



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Assessorato dei lavori pubblici

Ente acque della Sardegna

Servizio Progetti e Costruzioni



**“Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale”
CIG- 7291196547- CUP: I86B05000050002**

PROGETTO ESECUTIVO

OGGETTO DELL'ELABORATO

Relazione tecnica strutturale
Porto Torres
Verifica delle tubazioni in acciaio

ID ELABORATO

R.5.10

SCALA

-

CODIFICA ELAB

R.5.10-ENAS539Rrts005R2

Responsabile dell'integrazione delle prestazioni
specialistiche e coordinatore di progetto:
Ing. Damiano Galbo (H.E. s.s.)

Responsabile progettazione strutturale e geotecnica:

Ing. Pietro Diliberto (S.T.P. s.r.l.)

Collaboratori:

Ing. Ettore Galbo (H.E. s.s.)

Responsabile della progettazione idraulica:

Ing. Mariano Galbo (H.E. s.s.)

Collaboratori:

Ing. Damiano Galbo (H.E. s.s.)

Prof. Ing. Gabriele Freni

Ing. Fulvio Galbo (H.E. s.s.)

Ing. Piera De Luca (H.E. s.s.)

Il Responsabile Unico del Procedimento
Ing. Stefano Serra

Responsabile della progettazione impianti elettrici e TLC:
Ing. Giovanni Gabellone (H.E. s.s.)

Responsabile rilievi GPS/LS:

Geom. Alberto Bianco

Collaboratori:

Geom. Lorenzo Verme (H.E. s.s.)

Responsabile coordinamento sicurezza in fase di progetto:

Ing. Mariano Galbo (H.E. s.s.)

Collaboratori:

Ing. Giampiero Pili (S.T.P. s.r.l.)

Ing. Giovambattista Lombardo (H.E. s.s.)



(Capogruppo Mandataria)



(Mandante)



Prof. Ing. Gabriele Freni
(Mandante)



Dott. Geol. Mario Strinna
(Mandante)



Società cooperativa
(Mandante)

2	settembre 2019	Osservazioni verificatore	STP	PD	DG
1	Aprile 2019	Istruttoria RUP 12-03-2019	STP	PD	DG
0	FEBBRAIO 2019	PRIMA EMISSIONE	STP	PD	DG
REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	RED.	VER.	APPR.



Sommario

1	Relazione di calcolo	2
1.1	Analisi dei carichi	3
1.2	Verifica a pressoflessione	3
1.3	Verifica dell'inflessione diametrale.....	3
2	Tabulati di calcolo	5
2.1	Tubazione DN600.....	5
2.2	Tubazione DN800.....	7
2.3	Tubazione DN1000.....	9



1 Relazione di calcolo

Il comportamento statico di una condotta interrata dipende dall'interazione della condotta con il terreno circostante, in funzione della rigidità (o flessibilità) della stessa che determina reazioni differenti da parte del terreno.

Una condotta risulta flessibile quando, mobilitatasi la reazione del terreno, subisce deformazioni significative della struttura prima di giungere alla rottura.

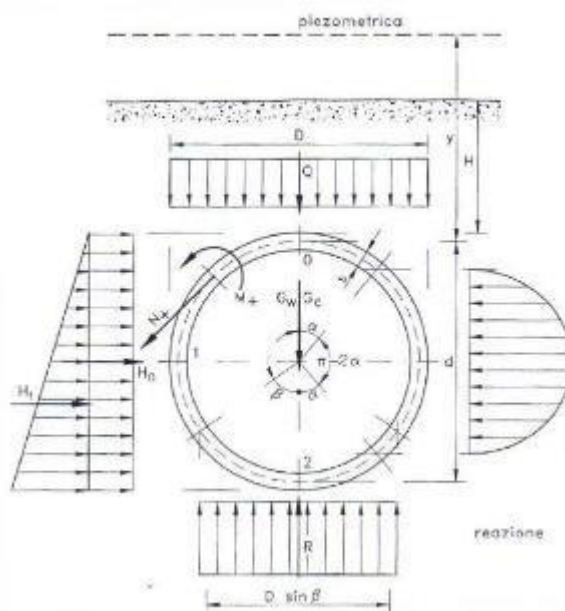
Si riportano di seguito i calcoli riguardanti la verifica statica **in regime elastico** di una tubazione. Le verifiche statiche di seguito svolte seguono l'impostazione di calcolo illustrata nei seguenti testi:

- *Da Deppo, Datei – Fognature 2014 – Edizioni Progetto Padova*
- *AA.VV. - Centro Studi Deflussi Urbani - Sistemi di Fognatura. Manuale di Progettazione 1997 - Hoepli*

Il calcolo dei carichi ovalizzanti è svolto con il **metodo di Marston & Spangler**.

La verifica statica segue l'impostazione **Spangler**, in base alla quale il comportamento statico della tubazione è riconducibile a quello di un anello elastico sottile.

Una condotta interrata è soggetta a carichi verticali costituiti dal peso del terreno di ricoprimento, da eventuali sovraccarichi accidentali e dal peso dell'acqua contenuta che tendono ad ovalizzare la condotta. La reazione del terreno circostante alla spinta della condotta contrasta l'ovalizzazione della condotta contribuendo a migliorarne la stabilità; in particolare, se la condotta si deforma di più del terreno che la circonda, sarà sollecitata in modo minore poiché deformandosi sensibilmente coinvolge il terreno di rinfiando a collaborare alla resistenza.



1.1 Analisi dei carichi

Si determinano i seguenti carichi agenti

- carico verticale dovuto al rinterro, in funzione del tipo di posa, (trincea stretta o larga)
- sovraccarichi mobili concentrati e distribuiti
- carico verticale dovuto alla massa d'acqua contenuta nella condotta
- calcolo del carico verticale per pressione idrostatica esterna
- calcolo del diagramma di spinta trapezoidale del terreno laterale sulla tubazione;

1.2 Verifica a pressoflessione

In tre sezioni significative (al vertice, sui fianchi a metà condotta e sul fondo) si calcolano le sollecitazioni N ed M, le tensioni di pressoflessione esterna e interna nelle suddette sezioni e si esegue la verifica: $s < s_{amm}$

1.3 Verifica dell'inflessione diametrale

Per il calcolo dell'inflessione diametrale verticale si usa la seguente formula:



$$Dy = \frac{(D_e \cdot W_c + W_L) K_x r^3}{EI + 0.061 K_a E_t r^3} + D_a$$

in cui

D_e = fattore di ritardo

W_c = carico verticale del suolo sulla generatrice superiore della condotta W_L = carico verticale totale sulla generatrice superiore della condotta

K_x = coefficiente di inflessione (dipende da appoggio al suolo) r = raggio della fibra media

E = modulo elastico della condotta I = momento di inerzia

E_t = modulo elastico del terreno

K_a , D_a = parametri che consentono di passare da inflessione media e inflessione massima caratteristica (frattile 0,95)

Si verifica che

$$\frac{Dy}{D} < \left(\frac{Dy}{D} \right)_{lim}$$

Seguono le analisi dei carichi e le verifiche per le tubazioni (DN600, DN800 e DN1000) che saranno interrate lungo le diverse linee interne all’impianto di Porto Torres.



2 Tabulati di calcolo

2.1 Tubazione DN600

DATI CONDOTTA	
Nome condotta:	Porto Torres
CARATTERISTICHE DELLA CONDOTTA	
Tipo condotta:	Condotta in pressione
Pressione di esercizio [mca]	18.9
Comportamento statico:	Condotta flessibile
Diametro esterno [mm]:	600
Spessore [mm]:	6.3
Materiale:	acciaio
Modulo elastico[Mpa]:	2100
Peso specifico [kN/m³]:	78.5
CARATTERISTICHE DI POSA	
Altezza rinterro [m]:	1.75
Larghezza del fondo trincea [m]:	2.33
Inclinazione trincea [m/m]:	1
Ampiezza di appoggio (2alfa):	180°
CARATTERISTICHE DEL TERRENO	
Terreno:	- Riporto
Costipamento:	Costipamento leggero
Modulo elastico [Mpa]:	24
Peso specifico [kN/m³]:	14.5
Angolo di attrito [°]:	25
Altezza falda sulla generatrice sup [m] *:	0
DATI SOVRACCARICHI	
Fattore dinamico:	strade e autostrade
Sovraccarichi concentrati	
Tipo di convoglio:	HT 45
Sovraccarichi distribuiti	
Sovraccarico vert. mobile distribuito [kN/m²]:	0
Larghezza area di impronta [m]:	0
Lunghezza area di impronta [m]:	0

*Altezza Falda = 0 indica falda assente

RISULTATI CONDOTTA	
Nome condotta:	Porto Torres
Coefficiente di elasticità:	4.1
ANALISI DEI CARICHI	
Tipo di trincea	
Peso proprio della tubazione Gc [kN/m]:	0.92



*"Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale"*
Progetto esecutivo

Carico vert. per massa d'acqua in condotta Gw [kN/m]:	2.66
Carico dovuto al rinterro [kN/m]:	26.1
Carico vert. sovraccarichi mobili concentrati [kN/m]:	21.98
Carico vert. sovraccarichi mobili distribuiti [kN/m]:	0
Carico per pressione idrostatica esterna [kN/m]:	0
Carico verticale tot. Qv * [kN/m]:	39.05
Carico piezometrico (cond. in pressione) [kN/m]:	18.3
Spinta orizz. uniform. distribuita [kN/m]:	6.18
Spinta orizz. linearm. distribuita [kN/m]:	1.06
VERIFICA INFLESSIONE DIAMETRALE	
Deformazione verticale [cm]:	0.4737
Rapporto Dy/D [%]:	0.7896
Rapporto Dy/D limite [%]:	5
Stato della verifica:	Verifica soddisfatta
VERIFICA SEZIONE AL VERTICE	
Ntot [kN/m]:	-2.53
Aliquote di N in funzione dei carichi * [kN/m]:	-0.02; -0.49; 0; 0.33; 3.09; -5.43
Mtot [kN/m]:	1.26
Aliquote di M in funzione dei carichi * [kN/m]:	0.02; 0.04; 1.46; -0.03; -0.23; 0
tensione normale esterna [MPa]:	189.49
tensione normale interna [MPa]:	-190.29
tensione normale limite [MPa]:	200
Stato della verifica:	Verifica soddisfatta

*In ordine Gc, Gw, Qv, Ht, Ho; pressione
dove Gc = peso proprio della tubazione
Gw = peso dell'acqua di riempimento
Qv = carico rinterro + carico accidentale
Ht = spinta orizzontale linearmente distribuita
Ho = spinta orizzontale uniformemente distribuita.

RISULTATI CONDOTTA	
Nome condotta:	Porto Torres
VERIFICA SEZIONE AI FIANCHI (MEZZERIA)	
Ntot [kN/m]:	14.14
Aliquote di N in funzione dei carichi * [kN/m]:	0.23; -0.18; 19.52; 0; 0; -5.43
Mtot [kN/m]:	-1.26
Aliquote di M in funzione dei carichi* [kN/m]:	-0.02; -0.05; -1.46; 0.04; 0.23; 0
tensione normale esterna [MPa]:	-187.56
tensione normale interna [MPa]:	192.05
tensione normale limite [MPa]:	200
Stato della verifica:	Verifica soddisfatta
VERIFICA SEZIONE SUL FONDO	
Ntot [kN/m]:	-2.79
Aliquote di N in funzione dei carichi * [kN/m]:	0.02; -1.2; 0; 0.73; 3.09; -5.43
Mtot [kN/m]:	1.26
Aliquote di M in funzione dei carichi * [kN/m]:	0.02; 0.06; 1.46; -0.05; -0.23; 0



tensione normale esterna [MPa]:	189.7
tensione normale interna [MPa]:	-190.58
tensione normale limite [MPa]:	200
Stato della verifica:	Verifica soddisfatta

2.2 Tubazione DN800

DATI CONDOTTA	
Nome condotta:	Porto Torres
CARATTERISTICHE DELLA CONDOTTA	
Tipo condotta:	Condotta in pressione
Pressione di esercizio [mca]	18.9
Comportamento statico:	Condotta flessibile
Diametro esterno [mm]:	800
Spessore [mm]:	7.1
Materiale:	acciaio
Modulo elastico[Mpa]:	2100
Peso specifico [kN/m³]:	78.5
CARATTERISTICHE DI POSA	
Altezza rinterro [m]:	7.1
Larghezza del fondo trincea [m]:	2.33
Inclinazione trincea [m/m]:	1
Ampiezza di appoggio (2alfa):	180°
CARATTERISTICHE DEL TERRENO	
Terreno:	- Riporto
Costipamento:	Costipamento leggero
Modulo elastico [Mpa]:	24
Peso specifico [kN/m³]:	14.5
Angolo di attrito [°]:	25
Altezza falda sulla generatrice sup [m] *:	0
DATI SOVRACCARICHI	
Fattore dinamico:	strade e autostrade
Sovraccarichi concentrati	
Tipo di convoglio:	HT 45
Sovraccarichi distribuiti	
Sovraccarico vert. mobile distribuito [kN/m²]:	0
Larghezza area di impronta [m]:	0
Lunghezza area di impronta [m]:	0

*Altezza Falda = 0 indica falda assente

RISULTATI CONDOTTA	
Nome condotta:	Porto Torres
Coefficiente di elasticità:	4.1
ANALISI DEI CARICHI	
Tipo di trincea	
Peso proprio della tubazione Gc [kN/m]:	1.39



*"Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale"*
Progetto esecutivo

Carico vert. per massa d'acqua in condotta Gw [kN/m]:	4.75
Carico dovuto al rinterro [kN/m]:	139.29
Carico vert. sovraccarichi mobili concentrati [kN/m]:	21.98
Carico vert. sovraccarichi mobili distribuiti [kN/m]:	0
Carico per pressione idrostatica esterna [kN/m]:	0
Carico verticale tot. Qv * [kN/m]:	143.72
Carico piezometrico (cond. in pressione) [kN/m]:	18.3
Spinta orizz. uniform. distribuita [kN/m]:	33.43
Spinta orizz. linearm. distribuita [kN/m]:	1.88
VERIFICA INFLESSIONE DIAMETRALE	
Deformazione verticale [cm]:	1.9414
Rapporto Dy/D [%]:	2.4268
Rapporto Dy/D limite [%]:	5
Stato della verifica:	Verifica soddisfatta
VERIFICA SEZIONE AL VERTICE	
Ntot [kN/m]:	9.13
Aliquote di N in funzione dei carichi * [kN/m]:	-0.04; -0.88; 0; 0.59; 16.71; -7.25
Mtot [kN/m]:	5.57
Aliquote di M in funzione dei carichi * [kN/m]:	0.03; 0.11; 7.18; -0.08; -1.67; 0
tensione normale esterna [MPa]:	664.01
tensione normale interna [MPa]:	-661.44
tensione normale limite [MPa]:	200
Stato della verifica:	Verifica soddisfatta

*In ordine Gc, Gw, Qv, Ht, Ho; pressione
dove Gc = peso proprio della tubazione
Gw = peso dell'acqua di riempimento
Qv = carico rinterro + carico
accidentale
Ht = spinta orizzontale linearmente
distribuita Ho = spinta orizzontale
uniformemente distribuita

RISULTATI CONDOTTA	
Nome condotta:	Porto Torres
VERIFICA SEZIONE AI FIANCHI (MEZZERIA)	
Ntot [kN/m]:	64.63
Aliquote di N in funzione dei carichi * [kN/m]:	0.35; -0.32; 71.86; 0; 0; -7.25
Mtot [kN/m]:	-5.57
Aliquote di M in funzione dei carichi* [kN/m]:	-0.03; -0.12; -7.18; 0.09; 1.67; 0
tensione normale esterna [MPa]:	-653.41
tensione normale interna [MPa]:	671.62
tensione normale limite [MPa]:	200
Stato della verifica:	Verifica soddisfatta
VERIFICA SEZIONE SUL FONDO	
Ntot [kN/m]:	8.65
Aliquote di N in funzione dei carichi * [kN/m]:	0.04; -2.14; 0; 1.29; 16.71; -7.25
Mtot [kN/m]:	5.57



Aliquote di M in funzione dei carichi * [kN/m]:	0.04; 0.13; 7.18; -0.11; -1.67; 0
tensione normale esterna [MPa]:	664.27
tensione normale interna [MPa]:	-661.84
tensione normale limite [MPa]:	200
Stato della verifica:	Verifica soddisfatta

2.3 Tubazione DN1000

DATI CONDOTTA	
Nome condotta:	Porto Torres
CARATTERISTICHE DELLA CONDOTTA	
Tipo condotta:	Condotta in pressione
Pressione di esercizio [mca]	18.9
Comportamento statico:	Condotta flessibile
Diametro esterno [mm]:	1000
Spessore [mm]:	8.8
Materiale:	acciaio
Modulo elastico [Mpa]:	2100
Peso specifico [kN/m³]:	78.5
CARATTERISTICHE DI POSA	
Altezza rinterro [m]:	5.5
Larghezza del fondo trincea [m]:	2.33
Inclinazione trincea [m/m]:	1
Ampiezza di appoggio (2alfa):	180°
CARATTERISTICHE DEL TERRENO	
Terreno:	- Riporto
Costipamento:	Costipamento leggero
Modulo elastico [Mpa]:	24
Peso specifico [kN/m³]:	14.5
Angolo di attrito [°]:	25
Altezza falda sulla generatrice sup [m] *:	0
DATI SOVRACCARICHI	
Fattore dinamico:	strade e autostrade
Sovraccarichi concentrati	
Tipo di convoglio:	HT 45
Sovraccarichi distribuiti	
Sovraccarico vert. mobile distribuito [kN/m²]:	0
Larghezza area di impronta [m]:	0
Lunghezza area di impronta [m]:	0

*Altezza Falda = 0 indica falda assente

RISULTATI CONDOTTA	
Nome condotta:	Porto Torres
Coefficiente di elasticità:	4.1
ANALISI DEI CARICHI	
Tipo di trincea	
Peso proprio della tubazione Gc [kN/m]:	2.15



*"Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale"*
Progetto esecutivo

Carico vert. per massa d'acqua in condotta Gw [kN/m]:	7.43
Carico dovuto al rinterro [kN/m]:	135.43
Carico vert. sovraccarichi mobili concentrati [kN/m]:	21.98
Carico vert. sovraccarichi mobili distribuiti [kN/m]:	0
Carico per pressione idrostatica esterna [kN/m]:	0
Carico verticale tot. Qv * [kN/m]:	142.53
Carico piezometrico (cond. in pressione) [kN/m]:	18.3
Spinta orizz. uniform. distribuita [kN/m]:	32.37
Spinta orizz. linearm. distribuita [kN/m]:	2.94
VERIFICA INFLESSIONE DIAMETRALE	
Deformazione verticale [cm]:	1.9131
Rapporto Dy/D [%]:	1.9131
Rapporto Dy/D limite [%]:	5
Stato della verifica:	Verifica soddisfatta
VERIFICA SEZIONE AL VERTICE	
Ntot [kN/m]:	6.6
Aliquote di N in funzione dei carichi * [kN/m]:	-0.06; -1.38; 0; 0.92; 16.18; -9.07
Mtot [kN/m]:	6.99
Aliquote di M in funzione dei carichi * [kN/m]:	0.06; 0.21; 8.9; -0.15; -2.02; 0
tensione normale esterna [MPa]:	542.58
tensione normale interna [MPa]:	-541.08
tensione normale limite [MPa]:	200
Stato della verifica:	Verifica soddisfatta

*In ordine Gc, Gw, Qv, Ht, Ho; pressione
dove Gc = peso proprio della tubazione
Gw = peso dell'acqua di riempimento
Qv = carico rinterro + carico
accidentale
Ht = spinta orizzontale linearmente
distribuita Ho = spinta orizzontale
uniformemente distribuita

RISULTATI CONDOTTA	
Nome condotta:	Porto Torres
VERIFICA SEZIONE AI FIANCHI (MEZZERIA)	
Ntot [kN/m]:	62.23
Aliquote di N in funzione dei carichi * [kN/m]:	0.54; -0.51; 71.26; 0; 0; -9.07
Mtot [kN/m]:	-6.99
Aliquote di M in funzione dei carichi* [kN/m]:	-0.07; -0.23; -8.9; 0.18; 2.02; 0
tensione normale esterna [MPa]:	-534.48
tensione normale interna [MPa]:	548.62
tensione normale limite [MPa]:	200
Stato della verifica:	Verifica soddisfatta
VERIFICA SEZIONE SUL FONDO	
Ntot [kN/m]:	5.85
Aliquote di N in funzione dei carichi * [kN/m]:	0.06; -3.35; 0; 2.02; 16.18; -9.07
Mtot [kN/m]:	7



*“Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale”*
Progetto esecutivo

Aliquote di M in funzione dei carichi * [kN/m]:	0.07; 0.26; 8.9; -0.21; -2.02; 0
tensione normale esterna [MPa]:	542.9
tensione normale interna [MPa]:	-541.57
tensione normale limite [MPa]:	200
Stato della verifica:	Verifica soddisfatta