



Risorse liberate nell'ambito POR 2000/2006
MISURA 1.1. - fondo FESR

Codice CUP: E73D13001190006

**COMPLETAMENTO ED ESTENDIMENTO
DELLA RETE IDRICA E FOGNARIA A SERVIZIO DEL CENTRO ABITATO E
DELL'AREA URBANA DI PORTO CESAREO E LOCALITA' LA STREA (LE)**

PROGETTO ESECUTIVO

Il Responsabile del Procedimento
ing. Marta BARILE



Progettista della rete idrica:
ing. Antonio GALI

Direzione Operativa
Reti/Distribuzione e Fognatura, Impianti (MAT)
Area Ingegneria

Progettista delle opere elettriche
ed elettromeccaniche:
ing. M. Alessandro SALIOLA

Il Responsabile Area
ing. Emilio TARQUINIO

Progettista delle opere in c.a.:
ing. Tommaso DI LERNIA

Responsabile del Progetto
e Progettista della rete fognaria:
ing. Leonardo NINELLI-CATA

Coordinatore della Sicurezza in
Fase di Progettazione:
p.i. Luigi DEL POPOLO

Elaborato:

ED.01.05.3

**CALCOLO STRUTTURALE: RELAZIONE SULLA MODEL-
LAZIONE SISMICA E "PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE"**

Prot. N°: 12/12/2013 - 131282	Data: giugno 2014	Nome file:
Cod. Progetto: P9110	Cod. SAP: 220000000641	Scala:

0		Emesso per progetto ESECUTIVO	/	/	/
rev.	data	descrizione	dis.	contr.	appr.

Acquedotto Pugliese S.p.A. - 70123 Bari - Via Vittorio Emanuele Orlando,n.c-Tel. 080.5723858-3940-Fax 080.5723628



INDICE

1	GENERALITA'	2
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	2
3	DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO.....	2
4	MODELLAZIONE SISMICA E PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	4

1 GENERALITA'

La presente relazione contiene la "pericolosità sismica di base" e la modellazione sismica utilizzata per i calcoli esecutivi effettuati per le principali strutture in c.a. previste nel Progetto Esecutivo per il "Completamento ed estendimento della rete idrica e fognaria a servizio del centro abitato e dell'area urbana di Porto Cesareo e località La Strea (LE)".

Sulla base di quanto previsto nel DM del 14/01/2008 e nelle deliberazioni di Giunta Regionale n.153/04 e n.1214/11 della Regione Puglia, per il manufatto previsto in progetto si è individuata la classe d'uso III a cui è associato un coefficiente C_U pari a 1,5 e una vita nominale V_N di 100 anni; il periodo di riferimento per le azioni sismiche V_R risulta essere quindi uguale a:

$$V_R = V_N \times C_U = 150 \text{ anni.}$$

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La progettazione strutturale condotta è conforme alle norme attualmente in vigore:

- Legge 02/02/1974 n. 64, recante provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- D. M. Min. II. TT. del 14/01/2008 – Norme tecniche per le costruzioni;
- Circ. Min. II. TT. 02/02/2009, n. 617 – Istruzioni per l'applicazione delle «nuove norme tecniche per le costruzioni».

3 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

In progetto sono previste tutte quelle opere infrastrutturali necessarie al completamento ed estendimento della rete idrica e fognaria a servizio del centro abitato e dell'area urbana di Porto Cesareo e località La Strea (LE).

Dal punto di vista prettamente strutturale, in progetto sono previste le opere in cemento armato descritte nel seguito.

- Impianto di sollevamento fognario in c.a. gettato in opera

L'impianto sarà completamente interrato e avrà la forma esterna di un parallelepipedo la cui struttura portante sarà essenzialmente costituita da:

- una platea di fondazione di forma rettangolare, (avente in pianta le dimensioni 4,64 x 2,14 m e uno spessore $s = 30$ cm);

- n.4 pareti perimetrali (aventi un'altezza $h = 3,22$ m e uno spessore $s = 30$ cm);
- una piastra di dimensioni uguali a quella di fondazione, ma caratterizzata da 4 fori rettangolari di dimensioni 120×60 cm e 2 fori rettangolari di dimensioni 70×50 cm (destinati rispettivamente all'eventuale transito del personale addetto e al passaggio delle apparecchiature e che saranno coperti da appositi chiusini del tipo carrabile D400) e da un foro circolare di diametro $\phi = 16$ cm (per il passaggio dell'organo di manovra della paratoia inserita all'interno del manufatto).

Le dimensioni nette interne saranno pari a $4,04 \times 1,54$ m mentre l'altezza netta interna risulterà pari ad $h = 2,92$ m.

Al suo interno, inoltre, il manufatto presenterà:

- un setto divisorio di fondo (avente una lunghezza $L = 4,04$ m, un'altezza $h = 1,72$ m, uno spessore $s = 15$ cm e caratterizzato, alla base ed in posizione centrale, da un foro quadrato di lato $l = 30$ cm), che dividerà la vasca in due zone distinte (in cui alloggeranno le n. 2 elettropompe sommerse di progetto e che risulteranno in comunicazione grazie al foro precedentemente descritto la cui chiusura sarà regolata, durante eventuali operazioni di manutenzione, da un'apposita paratoia che permetterà il by-pass di una delle due);
- un piccolo vano di manovra superiore (avente una lunghezza $L = 1,54$ m, una larghezza $l = 1,20$ m e un'altezza $h = 1,20$ m) ricavato grazie ad una parete ed una soletta interna (entrambi aventi spessore $s = 20$ cm).

Sulla platea di fondo del manufatto verranno realizzate idonee pendenze con cls magro.

Tutte le superfici interne verranno protette con idonea malta bicomponente impermeabilizzante, mentre in copertura è prevista la posa di uno strato di malta di allettamento al di sotto di una pavimentazione in pietrini di cemento.

Su due delle 4 pareti perimetrali saranno previsti dei fori d'apertura per consentire il passaggio delle tubazioni di ingresso e di uscita (rispettivamente DN200 e DN150).

- Pozzetti d'ispezione prefabbricati in c.a.

In progetto sono previsti numerosi pozzetti idrici e fognari (di scarico, sfiato e ispezione) costituiti dall'assemblaggio di elementi prefabbricati in c.a. aventi spessori previsti dalle ditte produttrici e tipologie e ingombri specificate nelle tavole di progetto.

Vista la loro collocazione su strada, tutti i pozzetti dovranno prevedere delle solette di copertura di tipo carrabile.

4 MODELLAZIONE SISMICA E PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

Per la valutazione delle azioni sismiche si è fatto riferimento a quanto previsto dal DM08 che, pur mantenendo solo da un punto di vista amministrativo la vecchia suddivisione in 4 zone, ha innanzitutto disposto dei nuovi criteri per l'individuazione su tutto il territorio nazionale è di un reticolo molto fitto di punti per ciascuno dei quali sono stati definiti dei parametri sismici che rappresentino la cosiddetta "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.

Come indicato nella Deliberazione della Giunta Regionale della Puglia n.153 del 2 marzo 2004, il comune di Porto Cesareo è classificato come zona 4.

Il sito dove sorgeranno le opere in progetto (evidenziato nell'ortofoto seguente) è caratterizzato dalle coordinate geodetiche (ED50):

Latitudine: 40.259428

Longitudine: 17.894250

Per la definizione dello spettro elastico di risposta, è stato necessario definire anche la Vita nominale delle opere (V_N), la loro classe d'uso, il coefficiente d'uso (C_U) e il periodo di riferimento (V_R) dell'azione sismica (come previsto dal DM08 nel paragrafo 2.4).

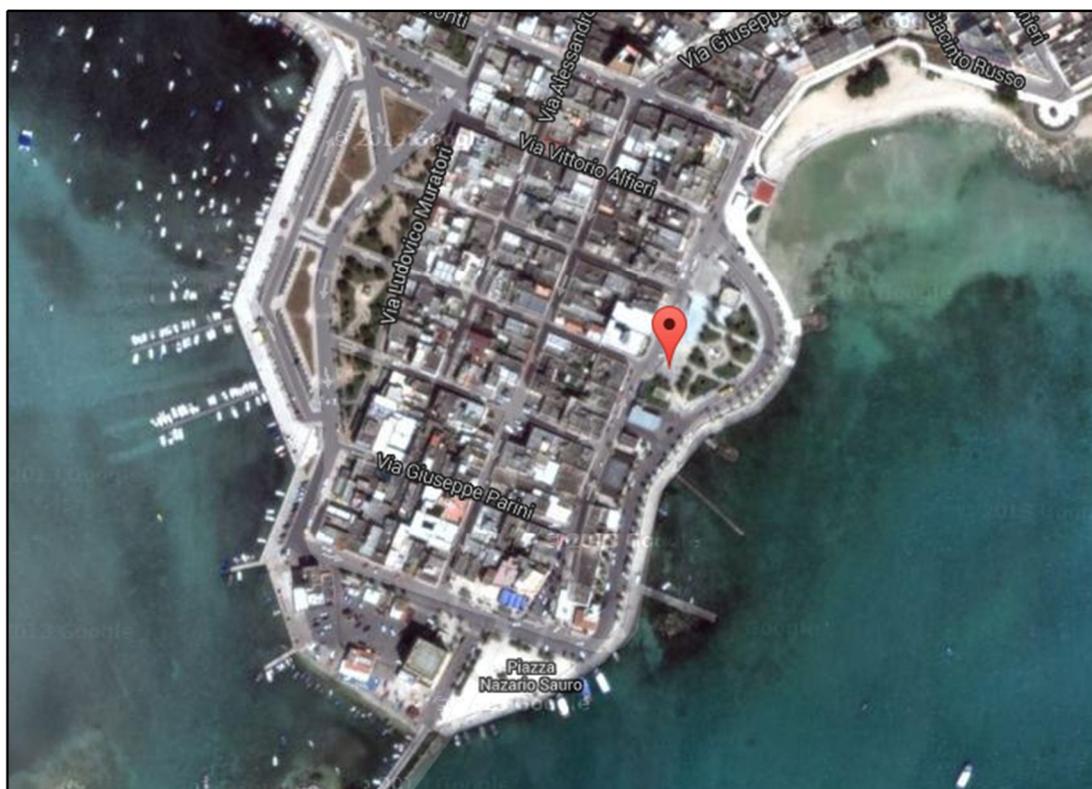


Fig. 7.1 - Ortofoto del sito di ubicazione dell'impianto di sollevamento fognario

Come anche suggerito dal commentario AICAP (Associazione Italiana Calcestruzzo Armato e Precompresso) alle NTC08, per minimizzare il costo attualizzato e quindi per ottimizzare le opere dal punto di vista economico, è preferibile scegliere una vita nominale più elevata qualora i costi siano elevati sia in termini di spese di costruzione sia di costi sociali per il servizio che l'opera svolge; vista l'importanza che un impianto di sollevamento fognario riveste in termini socio-economici e ambientali, si è deciso quindi di assicurare un alto livello prestazionale delle opere in progetto determinando per esse una vita nominale di 100 anni.

Per la scelta della classe d'uso da adottare per il manufatto di progetto, come già detto, si è fatto riferimento al par. 2.4.2 del DM08, dove si indica una classe d'uso III per le “industrie con attività pericolose per l'ambiente”, e alla deliberazione di Giunta Regionale n.1214/11 della Regione Puglia, dove si indica la classe d'uso III anche per quegli impianti “che in caso di collasso, possono determinare gravi conseguenze in termini di danni ambientali”.

Pertanto, considerando l'importante vocazione turistica del Comune di Porto Cesareo, l'immediata vicinanza del mare in un tratto di costa tra i più puliti e frequentati del Mar Mediterraneo e considerando che lo sversamento in mare di una sostanza pericolosa come il liquame determinerebbe in quel punto gravi conseguenze ambientali, sono stati assunti i seguenti parametri:

- Vita Nominale dell'opera (V_N – tab. 2.4.I) = **100 anni**
- Classe d'uso (par. 2.4.2) = **III** – impianti che in caso di collasso, possono determinare gravi conseguenze in termini di danni ambientali
- Coefficiente d'uso (C_U - tab. 2.4.II) = 1,5

In base ai quali risulta un periodo di riferimento per l'azione sismica (par. 2.4.3) pari a:

$$V_R = V_N \times C_U = 100 \times 1,5 = \mathbf{150 \text{ anni}}$$

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa (a_g) in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria “A” quale definita al paragrafo 3.2.2 del DM08), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$; tale spettro, riferito a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R (vedi tabella 3.2.I del DM08 riportata di seguito), è determinato anche da altri parametri come il valore massimo del fattore di amplificazione (F_o) e il periodo di inizio del tratto a velocità costante (T^*_c).

Progetto Esecutivo del “Completamento ed estensione della rete idrica e fognaria a servizio del centro abitato e dell’area urbana di Porto Cesareo e località La Strea (LE)”

CALCOLO STRUTTURALE: RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA E “PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE”

Tabella 3.2.I – Probabilità di superamento P_{V_R} al variare dello stato limite considerato

Stati Limite		P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Sulla base dei dati precedenti si sono ottenuti i seguenti parametri sismici:

Stato limite	$P_{vr}(\%)$	$T_r(\text{anni})$	$A_{g/g}$	F_0	$T_c^*(\text{sec})$
SLO	Default (81)	90	0.0284	2.321	0.327
SLD	Default (63)	151	0.0347	2.4	0.377
SLV	Default (10)	1424	0.0687	2.71	0.549
SLC	Default (5)	2475	0.0788	2.816	0.571

Ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto, si è reso necessario valutare l’effetto della risposta sismica locale facendo riferimento all’approccio semplificato suggerito dal DM08 che si basa sull’individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (tab. 3.2.II e 3.2.III).

Sulla base di quanto riportato nella Relazione Geologica e nella Relazione Geotecnica allegate al progetto, si può associare al sottosuolo dell’impianto di depurazione in oggetto una categoria di **classe “A”** (“ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m”).

L’andamento orografico dell’area oggetto d’intervento ha suggerito di individuare, con riferimento alla classificazione riportata nella tab. 3.2.IV del DM08, una Categoria Topografica **T₁** (“superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ”).

L’azione sismica è caratterizzata solitamente da 3 componenti, due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z; non ricorrendo le condizioni riportate nel punto 7.2.1 del DM08 (“presenza di elementi pressoché orizzontali con luce superiore a 20 m, elementi precompressi con l’esclusione dei solai di luce inferiore a 8 m, elementi a mensola di luce superiore a 4 m, strutture di tipo spingente, pilastri in falso, edifici con piani sospesi, ponti, costruzioni con isolamento nei casi specificati in § 7.10.5.3.2 e purché il sito nel quale la costruzione sorge non ricada in zona 3 o 4”), sono state considerate solo le componenti X e Y.

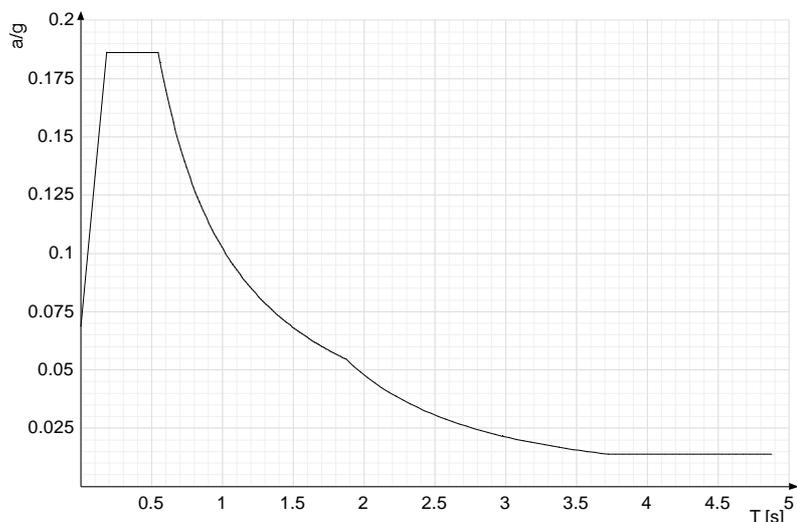
Di seguito si riportano gli spettri elastici ottenuti:

T: Periodo. [s]
a/g: Accelerazione normalizzata ottenuta dividendo l’accelerazione per l’accelerazione di gravità. Il valore è adimensionale.

Progetto Esecutivo del "Completamento ed estensione della rete idrica e fognaria a servizio del centro abitato e dell'area urbana di Porto Cesareo e località La Strea (LE)"

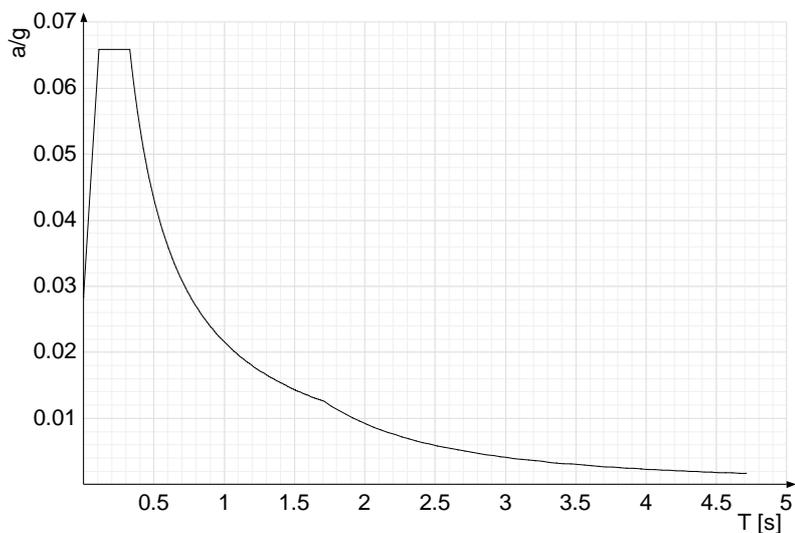
CALCOLO STRUTTURALE: RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA E "PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE"

Sisma SLV



Ind. vertice	T	a/g									
1	0	0.069	2	0.183	0.186	3	0.549	0.186	4	0.562	0.182
5	0.575	0.178	6	0.589	0.174	7	0.602	0.17	8	0.615	0.166
9	0.628	0.163	10	0.641	0.16	11	0.654	0.156	12	0.667	0.153
13	0.68	0.15	14	0.694	0.147	15	0.707	0.145	16	0.72	0.142
17	0.733	0.14	18	0.746	0.137	19	0.759	0.135	20	0.772	0.132
21	0.785	0.13	22	0.799	0.128	23	0.812	0.126	24	0.825	0.124
25	0.838	0.122	26	0.851	0.12	27	0.864	0.118	28	0.877	0.117
29	0.89	0.115	30	0.904	0.113	31	0.917	0.112	32	0.93	0.11
33	0.943	0.108	34	0.956	0.107	35	0.969	0.106	36	0.982	0.104
37	0.995	0.103	38	1.009	0.101	39	1.022	0.1	40	1.035	0.099
41	1.048	0.098	42	1.061	0.096	43	1.074	0.095	44	1.087	0.094
45	1.1	0.093	46	1.114	0.092	47	1.127	0.091	48	1.14	0.09
49	1.153	0.089	50	1.166	0.088	51	1.179	0.087	52	1.192	0.086
53	1.205	0.085	54	1.219	0.084	55	1.232	0.083	56	1.245	0.082
57	1.258	0.081	58	1.271	0.08	59	1.284	0.08	60	1.297	0.079
61	1.311	0.078	62	1.324	0.077	63	1.337	0.077	64	1.35	0.076
65	1.363	0.075	66	1.376	0.074	67	1.389	0.074	68	1.402	0.073
69	1.416	0.072	70	1.429	0.072	71	1.442	0.071	72	1.455	0.07
73	1.468	0.07	74	1.481	0.069	75	1.494	0.068	76	1.507	0.068
77	1.521	0.067	78	1.534	0.067	79	1.547	0.066	80	1.56	0.066
81	1.573	0.065	82	1.586	0.064	83	1.599	0.064	84	1.612	0.063
85	1.626	0.063	86	1.639	0.062	87	1.652	0.062	88	1.665	0.061
89	1.678	0.061	90	1.691	0.06	91	1.704	0.06	92	1.717	0.06
93	1.731	0.059	94	1.744	0.059	95	1.757	0.058	96	1.77	0.058
97	1.783	0.057	98	1.796	0.057	99	1.809	0.057	100	1.822	0.056
101	1.836	0.056	102	1.849	0.055	103	1.862	0.055	104	1.875	0.055
105	1.925	0.052	106	1.975	0.049	107	2.025	0.047	108	2.075	0.045
109	2.125	0.042	110	2.175	0.041	111	2.225	0.039	112	2.275	0.037
113	2.325	0.035	114	2.375	0.034	115	2.425	0.033	116	2.475	0.031
117	2.525	0.03	118	2.575	0.029	119	2.625	0.028	120	2.675	0.027
121	2.725	0.026	122	2.775	0.025	123	2.825	0.024	124	2.875	0.023
125	2.925	0.022	126	2.975	0.022	127	3.025	0.021	128	3.075	0.02
129	3.125	0.02	130	3.175	0.019	131	3.225	0.018	132	3.275	0.018
133	3.325	0.017	134	3.375	0.017	135	3.425	0.016	136	3.475	0.016
137	3.525	0.015	138	3.575	0.015	139	3.625	0.015	140	3.675	0.014
141	3.725	0.014	142	3.775	0.014	143	3.825	0.014	144	3.875	0.014
145	3.925	0.014	146	3.975	0.014	147	4.025	0.014	148	4.075	0.014
149	4.125	0.014	150	4.175	0.014	151	4.225	0.014	152	4.275	0.014
153	4.325	0.014	154	4.375	0.014	155	4.425	0.014	156	4.475	0.014
157	4.525	0.014	158	4.575	0.014	159	4.625	0.014	160	4.675	0.014
161	4.725	0.014	162	4.775	0.014	163	4.825	0.014	164	4.875	0.014

Sisma SLO



Ind. vertice	T	a/g									
1	0	0.028	2	0.109	0.066	3	0.327	0.066	4	0.341	0.063
5	0.355	0.061	6	0.368	0.058	7	0.382	0.056	8	0.396	0.054
9	0.409	0.053	10	0.423	0.051	11	0.437	0.049	12	0.451	0.048
13	0.464	0.046	14	0.478	0.045	15	0.492	0.044	16	0.506	0.043
17	0.519	0.041	18	0.533	0.04	19	0.547	0.039	20	0.56	0.038
21	0.574	0.038	22	0.588	0.037	23	0.602	0.036	24	0.615	0.035
25	0.629	0.034	26	0.643	0.033	27	0.657	0.033	28	0.67	0.032
29	0.684	0.031	30	0.698	0.031	31	0.711	0.03	32	0.725	0.03
33	0.739	0.029	34	0.753	0.029	35	0.766	0.028	36	0.78	0.028
37	0.794	0.027	38	0.807	0.027	39	0.821	0.026	40	0.835	0.026
41	0.849	0.025	42	0.862	0.025	43	0.876	0.025	44	0.89	0.024
45	0.904	0.024	46	0.917	0.023	47	0.931	0.023	48	0.945	0.023
49	0.958	0.022	50	0.972	0.022	51	0.986	0.022	52	1	0.022
53	1.013	0.021	54	1.027	0.021	55	1.041	0.021	56	1.055	0.02
57	1.068	0.02	58	1.082	0.02	59	1.096	0.02	60	1.109	0.019
61	1.123	0.019	62	1.137	0.019	63	1.151	0.019	64	1.164	0.018
65	1.178	0.018	66	1.192	0.018	67	1.206	0.018	68	1.219	0.018
69	1.233	0.017	70	1.247	0.017	71	1.26	0.017	72	1.274	0.017
73	1.288	0.017	74	1.302	0.017	75	1.315	0.016	76	1.329	0.016
77	1.343	0.016	78	1.357	0.016	79	1.37	0.016	80	1.384	0.016
81	1.398	0.015	82	1.411	0.015	83	1.425	0.015	84	1.439	0.015
85	1.453	0.015	86	1.466	0.015	87	1.48	0.015	88	1.494	0.014
89	1.508	0.014	90	1.521	0.014	91	1.535	0.014	92	1.549	0.014
93	1.562	0.014	94	1.576	0.014	95	1.59	0.014	96	1.604	0.013
97	1.617	0.013	98	1.631	0.013	99	1.645	0.013	100	1.659	0.013
101	1.672	0.013	102	1.686	0.013	103	1.7	0.013	104	1.713	0.013
105	1.763	0.012	106	1.813	0.011	107	1.863	0.011	108	1.913	0.01
109	1.963	0.01	110	2.013	0.009	111	2.063	0.009	112	2.113	0.008
113	2.163	0.008	114	2.213	0.008	115	2.263	0.007	116	2.313	0.007
117	2.363	0.007	118	2.413	0.006	119	2.463	0.006	120	2.513	0.006
121	2.563	0.006	122	2.613	0.005	123	2.663	0.005	124	2.713	0.005
125	2.763	0.005	126	2.813	0.005	127	2.863	0.004	128	2.913	0.004
129	2.963	0.004	130	3.013	0.004	131	3.063	0.004	132	3.113	0.004
133	3.163	0.004	134	3.213	0.004	135	3.263	0.003	136	3.313	0.003
137	3.363	0.003	138	3.413	0.003	139	3.463	0.003	140	3.513	0.003
141	3.563	0.003	142	3.613	0.003	143	3.663	0.003	144	3.713	0.003
145	3.763	0.003	146	3.813	0.003	147	3.863	0.002	148	3.913	0.002
149	3.963	0.002	150	4.013	0.002	151	4.063	0.002	152	4.113	0.002
153	4.163	0.002	154	4.213	0.002	155	4.263	0.002	156	4.313	0.002
157	4.363	0.002	158	4.413	0.002	159	4.463	0.002	160	4.513	0.002
161	4.563	0.002	162	4.613	0.002	163	4.663	0.002	164	4.713	0.002

Una volta definiti gli spettri elastici, si è dovuto determinare le proprietà dissipative dell’opera, in termini di duttilità, in modo da determinare gli spettri di progetto (punto 3.2.3.4 del DM08).

Normalmente le strutture si distinguono in dissipative e non dissipative in base alla loro intrinseca capacità di dissipare l’energia sismica sprigionata dall’evento tellurico deformandosi.

Per quanto riguarda il manufatto in progetto, si è ritenuto di considerarlo non dissipativo.

Esso, infatti, è caratterizzato da un’interconnessione di piastre che gli conferisce un marcato comportamento scatolare e che porta ad escludere grossi meccanismi di dissipazione.

La struttura è stata quindi definita non dissipativa e per essa, sulla scorta del Parere n. 155 del 14 dicembre 2010 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Sezione Prima, si è deciso di adottare un coefficiente di struttura unitario ($q = 1$) prevedendo che, durante l’evento sismico, la stessa mantenga un comportamento elastico.

Si evidenzia che la precedente rappresenta comunque una scelta cautelativa in quanto la struttura, in fase sismica, resisterà ad un sisma rappresentato da uno spettro di progetto coincidente con quello elastico senza che in quest’ultimo i valori delle accelerazioni subiscano delle riduzioni ad opera di un coefficiente di struttura maggiore dell’unità; in questo modo si è mirato anche a non impegnare le risorse di plasticizzazione del manufatto affinché, tra l’altro, possa conservare un quadro fessurativo e di danno più limitato tale da consentirne una migliore conservazione e degli oneri manutentivi più moderati.

E’ importante sottolineare, infine, che nel progetto della struttura definita non dissipativa e nel disegno delle armature, sebbene non ve ne fosse l’obbligo, sono state comunque applicate molte delle regole e delle indicazioni riportate nel cap. 7 del DM08 in modo che le stesse posseggano in ogni caso una adeguata capacità di dissipare energia in campo inelastico per azioni cicliche ripetute, senza che ciò comporti riduzioni significative della resistenza nei confronti delle azioni sia verticali che orizzontali, e tali da assicurare un sufficiente grado di duttilità alle opere così come richiesto dalla norma.

Sulla base degli spettri di progetto individuati, il calcolo delle azioni sismiche agenti su ciascuna struttura è stato eseguito ricorrendo all’analisi dinamica modale considerando, caso per caso, tutti i modi di vibrare con massa partecipante significativa superiore al 5% e comunque un numero di modi la cui massa partecipante totale fosse superiore all’85% (punto 7.3.3.1 DM08).

Per valutare la risposta massima complessiva di un generica caratteristica E, conseguente alla

sovrapposizione dei modi, si è utilizzata una tecnica di combinazione probabilistica definita CQC (Complete Quadratic Combination - Combinazione Quadratica Completa):

$$E = \sqrt{\sum_{i,j=1,n} \rho_{ij} \cdot E_i \cdot E_j}$$

con:

$$\rho_{ij} = \frac{8\xi^2 \cdot (1 + \beta_{ij}) \cdot \beta_{ij}^{\frac{3}{2}}}{(1 - \beta_{ij}^2)^2 + 4\xi^2 \cdot \beta_{ij} \cdot (1 + \beta_{ij}^2)} \quad \beta_{ij} = \frac{\omega_i}{\omega_j}$$

dove:

- n è il numero di modi di vibrazione considerati
- ξ è il coefficiente di smorzamento viscoso equivalente espresso in percentuale;
- β_{ij} è il rapporto tra le frequenze di ciascuna coppia i-j di modi di vibrazione.

Le sollecitazioni derivanti da tali azioni sono state composte poi con quelle derivanti da carichi verticali, orizzontali non sismici secondo le varie combinazioni di carico probabilistiche.

Il calcolo è stato effettuato mediante un programma agli elementi finiti le cui caratteristiche verranno descritte nel seguito; il calcolo degli effetti dell'azione sismica è stato eseguito con riferimento alla struttura spaziale, tenendo cioè conto degli elementi interagenti fra loro secondo l'effettiva realizzazione escludendo gli eventuali tamponamenti.

Si è tenuto conto delle deformabilità assiali, taglianti e flessionali degli elementi monodimensionali; pareti, setti, solette sono stati correttamente schematizzati tramite elementi finiti a tre/quattro nodi con comportamento sia a piastra che a lastra.

Sono stati considerati sei gradi di libertà per nodo; in ogni nodo della struttura sono state applicate le forze sismiche derivanti dalle masse circostanti.

Le sollecitazioni derivanti da tali forze sono state poi combinate con quelle derivanti dagli altri carichi come prima specificato.

Il sisma è stato convenzionalmente considerato come agente separatamente in due direzioni tra loro ortogonali prefissate (XX e YY); per tenere conto che nella realtà il moto del terreno durante l'evento sismico ha direzione casuale e in accordo con le prescrizioni normative, per ottenere l'effetto complessivo del sisma, a partire dagli effetti delle direzioni calcolati separatamente, si è provveduto a sommare i massimi ottenuti in una direzione con il 30% dei massimi ottenuti per l'azione applicata nell'altra direzione.

Per valutare le eccentricità accidentali, previste in aggiunta all'eccentricità effettiva sono state considerate condizioni di carico aggiuntive ottenute applicando l'azione sismica nelle posizioni del centro di massa di ogni piano ottenute traslando gli stessi, in ogni direzione considerata, di una distanza pari a +/- 5% della dimensione massima del piano in direzione perpendicolare all'azione sismica.

Per quanto riguarda la definizione delle azioni sismiche che agiranno invece sui pozzetti prefabbricati previsti in progetto, salvo valutazioni più precise da parte della ditta produttrice e/o fornitrice dei manufatti (che dovranno fornire la documentazione sulle verifiche strutturali degli stessi), si ritiene possa essere utilizzata un'analisi statica lineare; si potrà fare riferimento quindi alla formula 7.3.6 delle NTC08 riportata nel seguito:

$$F_i = F_h \cdot z_i \cdot W_i / \sum_j z_j W_j$$

nella quale inserire i seguenti dati:

F_i = Forza da applicare alla massa i-esima;

F_h = 0,186 x W;

W = peso totale del manufatto;

z_i e z_j = quote, rispetto al piano di fondazione, delle masse i e j;

W_i e W_j = pesi, rispettivamente, della massa i e della massa j.

Sulla base di queste azioni distribuite, dovranno essere verificati i singoli elementi dei pozzetti anche in relazione ai tagli di scorrimento tra un elemento e quello successivo.