

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	REL-CIV-E-10410	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere annesse	Fg. 1 di 27	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80410

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

**Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante
 DN 400 (16"), DP 75 bar
 ed Opere Connesse**

**Verifiche di Ovalizzazione del Metanodotto DN 250 (10") in Esercizio
 per Passaggio Mezzi sui Tratti di Percorrenza dei Crinali in Condizioni di Stretto
 Parallelismo**

0	Emissione	Glavina	Olivi	Palozzo	Nov. '22
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			NR/20045	000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria		REL-CIV-E-10410	
PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16”) DP 75 bar ed opere annesse		Fg. 2 di 27	Rev. 0	

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80410

INDICE

1	GENERALITA'	3
1.1	Premessa	3
1.2	Scopo	4
1.3	Documenti di riferimento	5
2	DATI DI INPUT	6
3	RISULTATI E RACCOMANDAZIONI	8
	ALLEGATO 1: DATA SHEETS DI INPUT/OUTPUT DELLE VERIFICHE DI OVALIZZAZIONE ESEGUITE COL PROGRAMMA DI CALCOLO OVAL/TUB_UTI	9
	ALLEGATO 1A: CALCOLO RELATIVO AL MEZZO D'OPERA CATERPILLAR MODELLO 561N	9
	ALLEGATO 1B: CALCOLO RELATIVO AL MEZZO D'OPERA CATERPILLAR MODELLO 572R II	18
	ALLEGATO 2: CARATTERISTICHE TECNICHE DEI MEZZI OPERATIVI CATERPILLAR	27

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria		REL-CIV-E-10410
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere annesse		Fg. 3 di 27

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80410

1 GENERALITA'

1.1 Premessa

Come criterio generale, al fine di minimizzare gli impatti indotti dalle attività di costruzione del Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16"), DP 75 bar, il tracciato del suddetto metanodotto in progetto è stato predisposto in parallelismo alla condotta DN 250 (10") esistente da dismettere ogni qual volta ciò fosse ritenuto praticabile.

Questo criterio ha condotto, specialmente lungo le percorrenze dei crinali dove gli spazi operativi disponibili risultano essere molto modesti, a prevedere estesi tratti in cui il metanodotto in progetto dovrà essere posato ad una distanza minima dal metanodotto in esercizio compresa tra 4 m e 2,5 m.

In alcuni di questi tratti, la costruzione del metanodotto in progetto comporterà il passaggio dei mezzi d'opera sulla condotta esistente.

Laddove previsto il transito sulla condotta in esercizio, la pista di passaggio verrà realizzata ad una quota tale da rispettare una distanza minima dalla generatrice superiore della condotta DN 250 (10") pari a 1,5 m (Figura 1).

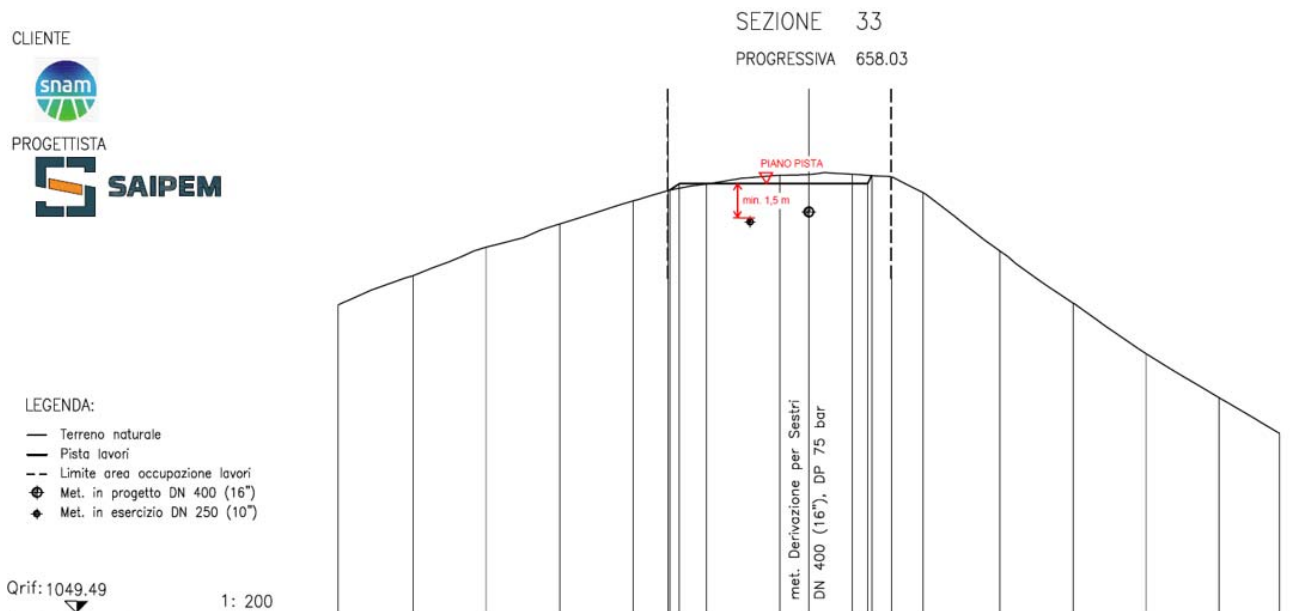


Figura 1: Sezione tipo condotta DN 250 (10") esistente

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	REL-CIV-E-10410	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere annesse	Fg. 4 di 27	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80410

1.2 Scopo

Con riferimento alla costruzione del Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16"), DP 75 bar, la presente relazione presenta le analisi di ovalizzazione eseguite per verificare l'accettabilità del passaggio dei mezzi d'opera sulla condotta DN 250 (10") in esercizio con una copertura minima di 1,5 m.

In particolare, l'effetto principale sulle condotte interrato è l'ovalizzazione della sezione trasversale del tubo, dovuta al peso del terreno di copertura ('peso morto' o 'dead load') e ai mezzi operativi transitanti in superficie ('peso vivo' o 'live load').

Conservativamente (a vantaggio di sicurezza), il carico 'vivo' è stato valutato considerando il mezzo operativo a pieno carico e interamente gravante su metà dell'impronta (metà della superficie standard di contatto con il terreno), unitamente al terreno sovrastante ed un coefficiente di amplificazione dinamica pari ad 1,2.

Le analisi sono state eseguite col programma di calcolo strutturale OVAL di TUB_UTI, software internamente sviluppato e validato da Saipem/Snamprogetti Fano sulla base delle indicazioni della Normativa Europea EN 13480 "Metallic industrial piping - Part 6: Additional requirements for buried piping", Annesso A.

Le verifiche di ammissibilità sono effettuate in accordo alla Norma Europea EN1594 "Gas supply systems - Pipelines for maximum operating pressure over 16 bar — Functional requirements", paragrafi 7.4.1.2 e 7.4.1.3, considerando la tensione totale equivalente di Von Mises ed un valore limite accettabile pari al 100% dello snervamento minimo del materiale delle tubazioni esistenti.

L'ovalizzazione massima ammissibile (variazione percentuale del diametro delle tubazioni) è stata assunta (come da 'buona ingegneria') pari al 3% del diametro iniziale delle condotte.

I fogli di calcolo eseguiti con i risultati delle analisi/verifiche risultanti sono in Allegato 1.

Le caratteristiche tecniche dei mezzi operativi considerati sono in Allegato 2.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	REL-CIV-E-10410	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16”) DP 75 bar ed opere annesse	Fg. 5 di 27	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80410

1.3 Documenti di riferimento

DIS-CIV-A-11180	Progetto pista da V.136 a V.164: Planimetria - Profilo
DIS-CIV-E-11181	Progetto pista da V.136 a V.164: Sezioni Trasversali
DIS-CIV-A-11280	Progetto pista da V.164 a V.168: Planimetria - Profilo
DIS-CIV-E-11281	Progetto pista da V.164 a V.168: Sezioni Trasversali
DIS-CIV-A-11282	Progetto pista da V.168 a V.235: Planimetria - Profilo
DIS-CIV-E-11283	Progetto pista da V.168 a V.235: Sezioni Trasversali
DIS-CIV-A-11284	Progetto pista da V.244 a V.303: Planimetria - Profilo
DIS-CIV-E-11285	Progetto pista da V.244 a V.303: Sezioni Trasversali
DIS-CIV-A-11286	Progetto pista da V.308 a V.319: Planimetria - Profilo
DIS-CIV-E-11287	Progetto pista da V.308 a V.319: Sezioni Trasversali
DIS-CIV-A-11380	Progetto pista da V.485 a V.545: Planimetria - Profilo
DIS-CIV-E-11381	Progetto pista da V.485 a V.545: Sezioni Trasversali
DIS-CIV-A-11382	Progetto pista da V.585 a V.629: Planimetria - Profilo
DIS-CIV-E-11383	Progetto pista da V.585 a V.629: Sezioni Trasversali
DIS-CIV-A-11384	Progetto pista da V.638 a V.642: Planimetria - Profilo
DIS-CIV-E-11385	Progetto pista da V.638 a V.642: Sezioni Trasversali

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	REL-CIV-E-10410	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere annesse	Fg. 6 di 27	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80410

2 DATI DI INPUT

Nel seguito sono riassunti i principali dati di input usati nelle analisi/verifiche di ovalizzazione.

DATI METANODOTTO IN ESERCIZIO:

Diametro:	DN 250 (10")
Spessore:	5,56 mm ⁽¹⁾
Materiale:	API 5L-X52
SMYS:	358,54 N/mm ²
Pressione di progetto:	70 bar
Differenza di temperatura di progetto:	45 °C

⁽¹⁾ lo spessore della tubazione esistente è stato considerato integralmente mantenuto nel tempo

CARATTERISTICHE TERRENO DI TRINCEA:

Spessore della copertura:	1,50 m
Peso specifico del terreno di copertura:	1800 kg/m ³
Angolo di attrito interno:	30°
Modulo di reazione laterale del reinterro	6,9 N/mm ²
Angolo di appoggio tubazione:	120°

CARICHI DEI MEZZI D'OPERA:

Per quanto concerne la definizione dei massimi carichi potenzialmente transitanti sulla condotta esistente durante la fase di costruzione del metanodotto DN 400 in progetto, si è fatto riferimento alle informazioni contenute nel manuale Caterpillar Performance Handbook Edition 36.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	REL-CIV-E-10410	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere annesse	Fg. 7 di 27	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80410

Per la posa di una condotta DN400 (16"), il citato manuale raccomanda i seguenti mezzi possibili:

- Trattore Posatubi modello 561N (raccomandato per la posa di condotte di diametro compreso tra 8" e 16")
- Trattore Posatubi modello 572R II (raccomandato per la posa di condotte di diametro compreso tra 16" e 24")

Le caratteristiche dei trattori posatubi sono riportate nelle seguenti tabelle:

Modello trattore posatubi	Caterpillar 561N
Massimo peso operativo	16851 kg
Massima capacità di sollevamento	18145 kg
Superficie standard di contatto con il terreno	2,93 m ²

Tabella 1: Caratteristiche Caterpillar 561N

Modello trattore posatubi	Caterpillar 572R II
Massimo peso operativo	31845 kg
Massima capacità di sollevamento	40800 kg
Superficie standard di contatto con il terreno	4,19 m ²

Tabella 2: Caratteristiche Caterpillar 572R II

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria		REL-CIV-E-10410
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere annesse		Fg. 8 di 27

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80410

3 RISULTATI E RACCOMANDAZIONI

Come da input/output di calcolo allegati e da tabella riassuntiva sottostante, sia lo stato tensionale totale che le ovalizzazioni delle sezioni trasversali dei tubi esistenti risultano accettabili al passaggio dei mezzi operativi essendo, rispettivamente, inferiori al 100% dello snervamento minimo del materiale e al 3% di variazione del diametro della sezione trasversale del 10".

Modello Caterpillar	Max tensione equivalente [N/mm ²]	Tasso di lavoro tensionale ⁽¹⁾ [%]	Max ovalizzazione ⁽²⁾ [mm]	Variazione del diametro del 10" [%]
561N	236,3	66	0,89	0,32
572R II	244,4	68	1,14	0,42

Tabella 3: Risultati di calcolo

⁽¹⁾ per 'tasso di lavoro' si intende il rapporto tra il valore di tensione totale massima calcolata rispetto al valore massimo ammesso (358,54 N/mm²)

⁽²⁾ l'ovalizzazione massima della sezione trasversale è valutata per la condizione di pressione interna nulla

Nel caso in questione, date le difficoltà logistiche e la dimensione ridotta degli spazi operativi, si ritiene di dover contenere al massimo le dimensioni dei mezzi di costruzione e pertanto si ritiene che l'adozione di un trattore posatubi modello 561N sia un'assunzione maggiormente affidabile per il lavoro in oggetto.

ALLEGATO 1: Data sheets di input/output delle verifiche di ovalizzazione eseguite col programma di calcolo OVAL/TUB_UTI

ALLEGATO 1A: Calcolo relativo al mezzo operativo CATERPILLAR Modello 561N

ALLEGATO 1B: Calcolo relativo al mezzo operativo CATERPILLAR Modello 572R II

ALLEGATO 2: Caratteristiche tecniche dei mezzi operativi CATERPILLER

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	REL-CIV-E-10410	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere annesse	Fg. 9 di 27	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80410

ALLEGATO 1: DATA SHEETS DI INPUT/OUTPUT DELLE VERIFICHE DI OVALIZZAZIONE ESEGUITE COL PROGRAMMA DI CALCOLO OVAL/TUB_UTI

ALLEGATO 1A: CALCOLO RELATIVO AL MEZZO D'OPERA CATERPILLAR MODELLO 561N

S A I P E M
 TUB_UTI VER. 2.05
 SEST10AE.OE
 CALC. N.1

- O V A L (EN13480) -
 BURIED PIPELINE OVALIZATION

SPC N.1
 PAGE 1

 JOB :023113
 CLIENT :SRG

LOCATION :Sestri
 PLANT :derivazione Sestri
 SPECIFIC :1

CALC. :1
 ND10 live load 561N

DATE 11/25/2022

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria		REL-CIV-E-10410
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere annesse		Fg. 10 di 27

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80410

S A I P E M
 TUB UTI VER. 2.05
 SEST10AE.OE
 CALC. N.1

SPC N.1
 PAGE 2

- O V A L (EN13480) -
 BURIED PIPELINE OVALIZATION

 GENERAL DATA

Outside diameter	D =	273.00 mm
Thickness	t =	5.56 mm
Elasticity modulus (Young)	E =	206000 N/mm ²
Yield stress	Smys =	358.54 N/mm ²
Pipe specific weight	γp =	77.000 kN/m ³
Thermal Expansion Coefficient	αT =	0.0000117 mm/mm/°C
Max. thermal difference	ΔT =	45.00 °C
Poisson modulus	ν =	0.30
Internal pressure	p =	7.00 N/mm ²

 SOIL DATA

Height of cover	H =	1.500 m
Bedding angle	β =	120.00 deg
Soil specific gravity	γt =	18.000 kN/m ³
Modulus of lateral reaction	E' =	6.90 N/mm ²

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	REL-CIV-E-10410	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere annesse	Fg. 11 di 27	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80410

S A I P E M
 TUB_UTI VER. 2.05
 SEST10AE.OE
 CALC. N.1

SPC N.1
 PAGE 3

- O V A L (EN13480) -
 BURIED PIPELINE OVALIZATION

 AUTOMATIC CHOICE BETWEEN NARROW / WIDE TRENCH

The trench can be considered narrow if is:

$$B < 2 D \quad \text{and} \quad H \geq 1.5 B \quad \text{or} \\ 2 D \leq B \leq 3 D \quad \text{and} \quad H \geq 3.5 B$$

Trench width B = 0.800 m
 Diameter D = 0.273 m
 Height of cover H = 1.500 m

Assumption for trench ==> WIDE TRENCH

 AUTOMATIC CHOICE RIGID PIPE / FLEXIBLE PIPE

Pipe can be considered flexible if is:

$$n = Et/Ep (D/2t)^3 > 1$$

Side fill Young modulus Et = 10.00 N/mm²
 Pipe young modulus Ep = 206000 N/mm²
 External radius D/2= 136.50 mm
 Thickness t = 5.56 mm
 n n = 0.7183

Assumption for pipe ==> RIGID PIPE

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	REL-CIV-E-10410	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere annesse	Fg. 12 di 27	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80410

S A I P E M
 TUB UTI VER. 2.05
 SEST10AE.OE
 CALC. N.1

SPC N.1
 PAGE 4

- O V A L (EN13480) -
 BURIED PIPELINE OVALIZATION

 FILL LOAD CALCULATION
 WIDE TRENCH
 RIGID PIPE

Diameter	D =	273.00 mm
Height of cover	H =	1.500 m
Soil specific gravity	γ_t =	18.000 kN/m ³
Soil friction angle	α =	30.00 deg
Projection Ratio	qr =	0.75
Settlement coefficient	C _{class} =	0.00

RESULTS :

Plane of equal settlement	He =	0.000 m
Coefficient	C2 =	1.000

FILL LOAD	====>	Wt =	7.371 kN/m
-----------	-------	------	------------

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	REL-CIV-E-10410	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere annesse	Fg. 13 di 27	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80410

S A I P E M
 TUB_UTI VER. 2.05
 SEST10AE.OE
 CALC. N.1

SPC N.1
 PAGE 5

- O V A L (EN13480) -
 BURIED PIPELINE OVALIZATION

 LIVE LOAD CALCULATION
 ACCORDING TO BOUSSINESQ THEORY
 DISTRIBUTED LOAD

Height of cover	H =	1.500 m
Diameter	D =	273.00 mm
Acting load	Q =	169.000 kN
Load position (x,y)	x =	0.0 mm
	y =	0.0 mm
Loaded area (a*b)	a =	560.0 mm
	b =	2616.0 mm
Calculated pressure	p =	22.568 kN/m ²
Impact factor	f =	1.200
Live load (f*p*D)	Wl =	7.393 kN/m

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	REL-CIV-E-10410	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere annesse	Fg. 14 di 27	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80410

S A I P E M
 TUB UTI VER. 2.05
 SEST10AE.OE
 CALC. N.1

SPC N.1
 PAGE 6

- O V A L (EN13480) -
 BURIED PIPELINE OVALIZATION

 DEFLECTION OF THE HORIZONTAL DIAMETER
 DUE TO EXTERNAL LOADS

VERTICAL LOADS :

Fill load	Wt =	7.371 kN/m
Lag Factor	D1 =	1.20
Live load	Wl =	7.393 kN/m
Vertical load	W = D1*Wt+Wl =	16.239 kN/m
Deflection	====> DxW =	1.447 mm

OWN WEIGHT :

Pipe specific weight	γp =	77.000 kN/m ³
Pipe weight per unit length	G =	0.360 kN/m
Deflection	====> DxG =	0.020 mm

VERTICAL REACTION :

Bedding angle	β =	120.00 deg
Total reaction	Q =	16.598 kN/m
Distributed reaction	q =	0.072 N/mm/mm
Deflection coefficient		-0.02088
Deflection	====> DxRT =	-0.281 mm

RESULTANT DEFLECTION :

(WITHOUT INTERNAL PRESSURE AND LATERAL SOIL
 REACTION) ====> Dx = 1.186 mm

EFFECT OF SOIL LATERAL REACTION :

Soil lateral reaction modulus	E' =	6.90 N/mm ²
Reduction coefficient	EL =	0.746
Deflection	====> Dx E' =	0.885 mm

EFFECT OF INTERNAL PRESSURE :

Internal pressure	p =	7.00 N/mm ²
Reduction coefficient	pL =	0.500
Deflection	====> Dx p =	0.593 mm

RESULTANT DEFLECTION :

(CONSIDERING BOTH PRESSURE AND LATERAL SOIL
 REACTION) ====> Dx = 0.593 mm

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	REL-CIV-E-10410	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere annesse	Fg. 15 di 27	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80410

S A I P E M
 TUB_UTI VER. 2.05
 SEST10AE.OE
 CALC. N.1

SPC N.1
 PAGE 7

- O V A L (EN13480) -
 BURIED PIPELINE OVALIZATION

 STRESSES OBTAINED COMBINING ALL EFFECTS

Deflection ==> Dx = 0.599 mm

point	BENDING MOMENT [Nm/m]	AXIAL FORCE [kN/m]	SHEAR FORCE [kN/m]
0.00	144	0.135	-8.021
45.00	2	-1.942	-3.192
90.00	-147	-4.101	0.716
135.00	-6	-2.506	2.917
180.00	159	-0.135	0.180

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	REL-CIV-E-10410	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere annesse	Fg. 16 di 27	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80410

S A I P E M
 TUB UTI VER. 2.05
 SEST10AE.OE
 CALC. N.1

SPC N.1
 PAGE 8

- O V A L (EN13480) -
 BURIED PIPELINE OVALIZATION

 STRESS VERIFICATION (VON MISES)
 PIPE FULL RESTRAINED

Hoop Stress $\sigma_{Hoop} = 171.9 \text{ N/mm}^2$
 Longitudinal stress $\sigma_L = -56.9 \text{ N/mm}^2$

point [deg]	σ_B [N/mm ²]	s1 [N/mm ²]	W.F.	s2 [N/mm ²]	W.F.
0.0	27.9	199.8	0.56	233.5	0.65
45.0	0.1	171.9	0.48	206.4	0.58
90.0	27.8	199.6	0.56	233.3	0.65
135.0	0.7	172.5	0.48	206.9	0.58
180.0	30.8	202.6	0.57	236.3	0.66

s1 Total circumferential stress $s1=s1(\sigma_H, \sigma_B)$
 where s_B is the circumferential stress
 due to dead and live loads

s2 Combined stress $s2=s2(\sigma_{Hoop}, \sigma_B, \sigma_L)$
 where σ_L is the longitudinal stress
 due to temperature and Poisson effect

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	REL-CIV-E-10410	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere annesse	Fg. 17 di 27	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80410

S A I P E M
 TUB_UTI VER. 2.05
 SEST10AE.OE
 CALC. N.1

SPC N.1
 PAGE 9

- O V A L (EN13480) -
 BURIED PIPELINE OVALIZATION

 BUCKLING VERIFICATION

Diameter	D =	273.000 mm
Thickness	t =	5.560 mm
Mean radius	R =	133.720 mm
Pipe Young modulus	Ep =	206000 N/mm ²
Poisson modulus	v =	0.300
Yield stress	Smys =	358.54 N/mm ²

DEFLECTION:

Initial assumed deflection uo = 0.0 mm

RESULTS:

Critical pressure without initial deflection:
 Pcr1 = 4.068 N/mm²
 Critical pressure with an initial deflection uo:
 Pcr2 = 4.068 N/mm²
 Max. calculated pressure due to
 external loads pW = 0.059 N/mm²
 corresponding to 1% of the min. Pcr

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	REL-CIV-E-10410	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere annesse	Fg. 18 di 27	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80410

ALLEGATO 1B: CALCOLO RELATIVO AL MEZZO D'OPERA CATERPILLAR MODELLO 572R II

S A I P E M
 TUB_UTI VER. 2.05
 SEST10BE.OE
 CALC. N.1

- O V A L (EN13480) -
 BURIED PIPELINE OVALIZATION

SPC N.1
 PAGE 1

 JOB :023113
 CLIENT :SRG

LOCATION :Sestri
 PLANT :derivazione Sestri
 SPECIFIC :1

CALC. :1
 ND10 live load 572R II

DATE 11/25/2022

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria		REL-CIV-E-10410
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere annesse		Fg. 19 di 27

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80410

S A I P E M
 TUB UTI VER. 2.05
 SEST10BE.OE
 CALC. N.1

SPC N.1
 PAGE 2

- O V A L (EN13480) -
 BURIED PIPELINE OVALIZATION

 GENERAL DATA

Outside diameter	D =	273.00 mm
Thickness	t =	5.56 mm
Elasticity modulus (Young)	E =	206000 N/mm ²
Yield stress	Smys =	358.54 N/mm ²
Pipe specific weight	γp =	77.000 kN/m ³
Thermal Expansion Coefficient	αT =	0.0000117 mm/mm/°C
Max. thermal difference	ΔT =	45.00 °C
Poisson modulus	ν =	0.30
Internal pressure	p =	7.00 N/mm ²

 SOIL DATA

Height of cover	H =	1.500 m
Bedding angle	β =	120.00 deg
Soil specific gravity	γt =	18.000 kN/m ³
Modulus of lateral reaction	E' =	6.90 N/mm ²

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria		REL-CIV-E-10410
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere annesse		Fg. 20 di 27

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80410

SAIPEM
 TUB UTI VER. 2.05
 SEST10BE.OE
 CALC. N.1

SPC N.1
 PAGE 3

- O V A L (EN13480) -
 BURIED PIPELINE OVALIZATION

 AUTOMATIC CHOICE BETWEEN NARROW / WIDE TRENCH

The trench can be considered narrow if is:

$$B < 2 D \quad \text{and} \quad H \geq 1.5 B \quad \text{or} \\ 2 D \leq B \leq 3 D \quad \text{and} \quad H \geq 3.5 B$$

Trench width B = 0.800 m
 Diameter D = 0.273 m
 Height of cover H = 1.500 m

Assumption for trench ==> WIDE TRENCH

 AUTOMATIC CHOICE RIGID PIPE / FLEXIBLE PIPE

Pipe can be considered flexible if is:

$$n = Et/Ep (D/2t)^3 > 1$$

Side fill Young modulus Et = 10.00 N/mm²
 Pipe young modulus Ep = 206000 N/mm²
 External radius D/2= 136.50 mm
 Thickness t = 5.56 mm
 n n = 0.7183

Assumption for pipe ==> RIGID PIPE

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	REL-CIV-E-10410	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere annesse	Fg. 21 di 27	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80410

S A I P E M
 TUB UTI VER. 2.05
 SEST10BE.OE
 CALC. N.1

SPC N.1
 PAGE 4

- O V A L (EN13480) -
 BURIED PIPELINE OVALIZATION

 FILL LOAD CALCULATION
 WIDE TRENCH
 RIGID PIPE

Diameter	D =	273.00 mm
Height of cover	H =	1.500 m
Soil specific gravity	γ_t =	18.000 kN/m ³
Soil friction angle	α =	30.00 deg
Projection Ratio	qr =	0.75
Settlement coefficient	C _{class} =	0.00

RESULTS :

Plane of equal settlement	He =	0.000 m
Coefficient	C2 =	1.000

FILL LOAD	====>	Wt =	7.371 kN/m
-----------	-------	------	------------

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	REL-CIV-E-10410	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere annesse	Fg. 23 di 27	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80410

S A I P E M
 TUB_UTI VER. 2.05
 SEST10BE.OE
 CALC. N.1

SPC N.1
 PAGE 6

- O V A L (EN13480) -
 BURIED PIPELINE OVALIZATION

 DEFLECTION OF THE HORIZONTAL DIAMETER
 DUE TO EXTERNAL LOADS

VERTICAL LOADS :

Fill load	Wt =	7.371 kN/m
Lag Factor	D1 =	1.20
Live load	Wl =	12.137 kN/m
Vertical load	W = D1*Wt+Wl =	20.983 kN/m
Deflection	====> DxW =	1.870 mm

OWN WEIGHT :

Pipe specific weight	γ_p =	77.000 kN/m ³
Pipe weight per unit length	G =	0.360 kN/m
Deflection	====> DxG =	0.020 mm

VERTICAL REACTION :

Bedding angle	β =	120.00 deg
Total reaction	Q =	21.342 kN/m
Distributed reaction	q =	0.092 N/mm/mm
Deflection coefficient		-0.02088
Deflection	====> DxRT =	-0.361 mm

RESULTANT DEFLECTION :

(WITHOUT INTERNAL PRESSURE AND LATERAL SOIL
 REACTION) ====> Dx = 1.529 mm

EFFECT OF SOIL LATERAL REACTION :

Soil lateral reaction modulus	E' =	6.90 N/mm ²
Reduction coefficient	EL =	0.746
Deflection	====> Dx E' =	1.140 mm

EFFECT OF INTERNAL PRESSURE :

Internal pressure	p =	7.00 N/mm ²
Reduction coefficient	pL =	0.499
Deflection	====> Dx p =	0.763 mm

RESULTANT DEFLECTION :

(CONSIDERING BOTH PRESSURE AND LATERAL SOIL
 REACTION) ====> Dx = 0.763 mm

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	REL-CIV-E-10410	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere annesse	Fg. 24 di 27	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80410

S A I P E M
 TUB_UTI VER. 2.05
 SEST10BE.OE
 CALC. N.1

SPC N.1
 PAGE 7

- O V A L (EN13480) -
 BURIED PIPELINE OVALIZATION

 STRESSES OBTAINED COMBINING ALL EFFECTS

Deflection ==> Dx = 0.769 mm

point	BENDING MOMENT [Nm/m]	AXIAL FORCE [kN/m]	SHEAR FORCE [kN/m]
0.00	184	0.166	-10.381
45.00	2	-2.509	-4.116
90.00	-189	-5.280	0.935
135.00	-7	-3.210	3.753
180.00	202	-0.166	0.180

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	REL-CIV-E-10410	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere annesse	Fg. 25 di 27	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80410

S A I P E M
 TUB UTI VER. 2.05
 SEST10BE.OE
 CALC. N.1

SPC N.1
 PAGE 8

- O V A L (EN13480) -
 BURIED PIPELINE OVALIZATION

 STRESS VERIFICATION (VON MISES)
 PIPE FULL RESTRAINED

Hoop Stress $\sigma_{Hoop} = 171.9 \text{ N/mm}^2$
 Longitudinal stress $\sigma_L = -56.9 \text{ N/mm}^2$

point [deg]	σ_B [N/mm ²]	s1 [N/mm ²]	W.F.	s2 [N/mm ²]	W.F.
0.0	35.8	207.6	0.58	241.2	0.67
45.0	0.0	171.8	0.48	206.3	0.58
90.0	35.8	207.7	0.58	241.2	0.67
135.0	0.8	172.7	0.48	207.1	0.58
180.0	39.1	210.9	0.59	244.4	0.68

s1 Total circumferential stress $s1=s1(\sigma_H, \sigma_B)$
 where s_B is the circumferential stress
 due to dead and live loads

s2 Combined stress $s2=s2(\sigma_{Hoop}, \sigma_B, \sigma_L)$
 where σ_L is the longitudinal stress
 due to temperature and Poisson effect

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria	REL-CIV-E-10410	
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere annesse	Fg. 26 di 27	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80410

S A I P E M
 TUB_UTI VER. 2.05
 SEST10BE.OE
 CALC. N.1

SPC N.1
 PAGE 9

- O V A L (EN13480) -
 BURIED PIPELINE OVALIZATION

 BUCKLING VERIFICATION

Diameter D = 273.000 mm
 Thickness t = 5.560 mm
 Mean radius R = 133.720 mm

Pipe Young modulus Ep = 206000 N/mm²
 Poisson modulus v = 0.300
 Yield stress Smys = 358.54 N/mm²

DEFLECTION:

Initial assumed deflection uo = 0.0 mm

RESULTS:

Critical pressure without initial deflection:
 Pcr1 = 4.068 N/mm²
 Critical pressure with an initial deflection uo:
 Pcr2 = 4.068 N/mm²
 Max. calculated pressure due to
 external loads pW = 0.077 N/mm²
 corresponding to 2% of the min. Pcr

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/20045	UNITÀ 000
	LOCALITÀ Regione Emilia-Romagna – Regione Liguria		REL-CIV-E-10410
	PROGETTO/IMPIANTO Rifacimento Metanodotto Derivazione per Sestri Levante DN 400 (16") DP 75 bar ed opere annesse		Fg. 27 di 27

Rif. SAIPEM: 023113-190/A_SPC-LA-E-80410

ALLEGATO 2: CARATTERISTICHE TECNICHE DEI MEZZI OPERATIVI CATERPILLAR

Pipelayers | Specifications

MODEL	561N		572R Series II		583T		589		
Flywheel Power	92 kW	123 hp	179 kW	240 hp	231 kW	310 hp	313 kW	420 hp	
Operating Weight (with full fuel tank and operator)	18 851 kg	37,150 lb	31 845 kg	70,206 lb	45 359 kg	100,000 lb	65 366 kg	151,212 lb	
Engine Model	3126B		3176C		C15 ACERT		3408 TA		
Rated Engine RPM	2100		2100		1850		1900		
No. of Cylinders	6		6		6		8		
Displacement	7.2 L	439 in ³	10.3 L	629 in ³	15.2 L	928 in ³	18 L	1099 in ³	
Lift Capacity at 1.22 m (4'0") Overhang	18 145 kg	40,000 lb	40 800 kg	90,000 lb	63 504 kg	140,000 lb	104 330 kg	230,000 lb	
Standard Boom Length	5.49 m	18'0"	6.1 m	20'0"	7.3 m	24'0"	8.8 m	28'10"	
Width of Standard Shoe	560 mm	22"	660 mm	26"	710 mm	28"	914 mm	36"	
Length of Track on Ground	2.604 m	8'7"	3.176 m	10'5"	3.587 m	11'9"	4.29 m	14'1"	
Ground Contact Area (with standard shoes)	2.93 m ²	4542 in ²	4.19 m ²	6500 in ²	5.10 m ²	7896 in ²	6.96 m ²	12,148 in ²	
Track Gauge	2 m	6'7"	2.235 m	7'4"	2.34 m	7'8"	2.9 m	9'6"	
Fuel Tank Refill Capacity	235 L	62 U.S. gal	479 L	127 U.S. gal	409 L	108 U.S. gal	776 L	205 U.S. gal	
GENERAL DIMENSIONS:									
Height to Top of Stack	3.04 m	10'0"	3.55 m	10'5"	3.43 m	11'3"	3.92 m	12'10"	
Height to Top of Counterweight	1.88 m	6'2"	2.9 m	9'6"	3.41 m	11'2"	2.92 m	9'6"	
Width, Weights Retracted	2.98 m	9'9"	3.66 m	12'0"	3.73 m	12'3"	4.63 m	15'2"	
Minimum Shipping Width (both side frames removed)	2.66 m	8'5"	2.895 m	9'6"	3.46 m	11'4"	3.81 m	12'6"	
Shipping Width (left frame removed)	2.89 m	9'6"	3.66 m	12'0"	3.64 m*	11'11"	—	—	
Overall Length	3.71 m	12'2"	4.74 m	15'6"	5.23 m	17'2"	5.94 m	19'6"	
Ground Clearance	422 mm	16.6"	416 mm	16.4"	537 mm	21.1"	625 mm	2'0.6"	
DRUMS and CABLES:									
Drum Capacity	Load	73 m	239'	80 m	263'	181 m	594'	152 m	500'
	Boom	49.4 m	162'	52 m	170'	181 m	594'	93 m	305'
Cable Diameter	Load	16 mm	0.62"	19 mm	0.75"	19 mm	0.75"	22 mm	0.88"
	Boom	16 mm	0.62"	19 mm	0.75"	19 mm	0.75"	22 mm	0.88"
Drum Diameter	Load	216 mm	8.5"	254 mm	10"	317 mm	12.5"	343 mm	13.5"
	Boom	245 mm	9.63"	224 mm	8.5"	317 mm	12.5"	343 mm	13.5"
Adjustable Counterweights		14 @		2 @		2 @		7 @	
		177 kg ea	390 lb ea	370 kg ea	815 lb ea	300 kg ea	662 lb ea	1315 kg ea	2900 lb ea
				7 @		5 @			
				479 kg ea	1055 lb ea	430 kg ea	948 lb ea		
						6 @			
						535 kg ea	1180 lb ea		
Total Weight Extendable		3270 kg	7210 lb	5073 kg	11,184 lb	9036 kg	19,920 lb	11 854 kg	26,130 lb
LGP Option									
Operating Weight 610 mm (24")		17 029 kg	37,550 lb						
Shipping Width:									
Boom Removed		3.18 m	10'5"						
Counterweight Removed		3.09 m	10'2"						
Frame, Brackets, Winches Removed		2.76 m	9'1"						
Track Shoe Width		610 mm	24"						
		760 mm	30"						
Ground Contact Area:									
610 mm (24") Shoes		3.18 m ²	4929 in ²						
760 mm (30") Shoes		3.96 m ²	6138 in ²						

*Boom and counterweight only removed.