

# PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



## PROGETTO DEFINITIVO

### EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)  
 SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)  
 COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)  
 SACYR S.A.U. (MANDANTE)  
 ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)  
 A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

 <p>IL PROGETTISTA                  Dott. Ing. F. Colla                  Ordine Ingegneri                  Milano n° 20355                  Dott. Ing. E. Pagani                  Ordine Ingegneri Milano                  n° 15408</p> 	<p>IL CONTRAENTE GENERALE</p> <p>Project Manager                  (Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA                  Direttore Generale e                  RUP Validazione                  (Ing. G. Fiammenghi)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA                  Amministratore Delegato                  (Dott. P. Ciucci)</p>
--	---	--	---

<p><i>Unità Funzionale</i> OPERA DI ATTRAVERSAMENTO</p> <p><i>Tipo di sistema</i> ELEMENTI DI CARATTERE GENERALE</p> <p><i>Raggruppamento di opere/attività</i> SISTEMAZIONI ESTERNE E OPERE ACCESSORIE</p> <p><i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i> SICILIA – FABBRICATI IMPIANTI</p> <p><i>Titolo del documento</i> FIREPUMP STATION – RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">PG0282_F0</div>
---	--

CODICE	<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td>C</td><td>G</td><td>0</td><td>7</td><td>0</td><td>0</td> <td>P</td><td>R</td><td>X</td><td>D</td><td>G</td><td>T</td><td>C</td><td>O</td><td>P</td><td>S</td><td>E</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>3</td><td>F0</td> </tr> </table>	C	G	0	7	0	0	P	R	X	D	G	T	C	O	P	S	E	0	0	0	0	0	3	F0
C	G	0	7	0	0	P	R	X	D	G	T	C	O	P	S	E	0	0	0	0	0	3	F0		

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	E. PASSADORE	G. SCIUTO	F. COLLA



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>FIREPUMP STATION – RELAZIONE SPECIALISTICA –  PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## INDICE

INDICE .....	3
1 INTRODUZIONE .....	5
2 CARATTERISTICHE FUNZIONALI DELL'EDIFICIO.....	6
3 TIPOLOGIA COSTRUTTIVA .....	7
4 CARATTERISTICHE DEI LUOGHI .....	10
4.1 GEOLOGIA E GEOTECNICA .....	10
4.2 CARATTERISTICHE SISMICHE .....	10
5 SCHEMA PORTANTE DELLA STRUTTURA.....	11
6 NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	14
7 MATERIALI.....	15
7.1 MATERIALI UTILIZZATI .....	15
7.2 CARATTERISTICHE MECCANICHE.....	16
8 ANALISI DEI CARICHI .....	18
8.1 CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI $G_1$ .....	18
8.2 CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI $G_2$ .....	20
8.3 CARICHI ACCIDENTALI .....	21
8.3.1 Carichi accidentali legati al normale esercizio della struttura.....	21
8.3.2 Carichi da vento.....	21
8.3.3 Carichi da neve.....	22
8.4 AZIONE SISMICA.....	23
8.5 ANALISI DELLE MASSE .....	26
9 COMBINAZIONI DI CARICO .....	27
9.1 COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO.....	27
10 MODELLAZIONE STRUTTURALE.....	28
10.1 SCHEMATIZZAZIONE DELLA STRUTTURA.....	28
10.2 MODELLO DI CALCOLO.....	28
11 RISULTATI DEL CALCOLO .....	30
12 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI .....	37
12.1 CAPACITA' PORTANTE DEL TERRENO DI FONDAZIONE.....	37
12.2 VERIFICHE DI TIPO STRUTTURALE .....	42

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>FIREPUMP STATION –RELAZIONE SPECIALISTICA–          PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

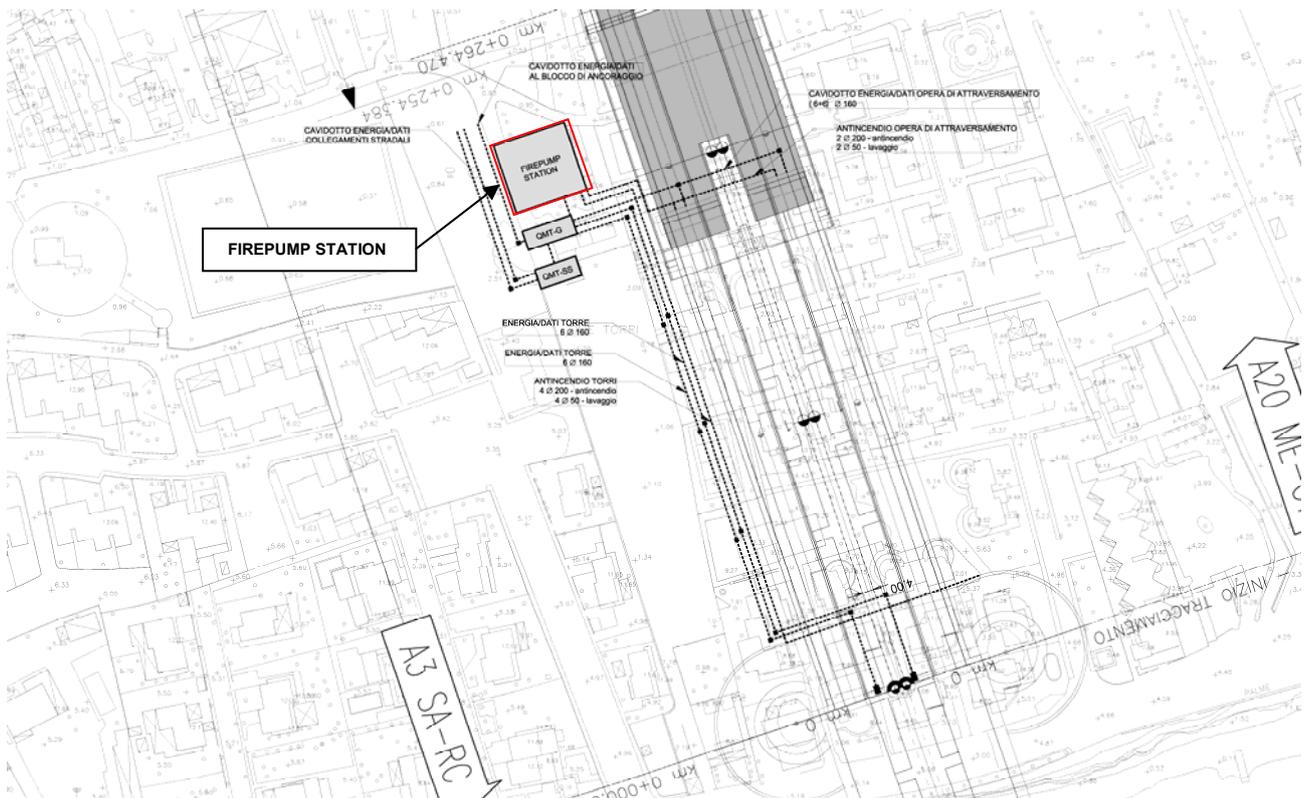
13	DIMENSIONAMENTO DELLE VASCHE .....	50
13.1	ANALISI DEI CARICHI .....	50
13.1.1	CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI .....	50
13.1.2	CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI.....	50
13.1.3	CARICO VARIABILE DOVUTO AL FLUIDO .....	50
13.1.4	AZIONE SISMICA.....	51
13.1.5	ANALISI DELLE MASSE .....	51
13.2	COMBINAZIONI DI CARICO .....	51
13.2.1	COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO.....	51
13.3	MODELLAZIONE STRUTTURALE .....	52
13.3.1	SCHEMATIZZAZIONE DELLA STRUTTURA .....	52
13.3.2	MODELLO DI CALCOLO.....	52
13.4	RISULTATI DEL CALCOLO.....	54
13.5	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI.....	60
13.5.1	CAPACITA' PORTANTE DEL TERRENO DI FONDAZIONE .....	60
13.5.2	VERIFICHE DI TIPO STRUTTURALE .....	62

# 1 INTRODUZIONE

La relazione tratta gli aspetti riguardanti le opere civili della FIREPUMP STATION, posizionata in prossimità delle pile del ponte, lato Sicilia.

Più precisamente la struttura è ubicata in un'area adibita ai servizi tecnologici del ponte dove è presente anche una cabina elettrica di trasformazione e una cabina elettrica con generatore di emergenza.

Si riporta di seguito un'immagine che mostra l'esatta collocazione del luogo di intervento.



L'edificio ha le seguenti dimensioni:

- In pianta: 25.80 m x 24.90 m
- Altezza massima: 7.10 m

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>FIREPUMP STATION –RELAZIONE SPECIALISTICA–          PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 2 CARATTERISTICHE FUNZIONALI DELL'EDIFICIO

L'edificio ospita i seguenti spazi:

- Vasche di contenimento antincendio:
  - Numero 2 vasche da 400 m<sup>3</sup> ciascuna
- Macchinari quali:
  - Compressori
  - Vasi di espansione
  - Pompe a varia pressione

In adiacenza all'edificio è inoltre presente una cabina di trasformazione a servizio della Firepump station stessa.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>FIREPUMP STATION – RELAZIONE SPECIALISTICA –          PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Rev</i></th> <th><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

### 3 TIPOLOGIA COSTRUTTIVA

L'edificio è costituito da un'ossatura portante a telaio in c.a., mentre le pareti sono realizzate mediante muratura tradizionale armata costituita, a titolo esemplificativo, da muratura armata in blocchi di tipo gasbeton o similari rivestito inferiormente in pietra o in blocchi di tufo.

La copertura è costituita da tegoli prefabbricati in c.a.p.

Le dimensioni adottate per i muri in gasbeton soddisfano anche le esigenze di resistenza al fuoco. La struttura tridimensionale costituita da pilastri in c.a. e muratura poggia su plinti di fondazione e travi di collegamento che, nel complesso, formano un graticcio bidimensionale.

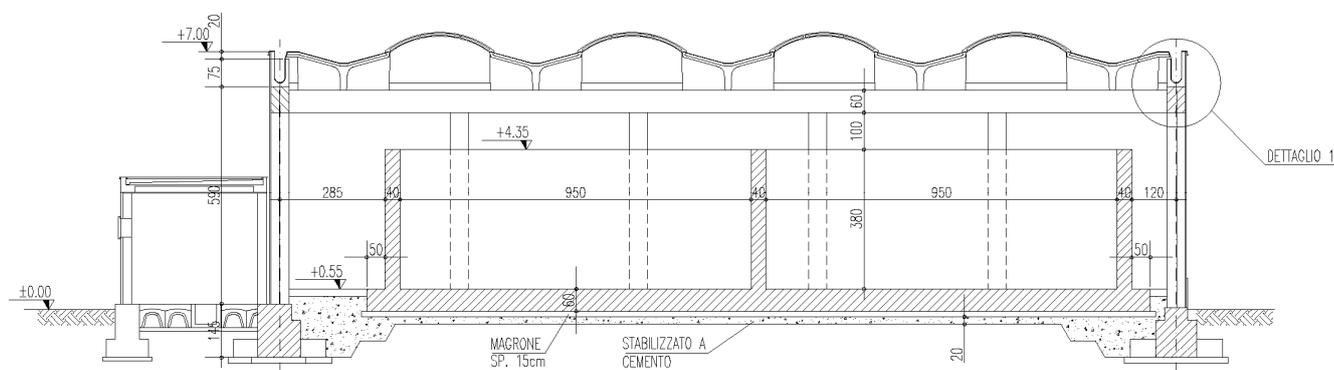
Le vasche antincendio costituiscono un complesso strutturalmente indipendente e sono delimitate inferiormente da una platea di fondazione e da muri perimetrali in c.a. Analogamente la cabina di trasformazione adiacente all'edificio costituisce un complesso strutturalmente autonomo.

Il piano di calpestio viene invece realizzato mediante lastra in cls armato di spessore pari a 20 cm.

Nel complesso si tratta di un edificio di cui si percepisce esteriormente la forma a parallelepipedo all'interno del quale le aperture rispondono ad esigenze impiantistiche come forma e dimensione; la copertura è invece realizzata mediante elementi prefabbricati precompressi, le cui verifiche saranno fornite dal prefabbricatore.

Allo stesso modo, le verifiche della resistenza e della stabilità delle murature nei confronti delle azioni orizzontali e verticali saranno redatte dal fornitore stesso della particolare tipologia costruttiva adottata, nel rispetto delle normative vigenti.

Si riportano di seguito alcune immagini che mostrano l'opera nel suo complesso.



**Sezione longitudinale**



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>FIREPUMP STATION –RELAZIONE SPECIALISTICA–          PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Si descrivono di seguito, a partire dalle fondazioni, gli elementi costituenti l'opera:

- Dopo lo scavo a livello della sottofondazione, si procederà alla compattazione e/o eventuale bonifica del terreno con materiale arido rullato e successivamente al getto del magro di pulizia.
- Armatura e getto dei plinti e delle travi di collegamento.
- Getto del magro di pulizia all'interno del perimetro delineato dalle travi di fondazione.
- Armatura e getto della soletta di calpestio spessore cm 20 e della fondazione delle vasche.
- Armatura e getto dei pilastri in c.a. e delle pareti delle vasche.
- Getto delle travi perimetrali di copertura.
- Posa in opera di tegoli di copertura precompressi prefabbricati (tipo albatros o similari).
- Completamento della copertura mediante elementi LUX in policarbonato, dotati di ventilazione.
- Realizzazione delle pareti esterne in gasbeton rivestito.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
FIREPUMP STATION –RELAZIONE SPECIALISTICA– PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 4 CARATTERISTICHE DEI LUOGHI

### 4.1 GEOLOGIA E GEOTECNICA

Dalle indagini eseguite si desume che, vedi documentazione geologico-tecnica allegata al progetto, il terreno di fondazione dell'edificio è così composto:

- da uno strato costituito da depositi alluvionali recenti e attuali e depositi di piana litorale, di cui si riportano le caratteristiche meccaniche:

Peso specifico:	$\gamma = 18 - 20 \text{ kN/m}^3$
Coesione:	$c = 0 \text{ MPa}$
Angolo d'attrito:	$\varphi = 35^\circ - 39^\circ$
Modulo di deformabilità:	$M = 20 * Z^{0.65} \text{ MPa}$
Coefficiente di Poisson:	$\nu = 0.2$

Si prevede altresì la possibilità di bonifica del terreno per uno spessore limitato con funzione anticapillare e drenante nel caso in cui, all'atto degli scavi, si presentino disuniformità significative.

### 4.2 CARATTERISTICHE SISMICHE

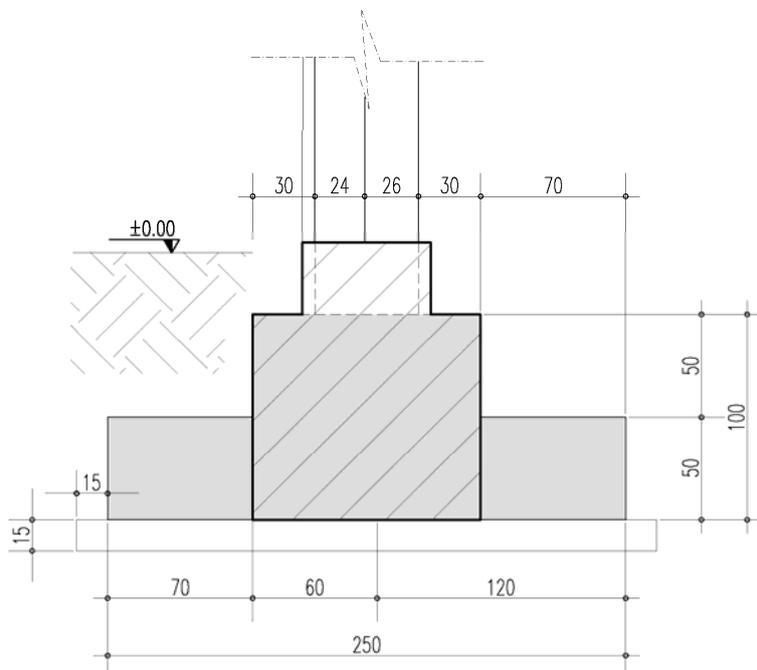
Si fa riferimento alla normativa vigente DM 14 Gennaio 2008 ed alla classificazione di cui al programma Excel SPETTRI-NTC Versione 1.0.2 a cura del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici per la definizione degli spettri di progetto.

Nonostante la regolarità dell'edificio e la sua modesta altezza, in relazione all'intensità sismica dei luoghi l'effetto sismico costituisce l'elemento dimensionante delle strutture. Scopo del presente elaborato è quindi quello di garantire la sicurezza della struttura anche nei confronti dell'azione sismica.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
FIREPUMP STATION – RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

## 5 SCHEMA PORTANTE DELLA STRUTTURA

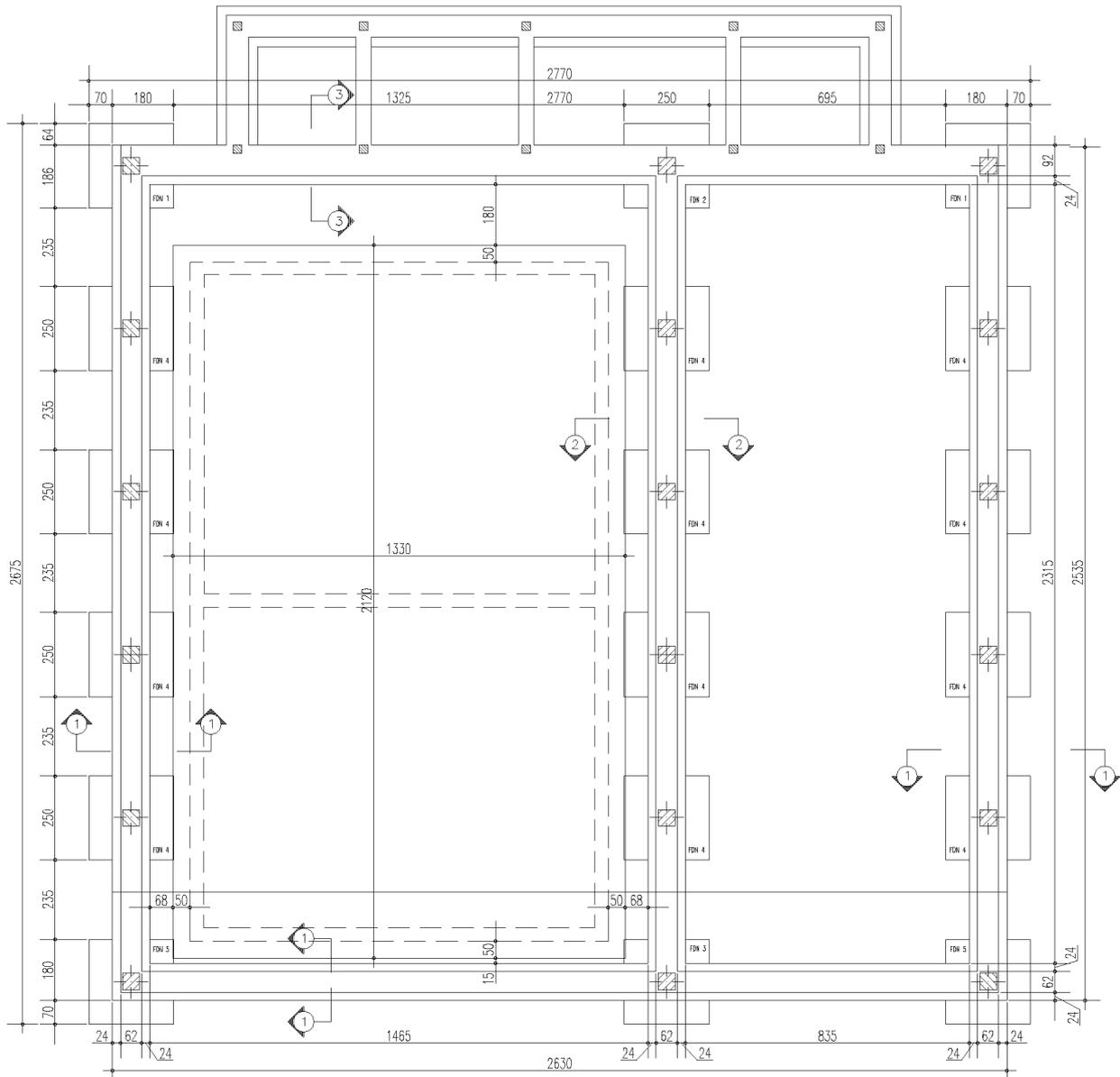
Fondazioni: sono previste fondazioni dirette realizzate mediante plinti in cls armato, come mostrato nell'immagine di seguito riportata. Sono inoltre previste travi di collegamento tra i plinti di fondazione in corrispondenza delle pareti esterne, con la duplice funzione sia di collegamento fra le fondazioni, sia di supporto alle murature perimetrali.



La struttura di elevazione è realizzata mediante pilastri in c.a. delle dimensioni 50x50 cm, con interasse trasversale di 4.85 m e interasse longitudinale di 15.75 e 9.45 m.

In totale sono presenti 18 pilastri.

Si riporta di seguito un'immagine che mostra la pianta delle fondazioni e dei pilastri.



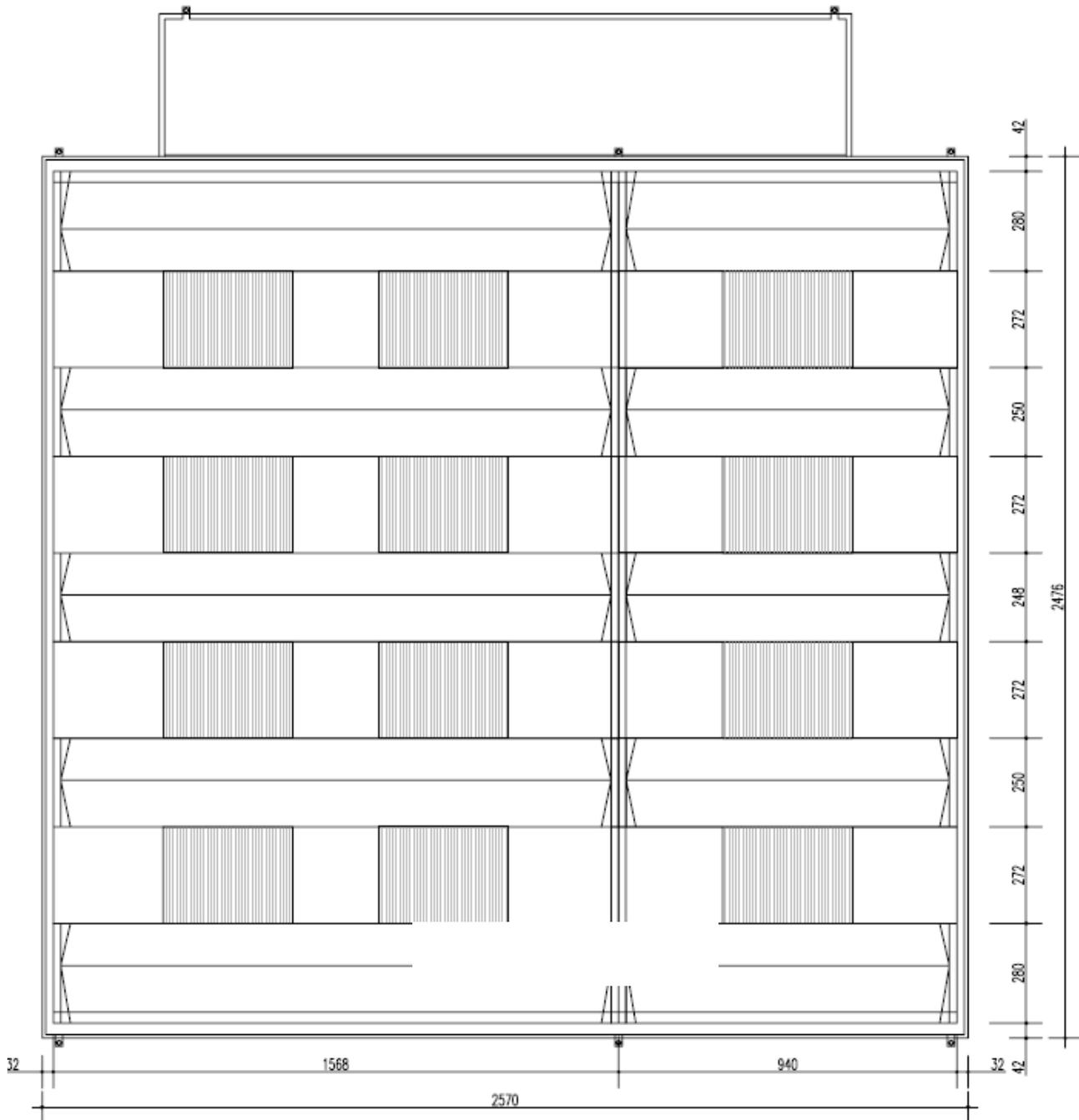
**Pianta fondazioni**

La copertura è realizzata mediante travi precomprese prefabbricate di tipo albatros o equivalenti, collegate alle travi perimetrali di copertura mediante opportuni connettori a taglio. In nessun caso sono ammessi giunti ad attrito. Le luci risultano rispettivamente pari a 15.75 e 9.45 m. Si prevedono inoltre lucernari in policarbonato come rappresentato nelle tavole allegate al presente documento.

Si riporta di seguito un'immagine che mostra la pianta della copertura con la disposizione delle

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>FIREPUMP STATION –RELAZIONE SPECIALISTICA–          PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Rev</i></th> <th><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

travi prefabbricate e degli elementi in policarbonato.



**Pianta copertura**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
FIREPUMP STATION –RELAZIONE SPECIALISTICA– PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 6 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

I calcoli sono stati condotti nell'osservanza delle Normative vigenti, con particolare riferimento a Leggi, Decreti e Specifiche di seguito riportate:

- **D.M. 14.01.2008**

*Norme Tecniche per le Costruzioni (Gazzetta ufficiale 04/02/2008 n. 29).*

- **Circolare esplicativa n. 617 del 2 febbraio 2009**

*Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (Gazzetta ufficiale del 26/03/2009 n. 47).*

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
FIREPUMP STATION – RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 7 MATERIALI

### 7.1 MATERIALI UTILIZZATI

I materiali utilizzati per le strutture sono di seguito elencati.

Conglomerato cementizio per fondazioni:

- Calcestruzzo C28/35 N/mm<sup>2</sup>
- Classe di esposizione XC2
- Classe di consistenza S4
- Diametro massimo inerte 32 mm
- Copriferro minimo 4 cm

Conglomerato cementizio per strutture in elevazione:

- Calcestruzzo C35/45 N/mm<sup>2</sup>
- Classe di esposizione XC1
- Classe di consistenza S4
- Diametro massimo inerte 32 mm
- Copriferro minimo 3 cm

Conglomerato cementizio per strutture prefabbricate:

- Calcestruzzo C45/55 N/mm<sup>2</sup>
- Classe di esposizione XC1
- Classe di consistenza S4
- Diametro massimo inerte 32 mm
- Copriferro minimo 3 cm

*Acciaio nervato per barre e reti di armatura B450C*

Si riportano di seguito le principali caratteristiche meccaniche in accordo con la normativa adottata.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
FIREPUMP STATION – RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 7.2 CARATTERISTICHE MECCANICHE

### Calcestruzzo

Considerando il calcestruzzo di classe C28/35 si ottengono le seguenti caratteristiche meccaniche:

CARATTERISTICA	VALORE
$f_{ck}$ [MPa]	28.0
$f_{cd}$ [MPa]	15.9
$f_{ctd}$ [MPa]	1.30
$E_c$ [MPa]	32308
$\nu$	0.2
$\alpha$ [ $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ]	$10 \cdot 10^{-6}$

dove:

$f_{ck}$	=	resistenza caratteristica a compressione
$f_{cd}$	=	resistenza di progetto a lungo termine a compressione
$f_{ctd}$	=	resistenza di progetto a trazione
$E_c$	=	modulo di elasticità
$\nu$	=	coefficiente di Poisson
$\alpha$	=	coefficiente di dilatazione termica

Considerando il calcestruzzo di classe C35/45 si ottengono le seguenti caratteristiche meccaniche:

CARATTERISTICA	VALORE
$f_{ck}$ [MPa]	35.0
$f_{cd}$ [MPa]	19.8
$f_{ctd}$ [MPa]	1.50
$E_c$ [MPa]	34077
$\nu$	0.2

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
FIREPUMP STATION –RELAZIONE SPECIALISTICA– PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

$\alpha$  [ $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ]  $10 \cdot 10^{-6}$

Considerando il calcestruzzo di classe C45/55 si ottengono le seguenti caratteristiche meccaniche:

CARATTERISTICA	VALORE
$f_{ck}$ [MPa]	45.0
$f_{cd}$ [MPa]	25.5
$f_{ctd}$ [MPa]	1.77
$E_c$ [MPa]	36283
$\nu$	0.2
$\alpha$ [ $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ]	$10 \cdot 10^{-6}$

### **Acciaio per barre e reti di armatura**

Considerando l'acciaio B450C si ottengono le seguenti caratteristiche meccaniche:

CARATTERISTICA	VALORE
$f_{yk}$ [MPa]	450
$f_t$ [MPa]	540
$A_{gtk}$ [%]	7.5
$E_s$ [MPa]	210000

dove:

$f_{yk}$	=	tensione di snervamento
$f_t$	=	tensione di rottura
$A_{gtk}$	=	allungamento a rottura
$E_s$	=	modulo di elasticità

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
FIREPUMP STATION –RELAZIONE SPECIALISTICA– PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 8 ANALISI DEI CARICHI

### 8.1 CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI $G_1$

I carichi permanenti strutturali sono determinati, secondo la normativa, a partire dalle dimensioni geometriche e dai pesi dell'unità di volume dei materiali di cui è composta la struttura.

Si riportano di seguito i pesi per unità di volume dei materiali impiegati, come da regolamento.

MATERIALI	PESO UNITA' DI VOLUME [kN/m <sup>3</sup> ]
<b>Calcestruzzi cementizi e malte</b>	
Calcestruzzo armato (e/o precompresso)	25.0
<b>Metalli e leghe</b>	
Acciaio	78.5

Per la definizione delle dimensioni geometriche si fa riferimento ai disegni definitivi allegati alla presente relazione.

I carichi permanenti degli elementi strutturali sono automaticamente calcolati dal programma di calcolo impiegato, come sarà descritto nel seguito.

Per la copertura, invece, si considera il seguente carico:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
FIREPUMP STATION –RELAZIONE SPECIALISTICA– PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### Carichi permanenti strutturali copertura

Componente	$m^3/m^2$	$kN/m^2$
Trave tipo albatros o equivalente L = 2.5 m	0.130	3.25
Pannello coibentato CIVIREX o equivalente L = 2.7 m		0.50
LUX in polycarbonato L = 2.7 m		0.50
<hr/>		
Carico medio		1.82

Di conseguenza, il taglio trasmesso agli estremi dalle travi tipo albatros o equivalenti risulta:

- Copertura L = 15.75 m:  $(3.25 \cdot 2.5 \cdot 15.75 + 0.5 \cdot 2.7 \cdot 15.75) / 2 = 75 \text{ kN}$
- Copertura L = 9.45 m:  $(3.25 \cdot 2.5 \cdot 9.45 + 0.5 \cdot 2.7 \cdot 9.45) / 2 = 45 \text{ kN}$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
FIREPUMP STATION –RELAZIONE SPECIALISTICA– PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 8.2 CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI G<sub>2</sub>

I carichi permanenti non strutturali sono dati da:

- Murature esterne e relative finiture

I carichi dovuti al piano di calpestio gravano direttamente sul terreno e non vengono pertanto considerati nelle verifiche strutturali in esame.

Con riferimento alle murature da realizzarsi mediante gasbeton, si prevedono i seguenti carichi:

- Muratura in gasbeton spessore cm 24	0.24*4.5	=	1.08 kN/m <sup>2</sup>
- Intonaco e rivestimento in pietra tot cm 6	0.06*20	=	1.20 kN/m <sup>2</sup>
Totale			2.28 kN/m <sup>2</sup>

Considerando un'altezza delle pareti di 7.10 m, si ottiene un carico per unità di lunghezza sulle travi di collegamento di fondazione pari a circa 16.2 kN/m.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
FIREPUMP STATION –RELAZIONE SPECIALISTICA– PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 8.3 CARICHI ACCIDENTALI

I carichi accidentali da considerare in accordo alla presente normativa risultano:

- Carichi accidentali legati al normale esercizio della struttura
- Carichi da vento
- Carichi da neve

#### 8.3.1 Carichi accidentali legati al normale esercizio della struttura

I carichi accidentali considerati legati al normale esercizio della struttura, sono solo quelli presenti sulla copertura in quanto i carichi applicati sul piano di calpestio gravano direttamente sul terreno e non vengono pertanto considerati nelle verifiche strutturali in esame.

Per coperture non praticabili, o praticabili solo per manutenzione ordinaria, in accordo con la normativa adottata, si assume il valore di 0.5 kN/m<sup>2</sup>.

Di conseguenza, il taglio trasmesso agli estremi dalle travi tipo albatros o equivalenti risulta:

- Copertura L = 15.75 m:  $(0.5 \cdot 2.5 \cdot 15.75 + 0.5 \cdot 2.7 \cdot 15.75) / 2 = 20.5 \text{ kN}$
- Copertura L = 9.45 m:  $(0.5 \cdot 2.5 \cdot 9.45 + 0.5 \cdot 2.7 \cdot 9.45) / 2 = 12.5 \text{ kN}$

#### 8.3.2 Carichi da vento

Nel caso in esame, vista l'elevata sismicità del sito di costruzione, le azioni orizzontali dovute al vento risultano largamente inferiori a quelle sismiche. Pertanto nelle verifiche si farà riferimento alle sole azioni orizzontali sismiche, non essendo prevista contemporaneità fra vento e sisma.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
FIREPUMP STATION –RELAZIONE SPECIALISTICA– PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 8.3.3 Carichi da neve

Il valore caratteristico del carico da neve per la Sicilia e la Calabria risulta:

$$q_{sk} = 0.6 \text{ kN/m}^2$$

Si assumono inoltre valori unitari per il coefficiente termico e per il coefficiente di esposizione. Poiché la copertura presenta falde con inclinazione minore ai 30°, si assume coefficiente di forma pari a 0.8.

Ne risulta in definitiva:

$$q_s = 0.48 \text{ kN/m}^2$$

Di conseguenza, il taglio trasmesso agli estremi dalle travi tipo albatros o equivalenti risulta:

- Copertura L = 15.75 m:  $(0.48 \cdot 2.5 \cdot 15.75 + 0.48 \cdot 2.7 \cdot 15.75) / 2 = 19.5 \text{ kN}$
- Copertura L = 9.45 m:  $(0.48 \cdot 2.5 \cdot 9.45 + 0.48 \cdot 2.7 \cdot 9.45) / 2 = 10.0 \text{ kN}$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
FIREPUMP STATION –RELAZIONE SPECIALISTICA– PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 8.4 AZIONE SISMICA

Il calcolo delle cabine elettriche viene condotto con riferimento all'azione sismica relativa alla località di Messina, che è il comune più prossimo al sito dove verrà edificata la cabina. La zona in cui è individuata l'opera esaminata nel presente documento ricade all'interno di un reticolo topografico individuato quindi per il comune di Messina, Provincia di Messina nella regione Sicilia.

Trattandosi di un'opera minore, si considera una vita nominale pari a  $V_N = 50$  anni e una classe d'uso IV, da cui si ricava il coefficiente d'uso  $C_U = 2$ .

Quindi il periodo di riferimento per la costruzione è 100 anni.

Sulla base dei valori sopra riportati, si ottengono i seguenti valori di progetto in funzione dei vari stati limite considerati:

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	60	0.090	2.310	0.303
SLD	101	0.118	2.318	0.319
SLV	949	0.333	2.445	0.383
SLC	1950	0.441	2.480	0.419

Per quanto riguarda le caratteristiche del terreno viene considerata una categoria di sottosuolo di tipo B, e una categoria topografica di tipo T1.

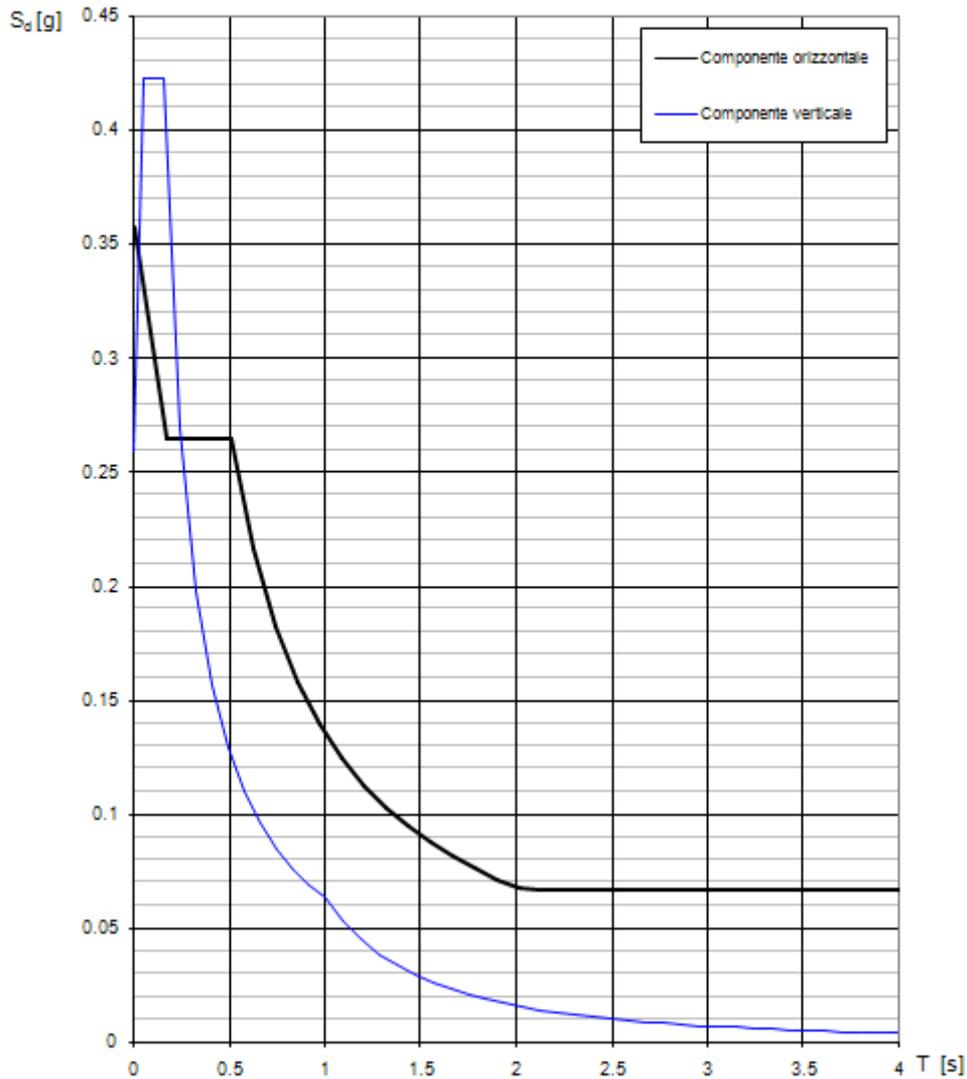
Per le verifiche allo stato limite ultimo si considera uno spettro di progetto individuato a partire da quello elastico associato alla probabilità di superamento del 10 % nel periodo di riferimento relativo, opportunamente ridotto mediante il fattore di struttura  $q$ , definito nel capitolo 7 del D.M. 14.01.2008.

Il fattore di struttura per strutture in c.a. a telaio ad un piano può essere assunto, per elementi in classe di duttilità B, pari a  $q = 3.3$ .

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
FIREPUMP STATION – RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

Si riporta di seguito l'andamento dello spettro di progetto allo stato limite ultimo.

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limi SLV**



**Spettro di progetto allo SLV**

I parametri relativi sono indicati nella tabella seguente:

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.332 g
$F_0$	2.451
$T_c^*$	0.386 s
$S_s$	1.074
$C_c$	1.330
$S_T$	1.000
$q$	3.300

**Parametri dipendenti**

$S$	1.074
$\eta$	0.303
$T_B$	0.171 s
$T_C$	0.514 s
$T_D$	2.929 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_r \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_c(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.357
$T_B$ ←	0.171	0.265
$T_C$ ←	0.514	0.265
	0.629	0.217
	0.744	0.183
	0.859	0.159
	0.974	0.140
	1.089	0.125
	1.204	0.113
	1.319	0.103
	1.434	0.095
	1.549	0.088
	1.664	0.082
	1.779	0.077
	1.894	0.072
	2.009	0.068
	2.124	0.066
	2.239	0.066
	2.354	0.066
	2.469	0.066
	2.584	0.066
	2.699	0.066
	2.814	0.066
$T_D$ ←	2.929	0.066
	2.980	0.066
	3.031	0.066
	3.082	0.066
	3.133	0.066
	3.184	0.066
	3.235	0.066
	3.286	0.066
	3.337	0.066
	3.388	0.066
	3.439	0.066
	3.490	0.066
	3.541	0.066
	3.592	0.066
	3.643	0.066
	3.694	0.066
	3.745	0.066
	3.796	0.066
	3.847	0.066
	3.898	0.066
	3.949	0.066
	4.000	0.066



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
FIREPUMP STATION –RELAZIONE SPECIALISTICA– PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

## 9 COMBINAZIONI DI CARICO

### 9.1 COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ai fini delle verifiche agli stati limite ultimi, in accordo con le normative adottate, si definiscono le combinazioni delle azioni di seguito riportate.

- Combinazioni fondamentali

$$\text{CC 1 } 1.3 \cdot G_1 + 1.3 \cdot G_2 + 1.5 \cdot Q_1 + 1.5 \cdot 0.5 \cdot Q_{\text{snow}}$$

$$\text{CC 2 } 1.3 \cdot G_1 + 1.3 \cdot G_2 + 1.5 \cdot 0.7 \cdot Q_1 + 1.5 \cdot Q_{\text{snow}}$$

- Combinazioni sismiche

$$\text{CC 3 } E_x + 0.3 \cdot E_y + 1.0 \cdot G_1 + 1.0 \cdot G_2$$

$$\text{CC 4 } 0.3 \cdot E_x + E_y + 1.0 \cdot G_1 + 1.0 \cdot G_2$$

Si riporta di seguito una tabella che riassume le condizioni di carico considerate per la struttura in esame.

CC	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>snow</sub>	E <sub>SLV x</sub>	E <sub>SLV y</sub>
1	1.30	1.30	1.50	0.75	-	-
2	1.30	1.30	1.05	1.50	-	-
3	1.00	1.00	0.00	-	1.00	0.30
4	1.00	1.00	0.00	-	0.30	1.00

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>FIREPUMP STATION –RELAZIONE SPECIALISTICA–          PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 10 MODELLAZIONE STRUTTURALE

La modellazione strutturale è stata realizzata utilizzando il programma di calcolo Straus7 Release 2.4.4, sviluppato da Strand7 Pty Ltd.

### 10.1 SCHEMATIZZAZIONE DELLA STRUTTURA

Si descrivono di seguito alcune scelte adottate nella schematizzazione della struttura.

Con riferimento all'interazione suolo struttura, in prima analisi si è scelto di adottare una schematizzazione del terreno secondo il modello di Winkler, assumendo una costante di sottofondo tipica per i terreni presenti in situ pari a  $4 \text{ kgf/cm}^3$ .

Le travi di fondazione, i plinti, i pilastri e le travi perimetrali di copertura rispecchiano la reale geometria della struttura.

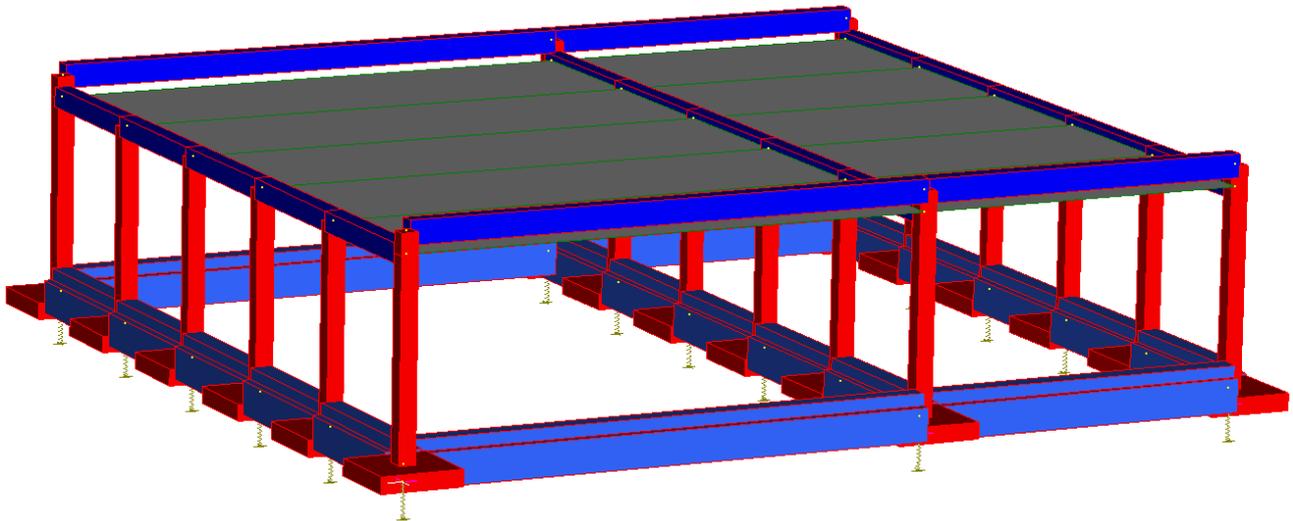
Il solaio di copertura, essendo costituito da travi prefabbricate collegate mediante appositi dispositivi a taglio, può essere assunto rigido nella direzione dell'orditura delle travi.

Con riferimento all'analisi sismica, è stata svolta un'analisi modale lineare con spettro di risposta, in accordo alla normativa adottata.

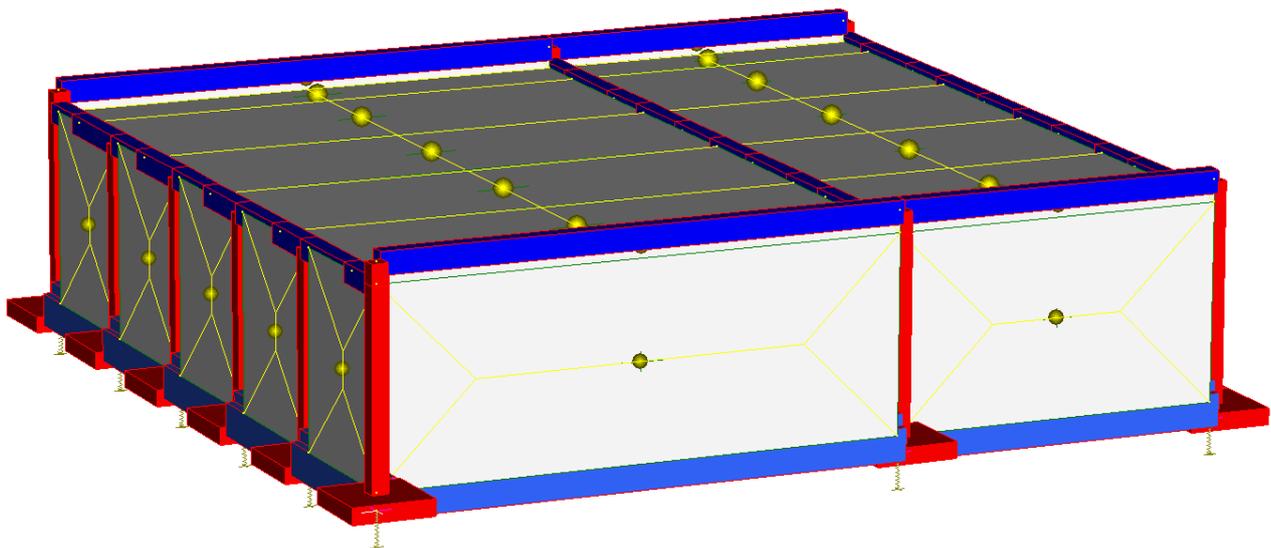
### 10.2 MODELLO DI CALCOLO

Si riportano di seguito alcune immagini che mostrano il modello della struttura così come realizzato in Straus7.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>FIREPUMP STATION –RELAZIONE SPECIALISTICA–          PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Rev</i></th> <th><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						



**Schema strutturale – vista solid**



**Schema strutturale – vista completa**

Come già accennato, le masse degli elementi strutturali sono automaticamente calcolate dal programma. Nell'immagine sopra riportata si possono invece notare le masse dei solai e quelle dei muri perimetrali, inserite in accordo a quanto visto ai paragrafi precedenti.

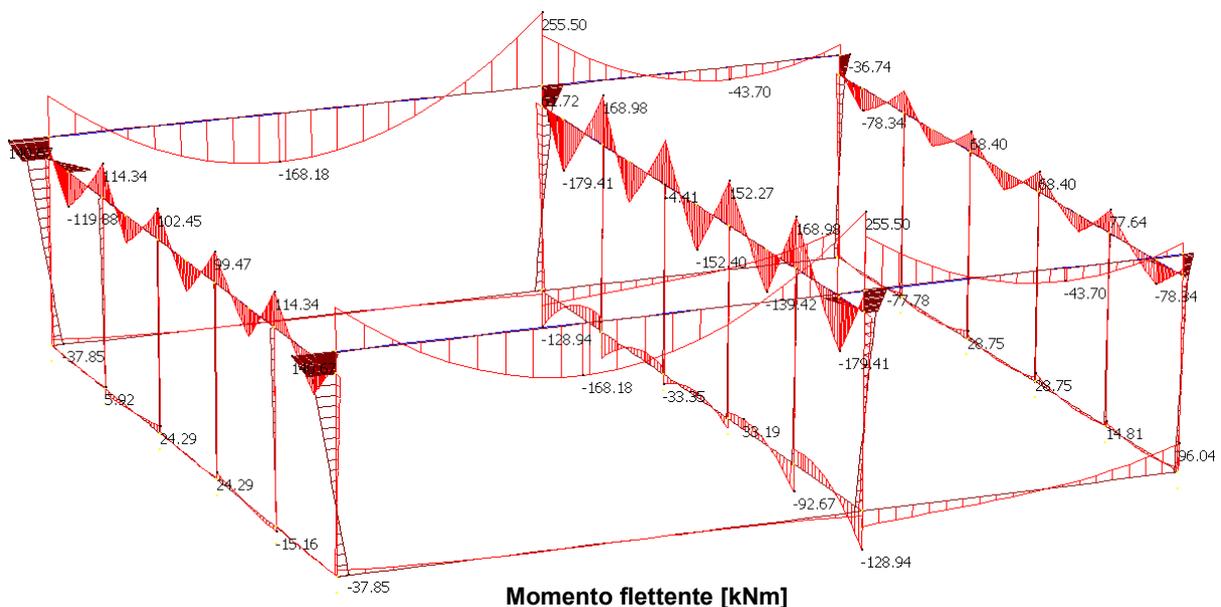
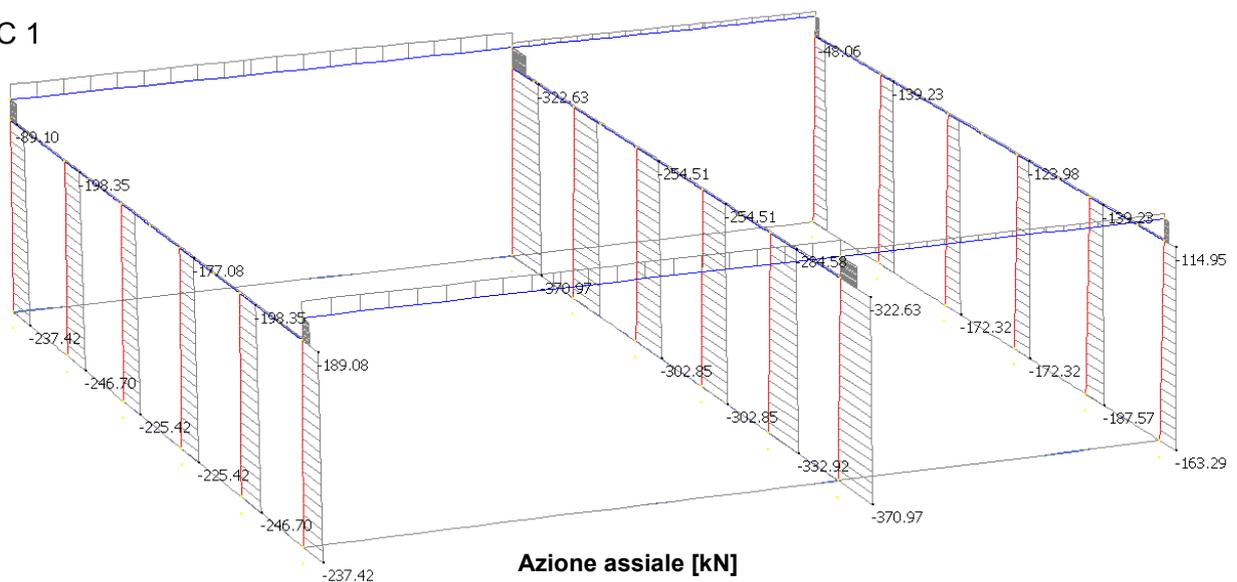
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>FIREPUMP STATION – RELAZIONE SPECIALISTICA –          PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

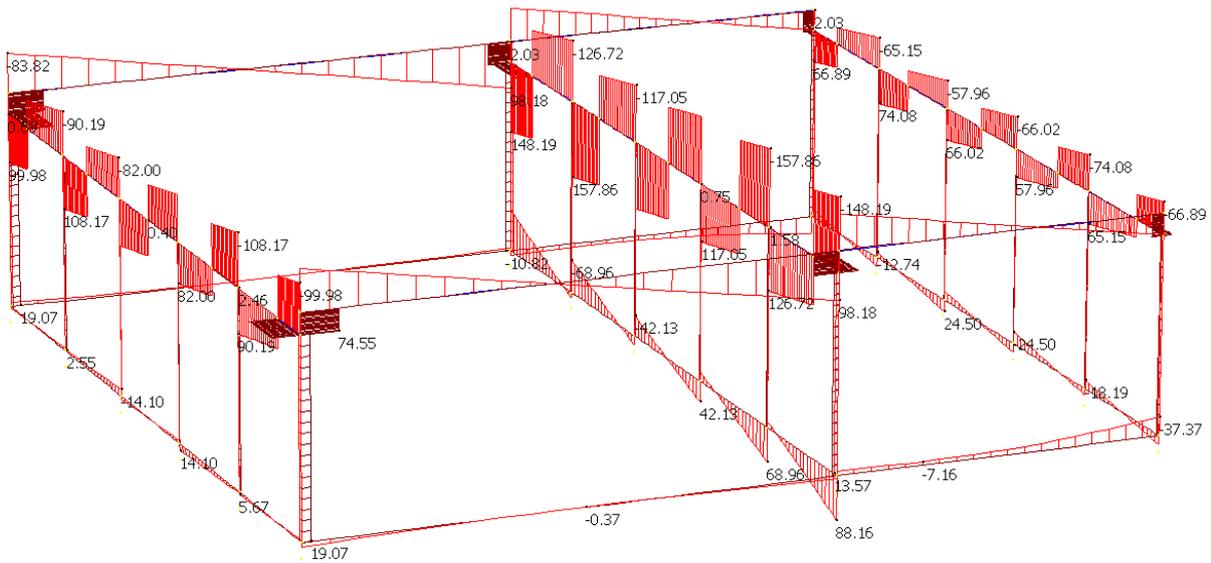
## 11 RISULTATI DEL CALCOLO

Nel presente capitolo si riportano gli output più significativi dell'analisi, così come ottenuti dal programma di calcolo.

In particolare, si riportano nell'ordine i risultati ottenuti per le combinazioni di carico descritte al capitolo 9.

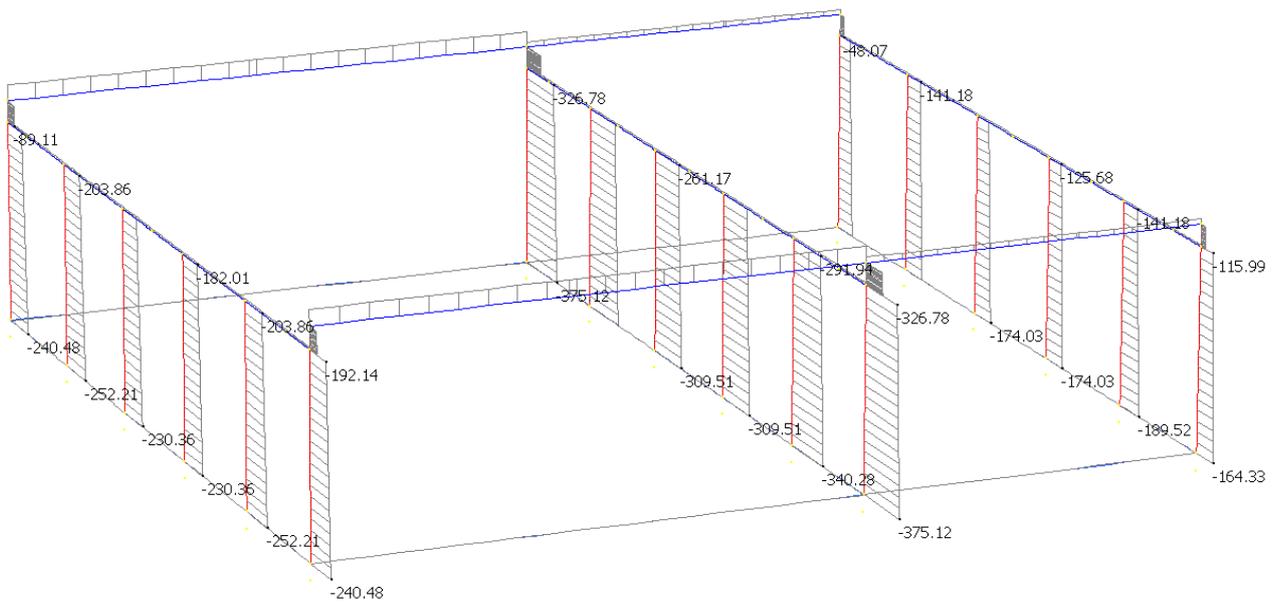
- CC 1



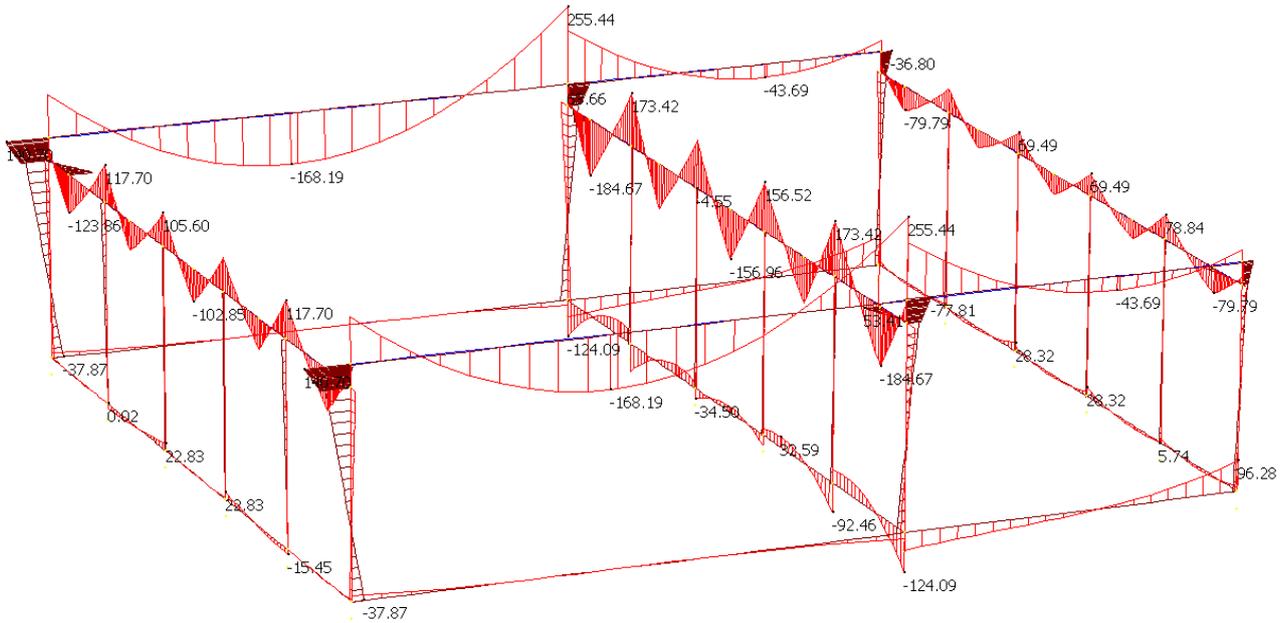


**Taglio [kN]**

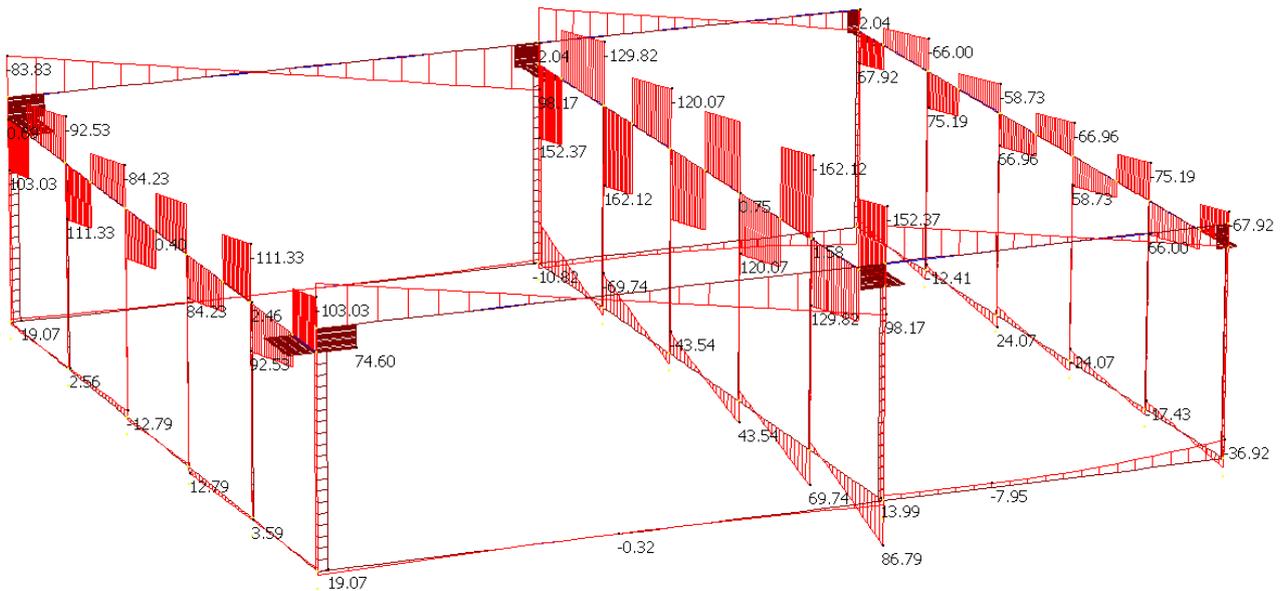
- CC 2



**Azione assiale [kN]**

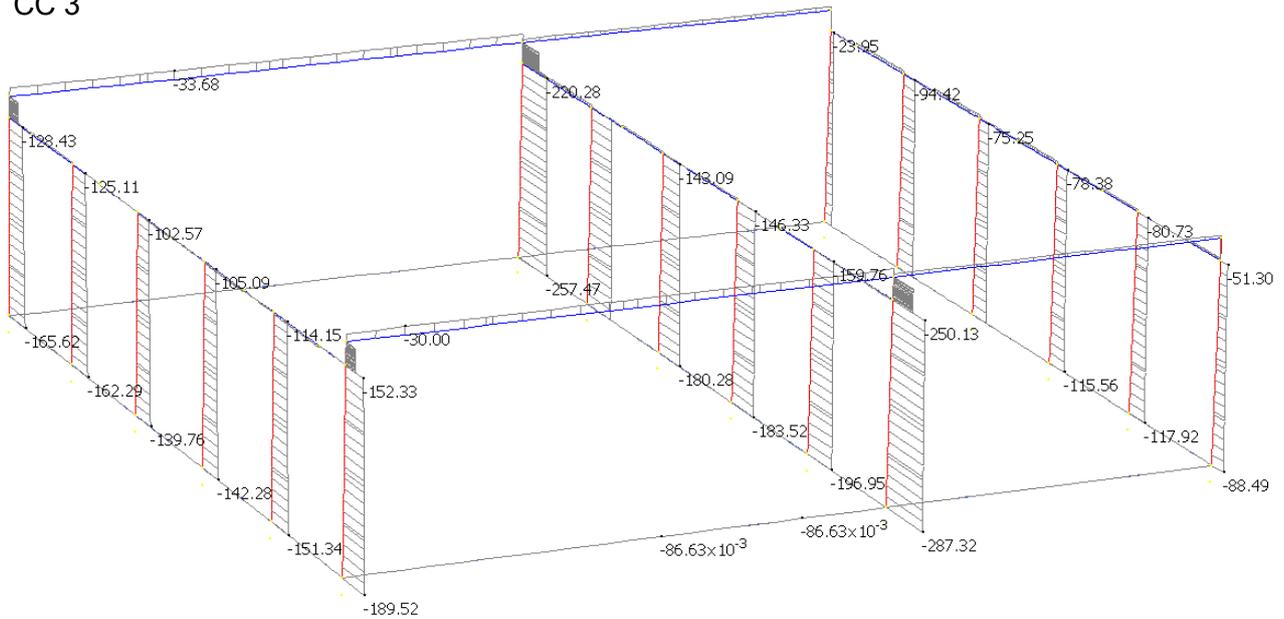


**Momento flettente [kNm]**

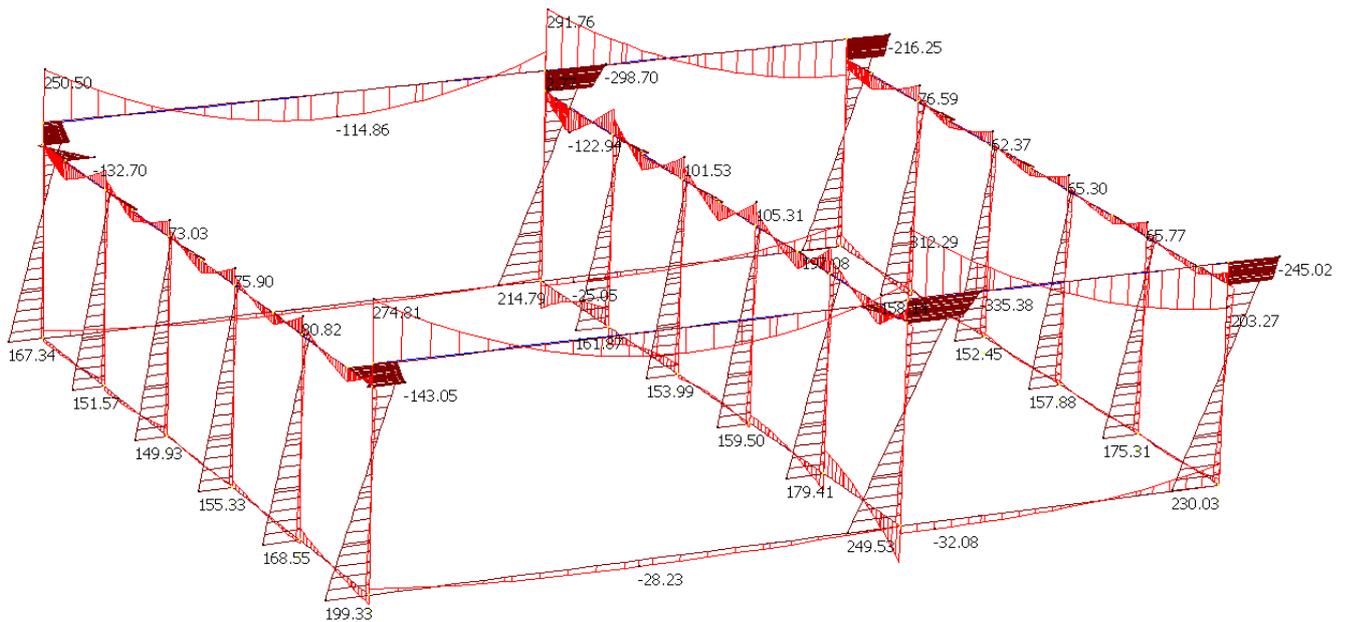


**Taglio [kN]**

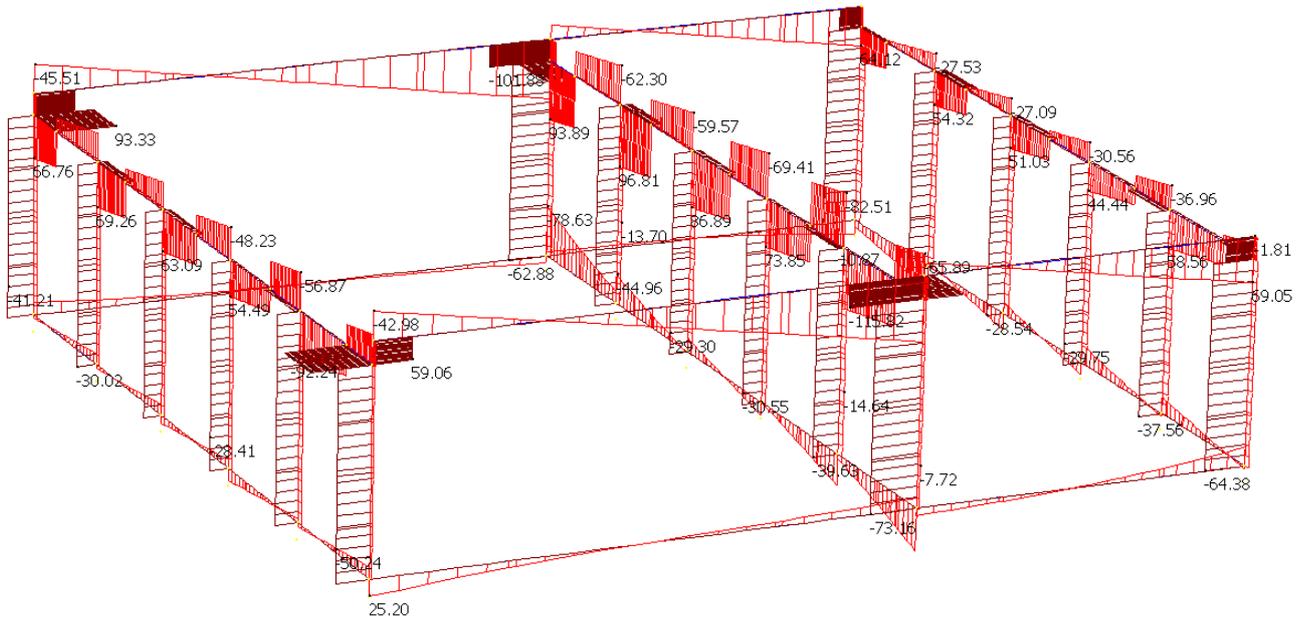
- CC 3



**Azione assiale [kN]**

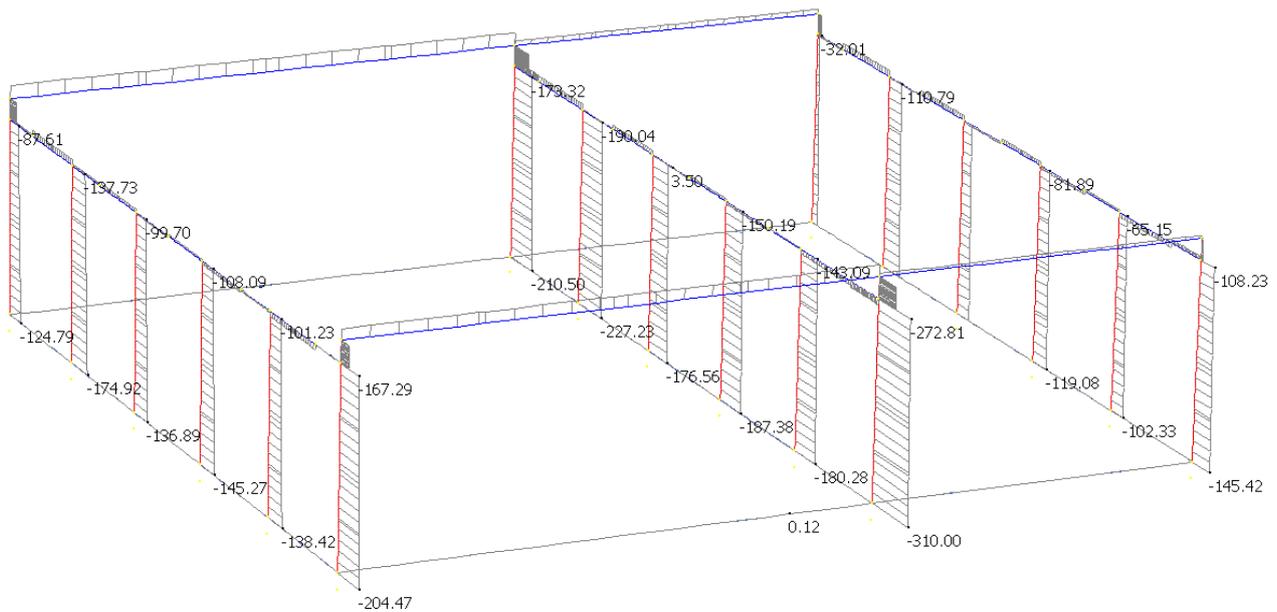


**Momento flettente [kNm]**

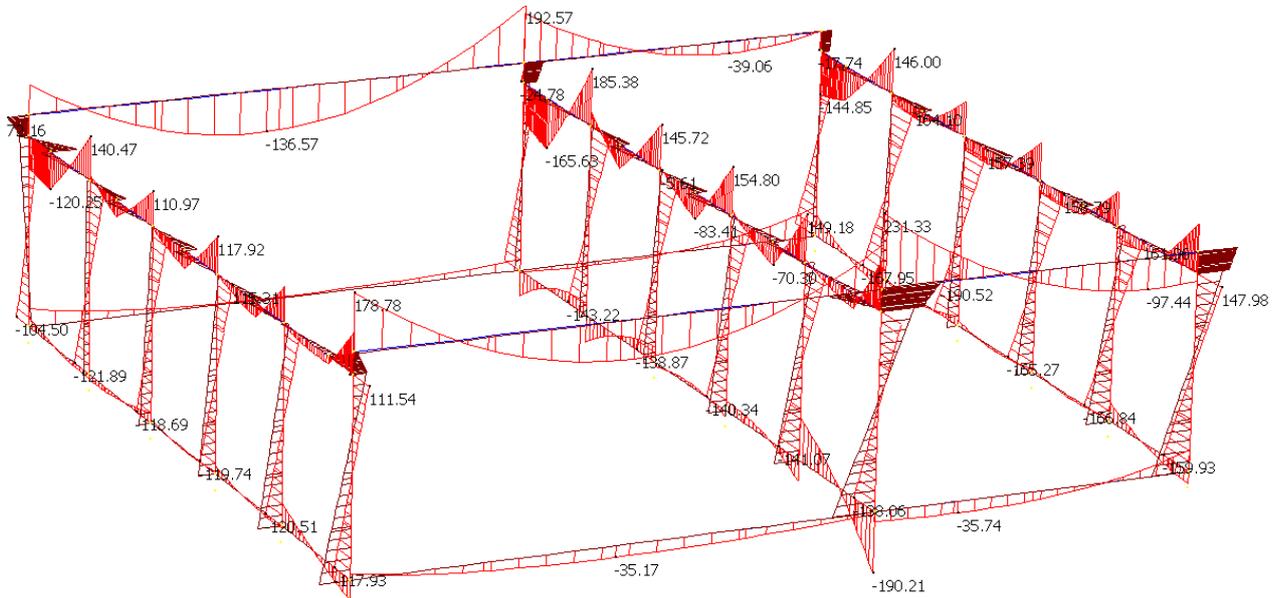


**Taglio [kN]**

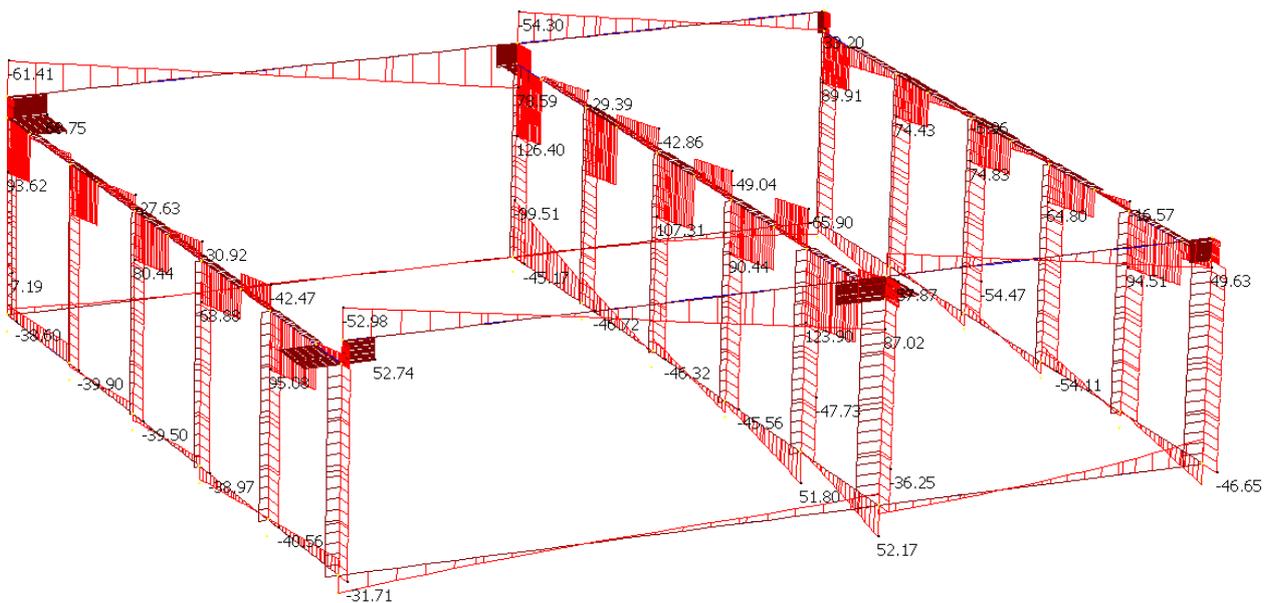
- CC 4



**Azione assiale [kN]**



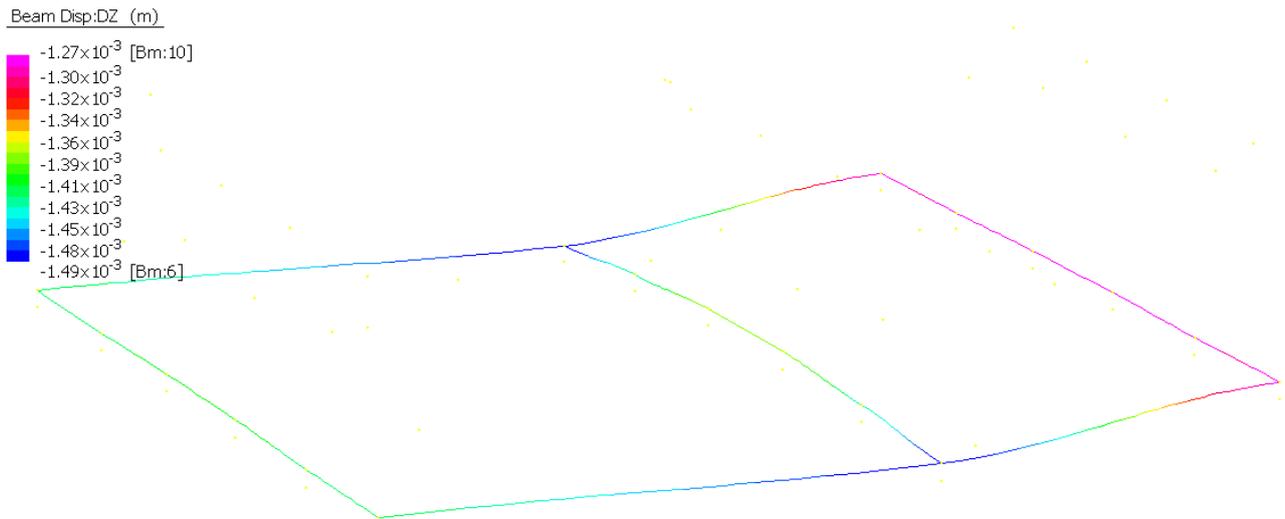
**Momento flettente [kNm]**



**Taglio [kN]**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>FIREPUMP STATION – RELAZIONE SPECIALISTICA –          PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

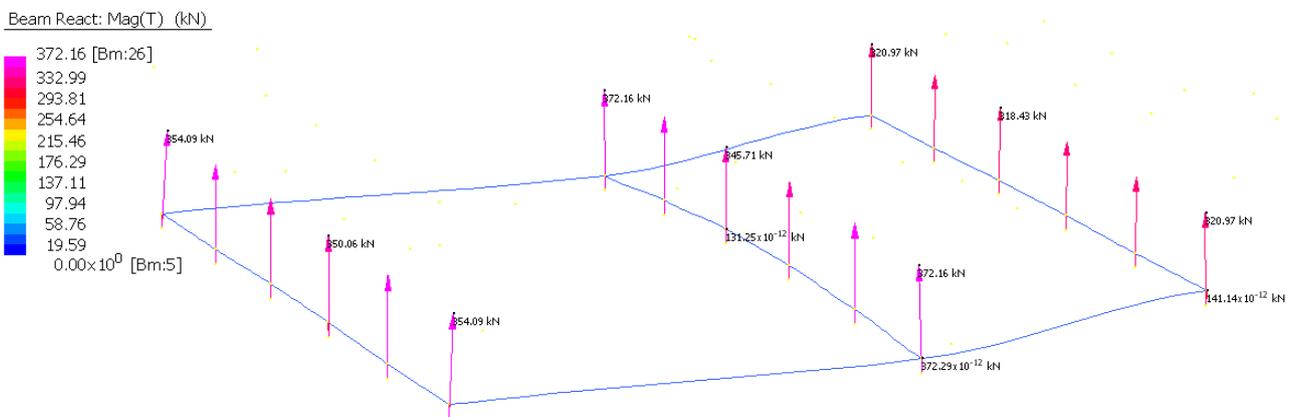
I massimi spostamenti verticali delle fondazioni si ottengono per la combinazione di carico CC 2 e sono di seguito riportati.



Si osserva un valore massimo nelle travi rovesce di fondazione pari a 1.49 mm. Ad esso è associata una pressione di contatto massima sul terreno pari a:

$$p_{\max} = 5.96 \text{ N/cm}^2 = 59.6 \text{ kN/m}^2$$

Si riporta inoltre un'immagine in cui si possono osservare le forze scambiate in corrispondenza dei plinti di fondazione, con valore massimo pari a 372 kN.



Ne consegue una pressione massima sul terreno pari a  $372 / (2.5 * 2.5) = 58 \text{ kN/m}^2 = 5.8 \text{ N/cm}^2$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
FIREPUMP STATION – RELAZIONE SPECIALISTICA – PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 12 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

### 12.1 CAPACITA' PORTANTE DEL TERRENO DI FONDAZIONE

La verifica viene effettuata nei confronti dello stato limite di collasso dell'insieme terreno fondazione.

La capacità portante del terreno viene valutata con il metodo di Hansen secondo la seguente formulazione:

$$q_{ult} = q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma$$

Trattandosi di un'opera di fondazione, le verifiche vengono condotte con riferimento alle prescrizioni di cui al capitolo 6 del D.M. 14.01.2008.

In particolare si adotta l'approccio 2 per cui è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali che nelle verifiche geotecniche.

- Approccio 2:                    A1 + M1 + R3

I coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno sono ricavati dalla tabella 6.2.II della normativa di riferimento, e assumono valore unitario (coefficienti M1).

Nelle verifiche si assumono i seguenti parametri geotecnici:

Peso specifico:                     $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$   
 Coesione:                             $c = 0 \text{ MPa}$   
 Angolo d'attrito:                     $\varphi = 35^\circ$

La capacità portante ultima risulta pertanto:

Plinti:                                 $q_{ult} = 129 \text{ N/cm}^2 = 1290 \text{ kN/m}^2$   
 Travi di fondazione:             $q_{ult} = 91 \text{ N/cm}^2 = 910 \text{ kN/m}^2$

La capacità portante di calcolo si ottiene dividendo la capacità portante ultima per il coefficiente

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
FIREPUMP STATION –RELAZIONE SPECIALISTICA– PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

riduttivo della resistenza ( $\gamma_{R3} = 2.3$ ):

Plinti:	$q_{ult,k} = 56 \text{ N/cm}^2 = 560 \text{ kN/m}^2$
Travi di fondazione:	$q_{ult,k} = 40 \text{ N/cm}^2 = 400 \text{ kN/m}^2$

Come riportato precedentemente, la massima pressione sul terreno risulta pari a:

Plinti:	$p_{max} = 5.8 \text{ N/cm}^2 = 58 \text{ kN/m}^2 < 560 \text{ kN/m}^2$
Travi di fondazione:	$p_{max} = 6.0 \text{ N/cm}^2 = 60 \text{ kN/m}^2 < 400 \text{ kN/m}^2$

Lungo il lato adiacente alla cabina MT/BT sono presenti pilastri di dimensioni 25x25 cm della cabina stessa, che trasmettono un'azione eccentrica alle travi rovesce di fondazione della firepump station. Come si deduce dalla relazione specialistica delle cabine elettriche, la massima azione assiale nei pilastri risulta pari a 160 kN.

Poiché l'eccentricità risulta pari a 45.5 cm, ne risulta un momento parassita distribuito pari a:

$$M = (160 \cdot 0.455) / (3.47/2) = 42 \text{ kNm}$$

Si riporta di seguito la verifica della fondazione rovescia lato cabina MT/BT.

La verifica della capacità portante risulta soddisfatta.

**Fondazioni Dirette**  
**Verifica in tensioni efficaci**

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot d_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot b_{\gamma} \cdot g_{\gamma}$$

D = Profondità del piano di appoggio

e<sub>B</sub> = Eccentricità in direzione B (e<sub>B</sub> = Mb/N)

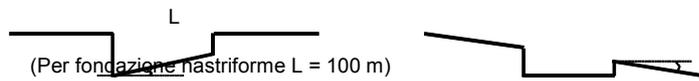
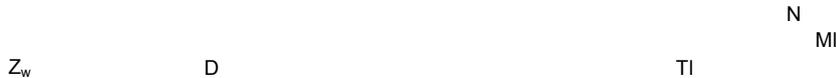
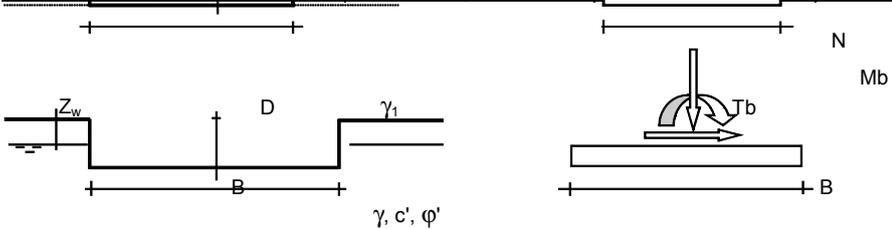
e<sub>L</sub> = Eccentricità in direzione L (e<sub>L</sub> = MI/N) (per fondazione nastriforme e<sub>L</sub> = 0; L\* = L)

B\* = Larghezza fittizia della fondazione (B\* = B - 2\*e<sub>B</sub>)

L\* = Lunghezza fittizia della fondazione (L\* = L - 2\*e<sub>L</sub>)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

Metodo di calcolo		coefficienti parziali						
		azioni		proprietà del terreno		resistenze		
		permanenti	temporanee variabili	tan φ'	c'	q <sub>lim</sub>	scorr	
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	○	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80	1.00
	SISMA	○	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80	1.00
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30	1.10
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10
Tensioni Ammissibili	○	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00	
Definito dal Progettista	●	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10	



B = 1.15 (m)  
 L = 100.00 (m)  
 D = 1.30 (m)

β<sub>f</sub> = 0.00 (°)      β<sub>p</sub> = 0.00 (°)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>FIREPUMP STATION – RELAZIONE SPECIALISTICA –          PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<table border="1"> <tr> <td><i>Rev</i></td> <td><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

**AZIONI**

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	115.11		115.11
Mb [kNm]	42.00		42.00
Ml [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	0.00		0.00
Tl [kN]	0.00		0.00
H [kN]	0.00	0.00	0.00

*Peso unità di volume del terreno*

$\gamma_1 = 19.00$  (kN/mc)  
 $\gamma = 19.00$  (kN/mc)

*Valori caratteristici di resistenza del terreno*

$c' = 0.00$  (kN/mq)  
 $\varphi' = 35.00$  (°)

*Valori di progetto*

$c' = 0.00$  (kN/mq)  
 $\varphi' = 35.00$  (°)

*Profondità della falda*

$Z_w = 5.00$  (m)

$e_B = 0.36$  (m)  
 $e_L = 0.00$  (m)

$B^* = 0.42$  (m)  
 $L^* = 1.00$  (m)

**q : sovraccarico alla profondità D**

$q = 24.70$  (kN/mq)

**$\gamma$  : peso di volume del terreno di fondazione**

$\gamma = 19.00$  (kN/mc)

**$N_c, N_q, N_\gamma$  : coefficienti di capacità portante**

$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi')}$

$N_q = 33.30$

$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi'$

$N_c = 46.12$

$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$

$N_\gamma = 48.03$

**$s_c, s_q, s_\gamma$  : fattori di forma**

$s_c = 1 + B \cdot N_q / (L^* \cdot N_c)$

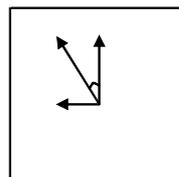
$s_c = 1.00$

$s_q = 1 + B \cdot \tan \varphi' / L^*$

$s_q = 1.00$

$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot B^* / L^*$

$s_\gamma = 1.00$



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>FIREPUMP STATION – RELAZIONE SPECIALISTICA –          PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Rev</i></th> <th><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

**d<sub>c</sub>, d<sub>q</sub>, d<sub>γ</sub> : fattori di profondità del piano di appoggio**

per  $D/B^* \leq 1$ ;  $d_q = 1 + 2 D \tan\phi' (1 - \sin\phi')^2 / B^*$   
 per  $D/B^* > 1$ ;  $d_q = 1 + (2 \tan\phi' (1 - \sin\phi')^2) * \arctan (D / B^*)$

$$d_q = 1.32$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan\phi')$$

$$d_c = 1.33$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

**b<sub>c</sub>, b<sub>q</sub>, b<sub>γ</sub> : fattori di inclinazione base della fondazione**

$$b_q = (1 - \beta_f \tan\phi')^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan\phi')$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

**g<sub>c</sub>, g<sub>q</sub>, g<sub>γ</sub> : fattori di inclinazione piano di campagna**

$$g_q = (1 - \tan\beta_p)^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan\phi')$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

**Carico limite unitario**

$$q_{lim} = 1277.65 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Pressione massima agente**

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 273.90 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Verifica di sicurezza capacità portante**

$$q_{lim} / \gamma_R = 555.5 \geq q = 273.90 \quad (\text{kN/m}^2)$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
FIREPUMP STATION –RELAZIONE SPECIALISTICA– PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 12.2 VERIFICHE DI TIPO STRUTTURALE

Si riportano di seguito le verifiche dei principali elementi strutturali sulla base dei risultati riportati al capitolo 11.

### Travi di collegamento

Come si può notare dai diagrammi delle azioni precedentemente riportati, le massime sollecitazioni risultano:

$$M_{\max} = +190 \text{ kNm}$$

$$M_{\min} = -136 \text{ kNm}$$

$$T_{\max} = 100 \text{ kN}$$

Si riporta la verifica a flessione e a taglio per le travi in esame, assumendo le armature si seguito descritte:

#### Armature longitudinali

Lembo inferiore: 5Φ16

Attacco ala-anima: 5Φ16

Lembo superiore: 3Φ16

#### Staffe

Staffe: Φ10/20

**Titolo:** Trave di collegamento

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	62	35
2	110	100

N°	As [cm²]	d [cm]
1	6.03	5
2	10.05	40
3	10.05	130

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>   kN  
M<sub>xEd</sub>   kNm  
M<sub>yEd</sub>

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN  yN

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C35/45  
ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
E<sub>s</sub> 200,000 N/mm² f<sub>cd</sub> 19.83  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8  
ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 13.5  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.8  
τ<sub>c1</sub> 2.257

M<sub>xRd</sub> 643.8 kN m  
σ<sub>c</sub> -19.83 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3.5 ‰  
ε<sub>s</sub> 63.89 ‰  
d 130 cm  
x 6.751 x/d 0.05193  
δ 0.7

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>  cm Col. modello  
 Precompresso

**Titolo:** Trave di collegamento

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	62	35
2	110	100

N°	As [cm²]	d [cm]
1	6.03	5
2	10.05	40
3	10.05	130

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>   kN  
M<sub>xEd</sub>   kNm  
M<sub>yEd</sub>

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN  yN

**Tipo rottura**  
Lato acciaio - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C35/45  
ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
E<sub>s</sub> 200,000 N/mm² f<sub>cd</sub> 19.83  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8  
ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 13.5  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.8  
τ<sub>c1</sub> 2.257

M<sub>xRd</sub> -671.5 kN m  
σ<sub>c</sub> -19.83 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 2.359 ‰  
ε<sub>s</sub> 67.5 ‰  
d 130 cm  
x 4.39 x/d 0.03377  
δ 0.7

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Sezione C.A.**  
File

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>  cm Col. modello  
 Precompresso

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>FIREPUMP STATION – RELAZIONE SPECIALISTICA –          PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

<i>elementi CON armature trasversali resistenti al taglio</i>	
<b><math>VRsd = 0,9 d Asw/s fyd (ctg\alpha + ctg\theta) \sin\alpha</math></b>	<i>(4.1.18)</i>
<b><math>VRcd = 0,9 d bw \alpha c f'cd (ctg\alpha + ctg\theta)/(1+(ctg\alpha)^2)</math></b>	<i>(4.1.19)</i>
<b><math>VRd = \min(VRsd, VRcd)</math></b>	<i>(4.1.20)</i>

<b>nb</b>	2		numero di bracci
<b><math>\Phi_{st}</math></b>	10	mm	
<b>Asw</b>	157	mm <sup>2</sup>	
<b>s</b>	200	mm	passo staffe
<b>fyd</b>	391.3	N/mm <sup>2</sup>	
<b><math>\alpha</math></b>	90		inclinazione armatura trasversale rispetto asse trave
<b><math>\theta</math></b>	45		inclinazione puntoni cls rispetto asse trave
<b><math>\alpha c</math></b>	1.00		

<b>VRsd =</b>	<b>359.39</b>	<i>kN</i>
<b>VRcd =</b>	<b>3838.27</b>	<i>kN</i>

<b>VRd =</b>	<b>359.39</b>	<i>kN</i>	<b>verifica soddisfatta</b>
<b>Vsd =</b>	<b>100.00</b>	<i>kN</i>	

Come si può osservare, le verifiche risultano soddisfatte.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
FIREPUMP STATION –RELAZIONE SPECIALISTICA– PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<table border="1"> <tr> <td><i>Rev</i></td> <td><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

## Pilastrri

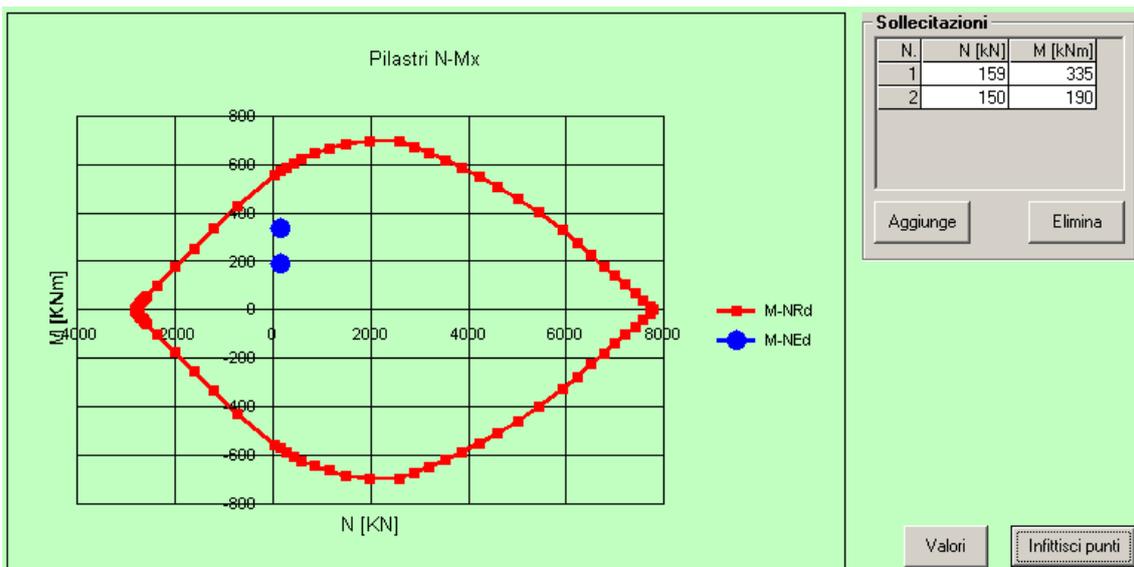
Come si può notare dai diagrammi delle azioni precedentemente riportati, le massime sollecitazioni risultano:

$$\begin{array}{lll}
 N = 159 \text{ kN} & M_x = 335 \text{ kNm} & M_y = 51 \text{ kNm} \\
 N = 150 \text{ kN} & M_x = 190 \text{ kNm} & M_y = 168 \text{ kNm}
 \end{array}$$

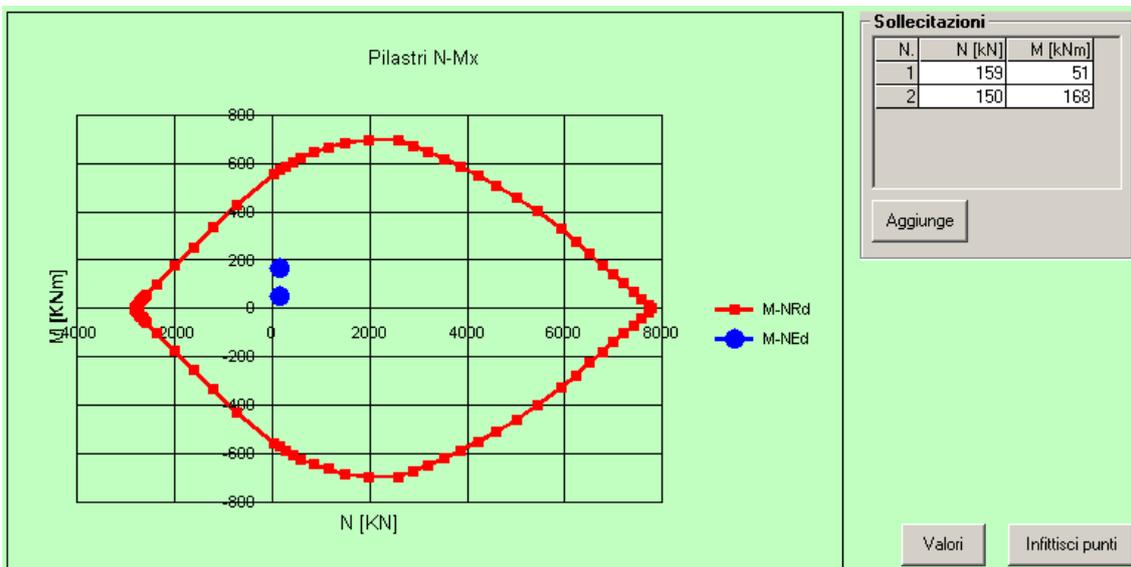
$$T_{\max} = 115 \text{ kN}$$

Si riporta la verifica a pressoflessione e a taglio per gli elementi in esame, assumendo le armature di seguito descritte:

$$\begin{array}{ll}
 \text{Armature longitudinali:} & 16\Phi 24 \\
 \text{Staffe} & \Phi 8/10
 \end{array}$$



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>FIREPUMP STATION – RELAZIONE SPECIALISTICA –          PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Rev</i></td> <td style="text-align: center;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						



In accordo alla normativa adottata, nel caso di flessione deviata, la verifica viene eseguita mediante la seguente espressione:

$$\left( \frac{M_{Ed,x}}{M_{Rd,x}(N_{Ed})} \right) + \left( \frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}(N_{Ed})} \right) \leq 1$$

Nel caso in esame si ottiene:

$$\frac{335}{574} + \frac{51}{574} = 0.68 < 1$$

$$\frac{190}{573} + \frac{168}{573} = 0.63 < 1$$

Con riferimento alla verifica a taglio, si ottiene:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>FIREPUMP STATION – RELAZIONE SPECIALISTICA –          PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;"><i>Rev</i></td> <td style="text-align: center;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

<i>elementi CON armature trasversali resistenti al taglio</i>	
<b><math>VRsd = 0,9 d Asw/s fyd (ctg\alpha + ctg\theta) \sin\alpha</math></b>	<b>(4.1.18)</b>
<b><math>VRcd = 0,9 d bw \alpha c f'cd (ctg\alpha + ctg\theta)/(1+(ctg\alpha)^2)</math></b>	<b>(4.1.19)</b>
<b><math>VRd = \min(VRsd, VRcd)</math></b>	<b>(4.1.20)</b>

<b>nb</b>	2		numero di bracci
<b><math>\Phi_{st}</math></b>	8	<i>mm</i>	
<b>Asw</b>	100	<i>mm<sup>2</sup></i>	
<b>s</b>	100	<i>mm</i>	passo staffe
<b>fyd</b>	391.3	<i>N/mm<sup>2</sup></i>	
<b><math>\alpha</math></b>	90		inclinazione armatura trasversale rispetto asse trave
<b><math>\theta</math></b>	45		inclinazione puntoni cls rispetto asse trave
<b><math>\alpha c</math></b>	1.00		

<b>VRsd =</b>	<b>159.24</b>	<i>kN</i>
<b>VRcd =</b>	<b>1071.48</b>	<i>kN</i>

<b>VRd =</b>	<b>159.24</b>	<i>kN</i>	<b>verifica soddisfatta</b>
<b>Vsd =</b>	<b>115.00</b>	<i>kN</i>	

### Travi perimetrali di copertura

Si considera di seguito la trave perimetrale di copertura tipica di dimensioni 50 x 70 cm.

Come si può notare dai diagrammi delle azioni precedentemente riportati, le massime sollecitazioni risultano:

$$M_{max} = +200 \text{ kNm}$$

$$M_{min} = -310 \text{ kNm}$$

$$T_{max} = 163 \text{ kN}$$

Si riporta la verifica a flessione e a taglio per la trave in esame, assumendo le armature di seguito descritte:

Armature longitudinali inferiori: 5 $\Phi$ 16

Armature longitudinali superiori: 5 $\Phi$ 16

Staffe:  $\Phi$ 10/20

**TITOLO :** Trave perimetrale di copertura

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	50	70

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	5
2	15.71	65

**Sollecitazioni**  
S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
M<sub>xEd</sub>  kNm  
M<sub>yEd</sub>

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN   
yN

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C35/45  
ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 19.83  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8 ?  
ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 13.5  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.8  
τ<sub>c1</sub> 2.257

M<sub>xRd</sub> 380.9 kN m  
σ<sub>c</sub> -19.83 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3.5 ‰  
ε<sub>s</sub> 35.82 ‰  
d 65 cm  
x 5.785 x/d 0.089  
δ 0.7

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
 Precompresso

**TITOLO :** Trave perimetrale di copertura

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	50	70

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	5
2	15.71	65

**Sollecitazioni**  
S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
M<sub>xEd</sub>  kNm  
M<sub>yEd</sub>

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN   
yN

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C35/45  
ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 19.83  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8 ?  
ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 13.5  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.8  
τ<sub>c1</sub> 2.257

M<sub>xRd</sub> -380.9 kN m  
σ<sub>c</sub> -19.83 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3.5 ‰  
ε<sub>s</sub> 35.82 ‰  
d 65 cm  
x 5.785 x/d 0.089  
δ 0.7

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Sezione C.A.**  
File

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
 Precompresso

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>FIREPUMP STATION – RELAZIONE SPECIALISTICA –          PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

<i>elementi CON armature trasversali resistenti al taglio</i>	
<b><math>VR_{sd} = 0,9 d A_{sw}/s f_{yd} (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta)\text{sina}</math></b>	<i>(4.1.18)</i>
<b><math>VR_{cd} = 0,9 d b_w \alpha_c f'_{cd} (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta)/(1+(\text{ctg}\alpha)^2)</math></b>	<i>(4.1.19)</i>
<b><math>VR_d = \min(VR_{sd}, VR_{cd})</math></b>	<i>(4.1.20)</i>

<b>nb</b>	2		numero di bracci
<b><math>\Phi_{st}</math></b>	10	mm	
<b><math>A_{sw}</math></b>	157	mm <sup>2</sup>	
<b>s</b>	200	mm	passo staffe
<b><math>f_{yd}</math></b>	391.3	N/mm <sup>2</sup>	
<b><math>\alpha</math></b>	90		inclinazione armatura trasversale rispetto asse trave
<b><math>\theta</math></b>	45		inclinazione puntoni cls rispetto asse trave
<b><math>\alpha_c</math></b>	1.00		

<b><math>VR_{sd} =</math></b>	<b>179.69</b>	<i>kN</i>
<b><math>VR_{cd} =</math></b>	<b>1547.69</b>	<i>kN</i>

<b><math>VR_d =</math></b>	<b>179.69</b>	<i>kN</i>	<b>verifica soddisfatta</b>
<b><math>V_{sd} =</math></b>	<b>163.00</b>	<i>kN</i>	

Come si può osservare, le verifiche risultano soddisfatte.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
FIREPUMP STATION –RELAZIONE SPECIALISTICA– PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 13 DIMENSIONAMENTO DELLE VASCHE

Come descritto precedentemente, la struttura sopra calcolata è destinata al contenimento di due vasche antincendio della capacità di 400 m<sup>3</sup> ciascuna.

Tali vasche, da un punto di vista strutturale, possono però essere considerate indipendenti dalla sovrastante struttura.

Si sottolinea inoltre che le vasche sono impermeabilizzate mediante applicazione di prodotto elastomerico poliuretano miscelato a mano e steso in varie passate, scelta che influisce indubbiamente in modo favorevole sulla durabilità della struttura stessa.

Di seguito si riportano i calcoli di dimensionamento delle vasche.

### 13.1 ANALISI DEI CARICHI

#### 13.1.1 CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI

I carichi permanenti strutturali sono determinati, secondo la normativa, a partire dalle dimensioni geometriche e dai pesi dell'unità di volume dei materiali di cui è composta la struttura, come già osservato al paragrafo 8.1.

Come visto in precedenza, inoltre, i carichi permanenti degli elementi strutturali sono automaticamente calcolati dal programma di calcolo impiegato.

#### 13.1.2 CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI

Nel caso in esame, le vasche non sono soggette ad alcun carico permanente non strutturale significativo ai fini del calcolo.

#### 13.1.3 CARICO VARIABILE DOVUTO AL FLUIDO

Il carico del fluido è dovuto alla massa d'acqua presente all'interno delle vasche di contenimento. Si considera un livello massimo di riempimento di 3.80 m pari all'altezza delle pareti delle vasche dal fondo.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>FIREPUMP STATION – RELAZIONE SPECIALISTICA –          PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Inoltre, essendo compiutamente definita la massima altezza dell'acqua e il suo peso per unità di volume, in accordo con l'Eurocodice 1 parte 4, si considererà nel seguito per questa azione un coefficiente parziale allo stato limite ultimo  $\gamma_F$  pari a 1.35.

### 13.1.4 AZIONE SISMICA

Con riferimento all'azione sismica, vale quanto già riportato al paragrafo 8.4.

### 13.1.5 ANALISI DELLE MASSE

Le masse associate agli elementi strutturali sono automaticamente considerate dal programma di calcolo utilizzato, in funzione della reale geometria e della densità dei materiali.

Con riferimento alla massa del fluido si assumerà invece che, in conseguenza al sisma, essa si muova pressoché rigidamente con le pareti della vasca.

Tale semplificazione risulta accettabile a livello definitivo in quanto fornisce risultati a favore di sicurezza.

## 13.2 COMBINAZIONI DI CARICO

### 13.2.1 COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ai fini delle verifiche agli stati limite ultimi, in accordo con le normative adottate, si definiscono le combinazioni delle azioni di seguito riportate.

- Combinazione fondamentale

$$CC\ 1 \quad 1.3 \cdot G_1 + 1.35 \cdot Q_{water}$$

- Combinazioni sismiche

$$CC\ 2 \quad E_x + 0.3 \cdot E_y + 1.0 \cdot G_1 + 1.0 \cdot Q_{water}$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>FIREPUMP STATION –RELAZIONE SPECIALISTICA–          PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

CC 3  $0.3 \cdot E_x + E_y + 1.0 \cdot G_1 + 1.0 \cdot Q_{\text{water}}$

### 13.3 MODELLAZIONE STRUTTURALE

La modellazione strutturale è stata realizzata utilizzando il programma di calcolo Straus7 Release 2.4.4, sviluppato da Strand7 Pty Ltd.

#### 13.3.1 SCHEMATIZZAZIONE DELLA STRUTTURA

Si descrivono di seguito alcune scelte adottate nella schematizzazione della struttura.

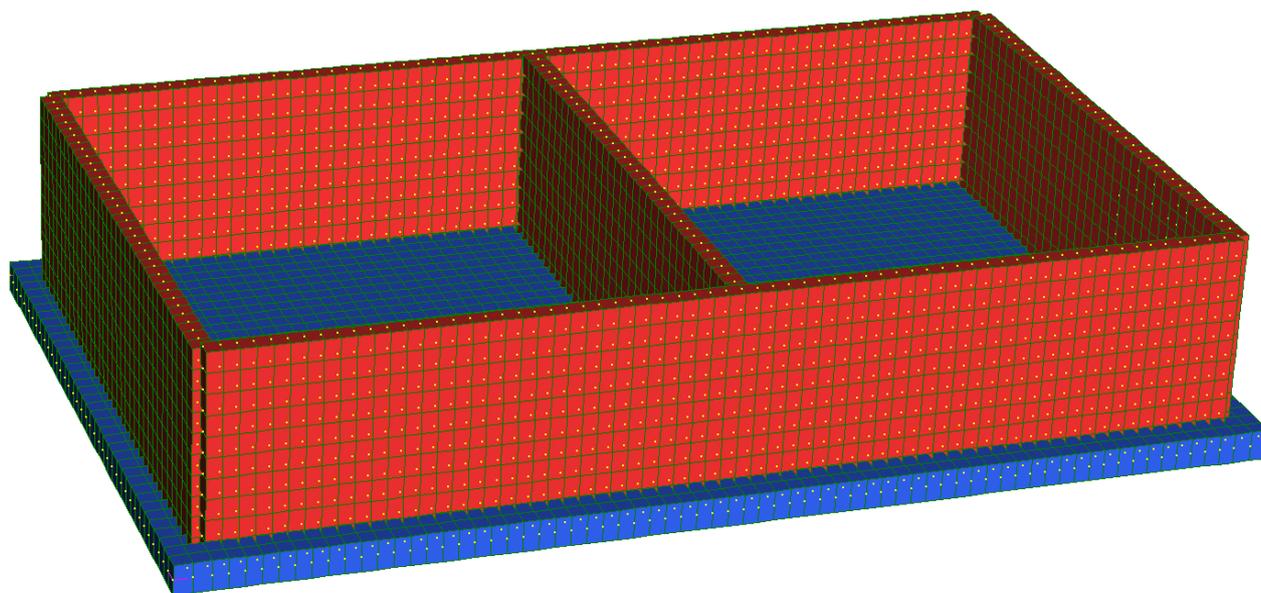
Con riferimento all'interazione suolo struttura, in prima analisi si è scelto di adottare una schematizzazione del terreno secondo il modello di Winkler, assumendo una costante di sottofondo tipica per i terreni presenti in situ pari a  $4 \text{ kgf/cm}^3$ .

La platea di fondazione e le piastre di cls costituenti le pareti delle vasche rispecchiano la reale geometria della struttura.

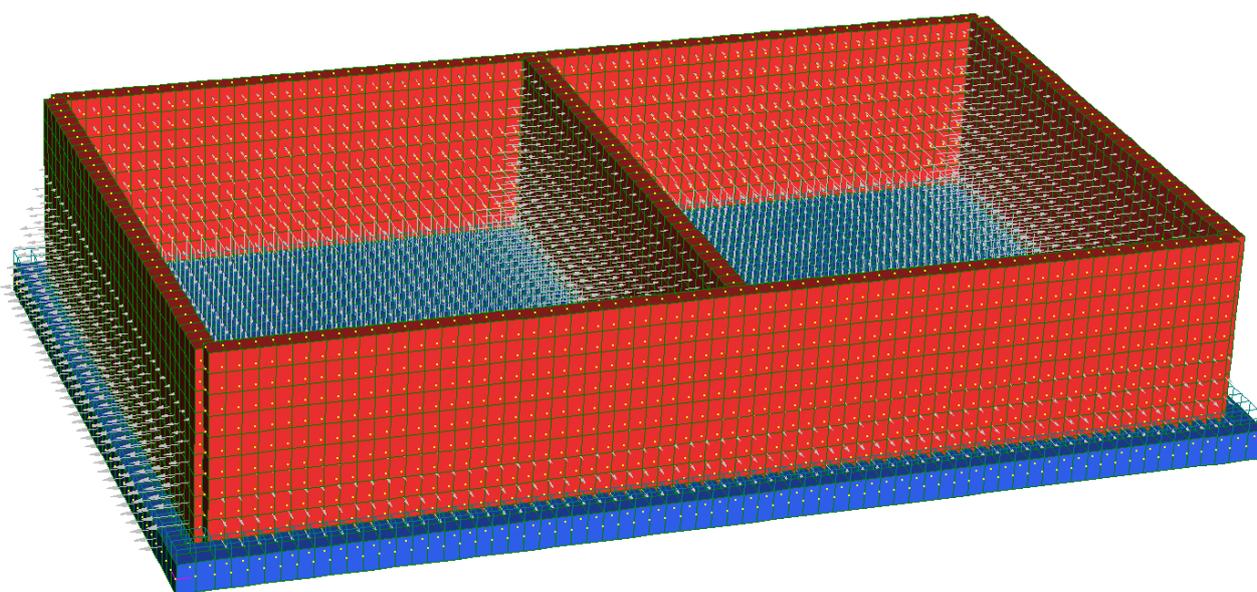
#### 13.3.2 MODELLO DI CALCOLO

Si riportano di seguito alcune immagini che mostrano il modello della struttura così come realizzato in Straus7.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
FIREPUMP STATION –RELAZIONE SPECIALISTICA– PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						



**Schema strutturale – *vista solid***



**Schema strutturale – *pressione fluido***

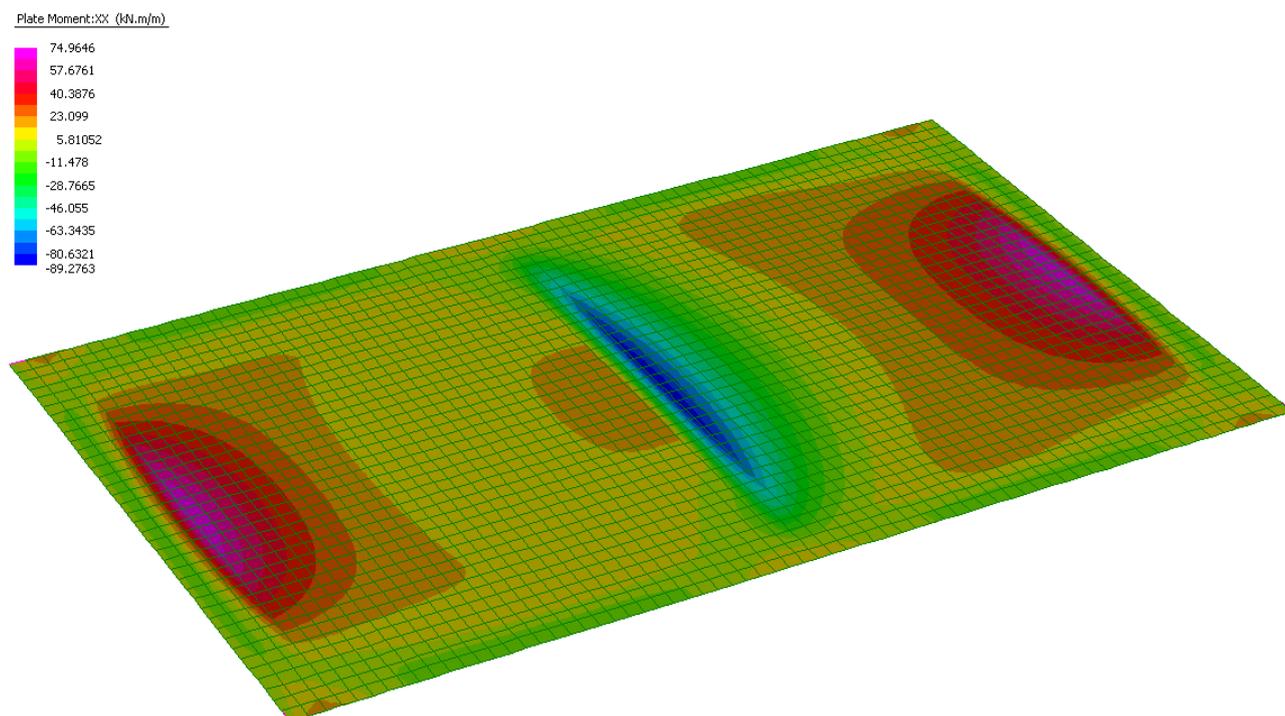
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
FIREPUMP STATION –RELAZIONE SPECIALISTICA– PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 13.4 RISULTATI DEL CALCOLO

Nel presente paragrafo si riportano gli output più significativi dell'analisi, così come ottenuti dal programma di calcolo.

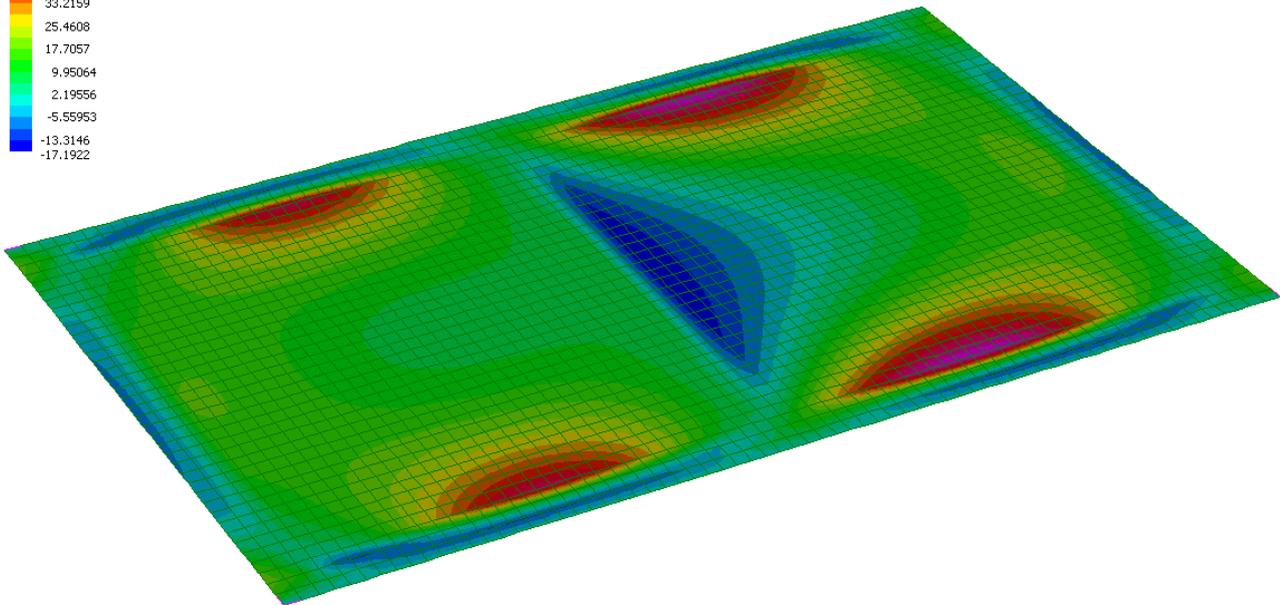
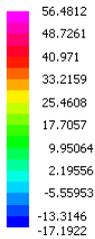
In particolare, si riportano nell'ordine i risultati ottenuti per le combinazioni di carico descritte al paragrafo 13.2.

- CC 1



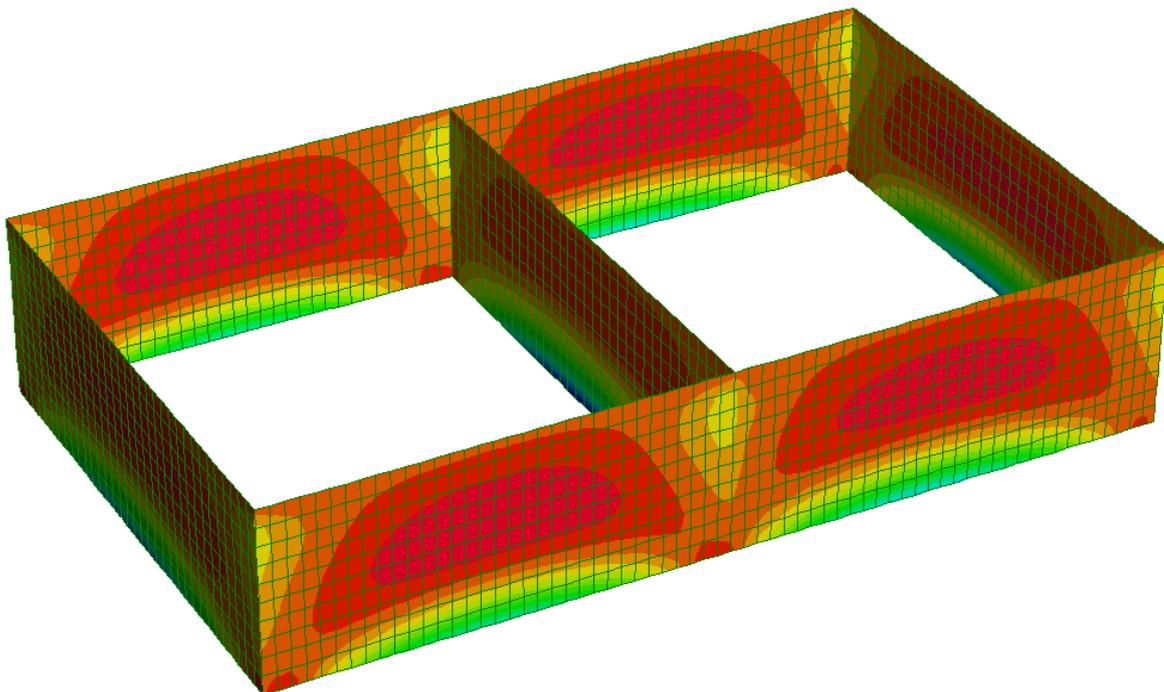
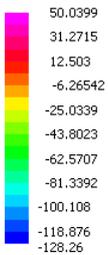
**Momento flettente Mxx platea – agente sul lato maggiore**

Plate Moment:YY (kN.m/m)



**Momento flettente Myy platea – agente sul lato minore**

Plate Moment:ZZ (kN.m/m)



**Momento flettente Mzz pareti – agente in verticale**

Plate Moment:xx (kN.m/m)

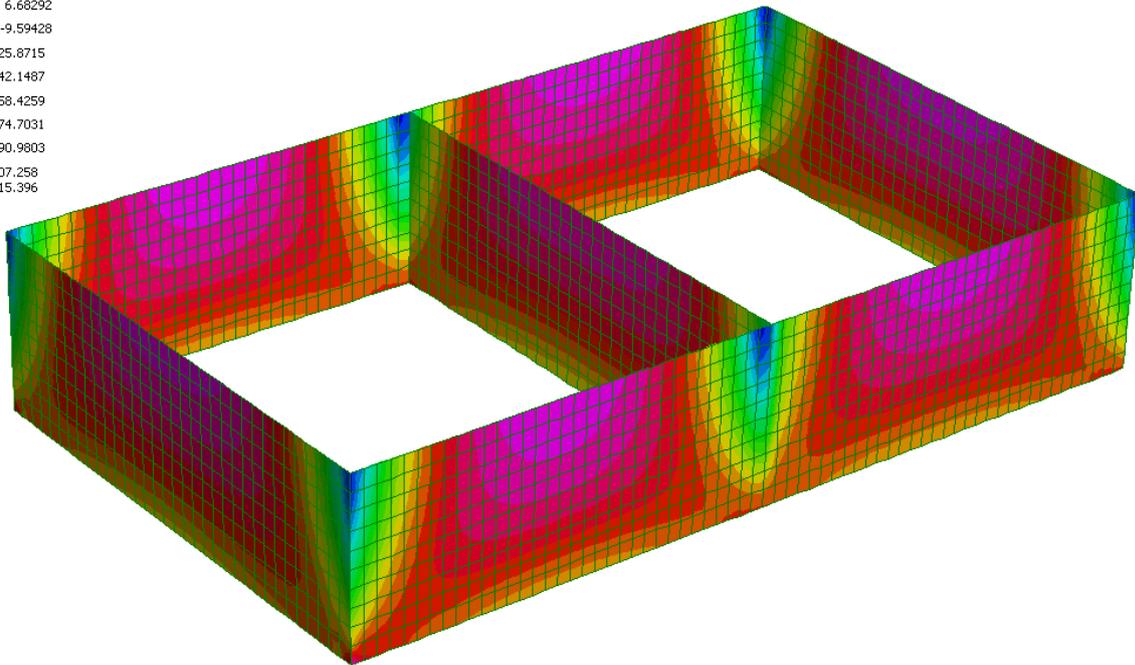
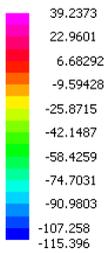
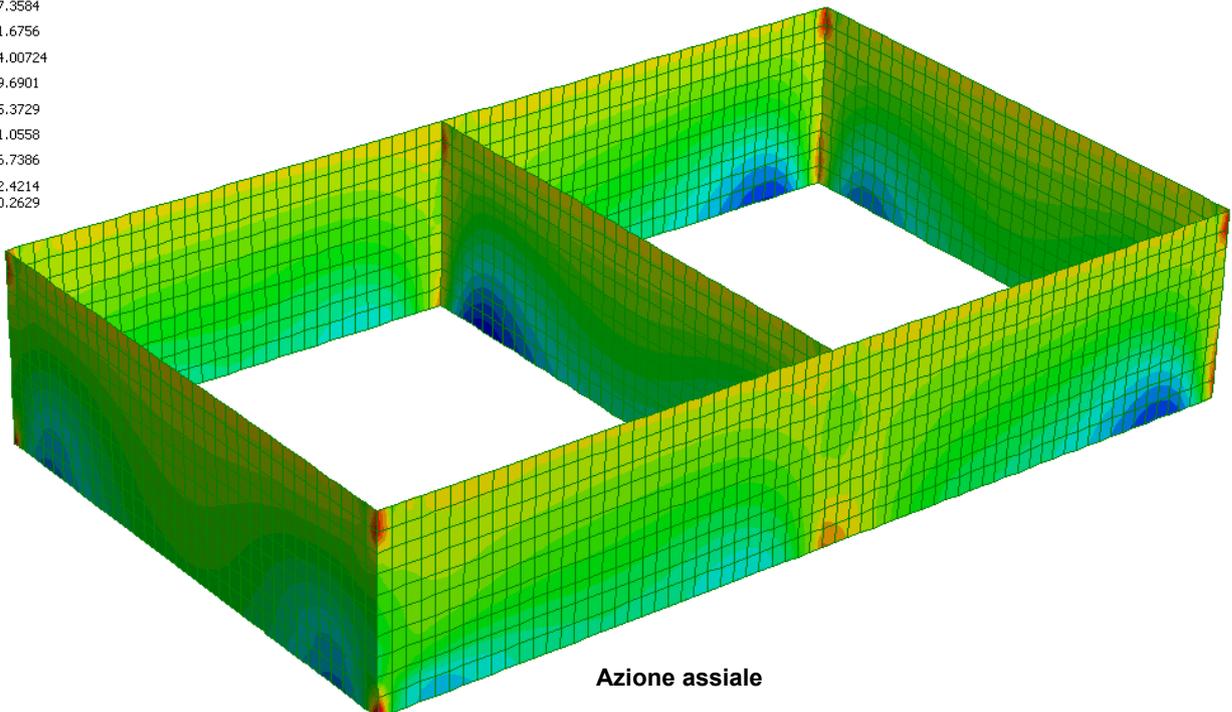


Plate Force:ZZ (kN/m)



**Momento flettente Mxx pareti – agente in orizzontale**

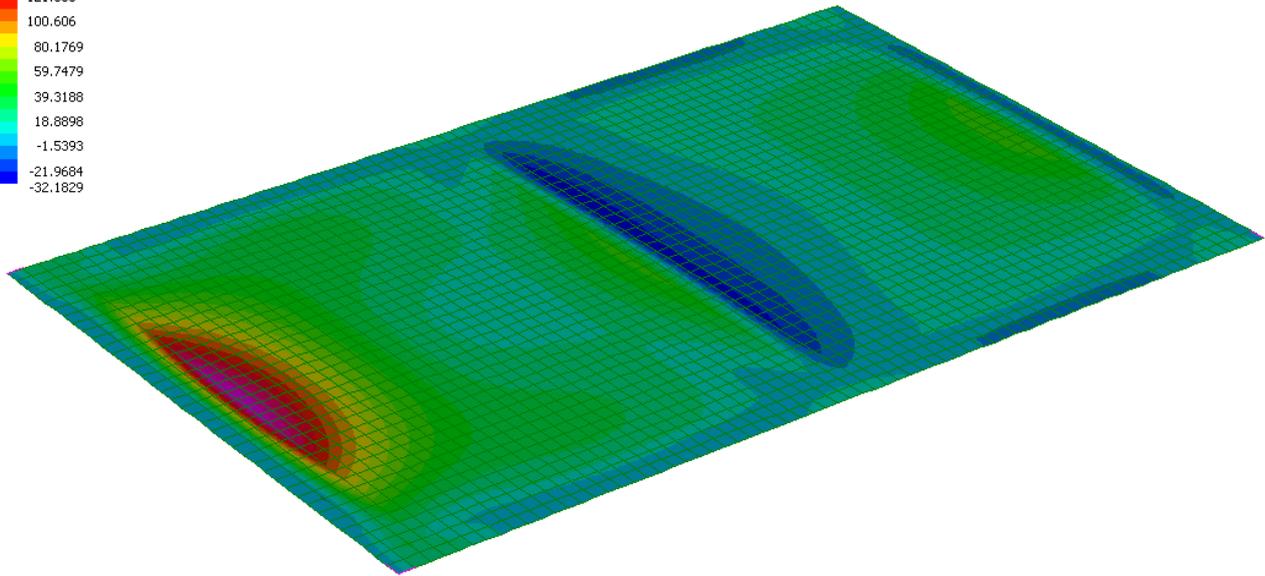
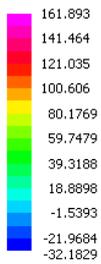


**Azione assiale**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>FIREPUMP STATION – RELAZIONE SPECIALISTICA –          PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

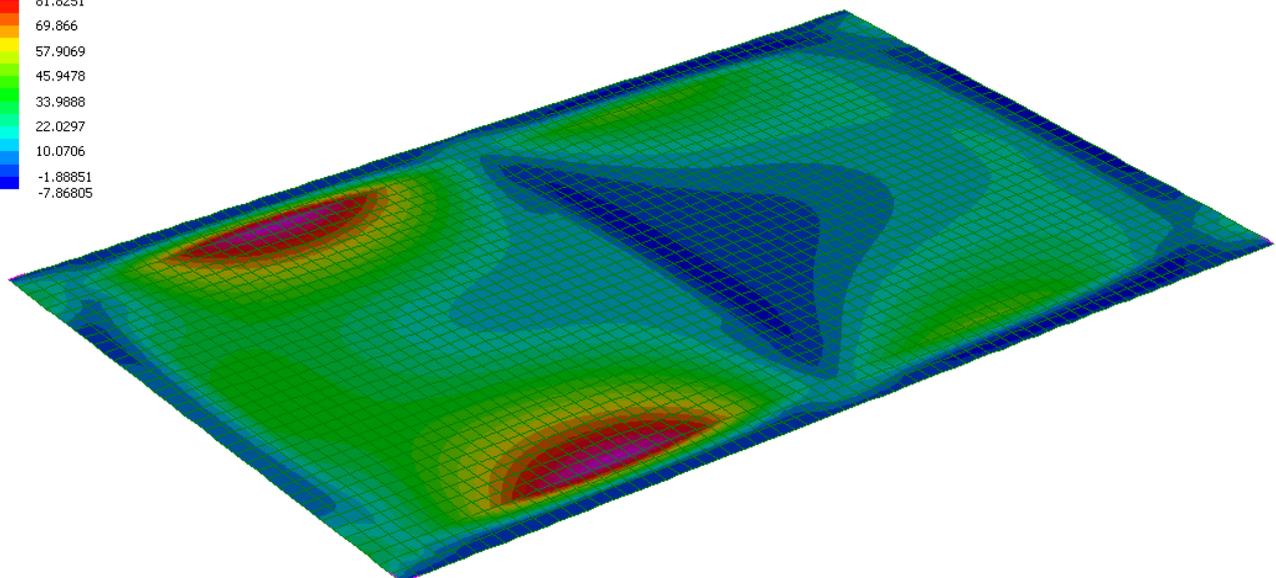
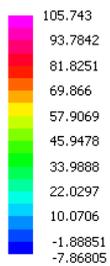
**- CC 2**

Plate Moment:xx (kN.m/m)



**Momento flettente Mxx platea – agente sul lato maggiore**

Plate Moment:yy (kN.m/m)



**Momento flettente Myy platea – agente sul lato minore**

Plate Moment:ZZ (kN.m/m)

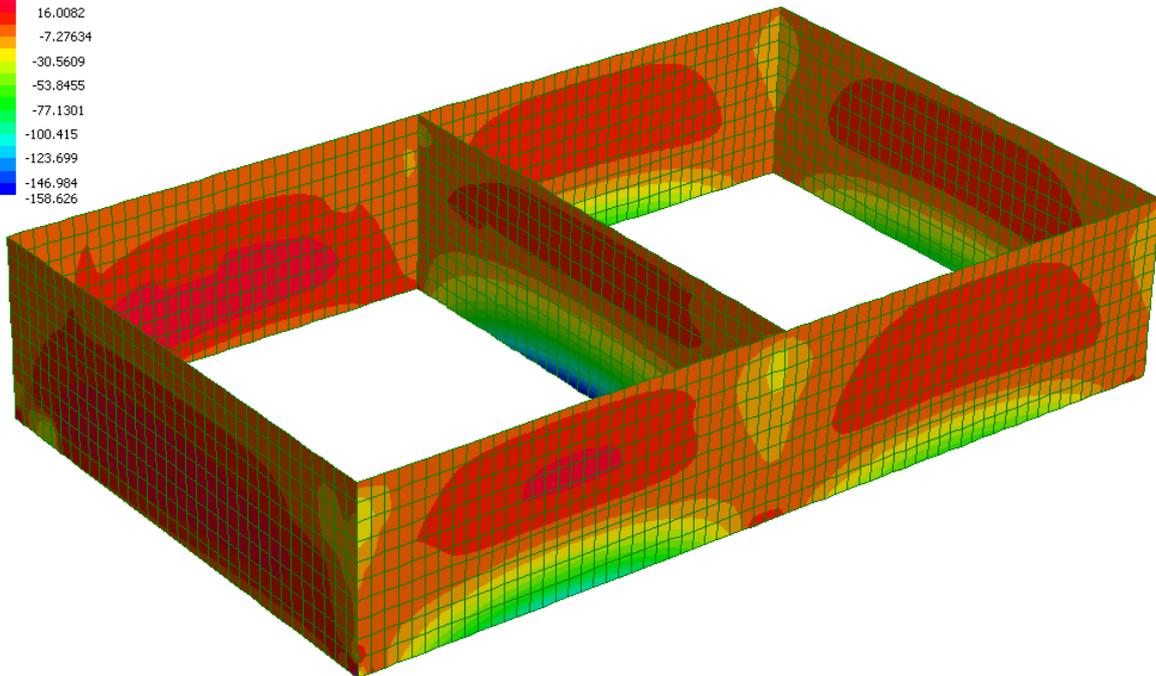
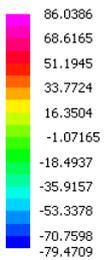
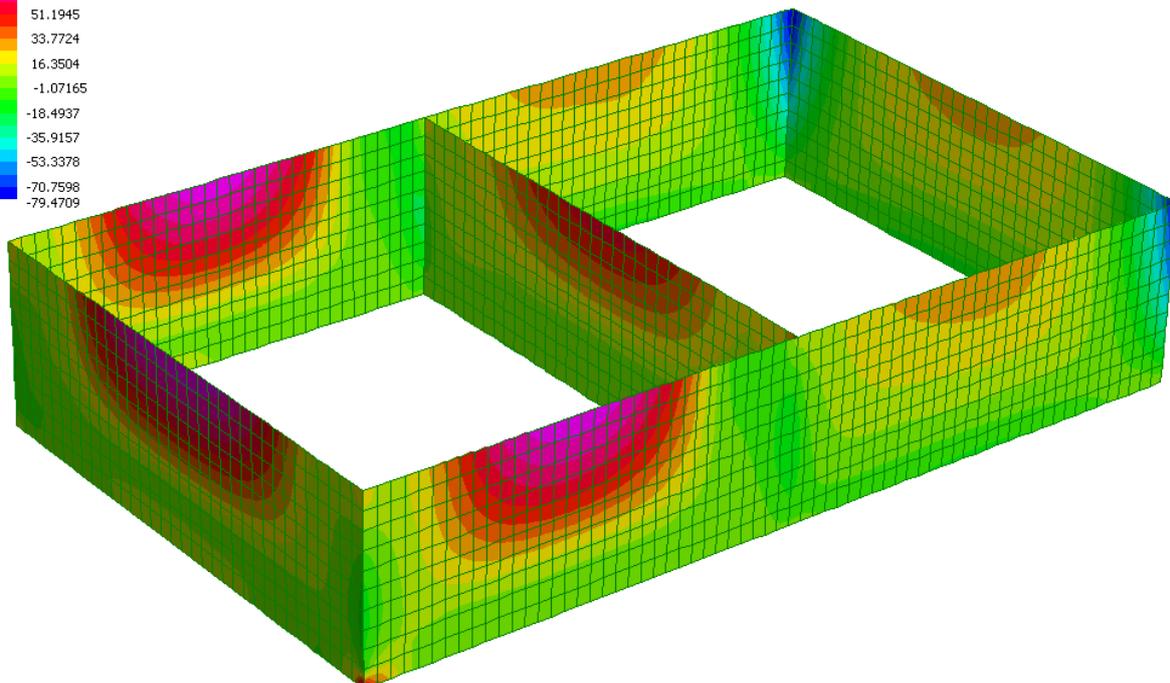


Plate Moment:xx (kN.m/m)



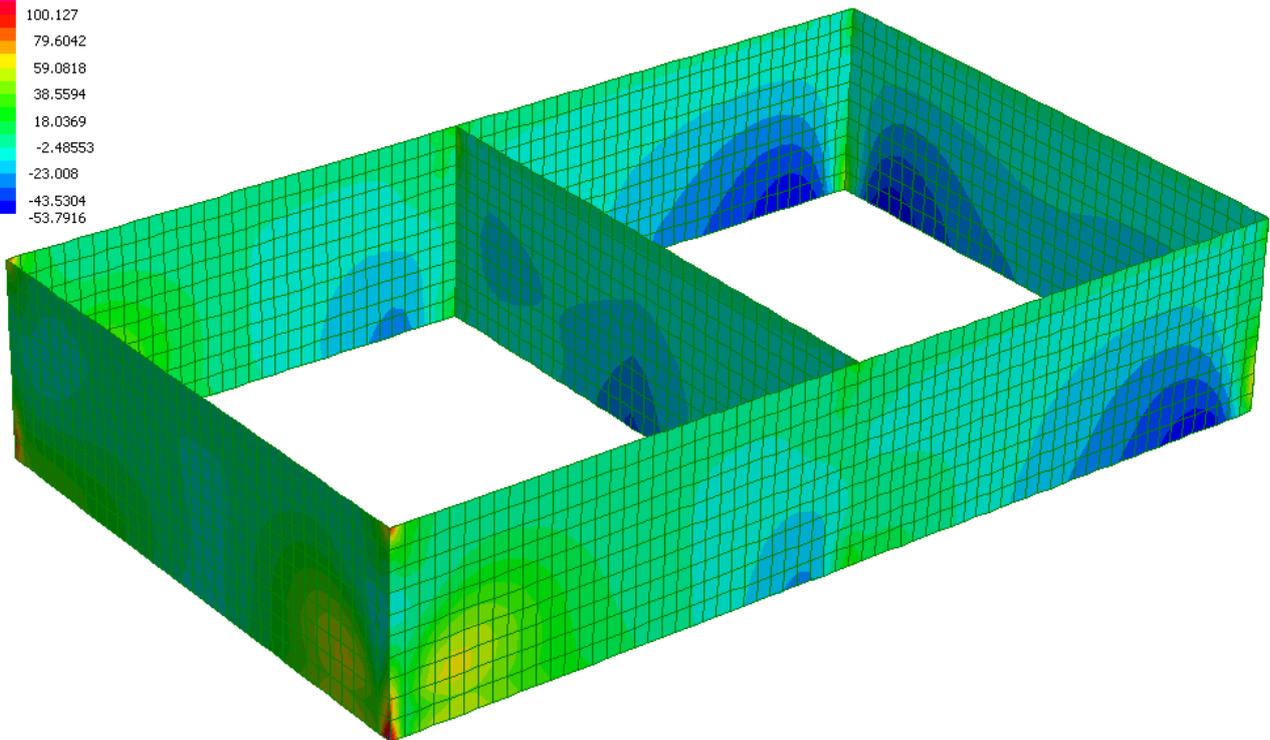
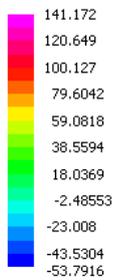
**Momento flettente Mzz pareti – agente in verticale**



**Momento flettente Mxx pareti – agente in orizzontale**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>FIREPUMP STATION –RELAZIONE SPECIALISTICA–          PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Rev</i></th> <th><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

Plate Force:yy (kN/m)



**Azione assiale**

- CC 3

I risultati relativi alla combinazione di carico CC 3 non vengono riportati in quanto le sollecitazioni risultano inferiori rispetto a quelle ottenute per la CC 2.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>FIREPUMP STATION – RELAZIONE SPECIALISTICA –          PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE</b>		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 13.5 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

### 13.5.1 CAPACITA' PORTANTE DEL TERRENO DI FONDAZIONE

La verifica viene effettuata nei confronti dello stato limite di collasso dell'insieme terreno fondazione.

La capacità portante del terreno viene valutata con il metodo di Hansen secondo la seguente formulazione:

$$q_{ult} = q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma$$

Trattandosi di un'opera di fondazione, le verifiche vengono condotte con riferimento alle prescrizioni di cui al capitolo 6 del D.M. 14.01.2008.

In particolare si adotta l'approccio 2 per cui è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali che nelle verifiche geotecniche.

- Approccio 2:            A1 + M1 + R3

I coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno sono ricavati dalla tabella 6.2.II della normativa di riferimento, e assumono valore unitario (coefficienti M1).

Nelle verifiche si assumono i seguenti parametri geotecnici:

Peso specifico:	$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
Coesione:	$c = 0 \text{ MPa}$
Angolo d'attrito:	$\varphi = 35^\circ$

La capacità portante ultima risulta pertanto:

$$q_{ult} = 382 \text{ N/cm}^2 = 3820 \text{ kN/m}^2$$

La capacità portante di calcolo si ottiene dividendo la capacità portante ultima per il coefficiente riduttivo della resistenza ( $\gamma_{R3} = 2.3$ ):

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
FIREPUMP STATION –RELAZIONE SPECIALISTICA– PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

$$q_{ult,k} = 166 \text{ N/cm}^2 = 1660 \text{ kN/m}^2$$

La massima pressione sul terreno ottenuta dal calcolo risulta pari a 2.31 mm, associata a una pressione pari a:

$$p_{max} = 4 \cdot 0.231 = 9.2 \text{ N/cm}^2 = 92 \text{ kN/m}^2$$

La verifica della capacità portante risulta pertanto soddisfatta.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
FIREPUMP STATION –RELAZIONE SPECIALISTICA– PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		<i>Codice documento</i> PG0282_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 13.5.2 VERIFICHE DI TIPO STRUTTURALE

Si riportano di seguito le verifiche dei principali elementi strutturali sulla base dei risultati riportati al paragrafo 13.4.

#### Platea di fondazione

Come si può notare dai diagrammi delle azioni precedentemente riportati, le massime sollecitazioni risultano:

$$M_{xx,max} = \pm 161 \text{ kNm/m}$$

$$M_{yy,max} = \pm 105 \text{ kNm/m}$$

$$T_{x,max} = 64 \text{ kN}$$

$$T_{y,max} = 62 \text{ kN}$$

La platea di fondazione viene armata in modo simmetrico nelle due direzioni principali x e y. In particolare, si prevede di disporre la seguente armatura:

Lembo superiore direzione x:  $\Phi 16/15$

Lembo superiore direzione y:  $\Phi 16/15$

Lembo inferiore direzione x:  $\Phi 16/15$

Lembo inferiore direzione y:  $\Phi 16/15$

**Titolo :** Platea di fondazione

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	60

N°	As [cm²]	d [cm]
1	13.39	5
2	13.39	55

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
M<sub>xEd</sub>  kNm  
M<sub>yEd</sub>  kNm

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN   
yN

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**

B450C	C25/30
$\epsilon_{su}$ 67.5 ‰	$\epsilon_{c2}$ 2 ‰
$f_{yd}$ 391.3 N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{cu}$ 3.5 ‰
$E_s$ 200,000 N/mm <sup>2</sup>	$f_{cd}$ 14.17
$E_s/E_c$ 15	$f_{cc}/f_{cd}$ 0.8
$\epsilon_{syd}$ 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 9.75
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm <sup>2</sup>	$\tau_{co}$ 0.6
	$\tau_{c1}$ 1.829

M<sub>xRd</sub> 278.5 kN m

$\sigma_c$  -14.17 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  36.32 ‰  
d 55 cm  
x 4.834 x/d 0.0879  
 $\delta$  0.7

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>  cm Col. modello

Precompresso

**Titolo :** Platea di fondazione

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	60

N°	As [cm²]	d [cm]
1	13.39	5
2	13.39	55

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
M<sub>xEd</sub>  kNm  
M<sub>yEd</sub>  kNm

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN   
yN

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**

B450C	C25/30
$\epsilon_{su}$ 67.5 ‰	$\epsilon_{c2}$ 2 ‰
$f_{yd}$ 391.3 N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{cu}$ 3.5 ‰
$E_s$ 200,000 N/mm <sup>2</sup>	$f_{cd}$ 14.17
$E_s/E_c$ 15	$f_{cc}/f_{cd}$ 0.8
$\epsilon_{syd}$ 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 9.75
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm <sup>2</sup>	$\tau_{co}$ 0.6
	$\tau_{c1}$ 1.829

M<sub>xRd</sub> -278.5 kN m

$\sigma_c$  -14.17 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  36.32 ‰  
d 55 cm  
x 4.834 x/d 0.0879  
 $\delta$  0.7

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>  cm Col. modello

Precompresso

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
FIREPUMP STATION –RELAZIONE SPECIALISTICA– PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		Codice documento PG0282_F0.doc	Rev F0	Data 20/06/2011

elementi SENZA armature trasversali resistenti al taglio

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

<b>bw</b>	1000	mm
<b>d</b>	550	mm
<b>Ac</b>	600000	mm <sup>2</sup>
<b>NEd</b>	0	kN
<b>σ<sub>cp</sub></b>	0.00	N/mm <sup>2</sup>
<b>Asl</b>	2680.00	mm <sup>2</sup>
<b>k</b>	1.60	
<b>v<sub>min</sub></b>	0.35	
<b>ρ<sub>l</sub></b>	0.005	

deve essere  
<0,2fcd

2.82
------

deve essere <2

deve essere <0,02

<b>VRd =</b>	243.11	kN
<b>VSd =</b>	64	kN

non è necessaria armatura per il taglio

### Pareti delle vasche

Si considerano di seguito le pareti delle vasche, aventi spessore pari a 40 cm.

Come si può notare dai diagrammi delle azioni precedentemente riportati, le massime sollecitazioni risultano:

$$M_{xx,max} = \pm 115 \text{ kNm/m} \quad N_{\min} = 0 \text{ kN/m}$$

$$M_{zz,max} = \pm 158 \text{ kNm/m} \quad N_{\min} = 35 \text{ kN/m}$$

$$T_{x,max} = 111 \text{ kN/m}$$

$$T_{y,max} = 111 \text{ kN/m}$$

Si riportano le verifiche a pressoflessione e a taglio condotte per le pareti della vasca, assumendo le armature di seguito descritte:

Armature verticali:                   Φ16/15

Armature orizzontali:               Φ16/15

**Titolo :** Pareti vasche Mxx

N° figure elementari  N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	40

N°	As [cm²]	d [cm]
1	13.39	5
2	13.39	35

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
M<sub>xEd</sub>  kNm  
M<sub>yEd</sub>  kNm

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord. [cm] xN  yN

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C35/45

$\epsilon_{su}$  67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm²  $f_{cd}$  19.83 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  13.5 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0.8  
 $\tau_{c1}$  2.257

M<sub>xRd</sub> 179.3 kN m  
 $\sigma_c$  -19.83 N/mm²  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  25.22 ‰  
d 35 cm  
x 4.265 x/d 0.1218  
 $\delta$  0.7

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Sezione C.A.**  
File

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>  cm Col. modello  
 Precompresso

**Titolo :** Pareti vasche Mxx

N° figure elementari  N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	40

N°	As [cm²]	d [cm]
1	13.39	5
2	13.39	35

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
M<sub>xEd</sub>  kNm  
M<sub>yEd</sub>  kNm

**P.to applicazione N**  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord. [cm] xN  yN

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C C35/45

$\epsilon_{su}$  67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm²  $f_{cd}$  19.83 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  13.5 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0.8  
 $\tau_{c1}$  2.257

M<sub>xRd</sub> -179.3 kN m  
 $\sigma_c$  -19.83 N/mm²  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  25.22 ‰  
d 35 cm  
x 4.265 x/d 0.1218  
 $\delta$  0.7

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Sezione C.A.**  
File

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub>  cm Col. modello  
 Precompresso

**Titolo:** Pareti vasche Mzz

N° figure elementari: 1      N° strati barre: 2      Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	40

N°	As [cm²]	d [cm]
1	13.39	5
2	13.39	35

**Sollecitazioni**  
S.L.U.      Metodo n

N<sub>Ed</sub> 35      0 kN  
M<sub>xEd</sub> 158      0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0      0

**P.to applicazione N**  
 Centro     Baricentro cls  
 Coord.[cm]    xN 0    yN 0

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C      C35/45

$\epsilon_{su}$  67.5 ‰       $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm²       $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm²       $f_{cd}$  19.83  
 $E_s/E_c$  15       $f_{cc}/f_{cd}$  0.8 ?  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 ‰       $\sigma_{c,adm}$  13.5  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²       $\tau_{co}$  0.8  
    $\tau_{c1}$  2.257

M<sub>xRd</sub> 184.7 kN m  
 $\sigma_c$  -19.83 N/mm²  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  24.67 ‰  
d 35 cm  
x 4.349    x/d 0.1243  
                  $\delta$  0.7

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re     Trapezi  
 a T       Circolare  
 Rettangoli     Coord.

**Sezione C.A.**  
File

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+     S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipo flessione**  
 Retta     Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd    Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm    Col. modello  
 Precompresso

**Titolo:** Pareti vasche Mzz

N° figure elementari: 1      N° strati barre: 2      Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	40

N°	As [cm²]	d [cm]
1	13.39	5
2	13.39	35

**Sollecitazioni**  
S.L.U.      Metodo n

N<sub>Ed</sub> 35      0 kN  
M<sub>xEd</sub> -158      0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0      0

**P.to applicazione N**  
 Centro     Baricentro cls  
 Coord.[cm]    xN 0    yN 0

**Tipo rottura**  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
B450C      C35/45

$\epsilon_{su}$  67.5 ‰       $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm²       $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm²       $f_{cd}$  19.83  
 $E_s/E_c$  15       $f_{cc}/f_{cd}$  0.8 ?  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 ‰       $\sigma_{c,adm}$  13.5  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²       $\tau_{co}$  0.8  
    $\tau_{c1}$  2.257

M<sub>xRd</sub> -184.7 kN m  
 $\sigma_c$  -19.83 N/mm²  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  24.67 ‰  
d 35 cm  
x 4.349    x/d 0.1243  
                  $\delta$  0.7

**Tipo Sezione**  
 Rettan.re     Trapezi  
 a T       Circolare  
 Rettangoli     Coord.

**Sezione C.A.**  
File

**Metodo di calcolo**  
 S.L.U.+     S.L.U.-  
 Metodo n

**Tipo flessione**  
 Retta     Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd    Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm    Col. modello  
 Precompresso

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
FIREPUMP STATION –RELAZIONE SPECIALISTICA– PREDIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE		Codice documento PG0282_F0.doc	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Rev</td> <td style="width: 50%;">Data</td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	Rev	Data	F0	20/06/2011
Rev	Data						
F0	20/06/2011						

elementi SENZA armature trasversali resistenti al taglio

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

bw	1000	mm
d	350	mm
Ac	400000	mm <sup>2</sup>
NEd	0	kN
σ <sub>cp</sub>	0.00	N/mm <sup>2</sup>
Asl	2680.00	mm <sup>2</sup>
k	1.76	
v <sub>min</sub>	0.41	
ρ <sub>l</sub>	0.008	

deve essere <0,2fcd 2.82

deve essere <2

deve essere <0,02

VRd =	197.02	kN
VSd =	111	kN

non è necessaria armatura per il taglio

Le verifiche risultano pertanto soddisfatte.