

Applicazione del quadro normativo vigente sulle costruzioni antisismiche ai serbatoi criogenici

D. Barbagallo, D. Zecchini

Gruppo di Lavoro Normativa Antisismica - Assogastecnici/Federchimica

Sommario

Nell'ambito delle attività di Assogastecnici, Associazione Nazionale Imprese Gas Tecnici, Speciali e Medicinali, facente parte di Federchimica, Federazione Nazionale delle Imprese Chimiche, un Gruppo di Lavoro composto da tecnici esperti si è posto l'obiettivo di verificare il quadro normativo antisismico e di identificare la metodologia di applicazione dello stesso al mondo dei serbatoi criogenici la cui peculiarità è legata ad un'elevata mobilità sul territorio e a collocazioni che ne condizionano i relativi scenari incidentali (ad esempio nei casi di stabilimenti a rischio incidente rilevante o di strutture ospedaliere).

Dopo una breve esposizione della normativa vigente con specifico riferimento alla fornitura di gas mediante messa a disposizione di serbatoi presso il sito dell'utilizzatore, il presente Articolo intende esporre le valutazioni degli esperti circa l'individuazione delle specifiche tecniche e delle analisi sulla sicurezza antisismica necessarie per una corretta e completa analisi dell'idoneità del serbatoio all'installazione in un sito specifico.

Con riguardo poi ai serbatoi di vecchia fabbricazione – ovvero antecedenti l'entrata in vigore delle nuove disposizioni costruttive dettate dalla Direttiva PED - è inoltre proposta una metodologia di analisi su modelli-tipo, con l'obiettivo di stabilire le possibili risposte alle sollecitazioni sismiche di una famiglia di serbatoi nelle diverse aree del territorio nazionale, in relazione all'attuale mappa di pericolosità sismica.

1. Introduzione

Tra le principali tipologie di fornitura tipiche dell'attività delle imprese produttrici di gas tecnici, speciali e medicinali (d'ora in poi "imprese produttrici") vi è quella praticata mettendo a disposizione dei propri clienti, utilizzatori del prodotto nella sua fase gassosa o liquida (d'ora in poi "utilizzatori del gas"), le attrezzature necessarie allo stoccaggio e all'erogazione del prodotto quali serbatoi criogenici e vaporizzatori (d'ora in poi "impianti criogenici o "impianti") di cui curano il periodico riempimento e la manutenzione, ordinaria e straordinaria.

Salvo particolari casi, la tipologia contrattuale cui ci si avvale per la fornitura di gas prevede il ricorso alla locazione dell'impianto di cui agli artt. 1571 e seguenti del Codice Civile, i.e. alla sezione dedicata alla locazione. In quanto locatore di un bene, l'impresa produttrice è tenuta a mantenere tale bene idoneo all'"uso convenuto" per tutta la durata del contratto e, nell'"idoneità all'uso", è compresa la conformità del bene locato alle normative emanate nel tempo dal legislatore.

Poiché il serbatoio è collocato nel sito produttivo dell'utilizzatore del gas, in capo alle imprese produttrici sorgono obblighi di cooperazione e coordinamento con lo stesso, che, in veste di Datore di lavoro (ai fini del Decreto Legislativo 81/2008 "Attuazione dell'art. 1 della L. 3.08.2007 n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro"), è tenuto ad una valutazione dei rischi.

In particolare, con riguardo alla normativa antisismica, al sito produttivo dell'utilizzatore del gas si applicano le disposizioni richiamate dal Decreto Ministeriale del 14.01.2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" (qui di seguito "NTC 2008").

Premesso che all'interno delle NTC 2008 è corretto ricondurre i serbatoi agli "impianti o elementi non strutturali", con riferimento agli edifici già esistenti all'entrata in vigore delle NTC 2008, il proprietario è tenuto ad una serie di adempimenti e verifiche su tutto ciò che insiste sul proprio sito, quand'anche di proprietà di terzi, come è appunto il caso dei serbatoi in questione.

2. Le verifiche antisismiche

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 distingue due diversi contesti per i quali vale l'obbligo di verifica antisismica: edifici strategici per fini di protezione civile e opere che possono assumere rilevanza in caso di collasso.

Tali edifici sono meglio definiti dal Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3685 del 21 ottobre 2003 che individua, tra gli stessi, le strutture e i presidi ospedalieri e le attività produttive a rischio di incidente rilevante.

Nelle disposizioni sopra citate e nei relativi chiarimenti successivi è precisato che, mentre la verifica è obbligatoria, l'intervento di adeguamento non lo è, ma deve essere programmato.

In aggiunta alle prescrizioni previste dalla normativa antisismica citata, è importante rilevare che, nell'ambito nella valutazione dei rischi per la sicurezza sul luogo di lavoro secondo il Decreto Lgs. n. 81/2008, il datore di lavoro possa valutare opportuno e/o necessario acquisire informazioni sulla vulnerabilità sismica dell'impianto criogenico installato nel suo sito produttivo.

2.1. Elementi non strutturali e impianti: verifiche e adeguamento

Per quanto attiene l'ambito di nostro interesse, spetta all'utilizzatore del gas, in quanto proprietario del sito, procedere ad effettuare tutte le necessarie verifiche.

La Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 "Istruzioni per l'applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008" (paragrafo C8A.9.1.) individua i componenti non strutturali che richiedono una valutazione sismica.

Tabella 1 – Alcuni componenti non strutturali che richiedono una valutazione sismica (estratto di Tabella C8A.9.1 della Circolare n. 617)

Componente	Vulnerabilità	Importanza	Costo & interruzione per l'adeguamento	Valutazione/ Adeguamento se esistenti nelle zone (2)			Ancoraggi se nuovi nelle zone (2,3)				
				1	2	3	1	2	3	4	
Serbatoi di ossigeno	Alta	Alta	Basso								

La Tabella C8A.9.1 illustra alcune raccomandazioni non esaustive per specifici componenti e sistemi non strutturali, per lo più presenti in complessi ospedalieri. Sebbene la Tabella riporti esclusivamente la dicitura "serbatoi di ossigeno", si ritiene corretto considerare alla stessa stregua di tali serbatoi, anche quelli contenenti qualsiasi tipo di gas. Le raccomandazioni sono fornite sia per le installazioni già esistenti che per quelle nuove. Esse dipendono sia dal tipo di componente o di sistema che dalla zona sismica in cui si trova l'opera.

In generale, si richiede una maggiore priorità di adeguamento antisismico per i sistemi che presentano un'elevata vulnerabilità, una grande importanza, un basso costo di adeguamento sismico e una limitata interruzione dei servizi necessaria per portare a

termine l'adeguamento. I sistemi a bassa vulnerabilità, o di poca importanza, od il cui adeguamento è gravoso e comporta un rilevante tempo di interruzione del servizio in termini, sono da adeguare se installati nelle zone 1 e 2.

Premesso quanto sopra, un'attività di controllo e verifica dell'edificio esistente, ai sensi della normativa antisismica, dovrebbe tenere in considerazione diversi dati tra i quali quelli contenuti nell'analisi geologica del territorio, quelli relativi alla tipologia costruttiva/stato della piazzola sui cui l'impianto criogenico è installato e, non ultimi, le informazioni relative agli ancoraggi, tutti dati di cui solo il proprietario del sito può disporre.

Si consideri inoltre che un serbatoio criogenico:

- non è assimilabile ad un semplice serbatoio di stoccaggio fisso costruito sul sito, né tantomeno ad un'opera edile;
- è un'apparecchiatura complessa, idonea ad un servizio temporaneo per periodi la cui durata dipende dall'andamento del consumo del prodotto in esso contenuto e che può essere soggetto a frequenti sostituzioni con altri serbatoi di diversa configurazione e capacità.

Di conseguenza i serbatoi non devono essere ricompresi nel collaudo statico della struttura di supporto.

3. Tipologie di serbatoi e installazioni

Chiarita la fonte dell'obbligo per i proprietari di alcune tipologie di edifici e opere infrastrutturali di effettuare specifiche verifiche antisismiche che comprendono anche le opere non strutturali e gli impianti, è possibile che le imprese produttrici di gas, proprietarie dei serbatoi, siano chiamate a fornire una Relazione Tecnica contenente la documentazione per un'adeguata descrizione e caratterizzazione dei serbatoi criogenici di stoccaggio da installare o già installati. Prima di entrare nel merito dei contenuti di tale Relazione, è opportuno ricordare le diverse tipologie di serbatoi presenti nei siti degli utilizzatori.

Le imprese produttrici dispongono di un parco serbatoi in Italia che in base all'anno di fabbricazione si possono distinguere come segue.

Serbatoi non marcati CE

Serbatoi criogenici fabbricati prima del 30 maggio 2002, data in cui è entrato in vigore il D. Lgs. n. 93/2000, Decreto di recepimento della Direttiva PED, dotati di libretto matricolare in cui si attesta la costruzione in conformità alle norme ISPEL (ex Decreto Ministeriale 1927). I serbatoi sono stati progettati secondo alcune Circolari specifiche e secondo la raccolta VSR ISPEL. Tali norme di progettazione non prevedevano alcuna procedure di verifica della conformità relativamente al rischio sismico.

Per tale categoria di serbatoi i dati necessari alla stesura della Relazione Tecnica potrebbero non essere più reperibili presso il fabbricante. In tal caso si dovrà ricorrere a una soluzione alternativa. Il presente Articolo contiene una proposta metodologica basata su criteri di modellazione e analisi antisismica di serbatoi prototipo in grado di fornire le necessarie valutazioni di idoneità strutturale.

Serbatoi marcati CE

Serbatoi criogenici fabbricati in conformità alla Direttiva PED, recepita in Italia con D. Lgs. n. 93/2000. Per tali serbatoi, su cui è apposta la marcatura CE, il fabbricante ha dovuto valutare il rischio sismico al fine di poterne garantire la sicura installazione. La marcatura CE e la relativa dichiarazione di conformità consentono di affermare la legittimità della

cessione a qualsiasi titolo dell'apparecchiatura su tutto il territorio dell'Unione europea. La valutazione sismica è fatta secondo gli Eurocodici al fine di garantirne la libera circolazione all'interno dell'Unione.

In altre parole, libretto matricolare per i serbatoi immessi sul mercato prima del 2002 e marcatura CE per i serbatoi costruiti dal 2002 in poi, sono i presupposti per la legittima immissione sul mercato italiano di entrambe le tipologie di serbatoio.

4. La Relazione Tecnica per l'utilizzatore

Sulla base delle diverse tipologie di serbatoio, è possibile distinguere due modelli di Relazione Tecnica:

- uno idoneo alla trattazione di serbatoi costruiti dopo l'anno 2002, conformemente alle disposizioni del complesso normativo PED, marcati CE;
- l'altro idoneo alla trattazione di serbatoi costruiti antecedentemente all'entrata in vigore del D.Lgs. n. 93/2000, anche se di tali serbatoi non è oggi possibile acquisire dai fabbricanti, in parte o in toto, la documentazione costruttiva.

Per quanto concerne i serbatoi marcati CE, la Relazione Tecnica potrà avvalersi della citazione della norma o del codice a cui il fabbricante ha fatto riferimento nella valutazione di rischi prevista dalla PED, ma non potrà in alcun modo contenere le valutazioni effettuate dal fabbricante in sede di progettazione e facenti parte del fascicolo tecnico PED, in quanto tale documentazione fa parte dello specifico know how del fabbricante.

Diverso il caso dei serbatoi non marcati CE, per i quali risulta chiara la necessità di trovare una modalità di valutazione delle caratteristiche strutturali nei casi in cui non si disponga di tutte le informazioni di natura tecnica e costruttiva. Di conseguenza, a fianco dell'individuazione di alcune ipotesi di calcolo per parametri critici, la Relazione Tecnica per l'utilizzatore potrà essere realizzata adottando una metodologia basata sull'identificazione di famiglie omogenee di serbatoi rappresentate da un serbatoio-prototipo sul quali operare le opportune valutazioni di idoneità, così come descritto nel successivo capitolo.

5. Proposte metodologica per la valutazione della vulnerabilità sismica dei serbatoi di fabbricazione ante-PED

L'approccio normativo vigente comporta la necessità di valutare la vulnerabilità sismica dei serbatoi criogenici presenti sul territorio nazionale, installati e da installare, in impianti esistenti o in impianti di futura realizzazione.

In altri termini, si tratta di stabilire se un serbatoio criogenico è installabile ovunque sul territorio nazionale o solo in alcune zone.

Come illustrato nel capitolo precedente, la procedura per la verifica di un serbatoio non marcato CE per PED (impresso sul mercato prima dell'anno 2002) si differenzia da quella da adottare per un serbatoio marcato CE per il quale è sufficiente la citazione della norma o del codice a cui il fabbricante ha fatto riferimento nella valutazione di rischi prevista dalla PED.

Per quanto concerne i serbatoi ante-PED, invece, è necessario individuare una modalità di valutazione delle caratteristiche strutturali nel caso non si disponesse della totalità delle informazioni tecnico-costruttive. A tal scopo sarà necessario stabilire alcune ipotesi di calcolo per quanto riguarda alcuni valori determinanti per l'analisi di vulnerabilità sismica.

5.1 Ipotesi di calcolo su parametri critici

Materiali da costruzione

Ai fini dell'analisi sismica, in mancanza del certificato attestante il materiale da costruzione del serbatoio esterno, si ritiene cautelativo assumere che i recipienti esterni siano costruiti in acciaio al carbonio da costruzione con minime caratteristiche meccaniche (S235JR).

Analogamente, per il serbatoio interno, si può assumere che il materiale da costruzione sia del tipo ASTM A312 Tp 304.

Informazioni e dati tecnici sulla configurazione e le condizioni dei componenti strutturali e sulle caratteristiche dei materiali da costruzione, determinano il Livello di Conoscenza a cui corrisponde un coefficiente (Fattore di Confidenza) da considerare nelle valutazioni di resistenza alle sollecitazioni. L'adozione di un valore opportunamente scelto per tale coefficiente consente la valutazione prudenziale anche di serbatoi in uso da molti anni e per i quali non sono più esaustivamente disponibili informazioni e dati delle parti non ispezionabili.

Materiale di isolamento

Fattore decisamente rilevante ai fini della stabilità strutturale è il materiale di isolamento dell'intercapedine (perlite), il cui contributo nel trasferire le azioni sismiche dal serbatoio interno a quello esterno può determinare una migliore risposta statica e dinamica al sisma. Nel corso dei prossimi mesi Assogastecnici, promuoverà un'attività di ricerca apposita per misurarne gli effetti di smorzamento.

Grado e fluido di riempimento

Per quanto concerne il grado di riempimento del serbatoio, parametro significativo per il dimensionamento e la verifica del comportamento alle sollecitazioni sismiche, ci si conforma alle indicazioni delle NTC 2008 per le categorie di azioni variabili E (ambiente ad uso industriale), coerenti con la norma UNI EN1991-4:2006.

Si ritiene, pertanto, che il grado di riempimento possa essere considerato pari a non più dell'80% della capacità utile (variabile tra il 90 e il 95% della capacità geometrica).

Come fluido criogenico di riempimento del serbatoio, viene considerato l'argon, avente il maggiore peso specifico tra i fluidi autorizzati.

Classi e coefficienti d'uso

Per quanto concerne la classe d'uso, è possibile operare un distinguo a seconda dei siti di installazione dei serbatoi criogenici:

Stabilimenti industriali

I serbatoi sono da considerarsi appartenenti alla:

caso a) classe d'uso IV con coefficiente $C_U=2$,
se installati presso gli stabilimenti classificati come a Rischio di Incidente Rilevante

caso b) classe d'uso II, con coefficiente $C_U=1$
se installati presso stabilimenti industriali non classificati come a Rischio di Incidente Rilevante

Strutture ospedaliere

I serbatoi sono da considerarsi appartenenti alla:

caso a) classe d'uso IV con coefficiente $C_U=2$
come previsto dalla Circolare n. 617 (Tabella C8A.9.1), ad esclusione delle condizioni previste dal successivo caso b).

caso b) In considerazione della pluralità delle fonti di ossigeno medicinale costituenti la Centrale di stoccaggio, nonché la varietà dell'ubicazione delle stesse, così come stabilito dalla norma UNI EN ISO 7396-1 armonizzata alla Direttiva 93/42/CEE, si ritiene che, nella valutazione complessiva del rischio di interruzione del servizio, lo stesso non sia compromesso dal cedimento del serbatoio criogenico. In tal caso, con riferimento alla sopracitata Tabella C8A.9.1, sia Vulnerabilità sia Importanza possono considerarsi "basse" e, con riferimento alla classe e al coefficiente d'uso, i serbatoi possono considerarsi appartenenti alla:

classe d'uso II, con coefficiente $C_U=1$

Vita nominale

Si può considerare che un serbatoio criogenico non rimane normalmente installato presso lo stesso sito per più di 15 anni. Di conseguenza, per i succitati casi a) e b) si può calcolare:

caso a)

$$V_{R_{SC(a)}} = V_{N(a)} \times C_{U(a)} = 30 \text{ anni} \quad (1)$$

caso b)

$$V_{R_{SC(b)}} = V_{N(b)} \times C_{U(b)} = 15 \text{ anni} \quad (2)$$

Prendendo in considerazione il valore minimo della vita di riferimento previsto dalla norma di 35 anni, è ragionevole adottare una vita di riferimento di 35 anni per tutte le casistiche, indipendentemente dalla classe d'uso.

Stati limite di riferimento

Per le classi d'uso I e II, gli stati SLE (Stati Limite di Esercizio) si considerano soddisfatti se è verificato il rispetto di SLD (Stati Limite di Danno) e gli stati SLU (Stati Limite Ultimo) si considerano soddisfatti se risulta verificato il rispetto di SLV (Stati Limite di salvaguardia della Vita). Per tale stato limite si assume una probabilità di superamento P_{VR} del 10%.

In base alla formula del Tempo di ritorno del sisma:

$$T_R = \frac{-V_R}{\ln(1-P_{VR})} \quad (3)$$

si assume tale valore pari a 332 anni.

Elementi topografici e geologici

Nel nuovo complesso normativo l'azione sismica è valutata a partire dalla "pericolosità sismica di base" in condizioni ideali del sito di riferimento rigido con superficie orizzontale.

L'azione sismica¹, è parametrizzata su 10.751 punti topografici e per 9 valori del periodo di ritorno T_R (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975, 2475 anni).

Nota il tempo di ritorno T_R , e il punto topografico, la forma spettrale risulta definita su suolo di riferimento rigido orizzontale.

¹ Definita con i parametri:

a_g [g] accelerazione orizzontale massima del terreno

F_0 [-] valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale

T_c^* [s] periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale.

Le condizioni del sito di riferimento rigido non corrispondono, in generale, a quelle effettive, pertanto, si deve tener conto delle condizioni stratigrafiche e topografiche del territorio italiano.

In modo conservativo si può assumere una categoria di sottosuolo di tipo D² e categoria topografica T1³.

Tabella 2 – Proposte di parametri critici

Parametro	Disposizione vigente	Proposta
Materiali da costruzione delle membrature e gambe del serbatoio esterno	da certificato	da certificato o, se non disponibile, S235JR
Materiali da costruzione delle membrature e supporti del serbatoio interno	da certificato	da certificato o, se non disponibile, ASTM A312 Tp 304 (XCrNi18-10)
Livello di conoscenza LC	1 – 2 - 3	3
Fattore di confidenza FC	1,35 – 1,2 – 1	1
Materiale di isolamento intercapedine recipienti interno/esterno	-	Perlite / 130 kg/m ³
Contributo strutturale della perlite di riempimento dell'intercapedine	-	Significativo (da determinarsi sperimentalmente)
Riempimento serbatoio interno (% capacità utile)	80% (100%)	80%
Fluido criogenico di riempimento	-	Argon
Classe e coefficiente d'uso per installazioni in insediamenti industriali ordinari	/	II / 1
Classe e coefficiente d'uso per installazioni in insediamenti industriali R.I.R.	IV / 2	IV / 2
Classe e coefficiente d'uso per installazioni in strutture ospedaliere ante Direttiva 93/42/CE	IV / 2	IV / 2
Classe e coefficiente d'uso per installazioni in strutture ospedaliere post Direttiva 93/42/CE	IV / 2	II / 1
Vita nominale VN	minimo 35 anni	sempre 35 anni
Stato Limite di Riferimento	SLO – SLD – SLV – SLC	SLV
Probabilità di superamento nel periodo di riferimento e P _{VR} %	81% - 63% - 10% - 5%	10%
Tempo di ritorno del sisma	$T_R = \frac{-V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$	332 anni
Categoria sottosuolo	da indagine geologica	D
Fattore topografico	da verifiche in sito	T1

² Definito dalla Tabella 3.2.II delle NTC 2008: 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 N_{SPT,30} < 15 nei terreni a grana grossa e c_{u,30} < 70 kPa nei terreni a grana fina)

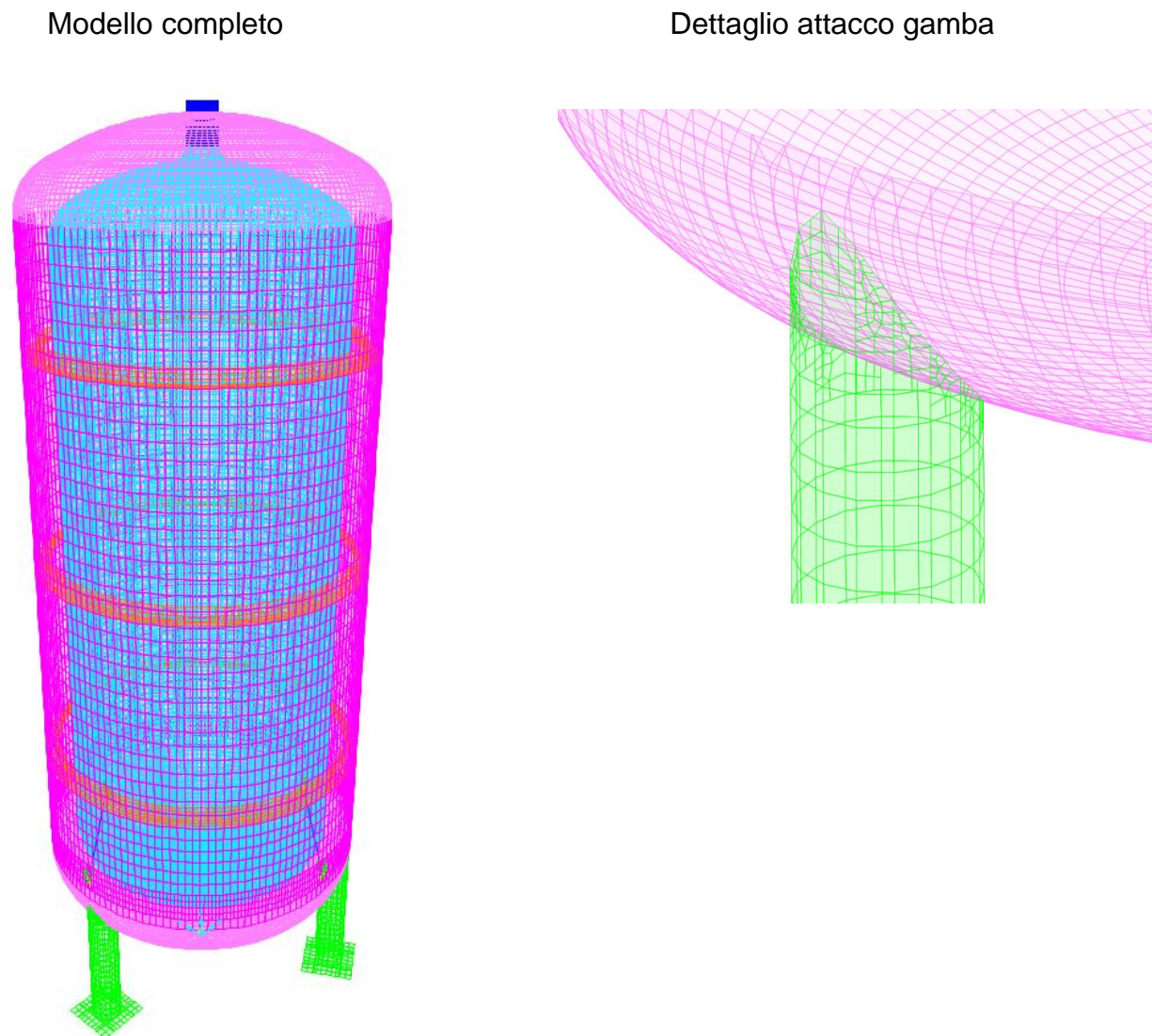
³ Definito dalla Tabella 3.2.IV delle NTC 2008: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media ≤15°

5.2 Proposta metodologica per la valutazione sismica: l'individuazione di serbatoi-prototipo rappresentativi di famiglie omogenee

Sempre con riferimento ai serbatoi fabbricati prima dell'entrata in vigore della Direttiva PED, si consideri quanto segue:

- i serbatoi costituenti l'insieme di interesse, sono classificabili in un numero contenuto di famiglie omogenee;
- ogni famiglia, sotto il profilo del rischio sismico, può essere esaustivamente rappresentata da un serbatoio prototipo;
- di ciascun prototipo si possono definire tutte le caratteristiche dimensionali e "dimensionanti", prudenzialmente assumibili per effettuare la verifica alle sollecitazioni.

Figura 1 – Modellazione del serbatoio



Il "parco serbatoi criogenici" presente in Italia può essere suddiviso in famiglie secondo i seguenti criteri:

- anno di costruzione: periodo 1960 ÷ 2014
- fabbricante
- capacità nominale da 750 a 50000
- valori della pressione nominale: da 2 a 37 barg

- in base ai gas di stoccaggio autorizzati (O₂, N₂, Ar, CO₂, N₂O)

Ciascuna famiglia è rappresentata esaustivamente da un serbatoio prototipo le cui caratteristiche dimensionali e costruttive sono state prudenzialmente determinate sulla base delle caratteristiche ricorrenti dei serbatoi appartenenti alla particolare famiglia (ad esempio la tipologia della gamba di sostegno).

Di conseguenza, la valutazione di vulnerabilità sismica può essere condotta su prototipi rappresentativi di famiglie il cui comportamento può ritenersi omogeneo alla sollecitazione sismica.

Una tale impostazione metodologica consente di:

- effettuare un numero di valutazioni limitato ai singoli prototipi rappresentativi della famiglia di riferimento
- redigere una Relazione Tecnica in grado di valutare anche serbatoi non marcati CE
- verificare l'idoneità del serbatoio rispetto alla sua attuale ubicazione o ad una nuova collocazione geografica.

6. Conclusioni

L'analisi della normativa in vigore permette di individuare negli utilizzatori del gas, in quanto proprietari dei siti, i destinatari di obblighi di verifica antisismica, anche se limitatamente ad alcune tipologie di edifici, tra cui le strutture ospedaliere e i siti industriali a rischio di incidente rilevante. Va peraltro tenuto in considerazione che la normativa inquadra i serbatoi nelle parti non strutturali.

Per i serbatoi fabbricati successivamente l'entrata in vigore della Direttiva PED, o comunque installati in un insieme PED (come definito dalla Direttiva stessa), la marcatura CE sostituisce ogni altra valutazione sull'idoneità sismica del serbatoio alle normative applicabili su tutto il territorio comunitario.

Per i serbatoi non marcati CE, per i quali generalmente non si dispone di tutte le informazioni tecnico-strutturali, si propone una metodologia basata su criteri di modellazione e analisi antisismica di serbatoi prototipo.

Nell'ambito di Assogastecnici sono stati condivisi i criteri per la suddetta modellazione, pervenendo ad una proposta di parametri critici che rappresentano correttamente le peculiarità dei serbatoi criogenici presenti sul territorio italiano.

Bibliografia

- [1] Maurizio Zadra: "Valutazioni di sicurezza" per la "*Linea Guida Assogastecnici Normativa Antisismica - Strumenti interpretativi e criteri di adeguamento per i serbatoi criogenici di stoccaggio*", 2014
- [2] Assogastecnici: "*Linea Guida Assogastecnici Normativa Antisismica - Strumenti interpretativi e criteri di adeguamento per i serbatoi criogenici di stoccaggio*", 2014
- [3] E. Leoni, F. Rossi: "Aspetti critici per la verifica sismica secondo le NTC dei serbatoi criogenici in pressione", negli atti della Conferenza SAFAP 2010, pp. 47-56, Venezia, 2010