



TANGENZIALE EST ESTERNA DI MILANO

CODICE C.U.P. I21B05000290007
CODICE C.I.G. 017107578C

PROGETTO ESECUTIVO LOTTO B

OPERE STRUTTURALI

PISTA CICLABILE MUZZA VILLAMBRERA TOMBINI CIRCOLARI DN1200 RELAZIONE DI CALCOLO

IL PROGETTISTA

Studio Tecnico Sangalli
Dott. Ing. Paolo Sangalli
Ordine Ingegneri di Lodi
n. 341

CONSORZIO ARCOTEEM



Dott. Ing. Sabino Del Balzo
Ordine Ingegneri di Potenza n. 631

CONSORZIO COSTRUTTORI TEEM
IL DIRETTORE TECNICO



Dott. Ing. Rocco Magri

RESPONSABILE INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Dott. Ing. Pietro Mazzoli
Ordine Ingegneri di Parma
n. 821

IL CONCEDENTE



IL CONCESSIONARIO

tangenziale
esterna

IL DIRETTORE DEI LAVORI

A	14/04/2014	EMISSIONE	SANGALLI	SANGALLI	MAZZOLI
REV.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORAZIONE PROGETTUALE	CONTR.	APPROVATO

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

NUM. PROGR.	FASE	LOTTO	ZONA	OPERA	TRATTO OPERA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVA	REV.	DATA: 14/04/2014
B10833	E	B	AB8	MAJ07	0	ON	RC	002	A	SCALA: -----

IL PRESENTE DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O ALTIMENTI PUBBLICATO, IN TUTTO O IN PARTE, SENZA IL CONSENSO SCRITTO DELLA TANGENZIALE ESTERNA S.P.A. OGNI UTILIZZO NON AUTORIZZATO SARA' PERSEGUITO A NORMA DI LEGGE
THIS DOCUMENT MAY NOT BE COPIED, REPRODUCED OR PUBLISHED, EITHER IN PART OR IN ITS ENTIRETY, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF TANGENZIALE ESTERNA S.P.A. UNAUTHORIZED USE WILL BE PROSECUTE BY LAW

CONSORZIO COSTRUTTORI TEEM 	Doc. N. B10833_E_B_AB8_MAJ07_0_ON_RC_002_A.doc	CODIFICA DOCUMENTO B10833_E_B_AB8_MAJ07_0_ON_RC_002	REV. A	FOGLIO 2 di 10
---	--	---	----------------------	------------------------------

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
2.1	Bibliografia	4
3	CALCOLO DEL TOMBINO CIRCOLARE DN1200	5
3.1	Dati geometrici.....	5
3.2	Criteri di calcolo tubazione prefabbricata.....	6
3.3	Carico di Progetto W_e	8
3.3.1	Carico da terreno sovrastante W'_c	8
3.3.2	Carico da acqua contenuta W_w	9
3.3.3	Carico da azioni variabili (carichi mobili) W_{csu}	9
3.3.4	Carico di Progetto W_e	10
3.3.5	Classe di Resistenza W_t	10

CONSORZIO COSTRUTTORI TEEM 	Doc. N. B10833_E_B_AB8_MAJ07_0_ON_RC_002 _A.doc	CODIFICA DOCUMENTO B10833_E_B_AB8_MAJ07_0_ON_RC_002	REV. A	FOGLIO 3 di 10
---	---	--	-----------	-------------------

1 INTRODUZIONE

La presente relazione tipologica riguarda i tombini idraulici circolari DN1200 ricadenti al di sotto della nuova pista ciclabile Muzza-Villambrera.

Tali opere vengono realizzate con elementi prefabbricati in cls. turbo centrifugato aventi spessore 115 mm (indicativo).

Nel seguito si determina la minima classe di resistenza per il generico tubo DN1200 considerando sia il caso con ricoprimento minimo che il caso con ricoprimento massimo.

Si osservi che, per il calcolo degli elementi strutturali in oggetto, si considera un carico mobile per strada di seconda categoria.

Nella tabella seguente si riporta:

- l'ubicazione del generico tombino circolare DN1200,
- la massima altezza di ricoprimento presente sul generico tombino circolare,
- la minima altezza di ricoprimento presente sul generico tombino circolare,
- il codice dell'elaborato grafico in cui si descrive il generico tombino.

ubicazione	$h_{\max}$ (cm)	$h_{\min}$ (cm)	cod. elaborato grafico
Muzza-Villambrera Pk 0+516.652	48	41	B10735_E_B_AB8_MAJ07_0_ON_CA_004
Muzza-Villambrera Pk 0+820.003	38	30	B10736_E_B_AB8_MAJ07_0_ON_CA_005

Si esegue pertanto il calcolo del tombino circolare considerando:

- $h_{\max} = 55$ cm (massimo ricoprimento tombino circolare);
- $h_{\min} = 30$ cm (minimo ricoprimento tombino circolare);

I muri di sostegno ubicati agli imbocchi dei tombini in oggetto sono uguali (per geometria e per armatura) a quelli ubicati agli imbocchi dei tombini DN1000. Per il calcolo di tali elementi strutturali si rimanda pertanto al documento B10761_E_B_AB8_MAXXX_0_ON_RC_001.

CONSORZIO COSTRUTTORI TEEM 	Doc. N. B10833_E_B_AB8_MAJ07_0_ON_RC_002 _A.doc	CODIFICA DOCUMENTO B10833_E_B_AB8_MAJ07_0_ON_RC_002	REV. A	FOGLIO 4 di 10
---	--	---	----------------------	------------------------------

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nell'esecuzione dei calcoli si fa riferimento alla legislazione vigente con particolare riferimento alle seguenti normative:

- D.M. 9/1/1996 - "Norme tecniche per l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche" ed annesse istruzioni per la loro applicazione riportate dalla circolare Ministero LL.PP. del 15/10/1996 (G.U. 26/11/96 - n. 277 - suppl.),
- D.M. 16/1/96 - "Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi e sovraccarichi" ed annesse istruzioni per la loro applicazione riportate dalla Circolare Ministero LL.PP. del 4/7/96 (G.U. 16/9/96 - N° 217 - suppl.),
- D.M. 14/2/92 - "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" ed annesse "Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche", di cui alla circolare Ministero LL.PP. n° 37406/STC del 24/6/93,
- D.M. 14/1/08 - "Norme tecniche per le costruzioni – Testo Unico",
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 – Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008,
- UNI EN 1992-1-1-2005 EUROCODICE 2 : Progettazione strutture di calcestruzzo,
- UNI EN 1998-5-2005 (Eurocodice 8): "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici";
- UNI EN 1295-1-1999: "Progetto strutturale di tubazioni interrato sottoposte a differenti condizioni di carico – Requisiti Generali";
- UNI EN 1916-1-2004: "Tubi e raccordi di calcestruzzo non armato, rinforzato con fibre di acciaio e con armature tradizionali".

2.1 Bibliografia

- BS EN 1295-1:1998: "Structural design of buried pipelines under various conditions of loading - Part 1. General requirements"
- American Concrete Pipe Association: "Concrete Pipe Design Manual - 2007"
- Concrete Manufacturers Association – Pipes, Infrastructural Products and Engineering - 2006: "Concrete Pipes and Box Cukverts Portal Handbook"
- MOSER & FOLKMANN: "Buried Pipe Design – McGraw Hill - 3rd Edition - 2008"
- ASSOBTETON – Tubazioni in calcestruzzo – Manuale di progettazione e utilizzo – 3a Edizione – 2005"

CONSORZIO COSTRUTTORI TEEM 	Doc. N. B10833_E_B_AB8_MAJ07_0_ON_RC_002 _A.doc	CODIFICA DOCUMENTO B10833_E_B_AB8_MAJ07_0_ON_RC_002	REV. A	FOGLIO 5 di 10
---	---	--	-----------	-------------------

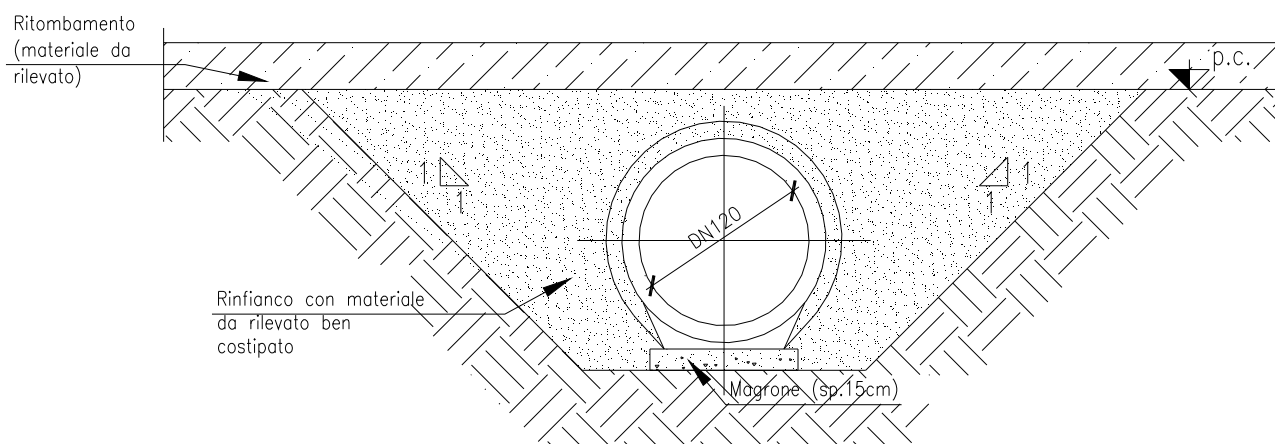
3 CALCOLO DEL TOMBINO CIRCOLARE DN1200

3.1 Dati geometrici

Tombino DN1200

- Diametro interno tubazione: $\varnothing 1200$ mm;
- Ricoprimento tubazione: $h_{\max} = 55$ cm – $h_{\min} = 30$ cm;
- Spessore tubazione: 0.115 m (valore indicativo);

SEZIONE TRASVERSALE TIPOLOGICO ALLETTAMENTO TUBAZIONI PREFABBRICATE



CONSORZIO COSTRUTTORI TEEM 	Doc. N. B10833_E_B_AB8_MAJ07_0_ON_RC_002_A.doc	CODIFICA DOCUMENTO B10833_E_B_AB8_MAJ07_0_ON_RC_002	REV. A	FOGLIO 6 di 10
---	--	---	----------------------	------------------------------

3.2 Criteri di calcolo tubazione prefabbricata

Come è noto, gli Organismi Normatori si sono indirizzati verso un'approccio semi-empirico che, mediante l'impiego di grafici e tabelle, consentano di determinare un 'carico di riferimento'; successivamente tale 'carico' è utilizzato per determinare la 'Classe di Resistenza' (crushing strenght) della tubazione. La Classe di Resistenza consente di scegliere la tubazione (prefabbricata) strutturalmente appropriata. Una volta determinata la Classe di Resistenza, tra i cataloghi dei Produttori viene scelta la tubazione che, a parità di diametro, ha una Classe uguale o maggiore a quella prescritta; i Produttori garantiscono, mediante l'esecuzione di opportune prove, che le Classi da essi dichiarate siano tali ai sensi della certificazione CEN. La Norma Italiana che disciplina le modalità di esecuzione delle prove è la UNI EN 1916.

Si indica, oltre alla Classe di Resistenza, un ulteriore parametro, il Carico di Collaudo, che viene definito nel seguito.

La Norma Italiana che disciplina il calcolo delle tubazioni interrate è la UNI EN 1295-1; la stessa tuttavia si limita a esporre la 'Base delle procedure di calcolo' e ad accennare alle 'Procedure di Calcolo e coefficienti di sicurezza' senza riportare nessun metodo di calcolo. I metodi di calcolo vengono invece dettagliatamente esposti, come riportato nella Norma UNI EN 1295-1, da numerosi stati membri (Austria, Belgio, Danimarca, Finlandia, Francia, Germania, Paesi Bassi, Norvegia, Spagna, Svezia, Svizzera, Regno Unito).

La Norma BS EN 1295-1, oltre a riportare rigorosamente quanto esposto nella corrispondente Norma UNI EN 1295-1, contiene altresì le procedure per il calcolo delle tubazioni.

Pertanto, poichè la progettazione di un elemento strutturale, in assenza di prescrizioni italiane, può essere sviluppata secondo una qualunque Norma Europea, la progettazione del tombino verrà svolta in questo documento adottando la Norma BS EN 1295-1.

Per quanto riguarda le azioni sismiche si osserva:

- a) L'impostazione progettuale adottata (assenza di determinazione delle sollecitazioni) non consente di prendere in conto le azioni sismiche.
- b) Né la Norma BS, né la Norma UNI, né il Manuale Assobeton fanno alcun riferimento ad azioni sismiche.
- c) Il testo citato al par. 2.2 (MOSER & FOLKMANN – Buried Pipe Design) riporta (pag 54):
 "... la progettazione antisismica è da prendersi in conto per tubi che debbano garantire una funzione essenziale, ad esempio condotte antincendio, e per tubi che possano emettere esalazioni tossiche o che contengano fluidi infiammabili ...).

CONSORZIO COSTRUTTORI TEEM 	Doc. N. B10833_E_B_AB8_MAJ07_0_ON_RC_002_A.doc	CODIFICA DOCUMENTO B10833_E_B_AB8_MAJ07_0_ON_RC_002	REV. A	FOGLIO 7 di 10
---	--	---	----------------------	------------------------------

d) La sismicità dell'intera area di posizionamento dei manufatti è alquanto modesta.

Per quanto precede le azioni sismiche non vengono prese in conto nella progettazione dei tombini ma solo per le pareti di sostegno.

Si segnala infine quanto segue:

- La Classe di Resistenza viene determinata a partire dal 'carico di progetto' (che risulta dalla somma del carico derivante dal ricoprimento, di quello derivante dalle azioni mobili e di quello dovuto al fluido contenuto: ciò sia secondo il Manuale Assobeton che secondo la Norme BS). Una volta ottenuto il 'carico di progetto' esso va diviso per il Coefficiente di Posa e moltiplicato per il Coefficiente di Sicurezza. Secondo la BS EN 1295-1 il coefficiente di sicurezza è pari a 1.25 (da Table NA.5 Norma BS EN 1295-1) in quanto il tubo non è in pressione.
- Il Carico di Collaudo non è esplicitato nella Norma BS EN 1295-1. Secondo il Manuale Assobeton invece esso è uguale al rapporto tra il 'carico di progetto' e il 'coefficiente di posa'. Tale Carico di Collaudo è invece esplicitato nella restante Bibliografia citata.

Si riporta nelle pagine seguenti il calcolo del tombino circolare prefabbricato $\phi 1200$.

Le notazioni tra parentesi quadre sono riferimenti al paragrafo e/o pagina e/o equazione della Norma BS EN 1295-1.

- La tubazione è considerata 'rigida'.
- La tubazione non è considerata 'in pressione'.

CONSORZIO COSTRUTTORI TEEM 	Doc. N. B10833_E_B_AB8_MAJ07_0_ON_RC_002_A.doc	CODIFICA DOCUMENTO B10833_E_B_AB8_MAJ07_0_ON_RC_002	REV. A	FOGLIO 8 di 10
---	--	---	----------------------	------------------------------

3.3 Carico di Progetto W_e

$$W_e = W_c + W_{csu} + W_w \quad [\text{eq 7, pag.21}]$$

3.3.1 Carico da terreno sovrastante W'_c

$$W'_c = C_c \cdot \gamma \cdot B_c^2 \quad [\text{eq 1, pag.20}]$$

γ : peso specifico terreno di ricoprimento

B_c : diametro esterno tubo

Si assume:

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$$

Il diametro esterno è pari a quello interno aumentato di due volte lo spessore. Quest'ultimo è pari a circa 11.5 cm (variabile a seconda del produttore). Di conseguenza, considerato che il tombino ha diametro interno B_i pari a 1.20 m, si assume il seguente valore del diametro esterno:

$$B_c = 1.43 \text{ m}$$

La Norma BS EN 1295-1 consente di utilizzare un approccio semplificato per il calcolo di C_c :

quando il valore del prodotto $K \mu$ può essere assunto pari a 0.19, il valore di C_c può essere ricavato dalla tab. [NA.2] in funzione dell'altezza H , del diametro B_c e del prodotto: $r_{sd} \cdot p$.

Come descritto all'interno del punto NA.4.3.3 della Norma BS EN 1295-1, per Classi di Posa (Table NA.7, pag.32 e 33) di tipo D, F e N il valore di p è unitario, mentre per le restanti Classi di posa il valore di p può essere assunto pari a 0.7.

La stessa Norma, nella Nota posta alla fine Par. NA.4.3.3, chiarisce che il prodotto $r_{sd} \cdot p$ può essere assunto pari a 0.7 per le Classi D, N e F e pari a 0.5 per le Classi B e S.

Poiché prudenzialmente si assume una classe di posa di tipo D, si adotta un valore del prodotto $r_{sd} \cdot p$ pari a 0.7.

Il valore del rapporto $r_{sd} \cdot p$ sopra definito porta alla seguente definizione di un valore del coefficiente C_c tramite la tabella Table NA.2 della Norma BS EN 1295-1.

$$C_c = 1.59 \cdot (H / B_c) - 0.09 = 0.52 \quad (\text{per } h_{\max} = 0.55 \text{ m})$$

$$C_c = 1.59 \cdot (H / B_c) - 0.09 = 0.24 \quad (\text{per } h_{\min} = 0.30 \text{ m})$$

Il carico corrispondente al ricoprimento del terreno vale pertanto:

$$W'_c = C_c \cdot \gamma \cdot B_c^2 = 0.52 \cdot 19.0 \text{ kN/m}^3 \cdot (1.43 \text{ m})^2 = 20.2 \text{ kN/m (h=0.55 m)}$$

$$W'_c = C_c \cdot \gamma \cdot B_c^2 = 0.24 \cdot 19.0 \text{ kN/m}^3 \cdot (1.43 \text{ m})^2 = 9.32 \text{ kN/m (h=0.30 m)}$$

CONSORZIO COSTRUTTORI TEEM 	Doc. N. B10833_E_B_AB8_MAJ07_0_ON_RC_002_A.doc	CODIFICA DOCUMENTO B10833_E_B_AB8_MAJ07_0_ON_RC_002	REV. A	FOGLIO 9 di 10
---	--	---	----------------------	------------------------------

3.3.2 Carico da acqua contenuta W_w

$$W_w = C_w \cdot \gamma_w \cdot \pi \cdot B_i^2 / 4 \quad [\text{eq 6, pag.20}]$$

Per il coefficiente C_w la Norma BS EN 1295-1 suggerisce un valore pari a 0.75.

Si assume $\gamma_w = 10.0 \text{ kN/m}^3$ come peso specifico del liquido e $B_i = 1.20 \text{ m}$ come diametro interno.

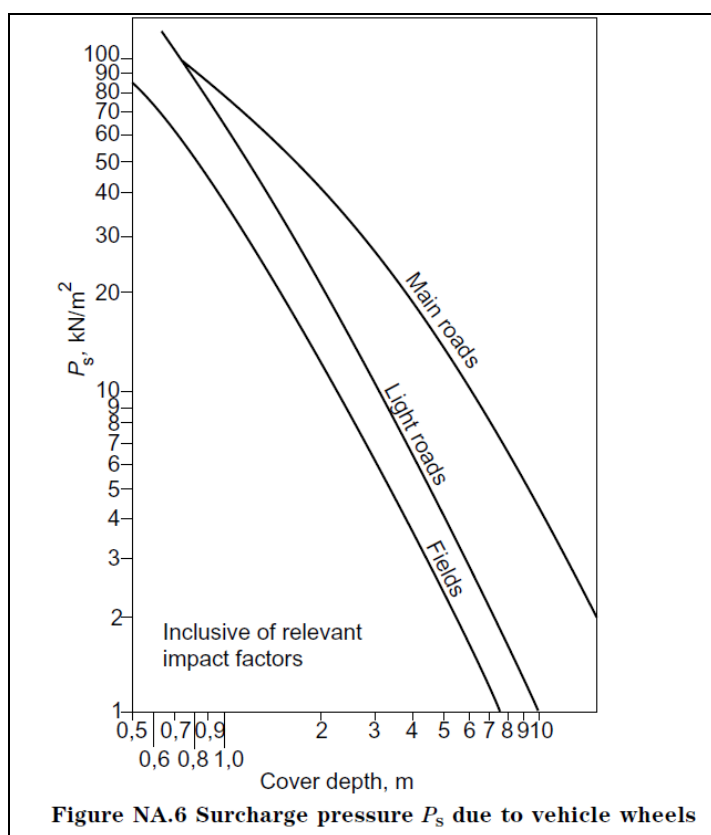
Il carico corrispondente al peso dell'acqua all'interno della condotta vale pertanto:

$$W_w = C_w \cdot \gamma_w \cdot \pi \cdot B_i^2 / 4 = 0.75 \cdot 10.0 \text{ kN/m}^3 \cdot \pi \cdot (1.20 \text{ m})^2 / 4 = 8.48 \text{ kN/m}$$

3.3.3 Carico da azioni variabili (carichi mobili) W_{csu}

$$W_{csu} = P_s \cdot B_c \quad [\text{eq 5, pag.20}]$$

Il valore del carico P_s va valutato in funzione del grafico sotto riportato (tratto dalla Norma BS EN 1295-1).



Si assume il carico corrispondente alla curva 'Light roads'; dal grafico di cui sopra:

- per un ricoprimento $H = 0.55 \text{ m}$ si stima una pressione equivalente $P_s = 100 \text{ kN/m}^2$;
- per un ricoprimento $H = 0.30 \text{ m}$ si stima una pressione equivalente $P_s = 100 \text{ kN/m}^2$;

CONSORZIO COSTRUTTORI TEEM 	Doc. N. B10833_E_B_AB8_MAJ07_0_ON_RC_002 _A.doc	CODIFICA DOCUMENTO B10833_E_B_AB8_MAJ07_0_ON_RC_002	REV. A	FOGLIO 10 di 10
---	--	---	----------------------	-------------------------------

Il carico corrispondente al traffico veicolare (accidentale) vale pertanto:

$$W_{csu} = P_s \cdot B_c = 100 \text{ kN/m}^2 \cdot 1.43 \text{ m} = 143 \text{ kN/m (per } h = 0.55 \text{ m)}$$

$$W_{csu} = P_s \cdot B_c = 100 \text{ kN/m}^2 \cdot 1.43 \text{ m} = 143 \text{ kN/m (per } h = 0.30 \text{ m)}$$

3.3.4 Carico di Progetto W_e

$$W_e = W_c + W_{csu} + W_w \quad [\text{eq 7, pag.21}]$$

Secondo quanto calcolato nei precedenti paragrafi, il carico totale agente sul tombino circolare vale:

$$h_{max} = 0.55 \text{ m}$$

$$W_e = W_c + W_{csu} + W_w = 20.2 + 8.48 + 143 = 171.68 \text{ kN/m}$$

$$h_{min} = 0.30 \text{ m}$$

$$W_e = W_c + W_{csu} + W_w = 9.32 + 8.48 + 143 = 160.8 \text{ kN/m}$$

3.3.5 Classe di Resistenza W_t

L'espressione che governa la progettazione del tubo [eq. 8, pag.21] è la seguente:

$$F_m \geq W_e \cdot F_{se} / W_t$$

dove:

F_m : Fattore di Posa (bedding factor);

W_e : Carico di progetto;

F_{se} : Coefficiente di sicurezza;

W_t : Classe di Resistenza (pipe strenght);

L'espressione può essere riscritta nella forma:

$$W_t \geq W_e \cdot F_{se} / F_m$$

Il valore del Coefficiente di sicurezza è desumibile dalla [tab. NA.5, pag.21] e, per tubi in calcestruzzo non in pressione, vale:

$$F_{se} = 1.25$$

Il valore del coefficiente di posa F_m è desumibile dalla [Tab. NA.7] e per la Classe di Posa D si decide di assumere cautelativamente il valore minore: $F_m = 1.1$.

La Classe di Resistenza minima richiesta è pari a:

$$W_t = W_e \cdot F_{se} / F_m = 171.68 \cdot 1.25 / 1.10 = 195 \text{ kN/m.}$$