



NICOLA TARASCHI

# RETI IDRAULICHE E IMPIANTI TERMOTECNICI

DIMENSIONAMENTO ED ANALISI  
DELLE RETI IDRAULICHE



**PRONTO  
GRAFILL**  
Clicca e richiedi di essere contattato  
per **informazioni e promozioni**

**SOFTWARE INCLUSO**  
CON SISTEMA G-CLOUD



QUARTA EDIZIONE

**GRAFILL**

Nicola Taraschi  
**RETI IDRAULICHE E IMPIANTI TERMOTECNICI**  
Ed. IV (09-2020)

ISBN 13 978-88-277-0185-0  
EAN 9 788827 701850

Collana **Software** (136)



Prima di attivare Software o WebApp inclusi  
prendere visione della licenza d'uso.  
Inquadrare con un reader il QR Code a fianco  
oppure collegarsi al link <https://grafill.it/licenza>

© **GRAFILL S.r.l.** Via Principe di Palagonia, 87/91 – 90145 Palermo  
Telefono 091/6823069 – Fax 091/6823313 – Internet <http://www.grafill.it> – E-Mail [grafill@grafill.it](mailto:grafill@grafill.it)

**CONTATTI  
IMMEDIATI**



**Pronto GRAFILL**  
Tel. 091 226679



**Chiamami**  
[chiamami.grafill.it](tel:091226679)



**Whatsapp**  
[grafill.it/whatsapp](https://www.grafill.it/whatsapp)



**Messenger**  
[grafill.it/messenger](https://www.grafill.it/messenger)



**Telegram**  
[grafill.it/telegram](https://www.grafill.it/telegram)

Finito di stampare nel mese di settembre 2020

presso **Officine Tipografiche Aiello & Provenzano S.r.l.** Via del Cavaliere, 93 – 90011 Bagheria (PA)

Edizione destinata in via prioritaria ad essere ceduta nell'ambito di rapporti associativi.

Tutti i diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica e di riproduzione sono riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in alcuna forma, compresi i microfilm e le copie fotostatiche, né memorizzata tramite alcun mezzo, senza il permesso scritto dell'Editore. Ogni riproduzione non autorizzata sarà perseguita a norma di legge. Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.



**PRONTO  
GRAFILL**

**CLICCA per maggiori informazioni  
... e per te uno SCONTO SPECIALE**

## SOMMARIO

|  |    |    |
|--|----|----|
| <b>PREFAZIONE</b> .....  | p. | 9  |
| <b>1. I CORPI TERMICI</b> .....  | "  | 11 |
| <b>1.1.</b> Radiatori .....  | "  | 11 |
| <b>1.2.</b> Il collegamento monotubo .....   | "  | 13 |
| <b>1.3.</b> Ventilconvettori .....   | "  | 13 |
| <b>1.4.</b> Le perdite di carico .....   | "  | 14 |
| <b>1.5.</b> L'inerzia termica dei corpi radianti.....                              | "  | 15 |
| <b>1.6.</b> Le caldaie.....  | "  | 17 |
| <b>1.6.1.</b> Le caldaie a condensazione .....                                     | "  | 17 |
| <b>1.6.2.</b> Le caldaie a premiscelazione.....                                    | "  | 18 |
| <b>1.6.3.</b> Caldaie a temperatura scorrevole .....                               | "  | 18 |
| <b>2. LE PERDITE DI CARICO</b> .....   | "  | 19 |
| <b>2.1.</b> L'equazione di Darcy-Weisbach per le perdite distribuite.....          | "  | 19 |
| <b>2.2.</b> La viscosità .....   | "  | 20 |
| <b>2.3.</b> Il moto laminare.....  | "  | 21 |
| <b>2.4.</b> Il moto turbolento .....   | "  | 22 |
| <b>2.5.</b> Transizione moto laminare-moto turbolento .....                        | "  | 23 |
| <b>2.6.</b> Legame fra perdita e portata .....                                     | "  | 24 |
| <b>2.7.</b> L'influenza della temperatura .....                                    | "  | 25 |
| <b>2.8.</b> Influenza del diametro .....   | "  | 26 |
| <b>2.9.</b> Il diametro ottimale .....   | "  | 27 |
| <b>2.10.</b> Influenza della rugosità.....   | "  | 29 |
| <b>2.11.</b> Le perdite concentrate.....   | "  | 29 |
| <b>2.12.</b> Applicazioni con il calcolo elettronico .....                         | "  | 30 |
| <b>2.13.</b> Il software per il calcolo delle perdite di carico di tubazioni ..... | "  | 31 |
| <b>2.14.</b> I canali a pelo libero .....  | "  | 33 |
| <b>2.15.</b> Il calcolo dei canali a pelo libero.....                              | "  | 35 |
| <b>3. LE POMPE CENTRIFUGHE</b> .....   | "  | 37 |
| <b>3.1.</b> Il punto di lavoro delle pompe centrifughe.....                        | "  | 37 |
| <b>3.1.1.</b> Collegamento parallelo.....  | "  | 38 |

|           |   |    |    |
|-----------|---|----|----|
| 3.1.2.    | Collegamento in serie .....   | p. | 38 |
| 3.1.3.    | Un esempio .....  | "  | 39 |
| 3.2.      | La variazione del punto di lavoro .....   | "  | 40 |
| 3.3.      | Verifica del NPSH.....  | "  | 42 |
| 3.3.1.    | Esempio pratico .....   | "  | 43 |
| 3.4.      | Pompaggio di fluidi viscosi .....   | "  | 44 |
| 3.4.1.    | Esempio pratico .....   | "  | 44 |
| 3.5.      | La curva caratteristica Q-H delle pompe centrifughe<br>al variare del numero di giri..... | "  | 46 |
| 3.5.1.    | Applicazioni con l'INVERTER.....  | "  | 49 |
| 3.5.2.    | Regolazione di livello<br>per pompe centrifughe con inverter.....                         | "  | 50 |
| 3.5.3.    | Regolazione di zone a salto termico costante .....  | "  | 51 |
| 3.5.4.    | La regolazione .....  | "  | 54 |
| 3.6.      | Impostazione con foglio elettronico .....   | "  | 55 |
| <b>4.</b> | <b>LE RETI IDRAULICHE</b> .....   | "  | 56 |
| 4.1.      | Generalità.....   | "  | 56 |
| 4.2.      | La determinazione delle portate delle utenze .....  | "  | 59 |
| 4.3.      | Esempio di calcolo.....   | "  | 61 |
| <b>5.</b> | <b>IDRAULICA DELLE RETI</b> .....   | "  | 67 |
| 5.1.      | La resistenza idraulica .....   | "  | 67 |
| 5.2.      | L'ottimizzazione del costo della rete .....   | "  | 69 |
| 5.3.      | Parallelo idraulico.....  | "  | 70 |
| 5.4.      | Il bilanciamento .....  | "  | 73 |
| 5.4.1.    | Bilanciamento assoluto.....   | "  | 76 |
| 5.4.2.    | Il bilanciamento tramite la variazione dei diametri .....                                 | "  | 76 |
| 5.4.3.    | Il bilanciamento delle reti ad anello .....   | "  | 77 |
| <b>6.</b> | <b>LE RETI IDROSANITARIE<br/>E LE VALVOLE DI REGOLAZIONE</b> .....                        | "  | 80 |
| 6.1.      | Calcolo degli impianti idrosanitari .....   | "  | 80 |
| 6.1.1.    | Esempio applicativo .....   | "  | 81 |
| 6.1.2.    | Fase di carica con rete inattiva .....  | "  | 83 |
| 6.1.3.    | Fase di carica con rete attiva.....   | "  | 84 |
| 6.1.4.    | Fase di scarica.....  | "  | 85 |
| 6.2.      | Le valvole di regolazione.....  | "  | 86 |
| 6.2.1.    | Generalità.....   | "  | 86 |
| 6.2.2.    | La caratteristica delle valvole di regolazione .....                                      | "  | 87 |
| 6.2.3.    | Dimensionamento delle valvole di regolazione.....   | "  | 88 |

|           |   |    |     |
|-----------|---|----|-----|
| 6.2.4.    | Un circuito con valvola a 2 vie .....                                 | p. | 90  |
| 6.2.5.    | Le valvole a tre vie negli impianti termici .....                     | "  | 91  |
| 6.2.6.    | Dimensionamento della valvola a tre vie .....                         | "  | 93  |
| 6.2.7.    | Analisi delle valvole a 3 vie .....                                   | "  | 94  |
| 6.2.8.    | La cavitazione nelle valvole a tre vie .....                          | "  | 99  |
| 6.2.9.    | Esempio di applicazione<br>valvole a tre vie miscelatrici .....       | "  | 102 |
| 6.3.2.    | I parametri di una valvola termostatica .....                         | "  | 105 |
| 6.3.3.    | L'uso delle valvole termostatiche .....                               | "  | 106 |
| 6.3.4.    | La norma UNI EN 215 .....   | "  | 107 |
| 6.3.5.    | Influenza della portata nei corpi termici .....                       | "  | 108 |
| 6.3.6.    | L'inerzia termica della valvola termostatica .....                    | "  | 112 |
| <b>7.</b> | <b>LE RETI APERTE</b> .....   | "  | 114 |
| 7.1.      | Rete aperta generica .....  | "  | 114 |
| 7.2.      | Una rete con fluido viscoso .....                                     | "  | 117 |
| 7.3.      | Rete verticale .....  | "  | 118 |
| 7.4.      | Rete ad anello con irrigatori .....                                   | "  | 121 |
| 7.5.      | Le reti ad utilizzo non contemporaneo .....                           | "  | 122 |
| 7.6.      | Gli acquedotti .....  | "  | 124 |
| 7.6.1.    | Le sorgenti di captazione .....                                       | "  | 124 |
| 7.6.2.    | La potabilizzazione delle acque .....                                 | "  | 126 |
| 7.6.3.    | I materiali delle tubazioni delle condotte .....                      | "  | 128 |
| 7.6.4.    | L'adduzione .....   | "  | 130 |
| 7.6.5.    | I serbatoi .....  | "  | 133 |
| 7.6.6.    | Il telecontrollo .....  | "  | 135 |
| 7.7.      | Una rete per acquedotto .....   | "  | 137 |
| 7.8.      | Reti acquedottistiche con distribuzione uniforme di portata .....     | "  | 139 |
| <b>8.</b> | <b>LA RETE CON COLLETTORE COMPLANARE</b> .....                        | "  | 142 |
| 8.1.      | Esempio .....   | "  | 142 |
| 8.2.      | La curva caratteristica del circuito .....                            | "  | 146 |
| 8.3.      | L'intercettazione di un ramo .....                                    | "  | 146 |
| 8.4.      | L'emissione termica<br>in funzione della temperatura di mandata ..... | "  | 147 |
| 8.5.      | Il calcolo del vaso d'espansione chiuso .....                         | "  | 148 |
| 8.6.      | Le pressioni nella rete .....   | "  | 149 |
| 8.7.      | La rete con valvole termostatiche .....                               | "  | 150 |
| <b>9.</b> | <b>LE RETI CHIUSE</b> .....   | "  | 152 |
| 9.1.      | La rete con collegamento monotubo .....                               | "  | 152 |

|            |   |    |            |
|------------|---|----|------------|
| 9.2.       | La circolazione naturale.....   | p. | 154        |
| 9.3.       | La rete con ventilconvettori.....   | "  | 157        |
| 9.4.       | La rete a due tubi.....   | "  | 158        |
| 9.5.       | Impianto a zone.....  | "  | 160        |
| 9.6.       | Rete equivalente.....   | "  | 161        |
| <b>10.</b> | <b>L'ANALISI DELLE RETI.....</b>  | "  | <b>163</b> |
| 10.1.      | La rete a due tubi: confronto fra l'impiego<br>come corpi termici dei radiatori e ventilconvettori..... | "  | 163        |
| 10.2.      | La rete a ritorno inverso.....  | "  | 165        |
| 10.3.      | La rete con ventilconvettori caso estivo.....   | "  | 167        |
| 10.4.      | Rete con pompa di ricircolo.....  | "  | 167        |
| 10.5.      | La rete con pompe di zona e pompa di caldaia.....   | "  | 169        |
| 10.6.      | Rete con pompa di caldaia,<br>pompe di zona e valvole miscelatrici.....                                 | "  | 172        |
| 10.7.      | Lo schema ad iniezione.....   | "  | 173        |
| 10.8.      | Le reti idrauliche e il Cad.....  | "  | 176        |
| <b>11.</b> | <b>INSTALLAZIONE E ATTIVAZIONE<br/>DEL SOFTWARE INCLUSO.....</b>  | "  | <b>178</b> |
| 11.1.      | Requisiti hardware e software.....  | "  | 179        |
| 11.2.      | Richiesta della password di attivazione del software.....   | "  | 179        |
| 11.3.      | Installazione ed attivazione del software.....  | "  | 179        |
| 11.4.      | Assistenza tecnica sui prodotti Grafill (TicketSystem).....   | "  | 180        |
| <b>12.</b> | <b>IL SOFTWARE TUTTELERETI.....</b>   | "  | <b>181</b> |
| 12.1.      | Tipologie di calcolo.....   | "  | 181        |
| 12.1.1.    | Reti gas bassa e media pressione.....   | "  | 181        |
| 12.1.2.    | Media pressione.....  | "  | 182        |
| 12.1.3.    | Rete idrosanitaria.....   | "  | 183        |
| 12.1.4.    | Il calcolo secondo le nuove Norme UNI 806.....  | "  | 184        |
| 12.1.5.    | Rete con radiatori.....   | "  | 184        |
| 12.1.6.    | Rete con fancoil riscaldamento.....   | "  | 185        |
| 12.1.7.    | Rete con utenze generiche.....  | "  | 185        |
| 12.1.8.    | Rete con idranti.....   | "  | 185        |
| 12.1.9.    | Rete fognaria.....  | "  | 185        |
| 12.1.10.   | Rete con pannelli radianti.....   | "  | 187        |
| 12.2.      | Le geometrie calcolabili.....   | "  | 187        |
| 12.2.1.    | Monotubo (radiatori).....   | "  | 189        |
| 12.3.      | Come inserire una rete chiusa.....  | "  | 190        |
| 12.4.      | Formule per il calcolo delle perdite di carico.....   | "  | 191        |

|   |    |     |
|---|----|-----|
| <b>13. L'AMBIENTE DI LAVORO</b> .....                                       | p. | 192 |
| 13.1. Il menu File.....   | "  | 192 |
| 13.2. Il menu Viste.....  | "  | 193 |
| 13.3. Il menu Archivi.....  | "  | 194 |
| 13.4. Il menu Help.....   | "  | 194 |
| 13.5. Il menu Componenti.....   | "  | 194 |
| 13.6. Il menu Ambiente .....  | "  | 194 |
| 13.7. Gli esempi (videata principale del programma) .....                   | "  | 196 |
| 13.8. Elenco progetti su disco (videata principale del programma) .....     | "  | 197 |
| <b>14. LA PRODUZIONE DI UN NUOVO PROGETTO</b> .....                         | "  | 198 |
| 14.1. Come iniziare .....   | "  | 198 |
| 14.1.1. Comandi comuni della finestra Dati generali .....                   | "  | 198 |
| 14.1.2. Rete gas.....   | "  | 198 |
| 14.1.3. Rete idrosanitaria.....   | "  | 199 |
| 14.1.4. Rete idrosanitaria secondo norme UNI 806 .....                      | "  | 199 |
| 14.1.5. Rete con radiatori.....   | "  | 199 |
| 14.1.6. Rete con fancoil .....  | "  | 201 |
| 14.1.7. Rete generica .....   | "  | 202 |
| 14.1.8. Rete antincendio con idranti .....                                  | "  | 202 |
| 14.1.9. Rete fognaria.....  | "  | 203 |
| 14.1.10. Rete con pannelli radianti .....                                   | "  | 203 |
| 14.2. L'ambiente grafico di immissione dei dati.....                        | "  | 203 |
| 14.3. Comandi specifici rete gas .....                                      | "  | 211 |
| 14.4. Comandi specifici rete idrosanitaria .....                            | "  | 211 |
| 14.5. Comandi specifici rete con radiatori.....                             | "  | 212 |
| 14.6. Comandi specifici rete con fancoil .....                              | "  | 215 |
| 14.7. Comandi specifici rete generica.....                                  | "  | 215 |
| 14.8. Comandi specifici rete con idranti antincendio .....                  | "  | 216 |
| 14.9. Comandi specifici rete con pannelli radianti .....                    | "  | 217 |
| 14.10. Comandi specifici reti fognarie.....                                 | "  | 217 |
| 14.11. Il calcolo di una rete gas (bassa e media pressione) in 5 passi..... | "  | 217 |
| <b>15. L'IMMISSIONE DEI NUOVI COMPONENTI</b> .....                          | "  | 219 |
| 15.1. Le serie delle tubazioni.....   | "  | 219 |
| 15.2. I fluidi .....  | "  | 221 |
| 15.3. Le discontinuità .....  | "  | 222 |
| 15.3.1. Reti con idranti .....  | "  | 224 |
| 15.4. Le valvole .....  | "  | 225 |
| 15.5. I detentori.....  | "  | 226 |
| 15.6. I radiatori .....   | "  | 227 |

|  |    |     |
|--|----|-----|
| 15.7. Archivi pompe .....  | p. | 228 |
| 15.8. Gli idranti .....  | "  | 230 |
| 15.9. Fancoil riscaldamento.....   | "  | 230 |
| 15.10. Tabelle norme UNI 806 .....   | "  | 231 |
| <b>16. GLI ESEMPI .....</b>  | "  | 232 |
| 16.1. Rete gas bassa pressione.....  | "  | 232 |
| 16.2. Rete gas in media pressione.....   | "  | 236 |
| 16.3. Rete idrosanitaria.....  | "  | 238 |
| 16.4. Radiatori .....  | "  | 240 |
| 16.4.1. Radiatori con bilanciamento.....   | "  | 244 |
| 16.5. Radiatori monotubo .....   | "  | 246 |
| 16.6. Fancoil riscaldamento.....   | "  | 248 |
| 16.7. Rete con radiatori a ritorno inverso .....                                       | "  | 250 |
| 16.8. Rete generica a ritorno inverso.....   | "  | 251 |
| 16.9. Rete generica ad anello.....   | "  | 253 |
| 16.10. Rete generica magliata.....   | "  | 255 |
| 16.11. Rete con idranti.....   | "  | 259 |
| 16.12. Esempio di rete con vari comandi .....  | "  | 261 |
| 16.13. Rete fognaria.....  | "  | 264 |
| 16.14. Rete con pannelli radianti .....  | "  | 266 |
| 16.15. Rete generica con quote variabili .....   | "  | 267 |
| 16.16. Altri schemi .....  | "  | 269 |
| 16.17. Regole da seguire nel progetto .....  | "  | 271 |
| <b>17. ESEMPI AVANZATI.....</b>  | "  | 274 |
| 17.1. La rete con pompa a giri variabili.....  | "  | 274 |
| 17.2. Il comando prog=.....  | "  | 275 |
| 17.3. Il comando zone.....   | "  | 276 |
| 17.4. Il comando CONF .....  | "  | 277 |
| <b>18. LA NUOVA VERSIONE DEL SOFTWARE TUTTELERETI:<br/>TUTTELERETI 2.0 (2020).....</b> | "  | 279 |
| <b>BIBLIOGRAFIA.....</b>   | "  | 286 |

## PREFAZIONE

A partire dagli anni '80 l'avvento dei personal computer ha rivoluzionato il calcolo tecnico rendendo disponibile risultati con tempi e costi prima impensabili. Ad una sempre maggiore velocità di esecuzione del calcolo non poteva non seguire una nuova filosofia nella progettazione e nell'approccio alle argomentazioni teoriche. Nel campo termotecnico, in particolare, la presentazione di tabelle, grafici di aiuto al calcolo, equazioni semiempiriche è diventata obsoleta. Gli stessi modelli di soluzione progettuali, che si appoggiavano sulla limitazione dei mezzi di calcolo, doveva essere messa in discussione.

Questa pubblicazione ed il software su cui si basa, **TUTTELERETI**, risponde all'esigenza di un approccio alle reti idrauliche negli impianti termotecnici che soddisfa le mutate esigenze progettuali, volte ad affrontare problemi di ottimizzazione, oltre che di dimensionamento, degli impianti.

La prima capacità tecnica del software è quello di trovare le portate reali in una rete idraulica, secondo il metodo di Cross, adattato alla presenza di elementi attivi quali pompe o pressioni iniziali. La conoscenza delle portate reali permette di conoscere anche la situazione reale per quanto riguarda la potenza termica fornita dai corpi termici, oltre che il punto di lavoro delle pompe ed il loro rendimento.

Questa pubblicazione è divisa in due parti. La prima parte esamina in modo sistematico tutte le problematiche inerenti le reti idrauliche negli impianti termotecnici. Vengono prima presentati i componenti fondamentali delle reti: corpi termici, tubazioni, pompe, valvole di regolazione ed analizzati i legami con le grandezze che determinano il loro funzionamento nell'ambito idraulico. Successivamente vengono esaminate le tipologie delle reti e le loro applicazioni nell'ambito degli impianti.

La seconda parte è il manuale d'uso di **TUTTELERETI**. L'idea di un solo software per molte tipologie di calcolo è basata sulla considerazione che il concetto di rete lega le diverse tipologie e, nello stesso tempo, rende comune gran parte del software.

Questa **quarta edizione** presenta, inoltre, **TUTTELERETI 2.0 (2020)** (versione *Trial* per 60 giorni e un massimo 80 rami) che offre agli utenti: nuova veste grafica, nuove tipologie applicative (antincendio, aria compressa, acquedotti, ecc.), nuove funzionalità per l'ambiente CAD (maggiore interazione e più rapida produzione dei dati di input e possibilità di aggiungere piccole immagini allo schema).

## I CORPI TERMICI

I corpi termici di cui ci occupiamo sono i più comuni, radiatori e ventilconvettori. Dal punto di vista della trasmissione del calore mentre un radiatore scambia calore con l'ambiente per convezione ed irraggiamento, nei ventilconvettori lo scambio termico è essenzialmente dovuto alla convezione forzata tramite ventilatore. Inoltre, mentre i radiatori sono solo corpi scaldanti, i ventilconvettori possono essere sia scaldanti che refrigeranti.

### 1.1. Radiatori

L'emissione termica dei radiatori è esprimibile, secondo UNI-ISO 6514 come:

$$E = N E50 [(T_m - T_a) / 50]^a \quad [1]$$

dove:

- $E$  = emissione [watt];
- $N$  = numero degli elementi;
- $E50$  = emissione termica nominale (l'emissione quando  $N = 1$  e  $(T_m - T_a) = 50$  °C);
- $T_m$  = temperatura media del radiatore =  $(T_{in} + T_{usc})/2$ ;
- $T_{in}$  = temperatura d'ingresso al corpo termico;
- $T_{usc}$  = temperatura di uscita;
- $a$  = esponente che dipende, come l'emissione termica nominale dal tipo di radiatore e il cui valore è generalmente 1,3.

La [1] può essere posta nella forma:

$$E = f N E50 \quad [2]$$

dove il termine  $f$  è:

$$f = [(T_m - T_a) / 50]^a \quad [3]$$

che è 1 quando  $T_m - T_a = 50$  °C.

Il termine  $f$  è un termine correttivo dell'emissione termica nominale  $E50$ , quando il salto termico radiatore-ambiente è diverso da 50 °C. Questa legge di calcolo è valida quando l'allacciamento alla rete di alimentazione sia fatto con entrata in alto ed uscita in basso dal lato opposto e portata non inferiore al 50% della portata nominale. La portata nominale  $Q$

affluente al corpo viene determinata, noto il fabbisogno termico  $FT$  e assegnato il salto termico  $DT$  fra mandata ed uscita, con l'espressione:

$$Q = FT / (1,163 DT) \quad [4]$$

dove:

- $Q$  = portata [kg/h];
- $D$  = salto termico fra ingresso ed uscita [°C];
- $FT$  = [watt].

Se al corpo termico affluisce una portata  $Q$  l'energia termica entrante è:

$$E = Q 1,163 (T_{in} - T_{usc}) \quad [5]$$

In condizioni termiche stazionarie l'energia termica entrante espressa con la [5] sarà uguale all'emissione termica, secondo la [1].

Il numero di elementi  $N$  viene determinato con l'espressione:

$$N = FT / (f E50) \quad [6]$$

Il prospetto 1.1 e la figura 1.1 riportano un esempio di calcolo con foglio elettronico dove, immessi gli opportuni dati di ingresso (fabbisogno termico, salto termico, temperatura di mandata,  $t_{amb}$  (temperatura ambiente),  $\alpha$  (esponente a dell'espressione [3]),  $E_{emiss\ nominale}$  (emissione termica nominale), vengono calcolati:

- con l'espressione [4] la portata nominale (portata);
- con l'espressione [3] il fattore di correzione (fatt\_correzione);
- con l'espressione [2] l'emissione;
- con l'espressione [6] il numero degli elementi (numero di elementi scelto).

#### Prospetto 1.1.

| <i>Valori di ingresso</i>       |              |      |
|---------------------------------|--------------|------|
| Fabbisogno termico              | <b>1050</b>  | watt |
| salto termico                   | <b>12</b>    | °C   |
| T mandata                       | <b>75,00</b> | °C   |
| tamb                            | <b>20</b>    | °C   |
| alfa                            | <b>1,3</b>   |      |
| emiss nominale                  | <b>80</b>    | watt |
| <i>Valori calcolati portata</i> | <b>75,24</b> | Kg/h |
| Tmedia                          | <b>68,8</b>  | °C   |
| fatt_correzione                 | <b>0,969</b> |      |
| emiss reale                     | <b>1087</b>  | watt |
| numero elementi scelto          | <b>14,00</b> |      |

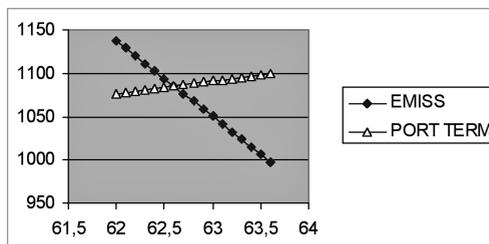


Figura 1.1

## LE PERDITE DI CARICO

### 2.1. L'equazione di Darcy-Weisbach per le perdite distribuite

Se consideriamo il moto uniforme di un fluido in un condotto orizzontale a sezione costante (figura 2.1) osserviamo che si verifica, con riferimento ad una lunghezza  $L$  unitaria, un abbassamento della pressione statica  $Y_c$  dovuta alla resistenza di attrito che incontra il fluido nel suo movimento. Questo abbassamento di pressione viene chiamato *perdita di carico*.

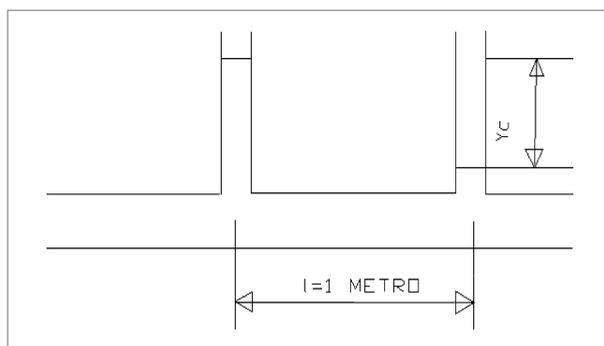


Figura 2.1.

Nella letteratura tecnica l'equazione universalmente accettata per il calcolo delle perdite di carico è quella di Darcy-Weisbach:

$$Y_c = \lambda L v^2 / 2 g D \quad [1]$$

dove:

- $Y_c$  = metri di colonna di fluido;
- $\lambda$  = fattore di attrito [numero puro];
- $v$  = velocità [m/sec];
- $L$  = lunghezza tubazione [m];
- $D$  = diametro interno tubo [m];
- $g$  = accelerazione di gravità [m/sec<sup>2</sup>].

E passando da  $Y_c$  (metri di colonna di fluido) alla caduta di pressione  $\Delta P$ :

$$\Delta P = \rho g Y_c \quad [2]$$

- $\rho$  = massa volumica del fluido [kg/m<sup>3</sup>].

Il fattore di attrito  $\lambda$  dipende dal regime di moto che è determinato dal numero di Reynolds  $R$  dove:

$$R = VD\rho / \mu \quad [3]$$

–  $\mu$  = viscosità dinamica [ $N \cdot \text{sec}/\text{m}^2$ ] oppure [ $\text{Pa} \cdot \text{sec}$ ].

Se introduciamo la viscosità cinematica  $\nu$  c'è la relazione:

$$\nu = \mu / \rho \quad [4]$$

–  $\nu$  = viscosità cinematica [ $\text{m}^2/\text{sec}$ ].

## 2.2. La viscosità

La viscosità dinamica è una proprietà fisica dei fluidi ed è una misura della resistenza di attrito interna. Nei liquidi diminuisce mentre nei gas aumenta, all'aumentare della temperatura. Nei liquidi, inoltre, si può considerare indipendente dalla pressione ed anche nei gas, per pressioni lontane da quella critica.

Unità di misura della viscosità dinamica è il centipoise = 1 millipascal x sec; quella della viscosità cinematica è il centistokes =  $10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}$ . Unità di misura pratica è il grado Engler. Tra gradi Engler e centistokes c'è la relazione:

$$\nu [\text{cst}] = 7,32 E - 6,31 / E \quad [5]$$

Nella figura 2.2 è rappresentata la viscosità cinematica di olii combustibili rispettivamente fluido, medio, pesante, al variare della temperatura.

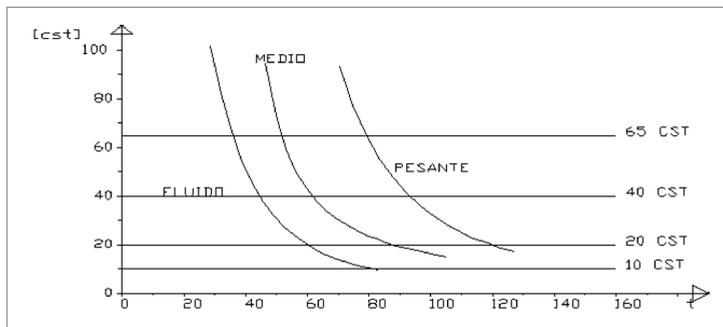


Figura 2.2.

Si noti il campo di funzionamento dei bruciatori:

- 10-20 cst bruciatori ad atomizzazione meccanica;
- 20-40 cst bruciatori civili;
- 20-40 cst bruciatori con atomizzatore a vapore;
- 40-65 cst bruciatori con atomizzatore a coppa rotante.

## LE POMPE CENTRIFUGHE

### 3.1. Il punto di lavoro delle pompe centrifughe

Consideriamo il circuito di figura 3.1, l'applicazione del teorema di Bernoulli porta alle seguenti espressioni:

$$HA + H_p - H_w = HB$$

$$HA = P_A / \gamma + Z_A + V_A^2 / 2g$$

$$HB = P_B / \gamma + Z_B + V_B^2 / 2g$$

dove:

- $HA, HB$  = energia idraulica nei punti A e B;
- $P_A, P_B$  = pressioni relative al nodo A iniziale e B finale;
- $V_A, V_B$  = velocità nei punti A e B;
- $H_w$  = perdite di carico del circuito;
- $Z_A, Z_B$  = quote geometriche dei nodi iniziale e finale;
- $H_p$  = prevalenza fornita dalla pompa;
- $\gamma$  = peso specifico del fluido.

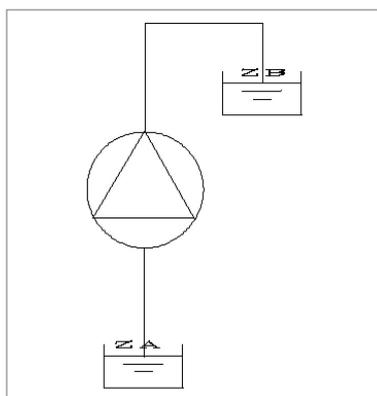


Figura 3.1.

Nell'esempio di figura 3.1:

- $Z_A = 0$  (quota di riferimento);
- $Z_B = H$ ;
- $P_A = 0$ ;
- $P_B / \gamma = a$ .

Ne consegue:

$$H_p = H_B - H_A + H_w$$

Questa uguaglianza analitica si traduce graficamente nell'incontro nel piano  $Q, H$  fra la curva caratteristica della prevalenza della pompa ( $H_p$ ) e quella della prevalenza del circuito ( $H_B - H_A + H_w$ ). L'incontro fra le due curve determina il cosiddetto punto di lavoro della pompa. La coppia di valori  $Q, H$  corrispondenti soddisferanno quindi sia l'equazione della prevalenza della pompa che quella del circuito.

La portata  $Q$  determinerà anche il rendimento della pompa, leggibile sulla curva del rendimento in funzione della portata, e analogamente per la potenza assorbita. L'ottimizzazione della scelta della pompa porta a cercare un punto di lavoro vicino al punto di massimo rendimento della pompa. In tal caso, ovviamente, si ha il massimo rapporto fra l'energia idraulica ottenuta e l'energia spesa per l'azionamento.

### 3.1.1. Collegamento parallelo

Se pensiamo che nel circuito precedente siano collegate 2 pompe in parallelo (figura 3.2a) dello stesso tipo, e che le caratteristiche idrauliche del circuito non ne siano influenzate, otteniamo una nuova curva caratteristica risultante dall'accoppiamento delle 2 pompe. Si tenga presente che la portata che attraversa ogni pompa è adesso la metà della portata del circuito e che la prevalenza delle stesse è uguale ed ancora uguale a quella del circuito.

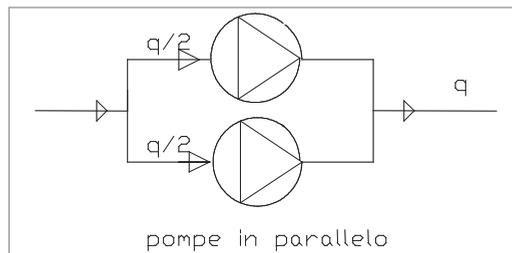


Figura 3.2. a)

### 3.1.2. Collegamento in serie

Supponendo ancora che la curva caratteristica del circuito sia la stessa si ha in questo caso che la portata che passa in ciascuna pompa è la stessa ed uguale a quella che passa nel circuito, mentre invece la prevalenza fornita da ogni pompa è la metà di quella del circuito (figura 3.2b).

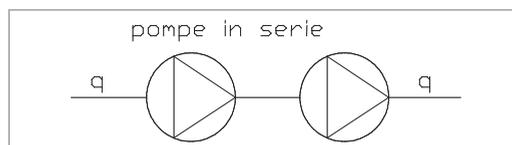


Figura 3.2. b)

## LE RETI IDRAULICHE

### 4.1. Generalità

Una rete idraulica è un insieme di rami mutuamente collegati che hanno la funzione di trasportare un fluido da uno o più punti in cui il fluido è reso disponibile (*alimentazione*) ad uno o più punti in cui il fluido viene utilizzato (*utenze*). Una rete di questo tipo è una rete di adduzione, mentre in una rete di scarico il fluido disponibile alle utenze confluisce da queste al punto di raccolta.

In una **rete aperta** il fluido circolante fuoriesce in corrispondenza delle utenze e lo scopo della rete è un trasporto di massa.

In una **rete chiusa** al fluido è associato un trasporto di energia, abbinata alla massa. Pertanto il fluido ricircola fra l'alimentazione, dove riceve l'energia termica, e le utenze, dove questa viene ceduta alle utenze.

La differenza sostanziale fra circuiti aperti e chiusi è che nei secondi l'energia necessaria alla movimentazione del fluido è solo quella dovuta alle perdite di carico per attrito durante il percorso, mentre nei primi l'energia idraulica è anche quella necessaria al sollevamento del fluido. Nei circuiti aperti la movimentazione del fluido è possibile grazie ad un dislivello favorevole o alla presenza della pompa.

Nel caso di fluidi comprimibili come i gas, portata volumetrica e quindi massa volumica e viscosità cinematica, variano con la pressione, quindi variazioni di pressione e perdite di carico sono mutuamente collegati. È il caso delle reti gas in media ed alta pressione per il gas naturale.

Il calcolo delle reti idrauliche consiste nella determinazione delle portate dei rami delle rete, assegnate le condizioni geometriche e fluidodinamiche. Note che siano le portate, tante quanti i rami, è possibile anche determinare le perdite di carico, le pressioni e le altre grandezze fluidodinamiche.

A questo scopo è opportuno introdurre una opportuna terminologia.

#### *Il ramo*

Il ramo è un tratto di tubazione, a diametro costante, non necessariamente rettilineo e non necessariamente formato da un singolo tratto, ma che potrebbe comprendere più tratti consecutivi. Ai fini del calcolo idraulico la schematizzazione del ramo avviene come segmento rettilineo avente un **nodo iniziale** ed un **nodo finale** (figura 4.1). Il calcolo idraulico stabilirà, nel caso di rete magliata o ad anello il verso effettivo del flusso. In una rete, per definizione, ogni ramo è collegato ad uno o più rami.

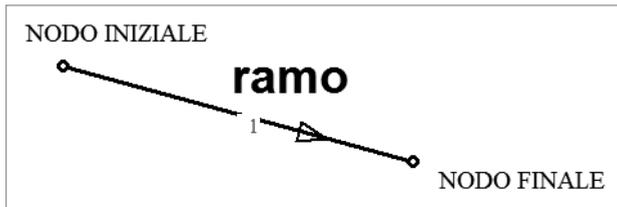


Figura 4.1. Disegno del ramo

Una rete ad **albero** è rappresentata come in figura 4.2. Una rete ad albero avente una sola alimentazione è caratterizzata da un verso univoco dei rami che non può variare con il calcolo. In questa tipologia fra il numero di nodi interni = NN ed il numero dei rami = NR c'è la relazione =  $NN = NR + 1$ . In una rete ad albero con più alimentazioni sussiste la stessa relazione ma il verso dei rami assunto inizialmente può variare.

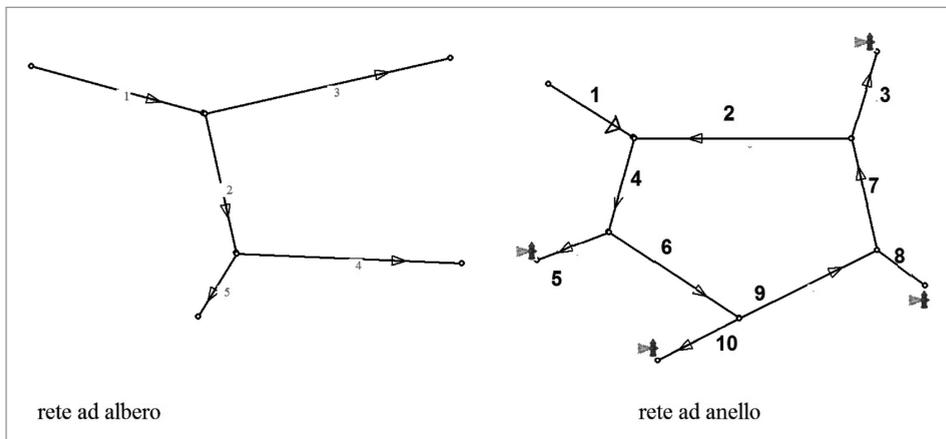


Figura 4.2. Rete ad albero ed anello

### Rete ad anello e magliata

Una rete in cui vi sia un sottoinsieme di rami che formano una circuitazione chiusa, ossia il ramo finale è collegato al ramo iniziale, è una rete ad anello. Se vi sono più sottoinsiemi che ricadono in queste caratteristiche si parla di rete magliata.

### Percorso idraulico

È l'insieme dei rami che collegano la alimentazione alla utenza. Nel caso di rete ad albero il numero dei percorsi idraulici coincide con il numero delle utenze. Quindi  $NU = \text{numero utenze} = NP = \text{numero percorsi}$ .

Vale per una rete ad albero ( $NR = \text{numero rami}$ ):

$$NR = NU + NN \quad \text{oppure} \quad NR = NP + NN$$

## IDRAULICA DELLE RETI

### 5.1. La resistenza idraulica

Se esprimiamo il legame fra la portata  $Q$  e la perdita di carico distribuita  $H$  nella forma:

$$H = R_{idr} Q$$

dove  $R_{idr}$  = resistenza idraulica.

Potrebbe sembrare che fra portata e perdita vi sia una semplice proporzionalità. In realtà abbiamo già visto che questo legame dipende dal tipo di moto ed in genere è abbastanza complesso, dipendendo da molte grandezze della tubazione (lunghezza, diametro, portata, ecc.) e dal tipo di fluido.

Nel caso di moto di tipo laminare (Numero di Reynolds  $\leq 2100$ ) le perdite di carico sono proporzionali alla velocità o portata (vedi l'espressione [7] sulla parte terza relativa alle perdite di carico).

La perdita di carico espressa in metri di colonna di fluido è infatti:

$$H = K Q L / D^4 \quad [1]$$

dove:

- la costante  $K$  dipende dal tipo di fluido;
- $L$  = lunghezza tubazione;
- $D$  = diametro interno tubazione.

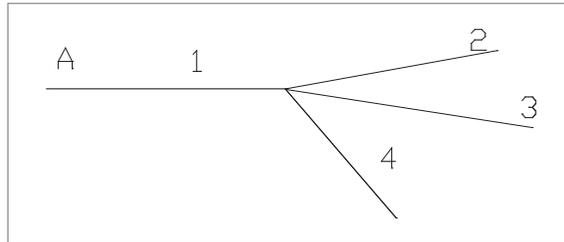
Nel caso di moto turbolento (Numero di Reynolds  $> 4000$ ) è:

$$H = K' Q^2 L / D^5 \quad [2]$$

In questo caso il valore di  $K'$  non è costante e dipende anch'esso dalle grandezze caratteristiche del moto.

Vogliamo esaminare, con riferimento allo schema di figura 5.1, come questo legame viene a influenzare le portate nelle reti. Lo schema rappresenta una tubazione principale di diametro 2" da cui si dipartono 3 rami aventi lunghezza rispettivamente 10, 20, 30 metri e ciascuna di diametro 1 1/4". Poiché ai capi dei rami 2, 3, 4 vi è la stessa differenza di pressione, essi avranno la stessa perdita di carico (sono in parallelo). In questo primo esempio

a differenziare la resistenza idraulica dei rami derivati è solo la lunghezza. Nella rete sia disponibile al nodo 1 una pressione di 5 metri di colonna d'acqua.



**Figura 5.1.**

La soluzione della rete (portate reali) per fluido acqua e per fluido viscoso da i risultati del prospetto 5.1:

**Prospetto 5.1.**

|        | <i>Acqua</i>                          |          | <i>Fluido viscoso</i>        |          |
|--------|---------------------------------------|----------|------------------------------|----------|
|        | <i>(viscosità cinematica = 1 cst)</i> |          | <i>(viscosità = 185 cst)</i> |          |
|        | <i>Q [m³/h]</i>                       | <i>%</i> | <i>Q [m³/h]</i>              | <i>%</i> |
| ramo 1 | 27,337                                |          | 5,590                        |          |
| ramo 2 | 12,389                                | 45,3     | 3,046                        | 54,5     |
| ramo 3 | 8,336                                 | 30,5     | 1,526                        | 27,3     |
| ramo 4 | 6,612                                 | 24,2     | 1,018                        | 18,2     |

La colonna % riporta il rapporto fra la portata e quella totale, del ramo 1.

Si può notare:

- nel caso di fluido viscoso il tipo di moto risultante è di tipo laminare e, con riferimento all'espressione [1], essendo per i rami 2, 3, 4  $H = \text{costante}$  e  $D = \text{costante}$ :

$$Q L = \text{costante}$$

Si può notare come le portate dei rami 2, 3, 4 siano inversamente proporzionali alle loro lunghezze cioè fra due qualsiasi di questi rami:

$$Q_1 / Q_2 = L_2 / L_1$$

- nel caso di fluido acqua il moto risultante è turbolento e risulterà:

$$Q^2 L \text{ circa costante}$$

## LE RETI IDROSANITARIE E LE VALVOLE DI REGOLAZIONE

### 6.1. Calcolo degli impianti idrosanitari

Il sistema autoclave comprende una o più pompe che alimentano una rete, fra le pompe e la rete è interposto un serbatoio di accumulo pressurizzato. Nel tipo a membrana vi è da una parte l'acqua e dall'altra un cuscino di aria, separati appunto da una membrana. L'intervento della pompa è comandata da due pressostati: quando la pressione alla mandata della pompa, e quindi al serbatoio autoclave raggiunge un valore massimo la pompa si arresta. Le richieste d'acqua dalla rete vengono allora soddisfatte dal serbatoio: diminuendo il volume d'acqua il cuscino d'aria si espande e la pressione diminuisce. Quando viene raggiunta la pressione minima la pompa riparte ricreando la riserva d'acqua. In tal modo si evita il funzionamento continuo della pompa, nello stesso tempo si deve però evitare che il numero di attacchi della pompa superi un valore massimo, tanto minore quanto maggiore è la potenza del motore. Nel tipo con alimentatore d'aria non vi è membrana ma poiché l'aria tende ad essere assorbita dall'acqua e quindi a diminuire vi è un compressore per ripristinarne il contenuto. La pressione minima d'esercizio  $P_{\min}$ , che segna l'accensione della pompa deve essere pari a:

$$P_{\min} = H + Perdite + Put \quad [1]$$

dove:

- $H$  = dislivello fra il punto più in alto del circuito e la mandata della pompa;
- $Perdite$  = perdite di carico del circuito più sfavorito;
- $Put$  = pressione immediatamente a monte del rubinetto per garantire la portata richiesta (circa 5 mH<sub>2</sub>O).

La pressione massima d'esercizio, che segna lo stacco della pompa sarà:

$$P_{\max} = P_{\sup} + H1 \quad [2]$$

dove:

- $P_{\sup}$  = pressione massima al rubinetto, circa 45 mH<sub>2</sub>O;
- $H1$  = dislivello fra la pompa e il rubinetto più in basso.

In questa condizione si suppone una portata nulla.

La scelta dei diametri delle tubazioni può essere effettuata, in base alle portate, secondo le norme del settore idrosanitario che fissano, per ogni diametro della tubazione, una velocità massima. In base alle stesse norme il dimensionamento dell'autoclave viene fatto in base alle seguenti espressioni (con alimentatore d'aria):

$$V = 30 Q_{\max} (pins + 10) / [(parr - pins) Z] \quad [3]$$

dove:

- $V$  = volume dell'autoclave [litri];
- $Q_{\max}$  = portata d'acqua contemporanea [l/min];
- $pins$  = pressione di inserimento pompa [mH<sub>2</sub>O];
- $parr$  = pressione arresto pompa [mH<sub>2</sub>O];
- $Z$  = numero inserzioni orarie della pompa.

Il volume occupato dall'aria  $VA$  all'avviamento della pompa (pressione minima) è:

$$VA = 0,8 V \quad [4]$$

La pressione iniziale nell'autoclave si fa uguale alla pressione d'inserzione.

### 6.1.1. Esempio applicativo

Supponiamo una rete come in figura 6.1: una tubazione principale, costituita dai tratti *aspirazione* e *mandata*, si dipartono dal punto A 8 rami denominati *collettore* e da ciascuno 5 rami chiamati *utenza*.

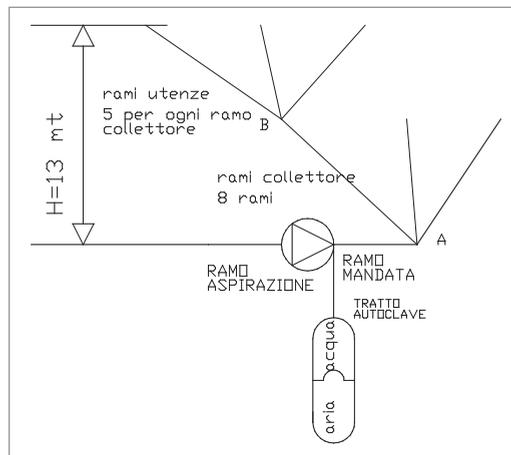


Figura 6.1.

Ad ogni utenza competano 2 unità di carico, per cui il numero di unità di carico totali sia 80. Il tratto chiamato *autoclave* si innesta all'inizio del tratto *mandata* e subito dopo la

## LE RETI APERTE

### 7.1. Rete aperta generica

Esaminiamo ora il calcolo di una rete aperta di tipo generico, intendendo con questo che non riconducibile né ad una ad albero né ad anello. Si faccia riferimento alla figura 7.1. I dati assunti del calcolo e l'esame preliminare della rete danno luogo al prospetto 7.1.:

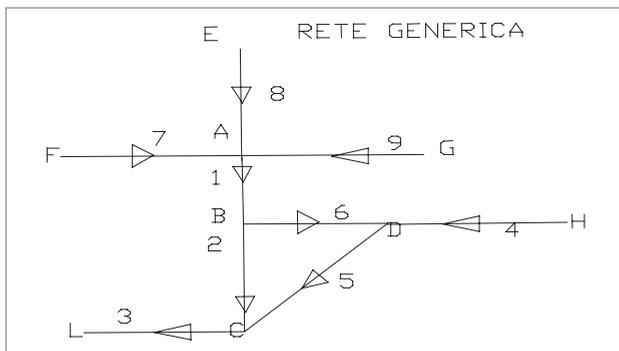


Figura 7.1.

Prospetto 7.1.

|   |
|---|
| Pamm = Perdita ammissibile [Pa/m]: 400  |
| Fluido: acqua a 10 °C   |
| Formula di calcolo delle perdite di carico: equazione di Darcy                |
| Nodi totali: 9  |
| Nodi esterni: 5 (uscita 1, entrata 4)   |
| Rami: 9   |
| Nodi interni: 4   |
| Utenze previste: 1 (il nodo di uscita)  |
| Percorsi previsti: 5  |
| Portata assegnata all'unica utenza, il nodo terminale 4: 10 m <sup>3</sup> /h |
| Quote dei nodi L, H: 4 metri  |
| Quote dei nodi E, F, G: 6 metri   |

Il risultato sia del calcolo nominale (con le portate nominali) che di quello reale porta al prospetto riassuntivo 7.2.

Sia inoltre:

- lunghezze di tutti i rami = 15 metri;
- si suppongono nulle le perdite concentrate.

**Prospetto 7.2.**

| Ramo | $Q_n$<br>[m <sup>3</sup> /h] | Tubazione | $H_n$<br>[mH <sub>2</sub> O] | $Q_r$<br>[m <sup>3</sup> /h] | $H_r$<br>[mH <sub>2</sub> O] |
|------|------------------------------|-----------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1    | 8.571                        | 2         | 0.429                        | 9.603                        | 0.503                        |
| 2    | 4.286                        | 1 ½       | 0.394                        | 5.03                         | 0.529                        |
| 3    | 10.000                       | 2         | 0.571                        | 8.586                        | 0.430                        |
| 4    | 1.429                        | 1         | 0.427                        | - 1.017                      | - 0.231                      |
| 5    | 5.714                        | 2         | 0.203                        | 3.557                        | 0.086                        |
| 6    | 4.286                        | 1 ½       | 0.394                        | 4.573                        | 0.444                        |
| 7    | 2.857                        | 1 ¼       | 0.379                        | 3.214                        | 0.471                        |
| 8    | 2.857                        | 1 ¼       | 0.379                        | 3.184                        | 0.463                        |
| 9    | 2.857                        | 1 ¼       | 0.379                        | 3.204                        | 0.468                        |

Si noti innanzi tutto il valore negativo della portata del ramo 4, nel caso reale. Questo vuol significare che il verso inizialmente assunto della portata (contraddistinto dal nodo iniziale e dal nodo finale) è risultato opposto. L'esattezza del calcolo può essere verificata sulla base dei risultati reali.

Per tutti i percorsi deve essere verificato il teorema di Bernoulli, secondo la:

$$QGP1 - h_{\text{percorso}} + h_{\text{pompa}} = QGP2$$

nel percorso relativo ai rami 9, 1, 2, 3 è:

- $QGP1$  = somma della quota geometrica  $Z1$  del nodo iniziale = 6 metri e della quota piezometrica  $P1 / \gamma = 0$ , dove  $P1$  è la pressione al nodo iniziale = pressione atmosferica = 0;
- $\gamma$  = peso specifico fluido (acqua) = 9810 N/m<sup>3</sup>;
- $h_{\text{pompa}} = 0$  (nessuna pompa nel percorso considerato);
- $QGP2$  = somma della quota geometrica  $Z2$  del nodo finale = 4 metri e del rapporto  $P2 / \gamma = 0$ ;
- $h_{\text{percorso}}$  = perdite di carico dei rami =  $h_9 - h_1 - h_2 - h_3$ ;
- numericamente:  $6 - 0.468 - 0.503 - 0.529 - 0.430 - 4 = 0.070$ .

L'errore residuo è dovuto al procedimento iterativo per approssimazioni successive.

Nel percorso relativo ai rami 9, 1, 6, 4 sarà:

$$6 - 0.468 - 0.503 - 0.444 + 0.231 - 4 = 0.070.$$

## LA RETE CON COLLETTORE COMPLANARE

### 8.1. Esempio

L'esempio fa riferimento ad un impianto autonomo con 8 radiatori, secondo lo schema della figura 8.1.

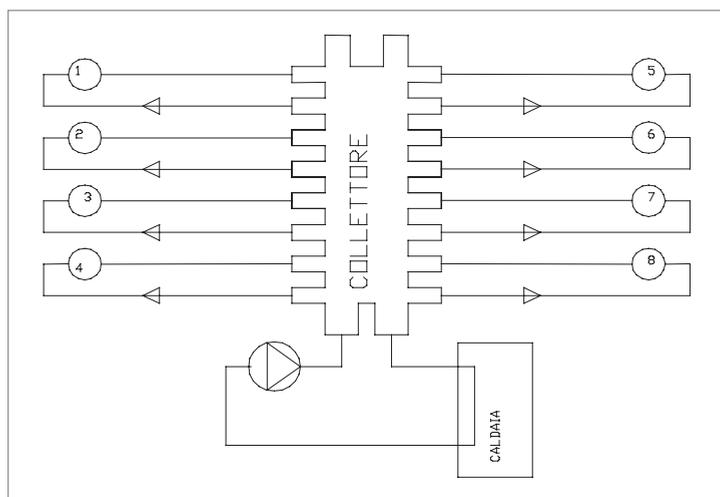


Figura 8.1.

Il calcolo del fabbisogno termico e quindi il calcolo nominale dei radiatori abbia dato i risultati riportati nel prospetto 8.1. Per quanto riguarda il calcolo dei radiatori si rimanda a quanto già detto nella prima parte.

Tutti i rami primari sono collegati ad un collettore, in pratica un tronco di tubazione dal quale si dipartono:

- la mandata della pompa (proveniente dalla caldaia);
- le mandate ai corpi termici;
- il ritorno alla caldaia;
- il ritorno dai corpi termici.

Si suppone che il collettore abbia resistenza idraulica trascurabile, pertanto dal punto di vista schematico esso può essere rappresentato da due soli nodi: quello che individua tutte le mandate e quello che individua tutti i ritorni. Ne consegue, dal punto di vista circuitale, che gli 8 rami primari (quelli dei corrispettivi corpi termici) e il ramo secondario (quello della pompa) possono essere considerati in parallelo: (hanno la stessa perdita di carico).

**Prospetto 8.1.**

| <b>Riepilogo corpi radianti (t ambiente = 20 °C – salto termico nominale = 10 °C)</b> |          |           |          |                        |                        |              |
|---|----------|-----------|----------|------------------------|------------------------|--------------|
| <i>Ramo</i>   | <i>Q</i> | <i>FT</i> | <i>N</i> | <i>T<sub>man</sub></i> | <i>T<sub>usc</sub></i> | <i>Emiss</i> |
| 2   | 63       | 730       | 9        | 85.0                   | 74.1                   | 800          |
| 3   | 99       | 1150      | 13       | 85.0                   | 74.9                   | 1165         |
| 4   | 200      | 2320      | 26       | 85.0                   | 75.0                   | 2332         |
| 5   | 125      | 1450      | 17       | 85.0                   | 74.5                   | 1518         |
| 6   | 76       | 880       | 10       | 85.0                   | 74.8                   | 896          |
| 7   | 112      | 1300      | 15       | 85.0                   | 74.7                   | 1342         |
| 8   | 60       | 700       | 8        | 85.0                   | 74.8                   | 716          |
| 9   | 75       | 870       | 10       | 85.0                   | 74.7                   | 895          |

**LEGENDA**

- Q = portata in kg/h;
- FT = fabbisogno termico dei corpi radianti [watt];
- N = numero di elementi;
- T<sub>man</sub> = temperatura di mandata [°C];
- T<sub>usc</sub> = temperatura di ritorno [°C];
- Emiss = emissione termica, calcolata secondo il numero di elementi scelto [watt];
- emissione totale nominale: 9663 watt.

Inoltre: il numero dei percorsi idraulici è pari al numero di rami primari ed ognuno è costituito dal rispettivo ramo primario e da quello secondario comune a tutti.

Il software compie prima l'esame della geometria della rete (prospetto 8.2):

**Prospetto 8.2.**

| <b>ESAME DELLA RETE ...</b>  |
|------------------------------|
| Nodi totali: 2               |
| Nodi esterni: 0              |
| Nodi esterni uscita: 0       |
| Nodi esterni entrata: 0      |
| Rami: 9                      |
| Nodi interni: 2              |
| percorsi: 8 Circuito chiuso! |

Successivamente effettua il calcolo delle perdite di carico dei rami con le portate nominali (prospetto 8.3).

## LE RETI CHIUSE

### 9.1. La rete con collegamento monotubo

La rete cosiddetta monotubo è schematizzata nella figura 9.1.

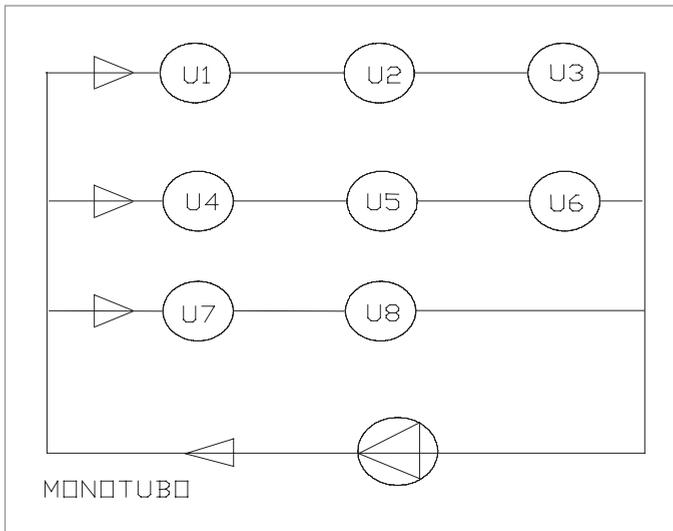


Figura 9.1.

I corpi termici abbiano le stesse caratteristiche dell'esempio del collettore complanare (parte ottava). Per ogni radiatore è inserita una valvola a 4 vie monotubo. L'analisi idraulica del circuito trova 3 soli percorsi (corrispondenti ai 3 anelli).

Il bilanciamento è riassunto nel prospetto 9.1.

Prospetto 9.1.

| Ramo | $Q_n$<br>[kg/h] | Detentore | $H_{dif}$<br>[mH <sub>2</sub> O] | Posiz | $H_{perc}$ |
|------|-----------------|-----------|----------------------------------|-------|------------|
| 1    | 361             | 3/4"      | 0.000                            | 1.0   | 3.252      |
| 4    | 312             | 3/4"      | 0.237                            | 1.6   | 3.015      |
| 7    | 135             | 1/2"      | 0.898                            | 3.1   | 2.353      |

Il calcolo nominale è riassunto nel prospetto 9.2.

## Prospetto 9.2.

| Calcolo nominale |                              |      |            |                              |             |           |       |
|------------------|------------------------------|------|------------|------------------------------|-------------|-----------|-------|
| Ramo             | $Q_n$<br>[m <sup>3</sup> /h] | Tube | $L$<br>[m] | $H_t$<br>[mH <sub>2</sub> O] | $H_d + H_c$ | $H_{bil}$ | $H_v$ |
| 1                | 0.803                        | 19   | 4.0        | 0.803                        | 0.224       | 0.102     | 0.477 |
| 2                | 0.803                        | 19   | 8.0        | 0.925                        | 0.448       | 0         | 0.477 |
| 3                | 0.803                        | 19   | 16.0       | 1.373                        | 0.896       | 0         | 0.477 |
| 4                | 0.694                        | 19   | 15.0       | 1.314                        | 0.645       | 0.313     | 0.356 |
| 5                | 0.694                        | 19   | 13.0       | 0.915                        | 0.559       | 0         | 0.356 |
| 6                | 0.694                        | 19   | 12.0       | 0.872                        | 0.516       | 0         | 0.356 |
| 7                | 0.300                        | 12   | 11.0       | 2.025                        | 0.988       | 0.949     | 0.088 |
| 8                | 0.300                        | 12   | 11.0       | 1.076                        | 0.988       | 0         | 0.088 |
| 9                | 1.796                        | 1"   | 2.0        | 0.151                        | 0.086       | 0         | 0.064 |

Il progetto del radiatore viene fatto per un salto termico di 4,5 °C. Questo salto termico è quello che assicura un salto termico complessivo degli anelli di 10 °C. Questo comporta un incremento della portata che affluisce al radiatore, tenuto conto che, per il collegamento serie, la portata è la somma delle portate così calcolate, relative all'anello.

Facciamo un confronto fra il corpo termico del ramo 4 nelle due tipologie: collegamento a collettore (vedi parte ottava) e collegamento monotubo. Il fabbisogno termico nominale è 2320 watt il che comporta nel primo caso, salto termico 10 °C, una portata di 200 kg/h. Questo corpo termico è inserito nel anello che unisce i rami 2, 3, 4: il fabbisogno termico complessivo dei 3 corpi termici è: 4650 watt cui corrisponde quindi una portata di 803 kg/h (quindi 4 volte maggiore).

La portata di calcolo del radiatore denominata portata equivalente è però, per il tipo di valvola a 4 vie impiegato, il 50% della portata dell'anello (vedi la parte seconda sui corpi termici). Ricordiamo che questa minore portata abbassa la temperatura media del corpo termico e quindi l'emissione.

Il calcolo del radiatore viene fatto con l'espressione:

$$1,163 GDE (T_i - T_u) = N E60 [(TM - TA) / 60]^{1,3}$$

dove:

- $T_i$  = temperatura di ingresso al corpo termico;
- $T_u$  = temperatura di uscita;
- $T_m$  = temperatura media;
- $TA$  = temperatura ambiente;
- $E60$  = emissione termica nominale con salto termico radiatore-ambiente di 60 °C;
- $N$  = numero elementi;
- $GDE$  = portata equivalente = portata anello x frazione della portata dell'anello.

## L'ANALISI DELLE RETI

### 10.1. La rete a due tubi: confronto fra l'impiego come corpi termici dei radiatori e ventilconvettori

La rete è schematizzata nella figura 10.1 e utilizza 4 corpi termici uguali fra loro. I fabbisogni termici nel caso dei radiatori o l'emissione, nel caso dei ventilconvettori, siano gli stessi (4100 watt), uguale sia anche il salto termico dei corpi scaldanti.

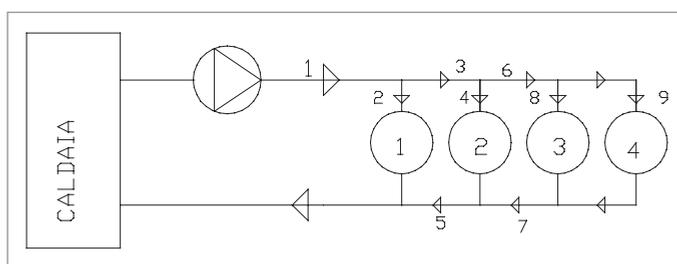


Figura 10.1.

Questo comporterà portate nominali uguali per entrambe le tipologie. Poiché anche le valvole e i detentori inseriti nella rete sono gli stessi saranno uguali le perdite di carico nominali, con l'eccezione delle perdite dei corpi termici.

Mentre infatti le perdite di carico dei radiatori sono modeste, maggiori sono quelle dei ventilconvettori.

Il bilanciamento porterà alle stesse posizioni di taratura dei detentori (sarà differente la prevalenza dei percorsi ma uguali le differenze):

Prospetto 10.1.

| Ramo | Portata [kg/h] | Hdif [mH <sub>2</sub> O] | Posiz |
|------|----------------|--------------------------|-------|
| 2    | 355            | 1.117                    | 1.6   |
| 4    | 355            | 0.568                    | 1.3   |
| 8    | 355            | 0.313                    | 1.2   |
| 9    | 355            | 0.000                    | 1.0   |

Questo il prospetto relativo al calcolo nominale (nel caso dei ventilconvettori):

**Prospetto 10.2.**

| <i>Ramo</i> | $Q_n$<br>[m <sup>3</sup> /h] | <i>Tubo</i> | $L$<br>[m] | $H_t$<br>[mH <sub>2</sub> O] | $H_d + H_c$ | $H_{bil}$ |
|-------------|------------------------------|-------------|------------|------------------------------|-------------|-----------|
| 1           | 1.419                        | 1           | 18.0       | 0.503                        | 0.423       | 0.000     |
| 2           | 0.355                        | 1/2         | 1.0        | 2.124                        | 0.026       | 1.736     |
| 3           | 1.065                        | 3/4         | 6.0        | 0.274                        | 0.274       | 0.000     |
| 4           | 0.355                        | 1/2         | 1.0        | 1.575                        | 0.026       | 1.187     |
| 5           | 1.065                        | 3/4         | 6.0        | 0.274                        | 0.274       | 0.000     |
| 6           | 0.710                        | 3/4         | 6.0        | 0.128                        | 0.128       | 0.000     |
| 7           | 0.710                        | 3/4         | 6.0        | 0.128                        | 0.128       | 0.000     |
| 8           | 0.355                        | 1/2         | 1.0        | 1.320                        | 0.026       | 0.932     |
| 9           | 0.355                        | 1/2         | 13.0       | 1.320                        | 0.339       | 0.619     |

Il calcolo del volume d'acqua dell'impianto, e quindi del vaso d'espansione, denota la grande differenza fra il caso dei ventilconvettori e i radiatori (volumi in litri):

- tubazioni: 21.935 (uguale in entrambi i casi);
- corpi termici:
  - 3.000 ventilconvettori;
  - 122.4 radiatori;
- volume totale:
  - ventilconvettori: 24.935;
  - radiatori: 144.335.

I risultati principali del calcolo reale, vengono confrontati nei seguenti 4 casi:

- caso 1: ventilconvettori bilanciato;
- caso 2: ventilconvettori non bilanciato (detentori in posizione tutto aperto);
- caso 3: radiatori bilanciato;
- caso 4: radiatori non bilanciato.

**Prospetto 10.3.**

|        | $q_2$ | $q_4$ | $q_8$ | $q_9$ | $E_1$ | $E_2$ | $E_3$ | $E_4$ | $H_p$ | $Q_p$ |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Caso 1 | 301   | 300   | 300   | 301   | 3940  | 3936  | 3935  | 3940  | 1.903 | 1.201 |
| Caso 2 | 407   | 337   | 303   | 265   | 4259  | 4048  | 3946  | 3812  | 1.751 | 1.312 |
| Caso 3 | 315   | 314   | 314   | 315   | 4058  | 4056  | 4056  | 4058  | 1.825 | 1.258 |
| Caso 4 | 451   | 359   | 315   | 266   | 4194  | 4113  | 4058  | 3978  | 1.647 | 1.391 |

Si può notare:

- quando la rete è bilanciata le portate dei corpi termici sono praticamente uguali (bisogna tener comunque presente le piccole inesattezze del calcolo reale);

## INSTALLAZIONE E ATTIVAZIONE DEL SOFTWARE INCLUSO

Con la presente pubblicazione viene fornito **TUTTELERETI**, software di calcolo per il dimensionamento e l'analisi di una vasta tipologia di reti idrauliche fino a 120 rami.

Tra le tipologie di reti figurano:

- reti gas;
- reti idrosanitarie;
- reti con radiatori;
- reti con fancoil;
- reti con pannelli radianti;
- reti idrauliche generiche;
- reti fognarie.

L'archivio dati comprende oltre 600 tubazioni integrabili dall'utente.

Il software effettua il calcolo nominale ed il calcolo reale (metodo iterativo di Cross), determina il punto di lavoro delle eventuali pompe inserite, esegue il dimensionamento automatico di tutte le tubazioni in base a vari criteri (perdita o velocità) o l'assegnazione diretta della singola tubazione, effettua il bilanciamento delle utenze selezionando automaticamente la posizione e la taratura dei detentori.

L'input dati avviene da finestra grafica che riporta la geometria della rete in forma unifilare e i dati ad essa associati, secondo comandi che possono agire su singoli rami, parte di essi o l'intera rete. In alternativa può essere importato il file grafico CAD.

Tipologie di calcolo avanzato comprendono:

- inserimento di serbatoi a livello variabile;
- confronto fra reti;
- determinazione del numero di giri di pompe a velocità variabile;
- dimensionamento delle valvole di regolazione per liquidi, gas e vapore;
- calcolo di progetto e di verifica di singole tubazioni;
- calcolo dei canali a pelo libero.

L'elaborazione del calcolo produce un tabulato, in formato RTF o DOC, che include anche gli schemi della rete e i dati di input. Gli stessi risultati e i dati d'ingresso possono essere associati allo schema geometrico della rete in un file grafico DXF.

Gli esempi a corredo coprono tutte le tipologie in oggetto e permettono di apprezzare immediatamente le capacità di calcolo ed apprenderne l'uso in tempi rapidi.

Unitamente al software sono disponibili le seguenti utilità:

- **Glossario** (termini più ricorrenti sull'argomento);

- **FAQ** (risposte alle domande più frequenti);
- **Test base / Test avanzato** (verifiche sulla conoscenza dell'argomento).

### 11.1. Requisiti hardware e software

- Processore da 2.00 GHz;
- MS Windows Vista/7/8/10 (*è necessario disporre dei privilegi di amministratore*);
- MS .Net Framework 4+;
- 250 MB liberi sull'HDD;
- 2 GB di RAM;
- Risoluzione video consigliata 1366×768;
- Software per la gestione di documenti Office e PDF;
- Accesso internet e browser web.

### 11.2. Richiesta della password di attivazione del software

- 1) Collegarsi al seguente indirizzo internet:

**[https://www.grafill.it/pass/0185\\_0.php](https://www.grafill.it/pass/0185_0.php)**

- 2) Inserire i codici "A" e "B" (vedi ultima pagina del volume) e cliccare [**Continua**];
- 3) **Utenti già registrati su [www.grafill.it](http://www.grafill.it)**: inserire i dati di accesso e cliccare [**Accedi**], accettare la licenza d'uso e cliccare [**Continua**];
- 4) **Utenti non ancora registrati su [www.grafill.it](http://www.grafill.it)**: cliccare [**Iscriviti**], compilare il form di registrazione e cliccare [**Iscriviti**], accettare la licenza d'uso e cliccare [**Continua**];
- 5) Un **link per il download del software** e la **password di attivazione** saranno inviati all'indirizzo e-mail inserito nel form di registrazione.

### 11.3. Installazione ed attivazione del software

- 1) Scaricare il setup del software cliccando sul link ricevuto per e-mail (file \*.exe);
- 2) Installare il software facendo doppio-click sul file **88-277-0186-7.exe**;
- 3) Avviare il software:

Per utenti MS Windows Vista/7/8: [**Start**] > [**Tutti i programmi**] > [**Grafill**]  
> [**Reti idrauliche e impianti termotecnici IV Ed**] (cartella)  
> [**Reti idrauliche e impianti termotecnici IV Ed**] (icona di avvio)

Per utenti MS Windows 10: [**Start**] > [**Tutte le app**] > [**Grafill**]  
> [**Reti idrauliche e impianti termotecnici IV Ed**] (icona di avvio)

- 4) Compilare la maschera *Registrazione Software* e cliccare su [**Registra**];
- 5) Avviare il software cliccando sull'icona *Avvia software* della finestra *Starter*.

#### 11.4. Assistenza tecnica sui prodotti Grafill (TicketSystem)

L'assistenza tecnica (gratuita per 365 giorni dall'acquisto) è relativa esclusivamente all'installazione e all'avvio del prodotto (*non è prevista assistenza per il recupero dei dati*), se la configurazione hardware rispetta i requisiti richiesti.

---

L'assistenza *TicketSystem* è disponibile all'indirizzo **<https://www.supporto.grafill.it>**.

Effettuare il login al *TicketSystem* utilizzando i dati del profilo utente di **[www.grafill.it](http://www.grafill.it)** ed aprire un ticket seguendo le istruzioni.

La cronologia dei ticket resterà disponibile sulla schermata principale del *TicketSystem*.

---

## IL SOFTWARE TUTTELERETI

### 12.1. Tipologie di calcolo

Il programma consente il calcolo delle reti idrauliche secondo la seguente lista:

- 1) **Rete gas bassa-media pressione;**
- 2) **Rete idrosanitaria con il metodo delle unità di carico;**
- 3) **Rete con radiatori con collegamento a collettore, due tubi, monotubo;**
- 4) **Rete con fancoil riscaldamento;**
- 5) **Rete con utenze generiche;**
- 6) **Rete con idranti;**
- 7) **Rete fognaria;**
- 8) **Rete con pannelli radianti.**

#### 12.1.1. Reti gas bassa e media pressione

##### *Classificazione delle reti gas*

Le reti e gli impianti di derivazione di utenza per gas metano sono classificati in base al D.M. 16 aprile 2008:

- 1<sup>a</sup> specie Impianti con pressione di esercizio  $Pe > 24$  bar;
- 2<sup>a</sup> specie Impianti con pressione di esercizio  $12 \text{ bar} < Pe < 24$  bar;
- 3<sup>a</sup> specie Impianti con pressione di esercizio  $5 \text{ bar} < Pe < 12$  bar;
- 4<sup>a</sup> specie Impianti con pressione di esercizio  $1,5 \text{ bar} < Pe < 5$  bar;
- 5<sup>a</sup> specie Impianti con pressione di esercizio  $0,5 \text{ bar} < Pe < 1,5$  bar;
- 6<sup>a</sup> specie Impianti con pressione di esercizio  $0,04 \text{ bar} < Pe < 0,5$  bar;
- 7<sup>a</sup> specie Impianti con pressione di esercizio  $Pe < 0,04$  bar.

Per bassa pressione si intende una pressione di alimentazione inferiore a 5 kpa, per media pressione si intende la pressione fra 5 e 400 kpa. È il calcolo secondo le norme UNI-CIG delle reti che trasportano gas in bassa pressione (le proprietà del fluido, come la massa volumica e la viscosità rimangono pertanto costanti).

La norma stabilisce che la caduta di pressione fra l'alimentazione e le utenze venga contenuto in un limite prefissato. La rete è aperta ad albero. Vengono generalmente assegnate le potenze termiche delle utenze e, in base al tipo di gas utilizzato, risultano assegnate le portate. Oppure possono essere assegnate direttamente le portate. Il calcolo della rete gas viene effettuato secondo l'equazione di Renouardt (rete in bassa pressione) (vedi parte successiva 11.4).

In questi tipi di calcolo le perdite concentrate vengono assimilate ad una perdita distribuita calcolando una lunghezza equivalente  $L_e$ :

$$L_e = \zeta \cdot D / 26$$

dove:

- $\zeta$  = coefficiente caratteristico della perdita concentrata.

Le lunghezze virtuali sono desunte dal prospetto seguente:

**Tabella 12.1.** *Prospetto lunghezze virtuali nel caso di reti gas*

| DN    | Curva gomito | curva a 90° | pezzoT | croce | valvola |
|-------|--------------|-------------|--------|-------|---------|
| ≤ 20  | 1            | 0,2         | 0,8    | 1,5   | 0,3     |
| 25-50 | 1,5          | 0,5         | 2      | 4     | 8       |
| 65-80 | 3            | 0,8         | 4      | 8     | 1,5     |
| > 80  | 4,5          | 1,5         | 6,5    | 13    | 2       |

La lunghezza virtuale  $L_v$  sarà:

$$L_v = L + L_e$$

dove:

- $L$  = lunghezza geometrica della tubazione.

Se il calcolo è di verifica saranno assegnati i diametri delle tubazioni.

Il calcolo distribuisce la perdita assegnata ai rami di ogni percorso in misura proporzionale alla loro lunghezza virtuale.

Poiché all'inizio non sono noti i diametri e quindi le lunghezze virtuali il calcolo viene reiterato fino ad ottenere le lunghezze virtuali corrispondenti ai diametri selezionati. Poiché con questi diametri si ha ancora un margine di differenza fra la caduta ammessa e quella reale, il programma cerca di modificare, diminuendo, i diametri, ma sempre in modo da rispettare la condizione sopra esposta.

L'ordine nella diminuzione dei diametri viene fatto rispetto partendo dalla tubazione di maggior peso. Nel caso che venga assegnato un diametro fisso ad una tubazione può verificarsi che la perdita ammissibile alimentazione-utenza non sia rispettata. Il calcolo allora aumenta gli altri diametri (partendo da quello di minor peso) per rispettare questa condizione (max 10 tentativi).

### 12.1.2. Media pressione

Poiché le perdite di carico dipendono dalle pressioni il software reitera le portate assegnate finché le pressioni ai nodi finali coincidono con quelle assegnate.

## L'AMBIENTE DI LAVORO

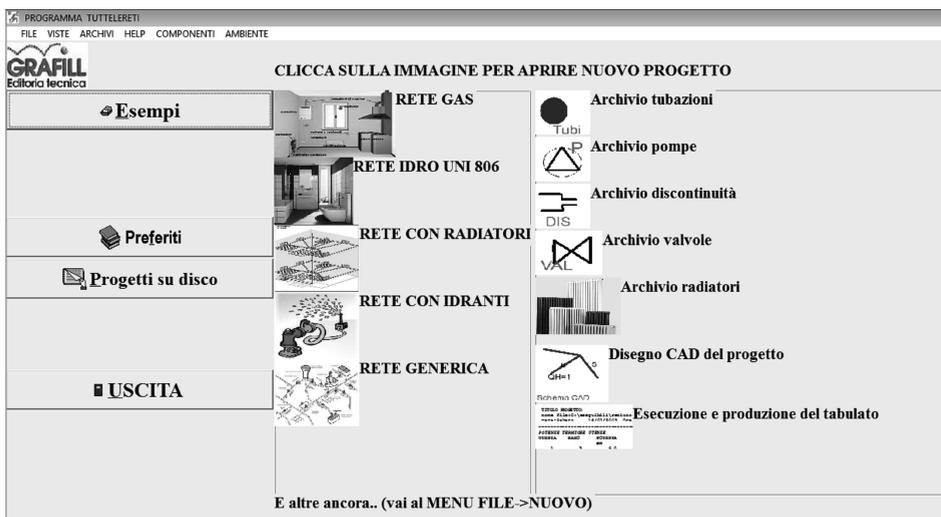


Figura 13.1. La videata del programma

## 13.1. Il menu File (da tastiera [ALT] + [F])



Figura 13.2. Il menu file

- **Nuovo** (da tastiera [N]) – Viene aperto un nuovo progetto.
- **Apri** (da tastiera [A]) – Viene aperto un progetto già salvato su disco consentendo le modifiche.
- **Esecuzione diretta** (da tastiera [D]) – Viene letto un file già salvato su disco ed eseguito direttamente il calcolo e visualizzato a video il tabulato. Il tabulato è sotto forma di file con estensione *.RTF* che può essere salvato ed importato da Word.

- **Stampe schemi** (da tastiera [S]) – Nel caso di un progetto già presente in memoria ed eseguito viene visualizzato su video lo schema grafico selezionato.

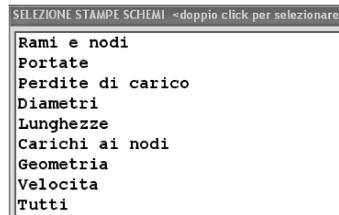


Figura 13.3. Selezione dello schema da stampare

- **Esportazione** (da tastiera [E]) – Crea un file DXF compatibile AUTOCAD in cui vengono riportati i rami ed i risultati associati ai rami, come lunghezze, portate diametri, perdite di carico del ramo.
- **Report su WORD** (da tastiera [R]) – Viene letto un file già salvato su disco e prodotto un file WORD. A video compaiono gli schemi associati alla rete che verranno inglobati nel file WORD.
- **Copia Progetto** (da tastiera [C]) – Viene fatta una copia del progetto su un percorso differente.
- **Uscita** (da tastiera [U]) – Si esce dal programma.

### 13.2. Il menu Viste (da tastiera [ALT] + [V])

Consente la visualizzazione dei dati di input e output del progetto corrente in memoria, sia come schemi grafici che tabulati.

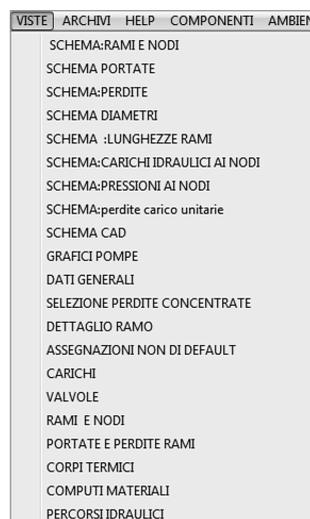


Figura 13.4. Il menu viste

## LA PRODUZIONE DI UN NUOVO PROGETTO

### 14.1. Come iniziare

Per iniziare si seleziona **[Nuovo]** dal menu *File*. Compare la finestra di scelta del progetto (doppio click per la selezione).

|   |
|---|
| [ 1] RETE GAS                                     |
| [ 2] RETE IDROSANTARIA vecchie norme              |
| [ 3] RETE CON RADIATORI                           |
| [ 4] RETE CON RADIATORI CON COLLEGAMENTO MONOTUBO |
| [ 5] RETE CON FANCOIL RISCALDAMENTO               |
| [ 6] RETE CON UTENZE GENERICHE                    |
| [ 7] RETE CON IDRANTI                             |
| [ 8] FOGNATURE EDIFICI CIVILI                     |
| [ 9] PANNELLI RADIANTI                            |
| [10] RETE IDROSANTARIA norme uni 806              |

Figura 14.1. Scelta del tipo di progetto

Verrà visualizzata la maschera *Dati generali* che si differenzia a seconda del progetto.

#### 14.1.1. Comandi comuni della finestra *Dati generali*

– **Help** (da tastiera **[ALT] + [H]**)

Help in linea. Cliccando di nuovo sul comando si esce dall'*Help* e si ritorna alla finestra dei dati generali.

– **Default** (da tastiera **[ALT] + [D]**)

Cliccando su *Default* i dati immessi vengono assunti di default per quel tipo di progetto.

– **Fine** (da tastiera **[ALT] + [F]**)

Si esce dalla finestra passando all'ambiente grafico successivo.

#### 14.1.2. Rete gas

- 1<sup>a</sup> riga: cliccando con il mouse sulla prima riga, prima colonna, si seleziona la *serie dei tubi* per il calcolo di progetto dei rami;
- 2<sup>a</sup> riga: cliccando con il mouse sulla seconda riga si seleziona il *fluido* (nella finestra di selezione compaiono solo quelli che nell'archivio *Fluidi* hanno  $PCI > 0$ );
- 3<sup>a</sup> riga: *caduta di pressione ammessa* in Pa;
- 4<sup>a</sup> riga: *pressione di alimentazione* (in KPA). Se la pressione di alimentazione è  $< 5$  il calcolo è in bassa pressione, se compreso fra 5 e 400 è in media pressione;
- 5<sup>a</sup> riga: *diametro minimo del progetto*. Se il diametro risultante dal progetto è inferiore a questo valore viene assunto comunque come diametro questo valore immesso;

- 6ª riga: se **NO** il calcolo viene fatto a *caduta di pressione* ammessa fra l'alimentazione e le utenze, se **SI** a perdita ammessa per metro lineare. Cliccando sulla riga si commuta fra **si** e **no**.

| PROGETTO RETE GAS                     |                         |
|---------------------------------------|-------------------------|
| SERIE TUBAZIONE PER IL PROGETTO       | UNI 8863-Tubi acciaio-M |
| GAS                                   | GAS NATURALE A 16°C     |
| CADUTA DI PRESSIONE AMMESSA [PASCAL]= | 200                     |
| PRESSIONE ALIMENTAZIONE [KPA] =       | 0                       |
| DIAMETRO MINIMO DEL PROGETTO[MM] =    | 0                       |
| calcolo a perdita ammessa/metro =     | NO                      |

Figura 14.2. Dati generali rete gas

### 14.1.3. Rete idrosanitaria

- 1ª riga: come nella maschera precedente;
- 2ª riga: *pressione di alimentazione* al nodo ingresso della rete (in mH<sub>2</sub>O);
- 3ª riga: *pressione residua di default* ammessa alle utenze (in mH<sub>2</sub>O);
- 4ª riga: *curva di contemporaneità*. Cliccando sulla prima colonna si seleziona la curva.

| PROGETTO RETE IDROSANITARIA            |                            |
|--|----------------------------|
| SERIE TUBAZIONE PER IL PROGETTO        | UNI 4149-Tubi acciaio seri |
| PRESSIONE ALIMENTAZIONE [M H2O]=       | 30                         |
| PRESSIONE RESIDUA ALLE UTENZE [M H2O]= | 0                          |
| CURVA DI CONTEMPORANEITÀ =             | ABITAZIONI PRIVATE EDIFICI |

Figura 14.3-1. Dati generali rete idrosanitaria

### 14.1.4. Rete idrosanitaria secondo norme UNI 806

| PROGETTO RETE IDROSANITARIA secondo norma uni en 806 |                                |
|--|--------------------------------|
| Prospetto tubazioni                                  | 8: PEX/AL/PE-HD PE-MD/AL/PE-HD |
| PRESSIONE ALIMENTAZIONE [M H2O]=                     | 30                             |
| PRESSIONE RESIDUA ALLE UTENZE [M H2O]=               | 0                              |

Figura 14.3-2. Dati generali rete idrosanitaria secondo norme UNI 806

Si seleziona il prospetto della norma per le tubazioni che portano il calore.

### 14.1.5. Rete con radiatori

- 1ª riga: come nella maschera precedente;
- 2ª riga: *fluidità*: la selezione è fra quelli (in archivio fluidi) contenenti la parola *acqua*);
- 3ª riga: *perdita di pressione ammessa* nel calcolo di progetto delle tubazioni (in pascal/m);
- 4ª riga: *temperatura di mandata* a tutti i corpi termici;

## L'IMMISSIONE DEI NUOVI COMPONENTI

### 15.1. Le serie delle tubazioni

È possibile modificare nella maschera la massa volumica e la rugosità della serie di tubazioni (figura 15.1). Ad ogni serie sono associati i relativi diametri in ordine crescente.

| SERIE TUBAZIONI |                                |                       |                           |
|-----------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| codice          | serie                          | massa volumica(kg/mc) | rugosità assoluta[micron] |
| 1               | UNI 7773- Tubi rami s=0,8      | 8901.0                | 5.0                       |
| 2               | UNI 7773-Tubi di rame s= 1.0   | 8900.0                | 5.0                       |
| 3               | UNI 7773-Tubi di rame s= 1.2   | 8901.0                | 5.0                       |
| 4               | UNI 7773-Tubi di rame s= 1.5   | 8900.0                | 5.0                       |
| 5               | UNI 7773-Tubi di rame s= 2.0   | 8900.0                | 46.0                      |
| 6               | UNI 3824-Tubi di acciaio       | 7850.0                | 46.0                      |
| 7               | UNI 4148-Tubi acciaio serie M  | 7850.0                | 46.0                      |
| 8               | UNI 4149-Tubi acciaio serie P  | 7850.0                | 46.0                      |
| 9               | UNI 7287-Tubi acciaio-SS-SPQ   | 7850.0                | 46.0                      |
| 10              | UNI 7288-Tubi acciaio-sald SPQ | 7850.0                | 46.0                      |
| 11              | Tubi acciaio extra dolce       | 7850.0                | 46.0                      |
| 12              | Tubi acciaio dolce             | 7850.0                | 46.0                      |
| 13              | UNI 8863-Tubi acciaio-L        | 7850.0                | 46.0                      |
| 14              | UNI 8863-Tubi acciaio-M        | 7850.0                | 46.0                      |
| 15              | UNI 8863-Tubi acciaio-P        | 7850.0                | 46.0                      |
| 16              | UNI 8488-Tubi di acciaio       | 7850.0                | 46.0                      |
| 17              | UNI 6363-Tubi acciaio-serie B  | 7850.0                | 46.0                      |
| 18              | UNI 6363-Tubi acciaio-serie C  | 7850.0                | 46.0                      |
| 19              | UNI 9338-Tubi PEX-PN10 PT RET  | 950.0                 | 5.0                       |
| 20              | UNI 9338-Tubi PEX-PN6- PT RET  | 950.0                 | 5.0                       |
| 21              | ISO 4437-Tubi PE- SDR 17.6- PT | 930.0                 | 5.0                       |
| 22              | ISO 4437-Tubi PE- SDR 11- PT   | 930.0                 | 5.0                       |
| 23              | UNI 7611-Tubi PE AD- PN6-PT    | 965.0                 | 5.0                       |
| 24              | UNI 7611-Tubi PE-AD- PN10-PT   | 965.0                 | 5.0                       |
| 25              | UNI 7611-Tubi PE-AD- PN16-PT   | 965.0                 | 5.0                       |
| 26              | UNI 7441-Tubi di PVC- serie 4  | 1410.0                | 5.0                       |
| 27              | UNI 7441-Tubi di PVC- serie 5  | 1410.0                | 5.0                       |
| 28              | UNI 7445-Tubi di PVC- serie Q  | 1410.0                | 5.0                       |
| 29              | UNI 7445-Tubi di PVC- serie R  | 1410.0                | 5.0                       |
| 30              | UNI 7990-Tubi di PE BD-PE25-PN | 1750.0                | 5.0                       |
| 31              | UNI 7990-Tubi di PE BD-PE32-PN | 1750.0                | 5.0                       |
| 32              | UNI 8318- Tubi di PP-PN10-PP   | 930.0                 | 5.0                       |
| 33              | UNI 8318- Tubi di PP-PN16-PP   | 930.0                 | 5.0                       |
| 34              | PVC UNI 7443                   | 1400.0                | 0.0                       |
| 35              | PVC UNI 7447 303/1             | 1400.0                | 0.0                       |
| 36              | PVC UNI 7447 303/2             | 1400.0                | 0.0                       |

Figura 15.1.

| cod | Tubo   | D int | D est | spess | peso | SERIE                        |
|-----|--------|-------|-------|-------|------|------------------------------|
|     |        | mm    | mm    |       | kg/m |                              |
| 1   | 8x0.8  | 6.4   | 8.00  | 0.80  | 0.16 | UNI 7773- Tubi rami s=0,8    |
| 2   | 10x0.8 | 8.4   | 10.00 | 0.80  | 0.21 | UNI 7773- Tubi rami s=0,8    |
| 3   | 12x0.8 | 10.4  | 12.00 | 0.80  | 0.25 | UNI 7773- Tubi rami s=0,8    |
| 4   | 14x0.8 | 12.4  | 14.00 | 0.80  | 0.30 | UNI 7773- Tubi rami s=0,8    |
| 5   | 15x0.8 | 13.4  | 15.00 | 0.80  | 0.32 | UNI 7773- Tubi rami s=0,8    |
| 6   | 16x0.8 | 14.4  | 16.00 | 0.80  | 0.34 | UNI 7773- Tubi rami s=0,8    |
| 7   | 18x0.8 | 16.4  | 18.00 | 0.80  | 0.38 | UNI 7773- Tubi rami s=0,8    |
| 8   | 20x0.8 | 18.4  | 20.00 | 0.80  | 0.43 | UNI 7773- Tubi rami s=0,8    |
| 9   | 8x1    | 6.0   | 8.00  | 1.00  | 0.20 | UNI 7773-Tubi di rame s= 1.0 |
| 10  | 10x1   | 8.0   | 10.00 | 1.00  | 0.25 | UNI 7773-Tubi di rame s= 1.0 |
| 11  | 12x1   | 10.0  | 12.00 | 1.00  | 0.31 | UNI 7773-Tubi di rame s= 1.0 |
| 12  | 14x1   | 12.0  | 14.10 | 1.05  | 0.38 | UNI 7773-Tubi di rame s= 1.0 |
| 13  | 15x1   | 13.0  | 15.00 | 1.00  | 0.39 | UNI 7773-Tubi di rame s= 1.0 |
| 14  | 16x1   | 14.0  | 16.00 | 1.00  | 0.42 | UNI 7773-Tubi di rame s= 1.0 |
| 15  | 18x1   | 16.0  | 18.00 | 1.00  | 0.48 | UNI 7773-Tubi di rame s= 1.0 |

Figura 15.2. L'archivio delle tubazioni (non modificabile dall'utente)

| IMMISSIONE TUBAZIONI (non modificabili le tubazioni con codice <618 !) |           |              |              |       |
|--|-----------|--------------|--------------|-------|
| codice   | tubazione | Diam est[mm] | Diam int[mm] | Serie |
| 603  | * 160     | 160.0        | 150.2        | 42    |
| 604  | * 180     | 180.0        | 169.0        | 42    |
| 605  | * 200     | 200.0        | 187.6        | 42    |
| 606  | * 225     | 225.0        | 211.2        | 42    |
| 607  | * 250     | 250.0        | 234.6        | 42    |
| 608  | * 280     | 280.0        | 262.8        | 42    |
| 609  | * 315     | 315.0        | 295.6        | 42    |
| 610  | * 355     | 355.0        | 333.2        | 42    |
| 611  | * 400     | 400.0        | 375.4        | 42    |
| 612  | * 450     | 450.0        | 422.4        | 42    |
| 613  | * 500     | 500.0        | 469.4        | 42    |
| 614  | * 560     | 560.0        | 525.6        | 42    |
| 615  | * 630     | 630.0        | 591.4        | 42    |
| 616  | * 710     | 710.0        | 666.4        | 42    |
| 617  | * 800     | 800.0        | 751.0        | 42    |
| 618  |           | 0.0          | 0.0          | 0     |
| 619  |           | 0.0          | 0.0          | 0     |
| 620  |           | 0.0          | 0.0          | 0     |
| 621  |           | 0.0          | 0.0          | 0     |
| 622  |           | 0.0          | 0.0          | 0     |

Figura 15.3. Inserimento di nuove tubazioni. L'inserimento può avvenire solo per codici maggiori di 617 inserendo nell'ordine: descrizione tubazione, diametro esterno ed interno, serie (deve fare riferimento ad una serie memorizzata)

## GLI ESEMPI

Gli esempi sono presenti nel programma attivando il bottone **[Esempi]** nella finestra principale del programma.

I tabulati presentati non sono completi ma riproducono, per brevità di trattazione, le parti più significative.

## 16.1. Rete gas bassa pressione

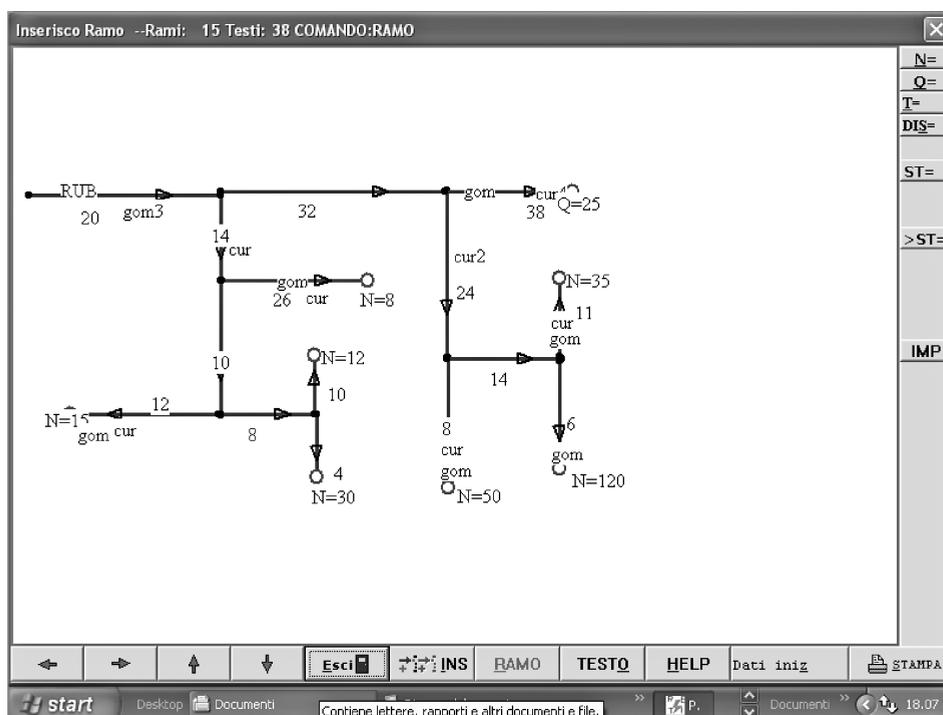


Figura 16.1. Il file grafico della rete gas bassa pressione

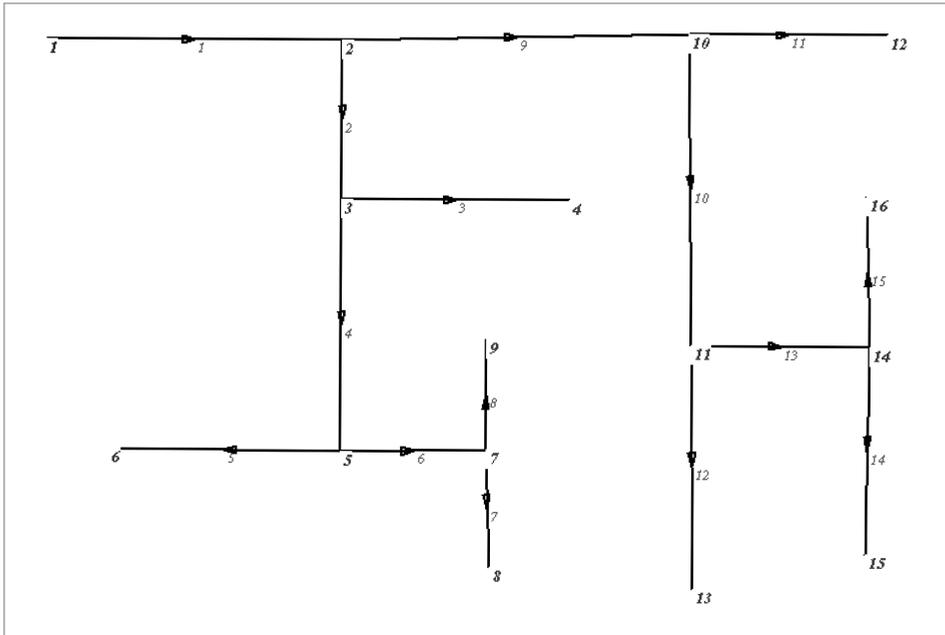


Figura 16.2. Lo schema della rete elaborato dal software: i rami (rosso) e i nodi (verde)

## Il tabulato del calcolo

TITOLO PROGETTO:  
 nome file:C:\WINDOWS\Temp\ex\_gas.cad  
 DATA:Domenica 05/10/2008 Ore:22.19.30  
 Serie tubi di default nel progetto:UNI 8863-Tubi acciaio-M  
 CALCOLO A PERDITA AMMISSIBILE fra alimentazione e le utenze  
 PERDITA AMMISSIBILE= 200.0 Pa  
 RICERCA AUTOMATICA DISCONTINUITA :ATTIVA  
 --fluido:GAS NATURALE A 16°C  
 --VISCOSITA[cst]: 14.30 massa vol[kg/mc]: 0.73 PCI[kj/kg]= 35900  
 TIPO DI CALCOLO:RETE GAS BASSA/MEDIA PRESSIONE  
 PRESSIONE INIZIALE[kpa]: 4.0 [BASSA PRESSIONE]  
 Formula calcolo perdite:RENOUARDT BASSA PRESSIONE

### GEOMETRIA DELLA RETE

|                       |   |    |
|-----------------------|---|----|
| Rami                  | : | 15 |
| Nodi TOTALI           | : | 16 |
| Nodi esterni          | : | 9  |
| Nodi esterni uscita   | : | 8  |
| Nodi esterni entrata: | : | 1  |
| Nodi interni          | : | 7  |
| Utenze previste       | : | 8  |
| Percorsi previsti     | : | 8  |
| Rete ad albero        |   |    |

### POTENZE TERMICHE UTENZE

| UTENZA | RAMO | POTENZA |
|--------|------|---------|
|        |      | KW      |
| 1      | 3    | 8.0     |
| 2      | 5    | 15.0    |
| 3      | 7    | 30.0    |

## ESEMPI AVANZATI

## 17.1. La rete con pompa a giri variabili

Nella pompa a giri variabili, che si ottiene scrivendo il comando *VAR* in qualsiasi posizione del grafico, il calcolo procede nel seguente modo: se si verifica che la portata reale sia maggiore della portata nominale si riduce il numero di giri della pompa fintantoché l'uguaglianza portata reale = portata nominale sia di nuovo verificata.

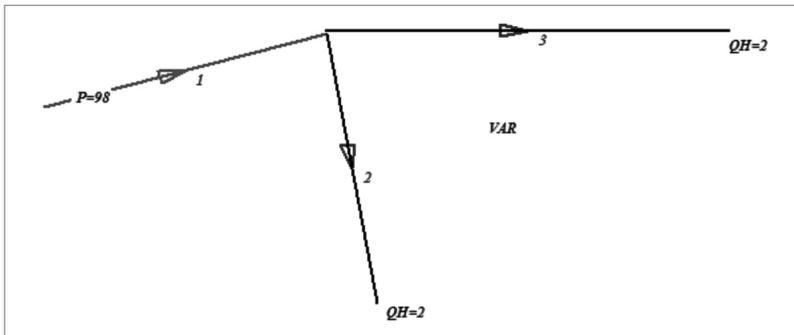


Figura 17.1. Rete con pompa a giri variabili

Con riferimento alla figura 17.1 il calcolo nominale produce il seguente tabulato:

| Pompa : 1 cod= 98 mirel vel max cod= 98 Ramo : 1 giri=100 % |       |           |      |      |       |       |        |
|---|-------|-----------|------|------|-------|-------|--------|
| <b>PERDITE di carico rami ,calcolo nominale</b>             |       |           |      |      |       |       |        |
| ramo  | Q     | tubazione | L    | k    | Ptot  | vel   | utenza |
|   | mc/h  |           | m    |      | mH2O  | m/sec |        |
| 1   | 4.000 | 1.1/2"    | 10.0 | 0.00 | 0.198 | 0.78  |        |
| 2   | 2.000 | 1.1/4"    | 10.0 | 0.00 | 0.117 | 0.53  | 1      |
| 3   | 2.000 | 1.1/4"    | 10.0 | 0.00 | 0.117 | 0.53  | 2      |

Mentre il calcolo reale produce quest'altro tabulato:

| <b>PERDITE di carico rami ,calcolo reale</b> |       |           |      |      |       |       |        |
|--|-------|-----------|------|------|-------|-------|--------|
| ramo   | Q     | tubazione | L    | k    | Ptot  | vel   | utenza |
|  | mc/h  |           | m    |      | mH2O  | m/sec |        |
| 1  | 5.635 | 1.1/2"    | 10.0 | 0.00 | 0.372 | 1.10  |        |
| 2  | 2.818 | 1.1/4"    | 10.0 | 0.00 | 0.218 | 0.74  | 1      |
| 3  | 2.817 | 1.1/4"    | 10.0 | 0.00 | 0.218 | 0.74  | 2      |

Il calcolo a riduzione della velocità produce quest'ultimo tabulato, con una velocità della pompa pari a 82% di quella massima (si noti che la portata reale si avvicina ora alla portata nominale):

| <b>PERDITE di carico rami ,calcolo reale</b> |       |           |      |      |       |       |        |
|--|-------|-----------|------|------|-------|-------|--------|
| ramo   | Q     | tubazione | L    | k    | Ptot  | vel   | utenza |
|  | mc/h  |           | m    |      | mH2O  | m/sec |        |
| 1  | 4.007 | 1.1/2"    | 10.0 | 0.00 | 0.199 | 0.78  |        |
| 2  | 2.005 | 1.1/4"    | 10.0 | 0.00 | 0.118 | 0.53  | 1      |
| 3  | 2.003 | 1.1/4"    | 10.0 | 0.00 | 0.117 | 0.53  | 2      |

**Punto lavoro pompe**  
 Punto lavoro Pompa mirel vel max ramo: 1  
 Q= 4.007( mc/h) H= 0.316(mt H2O)

## 17.2. Il comando prog=

Il comando prog=nomefile legge il file nomefile.tub, creato automaticamente ad ogni progetto nella stessa cartella dell'eseguibile, ed esegue il dimensionamento delle tubazioni dei rami in base allo stesso dimensionamento fatto nel progetto nomefile.cad per gli stessi rami.

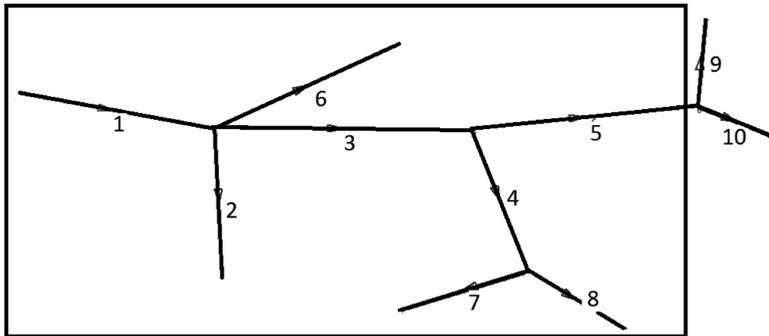


Figura 17.2. Il file prog\_3.cad

Si faccia riferimento alla figura 17.2. La rete prog\_3.cad è composta da 10 rami, mentre la rete prog\_1.cad contiene i rami da 1 ad 8 ed il calcolo relativo è quello del prospetto 17.1 (i rami dentro la cornice appartengono sia alla rete prog\_1.cad che prog\_3.cad).

### Prospetto 17.1. Output del file prog\_1.cad

| <b>PERDITE di carico rami ,calcolo reale</b> |       |           |      |      |       |       |        |
|--|-------|-----------|------|------|-------|-------|--------|
| ramo   | Q     | tubazione | L    | k    | Ptot  | vel   | utenza |
|  | mc/h  |           | m    |      | mH2O  | m/sec |        |
| 1  | 75.42 | 2.1/2"    | 11.0 | 0.00 | 4.670 | 5.51? |        |
| 2  | 17.43 | 1.1/4"    | 11.0 | 0.00 | 7.330 | 4.60? | 1      |
| 3  | 40.56 | 2.1/2"    | 11.0 | 0.00 | 1.414 | 2.96  |        |
| 4  | 24.96 | 2"        | 11.0 | 0.00 | 2.059 | 3.05  |        |
| 5  | 15.60 | 1.1/4"    | 11.0 | 0.00 | 5.916 | 4.12? | 2      |
| 6  | 17.43 | 1.1/4"    | 11.0 | 0.00 | 7.330 | 4.60? | 3      |
| 7  | 12.48 | 1.1/4"    | 11.0 | 0.00 | 3.857 | 3.30? | 4      |
| 8  | 12.48 | 1.1/4"    | 11.0 | 0.00 | 3.857 | 3.30? | 5      |

La nuova rete prog\_3.cad aggiunge i rami 9 e 10 alla rete prog\_1.cad e normalmente il dimensionamento ed il calcolo relativo produrrebbe il prospetto 17.2. Con il comando prog=nomefile vengono letti i diametri della rete prog\_1.tub e i rami da 1 ad 8 vengono

## LA NUOVA VERSIONE DEL SOFTWARE TUTTELERETI: TUTTELERETI 2.0 (2020)

La nuova versione di **TUTTELERETI** giunge a più di 10 anni dalla prima, ne recepisce le idee tecniche ma potenzia sia l'interfaccia utente che le capacità di calcolo. Vengono inoltre ampliate le tipologie applicative: antincendio, aria compressa, acquedotti, ecc..

Al seguente link è disponibile una versione *Trial* per 60 giorni e massimo 80 rami:

[http://www.termoinrete.com/download\\_retiuno.htm](http://www.termoinrete.com/download_retiuno.htm)

All'avvio compare la maschera di registrazione; l'attivazione è immediata e si aprirà il menu del programma (figura 18.1).

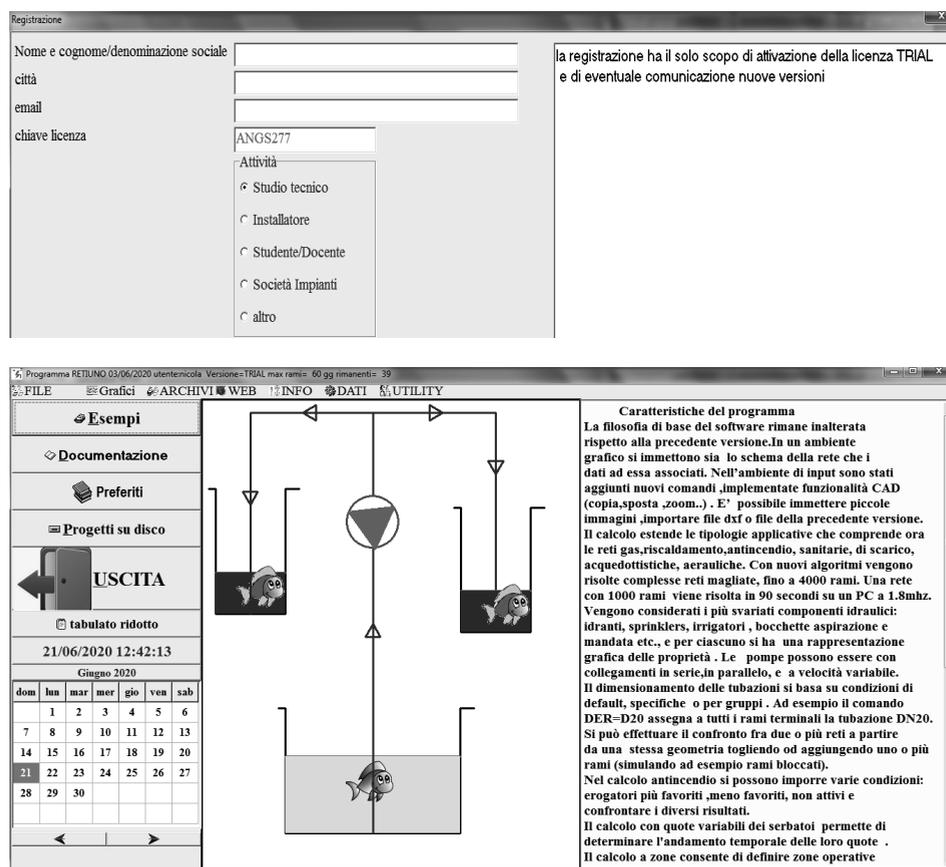


Figura 18.1.

L'ambiente CAD ha funzionalità che permettono una maggiore interazione e più rapida produzione dei dati di input (funzioni di zoom, spostamento, copia ...). Possono essere aggiunte piccole immagini allo schema.

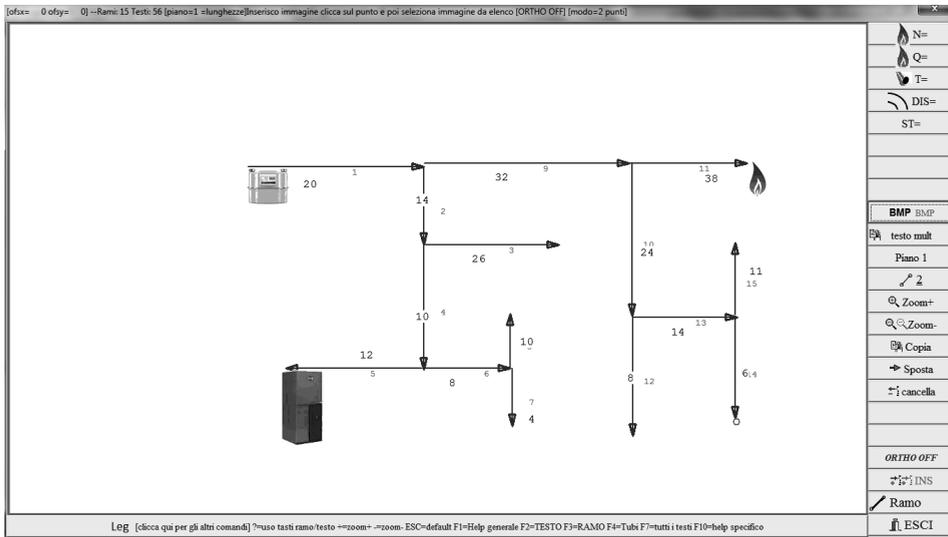
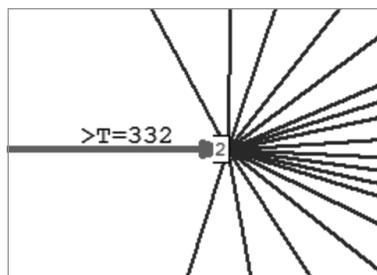


Figura 18.2. L'ambiente CAD: rete gas

Sono stati potenziati i comandi, più di 120, soprattutto quelli di dimensionamento tubazioni.

Ad esempio, il comando  $> T = 332$  assegna a tutte le tubazioni a valle del ramo in rosso il codice tubazione specificato.



Il calcolo si basa su algoritmi più complessi che permettono la soluzione di estese reti magliate fino a 4000 rami. L'archivio tubazioni arriva a 1200 elementi. Il tabulato prodotto dettaglia tutte le fasi del calcolo per permettere al tecnico l'analisi dei risultati. Una rete di 1000 rami viene calcolata in 45 secondi su un PC a 1,8 MHz.

L'output grafico permette di esaminare rapidamente i risultati ottenuti e i dati di input associati allo schema. Nello schema le velocità sono associate a colore diverso a seconda del valore.

