

Ing. Fabio LATINI
Str. della Costarella 6 podere Palazzo
53035 - Monteriggioni (SI)
Tel. 328.5647670

**COMUNE DI CASTELNUOVO
VAL DI CECINA**
Via Verdi n. 13
Castelnuovo Val di Cecina (PI)

ESTENSIONE IMPIANTO DI TELERISCALDAMENTO MONTECASTELLI RAMO PAGANINA

**Progetto Esecutivo
Relazione Tecnica**

Progetto redatto da:

Ing. Fabio Latini

Codice progetto	N° DOC	Rev.	Data	Eseguito	Controllato	Approvato	Foglio
001-2011	001-2011/ELC01	0	01/06/11	FL	FL	F.LATINI	1 di 23

Indice

.....	3
1 Legenda.....	3
2 Considerazioni generali.....	3
3 Analisi dei fabbisogni termici.....	4
3.1 Zona Climatica Secondo la Legge n°10/1991 e Periodo di Funzionamento dell'Impianto.....	4
4 Descrizione del sistema.....	6
4.1 Sorgente termica.....	6
4.2 Descrizione dell'impianto.....	6
4.2.1 Tracciato della tubazione.....	7
4.2.2 Adeguamento della centrale primaria.....	8
4.2.2.1 Scambiatore primario.....	9
4.2.2.1.1 Lato Primario (lato acqua surriscaldata dello scambiatore).....	9
4.2.2.1.2 Lato secondario (lato acqua rete TLR).....	9
4.2.2.2 Sistema di regolazione centralina di scambio.....	9
4.2.2.3 Tubatura di teleriscaldamento.....	10
4.2.2.4 Pompa principale (P01).....	14
4.2.3 Valvola di sicurezza.....	14
4.2.3.1 Vaso di espansione.....	15
4.2.4 Dimensionamento del tubo di espansione.....	16
4.2.5 Sistema di riempimento.....	16
5 Valutazione preliminare delle interferenze.....	16
5.1.1.1 Interferenze con manufatti e strutture aeree (elettrodotti, tubazioni,cavalcavia, ecc).....	16
5.1.1.2 Interferenze con manufatti e strutture al livello del suolo, strade, ecc.....	16
6 Impatto ambientale.....	17
6.1.1 Consumo di suolo e modificazione della struttura territoriale.....	17
6.1.1.1 Consumo di suolo durante la costruzione dell'impianto.....	17
6.1.1.2 Consumo di suolo con impianto a regime.....	17
6.1.2 Emissione in atmosfera durante il funzionamento dell'impianto.....	17
6.1.3 Inquinamento acustico.....	18
6.1.3.1 Rumore prodotto durante la fase di costruzione dell'impianto.....	18
6.1.3.2 Rumore durante il normale funzionamento dell'impianto.....	18
6.1.3.3 Altre sorgenti di rumore saltuarie.....	18
6.1.4 Inquinamento atmosferico ed elettromagnetico dovuto ad opere di saldatura.....	18
7 Appendice A - Simulazione numerica circuito con programma di calcolo proprietario "PIPE".....	19

1 Legenda

P_t	Fabbisogno termico
P_{disp}	Dispersioni termiche
P_n	Potenza complessiva
\tilde{P}_{tot}	Potenza di progetto
$T, \Delta T$	Temperatura, salto di temperatura
c_p	Calore specifico
g	Portata

2 Considerazioni generali

Il presente documento contiene la relazione tecnica del progetto esecutivo dell'estensione della rete di teleriscaldamento a servizio del borgo di Montecastelli, nel comune di Castelnuovo val di Cecina, alle abitazioni limitrofe alla strada provinciale che collega il borgo di Montecastelli a Castelnuovo val di Cecina, in località Paganina, come indicato negli elaborati grafici allegati.

Data la caratteristica di questa documentazione, si danno per acquisite le nozioni di base legate alla tecnologia costruttiva ed al funzionamento degli impianti di teleriscaldamento. Oltre a ciò, dal momento che i destinatari di questo documento hanno ben chiare le implicazioni connesse alle argomentazioni trattate, si ritiene non pertinente allo scopo richiamarne qui i concetti generali.

La scelta di riscaldare le abitazioni della zona in esame, compresa tra il podere “Il Cantino” e “Bucignano” e di seguito denominata “ramo Paganina”, utilizzando la fonte di energia termica costituita dal circuito primario dell'esistente rete di TLR del borgo di Montecastelli, già analizzata nel precedente studio di fattibilità, è giustificata da una serie di considerazioni che possono essere così riassunte:

1. Disponibilità di energia termica residua, sotto forma di acqua calda alla temperatura di 120-130°C, presso la sottostazione di scambio dell'impianto di Teleriscaldamento di Montecastelli, la cui potenzialità include anche i fabbisogni del ramo oggetto di questo studio.
2. Vicinanza delle abitazioni alla strada provinciale. La dislocazione delle probabili utenze è favorevole all'impiego di una rete di distribuzione del calore che si sviluppi lungo il tracciato stradale.

Queste condizioni particolare rendano conveniente l'estensione della rete di TLR di Montecastelli, allorchè ci si limiti all'area indicata. La bassa densità superficiale dell'utenza infatti richiederebbe, nel caso di ulteriori ampliamenti, la costruzione di una rete di distribuzione molto estesa, a fronte di consumi energetici modesti, con costi molto elevati.

3 Analisi dei fabbisogni termici

3.1 Zona Climatica Secondo la Legge n°10/1991 e Periodo di Funzionamento dell'Impianto

Ai sensi della Legge n°10/1991, del decreto attuativo D.P.R. 412 del 26/08/'93 secondo le modifiche e le integrazioni apportate dal D.P.R. 551 del 21/12/'99, e secondo l'Allegato A del suddetto decreto -Regione Toscana - Provincia di Pisa, già aggiornato con modifiche ed integrazioni apportate dai D.M. 6/8/'94 e 6/10/'97, il Comune di Castelnuovo Val di Cecina con 576 m s.l.m., rientra nella zona climatica E, presentando un numero di gradi-giorno pari a 2144, ed una durata convenzionale del periodo di riscaldamento di ore 14 giornaliere, per un periodo compreso fra il 15 ottobre ed il 15 aprile, per un totale di 182 giorni/anno. I dati climatici di riferimento per l'attuale valutazione sono riportati nella tabella 1.

Tabella 1 - Dati Climatici

Fascia	Gradi Giorno	Periodo di riscaldamento giornaliero	Numero di ore massimo
A	Inferiore a 600	1.12 - 15.3	6
B	601 - 900	1.12 - 31.3	8
C	901 - 1400	15.11 - 31.3	10
D	1401 - 2100	1.11 - 15.4	12
E	2101 - 3000	15.10 - 15.4	14
F	Superiore a 3000	Nessuna limitazione	Nessuna limitazione

Dal momento che le caratteristiche di un impianto di teleriscaldamento geotermico richiedono di limitare la potenza termica di punta, a parità di energia erogata, e di mantenere la rete di distribuzione in condizioni di esercizio il più possibile stabili nel tempo con l'adozione di apparecchiature di termoregolazione del tipo prescritto dalla Legge 10/1991, si ipotizza di mantenere l'impianto in esercizio anche durante la notte. Per il solo fabbisogno estivo di acqua sanitaria, è previsto un sistema di regolazione della portata della pompa di adduzione principale.

In tabella nr. 2 sono elencate le utenze censite, con una stima della potenza di picco ottenuta adottando un valore di potenza volumetrica pari a 45 W/m³ (38 Kcal/hm³). Nella colonna a destra è riportata la taglia della caldaia monutenza.

Utente	Volume stimato (m3)	Potenza di picco (kW)	taglia caldaia monoutenza (kW)
Cappellini	300	13.5	35.0
Cappellini	360	16.2	35.0
Pisani	450	20.3	35.0
Moni	750	33.8	50.0
Galleri	300	13.5	35.0
Bussagli	300	13.5	35.0
Cambi R	300	13.5	35.0
Cambi S	300	13.5	35.0
Cantini E	450	20.3	35.0
Cantini E	450	20.3	35.0
Cantini F	450	20.3	35.0
Pisani	900	40.5	50.0
TOTALE	5310	238.95	

Tabella 2 - Elenco utenze censite

Come si può dedurre dai dati forniti, la volumetria abitativa interessata alla connessione alla rete di teleriscaldamento ammonta a circa 5300 m³. In considerazione dei dati climatici menzionati, la potenza massima dell'impianto è stata calcolata nel modo seguente

$$P_t = 45 \frac{W}{m^3} \times 5310 m^3 \approx 240 kW_t$$

La potenza termica stimata è stata ulteriormente incrementata per far fronte a carichi aggiuntivi (+ 3 utenze medie, equivalenti a circa 1200 m³). A questi valori vanno sommate le inevitabili dispersioni termiche nelle tubature, per le quali si è assunta una temperatura media del suolo di 10°C¹, ed in base ai coefficienti tipici per le tubature preisolate, con i diametri e gli sviluppi specificati negli elaborati, si è ottenuto un valore di progetto di 50.0 kW.

Potenza base $P_t = 45 \frac{W}{m^3} \times 6510 m^3 \approx 293 kW_t$

Dispersioni termiche $P_{disp} = 50 kW$

Potenza complessiva $P_n = P_t + P_{disp} = 343 kW$

Al fine di garantire l'efficacia dell'impianto in corrispondenza di picchi nel fabbisogno termico, la potenza di progetto è stata conservativamente aumentata del 30% circa.

Potenza di progetto $\tilde{P}_{tot} = 450 kW$

¹Valore conservativo rispetto ai 12°C normalmente adottati a queste latitudini.

4 Descrizione del sistema

4.1 Sorgente termica

Il ramo di distribuzione “Paganina” sfrutta l'acqua surriscaldata a 130 °C prodotta dallo scambiatore principale della centrale di teleriscaldamento del borgo di Montecastelli. Poichè la potenza complessiva dello scambiatore principale è di circa 4 MWt, uno spillamento del fluido secondario per corrispondenti 450 kWt è inferiore al 12% della potenza nominale. Per tale motivo, e per le caratteristiche già ricordate degli impianti di teleriscaldamento, si ritiene che la potenza termica dello scambiatore principale della stazione di Montecastelli sia sufficiente a fornire la potenza necessaria ad uno scambiatore secondario, del tipo $acqua_{SURR} \rightarrow acqua_{CALDA}$.

4.2 Descrizione dell'impianto

Per la distribuzione topografica delle utenze rispetto alla centrale termica esistente, e la conformazione orografica della zona, la linea naturale per la posa della tubazione principale si snoda lungo la strada provinciale, sul crinale della collina, come già evidenziato nel precedente “Studio di Fattibilità”².

Questo tracciato presenta il vantaggio di limitare il massimo dislivello tra i vari punti, caratteristica essenziale per la scelta dei materiali della tubazione.

Il principale svantaggio è che la linea allo studio presenta una notevole lunghezza a fronte di un ridotto numero di allacci, per una potenza complessiva modesta.

Al fine di ottimizzare gli investimenti, sono state fatte le seguenti scelte tecniche:

- 1) Dimensionamento della tubazione in base al fabbisogno delle utenze attualmente censite, con un margine di potenza del 20%, in base ai consumi medi invernali.
- 2) Limite all'aggiunta di future utenze che comportino un aumento della lunghezza della tubatura principale superiore al 5% della lunghezza iniziale
- 3) Utilizzo di tubazioni autocompensanti, che permettano di ridurre la superficie asservita al tracciato della tubazione.
- 4) Disaccoppiamento idraulico tra il circuito di trasporto dell'acqua calda ed i circuiti di riscaldamento dei singoli utenti.

Dato l'alto costo delle tubazioni autocompensanti in acciaio con profilo a spirale, si è scelto di adottare un salto termico di 30°C, portando la temperatura di mandata a 95°C. Questo permette l'utilizzo di tubazioni di diametro inferiore, mantenendo invariati i costi per l'energia di pompaggio³.

² [1]

³La potenza di pompaggio è funzione cubica della portata. La portata è inversamente proporzionale al salto termico ΔT

secondo la relazione (bulk) $g = \frac{\dot{Q}}{c_p \times \Delta T}$, c_p = calore specifico dell'acqua, \dot{Q} = potenza termica. Ne consegue che la Potenza di pompaggio è inversamente proporzionale al cubo del salto termico.

La configurazione impiantistica proposta prevede quindi uno **scambiatore** alimentato dal lato primario con l'acqua surriscaldata, prodotta dallo **scambiatore principale vapore/acqua 130°C**, per produrre l'acqua di riscaldamento, alla temperatura massima di 105 °C.

Prendendo come riferimento il sistema principale di scambio (scambiatore acqua surriscaldata/acqua calda), il circuito dell'acqua calda surriscaldata costituisce il circuito **primario**, mentre il circuito ad acqua calda a 105 °C costituisce il circuito **secondario**.

In questo impianto il circuito secondario comprende il lato secondario dello **scambiatore**, le tubature di adduzione dell'acqua riscaldata, ed il lato primario degli scambiatori delle singole utenze.

Le sezioni dei tubi nei rami principali e negli anelli sono adattate alle effettive portate che vi si determinano.

I risultati per pressioni, portate e prevalenze presentati di seguito sono stati ottenuti suddividendo il circuito idraulico in tratti significativi, ai quali è stato applicato le equazioni di bilancio per fluido incomprimibile:

1. Relazione tra portata e caduta di pressione per ogni singolo tratto
2. Continuità di massa nei nodi di giunzione dei vari tratti

la verifica della tubazione viene effettuata utilizzando sia le relazioni che legano le perdite di carico alla portata, sia le tabelle fornite dai costruttori di tubazioni di riferimento.

La perdita di carico totale sulle tubazioni è data dalla somma delle perdite di carico sopra menzionate (distribuite) e delle perdite di carico concentrate (curve, variazioni di sezione, ecc.).

Per la verifica del circuito idraulico vengono fornite le caratteristiche della tubazione, ossia i valori massimi ammissibili per le perdite di carico specifiche (per unità di lunghezza) alla portata nominale.

4.2.1 Tracciato della tubazione

Per il tracciato della tubazione secondaria si faccia riferimento sia alla figura 2 che agli elaborati grafici del progetto. Il profilo altimetrico è quasi piano e segue il livello della strada per circa 1200m. In corrispondenza dei tre gruppi di utenza sono predisposti degli stacchi di alimentazione dei collettori su cui si innestano direttamente le tubazioni di mandata e ritorno dai moduli di scambio monoutenza. Il terminale del ramo di mandata verrà chiuso ad anello con una tubazione di ricircolo per il bilanciamento delle portate. La circolazione del fluido viene assicurata da una elettropompa giri variabili, con portata regolata sulla temperatura di ritorno.

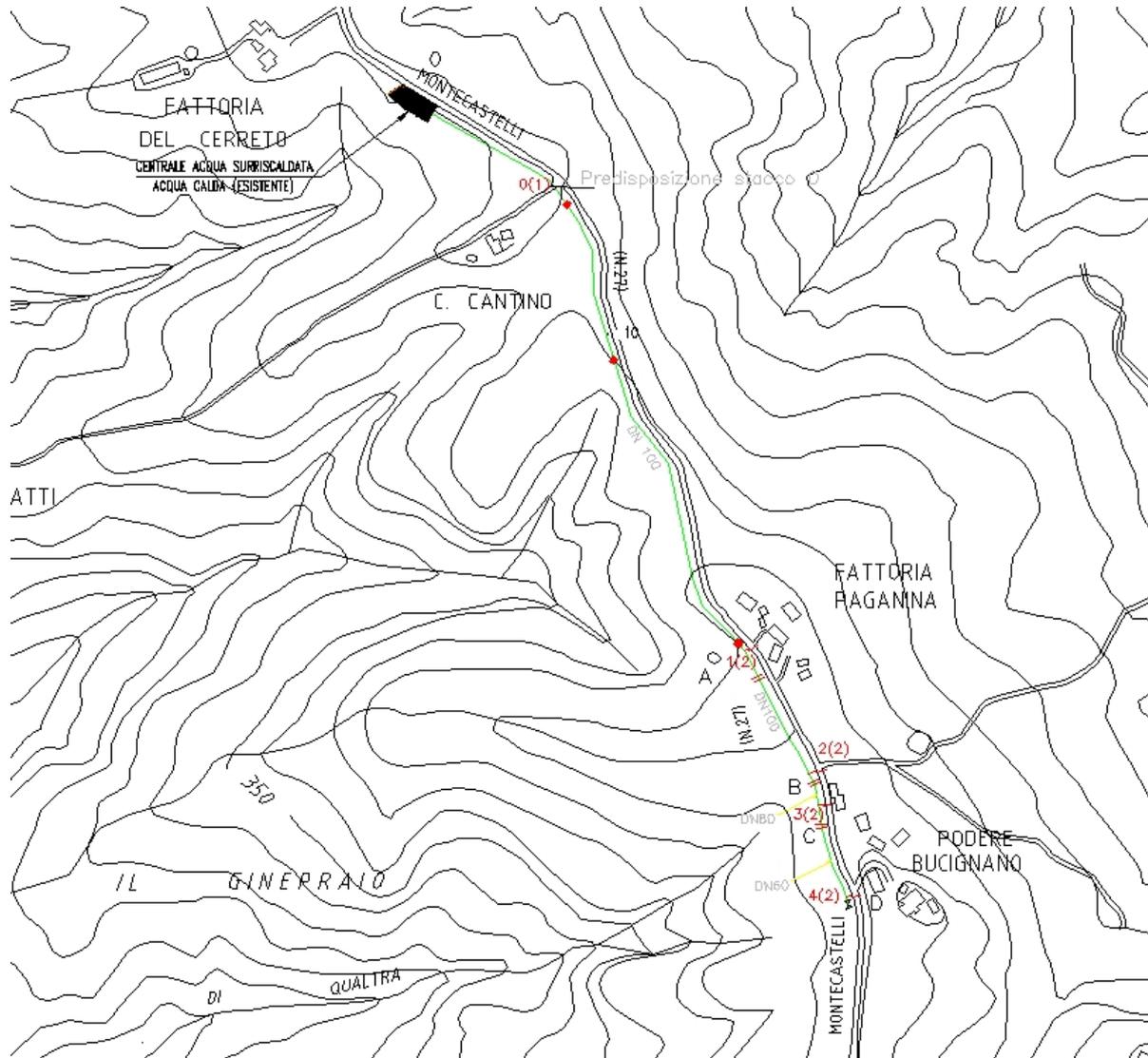


Figura 1: Pianta del comprensorio e tracciato della tubazione.

4.2.2 Adeguamento della centrale primaria

La centrale primaria è situata a circa .8 km dal baricentro dell'utenza, ed è costituita da un edificio con annessa area recintata, all'interno del quale sono dislocati i seguenti sottosistemi:

- Scambiatore principale impianto TLR Montecastelli
- Tubazioni di collegamento e dispositivi di sicurezza
- Sistema di controllo della pressione
- Sistema di spinta (pompe)
- Impianto elettrico

All'interno di questo locale saranno installati i seguenti componenti dell'impianto di teleriscaldamento del ramo Paganina:

- Skid scambiatore di calore, comprensivo di collettori di mandata e ritorno, sistemi elettronico di regolazione e sicurezza, valvole di regolazione e blocco, e tutto quanto previsto nello schema unifilare fornito.
- pompa di circolazione (duale), con sistema di regolazione della velocità.
- vaso di espansione
- gruppo di riempimento
- quadro elettrico

Il circuito primario dello scambiatore sarà alimentato utilizzando l'esistente stacco flangiato sul circuito acqua surriscaldata a 130°C.

Nei paragrafi seguenti vengono riportate le caratteristiche tecniche dei componenti dell'impianto.

4.2.2.1 Scambiatore primario

4.2.2.1.1 Lato Primario (lato acqua surriscaldata dello scambiatore)

potenza nominale	450 kWt
tipo	a fascio tubiero
Temperatura media ingresso acqua	130.0 °C
Temperatura media uscita acqua	110.0 °C
Pressione massima acqua	16.0 bar
Temperatura media uscita acqua	100 °C
Portata nominale media acqua	5.38 kg/s (19.4 m ³ /h)

4.2.2.1.2 Lato secondario (lato acqua rete TLR)

Temperatura ingresso scambiatore	70 °C
Temperatura uscita	105 °C
Portata nominale	3.08 kg/s (11.08 m ³ /h) con tubo corrugato

4.2.2.2 Sistema di regolazione centralina di scambio

La centralina di scambio comprende i seguenti dispositivi per la regolazione (vedi schema unifilare P&ID):

1. Valvole di intercettazioni manuali in ghisa sferoidale DN50 PN25
2. Filtro a Y in ghisa DN65 PN25
3. n.1 Valvola a sfera di blocco Dn65 Pn25 con attuatore elettrico, completa di solenoide e filtro riduttore, azionata da termostato di blocco
4. Valvola di regolazione alettrica a due vie mod. completa di posizionario motorizzato, regolata con segnale 4-20 mA, con filtro ed elettrovalvola
5. Termoresistenza PT100 RE 04-31 segnale 4-20 mA
6. Termostato di blocco

7. Regolatore elettronico a microprocessore montato su quadro di controllo dedicato.

4.2.2.3 Tubatura di teleriscaldamento

I criteri adottati per la localizzazione ed il dimensionamento della tubazione principale sono di seguito esposti nell'ordine:

- a) Semplicità di messa in opera della tubatura ed elevato rapporto qualità/prezzo per l'applicazione corrente.
- b) Ottimizzazione delle perdite di carico e della potenza di pompaggio.
- c) Ottimizzazione del rapporto tra semplicità costruttiva ed efficienza.

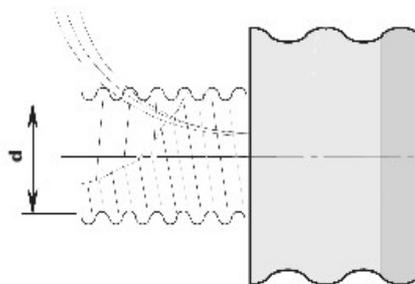
Al fine di minimizzare i costi complessivi di messa in opera della tubazione principale mantenendo invariata la qualità delle termoidrauliche, si è scelto di utilizzare una tubazione in acciaio flessibile, con profilo a spirale, che presenta il notevole vantaggio di assorbire le dilatazioni termiche senza dover far ricorso all'inserimento di opportune curve di compensazione (come si rende invece necessario nel caso di tubi d'acciaio lisci). Come abbiamo già ricordato, il principale svantaggio di questa soluzione è la maggiore potenza di pompaggio dovuta alle superiori perdite di carico, a parità di diametro e portata, rispetto alle tubazioni in acciaio liscio. Questa limitazione è stata superata fornendo la stessa potenza termica con un maggior sato di temperatura.

Diametro tubazione in acciaio flessibile a spirale	80 mm equivalenti
Lunghezza della tubazione (mandata e ritorno)	2400 m
Perdite di carico per unità di lunghezza alla portata nominale (massimo ammissibile)	150 Pa/m

Diametro nominale	Caratteristiche della tubazione (I diametri si intendono al netto delle spire elicoidali, come illustrato in figura 3)
DN 80	Tubazione DN 80 in acciaio inox flessibile con spire elicoidali preisolata, PN16.
DN 65	Tubazione DN 65 in acciaio inox flessibile con spire elicoidali preisolata, PN16.
DN 50	Tubazione DN 50 in acciaio inox flessibile con spire elicoidali preisolata, PN16. Due tubazioni per mandata e ritorno, oppure singola tubazione con doppio tubo.
DN 40	Tubazione DN 40 in acciaio inox flessibile con spire elicoidali preisolata, PN16. Due tubazioni per mandata e ritorno, oppure singola tubazione con doppio tubo.
DN 32	Tubazione DN 32 in acciaio inox flessibile con spire elicoidali preisolata, PN16. Due tubazioni per mandata e ritorno, oppure singola tubazione con doppio tubo.
DN 25	Tubazione DN 25 in acciaio inox flessibile con spire elicoidali preisolata, PN16. Due tubazioni per mandata e ritorno, oppure singola tubazione con doppio tubo.
DN 20	Tubazione DN 20 in acciaio inox flessibile con spire elicoidali preisolata, PN16. Due tubazioni per mandata e ritorno, oppure singola tubazione con doppio tubo.

Tabella 3 – Caratteristiche tubazioni

Fig. 2 - Diametro nominale nelle tubazioni flessibili a spire elicoidali.



Nella figura 3 viene riportato un prospetto riassuntivo della configurazione impiantistica.

Per quanto riguarda le pressioni massime, la tubazione in acciaio della rete di distribuzione dovrà resistere alle seguenti pressioni di progetto :

Pressione massima in condizioni di esercizio	7.85 bar
Temperatura massima in condizioni di esercizio	105 °C
Pressione massima allo scatto della valvola di sicurezza	10.0 bar
Temperatura massima in caso di malfunzionamento	140 °C

Nei diagrammi e nella tabella seguenti sono riassunte le condizioni di funzionamento simulate con il codice proprietario PIPE⁴ (caso stazionario). I dati completi della simulazione sono riportati in appendice A. Per le pressioni si faccia riferimento anche al punto 4.2.3.1 (vaso di espansione).

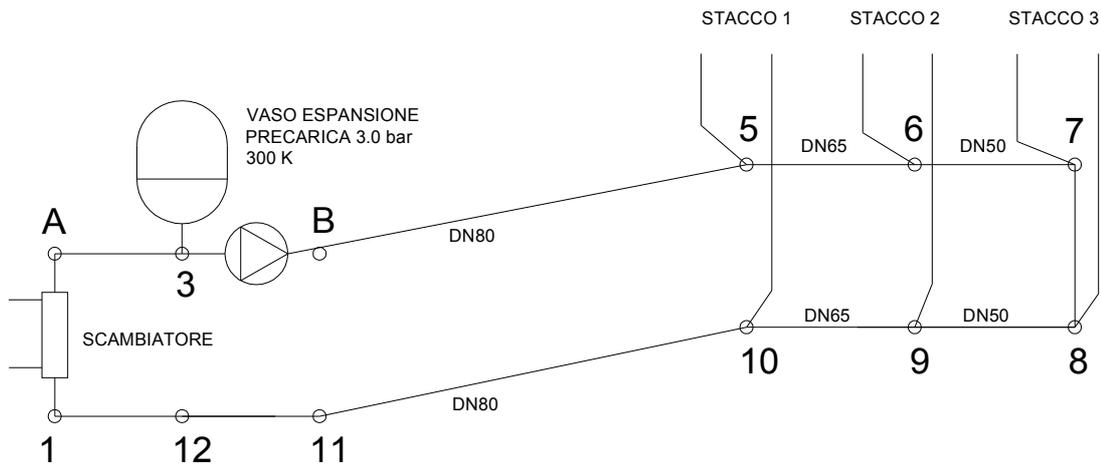


Figura 3 - Schema impianto

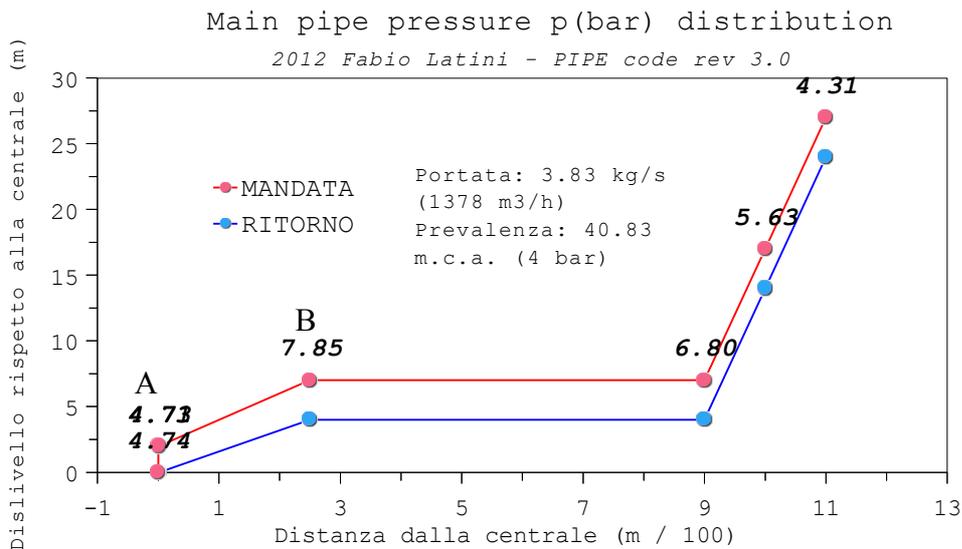


Figura 4 - Pressure distribution simulation

⁴Il codice PIPE implementa un modello del tipo bulk-flow (a parametri concentrati, in cui per ogni tratto di tubo vengono applicate le equazioni di conservazione della massa e della quantità di moto).

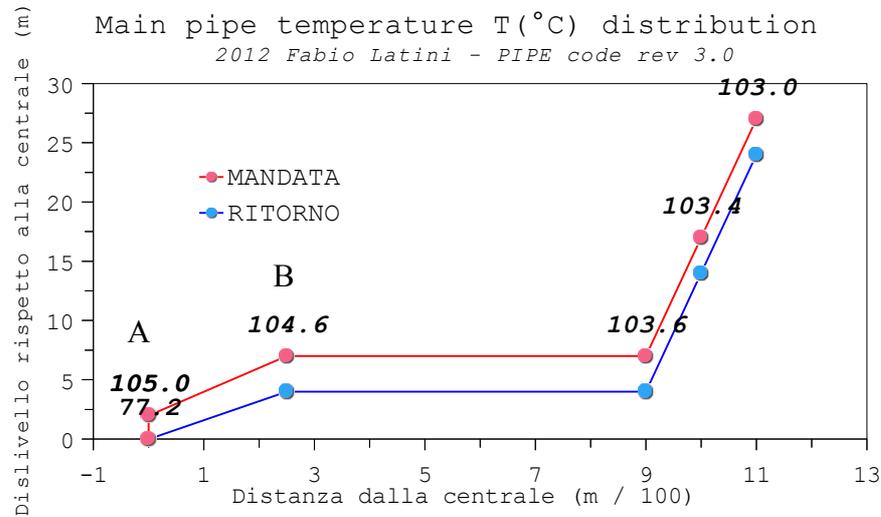


Figura 5 - temperature simulation

Stato	A Heat exchanger out (valve) pressure (bar)	B main pump out pressure (bar)	TM (Max temperatura teorica impianto) con Pressione di taratura valvola di sicurezza pari a 6.0 bar
Pompa a regime	4.72	8	105 °C
Arresto pompa e chiusura valvola regolazione / blocco su primario	4.72	4.72	< 105°C allo scambiatore
Apertura valvola di sicurezza con arresto pompa	6	6	130 °C allo scambiatore
Apertura valvola di sicurezza con pompa in funzione permancato intervento valvola di regolazione o blocco su primario.	6	10	130 °C allo scambiatore
Apertura valvola di sicurezza con arresto pompa per mancato intervento valvola di regolazione o blocco su primario, e contemporaneo malfunzionamento del sistema di regolazione sull'anello a 130°C ed apertura della valvola di sicurezza sull'anello a 130 °C	6	6	150 °C allo scambiatore

Tabella 4 - Riepilogo pressioni

4.2.2.4 Pompa principale (P01)

Tipo	Centrifuga, con sistema automatico di regolazione della portata in funzione del salto termico. Si prescrive un sistema ridondante con due pompe, in servizio alternato
Portata	3.08 kg/s (11.8 m ³ /h) con tubo corrugato
Prevalenza alla portata nominale	400.6 kPa (41.0 m.c.a.)
Potenza massima ammissibile motore	6.0 kW
Classe di resistenza minima	PN 16

4.2.3 Valvola di sicurezza

Sulla mandata lato secondario, in prossimità dello scambiatore, è installata una valvola di sicurezza a molla del tipo “qualificato”, con **pressione di scatto pari a 6,4 bar**.

La portata di scarico totale della valvola di sicurezza richiesta è:

$$g = \frac{P}{0,58} = \frac{450,00}{0,58} = 775,87 \frac{kg}{h}$$

Dove P = potenza dello scambiatore in kW (raccolta R, Capitolo R.3.B, p.to 2.2.).

Per il calcolo della sezione minima della valvola procediamo come segue (raccolta R, Capitolo R.3.B, p.to 2.3.):

$$S_{min} = \frac{0,005 \times g \times F}{0,9 K} = \frac{0,005 \times 775,87 \times 0,56}{0,9 \times 0,745} = 3,240 \text{ cm}^2$$

Dove

F = fattore di pressione desunto dalla tabella presente nella normativa al punto elencato, dipendente dalla pressione di scarico (pari a 6,0 bar)

K = Coefficiente di efflusso, desunto dal certificato di accettazione

Nel caso in esame F = 0,56. Per K abbiamo assunto un valore pari a 0.745.

A tale sezione corrisponde un diametro pari a:

$$D_{min} = \sqrt{\frac{S_{min} \times 4}{\pi}} = 2,031 \text{ cm}$$

queste condizioni sono soddisfatte da una valvola rispondente alle seguenti caratteristiche:

diametro	DN 25 (1 “)
pressione di apertura	6,0 bar relativi

4.2.3.1 Vaso di espansione

E' il vaso di espansione a servizio del ramo di teleriscaldamento, comprendente lo scambiatore, le tubazioni di rete e le tubazioni degli stacchi utenza⁵.

Si applica la formula (raccolta R, Capitolo R.3.B, p.to 4.3.):

$$V = \frac{e \times C}{1 - \frac{P_i}{P_f}} = \frac{0,0360 \times 13680}{1 - \frac{4,0}{7,0}} = 1149,1 \text{ litri}$$

con

$e = 0,0360$	coeff. di espansione dell'acqua a 105 °C
$C = 13680$ litri	contenuto totale d'acqua della rete + sottostazioni
$P_i = 3,0+1 = 4,0$ bara	pressione assoluta iniziale dell'impianto
$P_f = 6,0+1 = 7,0$ bara	pressione assoluta finale dell'impianto ⁶

Il volume libero del vaso è calcolato in modo da assorbire le variazioni di volume del fluido secondario, impedendo il verificarsi della condizione di impianto “solido”.

Sull'impianto verrà installato un **vaso di espansione a membrana, precaricato con una pressione di 3,0 bar (relativi), con un volume totale non inferiore a 1500 litri. Nel computo verranno indicati due vasi di espansione da 750 litri di capacità, da montare in parallelo (classe minima PN10)**

REMARK

Imputizzando un'occupazione del 30% del volume totale del vaso di espansione, precaricato con una pressione di 3.0 bar alla temperatura di 300 K, la pressione finale in condizioni di esercizio del serbatoio può essere calcolata utilizzando la legge dei gas perfetti:

$$P_0 V_0 = nRT_0$$
$$P_F V_F = nRT_F$$

con

n = numero di moli

R = costante dei gas

T = temperatura iniziale (0) e finale (F), pari rispettivamente a 300K e 405K

si ottiene:

$$P_F = P_0 \times \frac{V_0}{V_F} \times \frac{T_F}{T_0} = 4,71 \text{ bar}$$

Che è il valore della pressione nel punto di attacco del tubo di espansione.

⁵ Essendo la rete a circuito chiuso, la dilatazione termica del fluido contenuto nell'impianto deve essere assorbita da un vaso di espansione.

⁶ All'apertura della valvola di sicurezza.

4.2.4 Dimensionamento del tubo di espansione

(raccolta R, Capitolo R.3.B, p.to 7.2.)

Il diametro interno della tubazione di collegamento tra il tubo di mandata dallo scambiatore, lato secondario, e il vaso di espansione è maggiore in ogni caso al minimo calcolato:

$$D = \sqrt{\frac{P}{1,163}} = \sqrt{\frac{450}{1,163}} = 19,7 \text{ mm}$$

Dove P = potenza dello scambiatore in kW.

Si prescrive in tubo di collegamento di diametro interno pari a 25 mm (DN25)

4.2.5 Sistema di riempimento

Il gruppo termico è dotato di sistema di riempimento impianto automatico (per mantenere la corretta pressione dei circuiti) con reintegro e per questo deve essere collegato ad una sicura linea di adduzione acqua in pressione (almeno 20 l/min – 2,5 Bar), preferibilmente costituita da acquedotto pubblico.

5 Valutazione preliminare delle interferenze

Al fine di facilitare la progettazione esecutiva e la successiva realizzazione dell'opera, ed ottimizzarne i costi, è stata effettuata un'indagine per rilevare le eventuali interferenze con altri manufatti tecnici, quali fognature, cavidotti e condutture di vario tipo presenti nell'area su cui verrà realizzata la rete di teleriscaldamento con i risultati riassunti di seguito.

5.1.1.1 Interferenze con manufatti e strutture aeree (elettrodotti, tubazioni, cavalcavia, ecc)

Nell'area di intervento non ci sono strutture che possano interferire con le opere allo studio (trattandosi di tubazioni interrate, non sono state rilevate possibili interferenze).

5.1.1.2 Interferenze con manufatti e strutture al livello del suolo, strade, ecc.

Sulla stessa direttrice della tubazione del teleriscaldamento esiste la tubazione dell'acquedotto a servizio dell'area. Da un confronto con i tecnici dell'Ente gestore (ASA), è risultato che la tubazione dell'acquedotto esistente passa a fianco la strada provinciale che da Montecastelli si dirige verso Castelnuovo val di Cecina, ma dal lato opposto della strada rispetto al tracciato della tubazione (vedi elaborato grafico allegato al progetto 001_2011-DSP02-interferenze). Le uniche interferenze tra la tubazione del teleriscaldamento e la tubazione dell'acquedotto sono in corrispondenza dei tre attraversamenti della strada provinciale per gli stacchi utenza.

Allo stato attuale non vi sono altre interferenze evidenti.

6 Impatto ambientale

L'elenco di potenziali impatti, di seguito analizzati, è stato costituito partendo dall'analisi delle componenti ambientali direttamente coinvolte nella costruzione e nel funzionamento dell'impianto, e valutando di conseguenza le modificazioni indotte sull'ambiente.

Rispetto a ogni categoria di impatto è stata creata una scheda riassuntiva contenente:

Caratteristiche generali del fenomeno: desumibili da dati di letteratura, effetti individuabili, dati e modellistica riguardanti le emissioni e la diffusione di inquinanti, standard normativi.

Analisi del caso specifico: fattori causali che determinano il potenziale impatto; misure tecnologiche e organizzative attuate nell'impianto per ridurre l'emissione/prelievo, limitarne gli effetti o impedirne, in caso di fattori accidentali, il manifestarsi.

Analisi delle compatibilità. In tale fase si proporranno alcuni criteri collegati alle:

- compatibilità tecnologiche
- compatibilità normative
- compatibilità ambientali

Allorchè si renda necessario, le schede evidenziano i prerequisiti che possono limitare i particolari impatti.

6.1.1 Consumo di suolo e modificazione della struttura territoriale

6.1.1.1 Consumo di suolo durante la costruzione dell'impianto

E' dovuto ai lavori di scavo per la messa in opera della tubatura principale, che interesserà una fascia di ampiezza uguale a circa 3 mt, per tutta la lunghezza del percorso della tubazione, per una periodo di esecuzione dei lavori di circa 4 mesi. Tale tubazioni non attraversa aree boschive, ma solo un tratto limitato di terreno agricolo

6.1.1.2 Consumo di suolo con impianto a regime

Per quanto riguarda il consumo di suolo, si possono individuare i seguenti contributi:

- 1) Volume di terreno occupato dalla tubazione di adduzione
- 2) Pozzetti di distribuzione in corrispondenza dei gruppi abitati, a vista.

6.1.2 Emissione in atmosfera durante il funzionamento dell'impianto

Il problema degli odori è particolare per molteplici ragioni: in primo luogo gli odori rappresentano una forma di inquinamento difficilmente quantificabile, e la loro percezione si basa su fattori soggettivi, quali la sensibilità dell'individuo, l'assuefazione ad un dato odore e la saturazione olfattiva che può determinare una perdita di sensibilità.

L'esercizio dell'impianto di teleriscaldamento in oggetto genererà un aumento dell'emissione del sistema di trattamento e raccolta della condensa prodotta dallo scambiatore di calore principale dell'impianto di Montecastelli, localizzata in loc. S. Carlo. Poiché il sistema prevede il trattamento della miscela bifase ed

incondensabili da parte dell'Ente gestore (ENEL), l'aumento del 12% della produzione media di incondensabili (la produzione massima rimane fissata dalla potenza nominale della stazione di Montecastelli) non si scaricherà nell'ambiente

Non ci sarà quindi nessun aumento degli odori molesti in fase di esercizio

6.1.3 Inquinamento acustico

6.1.3.1 Rumore prodotto durante la fase di costruzione dell'impianto

Rumori dovuti all'utilizzo di sistemi meccanici (escavatori, pale meccaniche) durante il periodo di esecuzione degli scavi e durante i successivi rinterrati.

6.1.3.2 Rumore durante il normale funzionamento dell'impianto.

Dovuto principalmente al rumore delle pompe presenti all'interno del locale tecnico. Si faccia riferimento al studio di impatto acustico allegato.

6.1.3.3 Altre sorgenti di rumore saltuarie.

Durante il normale esercizio dell'impianto possono insorgere condizioni di surriscaldamento del fluido termovettore, dovute a malfunzionamenti delle pompe di circolazione od altre cause, che portano all'apertura della valvola di sicurezza presente sullo scambiatore primario, all'interno dell'edificio tecnico.

6.1.4 Inquinamento atmosferico ed elettromagnetico dovuto ad opere di saldatura.

Il tipo di tubazione prescelta per il tracciato extraurbano (limitare del bosco, terreno agricolo, banchina stradale) prevede sistemi di giunzione che possono richiedere saldature in opera per l'esecuzione delle stesse. Con tipo di tubazione prescelta, disponibile in rotoli di varia lunghezza, il numero di giunzioni è limitato a circa due ogni 100-150 mt, e ad a circa 6 saldature per ogni stacco, per un totale di saldature non superiore a 70. Si tratta di un numero assai limitato per la dimensione dell'impianto.

Il progettista

7 Appendice A - Simulazione numerica circuito con programma di calcolo proprietario "PIPE"

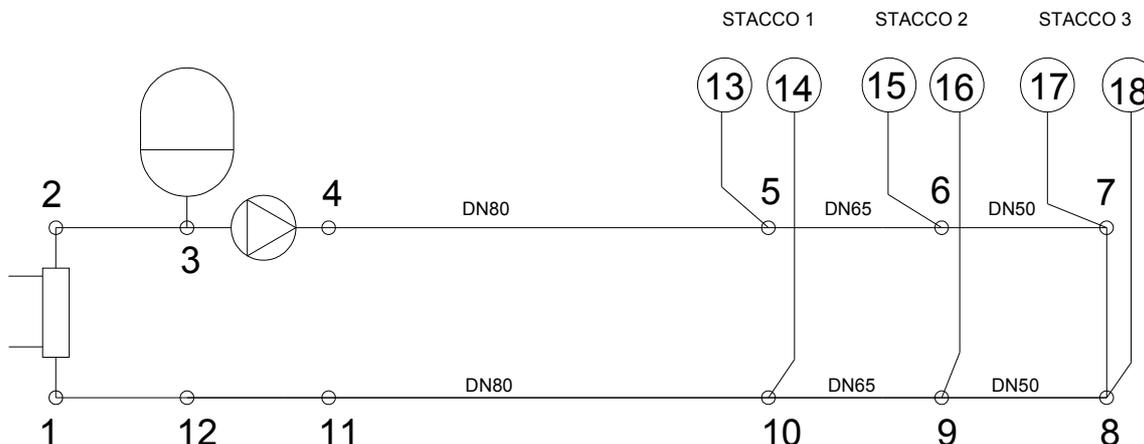


Figura A1 - Pipe modeling mesh

```

*****
* PIPE FLOW CODE OUT - FABIO LATINI 2007 -2012
* version 03.00.12
* PAGANINA
*****
POTENZA TH IMPOSTA ..... 0.0000000 KW
POTENZA TH RICHIESTA ..... 444.4609545 KW
  UTILIZZATORI ..... 386.3677909 KW
  PERDITE NEI TUBI ..... -58.0931636 KW
PORTATA TOTALE ..... 3.8278691 Kg/s
PORTATA TOTALE m3/h ..... 13.7803285 m3/h
PRESSIONE MASSIMA IMPIANTO (ass). 0.7848485 MPa
  " " " " 8.0004941 bar

-----
SEZIONE POMPE
-----
-TRATTO 3-
MODELLO ..... CR20-3
PORTATA ..... 3.8278691 kg/s
PORTATA m3/h..... 13.7803285 m3/h
PREVALENZA POMPA ASSEGNATA..... 400.6076359 KPa
PREVALENZA POMPA (m) ..... 40.8366601 m
PREVALENZA POMPA (Kg/cm2) ..... 4.0836660 Kg/cm2
POTENZA DI POMPAGGIO ..... 1533.4736063 W
POTENZA MOTORE ..... 2788.1337693 W
PUNTO DI LAVORO %..... 0.0000000 %

POTENZA DI POMPAGGIO TOTALE ..... 2788.1337693 W

PERDITE DI CARICO
PERDITE DI CARICO DISTRIBUITE.... 565.4944214 KPa
PERDITE DI CARICO CONCENTRATE.... 132.0819653 KPa

-----
SEZIONE SCAMBIATORI
-----

```

-TRATTO 32-		
MODELLO	HE_SCPIA6	
PORTATA	0.2904805	kg/s
PORTATA m3/h.....	1.0457298	m3/h
POTENZA	-36786.6955239	W
T in	103.1640935	°C
T out	72.8505903	°C
THERMAL BALANCE	-36806.9134769	W
PERDITE NEI TUBI	20.2364837	W
NET	-36786.6769932	W
PERDITE DI CARICO	0.4787995	kPa
PERDITE DI CARICO CONCENTRATE ...	1.2951136	kPa
PERDITE DI CARICO UTILIZZATORE ..	-22.2620126	kPa
-TRATTO 35-		
MODELLO	HE_SCPIA6	
PORTATA	0.2509817	kg/s
PORTATA m3/h.....	0.9035340	m3/h
POTENZA	-31808.1480880	W
T in	103.1009658	°C
T out	72.7623482	°C
THERMAL BALANCE	-31828.3459087	W
PERDITE NEI TUBI	20.2066560	W
NET	-31808.1392527	W
PERDITE DI CARICO	0.3664664	kPa
PERDITE DI CARICO CONCENTRATE ...	0.9668363	kPa
PERDITE DI CARICO UTILIZZATORE ..	-21.2745417	kPa
-TRATTO 38-		
MODELLO	HE_SCPIA6	
PORTATA	0.2237073	kg/s
PORTATA m3/h.....	0.8053462	m3/h
POTENZA	-28366.3563880	W
T in	103.0442964	°C
T out	72.6874955	°C
THERMAL BALANCE	-28386.5367163	W
PERDITE NEI TUBI	20.1797397	W
NET	-28366.3569766	W
PERDITE DI CARICO	0.2971729	kPa
PERDITE DI CARICO CONCENTRATE ...	0.7681124	kPa
PERDITE DI CARICO UTILIZZATORE ..	-20.5926821	kPa
-TRATTO 41-		
MODELLO	HE_SCPIA5	
PORTATA	0.3053645	kg/s
PORTATA m3/h.....	1.0993120	m3/h
POTENZA	-48947.1440817	W
T in	103.1824398	°C
T out	64.8203290	°C
THERMAL BALANCE	-48966.2964499	W
PERDITE NEI TUBI	19.1248761	W
NET	-48947.1715738	W
PERDITE DI CARICO	0.1781570	kPa
PERDITE DI CARICO CONCENTRATE ...	0.5859866	kPa
PERDITE DI CARICO UTILIZZATORE ..	-25.2682227	kPa
-TRATTO 44-		
MODELLO	HE_SCPIA6	
PORTATA	0.2118189	kg/s
PORTATA m3/h.....	0.7625480	m3/h
POTENZA	-26876.3809294	W
T in	103.0139473	°C
T out	72.6361984	°C
THERMAL BALANCE	-26896.5503987	W
PERDITE NEI TUBI	20.1656033	W
NET	-26876.3847955	W
PERDITE DI CARICO	0.2691025	kPa
PERDITE DI CARICO CONCENTRATE ...	0.6886390	kPa
PERDITE DI CARICO UTILIZZATORE ..	-20.2954726	kPa
-TRATTO 47-		
MODELLO	HE_SCPIA6	
PORTATA	0.2176472	kg/s
PORTATA m3/h.....	0.7835299	m3/h

POTENZA	-27620.9049924	W
T in	103.0269960	°C
T out	72.6443479	°C
THERMAL BALANCE	-27641.0772811	W
PERDITE NEI TUBI	20.1722623	W
NET	-27620.9050188	W
PERDITE DI CARICO	0.2827029	kPa
PERDITE DI CARICO CONCENTRATE ...	0.7270586	kPa
PERDITE DI CARICO UTILIZZATORE ..	-20.4411797	kPa

-TRATTO 54-

MODELLO	HE_SCPIA6	
PORTATA	0.3007467	kg/s
PORTATA m3/h.....	1.0826881	m3/h
POTENZA	-37896.3466382	W
T in	102.8947967	°C
T out	72.7414339	°C
THERMAL BALANCE	-37906.4304475	W
PERDITE NEI TUBI	10.0839260	W
NET	-37896.3465215	W
PERDITE DI CARICO	0.2553220	kPa
PERDITE DI CARICO CONCENTRATE ...	1.3882391	kPa
PERDITE DI CARICO UTILIZZATORE ..	-22.5186672	kPa

-TRATTO 57-

MODELLO	HE_SCPIA6	
PORTATA	0.2992533	kg/s
PORTATA m3/h.....	1.0773119	m3/h
POTENZA	-37708.0489662	W
T in	102.8917174	°C
T out	72.7384114	°C
THERMAL BALANCE	-37718.1323698	W
PERDITE NEI TUBI	10.0833164	W
NET	-37708.0490534	W
PERDITE DI CARICO	0.2530008	kPa
PERDITE DI CARICO CONCENTRATE ...	1.3744859	kPa
PERDITE DI CARICO UTILIZZATORE ..	-22.4813328	kPa

-TRATTO 68-

MODELLO	HE_SCPIA6	
PORTATA	0.1944793	kg/s
PORTATA m3/h.....	0.7001256	m3/h
POTENZA	-24828.1192298	W
T in	102.3354485	°C
T out	71.7814068	°C
THERMAL BALANCE	-24838.1020007	W
PERDITE NEI TUBI	9.9890106	W
NET	-24828.1129901	W
PERDITE DI CARICO	0.1154438	kPa
PERDITE DI CARICO CONCENTRATE ...	0.5804679	kPa
PERDITE DI CARICO UTILIZZATORE ..	-19.8619833	kPa

-TRATTO 71-

MODELLO	HE_SCPIA6	
PORTATA	0.1813716	kg/s
PORTATA m3/h.....	0.6529378	m3/h
POTENZA	-23167.9264125	W
T in	102.2921642	°C
T out	71.7198334	°C
THERMAL BALANCE	-23177.9022103	W
PERDITE NEI TUBI	9.9787727	W
NET	-23167.9234376	W
PERDITE DI CARICO	0.1017587	kPa
PERDITE DI CARICO CONCENTRATE ...	0.5048548	kPa
PERDITE DI CARICO UTILIZZATORE ..	-19.5342901	kPa

-TRATTO 74-

MODELLO	HE_SCPIA6	
PORTATA	0.1747535	kg/s
PORTATA m3/h.....	0.6291124	m3/h
POTENZA	-22330.5428327	W
T in	102.2673591	°C
T out	71.6835812	°C
THERMAL BALANCE	-22340.5145702	W

NODO	X	Y	Z	TEMP	PRES (Pa)	DENS	CP	DURATA (ANNI)
1	0.00000E+00	0.00000E+00	0.38000E+03	0.77223E+02	0.47418E+06	0.99228E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
2	0.10000E+01	0.00000E+00	0.38000E+03	0.10500E+03	0.47272E+06	0.98950E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
3	0.10000E+01	0.10000E+01	0.38000E+03	0.10500E+03	0.47125E+06	0.98950E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
4	0.10000E+01	0.25000E+03	0.38500E+03	0.10461E+03	0.78485E+06	0.98954E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
5	0.10000E+01	0.90000E+03	0.38500E+03	0.10362E+03	0.68000E+06	0.98964E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
6	0.10000E+01	0.10000E+04	0.39500E+03	0.10337E+03	0.56326E+06	0.98966E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
7	0.10000E+01	0.11000E+04	0.40500E+03	0.10303E+03	0.43132E+06	0.98970E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
8	0.00000E+00	0.11000E+04	0.40500E+03	0.87215E+02	0.41439E+06	0.99128E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
9	0.00000E+00	0.10000E+04	0.39500E+03	0.83196E+02	0.47939E+06	0.99168E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
10	0.00000E+00	0.90000E+03	0.38500E+03	0.78207E+02	0.56126E+06	0.99218E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
11	0.00000E+00	0.25000E+03	0.38000E+03	0.77495E+02	0.51360E+06	0.99225E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
12	0.00000E+00	0.10000E+01	0.38000E+03	0.77225E+02	0.47520E+06	0.99228E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
13	0.50000E+01	0.90000E+03	0.38500E+03	0.10360E+03	0.66294E+06	0.98964E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
14	0.60000E+01	0.90000E+03	0.38500E+03	0.70773E+02	0.58061E+06	0.99292E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
15	0.50000E+01	0.10000E+04	0.39500E+03	0.10333E+03	0.53459E+06	0.98967E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
16	0.60000E+01	0.10000E+04	0.39500E+03	0.72443E+02	0.48250E+06	0.99276E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
17	0.50000E+01	0.11000E+04	0.40500E+03	0.10300E+03	0.46163E+06	0.98970E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
18	0.60000E+01	0.11000E+04	0.40500E+03	0.68911E+02	0.41986E+06	0.99311E+03	0.41800E+04	0.10000E+03
19	0.50000E+01	0.90000E+03	0.39500E+03	0.10356E+03	0.54560E+06	0.98964E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
20	0.50600E+01	0.90000E+03	0.39500E+03	0.10356E+03	0.53886E+06	0.98964E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
21	0.51200E+01	0.90000E+03	0.39500E+03	0.10356E+03	0.53462E+06	0.98964E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
22	0.51800E+01	0.90000E+03	0.39500E+03	0.10356E+03	0.53365E+06	0.98964E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
23	0.52400E+01	0.90000E+03	0.39500E+03	0.10356E+03	0.53280E+06	0.98964E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
24	0.53000E+01	0.90000E+03	0.39500E+03	0.10356E+03	0.53259E+06	0.98964E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
25	0.50000E+01	0.90000E+03	0.39500E+03	0.72571E+02	0.49915E+06	0.99273E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
26	0.50600E+01	0.90000E+03	0.39500E+03	0.72510E+02	0.49914E+06	0.99274E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
27	0.51200E+01	0.90000E+03	0.39500E+03	0.72456E+02	0.49912E+06	0.99275E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
28	0.51800E+01	0.90000E+03	0.39500E+03	0.70208E+02	0.49909E+06	0.99298E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
29	0.52400E+01	0.90000E+03	0.39500E+03	0.70547E+02	0.49902E+06	0.99295E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
30	0.53000E+01	0.90000E+03	0.39500E+03	0.70798E+02	0.49801E+06	0.99292E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
31	0.25000E+02	0.90000E+03	0.39500E+03	0.10316E+03	0.53507E+06	0.98968E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
32	0.25060E+02	0.90000E+03	0.39500E+03	0.10310E+03	0.53084E+06	0.98969E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
33	0.25120E+02	0.90000E+03	0.39500E+03	0.10304E+03	0.52814E+06	0.98970E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
34	0.25180E+02	0.90000E+03	0.39500E+03	0.10318E+03	0.52969E+06	0.98968E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
35	0.25240E+02	0.90000E+03	0.39500E+03	0.10301E+03	0.52695E+06	0.98970E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
36	0.25300E+02	0.90000E+03	0.39500E+03	0.10303E+03	0.52643E+06	0.98970E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
37	0.26000E+02	0.90000E+03	0.39500E+03	0.72851E+02	0.51104E+06	0.99270E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
38	0.26060E+02	0.90000E+03	0.39500E+03	0.72762E+02	0.50823E+06	0.99272E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
39	0.26120E+02	0.90000E+03	0.39500E+03	0.72687E+02	0.50649E+06	0.99273E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
40	0.26180E+02	0.90000E+03	0.39500E+03	0.64820E+02	0.50365E+06	0.99354E+03	0.41800E+04	0.10000E+03
41	0.26240E+02	0.90000E+03	0.39500E+03	0.72636E+02	0.50570E+06	0.99274E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
42	0.26300E+02	0.90000E+03	0.39500E+03	0.72644E+02	0.50498E+06	0.99274E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
43	0.50000E+01	0.10000E+04	0.40000E+03	0.10328E+03	0.48313E+06	0.98967E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
44	0.50600E+01	0.10000E+04	0.40000E+03	0.10328E+03	0.48272E+06	0.98967E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
45	0.50000E+01	0.10000E+04	0.40000E+03	0.72479E+02	0.43531E+06	0.99275E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
46	0.50600E+01	0.10000E+04	0.40000E+03	0.72476E+02	0.43525E+06	0.99275E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
47	0.25000E+02	0.10000E+04	0.40000E+03	0.10289E+03	0.47189E+06	0.98971E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
48	0.25060E+02	0.10000E+04	0.40000E+03	0.10289E+03	0.47158E+06	0.98971E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
49	0.25500E+02	0.10000E+04	0.40000E+03	0.72741E+02	0.44773E+06	0.99273E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
50	0.25560E+02	0.10000E+04	0.40000E+03	0.72738E+02	0.44747E+06	0.99273E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
51	0.50000E+01	0.11000E+04	0.39500E+03	0.10293E+03	0.55403E+06	0.98971E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
52	0.50600E+01	0.11000E+04	0.39500E+03	0.10293E+03	0.55234E+06	0.98971E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
53	0.51200E+01	0.11000E+04	0.39500E+03	0.10293E+03	0.55151E+06	0.98971E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
54	0.51800E+01	0.11000E+04	0.39500E+03	0.10293E+03	0.55140E+06	0.98971E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
55	0.50000E+01	0.11000E+04	0.39500E+03	0.71382E+02	0.52287E+06	0.99285E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
56	0.50600E+01	0.11000E+04	0.39500E+03	0.71338E+02	0.52287E+06	0.99286E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
57	0.51200E+01	0.11000E+04	0.39500E+03	0.71306E+02	0.52286E+06	0.99286E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
58	0.51800E+01	0.11000E+04	0.39500E+03	0.68956E+02	0.52268E+06	0.99310E+03	0.41800E+04	0.10000E+03
59	0.25000E+02	0.11000E+04	0.39500E+03	0.10234E+03	0.54902E+06	0.98977E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
60	0.25060E+02	0.11000E+04	0.39500E+03	0.10229E+03	0.54794E+06	0.98977E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
61	0.25120E+02	0.11000E+04	0.39500E+03	0.10227E+03	0.54740E+06	0.98977E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
62	0.25180E+02	0.11000E+04	0.39500E+03	0.10246E+03	0.54866E+06	0.98975E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
63	0.25500E+02	0.11000E+04	0.39500E+03	0.71781E+02	0.52846E+06	0.99281E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
64	0.25560E+02	0.11000E+04	0.39500E+03	0.71720E+02	0.52780E+06	0.99282E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
65	0.25620E+02	0.11000E+04	0.39500E+03	0.71684E+02	0.52747E+06	0.99283E+03	0.41800E+04	0.00000E+00
66	0.25680E+02	0.11000E+04	0.39500E+03	0.64054E+02	0.52574E+06	0.99361E+03	0.41800E+04	0.10000E+03

tubo	diametro "	diametro (m)	lunghezza	volume
1	3.14961	0.08000	1.00000	0.01 0.14635E+04
2	0.00000	0.00000	0.00000	0.00 0.00000E+00
3	0.00000	0.00000	0.00000	0.00 0.00000E+00
4	0.00000	0.00000	0.00000	0.00 0.00000E+00
5	0.00000	0.00000	0.00000	0.00 0.00000E+00
6	0.00000	0.00000	0.00000	0.00 0.00000E+00
7	0.00000	0.00000	0.00000	0.00 0.00000E+00
8	0.00000	0.00000	0.00000	0.00 0.00000E+00
9	0.00000	0.00000	0.00000	0.00 0.00000E+00
10	0.00000	0.00000	0.00000	0.00 0.00000E+00
11	0.00000	0.00000	0.00000	0.00 0.00000E+00
12	0.00000	0.00000	0.00000	0.00 0.00000E+00
13	0.00000	0.00000	0.00000	0.00 0.00000E+00
14	0.00000	0.00000	0.00000	0.00 0.00000E+00
15	0.00000	0.00000	0.00000	0.00 0.00000E+00
16	3.14961	0.08000	1801.14943	9.05 0.29785E+06
17	2.55906	0.06500	200.99751	0.67 0.34878E+05
18	1.96850	0.05000	200.99751	0.39 0.66935E+05
19	0.98425	0.02500	84.00000	0.04 0.32483E+05
20	1.25984	0.03200	80.14563	0.06 0.98005E+05
21	0.78740	0.02000	415.00000	0.13 0.16596E+06
VOLUME TOTALE DELLE TUBATURE			10.3510368 m3