

CONSORZIO DI BONIFICA "VELIA"

Località Piano della Rocca, 84060
Prignano Cilento (SA)

Tel. 0974/837206 - Fax. 0974/837154 - Pec: consorziovelia@pec.it - www.consorziovelia.com

PIANO STRAORDINARIO DI DIFESA IDRAULICA E IDROGEOLOGICA NEI
BACINI DEL FIUME ALENTO E DELLA FIUMARELLA DI ASCEA (3° STRALCIO)
C.U.P. E66J16001120005

INTERVENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DEL RETICOLO IDRAULICO DI BONIFICA

Livello di progettazione

Fattib. tecnico - economica

Progetto definitivo

Progetto esecutivo

Cod. elaborato

F3.a

Scala

Data

Agosto 2018

Revisione

1 2 3 4 5 6

Titolo elaborato

Relazione di verifica statica e deformazione
(Condotte)

TIPOLOGIA ELABORATO	<input type="checkbox"/> Descrittivo	<input type="checkbox"/> Grafico	<input checked="" type="checkbox"/> Calcolo
<input type="checkbox"/> Economico	<input type="checkbox"/> Sicurezza	<input type="checkbox"/> Disciplinare/Contrattuale	<input type="checkbox"/> Altro

PROGETTISTA

Velia Ingegneria e Servizi Srl

Ing. Gaetano Suppa

Iscritto all'Albo degli Ingegneri di Salerno n. 1854 dal 12.09.1983

GEOLOGO

Dott. Geol. Angelo Elia

Iscritto all'Albo dei Geologi della
Regione Campania n. 582 dal 11.02.1988

R.U.P.

Consorzio di Bonifica "Velia"

Ing. Giancarlo Greco

Riferimenti archivio digitale: N.24.07.2018/Ve.Ing.

VERIFICA STATICA E DEFORMAZIONE DELLA CONDOTTA

1.0 Premessa

Lo scopo delle verifiche riportate nella presente relazione è di accertare che le tubazioni in progetto siano in grado di resistere, con un adeguato margine di sicurezza, ai carichi agenti su di esse, rispettando le condizioni necessarie per il normale esercizio ed assicurandone la conservazione e la funzionalità nel tempo. La verifica statica di una tubazione interrata consiste, quindi, nel controllare che i carichi agenti sulla struttura provochino tensioni e deformazioni ammissibili, cioè compatibili con la geometria e il materiale della tubazione e con le esigenze di progetto e di funzionalità. Il criterio di verifica da adottare dipende dal comportamento della tubazione nei confronti della deformabilità, cioè dalla "elasticità in sito". Il comportamento statico di una tubazione interrata dipende dalla resistenza del materiale costituente la condotta, da quella del materiale che la circonda e da come quest'ultimo è sistemato, cioè dalla metodologia di posa e dalla tipologia dell'appoggio che concorrono a contrastare l'ovalizzazione del tubo.

In particolare le verifiche, di seguito riportate, riguardano le tubazioni da realizzarsi negli interventi T_2 – T_3 – T_5 – T_8 (sezioni circolari) e T_7 – T_10 – T_11 – T_12 – T_13 (sezioni ribassate) relative al progetto *"Piano stralcio di difesa idraulica e idrogeologica nei bacini del fiume Alento e della Fiumarella di Ascea (3° Stralcio). Interventi di manutenzione straordinaria del reticolo idraulico di bonifica"*.

2.0 Normativa di riferimento

La progettazione, la costruzione e il collaudo delle tubazioni sono regolati in Italia dalla "Normativa tecnica sulle tubazioni", contenuta nel Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 12.12.1985, pubblicata sul n.61 della GU del 14.3.1986.

Altri riferimenti non italiani che sono stati considerati nei calcoli che seguono sono rappresentati dalle linee guida dell'American Iron and Steel Institute *"Handbook of steel drainage & highway construction products – 1994"*, Australian/New Zealand Standard – Buried corrugated metal structures e Canadian Highway Bridge Design Code *"Handbook of steel drainage & highway construction products – 2007"*.

3.0 Metodologia di calcolo

Il calcolo della condotta si fonda sulla teoria dell'anello compresso, la struttura metallica, grazie alla sua elasticità, interagisce con il terreno circostante, i carichi trasmessi dal terreno vengono trasferiti in modo uniforme a tutta la superficie della condotta. La struttura è quindi compressa e la sollecitazione indotta, "C" (compressione dell'anello) è proporzionale a:

- la pressione esercitata dal terreno sull'anello, "PT";
- il raggio di curvatura volta della struttura, "RT" (nel caso di una struttura a sezione circolare RT coincide con la metà del diametro);

secondo la formula: $C = PT \cdot RT$

La teoria ammette che il terreno trasferisca in modo omogeneo i carichi alla struttura metallica e che questa reagisca in modo uniforme, senza punti di discontinuità.

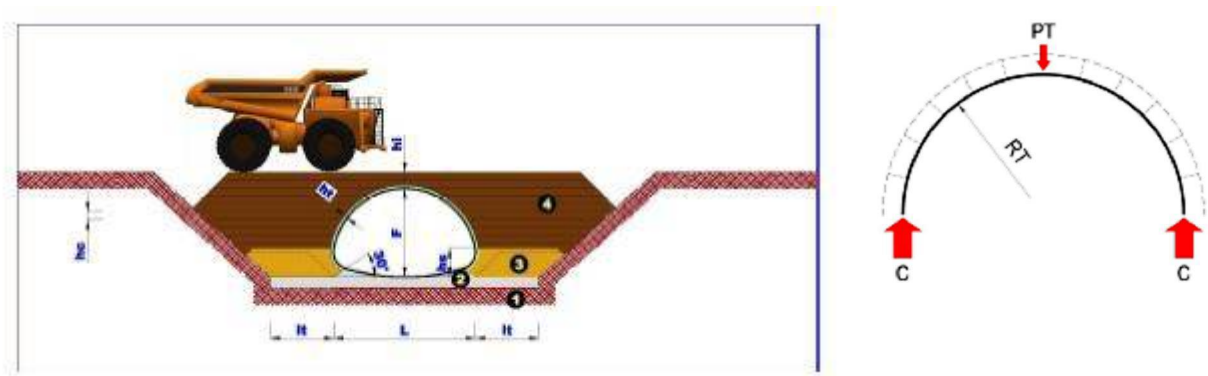


Figura 0 – Interazione Struttura-Terreno

Quindi riveste una grande importanza:

-la realizzazione del blocco tecnico, ossia la composizione ed il grado di compattazione con cui vengono selezionati e stesi i materiali che costituiscono il sottofondo ed il ricoprimento della condotta, materiali che devono assicurare che, effettivamente, ai fini della tenuta della condotta, la pressione del terreno PT si traduca completamente in pressione radiale C;

-il dimensionamento delle giunzioni delle piastre che costituiscono la condotta, perché devono essere in grado di garantire continuità alla struttura.

Per un blocco tecnico eseguito a regola d'arte sono ammissibili deformazioni inferiori o uguali al 2 % della freccia teorica della condotta.

In qualsiasi caso la struttura in lamiera è in grado di comportarsi in modo elastico anche in presenza di deformazioni inferiori o uguali al 5 % della freccia della condotta

4.0 Caratteristiche dei materiali

Le condotte vengono prodotte con materiali aventi le caratteristiche seguenti:

PIASTRE

Le lamiere in acciaio del tipo S235JR, secondo la norma EN 10025-2 Aprile 2005, devono avere le seguenti caratteristiche meccaniche:

Carico unitario di rottura a trazione R_m 2360 N/mm²

Allungamento percentuale

$2.00 < Sp. < 1.00 \text{ mm}$	A 18%	$2.50 < Sp. < 3.00 \text{ mm}$	A 21%
$2.00 < Sp. < 2.50 \text{ mm}$	A 20%	$40.00 < Sp. < 3.00 \text{ mm}$	A 26%

Le dimensioni delle lamiere sono nominali e si riferiscono alle lamiere di origine grezze, non zincate; per esse valgono le tolleranze secondo la norma EN 10051; anche i pesi, essendo teorici, sono variabili in funzione delle dimensioni reali delle lamiere.

BULLONERIA

Vengono utilizzati bulloni ad alta resistenza classe 8.8, aventi le caratteristiche meccaniche indicate nella norma EN ISO 898-1 (viti) e nella norma EN ISO 898-2 (dadi).

PROTEZIONE SUPERFICIALI

Ai fini della protezione contro la corrosione si prescrive per le piastre e la bulloneria una zincatura per immersione in bagno caldo con un quantitativo di zinco dello spessore delle piastre e del tipo di bulloneria, ciò conforme alla norma EN ISO 1461: 2009, o ad altre norme vigenti. La protezione è idonea ad assicurare la durata del prodotto in condizioni ambientali ordinarie.

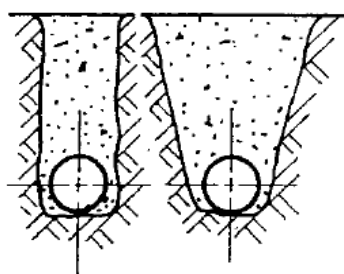
4.0 Le azioni sulle tubazioni interrate

4.1 AZIONE VERTICALE DOVUTA DAL TERRENO DI RINTERRO

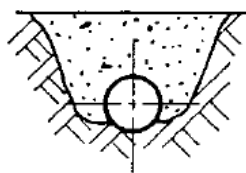
Per poter determinare lo stato tensionale nella tubazione è necessario determinare l'entità delle azioni esterne. L'azione dovuta al terreno di ricoprimento è diversa a seconda delle condizioni di posa della tubazione e a seconda che questa sia flessibile o possa essere considerata indeformabile. Per quanto riguarda le condizioni di posa la NORMA UNI 7517, distingue 4 condizioni di posa, schematicamente rappresentate nella Fig. 1, e prende inoltre in esame i casi di tubazioni poste nello stesso scavo, alla stessa quota o a quote diverse.

Le quattro condizioni di posa sono le seguenti:

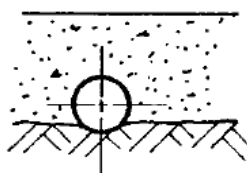
- posa in trincea stretta;
- posa in trincea larga;
- posa in trincea larga con rinterro indefinito;
- posa in trincea stretta con rinterro indefinito.



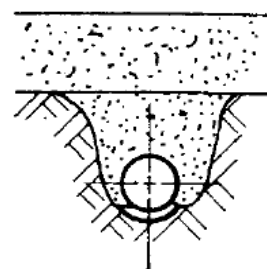
Posa in trincea stretta



Posa in trincea larga



Posa con rinterro indefinito



Posa in trincea stretta con rinterro indefinito

Figura 1 – Condizioni di posa dei tubi previste dalla NORMA UNI 7517

4.1.1 Posa in trincea stretta

La condizione di posa in trincea stretta si ha quando è verificata una delle due seguenti relazioni:

$$H \leq 1,5B \quad \text{per} \quad B \leq 2D \quad (2)$$

$$H \leq 3,5B \quad \text{per} \quad 2D \leq B \leq 3D \quad (3)$$

dove D è il diametro esterno della tubazione, B la larghezza della trincea di scavo in corrispondenza della generatrice superiore del tubo e H l'altezza del ricoprimento sopra tale generatrice. La larghezza raccomandata da normativa per la trincea a livello della generatrice inferiore del tubo è all'incirca $D + 0,5$ m, essendo D il diametro esterno del tubo, in m.

Nel caso di posa in trincea stretta occorre distinguere i tubi deformabili da quelli rigidi; i primi si deformano più del terreno circostante e ciò si verifica quando è soddisfatta la seguente relazione:

$$n = \frac{E_s}{E_t} \left(\frac{R}{s} \right)^3 \geq 1 \quad (4)$$

essendo E_s e E_t i moduli di elasticità rispettivamente del terreno di posa e del tubo, s lo spessore e R il raggio mediano del tubo ($R = R_i + s/2$). Se invece il coefficiente n definito dalla (4) risulta minore di 1, il tubo è da considerare indeformabile.

Per tubi deformabili posati in trincea stretta, il terreno di ricoprimento esercita, per unità di lunghezza del tubo, un'azione verticale P_v che, secondo Marston, è data dalla relazione (5):

$$P'_1 = c_t \gamma_t D B \quad (5)$$

nella quale D e B hanno il significato visto in precedenza, γ_t è il peso specifico del terreno di rinterro e c_t un coefficiente di carico del terreno nella posa in trincea stretta; tale coefficiente si ricava dai diagrammi riportati in Fig. 2. Le curve che danno i valori di c_t sono tracciate per diversi valori dell'angolo di attrito interno del terreno; quindi si deve scegliere la curva appropriata in base al tipo di terreno.

Figura 2 – Coefficiente di Marston in funzione di H/B

Per tubi rigidi ($n < 1$) in trincea stretta, l'azione P_v del terreno di ricoprimento, sempre per unità di lunghezza di tubazione, è invece data dalla:

$$P'_1 = ct \cdot t \cdot B^2 \quad (6)$$

Il valore del coefficiente ct , nel caso di tubazione rigida, si può ricondurre a quello ricavato per le tubazioni deformabili; in conclusione è possibile utilizzare gli stessi tipi di grafici (Fig. 2).

4.1.2 Posa in trincea larga e posa con rinterro indefinito

Nel caso di trincea larga e per posa con rinterro indefinito il carico dovuto al rinterro è calcolabile tramite la formula:

$$P'_1 = ce \cdot t \cdot D^2 \quad (7)$$

Si ricorda che un tubo è posato in trincea larga quando non sono rispettate le relazioni tra B , D , H indicate nelle (2) e (3), vedi Fig. 3 riportata di seguito.

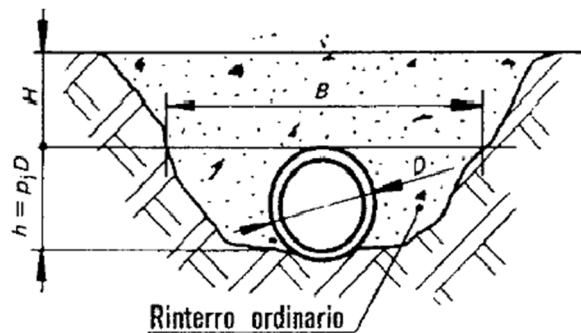
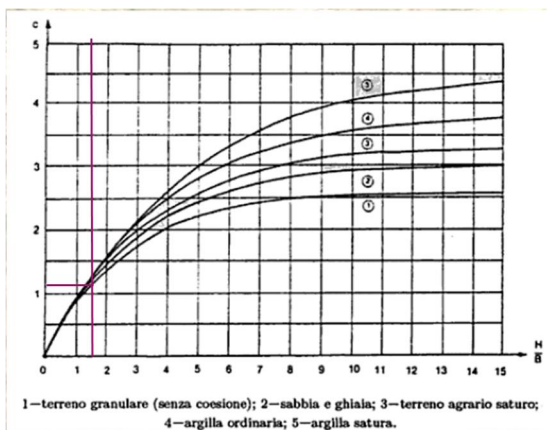


Figura 3 – Posa in trincea larga



Si dice, invece, che un tubo è posato con rinterro indefinito quando lo scavo è poco profondo, in terreno naturale, e quando è ricoperto quasi interamente da terreno di riporto di tipo naturale, solitamente lo stesso terreno di scavo (vedi Fig. 4).

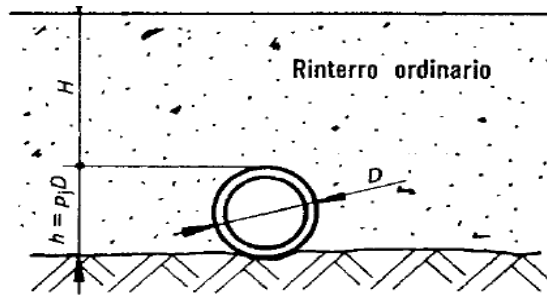


Figura 4 - Posa con rinterro indefinito

Il grafico da cui ricavare il coefficiente c_e per i sopracitati tipi di posa è il seguente, (Fig. 5):

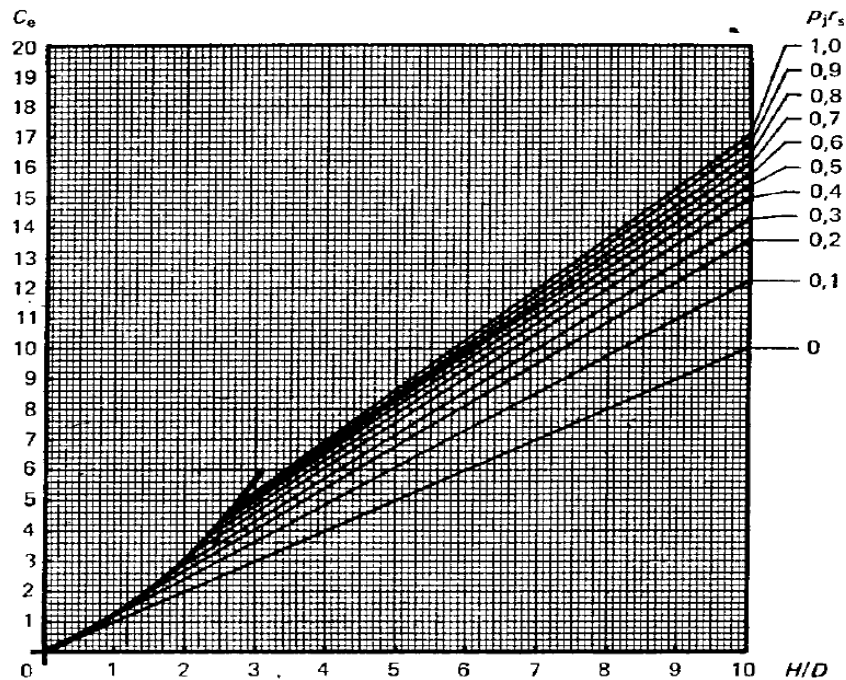


Figura 5

Valori del coefficiente c_e per posa in trincea larga e per posa con rinterro indefinito

Si ricorda che le curve della Fig. 5, che danno il valore di c_e , sono tracciate: per un angolo di attrito interno del terreno pari a 31° , cioè per un terreno sabbioso non stabilizzato. I valori di c_e sono perciò più bassi nel caso di un angolo di attrito interno minore di 31° .

Tuttavia i valori del coefficiente c_e ricavabili dal grafico possono ritenersi accettabili, cioè affetti da un errore ridotto, anche nel caso di terreni con angolo di attrito interno diverso da quello sopraindicato.

Per il valore del prodotto $p_j r_s$. Il valore p_j è il rapporto di proiezione, ricavabile come h/D (vedi figura 4), che dipende dall'angolo di appoggio della tubazione; il coefficiente r_s rappresenta il tasso di assestamento, che risulta essere un fattore empirico che rispecchia i differenti assestamenti della tubazione e del terreno che avvolge quest'ultima. Il coefficiente r_s assume valore pari a 1 per qualsiasi terreno nella posa in trincea larga, mentre nel caso di rinterro indefinito varia al variare del tipo di terreno di posa:

- $r_s = 1$ per roccia o terreno stabilizzato;
- $r_s = 0,8 \div 0,5$ per terreni ordinari;
- $r_s = 0,5 \div 0$ per terreni friabili.

4.1.3 Posa in trincea stretta e posa con rinterro indefinito

Una condotta si dice posata in trincea stretta con rinterro indefinito quando è posata in uno scavo stretto interrato fino al livello del terreno naturale, mentre lo stesso è ricoperto con terreno di tipo ordinario fino ad una determinata altezza (vedi Fig. 6).

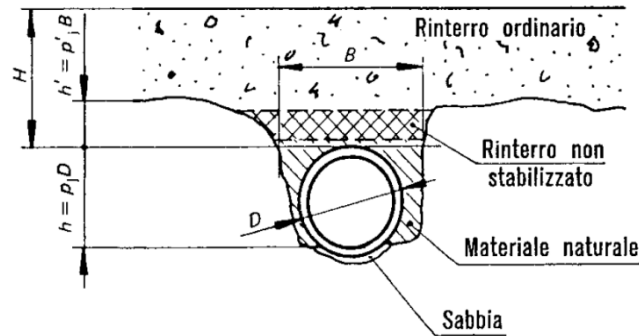


Figura 6 – Posa in trincea stretta con rinterro indefinito

In queste condizioni di posa l'espressione per il calcolo dell'azione verticale è uguale a:

$$P'_1 = C_n \sigma_t B^2 \quad (8)$$

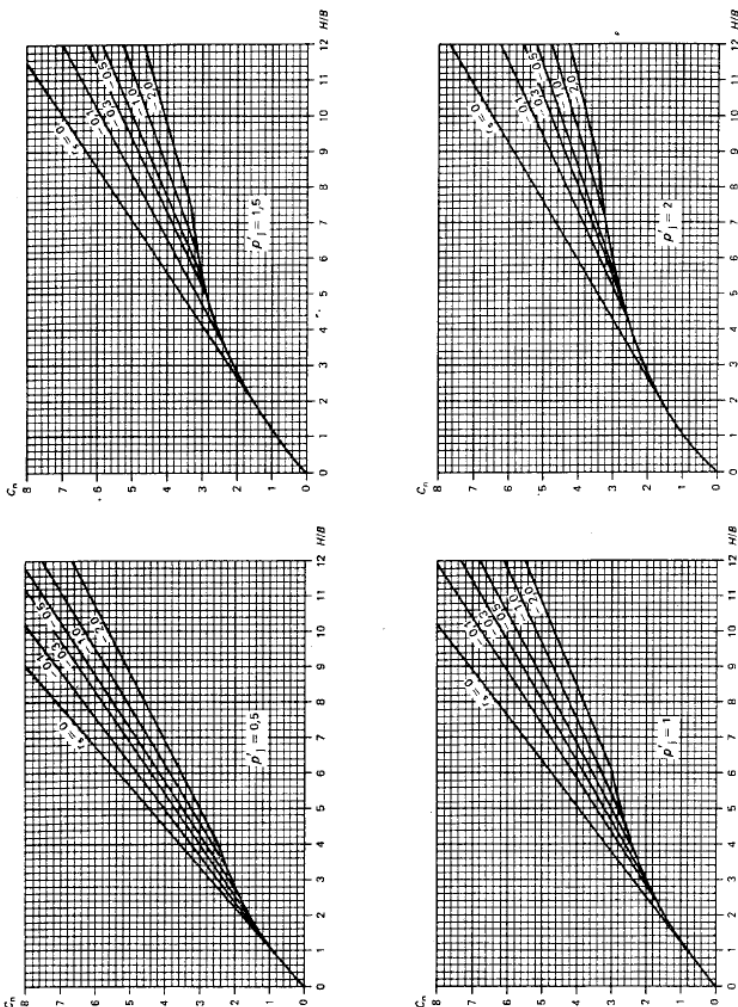


Figura 7 – Posa in trincea stretta con rinterro indefinito (coefficiente C_n)

4.2 AZIONE VERTICALE DOVUTA DAL TRAFFICO VEICOLARE

Nel caso di un carico concentrato P le azioni si distribuiranno, a una profondità z , secondo una superficie circolare che è la base del cono avente il vertice nel punto di applicazione di P e semiapertura α che dipende dalle caratteristiche del terreno in cui è posata la tubazione. Il valore del semiangolo α può essere assunto compreso tra $45^\circ \div 40^\circ$. La distribuzione di pressione, agente alla quota della generatrice superiore del tubo, andrà ad interessare la tubazione solo per la parte che grava sulla superficie rettangolare di larghezza D , che si ottiene proiettando il tubo sul piano orizzontale contenente la suddetta sua generatrice superiore (Fig. 8).

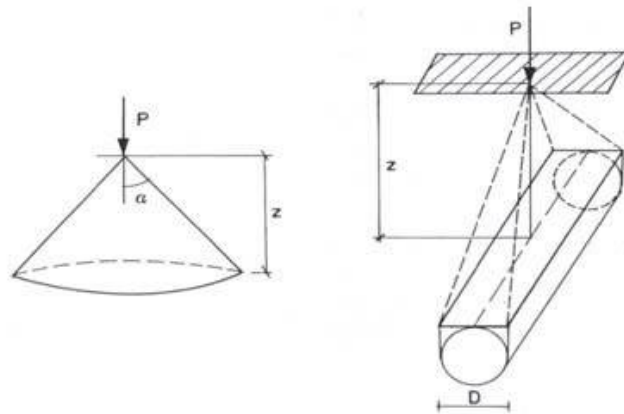


Figura 8 - Distribuzione delle pressioni lungo la verticale dovute a un carico concentrato e superficie di tubazione interessata dalle stessa

I sovraccarichi verticali mobili e statici agenti sulla generatrice superiore di un tubo interrato possono essere calcolati tramite la seguente relazione:

$$P'_2 = m C_d P \frac{D}{z} \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

dove:

P'_2 rappresenta il carico verticale agente sulla generatrice superiore del tubo, in N/m o kgf/m, dovuto ai sovraccarichi mobili o concentrati a seconda che sia presente o meno il fattore dinamico ϕ ;

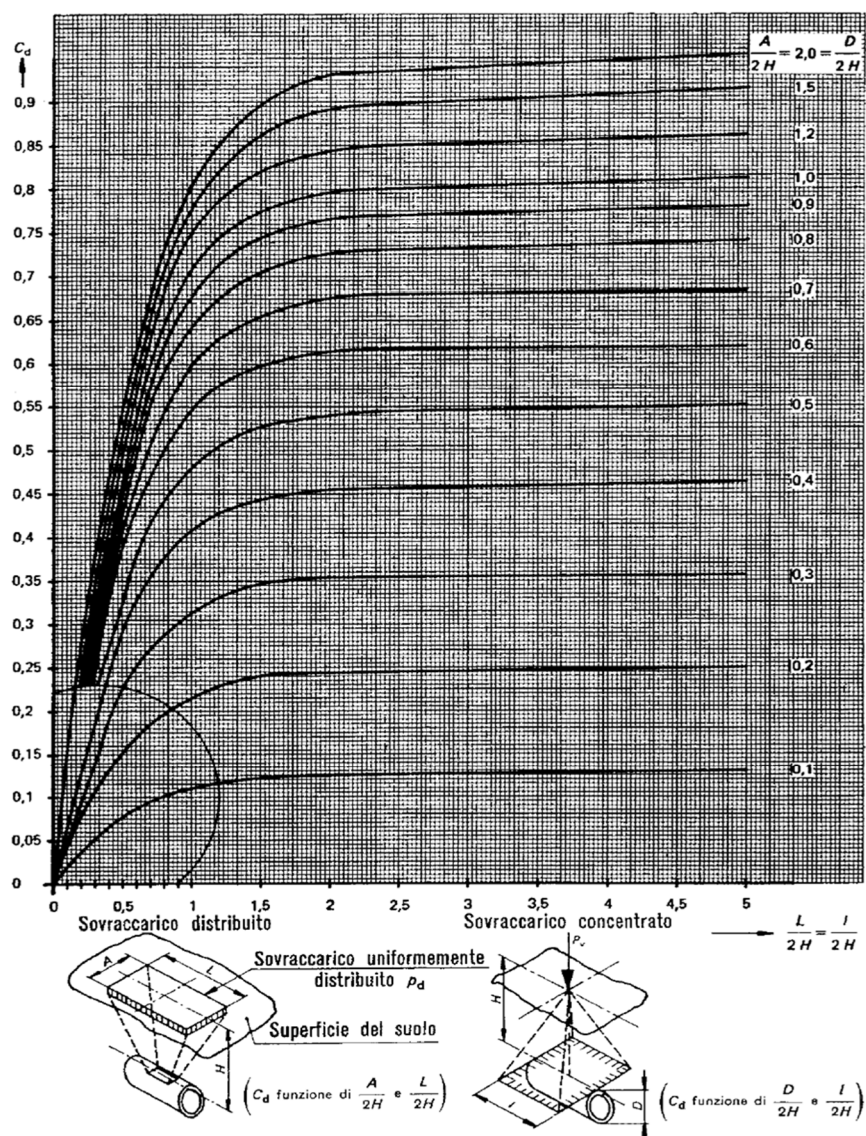
- m è un fattore empirico che tiene conto delle altre ruote del convoglio; per una profondità compresa tra 0,6 e 3,0 m è dato dalle seguenti relazioni (dove D è il diametro esterno del tubo espresso in m):

per un convoglio a 2 assi: $m = 1,33 + 0,31D$

per un convoglio a 3 assi: $m = 1,51 + 0,42D$

- c_d è il coefficiente di sovraccarico mobile ricavabile dal grafico in Fig. 9;

Figura 9 - Coefficiente di sovraccarico mobile c_d



- P è il sovraccarico massimo della ruota, fissa o mobile, in N o kgf, del convoglio in questione; tale valore è desumibile dalle normative apposite ("Nuovo codice della strada", decreto legisl. 30 aprile 1992 n. 285 e successive modificazioni Art. 62. Massa limite);
- l è la lunghezza del tubo, in m, interessata dall'applicazione del sovraccarico concentrato, ricavabile tramite l'intersezione tra la condotta e il cono di distribuzione della forza concentrata;
- φ è il fattore dinamico che tiene conto del movimento della forza concentrata. Questo coefficiente è calcolabile tramite le seguenti relazioni (dove H è l'altezza del rinterro sopra la generatrice superiore del tubo, in m):

$$\text{per strade e autostrade: } \varphi = 1 + 0,3/H$$

Nel caso in cui il sovraccarico fosse statico, ad esempio mezzo in sosta, il fattore dinamico φ risulta essere uguale a 1.

4.3 AZIONE VERTICALE DOVUTA DAL PESO PROPRIO DELLA CONDOTTA E DEL FLUIDO

Il peso per unità di lunghezza del fluido contenuto nella tubazione P_3' è dato da:

$$P_3' = \gamma_{acqua} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Con $\rho_{acqua} = 1000 \text{ Kg/m}^3$

Il peso per unità di lunghezza della tubazione P_4' è dato da:

$$P_4' = \gamma_{tubo} \cdot \pi \cdot D \cdot s$$

Con $\rho_{tubo} = 7850 \text{ Kg/m}^3$

5.0 CALCOLO TENSIONI NORMALI NEL TERRENO – VERIFICHE DI DEFORMABILITA'

Si fa riferimento alla teoria di De Saedeleer, che considera le deformazioni dell'acciaio nel campo elastico e ammette che le reazioni laterali del terreno siano proporzionali alle deformazioni elastiche del tubo per effetto dei carichi applicati. Suddetta teoria suppone che si abbiano pressioni uniformi verticali P_v e P_v' rispettivamente sugli archi superiore ed inferiore di apertura 90° e pressioni uniformi orizzontali P_0 sugli archi laterali di apertura 90° . Si riporta, nella successiva figura, lo schema di calcolo.

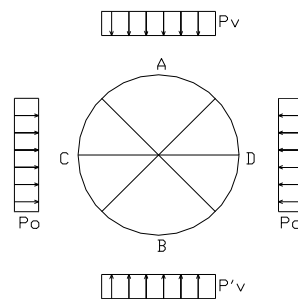


Figura 10 – Schematizzazione Teoria di De Saedeleer

Le pressioni uniformi verticali sono:

$$P_v = \frac{\sqrt{2}}{D} \cdot P_1' + P_2'$$

$$P_v' = \frac{\sqrt{2}}{D} \cdot (P_1' + P_3' + P_4') + P_2'$$

Il calcolo del valore delle pressioni orizzontali uniformi P_0 richiede la valutazione delle deformazioni elastiche della tubazione per effetto dei carichi verticali applicati, lungo la direzione del diametro orizzontale, che valgono:

$$F_1 = 0,146 P_v \frac{R^4}{E I}$$

$$F_2 = 0,166 \gamma_{acqua} \frac{R^5}{E I}$$

$$F_3 = 0,166 \gamma_{tubo} \frac{s_0 R^4}{E I}$$

In cui:

F_1 = deformazione, per effetto del terreno di ricoprimento e dei carichi accidentali (cm)

F_2 = deformazione per effetto del peso dell'acqua contenuta nel tubo (cm)

F_3 = deformazione per effetto del peso proprio del tubo (cm)

R = raggio medio della tubazione = $\frac{D-s}{2}$ (cm)

E = modulo di elasticità del materiale (kg/cm²)

I = momento d'inerzia della parete della tubazione per unità di lunghezza

La pressione laterale P_o può essere quindi valutata come:

$$P_o = \frac{k' \phi a}{2 a + k'/2}$$

In cui:

k' = coefficiente di rigidità del terreno: 3.2 (kg/cm³)

$\phi = F_1 + F_2 + F_3$ = deformazione totale dovuta ai carichi verticali applicati (cm)

$a = \frac{0,93 P_v}{\phi}$ = coefficiente di rigidità della tubazione (kg/cm²)

Valutata la reazione laterale del terreno, si può determinare la deformazione F da essa indotta sulla tubazione:

$$F = 0,157 P_o \frac{R^4}{E I} \text{ (cm)}$$

L'effettiva deformazione percentuale media W della tubazione:

$$W = \frac{\phi - F}{D} 100 \text{ (%)}$$

Tale deformazione va confrontata con il massimo valore ammissibile assunto (2-3 % D).

6.0 CALCOLO SOLLECITAZIONI INTERNE

Noti i valori della sollecitazione esterna P_v , P'_v e P_o , è possibile calcolare la sollecitazione interna massima nella parete metallica, con la formula:

$$M_{max} = \sigma_{adm} W'$$

M = massimo momento flettente ovalizzante indotto sulla tubazione per ogni condizione di vincolo radiale della condotta

W' = modulo di resistenza della sezione, per unità di lunghezza

Per il calcolo dei momenti si fa riferimento a diverse condizioni di carico.



Figura 11 - Schematizzazione statica tubazione

Momenti indotti dal peso proprio del tubo

$$M_A = +0,420 g R^2$$

$$M_{CD} = -0,485 g R^2$$

$$M_B = +0,640 g R^2$$

Con $g = \gamma_{tubo} s$ (kg/cm²)

Momenti indotti dal peso e dall'acqua

$$M_A = 0,210 \gamma_{acqua} R^3$$

$$M_{CD} = -0,242 \gamma_{acqua} R^3$$

$$M_B = 0,320 \gamma_{acqua} R^3$$

Momenti indotti dal peso del terreno di ricoprimento

$$M_A = + 0,236 \frac{\sqrt{2}}{D} P'_1 R^2$$

$$M_{CD} = - 0,218 \frac{\sqrt{2}}{D} P'_1 R^2$$

$$M_B = 0,238 \frac{\sqrt{2}}{D} P'_1 R^2$$

Momenti indotti dal carico accidentale (traffico veicolare)

$$M_A = 0,236 \frac{\sqrt{2}}{D} P'_2 R^2$$

$$M_{CD} = - 0,218 \frac{\sqrt{2}}{D} P'_2 R^2$$

$$M_B = 0,238 \frac{\sqrt{2}}{D} P'_2 R^2$$

7.0 VERIFICHE TENSIONALI

La verifica è stata effettuata considerando contemporanee le massime sollecitazioni dovute dai carichi sopra citati:

$$\sigma_{max} < \sigma_{adm}$$

Dove:

$$\sigma_{adm} = 2350/1.50 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Verifica tubo vuoto interrato e sottoposto a carico accidentale

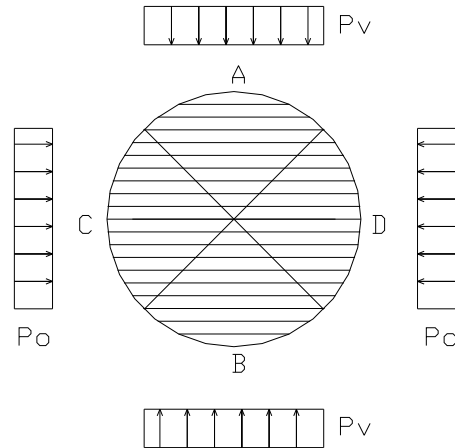


Figura 12 – Schematizzazione statica tubazione per verifica tensionale

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W'}$$

In questo caso:

M_{max} = è la somma tra il massimo momento del peso della tubazione, il massimo momento del tubo vuoto interrato e soggetto al carico accidentale.

7.0 TABULATI DI CALCOLO

Per quanto concerne i tabulati di calcolo essi fanno riferimento a specifici tratti di condotta rappresentativi delle condizioni più gravose ai fini del dimensionamento statico.

In particolare per le sezioni circolari si è fatto riferimento agli interventi T_2 e T_3 (in corrispondenza della sede stradale) in quanto trattasi di due condizioni limite per il carico sovrastante la tubazione di progetto. Vale a dire poiché i carichi agenti lungo una condotta sono molteplici ed alcuni di essi crescono mentre altri decrescono all'aumentare della profondità di posa si sono considerati due casi limiti (massima e minima altezza di rinterro). Lo stesso ragionamento è stato adottato per le sezioni ribassate i cui calcoli interessano quindi gli interventi T_12 e T_7.

I calcoli sono stati eseguiti mediante l'utilizzo del software messo a disposizione dall'azienda "TUBOSIDER S.p.a"



**RICHIESTA DATI PER L'ELABORAZIONE DELLA RELAZIONE PRELIMINARE DI CALCOLO DELLE
CONDOTTE**

Metodo di calcolo AISI (American Iron and Steel Institute)

Condotta portante in acciaio ondulato e zincato a piastre multiple bullonate

Tipo S T100 - C/5

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

D	Diametro		m	1,50
----------	-----------------	--	----------	-------------

VERIFICHE DI FORMA⁽¹⁾

D ≤ 8,00		m	1,50	Verificato
-----------------	--	----------	-------------	-------------------

R costante				Verificato
-------------------	--	--	--	-------------------

CARATTERISTICHE DI PROGETTO⁽²⁾

Disposizione dei carichi mobili per realizzare le condizioni di carico più gravose

ITALIA	Schemi di carico secondo D.M. 14/01/2008 (1° categoria – schema di carico 2 punto 5.1.3.3.5 “Norme tecniche per le costruzioni”)
---------------	---

Fsl	Fattore di sicurezza della lamiera			2,0
------------	---	--	--	------------

Fsb	Fattore di sicurezza del giunto bullonato della lamiera			3,0
------------	--	--	--	------------

Selezione livello di compattazione del suolo

Hi	Altezza rilevato minima		m	0,50
-----------	--------------------------------	--	----------	-------------

Rilevato tecnico

H	Altezza rilevato tecnico		m	0,50
----------	---------------------------------	--	----------	-------------

γ	Peso specifico rilevato tecnico		kg/m³	2000
----------	--	--	-------------------------	-------------

K	Standard Proctor Density		%	85
----------	---------------------------------	--	----------	-----------

Fattore di carico

0,86

VERIFICHE DI PROGETTO⁽²⁾

Calcolo della pressione

Ps	Carico statico	$H \cdot \gamma$	kg/m ²	1000,00
Pd	Carico dinamico		kg/m ²	22824,33
Pt	Pressione totale	$H < D \rightarrow Ps + Pd$	kg/m ²	23824,33

Calcolo della compressione

Ct	Compressione totale	$Pt \cdot (D / 2)$	kg/m	17868,25
----	---------------------	--------------------	------	----------

Calcolo dello spessore della lamiera

S	Spessore		mm	3,0
---	----------	--	----	-----

Acciaio del tipo S235JR secondo al norma EN1025-2 Aprile 2005

Bm	Bulloneria/m			20
----	--------------	--	--	----

Caratteristiche geometriche dell'ondulazione

Ondulazione	Spessore	Tangente	Angolo	Momento di inerzia	Modulo di resistenza	Raggio giratorio	Area
	mm	mm	Δ°	cm ^{4*}	cm ^{3*}	cm	cm ^{2*}
	S	T	Δ	J	W	RG	A
T100	3.0	31.69	30.15	0.1856	0.1485	0.748	0.332

* per cm lineare di proiezione sull'asse neutro

Ar	Area richiesta	Ct / fc		cm ² /cm	0,152
Aa	Area adottata			cm ² /cm	0,332
	$Aa / Ar > 1,00$			2,18	Verificato
σ_{MAX}	Sollecitazione di compressione			kg/cm ²	538,20
ReH	Carico unitario di snervamento	Ct / Aa		kg/cm ²	2345,31
Fsl	Fattore di sicurezza della lamiera				2,00
	$ReH / \sigma_{MAX} > 2,00$			4,36	Verificato

Calcolo del giunto bullonato della lamiera

Valore medio provini

Prove meccaniche su provini relativi alle varie ondulazioni, eseguiti nell'anno 2006/2007 c/o il Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica – Laboratorio Sperimentale Materiali e Strutture.

Ondulazione	Spessore mm	Bulloneria/m	Valore medio kN/m	Bulloneria/m	Valore medio kN/m	Bullone Classe
T100	3.0			20	726.87	M12 8.8
Pg	Resistenza a rottura giunto bullonato da prova di laboratorio				kN/m	726,87
					kg/m	74118,93

Bullone ad alta resistenza classe 8.8, avente le caratteristiche meccaniche indicate nella norma EN ISO 898-1 (viti) e nella norma EN 20898-2 (dadi)

Fsb	Fattore di sicurezza del giunto bullonato della lamiera					3,00
	$Pg / Ct > 3,00$				4,15	Verificato

Calcolo della sollecitazione di compressione generata nella parete

fy	Tensione di snervamento (D/100)/RG < 294					200,53
fb	Tensione ultima di compressione dell'anello	= fy = 2345,31kg/cm ²			kg/cm ²	2345,31
fc	Tensione ammissibile	fb / 2			kg/cm ²	1172,66

Calcolo del fattore di flessibilità in fase di installazione

Ff	Fattore di flessibilità	$D^2/(E \cdot J)$			mm/N	0,059
	$Ff \leq 0,188 \text{ mm/N}$					Verificato
E	Modulo di elasticità dell'acciaio				kg/cm ²	2039400
J	Momento di inerzia dell'ondulazione				cm ⁴ /cm	0,1856

Calcolo della deformazione elastica⁽⁴⁾

E'	E' = K Standard Proctor Density = 85%				kg/cm ²	140
De	Deformazione elastica				cm	4,73
	$1,25 \cdot 0,1 \cdot \{(2 \cdot R \cdot Pt \cdot R^3) / [(E \cdot J) + (0,061 \cdot E' \cdot (D / 2)^3)]\}$					
De _{MAX}	Deformazione massima	0,05 · D			cm	7,50

ammissibile
 $De < De_{MAX}$

Verificato

Durata prevista materiale zincato

pH	Reazione acida			6,0
Re	Resistività		Ω/cm	7000
Dc	Durabilità calcolata		anni	53,70
Fcr	Fattore di correzione			1,93
Dcr	Durabilità	$Dc \cdot Fcr$	anni	103,69

BIBLIOGRAFIA

(1) **BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR** Abteilung Straßenbau – Bedingungen für die Anwendung von Wellstahlrohren – Ausgabe 1997

(2) **Australian/New Zealand Standard – Buried corrugated metal structures – AS/NZS 2041: 1998**
NCSPA (National Corrugated Steel Institute Association) Corrugated Steel Pipe Design Manual – December 2008

CHBDC (Canadian Highway Bridge Design Code) Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products – November 2007

AISI (American Iron and Steel Institute) Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products – 1994

Recommandations et règles de l'art – SETRA Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes – Octobre 1985

(3) **Metodo di Odemark (MET) Metodo degli spessori equivalenti – 1949**

(4) **Formula di Spangler Iowa Calcolo della deformazione sottocarico – 1941**

(5) **NCSPA (National Corrugated Steel Institute Association) CSP Durability Guide – May 2000**



**RICHIESTA DATI PER L'ELABORAZIONE DELLA RELAZIONE PRELIMINARE DI CALCOLO DELLE
CONDOTTE**

Metodo di calcolo AISI (American Iron and Steel Institute)

Condotta portante in acciaio ondulato e zincato a piastre multiple bullonate

Tipo T100 - C/5

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

D **Diametro** m **1,50**

VERIFICHE DI FORMA⁽¹⁾

D ≤ 8,00 m **1,50** **Verificato**

R costante **Verificato**

CARATTERISTICHE DI PROGETTO⁽²⁾

Disposizione dei carichi mobili per realizzare le condizioni di carico più gravose

ITALIA **Schemi di carico secondo D.M. 14/01/2008 (1° categoria – schema di carico 2 punto 5.1.3.3.5 “Norme tecniche per le costruzioni”)**

Fsl **Fattore di sicurezza della lamiera** **2,0**

Fsb **Fattore di sicurezza del giunto bullonato della lamiera** **3,0**

Selezione livello di compattazione del suolo

Hi **Altezza rilevato minima** m **0,50**

Rilevato tecnico

H **Altezza rilevato tecnico** m **1,90**

γ **Peso specifico rilevato tecnico** kg/m³ **2000**

K **Standard Proctor Density** % **85**

Fattore di carico

0,86

VERIFICHE DI PROGETTO⁽²⁾

Calcolo della pressione

Ps	Carico statico	$H \cdot \gamma$	kg/m ²	3800,00
Pd	Carico dinamico		kg/m ²	4906,56
Pt	Pressione totale	$H \geq D \rightarrow K \cdot (Ps + Pd)$	kg/m ²	7487,64

Calcolo della compressione

Ct	Compressione totale	$Pt \cdot (D / 2)$	kg/m	5615,73
----	---------------------	--------------------	------	---------

Calcolo dello spessore della lamiera

S	Spessore		mm	3,0
---	----------	--	----	-----

Acciaio del tipo S235JR secondo al norma EN1025-2 Aprile 2005

Bm	Bulloneria/m			20
----	--------------	--	--	----

Caratteristiche geometriche dell'ondulazione

Ondulazione	Spessore	Tangente	Angolo	Momento di inerzia	Modulo di resistenza	Raggio giratorio	Area
	mm	mm	Δ°	cm ^{4*}	cm ^{3*}	cm	cm ^{2*}
	S	T	Δ	J	W	RG	A
T100	3.0	31.69	30.15	0.1856	0.1485	0.748	0.332

* per cm lineare di proiezione sull'asse neutro

Ar	Area richiesta	Ct / fc		cm ² /cm	0,048
Aa	Area adottata			cm ² /cm	0,332
	$Aa / Ar > 1,00$			6,93	Verificato
σ_{MAX}	Sollecitazione di compressione			kg/cm ²	169,15
ReH	Carico unitario di snervamento	Ct / Aa		kg/cm ²	2345,31
Fsl	Fattore di sicurezza della lamiera				2,00
	$ReH / \sigma_{MAX} > 2,00$			13,87	Verificato

Calcolo del giunto bullonato della lamiera

Valore medio provini

Prove meccaniche su provini relativi alle varie ondulazioni, eseguiti nell'anno 2006/2007 c/o il Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica – Laboratorio Sperimentale Materiali e Strutture.

Ondulazione	Spessore mm	Bulloneria/m	Valore medio kN/m	Bulloneria/m	Valore medio kN/m	Bullone Classe
T100	3.0			20	726.87	M12 8.8
Pg	Resistenza a rottura giunto bullonato da prova di laboratorio				kN/m	726,87
					kg/m	74118,93

Bullone ad alta resistenza classe 8.8, avente le caratteristiche meccaniche indicate nella norma EN ISO 898-1 (viti) e nella norma EN 20898-2 (dadi)

Fsb	Fattore di sicurezza del giunto bullonato della lamiera					3,00
	Pg / Ct > 3,00				13,19	Verificato

Calcolo della sollecitazione di compressione generata nella parete

fy	Tensione di snervamento (D/100)/RG < 294					200,53
fb	Tensione ultima di compressione dell'anello	= fy = 2345,31kg/cm ²		kg/cm ²		2345,31
fc	Tensione ammissibile	fb / 2		kg/cm ²		1172,66

Calcolo del fattore di flessibilità in fase di installazione

Ff	Fattore di flessibilità	$D^2/(E \cdot J)$		mm/N		0,059
	Ff ≤ 0,188 mm/N					Verificato
E	Modulo di elasticità dell'acciaio			kg/cm ²		2039400
J	Momento di inerzia dell'ondulazione			cm ⁴ /cm		0,1856

Calcolo della deformazione elastica⁽⁴⁾

E'	E' = K Standard Proctor Density = 85%			kg/cm ²		140
De	Deformazione elastica			cm		1,49
	$1,25 \cdot 0,1 \cdot \{(2 \cdot R \cdot Pt \cdot R^3) / [(E \cdot J) + (0,061 \cdot E' \cdot (D / 2)^3)]\}$					
De _{MAX}	Deformazione massima	0,05 · D		cm		7,50

ammissibile
 $De < De_{MAX}$

Verificato

Durata prevista materiale zincato

pH	Reazione acida			6,0
Re	Resistività		Ω/cm	7000
Dc	Durabilità calcolata		anni	53,70
Fcr	Fattore di correzione			1,93
Dcr	Durabilità	$Dc \cdot Fcr$	anni	103,69

BIBLIOGRAFIA

(1) **BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR** Abteilung Straßenbau – Bedingungen für die Anwendung von Wellstahlrohren – Ausgabe 1997

(2) **Australian/New Zealand Standard – Buried corrugated metal structures – AS/NZS 2041: 1998**
NCSPA (National Corrugated Steel Institute Association) Corrugated Steel Pipe Design Manual – December 2008

CHBDC (Canadian Highway Bridge Design Code) Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products – November 2007

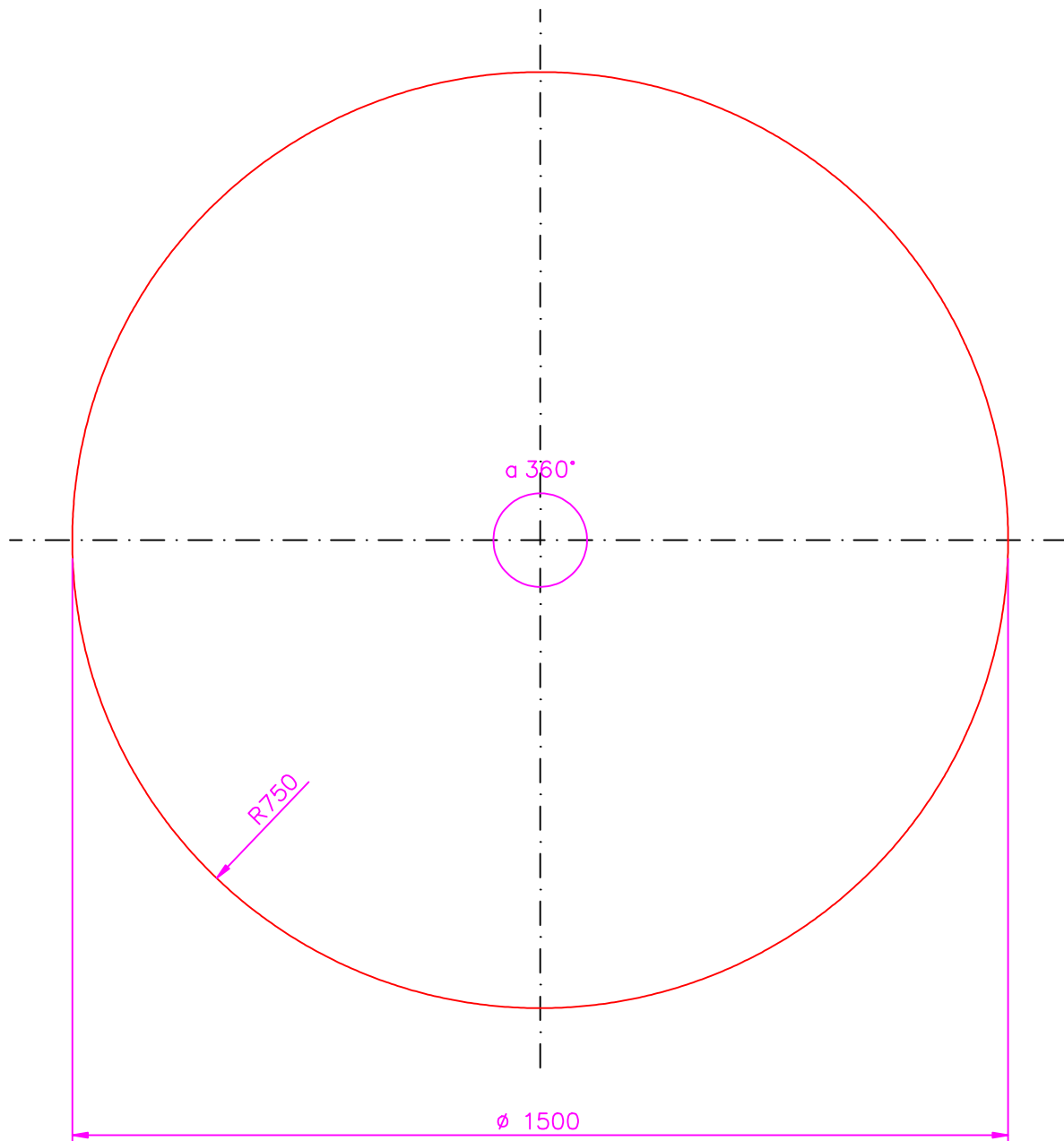
AISI (American Iron and Steel Institute) Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products – 1994

Recommandations et règles de l'art – SETRA Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes – Octobre 1985

(3) **Metodo di Odemark (MET) Metodo degli spessori equivalenti – 1949**

(4) **Formula di Spangler Iowa Calcolo della deformazione sottocarico – 1941**

(5) **NCSPA (National Corrugated Steel Institute Association) CSP Durability Guide – May 2000**



www.tubosider.com

E-Mail utecnico@tubosider.it

SEZIONE GEOMETRICA - Scala 1:10
SECTION TRANSVERSALE - Echelle 1:10
GEOMETRICAL SECTION - Scale 1:10
SECCIÓN TRANSVERSAL - Escala 1:10
QUERSCHNITT - Masstab 1:10

T100-C/5
R2006



**RICHIESTA DATI PER L'ELABORAZIONE DELLA RELAZIONE PRELIMINARE DI CALCOLO DELLE
CONDOTTE**

Metodo di calcolo AISI (American Iron and Steel Institute)

Condotta portante in acciaio ondulato e zincato a piastre multiple bullonate

Tipo T100 - R/4

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

L	Luce	m	1,61
F	Freccia	m	1,38
Rt	Raggio tetto	m	0,83
Rc	Raggio corner	m	0,60
Rb	Raggio base	m	1,09

VERIFICHE DI FORMA⁽¹⁾

$L \leq 8,00$	m	1,61	Verificato
$Rb / Rt \leq 3,50$		1,32	Verificato
$Rc / Rt \geq 0,20$		0,73	Verificato

CARATTERISTICHE DI PROGETTO⁽²⁾

Disposizione dei carichi mobili per realizzare le condizioni di carico più gravose

ITALIA

**Schemi di carico secondo D.M. 14/01/2008 (1° categoria
– schema di carico 2 punto 5.1.3.3.5 “Norme tecniche
per le costruzioni”)**

Fsl	Fattore di sicurezza della lamiera	2,0
Fsb	Fattore di sicurezza del giunto bullonato della lamiera	3,0

Selezione livello di compattazione del suolo

Hi	Altezza rilevato minima	m	0,50
-----------	--------------------------------	----------	-------------

Rilevato tecnico

H	Altezza rilevato tecnico		m	0,80
γ	Peso specifico rilevato tecnico		kg/m ³	2000
K	Standard Proctor Density		%	85
	Fattore di carico			0,86

VERIFICHE DI PROGETTO⁽²⁾

Calcolo della pressione

Ps	Carico statico	$H \cdot \gamma$	kg/m ²	1600,00
Pd	Carico dinamico		kg/m ²	14369,22
Pt	Pressione totale	$H < L \rightarrow Ps + Pd$	kg/m ²	15969,22

Calcolo della compressione

Ct	Compressione totale	$Pt \cdot Rt$	kg/m	13190,58
----	---------------------	---------------	------	----------

Calcolo dello spessore della lamiera

S	Spessore		mm	3,0
---	----------	--	----	-----

Acciaio del tipo S235JR secondo al norma EN1025-2 Aprile 2005

Bm	Bulloneria/m			20
----	--------------	--	--	----

Caratteristiche geometriche dell'ondulazione

Ondulazione	Spessore	Tangente	Angolo	Momento di inerzia	Modulo di resistenza	Raggio giratorio	Area
	mm	mm	Δ°	cm ^{4*}	cm ^{3*}	cm	cm ^{2*}
	S	T	Δ	J	W	RG	A
T100	3.0	31.69	30.15	0.1856	0.1485	0.748	0.332

* per cm lineare di proiezione sull'asse neutro

Ar	Area richiesta	Ct / f_c		cm ² /cm	0,112
Aa	Area adottata			cm ² /cm	0,332
	$Aa / Ar > 1,00$			2,95	Verificato

σ_{MAX}	Sollecitazione di compressione		kg/cm ²	397,31
R_{eH}	Carico unitario di snervamento	Ct / Aa	kg/cm ²	2345,31
Fsl	Fattore di sicurezza della lamiera			2,00
	$R_{eH} / \sigma_{MAX} > 2,00$		5,90	Verificato

Calcolo del giunto bullonato della lamiera

Valore medio provini

Prove meccaniche su provini relativi alle varie ondulazioni, eseguiti nell'anno 2006/2007 c/o il Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica – Laboratorio Sperimentale Materiali e Strutture.

Ondulazione	Spessore mm	Bulloneria/m	Valore medio kN/m	Bulloneria/m	Valore medio kN/m	Bullone Classe
T100	3.0			20	726.87	M12 8.8
					kN/m	726,87
Pg	Resistenza a rottura giunto bullonato da prova di laboratorio				kg/m	74118,93

Bullone ad alta resistenza classe 8.8, avente le caratteristiche meccaniche indicate nella norma EN ISO 898-1 (viti) e nella norma EN 20898-2 (dadi)

Fsb	Fattore di sicurezza del giunto bullonato della lamiera					3,00
	$Pg / Ct > 3,00$				5,62	Verificato

Calcolo della sollecitazione di compressione generata nella parete

fy	Tensione di snervamento (L/100)/RG < 294					215,37
fb	Tensione ultima di compressione dell'anello	= fy = 2345,31kg/cm ²		kg/cm ²		2345,31
fc	Tensione ammissibile	fb / 2		kg/cm ²		1172,66

Calcolo della pressione esercitata sul terreno in corrispondenza degli angolari alla base

L1	5,850 + H		m			6,65
L2	L ₁ + (0,785 · L)		m			7,91
Cl	L ₁ / L ₂					0,84
Pc	Pressione ai corner	Pt · (Rt / Rc) · Cl		kg/cm ²		1,85

Pc < 3,00**Verificato****Calcolo del fattore di flessibilità in fase di installazione**

Ff	Fattore di flessibilità	$L^2/(E \cdot J)$	mm/N	0,069
	Ff ≤ 0,188 mm/N			Verificato
E	Modulo di elasticità dell'acciaio		kg/cm²	2039400
J	Momento di inerzia dell'ondulazione		cm⁴/cm	0,1856

Calcolo della deformazione elastica⁽⁴⁾

E'	E' = K Standard Proctor Density = 85%		kg/cm²	140
	Deformazione elastica			
De	$1,25 \cdot 0,1 \cdot \{(2 \cdot Rt \cdot Pt \cdot Rt^3) / [(E \cdot J) + (0.061 \cdot E' \cdot Rt^3)]\}$		cm	3,58
De_{MAX}	Deformazione massima ammissibile	0,05 · L	cm	8,05
	De < De_{MAX}			Verificato

Durata prevista materiale zincato

pH	Reazione acida			6,0
Re	Resistività		Ω/cm	7000
Dc	Durabilità calcolata		anni	53,70
Fcr	Fattore di correzione			1,93
Dcr	Durabilità	Dc · Fcr	anni	103,69

BIBLIOGRAFIA

(1) BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR Abteilung Straßenbau – Bedingungen für die Anwendung von Wellstahlrohren – Ausgabe 1997

(2) Australian/New Zealand Standard – Buried corrugated metal structures – AS/NZS 2041: 1998
NCSPA (National Corrugated Steel Institute Association) Corrugated Steel Pipe Design Manual – December 2008

CHBDC (Canadian Highway Bridge Design Code) Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products – November 2007

AISI (American Iron and Steel Institute) Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products – 1994

Recommandations et règles de l'art – SETRA Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes – Octobre 1985

- (3) Metodo di Odemark (MET) Metodo degli spessori equivalenti – 1949**
- (4) Formula di Spangler Iowa Calcolo della deformazione sottocarico – 1941**
- (5) NCSPA (National Corrugated Steel Institute Association) CSP Durability Guide – May 2000**



**RICHIESTA DATI PER L'ELABORAZIONE DELLA RELAZIONE PRELIMINARE DI CALCOLO DELLE
CONDOTTE**

Metodo di calcolo AISI (American Iron and Steel Institute)

Condotta portante in acciaio ondulato e zincato a piastre multiple bullonate

Tipo T100 - R/4

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

L	Luce	m	1,61
F	Freccia	m	1,38
Rt	Raggio tetto	m	0,83
Rc	Raggio corner	m	0,60
Rb	Raggio base	m	1,09

VERIFICHE DI FORMA⁽¹⁾

$L \leq 8,00$	m	1,61	Verificato
$Rb / Rt \leq 3,50$		1,32	Verificato
$Rc / Rt \geq 0,20$		0,73	Verificato

CARATTERISTICHE DI PROGETTO⁽²⁾

Disposizione dei carichi mobili per realizzare le condizioni di carico più gravose

ITALIA

**Schemi di carico secondo D.M. 14/01/2008 (1° categoria
– schema di carico 2 punto 5.1.3.3.5 “Norme tecniche
per le costruzioni”)**

Fsl	Fattore di sicurezza della lamiera	2,0
Fsb	Fattore di sicurezza del giunto bullonato della lamiera	3,0

Selezione livello di compattazione del suolo

Hi	Altezza rilevato minima	m	0,50
-----------	--------------------------------	----------	-------------

Rilevato tecnico

H	Altezza rilevato tecnico	m	4,00
γ	Peso specifico rilevato tecnico	kg/m ³	2000
K	Standard Proctor Density	%	85
	Fattore di carico		0,86

VERIFICHE DI PROGETTO⁽²⁾

Calcolo della pressione

Ps	Carico statico	$H \cdot \gamma$	kg/m ²	8000,00
Pd	Carico dinamico		kg/m ²	1579,22
Pt	Pressione totale	$H \geq L \rightarrow K \cdot (Ps + Pd)$	kg/m ²	8238,13

Calcolo della compressione

Ct	Compressione totale	$Pt \cdot Rt$	kg/m	6804,70
----	---------------------	---------------	------	---------

Calcolo dello spessore della lamiera

S	Spessore	mm	3,0
---	----------	----	-----

Acciaio del tipo S235JR secondo al norma EN1025-2 Aprile 2005

Bm	Bulloneria/m		20
----	--------------	--	----

Caratteristiche geometriche dell'ondulazione

Ondulazione	Spessore	Tangente	Angolo	Momento di inerzia	Modulo di resistenza	Raggio giratorio	Area
	mm	mm	Δ°	cm ^{4*}	cm ^{3*}	cm	cm ^{2*}
	S	T	Δ	J	W	RG	A
T100	3.0	31.69	30.15	0.1856	0.1485	0.748	0.332

* per cm lineare di proiezione sull'asse neutro

Ar	Area richiesta	Ct / f_c	cm ² /cm	0,058
Aa	Area adottata		cm ² /cm	0,332
	$Aa / Ar > 1,00$		5,72	Verificato

σ_{MAX}	Sollecitazione di compressione		kg/cm ²	204,96
R_{eH}	Carico unitario di snervamento	Ct / Aa	kg/cm ²	2345,31
Fsl	Fattore di sicurezza della lamiera			2,00
	$R_{eH} / \sigma_{MAX} > 2,00$		11,44	Verificato

Calcolo del giunto bullonato della lamiera

Valore medio provini

Prove meccaniche su provini relativi alle varie ondulazioni, eseguiti nell'anno 2006/2007 c/o il Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica – Laboratorio Sperimentale Materiali e Strutture.

Ondulazione	Spessore mm	Bulloneria/m	Valore medio kN/m	Bulloneria/m	Valore medio kN/m	Bullone Classe
T100	3.0			20	726.87	M12 8.8
					kN/m	726,87
Pg	Resistenza a rottura giunto bullonato da prova di laboratorio				kg/m	74118,93

Bullone ad alta resistenza classe 8.8, avente le caratteristiche meccaniche indicate nella norma EN ISO 898-1 (viti) e nella norma EN 20898-2 (dadi)

Fsb	Fattore di sicurezza del giunto bullonato della lamiera					3,00
	$Pg / Ct > 3,00$				10,89	Verificato

Calcolo della sollecitazione di compressione generata nella parete

f_y	Tensione di snervamento (L/100)/RG < 294					215,37
f_b	Tensione ultima di compressione dell'anello	= $f_y = 2345,31 \text{ kg/cm}^2$		kg/cm ²		2345,31
f_c	Tensione ammissibile	$f_b / 2$		kg/cm ²		1172,66

Calcolo della pressione esercitata sul terreno in corrispondenza degli angolari alla base

L_1	$5,850 + H$		m			9,85
L_2	$L_1 + (0,785 \cdot L)$		m			11,11
Cl	L_1 / L_2					0,89
Pc	Pressione ai corner	$Pt \cdot (Rt / Rc) \cdot Cl$		kg/cm ²		1,01

Pc < 3,00**Verificato****Calcolo del fattore di flessibilità in fase di installazione**

Ff	Fattore di flessibilità	$L^2/(E \cdot J)$	mm/N	0,069
	Ff ≤ 0,188 mm/N			Verificato
E	Modulo di elasticità dell'acciaio		kg/cm²	2039400
J	Momento di inerzia dell'ondulazione		cm⁴/cm	0,1856

Calcolo della deformazione elastica⁽⁴⁾

E'	E' = K Standard Proctor Density = 85%		kg/cm²	140
	Deformazione elastica			
De	$1,25 \cdot 0,1 \cdot \{(2 \cdot Rt \cdot Pt \cdot Rt^3) / [(E \cdot J) + (0.061 \cdot E' \cdot Rt^3)]\}$		cm	1,85
De_{MAX}	Deformazione massima ammissibile	0,05 · L	cm	8,05
	De < De_{MAX}			Verificato

Durata prevista materiale zincato

pH	Reazione acida			6,0
Re	Resistività		Ω/cm	7000
Dc	Durabilità calcolata		anni	53,70
Fcr	Fattore di correzione			1,93
Dcr	Durabilità	Dc · Fcr	anni	103,69

BIBLIOGRAFIA

(1) BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR Abteilung Straßenbau – Bedingungen für die Anwendung von Wellstahlrohren – Ausgabe 1997

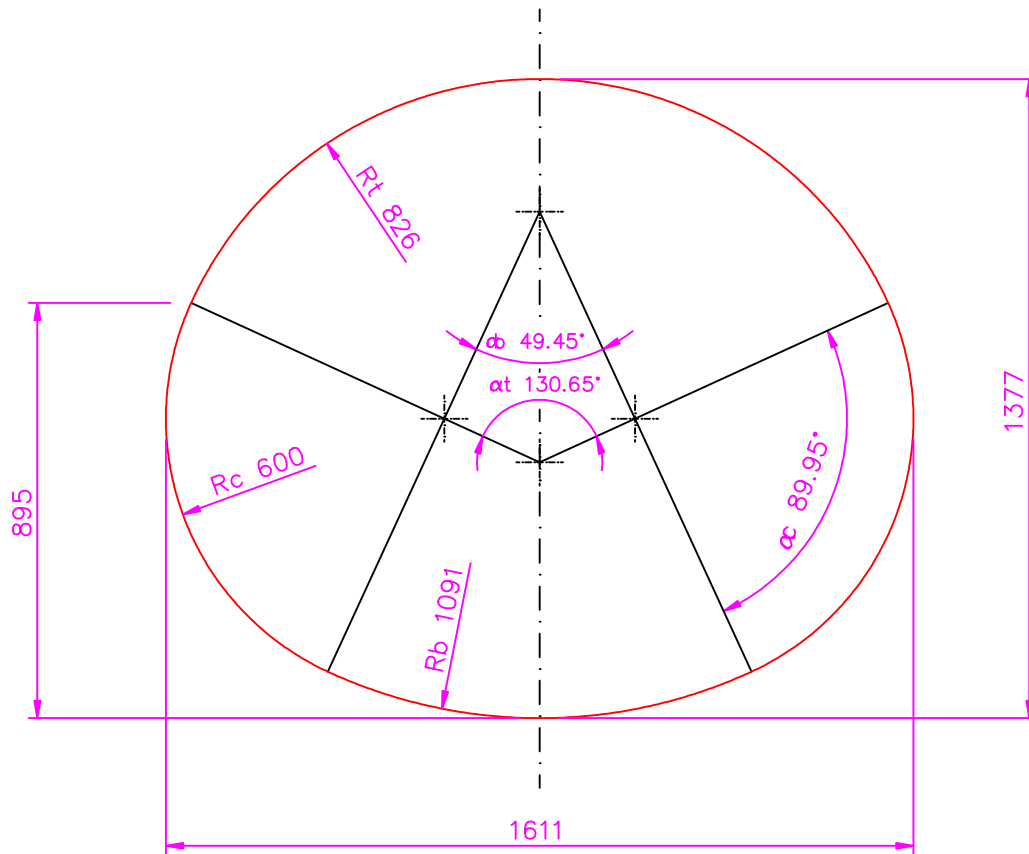
(2) Australian/New Zealand Standard – Buried corrugated metal structures – AS/NZS 2041: 1998
NCSPA (National Corrugated Steel Institute Association) Corrugated Steel Pipe Design Manual – December 2008

CHBDC (Canadian Highway Bridge Design Code) Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products – November 2007

AISI (American Iron and Steel Institute) Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products – 1994

Recommandations et règles de l'art – SETRA Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes – Octobre 1985

- (3) Metodo di Odemark (MET) Metodo degli spessori equivalenti – 1949**
- (4) Formula di Spangler Iowa Calcolo della deformazione sottocarico – 1941**
- (5) NCSPA (National Corrugated Steel Institute Association) CSP Durability Guide – May 2000**



www.tubosider.com
E-Mail utecnico@tubosider.it

SEZIONE GEOMETRICA - Scala 1:15
SECTION TRANSVERSALE - Echelle 1:15
GEOMETRICAL SECTION - Scale 1:15
SECCIÓN TRANSVERSAL - Escala 1:15
QUERSCHNITT - Masstab 1:15

T100-R/4
R2006