EMERGENZA GAS

INCREMENTO DI CAPACITÀ DI RIGASSIFICAZIONE (DL 17.05.2022 , N. 50)

FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI

BRICCOLE ACCOSTO

RELAZIONE DI PROGETTAZIONE SISMICA STRUTTURALE IN SITO

Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato Autorizzato	Data
1	Emissione finale	G. Beverina	J. Albagli	M.Raimondi	07/05/2024
0	Emesso per Costruzione	G. Beverina	J. Albagli	M.Raimondi	14/02/2024
A	Emesso per Approvazione	G. Beverina	J. Albagli	M.Raimondi	21/12/2023

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

INDICE

		PAGINA
1	**OGGETTO DELLA REVISIONE 1**	**4**
2	**INTRODUZIONE**	**4**
2.1	GENERALITA'	4
2.2	SCOPO DEL DOCUMENTO	5
2.3	DOCUMENTI DI PROGETTO	5
2.4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
2.5	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	5
2.6	SOFTWARE	6
3	**CONCLUSIONI**	**7**
4	**DATI DI PROGETTO**	**8**
4.1	DATI GEOTECNICI	8
4.2	DATI METEO-MARINI ONDA E CORRENTE OPERATIVE	8
4.3	ACCRESCIMENTO MARINO	9
4.4	COEFFICIENTI IDRODINAMICI	9
4.5	SPESSORE DI CORROSIONE	10
4.6	SISMICITA'	10
4.7	CARICHI AI PARABORDI	10
5	**PREMESSE DI ANALISI**	**11**
5.1	GENERALITA'	11
5.2	FILOSOFIA DI PROGETTAZIONE	11
5.3	MODELLAZIONE BRICCOLE E VERIFICHE STRUTTURALI	11
6	**ANALISI STRUTTURALE**	**12**
6.1	GEOMETRIA BRICCOLA	12
6.2	MODELLO LPILE	13
6.3	DATI GEOTECNICI	13
6.4	LINEARIZZAZIONE PALO EQUIVALENTE	15
6.5	CALCOLO PRIMO PERIODO MODELLO SACS	17
6.6	CALCOLO ACCELERAZIONE SISMICA	18
6.7	CONDIZIONE CARICO	19
6.8	RISULTATI ANALISI	20
6.9	VERIFICHE STRUTTURALI	22

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

6.10 VERIFICHE CAPACITA' PORTANTE 24

7 APPENDICE 1 : OUTPUT ANALISI LPILE 25

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Geometria briccola 12
Figura 2 – Modello Lpile 13
Figura 3 – Dati Geotecnici Lpile 14
Figura 4 – Deformate (m) 16
Figura 5 – Modello SACS e Primo modo T = 1.23 sec 17
Figura 6 – Determinazione spettro di risposta q = 1.50 18
Figura 7 – Spettro di risposta SLV - q = 1.50 18
Figura 8 – Condizione Carichi (ULS) – Carichi assegnati Lpile 19
Figura 9 – Diagrammi momento (kNm) 20
Figura 10 – Diagrammi taglio (kN) 20
Figura 11 – Deformate (m) 21
Figura 12 – Diagrammi Momento agente / Momento resistente (kNm) 23
Figura 13 – Curva capacità portante ultima fattorizzata in accordo con NTC 24

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 3-1: Parametri Geotecnici di progetto 8
Tabella 3-2: Coefficienti idrodinamici 9
Tabella 5-1: Estratto SACS forze e spostamenti 15
Tabella 5-2: Estratto SACS masse e primi 5 periodi 17
Tabella 5-3: Verifiche strutturali - ISO 19902 22

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

1 OGGETTO DELLA REVISIONE 1

La revisione 1 della presente revisione riguarda l'aggiornamento delle curve di capacità portante in accordo all'Appendice I della relazione geotecnica documento 0001-CI-E-012500.

2 INTRODUZIONE

2.1 GENERALITA'

Nell'ambito delle iniziative legate alla realizzazione di nuove capacità di rigassificazione regolate dall'art.5 del DL n.50 del 17/5/2022 e mirate a diversificare le fonti di approvvigionamento di gas ai fini della sicurezza energetica nazionale, la Società Snam FSRU Italia, controllata al 100% da Snam S.p.A ("Snam"), ha ottenuto in data 07.11.2022 l'Autorizzazione Unica rilasciata dal Commissario straordinario di Governo, per realizzare le opere a mare ed a terra necessarie all'ormeggio di un mezzo navale tipo FSRU (Floating Storage and Regasification Unit) in corrispondenza della piattaforma offshore esistente denominata Petra posta a circa 8,5 km a largo di Punta Marina (Ravenna) e il trasferimento del gas naturale fino al punto di collegamento con la Rete Nazionale Gasdotti in corrispondenza dell'impianto Nodo di Ravenna di Snam Rete.

L'FSRU sarà in grado di stoccare fino a 170 mila metri cubi di Gas Naturale Liquefatto (GNL).

Le opere previste nel Progetto FSRU Ravenna sono le seguenti:

1. Adeguamento e ampliamento della esistente piattaforma Petra inclusiva di tutte le opere impiantistiche necessarie allo scarico del gas naturale ed il suo convogliamento, tramite pipeline DN 650 (26'') – DP 100 barg, nella condotta sottomarina (c.d. sealine).

2. Posa di una nuova condotta sottomarina (c.d. sealine) DN 650 (26'') – DP 100 barg lunga circa 8,5 km, per collegare la piattaforma Petra ed il punto di arrivo a terra posto in corrispondenza dell'area impianto denominata ex-SAROM situata a Punta Marina a ridosso della linea di costa, inclusiva della realizzazione del microtunnel costiero e della posa del cavo a fibra ottica.

3. Posa del tratto di condotta a terra DN 650 (26'') – DP 100 barg lunga circa 2,5 km tra l'area ex-SAROM e l'impianto trappole previsto all'interno dell'area impianto PDE a Punta Marina.

4. Posa del tratto di condotta a terra DN 900 (36'') – DP 75 barg lunga circa 31,5 km tra l'impianto trappole previsto all'interno dell'area impianto PDE e l'area del Nodo di Ravenna di Snam Rete Gas. Il tratto include anche la realizzazione dell'impianto di correzione dell'Indice di Wobbe, dell'impianto di filtraggio, misura e regolazione PDE di Punta Marina e dell'impianto trappole e collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti denominato Nodo di Ravenna.

E' prevista l'installazione di un sistema di diga frangiflutti (break water) in prossimità del terminale, posta a circa 80m ad est della piattaforma di ormeggio Petra.

con riferimento ai lavori relativi all'adeguamento e ampliamento della esistente piattaforma Petra inclusiva di tutte le opere impiantistiche necessarie allo scarico del gas naturale ed il suo convogliamento nella condotta sottomarina.

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

2.2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Il presente documento illustra le verifiche strutturali delle briccole di accosto in condizioni sismiche.

2.3 DOCUMENTI DI PROGETTO

L'elenco dei documenti di Progetto suddiviso per categoria è riportato nel documento seguente:

[A1] 123A40-PML-PM-LIS-10004 Elenco Documenti

2.4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

[A2] NQR22199/L02-0001-LF-E-05400- Dati Generali di Progetto

[A3] NQR22199/L02-0001-LF-E-05000 Dati di Base Meteomarini di Progetto

[A4] 0001-CI-E-012800 Studio Meteomarino per Analisi a Fatica

[A5] 000-ZA-E-17075 Studio Meteo-Marino (De Girolamo)

[A6] 000-ZX-E-17101 Relazione Geotecnica

[A7] 000-ZX-E-17083 Design Basis (FEED)

[A8] Codice di Rete SNAM RETE GAS. Ai sensi dell'art.24, com.5, DL 23/05/2000, n.164/00

[A9] 001-CI-E-01700 Basi di Progettazione Strutturale

[A10] 0001-CI-E-012803 - Analisi di ormeggio – condizioni limite di ormeggio fsru in assenza della diga frangiflutti

2.5 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

[B1] DM 17/01/2018 Norme Tecniche per le Costruzioni

[B2] ISO 19900 General requirements for offshore structures

[B3] ISO 19901 Part 1 to 8: Specific requirements for offshore structures

[B4] ISO 19902 Fixed Steel Offshore

[B5] EN 1993 Progettazione delle strutture in acciaio

[B6] BS 6349: Part 1 Code of practice for general criteria

[B7] BS 6349: Part 2 Design of quay walls jetties and dolphins

[B8] BS 6349: Part 4 Code of Practice for design of fendering and mooring system

[B9] BS 6349-1-1 Code of practice for planning and design for operations

[B10] BS 6349-1-2 General - Code of practice for assessment of actions

[B11] PIANC WG33 Guidelines for the design of fender system 2002

[B12] PIANC WG121 Harbour Approach Channels – Design Guidelines

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

[B13] OCMIF (MEG4) Mooring Equipment Guidelines

[B14] DNVGL-OTG-18 Guidance for long-term nearshore mooring systems

[B15] DNVGL-ST-N001 Marine operations and marine warranty

[B16] DNV-RP-C203 Fatigue design of offshore steel structures

[B17] DNV-RP-C204 Structural design against accidental loads

[B18] DNV-RP-C205 Environmental conditions and environmental loads

2.6 SOFTWARE

[B19] SACS" Structural Analysis Computer System by Engineering Dynamics,Inc.

[B20] LPILE Analysis for Laterally loaded piles by Ensoft (Lymon C. Reese)

[B21] GRLWEAP Wave Equation Driveability Pakage by Pile Dynamics Inc

[B22] AllWave-VDP Driveability Study Pakage for Vibratory Hammers by Allnamics, Incs

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

3 CONCLUSIONI

Per le briccole di ormeggio e le briccole di accosto la composizione del palo è identica, le due tipologie differiscono solo per la presenza dei fenders e relativo pannello di accosto. Per entrambe le tipologie si è conseguentemente considerata l'ipotesi peggiore con terreno dragato a – 18.0 m

I parametri geotecnici di resistenza di progetto sono stati prudenzialmente penalizzati del 20%, considerando quindi l'80% dei valori registrati nell'indagine geotecnica attualmente disponibile.

Le briccole sono state analizzate per le condizioni sismiche considerando un fattore di struttura q = 1.50.

Il primo periodo di vibrazione è pari a 1.23 sec, per questo periodo è stata determinata un'accelerazione SLV a = 0.27 g, arrotondata nelle analisi (non dimensionanti) in a = 0.30 g

Le condizioni sismiche sono assolutamente non dimensionanti per le briccole assoggettate in esercizio a forti azioni orizzontali derivanti dal tiro sui ganci di ormeggio e pressioni sui fenders di accosto.

Dalle analisi il massimo valore di utilizzo (U.C. = Unity Check) risulta:

U.C.Max = 0.16 << 1.00 : Strutture verificate.

Si nota che le briccole sono dimensionate dalle considerevoli azioni orizzontali, la verifica per la capacità portante riportata al Par.6.10 risulta ampiamente soddisfatta.

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

4 DATI DI PROGETTO

4.1 DATI GEOTECNICI

I dati geotecnici preliminari sono riportati nel documento [A9].

I parametri geotecnici di resistenza di progetto sono stati prudenzialmente penalizzati del 20%, considerando quindi l'80% dei valori registrati nell'indagine geotecnica attualmente disponibile.

La seguente tabella riassume i valori riportati nel Rif.[A2] con la penalizzazione assunta in progetto:

Profondità terreno m	Quota s.l.m. m	Z Lpile m	γ' kN/m^3	Cu kPa	Φ °
0.0	-14.0	22.5	8	6 [5]	-
5.0	-19.0	27.5	8	6 [5]	-
5.0	-19.0	22.5	8	18 [14]	-
10.0	-24.0	27.5	8	18 [14]	-
10.0	-24.0	22.5	8	29 [24]	-
15.0	-29.0	27.5	8	29 [24]	-
15.0	-29.0	22.5	8	-	30°[25°]
16.5	-30.5	27.5	8	-	30°[25°]
16.5	-30.5	22.5	10	40 [32]	-
70.0	-84.0	27.5	10	150 [120]	-

Tabella 4-1: Parametri Geotecnici di progetto

NOTE:

- La profondità del mare in condizioni non dragate è assunta pari a14.0 m
- Le coordinate Z per il software Lpile sono positive, misurate partendo dalla testa palo (asse gancio) assunto a quota + 8.5 m: Z_{Lpile} = |Quota s.l.m.| + 8.50 m
- I valori […] rappresentano le resistenze assunte in progetto penalizzate del 20%.

4.2 DATI METEO-MARINI ONDA E CORRENTE OPERATIVE

I dati meteo-marini inerenti vento, onde, corrente, sono riportati nel documento:

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

- Dati base di progettazione strutturale Rif. [A9]

Per le analisi delle briccole (di ormeggio) viene considerata in associazione al tiro ai ganci a scocco l'onda operativa con la quale la FSRU può ragionevolmente rimanere all'ormeggio come si evince dall'analisi di sensività [A10].

Si considera un'onda operativa con Hs = 2.0 m qundi Hmax = 1.8 x 2.0 = 3.6 m (4.0 m considerati)

Conseguentemente si utilizza:

- H max = 4.0 m T = 6.0 sec (al diminuire di T aumenta il carico sul monopalo)

Come corrente si considera il valore con periodo di ritorno di un anno:

- V costante = 0.44 m/sec

4.3 ACCRESCIMENTO MARINO

La crescita biologica marina sugli elementi strutturali ha le caratteristiche seguenti:

- da 1 a 20 m di profondità: 15 cm di spessore con densità 1.56 t/m^3

4.4 COEFFICIENTI IDRODINAMICI

Le forze d'onda vengono calcolate utilizzando i coefficienti di drag e inerzia indicati nella tabella seguente:

Hydrodynamic Coefficient	Stabilità sul fondo		Analisi in servizio			Analisi a fatica		
	Aste Tubolari	Profili Piatti[2]	Aste Tubolari		Profili Piatti[2]	Aste Tubolari		Profili Piatti
	Liscio		Liscio	Ruvido[1]		Liscio	Ruvido[1]	
Drag - C_d	0.65	2.00	0.65	1.05	2.00	0.50	0.80	2.00
Inerzia - C_m	1.60	2.10	1.60	1.20	Nota 2	2.0	2.0	Nota 2

Tabella 4-2: Coefficienti idrodinamici

Note:

1. Aste ruvide: con accrescimento marino
2. I valori devono essere calcolati per la geometria dell'elemento
3. I coefficienti di resistenza per gli elementi primari al di sotto del LAT con anodi sono aumentati del 10%.
4. Per il controllo della stabilità sul fondo tutti gli elementi sono considerati lisci.

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

4.5 SPESSORE DI CORROSIONE

Per i pali delle briccole, assoggettati a ciclo di verniciatura dalla testa a fondo mare e protezione catodica si assume una corrosione di 2.0 mm dalla sommità a fondo mare e 1.0 mm per la zona interrata.

4.6 SISMICITA'

In conformità all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3274 del 2003, la provincia di Ravenna era definita ricadere in un'area caratterizzata da una bassa sismicità, "zona 3".

I dati di dettaglio inerenti la sismicità riportati nel documento:

- Dati base di progettazione strutturale Rif. [A9]

Si considera per la briccola monopalo un coefficiente di struttura q = 1.50

4.7 CARICHI AI PARABORDI

I seguenti carichi per il dimensionamento delle briccole sono definiti nel documento di FEED Rif.[A7]:

- Briccole di accosto: 215 ton / parabordo. (N. 2 parabordi per briccola)

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

5 PREMESSE DI ANALISI

5.1 GENERALITA'

Questa sezione descrive la metodologia e le ipotesi principali che vengono utilizzata per la progettazione strutturale delle briccole.

La progettazione viene eseguita in conformità con i requisiti dei codici:

- BS 6349-1-2 Rif.[B10] per la determinazione delle azioni e fattori di carico
- ISO 19902Rif.[B4] per la verifica degli elementi tubolari
- EN 1993 Rif,[B5] per la verifica dei profilati (sezioni I /H) ed altri elementi

5.2 FILOSOFIA DI PROGETTAZIONE

La norma che definisce esaurientemente una filosofia di progettazione per azioni derivanti da azioni su linee di ormeggio e accosto su fender è la BS 6349-1-2 Rif.[B10] conseguentemente questa viene utilizzata nella determinazione delle azioni sulle briccole derivanti dei ganci a scocco (QRH) e spinte derivanti dai fenders.

La norma definisce coefficienti di carico e combinazione (γf , Ψi) per le tre tipologie di azioni:

- ALS Abnormal Limit State
- ULS Ultimate Limit State
- SLS Serviceability Limit State

5.3 MODELLAZIONE BRICCOLE E VERIFICHE STRUTTURALI

Le briccola mono-palo vengono modellate mediante il Software LPILE Rir.[B20] che considera l'interazione non lineare terreno struttura e presenta risultati di azioni interne e deformazioni estremamente leggibili.

Viene utilizzato inoltre, ad integrazione, un modello realizzato con SACS Rif. [B19] per le seguenti operazioni:

- calcolo della spinta dovuta all'onda e corrente operative per le briccole di ormeggio
- Calcolo del primo periodo proprio di vibrazione per l'analisi sismica. Per questa analisi, dalla comparazione degli spostamenti in testa palo e a fondo mare dei due softwares viene definita la posizione di un incastro equivalente da applicare al modello SACS.

Le verifiche strutturali vengono effettuate in accordo con le seguenti normative:

- ISO 19902Rif.[B4] per la verifica degli elementi tubolari
- EN 1993 Rif,[B5] per la verifica dei profilati ed altri elementi strutturali

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

6 ANALISI STRUTTURALE

6.1 GEOMETRIA BRICCOLA

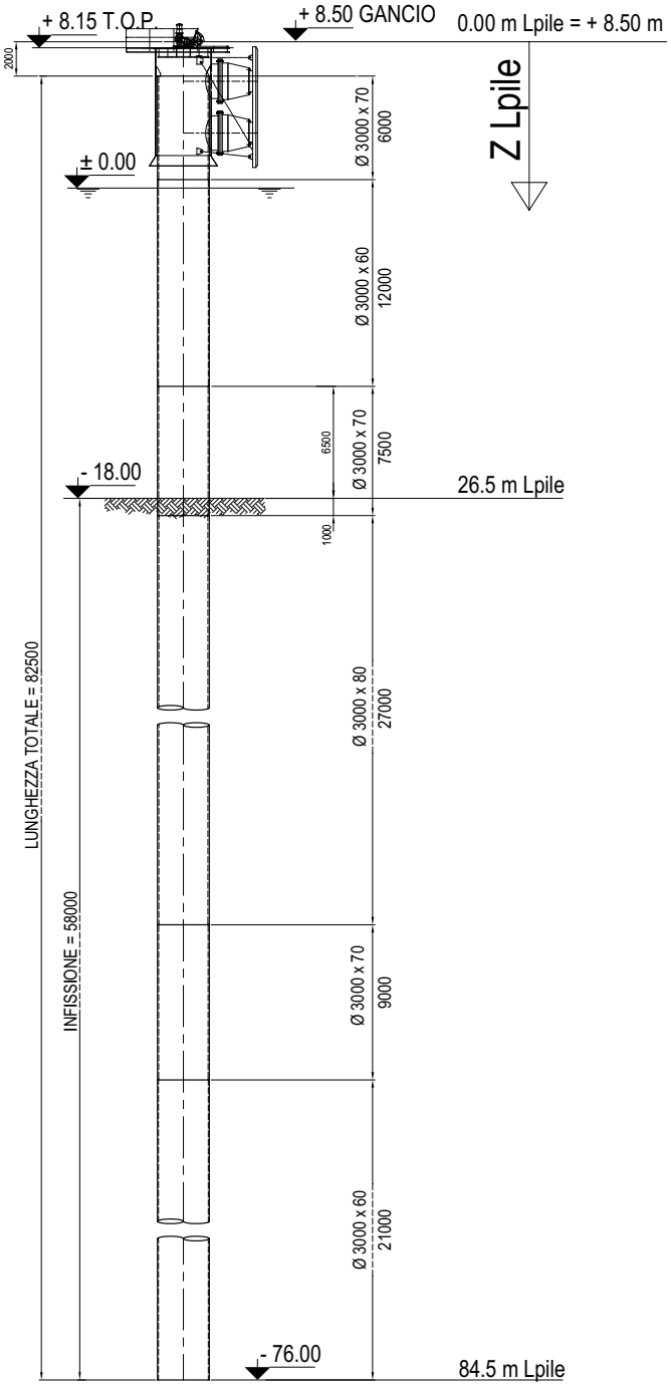


Figura 1 – Geometria briccola

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

La figura precedente descrive la geometria della briccola

La composizione del palo è identica per le briccole di ormeggio e le briccole di accosto, differiscono solo per la presenza dei fenders e relativo pannello di accosto.

La figura riporta anche il sistema di riferimento del software Lpile:

Le coordinate Z per il software Lpile sono positive, misurate partendo dalla testa palo (asse gancio) assunto a quota + 8.5 m: Z Lpile = |Quota s.l.m.| + 8.50 m

6.2 MODELLO LPILE

La seguente figura descrive la segmentazione del modello Lpile e la schematizzazione del terreno. Le caratteristiche di ogni spezzone sono identiche a quelle riportate al paragrafo precedente sono illustrate in APPENDICE 1.

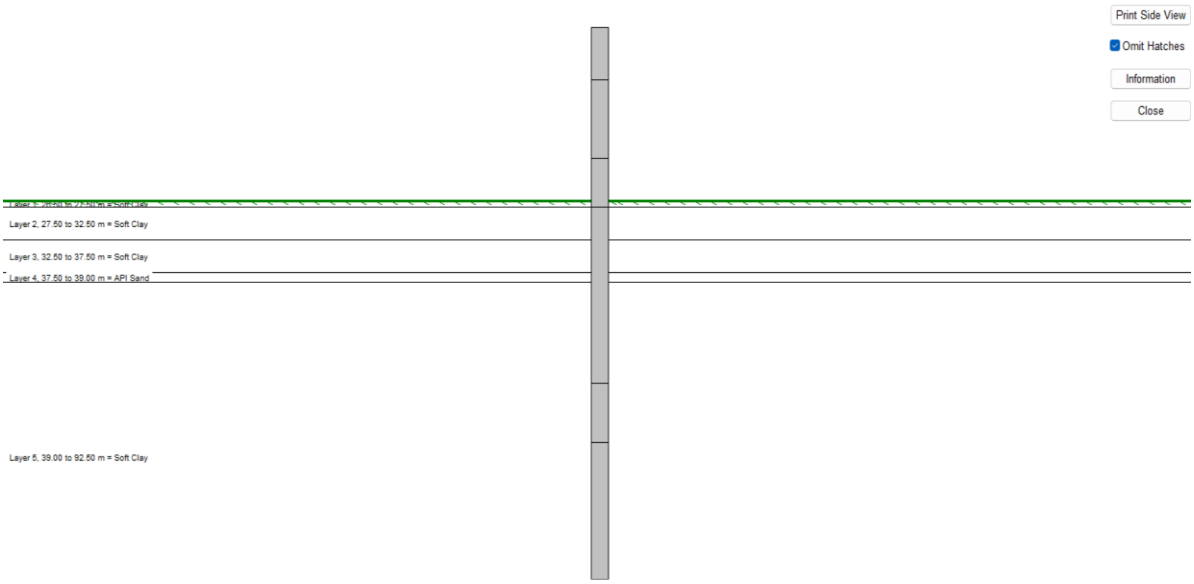


Figura 2 – Modello Lpile

6.3 DATI GEOTECNICI

I dati geotecnici sono in accordo con quanto riportato al Par.4.1e sono riportati nelle seguenti immagini estratte da Lpile.

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

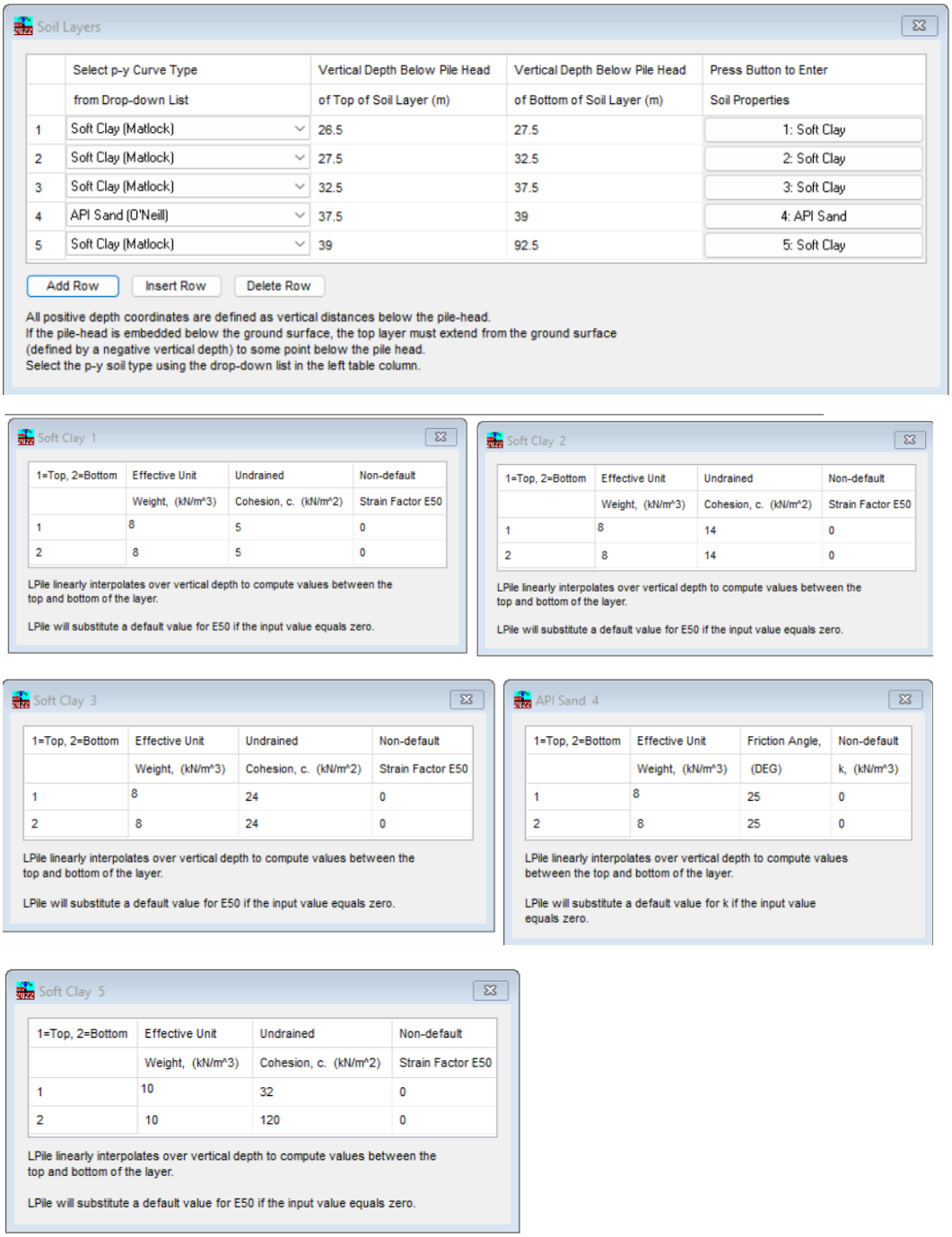


Figura 3 – Dati Geotecnici Lpile

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

6.4 LINEARIZZAZIONE PALO EQUIVALENTE

Per il calcolo del primo periodo proprio di vibrazione vengono confrontati gli spostamenti in testa palo e a fondo mare ottenuti con modello SACS ed Lpile, determinando la posizione di un incastro equivalente da applicare al modello SACS.

La linearizzazione è stata effettuata per una forza orizzontale di 1000 kN

Considerando per il modello SACS fondo mare a EL. – 18 m e incastro a EL – 37 m si ottengono per entrambi i modelli deformazione in testa palo ~22 cm e deformazione a fondo mare ~ 4 cm

Risulta conseguentemente: incastro equivalente = (37-18) / 3 = 6.3 diametri

Il seguente estratto da SACS riporta la forza utilizzata FX01 = 1000 kN, lo spostamento a fondo-mare nodo 4001 = 4.3 cm e lo spostamento in sommità nodo 7001 = 20 cm

********** SEASTATE LOAD CASE CENTER REPORT **********
RELATIVE TO STRUCTURAL ORIGIN

LOAD CASE	LOAD LABEL	********* X - DIRECTION ********* FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	********* Y - DIRECTION ********* FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	********* Z - DIRECTION ********* FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)
1	DEAZ	0.00				0.00				-1310.62	0.00	0.00	-4.59
2	W101	218.39	0.00	0.00	-5.78	0.00				0.00			
3	SLEV	0.00				0.00				-600.00	0.00	0.00	8.50
4	FX01	1000.00	0.00	0.00	8.50	0.00				0.00			

SACS-IV SYSTEM JOINT DEFLECTIONS AND ROTATIONS

JOINT NUMBER	LOAD CASE	********** CENTIMETERS ********** DEFL(X)	DEFL(Y)	DEFL(Z)	********** RADIANS ********** ROT(X)	ROT(Y)	ROT(Z)
3001	DEAZ	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
	W101	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
	SLEV	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
	FX01	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
4001	DEAZ	0.0000000	0.0000000	-0.0161579	0.0000000	0.0000000	0.0000000
	W101	0.6073750	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0005447	0.0000000
	SLEV	0.0000000	0.0000000	-0.0073971	0.0000000	0.0000000	0.0000000
	FX01	4.3647075	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0041611	0.0000000
5001	DEAZ	0.0000000	0.0000000	-0.0216588	0.0000000	0.0000000	0.0000000
	W101	0.9981612	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0006329	0.0000000
	SLEV	0.0000000	0.0000000	-0.0102793	0.0000000	0.0000000	0.0000000
	FX01	7.4481487	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0052013	0.0000000
6001	DEAZ	0.0000000	0.0000000	-0.0290947	0.0000000	0.0000000	0.0000000
	W101	1.8067616	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0006829	0.0000000
	SLEV	0.0000000	0.0000000	-0.0165969	0.0000000	0.0000000	0.0000000
	FX01	14.6638393	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0065573	0.0000000
7001	DEAZ	0.0000000	0.0000000	-0.0303378	0.0000000	0.0000000	0.0000000
	W101	2.3530719	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0006829	0.0000000
	SLEV	0.0000000	0.0000000	-0.0202411	0.0000000	0.0000000	0.0000000
	FX01	20.0649014	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0067873	0.0000000

Tabella 6-1: Estratto SACS forze e spostamenti

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

La seguente figura riporta la deformata Lpile per la stessa forza testa palo di 1000 kN (spostamento in sommità ~ 20 cm spostamento fondo mare (Lpile 26.5 m) ~ 4 cm.

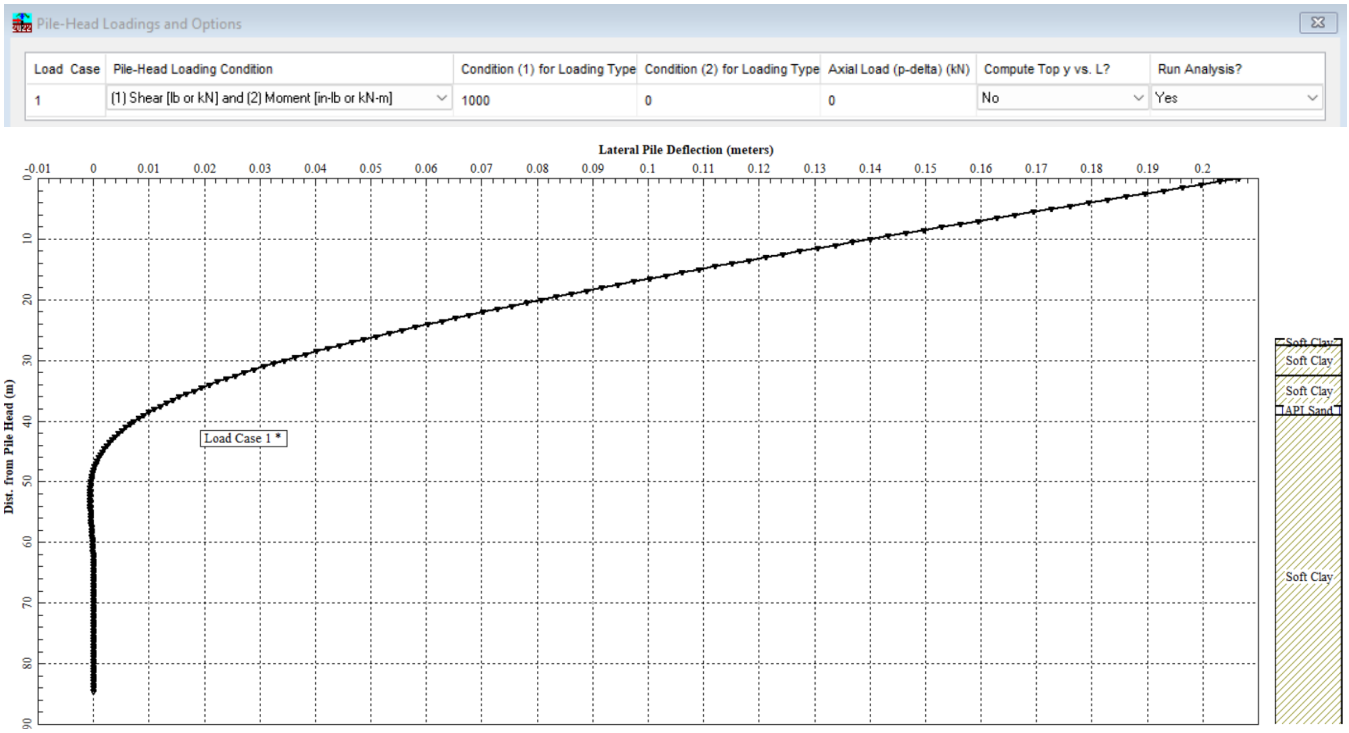


Figura 4 – Deformate (m)

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

6.5 CALCOLO PRIMO PERIODO MODELLO SACS

Il primo periodo della briccola calcolato da SACS risulta T1 = 1.23 sec

Nel calcolo è stata considerata la massa d'acqua intrappolata nel palo e la massa aggiunta

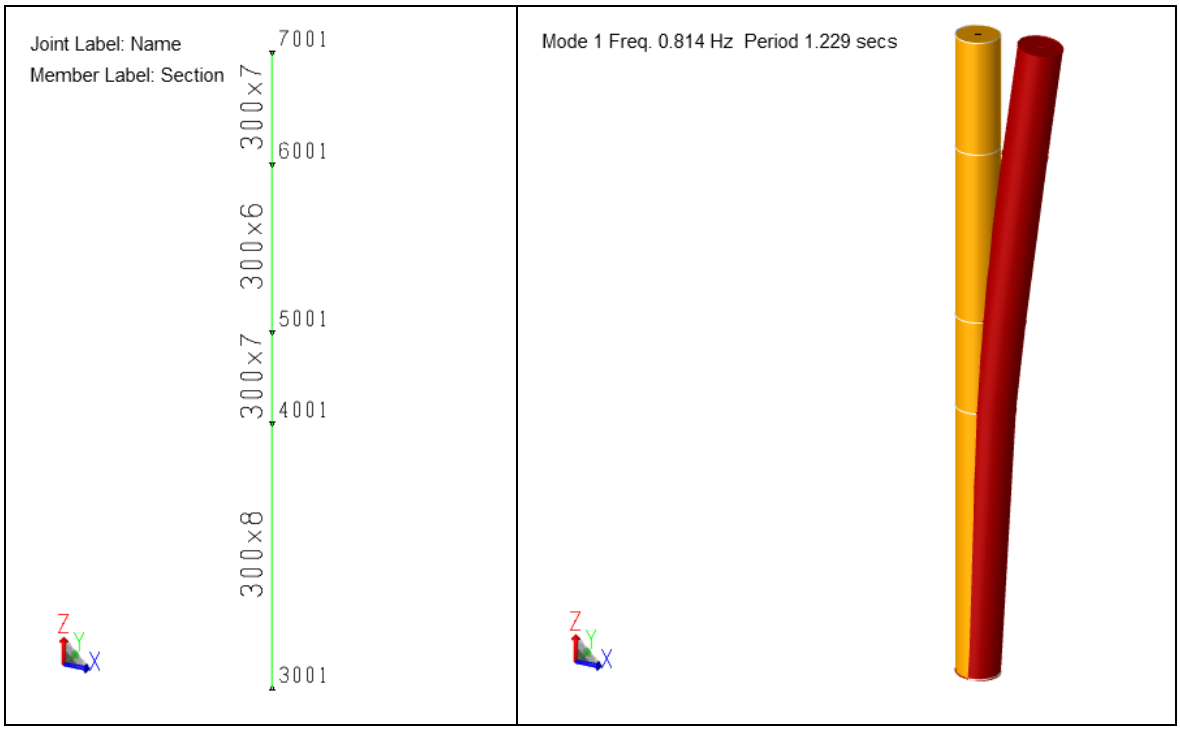


Figura 5 – Modello SACS e Primo modo T = 1.23 sec

********** WEIGHT AND CENTER OF GRAVITY SUMMARY **********

********** ITEM DESCRIPTION **********	********** WEIGHT ********** X KN	Y KN	Z KN	******** CENTER OF GRAVITY ******** X M	Y M	Z M
MEMBER ELEMENTS	1658.832	1658.832	1658.832	0.000	0.000	-5.590
MEMBER ELEMENT NORMAL ADDED MASS	1547.509	1547.509	0.000	0.000	0.000	0.000
FLOODED MEMBER ELEMENT ENTRAPPED FLUID	1172.772	1172.772	1172.772	0.000	0.000	-8.810
LOAD CASES CONVERTED TO WEIGHTS	600.000	600.000	600.000	0.000	0.000	8.500
********** TOTAL **********	4979.113	4979.113	3431.604	0.000	0.000	-4.227

SACS IV-FREQUENCIES AND GENERALIZED MASS

MODE	FREQ.(CPS)	GEN. MASS	EIGENVALUE	PERIOD(SECS)
1	0.813887	1.9668837E+02	3.8239485E-02	1.2286718
2	0.813925	1.9670680E+02	3.8235870E-02	1.2286137
3	4.645219	1.9573257E+02	1.1738910E-03	0.2152751
4	4.645442	1.9575706E+02	1.1737786E-03	0.2152648
5	15.617077	2.1406828E+02	1.0385818E-04	0.0640325

Tabella 6-2: Estratto SACS masse e primi 5 periodi

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

6.6 CALCOLO ACCELERAZIONE SISMICA

Si riporta il calcolo dello spettro di risposta SLV per il sito considerando per la monopalo un fattore di struttura q = 1.50

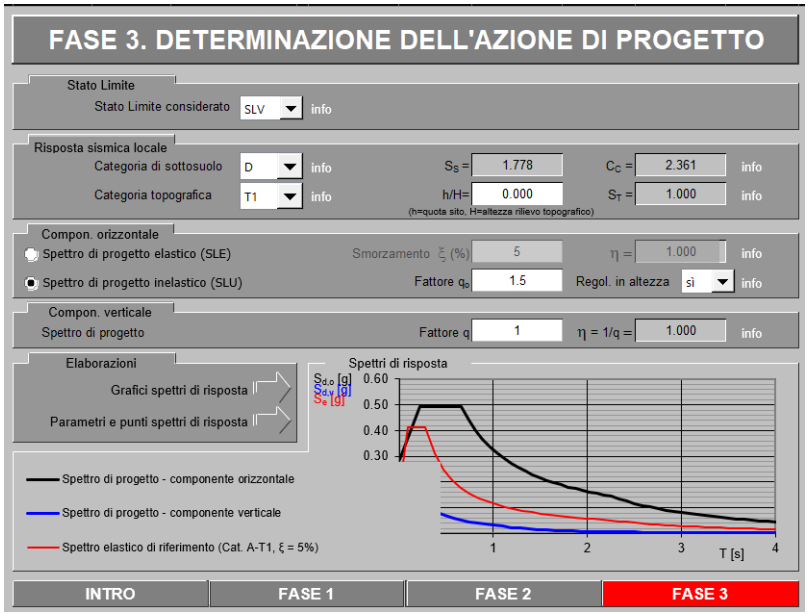


Figura 6 – Determinazione spettro di risposta q = 1.50

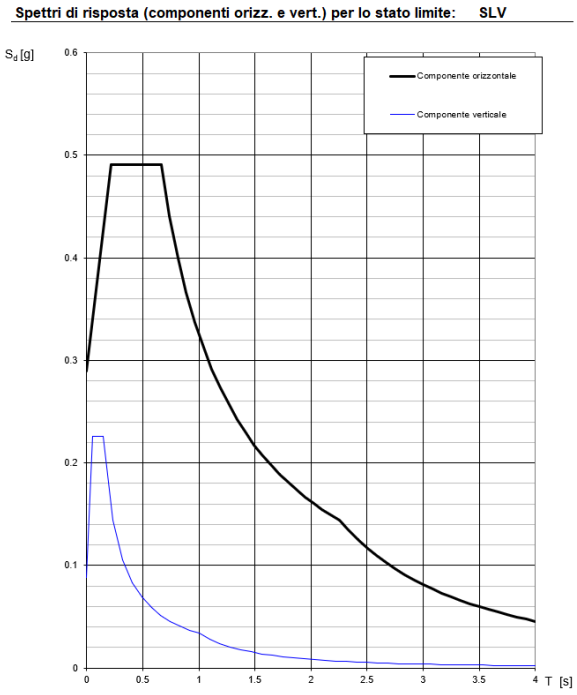


Figura 7 – Spettro di risposta SLV - q = 1.50

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

Per il periodo di 1.23 sec si ottiene un'accelerazione di 0.27 g,

Si considera nel calcolo (analisi non dimensionante) : a = 0.30 g.

6.7 CONDIZIONE CARICO

Viene considera la condizione SLV (Load factor ɣf = 1.00)

Si considerano le seguenti masse:

- peso dello sleave ed accessori in sommità W = 600 kN
- Massa distribuita inclusa acqua intrappolata e aggiunta da SACS (Par.6.5): M = 5000 – 600 = 4400 kN

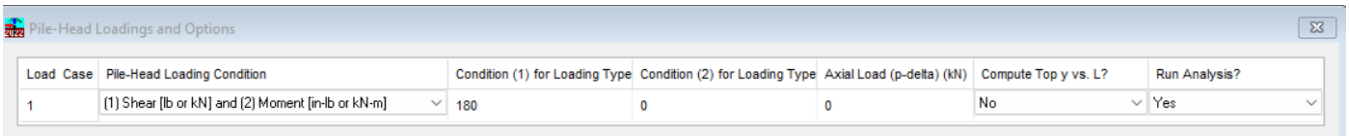
Si considerano conseguentemente i seguenti carichi orizzontali (a = 0.30 g)

Forza in sommità:

- F_h = 0.30 x 600 = 180 kN

Carico distribuito orizzontale da +8.50 a -18.0 m (Z Lpile da 0.0 m a 26.5 m)

- q_h = 0.30 x (5000 - 600) / 26.5 m = 50 kN/m



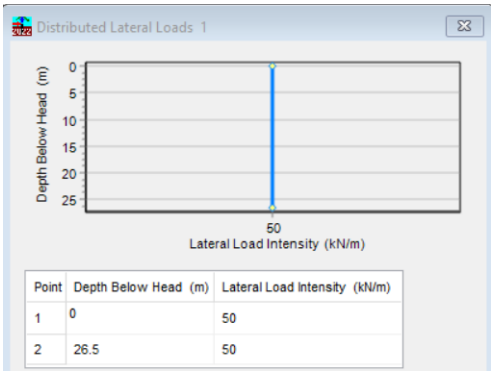


Figura 8 – Condizione Carichi (ULS) – Carichi assegnati Lpile

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

6.8 RISULTATI ANALISI

Vengono riportati i diagrammi significativi di deformazione e azioni interne per la condizione di carico sismica

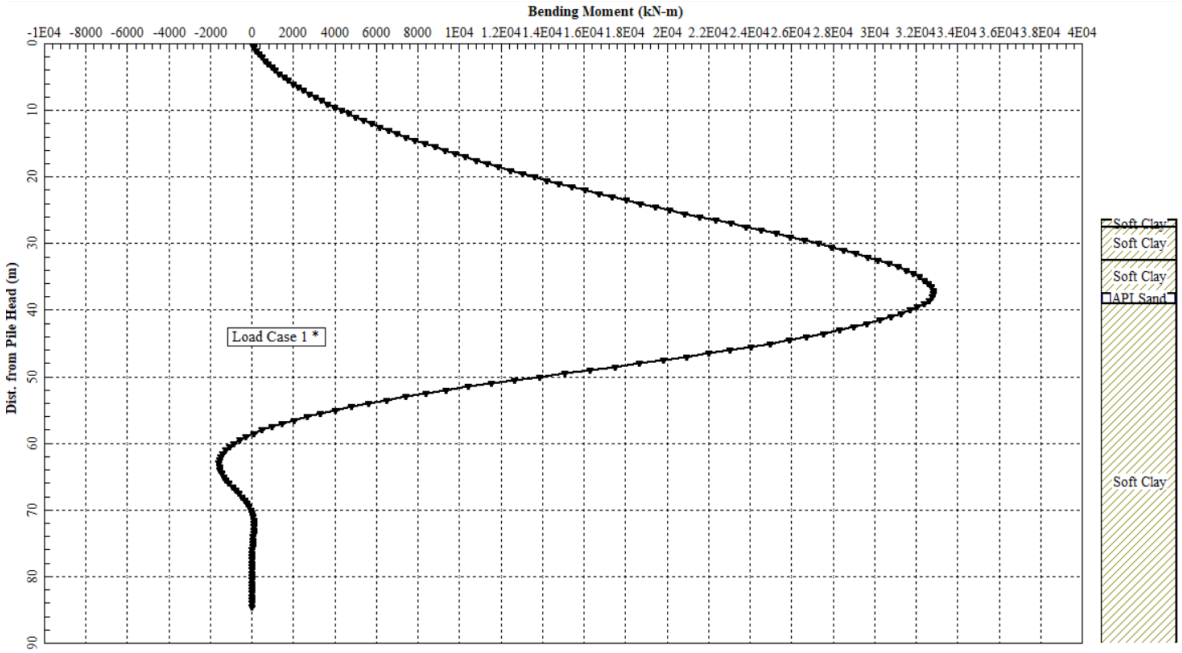


Figura 9 – Diagrammi momento (kNm)

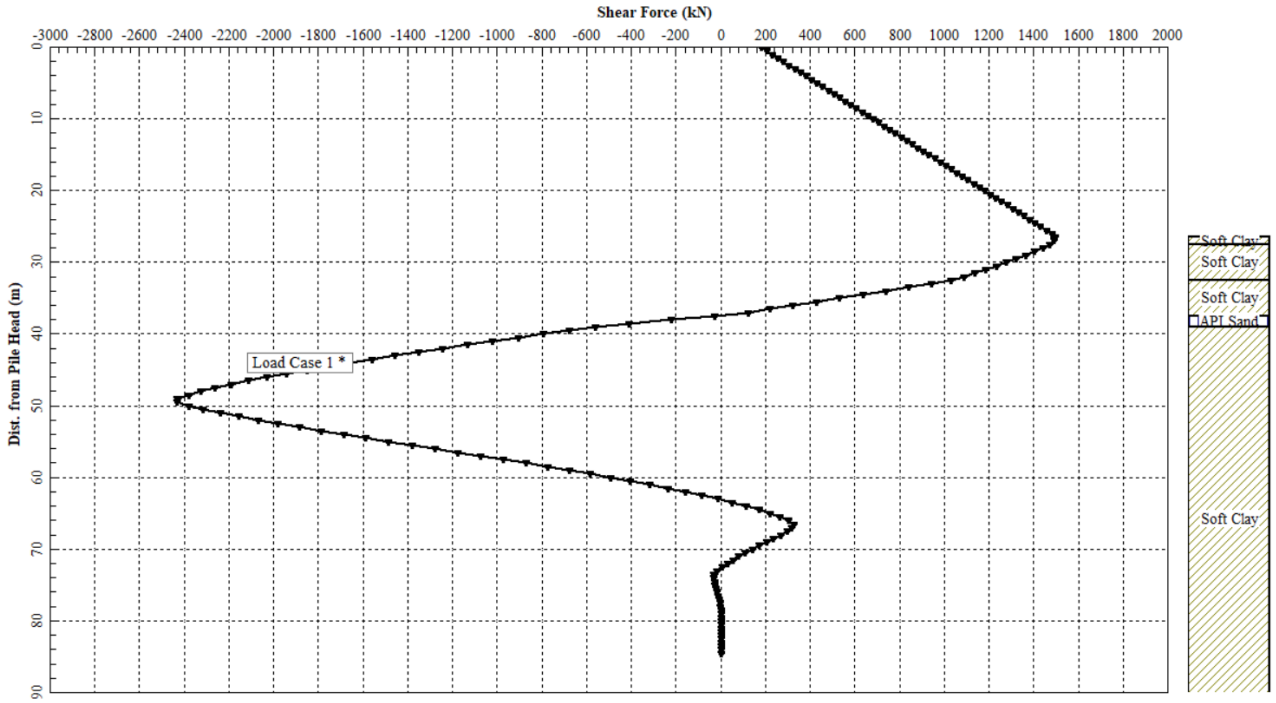


Figura 10 – Diagrammi taglio (kN)

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

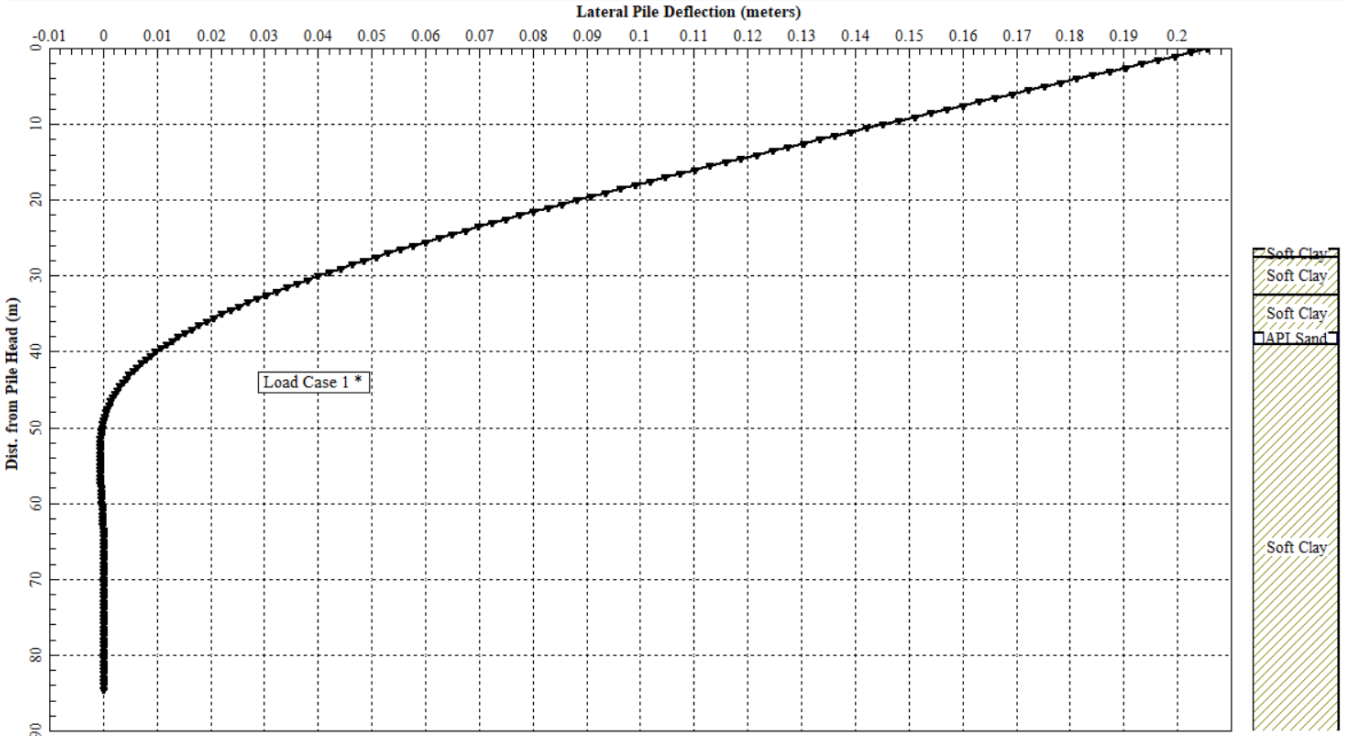


Figura 11 – Deformate (m)

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

6.9 VERIFICHE STRUTTURALI

Vengono riportate le verifiche strutturali per le varie sezioni tubolari in accordo con ISO 19902Rif.[B4].

PILE CHECKS - ISO19902 — **FSRU RAVENNA -VERIFICA BRICCOLE DIA 3000 mm CONDIZIONI SISMICHE**

Sec.	L Sec.	Lpile		D	t	Corr.	D	t	D/t	D/t	Mat.	F_y	f_b	Z_e	Z_p	M_{Res}	M_{Sd}	U.C.	Sec.
	m	Z_{Top}	Z_{Bottom}	mm	mm	mm	mm	mm	-	check		Mpa	Mpa	cm^3	cm^3	kNm	kNm	M_{Sd} / M_{Res}	
1	8.00	0.00	8.00	3000	70	2	2996	68	44.1	Ok	S355	325	404	447,718	583,081	172,190	4,000	0.02	1
2	12.00	8.00	20.00	3000	60	2	2996	58	51.7	Ok	S355	335	399	385,745	500,712	146,556	15,000	0.10	2
3	7.50	20.00	27.50	3000	70	2	2996	68	44.1	Ok	S355	325	404	447,718	583,081	172,190	27,000	0.16	3
4	27.00	27.50	54.50	3000	80	1	2998	79	37.9	Ok	S355	325	416	515,117	673,289	203,913	33,000	0.16	4
5	9.00	54.50	63.50	3000	70	1	2998	69	43.4	Ok	S355	325	405	454,471	592,063	175,288	14,000	0.08	5
6	21.00	63.50	84.50	3000	60	1	2998	59	50.8	Ok	S355	335	401	392,540	509,694	149,748	2,000	0.01	6
7																			7
8																			8
9																			9
10																			10

Sec.	D/t	f_b	D/t	f_b	D/t	f_b	Sec.
	<	Mpa	<	Mpa	<	Mpa	
1	33.4	423	66.8	404	129.2	376	1
2	32.4	435	64.8	399	125.4	382	2
3	33.4	423	66.8	404	129.2	376	3
4	33.4	425	66.8	416	129.2	380	4
5	33.4	423	66.8	405	129.2	376	5
6	32.4	435	64.8	401	125.4	382	6
7							7
8							8
9							9
10							10

E = 2.1E+05 Mpa
$\gamma_{R,b}$ = 1.05
γ_F = 1.30

$M_{Res} = Z_e * f_b / \gamma_{R,b}$
$M_{sd} = \gamma_F * M_o$

$$f_b = \left(\frac{Z_p}{Z_e}\right) f_y \quad \text{for } \frac{f_y D}{Et} \le 0{,}0517 \qquad (13.2\text{-}13)$$

$$f_b = \left[1{,}13 - 2{,}58\left(\frac{f_y D}{Et}\right)\right]\left(\frac{Z_p}{Z_e}\right) f_y \quad \text{for } 0{,}0517 < \frac{f_y D}{Et} \le 0{,}1034 \qquad (13.2\text{-}14)$$

$$f_b = \left[0{,}94 - 0{,}76\left(\frac{f_y D}{Et}\right)\right]\left(\frac{Z_p}{Z_e}\right) f_y \quad \text{for } 0{,}1034 < \frac{f_y D}{Et} \le 0{,}2 \qquad (13.2\text{-}15)$$

Tabella 6-3: Verifiche strutturali - ISO 19902

massimo valore di utilizzo (U.C. = Unity Check) risulta:

U.C.Max = 0.16 < 1.00 : Strutture verificate.

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

La seguente figura riporta su tutta la lunghezza del palo il confronto tra momenti agenti M_{sd} e momento resistente M_{rd}.

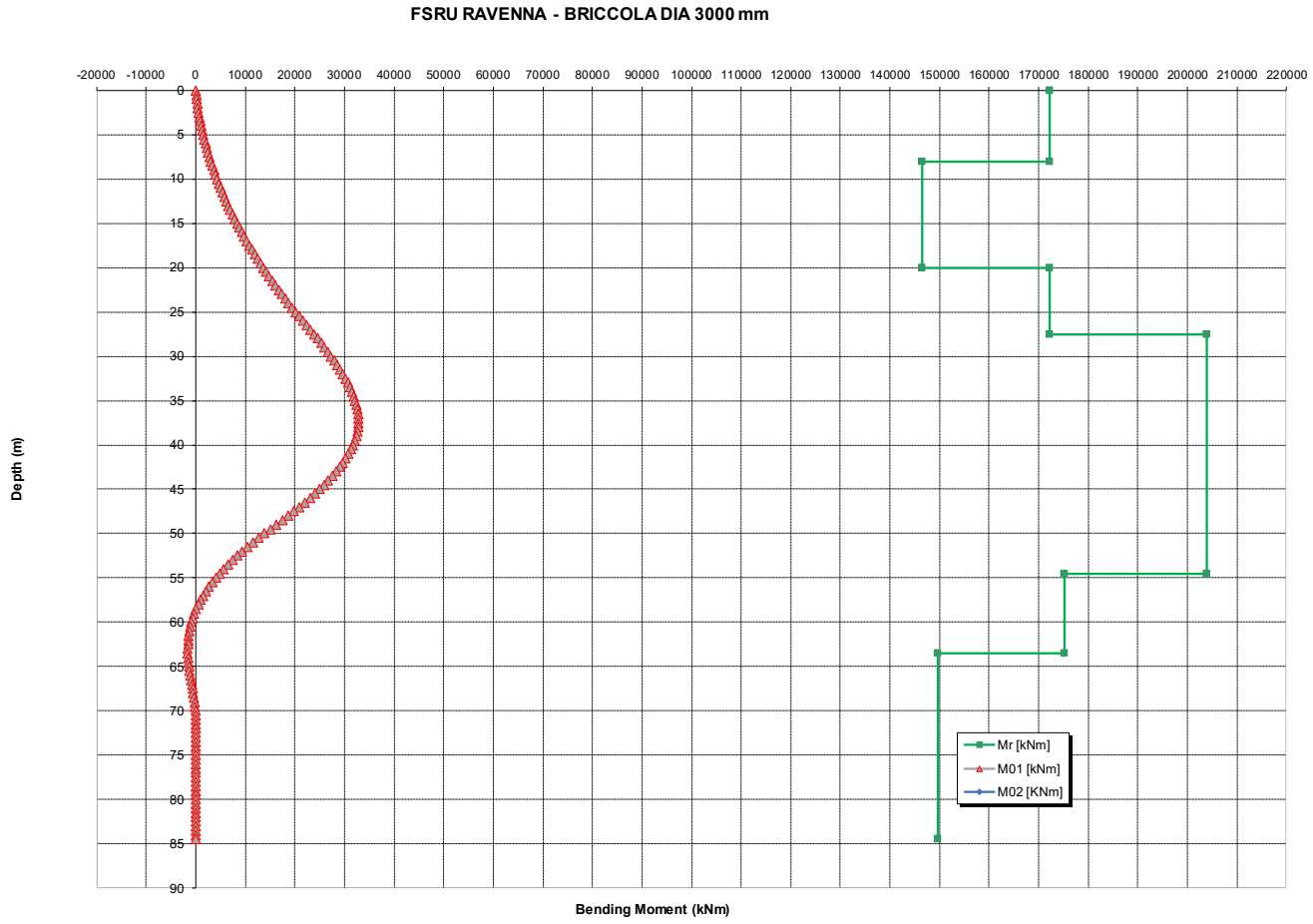


Figura 12 – Diagrammi Momento agente / Momento resistente (kNm)

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

6.10 VERIFICHE CAPACITA' PORTANTE

Il peso complessivo della briccola monopalo risulta: W_0 = 5500 kN
Fattorizzando allo stato limite ultimo: W_{sd} = 1.30 x 5500 = 7150 kN

La capacità portante fattorizzata per l'infissione di 58 m, calcolata in accordo con NTC Rif.[B1] (figura successiva): risulta: R_{cd} = 22000 kN

F.S. = 22000 / 7150 = 3.08 > 1.00 O.k.

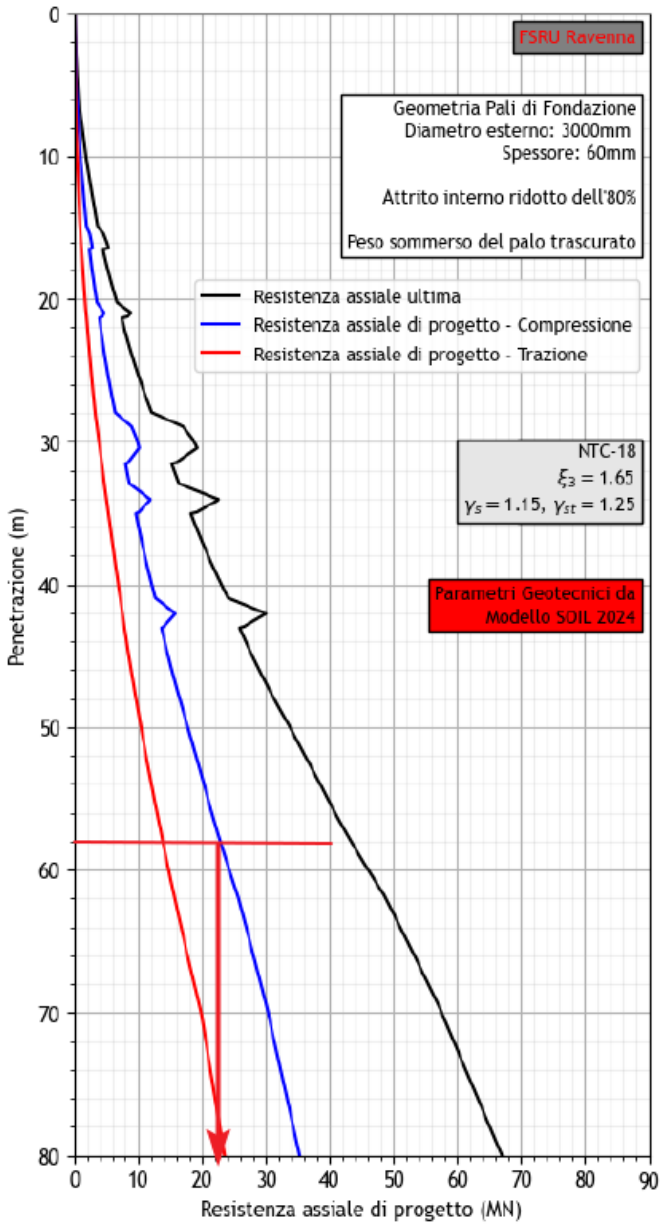


Figura 13 – Curva capacità portante ultima fattorizzata in accordo con NTC

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

7 APPENDICE 1 : OUTPUT ANALISI LPILE

```
================================================================================

                    LPile for Windows, Version 2022-12.010

                Analysis of Individual Piles and Drilled Shafts
               Subjected to Lateral Loading Using the p-y Method
                          © 1985-2022 by Ensoft, Inc.
                              All Rights Reserved

================================================================================

This copy of LPile is being used by:

TECON
ASSAGO (MI) ITALY


Serial Number of Security Device: 247090280

This copy of LPile is licensed for exclusive use by:

Tecon SRL, Assago, Milan, , ITALY

Use of this software by employees of Tecon SRL
other than those of the office site in Assago, Milan, , ITALY
is a violation of the software license agreement.

--------------------------------------------------------------------------------
                            Files Used for Analysis
--------------------------------------------------------------------------------

Path to file locations:
\Dropbox\100 PROG DATA\LPILE\1762 ROS RAVENNA FSRU\03 MIE ANALISI\

Name of input data file:
03  SEISMIC BD - MD  3000 X 60-80 TERRENO DRAGATO - 18  SOIL PROP X 0.80.lp12d

Name of output report file:
03  SEISMIC BD - MD  3000 X 60-80 TERRENO DRAGATO - 18  SOIL PROP X 0.80.lp12o

Name of plot output file:
03  SEISMIC BD - MD  3000 X 60-80 TERRENO DRAGATO - 18  SOIL PROP X 0.80.lp12p

Name of runtime message file:
03  SEISMIC BD - MD  3000 X 60-80 TERRENO DRAGATO - 18  SOIL PROP X 0.80.lp12r



--------------------------------------------------------------------------------
                            Date and Time of Analysis
--------------------------------------------------------------------------------

               Date:  December 17, 2023          Time:   9:29:32



--------------------------------------------------------------------------------
                                  Problem Title
--------------------------------------------------------------------------------

fsru RAVENNA - PALO BRICCOLA

Client:
Engineer:
Description:



--------------------------------------------------------------------------------
                          Program Options and Settings
--------------------------------------------------------------------------------

Computational Options:
```

```
 - Conventional Analysis
Engineering Units Used for Data Input and Computations:
 - International System Units (kilonewtons, meters, millimeters)

Analysis Control Options:
 - Maximum number of iterations allowed                =          500
 - Deflection tolerance for convergence                =   2.5400E-04 m
 - Maximum allowable deflection                        =       2.5400 m
 - Number of pile increments                           =          169

Loading Type and Number of Cycles of Loading:
 - Cyclic loading specified
 - Number of cycles of loading                         =         1000 cycles
 - Use of p-y modification factors for p-y curves not selected
 - Analysis uses layering correction (Method of Georgiadis)
 - Analysis includes loading by multiple distributed lateral loads acting on pile
 - Loading by lateral soil movements acting on pile not selected
 - Input of shear resistance at the pile tip not selected
 - Input of moment resistance at the pile tip not selected
 - Computation of pile-head foundation stiffness matrix not selected
 - Push-over analysis of pile not selected
 - Buckling analysis of pile not selected

Output Options:
 - Output files use decimal points to denote decimal symbols.
 - Values of pile-head deflection, bending moment, shear force, and
   soil reaction are printed for full length of pile.
 - Printing Increment (nodal spacing of output points) = 1
 - No p-y curves to be computed and reported for user-specified depths
 - Print using wide report formats



--------------------------------------------------------------------------------
                     Pile Structural Properties and Geometry
--------------------------------------------------------------------------------

Number of pile sections defined                        =           6
Total length of pile                                   =      84.500 m
Depth of ground surface below top of pile              =     26.5000 m

Pile diameters used for p-y curve computations are defined using 12 points.

p-y curves are computed using pile diameter values interpolated with depth over
the length of the pile. A summary of values of pile diameter vs. depth follows.

            Depth Below          Pile
Point        Pile Head         Diameter
               meters        millimeters
-----      -------------     -------------
  1             0.000           3000.00
  2             8.000           3000.00
  3             8.000           3000.00
  4            20.000           3000.00
  5            20.000           3000.00
  6            27.500           3000.00
  7            27.500           3000.00
  8            54.500           3000.00
  9            54.500           3000.00
 10            63.500           3000.00
 11            63.500           3000.00
 12            84.500           3000.00


Input Structural Properties for Pile Sections:
----------------------------------------------

Pile Section No. 1:

   Section 1 is an elastic pile
   Cross-sectional Shape                               =   Circular Pipe
   Length of section                                   =     8.000000 m
   Width of top of section                             =     3.000000 m
   Width of bottom of section                          =     3.000000 m
   Wall Thickness at Top                               =     0.070000 m
   Wall Thickness at Bottom                            =     0.070000 m
```

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

```
   Top Area                                    =     0.554177 sq. m
   Bottom Area                                 =     0.554177 sq. m
   Moment of Inertia at Top                    =     0.599010 m^4
   Moment of Inertia at Bottom                 =     0.599010 m^4
   Elastic Modulus                             =   210000000. kPa

Pile Section No. 2:

   Section 2 is an elastic pile
   Cross-sectional Shape                       =   Circular Pipe
   Length of section                           =    12.000000 m
   Width of top of section                     =     3.000000 m
   Width of bottom of section                  =     3.000000 m
   Wall Thickness at Top                       =     0.060000 m
   Wall Thickness at Bottom                    =     0.060000 m
   Top Area                                    =     0.644341 sq. m
   Bottom Area                                 =     0.644341 sq. m
   Moment of Inertia at Top                    =     0.691845 m^4
   Moment of Inertia at Bottom                 =     0.691845 m^4
   Elastic Modulus                             =   210000000. kPa

Pile Section No. 3:

   Section 3 is an elastic pile
   Cross-sectional Shape                       =   Circular Pipe
   Length of section                           =     7.500000 m
   Width of top of section                     =     3.000000 m
   Width of bottom of section                  =     3.000000 m
   Wall Thickness at Top                       =     0.070000 m
   Wall Thickness at Bottom                    =     0.070000 m
   Top Area                                    =     0.733876 sq. m
   Bottom Area                                 =     0.733876 sq. m
   Moment of Inertia at Top                    =     0.782752 m^4
   Moment of Inertia at Bottom                 =     0.782752 m^4
   Elastic Modulus                             =   210000000. kPa

Pile Section No. 4:

   Section 4 is an elastic pile
   Cross-sectional Shape                       =   Circular Pipe
   Length of section                           =    27.000000 m
   Width of top of section                     =     3.000000 m
   Width of bottom of section                  =     3.000000 m
   Wall Thickness at Top                       =     0.080000 m
   Wall Thickness at Bottom                    =     0.080000 m
   Top Area                                    =     0.644341 sq. m
   Bottom Area                                 =     0.644341 sq. m
   Moment of Inertia at Top                    =     0.691845 m^4
   Moment of Inertia at Bottom                 =     0.691845 m^4
   Elastic Modulus                             =   210000000. kPa

Pile Section No. 5:

   Section 5 is an elastic pile
   Cross-sectional Shape                       =   Circular Pipe
   Length of section                           =     9.000000 m
   Width of top of section                     =     3.000000 m
   Width of bottom of section                  =     3.000000 m
   Wall Thickness at Top                       =     0.070000 m
   Wall Thickness at Bottom                    =     0.070000 m
   Top Area                                    =     0.554177 sq. m
   Bottom Area                                 =     0.554177 sq. m
   Moment of Inertia at Top                    =     0.599010 m^4
   Moment of Inertia at Bottom                 =     0.599010 m^4
   Elastic Modulus                             =   210000000. kPa

Pile Section No. 6:

   Section 6 is an elastic pile
   Cross-sectional Shape                       =   Circular Pipe
   Length of section                           =    21.000000 m
   Width of top of section                     =     3.000000 m
   Width of bottom of section                  =     3.000000 m
   Wall Thickness at Top                       =     0.060000 m
   Wall Thickness at Bottom                    =     0.060000 m
   Top Area                                    =     0.554177 sq. m
   Bottom Area                                 =     0.554177 sq. m
```

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

```
   Moment of Inertia at Top                          =     0.599010 m^4
   Moment of Inertia at Bottom                       =     0.599010 m^4
   Elastic Modulus                                   =   210000000. kPa


--------------------------------------------------------------------------------
                     Soil and Rock Layering Information
--------------------------------------------------------------------------------

The soil profile is modelled using 5 layers

Layer 1 is soft clay, p-y criteria by Matlock, 1970

   Distance from top of pile to top of layer         =    26.500000 m
   Distance from top of pile to bottom of layer      =    27.500000 m
   Effective unit weight at top of layer             =     8.000000 kN/m3
   Effective unit weight at bottom of layer          =     8.000000 kN/m3
   Undrained cohesion at top of layer                =     5.000000 kPa
   Undrained cohesion at bottom of layer             =     5.000000 kPa
   Epsilon-50 at top of layer                        =       0.0000
   Epsilon-50 at bottom of layer                     =       0.0000

   NOTE: Default values for Epsilon-50 will be computed for this layer.


Layer 2 is soft clay, p-y criteria by Matlock, 1970

   Distance from top of pile to top of layer         =    27.500000 m
   Distance from top of pile to bottom of layer      =    32.500000 m
   Effective unit weight at top of layer             =     8.000000 kN/m3
   Effective unit weight at bottom of layer          =     8.000000 kN/m3
   Undrained cohesion at top of layer                =    14.000000 kPa
   Undrained cohesion at bottom of layer             =    14.000000 kPa
   Epsilon-50 at top of layer                        =       0.0000
   Epsilon-50 at bottom of layer                     =       0.0000

   NOTE: Default values for Epsilon-50 will be computed for this layer.


Layer 3 is soft clay, p-y criteria by Matlock, 1970

   Distance from top of pile to top of layer         =    32.500000 m
   Distance from top of pile to bottom of layer      =    37.500000 m
   Effective unit weight at top of layer             =     8.000000 kN/m3
   Effective unit weight at bottom of layer          =     8.000000 kN/m3
   Undrained cohesion at top of layer                =    24.000000 kPa
   Undrained cohesion at bottom of layer             =    24.000000 kPa
   Epsilon-50 at top of layer                        =       0.0000
   Epsilon-50 at bottom of layer                     =       0.0000

   NOTE: Default values for Epsilon-50 will be computed for this layer.


Layer 4 is sand, p-y criteria by API RP-2A, 1987

   Distance from top of pile to top of layer         =    37.500000 m
   Distance from top of pile to bottom of layer      =    39.000000 m
   Effective unit weight at top of layer             =     8.000000 kN/m3
   Effective unit weight at bottom of layer          =     8.000000 kN/m3
   Friction angle at top of layer                    =    25.000000 deg.
   Friction angle at bottom of layer                 =    25.000000 deg.
   Subgrade k at top of layer                        =       0.0000 kN/m3
   Subgrade k at bottom of layer                     =       0.0000 kN/m3

   NOTE: Default values for subgrade k will be computed for this layer.

Layer 5 is soft clay, p-y criteria by Matlock, 1970

   Distance from top of pile to top of layer         =    39.000000 m
   Distance from top of pile to bottom of layer      =    92.500000 m
   Effective unit weight at top of layer             =    10.000000 kN/m3
   Effective unit weight at bottom of layer          =    10.000000 kN/m3
   Undrained cohesion at top of layer                =    32.000000 kPa
   Undrained cohesion at bottom of layer             =   120.000000 kPa
   Epsilon-50 at top of layer                        =       0.0000
   Epsilon-50 at bottom of layer                     =       0.0000
```

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

NOTE: Default values for Epsilon-50 will be computed for this layer.

(Depth of the lowest soil layer extends 8.000 m below the pile tip)

Summary of Input Soil Properties

Layer Num.	Soil Type Name (p-y Curve Type)	Layer Depth m	Effective Unit Wt. kN/m3	Cohesion kPa	Angle of Friction deg.	E50 or krm	kpy kN/m3
1	Soft Clay	26.5000	8.0000	5.0000	--	default	--
		27.5000	8.0000	5.0000	--	default	--
2	Soft Clay	27.5000	8.0000	14.0000	--	default	--
		32.5000	8.0000	14.0000	--	default	--
3	Soft Clay	32.5000	8.0000	24.0000	--	default	--
		37.5000	8.0000	24.0000	--	default	--
4	API Sand	37.5000	8.0000	--	25.0000	--	default
		39.0000	8.0000	--	25.0000	--	default
5	Soft Clay	39.0000	10.0000	32.0000	--	default	--
		92.5000	10.0000	120.0000	--	default	--

Cyclic Loading Type

Cyclic loading criteria were used for computation of p-y curves for all analyses.

Number of cycles of loading = 1000

Distributed Lateral Loading for Individual Load Cases

Distributed lateral load intensity for Load Case 1 defined using 2 points

Point No.	Depth X m	Dist. Load kN/m
1	0.000	50.000
2	26.500	50.000

Pile-head Loading and Pile-head Fixity Conditions

Number of loads specified = 1

Load No.	Load Type	Condition 1	Condition 2	Axial Thrust Force, kN	Compute Top y vs. Pile Length	Run Analysis
1	1	V = 180.000000 kN	M = 0.0000 m-kN	0.0000000	No	Yes

V = shear force applied normal to pile axis
M = bending moment applied to pile head
y = lateral deflection normal to pile axis
S = pile slope relative to original pile batter angle
R = rotational stiffness applied to pile head
Values of top y vs. pile lengths can be computed only for load types with
specified shear loading (Load Types 1, 2, and 3).
Thrust force is assumed to be acting axially for all pile batter angles.

Computations of Nominal Moment Capacity and Nonlinear Bending Stiffness

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

Axial thrust force values were determined from pile-head loading conditions

Number of Pile Sections Analyzed = 6

Pile Section No. 1:

Moment-curvature properties were derived from elastic section properties

Pile Section No. 2:

Moment-curvature properties were derived from elastic section properties

Pile Section No. 3:

Moment-curvature properties were derived from elastic section properties

Pile Section No. 4:

Moment-curvature properties were derived from elastic section properties

Pile Section No. 5:

Moment-curvature properties were derived from elastic section properties

Pile Section No. 6:

Moment-curvature properties were derived from elastic section properties

---

Layering Correction Equivalent Depths of Soil & Rock Layers

Layer No.	Top of Layer Below Pile Head meters	Equivalent Top Depth Below Grnd Surf meters	Same Layer Type As Layer Above	Layer is Rock or is Below Rock Layer	F0 Integral for Layer kN	F1 Integral for Layer kN
1	26.5000	0.00	N.A.	No	0.00	42.1083
2	27.5000	2.3342	Yes	No	42.1083	994.8588
3	32.5000	8.9504	Yes	No	1037.	2215.
4	37.5000	8.3502	No	No	3252.	1699.
5	39.0000	16.5806	No	No	4951.	N.A.

Notes: The F0 integral of Layer n+1 equals the sum of the F0 and F1 integrals
for Layer n. Layering correction equivalent depths are computed only
for soil types with both shallow-depth and deep-depth expressions for
peak lateral load transfer. These soil types are soft and stiff clays,
non-liquefied sands, and cemented c-phi soil.

Computed Values of Pile Loading and Deflection
for Lateral Loading for Load Case Number 1

Pile-head conditions are Shear and Moment (Loading Type 1)

Shear force at pile head = 180.000 kN
Applied moment at pile head = 0.000 kN-m
Axial thrust load on pile head = 0.000 kN

Depth X meters	Deflect. y meters	Bending Moment kN-m	Shear Force kN	Slope S radians	Total Stress kPa*	Bending Stiffness kN-m^2	Soil Res. p kN/m	Soil Spr. Es*H kN/m	Distrib. Lat. Load kN/m

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

0.00	0.2055	-8.38E-08	180.0000	-0.00608	2.10E-07	1.26E+08	0.00	0.00	50.0000
0.5000	0.2025	96.2500	205.0000	-0.00608	241.0227	1.26E+08	0.00	0.00	50.0000
1.0000	0.1995	205.0000	230.0000	-0.00608	513.3471	1.26E+08	0.00	0.00	50.0000
1.5000	0.1964	326.2500	255.0000	-0.00608	816.9732	1.26E+08	0.00	0.00	50.0000
2.0000	0.1934	460.0000	280.0000	-0.00608	1152.	1.26E+08	0.00	0.00	50.0000
2.5000	0.1904	606.2500	305.0000	-0.00607	1518.	1.26E+08	0.00	0.00	50.0000
3.0000	0.1873	765.0000	330.0000	-0.00607	1916.	1.26E+08	0.00	0.00	50.0000
3.5000	0.1843	936.2500	355.0000	-0.00607	2344.	1.26E+08	0.00	0.00	50.0000
4.0000	0.1812	1120.	380.0000	-0.00606	2805.	1.26E+08	0.00	0.00	50.0000
4.5000	0.1782	1316.	405.0000	-0.00606	3296.	1.26E+08	0.00	0.00	50.0000
5.0000	0.1752	1525.	430.0000	-0.00605	3819.	1.26E+08	0.00	0.00	50.0000
5.5000	0.1722	1746.	455.0000	-0.00605	4373.	1.26E+08	0.00	0.00	50.0000
6.0000	0.1691	1980.	480.0000	-0.00604	4958.	1.26E+08	0.00	0.00	50.0000
6.5000	0.1661	2226.	505.0000	-0.00603	5575.	1.26E+08	0.00	0.00	50.0000
7.0000	0.1631	2485.	530.0000	-0.00602	6223.	1.26E+08	0.00	0.00	50.0000
7.5000	0.1601	2756.	555.0000	-0.00601	6902.	1.26E+08	0.00	0.00	50.0000
8.0000	0.1571	3040.	580.0000	-0.00600	7613.	1.26E+08	0.00	0.00	50.0000
8.5000	0.1541	3336.	605.0000	-0.00599	7233.	1.45E+08	0.00	0.00	50.0000
9.0000	0.1511	3645.	630.0000	-0.00598	7903.	1.45E+08	0.00	0.00	50.0000
9.5000	0.1481	3966.	655.0000	-0.00596	8599.	1.45E+08	0.00	0.00	50.0000
10.0000	0.1451	4300.	680.0000	-0.00595	9323.	1.45E+08	0.00	0.00	50.0000
10.5000	0.1422	4646.	705.0000	-0.00593	10074.	1.45E+08	0.00	0.00	50.0000
11.0000	0.1392	5005.	730.0000	-0.00592	10851.	1.45E+08	0.00	0.00	50.0000
11.5000	0.1363	5376.	755.0000	-0.00590	11656.	1.45E+08	0.00	0.00	50.0000
12.0000	0.1333	5760.	780.0000	-0.00588	12488.	1.45E+08	0.00	0.00	50.0000
12.5000	0.1304	6156.	805.0000	-0.00586	13347.	1.45E+08	0.00	0.00	50.0000
13.0000	0.1275	6565.	830.0000	-0.00584	14234.	1.45E+08	0.00	0.00	50.0000
13.5000	0.1245	6986.	855.0000	-0.00581	15147.	1.45E+08	0.00	0.00	50.0000
14.0000	0.1216	7420.	880.0000	-0.00579	16087.	1.45E+08	0.00	0.00	50.0000
14.5000	0.1188	7866.	905.0000	-0.00576	17055.	1.45E+08	0.00	0.00	50.0000
15.0000	0.1159	8325.	930.0000	-0.00574	18050.	1.45E+08	0.00	0.00	50.0000
15.5000	0.1130	8796.	955.0000	-0.00571	19071.	1.45E+08	0.00	0.00	50.0000
16.0000	0.1102	9280.	980.0000	-0.00567	20120.	1.45E+08	0.00	0.00	50.0000
16.5000	0.1073	9776.	1005.	-0.00564	21196.	1.45E+08	0.00	0.00	50.0000
17.0000	0.1045	10285.	1030.	-0.00561	22299.	1.45E+08	0.00	0.00	50.0000
17.5000	0.1017	10806.	1055.	-0.00557	23429.	1.45E+08	0.00	0.00	50.0000
18.0000	0.09896	11340.	1080.	-0.00553	24586.	1.45E+08	0.00	0.00	50.0000
18.5000	0.09620	11886.	1105.	-0.00549	25771.	1.45E+08	0.00	0.00	50.0000
19.0000	0.09346	12445.	1130.	-0.00545	26982.	1.45E+08	0.00	0.00	50.0000
19.5000	0.09075	13016.	1155.	-0.00541	28221.	1.45E+08	0.00	0.00	50.0000
20.0000	0.08806	13600.	1180.	-0.00536	29486.	1.45E+08	0.00	0.00	50.0000
20.5000	0.08539	14196.	1205.	-0.00532	27204.	1.64E+08	0.00	0.00	50.0000
21.0000	0.08274	14805.	1230.	-0.00527	28371.	1.64E+08	0.00	0.00	50.0000
21.5000	0.08012	15426.	1255.	-0.00523	29562.	1.64E+08	0.00	0.00	50.0000
22.0000	0.07751	16060.	1280.	-0.00518	30776.	1.64E+08	0.00	0.00	50.0000
22.5000	0.07494	16706.	1305.	-0.00513	32014.	1.64E+08	0.00	0.00	50.0000
23.0000	0.07238	17365.	1330.	-0.00508	33277.	1.64E+08	0.00	0.00	50.0000
23.5000	0.06986	18036.	1355.	-0.00502	34563.	1.64E+08	0.00	0.00	50.0000
24.0000	0.06736	18720.	1380.	-0.00497	35873.	1.64E+08	0.00	0.00	50.0000
24.5000	0.06489	19416.	1405.	-0.00491	37208.	1.64E+08	0.00	0.00	50.0000
25.0000	0.06245	20125.	1430.	-0.00485	38566.	1.64E+08	0.00	0.00	50.0000
25.5000	0.06004	20846.	1455.	-0.00479	39948.	1.64E+08	0.00	0.00	50.0000
26.0000	0.05767	21580.	1480.	-0.00472	41354.	1.64E+08	0.00	0.00	50.0000
26.5000	0.05532	22326.	1495.	-0.00466	42784.	1.64E+08	-16.150	145.9642	25.0000
27.0000	0.05301	23075.	1492.	-0.00459	44218.	1.64E+08	-20.610	194.3985	0.00
27.5000	0.05073	23818.	1473.	-0.00452	45643.	1.64E+08	-53.214	524.4315	0.00
28.0000	0.04850	24548.	1442.	-0.00444	53223.	1.45E+08	-73.460	757.3948	0.00
28.5000	0.04630	25260.	1404.	-0.00435	54766.	1.45E+08	-77.578	837.8117	0.00
29.0000	0.04414	25952.	1364.	-0.00426	56267.	1.45E+08	-81.518	923.3172	0.00
29.5000	0.04204	26624.	1322.	-0.00417	57723.	1.45E+08	-85.278	1014.	0.00
30.0000	0.03997	27274.	1279.	-0.00408	59134.	1.45E+08	-88.855	1111.	0.00
30.5000	0.03796	27903.	1234.	-0.00398	60496.	1.45E+08	-92.245	1215.	0.00
31.0000	0.03599	28508.	1187.	-0.00389	61809.	1.45E+08	-95.447	1326.	0.00
31.5000	0.03407	29089.	1138.	-0.00379	63069.	1.45E+08	-98.457	1445.	0.00
32.0000	0.03220	29646.	1088.	-0.00369	64276.	1.45E+08	-101.272	1573.	0.00
32.5000	0.03038	30178.	1028.	-0.00358	65429.	1.45E+08	-138.430	2278.	0.00
33.0000	0.02861	30674.	943.2496	-0.00348	66506.	1.45E+08	-201.973	3529.	0.00
33.5000	0.02690	31121.	841.6882	-0.00337	67474.	1.45E+08	-204.272	3797.	0.00
34.0000	0.02524	31516.	739.0547	-0.00327	68331.	1.45E+08	-206.262	4086.	0.00
34.5000	0.02364	31860.	635.5047	-0.00316	69076.	1.45E+08	-207.938	4399.	0.00
35.0000	0.02208	32152.	531.1960	-0.00305	69709.	1.45E+08	-209.297	4739.	0.00
35.5000	0.02059	32391.	426.2879	-0.00294	70228.	1.45E+08	-210.335	5108.	0.00
36.0000	0.01915	32578.	322.2298	-0.00282	70633.	1.45E+08	-205.897	5376.	0.00
36.5000	0.01777	32713.	220.5479	-0.00271	70926.	1.45E+08	-200.830	5652.	0.00
37.0000	0.01644	32799.	121.4112	-0.00260	71111.	1.45E+08	-195.716	5953.	0.00
37.5000	0.01517	32835.	-26.184	-0.00249	71190.	1.45E+08	-394.664	13011.	0.00
38.0000	0.01395	32772.	-220.993	-0.00237	71054.	1.45E+08	-384.573	13782.	0.00

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

38.5000	0.01279	32614.	-410.079	-0.00226	70710.	1.45E+08	-371.770	14529.	0.00
39.0000	0.01169	32362.	-561.285	-0.00215	70165.	1.45E+08	-233.055	9966.	0.00
39.5000	0.01065	32052.	-677.480	-0.00204	69494.	1.45E+08	-231.726	10883.	0.00
40.0000	0.00965	31685.	-792.901	-0.00193	68696.	1.45E+08	-229.959	11909.	0.00
40.5000	0.00872	31260.	-907.327	-0.00182	67774.	1.45E+08	-227.746	13062.	0.00
41.0000	0.00784	30777.	-1021.	-0.00171	66729.	1.45E+08	-225.076	14363.	0.00
41.5000	0.00701	30239.	-1132.	-0.00161	65562.	1.45E+08	-221.940	15841.	0.00
42.0000	0.00623	29645.	-1242.	-0.00150	64274.	1.45E+08	-218.324	17530.	0.00
42.5000	0.00550	28997.	-1350.	-0.00140	62868.	1.45E+08	-214.211	19472.	0.00
43.0000	0.00482	28295.	-1456.	-0.00131	61346.	1.45E+08	-209.584	21725.	0.00
43.5000	0.00420	27540.	-1560.	-0.00121	59711.	1.45E+08	-204.416	24363.	0.00
44.0000	0.00361	26735.	-1661.	-0.00112	57964.	1.45E+08	-198.678	27485.	0.00
44.5000	0.00308	25880.	-1758.	-0.00103	56110.	1.45E+08	-192.328	31228.	0.00
45.0000	0.00259	24976.	-1853.	-9.38E-04	54152.	1.45E+08	-185.314	35788.	0.00
45.5000	0.00214	24027.	-1944.	-8.53E-04	52093.	1.45E+08	-177.563	41454.	0.00
46.0000	0.00174	23033.	-2030.	-7.72E-04	49938.	1.45E+08	-168.969	48676.	0.00
46.5000	0.00137	21996.	-2112.	-6.95E-04	47691.	1.45E+08	-159.380	58200.	0.00
47.0000	0.00104	20920.	-2189.	-6.21E-04	45358.	1.45E+08	-148.556	71375.	0.00
47.5000	7.48E-04	19807.	-2260.	-5.51E-04	42944.	1.45E+08	-136.098	90959.	0.00
48.0000	4.90E-04	18660.	-2325.	-4.85E-04	40457.	1.45E+08	-121.257	123820.	0.00
48.5000	2.63E-04	17482.	-2381.	-4.23E-04	37904.	1.45E+08	-102.380	194425.	0.00
49.0000	6.70E-05	16279.	-2430.	-3.65E-04	35295.	1.45E+08	-95.852	715236.	0.00
49.5000	-1.01E-04	15052.	-2433.	-3.11E-04	32635.	1.45E+08	84.3523	416506.	0.00
50.0000	-2.44E-04	13846.	-2382.	-2.61E-04	30020.	1.45E+08	121.5730	249503.	0.00
50.5000	-3.62E-04	12670.	-2316.	-2.15E-04	27471.	1.45E+08	143.0410	197475.	0.00
51.0000	-4.59E-04	11531.	-2240.	-1.74E-04	25000.	1.45E+08	158.3179	172491.	0.00
51.5000	-5.36E-04	10430.	-2158.	-1.36E-04	22614.	1.45E+08	170.0065	158643.	0.00
52.0000	-5.95E-04	9372.	-2071.	-1.02E-04	20321.	1.45E+08	179.2369	150678.	0.00
52.5000	-6.38E-04	8360.	-1979.	-7.13E-05	18124.	1.45E+08	186.6133	146342.	0.00
53.0000	-6.66E-04	7393.	-1885.	-4.42E-05	16029.	1.45E+08	192.5009	144513.	0.00
53.5000	-6.82E-04	6475.	-1787.	-2.03E-05	14039.	1.45E+08	197.1398	144583.	0.00
54.0000	-6.86E-04	5606.	-1688.	4.92E-07	12155.	1.45E+08	200.6975	146211.	0.00
54.5000	-6.81E-04	4787.	-1587.	1.84E-05	10379.	1.45E+08	203.2966	149206.	0.00
55.0000	-6.68E-04	4019.	-1485.	3.46E-05	10065.	1.26E+08	205.0306	153477.	0.00
55.5000	-6.47E-04	3303.	-1382.	4.92E-05	8270.	1.26E+08	205.8570	159170.	0.00
56.0000	-6.19E-04	2638.	-1279.	6.10E-05	6605.	1.26E+08	205.8425	166324.	0.00
56.5000	-5.86E-04	2024.	-1176.	7.02E-05	5068.	1.26E+08	205.0407	175040.	0.00
57.0000	-5.49E-04	1461.	-1074.	7.72E-05	3659.	1.26E+08	203.4952	185476.	0.00
57.5000	-5.09E-04	949.7192	-972.896	8.19E-05	2378.	1.26E+08	201.2423	197860.	0.00
58.0000	-4.67E-04	488.4264	-873.007	8.48E-05	1223.	1.26E+08	198.3130	212494.	0.00
58.5000	-4.24E-04	76.7119	-774.746	8.59E-05	192.0967	1.26E+08	194.7336	229776.	0.00
59.0000	-3.81E-04	-286.319	-678.431	8.55E-05	716.9815	1.26E+08	190.5272	250227.	0.00
59.5000	-3.38E-04	-601.719	-584.370	8.37E-05	1507.	1.26E+08	185.7140	274529.	0.00
60.0000	-2.97E-04	-870.690	-492.864	8.08E-05	2180.	1.26E+08	180.3116	303588.	0.00
60.5000	-2.57E-04	-1095.	-404.202	7.69E-05	2741.	1.26E+08	174.3356	338614.	0.00
61.0000	-2.20E-04	-1275.	-318.668	7.22E-05	3192.	1.26E+08	167.7994	381262.	0.00
61.5000	-1.85E-04	-1413.	-236.540	6.69E-05	3539.	1.26E+08	160.7138	433836.	0.00
62.0000	-1.53E-04	-1511.	-158.090	6.10E-05	3785.	1.26E+08	153.0872	499634.	0.00
62.5000	-1.24E-04	-1571.	-83.587	5.49E-05	3935.	1.26E+08	144.9239	583530.	0.00
63.0000	-9.83E-05	-1595.	-13.300	4.86E-05	3994.	1.26E+08	136.2231	693032.	0.00
63.5000	-7.56E-05	-1585.	52.4996	4.23E-05	3968.	1.26E+08	126.9760	840318.	0.00
64.0000	-5.60E-05	-1543.	113.5342	3.61E-05	3863.	1.26E+08	117.1625	1046587.	0.00
64.5000	-3.95E-05	-1471.	169.5113	3.01E-05	3684.	1.26E+08	106.7461	1352573.	0.00
65.0000	-2.59E-05	-1373.	220.1177	2.45E-05	3438.	1.26E+08	95.6796	1849174.	0.00
65.5000	-1.50E-05	-1251.	265.0395	1.92E-05	3133.	1.26E+08	84.0076	2798364.	0.00
66.0000	-6.64E-06	-1108.	304.3990	1.45E-05	2774.	1.26E+08	73.4301	5533051.	0.00
66.5000	-4.63E-07	-946.590	325.9313	1.05E-05	2370.	1.26E+08	12.6992	1.37E+07	0.00
67.0000	3.83E-06	-782.037	319.0710	7.03E-06	1958.	1.26E+08	-40.140	5242640.	0.00
67.5000	6.57E-06	-627.519	295.6015	4.23E-06	1571.	1.26E+08	-53.738	4092516.	0.00
68.0000	8.06E-06	-486.435	267.0963	2.01E-06	1218.	1.26E+08	-60.283	3741833.	0.00
68.5000	8.58E-06	-360.423	236.1667	3.30E-07	902.5460	1.26E+08	-63.435	3697355.	0.00
69.0000	8.39E-06	-250.269	204.1958	-8.84E-07	626.7060	1.26E+08	-64.448	3842891.	0.00
69.5000	7.69E-06	-156.227	172.1024	-1.69E-06	391.2126	1.26E+08	-63.926	4153782.	0.00
70.0000	6.69E-06	-78.166	140.5653	-2.16E-06	195.7388	1.26E+08	-62.223	4647735.	0.00
70.5000	5.54E-06	-15.661	110.1133	-2.34E-06	39.2184	1.26E+08	-59.585	5380105.	0.00
71.0000	4.35E-06	31.9470	81.1620	-2.31E-06	79.9996	1.26E+08	-56.220	6461920.	0.00
71.5000	3.23E-06	65.5005	54.0172	-2.12E-06	164.0220	1.26E+08	-52.359	8114885.	0.00
72.0000	2.23E-06	85.9642	28.8312	-1.82E-06	215.2658	1.26E+08	-48.385	1.08E+07	0.00
72.5000	1.41E-06	94.3318	5.4169	-1.46E-06	236.2192	1.26E+08	-45.273	1.61E+07	0.00
73.0000	7.74E-07	91.3811	-17.909	-1.09E-06	228.8303	1.26E+08	-48.032	3.10E+07	0.00
73.5000	3.20E-07	76.4223	-30.239	-7.56E-07	191.3716	1.26E+08	-1.286	2009066.	0.00
74.0000	1.81E-08	61.1420	-30.817	-4.82E-07	153.1077	1.26E+08	-1.025	2.83E+07	0.00
74.5000	-1.62E-07	45.6054	-29.332	-2.70E-07	114.2020	1.26E+08	6.9670	2.15E+07	0.00
75.0000	-2.52E-07	31.8105	-25.199	-1.16E-07	79.6577	1.26E+08	9.5639	1.90E+07	0.00
75.5000	-2.79E-07	20.4066	-20.297	-1.27E-08	51.1008	1.26E+08	10.0451	1.80E+07	0.00
76.0000	-2.65E-07	11.5140	-15.418	5.08E-08	28.8325	1.26E+08	9.4709	1.79E+07	0.00
76.5000	-2.28E-07	4.9891	-10.964	8.36E-08	12.4932	1.26E+08	8.3425	1.83E+07	0.00

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

77.0000	-1.81E-07	0.5498	-7.142	9.46E-08	1.3767	1.26E+08	6.9458	1.92E+07	0.00
77.5000	-1.33E-07	-2.153	-4.041	9.14E-08	5.3915	1.26E+08	5.4587	2.05E+07	0.00
78.0000	-8.99E-08	-3.491	-1.678	8.02E-08	8.7424	1.26E+08	3.9927	2.22E+07	0.00
78.5000	-5.32E-08	-3.831	-0.02734	6.56E-08	9.5937	1.26E+08	2.6103	2.45E+07	0.00
79.0000	-2.42E-08	-3.519	0.9582	5.10E-08	8.8108	1.26E+08	1.3319	2.75E+07	0.00
79.5000	-2.19E-09	-2.873	1.3256	3.83E-08	7.1942	1.26E+08	0.1378	3.14E+07	0.00
80.0000	1.41E-08	-2.193	1.1018	2.83E-08	5.4913	1.26E+08	-1.033	3.66E+07	0.00
80.5000	2.61E-08	-1.771	0.8139	2.04E-08	4.4352	1.26E+08	-0.118	2269719.	0.00
81.0000	3.45E-08	-1.379	0.7448	1.41E-08	3.4532	1.26E+08	-0.158	2288338.	0.00
81.5000	4.02E-08	-1.026	0.6590	9.34E-09	2.5700	1.26E+08	-0.185	2306956.	0.00
82.0000	4.38E-08	-0.720	0.5617	5.87E-09	1.8030	1.26E+08	-0.204	2325574.	0.00
82.5000	4.61E-08	-0.465	0.4567	3.52E-09	1.1635	1.26E+08	-0.216	2344192.	0.00
83.0000	4.74E-08	-0.263	0.3468	2.07E-09	0.6592	1.26E+08	-0.224	2362810.	0.00
83.5000	4.81E-08	-0.118	0.2335	1.31E-09	0.2951	1.26E+08	-0.229	2381428.	0.00
84.0000	4.87E-08	-0.02972	0.1178	1.02E-09	0.07442	1.26E+08	-0.234	2400046.	0.00
84.5000	4.91E-08	0.00	0.00	9.60E-10	0.00	1.26E+08	-0.238	1209332.	0.00

* The above values of total stress are combined axial and bending stresses.

Output Summary for Load Case No. 1:

```
Pile-head deflection              =     0.20554681 meters
Computed slope at pile head       =     -0.0060799 radians
Maximum bending moment            =         32835. kN-m
Maximum shear force               =         -2433. kN
Depth of maximum bending moment   =    37.50000000 meters below pile head
Depth of maximum shear force      =    49.50000000 meters below pile head
Number of iterations              =             12
Number of zero deflection points  =              4
Pile deflection at ground         =     0.05532106 meters
```

Summary of Pile-head Responses for Conventional Analyses

Definitions of Pile-head Loading Conditions:

```
Load Type 1: Load 1 = Shear, V, kN, and Load 2 = Moment, M, kN-m
Load Type 2: Load 1 = Shear, V, kN, and Load 2 = Slope, S, radians
Load Type 3: Load 1 = Shear, V, kN, and Load 2 = Rot. Stiffness, R, kN-m/rad.
Load Type 4: Load 1 = Top Deflection, y, m, and Load 2 = Moment, M, kN-m
Load Type 5: Load 1 = Top Deflection, y, m, and Load 2 = Slope, S, radians
```

Load Case No.	Load Type 1	Pile-head Load 1	Load Type 2	Pile-head Load 2	Axial Loading kN	Pile-head Deflection meters	Pile-head Rotation radians	Max Shear in Pile kN	Max Moment in Pile kN-m
1	V, kN	180.0000	M, kN-m	0.00	0.00	0.2055	-0.00608	-2433.	32835.

```
Maximum pile-head deflection = 0.2055468104 meters
Maximum pile-head rotation   = -0.0060798724 radians = -0.348351 deg.
```

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.