )	0.7						
Lunghezza sopra fondale		( m )	9						
Lunghezza nel terreno		( m )	20.8						
Lunghezza sotto l.m.m.		( m )	29.8						
Peso di volume cls		(kN/m <sup>3</sup> )	25						
Peso palo		(kN )	536.6						
Peso di volume		(kN/m <sup>3</sup> )	19.6						
Nq		( - )	<b>18</b>						
Profondità punta palo		(m s.l.m.m.)	20.8						
Tensione totale alla punta		(kN/mq)	203.7						
Portata per attrito (Ql)								(kN)	<b>4503.4</b>
Portata per punta (Qp_inc)								(kN)	6476.6
Portata totale (Qp + Ql)								(kN)	10980.0
<b>Calcolo allo SLU_A1+M1+R3 (compressione)</b>					Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )		( - )	1.4	
					Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )		( - )	1.15	
					Coefficiente punta ( $\gamma_b$ )		( - )	1.35	
					Portata design (Rd)		(kN)	<b>5526</b>	
<b>Calcolo allo SLU_A1+M1+R3 (trazione)</b>					Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )		( - )	1.4	
					Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )		( - )	1.25	
					Portata design (Rd)		(kN)	<b>3110</b>	
<b>Calcolo allo SLE_rara</b>					Fattore di Sicurezza		( - )	2.5	
					Portata ammissibile (trazione)		(kN)	<b>1826</b>	
					Portata ammissibile (compressione)		(kN)	<b>3855</b>	

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
PROGETTO ESECUTIVO

CALCOLO CAPACITA' PORTANTE PALI TRIVELLATI											
SETTORE	D 3	Fila	A acc	D(m)	1.5	Fondale (m)	13				
Prof. tetto (m da fondale)	Prof. base (m da fondale)	D (m)	Cu (kN/mq)	alfa (-)	$\sigma'$ (kN/mq)	$\varphi$ (°)	k (-)	tan( $\delta$ ) (-)	Q (kN)		
0	12.3	<b>1.524</b>	0	1	60.23	35	0.8	0.36	2064.6		
12.3	12.3	<b>1.5</b>	0	1	120.47	35	0.7	0.70	0.0		
12.3	12.3	<b>1.5</b>	0	1	120.47	35	0.7	0.70	0.0		
12.3	12.3	<b>1.5</b>	0	1	120.47	35	0.7	0.70	0.0		
Diametro palo		( m )	<b>1.524</b>	spessore	<b>0.0125</b>	m					
Lunghezza sopra l.m.m.		( m )	0.7								
Lunghezza sopra fondale		( m )	9								
Lunghezza nel terreno		( m )	12.3								
Lunghezza sotto l.m.m.		( m )	21.3								
Peso di volume acciaio		(kN/m <sup>3</sup> )	78.5								
Peso palo		(kN)	50.0								
Peso di volume		(kN/m <sup>3</sup> )	19.6								
Nq		(-)	<b>0</b>								
Profondità punta palo		(m s.l.m.m.)	12.3								
Tensione totale alla punta		(kN/mq)	120.5								
Portata per attrito (Ql)								(kN)	<b>2064.6</b>		
Portata per punta (Qp_inc)								(kN)	0.0		
Portata totale (Qp + Ql)								(kN)	2064.6		
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (compressione)</b>					Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )					(-)	1.4
					Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )					(-)	1.15
					Coefficiente punta ( $\gamma_b$ )					(-)	1.35
					Portata design (Rd)					(kN)	<b>1217</b>
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (trazione)</b>					Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )					(-)	1.4
					Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )					(-)	1.25
					Portata design (Rd)					(kN)	<b>1230</b>
<b>Calcolo allo SLE_rara</b>					Fattore di Sicurezza					(-)	2.5
					Portata ammissibile (trazione)					(kN)	<b>904</b>
					Portata ammissibile (compressione)					(kN)	<b>776</b>

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
PROGETTO ESECUTIVO

CALCOLO CAPACITA' PORTANTE PALI TRIVELLATI									
SETTORE	D 3	Fila	E	D(m)	1.8	Fondale (m)	13		
Prof. tetto	Prof. base	D	Cu	alfa	$\sigma'$	$\varphi$	k	$\tan(\delta)$	Q
(m da fondale)	(m da fondale)	(m)	(kN/mq)	(-)	(kN/mq)	(°)	(-)	(-)	(kN)
0	9.3	<b>1.8288</b>	0	1	45.54	35	0.8	0.36	708.2
9.3	18.3	<b>1.8</b>	0	1	135.16	35	0.7	0.70	3369.8
18.3	18.3	<b>1.8</b>	0	1	179.23	35	0.7	0.70	0.0
18.3	18.3	<b>1.8</b>	0	1	179.23	35	0.7	0.70	0.0
Diametro palo		( m )	<b>1.8</b>						
Lunghezza sopra l.m.m.		( m )	0.7						
Lunghezza sopra fondale		( m )	9						
Lunghezza nel terreno		( m )	18.3						
Lunghezza sotto l.m.m.		( m )	27.3						
Peso di volume cls		(kN/m <sup>3</sup> )	25						
Peso palo		(kN)	679.9						
Peso di volume		(kN/m <sup>3</sup> )	19.6						
Nq		(-)	<b>18</b>						
Profondità punta palo		(m s.l.m.m.)	18.3						
Tensione totale alla punta		(kN/mq)	179.2						
Portata per attrito (Ql)								(kN)	<b>4078.0</b>
Portata per punta (Qp_inc)								(kN)	8205.4
Portata totale (Qp + Ql)								(kN)	12283.4
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (compressione)</b>									
Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )								(-)	1.4
Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )								(-)	1.15
Coefficiente punta ( $\gamma_b$ )								(-)	1.35
Portata design (Rd)								(kN)	<b>5991</b>
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (trazione)</b>									
Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )								(-)	1.4
Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )								(-)	1.25
Portata design (Rd)								(kN)	<b>3010</b>
<b>Calcolo allo SLE_rara</b>									
Fattore di Sicurezza								(-)	2.5
Portata ammissibile (trazione)								(kN)	<b>1656</b>
Portata ammissibile (compressione)								(kN)	<b>4233</b>

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
PROGETTO ESECUTIVO

CALCOLO CAPACITA' PORTANTE PALI TRIVELLATI									
SETTORE	D 3	Fila	F	D(m)	1.8	Fondale (m)	13		
Prof. tetto (m da fondale)	Prof. base (m da fondale)	D (m)	Cu (kN/mq)	alfa (-)	$\sigma'$ (kN/mq)	$\varphi$ (°)	k (-)	tan( $\delta$ ) (-)	Q (kN)
0	9.3	<b>1.8288</b>	0	1	45.54	35	0.8	0.36	708.2
9.3	25.8	<b>1.8</b>	0	1	171.88	35	0.7	0.70	7856.8
25.8	25.8	<b>1.8</b>	0	1	252.69	35	0.7	0.70	0.0
25.8	25.8	<b>1.8</b>	0	1	252.69	35	0.7	0.70	0.0
Diametro palo		( m )	<b>1.8</b>						
Lunghezza sopra l.m.m.		( m )	0.7						
Lunghezza sopra fondale		( m )	9						
Lunghezza nel terreno		( m )	25.8						
Lunghezza sotto l.m.m.		( m )	34.8						
Peso di volume cls		(kN/m <sup>3</sup> )	25						
Peso palo		(kN )	958.5						
Peso di volume		(kN/m <sup>3</sup> )	19.6						
Nq		( - )	<b>18</b>						
Profondità punta palo		(m s.l.m.m.)	25.8						
Tensione totale alla punta		(kN/mq)	252.7						
Portata per attrito (Ql)								(kN)	<b>8565.0</b>
Portata per punta (Qp_inc)								(kN)	11568.2
Portata totale (Qp + Ql)								(kN)	20133.3
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (compressione)</b>									
Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )								( - )	1.4
Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )								( - )	1.15
Coefficiente punta ( $\gamma_b$ )								( - )	1.35
Portata design (Rd)								(kN)	<b>10195</b>
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (trazione)</b>									
Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )								( - )	1.4
Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )								( - )	1.25
Portata design (Rd)								(kN)	<b>5853</b>
<b>Calcolo allo SLE_rara</b>									
Fattore di Sicurezza								( - )	2.5
Portata ammissibile (trazione)								(kN)	<b>3451</b>
Portata ammissibile (compressione)								(kN)	<b>7095</b>

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
PROGETTO ESECUTIVO

CALCOLO CAPACITA' PORTANTE PALI TRIVELLATI									
SETTORE	D 4	Fila	A	D(m)	1.5	Fondale (m)	13		
Prof. tetto (m da fondale)	Prof. base (m da fondale)	D (m)	Cu (kN/mq)	alfa (-)	$\sigma'$ (kN/mq)	$\varphi$ (°)	k (-)	tan( $\delta$ ) (-)	Q (kN)
0	9.3	<b>1.524</b>	0	1	45.54	35	0.8	0.36	590.2
9.3	23.8	<b>1.5</b>	0	1	162.09	35	0.7	0.70	5425.9
23.8	23.8	<b>1.5</b>	0	1	233.10	35	0.7	0.70	0.0
23.8	23.8	<b>1.5</b>	0	1	233.10	35	0.7	0.70	0.0
Diametro palo		( m )	<b>1.5</b>						
Lunghezza sopra l.m.m.		( m )	0.7						
Lunghezza sopra fondale		( m )	9						
Lunghezza nel terreno		( m )	23.8						
Lunghezza sotto l.m.m.		( m )	32.8						
Peso di volume cls		(kN/m <sup>3</sup> )	25						
Peso palo		(kN)	614.0						
Peso di volume		(kN/m <sup>3</sup> )	19.6						
Nq		(-)	<b>18</b>						
Profondità punta palo		(m s.l.m.m.)	23.8						
Tensione totale alla punta		(kN/mq)	233.1						
Portata per attrito (Ql)								(kN)	<b>6016.1</b>
Portata per punta (Qp_inc)								(kN)	7410.7
Portata totale (Qp + Ql)								(kN)	13426.8
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (compressione)</b>									
Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )								(-)	1.4
Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )								(-)	1.15
Coefficiente punta ( $\gamma_b$ )								(-)	1.35
Portata design (Rd)								(kN)	<b>6859</b>
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (trazione)</b>									
Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )								(-)	1.4
Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )								(-)	1.25
Portata design (Rd)								(kN)	<b>4052</b>
<b>Calcolo allo SLE_rara</b>									
Fattore di Sicurezza								(-)	2.5
Portata ammissibile (trazione)								(kN)	<b>2431</b>
Portata ammissibile (compressione)								(kN)	<b>4757</b>

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
PROGETTO ESECUTIVO

CALCOLO CAPACITA' PORTANTE PALI TRIVELLATI									
SETTORE	D 4	Fila	A acc	D(m)	1.5	Fondale (m)	13		
Prof. tetto (m da fondale)	Prof. base (m da fondale)	D (m)	Cu (kN/mq)	alfa (-)	$\sigma'$ (kN/mq)	$\varphi$ (°)	k (-)	tan( $\delta$ ) (-)	Q (kN)
0	12.3	<b>1.524</b>	0	1	60.23	35	0.8	0.36	2064.6
12.3	12.3	<b>1.5</b>	0	1	120.47	35	0.7	0.70	0.0
12.3	12.3	<b>1.5</b>	0	1	120.47	35	0.7	0.70	0.0
12.3	12.3	<b>1.5</b>	0	1	120.47	35	0.7	0.70	0.0
Diametro palo		( m )	<b>1.524</b>	spessore	<b>0.0125</b>	m			
Lunghezza sopra l.m.m.		( m )	0.7						
Lunghezza sopra fondale		( m )	9						
Lunghezza nel terreno		( m )	12.3						
Lunghezza sotto l.m.m.		( m )	21.3						
Peso di volume acciaio		(kN/m <sup>3</sup> )	78.5						
Peso palo		(kN )	50.0						
Peso di volume		(kN/m <sup>3</sup> )	19.6						
Nq		( - )	<b>0</b>						
Profondità punta palo		(m s.l.m.m.)	12.3						
Tensione totale alla punta		(kN/mq)	120.5						
Portata per attrito (Ql)								(kN)	<b>2064.6</b>
Portata per punta (Qp_inc)								(kN)	0.0
Portata totale (Qp + Ql)								(kN)	2064.6
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (compressione)</b>					Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )		( - )	1.4	
					Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )		( - )	1.15	
					Coefficiente punta ( $\gamma_b$ )		( - )	1.35	
					Portata design (Rd)		(kN)	<b>1217</b>	
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (trazione)</b>					Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )		( - )	1.4	
					Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )		( - )	1.25	
					Portata design (Rd)		(kN)	<b>1230</b>	
<b>Calcolo allo SLE_rara</b>					Fattore di Sicurezza		( - )	2.5	
					Portata ammissibile (trazione)		(kN)	<b>904</b>	
					Portata ammissibile (compressione)		(kN)	<b>776</b>	

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
PROGETTO ESECUTIVO

CALCOLO CAPACITA' PORTANTE PALI TRIVELLATI									
SETTORE	D 4	Fila	B	D(m)	1.8	Fondale (m)	13		
Prof. tetto (m da fondale)	Prof. base (m da fondale)	D (m)	Cu (kN/mq)	alfa (-)	$\sigma'$ (kN/mq)	$\varphi$ (°)	k (-)	tan( $\delta$ ) (-)	Q (kN)
0	9.3	<b>1.8288</b>	0	1	45.54	35	0.8	0.36	708.2
9.3	19.8	<b>1.8</b>	0	1	142.50	35	0.7	0.70	4145.1
19.8	19.8	<b>1.8</b>	0	1	193.92	35	0.7	0.70	0.0
19.8	19.8	<b>1.8</b>	0	1	193.92	35	0.7	0.70	0.0
Diametro palo		( m )	<b>1.8</b>						
Lunghezza sopra l.m.m.		( m )	0.7						
Lunghezza sopra fondale		( m )	9						
Lunghezza nel terreno		( m )	19.8						
Lunghezza sotto l.m.m.		( m )	28.8						
Peso di volume cls		(kN/m <sup>3</sup> )	25						
Peso palo		(kN )	735.6						
Peso di volume		(kN/m <sup>3</sup> )	19.6						
Nq		( - )	<b>18</b>						
Profondità punta palo		(m s.l.m.m.)	19.8						
Tensione totale alla punta		(kN/mq)	193.9						
Portata per attrito (Ql)								(kN)	<b>4853.3</b>
Portata per punta (Qp_inc)								(kN)	8877.9
Portata totale (Qp + Ql)								(kN)	13731.3
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (compressione)</b>									
Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )								( - )	1.4
Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )								( - )	1.15
Coefficiente punta ( $\gamma_b$ )								( - )	1.35
Portata design (Rd)								(kN)	<b>6756</b>
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (trazione)</b>									
Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )								( - )	1.4
Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )								( - )	1.25
Portata design (Rd)								(kN)	<b>3509</b>
<b>Calcolo allo SLE_rara</b>									
Fattore di Sicurezza								( - )	2.5
Portata ammissibile (trazione)								(kN)	<b>1966</b>
Portata ammissibile (compressione)								(kN)	<b>4757</b>

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
PROGETTO ESECUTIVO

CALCOLO CAPACITA' PORTANTE PALI TRIVELLATI									
SETTORE	D 4	Fila	C	D(m)	1.8	Fondale (m)	13		
Prof. tetto (m da fondale)	Prof. base (m da fondale)	D (m)	Cu (kN/mq)	alfa (-)	$\sigma'$ (kN/mq)	$\varphi$ (°)	k (-)	tan( $\delta$ ) (-)	Q (kN)
0	9.3	<b>1.8288</b>	0	1	45.54	35	0.8	0.36	708.2
9.3	16.8	<b>1.8</b>	0	1	127.81	35	0.7	0.70	2655.6
16.8	16.8	<b>1.8</b>	0	1	164.54	35	0.7	0.70	0.0
16.8	16.8	<b>1.8</b>	0	1	164.54	35	0.7	0.70	0.0
Diametro palo		( m )	<b>1.8</b>						
Lunghezza sopra l.m.m.		( m )	0.7						
Lunghezza sopra fondale		( m )	9						
Lunghezza nel terreno		( m )	16.8						
Lunghezza sotto l.m.m.		( m )	25.8						
Peso di volume cls		(kN/m <sup>3</sup> )	25						
Peso palo		(kN )	624.2						
Peso di volume		(kN/m <sup>3</sup> )	19.6						
Nq		( - )	<b>18</b>						
Profondità punta palo		(m s.l.m.m.)	16.8						
Tensione totale alla punta		(kN/mq)	164.5						
Portata per attrito (Ql)								(kN)	<b>3363.8</b>
Portata per punta (Qp_inc)								(kN)	7532.8
Portata totale (Qp + Ql)								(kN)	10896.6
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (compressione)</b>									
Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )								( - )	1.4
Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )								( - )	1.15
Coefficiente punta ( $\gamma_b$ )								( - )	1.35
Portata design (Rd)								(kN)	<b>5263</b>
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (trazione)</b>									
Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )								( - )	1.4
Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )								( - )	1.25
Portata design (Rd)								(kN)	<b>2546</b>
<b>Calcolo allo SLE_rara</b>									
Fattore di Sicurezza								( - )	2.5
Portata ammissibile (trazione)								(kN)	<b>1370</b>
Portata ammissibile (compressione)								(kN)	<b>3734</b>

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
PROGETTO ESECUTIVO

CALCOLO CAPACITA' PORTANTE PALI TRIVELLATI									
SETTORE	D 4	Fila	D	D(m)	1.8	Fondale (m)	13		
Prof. tetto (m da fondale)	Prof. base (m da fondale)	D (m)	Cu (kN/mq)	alfa (-)	$\sigma'$ (kN/mq)	$\varphi$ (°)	k (-)	tan( $\delta$ ) (-)	Q (kN)
0	9.3	<b>1.8288</b>	0	1	45.54	35	0.8	0.36	708.2
9.3	24.8	<b>1.8</b>	0	1	166.99	35	0.7	0.70	7170.4
24.8	24.8	<b>1.8</b>	0	1	242.89	35	0.7	0.70	0.0
24.8	24.8	<b>1.8</b>	0	1	242.89	35	0.7	0.70	0.0
Diametro palo		( m )	<b>1.8</b>						
Lunghezza sopra l.m.m.		( m )	0.7						
Lunghezza sopra fondale		( m )	9						
Lunghezza nel terreno		( m )	24.8						
Lunghezza sotto l.m.m.		( m )	33.8						
Peso di volume cls		(kN/m <sup>3</sup> )	25						
Peso palo		(kN)	921.4						
Peso di volume		(kN/m <sup>3</sup> )	19.6						
Nq		(-)	<b>18</b>						
Profondità punta palo		(m s.l.m.m.)	24.8						
Tensione totale alla punta		(kN/mq)	242.9						
Portata per attrito (Ql)								(kN)	<b>7878.6</b>
Portata per punta (Qp_inc)								(kN)	11119.9
Portata totale (Qp + Ql)								(kN)	18998.4
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (compressione)</b>									
Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )								(-)	1.4
Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )								(-)	1.15
Coefficiente punta ( $\gamma_b$ )								(-)	1.35
Portata design (Rd)								(kN)	<b>9579</b>
<b>Calcolo allo SLU A1+M1+R3 (trazione)</b>									
Coefficiente n. indagini ( $\xi$ )								(-)	1.4
Coefficiente laterale ( $\gamma_s$ )								(-)	1.25
Portata design (Rd)								(kN)	<b>5423</b>
<b>Calcolo allo SLE_rara</b>									
Fattore di Sicurezza								(-)	2.5
Portata ammissibile (trazione)								(kN)	<b>3176</b>
Portata ammissibile (compressione)								(kN)	<b>6678</b>

COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA  
INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE  
PROGETTO ESECUTIVO

**11.7.1.2 Riepilogo risultati**

SETTORE	A					B					
	FILA	A	B	C	D	A_acc	A	B	C	D	A_acc
	D (m)	1.5	1.8	1.8	1.8	1.5	1.5	1.8	1.8	1.8	1.5
	A (mq)	1.8	2.5	2.5	2.5		1.8	2.5	2.5	2.5	
<b>Portanza (kN)</b>											
[1]	SLU_A1+M1+R3 (compressione)	4561	6049	4859	8747	1667	3971	6527	5060	9011	1462
[2]	SLU_A1+M1+R3 (trazione)	2459	3064	2311	4862	1646	2058	3367	2427	5037	1450
[3]	SLE_rara (compressione)	3198	4271	3453	6111	1065	2796	4599	3593	6292	934
[4]	SLE_rara (trazione)	1415	1694	1231	2822	1195	1162	1879	1300	2932	1060
<b>Carico (kN)</b>											
[1]	SLU_A1 (compressione)	3579	4434	3874	8206	1100	3248	5032	3658	8402	1038
[2]	SLU_A1 (trazione)	1647	604	827	1699	450	1492	0	0	1830	402
[3]	SLE_rara (compressione)	1908	3141	2580	5623	562	1669	3565	2611	5752	686
[4]	SLE_rara (trazione)	831	0	0	0	199	724	0	0	0	171
<b>Verifica</b>											
	[1]	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!
	[2]	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!
	[3]	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!
	[4]	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!

SETTORE	C					D 3 pali				D 4 pali					
	FILA	A	B	C	D	A_acc	A	E	F	A_acc	A	B	C	D	A_acc
	D (m)	1.5	1.8	1.8	1.8	1.5	1.5	1.8	1.8	1.5	1.5	1.8	1.8	1.8	1.5
	A (mq)	1.8	2.5	2.5	2.5		1.8	2.5	2.5		1.8	2.5	2.5	2.5	
<b>Portanza (kN)</b>															
[1]	SLU_A1+M1+R3 (compressione)	3994	6814	5088	9040	1350	5526	5991	10195	1217	6859	6756	5263	9579	1217
[2]	SLU_A1+M1+R3 (trazione)	2080	3563	2454	5064	1343	3110	3010	5853	1230	4052	3509	2546	5423	1230
[3]	SLE_rara (compressione)	2812	4795	3611	6310	862	3855	4233	7095	776	4757	4757	3734	6678	776
[4]	SLE_rara (trazione)	1177	2004	1318	2950	986	1826	1656	3451	904	2431	1966	1370	3176	904
<b>Carico (kN)</b>															
[1]	SLU_A1 (compressione)	3493	5476	3801	8458	1037	4200	4474	9696	1118	6567	5107	3569	8638	952
[2]	SLU_A1 (trazione)	1651	0	0	2706	438	2837	683	3395	686	2658	370	0	3214	346
[3]	SLE_rara (compressione)	2028	3871	2715	5803	674	2103	3166	6613	587	4463	3614	2555	5916	446
[4]	SLE_rara (trazione)	813	0	0	192	196	1595	40	641	367	999	0	0	534	141
<b>Verifica</b>															
	[1]	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!
	[2]	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!
	[3]	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!
	[4]	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!	OK!

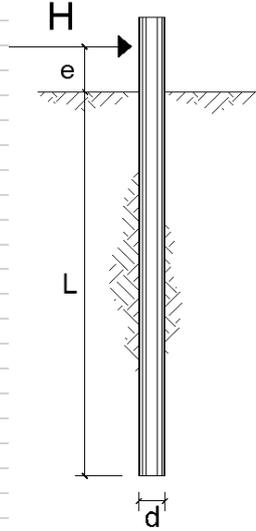
Tutte le verifiche di capacità portante risultano soddisfatte.

### 11.7.2 Verifica capacità portante orizzontale

Si riportano le verifiche a di capacità portante orizzontale dei pali allo Stato Limite Ultimo per ogni tipologia di palo considerando l'armatura minima (a partire da quota fondale) e il taglio massimo agente.

#### 11.7.2.1 Pali diametro 1800 mm

<b>CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI INCOERENTI</b>			
<b>PALI CON ROTAZIONE IN TESTA LIBERA</b>			
<b>OPERA:</b>			
<b>TEORIA DI BASE:</b> (Broms, 1964)			
H = carico limite orizzontale			
L = lunghezza del palo			
d = diametro del palo			
e = altezza di applicazione del carico da p.c.			
My = momento di plasticizzazione della sezione			
Fs = coefficiente di sicurezza			
φ' = angolo di attrito del terreno			
kp = coeff. di spinta passiva (kp = (1+sinφ)/(1-sinφ))			
γ = peso di unità di volume del terreno (se è presente la falda γ = γ')			
<b>Palo corto:</b>	$\frac{H}{k_p \gamma d^3} = \frac{d}{2(e+L)} \left(\frac{L}{d}\right)^3$		
<b>Palo lungo:</b>	$\frac{H}{k_p \gamma d^3} \left( \frac{e}{d} + 0.544 \sqrt{\frac{H}{K_p \gamma d^3}} \right) = \frac{M_y}{k_p \gamma d^4}$		
<b>DATI DI INPUT:</b>			
L =	23.00	(m)	
d =	1.800	(m)	
e =	0.00	(m)	
My =	21000.0	(kN m)	
Fs =	1.82	(-)	
φ' =	35	(°)	
kp =	3.75	(-)	
γ =	10.00	(kN/m <sup>3</sup> )	
<b>Palo corto:</b>			
H1 =	17871.7	(kN)	H1/FS = 9819.61 (kN)
<b>Palo lungo:</b>			
H2 =	4652.22	(kN)	H2/FS = 2556.16 (kN)
<b>H =</b>	<b>2556.16</b>	<b>(kN)</b>	<b>palo lungo</b>



Ved = 2481 kN < 2556 kN Verificato

### 11.7.2.2 Pali diametro 1500 mm portanti e portati

Per valutare la resistenza orizzontale dei pali dell'allineamento A è stato fatto riferimento ad un comportamento a paratia.

Nelle analisi è stata considerata una paratia infissa fino ad una profondità di -22 m da piano fondale (profondità di infissione minima dei pali portati) costituita da pali in acciaio cavi di diametro 1524x12.5 mm alla quale viene applicato in sommità un carico concentrato.

Si è pertanto analizzato lo sviluppo di un meccanismo di collasso determinato dalla mobilitazione della resistenza del terreno e dal raggiungimento delle condizioni di equilibrio limite nel terreno interagente con la paratia. L'analisi è stata condotta secondo la combinazione A2\_M2\_R1 nella quale i parametri del terreno sono stati ridotti tramite i coefficienti parziali del gruppo M2. I parametri di resistenza di progetto sono pertanto inferiori a quelli caratteristici e di conseguenza il valore di progetto della spinta attiva è maggiore, e quello della resistenza passiva è minore, dei corrispettivi valori caratteristici.

Parametri terreno:

Parametro	Valore
Name	Sand_cloned
InitialStressK0nc	0.5
InitialStressNocr	0.5
UnitWeightGammaDry	19 kN/m <sup>3</sup>
UnitWeightGammaSat	20 kN/m <sup>3</sup>
PermeabilityKz	0.0001 m/s
ResistanceMohrCoulombC	0 kPa
ResistanceMohrCoulombFi	35 °
ElasticConstantEvc	30000 kPa

Caratteristiche paratia:

Dati Stage dependent data

Posizione

X  m

Sommità  m

Piede  m

Avanzate

Elemento Slave

Wall Element Data

Sezione Default Section Modifica...

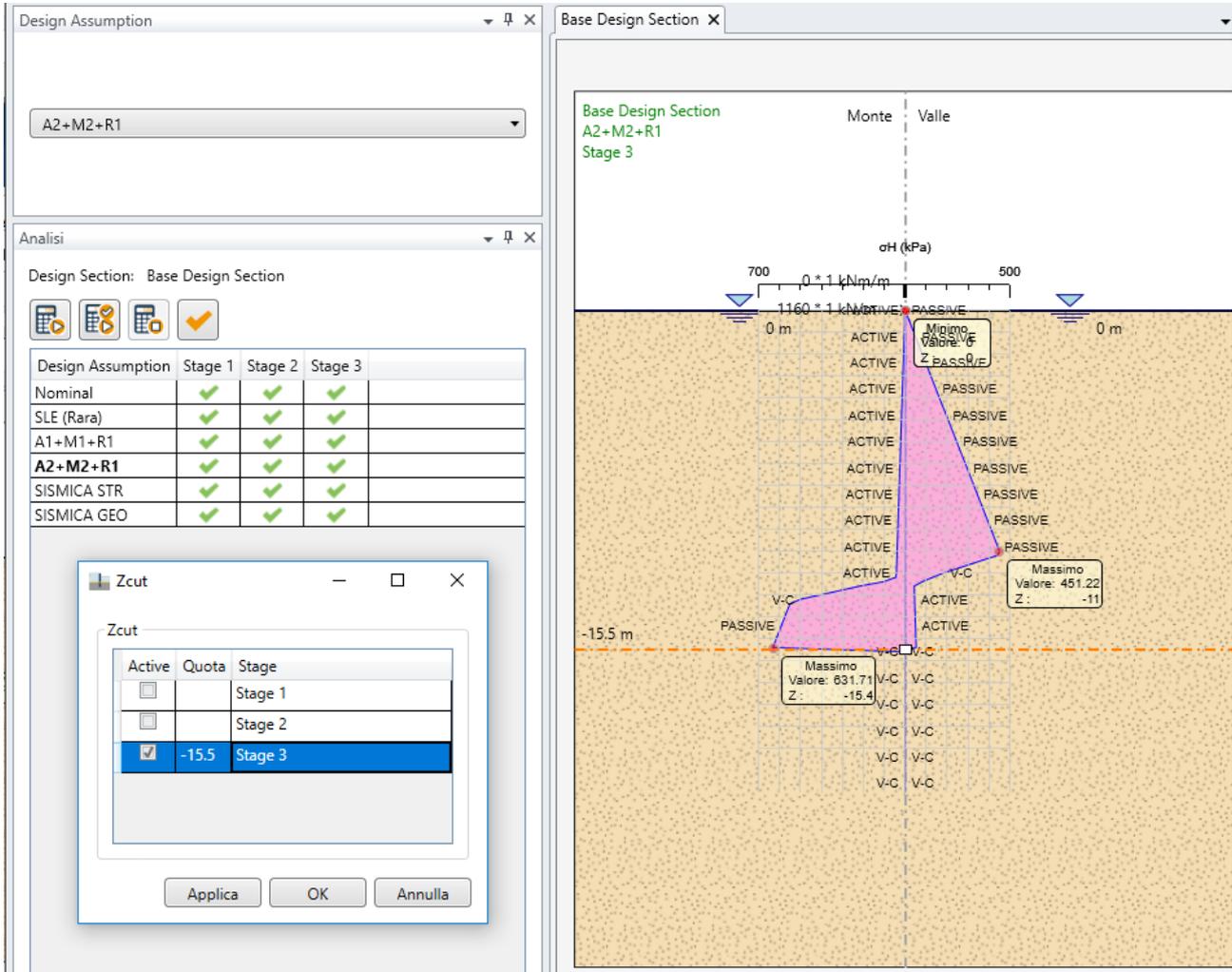
Spessore Equivalente  m

Svincoli sommità  Taglio  Momento

Svincoli al piede del muro  Taglio  Momento



Per verificare il coefficiente di sicurezza è stata effettuata una back analysis per calcolare la lunghezza di infissione minima che garantisca l'equilibrio dell'opera in combinazione A2\_M2\_R1. Si riportano di seguito i risultati delle analisi:



L'infissione minima di 15.5 m di paratia consente pertanto di garantire la stabilità al collasso ottenendo un ulteriore coefficiente di sicurezza al collasso dato dal rapporto tra la lunghezza effettiva e la lunghezza minima di  $F_s = 22/15.5 = 1.41$ .

## 11.8 VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE

La stabilità globale delle opere, valutata in configurazione post-operam, è stata verificata assicurando coefficienti non inferiori ad almeno 1.10 volte i coefficienti di normativa sotto elencati:

- SLE:  $\gamma_{R2} = 1.3$ ;
- SLD:  $\gamma_{R2} = 1.3$ ;
- SLU:  $\gamma_{R2} = 1.1$  (Approccio 1 – Combinazione 2 di cui al D.M. 14/01/2008);
- SLV:  $\gamma_{R2} = 1.1$ ;

Il programma utilizzato – Slide 5.044 – analizza 1 m di profondità dell'opera e fornisce il coefficiente di sicurezza delle superfici più critiche.

Il metodo adottato, nell'ipotesi di superfici di scivolamento curve, è quello di Bishop semplificato.

Si riportano di seguito le verifiche delle sezioni più significative (settori C e D).

### 11.8.1 Settore C

#### 11.8.1.1 Stato limite di esercizio in condizioni statiche: SLE

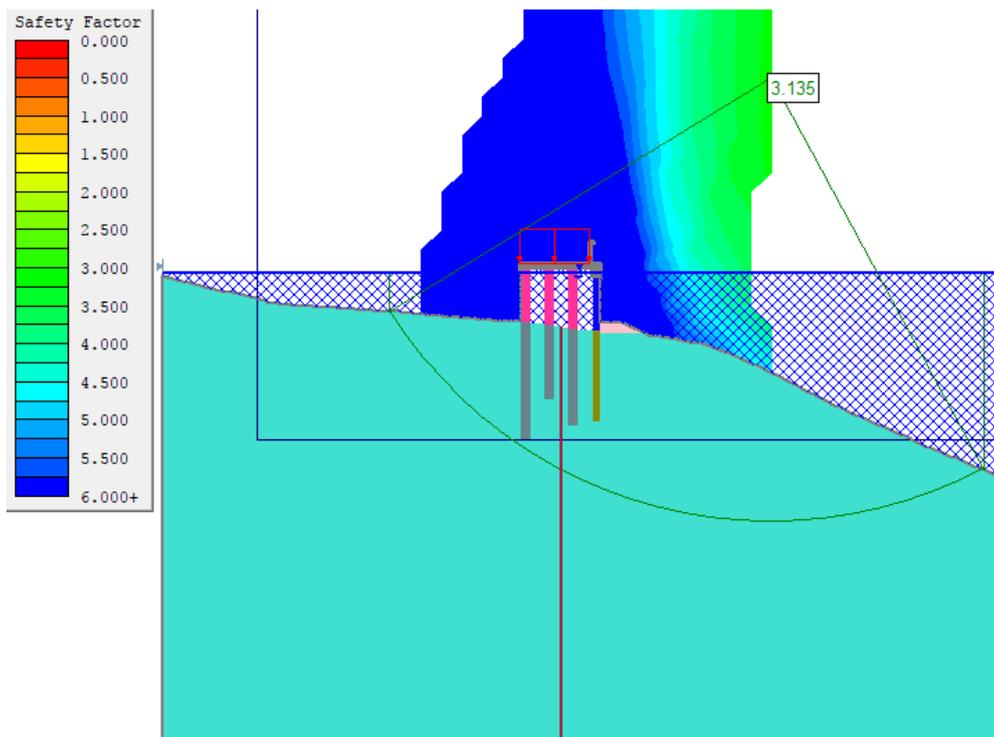
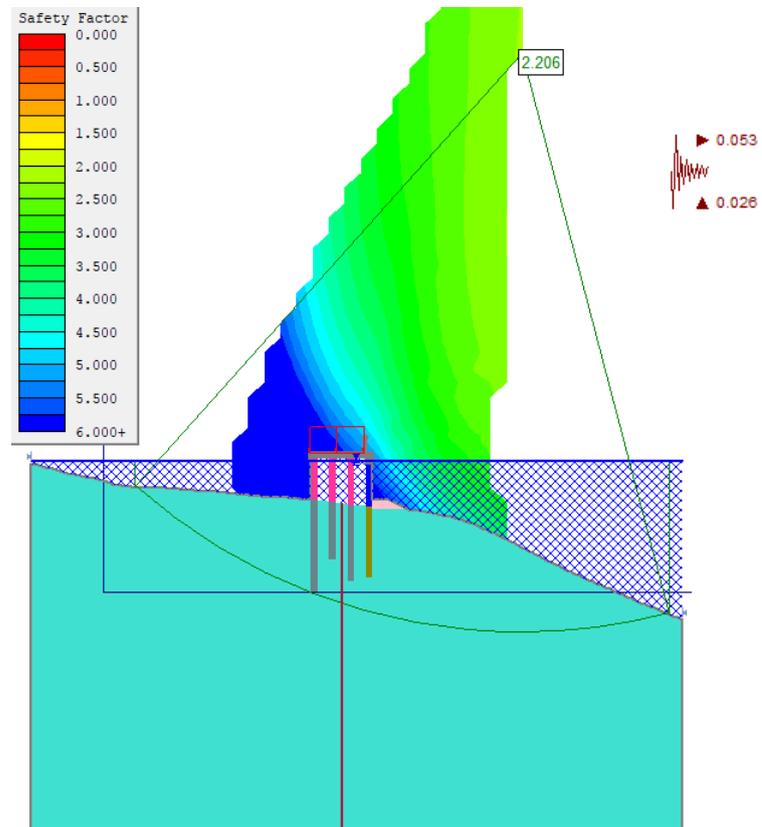


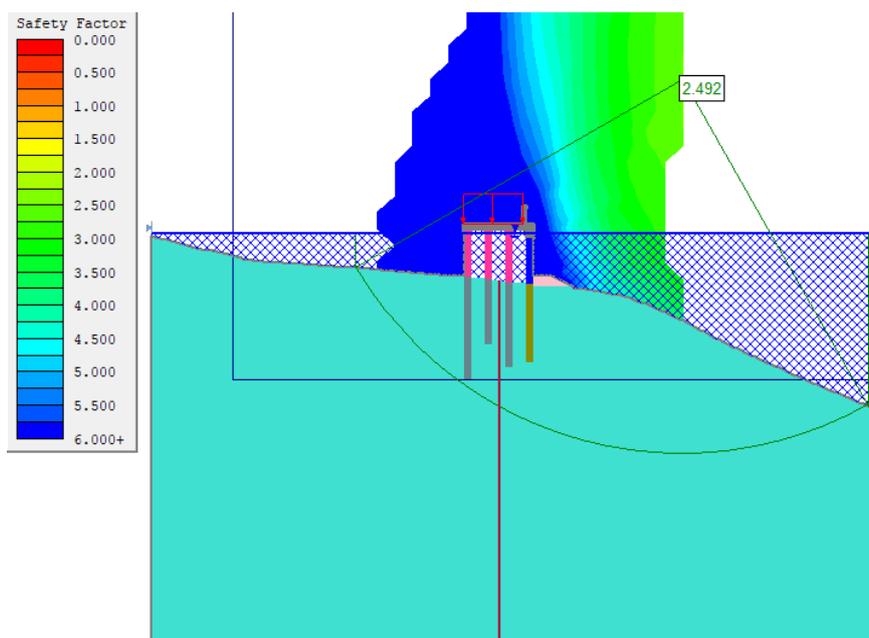
Figura 2 – FS = 3.135 > 1.43

**11.8.1.2 Stato limite di esercizio in condizioni sismiche: SLD**



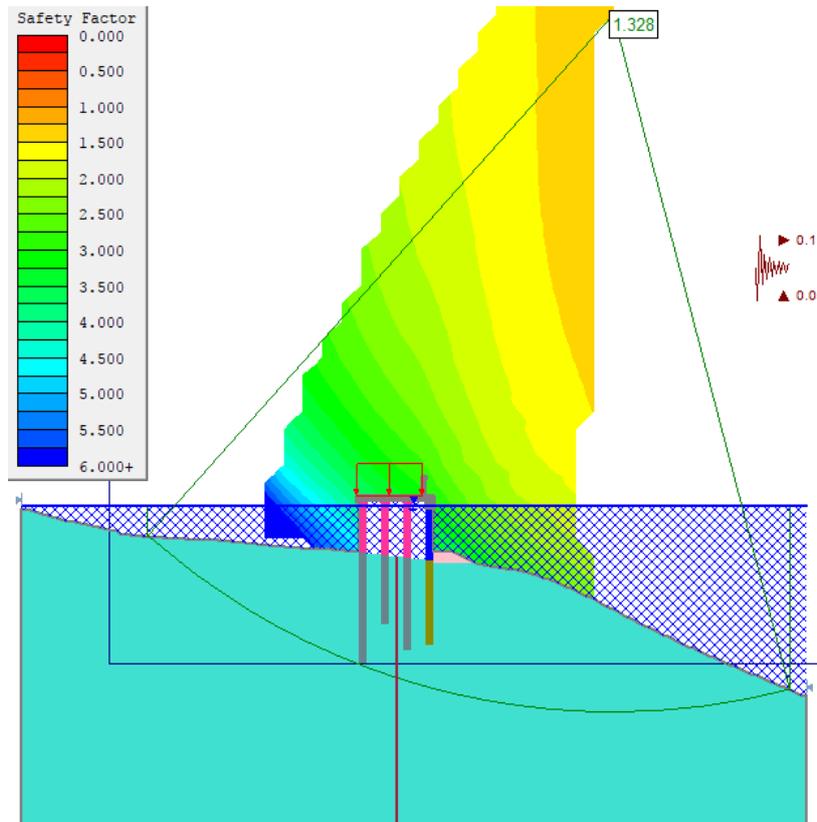
**Figura 3 – FS = 2.206 > 1.43**

**11.8.1.3 Stato limite ultimo in condizioni statiche: SLU**



**Figura 4 – FS = 2.492 > 1.21**

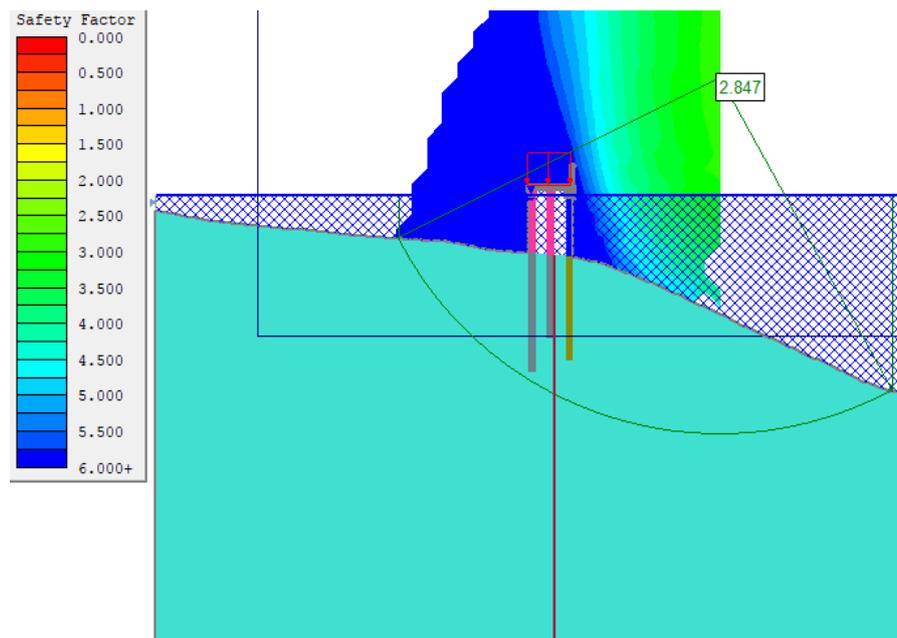
**11.8.1.4 Stato limite ultimo in condizioni sismiche: SLV**



**Figura 5 – FS = 1.328 > 1.21**

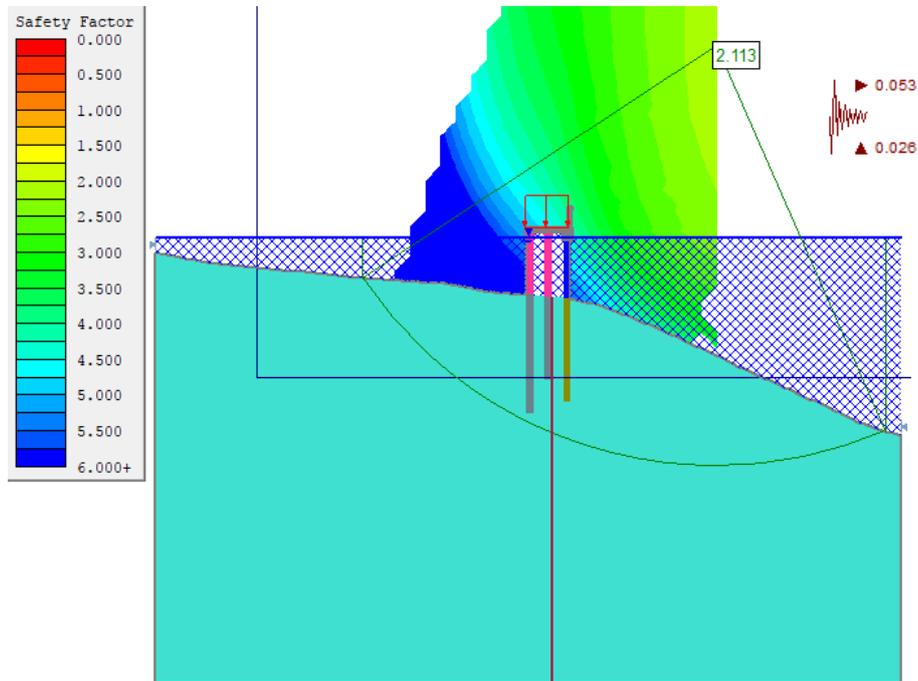
**11.8.2 Settore D**

**11.8.2.1 Stato limite di esercizio in condizioni statiche: SLE**



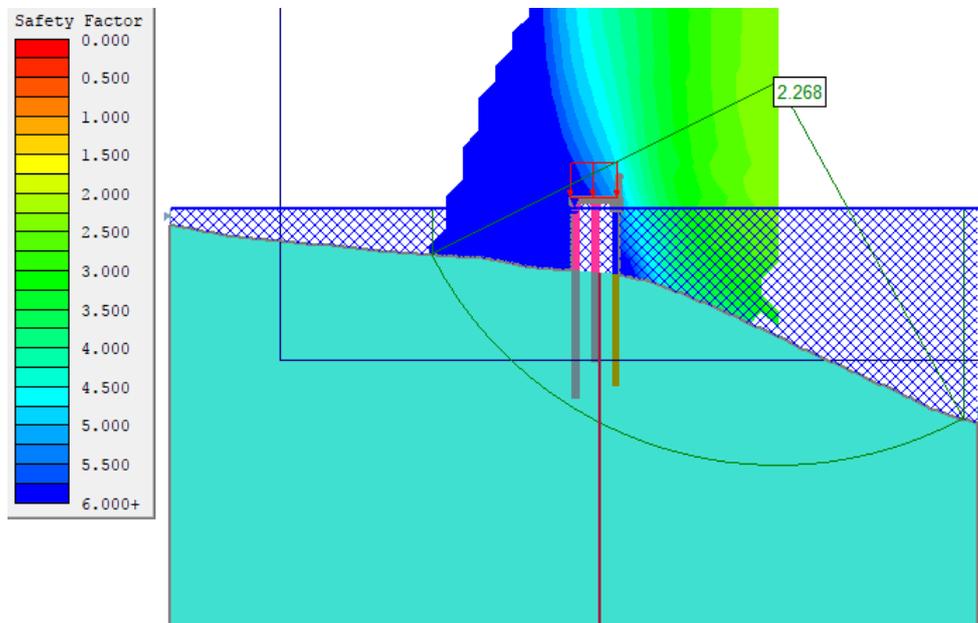
**Figura 6 – FS = 2.847 > 1.43**

**11.8.2.2 Stato limite di esercizio in condizioni sismiche: SLD**



**Figura 7 – FS = 2.113 > 1.43**

**11.8.2.3 Stato limite ultimo in condizioni statiche: SLU**



**Figura 8 – FS = 2.268 > 1.21**

11.8.2.4 Stato limite ultimo in condizioni sismiche: SLV

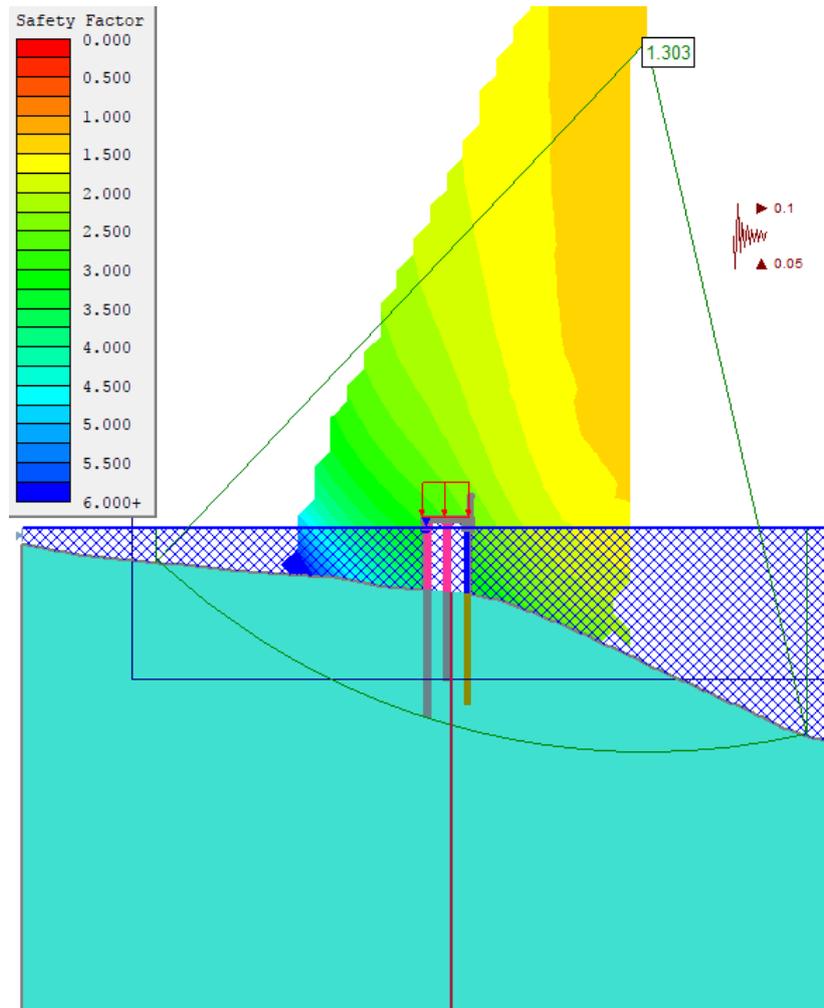


Figura 9 – FS = 1.303 > 1.21