

0	FAC	PRIMA EMISSIONE	13/04/2015	IERINO'	CITTERIO
1	FUS	SECONDA EMISSIONE	09/10/2015	IERINO'	CITTERIO
REV.	ST.	DESCRIZIONE	DATA	VERIFICATO	APPROVATO



P920AGKC003

RELAZIONE DI INQUADRAMENTO SISMICO

09/10/2015	SECONDA EMISSIONE	ABA	LPO	MBG
13/04/2015	PRIMA EMISSIONE	ABA	LPO	MBG
DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	CONTROLL.	APPROVATO

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
1.1	NORMATIVA.....	4
1.2	RIFERIMENTI DI BIBLIOGRAFIA.....	4
2	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	5

1 INTRODUZIONE

Edison S.p.A. intende realizzare all'interno del porto di Oristano un Terminale costiero per lo stoccaggio e la distribuzione di GNL di capacità utile pari a 10,000 m³.

Il Terminale sarà approvvigionato mediante gasiere di piccola taglia; in considerazione del continuo sviluppo del mercato delle navi di trasporto GNL di piccole dimensioni, ai fini della progettazione si è fatto riferimento a navi attualmente operanti sul mercato, di capacità pari a 7,500 e 15,600 m³, le cui caratteristiche dimensionali sono considerate rappresentative delle navi che potranno approvvigionare il deposito costiero e sono state utilizzate quale riferimento per lo sviluppo dell'ingegneria (con particolare riferimento al dimensionamento delle opere a mare).

L'effettiva capacità di riferimento delle navi che approvvigioneranno il terminale sarà definita in fase di più avanzata progettazione a valle di considerazioni tecniche di compatibilità, di disponibilità di mercato e di ottimizzazione della logistica di trasporto del GNL.

La distribuzione potrà essere effettuata mediante autocisterne (con capacità minima utile di circa 40 m³) e mediante bettoline (ai fini della progettazione si è fatto riferimento alle caratteristiche di mezzi esistenti di capacità pari a 1,000 m³; l'effettiva capacità di riferimento delle bettoline sarà definita in una fase successiva del progetto).

L'area di prevista ubicazione dell'impianto è situata all'interno del Porto di Oristano, in corrispondenza del Canale Sud; la zona di ormeggio delle bettoline presenta una lunghezza complessiva di circa 340 m, ed è costituita da un primo tratto, orientato lungo la direttrice Sud-Sud-Est/Nord-Nord-Ovest (lunghezza di circa 230 m) ed un secondo che si sviluppa da Sud a Nord.

Lo specchio acqueo antistante presenta una profondità media di -11 m rispetto al livello del medio mare (s.l.m.m.) (Consorzio Industriale Provinciale Oristanese, 2004).

Il progetto prevede la realizzazione degli interventi infrastrutturali e impiantistici necessari a consentire:

- l'attracco delle bettoline di capacità compresa fra 1,000 e 15,600 m³;
- il trasferimento del prodotto liquido (GNL) dalle stesse ai serbatoi di stoccaggio in pressione, attraverso bracci di carico;
- lo stoccaggio del GNL, mediante No. 7 serbatoi in pressione orizzontali di capacità utile di circa 1,430 m³ ciascuno;
- la distribuzione del prodotto attraverso operazioni di caricazione su bettoline ("terminal to ship") e camion ("terminal to truck").

Come anticipato, il GNL sarà approvvigionato attraverso navi di capacità massima di 15,600 m³, aventi dimensioni sostanzialmente contenute (lunghezza di circa 155 m e pescaggi non superiori a 8.5 m) e confrontabili con quelle delle navi già attualmente in arrivo presso il Porto.

Il presente documento descrive l'inquadramento sismico con riferimento alle vigenti normative ed alle caratteristiche del sito.

RIFERIMENTI**1.1 NORMATIVA**

D.M.14_01_08; Norme Tecniche per le Costruzioni, N.T.C. 2008;
European Committee for Standardization (CEN), 2007, European Standard EN 1473: Installation and Equipment for Liquefied Natural Gas – Design of Onshore Installation, EN 1473:2007.

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.

1.2 RIFERIMENTI DI BIBLIOGRAFIA

Banon H., C. A. Cornell, C. B. Crouse, P. W. Marshall, F. Nadim and A. H. Younan, 2001, "ISO

Seismic Design Guidelines for Offshore Platforms", Proceedings of 20th Offshore Mechanics and Arctic Engineering Conference, June 3-8, Rio de Janeiro, Brazil.

Jalayer F. Direct Probabilistic Seismic Analysis: Implementing Non-linear Dynamic Assessments. Ph.D Dissertation 2003. Department of Civil and Environmental Engineering, Stanford University. California. USA;

Sewell RT, Toro GR, McGuire RK. Impact of ground motion characterization on conservatism and variability in seismic risk estimates. NUREG/CR-6467. U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC. 1991;

Stucchi M., Meletti C. and V. Montaldo, 2007, "Valutazione standard di amax per le isole rimaste escluse nella fase di redazione di MPS04." Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D1,<http://esse1.mi.ingv.it/d1.html>.

2 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Preliminarmente all'avvio della progettazione sarà valutato in accordo con il Committente a quale strutture dell'impianto applicare le sollecitazioni individuate con riferimento alla normativa nazionale DM 14/01/2008 "Nuove Norme Tecniche delle Costruzioni" o alla norma EN 1473 (CEN, 2007).

Con riferimento alla normativa nazionale DM 14/01/2008, al fine della valutare l'azione sismica di riferimento allo stato limite di danno (SLD) e stato limite di salvaguardia (SLV), viene considerata una vita nominale della costruzione (VN) pari a 50 anni, un coefficiente d'uso pari a 1 ed un periodo di riferimento (Vr) 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: periodo di ritorno pari a 475 anni.

Il territorio italiano risulta suddiviso in un reticolo avente maglia quadrata nei cui vertici sono forniti i parametri per la definizione degli spettri di risposta per vari tempi di ritorno dell'azione sismica. Il territorio della Regione Sardegna non è incluso in questo reticolo e l'azione sismica viene fornita con un valore uniforme su tutta la Regione. Sulla base di quanto riportato in Stucchi et al. (2007), la Sardegna è una Regione a bassa sismicità con un valore di accelerazione di picco su suolo rigido, per un periodo di ritorno di 475 anni, pari a 0.05 g. I parametri per la definizione dello spettro su suolo rigido di tipo A sono riportati nella Tabella 2 dell'Allegato B della NTC2008 e sono nel seguito richiamati per i periodi di ritorno considerati:

Tabella 2.1: Parametri per la definizione degli spettri sismici da NTC2008 su suolo rigido Tipo A

annual probability of exceedance	return period Tr [yrs]	PGA [g]	F0 [-]	T*c [sec]
1.99E-02	50	0.0235	2.67	0.296
2.11E-03	475	0.0500	2.88	0.340

Sulla base delle indagini geognostiche a disposizione si considera suolo di tipo D ai sensi della definizione riportata nelle Norme Tecniche per le Costruzioni.

Con riferimento al DM 14/01/2008, si riporta di seguito la descrizione del suolo Tip D (Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo):

- Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

Nella figura di seguito si riportano i valori di prove SPT desunti dalle indagini attualmente disponibili.

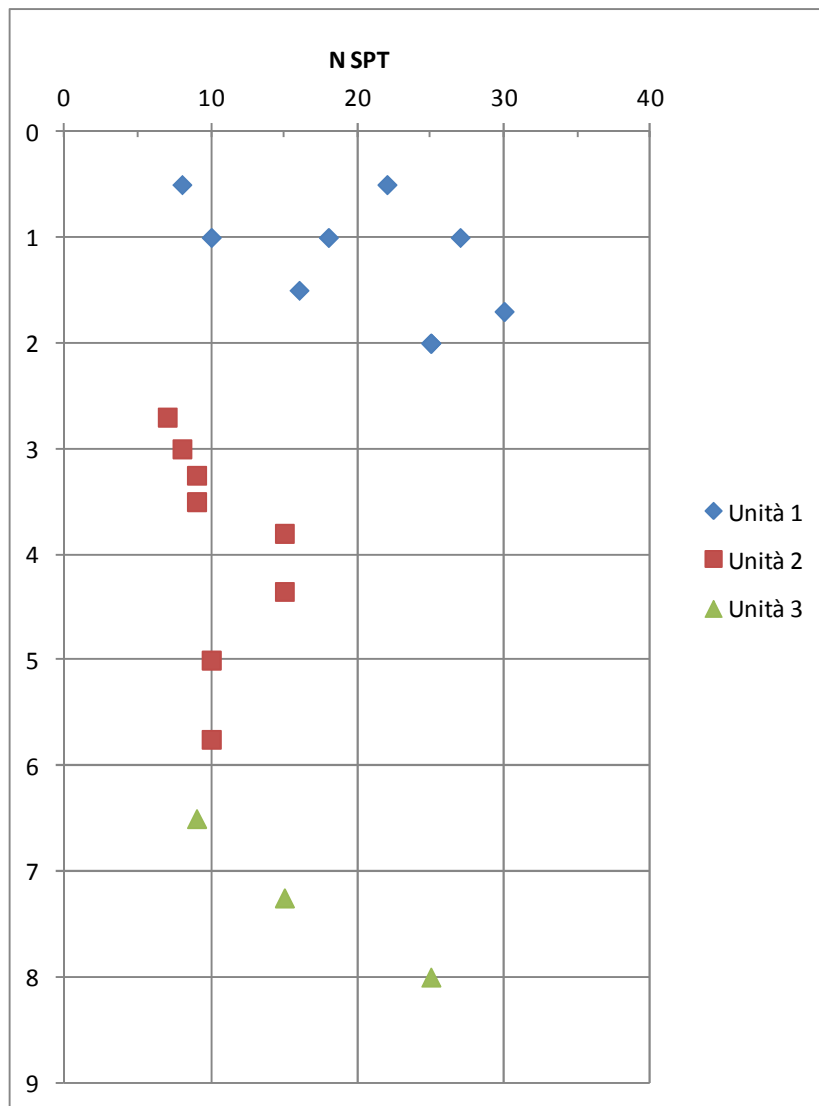


Figura 2.1: Risultati prove SPT per unità geotecnica

Sulla base dei dati riportati nella precedente tabella è possibile quindi definire gli spettri elastici di progetto in accelerazione con riferimento alla risposta sismica locale, sulla base della definizione riportata nella NTC2008. I due parametri che dipendono dal tipo di suolo sono S_s e C_c definiti come segue:

Tabella 2.2: Calcolo di S_s e C_c da NTC2008

SOIL CLASSIFICATION	S_s	C_c
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_o \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1.20$	$1.00 \cdot (T_C^*)^{-0.20}$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_o \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T_C^*)^{-0.33}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_o \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T_C^*)^{-0.50}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_o \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_C^*)^{-0.40}$

Nel caso in esame si hanno i valori riportati nella tabella seguente:

Tabella 2.3: Parametri S_s e C_c per il sito di riferimento su suolo tipo D

Sisma	return period T_r [yrs]	S_s [-]	C_c [-]
SLV	475	1.80	2.14
SLD	50	1.80	2.30

Si adotta coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_t=1.00$.

Tabella 2.4: Parametri spettrali su suolo tipo D

Sisma	return period T_r [yrs]	PGA [g]
SLV	475	0.090
SLD	50	0.042

Con riferimento all'azione sismica di progetto definita in funzione nella norma EN 1473 (CEN, 2007), si fa riferimento a due diversi tempi di ritorno:

- 475 anni per sisma OBE "Operating Basis Earthquake";
- 5000 anni per sisma SSE "Safe Shutdown Earthquake";

Sulla base delle indagini geognostiche a disposizione si considera suolo di tipo D ai sensi della definizione riportata nelle Norme Tecniche per le Costruzioni, nel seguito richiamata NTC2008, di cui al D.M: 14.01.2008. Il territorio italiano risulta suddiviso in un reticolo avente maglia quadrata nei cui vertici sono forniti i parametri per la definizione degli spettri di risposta per vari tempi di ritorno dell'azione sismica. Il territorio della Regione Sardegna non è incluso in questo reticolo e l'azione sismica viene fornita con un valore uniforme su tutta la Regione. Sulla base di quanto riportato in Stucchi et al. (2007), la Sardegna è una Regione a bassa sismicità con un valore di accelerazione di picco su suolo rigido, per un periodo di ritorno di 475 anni, pari a 0.05 g. I parametri per la definizione dello spettro su suolo rigido di tipo A sono riportati nella Tabella 2 dell'Allegato B della NTC2008 e sono nel seguito richiamati per convenienza:

Tabella 2.5: Parametri per la definizione degli spettri sismici da NTC2008

annual probability of exceedance	return period T_r [yrs]	PGA [g]	F_0 [-]	T^*c [sec]
3.32E-02	30	0.0186	2.61	0.273
1.99E-02	50	0.0235	2.67	0.296
1.39E-02	72	0.0274	2.70	0.303
9.89E-03	101	0.0314	2.73	0.307
7.13E-03	140	0.0351	2.78	0.313
4.97E-03	201	0.0393	2.82	0.322
2.11E-03	475	0.0500	2.88	0.340
1.03E-03	975	0.0603	2.98	0.372
4.04E-04	2475	0.0747	3.09	0.401

Nella Tabella 2.5 sono riportati per nove diversi tempi di ritorno i seguenti parametri: PGA= “peak ground acceleration” su roccia, F0 = ampiezza massima dello spettro sismico in accelerazione, T*c = parametro su cui vengono calcolati i periodi Tb e Tc corrispondenti rispettivamente al periodo proprio di vibrare della struttura all’inizio del tratto a velocità costante dello spettro e alla fine del tratto ad accelerazione costante.

Come si evince dai dati riportati in Tabella 2.5, il tempo di ritorno è compreso tra 30 anni e 2475 anni. Al fine pertanto di determinare il valore della accelerazione sismica di progetto su suolo di tipo A per 5000 anni di tempo di ritorno, come previsto per il sisma SSE, è pertanto necessario in via preliminare estrapolare i dati della curva di hazard. La figura seguente riporta la curva di hazard per la PGA su suolo di tipo A sulla base dei dati riportati nella NTC2008.

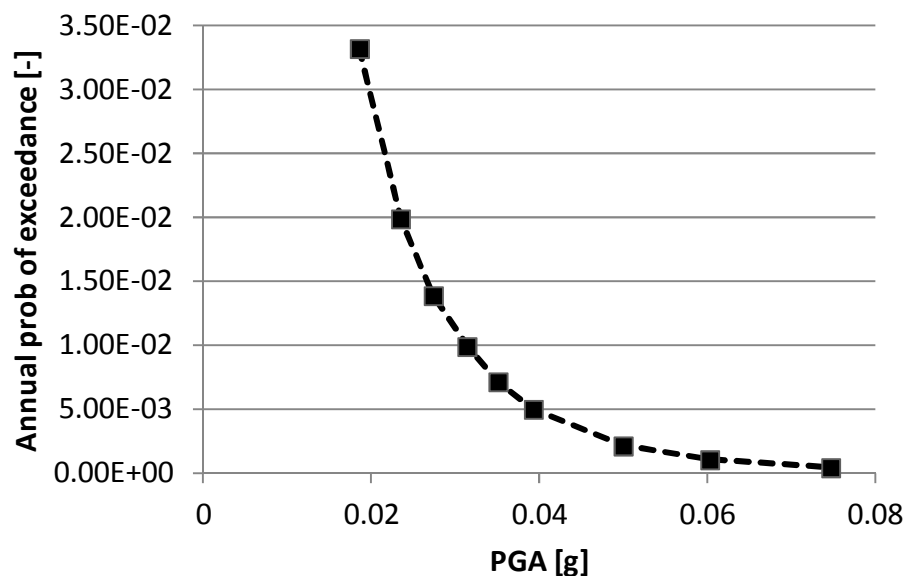


Figura 2.2: Curva di hazard da NTC2008

Come proposto in Sewell et al. (1991), la curva di hazard può essere approssimata con l'espressione seguente:

$$v(IM) = k_0(IM)^{-k} \quad (2.1)$$

In cui si ha: IM= intensità del sisma in questo caso intesa come PGA, v(IM)= probabilità annuale di superamento di un certo valore di IM, k0 e 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 (2003), prevede di fare passare l'equazione per i due punti corrispondenti al “Design Basic Earthquake” con T=475 anni e al “Maximum Credible Earthquake” con T=2475 anni. Il risultato di tale procedura è riportato nella figura seguente:

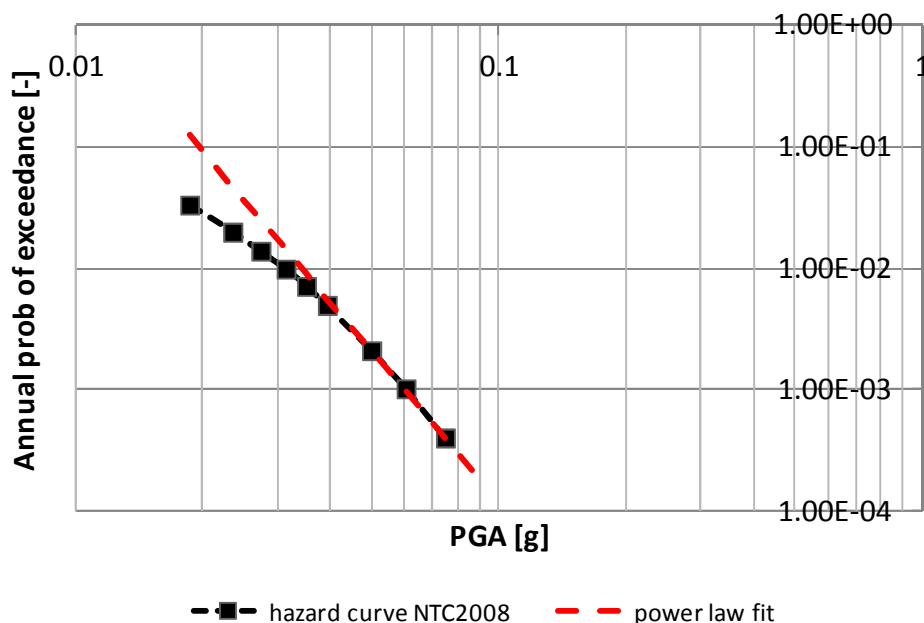


Figura 2.3: Curva di hazard da NTC2008 e fit in scala *log-log*

La precedente procedura conduce a una pendenza della retta in scala *log-log* pari a $k=4.00$. Tale valore risulta maggiore dei valori comunemente indicati in letteratura e compresi tra 1.75 e 3.00 (CEN, 2004; Banon, et al., 2001). A favore di sicurezza si adotta pertanto $k=3.00$ e si vincola la retta a passare per il punto corrispondente a $T=2475$ anni ottenendo quindi una PGA per $T=5000$ anni pari a 0.095 g.

Per quanto concerne gli altri parametri necessari alla definizione dello spettro sismico di progetto per $T = 5000$ anni si adottano i valori riportati nella NTC2008 relativi a $T=2475$ anni estrapolando quindi la forma spettrale.

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

Tabella 2.6: Parametri spettrali su suolo rigido tipo A

Sisma	return period Tr [yrs]	PGA [g]	F_0	T^*c
OBE	475	0.050	2.88	0.340
SSE	5000	0.095	3.09	0.401

Sulla base dei dati riportati nella precedente tabella è possibile quindi definire gli spettri elastici di progetto in accelerazione per il suolo di tipo D sulla base della definizione riportata nella NTC2008. I due parametri che dipendono dal tipo di suolo sono S_s e C_c definiti come segue:

Tabella 2.7: Calcolo di S_s e C_c da NTC2008

SOIL CLASSIFICATION	S_s	C_c
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.20$	$1.00 \cdot (T_c^*)^{-0.20}$
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	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T_c^*)^{-0.50}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_c^*)^{-0.40}$

Nel caso in esame si hanno i valori riportati nella tabella seguente:

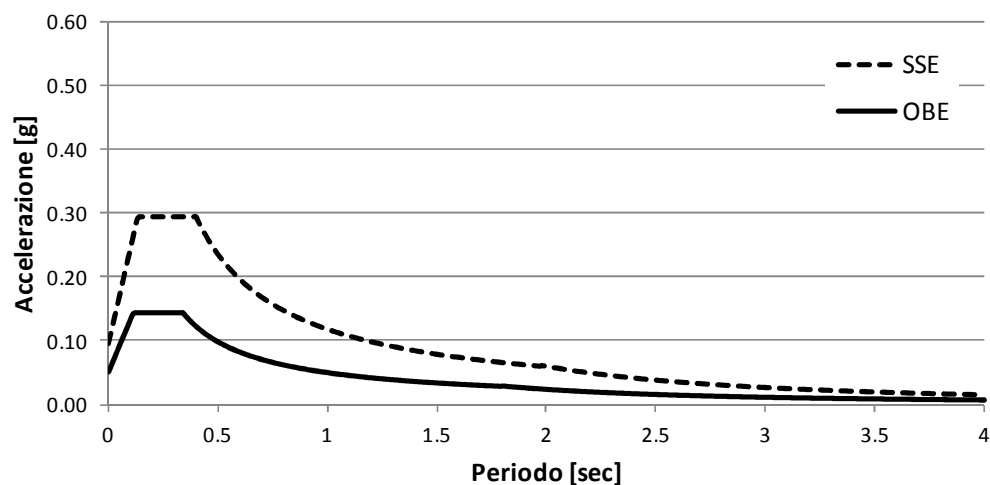
Tabella 2.8: Parametri S_s e C_c per il sito di riferimento su suolo tipo D

Sisma	return period T_r [yrs]	S_s [-]	C_c [-]
OBE	475	1.80	2.14
SSE	5000	1.80	1.97

Si adotta coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_t=1.00$.

Tabella 2.9: Parametri spettrali su suolo tipo D

Sisma	return period T_r [yrs]	PGA [g]	F_0	T^*c
OBE	475	0.090	2.88	0.340
SSE	5000	0.171	3.09	0.401

Spettro Orizzontale Suolo A

Figura 2.4: Spettro in Pseudo-accellerazione su suolo tipo A

Spettro Orizzontale Suolo D

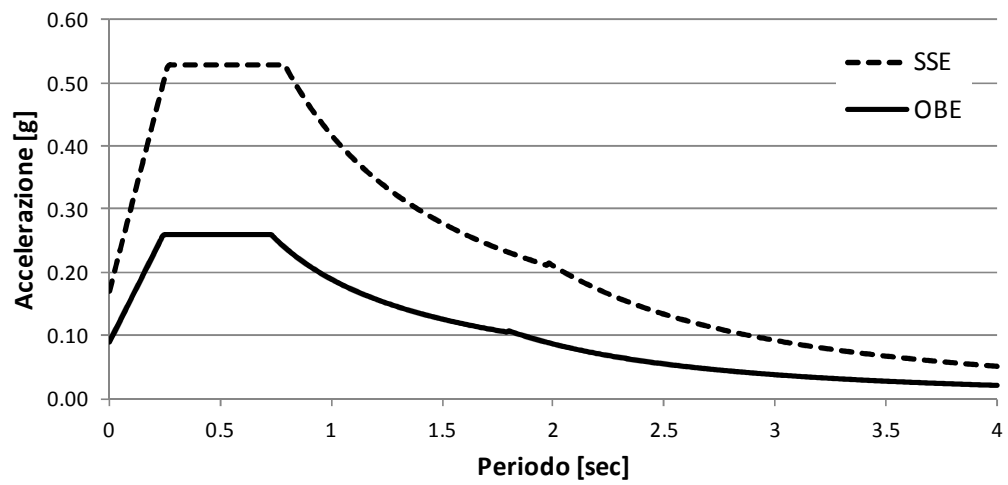


Figura 2.5: Spettro in Pseudo-accelerazione su suolo tipo D

Spettro Orizzontale Suolo A

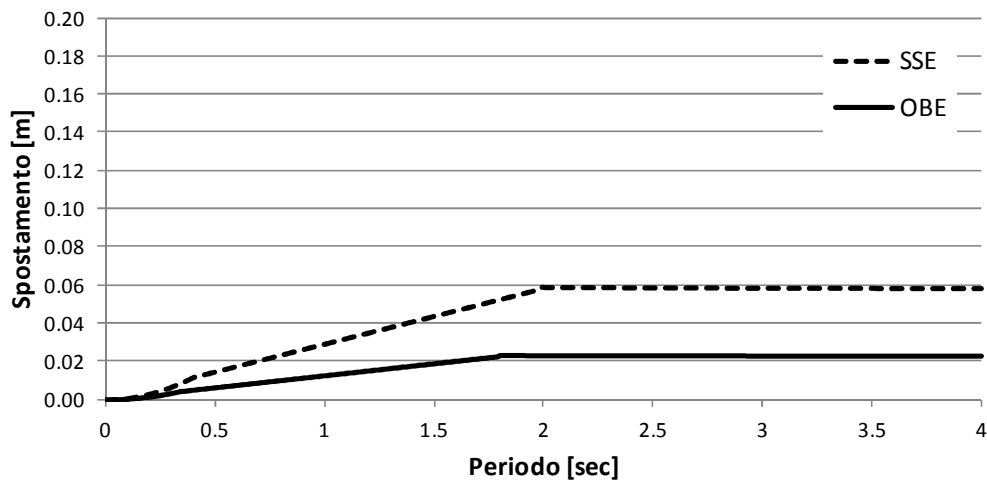
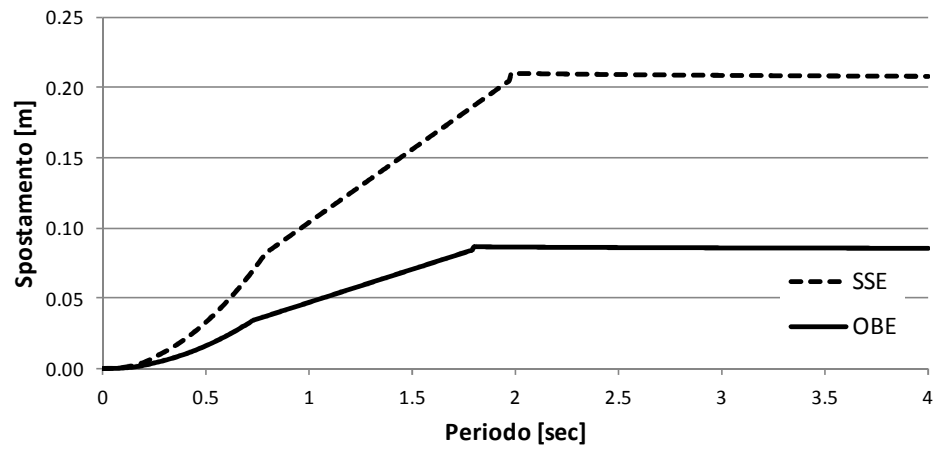


Figura 2.6: Spettro in spostamento su suolo tipo A

Spettro Orizzontale Suolo D**Figura 2.7: Spettro in spostamento su suolo tipo D**