



Venice LNG S.p.A. Marghera, Italia

Deposito Costiero GNL a Marghera

Relazione di Inquadramento Sismico

Doc. No. P0000556-2-H3 Rev. 1 – Novembre 2017

Rev.	1
Descrizione	Seconda Emissione
Preparato da	D. Bertalot
Controllato da	A. Sola / P. Paci
Approvato da	A. Lo Nigro
Data	Novembre 2017



Deposito Costiero GNL a Marghera
Relazione di Inquadramento Sismico

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Data
1	Seconda Emissione	D. Bertalot	A. Sola / P. Paci	A. Lo Nigro	30/11/2017
0	Prima Emissione	D. Bertalot	A. Sola / P. Paci	A. Lo Nigro	31/07/2017

Tutti i diritti, traduzione inclusa, sono riservati. Nessuna parte di questo documento può essere divulgata a terzi, per scopi diversi da quelli originali, senza il permesso scritto di RINA Consulting S.p.A.

INDICE

	Pag.
LISTA DELLE TABELLE	2
LISTA DELLE FIGURE	2
ABBREVIAZIONI E ACRONIMI	3
1 INTRODUZIONE	4
2 RIFERIMENTI	6
3 CARATTERIZZAZIONE SISMICA	7
3.1 PREMESSA	7
3.2 INQUADRAMENTO SISMICO	7
3.3 OPERE CIVILI NON IMPIANTISTICHE	10
3.4 OPERE CIVILI IMPIANTISTICHE	14

LISTA DELLE TABELLE

Tabella 3.1:	Parametri Interpolati Caratterizzanti l’Azione Sismica per il Sito in Esame da NTC 2008 per gli Stati Limite SLD e SLV	11
Tabella 3.2:	Periodi ed Ordinate Spettrali in Pseudo Accelerazione su Suolo di Tipo C per SLD e SLV	13
Tabella 3.3:	Parametri Interpolati per la Definizione degli Spettri Sismici da NTC2008 per Diversi Periodi di Ritorno	15
Tabella 3.4:	Parametri Caratterizzanti l’Azione Sismica per il Sito in Esame da NTC2008 su Suolo Rigido di Tipo “A” per Sisma OBE e SSE	16
Tabella 3.5:	Periodi ed Ordinate Spettrali in Pseudo Accelerazione su Suolo di Tipo C per OBE e SSE	18

LISTA DELLE FIGURE

Figura 1.1:	Inquadramento Generale dell'Area con evidenziato il Sito di Intervento	4
Figura 1.2:	Inquadramento di Dettaglio dell'Area di Intervento	5
Figura 3.1:	Terremoti Storici e Strumentali nell’Italia Nord-Orientale	7
Figura 3.2:	Classificazione Sismica dei Comuni del Territorio Provinciale (INGV, 2003)	8
Figura 3.3:	Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale Espressa in Termini di Accelerazione Massima del Suolo con Probabilità di Eccedenza del 10% in 50 Anni Riferita a Suoli Rigidi	9
Figura 3.4:	Sito di Intervento con indicati i Punti del Reticolo di Riferimento più vicini alla Zona di Progetto	11
Figura 3.5:	Spettri in Pseudo Accelerazione su Suolo di Tipo C per SLV e SLD	13
Figura 3.6:	Curva di Hazard da NTC2008	15
Figura 3.7:	Curva di Hazard da NTC2008 e Fit in Scala Log-Log	16
Figura 3.8:	Spettri in Pseudo Accelerazione su Suolo di Tipo C per Sisma OBE e SSE (Norma EN 1473)	17

ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

INGV	Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
OGS	Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica
MASW	Multichannel Analysis of Surface Waves
NTC 2008	Norme Tecniche per le Costruzioni Anno 2008
SLD	Stato Limite di Danno
SLV	Stato Limite di Salvaguardia della Vita
OBE	Operating Basis Earthquake
SSE	Safe Shutdown Earthquake
V_N	Vita Nominale dell'Opera Strutturale
V_R	Periodo di Riferimento per l'Azione Sismica
P_{vr}	Probabilità di Superamento nel Periodo V _R
C_U	Coefficiente d'Uso
a_R	Accelerazione Orizzontale Massima sul Sito di Riferimento Rigido
F₀	Valore Massimo del Fattore di Amplificazione dello Spettro in Accel. Orizz.
T_C[*]	Periodo di Inizio del Tratto a Velocità Costante dello Spettro in Accel. Orizz.
V_{s-30}	Valore Medio della Velocità delle Onde di Taglio nei Primi 30m di Profondità
h_i	Altezza dello Strato i-esimo
V_{s,i}	Velocità delle Onde di Taglio dello Strato i-esimo
a_{max}	Accelerazione Orizzontale Massima Attesa al Sito
T_R	Tempo di Ritorno
SPT	Standard Penetration Test

1 INTRODUZIONE

Venice LNG intende installare, all'interno dell'area portuale e industriale di Marghera (Figura 1.1), un deposito costiero avente taglia di 32,000 m³, costituito da No. 1 serbatoio a pressione atmosferica.

Il deposito sarà alimentato mediante navi gasiere di piccola e media taglia, mentre la distribuzione sarà garantita attraverso camion e metaniere di piccola taglia ("bettoline").

Il progetto prevede un transito di 450,000 m³/anno di GNL nella fase iniziale delle operazioni e fino a 900,000 m³/anno a regime con l'aumento della domanda di mercato.

L'area del deposito sarà localizzata a Est dell'attuale deposito oli di proprietà DECAL, in una zona attualmente non interessata dalla presenza di attività produttive.

Il sito individuato è contiguo ad aree a vocazione industriale (sia a Est sia a Ovest) e attualmente interessate da attività produttive.

L'area di studio è collocata nella zona centro-occidentale della laguna di Venezia, all'interno dell'area portuale e industriale di Marghera; essa si trova in località Fusina all'interno del Comune di Venezia, e confina a Nord con il Canale Industriale Sud e a Sud con l'adiacente Comune di Mira.

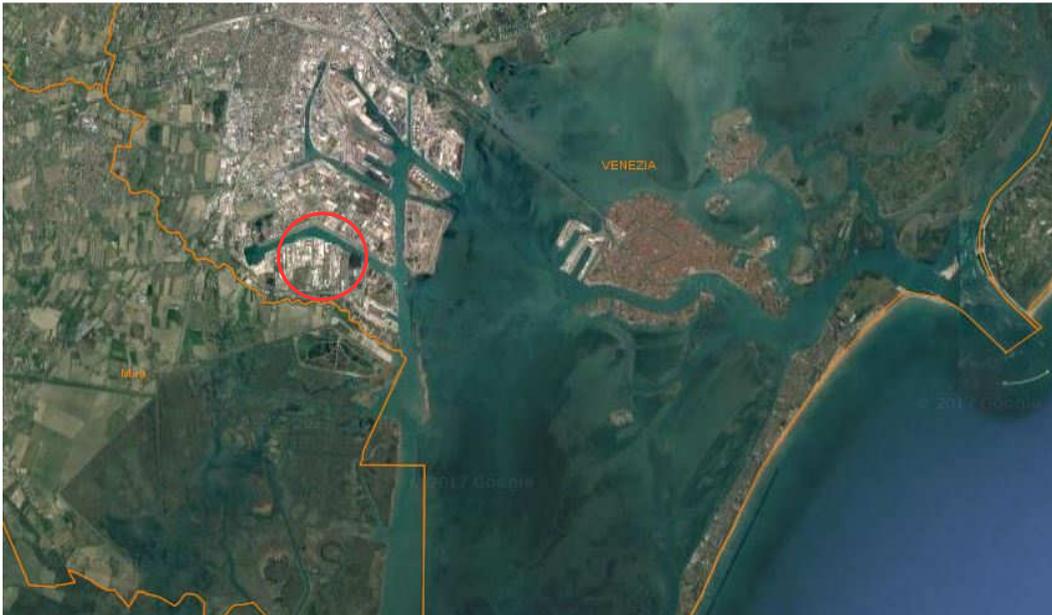


Figura 1.1: Inquadramento Generale dell'Area con evidenziato il Sito di Intervento

L'area risulta inoltre inserita all'interno del Sito di Interesse Nazionale di Venezia-Porto Marghera (SIN) come stabilito dalla legge n°426/1998 "Nuovi interventi in campo ambientale".



Figura 1.2: Inquadramento di Dettaglio dell'Area di Intervento

Il presente documento descrive l'inquadramento sismico con riferimento alle vigenti normative ed alle caratteristiche del sito ed è così strutturato:

- ✓ riferimenti (Capitolo 2);
- ✓ caratterizzazione sismica (Capitolo 3).

2 RIFERIMENTI

- [1] D.M. 14/01/08, Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008)
- [2] Circolare Min. 02/02/2009, N. 617 "Istruzioni per l'Applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 Gennaio 2008".
- [3] Ordinanza P.C.M. 3274 del 20 marzo 2003 dalla G.U. n.108 del 08/05/03 "Primi Elementi in Materia di Criteri Generali per la Classificazione Sismica del Territorio Nazionale e di Normative Tecniche per le Costruzioni In Zona Sismica".
- [4] Ordinanza P.C.M. 3519 del 28 Aprile 2006 dalla G.U. N. 108 del 11/05/06 "Criteri Generali per l'Individuazione delle Zone Sismiche e per la Formazione e l'Aggiornamento degli Elenchi delle Medesime Zone".
- [5] European Committee for Standardization (CEN), 2007, European Standard EN 1473: Installation and Equipment for Liquefied Natural Gas – Design of Onshore Installation, EN 1473:2007.
- [6] European Committee for Standardization (CEN), 2004, European Standard Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance, EN 1998-1:2004 to EN 1998-5:2004.
- [7] Francese R., Bondesan A., Giorgi M., Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale di Trieste (OGS), Progetto RISVE – Rischio Sismico della Provincia di Venezia, Studio di Zonazione geo-Sismica della Provincia di Venezia, Maggio 2014.
- [8] D'Appollonia, Doc. No. 16-153-H1, DECAL S.p.A. Marghera, Italia, Deposito Costiero GNL a Marghera, Studio di Fattibilità, Rev. 0 – Gennaio 2017.
- [9] Dott. Ing. Davide Splendore, Ecoprogetto Veritas, Geolavori, "Indagine Geognostica finalizzata al Rifacimento delle Strutture di Accosto presso Banchina Stazione di Travaso - Relazione Geologica e Caratterizzazione Geotecnica" (Maggio 2014).
- [10] Banon H., C.A. Cornell, C.B. Crouse, P.W. Marshall, F. Nadim and A.H. Yuona, 2001, "ISO Seismic Design Guidelines for Offshore Platforms", Proceedings of 20th Offshore Mechanics and Arctic Engineering Conference, June 3-8, Rio de Janeiro, Brazil;
- [11] Jalayer F., "Direct Probabilistic Seismic Analysis: Implementing Non linear Dynamic Assessments", Ph. Dissertaton 2003. Department of Civil and Environmental Engineering, Stanford University, California, USA.
- [12] Sewell R.T., Toro G.R., McGuire R.K., "Impact of Ground Motion Characterization on Conservatism and Variability in Seismic Risk Estimates", NUREG/CR-6467, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington DC, 1991.
- [13] Stucchi M., Meletti C., Montaldo V., 2007, "Valutazione Standard di Amax per le Isole rimaste escluse nella Fase di Redazione di MPS04", Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D1.
- [14] Google Earth (2017).
- [15] Geotecnica Veneta s.r.l., 2017, "Indagini Geognostiche Geotecniche e Geofisiche Presso l'Area del Futuro Terminal Venice GNL a Porto Marghera – Venezia – Relazione Geologica sulle Indagini." Rel. 01/17/110.

3 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

3.1 PREMESSA

Nel presente Capitolo si riportano le principali informazioni in merito alla sismicità dell'area, nonché i parametri che saranno utilizzati durante la progettazione con riferimento ai carichi sismici.

Si precisa a tal fine che si è considerato di applicare la norma EN 1473 [6] alle costruzioni di tipo impiantistico che saranno oggetto di dimensionamento strutturale mentre la normativa DM 14/01/2008 [1] (NTC 2008) verrà applicata per le strutture di tipo civile non aventi funzione impiantistica.

3.2 INQUADRAMENTO SISMICO

Per quanto concerne la pericolosità sismica dell'area oggetto di intervento ed più in generale del territorio veneto ci si può riferire alle mappe ufficiali elaborate dall'Istituto Nazionale di Geofisica e di Vulcanologia (INGV) ed ai diversi studi condotti dall'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale di Trieste (OGS) che gestisce la rete sismica del settore Nord-orientale del territorio nazionale.

L'Italia Nord-orientale (Figura 3.1) ed in particolare la zona veneto-friulana sono state storicamente colpite da numerosi terremoti particolarmente distruttivi con una maggiore frequenza nella fascia pedemontana (Verona, Vicenza, Gemona e Cividale) e prealpina (Belluno e Tramonti).

La sismicità nella fascia di media e bassa pianura, tra cui l'area oggetto di intervento, ed in quella dei settori alpini risulta decisamente modesta, come presentato nella sottostante figura, desunta dalla mappa (aggiornata al 2011) fornita da INGV e OGS, ove sono riportati:

- ✓ terremoti strumentali ($M < 3$) in verde;
- ✓ sismi con magnitudo superiore a 5 ($M > 5$).

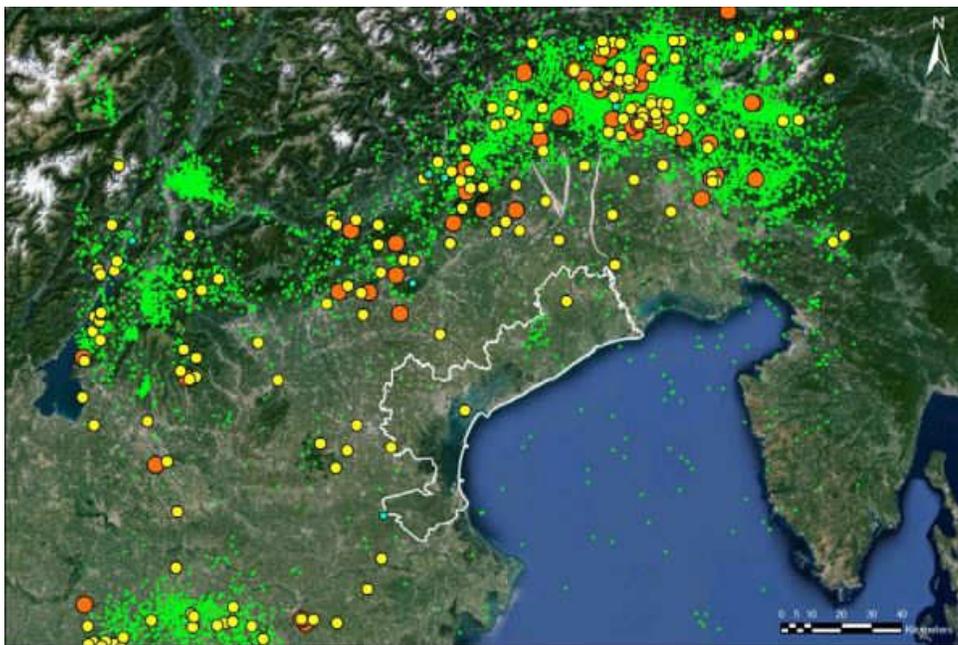


Figura 3.1: Terremoti Storici e Strumentali nell'Italia Nord-Orientale

La maggior parte dei terremoti principali si sono verificati diversi secoli or sono e pertanto sia la localizzazione sia l'intensità sono piuttosto incerte come ad esempio nel caso del terremoto del 1117 che una localizzazione non del tutto soddisfacente colloca nel Veronese. La parametrizzazione dei sismi è più precisa per alcuni di epoca storica quali i terremoti dell'Alpago (1873) e del Consiglio (1936) in Veneto e di Tolmezzo (1926). Quello di Gemona (1976) in Friuli è stato misurato dalla rete.

Dal 2003 sono in essere i nuovi criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relativi alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento che superi una determinata magnitudo. L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003 [3] detta i principi generali sulla base dei quali le Regioni, a cui lo Stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio (Decreto Legislativo n. 112 del 1998 e Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001 "Testo Unico delle Norme per l'Edilizia"), hanno compilato l'elenco dei comuni (Figura 3.2) con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale.

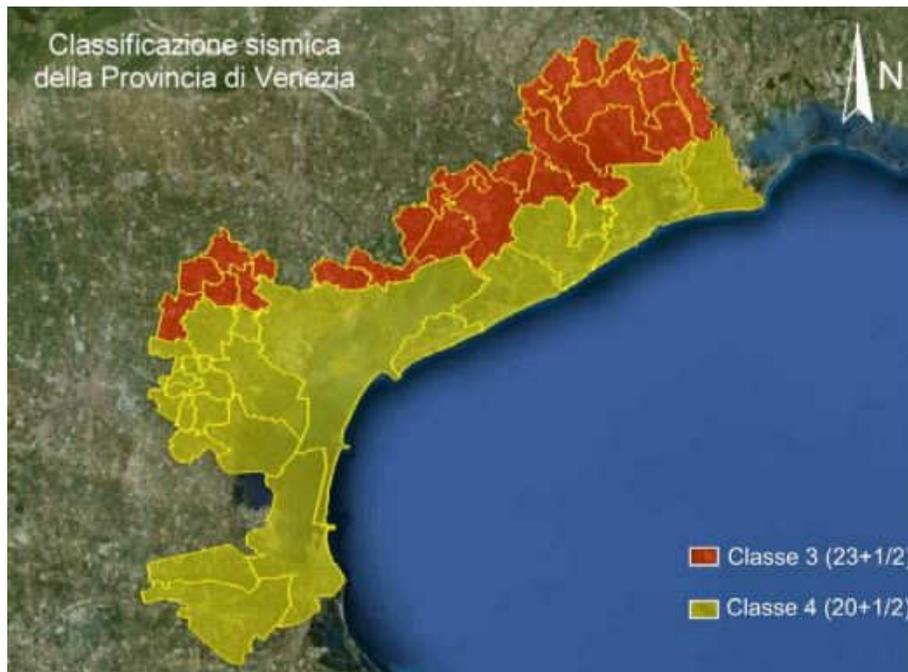


Figura 3.2: Classificazione Sismica dei Comuni del Territorio Provinciale (INGV, 2003)

Nel 2004 è stata rilasciata la mappa della pericolosità sismica (<http://zonesismiche.mi.ingv.it>) che fornisce un quadro delle aree più pericolose in Italia (Figura 3.3). La mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (Ordinanza PCM del 28 Aprile 2006, n. 3519, All. 1b) è espressa in termini di accelerazione orizzontale del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005). L'Ordinanza PCM n. 3519/2006 ha reso tale mappa uno strumento ufficiale di riferimento per il territorio nazionale.

Nel 2008 sono state aggiornate le Norme Tecniche per le Costruzioni: per ogni luogo del territorio nazionale l'azione sismica da considerare nella progettazione si basa su questa stima di pericolosità opportunamente corretta per tenere conto delle effettive caratteristiche del suolo a livello locale.

I colori indicano i diversi valori di accelerazione del terreno che hanno una probabilità del 10% di essere superati in 50 anni. Indicativamente i colori associati ad accelerazioni più basse indicano zone meno pericolose, dove la frequenza di terremoti più forti è minore rispetto a quelle più pericolose.

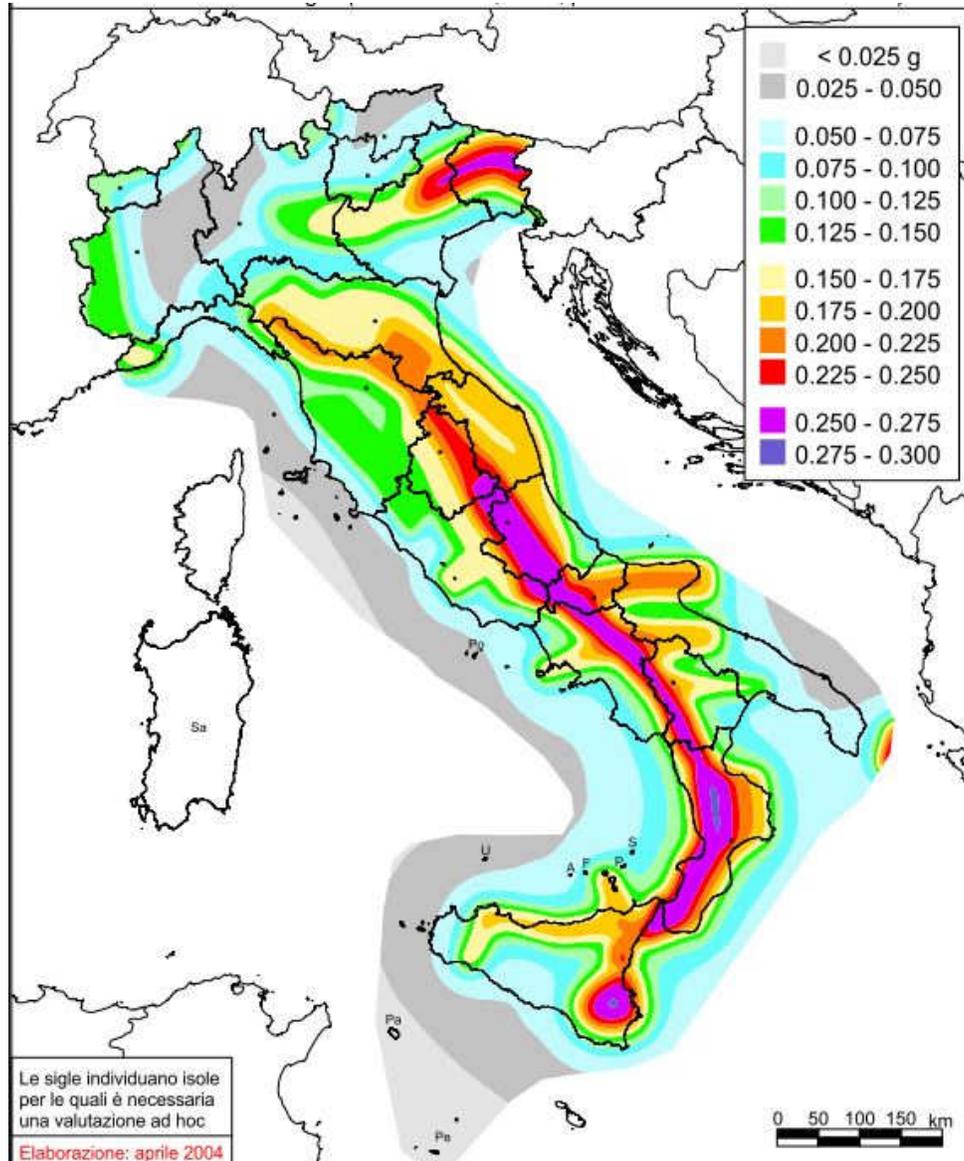


Figura 3.3: Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale Espressa in Termini di Accelerazione Massima del Suolo con Probabilità di Eccedenza del 10% in 50 Anni Riferita a Suoli Rigidi

Nell'area oggetto di studio i valori di accelerazione sono compresi tra 0.050 e 0.075g.

3.3 OPERE CIVILI NON IMPIANTISTICHE

Con l'entrata in vigore delle NTC 2008 le azioni sismiche di progetto, in base alle quali è valutata l'azione sismica di riferimento agli stati limite di progetto considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, come già accennato nel paragrafo precedente.

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. Nelle NTC 2008 tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato "periodo di riferimento" V_R e la probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" P_{vr} .

Ai fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto la pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero (cioè in assenza di manufatti) su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad esso corrispondente, con riferimento a prefissate probabilità di superamento P_{vr} nel periodo di riferimento V_r .

Con riferimento sempre alle NTC 2008, al fine di valutare l'azione sismica di riferimento allo stato limite di danno (SLD) e stato limite di salvaguardia (SLV) sulle opere civili non aventi funzione impiantistica, viene considerata una vita nominale della costruzione V_N pari a 50 anni, un coefficiente d'uso pari a 1 ed un periodo di riferimento V_r pari a 50 anni. Sono identificati per i singoli stati limite i seguenti periodi di ritorno:

- ✓ Stato Limite di Danno: periodo di ritorno pari a 50 anni;
- ✓ Stato Limite di Salvaguardia della Vita: periodo di ritorno pari a 475 anni.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{vr} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ✓ accelerazione orizzontale massima attesa a_g ;
- ✓ fattore di amplificazione F_0 dello spettro in accelerazione orizzontale;
- ✓ periodo T^*C di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il valore di a_g è desunto direttamente dalla pericolosità di riferimento, attualmente fornita dallo INGV, mentre F_0 e T^*C sono calcolati in modo che gli spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento forniti dalle NTC 2008 approssimino al meglio i corrispondenti spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento derivanti dalla pericolosità di riferimento.

I valori di a_g , F_0 e T^*C sono riportati nell'Allegato B alle NTC 2008; di essi si fornisce la rappresentazione in termini di andamento medio, in funzione del periodo di ritorno T_r , per l'intero territorio nazionale.

Il territorio italiano risulta infatti suddiviso in un reticolo avente maglia quadrata nei cui vertici sono forniti i precedenti parametri per la definizione degli spettri di risposta per i vari tempi di ritorno.

Il Comune di Venezia, all'interno del quale è situata l'area di Marghera, è stato inserito nella zona sismica 4, che rappresenta quella di minore sismicità come evidenziato nel paragrafo precedente e come confermato con delibera del Consiglio Regionale della Regione Veneto n° 67 del 3 dicembre 2003.

I punti del reticolo di riferimento più vicini alla zona di progetto sono i 12747, 12748, 12526 e 12525 (Figura 3.4).



Figura 3.4: Sito di Intervento con indicati i Punti del Reticolo di Riferimento più vicini alla Zona di Progetto

Nella Tabella 3.1 sono riportati i parametri individuati in precedenza per la definizione degli spettri di risposta elastici in accelerazione (componente orizzontale), utilizzati per le verifiche delle opere civili in esame nei confronti dei diversi stati limite (stato limite di danno SLD e stato limite di salvaguardia della vita SLV).

Tabella 3.1: Parametri Interpolati Caratterizzanti l’Azione Sismica per il Sito in Esame da NTC 2008 per gli Stati Limite SLD e SLV

Parametro	unità	SLD	SLV
		50	475
a_g	[g]	0.034	0.076
F_o	[-]	2.527	2.645
T_c^*	[s]	0.238	0.358

La categoria del sottosuolo, necessaria per la definizione dei parametri S_s e C_c degli spettri, può essere stabilita mediante il valore medio della velocità delle onde di taglio nei primi 30m di profondità, V_{S-30} , dove:

$$V_{S-30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Considerando le velocità delle onde di taglio ottenute mediante le prove in sito tipo MASW eseguite da Geotecnica Veneta [15] all'interno del sito in esame si ottiene:

$$V_{s-30} \approx 212-221 \text{ m/s}$$

Questo valore pone il sito nella categoria di sottosuolo di tipo "C" ($V_{s-30} = 180-360 \text{ m/s}$), ossia "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina)".

In definitiva, ai sensi delle Norme Tecniche sulle Costruzioni [1] e della Circolare 2 febbraio 2009-n. 617 [2], vengono definite per le opere a progetto di tipo civile non impiantistico:

- ✓ Vita nominale $V_N = 50$ anni
- ✓ Classe d'uso: Classe II
- ✓ Coefficiente d'uso (al variare della classe d'uso): $C_U = 1.0$
- ✓ Periodo di riferimento per l'azione sismica: $V_R = C_U \cdot V_N = 1.0 \cdot 50 = 50$ anni
- ✓ Probabilità di superamento: $P_{VR} = 10$ per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV)
- ✓ Probabilità di superamento: $P_{VR} = 63$ per lo Stato Limite di Danno (SLD)
- ✓ T_R per l'azione sismica (SLV): $T_R = -\frac{V_R}{\ln(1-P_{VR})} = -\frac{50}{\ln(1-0.10)} \approx 475$ anni
- ✓ T_R per l'azione sismica (SLD): $T_R = -\frac{V_R}{\ln(1-P_{VR})} = -\frac{50}{\ln(1-0.63)} \approx 50$ anni
- ✓ Coordinate di riferimento (ED50): LAT= 45.440640; LONG= 12.233387
- ✓ Accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido:
 - SLD: $a_g = 0.034g$
 - SLV: $a_g = 0.076g$
- ✓ Categoria del sottosuolo: Categoria C
 - $S_s = 1.5$ coeff. amp. stratigrafica (relativo alla Categoria C)
- ✓ Condizioni topografiche: Categoria T1
 - $S_T = 1.0$ coeff. amp. topografica (relativo alla Categoria T1)
- ✓ Accelerazione orizzontale massima attesa al sito:
 - SLD: $a_{max} = 0.051g$
 - SLV: $a_{max} = 0.114g$

In Figura 3.5 si riportano i due spettri orizzontali di progetto relativamente ai due stati limite considerati su suolo di tipo "C".

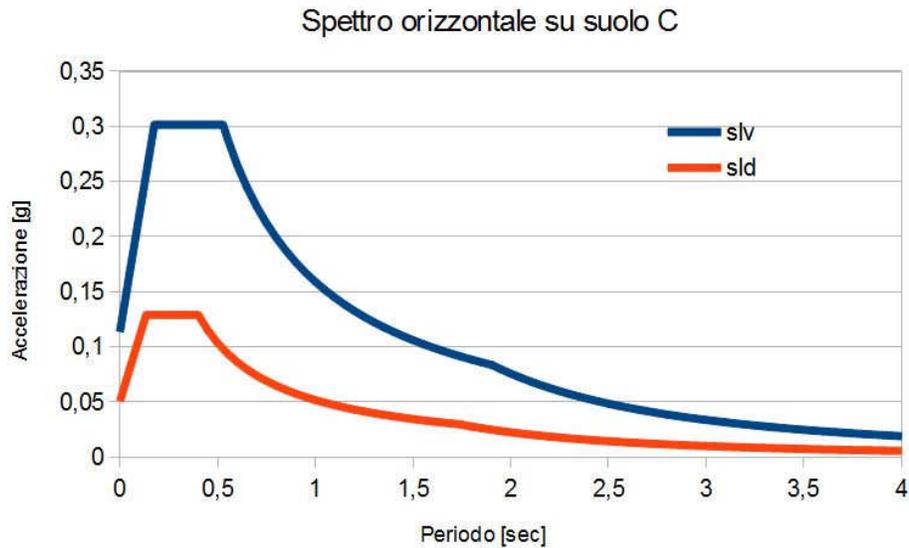


Figura 3.5: Spettri in Pseudo Accelerazione su Suolo di Tipo C per SLV e SLD

Tabella 3.2: Periodi ed Ordinate Spettrali in Pseudo Accelerazione su Suolo di Tipo C per SLD e SLV

SLD		SLV	
Periodo [sec]	Accelerazione [g]	Periodo [sec]	Accelerazione [g]
0.000	0.051	0.000	0.114
0.100	0.109	0.100	0.221
0.134	0.129	0.176	0.302
0.200	0.129	0.200	0.302
0.300	0.129	0.300	0.302
0.400	0.129	0.400	0.302
0.401	0.129	0.500	0.302
0.500	0.103	0.528	0.302
0.600	0.086	0.600	0.265
0.700	0.074	0.700	0.227
0.800	0.065	0.800	0.199
0.900	0.057	0.900	0.177
1.000	0.052	1.000	0.159
1.100	0.047	1.100	0.145
1.200	0.043	1.200	0.133
1.300	0.040	1.300	0.122
1.400	0.037	1.400	0.114

SLD		SLV	
Periodo [sec]	Accelerazione [g]	Periodo [sec]	Accelerazione [g]
1.500	0.034	1.500	0.106
1.600	0.032	1.600	0.099
1.700	0.030	1.700	0.094
1.736	0.030	1.800	0.088
1.800	0.028	1.900	0.084
1.900	0.025	1.904	0.084
2.000	0.022	2.000	0.076
2.100	0.020	2.100	0.069
2.200	0.019	2.200	0.063
2.300	0.017	2.300	0.057
2.400	0.016	2.400	0.053
2.500	0.014	2.500	0.048
2.600	0.013	2.600	0.045
2.700	0.012	2.700	0.042
2.800	0.011	2.800	0.039
2.900	0.011	2.900	0.036
3.000	0.010	3.000	0.034
3.100	0.009	3.100	0.032
3.200	0.009	3.200	0.030
3.300	0.008	3.300	0.028
3.400	0.008	3.400	0.026
3.500	0.007	3.500	0.025

3.4 OPERE CIVILI IMPIANTISTICHE

Con riferimento all'azione sismica di progetto definita in funzione della norma EN 1473 [6] per le opere strutturali di tipo impiantistico, si fa riferimento a due diversi tempi di ritorno:

- ✓ 475 anni per sisma OBE "Operating Basis Earthquake";
- ✓ 5,000 anni per sisma SSE "Safe Shutdown Earthquake".

Nella seguente tabella sono riportati per nove diversi tempi di ritorno i seguenti valori, già definiti in precedenza e ricavati dall'interpolazione tra i punti del reticolo di riferimento più vicini alla zona in esame:

- ✓ accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido a^g ;
- ✓ F_0 ampiezza massimo dello spettro in accelerazione;
- ✓ T_c^* parametro su cui vengono calcolati i periodi T^c e T_b corrispondenti rispettivamente al periodo all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro e al periodo all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante.

Tabella 3.3: Parametri Interpolati per la Definizione degli Spettri Sismici da NTC2008 per Diversi Periodi di Ritorno

Probabilità Annuale di Superamento	Periodo di Ritorno [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [sec]
3.33E-002	30	0.028	2.498	0.205
2.00E-002	50	0.034	2.527	0.238
1.39E-002	72	0.039	2.543	0.270
9.90E-003	101	0.044	2.482	0.300
7.14E-003	140	0.050	2.502	0.320
4.98E-003	201	0.056	2.577	0.330
2.11E-003	475	0.076	2.645	0.358
1.03E-003	975	0.097	2.663	0.379
4.04E-004	2495	0.133	2.638	0.420

In base ai dati della precedente tabella il tempo di ritorno è compreso tra 30 e 2,475 anni. Al fine quindi di determinare il valore dell'accelerazione sismica di progetto su un suolo di tipo "A" per un tempo di ritorno pari a 5,000 anni, come previsto per il sisma SSE, è pertanto necessario in via preliminare estrapolare i dati della curva di hazard.

La Figura 3.6 riporta la curva di hazard per la PGA su suolo di tipo "A" sulla base dei dati riportati nella tabella 2 sulla base delle NTC 2008, a partire dalla quale sono stati calcolati i valori per suolo di tipo "C" attraverso l'introduzione di opportuni coefficienti correttivi.

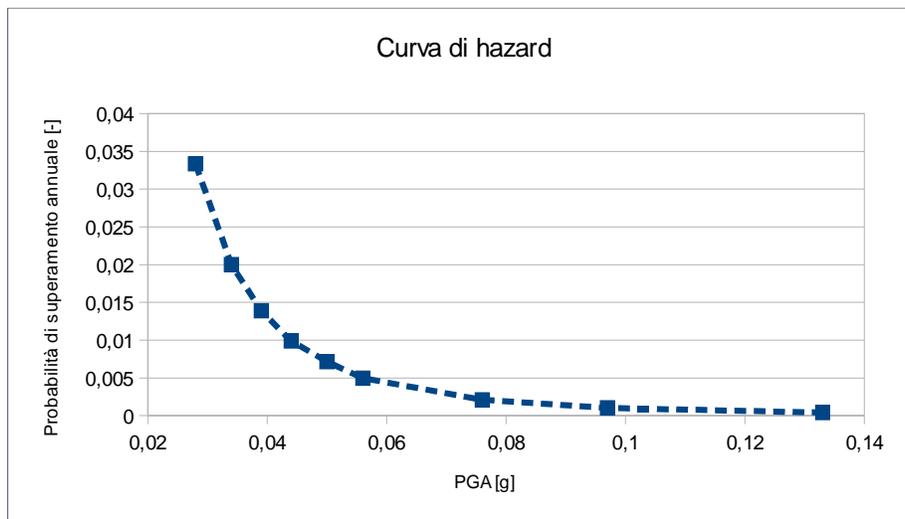


Figura 3.6: Curva di Hazard da NTC2008

Come proposto in Sewell et al. [12], la curva di hazard può essere approssimata con l'espressione seguente:

$$v(IM)=k_0(IM)^{-k}$$

in cui si ha:

IM = intensità del sisma intesa come PGA;

$v(IM)$ = probabilità annuale di superamento di un certo valore di IM;

k_0, k = costanti empiriche.

Andando a porre la precedente relazione e la curva di hazard su un diagramma in scala logaritmica si vede che l'equazione è una retta con pendenza k . Esistono vari metodi per il fit della curva di hazard con l'equazione precedente e uno di questi, proposto in Jalayer [11], prevede di far passare l'equazione per il due punti corrispondenti al "Design Basic Earthquake" con $T=475$ anni e al "Maximum Credible Earthquake" con $T=2,475$ anni. Il risultato di tale procedura è riportato nella figura sottostante.

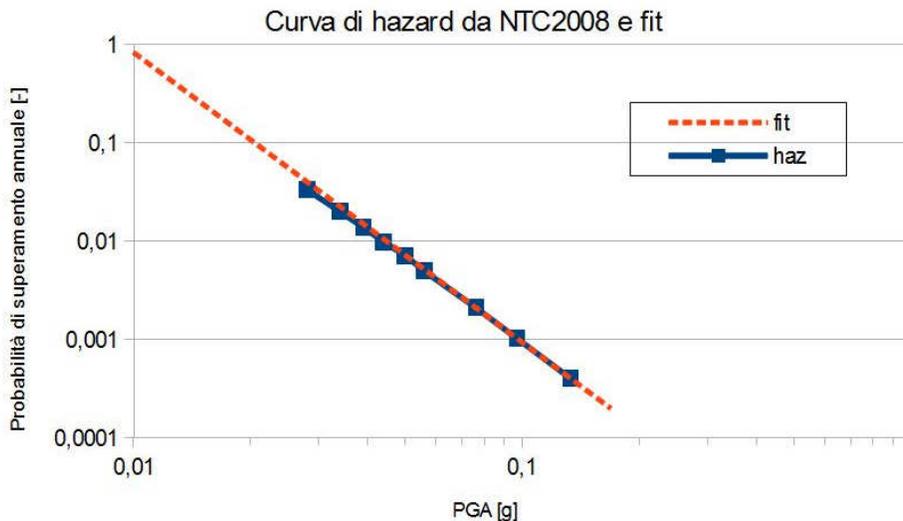


Figura 3.7: Curva di Hazard da NTC2008 e Fit in Scala Log-Log

La precedente procedura conduce a una pendenza della retta in scala log-log pari a circa 2.95, che risulta nel range di valori di k indicati in letteratura e compresi tra 1.75 e 3.00 [6] [10]. Si adotta quindi $k=2.95$ e si vincola la retta a passare per il punto corrispondente a $T=2475$ anni ottenendo una PGA per $T=5,000$ anni pari a circa 0.169g. Per quanto riguarda gli altri parametri necessari alla definizione dello spettro sismico di progetto per $T=5,000$ anni si adottano i valori riportati nella NTC2008 relativi a $T=2,475$ anni estrapolando la forma spettrale.

I parametri per la definizione degli spettri di progetto su suolo rigido di tipo "A" sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 3.4: Parametri Caratterizzanti l’Azione Sismica per il Sito in Esame da NTC2008 su Suolo Rigido di Tipo "A" per Sisma OBE e SSE

Parametro e UdM		OBE	SSE
		475	5000
a_g	[g]	0.076	0.169
F_o	[-]	2.645	2.638
T_c^*	[s]	0.358	0.42

In definitiva, ai sensi della norma EN 1473 [5], vengono definite per le opere a progetto di tipo civile impiantistico:

- ✓ T_R per l’azione sismica OBE: 475 anni;

Deposito Costiero GNL a Marghera
 Relazione di Inquadramento Sismico

- ✓ T_R per l'azione sismica SSE: 5,000 anni;
- ✓ Coordinate di riferimento (ED50): LAT= 45.440640; LONG= 12.233387;
- ✓ Accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido:
 - OBE: $a_g = 0.076g$
 - SSE: $a_g = 0.169g$
- ✓ Categoria del sottosuolo: Categoria C
 - $S_s = 1.5$ coeff. amp. stratigrafica (relativo alla Categoria C)
- ✓ Condizioni topografiche: Categoria T1
 - $S_T = 1.0$ coeff. amp. topografica (relativo alla Categoria T1)
- ✓ Accelerazione orizzontale massima attesa al sito:
 - OBE: $a_{max} = 0.114g$
 - SSE: $a_{max} = 0.253g$

In Figura 3.8 si riportano i due spettri orizzontali di progetto relativamente al sisma OBE "Operating Basis Earthquake" e al sisma SSE "Safe Shutdown Earthquake" considerati su suolo di tipo "C".

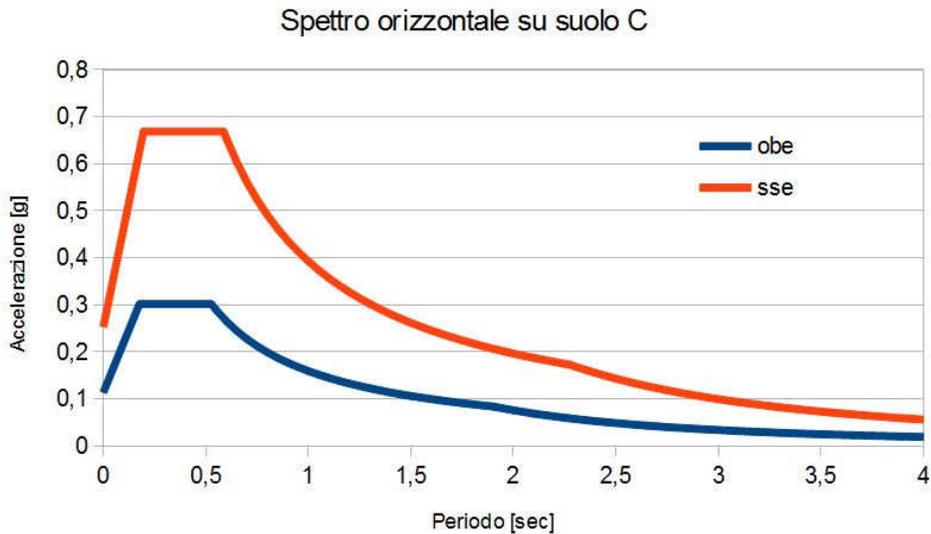


Figura 3.8: Spettri in Pseudo Accelerazione su Suolo di Tipo C per Sisma OBE e SSE (Norma EN 1473)

Tabella 3.5: Periodi ed Ordinate Spettrali in Pseudo Accelerazione su Suolo di Tipo C per OBE e SSE

OBE		SSE	
Periodo [sec]	Accelerazione [g]	Periodo [sec]	Accelerazione [g]
0.000	0.114	0.000	0.254
0.100	0.221	0.100	0.466
0.176	0.302	0.196	0.669
0.200	0.302	0.200	0.669
0.300	0.302	0.300	0.669
0.400	0.302	0.400	0.669
0.500	0.302	0.500	0.669
0.528	0.302	0.587	0.669
0.600	0.265	0.600	0.654
0.700	0.227	0.700	0.561
0.800	0.199	0.800	0.491
0.900	0.177	0.900	0.436
1.000	0.159	1.000	0.393
1.100	0.145	1.100	0.357
1.200	0.133	1.200	0.327
1.300	0.122	1.300	0.302
1.400	0.114	1.400	0.280
1.500	0.106	1.500	0.262
1.600	0.099	1.600	0.245
1.700	0.094	1.700	0.231
1.800	0.088	1.800	0.218
1.900	0.084	1.900	0.207
1.904	0.084	2.000	0.196
2.000	0.076	2.100	0.187
2.100	0.069	2.200	0.178
2.200	0.063	2.276	0.173
2.300	0.057	2.300	0.169
2.400	0.053	2.400	0.155
2.500	0.048	2.500	0.143
2.600	0.045	2.600	0.132
2.700	0.042	2.700	0.123
2.800	0.039	2.800	0.114
2.900	0.036	2.900	0.106

Deposito Costiero GNL a Marghera
Relazione di Inquadramento Sismico

OBE		SSE	
Periodo [sec]	Accelerazione [g]	Periodo [sec]	Accelerazione [g]
3.000	0.034	3.000	0.099
3.100	0.032	3.100	0.093
3.200	0.030	3.200	0.087
3.300	0.028	3.300	0.082
3.400	0.026	3.400	0.077
3.500	0.025	3.500	0.073

DBE/ALS/PP/ALN:tds

RINA Consulting S.p.A.

Via San Nazaro, 19 - 16145 GENOVA - Italy

Tel. +39 010 3628148 - Fax +39 010 3621078

www.rinaconsulting.org

rinaconsulting@rina.org

former D'Appolonia