

Nicola Taraschi

Reti idrauliche e impianti termotecnici

DIMENSIONAMENTO ED ANALISI DELLE RETI IDRAULICHE CON IL SOFTWARE TUTTELERETI

- Teoria e componenti delle reti idrauliche
Reti GAS, idrosanitarie secondo UNI 806,
impianti termici, idranti, generiche, fognarie
- Calcolo nominale e reale
con il metodo di Cross
- Immissione in modalità grafica
dello schema della rete
e dei dati ad essa associati

TERZA EDIZIONE

SOFTWARE INCLUSO

DIMENSIONAMENTO ED ANALISI DI RETI IDRAULICHE

Glossario (principali termini tecnico-normativi), **F.A.Q.** (domande e risposte sui principali argomenti),

Test iniziale (verifica della formazione di base), **Test finale** (verifica dei concetti analizzati)

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



Nicola Taraschi

RETI IDRAULICHE E IMPIANTI TERMOTECNICI

ISBN 13 978-88-8207-891-1

EAN 9 788882 078911

Software, 97

Terza edizione, ottobre 2016

Taraschi, Nicola <1952->

Reti idrauliche e impianti termotecnici / Nicola Taraschi. – 3. ed.
– Palermo : Grafill, 2016.

(Software ; 97)

ISBN 978-88-8207-891-1

1. Impianti tecnici [e] Reti idrauliche.

696 CDD-23

SBN PaI0292414

CIP – Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

Il volume è **disponibile in versione eBook** (formato *.pdf) compatibile con **PC, Macintosh, Smartphone, Tablet, eReader**.

Per l'acquisto di eBook e software sono previsti pagamenti con c/c postale, bonifico bancario, carta di credito e paypal.

Per i pagamenti con carta di credito e paypal è consentito il download immediato del prodotto acquistato.

Per maggiori informazioni inquadra con uno smartphone o un tablet il codice QR sottostante.



I lettori di codice QR sono disponibili gratuitamente su Play Store, App Store e Market Place.

© **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

Finito di stampare nel mese di ottobre 2016

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

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.

SOMMARIO

▾	PREFAZIONE	p.	1
1.	I CORPI TERMICI	"	3
1.1.	Radiatori.....	"	3
1.2.	Il collegamento monotubo	"	5
1.3.	Ventilconvettori.....	"	5
1.4.	Le perdite di carico	"	6
1.5.	L'inerzia termica dei corpi radianti.....	"	7
1.6.	Le caldaie.....	"	8
1.6.1.	Le caldaie a condensazione.....	"	9
1.6.2.	Le caldaie a premiscelazione	"	10
1.6.3.	Caldaie a temperatura scorrevole.....	"	10
2.	LE PERDITE DI CARICO	"	11
2.1.	L'equazione di Darcy-Weisbach per le perdite distribuite.....	"	11
2.2.	La viscosità	"	12
2.3.	Il moto laminare.....	"	13
2.4.	Il moto turbolento	"	14
2.5.	Transizione moto laminare-moto turbolento	"	15
2.6.	Legame fra perdita e portata	"	16
2.7.	L'influenza della temperatura	"	17
2.8.	Influenza del diametro	"	18
2.9.	Il diametro ottimale.....	"	19
2.10.	Influenza della rugosità.....	"	20
2.11.	Le perdite concentrate.....	"	21
2.12.	Applicazioni con il calcolo elettronico	"	21
2.13.	Il software per il calcolo delle perdite di carico di tubazioni.....	"	22
2.14.	I canali a pelo libero.....	"	24
2.15.	Il calcolo dei canali a pelo libero	"	26
3.	LE POMPE CENTRIFUGHE	"	28
3.1.	Il punto di lavoro delle pompe centrifughe.....	"	28
3.1.1.	Collegamento parallelo	"	29
3.1.2.	Collegamento in serie.....	"	29
3.1.3.	Un esempio	"	30

3.2.	La variazione del punto di lavoro	p.	31
3.3.	Verifica del NPSH	"	32
3.3.1.	Esempio pratico.....	"	34
3.4.	Pompaggio di fluidi viscosi.....	"	34
3.4.1.	Esempio pratico.....	"	35
3.5.	La curva caratteristica Q-H delle pompe centrifughe al variare del numero di giri.....	"	37
3.5.1.	Applicazioni con l'INVERTER	"	38
3.5.2.	Regolazione di livello per pompe centrifughe con inverter	"	40
3.5.3.	Regolazione di zone a salto termico costante	"	41
3.5.4.	La regolazione.....	"	43
3.6.	Impostazione con foglio elettronico	"	44
4.	LE RETI IDRAULICHE	"	45
4.1.	Generalità sulle reti	"	45
4.2.	La determinazione delle portate delle utenze	"	47
4.2.1.	Il calcolo delle portate nominali.....	"	47
4.2.2.	Il calcolo delle portate reali.....	"	47
4.2.3.	La contemporaneità delle portate.....	"	48
4.2.4.	Reti ad albero	"	48
4.3.	La rete a semplice anello	"	50
4.4.	Reti a doppio anello	"	51
4.5.	Rete generica aperta.....	"	51
4.6.	Le reti chiuse.....	"	52
4.7.	Corpi termici in serie	"	53
4.8.	Reti chiuse trattate come aperte e aperte trattate come chiuse	"	54
5.	IDRAULICA DELLE RETI	"	55
5.1.	La resistenza idraulica	"	55
5.2.	L'ottimizzazione del costo della rete	"	57
5.3.	Parallelo idraulico	"	58
5.4.	Il bilanciamento	"	60
5.4.1.	Bilanciamento assoluto	"	63
5.4.2.	Il bilanciamento tramite la variazione dei diametri	"	63
5.4.3.	Il bilanciamento delle reti ad anello.....	"	64
6.	LE RETI IDROSANITARIE E LE VALVOLE DI REGOLAZIONE	"	67
6.1.	Calcolo degli impianti idrosanitari	"	67
6.1.1.	Esempio applicativo.....	"	68
6.1.2.	Fase di carica con rete inattiva.....	"	69
6.1.3.	Fase di carica con rete attiva	"	70
6.1.4.	Fase di scarica	"	71
6.2.	Le valvole di regolazione.....	"	72

6.2.1.	Generalità.....	p.	72
6.2.2.	La caratteristica delle valvole di regolazione.....	"	73
6.2.3.	Dimensionamento delle valvole di regolazione.....	"	75
6.2.4.	Un circuito con valvola a 2 vie.....	"	76
6.2.5.	Le valvole a tre vie negli impianti termici.....	"	77
6.2.6.	Dimensionamento della valvola a tre vie.....	"	78
6.2.7.	Analisi delle valvole a 3 vie.....	"	79
6.2.8.	La cavitazione nelle valvole a tre vie.....	"	84
6.2.9.	Esempio di applicazione valvole a tre vie miscelatrici.....	"	87
6.3.2.	I parametri di una valvola termostatica.....	"	89
6.3.3.	L'uso delle valvole termostatiche.....	"	91
6.3.4.	La norma UNI EN 215.....	"	92
6.3.5.	Influenza della portata nei corpi termici.....	"	93
6.3.6.	L'inerzia termica della valvola termostatica.....	"	97
7.	LE RETI APERTE.....	"	99
7.1.	Rete aperta generica.....	"	99
7.2.	Una rete con fluido viscoso.....	"	101
7.3.	Rete verticale.....	"	103
7.4.	Rete ad anello con irrigatori.....	"	105
7.5.	Le reti ad utilizzo non contemporaneo.....	"	106
7.6.	Gli acquedotti.....	"	108
7.6.1.	Le sorgenti di captazione.....	"	108
7.6.2.	La potabilizzazione delle acque.....	"	110
7.6.3.	I materiali delle tubazioni delle condotte.....	"	112
7.6.4.	L'adduzione.....	"	114
7.6.5.	I serbatoi.....	"	117
7.6.6.	Il telecontrollo.....	"	119
7.7.	Una rete per acquedotto.....	"	120
7.8.	Reti acquedottistiche con distribuzione uniforme di portata.....	"	122
8.	LA RETE CON COLLETTORE COMPLANARE.....	"	125
8.1.	Esempio.....	"	125
8.2.	La curva caratteristica del circuito.....	"	129
8.3.	L'intercettazione di un ramo.....	"	129
8.4.	L'emissione termica in funzione della temperatura di mandata.....	"	130
8.5.	Il calcolo del vaso d'espansione chiuso.....	"	130
8.6.	Le pressioni nella rete.....	"	132
8.7.	La rete con valvole termostatiche.....	"	133
9.	LE RETI CHIUSE.....	"	134
9.1.	La rete con collegamento monotubo.....	"	134
9.2.	La circolazione naturale.....	"	136
9.3.	La rete con ventilconvettori.....	"	138

9.4.	La rete a due tubi	p.	140
9.5.	Impianto a zone.....	"	141
9.6.	Rete equivalente.....	"	142
10.	L'ANALISI DELLE RETI	"	144
10.1.	La rete a due tubi: confronto fra l'impiego come corpi termici dei radiatori e ventilconvettori.....	"	144
10.2.	La rete a ritorno inverso.....	"	146
10.3.	La rete con ventilconvettori caso estivo	"	147
10.4.	Rete con pompa di ricircolo.....	"	148
10.5.	La rete con pompe di zona e pompa di caldaia.....	"	149
10.6.	Rete con pompa di caldaia, pompe di zona e valvole miscelatrici.....	"	152
10.7.	Lo schema ad iniezione.....	"	154
10.8.	Le reti idrauliche e il CAD	"	156
11.	INSTALLAZIONE DEL SOFTWARE INCLUSO	"	159
11.1.	Note sul software incluso.....	"	159
11.2.	Requisiti hardware e software.....	"	159
11.3.	Download del software e richiesta della password di attivazione	"	160
11.4.	Installazione ed attivazione del software	"	160
12.	IL SOFTWARE "TUTTELERETI"	"	163
12.1.	Tipologie di calcolo	"	163
12.1.1.	Reti gas bassa e media pressione	"	163
12.1.2.	Media pressione	"	164
12.1.3.	Rete idrosanitaria	"	164
12.1.4.	Il calcolo secondo le nuove Norme UNI 806.....	"	165
12.1.5.	Rete con radiatori	"	166
12.1.6.	Rete con fancoil riscaldamento	"	166
12.1.7.	Rete con utenze generiche.....	"	166
12.1.8.	Rete con idranti	"	166
12.1.9.	Rete fognaria	"	167
12.1.10.	Rete con pannelli radianti	"	169
12.2.	Le geometrie calcolabili.....	"	169
12.2.1.	Monotubo (radiatori).....	"	170
12.3.	Come inserire una rete chiusa.....	"	171
12.4.	Formule per il calcolo delle perdite di carico	"	172
13.	L'AMBIENTE DI LAVORO	"	173
13.1.	Il menu File.....	"	173
13.2.	Il menu Viste.....	"	174
13.3.	Il menu Archivi	"	175
13.4.	Il menu Help	"	175

13.5.	Il menu Componenti	p.	175
13.6.	Il menu Ambiente.....	"	175
13.7.	Gli esempi (videata principale del programma)	"	177
13.8.	Elenco progetti su disco (videata principale del programma)	"	178
14.	LA PRODUZIONE DI UN NUOVO PROGETTO	"	179
14.1.	Come iniziare	"	179
14.1.1.	Comandi comuni della finestra Dati generali.....	"	179
14.1.2.	Rete gas.....	"	179
14.1.3.	Rete idrosanitaria	"	180
14.1.4.	Rete idrosanitaria secondo norme uni 806	"	180
14.1.5.	Rete con radiatori	"	180
14.1.6.	Rete con fancoil	"	182
14.1.7.	Rete generica.....	"	182
14.1.8.	Rete antincendio con idranti	"	183
14.1.9.	Rete fognaria.....	"	183
14.1.10.	Rete con pannelli radianti	"	184
14.2.	L'ambiente grafico di immissione dei dati.....	"	184
14.3.	Comandi specifici rete gas	"	192
14.4.	Comandi specifici rete idrosanitaria	"	192
14.5.	Comandi specifici rete con radiatori	"	193
14.6.	Comandi specifici rete con fancoil.....	"	196
14.7.	Comandi specifici rete generica.....	"	196
14.8.	Comandi specifici rete con idranti antincendio.....	"	197
14.9.	Comandi specifici rete con pannelli radianti.....	"	198
14.10.	Comandi specifici reti fognarie.....	"	198
14.11.	Il calcolo di una rete gas (bassa e media pressione) in 5 passi	"	198
15.	L'IMMISSIONE DEI NUOVI COMPONENTI	"	200
15.1.	Le serie delle tubazioni	"	200
15.2.	I fluidi.....	"	202
15.3.	Le discontinuità.....	"	203
15.3.1.	Reti con idranti.....	"	205
15.4.	Le valvole	"	206
15.5.	I detentori	"	207
15.6.	I radiatori.....	"	208
15.7.	Archivi pompe	"	209
15.8.	Gli idranti	"	211
15.9.	Fancoil riscaldamento	"	211
15.10.	Tabelle norme UNI 806	"	212
16.	GLI ESEMPI	"	213
16.1.	Rete gas bassa pressione.....	"	213
16.2.	Rete gas in media pressione.....	"	217

16.3.	Rete idrosanitaria	p.	219
16.4.	Radiatori.....	"	221
16.4.1.	Radiatori con bilanciamento	"	225
16.5.	Radiatori monotubo	"	227
16.6.	Fancoil riscaldamento	"	229
16.7.	Rete con radiatori a ritorno inverso	"	231
16.8.	Rete generica a ritorno inverso	"	232
16.9.	Rete generica ad anello	"	234
16.10.	Rete generica magliata.....	"	236
16.11.	Rete con idranti.....	"	240
16.12.	Esempio di rete con vari comandi.....	"	242
16.13.	Rete fognaria.....	"	245
16.14.	Rete con pannelli radianti	"	247
16.15.	Rete generica con quote variabili.....	"	248
16.16.	Altri schemi	"	250
16.17.	Regole da seguire nel progetto.....	"	252
17.	ESEMPI AVANZATI	"	255
17.1.	La rete con pompa a giri variabili.....	"	255
17.2.	Il comando prog=.....	"	256
17.3.	Il comando zone.....	"	257
17.4.	Il comando CONF.....	"	258
↘	BIBLIOGRAFIA	"	260

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 **terza edizione** aggiunge ulteriori contenuti alle precedenti, come approfondimenti sulle valvole termostatiche, sulle pompe a velocità variabile, sulle reti acquedottistiche. Il software comprende anche esso nuove modalità di calcolo, come le pompe a velocità variabile, il calcolo a zone, il confronto fra più zone. Nuovi comandi dell'ambiente grafico permettono l'integrazione/sostituzione di quelli relativi ai dati generali.

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:

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

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:

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

Prospetto 1.1.

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

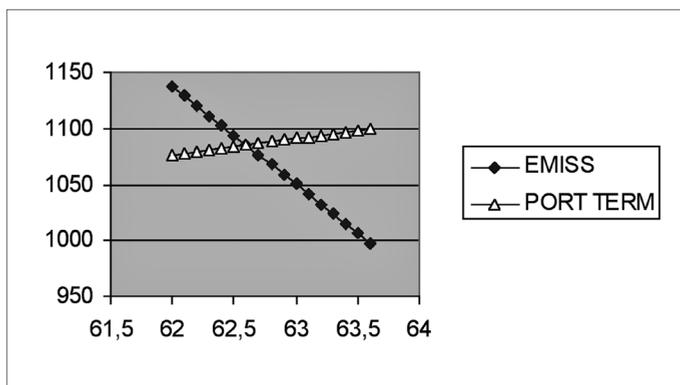


Figura 1.1.

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 pari a Y_c dovuta alla resistenza di attrito che incontra il fluido nel suo movimento.

Questo abbassamento di pressione viene chiamato *perdita di carico*. 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;
- λ = fattore di attrito [numero puro];
- v = velocità [m/sec];
- L = lunghezza tubazione [m];
- D = diametro interno tubo [m];
- g = accelerazione di gravità [m/sec²].

E passando da Y_c (metri di colonna di fluido) alla caduta di pressione ΔP :

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

- ρ = massa volumica del fluido [Kg/m³].

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

$$R = V D \rho / \mu \quad [3]$$

- μ = viscosità dinamica [N · sec/m²] oppure [Pa · sec].

Se introduciamo la viscosità cinematica ν c'è la relazione:

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

- ν = viscosità cinematica [m²/sec].

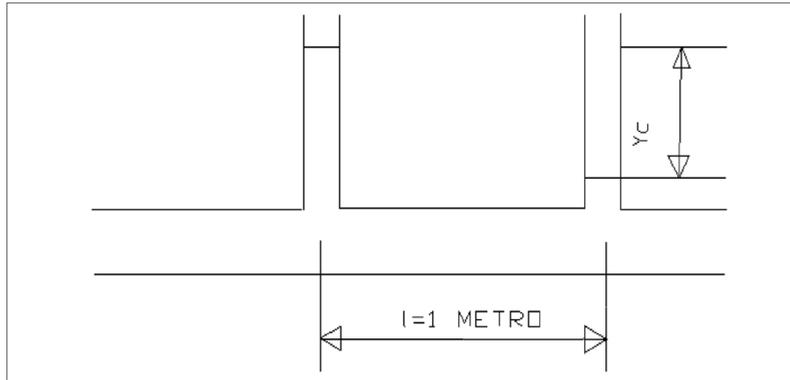


Figura 2.1.

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} m²/sec. Unità di misura pratica è il grado *Engler*. Tra gradi Engler e centistokes c'è la relazione:

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

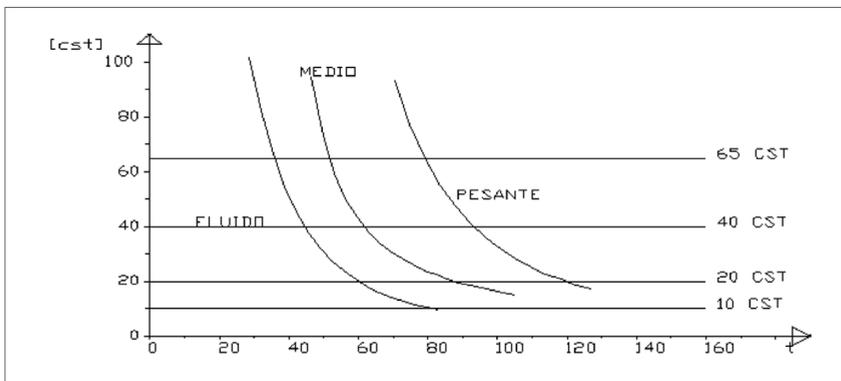


Figura 2.2.

Nella figura 2.2 è rappresentata la viscosità cinematica di oli combustibili rispettivamente fluido, medio, pesante, al variare della temperatura. Si noti il campo di funzionamento dei bruciatori:

- 10-20 cst bruciatori ad atomizzazione meccanica;
- 20-40 cst bruciatori civili;

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;
- γ = peso specifico del fluido.

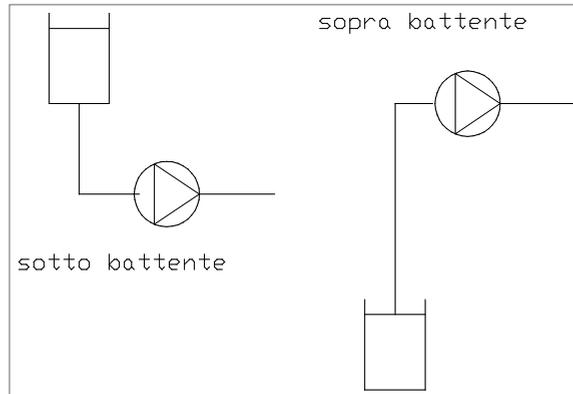


Figura 3.1.

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.

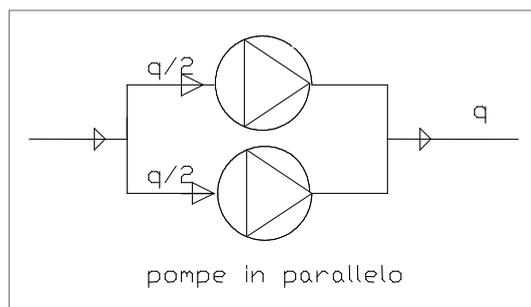


Figura 3.2. a)

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).

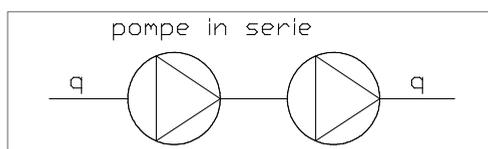


Figura 3.2. b)

LE RETI IDRAULICHE

4.1. Generalità sulle reti

Una *rete idraulica* è un insieme di tubazioni mutuamente collegate fra loro. Lo scopo più generico di una rete idraulica è quello di addurre un fluido da uno o più punti (che localizzano l'alimentazione) a delle utenze, in corrispondenza dei punti dove il fluido viene reso disponibile. Le portate di fluido sono correlate agli scopi termotecnici per cui la rete è progettata e quindi assegnate alle utenze in sede di progettazione della rete. Possiamo classificare le reti in due categorie:

- le reti idrauliche aperte;
- le reti idrauliche chiuse.

In una *rete idraulica aperta* (figura 4.1.) la circolazione del fluido avviene dall'alimentazione alla o alle utenze, che sono localizzate in corrispondenza dei nodi terminali della rete. In una rete aperta il trasporto di fluido alle utenze può essere semplicemente associato al trasporto di massa, come nelle reti idrico-sanitarie o nelle reti gas. Oppure al trasporto di massa può corrispondere un trasporto di energia termica, come nelle reti aeruliche per il condizionamento dell'aria.

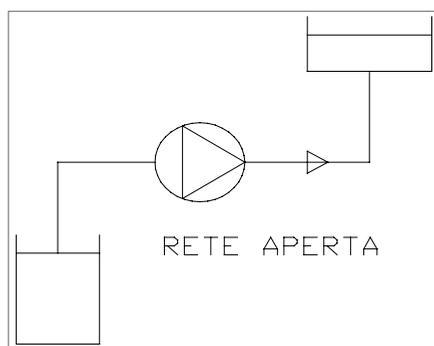
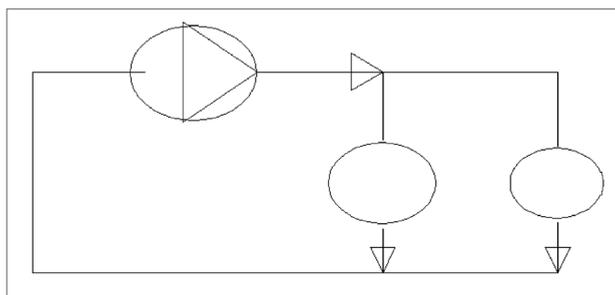


Figura 4.1.

In una *rete idraulica chiusa* (figura 4.2.) il fluido ricircola, senza uscire dalle tubazioni, dalla alimentazione alle utenze, che sono localizzate in corrispondenza dei rami, e viceversa.

Il fluido circolante è pertanto sempre lo stesso. Lo scopo termotecnico di una rete chiusa è quello dell'apporto, tramite il fluido, di energia termica a scambiatori di calore, che rappresentano in questo caso le utenze. Il fluido pertanto giunge ad una *temperatura di mandata* agli scambiatori, dove subisce un *salto termico*, positivo o negativo, a seconda che si tratti di corpi termici scaldanti o refrigeranti e alla *temperatura di ritorno* giunge nuovamente alla centrale termica o frigorifera.

**Figura 4.2.**

Nel seguito si adotta la seguente terminologia:

- *nodo*: punto rappresentante l'inizio o la fine di un ramo. I nodi possono essere nodi terminali quando essi non sono punto di collegamento ad altri rami oppure interni se lo sono;
- *ramo*: tratto di tubazione contrassegnato da un nodo iniziale e da un nodo finale che caratterizzano il verso del flusso di fluido;
- *ramo primario*: il ramo terminale dal quale fuoriesce il fluido in un circuito aperto o nel quale è inserito uno scambiatore di calore in un circuito chiuso;
- *ramo secondario*: tutti gli altri;
- *alimentazione*: punto dal quale il fluido affluisce nella rete;
- *utenza*: rappresenta genericamente la richiesta di portata; l'utenza è associata ai rami primari nei circuiti chiusi oppure ai nodi terminali nei circuiti aperti;
- *percorso idraulico*: un sottoinsieme di rami della rete, aventi tutti lo stesso verso del flusso, che:
 - in un circuito chiuso partono dal ramo della pompa fino ad arrivare alle utenze e viceversa (e quindi costituiscono ancora un circuito chiuso);
 - in un circuito aperto collegano la o le alimentazioni ai rami terminali.

Si ha:

- NN = numero di nodi;
- NNI = numero nodi interni;
- NR = numero dei rami;
- NP = numero percorsi.

Si ha:

- in un circuito chiuso: $NP = NR - NN + 1$ [1];
- in un circuito aperto: $NP = NR - NNI$ [2].

Il problema centrale delle reti è nella determinazione delle portate dei rami. Lo sviluppo del calcolo procede secondo i seguenti passaggi logici fondamentali:

- la determinazione delle portate delle utenze;
- il calcolo delle portate nominali;
- il calcolo delle portate reali.

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, etc.) e dal tipo di fluido.

Nel caso di moto di tipo laminare (Numero di Reynolds ≤ 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.

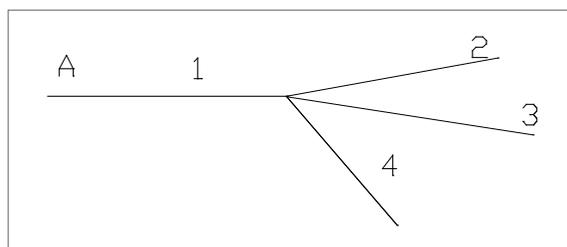


Figura 5.1.

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. 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:

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

In tal caso varrebbe:

$$Q_1 / Q_2 \text{ circa uguale a } \sqrt{L_2 / L_1}$$

Dal punto di vista numerico in questo secondo caso si può notare che nel ramo 4 con $L = 30$ metri si ha una portata % del 24,2 contro il 45,3 del ramo 2, con $L = 10$ metri. Il ramo 2 con lunghezza 3 volte minore del ramo 4 non ha una portata 3 volte maggiore ma meno del doppio.

Supponiamo ora, sempre facendo riferimento alla stessa rete, che:

- le lunghezze dei rami 2, 3, 4 siano uguali e pari a $L = 20$ metri;
- i diametri siano diversi, come specificati;
- il calcolo sia fatto per fluido acqua e quindi il moto risultante sia turbolento.

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:

$$P_{min} = H + \text{perdite} + P_{ut} \quad [1]$$

dove:

- H = dislivello fra il punto più in alto del circuito e la mandata della pompa;
- Perdite = perdite di carico del circuito più sfavorito;
- P_{ut} = pressione immediatamente a monte del rubinetto per garantire la portata richiesta (circa 5 m H_2O).

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 m H_2O ;
- $H1$ = 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 espressione (con alimentatore d’aria):

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

dove:

- V = volume dell'autoclave [litri];
- Q_{max} = portata d'acqua contemporanea [l/min];
- p_{ins} = pressione di inserimento pompa [m H₂O];
- p_{arr} = pressione arresto pompa [m H₂O];
- Z = numero inserzioni orarie della pompa.

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

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

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*.

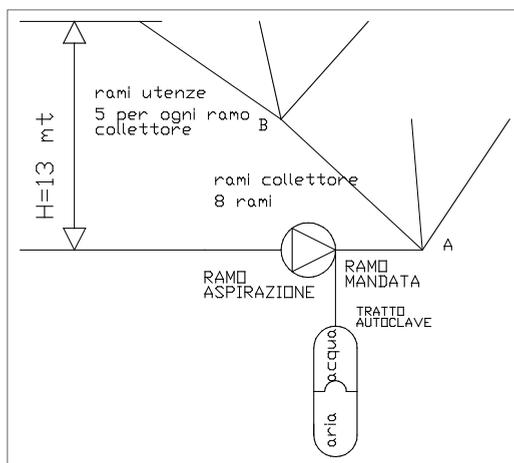


Figura 6.1.

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 pompa, e supponiamo abbia perdite di carico trascurabili. Nel prospetto 6.1 riportiamo in dettaglio le grandezze caratteristiche della rete.

Prospetto 6.1.

Ramo	Aspirazione	Mandata	Collettore	Utenza
Unità di carico	80	80	10	2
Portata [m ³ /h]	9,54	9,54	1,8	0,6
Lunghezza [m]	5	15	10	8
Diametro	2"	2"	1"	3/4"

[segue]

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.:

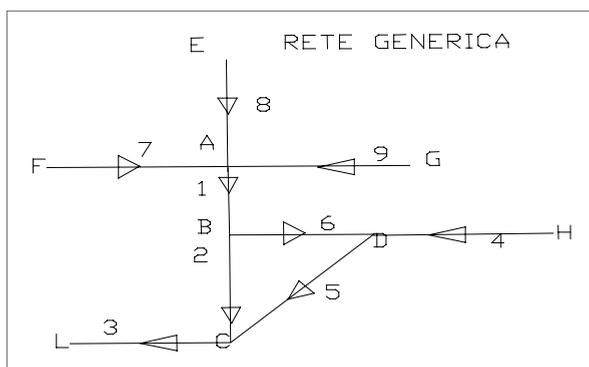


Figura 7.1.

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 ³ /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 [m ³ /h]	Tubazione	H_n [m H ₂ O]	Q_r [m ³ /h]	H_r [m H ₂ 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:

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

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;
- γ = peso specifico fluido (acqua) = 9810 N/m³;
- $h_{pompa} = 0$ (nessuna pompa nel percorso considerato);
- $QGP2$ = somma della quota geometrica $Z2$ del nodo finale = 4 metri e del rapporto $P2 / \gamma = 0$;
- $h_{percorso}$ = 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: $6 - 0.468 - 0.503 - 0.444 + 0.231 - 4 = 0.070$.

Si noti che la perdita del ramo 4 comporta nell'equazione un segno positivo. L'errore residuo è dovuto anche in questo caso al procedimento per approssimazioni successive. Inoltre deve essere verificata la congruenza delle portate, ad esempio al nodo A deve essere:

$$q_7 + q_8 + q_9 = q_1$$

- numericamente: $3,214 + 3,184 + 3,204 = 9,602$ q_1 è 9,603.

Si fa notare che se si assumesse una perdita di carico ammissibile diversa si avrebbero diversi diametri e quindi diverse velocità e portate.

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.

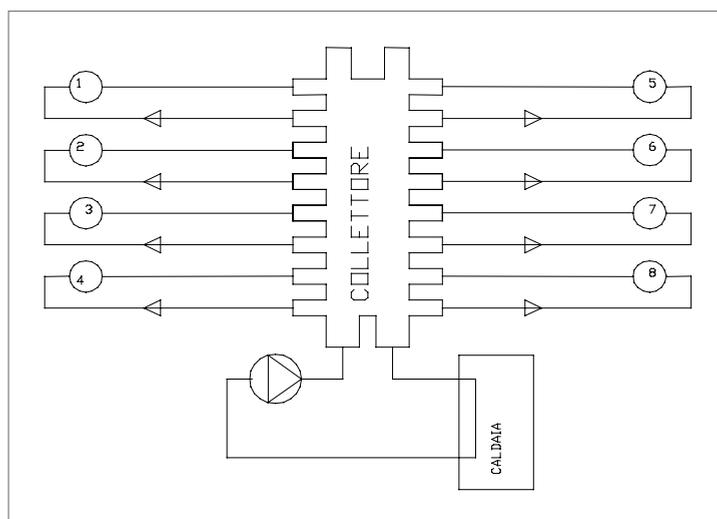


Figura 8.1.

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.

Riepilogo corpi radianti (t ambiente = 20 °C – salto termico nominale = 10 °C)						
<i>Ramo</i>	<i>Q</i>	<i>FT</i>	<i>N</i>	<i>T man</i>	<i>T usc</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;
- Tman = temperatura di mandata [°C];
- Tusc = 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.

ESAME DELLA RETE ...
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. 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.

<i>Ramo</i>	Q_n [Kg/h]	<i>Detentore</i>	H_{dif} [m H ₂ O]	<i>Posiz</i>	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. 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:

$$1,163 \text{ GDE } (T_i - T_u) = N E_{60} [(T_M - T_A) / 60]^{1,3}$$

dove:

- T_i = temperatura di ingresso al corpo termico;
- T_u = temperatura di uscita;
- T_m = temperatura media;
- T_A = temperatura ambiente;
- E_{60} = 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.

Nel caso del corpo termico del ramo 4 è:

- $E_{60} = 89,74$ watt;
- $N = 27$;
- $GDE = 0,5 \times 803 = 401,5$ Kg/h.

Il termine fra parentesi, fattore di correzione f dell'emissione = 0,961.

Prospetto 9.2.

Calcolo nominale							
Ramo	Q_n [m ³ /h]	Tubo	L [m]	H_t [m H ₂ 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

Si noti l'aumento di diametro conseguente la maggiore portata (rispetto alla soluzione a collettore). I valori nominali di portata e prevalenza sono:

- prevalenza nominale [m H₂O]: 3.252;
- portata nominale [m³/h]: 1.796.

La soluzione della rete consegue il punto reale di lavoro della pompa che risulta:

- $H = 3.199$ m;
- $Q = 1.781$ m³/h.

Analogamente nel prospetto 9.3 sono riportate le emissioni e le portate dei corpi termici.

Prospetto 9.3.

Prog	Ramo	Q [Kg/h]	N_{el}	T_{man} [°C]	T_{rit} [°C]	Emiss watt
1	1	796	8	85.0	83.3	783
2	2	796	13	83.3	80.7	1217
3	3	796	27	80.7	75.6	2327
4	4	688	16	85	81.2	1533
5	5	688	10	81.2	78.9	898
6	6	688	16	78.9	75.5	1350
7	7	297	8	85.0	80.6	762
8	8	297	11	80.6	75.1	942

Emissione totale: 9.812 watt.

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.

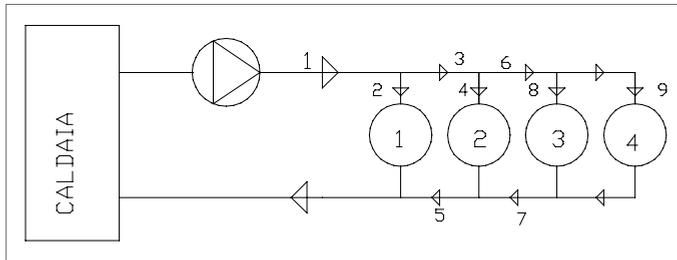


Figura 10.1.

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.

<i>Ramo</i>	<i>Portata [Kg/h]</i>	<i>Hdif [m H₂O]</i>	<i>Posiz</i>
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 [m ³ /h]	<i>Tubo</i>	L [m]	H_t [m H ₂ 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

q_2, q_4, q_6, q_9 : portate [Kg/h] dei corpi termici inseriti nei corrispettivi rami

E_1, E_2, E_3, E_4 : emissione dei corpi termici corrispettivi [watt]

H_p, Q_p : prevalenza [m H₂O] e portata [m³/h] della pompa

INSTALLAZIONE DEL SOFTWARE INCLUSO

11.1. Note sul software incluso

TUTTELERETI¹ è un software di calcolo per il dimensionamento e l'analisi di una vasta tipologia di reti idrauliche fino a 120 rami. Il software effettua il calcolo nominale ed il calcolo reale, con metodo iterativo di Cross, permettendo la determinazione del punto di lavoro delle eventuali pompe inserite. È possibile il dimensionamento automatico di tutte le tubazioni in base a vari criteri (perdita o velocità) o l'assegnazione diretta della singola tubazione.

Tra le tipologie di reti figurano: reti gas, idrosanitarie, con radiatori, fancoil, con pannelli radianti, reti idrauliche generiche, reti fognarie. Si effettua, inoltre, il bilanciamento delle utenze, selezionando automaticamente la posizione e la taratura dei detentori. L'archivio dati comprende oltre 600 tubazioni integrabili dall'utente.

L'input dei dati avviene attraverso una finestra grafica che comprende sia la geometria della rete in forma unifilare, che i dati ad essa associati, secondo comandi che possono riguardare i singoli rami, parte di essi, l'intera rete. In alternativa il file grafico può essere prodotto con AutoCAD ed importato.

Tipologie di calcolo avanzato comprendono l'inserimento di serbatoi a livello variabile, il confronto fra reti, determinazione del numero di giri di pompe a velocità variabile. Fra le utilità di calcolo il dimensionamento delle valvole di regolazione per liquidi, gas, vapore, il calcolo di progetto e di verifica di singole tubazioni, il calcolo dei canali a pelo libero.

L'elaborazione produce i risultati in un tabulato in formato RTF o DOC, includendo anche gli schemi della rete e i dati di input o risultati ad esso associati. 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 del programma coprono tutte le tipologie in oggetto e permettono di apprezzare immediatamente le capacità di calcolo ed apprenderne l'uso in tempi rapidi.

Novità della **terza edizione del software** è il calcolo a zone, tramite i colori, in cui il calcolo tocca solo le parti specificate della rete. Vi è inoltre una integrazione di nuovi comandi.

Inoltre sono disponibili le seguenti utilità: **Glossario**, **F.A.Q.**, **Test iniziale** e **Test finale**.

11.2. 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 o vs. successive; 250 MB liberi sull'HDD; 2 GB di RAM; Risoluzione video 1280×720 e 1366×768; Accesso ad internet e browser web.

¹ Il software incluso è parte integrante della presente pubblicazione e resterà disponibile nel menu **G-cloud** dell'area personale del sito www.grafill.it.

11.3. Download del software e richiesta della password di attivazione

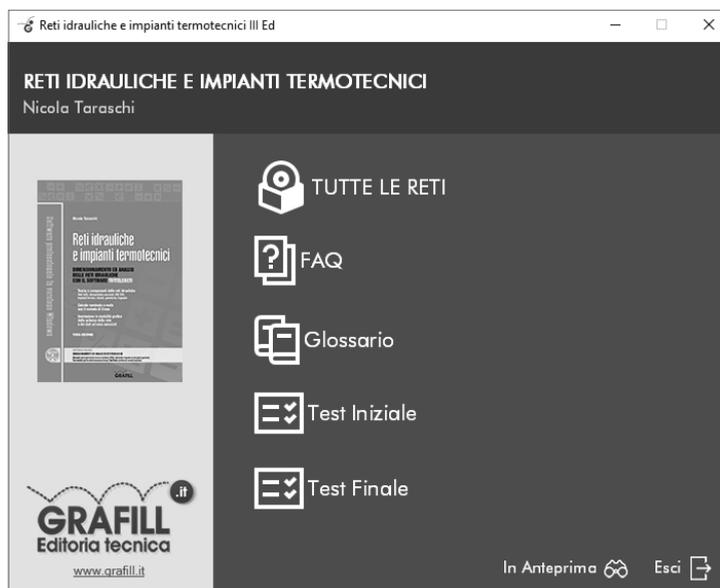
1) Collegarsi al seguente indirizzo internet:

http://www.grafill.it/pass/891_1.php

- 2) Inserire i codici “A” e “B” (vedi ultima pagina del volume) e cliccare [**Continua**].
- 3) **Per utenti registrati** su www.grafill.it: inserire i dati di accesso e cliccare [**Accedi**], accettare la licenza d’uso e cliccare [**Continua**].
- 4) **Per utenti non registrati** su www.grafill.it: cliccare su [**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, in tempo reale, all’indirizzo di posta elettronica inserito nel form di registrazione.

11.4. Installazione ed attivazione del software

- 1) Scaricare il setup del software (file *.exe) cliccando sul link ricevuto per e-mail.
- 2) Installare il software facendo doppio-click sul file **88-8207-892-8.exe**.
- 3) Avviare il software:
 - Per utenti **MS Windows Vista/7/8**:
[Start] > [Tutti i programmi] > [Grafill] > [Reti idrauliche e impianti termotecnici III Ed] (cartella) > [Reti idrauliche e impianti termotecnici III Ed] (icona di avvio)
 - Per utenti **MS Windows 10**:
[Start] > [Tutte le app] > [Grafill] > [Reti idrauliche e impianti termotecnici III Ed] (icona di avvio)
- 4) Verrà visualizzata la finestra principale del software:



IL SOFTWARE “TUTTELERETI”

12.1. Tipologie di calcolo

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

- 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^a specie Impianti con pressione di esercizio $P_e > 24$ bar;
- 2^a specie Impianti con pressione di esercizio $12 \text{ bar} < P_e < 24$ bar;
- 3^a specie Impianti con pressione di esercizio $5 \text{ bar} < P_e < 12$ bar;
- 4^a specie Impianti con pressione di esercizio $1,5 \text{ bar} < P_e < 5$ bar;
- 5^a specie Impianti con pressione di esercizio $0,5 \text{ bar} < P_e < 1,5$ bar;
- 6^a specie Impianti con pressione di esercizio $0,04 \text{ bar} < P_e < 0,5$ bar;
- 7^a specie Impianti con pressione di esercizio $P_e < 0,04$ 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 RENOARDT (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:

- ζ = coefficiente caratteristico della perdita concentrata.

Le lunghezze virtuali sono desunte dal prospetto seguente:

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.

12.1.3. Rete idrosanitaria

È il calcolo secondo le norme delle reti adducenti acqua fredda o calda per scopi sanitari negli edifici civili o uffici.

Le norme fissano non direttamente le portate ma le unità di carico delle utenze (la rubinetteria varia). La ripartizione delle unità di carico delle utenze fra i rami della rete determina per ogni ramo il valore relativo dell'unità di carico. Le curve di contemporaneità, a seconda del tipo di utilizzo, determinano poi la portata del ramo, secondo una corrispondenza non proporzionale. La rete è aperta ad albero.

L'AMBIENTE DI LAVORO

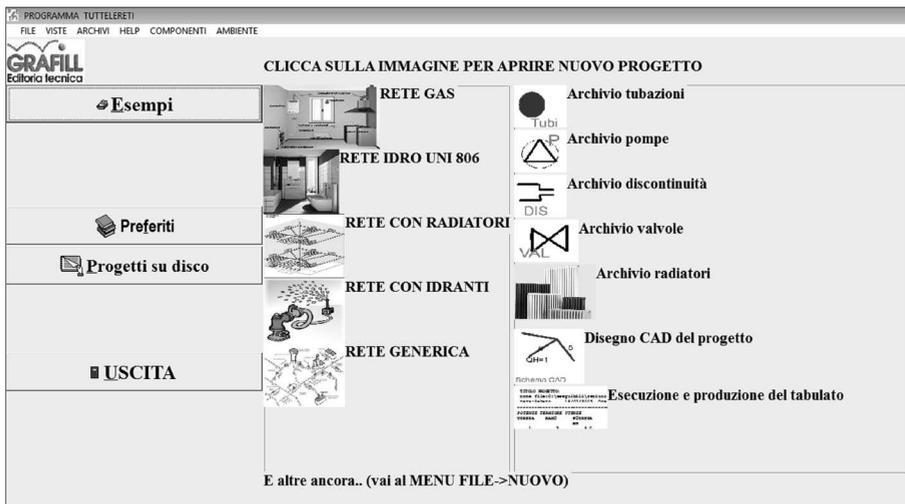


Figura 13.1. La videata del programma

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.

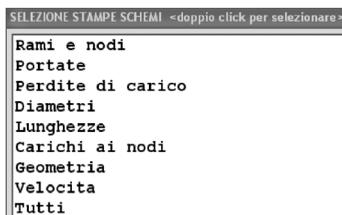


Figura 13.3. Selezione dello schema da stampare

✓ 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.

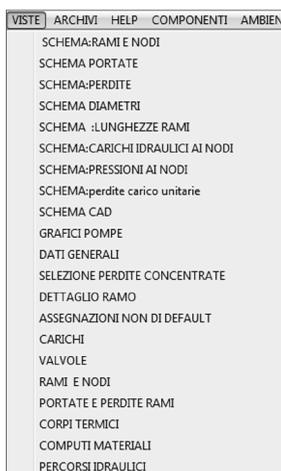


Figura 13.4. Il menu viste

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 IDROSANITARIA 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 IDROSANITARIA norme uni 806

Figura 14.1. Scelta del tipo di progetto

Viene successivamente visualizzata la maschera dei *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^a riga: cliccando con il mouse sulla prima riga, prima colonna, si seleziona la *serie dei tubi* per il calcolo di progetto dei rami;
- 2^a 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^a riga: *caduta di pressione ammessa* in Pa;
- 4^a 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^a riga: *diametro minimo del progetto*. Se il diametro risultante dal progetto è inferiore a questo valore viene assunto comunque come diametro questo valore immesso;

- 6^a 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

- 1^a riga: come nella maschera precedente;
- 2^a riga: *pressione di alimentazione* al nodo ingresso della rete (in metri di colonna d'acqua);
- 3^a riga: *pressione residua di default* ammessa alle utenze (in metri di colonna d'acqua);
- 4^a 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 CONTEMPORANEITA =	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

- 1^a riga: come nella maschera precedente;
- 2^a riga: *fluido*: la selezione è fra quelli (in archivio fluidi) contenenti la parola *acqua*);
- 3^a riga: *perdita di pressione ammessa* nel calcolo di progetto delle tubazioni (in pascal/m);
- 4^a riga: *temperatura di mandata* a tutti i corpi termici;
- 5^a riga: *salto termico ammesso* di default nei corpi termici (per il calcolo delle portate e solo per i radiatori);
- 6^a riga: *temperatura ambiente* di default. È possibile variare questo dato successivamente per ogni singolo corpo termico;

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 15.2-bis. 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

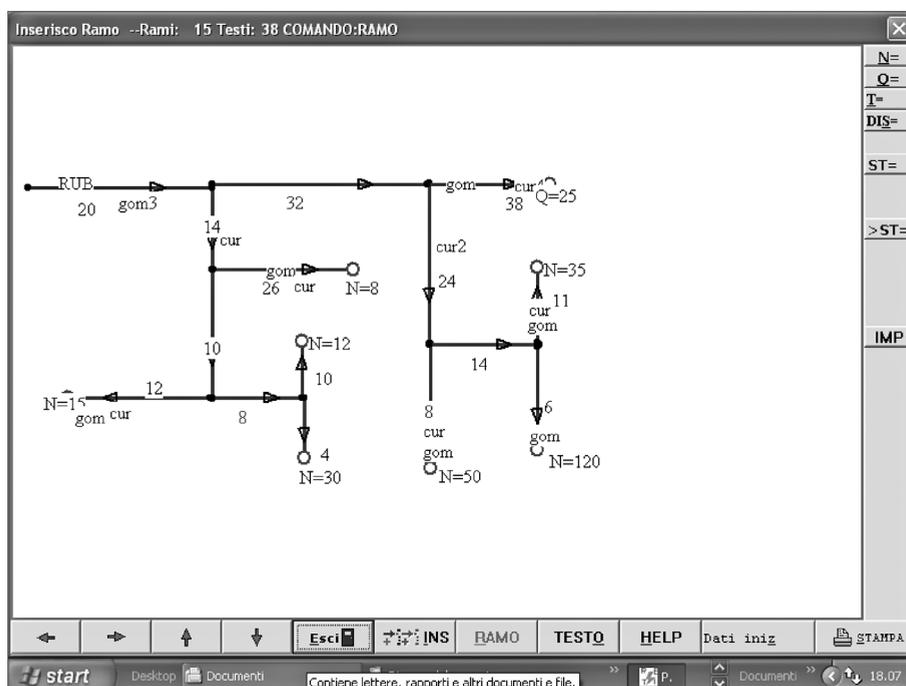


Figura 16.1. Il file grafico della rete gas bassa pressione

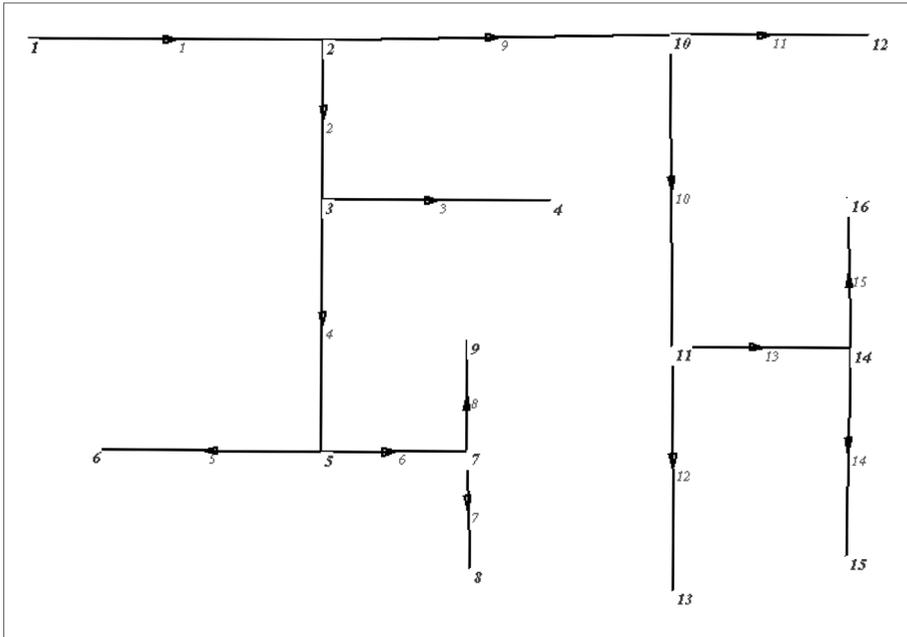


Figura 16.2. Lo schema della rete elaborato dal software: i rami (rosso) e i nodi (verde)

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.

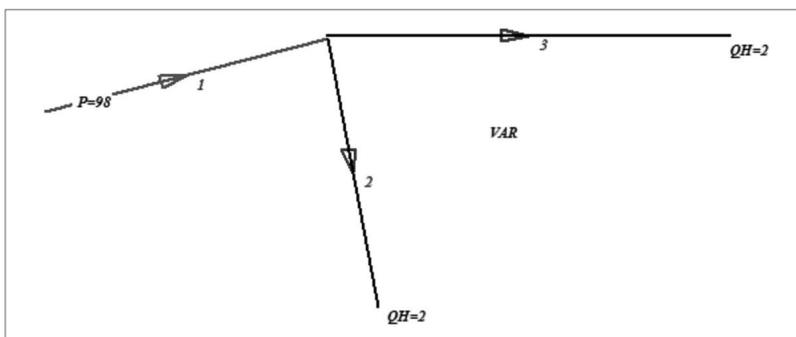


Figura 17.1. Rete con pompa a giri variabili

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 %							
PERDITE di carico rami ,calcolo nominale							
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:

PERDITE di carico rami ,calcolo reale							
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):

PERDITE di carico rami ,calcolo reale								
ramo	Q	tubazione	L	k	Ptot	vel		
	mc/h		m		mH2O	m/sec	utenza	
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 pompa								
Punto lavoro	Pompa	mirel	vel max	ramo:				
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 già fatto nel progetto nomefile.cad per gli stessi rami.

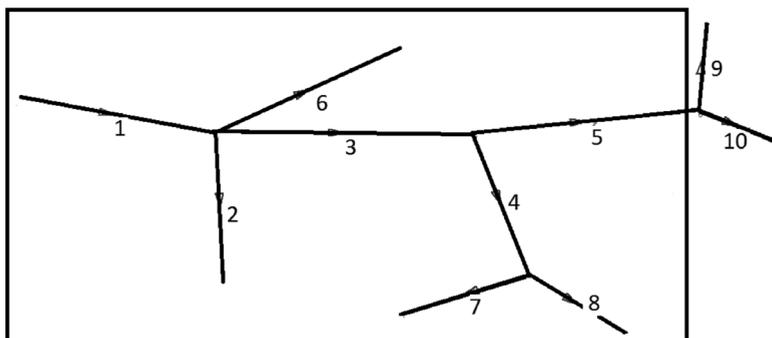


Figura 17.2. Il file prog_3.cad

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

PERDITE di carico rami ,calcolo reale								
ramo	Q	tubazione	L	k	Ptot	vel		
	mc/h		m		mH2O	m/sec	utenza	
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

