

logo

committente

RONDINE SRL

Via Arese n° 85 - 20020 Robecchetto con Induno (MI)

titolo intervento

**PIANO ATTUATIVO RESIDENZIALE "VIA DELLE ARTI"
ai sensi art. 16.4 delle NTA del vigente PGT***AMBITO DI INTERVENTO "C5" Mapp.li 731-733-735-737-548 Foglio 3**Realizzazione palazzine residenziali e nuova strada comunale con parcheggi da cedere per l'uso pubblico. Tombinatura tratto di Canale Villoresi Diramatore "5 Castano"***ESTENSIONE FOGNATURA CIVILE**

fase progettuale

RICHIESTA AUTORIZZAZIONE

n° elaborato

A

titolo elaborato

RELAZIONE TECNICA

00	Maggio 2020	Emissione autorizzazione estensione fognatura civile	EF	SB	SB
REV	DATA	NOTE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

codice commessa

29S20CON

nome file

29S20CON_RON_A_REL_00 Rel tecnica

scala

data

Maggio 2020

società incaricata

**BMB INGEGNERIA S.R.L.**

Sede Legale: Via Sondrio, 55 - 20835 Muggiò (MB)
 Tel. +39 039 2785540 - Fax +39 039 2144493
 studio@bmbingegneria.net
 www.bmbingegneria.net

Codice Fiscale 04780760965
 Partita IVA 04780760965
 R.E.A. MB 1886967
 Iscriz. C.C.I.A.A. n° 04780760965

Professionista incaricato:

DOTT. ING. SERGIO BAVAGNOLI

timbro

RONDINE Srl

COMUNE DI ROBECCHETTO CON INDUNO – PIANO ATTUATIVO RESIDENZIALE "VIA DELLE ARTI"

Realizzazione palazzine residenziali e nuova strada comunale con parcheggi da cedere per l'uso pubblico.

Tombinatura tratto di Canale Villoresi Diramatore "5 Castano"

ESTENSIONE FOGNATURA CIVILE

RONDINE SRL

Via Arese n°85, 20020 Robecchetto con Induno (MI)

RONDINE Srl

PIANO ATTUATIVO RESIDENZIALE "VIA DELLE ARTI"

Realizzazione palazzine residenziali e nuova strada comunale con parcheggi da cedere per l'uso pubblico. Tombinatura tratto di Canale Villoresi Diramatore "5 Castano"

ESTENSIONE FOGNATURA CIVILE

RELAZIONE TECNICA

INDICE

1. PREMESSE	2
2. DIMENSIONAMENTO IDRAULICO	4
2.1 METODO DI CALCOLO DELLE PORTATE ACQUE NERE	4
2.2 CALCOLO DELLE SEZIONI DEI CONDOTTI.....	4
2.3 CALCOLI IDRAULICI.....	5
3. VERIFICA STATICA.....	9

1. PREMESSE

La Società Rondine S.r.l., nell'ambito del "Piano Attuativo Residenziale "VIA DELLE ARTI" - Realizzazione palazzine residenziali e nuova strada comunale con parcheggi da cedere per l'uso pubblico. Tombinatura del tratto di Canale Villoresi Diramatore "5 Castano", in Comune di Robecchetto con Induno (MI), ha affidato alla Società BMB INGEGNERIA S.r.l. la progettazione dell'estensione della rete di fognatura comunale esistente, al fine di presentare a CAP Holding S.p.A. la richiesta di Parere tecnico preventivo.



Figura 1: Vista aerea dello stato di fatto con indicazione dell'area oggetto di intervento "PA delle arti" (Google Earth).

Nello specifico, come si osserva in figura 2, è prevista l'estensione della rete mista esistente per un tratto di lunghezza pari a circa 30 m, lungo via san Vittore, fino al confine di proprietà.

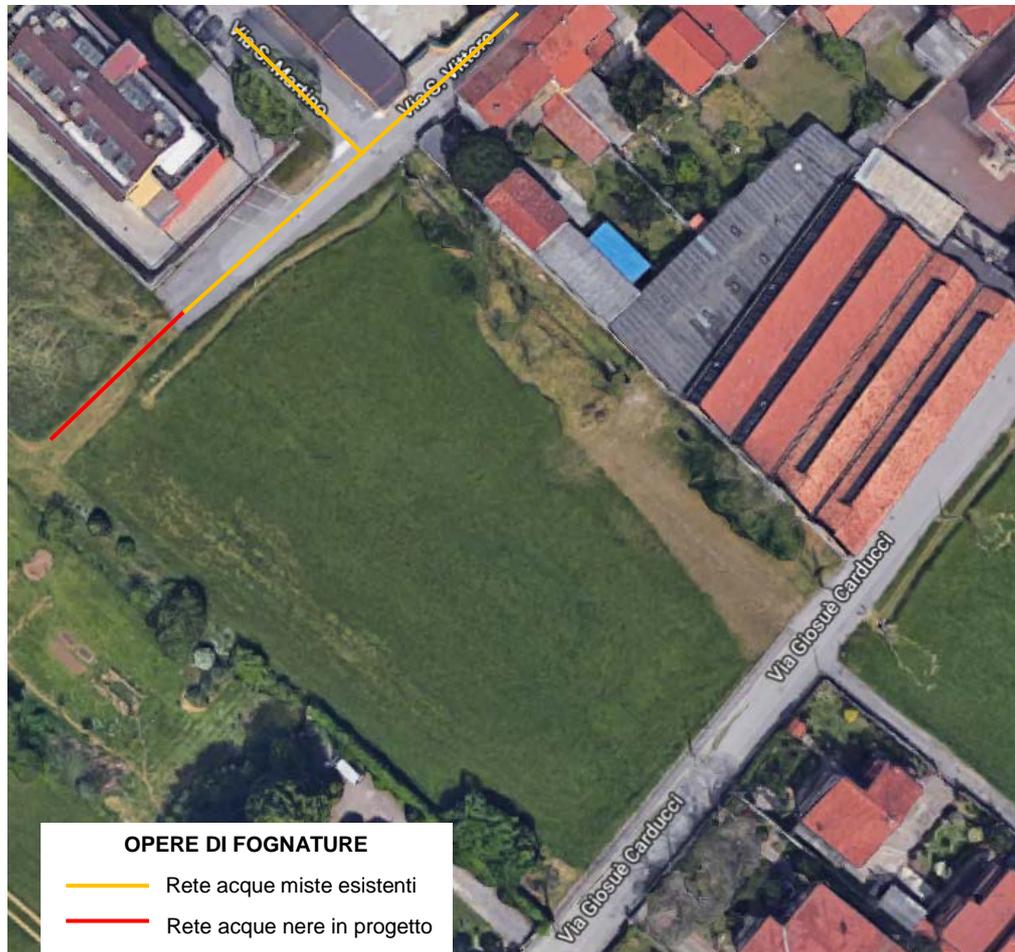


Figura 2: Vista aerea dello stato di fatto con l'indicazione degli interventi in progetto (Google Earth).

2. DIMENSIONAMENTO IDRAULICO

2.1 METODO DI CALCOLO DELLE PORTATE ACQUE NERE

Per la portata media di acque reflue proveniente da scarichi civili è stata adottata la seguente espressione:

$$Q_{Nciv} = \frac{\alpha \cdot D \cdot P}{24 \cdot 3600}$$

dove:

$$\alpha = 1$$

(coefficiente d'afflusso in fognatura)

(valore cautelativo che non tiene conto della quota consumata);

$$D = 300 \text{ l/ab giorno}$$

(dotazione media idrica procapite);

$$P = \text{popolazione servita};$$

La *portata di punta* risulta poi:

$$Q_{NP} = Q_{Nciv} \cdot C_1 \cdot C_2$$

dove:

$C_1 = 1,5$ (coefficiente moltiplicativo relativo al giorno di max consumo);

$C_2 = 1,5$ (coefficiente di punta oraria).

2.2 CALCOLO DELLE SEZIONI DEI CONDOTTI

Per il calcolo idraulico dei condotti di fognatura si ammette che la portata in essi defluente si muova con moto uniforme.

Questa ipotesi, pur non essendo mai esattamente conforme alle reali condizioni di movimento, viene normalmente accettata per la sua semplicità, anche in conformità delle enormi semplificazioni proprie dello schema di funzionamento idraulico ammesso per la teoria sulla quale poggiano i calcoli di dimensionamento.

La formula più comunemente usata è quella di Chezy:

$$Q = A \cdot \chi \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

dove Q è la portata in mc/s, A è l'area della sezione bagnata in m^2 , χ è un coefficiente che tiene conto della scabrezza della condotta, R è il raggio idraulico in metri, i è la pendenza di fondo del condotto.

Per il calcolo del coefficiente χ si è adottata l'espressione di Strickler:

$$\chi = k \cdot R^{1/6}$$

con $k = 90$ per le tubazioni in PVC.

Conformemente alla Circ. Min. LL.PP. n.11633 (Pres. Cons. Sup. - Serv. Tecn. Centr.) del 7.1.1974: "Istruzioni per la progettazione delle fognature e degli impianti di trattamento delle acque di rifiuto", si sono adottate caratteristiche delle tubazioni (diametro, pendenza, materiale) tali da contenere di norma le velocità entro i valori consigliati:

$$V_{media} \geq 0,5 \text{ m/sec}; V_{max} \leq 5 \text{ m/sec}$$

in modo da impedire il deposito di sostanze sedimentabili durante i periodi di magra e l'erosione della superficie interna delle tubazioni in occasione delle portate di punta.

2.3 CALCOLI IDRAULICI

Il progetto prevede l'estensione della pubblica fognatura di Via S. Vittore fino al limite dell'area oggetto dell'intervento, con la realizzazione di un collettore in PVC SN 8 De 315 mm, di lunghezza pari a 30,00 m e pendenza 3 m/km, dotato di n°1 pozzetto di ispezione realizzato con elementi prefabbricati in calcestruzzo a base quadrata dim. int. 80x80 cm con chiusino in ghisa sferoidale classe D400, luce netta 80 cm. Le superfici interne delle pareti delle camerette di ispezione dovranno essere rivestite con vernice epossidica dello spessore minimo di 600 micron, data in due mani.

La figura 2 mostra la rete fognaria esistente nel punto di interesse: il nuovo tratto di fognatura è l'estensione della rete acque miste in via S. Vittore ed il recapito è la cameretta 321.

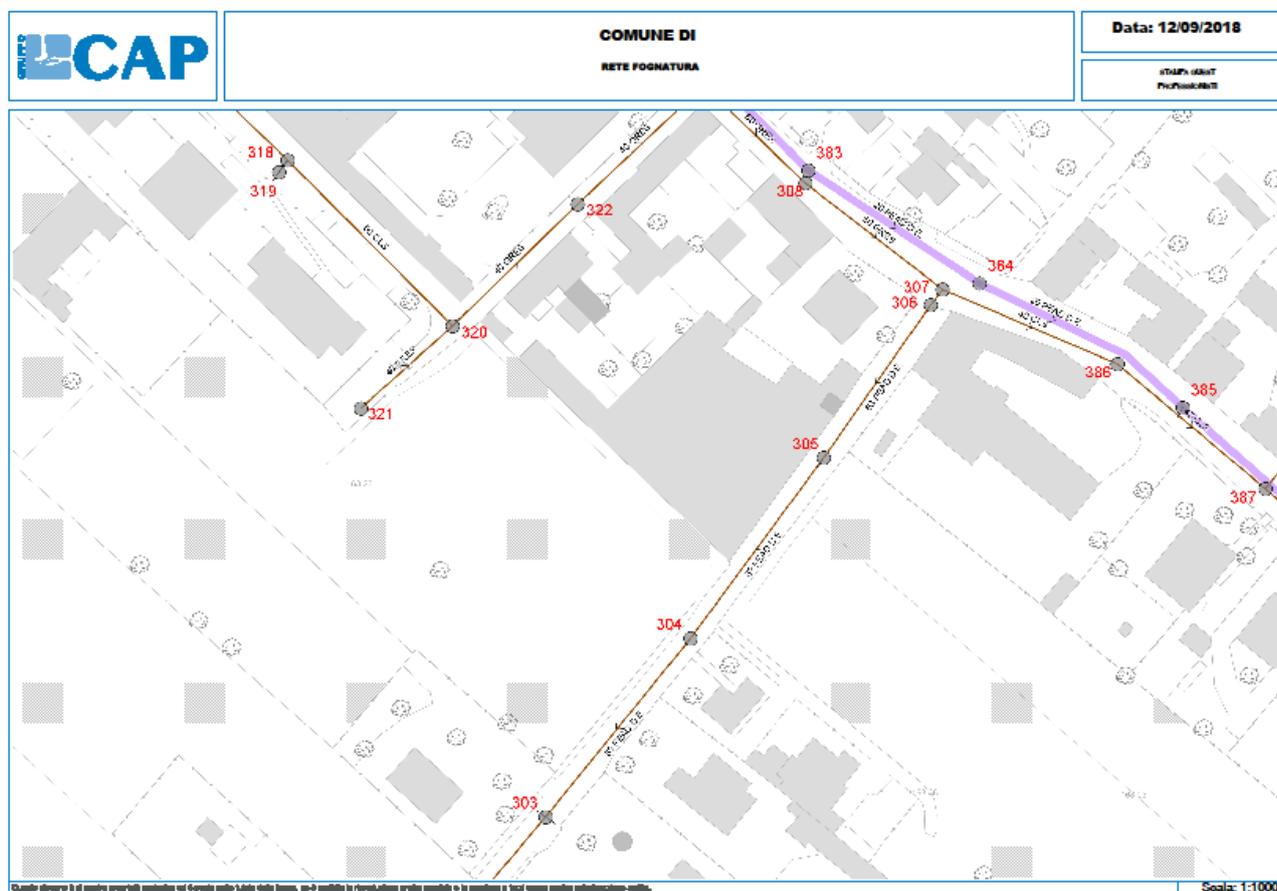


Figura 3: Stralcio fognatura esistente

Le informazioni necessarie sono state desunte ove disponibili dalle planimetrie e le monografie pubblicate sul portale "WebGis Acque di Lombardia".

Tuttavia, per la cameretta di allaccio del nuovo tratto, CAM. n° 321, non sono disponibili informazioni riguardanti la quota di scorrimento della tubazione esistente. Per tale motivo, per i calcoli e le verifiche statiche del nuovo tratto di rete, si considerano quote di scorrimento indicative, stimate sulla base dei dati disponibili dei tratti di rete più a valle.

Sulla base delle unità immobiliari che complessivamente si prevedono per il comparto di trasformazione C5 si stimano gli abitanti equivalenti relativi alle urbanizzazioni future.

Nello specifico è prevista la realizzazione di 96 unità, per le quali, considerando di media n° 3 abitanti per unità, si stima una popolazione massima totale, per il nuovo comparto pari a 288 A.E.

Applicando i criteri indicati nei paragrafi precedenti la portata media nera (per 288 A.E.) risulta pari a 1 l/s e la portata di punta nera è calcolata pari a 2,25 l/s.

Nella tabella seguente si riporta la verifica idraulica relativa alla tubazione in PVC SN 8 De 315 mm con pendenza pari a 3 m/km.

D_i [mm]	296,60
D_e [mm]	315
KST	90
J [m/Km]	3,00

ALTEZZA	VELOCITA'	PORTATA
mm	m/s	l/s
15,0	0,23	0,30
29,0	0,34	1,20
43,0	0,44	2,72
57,0	0,52	4,86
71,0	0,59	7,55
85,0	0,66	10,77
99,0	0,72	14,45
113,0	0,77	18,52
127,0	0,81	22,92
141,0	0,85	27,56
155,0	0,89	32,37
169,0	0,92	37,26
183,0	0,94	42,13
197,0	0,96	46,88
211,0	0,98	51,39
225,0	0,99	55,54
239,0	0,99	59,17
253,0	0,99	62,11
267,0	0,98	64,08
281,0	0,95	64,62
296,6	0,87	60,11

Tabella 1: Verifica idraulica tubazione in PVC SN 8 De 315 mm, pendenza minima 3,00 m/km

La tubazione in PVC De 315 mm SN 8 con pendenza 3,00 m/km, in accordo con la pendenza di progetto del nuovo tratto di strada interessato dall'intervento, è in grado di smaltire una portata massima pari a 64,65 l/s, con una velocità di 0,96 m/s ed un'altezza del livello idrico nel tubo pari a 280,00 mm (grado di riempimento pari a 94%) (portata di punta nera corrispondente a 8275 A.E.) mentre con un grado di riempimento pari a

RONDINE Srl

COMUNE DI ROBECCHETTO CON INDUNO – PIANO ATTUATIVO RESIDENZIALE "VIA DELLE ARTI"

Realizzazione palazzine residenziali e nuova strada comunale con parcheggi da cedere per l'uso pubblico.

Tombinatura tratto di Canale Villoresi Diramatore "5 Castano"

ESTENSIONE FOGNATURA CIVILE

50% si ha una portata di 30 l/s, una velocità di 0,87 m/s ed un'altezza del livello idrico nel tubo pari a 148,30 mm (portata di punta nera corrispondente a 3840 A.E.).

Pertanto la tubazione in progetto è in grado di trattare, con un ampio margine, la portata nera di punta da smaltire pari a 2,25 l/s (velocità: 0,42 m/s, livello idrico: 39,20 mm, grado di riempimento: 13%).

3. VERIFICA STATICA

La condotta interrata ed il suolo in cui essa è immersa costituiscono una struttura che, sotto l'azione dei carichi e dei sovraccarichi, deve risultare stabile nel tempo. Per tale motivo si deve procedere alla verifica statica della condotta nella sua condizione di esercizio, protratta negli anni secondo un orizzonte temporale congruente con la durata ipotizzata della rete fognaria.

Nel presente progetto è previsto l'impiego di tubazioni in PVC SN 8.

Le tubazioni in PVC sono tubazioni flessibili e pertanto la sollecitazione esterna può causare mutamenti di forma della sezione circonferenziale (cioè si può deformare) senza causare danni. La deformazione, a breve o lungo termine, può raggiungere valori anche elevati, non compatibili con il corretto funzionamento della canalizzazione, senza che il tubo presenti danni alla struttura o sintomi di collasso.

La flessibilità (o meglio la deformabilità) in senso circonferenziale dipende dal valore della rigidità circonferenziale.

La rigidità circonferenziale è il parametro che caratterizza i tubi flessibili e, in relazione alla sua dipendenza sia dai dati geometrici (momento d'inerzia di parete) che dalle caratteristiche del materiale (modulo di elasticità), si definisce geometricamente per i tubi a parete piena e con valori ben definiti del modulo di elasticità e sperimentalmente per altro tipo di tubo con parete complessa o materiali compositi.

In termini tecnici, la rigidità è definita come:

$$SR = E I / rm^3$$

espressa in kN/m² (norme DIN)

in cui:

- E = modulo elastico circonferenziale del materiale
- I = s³/12 = momento di inerzia di parete
- s = spessore della parete
- rm = raggio sull'asse neutro.

oppure secondo la notazione adottata da ISO ed EN basata sul diametro medio:

$$SN = E I / Dm^3$$

espressa ancora in kN/m².

Ne consegue un rapporto $SR = 8SN$.

Nel contesto delle condotte, "flessibile" significa deformabile nella direzione del diametro verticale.

Nella valutazione del concetto di "flessibilità", il modulo di elasticità del materiale riveste una particolare importanza.

Tutti i tubi flessibili soggetti a carico esterno interagiscono con il sistema "terreno di riempimento - pareti della trincea" (o pressione del terreno circostante nel caso di trincea larga o terrapieno), che si oppongono

alla deformazione. I tubi flessibili, proprio grazie alla loro deformabilità, sono in grado di trasmettere i carichi lateralmente sul terreno.

Il comportamento di una tubazione flessibile qualsiasi soggetta a carico può essere ricondotta a quella delle strutture ad arco, in cui i carichi si scaricano sugli estremi.

Nelle teorie comunemente utilizzate per il calcolo della deformazione, l'analisi della struttura tubo - terreno si semplifica assumendo che le deformazioni nel tubo siano piane ed il tubo sia equivalente ad un cilindro di lunghezza infinita e di piccolo spessore, e considerando inoltre che il terreno reagisca elasticamente.

L'analisi del sistema strutturale tubo flessibile - terreno è stata sviluppata nell'Università dello Iowa da Spangler e Marston. L'equazione di Spangler è stata poi modificata, sulla base degli studi di Barnard ed altri, nella forma comunemente accettata per il calcolo della deformazione dei tubi flessibili.

Tale formula si presenta come:

$$\text{deformazione} = (\text{carico sul tubo}) / (\text{rigidezza del tubo} + \text{rigidezza del terreno})$$

Nella formula non compaiono direttamente i dati relativi alla trincea, che influiscono invece sul calcolo del carico.

Interazione tubo-terreno

In tutte le tubazioni posate in scavo e soggette a carichi esterni si verifica un'interazione tra tubo, materiale di riempimento e parete dello scavo.

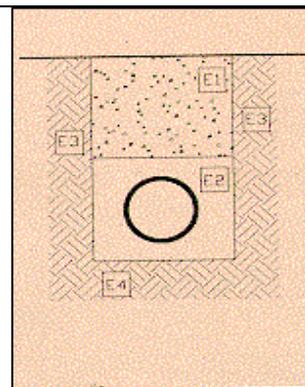
In termini pratici il complesso "materiale di riempimento-pareti dello scavo" si oppone alla deformazione ed alla rottura della tubazione. Maggiore è la "rigidezza" del materiale di riempimento e della struttura intorno alla tubazione, maggiore è la resistenza della canalizzazione alle sollecitazioni esterne.

La reazione del complesso "riempimento-terreno" è da porsi in relazione al modulo di elasticità "E" del terreno di riempimento, che a sua volta dipende fortemente dal grado di compattazione, ed a quello, inalterato, delle pareti dello scavo.

In genere si utilizzano metodi di calcolo (derivanti dagli studi di Spangler, Watkins, Barnard) che tengono in considerazione il fatto che il valore di "E" (modulo elastico o modulo di resistenza passiva del terreno di riempimento) non è costante, mentre invece risulta costante, ai fini pratici, il fattore $E' = E \cdot r$ (ove r è il raggio della condotta), chiamato "modulo di deformazione" o "modulo elastico" (espresso in N/mm²).

Sono definiti come:

- o E1 modulo elastico del terreno sovrastante la tubazione (riempimento);
- o E2 modulo elastico del rinfiacco (terreno che circonda il tubo);
- o E3 modulo elastico del terreno in sito (ai fianchi dello scavo);
- o E4 modulo elastico del terreno in sito (fondo scavo senza letto di posa).



Nelle tabelle seguenti sono riportati i valori di E' , dell'angolo di attrito interno del terreno " ϕ " ed il peso specifico del terreno " γ " in funzione del tipo di materiale e della percentuale di compattazione.

VALORI DI E1 ED E2 in N/mm ²	CLASSE DI RINFIANCO O DI RINTERRO			
	1	2	3	4
Argilla e terreni a grana molto fine	0,6	1,5	2	5
Limi e terreni a grana fine	0,8	2	3	7
Sabbia e terreni a grana media	1,2	3	4	10
Ghiaia e terreni a grana grossa	2	6	9	20

Tabella 2: Valori del modulo elastico del terreno di riempimento e del rinfiacco in funzione del materiale e della percentuale di compattazione

Classe del terreno di rinterro e rinfiacco:

- o 1 rinterro o rinfiacco senza compattazione (terreno scaricato alla rinfusa);
- o 2 rinterro o rinfiacco con livello scarso di compattazione;
- o 3 rinterro o rinfiacco con livello medio di costipamento;
- o 4 rinterro o rinfiacco con ottimo livello di compattazione (ripristino condizioni in sito).

TIPO DI TERRENO IN SITO	ϕ (°)	γ (KN/M ³)	E3-E4 (MPa)
Argilla e terreni a grana molto fine	20	20	5
Limi e terreni a grana fine	25	20	7
Sabbia e terreni a grana media	30	20	10
Ghiaia e terreni a grana grossa	35	20	20

Tabella 3: Valori del modulo elastico del terreno in sito, dell'angolo di attrito interno e del peso specifico del terreno in funzione del materiale e della percentuale di compattazione

dove:

ϕ = angolo di attrito interno del terreno in gradi

γ = peso specifico del terreno in kN/m³

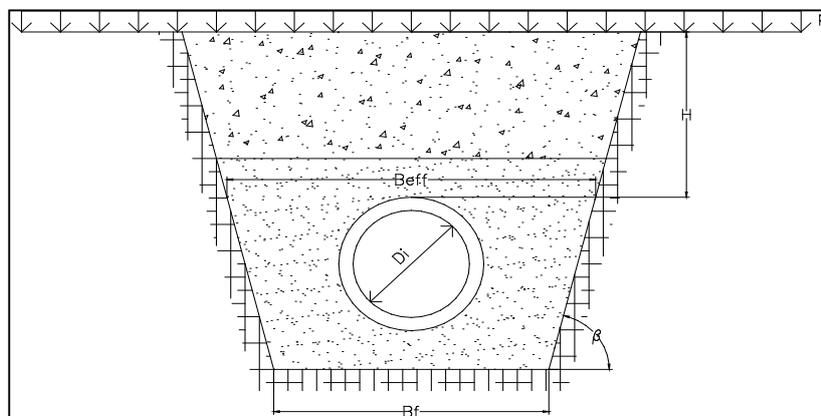
Calcolo dei carichi gravanti sulla condotta

Qualsiasi tubazione posata in scavo o in terrapieno è soggetta a carichi esterni, dovuti al peso del materiale di ricoprimento ed agli eventuali manufatti gravanti sullo stesso, definiti carichi statici, ed ai carichi dinamici dovuti al passaggio di mezzi terrestri sulla verticale o in prossimità della condotta.

Nella seguente tabella sono riportati i dati utilizzati per la verifica statica della tubazione in analisi.

Dati di progetto	U.M.	Tubazione
Materiale tubazione		PVC
Comportamento della tubazione		flessibile
De Diametro esterno	mm	315
Di Diametro interno	mm	296,6
Sp Spessore	mm	9,2
B _f Larghezza scavo	m	0,80
H Altezza ricoprimento max	m	1,68
H Altezza ricoprimento min	m	1,54
H _f Altezza del sottofondo	m	0,15
β Angolo formato dalla scarpata dello scavo con l'orizzontale	gradi	90
Rinterro		Sabbia e terreni a grana media
Classe del terreno di rinfianco		3
Classe di rinterro		3
Tipo sezione di scavo		Rilevato
Condizioni di traffico		Pesante

Tabella 4: Dati necessari per la verifica statica della tubazione in PVC SN 8 De 315 mm



Analisi del carico dovuto al terreno

Il carico dovuto al peso del terreno sulla generatrice superiore del tubo, per unità di lunghezza, è dato dalla seguente formula:

$$Q_1 = C_e \cdot De^2 \cdot \gamma$$

con:

$$C_e = 0,1 + 0,85 \cdot (H/De) + 0,33 \cdot (H/De)^2 \text{ per } H/De \leq 2,66$$

$$C_e = 0,1 + 1,68 \cdot (H/De) \text{ per } H/De > 2,66$$

Analisi del carico stradale

La pressione esercitata sul condotto dal carico stradale è calcolata in base alla teoria di Boussinesq (diffusione di un carico circolare in un semispazio omogeneo e isotopo ed elastico) ed è determinata dalla seguente equazione:

$$q_2 = a_F \cdot p_F \cdot \phi$$

dove:

$$p_F = \frac{F_A}{r_A^2 \cdot \pi} \cdot \left[1 - \left(\frac{1}{1 + \left(\frac{r_A}{H} \right)^2} \right)^{3/2} \right] + \frac{3 \cdot F_E}{2 \cdot H^2 \cdot \pi} \cdot \left(\frac{1}{1 + \left(\frac{r_E}{H} \right)^2} \right)^{5/2}$$

$$a_F = 1 - \frac{0,9}{0,9 + \frac{4 \cdot H^2 + H^6}{1,1 \cdot \left(\frac{(De + Di)}{2} \right)^{2/3}}}$$

F_A è il carico sulla superficie considerata, F_E è il carico sulle superfici circostante a quella considerata, r_E è la distanza del baricentro della superficie considerata dal baricentro dei carichi circostanti, r_A è il raggio medio equivalente della superficie con carico F_A e φ è il coefficiente di incremento dinamico. Nella tabella seguente sono riportati i valori di F_A, F_E, r_A, r_E e φ in funzione della classe della strada (grande, medio, leggero traffico) a norma DIN 1072.

Classe Strada	Veicolo	Peso tot.	Fa (KN)	Fe (KN)	ra (m)	re (m)	Φ
Grande traffico	HLC 60	600 KN	100	500	0,25	1,82	1,2
Medio traffico	HLC 30	300 KN	50	250	0,18	1,82	1,4
Traffico leggero	HGV 12	120 KN	40	80	0,15	2,26	1,5

Dalla pressione sull'estradosso della tubazione dovuta al carico stradale q₂ è possibile risalire al carico per unità di lunghezza del tubo:

$$Q_2 = q_2 \cdot De$$

Carico agente sulla tubazione

Il carico totale agente sulla tubazione per unità di lunghezza Q_{tot} è dato dalla somma dei carichi Q₁ e Q₂.

Q_{tot} è la forza sollecitante la condotta immersa nel terreno e sottoposta ai vari carichi statici e dinamici definiti nei paragrafi precedenti. Questa forza moltiplicata per un fattore di sicurezza posto pari a 1,5, permette di determinare il grado di deformazione del tubo, che deve risultare inferiore al 5% del diametro della condotta stessa (secondo quanto stabilito dalle norme UNI).

Nelle reali condizioni di impiego la forza sollecitante la condotta diminuisce per effetto delle azioni di supporto del terreno.

Nelle tubazioni flessibili la sollecitazione definitiva (F_s) della condotta posata nello scavo si ottiene, pertanto, dividendo la forza ottenuta in precedenza (moltiplicata per il coefficiente di sicurezza 1,5) per un coefficiente di posa E_z , funzione delle modalità di allettamento del condotto.

I valori di E_z sono:

- $E_z = 1,59 \rightarrow$ Solo sottofondo in sabbia o ghiaietto;
- $E_z = 1,80 \rightarrow$ Sottofondo , rinfianco e ricoprimento in sabbia o ghiaietto;
- $E_z = 2,80 \rightarrow$ Sottofondo in sabbia o ghiaietto e rinfianco in calcestruzzo;
- $E_z = 3,69 \rightarrow$ Totale annegamento in calcestruzzo.

Calcolo deformazione condotta

La deformazione di una condotta flessibile soggetta a una forza sollecitante F_s risulta:

$$\Delta X = \frac{0,125 \cdot T \cdot F_s \cdot 1000}{(E_t / T \cdot (\text{spessore} / De)^3) \cdot 10^6 + 0,0915 \cdot E_i}$$

dove T tiene conto della variazione nel tempo delle caratteristiche del materiale costituente il tubo (per tubazioni in PVC T è posto pari a 1), E_t è il modulo di elasticità del tubo (1500 MPa per tubazioni in PVC) ed E_i risulta:

$$E_i = \frac{9 \cdot 10^4 (H + 4)}{\alpha}$$

Il condotto è staticamente verificato se risulta:

$$\frac{\Delta X}{De} \cdot 100 \leq 5$$

Calcoli statici

Nelle tabelle seguenti si riportano i risultati dei calcoli del carico statico, del carico stradale (caso peggiore,) e la verifica di stabilità relativi alle tubazioni in progetto.

Tubazione in PVC SN 8 De 315 mm

Carico dovuto al terreno

De (mm)	H (m)	C _e (-)	Q ₁ (kN/m)
315	1,54	8,34	16,54
	1,68	9,08	18,02

Carico stradale

De (mm)	H (m)	p _F (-)	a _F (-)	q ₂ (kN/m ²)	Q ₂ (kN/m)
315	1,54	30,75	0,98	36,19	11,40
	1,68	28,56	0,99	33,82	10,65

Verifica a deformazione

De (mm)	H (m)	Q_t (kN/m)	EZ (-)	F_s (kN/m)	ΔX/De (%)	Verifica
315	1,54	27,94	1,8	23,29	2,44	< 5 %
	1,68	28,68	1,8	23,90	2,45	< 5 %

La deformazione elastica è inferiore al 5% e pertanto le tubazioni in PVC De 315 mm risultano idonee in ogni condizione.