

# Metodologia per la valutazione dell'impatto di eventi sismici sui serbatoi criogenici

D. Barbagallo, L. Merli

Gruppo di Lavoro Installazioni presso la Clientela - Assogastecnici/Federchimica



FEDERCHIMICA

ASSOGASTECNICI

Associazione nazionale imprese gas tecnici,  
speciali e medicinali

# SAFAP 2016

**SICUREZZA ED AFFIDABILITÀ DELLE ATTREZZATURE A PRESSIONE**

**SETTIMA EDIZIONE**

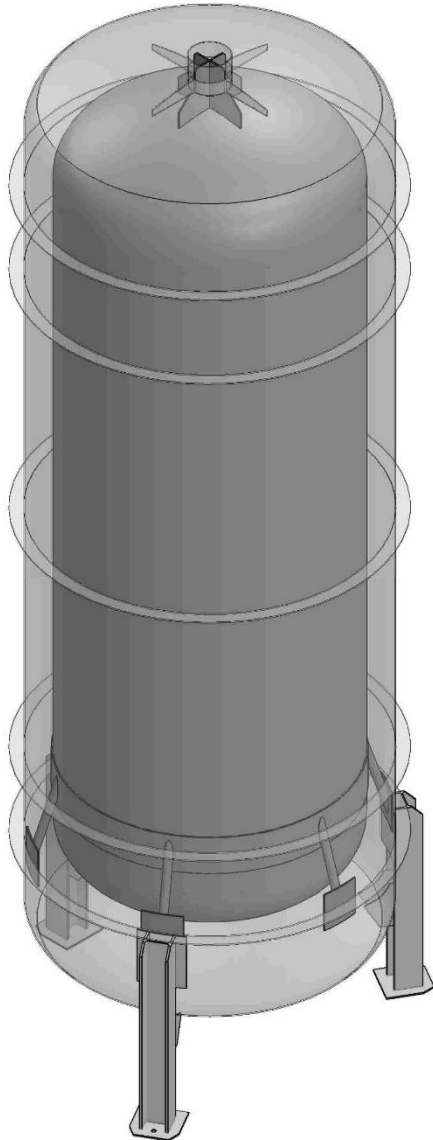
*La gestione del rischio dalla costruzione all'esercizio*

15 e 16 Novembre 2016

- Verifica del **contributo della Perlite** nella risposta sismica dei serbatoi criogenici
- Identificare la **metodologia di applicazione** al mondo dei **serbatoi criogenici**

# Serbatoio criogenico: Descrizione in breve

**SAFAP** 2016



E' costituito da:

- Recipiente in acciaio inox (interno)
- Involucro calorifugo in acciaio al carbonio (esterno)
- Intercapedine riempita con materiale perlitico sotto vuoto spinto
- Puntoni di sostegno tra il serbatoio interno ed esterno



FEDERCHIMICA

**ASSOGASTECNICI**

Associazione nazionale imprese gas tecnici,  
speciali e medicinali

L'azienda produttrice del gas

- è tenuta a mantenere tale bene idoneo all'uso convenuto” per tutta la durata del contratto di locazione
- deve assicurare la conformità del bene locato alle normative emanate nel tempo dal legislatore
- provvede al periodico riempimento del serbatoio
- si occupa della manutenzione, ordinaria, straordinaria, preventiva e correttiva



FEDERCHIMICA

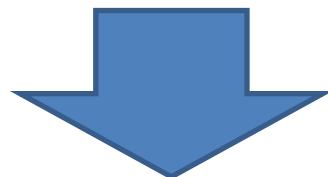
ASSOGASTECNICI

Associazione nazionale imprese gas tecnici,  
speciali e medicinali

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

## ***Serbatoi marcati CE***

Fabbricati in conformità alla Direttiva PED (2002) per i quali il fabbricante ha dovuto valutare il rischio al fine di poterne garantire la sicura installazione



**Come tali sono installabili su tutto il territorio Europeo a meno dei vincoli citati nel manuale uso e manutenzione**

La valutazione sismica è fatta secondo gli Eurocodici al fine di garantirne la libera circolazione all'interno dell'Unione, come riconosciuto nelle NTC2008



FEDERCHIMICA

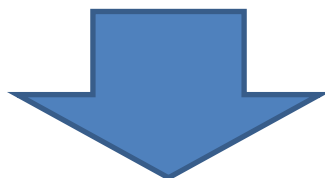
ASSOGASTECNICI

Associazione nazionale imprese gas tecnici,  
speciali e medicinali

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

## ***Serbatoi non marcati CE (Ante-PED)***

Dotati di libretto matricolare in conformità alle norme ISPEL (ex Decreto Ministeriale 1927), progettati secondo norme di progettazione che non prevedevano alcuna procedure di verifica della conformità relativamente al rischio sismico



**I dati necessari per la stesura della Relazione Tecnica di questi ultimi potrebbero non essere più reperibili presso il fabbricante;**

Presentata al SAFAP 2014 una proposta metodologica basata su criteri di modellazione e analisi antisismica di serbatoi



FEDERCHIMICA

ASSOGASTECCNICI

Associazione nazionale imprese gas tecnici,  
speciali e medicinali

# Proposta parametri critici

# SAFAP 2016

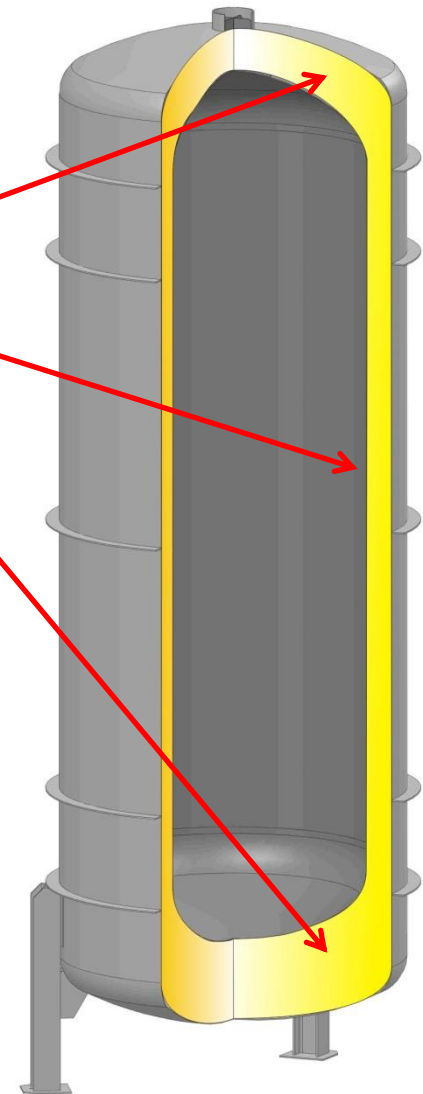
Parametro	Disposizione vigente	Proposta
Materiali da costruzione delle membrature e gambe del serbatoio esterno	da certificato	da certificato o, se non disponibile, S235JR
Materiali da costruzione delle membrature e supporti del serbatoio interno	da certificato	da certificato o, se non disponibile, ASTM 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 <sup>3</sup>
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 installaz. in insediamenti industriali R.I.R.	IV / 2	IV / 2
Classe e coefficiente d'uso per installaz. in strutture ospedaliere ante Dir. 93/42/CE	IV / 2	IV / 2
Classe e coefficiente d'uso per installaz. in strutture ospedaliere post Dir. 93/42/CE	IV / 2	II / 1
Vita di riferimento $V_R$	minimo 35 anni	sempre 35 anni
Stato Limite di Riferimento	SLO – SLD – SLV – SLC	SLV
Probabilità di superamento nel periodo di riferimento e PVR %	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

**Perlite**

**Contributo nel trasferimento dei  
carichi non conosciuto**

**TEST Assogastecnici**

***Miglioramento della risposta al  
sisma***





**Già nella presentazione SAFAP 2014 era stata identificata la Perlite come il possibile elemento giustificante la differenza tra risposta reale dei serbatoi e calcoli sismici:**

- **I calcoli sismici in assenza di perlite forniscono risultati di non sostenibilità di eventi sismici** anche di grado non elevato, **riportando problematiche di punzonatura del fasciame esterno** ad opera dei supporti a cui era affidato lo scarico completo delle forze.
- **Nell'esperienza di oltre 60 anni di utilizzo di serbatoi criogenici in Italia** (con un parco di circa 10.000 serbatoi installati) **non si sono mai verificati danneggiamenti seri di serbatoi criogenici** durante gli innumerevoli eventi sismici di intensità significativa che la storia del nostro territorio ricorda, inclusi gli ultimi eventi avvenuti in Emilia nel 2012 e in Centro Italia di quest'anno.



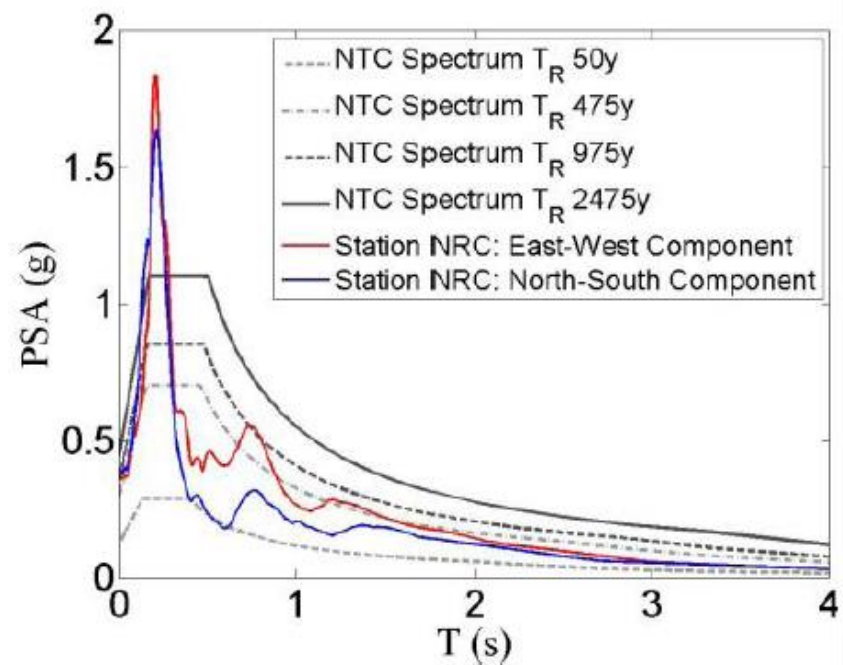
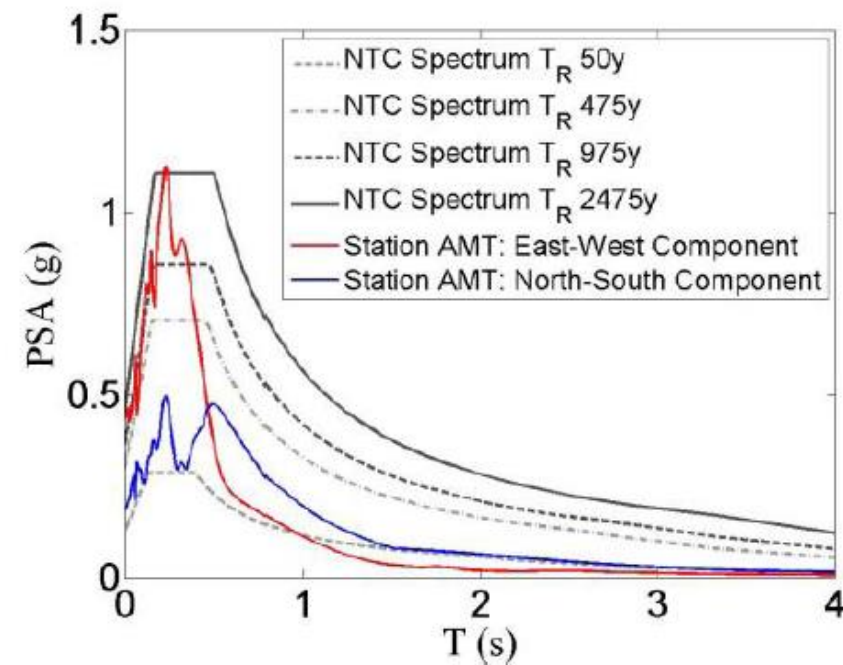
FEDERCHIMICA

ASSOGASTECNICI

Associazione nazionale imprese gas tecnici,  
speciali e medicinali

# Spettri eventi sismici di agosto 2016: Amatrice e Norcia

# SAFAP 2016



Fonte: PRELIMINARY STUDY OF RIETI EARTHQUAKE GROUND  
MOTION DATA V2, INGV: ITACA-ESM Working Group



FEDERCHIMICA

ASSOGASTECNICI

Associazione nazionale imprese gas tecnici,  
speciali e medicinali

## Studio di caratterizzazione della perlite

- prove di laboratorio sulla perlite
- l'approntamento di un modello di calcolo numerico della perlite
- prove sperimentali su un serbatoio prototipo (carico quasi statico e ciclico)
- valutazione della variazione delle proprietà della perlite su un campione significativo di serbatoi ante-PED



FEDERCHIMICA

ASSOGASTECNICI

Associazione nazionale imprese gas tecnici,  
speciali e medicinali

Assogastecnici ha avviato una collaborazione con Merli Engineering per utilizzare il modello di calcolo numerico perfezionato per la simulazione del comportamento della perlite per un'analisi di modellazione 3D di un serbatoio criogenico



FEDERCHIMICA

**ASSOGASTECNICI**

Associazione nazionale imprese gas tecnici,  
speciali e medicinali

Al fine di mettere in evidenza l'effetto della perlite nella risposta sismica dei serbatoi criogenici, sono state effettuate su uno stesso serbatoio taglia 20000 litri, le seguenti valutazioni numeriche:

- Serbatoio in assenza di perlite
- Serbatoio con perlite secondo la caratterizzazione sperimentale.



FEDERCHIMICA

**ASSOGASTECNICI**

Associazione nazionale imprese gas tecnici,  
speciali e medicinali

Tutte le valutazioni sono state effettuate utilizzando il seguente set di parametri

Vincolo a terra: cerniera

Carichi:  $P_{Atm} = 98100 \text{ N/m}^2$

Perlite =  $130 \text{ kg/m}^3$

Argon =  $1393 \text{ kg/m}^3$  (80% del 95% della capacità geometrica)

Pressione liquido interno =  $6 \text{ kg/cm}^2$

Sisma: Spettro solo orizzontale secondo NTC2008 con i seguenti parametri:

Sito d'installazione = Lat. 39.2470 Long. 16.3920 (ED50(°)) - Aprigliano (CZ)

$V_n = 10$  anni

$V_r = 35$  anni

C.U. = Valida da I a IV

Cat. sottosuolo = D

Cat. topografica = T1

Fatt. struttura  $q = 1$

Accelerazione imposta ai modelli = massima dello spettro sopra definito



FEDERCHIMICA

ASSOGASTECNICI

Associazione nazionale imprese gas tecnici,  
speciali e medicinali

## In assenza di Perlite

Il serbatoio criogenico modellato considerando il doppio serbatoio e la presenza dell'intercapedine isolata in assenza di perlite:

Mostra valori elevati di sforzo nel collegamento fasciame-fondo serbatoio esterno con gambe di supporto e zone di attacco puntoni colleganti serbatoio interno ed esterno.

La condizione di carico applicata ha portato ad un collasso plastico della struttura (plastic strain maggiore del 10%) in corrispondenza del 78.6 % del carico applicato.



FEDERCHIMICA

**ASSOGASTECNICI**

Associazione nazionale imprese gas tecnici,  
speciali e medicinali

## In assenza di Perlite

C: MNA SISMA 1 - R3 - SENZA PERLITE - VINCOLO CERNIERA - 0.882g ORIZZ

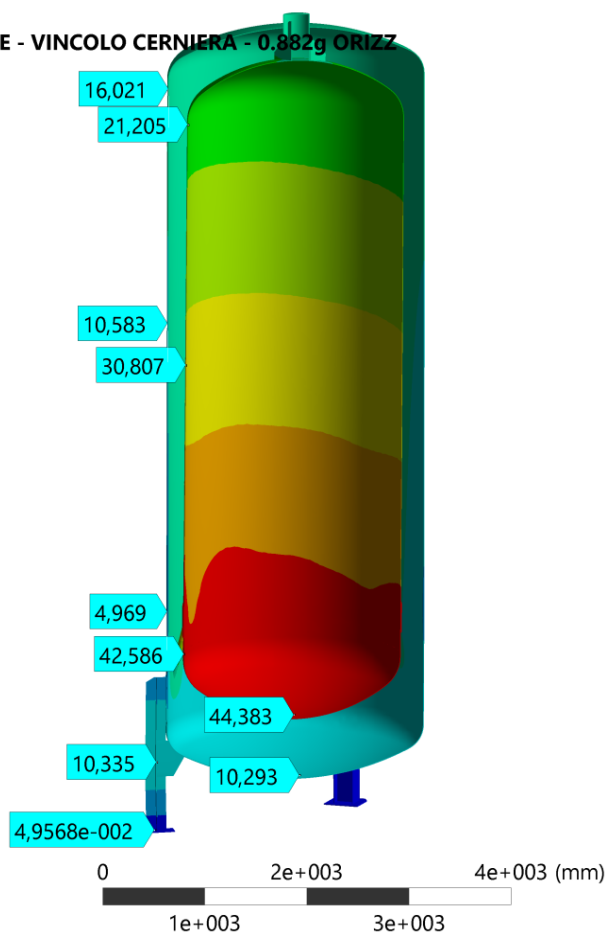
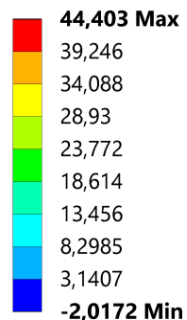
Directional Deformation

Type: Directional Deformation(Y Axis)

Unit: mm

Global Coordinate System

Time: 1 (Unconverged)



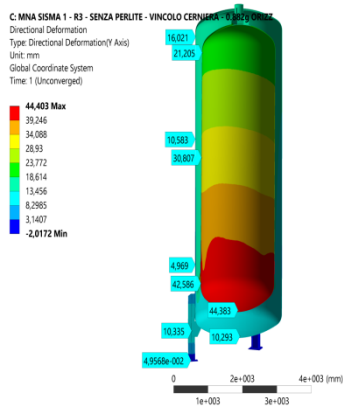
CHIMICA

ASSOGASTECNICI

Associazione nazionale imprese gas tecnici,  
speciali e medicinali



# In assenza di Perlite



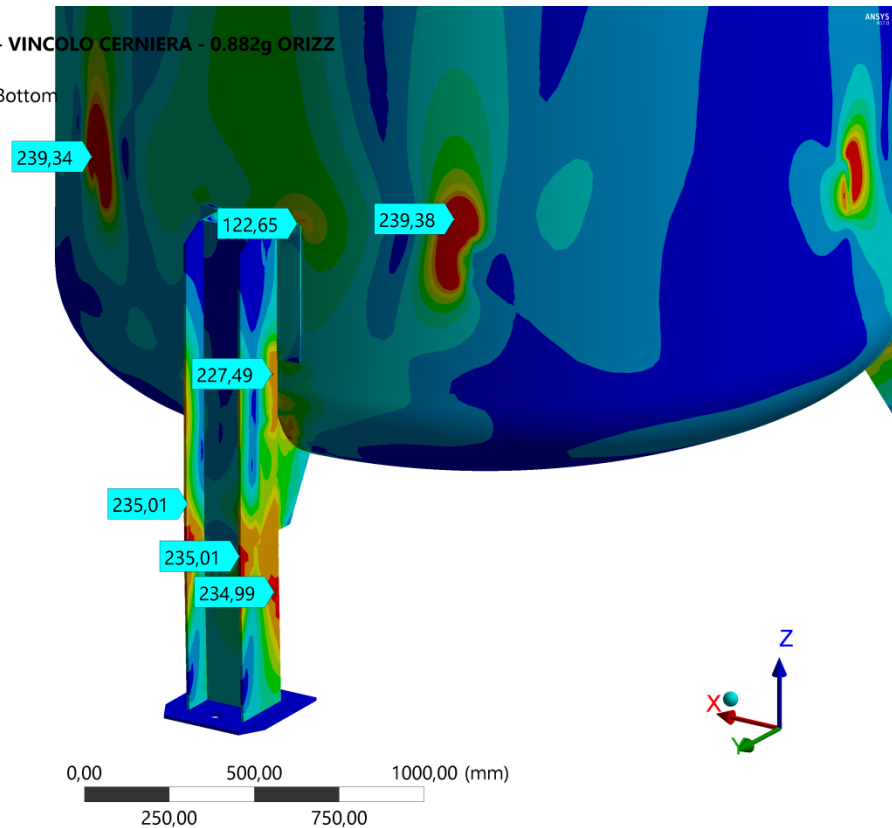
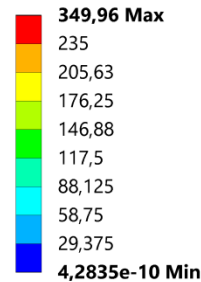
C: MNA SISMA 1 - R3 - SENZA PERLITE - VINCOLO CERNIERA - 0.882g ORIZZ

Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress - Top/Bottom

Unit: MPa

Time: 1 (Unconverged)

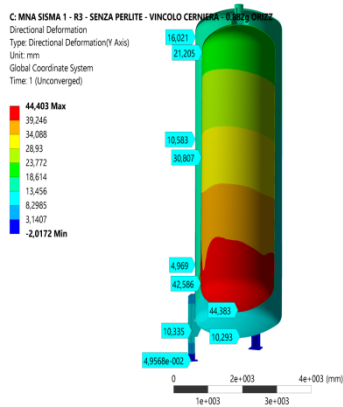


FEDERCHIMICA

ASSOGASTECNICI

Associazione nazionale imprese gas tecnici,  
speciali e medicinali

# In assenza di Perlite



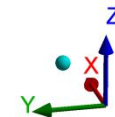
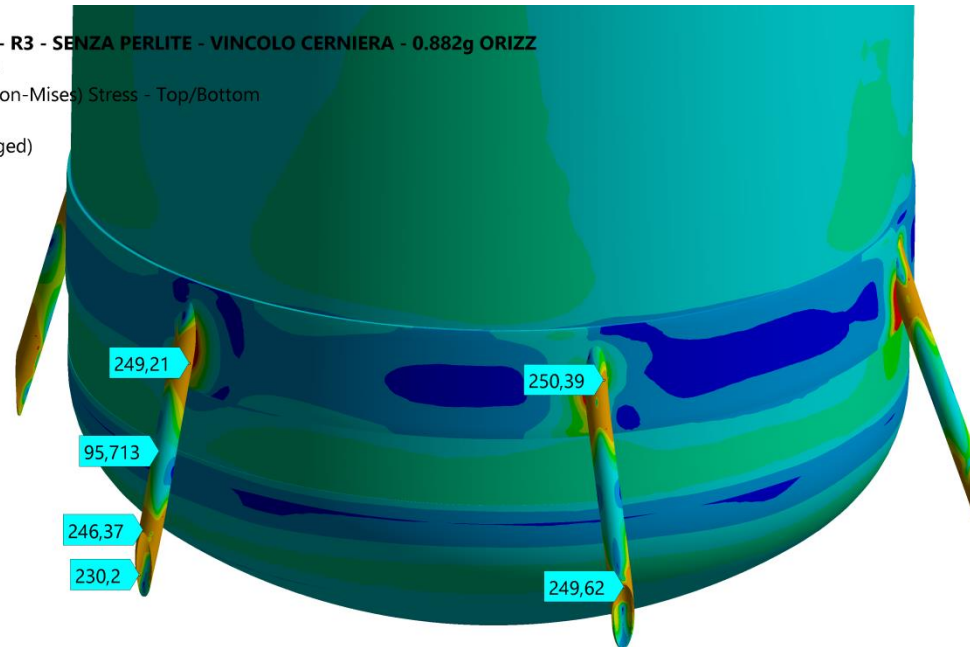
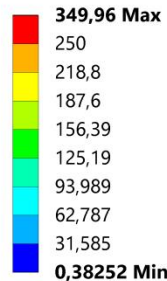
C: MNA SISMA 1 - R3 - SENZA PERLITE - VINCOLO CERNIERA - 0.882g ORIZZ

Equivalent Stress 4

Type: Equivalent (von-Mises) Stress - Top/Bottom

Unit: MPa

Time: 1 (Unconverged)



FEDERCHIMICA

ASSOGASTECNICI

Associazione nazionale imprese gas tecnici,  
speciali e medicinali

## Con la Perlite

La perlite permette il trasferimento uniforme del carico dal serbatoio interno al serbatoio esterno e di conseguenza una diminuzione degli sforzi. Questo è possibile essendo la perlite sotto vuoto un materiale coeso alla compressione e uniforme.

La condizione di carico applicata ha portato ad un collasso plastico della struttura (plastic strain maggiore del 10%) in corrispondenza del 93.2% del carico applicato.



FEDERCHIMICA

**ASSOGASTECNICI**

Associazione nazionale imprese gas tecnici,  
speciali e medicinali

## Con la Perlite

**B: MNA SISMA 1 - R3 - CON PERLITE - VINCOLO CERNIERA - 0.882g ORIZZ**

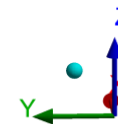
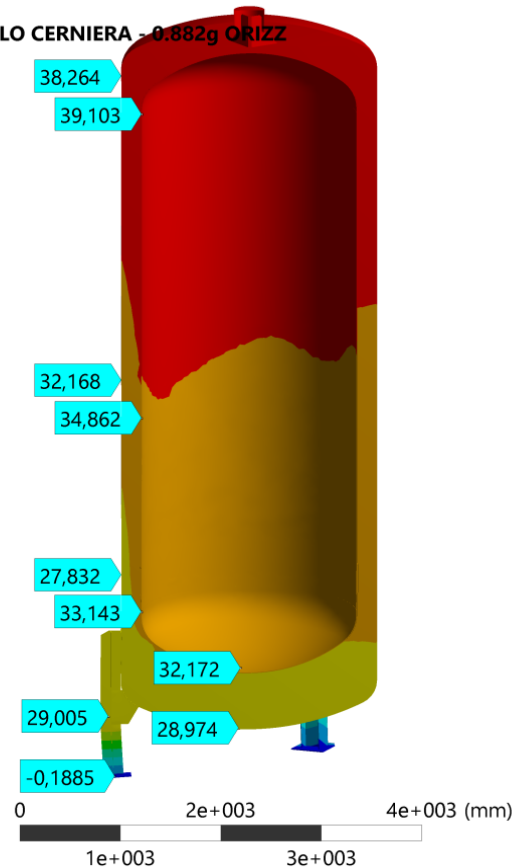
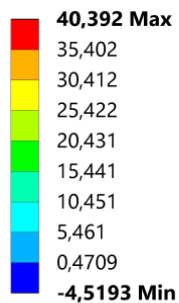
Directional Deformation

Type: Directional Deformation(Y Axis)

Unit: mm

Global Coordinate System

Time: 1 (Unconverged)

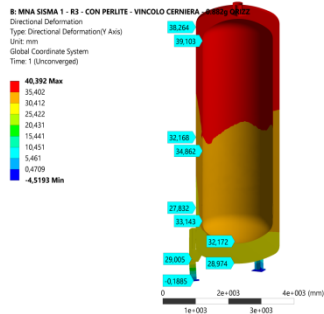


FEDERCHIMICA

ASSOGASTECNICI

Associazione nazionale imprese gas tecnici,  
speciali e medicinali

## Con la Perlite



B: MNA SISMA 1 - R3 - CON PERLITE - VINCOLO CERNIERA - 0.882g ORIZZ

Equivalent Stress

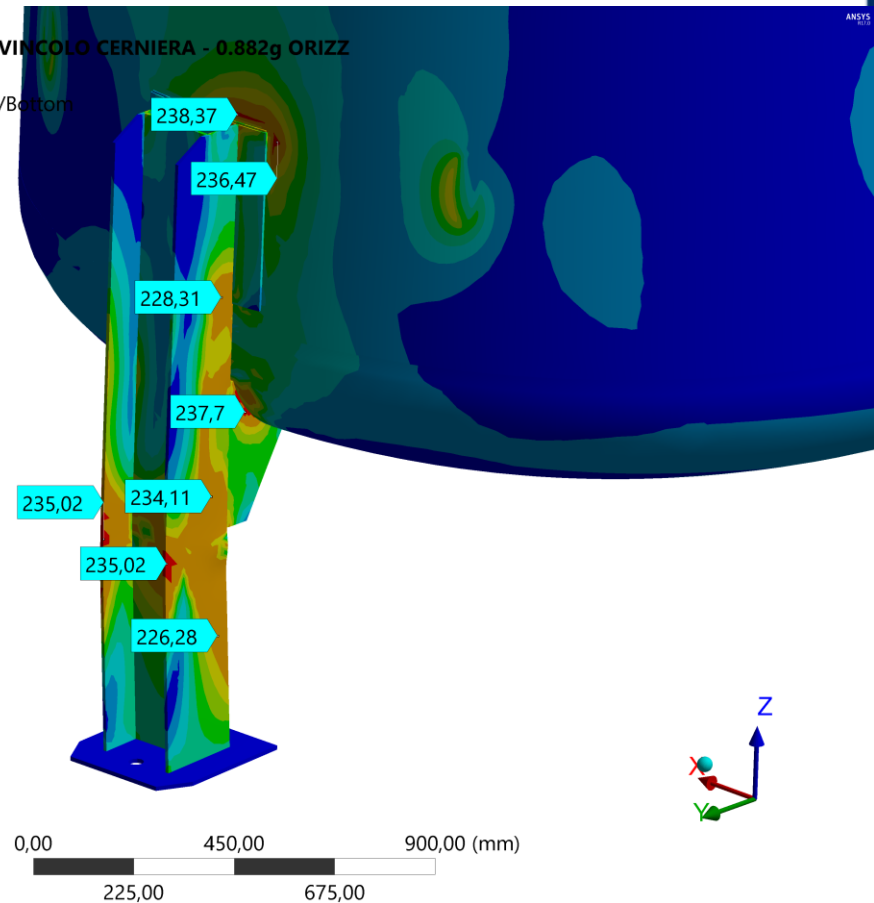
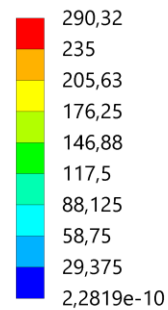
Type: Equivalent (von-Mises) Stress - Top/Bottom

Unit: MPa

Time: 1 (Unconverged)

Max: 290,32

Min: 2,2819e-10



FEDERCHIMICA

ASSOGASTECNICI

Associazione nazionale imprese gas tecnici,  
speciali e medicinali



# Confronto deformazioni relative tra serbatoio interno e involucro esterno

C: MNA SISMA 1 - R3 - SENZA PERLITE - VINCOLO CERNIERA - 0.882g ORIZZ

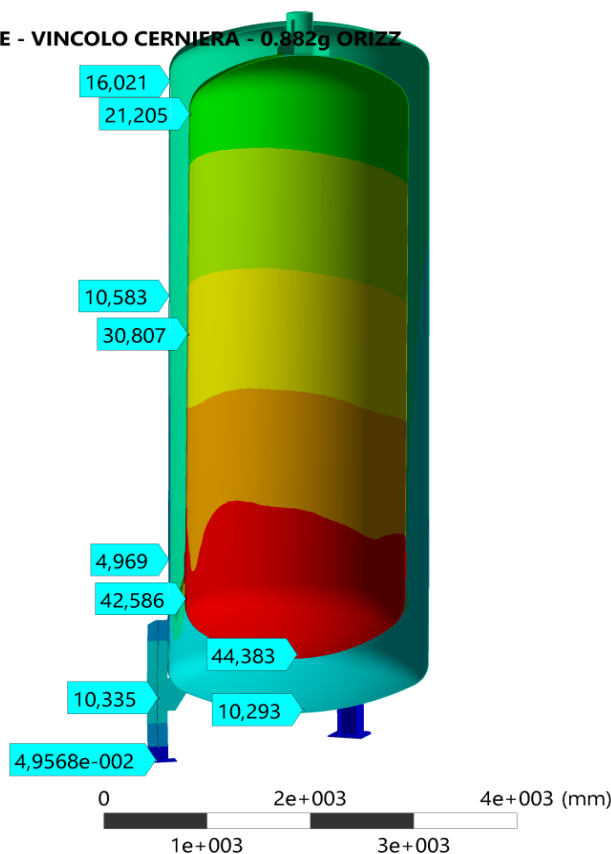
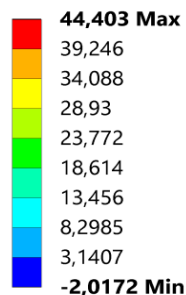
Directional Deformation

Type: Directional Deformation(Y Axis)

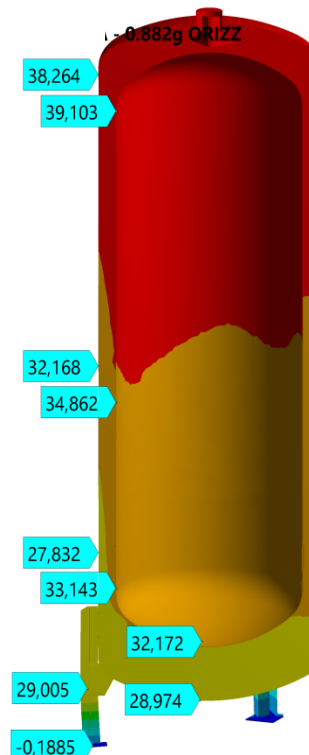
Unit: mm

Global Coordinate System

Time: 1 (Unconverged)



Senza Perlite



Con Perlite

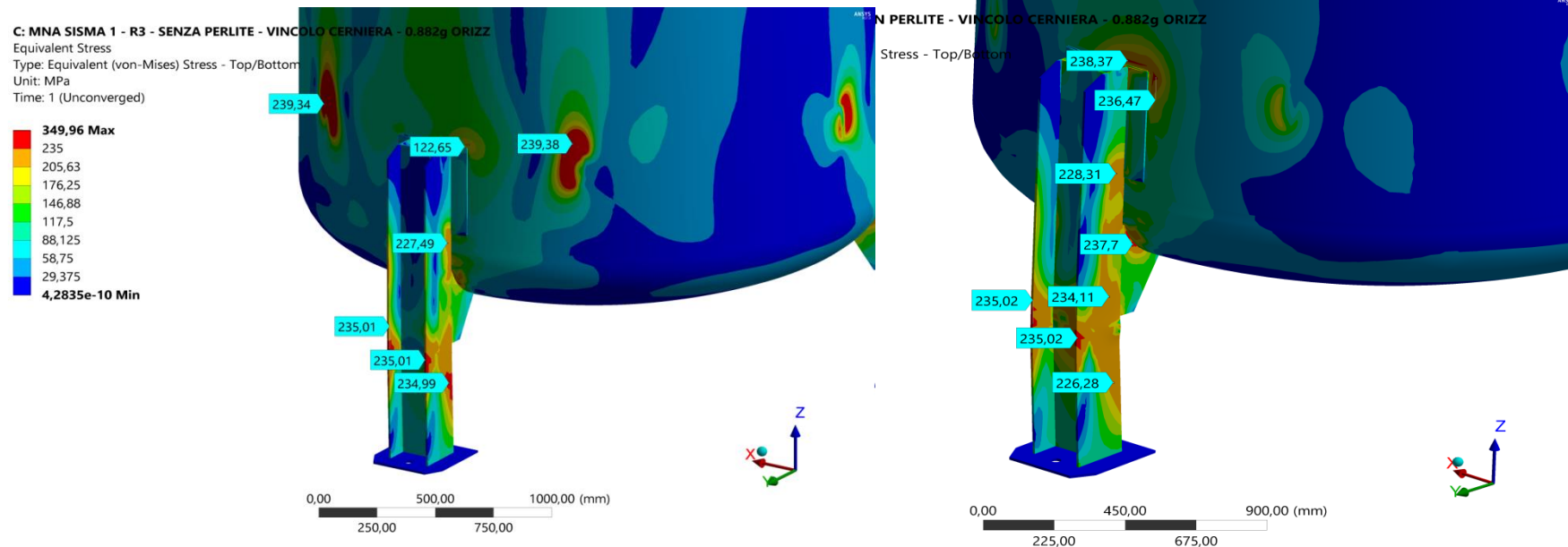


FEDERCHIMICA

ASSOGASTECNICI

Associazione nazionale imprese gas tecnici,  
speciali e medicinali

## Confronto degli sforzi



Senza Perlite

Con Perlite



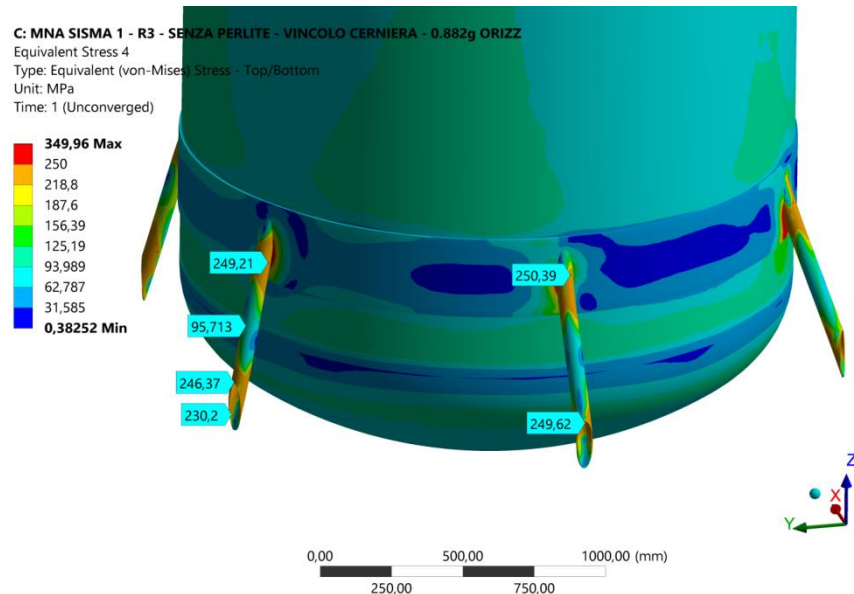
FEDERCHIMICA

ASSOGASTECNICI

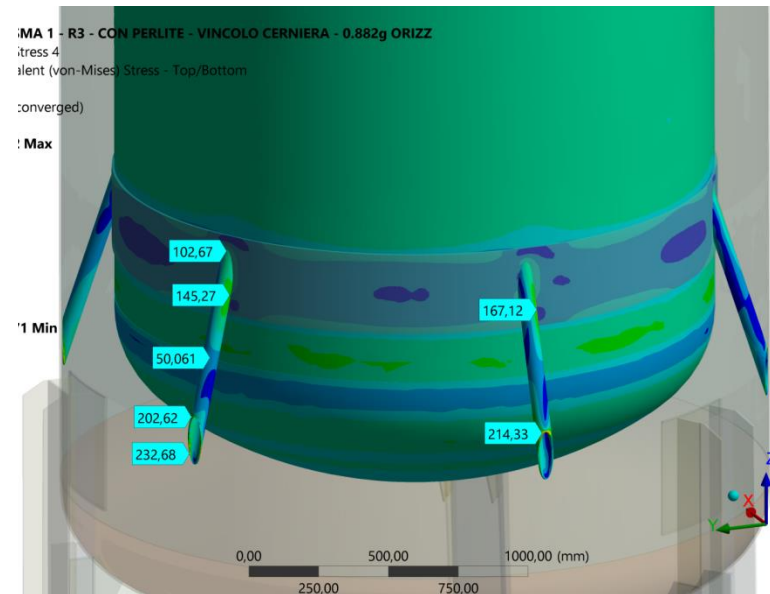
Associazione nazionale imprese gas tecnici,  
speciali e medicinali



## Confronto



Senza Perlite



Con Perlite

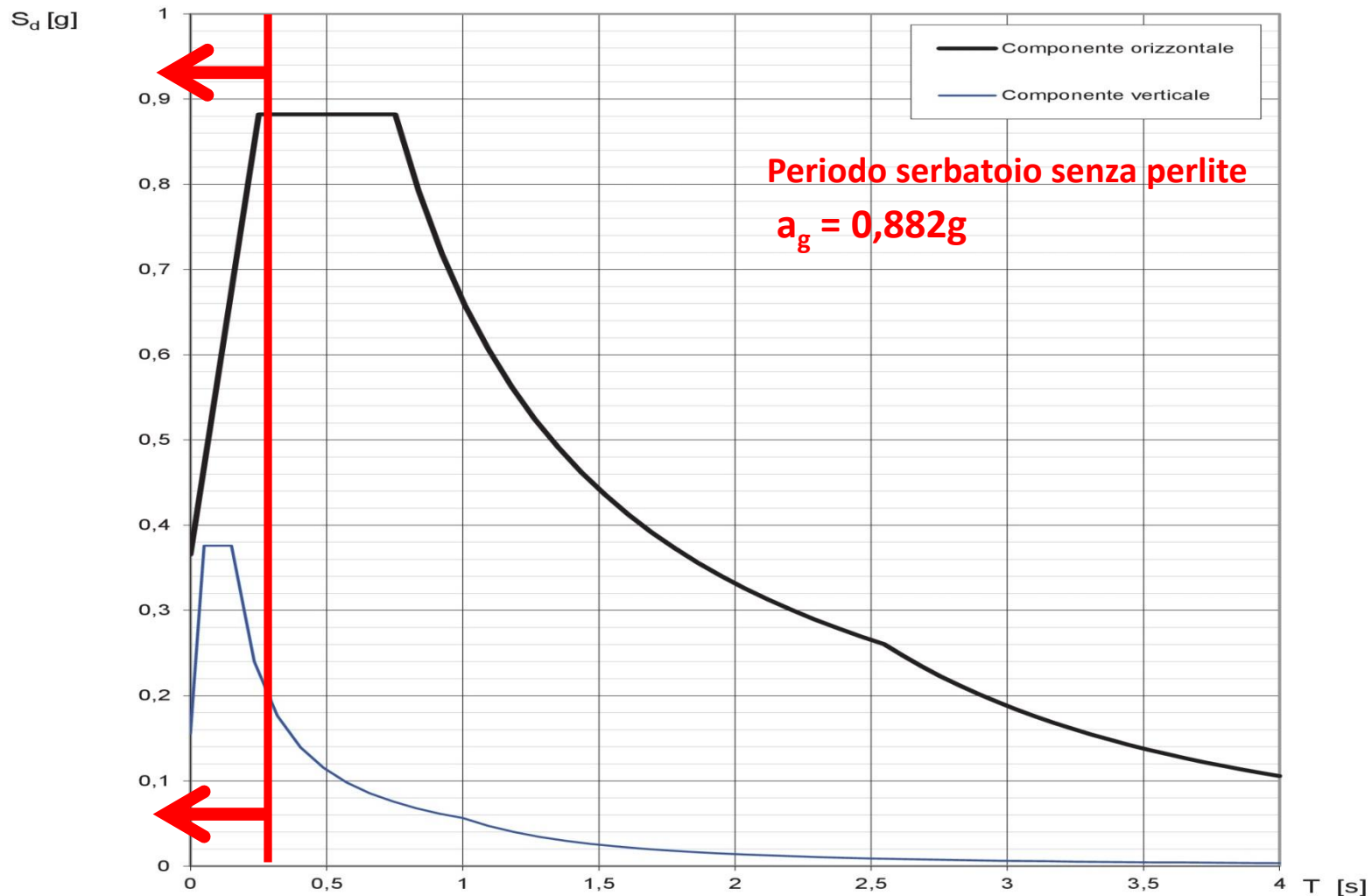


FEDERCHIMICA

ASSOGASTECNICI

Associazione nazionale imprese gas tecnici,  
speciali e medicinali

## Effetto della perlite sul periodo



Periodo serbatoio senza perlite  
 $a_g = 0,882g$

- La corretta caratterizzazione della perlite risulta fondamentale al fine della determinazione della risposta sismica di un serbatoio.
- Le simulazioni hanno evidenziato che considerando la presenza di perlite il serbatoio mostra un rilevante incremento della capacità di resistenza al sisma nell'ordine del 20%.
- Lo Studio Assogastecnici contribuisce a spiegare la differenza tra i risultati numerici ottenuti senza la considerazione della perlite e l'effettivo comportamento di resistenza al sisma nei casi reali.
- Assogastecnici ha di conseguenza programmato il proseguimento dei lavori del proprio Comitato con l'obiettivo di caratterizzare un metodo di calcolo adatto a codici di ingegneria civile più diffusi.



FEDERCHIMICA

ASSOGASTECNICI

Associazione nazionale imprese gas tecnici,  
speciali e medicinali