

## PROGETTO DEFINITIVO DIGA FORANEA



Tav.

Stato Progetto

**DEFINITIVO**

Rev. 01

Data

**Apr. 2014**

Scala

# DF

Descrizione

## Relazione tecnica

# R.01

Committente

**M.Y.R. Marsala Yachting Resort S.r.l.**

Via Favara 452/c bis- T. +39 0923 722319

**MyR**

Marsala Yachting Resort

Capo Progetto

**Ing. Massimo Ombra**

Ordine degli Ing. della Provincia di Trapani n° 1046

Timbro e Firma



Progettisti

Coordinamento gruppo di progettazione:

Ing. Francesco Di Noto

Ingegneria marittima / civile e studi ambientali:

Ing. Antonio D'Arrigo

Collaborazioni

Opere marittime:

Ing. Agostino La Rosa

Analisi strutturali e geotecniche:

Ing. Nicola Rustica

Impianti idrici:

Ing. Giovanni Berbiglia

Impianti elettrici e di illuminazione:

Ing. Pietro Infrerra / Ing. Massimo Brancatelli

Aspetti ambientali:

Ing. Domenico Mangano

Studi geologici e geotecnici:

Dott. Piero Merk Ricordi

*REGIONE SICILIANA*



*COMUNE DI MARSALA*

*Provincia di Trapani*



\*\*\*\*\*

## **PROGETTO DEL PORTO TURISTICO**

### **Marina di Marsala**

\*\*\*\*\*

**Committente: M.Y.R. Marsala Yachting Resort S.r.l**

\*\*\*\*\*

### **RELAZIONE TECNICA DIGA FORANEA**

\*\*\*\*\*

# INDICE

<b>1. GENERALITÀ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. DESCRIZIONE DELLE OPERE PREVISTE .....</b>	<b>2</b>
2.1.  PROLUNGAMENTO DEL MOLO DI LEVANTE (OPERA 1).....	2
2.1.1. <i>Prolungamento Diga Foranea – Tratto di testa (Opera 1b)</i> .....	3
2.1.2. <i>Prolungamento Diga Foranea – Tratto di radice (Opera 1c)</i> .....	5
2.1.3. <i>Prolungamento Diga Foranea – Raccordo con le banchine esistenti (Opera 1d)</i> .....	6
2.2.  DRAGAGGI .....	7
<b>3. ANALISI ESEGUITE .....</b>	<b>8</b>
3.1.  PREMESSA .....	8
3.2.  DIGA A PARETE VERTICALE CON CASSONI CELLULARI.....	8

## 1. GENERALITÀ

La presente relazione descrive le opere previste per la realizzazione del Prolungamento della Diga di Levante e dei Dragaggi nell'ambito del "***Progetto del Porto Turistico Marina di Marsala***".

La necessità di adeguare le strutture di banchina esistenti alla nuova configurazione portuale generale di progetto ha comportato la necessità di realizzare nuovi banchinamenti in ampliamento, adeguamento ed avanzamento dall'attuale molo di sottoflutto esistente (Molo di Levante).

Le esigenze di navigabilità del bacino portuale hanno poi comportato la necessità di realizzare alcune opere di dragaggio al fine di garantire l'accessibilità e la fruibilità alle varie zone in funzione della tipologia di natante prevista zona per zona.

Inoltre per delimitare l'area di pertinenza del marina è stato necessario prevedere la realizzazione di un molo di ridosso che garantisca i giusti livelli di agitazione interna all'interno del marina stessa.

## **2. DESCRIZIONE DELLE OPERE PREVISTE**

### **2.1. PROLUNGAMENTO DEL MOLO DI LEVANTE (OPERA 1)**

Come già descritto in premessa, per permettere la corretta fruizione del porto, è stato necessario prevedere il prolungamento del molo di Levante in parte esistente per il tratto di radice. In particolare è già stato realizzato un tratto di molo per uno sviluppo di circa 150 m completo di banchina cui segue un tratto di lunghezza di circa 120.00 m in cui è stato previsto sulla struttura esistente il prolungamento della banchina interna mediante la posa di cassoncini prefabbricati accostati. A partire da questo punto, il progetto prevede la realizzazione del nuovo molo che è costituito da un tratto (denominato 1C) in cui l'opera è prevista mediante la posa di cassoni posti sia sul lato esterno del molo che sul lato interno. Alla testata del tratto vengono posti due cassoni per la chiusura del tratto stesso. Tra i due cassoni il riempimento è previsto con il materiale di dragaggio. Il tratto centrale (Opera 1B) è caratterizzata da una fila di cassoni che in corrispondenza della testata sono raddoppiati per migliorare l'innesto con il tratto della diga a gettata e per permettere le manovre alla testa del molo. Nella sua redazione originaria, il presente progetto contemplava anche una scogliera da realizzarsi in testata al prolungamento di progetto del Molo di Levante. In esito alla Conferenza dei Servizi, tuttavia, tale scogliera (ex Opera 1A) è stata esclusa dalle opere a carico della M.Y.R. essendo stata inserita nella pianificazione del nuovo P.R.P. e pertanto non fa più parte delle opere di cui alla presente relazione.

Lo schema planimetrico dell'opera è riportato in Figura 1.



**Figura 1 – Planimetria generale di progetto per il Prolungamento della Diga Foranea**

2.1.1. PROLUNGAMENTO DIGA FORANEA – TRATTO DI TESTA (OPERA 1B)

Tratto terminale del banchinamento del Molo di Levante per gli attracchi RO-RO e RO-RO Cargo, realizzato con n.ro 9 Cassoni cellulari privi di mantellata disposti in sequenza per un numero di 7, mentre in corrispondenza dell'estremità del tratto si trovano 4 cassoni accostati per consentire una migliore movimentazione dei mezzi in corrispondenza della testata del molo (Figura 2). I Cassoni cellulari di Tipo A privi di mantellata previsti in questo tratto hanno le seguenti caratteristiche:

<b>Tipo A1</b>	Altezza complessiva:	7,50 ml
	Lunghezza fusto:	17,70 ml

	Larghezza fusto:	9,45 ml
	Mensole di fondazione:	su entrambi i lati
	Celle interne:	5*3 (fila interna forata)
	Profondità di imbasamento:	-7,00 ml
<b>Tipo A2</b>	Altezza complessiva:	7,50 ml
	Lunghezza fusto:	17,70 ml
	Larghezza fusto:	9,45 ml
	Mensole di fondazione:	sul solo lato interno
	Celle interne:	5*3 (fila interna forata)
	Profondità di imbasamento:	-7,00 ml
<b>Tipo A3</b>	Altezza complessiva:	7,50 ml
	Lunghezza fusto:	17,70 ml
	Larghezza fusto:	9,45 ml
	Mensole di fondazione:	sul solo lato esterno
	Celle interne:	5*3 (nessuna fila forata)
	Profondità di imbasamento:	-7,00 ml

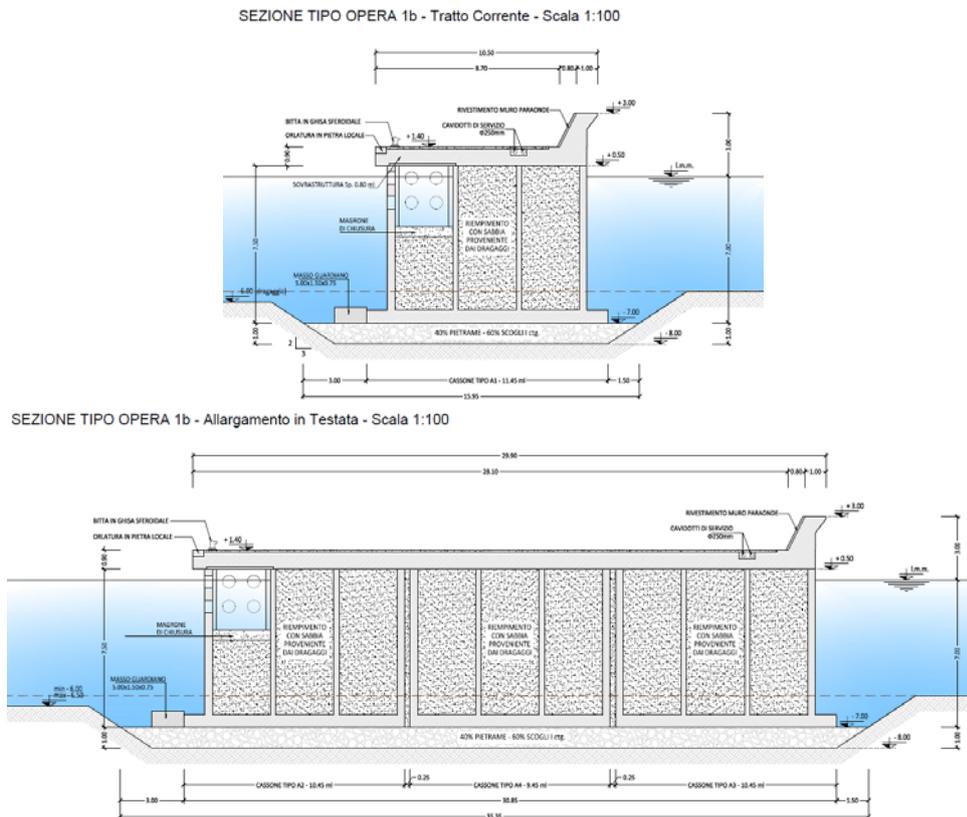


Figura 2 – Sezioni tipo prolungamento molo di Levante – Tratto di testa (tratto corrente e di testa)

Sui cassoni è posta una sovrastruttura di banchina dello spessore di 1.10 m e su questa, sul lato esterno del molo, è previsto il muro paraonde la cui sommità raggiunge quota +3.00 m s.l.m.m. Tale tratto ha uno sviluppo complessivo di circa 126,00 ml.

2.1.2. PROLUNGAMENTO DIGA FORANEA – TRATTO DI RADICE (OPERA 1C)

In proseguimento verso la radice del molo è previsto un tratto intermedio del banchinamento del Molo di Levante per gli attracchi RO-RO e RO-RO Cargo, realizzato con due file parallele di n.ro 6 cassoni cellulari di Tipo B1 (rivolti verso l'esterno del porto) e n.ro 6 cassoni cellulari di Tipo B2 (rivolti verso l'interno) disposti in allineamento, privi di mantellata. In corrispondenza della testata del tratto sono stati previsti 2 cassoni Tipo B3. Il volume compreso tra i cassoni cellulari sarà colmato con materiale proveniente dal dragaggio (Figura 3).

I cassoni sopra indicati avranno le seguenti caratteristiche:

<b>Tipo B1</b>	Altezza complessiva:	7,50 ml
	Lunghezza fusto:	17,70 ml
	Larghezza fusto:	6,45 ml
	Mensole di fondazione:	sul solo lato esterno
	Celle interne:	5*2 (nessuna fila forata)
	Profondità di imbasamento:	-7,00 ml
<b>Tipo B2</b>	Altezza complessiva:	7,50 ml
	Lunghezza fusto:	17,70 ml
	Larghezza fusto:	6,45 ml
	Mensole di fondazione:	sul solo lato interno
	Celle interne:	5*2 (fila interna forata)
	Profondità di imbasamento:	-7,00 ml
<b>Tipo B3</b>	Altezza complessiva:	7,50 ml
	Lunghezza fusto:	10,80 ml
	Larghezza fusto:	6,45 ml
	Mensole di fondazione:	assenti
	Celle interne:	3*2 (fila interna forata)
	Profondità di imbasamento:	-7,00 ml

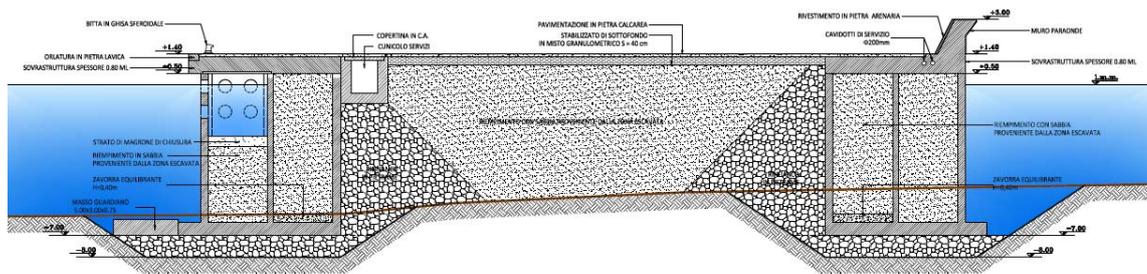


Figura 3 – Sezione prolungamento molo di Levante – Tratto di radice

Tale tratto ha uno sviluppo complessivo di circa 120,00 ml.

### 2.1.3. PROLUNGAMENTO DIGA FORANEA – RACCORDO CON LE BANCHINE ESISTENTI (OPERA 1D)

Tratto di radice del banchinamento del Molo di Levante per l'attracco di aliscafi e minicrociere realizzato in allargamento del tratto di testa dell'attuale molo di Levante, previa parziale demolizione delle strutture esistenti, attraverso la collocazione di cassoncini prefabbricati impilabili in c.a. di Tipo C1 (Figura 4), aventi le seguenti caratteristiche:

<b>Tipo C1</b>	Altezza complessiva:	5,50 ml
	Lunghezza fusto:	6,35 ml
	Larghezza fusto:	3,80 ml
	Mensole di fondazione:	su entrambi i lati
	Celle interne:	2*1 (forate)
	Profondità di imbasamento:	-5,00 ml

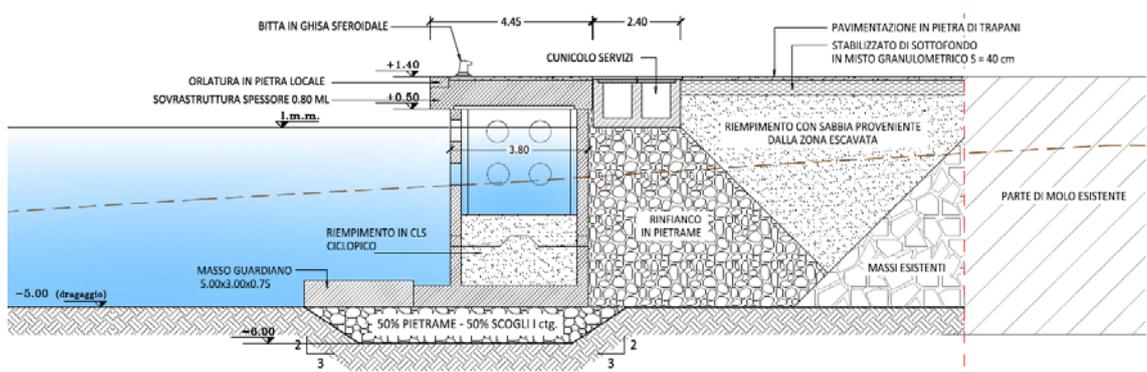


Figura 4 – Sezione prolungamento molo di Levante – Tratto di raccordo con le banchine esistenti

Il volume compreso tra i cassoni cellulari e le strutture esistenti sarà colmato con

materiale proveniente dal dragaggio. Tale tratto ha uno sviluppo complessivo di circa 121,00 ml.

## 2.2. DRAGAGGI

Per realizzare la piena utilizzazione del porto occorre prevedere il dragaggio di alcune aree. In particolare si prevede in corrispondenza del lato interno del molo di sopraflutto il dragaggio di una vasta area fino alla -6.00 m s.l.m.m. in modo da garantire la piena navigabilità del canale di accesso. Sempre in corrispondenza del canale di accesso si prevede il dragaggio di due aree poste in adiacenza alle banchine interne del molo di Levante. Tale dragaggio è previsto fino alla profondità di -6.00 m s.l.m.m.

In corrispondenza della radice del molo di Levante è stato previsto un dragaggio fino alla profondità di -5.00 m s.l.m.m.. Infine è stato previsto, nel piano dei dragaggi, un'area posta in corrispondenza dell'ingresso del marina a quota -4.00 m s.l.m.m.

La planimetria di dragaggio è riportata in Figura 5.



Figura 5 – Planimetria generale con indicazione delle aree di dragaggio

### 3. ANALISI ESEGUITE

#### 3.1. PREMESSA

Nei paragrafi seguenti si sintetizzano le analisi svolte per il dimensionamento e la verifica idraulica, geotecnica e strutturale delle opere descritte nel capitolo precedente.

#### 3.2. DIGA A PARETE VERTICALE CON CASSONI CELLULARI

Per i banchinamenti previsti con cassoni cellulari si sono innanzitutto eseguite le verifiche di galleggiamento per le tipologie da realizzare in bacini di carenaggio fuori opera e per garantirne la navigabilità e la collocazione in opera in condizioni di sicurezza.

Di seguito sono sintetizzate le grandezze caratteristiche che descrivono la modalità di galleggiamento per ciascun tipo di cassone, ovvero l'eventuale presenza di zavorra equilibrante (materiale ed altezza) per quelli non simmetrici (asimmetrie nelle mensole di base, nello spessore delle pareti, ecc.), di zavorra stabilizzante per migliorare la sicurezza in fase di trasporto via mare con le rispettive altezze metacentriche che, per il rispetto di suddette condizioni di sicurezza, devono risultare maggiori di 0,50 ml, ed infine il franco affiorante ed il corrispondente pescaggio al trasporto:

- |           |  |  |
|-----------|--|--|
| ▪ Tipo A1 | $h_{\text{equil}} = 0,000 \text{ ml}$              | zavorra equilibrante in cls ciclopico  |
|           | $h_{\text{stab}} = 0,000 \text{ ml}$               | zavorra stabilizzante in cls ciclopico |
|           | $Z_m - Z_g = 1,11 \text{ ml} \geq 0,50 \text{ ml}$ | altezza metacentrica al trasporto      |
|           | $H_{\text{aff}} = 2,299 \text{ ml}$                | franco affiorante al trasporto         |
|           | $H_{\text{pesc}} = 5,201 \text{ ml}$               | pescaggio al trasporto                 |
| ▪ Tipo A2 | $h_{\text{equil}} = 0,252 \text{ ml}$              | zavorra equilibrante in cls ciclopico  |
|           | $h_{\text{stab}} = 0,000 \text{ ml}$               | zavorra stabilizzante in cls ciclopico |
|           | $Z_m - Z_g = 1,16 \text{ ml} \geq 0,50 \text{ ml}$ | altezza metacentrica al trasporto      |
|           | $H_{\text{aff}} = 2,235 \text{ ml}$                | franco affiorante al trasporto         |
|           | $H_{\text{pesc}} = 5,265 \text{ ml}$               | pescaggio al trasporto                 |
| ▪ Tipo A3 | $h_{\text{equil}} = 0,252 \text{ ml}$              | zavorra equilibrante in cls ciclopico  |

	$h_{stab} = 0,000 \text{ ml}$	zavorra stabilizzante in cls ciclopico
	$Z_m - Z_g = 1,16 \text{ ml} \geq 0,50 \text{ ml}$	altezza metacentrica al trasporto
	$H_{aff} = 2,235 \text{ ml}$	franco affiorante al trasporto
	$H_{pesc} = 5,265 \text{ ml}$	pescaggio al trasporto
▪ Tipo B1	$h_{equil} = 0,382 \text{ ml}$	zavorra equilibrante in cls ciclopico
	$h_{stab} = 0,000 \text{ ml}$	zavorra stabilizzante in cls ciclopico
	$Z_m - Z_g = 0,64 \text{ ml} \geq 0,50 \text{ ml}$	altezza metacentrica al trasporto
	$H_{aff} = 1,708 \text{ ml}$	franco affiorante al trasporto
	$H_{pesc} = 5,792 \text{ ml}$	pescaggio al trasporto
▪ Tipo B2	$h_{equil} = 0,382 \text{ ml}$	zavorra equilibrante in cls ciclopico
	$h_{stab} = 0,000 \text{ ml}$	zavorra stabilizzante in cls ciclopico
	$Z_m - Z_g = 0,64 \text{ ml} \geq 0,50 \text{ ml}$	altezza metacentrica al trasporto
	$H_{aff} = 1,708 \text{ ml}$	franco affiorante al trasporto
	$H_{pesc} = 5,792 \text{ ml}$	pescaggio al trasporto
▪ Tipo B3	$h_{equil} = 0,000 \text{ ml}$	zavorra equilibrante in cls ciclopico
	$h_{stab} = 0,150 \text{ ml}$	zavorra stabilizzante in cls ciclopico
	$Z_m - Z_g = 0,53 \text{ ml} \geq 0,50 \text{ ml}$	altezza metacentrica al trasporto
	$H_{aff} = 1,704 \text{ ml}$	franco affiorante al trasporto
	$H_{pesc} = 5,796 \text{ ml}$	pescaggio al trasporto

Dalle risultanze dei calcoli di galleggiamento dei cassoni risulta che tutte le tipologie adottate sono in grado di navigare in condizioni di stabilità ( $Z_m - Z_g \geq 0,50$  sempre), che gli unici cassoni che necessitano di zavorre equilibranti sono quelli con mensole di base asimmetriche e che l'unica tipologia che necessita di zavorra stabilizzante è la Tipo B3. Le verifiche geotecniche e strutturali delle opere sono state eseguite con riferimento alle condizioni di esercizio in opera dei manufatti previsti, con riferimento particolare all'interazione con il moto ondoso in prossimità delle dighe a parete verticale, oltre che alle altre forzanti statiche, pseudostatiche e sismiche presenti.

Le azioni considerate sulle strutture di banchina sono:

- peso proprio;

- sottopressione idraulica alla base;
- pressione idrostatica sulle pareti orizzontali;
- spinta del terrapieno;
- sovraccarico accidentale;
- moto ondoso sulla parete verticale (Sainflou)
- sottopressione dinamica alla base;
- azione sismica sulla struttura;
- azione sismica dovuta al terrapieno;
- azione sismica dovuta alla presenza dell'acqua;
- tiro alla bitta.

secondo la schematizzazione riportata nella Tabella 1:

<b>CASSONE TIPO</b>	<b>TIPO (CAT.) AZIONE</b>	<b>A1 (A2,A3)</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>B3</b>	<b>C1</b>
<b>CARICHI</b>						
Peso proprio	$G_1$	SI	SI	SI	SI	SI
Carichi permanenti	$G_{2p}^*$	SI	SI	SI	SI	SI
sottopressione idraulica verticale alla base	$G_{2IV1}^*$	SI	SI	SI	SI	SI
pressione idrostatica sulle pareti orizzontali	$G_{2IV2}^*$	SI	SI	SI	SI	SI
spinta orizzontale dovuta al terrapieno	$G_{2tH}^*$	-	SI	SI	SI	SI
sovraccarico accidentale	$Q_{k1} (G)$	4,00 t	4,00 t	4,00 t	4,00 t	2,00 t
tiro alla bitta	$Q_{k2} (G)$	5 t/m	-	5 t/m	-	1 t/m
moto ondoso (Sainflou)	$Q_{k3 dSH}$	SI (cresta e cavo)	SI (cavo)	SI (cavo)	SI (cavo)	-
sottopressione dinamica alla base (Sainflou)	$Q_{k2 sv}$	SI (cresta e cavo)	SI (cavo)	SI (cavo)	SI (cavo)	-
azione sismica sulla struttura	$E_s$	SI	SI	SI	SI	SI
azione sismica dovuta al terrapieno	$E_t$	-	SI	SI	SI	SI
azione sismica dovuta alla presenza dell'acqua	$E_w$	SI	SI	SI	SI	SI

**Tabella 1 – Azioni sui differenti tipi di cassone adottati  
( $G_2^*$  sono carichi permanenti compiutamente definiti)**

I calcoli geotecnici e di stabilità dei cassoni sono stati condotti nell'ipotesi di strutture

assimilabili a muri di sostegno di tipo rigido a gravità, come suggerito nel § 6.5.3.1.1 del D.M. 14/01/2008. In particolare, le verifiche condotte sono articolate come di seguito riassunto, in accordo ai §§ 6.5.3.1.1 e 7.11 delle NTC08:

#### VERIFICHE PER SLU STATICI

- Verifica di capacità portante del terreno di sedime (tipo GEO):
  - Coefficienti sulle azioni: tipo A2
  - Coefficienti sul terreno tipo M2
  - Coefficienti di sicurezza tipo  $R2 = 1,00$  (tab. 6.5.I NTC 08)
- Verifica allo scorrimento sul piano di imbasamento (tipo GEO):
  - Coefficienti sulle azioni: tipo A2
  - Coefficienti sul terreno tipo M2
  - Coefficienti di sicurezza tipo  $R2 = 1,00$  (tab. 6.5.I NTC 08)
- Verifica al ribaltamento del manufatto (tipo EQU):
  - Coefficienti sulle azioni: tipo EQU
  - Coefficienti sul terreno tipo M2
  - Coefficienti di sicurezza 1,00

#### VERIFICHE PER SLU SISMICI

- Verifica di capacità portante del terreno di sedime (tipo GEO):
  - Coefficienti sulle azioni: Unitari
  - Coefficienti sul terreno tipo M2
  - Coefficienti di sicurezza tipo  $R2 = 1,00$  (tab. 6.5.I NTC 08)
- Verifica allo scorrimento sul piano di imbasamento (tipo GEO):
  - Coefficienti sulle azioni: Unitari
  - Coefficienti sul terreno tipo M2
  - Coefficienti di sicurezza tipo  $R2 = 1,00$  (tab. 6.5.I NTC 08)
- Verifica al ribaltamento del manufatto (tipo EQU):
  - Coefficienti sulle azioni: Unitari
  - Coefficienti sul terreno tipo M2
  - Coefficienti di sicurezza 1,00

Nelle combinazioni di calcolo, differenziate per ciascun tipo di verifica condotta, si è inoltre tenuta in considerazione, con gli opportuni coefficienti di cui alle tabelle 6.2.I,

6.2.III e 6.2.IV delle NTC08, tanto degli effetti favorevoli quanto di quelli sfavorevoli di ciascuna delle azioni elementari considerate, nonché della tabella 2.5.I per i coefficienti di contemporaneità delle azioni, assimilando le azioni dei sovraccarichi alla Cat. C (ambienti suscettibili di affollamento) e le azioni di moto ondoso e di tiro alla bitta alla tipologia Vento.

Tutte le verifiche condotte hanno dato coefficienti di sicurezza adeguati e rispondenti ai requisiti di normativa.