



# AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE DELLO STRETTO

## LAVORI DI AMPLIAMENTO BANCHINE MARCONI, PELORO E RIZZO DEL PORTO DI MESSINA

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA



SCALA:

-

17

006

PR

007

-0

GEN

ELAB./TAV.:

R07

TITOLO:

RELAZIONE SISMICA E SULLE STRUTTURE

PROGETTAZIONE:

Capogruppo Mandataria:



Dott. Ing. Marco Tartaglia

Mandante:



Dott. Ing. Niccolò Saraca

Mandante:



Dott. Ing. Antonino Sutera

Mandante:



3TI PROGETTI ITALIA  
INGEGNERIA INTEGRATA S.p.A.  
Lgt. V. Gassman 22, 00146 ROMA - ITALIA  
tel +39 0655301518 fax +39 0655301522  
www.3tiprogetti.it - info@3tiprogetti.it

Dott. Ing. Alfredo Ingletti

REVISIONI

0

04/12/2020

EMISSIONE

REV. n°

DATA

MOTIVAZIONE

R.U.P.:

Ing. Massimiliano MACCARONE

VISTI/APPROVAZIONI:

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento delle banchine Marconi, Peloro e Rizzo del porto di Messina”	Titolo elaborato: Relazione sismica e sulle strutture					
	Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Data: 04 dicembre 2020					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	17	006	PR	007	-0	GEN

## **AUTORITA’ DI SISTEMA PORTUALE DELLO STRETTO**

### **“Lavori d’ampliamento delle banchine Marconi, Peloro e Rizzo del Porto di Messina”**

#### **Progetto di fattibilità Tecnica ed Economica**

#### **Relazione sismica e sulle strutture**

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento delle banchine Marconi, Peloro e Rizzo del porto di Messina” Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione sismica e sulle strutture					
		Data: 04 dicembre 2020					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	17	006	PR	007	-0	GEN

## Indice

1	Premessa .....	1
1.1	Descrizione dell’intervento in progetto .....	1
2	Documenti di riferimento.....	5
2.1	Normativa.....	5
2.2	Elaborati e documenti .....	5
3	Caratterizzazione geotecnica dei terreni .....	6
3.1	Inquadramento geologico dell’area .....	6
3.2	Piano di indagine .....	6
3.3	Sintesi del modello geotecnico .....	7
4	Azione sismica di progetto .....	8
4.1	Vita nominale, classe d’uso e periodo di riferimento .....	8
4.2	Stati Limite di progetto .....	8
4.3	Categoria di sottosuolo e amplificazione stratigrafica.....	8
4.3.1	Prova Down – Hole nel sondaggio S4.....	10
4.4	Parametri degli spettri elastici di progetto .....	11
4.5	Stima della magnitudo attesa per il sito di studio.....	15
5	Verifica a liquefazione.....	17
5.1	Metodi semi – empirici per la verifica a liquefazione .....	17
5.1.1	Metodo di Seed e Idriss (1982) .....	17
5.1.2	Metodo di Finn (1985).....	19
5.1.3	Metodo di Cortè (1985).....	19
5.1.4	Verifica a liquefazione del sito .....	20
6	Conclusioni .....	24

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento delle banchine Marconi, Peloro e Rizzo del porto di Messina” Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione sismica e sulle strutture					
		Data: 04 dicembre 2020					
Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto		17	006	PR	007	-0	GEN

## 1 Premessa

La presente relazione ha lo scopo di definire l’azione sismica di progetto del sito di intervento nell’ambito del Progetto di fattibilità tecnico – economica per l’ampliamento delle banchine Marconi, Peloro e Rizzo. Il presente progetto fa seguito all’Adeguamento Tecnico Funzionale redatto dallo Scrivente RTP, adottato dal Comitato Portuale con Delibera n. 32 del 05-07-2018, che ha ricevuto il parere favorevole del CS.LL.PP con voto n. 20/2019 reso nel corso dell’adunanza del 26 luglio 2019. Con DDG N.76 del 13 luglio 2020 l’Assessorato Regionale TT.A. della Regione Sicilia ha approvato l’ATF completandone l’iter autorizzativo.

### 1.1 Descrizione dell’intervento in progetto

Le banchine esistenti interessate dall’intervento sono in parte del tipo “a giorno” (banchina Marconi) e per la restante parte del tipo a cassoni “a pressione” (banchina Peloro). Le banchine sono state oggetto in passato di un intervento di consolidamento fondazionale e di ripristino degli impalcati in c.a.

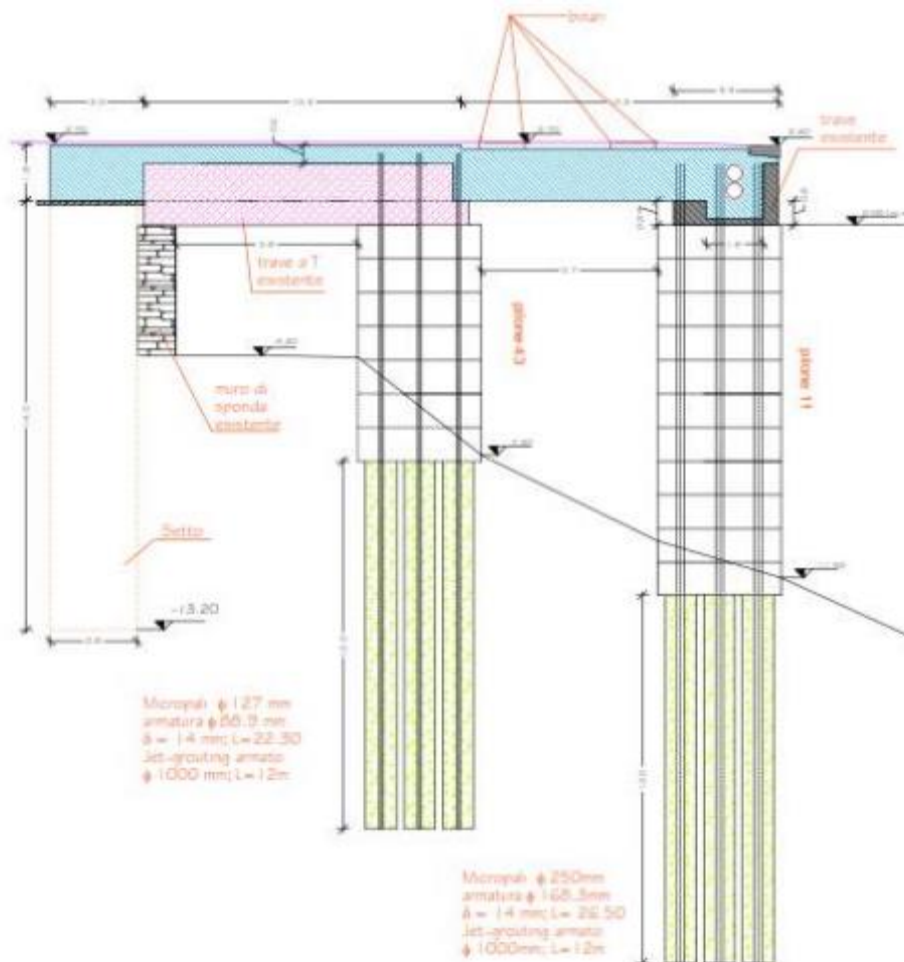


Figura 1: Sezione tipo banchina Marconi – Stato di fatto

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento delle banchine Marconi, Peloro e Rizzo del porto di Messina” Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione sismica e sulle strutture					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	Data: 04 dicembre 2020					
		17	006	PR	007	-0	GEN

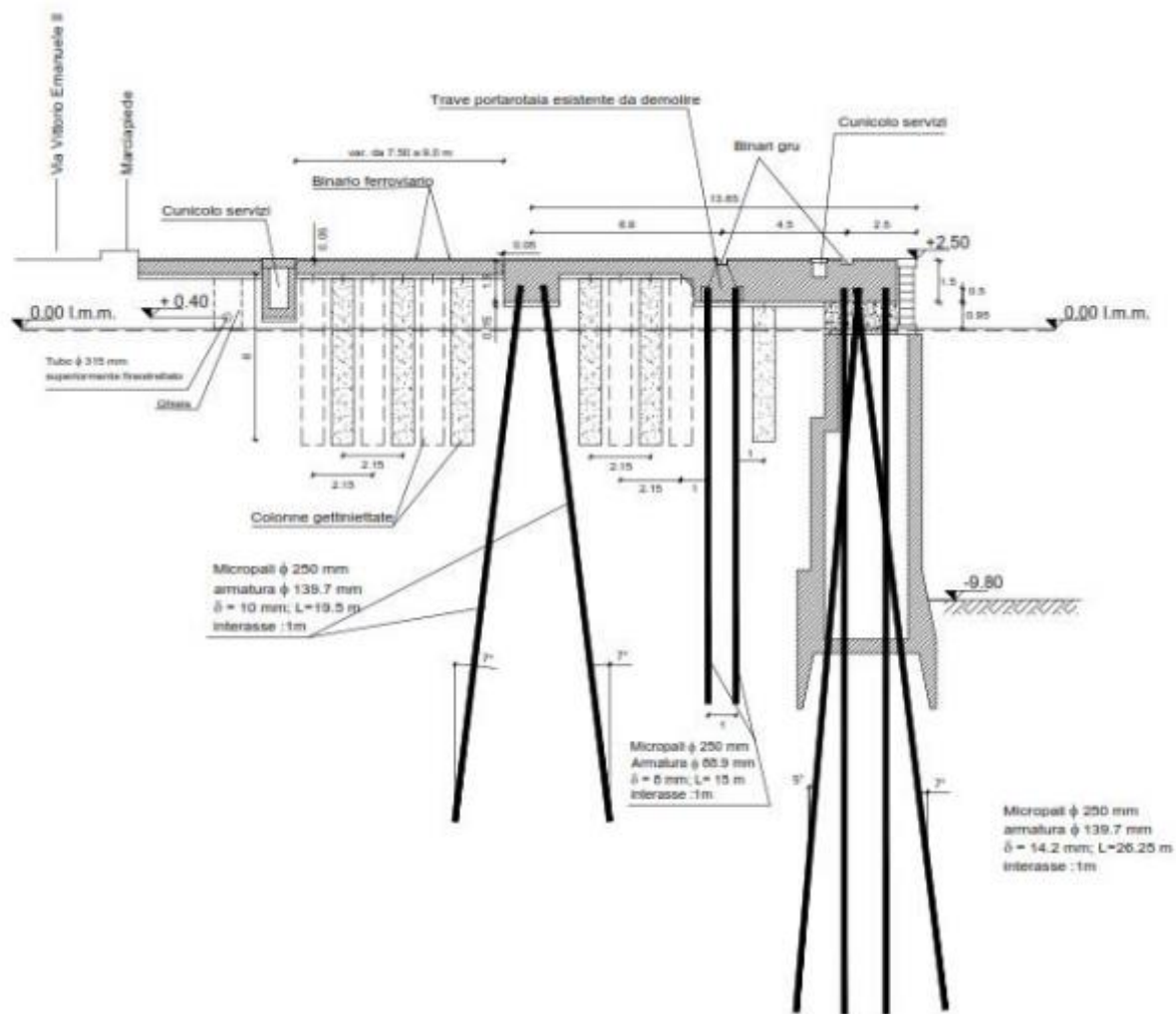


Figura 2: Sezione tipo banchina Peloro – Stato di fatto

Le analisi condotte hanno permesso di individuare la soluzione ottimale in termini di fattibilità dell’opera e, al contempo, di minimizzazione delle interferenze sulle opere esistenti. Nello specifico, la soluzione prescelta consiste nella realizzazione di una nuova banchina a giorno su pali di grande diametro ( $\phi=1200$  mm).

I pali trivellati in c.a. saranno gettati con camicia metallica secondo una maglia rettangolare ad interasse pari a circa 9 m in direzione parallela al fronte di accosto e 5.65 m ca. nella direzione perpendicolare. Sulla sommità dei pali verranno realizzati dei pulvini a pianta quadrata sui quali poggeranno le travi prefabbricate tipo PREM che costituiscono la struttura portante dell’impalcato. Superiormente le travi saranno collegate da una soletta di c.a. gettata in opera che costituirà il piano di calpestio della nuova opera. Lungo i bordi che segnano il contatto con le due banchine esistenti è prevista la realizzazione di un giunto di dimensioni tali da evitare, sia in condizioni sismiche che nelle fasi di esercizio (ad es. urto della nave), il martellamento tra le due strutture. L’intervento è completato con la realizzazione della pavimentazione, rete di raccolta delle acque meteoriche, cunicoli per il passaggio dei servizi e posa in opera dei dispositivi di accosto ed ormeggio della nuova banchina.

L’intervento previsto è rappresentato planimetricamente nella successiva Figura 3; in Figura 4 e Figura 5 è mostrata una sezione dell’intervento in progetto.

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento delle banchine Marconi, Peloro e Rizzo del porto di Messina” Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione sismica e sulle strutture					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	Data: 04 dicembre 2020					
		17	006	PR	007	-0	GEN



Figura 3: Foto aerea del Porto di Messina – Ipotesi d’ampliamento delle banchine esistenti

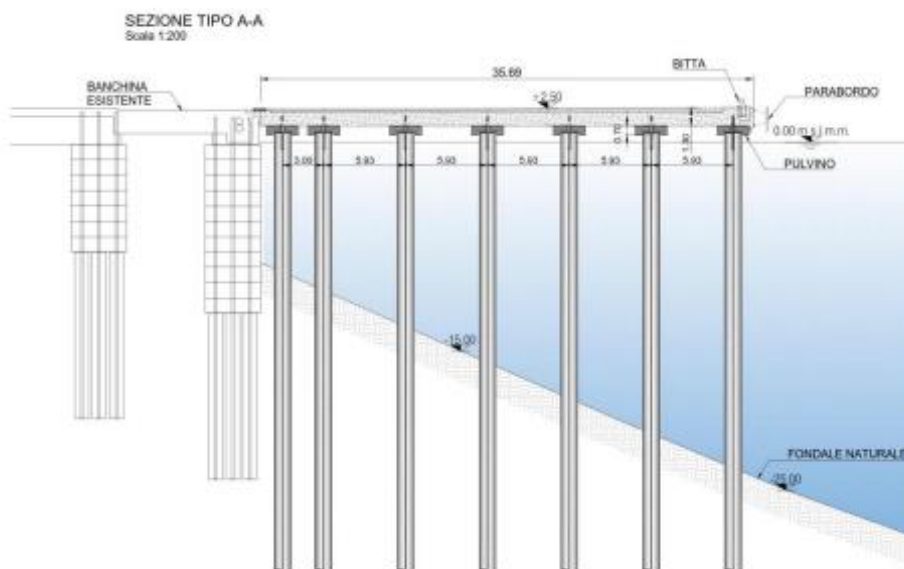


Figura 4: Sezione tipo A – A – Stato di progetto ampliamento della banchina esistente

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento delle banchine Marconi, Peloro e Rizzo del porto di Messina” Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione sismica e sulle strutture					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	Data: 04 dicembre 2020					
		17	006	PR	007	-0	GEN

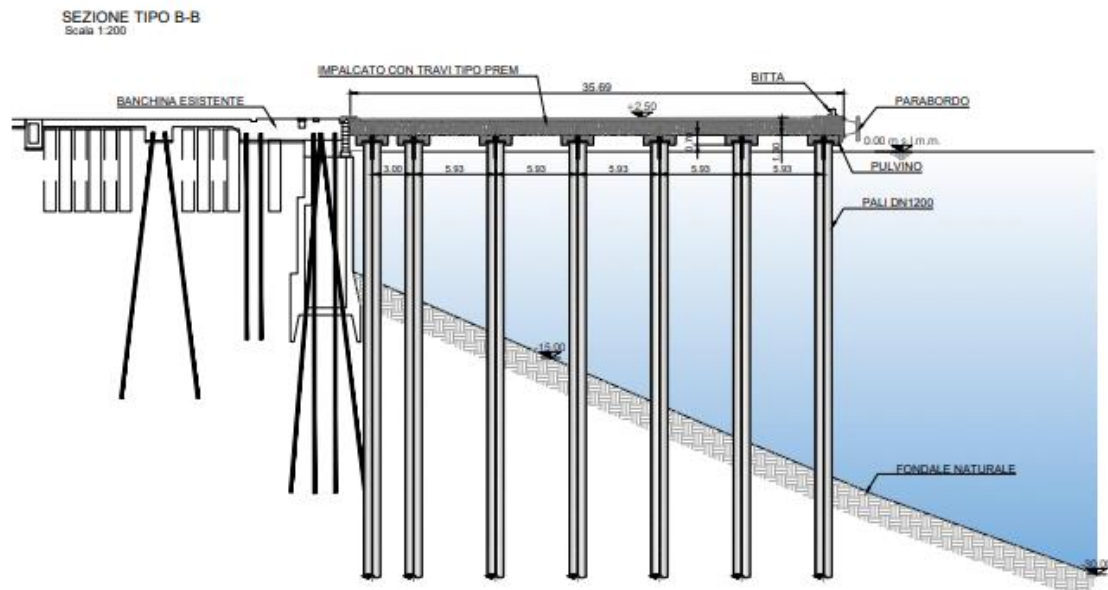


Figura 5: Sezione tipo B - B – Stato di progetto ampliamento della banchina esistente

A partire dal modello geotecnico (rif. Relazione geotecnica – Elab. [5]) e dei dati disponibili dalle campagne di indagine geognostica e geofisica, è stata definita l’azione sismica di progetto in accordo alla Normativa vigente (NTC 2018). Inoltre, mediante i risultati delle prove SPT si è proceduto al calcolo del potenziale di liquefazione dei terreni individuati nel sottosuolo mediante indagini dirette e indirette.

Per l’analisi del rischio di liquefazione dei terreni, coerentemente alle conoscenze acquisite mediante la letteratura tecnica, sono stati considerati gli strati sabbiosi rinvenuti entro una profondità di 15 m ca. dal p.c. Pertanto, nelle valutazioni ivi riportate nella relazione in oggetto sono stati utilizzati i dati estrapolati dalla campagna di indagini geognostica banchina 1° settembre.

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento delle banchine Marconi, Peloro e Rizzo del porto di Messina” Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione sismica e sulle strutture					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	Data: 04 dicembre 2020					
		17	006	PR	007	-0	GEN

## 2 Documenti di riferimento

### 2.1 Normativa

- [1] Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 17/01/2018 - G.U. n° 08 del 20.02.2018).
- [2] Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”. Circolare N. 7 del C.S.LL.PP. - 21/01/2019.

### 2.2 Elaborati e documenti

La caratterizzazione geotecnica dei terreni è redatta con riferimento ai seguenti elaborati del presente PFTE:

- [3] 17 006 PR 001 \_0 GEN\_ ANALISI DELLE ALTERNATIVE
- [4] 17 006 PT 001 \_0 PLA\_ SOLUZIONE 1
- [5] 17 006 PR 005 -0 GEO\_RELAZIONE GEOTECNICA

Di seguito sono elencati ulteriori documenti a cui si è fatto riferimento all’interno della relazione in oggetto

- [6] 049\_Ger021\_00\_Relazione Geologica per il progetto esecutivo del Nuovo Terminal Passeggeri del Porto di Messina
- [7] Verbale di accettazione N. 06/A del 14/05/2013. Indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in sito. Affidamento delle indagini volte alla caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni della banchina I° settembre nel Porto Messina.
- [8] Rapporto di prova N. 0913. Indagini sismiche Down Hole. Indagini volte alla caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni della banchina I° settembre nel Porto Messina.
- [9] Certificati di prova dal N. 5633 al N. 5644/2013 e dal N. 5665 al N. 5675. Prove geotecniche di laboratorio su terre. Caratterizzazione geotecnica progetto rettifica banchina I° settembre nel Porto di Messina.



Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento delle banchine Marconi, Peloro e Rizzo del porto di Messina” Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione sismica e sulle strutture					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	Data: 04 dicembre 2020					
		17	006	PR	007	-0	GEN

### 3 Caratterizzazione geotecnica dei terreni

#### 3.1 Inquadramento geologico dell’area

L’area di intervento è ubicata nella parte centrale della vasta area portuale di Messina al margine orientale del tessuto urbano della città in corrispondenza delle attuali banchine Marconi, Peloro e Rizzo (Figura 6). Si tratta di un’area di intensa urbanizzazione caratterizzata da una morfologia sub-pianeggiante il cui assetto è stato modificato negli anni dall’azione antropica con consistenti opere di sbancamento e rinterro, senza tuttavia alterare l’equilibrio generale della costa.



Figura 6: Vista aerea del sito di progetto (da Google Earth)

Dal punto di vista geologico, l’intera fascia portuale risulta costituita da depositi clastici noti come “Sabbie e Ghiaie di Messina” ascrivibili all’epoca del Miocene medio – Quaternario su cui poggiano a loro volta i depositi marini terrazzati di età pleistocenica ed i depositi di piana litorale. Nello specifico, così come evidenziato nei sondaggi geognostici, nell’area in esame si riscontrano i depositi di origine fluviale costituiti in prevalenza da sabbie ben classate, sabbie limose e limi molto sabbiosi.

#### 3.2 Piano di indagine

Per la caratterizzazione stratigrafica e geotecnica del sito di progetto si rimanda all’elaborato [6]. Per l’analisi del rischio liquefazione si è fatto riferimento ai risultati della campagna di indagine eseguita a supporto del progetto di rettifica della banchina 1° settembre (elaborati [7], [8], [9]) che comprende:

- Quattro sondaggi a carotaggio continuo (denominati S1-S2-S3-S4) di profondità variabile dai 15 m ai 35 m;
- Prove penetrometriche dinamiche (SPT);
- Prova sismica in foro Down – Hole nel sondaggio S4;
- Prove geotecniche di laboratorio su provini indisturbati.

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento delle banchine Marconi, Peloro e Rizzo del porto di Messina” Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione sismica e sulle strutture					
		Data: 04 dicembre 2020					
Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto		17	006	PR	007	-0	GEN



Figura 7: Planimetria sondaggi geognostici

### 3.3 Sintesi del modello geotecnico

Il modello stratigrafico di riferimento risulta così sintetizzabile:

- **Strato di banchina.** Si tratta delle opere in c.a. delle strutture di impalcato e pavimentazione delle banchine portuali.
- **Riporti eterogenei ed eterometrici [Rp].** Si tratta di materiali di origine antropica, estremamente eterogenei in termini granulometrici e strutturali.
- **Sabbie di colore grigio scuro [Sg].** Si tratta di sabbie ghiaiose da poco a mediamente limose, frequentemente alternate da ciottoli di dimensioni anche decimetriche.
- **Sabbie medio – fini di colore grigio – scuro [Sb].** Si tratta dello strato in posto appartenente ai depositi della piana litorale; la formazione di base è rappresentata principalmente da sabbie limose e sabbie ghiaiose.

In Tabella 1 sono riepilogati i parametri fisico – meccanici delle unità geotecniche individuate nel precedente modello geologico di riferimento.

SINTESI MODELLO GEOTECNICO DI PROGETTO								
Strato	U.G.	$\gamma_N$ [k/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{SAT}$ [k/m <sup>3</sup> ]	$E'$ [MPa]	$\nu$	$c'$ [kPa]	$\phi'$ [°]	$\psi$ [°]
1	Banchina in c.a.	-	-	-	-	-	-	-
2	Rp	-	-	-	-	-	-	-
3	Sg	21.70	21.70	30	0.35	5	30	5
4	Sb	18.50	19.00	50	0.35	0	35	5

Tabella 1: Modello geotecnico di progetto

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento delle banchine Marconi, Peloro e Rizzo del porto di Messina” Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione sismica e sulle strutture					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	Data: 04 dicembre 2020					
		17	006	PR	007	-0	GEN

## 4 Azione sismica di progetto

### 4.1 Vita nominale, classe d’uso e periodo di riferimento

La vita nominale di un’opera strutturale  $V_N$  è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. Le costruzioni in oggetto sono classificabili, secondo il DM 2018, come "Opera ordinaria, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale", per la quale viene prevista una vita nominale  $\geq 50$  anni (rif. NTC 2018 - Tab. 2.4.I - § 2.4.1).

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, la costruzione è definita di Classe II, ossia “Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l’ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l’ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d’uso III o in Classe d’uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.”

L’azione sismica di progetto è valutata a partire dai seguenti parametri:

Vita nominale	$V_N=50$ anni (opera di importanza ordinaria)
Classe d’uso	II
Coefficiente d’uso	$C_U = 1$
Vita di riferimento	$V_R = V_N \cdot C_U = 50$ anni

### 4.2 Stati Limite di progetto

Gli Stati limite di riferimento presi in considerazione per l’azione sismica di progetto sono:

- Stato limite di salvaguardia della vita SLV;
- Stato limite di danno SLD.

Per ciascun Stato Limite viene ricavato il periodo di ritorno dell’azione sismica di progetto nota la probabilità di accadimento  $PVR$  e la vita di riferimento  $V_R$ :

$$T_R = \frac{-V_R}{\ln(1 - PVR)}$$

con

$PVR=10\%$	SLV
$PVR=63\%$	SLD

### 4.3 Categoria di sottosuolo e amplificazione stratigrafica

L’azione sismica di progetto sul sito di progetto deve tener conto dell’effetto di amplificazione stratigrafico e topografico mediante specifiche analisi di risposta sismica locale. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano riconducibili alle categorie definite in

Tabella 2, si ricorre all’approccio semplificato previsto dalla Normativa sulla base della classificazione del

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento delle banchine Marconi, Peloro e Rizzo del porto di Messina” Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione sismica e sulle strutture					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	Data: 04 dicembre 2020					
		17	006	PR	007	-0	GEN

sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio “ $V_s$ ”. I valori delle  $V_s$  sono ottenuti mediante specifiche prove, oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all’approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dalla seguente espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

dove

- $h_i$  spessore dell’i-esimo strato;
- $V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio nell’i-esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato.

Il substrato viene definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s. Per le fondazioni su pali, la profondità del substrato è riferita a partire dalla quota testa pali.

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tabella 2: Categorie di sottosuolo per l’analisi di risposta sismica semplificata  
(Rif. Tab. 32.II – NTC 2018)

Per sottosuolo di categoria A, i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  per la definizione dell’amplificazione stratigrafica sono uguali a 1. Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E, i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  possono essere calcolati in funzione dei valori di  $F_0$  e  $T_c^*$  relativi al sottosuolo di categoria A mediante le espressioni fornite in Tabella 3, nelle quali  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  e  $T_c^*$  è espresso in secondi.

Categoria di sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T_c^*)^{-0.20}$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T_c^*)^{-0.33}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T_c^*)^{-0.5}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_c^*)^{-0.40}$

Tabella 3. Valori dei coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  (Rif. Tab. 3.2.IV – NTC 2018)

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento delle banchine Marconi, Peloro e Rizzo del porto di Messina” Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione sismica e sulle strutture					
		Data: 04 dicembre 2020					
Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto		17	006	PR	007	-0	GEN

Per tener conto delle condizioni topografiche si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati in Tabella 4 in funzione delle categorie topografiche e dell’ubicazione dell’opera o dell’intervento. La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l’altezza del pendio o del rilievo, dalla sommità o dalla cresta fino alla base, dove  $S_T$  assume valore unitario.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 4. Categoria topografica del sito (Rif. Tab. 32.III – NTC 2018)

Categoria Topografica	Ubicazione dell’opera	$S_T$
T1	-	1.0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

Tabella 5. Valori del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  (Rif. Tab. 2.V – NTC 2018)

#### 4.3.1 Prova Down – Hole nel sondaggio S4

Al fine di individuare la categoria del sottosuolo si è fatto riferimento ai risultati della prova DH eseguita nel foro di sondaggio S4. Non avendo intercettato nell’ambito delle profondità indagate ( $H=35\text{m}$ ) il bedrock sismico ( $V_s > 800 \text{ m/s}$ ), la NTC 2018 prescrive di assumere una profondità dello stesso pari a 30 m per il calcolo delle velocità di taglio equivalenti. Sulla base delle  $V_{s,eq}$  si è riscontrata una classe di sottosuolo di tipo C (Tabella 6).

PROGETTO ESECUTIVO NUOVO TERMINAL PASSEGERI												
PIANO DI INDAGINI GEOFISICHE - PROVE SISMICHE IN FORO DOWN - HOLE												
Strato	U.G.	$z_1$ [m]	$z_2$ [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$V_p$ [m/s]	$V_s$ [m/s]	$\nu$	$G_0$ [MPa]	$E_0$ [MPa]	$K$ [MPa]	$V_{s,eq}$ [m/s]	Cat. Suolo
1	Banchina	0	1	2212	-	-	-	-	-	-	244	C
2	Rp	1	5	2212	647	236	0.39	123	926	333		
3	Sg	5	13	2212	402	166	0.36	61	357	131		
4	Sb	13	35	2212	681	295	0.34	193	1026	383		

Tabella 6: Interpretazione della prova Down – Hole (Sondaggio S4)

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento delle banchine Marconi, Peloro e Rizzo del porto di Messina” Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione sismica e sulle strutture					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	Data: 04 dicembre 2020					
		17	006	PR	007	-0	GEN

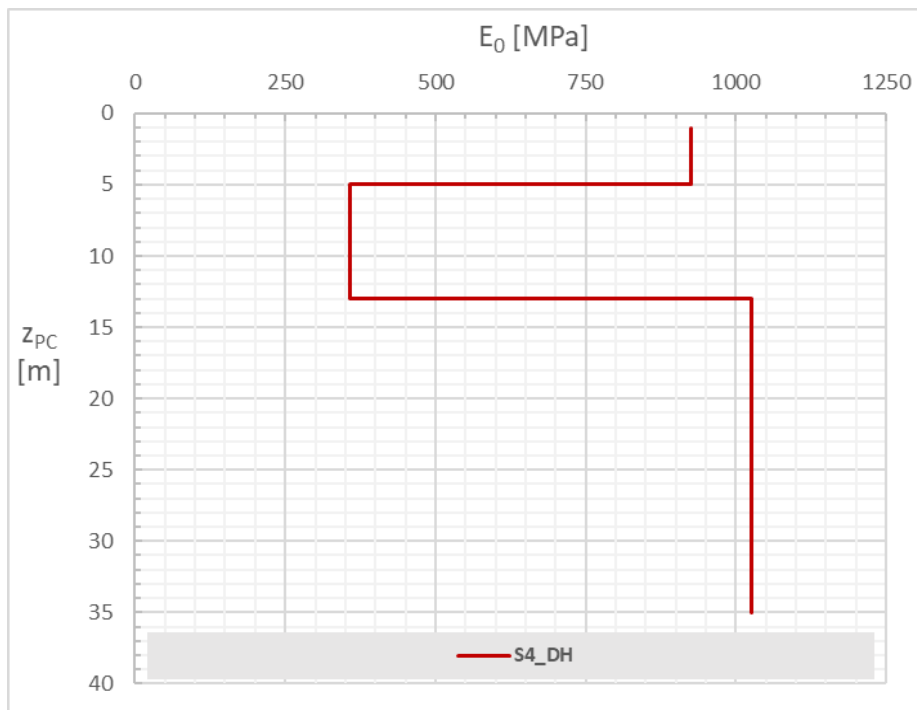


Figura 8: Diagramma Vs – Profondità da testa foro

Il fondale marino nell’area in esame cresce notevolmente con una inclinazione del piano campagna nella parte sommersa superiore a 20°. Sulla base della NTC, il sito di progetto ricade in classe topografica T2.

In definitiva, l’azione sismica del sito è ottenuta a partire dalle ordinate spettrali su suolo rigido (Cat. A) e orizzontale (cat. T1) mediante i coefficienti amplificativi SS e ST ricavati per:

Categoria di Sottosuolo	B
Categoria topografica	T1

#### 4.4 Parametri degli spettri elastici di progetto

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione, che costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica di base è definita in termini di:

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

L’accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  è riferita in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (Categoria A) con superficie topografica orizzontale (Categoria T1), nonché, di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $Se(T)$ , valutato per uno smorzamento convenzionale del 5%. I valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  relativi alla pericolosità sismica, su reticolo di riferimento nell’intervallo di riferimento, sono forniti nelle tabelle riportate nell’ALLEGATO B delle NTC.

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento delle banchine Marconi, Peloro e Rizzo del porto di Messina” Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione sismica e sulle strutture					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	Data: 04 dicembre 2020					
		17	006	PR	007	-0	GEN

Gli spettri elastici di progetto per ogni Stato Limite considerato sono stati determinati utilizzando il software “Spettri NTC” presente sul sito del CS.LL.PP. Di seguito, sono mostrate le schermate di compilazione del programma.

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

Ricerca per comune

LONGITUDINE: 15.5505

LATTITUDINE: 38.1943

REGIONE: Sicilia

PROVINCIA: Messina

COMUNE: Messina

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

**Nodi del reticolo intorno al sito**

**Reticolo di riferimento**

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione: superficie rigata

La “Ricerca per comune” utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all’interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la “Ricerca per coordinate”.

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Figura 9: Compilazione del programma – Fase 1

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U$   info

**Valori di progetto**

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE

- SLO -  $P_{VR} = 81\%$   info
- SLD -  $P_{VR} = 63\%$   info

Stati limite ultimi - SLU

- SLV -  $P_{VR} = 10\%$   info
- SLC -  $P_{VR} = 5\%$   info

Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

**LEGENDA GRAFICO**

---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

---■--- Strategia scelta

**Strategia di progettazione**

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Figura 10: Compilazione del programma – Fase 2

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento delle banchine Marconi, Peloro e Rizzo del porto di Messina” Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione sismica e sulle strutture					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	Data: 04 dicembre 2020					
		17	006	PR	007	-0	GEN

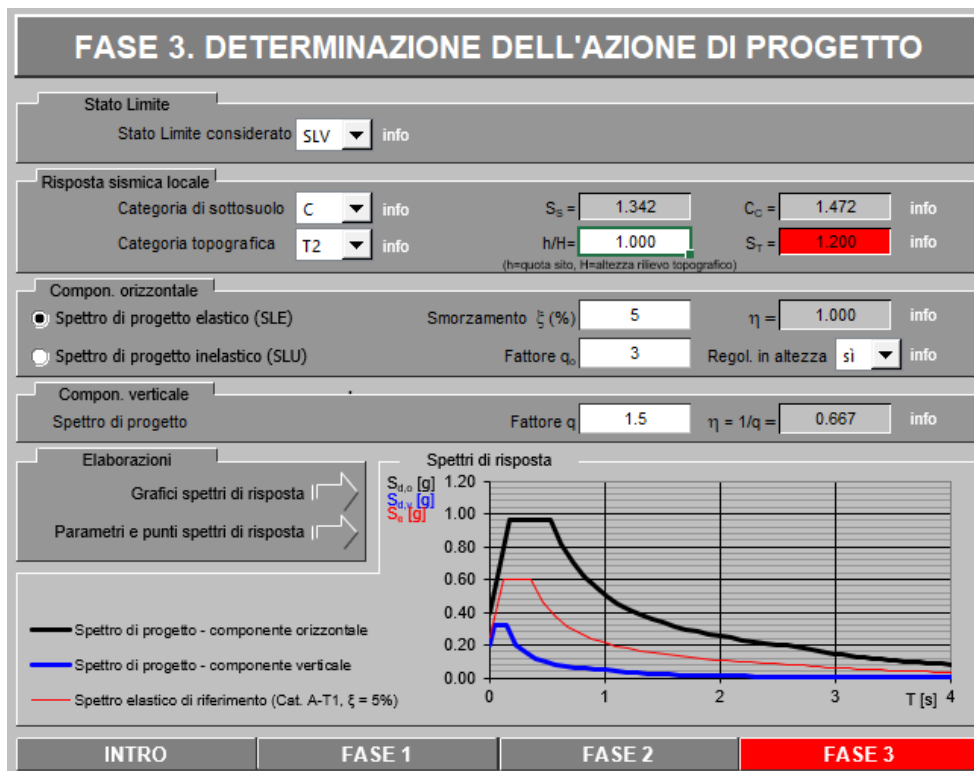


Figura 11: Compilazione del programma – Fase 3 per SLV

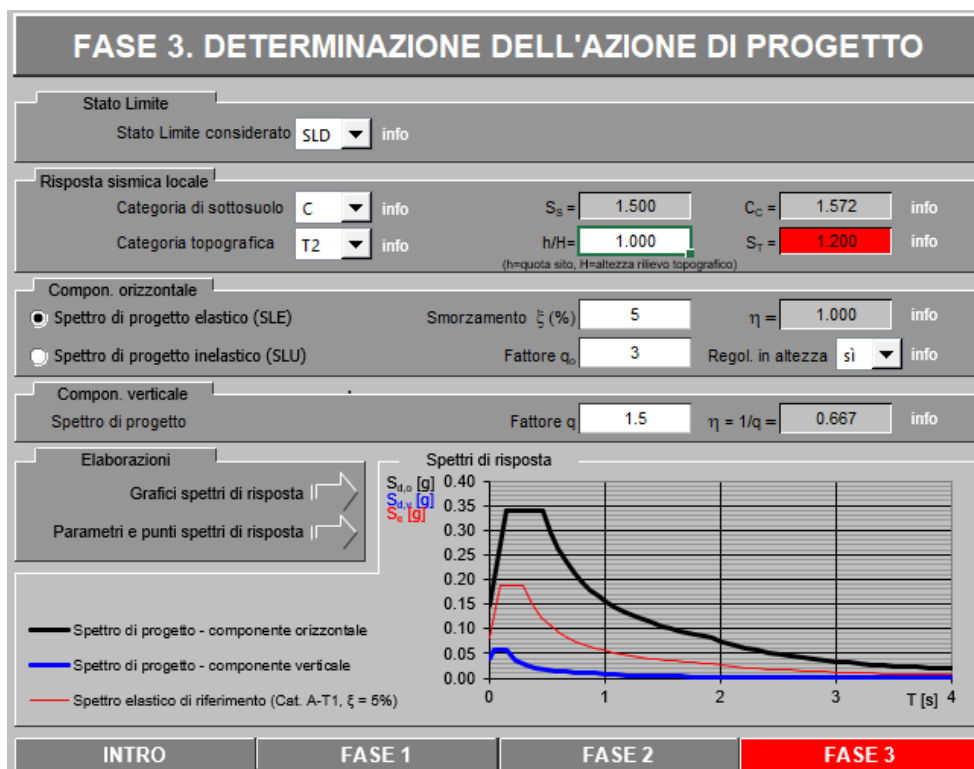


Figura 12: Figura 13: Compilazione del programma – Fase 3 per SLD

Nelle successive tabelle sono sintetizzati i parametri degli spettri per componente orizzontale e verticale sia per lo SLV, sia per lo SLD.



Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento delle banchine Marconi, Peloro e Rizzo del porto di Messina” Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione sismica e sulle strutture					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	Data: 04 dicembre 2020					
		17	006	PR	007	-0	GEN

Parametri indipendenti		Parametri indipendenti	
STATO LIMITE	SLV	STATO LIMITE	SLD
$a_g$	0.247 g	$a_g$	0.082 g
$F_o$	2.411	$F_o$	2.318
$T_C$	0.359 s	$T_C$	0.294 s
$S_S$	1.342	$S_S$	1.500
$C_C$	1.472	$C_C$	1.572
$S_T$	1.200	$S_T$	1.200
$q$	1.000	$q$	1.000

Parametri dipendenti		Parametri dipendenti	
$S$	1.611	$S$	1.800
$\eta$	1.000	$\eta$	1.000
$T_B$	0.176 s	$T_B$	0.154 s
$T_C$	0.529 s	$T_C$	0.463 s
$T_D$	2.589 s	$T_D$	1.926 s

Tabella 7. Parametri dello spettro elastico per gli Stati Limite considerati (Componente orizzontale)

Parametri indipendenti		Parametri indipendenti	
STATO LIMITE		STATO LIMITE	
$a_{gv}$	0.031 g	$a_{gv}$	0.166 g
$S_S$	1.000	$S_S$	1.000
$S_T$	1.200	$S_T$	1.200
$q$	1.500	$q$	1.500
$T_B$	0.050 s	$T_B$	0.050 s
$T_C$	0.150 s	$T_C$	0.150 s
$T_D$	1.000 s	$T_D$	1.000 s

Parametri dipendenti		Parametri dipendenti	
$F_v$	0.894	$F_v$	1.618
$S$	1.200	$S$	1.200
$\eta$	0.667	$\eta$	0.667

Tabella 8. Parametri dello spettro elastico per gli Stati Limite considerati (Componente verticale)

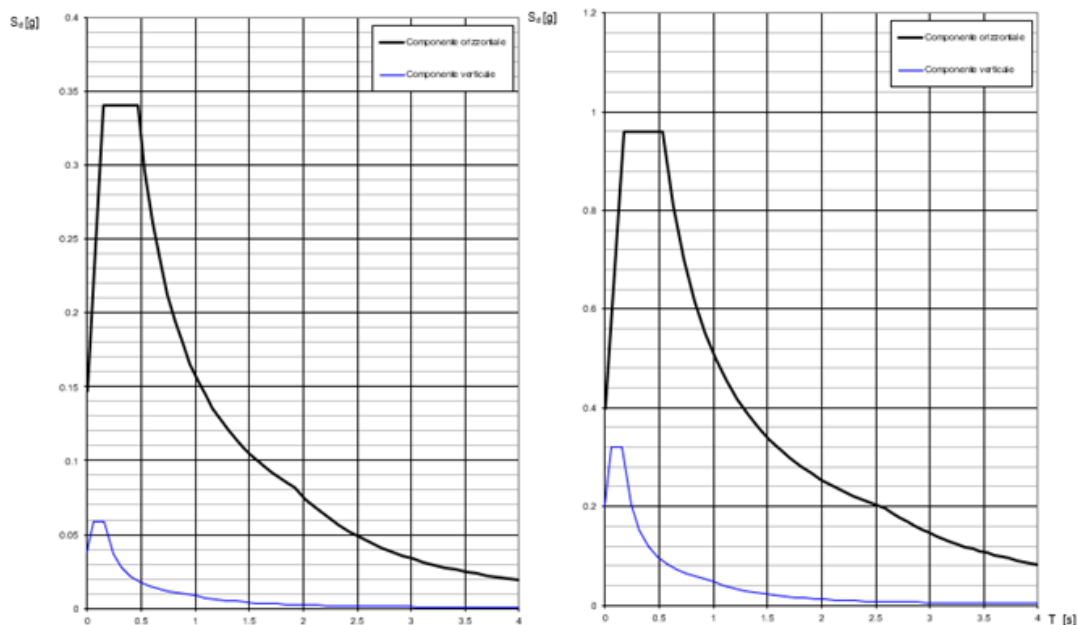


Figura 14: Spettro elastico per componente verticale e orizzontale (SLD a sx, SLV a dx)

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento delle banchine Marconi, Peloro e Rizzo del porto di Messina” Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione sismica e sulle strutture					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	Data: 04 dicembre 2020					
		17	006	PR	007	-0	GEN

#### 4.5 Stima della magnitudo attesa per il sito di studio

Per la verifica a liquefazione dei terreni viene considerata l’azione sismica più conservativa, ovvero il sisma di progetto ricavato considerando una probabilità di superamento in 50 anni pari al 10%.

Un parametro necessario per la verifica a liquefazione del sito è la magnitudo  $M_w$  che può essere stimata sulla base della disaggregazione sismica per il terremoto di scenario (Spallarossa e Barani, 2008), inteso come l’evento di magnitudo  $M$  a distanza epicentrale  $R$  che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica al sito in esame. La magnitudo attesa risulta pari a  $M_w=5.84$ .

Nelle successive figure sono mostrati i dati estrapolati dal sito dell’INGV.

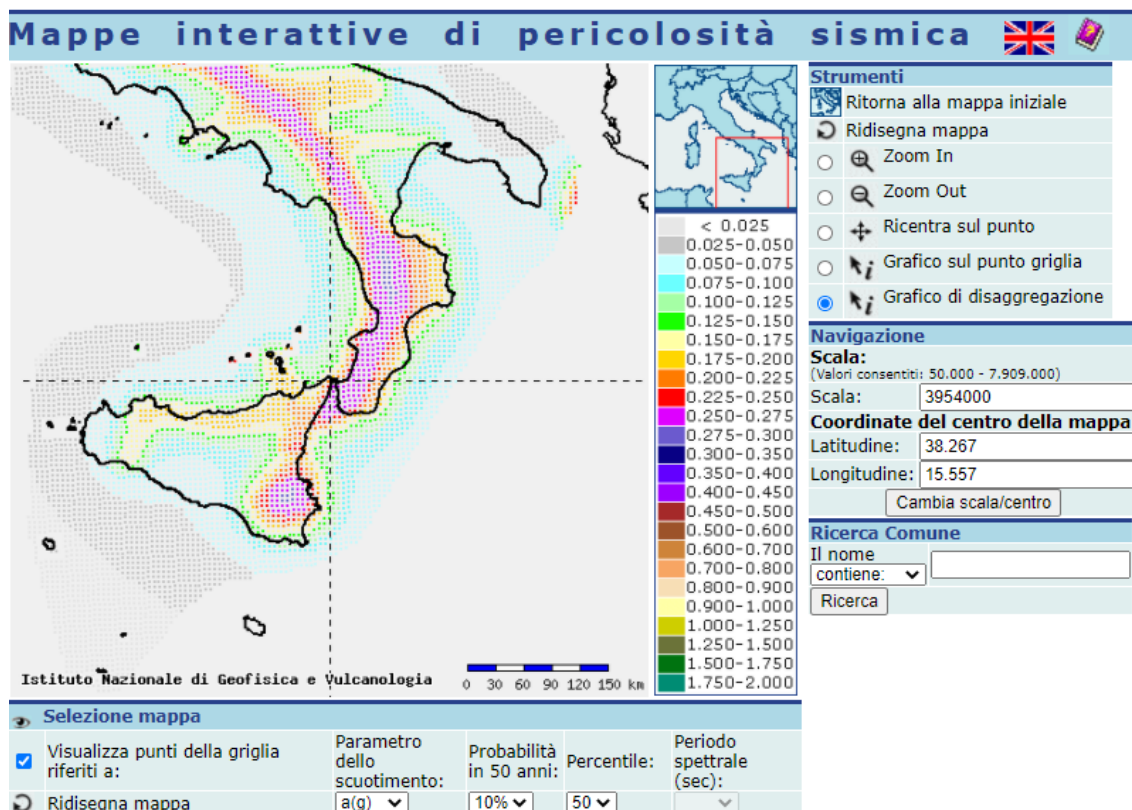


Figura 15. Mappa di pericolosità sismica in funzione del parametro  $a_g$

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento delle banchine Marconi, Peloro e Rizzo del porto di Messina” Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione sismica e sulle strutture				
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	Data: 04 dicembre 2020				
		17	006	PR	007	-0 GEN

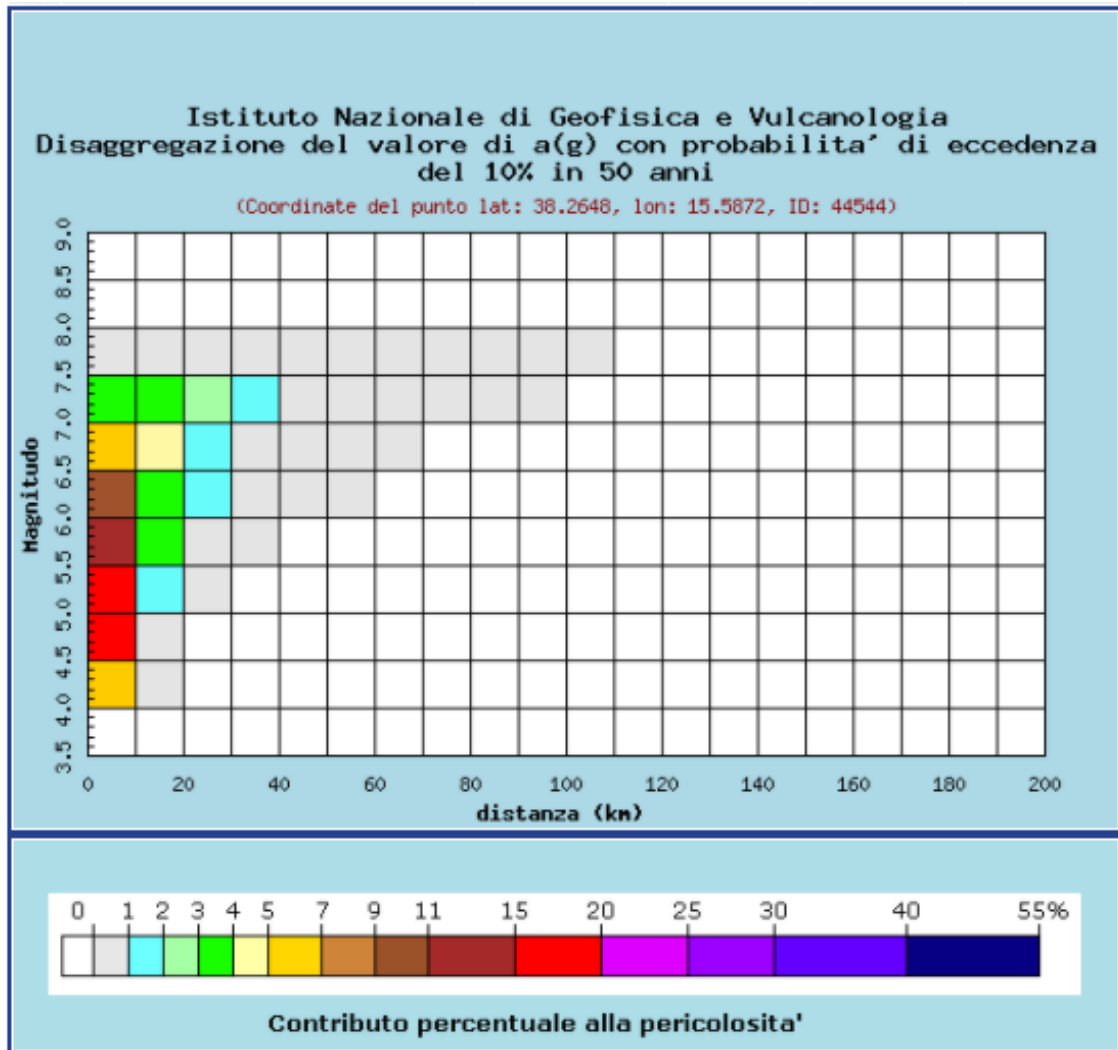


Figura 16. Contributo percentuale alla pericolosità sismica per coppie M - R

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.840	8.680	0.678

Figura 17. Valore medio della Magnitudo momento per il sisma di progetto

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento delle banchine Marconi, Peloro e Rizzo del porto di Messina” Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione sismica e sulle strutture					
		Data: 04 dicembre 2020					
Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto		17	006	PR	007	-0	GEN

## 5 Verifica a liquefazione

Secondo il § 7.11.3.4 della NTC 2018, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- 1) Accelerazioni massime attese in condizioni di campo libero inferiori a 0.1 g;
- 2) Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna;
- 3) Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$ , dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione verticale efficace di 100 kPa, e  $q_{c1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- 4) Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 18 (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3.5$  e in Figura 18 (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3.5$ .

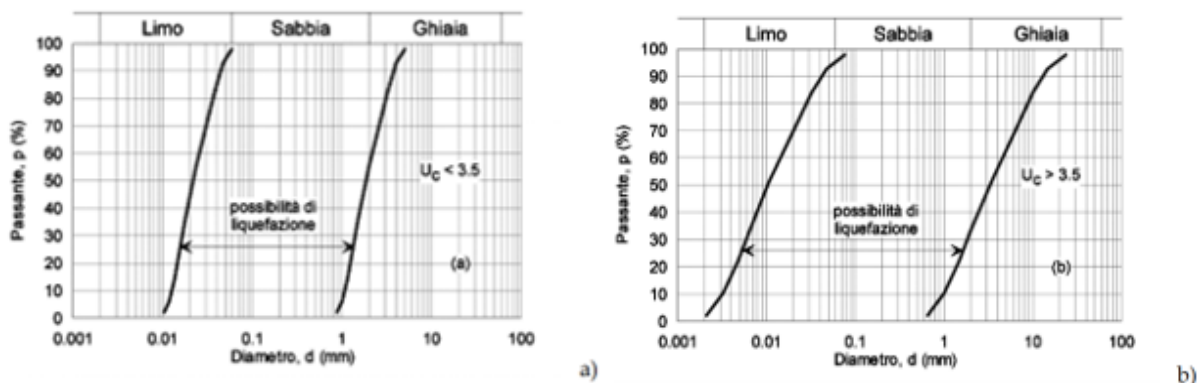


Figura 18. Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Quando nessuna delle condizioni precedenti risulta soddisfatta e il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, occorre valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

### 5.1 Metodi semi - empirici per la verifica a liquefazione

#### 5.1.1 Metodo di Seed e Idriss (1982)

Il metodo proposto da Seed e Idriss (1982) prevede la determinazione degli sforzi di taglio indotti dal sisma attraverso una procedura basata sull'ipotesi di terreno omogeneo. Ipotizzando la propagazione verticale di onde sismiche di taglio, una colonna di terreno di altezza  $z$  si muove rigidamente in direzione orizzontale e pertanto lo sforzo di taglio massimo alla profondità  $z$  è dato da:

$$\tau_{max} = \frac{a_{max}}{g} \cdot \gamma \cdot z$$

con

$a_{max}$  accelerazione massima in superficie [m/s<sup>2</sup>];

$g$  accelerazione di gravità [9.81 m/s];

$\gamma$  peso dell'unità di volume naturale [kN/m<sup>3</sup>];

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento delle banchine Marconi, Peloro e Rizzo del porto di Messina”	Titolo elaborato: Relazione sismica e sulle strutture					
	Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Data: 04 dicembre 2020					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	17	006	PR	007	-0	GEN

$\tau_{max}$  sforzo di taglio massimo alla profondità  $z$  [kN/m<sup>2</sup>].

Considerando la deformabilità del terreno, lo sforzo di taglio viene ridotto mediante un coefficiente riduttivo  $r_d$ . L’espressione finale della tensione tangenziale media  $\tau_{AV}$  normalizzata alla pressione litostatica si esprime come:

$$\frac{\tau_{AV}}{\sigma_{V0}} = CSR_{7.5} = 0.65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{V0}}{\sigma'_{V0}} \cdot r_d$$

Per magnitudo inferiori a 7.5 bisogna fattorizzare la precedente espressione per il coefficiente *MSF* (Magnitudo Scaling Factor):

$$CSR = \frac{CSR_{7.5}}{MSF}$$

Il metodo di Seed e Idriss (1982) è il più noto e utilizzato dei metodi semplificati e richiede solo la conoscenza di pochi parametri geotecnici: la granulometria, il numero dei colpi nella prova SPT, la densità relativa, il peso di volume. Per determinare il valore del coefficiente riduttivo  $r_d$  viene utilizzata la formula empirica proposta da Iwasaki et al. (1978):

$$r_d = 1 - 0.015 \cdot z$$

mentre per il valore del fattore correttivo della magnitudo è funzione della magnitudo stessa.

La resistenza alla liquefazione CRR viene calcolata in funzione della magnitudo, del numero di colpi, della pressione verticale effettiva e della densità relativa. Si calcola inizialmente il numero dei colpi corretto alla quota desiderata per tenere conto della pressione litostatica mediante la seguente espressione:

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} \cdot C_N \cdot C_F \cdot C_R \cdot C_B \cdot C_S$$

con

$$C_N = \left( \frac{P_a}{\sigma'_{V0}} \right)^{0.5} \leq 1.304$$

$P_a$  pressione atmosferica (1.0 kg/cm<sup>2</sup>);

$\sigma'_{V0}$  pressione efficace litostatica (in kg/cm<sup>2</sup>);

$C_E, C_B, C_R, C_S$  coefficienti posti come unitari.

Le espressioni successive risultano valide per sabbie con diametro corrispondente al 50% di passante  $D_{50} > 0.25$  mm.

Per sabbie limose e limi occorre provvedere alla correzione del valore di  $(N_1)_{60}$  secondo l’espressione seguente:

$$(N_1)_{60,cs} = (N_1)_{60} + 7.5$$

Per tenere conto della percentuale di fine FC superiore al 5% si applica la seguente correzione:

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento delle banchine Marconi, Peloro e Rizzo del porto di Messina”	Titolo elaborato: Relazione sismica e sulle strutture					
	Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Data: 04 dicembre 2020					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	17	006	PR	007	-0	GEN

$$(N_1)_{60,cs} = A + B \cdot (N_1)_{60}$$

con

A = 0 e B = 1 per FC ≤ 5%

A = exp (1.76-(190/FC<sup>2</sup>)) e B = 0.99+(FC<sup>1.5</sup>/1000) per 5% < FC < 35%

A = 5 e B = 1.2 per FC ≥ 35%

### 5.1.2 Metodo di Finn (1985)

Una correlazione della resistenza alla liquefazione con la magnitudo viene proposta da Finn (1985) che suggerisce un'espressione di CRR in funzione della magnitudo M e del numero dei colpi corretto (N<sub>1</sub>)<sub>60</sub>:

$$CRR = \frac{(N_1)_{60}}{12.9 \cdot M - 15.7}$$

ed applicando la relazione

$$F_s = CRR / CSR$$

si ottiene il fattore di sicurezza, dove (in analogia alle espressioni del metodo precedente), si ricavano le seguenti grandezze

$$CSR = \frac{CSR_{7.5}}{MSF}$$

$$CSR_{7.5} = 0.65 \cdot \frac{a_g}{g} \cdot \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \cdot r_d$$

$$r_d = 1 - 0.015 \cdot z$$

### 5.1.3 Metodo di Cortè (1985)

Una correlazione della resistenza alla liquefazione con la magnitudo viene proposta da Cortè (1985) che suggerisce un'espressione di CRR tramite le seguenti espressioni:

- per terreni caratterizzati da 0.04mm ≤ D<sub>50</sub> < 0.6mm;

$$CRR = A \left\{ \left[ \frac{N_{SPT}}{\sigma'_{v0} + 70} \right]^{0.5} - 0.258 \cdot \log_{10} \left( \frac{D_{50}}{0.35} \right) \right\}$$

- per terreni caratterizzati da 0.60mm ≤ D<sub>50</sub> < 1.50mm;

$$CRR = A \left\{ \left[ \frac{N_{SPT}}{\sigma'_{v0} + 70} \right]^{0.5} - 0.0567 \right\}$$

dove

σ'v0 pressione efficace litostatica (in kPa);

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento delle banchine Marconi, Peloro e Rizzo del porto di Messina”	Titolo elaborato: Relazione sismica e sulle strutture					
	Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Data: 04 dicembre 2020					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	17	006	PR	007	-0	GEN

D<sub>50</sub> diametro al 50% della curva di distribuzione (in mm);

A coefficiente funzione della magnitudo.

Il coefficiente A assume valori che variano fra 0.50 e 0.66, a seconda della magnitudo del sisma e quindi del numero di cicli equivalenti che variano a loro volta fra 5 e 20.

#### 5.1.4 Verifica a liquefazione del sito

A partire dalla pagina successiva sono mostrati i risultati delle verifiche a liquefazione. In linea generale, si può concludere che per le profondità indagate (10 – 15 m), non sussiste il rischio di liquefazione dei terreni. Tuttavia, sarà necessario eseguire ulteriori verifiche nelle successive fasi di progettazione.

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	"Lavori d'ampliamento delle banchine Marconi, Peloro e Rizzo del porto di Messina" Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione sismica e sulle strutture					
		Data: 04 dicembre 2020					
Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto		17	006	PR	007	-0	GEN

Sondaggio	U.G.	Magnitudo	$a_g$ [g]	$S_s$	ST	$a_{max}$ [m/s]	Profondità [m]	Soggiacenza falda [m]	$N_{SPT}$	FC [%]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]
SPT1_S2	Sabbie	5.84	0.247	1.342	1.20	3.90	2.25	0.00	13.00	20.50	21.70
SPT2_S2	Sabbie	5.84	0.247	1.342	1.20	3.90	9.25	0.00	18.00	20.50	21.70
SPT3_S2	Sabbie	5.84	0.247	1.342	1.20	3.90	14.73	0.00	21.00	20.50	21.70
SPT1_S3	Sabbie	5.84	0.247	1.342	1.20	3.90	2.23	0.00	10.00	20.50	21.70
SPT2_S3	Sabbie	5.84	0.247	1.342	1.20	3.90	9.73	0.00	16.00	20.50	21.70
SPT3_S3	Sabbie	5.84	0.247	1.342	1.20	3.90	14.73	0.00	17.00	20.50	21.70
SPT1_S4	Sabbie	5.84	0.247	1.342	1.20	3.90	5.73	0.00	9.00	20.50	21.70
SPT2_S4	Sabbie	5.84	0.247	1.342	1.20	3.90	10.23	0.00	50.00	20.50	21.70

$\sigma_{v0}$ [kPa]	$\sigma'_{v0}$ [kPa]	$C_N$ [-]	$(N_1)_{60}$	$r_d$ [-]	A [-]	B [-]	$(N_1)_{60cs}$	MSF [-]	$CRR_{7.5}$ [-]	CSR [-]	$F_s$ [-]	Esito
48.83	26.75	1.30	16.95	0.98	3.70	1.08	22.05	2.28	0.24	0.46	1.20	NON LIQUEFACIBILE
200.73	109.98	0.95	17.16	0.93	3.70	1.08	22.28	2.28	0.25	0.44	1.29	NON LIQUEFACIBILE
319.53	175.08	0.76	15.87	0.78	3.70	1.08	20.88	2.28	0.23	0.37	1.41	NON LIQUEFACIBILE
48.28	26.46	1.30	13.04	0.98	3.70	1.08	17.82	2.28	0.19	0.46	0.94	LIQUEFACIBILE
211.03	115.63	0.93	14.88	0.91	3.70	1.08	19.81	2.28	0.21	0.43	1.13	NON LIQUEFACIBILE
319.53	175.08	0.76	12.85	0.78	3.70	1.08	17.61	2.28	0.19	0.37	1.17	NON LIQUEFACIBILE
124.23	68.07	1.21	10.91	0.96	3.70	1.08	15.51	2.28	0.17	0.45	0.84	LIQUEFACIBILE
221.88	121.58	0.91	45.35	0.90	3.70	1.08	52.80	2.28	NO_Liquefazione	0.43	NO_Liquefazione	NON LIQUEFACIBILE

Tabella 9: Verifica a liquefazione – Metodo di Seed



Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento delle banchine Marconi, Peloro e Rizzo del porto di Messina” Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione sismica e sulle strutture Data: 04 dicembre 2020					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	17	006	PR	007	-0	GEN

Sondaggio	U.G.	Magnitudo	a <sub>g</sub> [g]	Ss	ST	a <sub>max</sub> [g]	Profondità	Soggiacenza falda [m]	N <sub>SPT</sub>	FC [%]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]
SPT1_S2	Sabbie	5.84	0.25	1.342	1.20	3.90	2.25	0	13	20.5	21.70
SPT2_S2	Sabbie	5.84	0.25	1.342	1.20	3.90	9.25	0	18	20.5	21.70
SPT3_S2	Sabbie	5.84	0.25	1.342	1.20	3.90	14.73	0	21	20.5	21.70
SPT1_S3	Sabbie	5.84	0.25	1.342	1.20	3.90	2.23	0	10	20.5	21.70
SPT2_S3	Sabbie	5.84	0.25	1.342	1.20	3.90	9.73	0	16	20.5	21.70
SPT3_S3	Sabbie	5.84	0.25	1.342	1.20	3.90	14.73	0	17	20.5	21.70
SPT1_S4	Sabbie	5.84	0.25	1.342	1.20	3.90	5.73	0	9	20.5	21.70
SPT2_S4	Sabbie	5.84	0.25	1.342	1.20	3.90	10.23	0	50	20.5	21.70

σ <sub>v0</sub> [kPa]	σ' <sub>v0</sub> [kPa]	C <sub>N</sub> [-]	(N <sub>1</sub> ) <sub>60</sub>	r <sub>d</sub> [-]	A [-]	B [-]	(N <sub>1</sub> ) <sub>60CS</sub>	MSF [-]	CRR <sub>7.5</sub> [-]	CSR [-]	F <sub>s</sub> [-]	Esito
48.83	26.75	1.30	16.95	0.97	3.70	1.08	22.05	2.28	0.28	0.46	1.42	NON LIQUEFACIBILE
200.73	109.98	0.95	17.16	0.86	3.70	1.08	22.28	2.28	0.29	0.44	1.50	NON LIQUEFACIBILE
319.53	175.08	0.76	15.87	0.78	3.70	1.08	20.88	2.28	0.27	0.37	1.65	NON LIQUEFACIBILE
48.28	26.46	1.30	13.04	0.97	3.70	1.08	17.82	2.28	0.22	0.46	1.08	NON LIQUEFACIBILE
211.03	115.63	0.93	14.88	0.85	3.70	1.08	19.81	2.28	0.25	0.43	1.32	NON LIQUEFACIBILE
319.53	175.08	0.76	12.85	0.78	3.70	1.08	17.61	2.28	0.22	0.37	1.33	NON LIQUEFACIBILE
124.23	68.07	1.21	10.91	0.91	3.70	1.08	15.51	2.28	0.18	0.45	0.93	LIQUEFACIBILE
221.88	121.58	0.91	45.35	0.85	3.70	1.08	52.80	2.28	0.76	0.43	NO_Liquefazione	NON LIQUEFACIBILE

Tabella 10: Verifica a liquefazione – Metodo di Finn

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	"Lavori d'ampliamento delle banchine Marconi, Peloro e Rizzo del porto di Messina" Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Titolo elaborato: Relazione sismica e sulle strutture					
		Data: 04 dicembre 2020					
Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto		17	006	PR	007	-0	GEN

Sondaggio	U.G.	Magnitudo	$a_g$ [g]	Ss	ST	$a_{max}$ [g]	Profondità	Soggiacenza falda [m]	$N_{SPT}$	FC [%]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$D_{50}$ [mm]
SPT1_S2	Sabbie	5.00	0.25	1.34	1.20	3.90	2.25	0.00	13	20.50	21.70	0.40
SPT2_S2	Sabbie	5.00	0.25	1.34	1.20	3.90	9.25	0.00	2	20.50	21.70	0.40
SPT3_S2	Sabbie	5.00	0.25	1.34	1.20	3.90	14.73	0.00	21	20.50	21.70	0.40
SPT1_S3	Sabbie	5.00	0.25	1.34	1.20	3.90	2.23	0.00	10	20.50	21.70	0.40
SPT2_S3	Sabbie	5.00	0.25	1.34	1.20	3.90	9.73	0.00	16	20.50	21.70	0.40
SPT3_S3	Sabbie	5.00	0.25	1.34	1.20	3.90	14.73	0.00	17	20.50	21.70	0.40
SPT1_S4	Sabbie	5.00	0.25	1.34	1.20	3.90	5.73	0.00	9	20.50	21.70	0.40
SPT2_S4	Sabbie	5.00	0.25	1.34	1.20	3.90	10.23	0.00	50	20.50	21.70	0.40

$\sigma_{v0}$ [kPa]	$\sigma'_{v0}$ [kPa]	$r_d$ [-]	A [-]	MSF [-]	$CRR_{7.5}$ [-]	CSR [-]	Fs [-]	Esito
48.83	26.75	0.98	0.66	2.28	0.23	0.46	1.14	NON LIQUEFACIBILE
200.73	109.98	0.93	0.66	2.28	0.09	0.44	0.47	LIQUEFACIBILE
319.53	175.08	0.78	0.66	2.28	0.28	0.37	1.72	NON LIQUEFACIBILE
48.28	26.46	0.98	0.66	2.28	0.31	0.46	1.51	NON LIQUEFACIBILE
211.03	115.63	0.91	0.66	2.28	0.28	0.43	1.47	NON LIQUEFACIBILE
319.53	175.08	0.78	0.66	2.28	0.25	0.37	1.54	NON LIQUEFACIBILE
124.23	68.07	0.96	0.66	2.28	0.24	0.45	1.22	NON LIQUEFACIBILE
221.88	121.58	0.90	0.66	2.28	0.50	0.43	2.66	NON LIQUEFACIBILE

Tabella 11: Verifica a liquefazione – Metodo di Cortè

Raggruppamento: Modimar s.r.l. Vams Dinamica s.r.l. 3TI Progetti Italia	“Lavori d’ampliamento delle banchine Marconi, Peloro e Rizzo del porto di Messina”	Titolo elaborato: Relazione sismica e sulle strutture					
	Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica	Data: 04 dicembre 2020					
	Committente: Autorità di Sistema Portuale dello Stretto	17	006	PR	007	-0	GEN

## 6 Conclusioni

Nella presente relazione è stata definita l’azione sismica di progetto in accordo alla Normativa vigente, con cui eseguire il dimensionamento e le verifiche geotecniche e strutturali.

Coerentemente con il livello di indagine disponibile sui terreni individuati nel sottosuolo, sono stati utilizzati dei metodi semplificati per la definizione della pericolosità sismica locale e per la verifica a liquefazione in accordo alle Norme di settore.