Regione Liguria
Provincia di Savona
COMUNE DI PIETRA LIGURE

Progetto per la trasformazione urbanistica dei Cantieri Navali Rodriquez in un porto turistico con annesse strutture pubbliche, ricettive, residenziali e produttive

S.U.A. STRUMENTO URBANISTICO ATTUATIVO di approv. regionale L.24/87
D.P.R. 509/97
Decr. Min. Trasporti e Navigazione 14.04.98
Conf. Servizi L. 241/90 s.m.i.

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

OO.MM.

Proponente
Rodriquez Cantieri Navali S.p.A.
Via Raineri 22, 95122 Messina

Rodriquez Cantieri Navali SpA
Amministratore Delegato
Livio Corghi

Progettisti
Ing. Michele Ministeri
Arch. Vittorio Grattarola
Arch. Paolo Bandini
Dott. Eugenio Piovano
ACQUATECNO
Ing. Paolo Turbolente
STUDIO ASSOCIATO DI GEOLOGIA TECNICA
GEOLAB
Geol. Alessandro Canavero e Geol. Sabrina Santini

Savona, Agosto 2013

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA — Dott. Geol. ALESSANDRO CANAVERO A.P. n. 268 data iscr. 16-03-94

ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA — Dott. Geol. SABRINA SANTINI A.P. n. 338 data iscr. 13.06.96

INDICE

0. SOMMARIO 3
1. OGGETTO DELL'INCARICO 4
2. PREMESSE 4
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO 4
4. UBICAZIONE DEL SITO 5
5. TIPOLOGIA DELL'INTERVENTO 5
6. DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA DELLE INDAGINI E DELLE PROVE GEOTECNICHE E GEOFISICHE. 6
7. CARATTERIZZAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE DEL SITO OGGETTO DELL'INTERVENTO 8
7.1 Classificazione sismica della Regione Liguria. 9
7.2 Calcolo dei parametri sismici. 9
8. VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI: IDENTIFICAZIONI DEI RELATIVI STATI LIMITE E APPROCCI DI PROGETTO 10
8.1 Aspetti generali e teorici. 10
8.1.1 Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU). 11
8.1.2 Verifiche nei confronti degli stati limite di esercizio (SLE). 12
9. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA. 13
9.1 Caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni e delle rocce, definizione del modello geotecnico di sottosuolo e dei valori medi dei parametri geotecnici. 13
9.1.1 Modello del sottosuolo. 13
9.1.2 Caratteristiche geotecniche medie dei terreni. 13

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it website: www.studiogeolab.it

0. SOMMARIO

Nel dicembre 2012 la Società proponente, Rodriquez Cantieri Navali S.p.A. di Messina, ha fatto espletare una campagna di indagini geotecniche ed ambientali a completamento delle indagini geofisiche marine eseguite nella primavera del 2012, aventi lo scopo di investigare, in modo diretto, il substrato di imposta delle opere marittime afferenti al "Progetto per la trasformazione urbanistica dei Cantieri Navali Rodriquez in un porto turistico con annesse strutture pubbliche, ricettive, residenziali e produttive". L'area su cui insiste il progetto interessa il litorale di Pietra Ligure dall'attuale portineria dei Cantieri fino alla prossimità della foce del Rio Ranzi per un tratto di circa 500 metri e si espande verso largo per almeno 200-250 metri dall'attuale linea di riva.

Lo studio è stato preceduto da una prima fase di programmazione per la definizione di un piano delle attività, sulla base delle indicazioni normative per l'esecuzione del progetto preliminare/definitivo con particolare riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni approvato con Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti il 14/01/2008 e alla relativa circolare esplicativa del C.S.LL.PP. n° 617/2009, pre concordato con i Funzionari della Regione Liguria. In tale ambito è stata integrata la campagna d'indagine geofisica già sviluppata nel aprile - maggio 2012, i cui esiti sono già in atti, con nuove verticali di carotaggio; quindi sono state eseguite le attività di campo preliminari e le successive fasi di campionamento, analisi di laboratorio ed elaborazione dati.

In sintesi nell'ambito della progettazione definitiva del 2012-2013, per quanto riguarda gli aspetti geognostici, sono state eseguite le seguenti attività:

- n° 5 sondaggi meccanici marini, per un totale di 79 m perforati;
- n° 9 prelievi di campioni indisturbati di sedimenti;
- n° 7 prelievi di campioni disturbati di sedimenti;
- n° 26 prove di resistenza meccanica S.P.T.;
- n° 18 sondaggi ambientali marini, per un totale di 86 m perforati.

Sui campioni disturbati ed indisturbati in laboratorio sono stati eseguite le seguenti determinazioni:

- contenuto naturale d'acqua, indice dei vuoti, porosità, grado di saturazione, peso di volume naturale, peso di volume secco, peso di volume saturo, peso specifico dei grani, frazioni ghiaiosa, sabbiosa, limosa argillosa, limiti di Atterberg, indici di plasticità e consistenza, classificazioni USCS e AASHTO, Vane Test, Pocket Penetrometer, Prova di taglio diretto CD, prova di taglio residuo, Prova di compressione triassiale CIU, coesione e angolo di attrito interno con pressioni efficaci da triassiale CIU, modulo di compressibilità edometrica, coefficiente di consolidazione.

Durante l'esecuzione della prima campagna d'indagini di tipo indiretto è stata riscontrata presenza di materiale sedimentario piuttosto sciolto.

Dalle indagini dirette svolte è emerso che:

- l'areale è interessato prevalentemente dalla presenza di sedimenti marini sabbiosi sovrapposti ad interstrati ghiaioso sabbiosi e limoso sabbiosi;
- la successione di strati presenta variabilità verticale e relativa omogeneità laterale differenziabile tra la zona verso Loano e quella verso Pietra Ligure.

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it website: www.studiogeolab.it

1. OGGETTO DELL'INCARICO

La presente indagine geotecnica per le opere a mare è stata sviluppata in base alle indagini dirette eseguire in accordo con i Funzionari della Regione Liguria, relative al progetto di trasformazione urbanistica dei Cantieri Navali Rodriquez in un porto turistico con annesse strutture pubbliche, ricettive, residenziali e produttive.

2. PREMESSE

La presente relazione è stata sviluppata per il progetto riportato in epigrafe inerente alla realizzazione delle opere marittime anche al fine di rispondere alle richieste formulate dalla Regione Liguria ove era prescritta la caratterizzazione del substrato di imposta delle opere foranee secondo un programma di indagine sottoposto preliminarmente al Settore Ecosistema Marino costiero della Regione Liguria. I risultati della campagna di indagine svolta nello specchio acqueo prospiciente il Cantiere Navale Rodriquez, eseguita da Poliservizi S.r.l. di Roma sono qui descritte ed integrate con le prove di laboratorio geotecnico svolte presso il Laboratorio Congeo S.r.l. di Roma.

La presente relazione di caratterizzazione geotecnica del substrato di imposta delle opere marittime è svolta con particolare riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni approvato con Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti il 14/01/2008 e alla relativa circolare esplicativa del C.S.LL.PP. n° 617/2009 nonché alla DGR 471/10 (Regione Liguria) e al Decr. Min. Trasporti e Navigazione 14.04.98 .

Ai sensi dell'OPCM 3519/06 e della DGR 471/2010 della Regione Liguria, il territorio in esame è riportato nell'elenco regionale dei comuni in Zona Sismica 3.

Alla luce degli elementi emersi nel corso delle indagini si ritiene di poter esporre quanto segue.

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- ***Norme Tecniche per le costruzioni 2008*** **–** Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008.
- ***Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici*** **–** Istruzioni per l'applicazione delle "*Norme tecniche per le costruzioni*" di cui al D.M. 14 gennaio 2008 – Circolare n° 617 del 2 febbraio 2009.
- ***Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici*** – Pericolosità sismica e Criteri Generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n° 36 del 27 luglio 2007.
- ***Regione Liguria (2008)*** **- D.G.R. n. 1308 del 24/10/2008 - O.P.C.M. 3519/2006** Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Liguria.
- ***Regione Liguria (2010)*** **- D.G.R. n. 471 del 22/03/2010** "Criteri e linee guida regionali, ai sensi dell'art.1, comma 1 della l.r. 29/83, per l'approfondimento degli studi geologico-tecnici e sismici a corredo della strumentazione urbanistica comunale".
- ***Regione Liguria (2010)*** **- D.G.R. n. 1362 del 19/11/2010** "Norme tecniche per le costruzioni. Aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Liguria".
- ***Eurocodice 8 (1998)*** **–** Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003).
- ***Eurocodice 7.1 (1997)*** **–** Progettazione geotecnica – Parte I: regole generali.

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it website: www.studiogeolab.it

- ***Eurocodice 7.2 (2002)*** **–** Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002).
- ***Eurocodice 7.3 (2002)*** **–** Progettazione geotecnica – Parte III: progettazione assistita con prove in sito (2002).

4. UBICAZIONE DEL SITO

Il sito dell'intervento nel suo complesso si trova nel cuore del tessuto urbano del Comune di Pietra Ligure (SV) pochi metri sul livello del mare ed è facilmente raggiungibile percorrendo la litoranea Via Don Giovanni Bado da Levante e la Via XXV Aprile da Ponente, fino al passaggio a livello ferroviario oltre il quale inizia la Via Don Giovanni Bado.

L'area sottesa dal Cantiere Navale Rodriquez si estende circa dalla sponda sinistra del Rio Ranzi all'inizio della Passeggiata a Mare (Via Don Giovanni Bado) per un'estensione di circa 46.000 mq con un fronte mare di oltre 500 mt. La diga foranea in progetto avrà una distanza dalla riva attuale di circa 250 mt, e partendo dalla foce del Rio Ranzi si estenderà fino all'attuale ingresso dei Cantieri Navali.

L'ubicazione del sito è riportata cartograficamente in allegato presso le seguenti coordinate:



ED50:

Latitudine: ϕ_{ED50} 44,145004 (°)
Longitudine: λ_{ED50} 8,280670 (°)

WGS84:

Latitudine: ϕ_{WGS84} 44,144029 (°)
Longitudine: λ_{WGS84} 8,279615 (°)

Figura 4.1: Ubicazione del sito: coordinate WGS84

5. TIPOLOGIA DELL'INTERVENTO

L'intervento proposto consta nella trasformazione urbanistica e produttiva dei Cantieri Navali Rodriquez a Pietra Ligure, con annesse strutture pubbliche, ricettive, residenziali e portuali diportistiche. L'obiettivo dell'intervento è la trasformazione dell'area e di parte delle strutture esistenti in funzione della riorganizzazione delle attività cantieristiche insediate, della riqualificazione territoriale del sito, della sua integrazione con il tessuto urbano circostante,

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it website: www.studiogeolab.it

della realizzazione di un nuovo porticciolo turistico e dello sviluppo delle vocazioni turistiche e ricettive emergenti nell'ambito del Comune di Pietra Ligure.

In particolare, a mare, verranno realizzati i seguenti interventi:

- la costruzione di un nuovo fabbricato per il Cantiere Nautico, adeguato alle nuove esigenze di riconversione produttiva (cfr. Piano Industriale), di un adeguato piazzale di servizio alle attività e la realizzazione di uno specchio acqueo di servizio alla destinazione cantieristica pari a circa 20.500 mq.;
- la realizzazione di un porticciolo turistico per circa 100 posti barca di diversa lunghezza e di una darsena intesa come nuova polarità in prosecuzione dell'attuale passeggiata a mare di Pietra Ligure (Sup. tot. specchio acqueo destinato ad attività non cantieristiche pari a mq. 33.200 ca.), destinata alla nautica da diporto e perimetrata da nuovi volumi a destinazione mista (residenza, albergo, ristoranti, pubblici esercizi, attività commerciali, connettivo urbano) e dall'attuale fabbricato uffici, recuperato con destinazione commerciale a piano terreno e residenziale per i restanti piani;

In relazione allo schema di progetto sopra descritto, di seguito si propone in forma tabellare l'elenco delle strutture e delle opere di intervento che si prevede dovranno attuarsi durante la messa in opera del progetto stesso o che comunque dovranno essere predisposte ed attuate a corredo delle fasi esecutive. Questo schematismo permette di verificare speditamente quali siano le necessarie indagini e analisi (modellazione geotecnica del sito) atte a soddisfare i criteri previsti dal capitolo 6 delle NTC, le quali saranno esplicate nella relazione geotecnica.

ELENCO GENERALE DELLA TIPOLOGIA DELLE OPERE	RIFERIMENTI ALLA CIRC. CSLP DEL 02/02/09 N° 617 NTC	OPERE PREVISTE A PROGETTO
STABILITÁ DEI PENDII NATURALI	C 6.3	☐
OPERE DI FONDAZIONE	C 6.4	
a) FONDAZIONI SUPERFICIALI	C 6.4.2	☑
b) FONDAZIONI SU PALI	C 6.4.3	☑
OPERE DI SOSTEGNO	C 6.5	☑
TIRANTI DI ANCORAGGIO	C 6.6	☐
OPERE IN SOTTERRANEO	C 6.7	☐
OPERE IN MATERIALI SCIOLTI E FRONTI DI SCAVO	C 6.8	☑
DISCARICHE CONTROLLATE DI RIFIUTI E DEPOSITI DI INERTI	C 6.11	☑
FATTIBILITÁ DI OPERE SU GRANDI AREE	C 6.12	☐

Nei paragrafi seguenti saranno analizzate le tematiche sopra elencate, proponendo le soluzioni progettuali ritenute maggiormente appropriate.

6. DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA DELLE INDAGINI E DELLE PROVE GEOTECNICHE E GEOFISICHE.

L'intervento ricade in una zona scarsamente documentata in bibliografia e pertanto la caratterizzazione geotecnica relativa al progetto delle opere foranee è stata basata sui risultati forniti dalla campagna geognostica condotta dapprima con indagini indirette eseguite mediante rilievi sparker e successivamente integrata con un piano di indagini dirette concordato con gli Uffici regionali preposti specificatamente per l'intervento in esame.

In particolare, nel sito oggetto d'intervento, sono state effettuate le seguenti indagini ampiamente descritte entro il report delle indagini per le opere a mare e commentate nell'integrazione della relazione geologica delle opere marittime facenti parte integrante del progetto definitivo ed a cui integralmente si rimanda:

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it website: www.studiogeolab.it

- n° 5 sondaggi meccanici marini, per un totale di 79 m perforati;
- n° 9 prelievi di campioni indisturbati di sedimenti;
- n° 7 prelievi di campioni disturbati di sedimenti;
- n° 26 prove di resistenza meccanica S.P.T.;
- n° 18 sondaggi ambientali marini, per un totale di 86 m perforati;
- prove geotecniche di laboratorio: contenuto naturale d'acqua, indice dei vuoti, porosità, grado di saturazione, peso di volume naturale, peso di volume secco, peso di volume saturo, peso specifico dei grani, frazioni ghiaiosa, sabbiosa, limosa argillosa, limiti di Atterberg, indici di plasticità e consistenza, classificazioni USCS e AASHTO, Vane Test, Pocket Penetrometer, Prova di taglio diretto CD, prova di taglio residuo, Prova di compressione triassiale CIU, coesione e angolo di attrito interno con pressioni efficaci da triassiale CIU, modulo di compressibilità edometrica, coefficiente di consolidazione

Le rappresentazioni stratigrafiche nonché la documentazione fotografica, presenti nel report delle indagini, evidenziano una serie di strati e successioni prevalentemente di sabbie fini e medio fini con intervalli di sabbie ghiaiose e locali successioni argillose di potenza plurimetrica come di seguito sintetizzabili:

Sondaggio SM1: profondità del fondale – 4,00 metri

- 0,00/-15,00 m strati di sabbie fini di colore grigio a matrice limosa con ciottoli di calcite e quarzo e vegetali marini.
- -15,00/-16,00 m ghiaie sabbiose con conglomerato e ciottoli calcarei.

Sondaggio SM2: profondità del fondale – 4,00 metri

- 0,00/- 11,20 m strato sabbie fini di colore grigio in matrice limosa con locali ciottoli e resti organogeni di bivalve e vegetali;
- -11,20/-12,70 m ghiaie sabbiose e sabbie ghiaiose con ciottoli di quarzo;
- -12,70/-16,00 m argille limose di colore ocra;

Sondaggio SM3: profondità del fondale – 5,00 metri

- 0,00/- 12,50 m sabbie fini di colore grigio in matrice limosa con locali ciottoli di calcite e quarzo e resti organogeni di bivalve e vegetali;
- -12,50/-16,00 m sabbia fine grigia con elevata componente organogena.

Sondaggio SM4: profondità del fondale – 5,00 metri

- 0,00/- 10,50 m di sabbie fini di colore grigio in matrice limosa con locali ciottoli resti organogeni di bivalve e vegetali;
- -10,50/- 11,60 m ghiaie sabbiose e sabbie ghiaiose con matrice argillosa e conglomerato;
- -11,60/-16,00 sabbie argillose marroncine con ciottoli.

Sondaggio SM5: profondità del fondale – 4,00 metri

- 0,00/- 10,00 m sabbie fini di colore grigio in matrice limosa con locali ciottoli resti organogeni di bivalve e vegetali;
- -10,00/- 11,70 m ghiaie sabbiose e sabbie ghiaiose con ciottoli di colore bruno;
- -11,70/-15,00 m argille sabbiose ocra con ciottoli calcarei.

In base alle indagini dirette ed indirette eseguite è ipotizzabile il ***seguente modello geologico*** per il sedime delle opere a mare:

Lato Pietra Ligure

"substrato costituito da successioni sedimentarie di tipo sabbioso, sabbioso-ghiaiose con locali interstrati di sedimenti fini e, puntualmente, finissimi, per spessori sempre superiori a 20,00 metri.

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it website: www.studiogeolab.it

Il materasso alluvionale presenta caratteristiche di spiccata omogeneità laterale sebbene siano presenti localizzate lenti più fini. È qui ipotizzata la sovrapposizione diretta tra l'unità denominata come U1 (formatisi durante l'ultima fase di risalita e stazionamento alto del livello del mare (post LGM), avvenuta nel periodo Pleistocene sup. – Olocene (21700 anni – attuale) nel corsi della campagna di indagini geofisiche e la U2 (che potrebbe corrispondere con le porzioni più competenti delle successioni sedimentarie direttamente impostate sulle "Quarziti di Ponte di Nava", costituite da quarziti biancastre e verdoline, per lo più a grana grossa, in strati e banche, di età Scitico)".

Lato Loano

"substrato costituito da successioni sedimentarie di tipo sabbioso, sabbioso-ghiaiose con locali interstrati di sedimenti fini e, puntualmente, finissimi, per spessori sempre superiori a 20,00 metri. Il materasso alluvionale presenta caratteristiche di spiccata disomogeneità laterale e presenza di successioni limoso argillose e limoso sabbiose con potenze variabili da metriche a plurimetriche dovute all'azione del Rio Ranzi. È qui ipotizzata la sovrapposizione tra l'unità denominata come U1 (formatisi durante l'ultima fase di risalita e stazionamento alto del livello del mare (post LGM), avvenuta nel periodo Pleistocene sup. – Olocene (21700 anni – attuale) nel corso della campagna di indagini geofisiche e la U3 (correlabile con depositi costituiti da alternanza di sabbie ed argille formatisi durante il Pleistocene superiore) che poggia sulla U2 (che potrebbe corrispondere con le porzioni più competenti delle successioni sedimentarie direttamente impostate sulle "Quarziti di Ponte di Nava", costituite da quarziti biancastre e verdoline, per lo più a grana grossa, in strati e banche, di età Scitico) ".



Figura 6.1: Lato Loano (in Rosso) –Successioni sedimentarie sabbiose e sabbioso ghiaiose con possibile presenza di successioni argillose con potenza da metrica a plurimetrica, Lato Pietra Ligure (in Viola) – Successioni sedimentarie sabbiose e sabbioso ghiaiose.

Acquisita la ricostruzione geologica e stratigrafica locale è stato possibile delineare la caratterizzazione e la modellazione geotecnica del sottosuolo.

7. CARATTERIZZAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE DEL SITO OGGETTO DELL'INTERVENTO

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio legato al sito di costruzione. Si rimanda alla relazione geologica per l'inquadramento sismotettonico dell'area.

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it website: www.studiogeolab.it

7.1 Classificazione sismica della Regione Liguria.

L'area ricade nel Comune di Pietra Ligure ed ai sensi della DGR 471/2010 risulta inserita nella Zona Sismica 3.

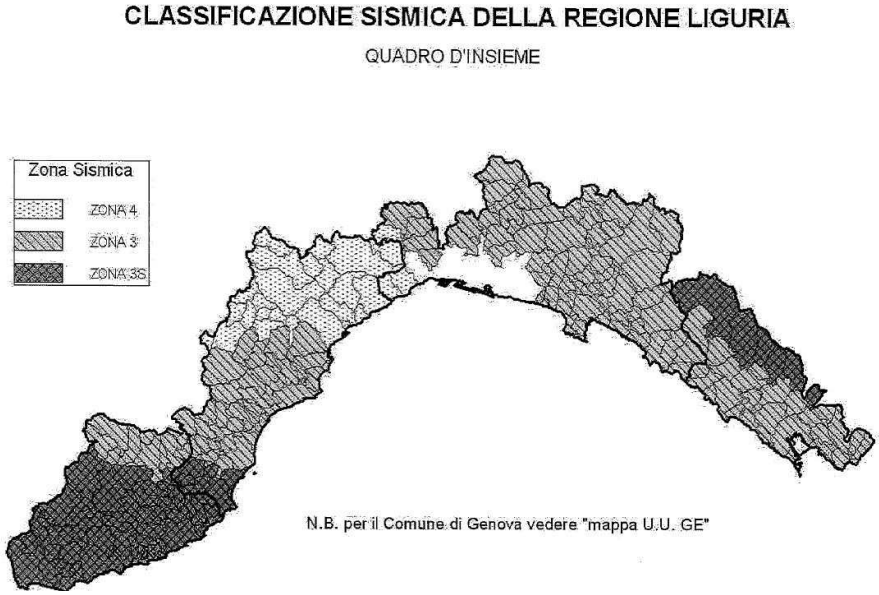


Figura 7.1.1: classificazione sismica della Regione Liguria

7.2 Calcolo dei parametri sismici.

Il calcolo dei parametri simici è evidenziato nella relazione geologica e sismica allegata alla presente, dalla quale possono essere estratti i seguenti valori caratteristici: a_g, F_0 e TxC nonché i valori dei coefficienti kh, kv, a_{max} e Beta per l'area di sedime.

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii/ fondazioni

Sito in esame.

latitudine: 44,145004 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50
longitudine: 8,280670 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50
Classe d'uso: IV: Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
Vita nominale: 100 [anni]
Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	**18018**	**44,119430**	**8,265644**	**3086,2**
Sito 2	**18019**	**44,122490**	**8,335099**	**5013,5**
Sito 3	**17797**	**44,172390**	**8,330857**	**5030,1**
Sito 4	**17796**	**44,169330**	**8,261319**	**3114,4**

Parametri sismici
Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: *200* anni
Coefficiente cu: 2

	Prob. Superamento [%]	Tr [anni]	a_g [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	120	0,047	2,521	0,242
Danno (SLD)	63	201	0,061	2,530	0,267
Salvaguardia della vita (SLV)	10	1898	0,169	2,505	0,313
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	2475	0,188	2,511	0,318

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it website: www.studiogeolab.it

Coefficienti Sismici

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	a_{max} [m/s²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,680	1,000	0,014	0,007	0,685	0,200
SLD	1,500	1,620	1,000	0,018	0,009	0,891	0,200
SLV	1,450	1,540	1,000	0,059	0,029	2,396	0,240
SLC	1,420	1,530	1,000	0,064	0,032	2,616	0,240

Tipo di elaborazione: opere di sostegno.

Sito in esame.

latitudine: 44,145004 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50
longitudine: 8,280670 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50
Classe d'uso: IV: Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
Vita nominale: 100 [anni]
Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	18018	44,119430	8,265644	3086,2
Sito 2	18019	44,122490	8,335099	5013,5
Sito 3	17797	44,172390	8,330857	5030,1
Sito 4	17796	44,169330	8,261319	3114,4

Parametri sismici
Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: *200* anni
Coefficiente cu: 2

	Prob. Superamento [%]	Tr [anni]	a_g [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	120	0,047	2,521	0,242
Danno (SLD)	63	201	0,061	2,530	0,267
Salvaguardia della vita (SLV)	10	1898	0,169	2,505	0,313
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	2475	0,188	2,511	0,319

Coefficienti Sismici

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	a_{max} [m/s²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,680	1,000	0,013	0,006	0,685	0,180
SLD	1,500	1,620	1,000	0,016	0,008	0,891	0,180
SLV	1,450	1,540	1,000	0,059	0,029	2,393	0,240
SLC	1,420	1,530	1,000	0,064	0,032	2,616	0,240

8. VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI: IDENTIFICAZIONI DEI RELATIVI STATI LIMITE E APPROCCI DI PROGETTO

8.1 Aspetti generali e teorici.

La progettazione geotecnica, ai sensi del paragrafo 6.2.3 delle NTC, si basa sul metodo degli stati limite e sull'impiego dei coefficienti parziali di sicurezza. Nel metodo degli stati limite, ultimi (SLU) e di esercizio (SLE), i coefficienti parziali sono applicati alle azioni, agli effetti delle azioni, alle caratteristiche dei materiali ed alle resistenze.

Nei confronti delle azioni, gli stati limite sia ultimi che di esercizio, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso. Gli Stati Limite sono definiti in generale:

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it website: www.studiogeolab.it

- *SLU: Stato Limite Ultimo* → il superamento di uno stato limite ultimo ha caratteri irreversibili e si definisce collasso;
- *SLE: Stato Limite di Esercizio* → il superamento di uno stato limite di esercizio può avere carattere reversibile o irreversibile.

In condizioni simiche gli stati limite di cui sopra si suddividono ulteriormente come di seguito indicato:

SLU Stato Limite Ultimo dinamico → SLV, SLC
SLE Stato Limite di Esercizio dinamico → SLO, SLD

Dove:

Stato Limite di Operatività (SLO):

a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significative;

Stato Limite di Danno (SLD):

a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature;

Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):

a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):

a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

8.1.1 Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU).

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$Ed \leq Rd$$

Dove:

Ed = valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione

Rd = valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico (terreno)

La verifica di detta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti:

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it website: www.studiogeolab.it

- per le azioni: (A1 e A2);
- per i parametri geotecnici: (M1 e M2)
- per le resistenze: (R1, R2 e R3)

si considerano cinque stati limite ultimi che, mantenendo la denominazione abbreviata degli euro codici, sono così identificati:

- EQU – perdita di equilibrio della struttura del terreno e dell'insieme terreno struttura, considerati come corpi rigidi;
- STR – raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali, compresi gli elementi di fondazione;
- GEO – raggiungimento della resistenza del terreno interagente con la struttura con sviluppo di meccanismi di collasso dell'insieme terreno struttura;
- UPL – perdita di equilibrio della struttura o del terreno, dovuta alla sottospinta dell'acqua (galleggiamento);
- HYD – erosione e sifonamento del terreno dovuta a gradienti idraulici.

Gli stati limite STR e GEO sono gli unici che prevedono il raggiungimento della resistenza delle strutture o del terreno, rispettivamente.

Nelle verifiche di sicurezza rispetto agli stati limite ultimi, sono utilizzati due tipi di approcci, l'Approccio 1 o l'Approccio 2.

Approccio 1:

– *Combinazione 1: (A1+M1+R1)*
– *Combinazione 2: (A2+M2+R2)*

Nell'ambito dell'Approccio 1, la Combinazione 1 è generalmente dimensionante per le verifiche di sicurezza rispetto agli stati limite di tipo strutturale (STR), mentre la Combinazione 2 risulta in genere dimensionante per le verifiche di sicurezza rispetto agli stati limite di tipo geotecnico (GEO).

Approccio 2:

– *Combinazione: (A1+M1+R3).*

Nelle verifiche esecutive dovranno essere specificati, per ogni singola tipologia di opere e sistema geotecnico utilizzato nella realizzazione del progetto in esame, le relative combinazioni dei coefficienti parziali che possono essere scelte dal calcolatore progettista o imposte dalla normativa a seconda del tipo di opera.

8.1.2 Verifiche nei confronti degli stati limite di esercizio (SLE).

Per ogni stato limite di esercizio deve essere rispettata la condizione:

$$Ed \leq Cd$$

Dove:

Ed = valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione
Cd = valore limite dell'effetto delle azioni, quest'ultimo stabilito in funzione del comportamento della struttura in elevazione

Per le opere ed i sistemi geotecnici, gli stati limite di esercizio si riferiscono al raggiungimento di valori critici di spostamenti e rotazioni, assoluti e/o relativi, distorsioni che possano compromettere la funzionalità dell'opera. In fase esecutiva sarà quindi necessario valutare,

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it website: www.studiogeolab.it

utilizzando i valori caratteristici delle azioni e delle resistenze dei materiali, gli spostamenti e le rotazioni delle opere, nonché il loro andamento nel tempo.

9. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA.

9.1 Caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni e delle rocce, definizione del modello geotecnico di sottosuolo e dei valori medi dei parametri geotecnici[1].

9.1.1 Modello del sottosuolo.

In base ai risultati delle prove geotecniche e geofisiche eseguite nello specchio acqueo prospiciente il Cantiere Navale il terreno di sedime può essere caratterizzato come segue, dall'alto verso il basso:

Zona di Ponente

- Sabbie 1: Sabbie fini limose grigie dal fondale marino fino a circa –5,00 metri
- Sabbie 2: Sabbie fini limose da -5,00 metri a – 15,00 metri
- Ghiaie: Ghiaie sabbiose da -15,00 m a – 16,00 metri

Zona centrale e Levante

- Sabbie 2: Sabbie fini limose da -0,00 metri a – 10,50 metri
- Ghiaie: Ghiaie sabbiose da -10,50 m a – 12,00 metri
- Limi sabbiosi e argillose sabbiose fino a da – 12,00 m a -16,00 metri

Zona di mare aperto

- Sabbie 1: Sabbie fini limose grigie dal fondale marino fino a circa –3,00 metri
- Sabbie 2: Sabbie fini limose da -3,00 metri a – 16,00 metri

La caratterizzazione dei terreni in relazione alla stratigrafia è riportata di seguito.

9.1.2 Caratteristiche geotecniche medie dei terreni.

Sabbie 1

Tale strato è costituito da sabbie fini limose grigie per le quali possono essere assunti i seguenti valori geotecnici.

Parametri	Simbolo	Unità	Valori minimi	Valori medi	Valori massimi
Peso di volume naturale	**γ**	**KN/m^3**	**19,7**	**19,7**	**19,7**
Peso di volume saturo	**γ_{sat}**	**KN/m^3**	**19,7**	**19,7**	**19,7**
Angolo di attrito interno	**ø**	**°**	**25**	**28**	**36**
Coesione efficace	**c'**	**KPa**	**0**	**0**	**0**
Densità relativa	**Dr**	**%**	**26**	**28**	**32**
Modulo edometrico	**Ed**	**MPa**	**3,6**	**3,6**	**3,6**
Modulo Young	**Es**	**MPa**	**16**	**16**	**16**

Sabbie 2

Tale strato è costituito da sabbie fini limose per le quali possono essere assunti i seguenti valori geotecnici.

1 I parametri caratteristici necessari alle verifiche agli SLU e SLE dovranno essere determinati dal progettista geotecnico nel corso della relazione esecutiva ed ivi essere utilizzati.

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it website: www.studiogeolab.it

Parametri	Simbolo	Unità	Valori minimi	Valori medi	Valori massimi
Peso di volume naturale	γ	KN/m³	19,3	20,2	21,2
Peso di volume saturo	γsat	KN/m³	19,6	20,4	21,3
Angolo di attrito interno	ø	°	27	32	40
Coesione efficace	c'	KPa	0	5	9
Densità relativa	Dr	%	32	52	81
Modulo edometrico	Ed	MPa	5,8	16,96	31,2
Modulo Young	Es	MPa	20	33	45

Ghiaie: Ghiaie sabbiose

Tale strato è costituito da ghiaie sabbiose per le quali possono essere assunti i seguenti valori geotecnici.

Parametri	Simbolo	Unità	Valori minimi	Valori medi	Valori massimi
Peso di volume naturale	γ	KN/m³	21	21	21
Peso di volume saturo	γsat	KN/m³	21	21	21
Angolo di attrito interno	ø	°	31	31	31
Coesione efficace	c'	KPa	0	0	0
Densità relativa	Dr	%	48	48	48
Modulo edometrico	Ed	MPa	16,7	16,7	16,7
Modulo Young	Es	MPa	34	34	34

Limi e argille sabbiose

Tale strato è costituito da limi e argille sabbiose per le quali possono essere assunti i seguenti valori geotecnici.

Parametri	Simbolo	Unità	Valori minimi	Valori medi	Valori massimi
Peso di volume naturale	γ	KN/m³	20,8	20,8	20,8
Peso di volume saturo	γsat	KN/m³	20,8	20,8	20,8
Angolo di attrito interno	ø	°	25	30	32
Angolo di attrito residuo	ør	°	28	28	28
Coesione efficace	c'	KPa	8	8	8
Coesione residua	cr	KPa	0	0	0
Densità relativa	Dr	%	22	42	55
Modulo edometrico	Ed	MPa	3,6	15	21,8
Modulo Young	Es	MPa	16	30	38

Savona, agosto 2013

Dott. Geologo Alessandro Canavero (O.R.G.L. n° 268)

Dott.ssa Geologo Sabrina Santini (O.R.G.L. n° 338)

INDICE ALLEGATI

STATO DI PROGETTO **15**
UBICAZIONE INDAGINI **16**
SEZIONI GEOTECNICHE SEMPLIFICATE **17**

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it website: www.studiogeolab.it

ALLEGATO 1

STATO DI PROGETTO



PLANIMETRIA GENERALE

Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it website: www.studiogeolab.it

ALLEGATO 2

UBICAZIONE INDAGINI

Progetto definitivo (anno 2012):

- sondaggi a rotazione "geotecnici": ☆ (SM1 – SM5);
- sondaggi a rotazione "ambientali": ❍ (A1 – M2);

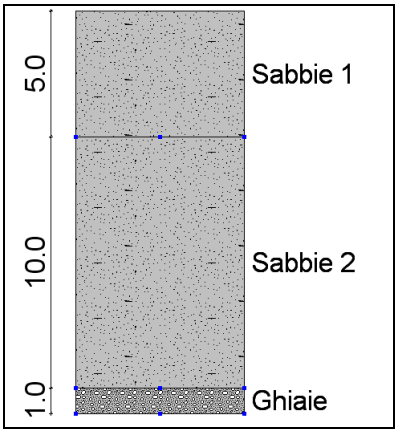


Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it website: www.studiogeolab.it

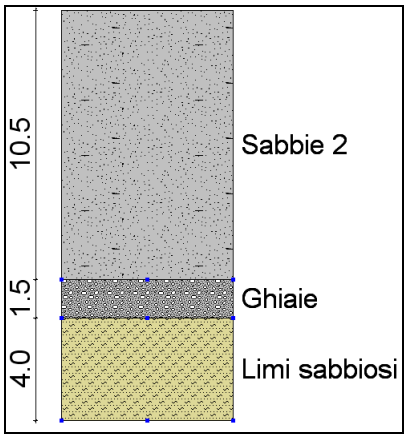
ALLEGATO 3

SEZIONI GEOTECNICHE SEMPLIFICATE

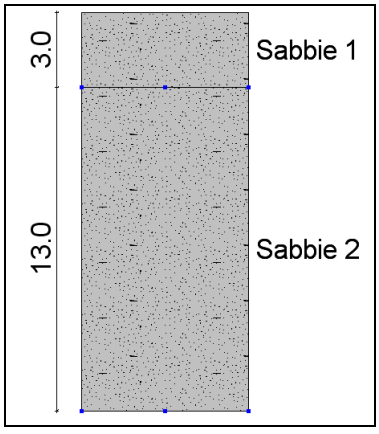
SEZIONE GEOTECNICA ZONA PONENTE



SEZIONE GEOTECNICA ZONA CENTRALE E LEVANTE



SEZIONE GEOTECNICA ZONA MARE APERTO



Piazza Diaz 11/5 - 17100 Savona – Tel./Fax. 0192051420 – P. IVA: 01148260092 – e_mail: geolab@studiogeolab.it website: www.studiogeolab.it