

AE-SW SOFTWARE



CALCOLO IMPIANTI TERMICI

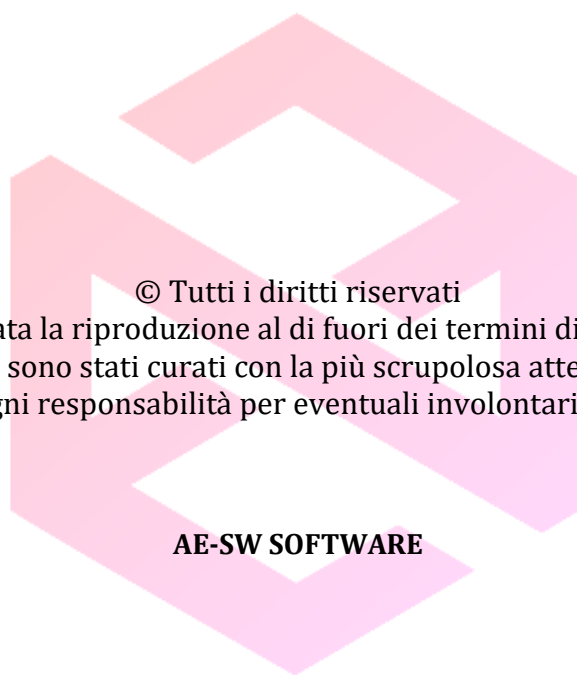
PROGRAMMA IN EXCEL PER IL CALCOLO E LA VERIFICA
DI IMPIANTI TERMICI CENTRALIZZATI E AUTONOMI

MANUALE D'USO

AE-SW SOFTWARE

MANUALE D'USO

PROGRAMMA IN EXCEL PER IL CALCOLO E LA VERIFICA DI IMPIANTI TERMICI



© Tutti i diritti riservati

Vietata la riproduzione al di fuori dei termini di legge

I testi sono stati curati con la più scrupolosa attenzione

L'autore declina ogni responsabilità per eventuali involontari errori o inesattezze

AE-SW SOFTWARE

AE-SW SOFTWARE

II^ Edizione - Finito di stampare nel mese di settembre 2024



AE-SW SOFTWARE

INDICE

CALCOLO IMPIANTI TERMICI

MANUALE D'USO

PREMESSA	pag. 1
PARTE A - IMPIANTI CENTRALIZZATI	
INTRODUZIONE	pag. 1
1.1 Inserimento Dati Generali	pag. 3
1.2 Inserimento Dati di Piano	pag. 6
1.3 Calcolo Tubazioni	pag. 7
1.3.1 Diramazioni Secondarie	pag. 7
1.3.2 Diramazioni Primarie	pag. 8
1.3.3 Colonna Montante	pag. 9
1.4 Calcolo Impianto di Sollevamento	pag. 12
PARTE B - IMPIANTI AUTONOMI	pag. 15
INTRODUZIONE	pag. 15
1.1 Inserimento Dati Generali	pag. 15
1.2 Inserimento Dati di Piano	pag. 15
1.3 Calcolo Tubazioni	pag. 17
1.3.1 Diramazioni Secondarie	pag. 17
1.3.2 Diramazioni Primarie	pag. 18
STAMPA DEI RISULTATI	pag. 20
ESEMPIO DI CALCOLO	pag. 23
PARTE C - BASI DI CALCOLO	pag. 39
BIBLIOGRAFIA	pag. 54



AE-SW SOFTWARE

MANUALE D'USO

DIMENSIONAMENTO IMPIANTI TERMICI CENTRALIZZATI E AUTONOMI

PREMESSA

Il programma consente il dimensionamento di impianti termici **centralizzati** e/o **autonomi** a radiatori a servizio di unità immobiliari appartenenti a edifici privati o pubblici. Nello specifico **consente il dimensionamento di impianti nuovi, la verifica di impianti esistenti, l'integrazione e la successiva verifica di impianti esistenti.**

Sebbene il programma faccia riferimento a un edificio di 10 piani, il medesimo consente il calcolo di impianti centralizzati e autonomi di unità immobiliari appartenenti a edifici di qualunque altezza. Il programma, infatti, identifica l'ubicazione delle unità immobiliari unicamente in funzione della quota di piano per cui, ai fini del dimensionamento di un impianto centralizzato costituito da un gruppo di piani ubicati oltre il decimo livello, basta inserire detti piani in una parte qualunque dello schema di edificio rappresentato nella sezione "Dati Generali", l'uno di seguito all'altro in altezza, e inserire, inoltre, le rispettive quote. Medesima procedura si adotta per calcolare un impianto autonomo di un piano ubicato oltre il decimo piano di un edificio di maggiore consistenza.

In riferimento al numero massimo di unità immobiliari servibili per piano, il programma riporta, per ciascun piano, il numero di 6 unità immobiliari. Tuttavia anche questo non costituisce un limite reale del programma. Il numero di unità immobiliari può essere maggiore; basta inserire la stessa quota di piano per due o più piani, posizionandoli l'uno di seguito all'altro nello schema di edificio rappresentato nella sezione "Dati Generali". Così facendo, il programma considera tutte le utenze dei predetti piani come facenti parte di un unico piano.

PARTE A - IMPIANTI CENTRALIZZATI

INTRODUZIONE

In generale se si volesse progettare un unico impianto centralizzato a servizio di tutti i piani di un edificio multipiano, sarebbe necessario, per poter consentire all'acqua il raggiungimento del corpo scaldante più sfavorito, dotare l'impianto di un gruppo di sollevamento posto alla base della montante collettiva. Tale impianto di sollevamento garantirebbe il raggiungimento del terminale più sfavorito secondo la portata e la

pressione di progetto. Tuttavia la prevalenza del gruppo di sollevamento installato determinerebbe, di contro, nei piani sottostanti, l'insorgenza di sovrappressioni. Il valore della sovrappressione in

riferimento a un generico piano posto al di sotto del piano più sfavorito, è di entità pari alla differenza tra la prevalenza dell'impianto di sollevamento installato e la prevalenza che sarebbe stata necessaria per ottenere, nel citato piano posto più in basso, un regolare flusso d'acqua nei terminali.

Le entità delle suddette sovrappressioni riguarderebbero tutti i piani dell'edificio diversi dal piano più sfavorito e, nel caso in cui questo coincidesse col piano più in alto, sarebbero di valore crescente man mano che si procede dai piani alti verso i piani più bassi dell'edificio.

Per i piani più bassi, potrebbe accadere che la pressione presente nell'acquedotto comunale sia da sé sufficiente a far giungere l'acqua riscaldata dalla caldaia, ai corpi scaldanti. Pertanto assoggettare tali piani più bassi a un impianto centralizzato con sollevamento meccanico sarebbe, oltre che superfluo, economicamente dispendioso e svantaggioso in termini di sovrappressioni indotte.

Da quanto sopra evidenziato emerge, dunque, l'esigenza, per gli edifici di notevole altezza per i quali si voglia installare un impianto con caldaia centralizzata e spinta dal basso, suddividere l'impianto centralizzato in più impianti centralizzati parziali ciascuno alimentante un blocco-piani diversamente ubicato in altezza. Il tutto, al fine di differenziare l'impianto termico e ottenere le migliori condizioni di funzionamento dello stesso.

Pertanto il numero di piani totali dell'edificio è opportuno che sia suddiviso in blocchi-piano costituiti ciascuno da massimo 3-4 piani (ciò per evitare eccessive sovrappressioni di piano e la conseguente installazione di importanti riduttori di pressione di piano), ubicati nella parte alta dell'edificio; in blocchi-piani intermedi e in blocchi-piani situati nella parte bassa dell'edificio e progettare per detti blocchi, separati impianti termici centralizzati attraverso separati utilizzi del programma.

Infatti, il software consente, coerentemente a quanto sopra evidenziato, di poter progettare gli impianti centralizzati di un intero edificio multipiano. La progettazione dei suddetti impianti non avviene simultaneamente ma separatamente per singoli blocchi-piano, attraverso successive e separate applicazioni del programma. Progettare un unico impianto centralizzato per tutti e dieci i piani sarebbe non idoneo dal punto di vista fisico ed economico. In ogni caso il programma consente anche il calcolo di impianti centralizzati a servizio di tutti i piani dell'edificio.

Nonostante lo schema del software si riferisca a un edificio costituito da 10 piani, la procedura di progettazione per singoli blocchi consente al progettista di poter effettuare il calcolo di impianti centralizzati

di edifici aventi un numero qualsiasi di piani.

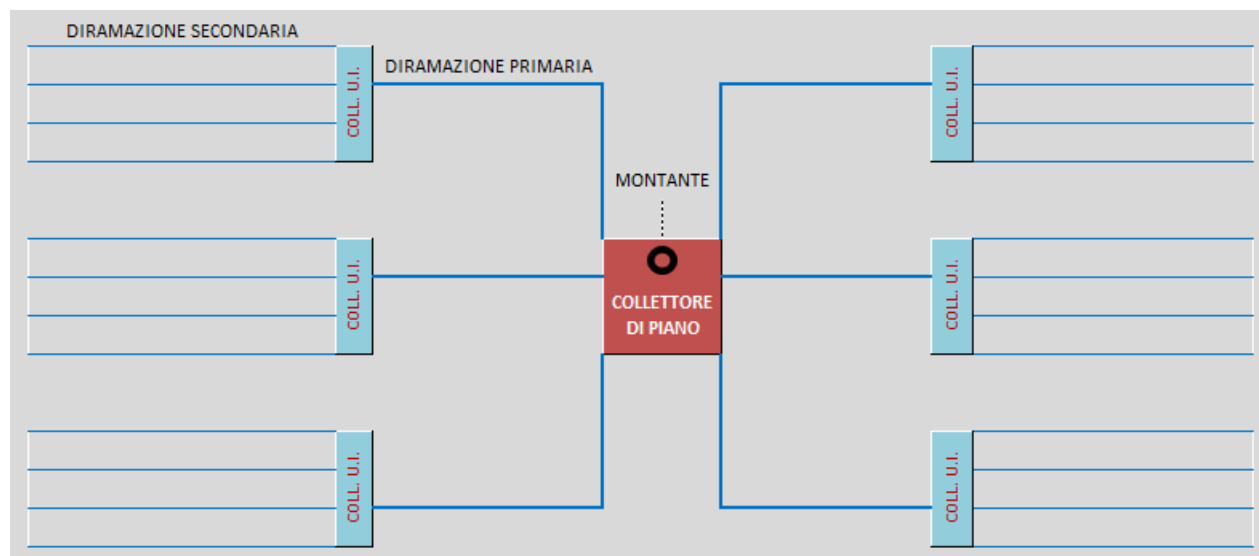


FIG. 1 – SCHEMA DELL'IMPIANTO AL PIANO

Procedendo dalla quota di un generico piano alla quota del piano campagna, ciascun impianto centralizzato a servizio di un generico piano risulta costituito (vedi figura):

- da diramazioni di **distribuzione secondarie** che collegano i terminali al "Collettore U.I." dell'unità immobiliare;
- da diramazioni di **distribuzione primarie** che collegano il "Collettore U.I." dell'unità immobiliare al "Collettore di Piano";
- dalla **montante** che collega i "Collettori di Piano" con la base della montante stessa.

Alla base della montante, può essere previsto un serbatoio di accumulo per sopperire a eventuali perdite del circuito e una caldaia collegata al serbatoio e dotata di pompa per la circolazione forzata dell'acqua all'interno della montante.

1.1 INSERIMENTO DATI GENERALI

L'inserimento dei Dati Generali avviene nell'omonimo foglio di calcolo del programma. Come visibile dalla figura sottostante, i dati da inserire sono solo quelli relativi alle celle su sfondo giallo con bordo rosso e carattere rosso. Generalmente, ciò costituisce una costante del programma in riferimento alle celle di INPUT.

In tale finestra del programma i dati da inserire riguardano:

- **N. PIANI** e le relative QUOTE;

NOTA: Risulta necessario inserire tutti i piani per i quali si vuole calcolare un impianto centralizzato a servizio dei medesimi. Si vedrà in seguito che per uno di tali piani esiste la possibilità di calcolare simultaneamente, per alcune unità immobiliari, separati impianti termici autonomi. Per un piano per il

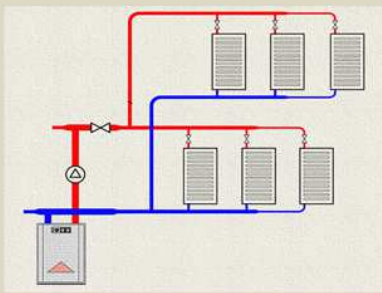
quale si vogliono calcolare uno o più impianti autonomi a servizio rispettivamente di una o più unità immobiliari, risulta necessario inserire anche suddetto piano unitamente agli altri per i quali, si vuole, invece, procedere al calcolo di un impianto centralizzato. Il programma, infatti, consente, nella successiva definizione dei dati, di specificare per ogni singola unità immobiliare, se la stessa debba o meno essere inclusa nel calcolo dell'impianto centralizzato o se, diversamente, per la medesima debba essere calcolato un impianto autonomo. **In ogni caso, va sempre inserita la quota per tutti i piani degli edifici, anche per quelli che non si vuole includere nel progetto.**

AE-SW SOFTWARE

DIMENSIONAMENTO IMPIANTI TERMICI

DATI GENERALI

NUMERO PIANI EDIFICIO	10
TEMPERATURE	
Ti_Temperatura di Ingresso nel terminale (°C)	80.0
Tu_Temperatura di Uscita dal terminale (°C)	70.0
Ta_Temperatura Ambiente (°C)	20.0
ELEMENTI SCALDANTI	
Pn_Potenza Nominale dell'elemento (W)	100.0
Fattore n (adim.)	1.3
VELOCITÀ MASSIME	
VDmax_velocità max nelle diramazioni (m/s)	1.0
VMmax_velocità max nelle montanti (m/s)	2.0

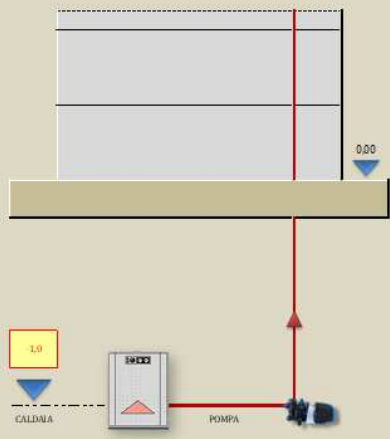


SCHEMA EDIFICIO

INPUT N. PIANO DA INCLUDERE IN PROGETTO		INPUT QUOTE DI TUTTI I PIANI ESISTENTI	
10	IN PROGETTO	10	27
9	IN PROGETTO	9	24
8	IN PROGETTO	8	21
7	IN PROGETTO	7	18
6	ESCLUSO DAL PROGETTO	-	15
5	ESCLUSO DAL PROGETTO	-	12
4	ESCLUSO DAL PROGETTO	-	9
3	ESCLUSO DAL PROGETTO	-	6
2	ESCLUSO DAL PROGETTO	-	3
1	ESCLUSO DAL PROGETTO	-	0

PUNTO REF. ZERO 0,00

POSIZIONE ASSE POMPA IMPIANTO CENTRALIZZATO



1. Per ogni piano esistente per cui si prevedono U.I. da alimentare con impianto centralizzato o con impianti autonomi, inserire il N. PIANO e la relativa quota. Per i piani che si vogliono escludere da ogni calcolo di impianto centralizzato e impianti autonomi inserire come N. PIANO il segno "-" e come quota la relativa quota.

2. Per i piani che si vogliono escludere dal progetto di impianto centralizzato e impianti autonomi, inserire come N. PIANO il segno "-"; inserire sempre e comunque la loro quota.

3. I piani inesistenti, vengono esclusi in automatico da ogni calcolo e si prescinde dal N. PIANO e quota inserita.

FIG. 2 – INSERIMENTO DATI GENERALI

ESEMPIO: Supponiamo si voglia calcolare un impianto centralizzato per alcune unità immobiliari appartenenti ai piani 10-9-8: risulta necessario inserire tutti e tre i piani e le rispettive quote. Per i restanti piani si inserirà il segno "-", come N. PIANO; inoltre si inseriranno le loro quote.

ESEMPIO: Supponiamo si voglia calcolare un impianto centralizzato per alcune unità immobiliari appartenenti ai piani 10-9-8 e allo stesso tempo calcolare 3 separati impianti autonomi per talune altre unità immobiliari appartenenti al piano 4: risulta necessario inserire tutti e quattro i piani e le rispettive quote. Per i restanti piani si inserirà il segno “-“ come N. PIANO e inoltre le loro quote. Gli impianti autonomi relativi alle unità immobiliari appartenenti al piano 4, saranno calcolati simultaneamente e separatamente dal programma.

ESEMPIO: Supponiamo si vogliano calcolare soli impianti autonomi per tutte le unità abitative dei piani 10-9-8: risulta necessario inserire tutti e tre i piani e le rispettive quote. Per i restanti piani si inserirà il segno “-“ come N. PIANO e inoltre le loro quote.

- TEMPERATURA DI INGRESSO NEL CORPO SCALDANTE T_i (°C);
- TEMPERATURA DI USCITA DAL CORPO SCALDANTE T_u (°C);
- TEMPERATURA AMBIENTE T_a (°C);
- POTENZA NOMNALE DELL'ELEMENTO DEL CORPO SCALDANTE P_n (W);
- FATTORE n DEL CORPO SCALDANTE;
- VELOCITA' MASSIMA DI PROGETTO ammissibile per le diramazioni e per la montante/le montanti (solitamente è necessario non superare 1,0 m/sec nelle diramazioni e 2,0 m/sec nella montante/montanti);
- QUOTA DELL'ASSE DELLA POMPA rispetto al **PIANO DI RIFERIMENTO ZERO** che è il piano passante per la linea di pavimento del piano posto più in basso (anche nel caso in cui detto piano sia interrato o sopraelevato in quanto non rileva la quota del piano campagna);

NOTA: Per i piani da escludere da un qualsivoglia calcolo di impianto (centralizzato e/o autonomo) risulta necessario inserire il segno “-“ come N. PIANO. L'inserimento del predetto segno disabilita, nei successivi fogli di calcolo, le sezioni di calcolo relativi a tali piani.

SOPRAELEVAZIONE: Nel caso di sopraelevazione (per esempio di 3 piani) di un edificio esistente, per i quali sorge la necessità di dimensionare un impianto centralizzato, è necessario inserire per i 3 piani il loro N. PIANO e le loro quote; per i rimanenti piani è necessario inserire il segno “-“ come N. PIANO e inoltre le loro quote..

La stessa metodologia vale per un edificio esistente costituito, per esempio, da 10 piani per i quali sia previsto un intervento di ristrutturazione degli ultimi 3 piani con realizzazione, in essi, di un unico impianto centralizzato.

RISTRUTTURAZIONE: Nel caso di ristrutturazione (per esempio di 3 piani) di un edificio esistente, per i quali sorge la necessità di verificare un impianto centralizzato esistente, basta inserire unicamente i piani e le quote dei 3 piani e, per i rimanenti inserire il segno “-“ come N. PIANO e, inoltre, le loro quote che vanno sempre inserite in qualità di piani esistenti.

Nelle sezioni successive del programma, in corrispondenza della scelta del tipo di tubazioni risulta necessario inserire le tubazioni relative al materiale e scegliere come grado di usura un fattore compreso tra 1 (nuove) e 2 (molto usurate). Il programma determinerà i diametri di tubazioni usurate che sarebbero necessarie per il buon funzionamento dell'impianto esistente. Tali diametri vanno comparati con i diametri esistenti per verificare se siano ancora idonei o meno.

1.2 INSERIMENTO DATI DI PIANO

I dati di piano, per i piani appartenenti al blocco-piani del quale si vuole calcolare l'impianto centralizzato, vengono inseriti nei fogli denominati “DATI piano 10”; “Piano 9”, “Piano 8”... etc., contrassegnati da una colorazione blu. Anche in queste sezioni del programma i dati da inserire sono solo quelli relativi a celle su sfondo giallo con bordo rosso e carattere rosso in quanto dati di INPUT.

I dati da inserire riguardano unicamente il blocco-piani per i quali nella sezione “Dati Generali”, è stato inserito un N. PIANO e la relativa quota. Infatti, nei fogli di Piano, saranno attivi solo questi; mentre per quelli per i quali è stato inserito il segno “-“ come N. PIANO (piani esclusi dal progetto) i fogli di calcolo relativi risulteranno inattivi e quindi non compilabili (la sezione del programma diventerà completamente priva di valori numerici).

Nei fogli di calcolo citati, l'impianto di piano segue lo schema visibile nella **FIG. 1**. I dati che dovranno essere inseriti sono posizionati sulla stessa entità fisica cui si riferiscono, ovvero sono posti a ridosso delle diramazioni (**FIG. 3**).

I dati da inserire sono:

- Il corpo scaldante attraverso l'inserimento della potenza termica da erogare (Kcal/h);
- il tipo di tubazioni tra acciaio, ghisa, rame, PE/PVC (o in generale materiale plastico);
- il grado di usura tra 1 (nuove) e 2 (molto usurate);
- la lunghezza della diramazione **L** somma dell'andata e del ritorno (m);
- la sommatoria dei valori z relativi alle discontinuità accidentali $\sum \zeta$ (adim);

- il tipo di impianto per la U.I. con selezione di lettera nel collettore U.I. tra: “A” (impianto autonomo); “C” (impianto centralizzato); “-” (nessun impianto). Nel caso di scelta “A” si attiva in automatico finestra di calcolo della caldaia autonoma con i valori della potenza e della prevalenza della caldaia autonoma di tipo murale o posta alla base dell’edificio (la tipologia è decisa dal progettista unicamente con la specificazione della lunghezza L della diramazione primaria da conteggiare al doppio tra andata e ritorno).

In riferimento al valore da attribuire alla velocità minima dell’acqua nella diramazione secondaria, è buona regola assegnare una velocità tale che la velocità effettiva sia all’incirca pari a **1,0 m/sec** o inferiore.

Per quanto riguarda invece il valore $\Sigma \zeta$ della sommatoria delle perdite di carico accidentali, nella sezione del programma costituita dal foglio di calcolo denominato “*Utilità*”, è presente una tabella riportante per ogni discontinuità accidentale il relativo coefficiente ζ . Nelle celle in giallo con bordo rosso è possibile inserire il numero di discontinuità presenti e determinare in automatico il valore $\Sigma \zeta$ da inserire nel programma.

1.3 CALCOLO TUBAZIONI

1.3.1 DIRAMAZIONI SECONDARIE

Ad avvenuto inserimento dei dati, il programma restituisce in tempo reale le seguenti grandezze:

- il numero degli elementi **N** componenti il corpo scaldante (radiatore);
- la portata **q** (l/h) transitante nella diramazione secondaria, coincidente con la portata di transito nel radiatore;
- il diametro minimo **Dmin** della tubazione espresso in millimetri;
- il diametro **DN** (mm) di progetto;
- la velocità effettiva **v** (m/s) dell’acqua nella diramazione di diametro DN;
- la perdita di carico nella diramazione secondaria **YS** (m.c.a.), somma delle perdite accidentali e di quelle continue;
- la perdita di carico ΔYS (m.c.a.) del riduttore di pressione (valvola) da installare sulla diramazione secondaria o sul radiatore per il bilanciamento del sistema di pressione dell’impianto centralizzato o autonomo.

Il programma indica, mediante attivazione di cella su sfondo di colore ROSSO (FIG. 3) l’utenza più sfavorita in termini di perdita di carico, ossia il corpo scaldante per il quale la perdita di carico nel tratto compreso tra il collettore di piano e il corpo scaldante stesso, risulta la maggiore tra tutti i corpi scaldanti appartenenti al piano in questione. La determinazione del corpo scaldante più sfavorito è importante per

determinare, successivamente, la massima perdita di carico cui deve far fronte l'impianto centralizzato di progetto in dipendenza delle perdite che si hanno anche lungo la montante.

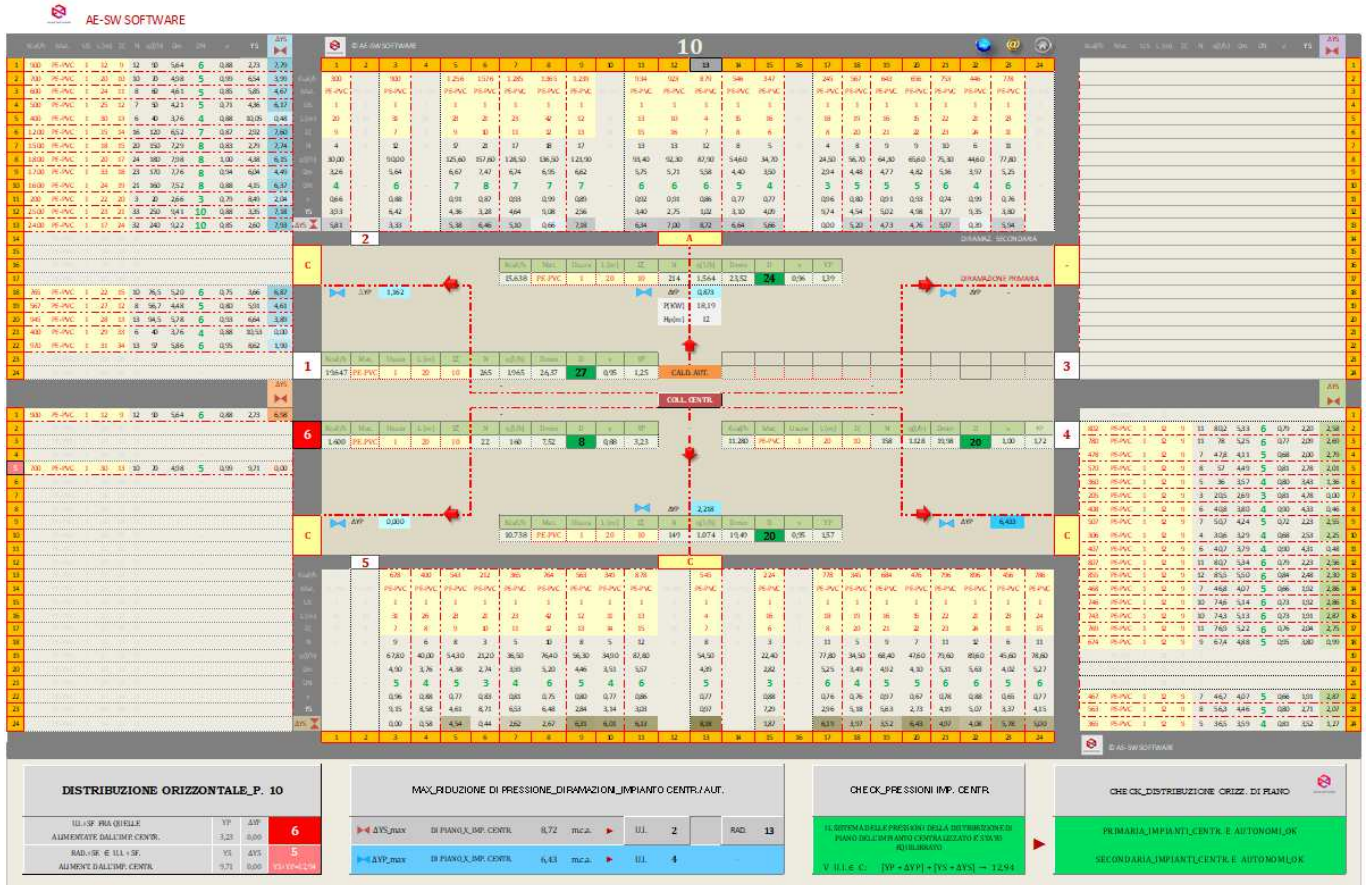


FIG. 3 – INPUT DATI DI PIANO N. 10 E CALCOLO DIRAMAZIONI PRIMARIE E SECONDARIE

1.3.2 DIRAMAZIONI PRIMARIE

Le diramazioni primarie sono costituite dai tratti di tubazioni che si dipartono dal collettore di piano e alimentano i collettori U.I. delle singole unità immobiliari. Per dette tubazioni il programma riporta in automatico la potenza di calore (Kcal/h) a carico delle medesima.

I dati che dovranno essere inseriti sono posizionati sulla stessa entità fisica cui si riferiscono, ovvero sono posti a ridosso delle diramazioni (FIG. 3).

I dati da inserire sono:

- il tipo di tubazioni tra acciaio, ghisa, rame, PE/PVC (o in generale materiale plastico);
- il grado di usura;
- la lunghezza della diramazione L somma dell'andata e del ritorno (m);
- la sommatoria dei valori z relativi alle discontinuità accidentali $\sum \zeta$ (adim).

In riferimento al valore da attribuire alla velocità minima dell'acqua nella diramazione primaria, è buona regola assegnare una velocità tale che la velocità effettiva sia all'incirca pari o inferiore a **1.0 m/sec**.

Per quanto riguarda invece il valore $\Sigma\zeta$ della sommatoria delle perdite di carico accidentali, nella sezione del programma costituita dal foglio di calcolo denominato "Utilità", è presente una tabella riportante per ogni discontinuità accidentale il relativo coefficiente ζ . Nelle celle in giallo con bordo rosso è possibile inserire il numero di discontinuità presenti e determinare in automatico il valore $\Sigma\zeta$ da inserire nel programma.

Ad avvenuto inserimento dei dati, il programma restituisce in tempo reale le seguenti grandezze:

- la portata **q** (l/h), sommatoria delle portate transitanti nei corpi scaldanti;
- il numero **N** (adim.) degli elementi sottesi alla diramazione, costituenti i corpi scaldanti (radiatori);
- il valore **q** (l/h) della portata transitante nella diramazione data dal rapporto tra la potenza calorifera e il salto termico che subisce il flusso d'acqua nell'attraversare il corpo scaldante (pari alla differenza tra la temperatura di entrata T_i e la temperatura di uscita T_u espressa in °C);
- il diametro **D_{min}** (mm) della tubazione;
- il diametro **DN** (mm) di progetto;
- la velocità effettiva **v** (m/s) dell'acqua nella diramazione di diametro DN;
- la perdita di carico totale **YP** (m.c.a.) nella diramazione primaria, somma delle perdite accidentali e di quelle continue;
- la perdita di carico **ΔYP** (m.c.a.) del riduttore di pressione (valvola) da installare sulla diramazione primaria per il bilanciamento del sistema di pressione dell'impianto centralizzato o autonomo.

1.3.3 COLONNA MONTANTE

Il calcolo della colonna montante avviene nel foglio di calcolo denominato "**Montante-Caldia-Circolatore**". La colonna montante relativa a un impianto centralizzato alimentante un blocco-piani, viene calcolata a tratti. I tratti oggetto di dimensionamento sono le tubazioni di interpiano. I dati che dovranno essere inseriti nel programma sono posizionati sulla stessa entità fisica cui si riferiscono, ovvero sono posti a ridosso dei tratti di montante oggetto di calcolo (FIG. 4).

Supponiamo di voler calcolare un impianto centralizzato a servizio di un blocco-piani costituito da 3 piani (per esempio i piani 10-9-8) ovviamente posti, in altezza, uno di seguito all'altro, e di voler calcolare contemporaneamente n. 6 impianti autonomi a servizio delle n. 6 unità abitative poste al piano 7°. Si

provvederà dapprima all'inserimento del numero d'ordine dei piani (10-9-8) e delle rispettive quote nello schema dell'edificio riportato nella sezione "Dati Generali" e del segno "-" come N. PIANO per i restanti piani, avendo cura di inserire sempre e comunque le quote di tutti i piani dell'edificio (sia che siano in progetto sia che siano esclusi dal progetto (FIG. 2).

Successivamente saranno inseriti i dati di piano relativi ai quattro piani, utilizzando i fogli "**Dati Piano 10**" (vedi FIG. 3), "**Piano 9**", "**Piano 8**" "**Piano 7**", pervenendo al dimensionamento delle diramazioni primarie e secondarie di ciascuno dei quattro piani. Per il Piano 7 sarà necessario indicare al programma di voler calcolare solo impianti autonomi. Pertanto è necessario inserire, per ciascuna delle 6 U.I., nel relativo collettore U.I., la lettera "A" (impianto autonomo).

Da ultimo si perverrà alla sezione di calcolo relativa al dimensionamento dell'impianto di sollevamento (FIG. 4). In tale sezione è riportato il disegno dell'edificio. Sul disegno di tale edificio, in corrispondenza di ciascun piano, sono riportati i seguenti valori:

- **Y_{max}** (m.c.a.), *perdita di carico massima (Y_s+Y_p) di piano riferita al corpo scaldante più sfavorito del piano*. Essa è data dalla somma della perdita di carico totale che si verifica nella diramazione principale e di quella che si verifica nella diramazione secondaria, fino al corpo scaldante più sfavorito (quello appartenente a una delle unità immobiliari che saranno alimentate dall'impianto centralizzato).

Esempio: in riferimento al piano 10° rappresentato in Fig. 3, il corpo scaldante più sfavorito è il N. 5 dell'unità immobiliare N. 6: è visibile, in corrispondenza, l'attivazione della colorazione di cella sia per l'U.I. che per il radiatore;

- **Kcal/h**, *fabbisogno complessivo di potenza termica del piano*, dato dalla somma dei fabbisogni di ciascuna unità abitativa che dovrà essere alimentata dall'impianto centralizzato.

Esempio: in riferimento al piano 10 rappresentato in Fig. 3, kcal/h è la somma delle potenze termiche che necessitano alle unità immobiliari nn. 1, 4, 5, 6. Queste U.I. sono le uniche del piano 10 che saranno alimentate dall'impianto centralizzato; l'unità 2 sarà alimentata da un impianto autonomo (lettera "A" nel collettore U.I.); le altre non sono state incluse nel progetto (segno "-" nel collettore U.I.).

In corrispondenza di ciascun tratto di piano della montante, è riportata una tabella a due righe recante tutte le grandezze idrauliche che interessano il predetto tratto.

In dette tabelle alcuni valori sono riportati in automatico da altre parti del programma come dati noti:

- **Kcal/h**, potenza termica necessaria al piano;
- **L** (m), lunghezza del tratto di montante, pari all'altezza di interpiano conteggiata al doppio (andata e ritorno);

- **N** (adim), numero degli elementi costituenti i corpi scaldanti complessivamente alimentati dal tratto di montante;
- **q** (l/h), portata transitante nel tratto di montante;



FIG. 4 – CALCOLO COLONNA MONTANTE

Altri valori risulta necessario inserirli come dati. In particolare i dati da inserire sono sempre riportati in celle su sfondo giallo con bordo e carattere rosso. Essi sono:

- il tipo di tubazioni tra acciaio, ghisa, rame, PE/PVC (o in generale materiale plastico);
- il grado di usura, tra 1 (nuove) e 2 (molto usurate);
- la sommatoria dei valori z relativi alle discontinuità accidentali $\sum \zeta$ (adim);
- il diametro **DN** (mm) della tubazione, subito maggiore del Dmin (mm) calcolato dal programma.

Ad avvenuto inserimento dei dati, il programma restituisce in tempo reale le ulteriori seguenti grandezze:

- **v** (m/s), velocità effettiva dell'acqua all'interno del tratto di montante;
- **Y** (m), perdita di carico totale (continua + accidentale) nel tratto di montante;

Per quanto riguarda il valore $\sum \zeta$ della sommatoria delle perdite di carico accidentali, nella sezione del

programma costituita dal foglio di calcolo denominato “*Utilità*”, è presente una tabella riportante per ogni discontinuità accidentale il relativo coefficiente ζ . Nelle celle in giallo con bordo rosso è possibile inserire il numero di discontinuità presenti e determinare in automatico il valore $\sum \zeta$ da inserire nel programma.

1.4 CALCOLO IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO

Il calcolo dell’impianto di sollevamento (circolatore) per il singolo impianto centralizzato avviene nel medesimo foglio denominato “**Montante-Caldia-Circolatore**”.

In tale foglio è riportata una tabella (FIG. 5) nella quale sono riportati in automatico tutte le grandezze necessarie per il calcolo della portata e della prevalenza del circolatore, ovvero:

- **PPSF:** è il piano più sfavorito per il quale si registra la massima perdita di carico a partire dalla quota dell’asse della pompa;
- **U.I.PSF:** è l’unità immobiliare più sfavorita appartenente al piano più sfavorito. All’interno della U.I. si trova il corpo scaldante più sfavorito rispetto a tutti i corpi scaldanti dell’intero edificio alimentati dall’impianto centralizzato;
- **RAD.PSF:** è la perdita massima che si registra per l’acqua nell’attraversare la diramazione primaria e la diramazione secondaria fino a giungere al corpo scaldante più sfavorito del piano più sfavorito;
- **YM_n:** è la perdita di carico lungo la montante fino al piano più sfavorito (dalla base dell’edificio_asse della pompa);
- **YP_n:** è la perdita di carico massima sulla diramazione primaria della unità immobiliare più sfavorita;
- **YS_n:** è la perdita di carico sulla diramazione secondaria che conduce al radiatore più sfavorito;

CIRCOLATORE	
TERMINALE PIU' SFAVORITO	
PPSF → PIANO + SFAVORITO	10
U.I.PSF → UNITA' IMMOBILIARE + SFAVORITA DEL PPSF	6
RAD.PSF → RADIATORE + SFAVORITO_DI U.I.PSF	5
PREVALENZA_m.c.a.	
YM ₁₀ → PERDITE LUNGO MONTANTE_FINO A_PPSF	27,54
YP ₆ → PERDITA MAX SU PRIMARIA_DI_U.I.PSF	3,23
YS ₅ → PERDITA SU SECONDARIA_DI_RAD.PSF	9,71
Hc _{min} → PREVALENZA MINIMA CIRCOLATORE	40,48
Hc_PREVALENZA CIRCOLATORE	41
PORTATA litri/h	
Qc_PORTATA CIRCOLATORE	10.476

FIG. 5 – CALCOLO CIRCOLATORE

In funzione delle grandezze sopra riportate il programma determina la Prevalenza Minima del circolatore:

Hc_min (m.c.a) = perdita lungo montante fino al PPSF + perdita su primaria e su secondaria fino al radiatore più sfavorito di tutto l'impianto centralizzato.

La **prevalenza di progetto** del circolatore **Hc** (m.c.a.) è assunta dal programma come valore subito maggiore di Hc_min.. La scelta del circolatore più idoneo avviene attraverso la consultazione delle schede tecniche delle pompe presenti in commercio andando a verificare, per una data pompa, che il valore della prevalenza commerciale relativa alla portata calcolata sia pari o superiore alla prevalenza di progetto.

Sempre nella schermata del programma rappresentata in FIG. 4, è presente la colonna relativa alla **"Riduzione di pressione al piano"** che riporta le riduzioni di pressione che devono essere garantiti dai riduttori a ogni piano alimentato dall'impianto centralizzato, posti sullo stacco dalla montante al piano. L'impianto di sollevamento per un blocco-piani (nell'esempio il blocco piani è costituito dai piani 10-9-8), è sempre dimensionato in modo tale da garantire il flusso adeguato al corpo scaldante più sfavorito relativo al piano più sfavorito (nell'esempio: il piano 10). Conseguentemente la pressione di sollevamento, per i piani più bassi del blocco-piani, risulterà maggiore di quella strettamente necessaria ad alimentare i loro corpi scaldanti.

Pertanto al fine di uniformare la pressione di efflusso ai piani più bassi, risulta necessario riequilibrare e bilanciare le sovrappressioni lungo la montante e al piano.

Per la montante sopra installando riduttori di piano. La riduzione al piano è pari alla differenza tra la perdita di carico massima lungo la montante necessaria a raggiungere il piano posto più in alto e la perdita di carico lungo la montante relativa al piano i-esimo necessaria a sospingere l'acqua fino al raggiungimento del piano; a questa differenza, va aggiunta, ad ogni piano, la differenza tra la perdita di carico massima di piano $\Delta P_{max} = (YP+YS)_{max}$ tra tutti i piani serviti e l'analoga perdita di carico del piano i-esimo $\Delta P_i = (YP+YS)_i$ oggetto del calcolo del riduttore di pressione.

In formule:

$$\text{RIDUZIONE DI PRESSIONE AL PIANO IESIMO}_{m.c.a.} = (\sum YM_{max} - \sum YM_i) + (\Delta P_{max} - \Delta P_i)$$

Di seguito, per l'esempio proposto è riportato il prospetto delle riduzioni di pressione ai tre piani alimentati dall'impianto centralizzato..

RIDUTTORI DI PRESSIONE AL PIANO_m.c.a.		
N. Piano	$\Sigma YM_{\text{perdite su mont. fino al piano}}$	$\Delta YM_{\text{riduz. press.}}$ 
10	27,54	0,52
9	24,35	4,87
8	21,50	5,21
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-

FIG. 6 – RIDUTTORI DI PRESSIONE AI PIANI



AE-SW SOFTWARE

PARTE B - IMPIANTI AUTONOMI

INTRODUZIONE

Il calcolo degli impianti autonomi all'interno del programma può avvenire simultaneamente al calcolo di un impianto centralizzato oppure separatamente. L'inserimento dei **DATI GENERALI** avviene sempre nella schermata del programma riportata in FIG. 2.

1.1 INSERIMENTO DATI GENERALI

L'inserimento dei **DATI GENERALI** avviene nell'omonimo foglio di calcolo del programma (FIG. 2). I dati da inserire sono sempre quelli relativi alle celle su sfondo giallo con bordo rosso e carattere rosso.

In tale finestra del programma i dati da inserire riguardano:

- **N. PIANI** e relative quote;

NOTA: Risulta necessario inserire tutti i piani per i quali si vuole calcolare un impianto autonomo, in concomitanza o meno al calcolo di un impianto centralizzato a servizio di altre unità immobiliari appartenenti al medesimo piano. Il programma, infatti, consente, nella successiva definizione dei DATI DI PIANO, di specificare per ogni singola unità abitativa, se la stessa debba essere alimentata da un impianto autonomo (lettera "A" nella cella collettore U.I.), o da un impianto centralizzato (lettera "C" nella cella collettore U.I.) o essere esclusa (segno "-" nella cella collettore U.I.).

- **TEMPERATURA DI INGRESSO NEL CORPO SCALDANTE T_i (°C);**
- **TEMPERATURA DI USCITA DAL CORPO SCALDANTE T_u (°C);**
- **TEMPERATURA AMBIENTE T_a (°C);**
- **POTENZA NOMNALE DELL'ELEMENTO DEL CORPO SCALDANTE P_n (W);**
- **FATTORE n DEL CORPO SCALDANTE;**
- **VELOCITA' MASSIMA DI PROGETTO** ammissibile per le diramazioni e per la montante/le montanti (solitamente è necessario non superare 1,0 m/sec nelle diramazioni e 2,0 m/sec nella montante/montanti);
- **QUOTA DELL'ASSE DELLA POMPA** rispetto al **PIANO DI RIFERIMENTO ZERO** che è il piano passante per la linea di pavimento del piano posto più in basso (anche nel caso in cui detto piano sia interrato o sopraelevato in quanto non rileva la quota del piano campagna).

1.2 INSERIMENTO DATI DI PIANO

Successivamente all'inserimento dei Dati Generali, per tutti i piani in cui si prevedono unità immobiliari che dovranno essere alimentate da un impianto autonomo, si accede ai fogli per l'input dei **DATI DI PIANO**

contrassegnati da una linguetta di colorazione blu. Se, per esempio i piani interessati sono il 10-9-8-7, si dovrà accedere ai fogli denominati **“Piano 10”**; **“Piano 9”**, **“Piano 8”**, **“Piano 7”**. I dati da inserire sono solo quelli relativi alle celle su sfondo giallo con bordo rosso e carattere rosso. Per esempio, in riferimento al piano 10, se per il medesimo si prevedono 4 unità immobiliari (U.I. nn. 1, 4, 5, 6) che dovranno essere alimentate da un impianto centralizzato; una da un impianto autonomo (U.I. n. 2) e l’ultima (U.I. n. 3) da nessun impianto, si accederà al foglio relativo al **“Piano 10”** rappresentato in FIG. 3.

IMPORTANTE: per le unità immobiliari per le quali si prevede un impianto autonomo è necessario selezionare la lettera **“A”** all’interno del Collettore U.I. relativo (FIG. 7). La scelta del Tipo di impianto che dovrà alimentare una data unità immobiliare, infatti, avviene attraverso la selezione della suddetta lettera:

A = Alimentazione mediante un impianto autonomo;

C = Alimentazione mediante un impianto centralizzato (ovviamente unitamente ad altre unità immobiliari);

“-”: Nessuna alimentazione.

La scelta deve essere operata per ciascuna delle sei unità immobiliari di piano. La scelta **“A”** attiva in automatico una piccola finestra di calcolo riportante i seguenti valori:

- potenza **P (kW)** della Caldaia Autonoma da installare;
- prevalenza **Hp (m.c.a.)** del circolatore della Caldaia Autonoma.



FIG. 7 – SCELTA DEL TIPO DI IMPIANTO PER UN’UNITÀ IMMOBILIARE

Nell'esempio rappresentato in FIG. 3, si è scelto di alimentare le unità immobiliari nn. 1, 4, 5, 6 del Piano 10 mediante un impianto centralizzato; l'unità immobiliare n. 2 mediante impianto autonomo; l'unità immobiliare n. 3 con nessun impianto.

I dati da inserire sono:

- Il corpo scaldante attraverso l'inserimento della potenza termica da erogare (Kcal/h);
- il tipo di tubazioni tra acciaio, ghisa, rame, PE/PVC (o in generale materiale plastico);
- il grado di usura da 1 (nuove) a 2 (molto usurate);
- la lunghezza della diramazione **L di andata + ritorno** (m);
- la sommatoria dei valori z relativi alle discontinuità accidentali $\Sigma \zeta$ (adim);

In riferimento al valore da attribuire alla velocità minima dell'acqua nella diramazione secondaria, è buona regola assegnare una velocità tale che la velocità effettiva sia all'incirca pari a **1.0 m/sec** o inferiore.

Per quanto riguarda invece il valore $\Sigma \zeta$ della sommatoria delle perdite di carico accidentali, nella sezione del programma costituita dal foglio di calcolo denominato "Utilità", è presente una tabella riportante per ogni discontinuità accidentale il relativo coefficiente ζ . Nelle celle in giallo con bordo rosso è possibile inserire il numero di discontinuità presenti e determinare in automatico il valore $\Sigma \zeta$ da inserire nel programma.

1.3 CALCOLO TUBAZIONI

1.3.1 DIRAMAZIONI SECONDARIE

Ad avvenuto inserimento dei dati, il programma restituisce in tempo reale le seguenti grandezze:

- in numero **N** (adim.) degli elementi componenti il corpo scaldante (radiatore);
- la portata **q** (l/h) transitante nella diramazione secondaria, coincidente con la portata di transito nel corpo scaldante;
- il diametro minimo **Dmin** della tubazione espresso in millimetri;
- il diametro di progetto **DN** (mm) assunto dal programma pari al valore subito superiore a Dmin;
- la velocità effettiva **v** (m/s) dell'acqua nella diramazione di diametro DN;
- la perdita di carico nella diramazione secondaria **YS** (m.c.a.), somma delle perdite accidentali e di quelle continue;
- la perdita di carico **ΔYS** (m.c.a.) del riduttore di pressione (valvola) da installare sulla diramazione secondaria o sul radiatore per il bilanciamento del sistema di pressione dell'impianto autonomo.

Il valore di ΔYS (m.c.a.) è dato dalla seguente espressione:

$$\Delta YS = Hp_{aut} - YP - \Delta YP - YS$$

- **Hp_{aut}** è la prevalenza di progetto della caldaia autonoma;
- **YP** è la perdita di carico massima sulla diramazione primaria;
- **ΔYP** è data dalla differenza tra la prevalenza di progetto Hp della caldaia e la prevalenza minima Hp_{min} della medesima;
- **YS** è la perdita di carico sulla diramazione secondaria.

1.3.2 DIRAMAZIONI PRIMARIE

Le diramazioni primarie sono costituite dai tratti di tubazioni che si dipartono dal collettore di piano e alimentano i collettori U.I. delle singole unità immobiliari. Per dette tubazioni il programma riporta in automatico la potenza di calore (Kcal/h) trasportata dalle medesime.

I dati che dovranno essere inseriti sono posizionati sulla stessa entità fisica cui si riferiscono, ovvero sono posti a ridosso delle diramazioni (FIG. 3):

- il tipo di tubazioni tra acciaio, ghisa, rame, PE/PVC (o in generale materiale plastico);
- il grado di usura da 1 (nuove) a 2 (molto usurate);
- la lunghezza della diramazione **L di andata + ritorno** (m);
- la sommatoria dei valori z relativi alle discontinuità accidentali $\sum \zeta$ (adim).

In riferimento al valore da attribuire alla velocità minima dell'acqua nella diramazione primaria, è buona regola assegnare una velocità tale che la velocità effettiva sia all'incirca pari o inferiore a **1,0 m/sec.**

Per quanto riguarda invece il valore $\sum \zeta$ della sommatoria delle perdite di carico accidentali, nella sezione del programma costituita dal foglio di calcolo denominato "Utilità", è presente una tabella riportante per ogni discontinuità accidentale il relativo coefficiente ζ . Nelle celle in giallo con bordo rosso è possibile inserire il numero di discontinuità presenti e determinare in automatico il valore $\sum \zeta$ da inserire nel programma.

Ad avvenuto inserimento dei dati, il programma restituisce in tempo reale le seguenti grandezze:

- la portata **q** (l/h), sommatoria delle portate transitanti nei corpi scaldanti;
- il numero **N** (adim.) degli elementi sottesi alla diramazione, costituenti i corpi scaldanti (radiatori);

- il valore **q** (l/h) della portata transitante nella diramazione data dal rapporto tra la potenza calorifera e il salto termico che subisce il flusso d'acqua nell'attraversare il corpo scaldante (pari alla differenza tra la temperatura di entrata T_i e la temperatura di uscita T_u espressa in °C);
- il diametro **Dmin** (mm) della tubazione;
- il diametro di progetto **DN** (mm) assunto dal programma pari al valore subito superiore a Dmin;
- la velocità effettiva **v** (m/s) dell'acqua nella diramazione di diametro DN;
- la perdita di carico **YP** (m.c.a.) nella diramazione primaria, somma delle perdite accidentali e di quelle continue.
- la perdita di carico **ΔYP** (m.c.a.) del riduttore di pressione (valvola) da installare sulla diramazione primaria per il bilanciamento del sistema di pressione dell'impianto centralizzato o autonomo.

Il valore di **ΔYP** (m.c.a.) è dato dalla seguente espressione:

$$\Delta YP = H_{p_aut} - H_{p_min}$$

i cui significati simbolici sono quelli sopra riportati.

AE-SW SOFTWARE

STAMPA DEI RISULTATI

Il programma è predisposto alla stampa in formato A3 orizzontale di ciascun foglio di calcolo con estensione .pdf o direttamente in formato cartaceo. Pertanto tutto ciò che è visibile a schermo è stampabile.

IMPIANTO CENTRALIZZATO

La stampa dei risultati relativi alle **Diramazioni Secondarie e Primarie** avviene direttamente con la stampa delle schermate tipo FIG. 3 dei piani in cui ci sono unità abitative alimentate dall'impianto centralizzato.

La stampa dei risultati relativi alla montante, caldaia e circolatore dell'impianto centralizzato, avviene con la stampa del foglio denominato "**Montante-Caldia-Circolatore**" (FIG. 4).

IMPIANTI AUTONOMI

La stampa dei risultati relativi alle **Diramazioni Secondarie e Primarie** avviene direttamente con la stampa delle schermate tipo FIG. 3 dei piani in cui ci sono unità abitative alimentate da impianti autonomi.

Tuttavia per ciascuna piano, nei fogli denominati "**Stampa Piano n**", sono riassunti i risultati relativi alle unità immobiliari di ciascun piano. Per esempio in riferimento al piano 10 la schermata dei risultati è quella di FIG. 8.

Qui sono riportate tutte e 6 le unità immobiliari del piano.

Per ciascuna di esse è specificato mediante lettera "C" o "A" o "-" se trattasi rispettivamente di unità immobiliare alimentata dall'impianto centralizzato o da impianto autonomo o da nessun tipo di impianto.

Per ciascun corpo scaldante sono riassunti tutte le grandezze calcolate, ovvero:

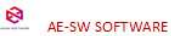
- *potenza termica del corpo scaldante espressa in Kcal/h;*
- *tipo di materiale costituente la diramazione secondaria;*
- *grado di usura della diramazione secondaria;*
- *lunghezza L (m) della diramazione secondaria (da considerarsi quale somma della lunghezza di andata e di quella di ritorno tra corpo scaldante e collettore dell'unità immobiliare "collettore U.I.");*
- *sommatoria dei coefficienti delle $\Sigma \zeta$ perdite localizzate lungo la diramazione secondaria;*
- *numero N di elementi costituenti il corpo scaldante (radiatore);*
- *la portata q (l/h) transitante nella diramazione secondaria;*
- *il diametro D_{min} (mm) minimo di calcolo;*
- *il diametro DN (mm) di progetto;*



- la velocità v(m/s) dell'acqua nella diramazione secondaria;
- la perdita di carico YS (m.c.a.)_accidentale + concentrata_ nella diramazione secondaria;
- la perdita di carico YP (m.c.a.)_nella diramazione primaria;
- la perdita di carico totale (YS+YP)_m.c.a. al piano relativa alla U.I. I valori relativi ai radiatori di ciascuna U.I. sono evidenziati con una scala di colori (blu: maggiori perdite; gialli: minori perdite);
- la verifica sull'avvenuto bilanciamento del sistema delle pressioni relativo a ogni radiatore del piano e ad ogni piano. La verifica è positiva quando per ogni radiatore di qualsivoglia piano servito dall'impianto centralizzato vale la relazione:

$$Y_{tot} = Y_M + (Y_S + Y_P) + (\Delta Y_S + \Delta Y_P) = H_c$$

Nel caso dell'esempio svolto, in riferimento al piano 10, su tutti i radiatori si verifica la stessa perdita di carico totale pari a 41 m.c.a.. Tale è anche la perdita per tutti gli altri radiatori dei piani (9 e 8) alimentati dall'impianto centralizzato (lettera C).



DIMENSIONAMENTO IMPIANTI TERMICI															
RISULTATI PIANO 10															
10 QUOTA PIANO_m ▶ 27 ΣY_M_m.ca. ▶ 27,54 ΔY_M_m.ca. ▶ 0,52															
C N1_U1_IMP_C YP_m 1,251 ΔYP_m 1,162 BILANC. Pressioni															
M.C.	kg/h	M.C.	Ug/m	L_m	Z	h	U (m)	Qm (m³)	Qh (kW)	Qc (kW)	Y_P_m	Y_S_m	ΔY_P_m	ΔY_S_m	CHECK
1	900	PE-PVC	1	12	9	12	90,0	5,64	6	0,88	2,734	7,793	3,985	41,000	
2	700	PE-PVC	1	20	10	10	70,0	4,98	5	0,99	6,541	3,987	7,791	41,000	
3	600	PE-PVC	1	24	11	0	60,0	4,61	5	0,05	3,953	4,675	7,803	41,000	
4	500	PE-PVC	1	25	12	7	50,0	4,21	5	0,71	4,355	4,172	5,606	41,000	
5	400	PE-PVC	1	30	13	6	40,0	3,76	4	0,88	10,047	0,980	11,296	41,000	
6	1.200	PE-PVC	1	15	14	16	120,0	6,52	7	0,87	2,923	7,604	4,174	41,000	
7	1.500	PE-PVC	1	18	15	20	150,0	7,29	8	0,83	2,796	7,741	4,817	41,000	
8	1.800	PE-PVC	1	20	17	24	180,0	7,98	8	1,00	4,379	6,189	5,629	41,000	
9	1.700	PE-PVC	1	23	18	23	170,0	7,76	9	0,94	6,015	4,992	7,286	41,000	
10	1.600	PE-PVC	1	24	19	21	160,0	7,52	8	0,88	4,154	6,373	5,405	41,000	
11	200	PE-PVC	1	22	20	3	20,0	2,66	3	0,79	8,489	2,039	9,749	41,000	
12	2.500	PE-PVC	1	23	21	33	250,0	9,41	10	0,88	3,347	7,181	4,597	41,000	
13	2.400	PE-PVC	1	17	24	32	240,0	9,22	10	0,85	2,692	7,926	3,852	41,000	
14	PE-PVC	1	16	19	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	PE-PVC	1	18	18	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	PE-PVC	1	19	17	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	PE-PVC	1	21	16	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	765	PE-PVC	1	22	15	10	76,5	5,20	6	0,75	3,635	4,872	4,906	41,000	
19	567	PE-PVC	1	27	12	8	56,7	4,48	5	0,88	5,914	4,614	7,164	41,000	
20	915	PE-PVC	1	28	13	13	91,5	5,78	6	0,51	6,638	3,889	7,899	41,000	
21	400	PE-PVC	1	29	33	6	40,0	3,76	4	0,88	10,527	0,000	11,776	41,000	
22	970	PE-PVC	1	31	34	13	97,0	5,86	6	0,95	8,624	1,903	9,875	41,000	
23	PE-PVC	1	32	26	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	PE-PVC	1	34	25	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R	IL SISTEMA DELLE PRESSIONI DELLA U.I. È STATO BILANCIATO IN RELAZIONE ALL'IMP_C_DELL'INTERO EDIFICIO														
HP	POTENZA CALDAIA_IMP_C_MW	121,84													
P	PREVALENZA CIRCOLATORE_IMP_C_m.ca.	41,00													
A N2_U1_IMP_A YP_m 1,886 ΔYP_m 0,873 BILANC. Pressioni															
M.C.	kg/h	M.C.	Ug/m	L_m	Z	h	U (m)	Qm (m³)	Qh (kW)	Qc (kW)	Y_P_m	Y_S_m	ΔY_P_m	ΔY_S_m	CHECK
1	300	PE-PVC	1	20	9	4	30,0	3,26	4	0,66	3,931	5,811	-	-	12,000
2	PE-PVC	1	30	8	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	900	PE-PVC	1	31	7	12	90,0	5,64	6	0,88	6,415	3,326	-	-	12,000
4	PE-PVC	1	26	8	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	1.256	PE-PVC	1	23	9	17	125,6	6,67	7	0,91	4,361	5,180	-	-	12,000
6	1.576	PE-PVC	1	21	10	21	157,6	7,47	8	0,87	3,277	6,465	-	-	12,000
7	1.285	PE-PVC	1	23	11	17	128,5	6,74	7	0,93	4,638	5,103	-	-	12,000
8	1.365	PE-PVC	1	42	12	18	136,5	6,95	7	0,99	9,081	0,661	-	-	12,000
9	1.239	PE-PVC	1	12	13	17	123,9	6,62	7	0,89	2,557	7,184	-	-	12,000
10	PE-PVC	1	11	14	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	934	PE-PVC	1	13	15	13	93,4	5,75	6	0,92	3,400	6,141	-	-	12,000
12	923	PE-PVC	1	10	16	13	92,3	5,71	6	0,91	2,745	6,996	-	-	12,000
13	879	PE-PVC	1	4	7	12	87,9	5,68	6	0,86	1,024	6,717	-	-	12,000
14	546	PE-PVC	1	15	8	8	54,6	4,40	5	0,77	3,103	6,638	-	-	12,000
15	347	PE-PVC	1	16	6	5	34,7	3,50	4	0,77	4,086	6,555	-	-	12,000
16	PE-PVC	1	17	7	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	245	PE-PVC	1	18	8	4	24,5	2,94	3	0,86	9,741	0,000	-	-	12,000
18	567	PE-PVC	1	19	20	8	56,7	4,48	5	0,80	4,541	5,201	-	-	12,000
19	643	PE-PVC	1	16	21	9	64,3	4,77	5	0,91	5,016	4,726	-	-	12,000
20	656	PE-PVC	1	15	22	9	65,6	4,82	5	0,93	4,984	4,757	-	-	12,000
21	753	PE-PVC	1	22	23	10	75,3	5,16	6	0,74	3,772	5,969	-	-	12,000
22	446	PE-PVC	1	21	24	6	44,6	3,97	4	0,99	9,350	0,391	-	-	12,000
23	778	PE-PVC	1	23	11	11	77,8	5,25	6	0,76	3,804	3,937	-	-	12,000
24	PE-PVC	1	24	15	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R	IL SISTEMA DELLE PRESSIONI DELLA U.I. È STATO BILANCIATO IN RELAZIONE ALL'IMP_A_CHE ALIMENTA LA U.I.														
HP	POTENZA CALDAIA_IMP_A_MW	18,19													
P	PREVALENZA CIRCOLATORE_IMP_A_m.ca.	12,00													
C N4_U1_IMP_C YP_m 1,722 ΔYP_m 6,433 BILANC. Pressioni															
M.C.	kg/h	M.C.	Ug/m	L_m	Z	h	U (m)	Qm (m³)	Qh (kW)	Qc (kW)	Y_P_m	Y_S_m	ΔY_P_m	ΔY_S_m	CHECK
1	PE-PVC	1	12	8	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	802	PE-PVC	1	12	9	11	80,2	5,33	6	0,79	2,294	2,581	3,926	41,000	
3	780	PE-PVC	1	12	9	11	78,0	5,25	6	0,77	2,092	2,693	3,814	41,000	
4	478	PE-PVC	1	12	9	7	47,8	4,11	5	0,68	1,998	2,787	3,721	41,000	
5	579	PE-PVC	1	12	9	8	57,9	4,49	5	0,81	2,776	2,089	4,498	41,000	
6	360	PE-PVC	1	12	9	5	36,0	3,57	4	0,88	1,427	1,338	3,149	41,000	
7	205	PE-PVC	1	12	9	3	20,5	2,69	3	0,81	4,785	0,000	4,507	41,000	
8	408	PE-PVC	1	12	9	6	40,8	3,80	4	0,90	4,327	0,438	4,038	41,000	
9	507	PE-PVC	1	12	9	7	50,7	4,24	5	0,72	2,230	2,555	3,953	41,000	
10	306	PE-PVC	1	12	9	4	30,6	3,29	4	0,68	2,531	2,234	4,253	41,000	
11	407	PE-PVC	1	12	9	6	40,7	3,99	4	0,90	4,380	0,677	4,080	41,000	
12	807	PE-PVC	1	12	9	11	80,7	5,34	6	0,79	2,229	2,556	3,952	41,000	
13	855	PE-PVC	1	12	9	12	85,5	5,50	6	0,84	2,484	2,301	4,206	41,000	
14	468	PE-PVC	1	12	9	7	46,8	4,07	5	0,66	1,921	2,864	3,643	41,000	
15	746	PE-PVC	1	12	9	10	74,6	5,14	6	0,73	1,925	2,860	3,647	41,000	
16	743	PE-PVC	1	12	9	10	74,3	5,13	6	0,73	1,910	2,875	3,633	41,000	
17	769	PE-PVC	1	12	9	11	76,9	5,22	6	0,76	2,017	2,738	3,759	41,000	
18	674	PE-PVC	1	12	9	9	67,4	4,88	5	0,95	3,796	3,989	3,519	41,000	
19	PE-PVC	1	12	9	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	PE-PVC	1	12	9	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	PE-PVC	1	12	9	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	467	PE-PVC	1	12	9	7	46,7	4,07	5	0,66	1,913	2,872	3,636	41,000	
23	563	PE-PVC	1	12	9	8	56,3	4,46	5	0,80	2,713	3,072	4,435	41,000	
24	365	PE-PVC	1	12	9	5	36,5	3,59	4	0,81	3,516	1,269	4,238	41,000	
R	IL SISTEMA DELLE PRESSIONI DELLA U.I. È STATO BILANCIATO IN RELAZIONE ALL'IMP_C_DELL'INTERO EDIFICIO														
HP	POTENZA CALDAIA_IMP_C_MW	121,84													
P	PREVALENZA CIRCOLATORE_IMP_C_m.ca.	41,00													

FIG. 8 – STAMPA RISULTATI PIANO 10_STAMPA 1 DI 2

La U.I. che assume la colorazione rossa, rappresenta quella più sfavorita. All'interno reca l'avviso specificante se trattasi della U.I. più sfavorita del piano o più sfavorita tra tutti i piani alimentati dall'impianto centralizzato. In ogni caso, per tale U.I. è individuato il radiatore più sfavorito con specificazione anche per esso se trattasi del radiatore più sfavorito del piano o di tutti i radiatori dell'edificio alimentati dall'impianto centralizzato; ciò ovviamente è in relazione alla sopra specificata natura della U.I. che assume colorazione rossa.

Da ultimo è riportata la legenda con esplicazione dei simboli e il check finale sulla verifica complessiva degli impianti di piano (centralizzato e/o autonomi).

ESEMPIO DI CALCOLO

- **Dimensionare** un impianto termico centralizzato a radiatori a servizio di 3 piani di un edificio residenziale di maggiore consistenza, completamente fuori terra. I tre piani da alimentare siano il piano 10-9-8. Inoltre si vogliono calcolare n. 3 impianti autonomi per n. 3 U.I. del piano 7.

PIANO 10

- Unità abitative del piano 10 da alimentare con l'impianto centralizzato: 1, 4, 5, 6;
- Unità abitative del piano 10 da alimentare con l'impianto autonomo: 2;
- Unità abitative del piano 10 da alimentare con nessun impianto: 3.

PIANO 9

- Unità abitative del piano 9 da alimentare con l'impianto centralizzato: 1, 2;
- Unità abitative del piano 9 da alimentare con l'impianto autonomo: nessuna;
- Unità abitative del piano 9 da alimentare con nessun impianto: 3, 4, 5, 6.

PIANO 8

- Unità abitative del piano 8 da alimentare con l'impianto centralizzato: 2, 5;
- Unità abitative del piano 8 da alimentare con l'impianto autonomo: nessuna;
- Unità abitative del piano 8 da alimentare con nessun impianto: 1, 3, 4, 6.

PIANO 7

- Unità abitative del piano 7 da alimentare con l'impianto centralizzato: nessuna;
- Unità abitative del piano 7 da alimentare con l'impianto autonomo: 1, 2, 3;

- Unità abitative del piano 7 da alimentare con nessun impianto: 4, 5, 6.

L'asse del circolatore sia più in basso rispetto al Piano di Riferimento Zero e la sua quota sia pari a -1,0 m rispetto a detto piano.

Siano:

- velocità max nelle Diramazioni pari a 1,0 m/s e nella Montante pari a 2,0 m/s;
- potenza nominale dell'elemento del corpo scaldante 100 W;
- fattore n dell'elemento del corpo scaldante 1,3;
- Temperatura di ingresso dell'acqua nel corpo scaldante 80 °C;
- Temperatura di uscita dell'acqua dal corpo scaldante 70 °C.

NOTA: si suppone che per ciascuna unità abitativa siano state calcolate le dispersioni termiche relative a ciascuna stanza/ambiente e che pertanto siano già noti il numero di radiatori da installare in ciascuna stanza con le relative potenze termiche.

Si riportano, di seguito le schede di calcolo degli impianti elaborate dal programma:

DIMENSIONAMENTO IMPIANTI TERMICI
DATI GENERALI

NUMERO PIANI EDIFICIO	10
TEMPERATURE	
Ti_Temperatura di Ingresso nel terminale (°C)	80.0
Tu_Temperatura di Uscita dal terminale (°C)	70.0
Ta_Temperatura Ambiente (°C)	20.0
ELEMENTI SCALDANTI	
Pn_Potenza Nominale dell'elemento (W)	100.0
Fattore n (adim.)	1.3
VELOCITÀ MASSIME	
VMmax_velocità max nelle diramazioni (m/s)	1.0
VMmax_velocità max nelle montanti (m/s)	2.0

SCHEMA EDIFICIO

IN PROGETTO		IN QUOTE	
10	IN PROGETTO	10	27
9	IN PROGETTO	9	24
8	IN PROGETTO	8	21
7	IN PROGETTO	7	18
6	IN PROGETTO		15
5	IN PROGETTO		12
4	IN PROGETTO		9
3	IN PROGETTO		6
2	IN PROGETTO		3
1	IN PROGETTO		0

PIANO RIF. ZERO 0.00

POSIZIONE ASSE POMPA_IMPIANTO CENTRALIZZATO

-1.0 CALDMA POMPA

1. Per ogni piano esistente per cui si prevedono U.I. da alimentare con impianto centralizzato o con impianti autonomi, inserire il N. PIANO e la relativa quota. Per i piani che si vogliono escludere da ogni calcolo di impianto centralizzato e impianti autonomi inserire come N. PIANO il segno "X" e come quota la relativa quota.

2. Per i piani che si vogliono escludere dal progetto di impianto centralizzato e impianti autonomi, inserire sempre e comunque la loro quota.

3. I piani inaccidenti, vengono esclusi in automatico da ogni calcolo e prescindono dal N. PIANO e quota inseriti.

FIG. 9 – INSERIMENTO DATI GENERALI



AE-SW SOFTWARE

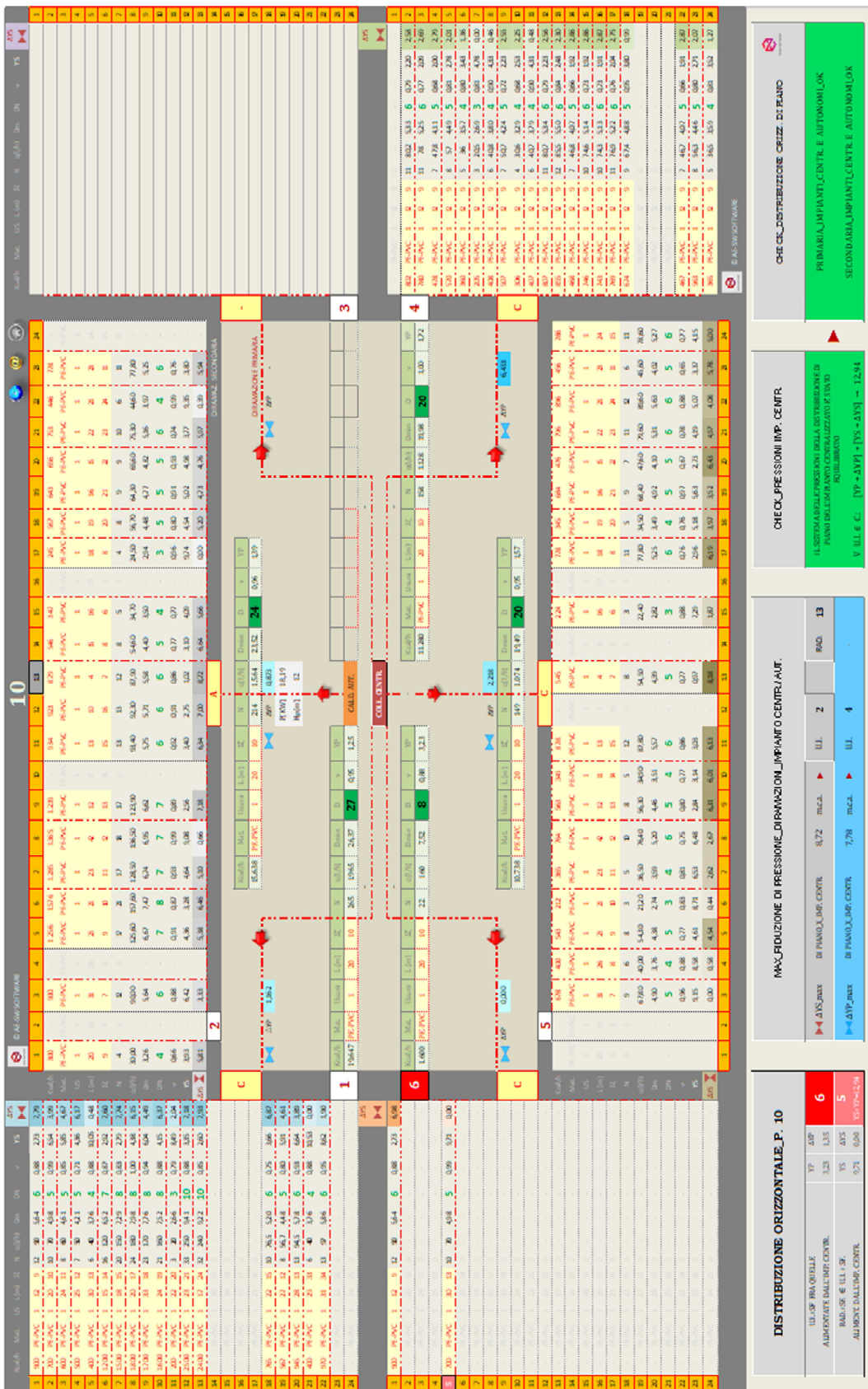


FIG. 10 – ESEMPIO: INSERIMENTO DATI DI PIANO PER IL PIANO N.10 E CALCOLO DELLE DIRAMAZIONI DI PIANO

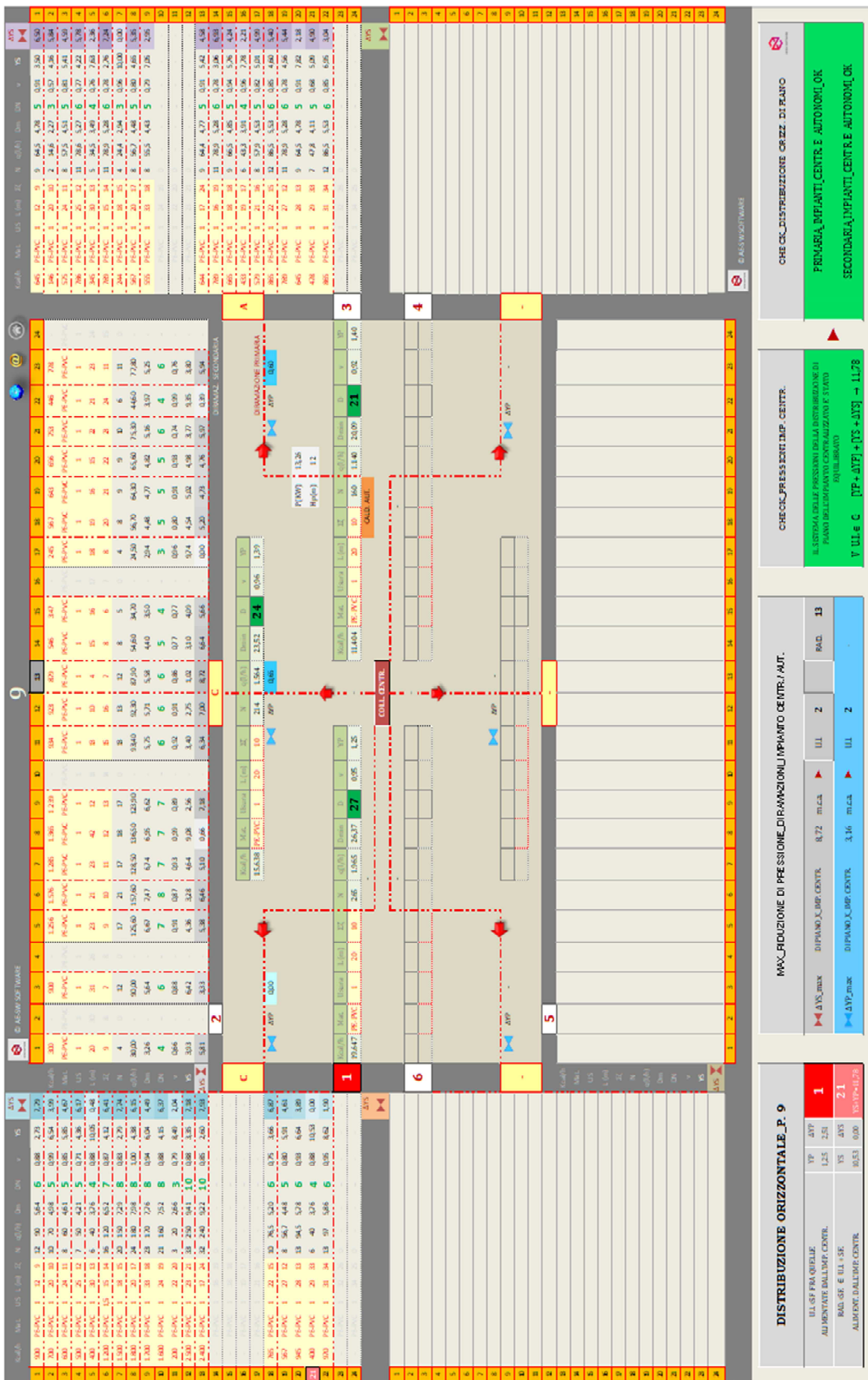


FIG. 11 – ESEMPIO: INSERIMENTO DATI DI PIANO PER IL PIANO N.9 E CALCOLO DELLE DIRAMAZIONI DI PIANO

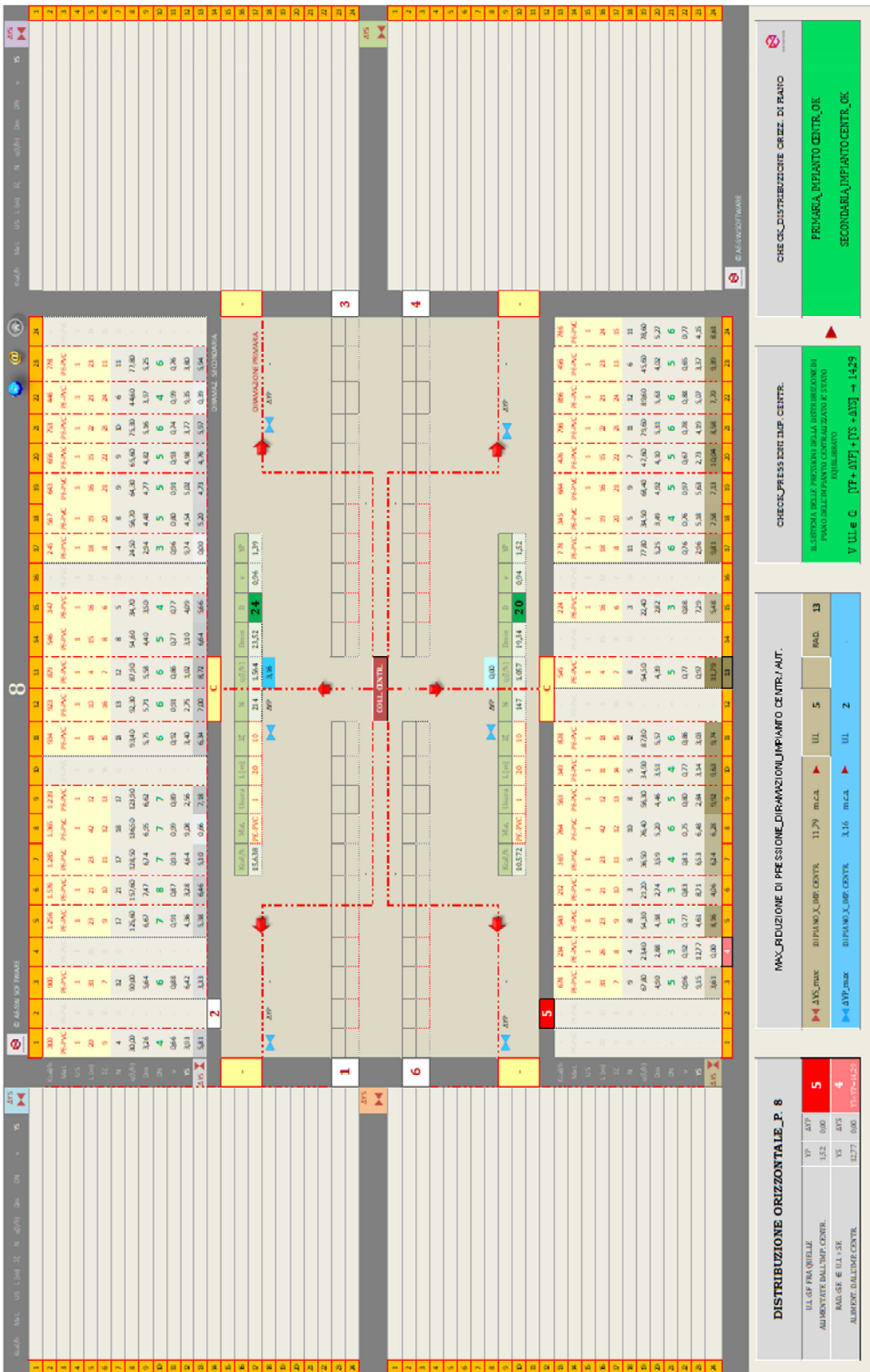


FIG. 12 – ESEMPIO: INSERIMENTO DATI DI PIANO PER IL PIANO N.8 E CALCOLO DELLE DIRAMAZIONI DI PIANO

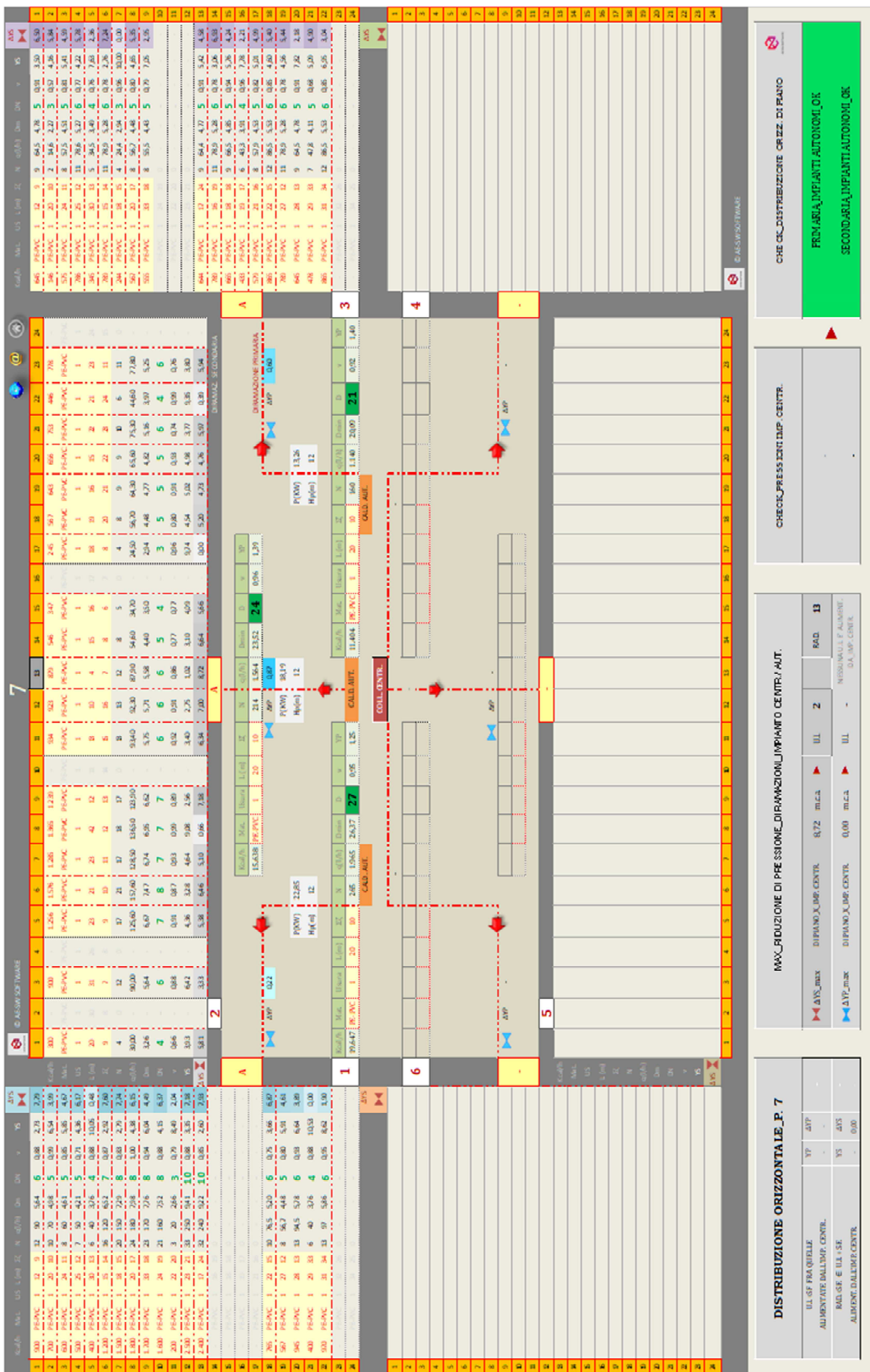


FIG. 13 – ESEMPIO: INSERIMENTO DATI DI PIANO PER IL PIANO N.7 E CALCOLO DELLE DIRAMAZIONI DI PIANO

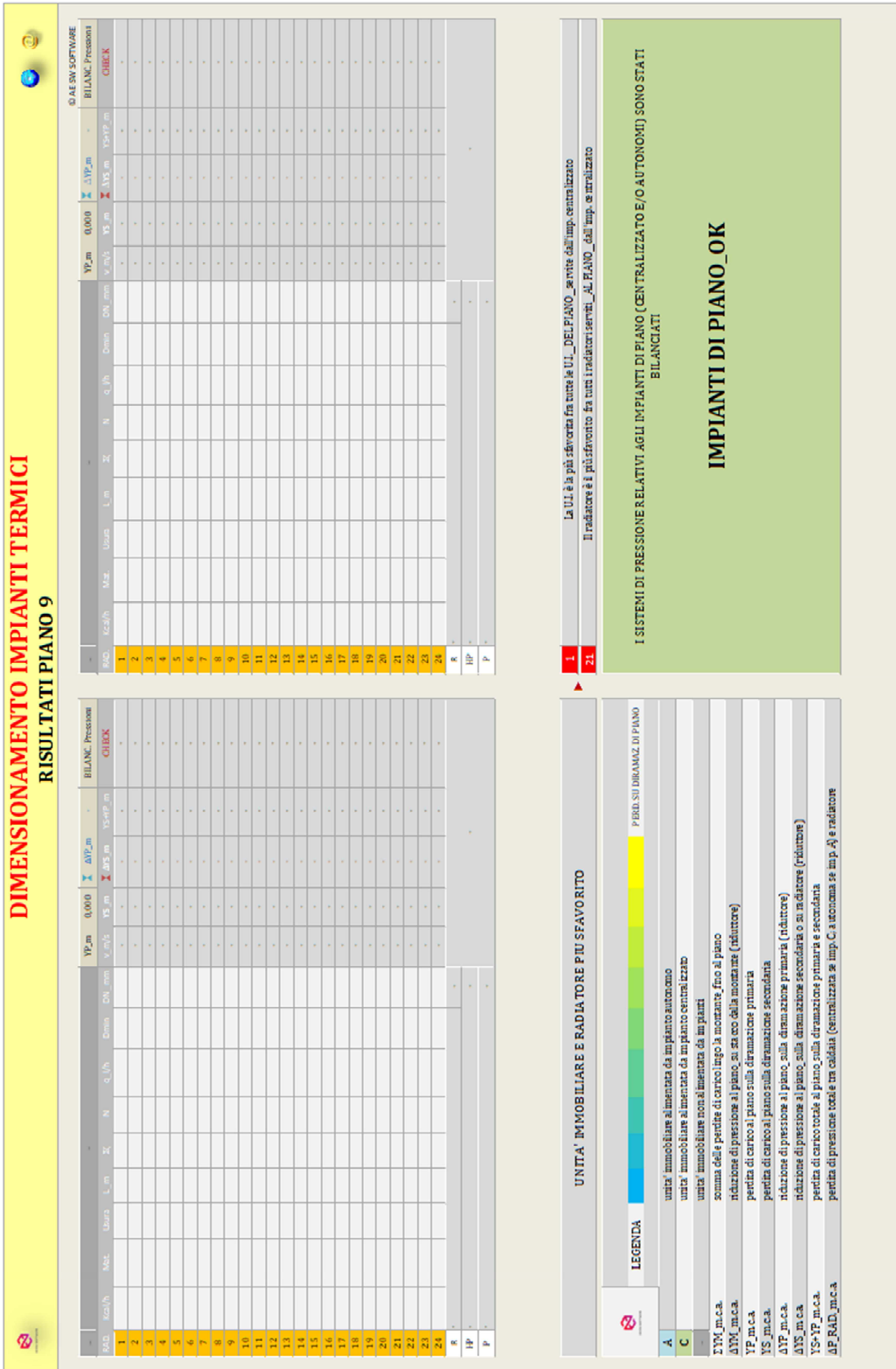


FIG. 16 B – ESEMPIO: STAMPA RISULTATI PIANO 9 – 2 DI 2

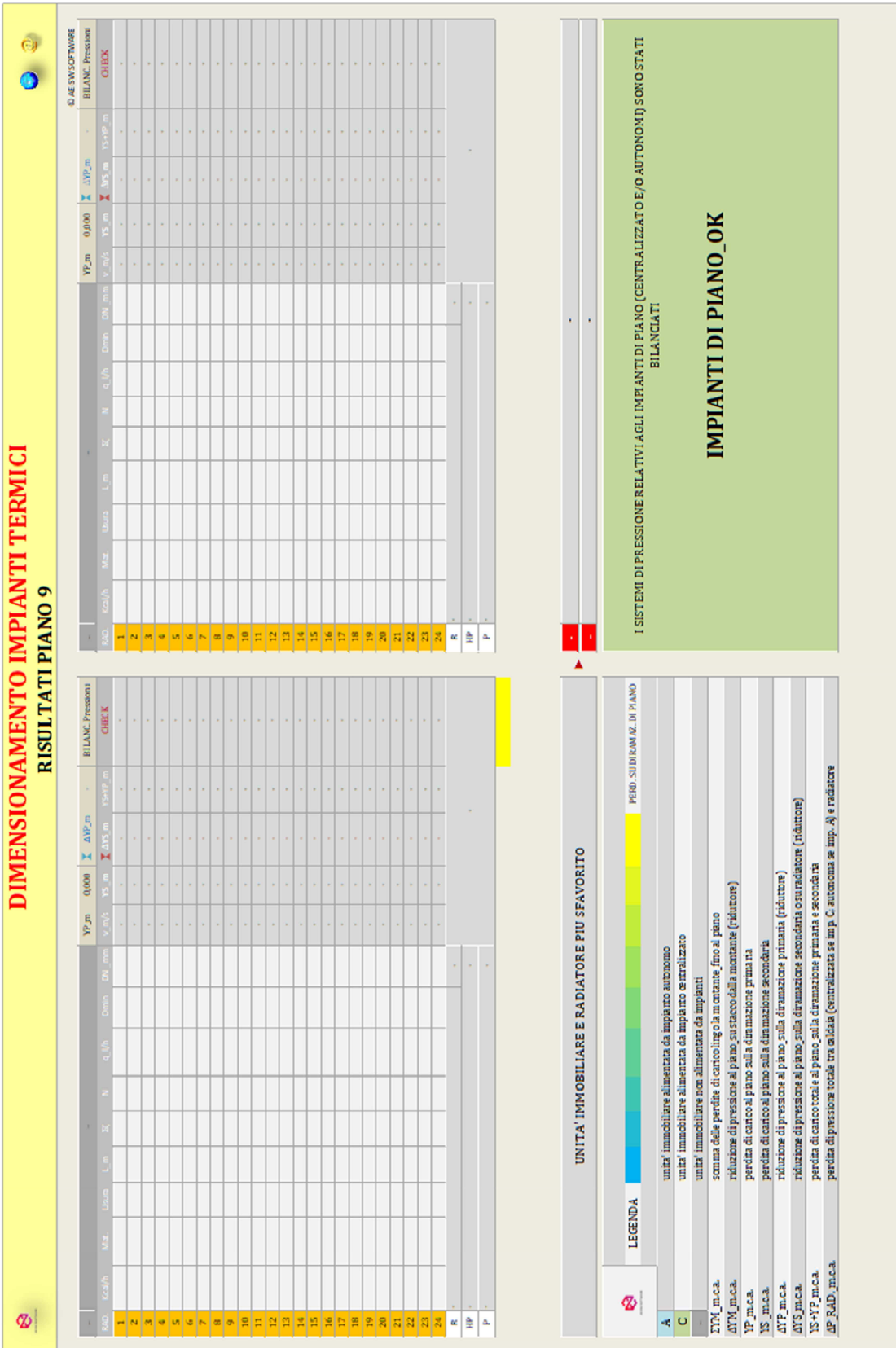


FIG. 18 B – ESEMPIO: STAMPA RISULTATI PIANO 7 – 2 DI 2

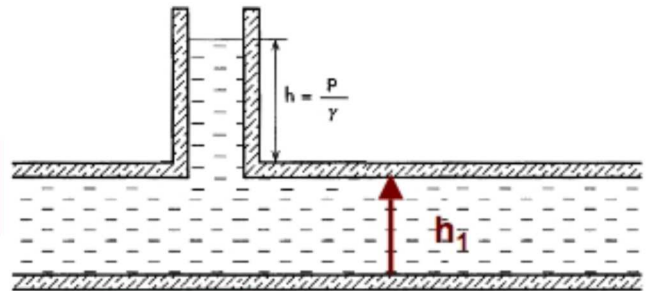


AE-SW SOFTWARE

PARTE C - BASI DI CALCOLO

ALTEZZA PIEZOMETRICA E GEODETICA

Si consideri un liquido contenuto in una tubazione orizzontale facente parte di un impianto idrico a servizio di un'unità immobiliare. La tubazione rappresentata, in sezione, sia sottoposto ad una determinata pressione p derivante da un acquedotto pubblico o da un impianto di sollevamento.



Se sulla tubazione si innesta un tubo verticale aperto in alto, il liquido salirà nel tubo fino ad un'altezza h tale che la colonna d'acqua sia di entità tale da equilibrare, col suo peso, la pressione p esistente nella tubazione. Quindi, in condizioni di equilibrio, la pressione idrostatica generata alla base del tubo verticale dalla colonna d'acqua sovrastante, eguaglia la pressione p esistente nella tubazione considerata.

Detto γ il peso specifico del liquido, si ha:

$$\gamma h = p$$

da cui:

$$h = p/\gamma$$

L'altezza h è detta **altezza piezometrica** e può essere assunta come misura della pressione esistente all'interno della tubazione.

L'altezza $z=h_1$ viene detta **altezza geodetica** e rappresenta la distanza, dal fondo del recipiente, della base del cilindro d'acqua preso in esame.

Per l'acqua, essendo γ pari a 1000 kg/mc, il valore di 1 atm vale 10,33 metri di colonna d'acqua (m.c.a.).

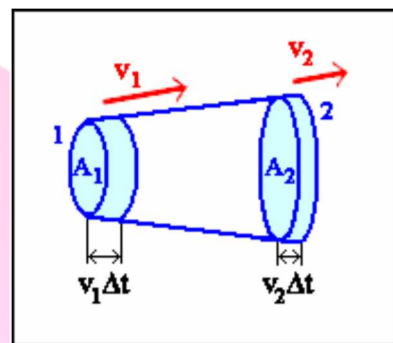
PORTATA DI UN FLUIDO

Si definisce portata q di una corrente fluida che scorre all'interno di un tubo il volume d'acqua che, nell'unità di tempo, attraversa una sezione del condotto avente giacitura perpendicolare alla direzione del movimento dello stesso fluido.

Generalmente, il volume si misura in metri cubi ed il tempo in secondi, risultando così la portata espressa in m³/sec. Le piccole portate si misurano, più frequentemente, in litri al secondo, o al minuto.

RELAZIONE TRA PORTATA, VELOCITA' E SEZIONE

Supponiamo di avere un condotto di sezione variabile ed un fluido incomprimibile (viscoso o meno). In un certo intervallo di tempo, ad un volume di fluido V entrante nel tubo corrisponderà un ugual volume di fluido V uscente.



Se all'entrata, nel punto 1, la velocità del fluido è v_1 e la sezione del condotto è A_1 , nell'intervallo di tempo Δt sarà passato un volume di fluido:

$$\Delta V_1 = A_1 v_1 \Delta t$$

Nel punto 2 la velocità del fluido non sarà necessariamente la stessa del punto 1: sarà una certa velocità v_2 corrispondente ad una sezione A_2 del tubo. Nello stesso intervallo di tempo uscirà quindi dal punto 2 un volume di fluido:

$$\Delta V_2 = A_2 v_2 \Delta t$$

Per l'incomprimibilità del fluido tali volumi saranno uguali per cui:

$$A_1 v_1 \Delta t = A_2 v_2 \Delta t$$

da cui:

$$q = Av = \text{cost}$$

Questa equazione è detta **equazione di continuità** per la quale *in una corrente stazionaria di un fluido incompressibile, la portata in volume ha lo stesso valore in ogni punto del fluido.*

TEOREMA DI BERNOULLI ED EFFETTO VENTURI

Consideriamo una condotta di forma generica in cui scorre un liquido ideale (viscosità nulla) in regime permanente (*il moto del liquido attraverso una sezione viene definito **a regime permanente** quando le grandezze fondamentali, ovvero pressione, velocità e portata, si mantengono costanti nel tempo*) fra due sezioni e supponiamo che il liquido in moto non riceva energia dall'esterno e nemmeno la ceda. **Il principio di conservazione dell'energia afferma che l'energia totale posseduta dal liquido nell'attraversamento della prima sezione, è uguale a quella che esso possiede nell'attraversamento della seconda sezione;** il liquido ideale non risente di alcuna forma di attrito.

L'energia totale posseduta dal liquido è la somma:

- dell'**energia potenziale** dovuta alla sua posizione:

$$E_g = m g z$$

dove con z indichiamo la quota del baricentro della sezione rispetto a un generico piano di riferimento (altezza geodetica);

- dell'**energia potenziale** dovuta alla pressione cui il liquido è sottoposto in funzione della sua altezza piezometrica:

$$E_p = m g \frac{p}{\rho g} = m \frac{p}{\rho}$$

- dell'**energia cinetica** che il liquido possiede in virtù della sua velocità:

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

Per il principio di conservazione dell'energia, risulterà:

$$m \left(g z_1 + \frac{p_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} \right) = m \left(g z_2 + \frac{p_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} \right)$$

da cui:

$$z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} = \text{cost}$$

L'espressione costituisce **l'equazione fondamentale dell'idrodinamica** di Bernoulli la quale mette in relazione la velocità v , la pressione p e l'energia potenziale del fluido, quest'ultima legata all'altezza z rispetto ad un piano di riferimento.

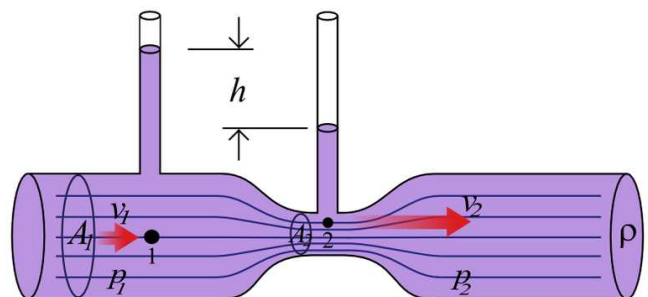
Il primo termine (z) è l'altezza di posizione o altezza geometrica o geodetica e misura l'energia potenziale dell'unità di peso liquido.

Il secondo termine ($h = p/\gamma$) è l'altezza piezometrica e misura l'altezza di pressione ossia l'altezza alla quale, la pressione presente nel condotto, spinge il fluido verso l'alto; essa misura l'energia di pressione dell'unità di peso del fluido.

Il terzo termine ($v^2/2g$) è l'altezza cinetica e rappresenta l'altezza dalla quale il fluido dovrebbe cadere per acquistare, rispetto ad un piano di riferimento, la velocità v ; essa misura l'energia di velocità dell'unità di peso del fluido.

L'equazione di Bernoulli può essere applicata al movimento di qualsiasi tipo di fluido, ma soprattutto permette di calcolare la velocità di un fluido misurando le variazioni di pressione, poiché la diminuzione della velocità provoca l'aumento della pressione e viceversa.

Se la velocità di un fluido aumenta, la pressione diminuisce. Questo fenomeno è detto *effetto Venturi*. Esso si dimostra applicando l'equazione di continuità e l'equazione di Bernoulli ad un tubo con una strozzatura orizzontale.



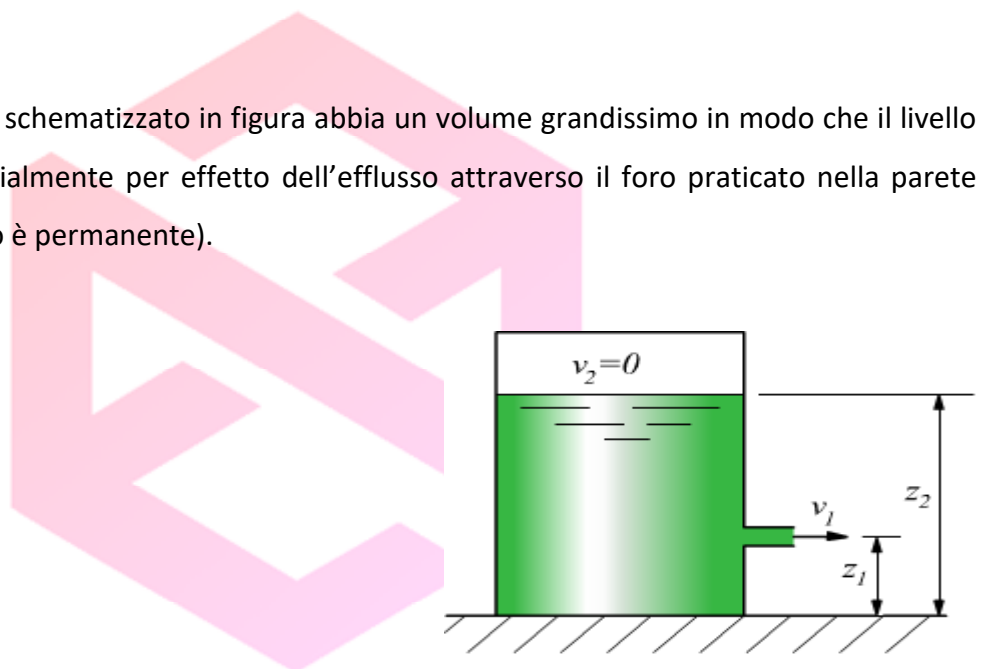
Essendo entrambe le sezioni 1 e 2 alla stessa quota l'equazione di Bernoulli non contiene il termine y e si riduce alla seguente:

$$\frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} = \text{cost}$$

Tenendo presente che per il flusso di un fluido vale anche l'equazione di continuità, essendo costante il prodotto $A v$, si avrà che ad una diminuzione della sezione A corrisponde un aumento della velocità v e, poiché la somma dei termini nell'equazione sopra deve anch'essa rimanere costante, una diminuzione della pressione nella zona a sezione ridotta del tubo.

LEGGI DI TORRICELLI

Supponiamo che il recipiente schematizzato in figura abbia un volume grandissimo in modo che il livello del liquido non muti sostanzialmente per effetto dell'efflusso attraverso il foro praticato nella parete (ciò per affermare che il moto è permanente).



Applichiamo l'equazione di Bernoulli, scegliendo la sezione **2** in corrispondenza del pelo libero e la sezione **1** normale alla vena effluente appena fuori dal foro di efflusso. Le pressioni p_2 e p_1 si possono così ritenere uguali alla pressione atmosferica ($p_2 = p_1 = p_{\text{atm}}$) e data la notevole estensione della superficie, il pelo libero può essere considerato in quiete ($v_a = 0$), pertanto:

$$z_2 = \left(z_1 + \frac{v_1^2}{2g} \right)$$

Ponendo ($z_2 - z_1 = h$) si ricava la velocità del liquido nel punto b, che rappresenta la velocità con cui il liquido fuoriesce dal foro:

$$v_1 = \sqrt{2gh}$$

Il fluido esce dal foro con una velocità pari a quella che avrebbe se scendesse in caduta libera per il tratto h che misura la distanza tra le due sezioni 2 e 1.

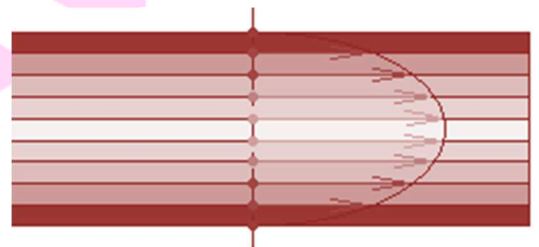
La quantità:

$$h = \frac{v_1^2}{2g}$$

rappresenta l'altezza cinetica e misura l'energia cinetica potenziale che possiede il liquido in virtù della sua velocità potenziale di efflusso.

RESISTENZE PASSIVE: ATTRITO E VISCOSITA'

Se in una condotta scorre un liquido ideale, la velocità dei vari filetti fluidi ha lo stesso valore in ogni punto di una sezione normale all'asse. Se effluisce un liquido reale i filetti fluidi che scorrono lungo le pareti sono soggetti a una forza resistente (*attrito esterno*) che ne rallenta il moto; a loro volta essi esercitano una azione frenante nei riguardi degli altri filetti fluidi con i quali sono a contatto (*attrito interno*). La velocità di un fluido reale non è costante in tutti i punti di una sezione normale all'asse della tubazione, ma è **massima al centro** e decresce avvicinandosi alle pareti fino a poterla ritenere **nulla** per uno strato infinitamente sottile prossimo **alle pareti stesse**.



L'intensità delle resistenze di attrito che si oppongono al moto delle particelle di liquido dipende dalla natura del fluido e dalla sua temperatura: l'olio, per esempio, fluisce in un tubo più lentamente dell'acqua, ma il suo movimento è agevolato aumentandone la temperatura.

La **viscosità** (detta anche *attrito interno*) di un fluido è **quella qualità che caratterizza con il proprio valore la maggiore o minore facilità di scorrimento del fluido stesso**. Esiste una **viscosità dinamica** μ del fluido in esame e una **viscosità cinematica** ν , pari al rapporto tra la viscosità dinamica e la densità del fluido:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

Se il liquido è poco viscoso (per es. acqua) e fluisce in una tubazione di piccolo diametro con velocità dell'ordine di qualche cm/s, i filetti fluidi seguono traiettorie parallele all'asse longitudinale della condotta, e il moto viene definito **laminare**. Aumentando gradualmente la velocità di scorrimento del liquido, le traiettorie descritte dai filetti fluidi divengono irregolari, si intersecano, si accavallano, dando luogo a un regime di moto detto **turbolento**.

Ripetendo l'esperienza con un liquido più viscoso, si riscontra che il passaggio da un regime all'altro, avviene in corrispondenza di un valore della velocità lievemente superiore; in modo analogo, si rileva che anche il diametro del tubo entro cui scorre il fluido ha influenza sulla presenza di uno dei due regimi suddetti. Queste considerazioni furono conglobate da Reynolds nella definizione di una grandezza caratteristica (detta **numero di Reynolds**) il cui valore numerico permette di stabilire se il liquido assumerà uno o l'altro dei due regimi di moto. Il numero di Reynolds Re ha l'espressione:

$$Re = \frac{\rho v d}{\mu}$$

In cui ρ è la densità del fluido, v è la velocità media del fluido, d è il diametro interno della tubazione e μ è la viscosità dinamica del fluido.

Talvolta il numero di Reynolds viene espresso tramite la viscosità cinematica ν con la relazione:

$$Re = \frac{v d}{\nu}$$

Il numero di Reynolds non ha dimensioni; per ogni liquido esiste un valore numerico del numero di Reynolds al disotto del quale il regime è sicuramente laminare e un secondo valore al disopra del quale il regime è sicuramente turbolento. Nell'intervallo fra i due valori suddetti, il moto del liquido è instabile.

Si è visto sperimentalmente che, in particolare, il moto del fluido può ritenersi:

- **laminare** per $Re < 2.000$ (le particelle del fluido hanno traiettorie ordinate e fra loro parallele);
- **turbolento** per $Re > 2.500$ (le particelle del fluido hanno traiettorie irregolari e variabili nel tempo; il moto è disordinato ed instabile);
- **transitorio** per $2.000 \leq Re < 2.500$ (il moto del fluido non è chiaramente né laminare né turbolento).

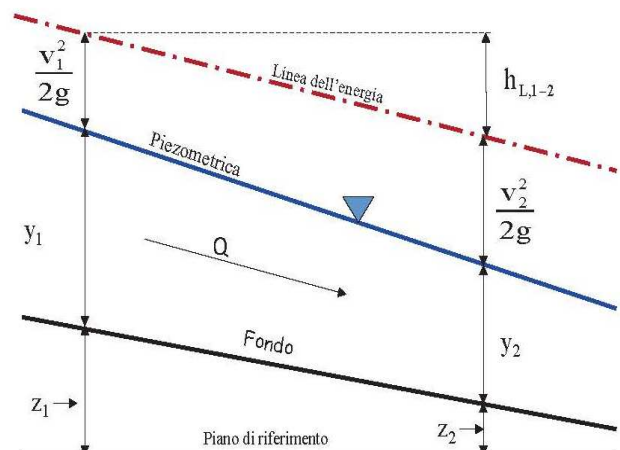
PERDITE DI CARICO

Le resistenze che un liquido oppone al movimento dovute all'attrito e alla viscosità del liquido, appartengono a due tipologie distinte: **resistenze continue** e resistenze accidentali o **resistenze localizzate**.

Le resistenze continue sono dovute in parte all'attrito del liquido contro le pareti del condotto nel quale scorre (attrito esterno) e in parte all'attrito tra i filetti più distanti dalle pareti che sono i più veloci, e i filetti più lenti che scorrono in prossimità delle pareti. Queste resistenze vengono dette continue perché si producono con continuità lungo tutto il percorso del fluido.

All'opposto, si definiscono resistenze localizzate quelle resistenze particolari che si manifestano in determinati punti della corrente caratterizzati da particolarità del condotto che moltiplicano, in quel determinato punto, le azioni di attrito interno, creando moti disordinati e vorticosi. Così ad esempio, ogni brusca variazione di sezione o di direzione della condotta determina una serie di urti e di vortici in seno alla massa liquida che causano perdite di pressione localizzate del fluido.

Le resistenze, siano esse continue o localizzate, determinano una perdita di energia del fluido il quale deve spendere un certo lavoro per vincerle. Se Y è l'energia dissipata dal fluido nel tratto di tubazione compreso tra due sezioni 1 e 2 a causa delle resistenze continue e/o localizzate, l'equazione di Bernoulli scritta in riferimento a tali due sezioni diventa la seguente:



$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Y$$

Dunque, l'energia iniziale eguaglia l'energia finale aumentata dell'energia dissipata $Y=h_{L,1-2}$, detta **perdita di carico**.

In definitiva, se a partire da un piano di riferimento, orizzontale, si portano verticalmente, e di seguito, i valori del trinomio di Bernoulli per le due sezioni 1 e 2, la differenza di altezza degli estremi delle ordinate

nelle due sezioni, rappresenta la perdita di carico dovuta alle resistenze passive tra le due sezioni considerate.

PERDITE DI CARICO CONTINUE

Le perdite di carico per resistenze continue sono dovute all'effetto degli attriti interni ed esterni dell'acqua in movimento.

L'espressione più generale che lega la perdita di carico J per unità di lunghezza della condotta di un fluido incomprimibile in moto permanente è quella di **Darcy-Weisbach**:

$$J = \frac{\lambda v^2}{2gD}$$

avendo indicato con D diametro della condotta, v la velocità media della corrente, g l'accelerazione di gravità e λ un coefficiente adimensionale di resistenza funzione, in generale, della scabrezza relativa del tubo e del numero di Reynolds:

$$R_e = \frac{\rho v d}{\mu}$$

con ρ = densità e μ = viscosità dinamica del fluido.

Per il calcolo di λ si può utilizzare la formula di **Colebrook-White**:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{2.51}{R_e \sqrt{\lambda}} + \frac{\varepsilon/D}{3.71} \right)$$

L'uso di questa formula normalmente avviene tramite la sua rappresentazione nel diagramma logaritmico denominato Abaco di Moody dove la funzione relativa al numero di Reynolds è rappresentata tramite un fascio di curve caratterizzate da scabrezza relative $\varepsilon/D = cost.$ Le scabrezze ε sono state fornite da numerosi autori sulla base di esperienze e sono riportate in apposite tabelle.

La formula di Colebrook-White ha l'inconveniente di non consentire di valutare λ direttamente ma di richiedere successive iterazioni di calcolo.

Numerose ricerche sono state effettuate per semplificare l'utilizzazione della formula di Colebrook-White, sia per i problemi di verifica (calcolo della portata), sia per problemi di progetto (calcolo del diametro e della cadente), in particolare si ricordano le seguenti formule:

Formula di Cao (formula di verifica):

$$q = -\frac{\pi D^2}{2} \sqrt{2gD} \log\left(\frac{\varepsilon}{3.71D} + \frac{2.51 v}{D^{3/2} \sqrt{2g}}\right)$$

Formula di Pezzoli (formula di progetto):

$$D = \frac{q^{2/5}}{2g^{1/5} \left\{ -\frac{\pi}{\sqrt{2}} \log\left[\frac{\varepsilon(2g)^{1/5}}{1.77q^{2/5}} + \frac{5.4 v}{q^{3/5}(2g)^{1/5}} \right] \right\}^{2/5}}$$

Accanto alla formula di *Darcy-Weisbach* per gli acquedotti esistono, e sono tuttora usate, numerose "**formule pratiche**" per il moto uniforme dell'acqua, che si possono dividere in due tipologie:

1. Formule che si rifanno all'espressione di Chézy;
2. Altre formule pratiche.

La prima tipologia fa riferimento all'espressione di:

Chézy:

$$v = \chi \sqrt{RJ}$$

che per le condotte circolari, con raggio idraulico $R = D/4$, si può riscrivere:

$$J = \beta \left(\frac{q^2}{D^5} \right)$$

Tale relazione lega la perdita di carico per unità di lunghezza, alla portata, e al diametro della tubazione ed inoltre a un coefficiente β dipendente dalla *scabrezza* del materiale della tubazione. La relazione si interpreta nel seguente modo:

- per una determinata tubazione (costanti β , D), la perdita di carico unitaria varia con il quadrato della portata;
- per una data portata (costante q), la perdita di carico unitaria è inversamente proporzionale alla quinta potenza del diametro; bastano cioè piccolissime variazioni del diametro per produrre notevoli variazioni nel valore delle perdite di carico.

Per il coefficiente β sono state fornite diverse espressioni da vari autori:

- **Bazin:**

$$\beta = 0.000648 \left(1 + \frac{2y}{\sqrt{D}}\right)^2$$

y è indice di scabrezza espresso in $m^{1/2}$;

- **Kutter:**

$$\beta = 0.000648 \left(1 + \frac{2m}{\sqrt{D}}\right)^2$$

m è indice di scabrezza espresso in $m^{1/2}$;

- **Gauckler-Strickler:**

$$\beta = \frac{10.3}{K^2 D^{1/3}}$$

y è indice di scabrezza espresso in $m^{1/3} s^{-1}$;

- **Darcy:**

$$\beta = 0.00164 + \frac{0.000042}{D}$$

D è il diametro espresso in m.

La seconda tipologia di espressioni sono tutte di tipo monomio e pertanto consentono agevolmente la soluzione oltre che rispetto a J , anche rispetto a Q e D .

Le più note sono le seguenti (D in m, Q in m^3/s):

Marchetti (1) - tubi serie gas in acciaio senza saldatura, zincati; ($15 \leq D \leq 41$ mm; $0.20 \leq v \leq 7$ m/s):

$$J = 0.00080 q^{1.83} D^{-4.95}$$

Marchetti (2) - tubi serie gas in acciaio senza saldatura, zincati; ($41 \leq D \leq 81$ mm; $0.20 \leq v \leq 7$ m/s):

$$J = 0.0012 q^{1.83} D^{-4.83}$$

Scimemi Veronese - tubi in acciaio senza saldatura con bitumatura interna; ($39 \leq D \leq 403$ mm; $0.20 \leq v \leq 4$ m/s):

$$J = 0.00145 q^{1.82} D^{-4.71}$$

Orsi (1) - tubi serie gas in acciaio saldati, con bitumatura interna; ($15 \leq D \leq 68$ mm; $0.20 \leq v \leq 5$ m/s):

$$J = 0.000627 q^{1.79} D^{-4.88}$$

Orsi (2) - tubi serie gas in acciaio saldati, con zincatura a caldo; ($16 \leq D \leq 68$ mm; $0.20 \leq v \leq 5$ m/s):

$$J = 0.000811 q^{1.81} D^{-4.89}$$

Orsi (3) - tubi serie gas in acciaio saldati e grezzi; ($16 \leq D \leq 68$ mm; $0.20 \leq v \leq 4$ m/s):

$$J = 0.000905 q^{1.81} D^{-4.87}$$

Orsi (4) - tubi d'acciaio saldati con bitumatura interna; ($69 \leq D \leq 162$ mm; $0.20 \leq v \leq 4$ m/s):

$$J = 0.000878 q^{1.81} D^{-4.86}$$

Orsi (5) - tubi d'acciaio saldati grezzi; ($70 \leq D \leq 162$ mm; $0.20 \leq v \leq 4$ m/s):

$$J = 0.000864 q^{1.85} D^{-4.98}$$

Milano - tubi grezzi d'acciaio senza saldatura, serie gas; ($9 \leq D \leq 42$ mm; $0.30 \leq v \leq 8$ m/s):

$$J = 0.001485 q^{1.81} D^{-4.77}$$

Scimemi:

Tubi di cemento amianto; ($50 \leq D \leq 400$ mm):

$$J = 0.00091 q^{1.786} D^{-4.786}$$

Ghisa senza alcun rivestimento interno ($40 \leq D \leq 200$ mm):

$$J = 0.00130 q^{1.869} D^{-4.906}$$

Cemento liscio ($300 \leq D \leq 2000$ mm):

$$J = 0.00134 q^{1.887} D^{-5.188}$$

Acciaio galvanizzato ($10 \leq D \leq 150$ mm):

$$J = 0.00065 q^{1.852} D^{-5.096}$$

Marchetti - acciaio senza saldatura con bitumatura interna ($85 \leq D \leq 347$ mm; $0.30 \leq v \leq 5.8$ m/s):

$$J = 0.0010 q^{1.81} D^{-4.80}$$

Hazen- Williams - per diversi tipi di tubazioni:

$$J = \frac{10.675 q^{1.852}}{C^{1.852} D^{4.8704}}$$

Il coefficiente **C** dipende dalla scabrezza della tubazione e assume i seguenti valori:

- 100 per tubi calcestruzzo;
- 120 per tubi acciaio;
- 130 per tubi ghisa rivestita;
- 140 per tubi rame, inox;
- 150 per tubi PE, PVC e PRFV;

Per i tubi che convogliano acqua, si possono considerare tre classi di *rugosità*: la bassa, la media e l'elevata:

- *la bassa rugosità*, comprende i tubi in rame, acciaio inox e materiale plastico (la scabrezza omogenea equivalente è $\epsilon < 0,007$ mm);

- *la media rugosità*, comprende i tubi in acciaio nero o zincato (scabrezza omogenea equivalente $0,020 \leq \varepsilon < 0,090$ mm);
- *l'elevata rugosità*, invece, comprende i tubi sensibilmente incrostati e/o corrosi (scabrezza omogenea equivalente $0,200 < \varepsilon < 1,000$ mm; esempio ferro arrugginito: $\varepsilon \cong 0,700$ mm).

PERDITE DI CARICO LOCALIZZATE

Le perdite di carico sono dovute alla presenza di pezzi speciali che fanno variare la direzione o la sezione di passaggio del fluido. Possono essere calcolate con uno dei seguenti metodi:

- metodo diretto, tramite l'utilizzo di coefficienti che dipendono dalla forma e dalle dimensioni dei pezzi speciali;
- metodo delle portate nominali, mediante il ricorso, per ogni pezzo speciale, al valore della sua portata nominale: cioè alla portata che corrisponde ad una perdita di pressione unitaria predefinita;
- metodo delle lunghezze equivalenti, attraverso la sostituzione di ogni pezzo speciale con un tratto di tubo lineare in grado di dare le stesse perdite di carico.

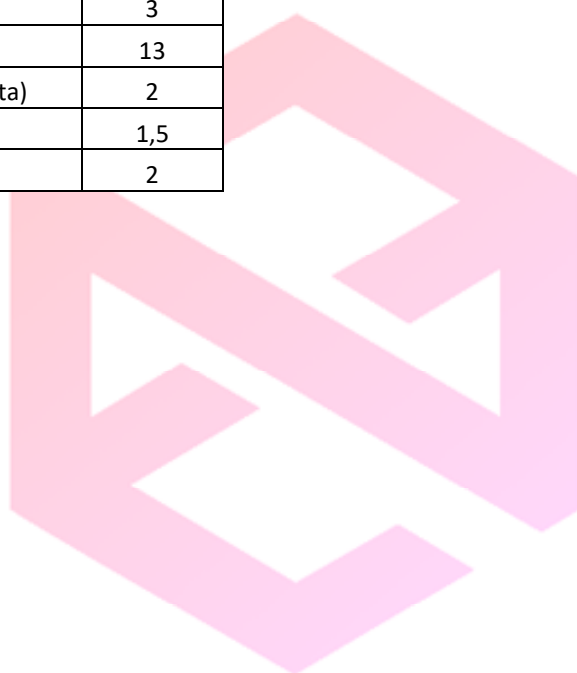
In genere, per il dimensionamento dei tubi e delle pompe si ricorre al metodo diretto, in quanto è sufficientemente accurato ed è facile da utilizzare. Con tale metodo le perdite di carico localizzate espresse in **m di H₂O** si possono calcolare attraverso la seguente formula:

$$J_c = \sum \xi \frac{v^2}{2g}$$

dove: ξ = coefficiente di perdita localizzata, adimensionale; v = velocità media dell'acqua nella tubazione (m/s); g = accelerazione di gravità (m/s^2).

Pezzi speciali	ξ
curva stretta a 90°	1,5
curva semistretta	1
curva larga	0,5
curva stretta a U	2
curva semistretta a U	1,5
curva larga a U	0,8
saracinesca a passaggio ridotto	1
saracinesca a passaggio totale	0,2
allargamento	1

restringimento	0,5
diramazione semplice a T	1
diramazione doppia a T	3
confluenza semplice a T	1
confluenza doppia a T	3
valvola di intercettazione a rondella	8
valvola di ritegno	2
valvola a passaggio ridotto	1
valvola a 3 vie	6
valvola a 4 vie	10
radiatore (passaggio)	3
caldaia (passaggio)	3
contatore (passaggio)	13
autoclave - serbatoio (entrata/uscita)	2
rubinetto	1,5
collettore (entrata e uscita)	2



AE-SW SOFTWARE

BIBLIOGRAFIA

Impianti sanitari - Angelo Gallizio

Hoepli editore, ottobre 1994, Milano

“Progettazione e tecnica d'installazione degli impianti idraulici-sanitari-gas nell'interno degli edifici. Piscine - Impianti di irrigazione - Grandi cucine - Grandi lavanderie – Grattacieli”.

Impianti tecnici dell'edilizia - Vito Giorgio Colaianni

Franco Angeli Editore, aprile 2008, Milano

“Impianti tecnici dell'edilizia. Idrico-sanitari, di scarico, termici, di climatizzazione, di distribuzione del gas di rete, elettrici”.

Manuale degli impianti termici e idrici - Francesco Calza

Tecniche Nuove, dicembre 2010, Milano

Impianti di riscaldamento - Vittorio Bearzi

Tecniche Nuove, aprile 2012, Milano

“Guida alla progettazione del sistema edificio-impianto”

Impianti idrici negli edifici - Salvini Stefano, Soma Paola

Hoepli editore, luglio 2013, Milano

“Dimensionamento delle reti e progettazione. Acqua di consumo, reti antincendio, piscine e sistemi di irrigazione”.

Tabelle e diagrammi perdite di carico acqua - Marco Doninelli, Mario Doninelli

Quaderni Caleffi

Sito Internet: www.caleffi.com

Perdite di carico nelle condotte

Sito Internet: www.oppo.it

AE-SW SOFTWARE

CALCOLO IMPIANTI TERMICI

Programma in excel per il calcolo e la verifica di impianti termici centralizzati e autonomi

Il programma consente il dimensionamento di impianti termici a radiatori a collettori complanari, del tipo centralizzati o autonomi a servizio di unità immobiliari appartenenti a edifici pubblici o privati. Il programma effettua il dimensionamento di impianti nuovi, la verifica di impianti esistenti, a seguito di lavori di adeguamento o ampliamento impiantistico con successiva verifica di corretto funzionamento.

La progettazione degli impianti centralizzati e autonomi può essere condotto separatamente o simultaneamente.

Le unità immobiliari possono appartenere a edifici di qualunque altezza.

Il programma effettua il calcolo dei diametri delle diramazioni di piano e della montante; determina altresì le perdite di carico continue e localizzate, il valore della portata e delle velocità dell'acqua nelle tubazioni. Segnala il piano più sfavorito dell'impianto centralizzato e il corpo scaldante più sfavorito in termini di perdite di carico.

Calcola la prevalenza della pompa dell'impianto centralizzato o del circolatore della caldaia murale associata agli impianti autonomi.

Effettua il bilanciamento del sistema delle pressioni sui radiatori alimentati ai vari piani dall'impianto centralizzato determinando il valore della caduta di pressione da indurre sulla montante, sulle diramazioni primarie e su quelle secondarie mediante l'installazione di riduttori di pressione o di valvole di sicurezza sui radiatori.

Effettua la stampa degli elaborati di calcolo in formato A3 cartaceo oppure in formato pdf.

MANUALE D'USO

**PREPARED AND PRESENTED BY
AE-SW SOFTWARE**