

R 6

STUDIO DI INGEGNERIA ROSSI

PROVINCIA DI VERONA

COMUNE DI VERONA

P.U.A. DI AREA RESIDUA - AR7 SITA IN VIA LAZZARETTO

**RELAZIONE TECNICA - DIMENSIONALE
RETE GAS**

COMMITTENTI

sig. Bazzani Giovanni

sig.ra Bazzani Rita

PROGETTISTI

DATA

Luglio 2013

AGGIORNAMENTI

37036 San Martino Buon Albergo (VR) - Via N.Bixio n° 9

tel. 045 4540141 - fax 045 4540141- e-mail: ingg.rossi@yahoo.it

PROGETTAZIONE E CONSULENZA IN AMBITO CIVILE, AMBIENTALE ED IDRAULICO

SOMMARIO

1	PREMESSA	2
2	LOCALIZZAZIONE DELL'AREA.....	3
3	SPECIFICHE PER MODALITA' DI POSA DELLE TUBAZIONI	4
4	TRATTAZIONE TEORICA ALLA BASE DEL DIMENSIONAMENTO	7
4.1	MODELLAZIONE E DIMENSIONAMENTO	12
4.1.1	Ipotesi preliminari	12
4.1.2	Elementi della rete.....	12
4.1.3	Materiali utilizzati	14
4.1.4	Nodi.....	15
4.1.5	Rami	15
5	Risultati	15
5.1.1	Nodi.....	15
5.1.2	Rami	16

1 PREMESSA

Su incarico dei Sig. ri Bazzani Giovanni e Bazzani Rita si è redatta la presente relazione allo scopo di presentare i calcoli e le verifiche dimensionali delle varie tubazioni della rete che saranno realizzate nel progetto di "P.U.A. DI UN AREA RESIDUA - AR7 SITA IN VIA LAZZARETTO in comune di Verona.

Il dimensionamento quindi sarà eseguito sulla base di 7utenze.

Attualmente la rete risulta insufficiente per sopperire a nuovi allacciamenti, per garantire il corretto funzionamento infatti l'ente gestore dovrà potenziare la rete esistente.

Lo studio quindi si baserà su dati indicati dall'ente gestore a potenziamento realizzato.

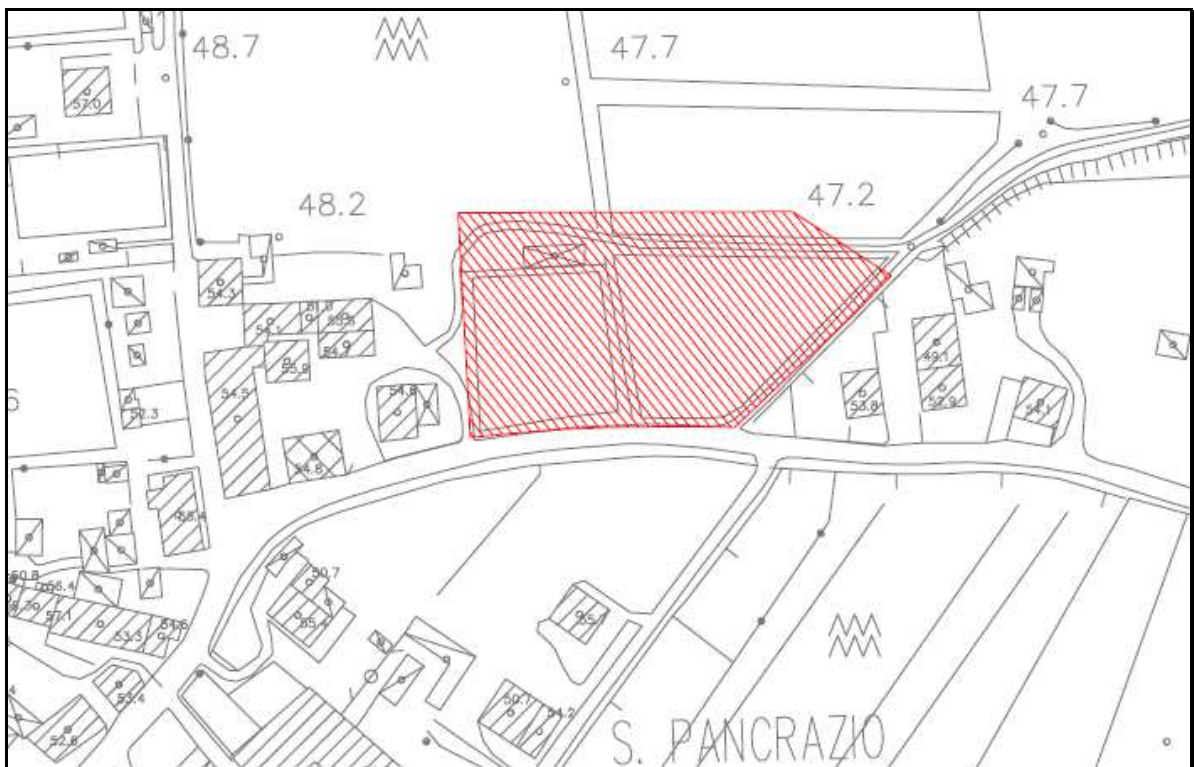
2 LOCALIZZAZIONE DELL'AREA

L'area di indagine è situata nel settore orientale del Comune di Verona.

Dal punto di vista geologico-geomorfologico l'area di indagine si trova a sud del fiume Adige.



Figura 1: Foto area di inquadramento dell'area d'intervento



3 SPECIFICHE PER MODALITA' DI POSA DELLE TUBAZIONI

Le operazioni da attuare per la regolare posa sono:

- trasporto e stoccaggio di tutti i materiali occorrenti;
- posa in opera degli stessi compreso carico e sfilamento;
- formazione dei giunti e collegamenti vari;
- stesura del nastro segnaletico;
- esecuzione delle operazioni e verifiche necessarie e collaudo.

La posa verrà eseguita lungo il tracciato indicato nel progetto.

Prima della posa dovrà essere accertata l'assenza di qualsiasi corpo estraneo all'interno delle tubazioni o canalizzazioni.

La profondità di posa misurata sull'estradosso della canalizzazione dovrà essere conforme al progetto, non inferiore a 0,90 m.

Il carico e lo scarico dovranno essere effettuati imbragando il tubo in modo da non sollecitare lo stesso a sforzi rilevanti di flessione o comunque tali da determinare deformazioni permanenti.

Durante lo sfilamento le canalizzazioni non devono essere fatte cadere, rotolare o strisciare e non dovrà essere danneggiata la tubazione.

Durante lo stoccaggio le canalizzazioni dovranno essere protette dal sole con adeguati mezzi.

Giunzioni tra tubazioni in polietilene

La giunzione delle tubazioni di rete in polietilene sarà eseguita tramite saldatura con termoelemento per polifusione testa a testa.

Le saldature saranno eseguite da saldatori PE/ad dotati di patentino rilasciato dall'Istituto Italiano della Saldatura in accordo con la norma UNI 9737 classe PE-2 + PE-3; l'Esecutore dovrà comunicare ad AGSM, ed aggiornarlo, l'elenco dei saldatori e delle relative qualificazioni, con fotocopia dei patentini.

Dovranno essere scrupolosamente rispettati i parametri di funzionamento; in particolare la temperatura del termoelemento in fase di riscaldamento del materiale dovrà essere mantenuta a $200^{\circ} \pm 5^{\circ}$, la pressione in fase di riscaldamento sarà di 0'75 kg/cm² mantenuta per il tempo prescritto in funzione dello spessore e del diametro della canalizzazione, la pressione di saldatura sarà di 15 kg/cm².

La saldatura deve essere raffreddata sotto pressione per evitare la formazione di vuoti in fase di ritiro.

I pezzi non andranno movimentati prima del completo raffreddamento della saldatura.

AGSM si riserva la possibilità di indicare il tipo di giunzione da usare.

L'uso di giunzioni a serraggio meccanico serve esclusivamente per raccordare tubi in polietilene con tubi di altro materiale.

Le modalità di posa dovranno essere tali da garantire una perfetta tenuta del sistema alle condizioni di collaudo.

Inserimento di pezzi speciali in tubazioni in polietilene

L'inserzione di pezzi speciali potrà essere effettuata tramite saldatura per elettrofusione (utilizzando manicotti).

Qualora l'inserzione del pezzo comporti la foratura o il taglio di una condotta (non avvenga cioè ad una estremità) l'operazione potrà essere effettuata solo su condotte termicamente stabilizzate (rinterro dei tratti non interessati all'operazione di inserimento effettuato da almeno 24 ore).

Saldatura mediante raccordi elettrosaldabili

La tensione di saldatura deve essere inferiore a 50 Volts nominali.

Il diametro degli spinotti di attacco deve essere di 4.7 mm., in particolare devono essere conformi a quanto prescritto al punti 5.2.4 e 5.2.4.1 della norma ISO 13950 (con resistore di autoriconoscimento).

Le spire della resistenza non devono interessare la zona del foro dei raccordi a "collare" o a "settore".

Nei raccordi devono essere presenti le "zone freddeJ", sia all'imboccatura che al centro del raccordo.

Scavi a sezione ristretta per canalizzazioni

La sezione di scavo, dovrà attenersi alle seguenti indicazioni profondità :

la profondità misurata sull'estradosso delle condotte o canalizzazioni di distribuzione dovrà essere di norma non inferiore a 90 cm;

larghezza : tale misura sarà data dalla somma dei diametri nominali delle tubazioni, delle distanze fra i tubi, delle distanze fra tubi e terreno.

Le distanze fra i tubi saranno:

- (15 cm fino a DN350);
- (20 cm oltre a DN 400).

La distanza fra i tubi e il terreno sarà:

- (20 cm fino a DN 350);
- (25 cm oltre a DN 400).

Eventuali variazioni nei tracciati, nelle sezioni di scavo e nelle livellette, dovranno essere autorizzate.

Pareti e fondo della trincea saranno piani, livellati e compattati; saranno rimossi sassi, trovanti, radici, ecc. prima della posa delle canalizzazioni.

Rinterro a protezione delle tubazioni con sabbia o ghiaietto (insabbiatura)

Le tubazioni o canalizzazioni saranno posate su un letto di sabbia o ghiaietto, livellato di 10 cm per tubazioni fino al DN 225 compreso e di 15 cm per le tubazioni di diametro superiore.

Seguirà la posa di un ulteriore strato di materiale sabbioso fino alla generatrice superiore delle tubazioni (rinfianco).

Si completerà l'insabbiatura con l'ultimo strato di ricoprimento fino ad una quota di 20 cm oltre la generatrice superiore.

Sopra tale strato e prima del rinterro con altri materiali verrà posto un nastro segnalatore specifico per ogni tipologia di servizio.

La sabbia, fornita dall'Appaltatore, sarà a grana grossa: in particolare la granulometria del 1180% in peso dovrà essere compresa tra 0,6 e 4 mm; sarà quindi tassativamente esclusa la sabbia limosa e argillosa.

Il ghiaietto fornito dall'appaltatore avrà granulometria compresa fra 2mm e 10mm. Il passante al vaglio di 10 mm dovrà essere superiore al 95%, mentre il passante al vaglio di 2 mm dovrà essere minore del 10%.

Modalità di costipamento

La formazione del letto di posa in sabbia, ben compattato e livellato;

- posa di un secondo strato fino alla generatrice superiore del tubo e relativa compattazione;
- posa del terzo strato di ricoprimento, compattando solo lateralmente al tubo, mai sulla sua verticale.

In ogni caso le operazioni di costipazione dovranno avvenire senza sollecitare o spostare le tubazioni.

4 TRATTAZIONE TEORICA ALLA BASE DEL DIMENSIONAMENTO

Le ipotesi assunte per il calcolo sono quelle tipiche delle reti di distribuzione gas, ovvero:

- regime stazionario;
- temperatura costante.

Le equazioni su cui si basa la risoluzione del problema idraulico, viste le ipotesi assunte, sono le seguenti:

- equazione di continuità

$$dQ / dx = 0 \quad (1)$$

- equazione di conservazione del momento (si trascura il termine cinematico)

$$dp / dx + \lambda \rho U |U| / (2 D) + g \rho dh / dx = 0 \quad (2)$$

- equazione di stato

$$\rho = p / (z R_G T) \quad (3)$$

dove:

- x, coordinata spaziale lungo l'asse della tubazione;
- Q, portata volumetrica;
- p, pressione assoluta;
- λ , fattore d'attrito (notazione di Darcy);
- ρ , densità del gas;
- U, velocità media del gas nella sezione del tubo;
- D, diametro interno della tubazione;
- g, accelerazione di gravità;
- h, quota geodetica;

- z , fattore di compressibilità del gas;
- R_G , costante specifica del gas (o della miscela di gas), uguale a R ($8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, costante universale dei gas) divisa per la massa molare del gas (o della miscela di gas);
- T , temperatura assoluta del gas.

Moltiplicando la (2) per $(2 p dx)$, si ottiene:

$$2 p dp + [p \lambda r U |U| / D] dx + 2 p g p dh = 0 \quad (4)$$

e utilizzando la (3), si ha:

$$2 p dp + [p^2 \lambda U |U| / (z R_G T D)] dx + [2 p^2 g / (z R_G T)] dh = 0 \quad (5)$$

Poiché $2 p dp = d(p^2)$ e $U = Q / (\pi D^2 / 4)$, dalla (5) si ricava:

$$d(p^2) + [16 p^2 \lambda Q |Q| / (z R_G T \pi^2 D^5)] dx + [2 p^2 g / (z R_G T)] dh = 0 \quad (6)$$

Essendo $p = (p_s / T_s) z T$, e definendo la pressione quadratica adimensionale $H = (p / p_s)^2$, si ottiene:

$$p_s^2 dH + [16 p_s^2 z T \lambda Q |Q| / (R_G T_s^2 \pi^2 D^5)] dx + [2 p^2 g / (z R_G T)] dh = 0 \quad (7)$$

Se si divide per p_s^2 e si moltiplica per R_G , risulta:

$$R_G dH + [16 z T \lambda Q |Q| / (T_s^2 \pi^2 D^5)] dx + [2 H g / (z T)] dh = 0 \quad (8)$$

Facendo le seguenti assegnazioni:

$$a = 16 z T / (T_s^2 \pi^2 D^5)$$

$$b = g / (z T)$$

si ricava l'equazione:

$$R_G dH + a \lambda Q |Q| dx + 2 b H dh = 0 \quad (9)$$

Integrando la (8) fra il punto iniziale e quello finale ($x = 0$ e $x = L$) di un tronco di condotta sotto le seguenti ipotesi:

- diametro della tubazione costante da 0 a L ;

- temperatura e compressibilità del gas costanti lungo il tronco;

si ottiene:

$$R_G (H_L - H_0) + a \int_{0,L} \lambda Q |Q| dx + 2 b \int_{0,L} H dh = 0 \quad (10)$$

Se si assume la seguente approssimazione:

$$\int_{0,L} H dh \approx (H_0 + H_L) (h_L - h_0) / 2$$

e si divide la (10) per (a L), si ha:

$$R_G (H_L - H_0) / (a L) + (1 / L) \int_{0,L} \lambda Q |Q| dx + b [(H_0 + H_L) (h_L - h_0) / 2] = 0 \quad (11)$$

Ponendo:

$$C_0 = [R_G + b (h_0 - h_L)] / (a L)$$

$$C_L = [R_G + b (h_L - h_0)] / (a L)$$

si ottiene infine:

$$C_0 H_0 - C_L H_L = (1 / L) \int_{0,L} \lambda Q |Q| dx \quad (12)$$

Nel caso di condotta a portata costante (senza erogazione distribuita), essendo anche il fattore d'attrito λ costante lungo il tronco, la (12) diviene:

$$C_0 H_0 - C_L H_L = \lambda Q |Q| \quad (13)$$

Nel caso di condotta con erogazione costante di gas per unità di lunghezza, se q è il valore di tale portata specifica, allora la portata totale erogata lungo il ramo è data da:

$$Q_R = q L$$

Al punto di ascissa x , la portata Q transitante è quindi pari a:

$$Q = Q_0 - Q_R = Q_0 - q x$$

essendo Q_0 la portata al punto iniziale $x = 0$.

Nel tronco possono presentarsi due casi: la portata mantiene direzione costante (flusso monodirezionale), oppure, da un certo punto in poi, la portata inverte il senso di percorrenza del ramo (flusso bidirezionale).

Nel caso di flusso monodirezionale, ipotizzando che il fattore d'attrito λ sia costante lungo il

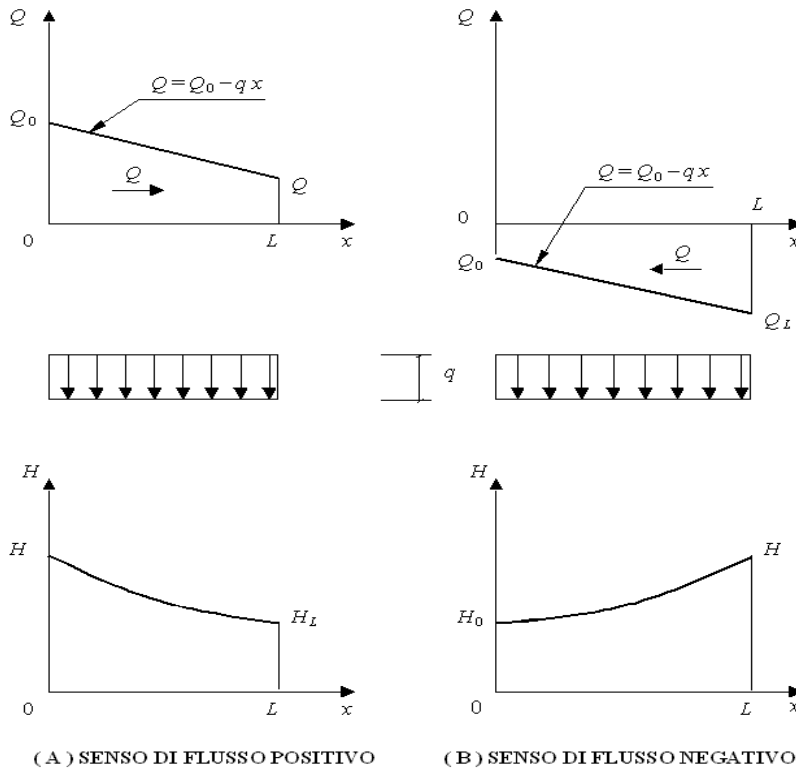
tronco, la (12) diviene:

$$C_0 H_0 - C_L H_L = (\lambda / L) \int_{0,L} (Q_0 - q x) | (Q_0 - q x) | dx \quad (14)$$

da cui:

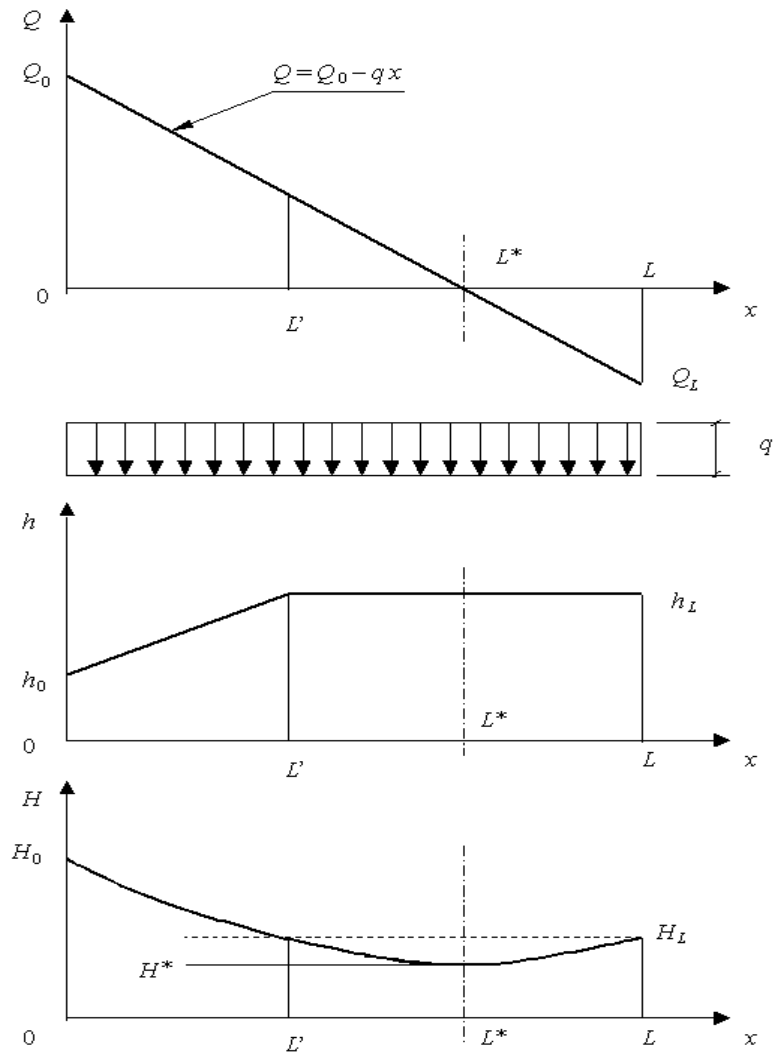
$$C_0 H_0 - C_L H_L = s \lambda [Q_0^2 - Q_0 Q_R + Q_R^2 / 3] \quad (15)$$

dove s è il segno della portata nel ramo (+1 se la direzione è positiva, -1 se la direzione è negativa).



Nel caso di flusso bidirezionale la portata inizialmente positiva (Q_0) decresce fino ad annullarsi in un certo punto ($x = L^*$), per poi ricrescere in valore assoluto, ma con segno negativo; il diagramma della portata presenta quindi una certa porzione simmetrica rispetto ad L^* .

Chiamando L' il punto simmetrico di L rispetto a L^* , nel tratto $L' - L$ si ha la simmetria delle portate, mentre il tratto $0 - L'$ non ha alcun corrispondente simmetrico.



Nell'ipotesi semplificativa che la variazione altimetrica della condotta si concentri nel tratto 0 - L' (h_L costante da L' a L), il diagramma delle pressioni (H) ha una porzione di simmetria intorno a L^* tale che $H(L') = H(L) = H_L$.

Il problema si riconduce quindi al caso di flusso monodirezionale, considerando la porzione 0 - L' del ramo.

Il fattore di attrito λ è calcolato in questo caso come quello che comporta alla lunghezza del tratto 0 - L' quando venisse sottoposta alla differenza di pressione $H_0 - H_L$ ad una portata costante.

Dalla (12) si ricava quindi:

$$C_0 H_0 - C_L H_L = [2 (Q_0 / Q_R) - 1] [(Q_0^2 - Q_0 Q_R + Q_R^2) / 3] \quad (16)$$

Fra le varie correlazioni disponibili per il fattore d'attrito λ è stata scelta quella di Colebrook-White:

$$1 / \lambda^{1/2} = - 2 \log_{10} [\epsilon / (3.71 D) + 2.51 / (Re \lambda^{1/2})] \quad (17)$$

dove:

- ϵ , scabrezza media della parete;
- Re, numero di Reynolds.

In caso di regime laminare, si utilizza la relazione:

$$\lambda = 64 / Re \quad (18)$$

mentre per la zona di transizione tra regime laminare e regime turbolento, si utilizza caso per caso il maggiore fra i due valori di λ che risultano dalla (17) e dalla (18).

Caratteristiche della miscela

Il gas utilizzato ai fini del calcolo è la miscela metano, caratterizzata dai seguenti parametri:

- peso molecolare 16,042000 (kg/kmole);
- viscosità dinamica 0,010900 (cP);
- fattore di compressibilità 0,998000.

4.1 MODELLAZIONE E DIMENSIONAMENTO

4.1.1 Ipotesi preliminari

L'ipotesi principale, che servirà anche da successiva verifica sui risultati ottenuti, è quella che la futura rete sarà di 7^a specie; nei vari tronchi della rete si dovranno rispettare dei limiti di pressione e velocità del fluido trasportato (in questo caso metano):

- pressione massima di esercizio (MOP) $\leq$;
- velocità massima del fluido ≤ 5 m/s.

4.1.2 Elementi della rete

Un modello di simulazione di una rete gas è creato utilizzando:

- nodi, ovvero elementi di tipo puntuale che descrivono punti di discontinuità tra due tronchi della rete;
- rami, ovvero elementi di tipo lineare che descrivono tronchi della rete caratterizzati da

omogeneità di caratteristiche fisiche ed idrauliche;

- cabine di salto, ovvero elementi di tipo lineare che descrivono un salto di pressione tra la porzione di rete a monte dell'elemento e quella a valle;

- allacciamenti, ovvero elementi che descrivono uno spillamento da un ramo.

La rete in oggetto è costituita da:

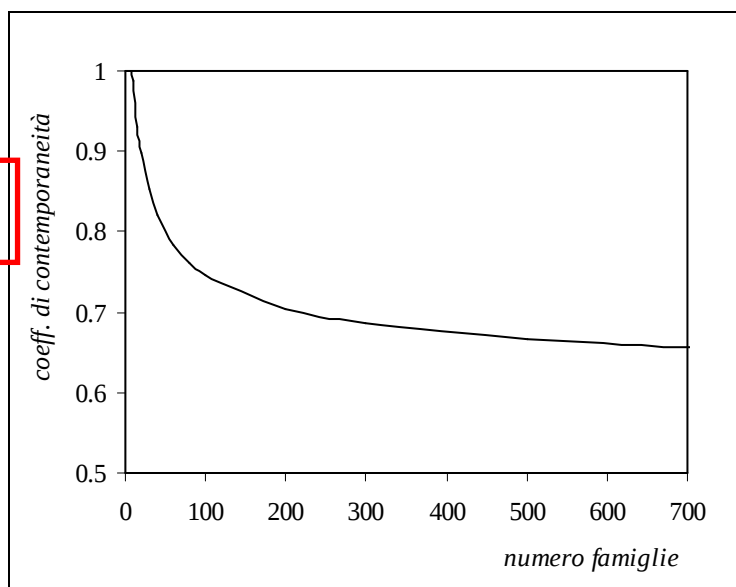
- 8 nodi

- 6 rami.

Si sono schematizzate le utenze in *utenze concentrate* nei nodi.

Si è ipotizzato inoltre che tali utenze siano costituite solamente da utenze di tipo civile caratterizzate cioè da un coefficiente di contemporaneità; con tale coefficiente si tiene conto che aumentando il numero delle famiglie allacciate diviene sempre più improbabile che i prelievi

Numero di famiglie	Coefficiente di contemporaneità
1	1
3	1
5	1
7	1
10	0.987
15	0.930
20	0.897
30	0.852
40	0.822
60	0.784
80	0.762
100	0.746
200	0.704
300	0.686
500	0.667
700	0.657
1000	0.647



Il metodo utilizzato per definire il coefficiente di contemporaneità è il calcolo del rapporto tra le utenze massime effettive e le utenze massime teoriche, dove per utenze massime teoriche si

intende la somma dei massimi di tutte le utenze collegate; il coefficiente in particolare decresce all'aumentare del numero delle utenze. Il numero totale di famiglie è pari a 7; in analogia a quanto riportato nella precedente tabella, si è cautelamene imposto un coefficiente di contemporaneità pari al **100%**.

Ai fini del calcolo, le quantità definite sugli allacciamenti e sulle utenze vengono ricondotte a valori di consumo sui nodi e sui rami secondo quanto segue:

- le quantità definite sulle utenze sono trasferite agli elementi ai quali le utenze stesse sono collegate;
- le quantità definite sugli allacciamenti, comprensive di quelle delle utenze ad essi collegate e già trasferite, sono a loro volta trasferite sui rami ai quali gli allacciamenti stessi sono collegati.

Per la presente analisi si è assunto un valore di dotazione per utente pari a 3.00 Smc/h.

4.1.3 Materiali utilizzati

Nella rete sono presenti i seguenti condotti a sezione circolare:

<i>Condotto</i>	<i>Scabrezza di parete (micron)</i>	<i>Diametro interno (mm)</i>	<i>Spessore (mm)</i>	<i>Numero rami</i>	<i>Lunghezza totale (m)</i>
PE DN 110	100.0000	89.80	10	6	97
				6	97

4.1.4 Nodi

I nodi che costituiscono la rete sono i seguenti:

<i>Nodo</i>	<i>Pressione fissata nel nodo (mBar)</i>	<i>Numero di utenti</i>
1	25	0
2	0.00	1
3	0.00	1
4	0.00	1
5	0.00	2
6	25	72
7	0.00	1
8	0.00	1

4.1.5 Rami

I rami che costituiscono la rete sono i seguenti:

<i>Ramo</i>	<i>Nodo iniziale</i>	<i>Nodo finale</i>	<i>Condotto</i>	<i>Lunghezza (m)</i>
1	1	2	PE DN 110	12
2	2	3	PE DN 110	6.28
3	3	4	PE DN 110	10.20
4	4	5	PE DN 110	15.33
5	6	7	PE DN 110	18
6	7	8	PE DN 110	35

5 Risultati

5.1.1 Nodi

Per ogni nodo vengono riportati:

- *Pressione*: pressione calcolata nel nodo (mBar);
- *Portata*: portata di gas scambiata dal nodo (Smc/h); rappresenta la portata uscente dal nodo (consumo) se negativa, o la portata in ingresso nel nodo se positiva.

Nodo	Pressione (mBar)	Portata entrante (Smc/h)
1	25	14.9948
2	24.99	-2.9983
3	24.99	-2.9985
4	24.99	-2.9993
5	24.98	-5.9987
6	25	5.9987
7	25	-3.0017
8	25	-2.9971

5.1.2 Rami

Per ogni ramo vengono riportati:

- *Portata in ingresso*: la portata che entra nel ramo (Smc/h);
- *Portata in uscita*: la portata che esce dal ramo (Smc/h);
- *Portata distribuita*: la portata totalmente distribuita lungo il ramo scambiata con l'esterno (Smc/h);
- *Pressione minima*: la minima pressione (mBar) calcolata lungo il ramo;
- *Velocità massima*: la massima velocità (m/s) calcolata lungo il ramo.

Ramo	Portata in ingresso (Smc/h)	Portata in uscita (Smc/h)	Pressione minima (mBar)		Velocità massima (m/s)
1	14.995	14.995	24.9921		0.6316
2	11.997	11.997	24.9893		0.5053
3	8.998	8.998	24.9865		0.3790
4	5.999	5.999	24.9844		0.2527
5	5.999	5.999	24.9975		0.2527
6	2.997	2.997	24.9956		0.1262