

si ha semplicemente, indicando con l'indice e le grandezze relative al campione di riferimento che corrispondono ad uguali distanze dalla sezione iniziale:

$$k = k_0 \frac{\left[ \frac{t_0 - t_c}{t_0 - t_c} (n^2 + \sqrt{n^2 - 1}) \right]}{\left[ \frac{t - t_c}{t_0 - t_c} (n + \sqrt{n^2 - 1}) \right]} \quad (5)$$

4. - Dei metodi di misura a regime variabile può essere applicato il metodo della sfera o quello recente a dispositivo di contatto del VERNOTTE.

Una sfera del materiale in istudio è posta bruscamente in un termostato a temperatura diversa dall'ambiente nel quale era prima la sfera stessa e si segue l'andamento della temperatura del suo centro, al quale arriva un sottile giunto termoelettrico.

Detti:  $\theta$  la differenza, al tempo  $\tau$ , fra la temperatura al centro e la temperatura del termostato;  $\theta_0$  la stessa differenza all'istante iniziale,  $\alpha$  la diffusività termica (pari al rapporto della conduttività al calore specifico dell'unità di volume),  $r$  il raggio della sfera, l'andamento della temperatura centrale dopo un tempo sufficiente (e cioè per  $\theta/\theta_0 < 0,7$ ) soddisfa con discreta approssimazione alla relazione:

$$\log_{10} (\theta/\theta_0) = 0,31 - (4,13 \quad \alpha\tau)/r^2 \quad (6)$$

dalla quale, calcolato il parametro adimensionale  $\alpha\tau/r^2$ , si ricaverà  $\alpha$  e quindi  $k$ . A formule analoghe

si giunge con campioni di forma pure semplice, quali il cubo e il cilindro a sezione circolare.

Il metodo del Vernotte (che non risulta però finora praticamente applicato) consiste nel seguire il raffreddamento nel tempo di un cilindretto metallico riscaldato la cui base è premuta contro il materiale di cui si vuol determinare la conduttività e che per il resto è ben isolato rispetto all'ambiente.

Detti:  $t_0$ , la temperatura iniziale del cilindretto,  $t$  quella al tempo  $\tau$ ,  $C$  la capacità termica del cilindretto stesso riferita all'unità dell'area di contatto,  $c$  e  $p$  rispettivamente il calore specifico e la massa specifica del materiale in istudio, dalla teoria del fenomeno si ha:

$$t - t_c + \frac{C}{\sqrt{\pi kcp}} \frac{t_0}{\sqrt{\tau}} + \frac{C^2}{kcp} \left( \frac{dt}{d\tau} \right) \tau \quad (7)$$

Si può evitare l'integrazione della (7) ricavando dal grafico ( $t, \tau$ ) il valore di  $(dt/d\tau)$  al tempo  $\tau$ . — Del resto la soluzione della (7) è:

$$t - t_c \left[ 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \frac{kcp}{c^2 r} \int_0^{\frac{t - t_c}{\sqrt{kcp/C}}} \frac{e^{-u^2}}{\sqrt{kcp/C}} du \right] \quad (8)$$

in cui compare il noto integrale di GAUSS.

Cesare Codegone

## Criteri di impostazione progettuale degli impianti per riscaldamento d'ambientazione

*Contributo agli studi per la redazione delle norme C.T.I. per gli impianti di riscaldamento. La presente relazione è stata promossa dalla apposita S. Commissione costituita presso la Sezione Piemontese ATI e così composta: Ing. G. Biddau, Ing. G. Boido, Ing. L. De Giacomi, Prof. C. Codegone, Ing. V. Laudi, Comm. G. Sartorio, Ing. A. Vaccaneo (relatore).*

*Si classificano gli impianti termodistributori con aerazione naturale ed artificiale, gli impianti termogeneratori locali e centrali. Si precisano le caratteristiche funzionali di esercizio per gli impianti termodistributori (centrali) e quelli termogeneratori (locali e centrali). Si parla della regolazione degli impianti e si forniscono comparazioni di costi di installazioni ed esercizio. Si danno direttive sulla impostazione progettuale.*

### PREMESSE

Il riscaldamento d'ambientazione può, come qualsiasi altro problema tecnico, trovare in ogni caso determinato più soluzioni risolutive.

Per la più opportuna scelta fra le diverse soluzioni « tipo » adottabili in pratica, occorre avere presente un quadro il più completo possibile delle corrispondenti caratteristiche funzionali (di esercizio) ed economiche (costo di installazione e di esercizio). In base al quale la scelta dovrà essere effettuata fra i « tipi » di impianto che rispondono soddisfacentemente a tutte le inderogabili esigenze funzionali richieste, preferendo quello che realizza parallelamente anche il minimo costo di installazione e di esercizio cioè « di gestione ». Ovvero quello cui corrisponde anche un costo di gestione che sia comunque contenuto entro termini economici accettabili o prefissati da chi (od in accordo con chi) ha la responsabilità economica dell'impianto sia dal lato esecutivo che dell'esercizio.

È evidente che il succitato « Quadro » delle caratteristiche tecniche-economiche di ogni tipo d'impianto non può avere valore assoluto bensì solo comparativo, e che inoltre in casi particolari può essere suscettibile di qualche eccezione anche sotto l'aspetto comparativo.

Con tali riserve, esponiamo il seguente « Quadro Comparativo », che per comodità di impiego abbiamo suddiviso in cinque ripartizioni principali:

- A) classificazione in « tipi » fondamentali degli impianti distributori del calore (=termodistributori) e degli impianti generatori del calore (=termogeneratori);
- B) elencazione e comparazione delle caratteristiche funzionali di esercizio per i differenti « tipi »;
- C) regolazione (manuale ed automatica) del complesso riscaldante, con riferimento agli impianti termodistributore e termogeneratore corrispondentemente adottati;

D) comparazione dei costi di installazione e di esercizio per i differenti « tipi »;

E) direttive di coordinamento e di utilizzazione dei dati B; C; D per la scelta e l'impostazione progettuale.

### Quadro comparativo degli impianti per il riscaldamento d'ambientazione.

#### A) = CLASSIFICAZIONE DEGLI IMPIANTI

Ogni complesso termotecnico che realizza un riscaldamento d'ambientazione (vedi in seguito) può, per comodità di studio e razionalità di progettazione, essere formalmente scisso in due impianti costitutivi aventi ciascuno una specifica funzione. Ad uno è affidata la produzione del fabbisogno di calore sotto specie di fluido termointermediario; all'altro compete il compito di veicolare il suddetto fluido dalla sorgente di calore agli ambienti utenti, facendolo passare

in corpi riscaldanti disposti negli ambienti stessi.

I due suddetti impianti costitutivi sono stati qui denominati rispettivamente « impianto termogeneratore » ed « impianto termodistributore »: la loro autonoma esistenza in ciascun complesso di riscaldamento è realizzata costruttivamente (ed è quindi sostanzialmente individuabile) nei riscaldamenti cosiddetti « centrali », mentre lo è in genere solo virtualmente nei riscaldamenti cosiddetti « locali ».

#### Gli impianti termodistributori.

Il riscaldamento d'ambientazione ha lo specifico compito di elevare la temperatura interna degli ambienti al limite richiesto per renderli termicamente abitabili dalle persone che in essi debbono essere presenti allorché la perdita di calore verso l'esterno è tale che, in assenza del riscaldamento in oggetto, la temperatura interna degli ambienti stessi risulterebbe inferiore al limite di cui sopra.

Premettiamo però che pur senza parlare di vero e proprio « condizionamento d'ambiente » (che implica anche il controllo sulla umidità dell'aria), qualsiasi impianto di riscaldamento non può prescindere dalla « aerazione » dell'ambiente, cioè dall'effettuazione, oltre al riscaldamento, anche di un ricambio dell'aria che sia sufficiente a realizzare e mantenere nel locale riscaldato accettabili condizioni igieniche di respirazione e di permanenza.

La suindicata « aerazione » deve sempre essere prevista e realizzata in qualsiasi impianto cosiddetto di « riscaldamento d'ambientazione »: essa potrà risultare naturale od artificiale. Sarà naturale se si effettuerà esclusivamente per imperfetta chiusura dei serramenti esterni e ad opera dei moti termoconvettivi spontanei; sarà artificiale se invece si effettuerà in parte o tutto in modo forzato o comunque differente.

Data questa premessa fondamentale riteniamo opportuno classificare anzitutto gli impianti termodistributori in:

I) impianti con aerazione naturale

II) impianti con aerazione artificiale.

Questa classificazione a nostro avviso ha il pregio di consentire un facile, anzi, naturale allacciamento degli impianti cosiddetti di riscaldamento a quelli cosiddetti di condizionamento, in quanto il passaggio dai primi ai secondi, dal punto di vista concettuale comporta in definitiva l'aggiunta, alle precedenti I e II, di una III classe che diremo « di riscaldamento o refrigerazione con aerazione ed umidità controllata », e che in sostanza deriva direttamente dalla combinazione di I o II con un dispositivo di refrigerazione e di regolazione della umidità più o meno complesso.

A loro volta, gli impianti del tipo II derivano dalla combinazione di I con un dispositivo di aerazione più o meno complesso.

In conclusione la classificazione che presentiamo intende sostanzialmente e nelle sue linee generali differenziare gli impianti termodistributori partendo dal riscaldamento « puro » e procedendo attraverso le differenti combinazioni di ri-

scaldamento/aerazione sino al condizionamento integrale (classe III), il quale ultimo sarà oggetto di altro studio.

#### Classe I. - Impianti termodistributori con aerazione naturale.

Gli I. che più d'ogni altro tendono a realizzare il riscaldamento « puro » impiegano apparecchi riscaldanti che trasmettono il calore all'ambiente prevalentemente per radiazione: il contrario di casi della trasmissione per convezione. Nei primi pertanto rispetto ai secondi, a parità di effetto termico risultante sulle persone utenti si ha una minor temperatura dell'aria ambiente e una maggiore delle pareti, degli orizzontamenti e corpi in genere presenti nell'ambiente.

Nella realtà, come ovvio, non è però possibile concretare una trasmissione né per sola radiazione né per sola convezione, e tipizzeremo pertanto gli impianti della classe I in relazione appunto al corrispondente valore (in senso decrescente) del rapporto radiazione/convezione:

1) I. con apparecchi riscaldanti a grandissima superficie specifica di trasmissione e fluido riscaldante a bassa temperatura (non superiore a circa 50°C) - Comunemente detti: a pannelli radianti con tubi solidalmente incorporati alle strutture murarie.

2) I. con apparecchi riscaldanti a grande o media superficie specifica di trasmissione e fluido riscaldante a media od alta temperatura (prossima o superiore a 100°C) - Comunemente detti: a pannelli radianti con tubi non solidalmente incorporati alle s. m.

3) I. con apparecchi riscaldanti a media superficie specifica di trasmissione e fluido riscaldante a temperatura prossima a 100°C. Detti comunemente: a radiatori; termoconvettori; tubi nervati o lisci.

4) I. con apparecchi riscaldanti a piccola superficie specifica trasmittente attivata da ventilatore, e con fluido riscaldante a temperatura prossima o superiore a 100°C. Detti comunemente: ad aerotermini od a convezione forzata.

#### Classe II. - Impianti termodistributori con aerazione artificiale.

5) I. con apparecchi riscaldanti (centralizzati o non) a media superficie specifica di trasmissione, ed a circolazione controllata d'aria (di ricambio e di eventuale ripresa) con movimento ottenuto per tiraggio naturale. Comunemente detti: caloriferi.

6) I. con apparecchi riscaldanti a piccola superficie specifica di trasmissione ed a circolazione canalizzata d'aria (di ricambio) con movimento ottenuto a mezzo di ventilatori locali, cioè al servizio di un solo ambiente. Comunemente detti: a batteria aeroterma od a mobiletto condizionatore, con presa d'aria esterna.

7) I. con apparecchi riscaldanti a piccola superficie specifica di trasmissione ed a circolazione canalizzata d'aria (di ricambio e di eventuale ripresa) con movimento ottenuto a mezzo di ventilatori centrali, cioè al servizio di più ambienti. Comunemente detti: I. centrali ad aria soffiata.

#### Gli impianti termogeneratori.

Sono anzitutto da ripartirsi nelle due seguenti classi:

I) impianti locali, che cioè hanno anche funzione termodistributrice diretta;

II) impianti centrali, aventi direttamente la sola funzione termogeneratrice.

#### Classe I. - Impianti locali termogeneratori/distributori.

8) Stufe e stufoni a resa unitaria sufficiente per piccoli ambienti (inferiori a ca. 100 mc), con uso di combustibili di facile impiego (legna, coke, antracite, liquidi poco viscosi, gas) o di energia elettrica. In questi apparecchi, le pareti esterne riscaldano direttamente l'aria ambiente sfruttando irradiazione e moti convettivi naturali.

9) Stufoni per medi ambienti (circa 500 mc. ed oltre), con impiego di combustibili industriali, cioè a Cal-combustibile di basso costo, (litantraci, fuel oil, gas naturali o di ricupero) o eccezionalmente di energia elettrica. Con questi apparecchi il calore è fornito all'ambiente prevalentemente per trasmissione convettiva forzata, a mezzo di ventilatori che aspirano l'aria (di ripresa o di ricambio) portandola a contatto con apposite superfici riscaldanti.

10) Stufe per piccoli, medi e grandi ambienti ad impiego di gas tecnici o naturali con combustione normale o superficiale e con cessione del calore all'ambiente prevalentemente per irradiazione. Detti comunemente: a pannelli o superfici radianti per combustione diretta di gas.

N. B. - Tutti gli impianti di questa Classe I che bruciano dei combustibili, richiedono (vedi paragrafo B) e tendono a realizzare un'aerazione di entità superiore a quella media propria degli impianti che abbiamo definiti « ad aerazione naturale ».

#### Classe II. - Impianti centrali termogeneratori.

Nella generalità dei casi, gli impianti in esame sono sostanzialmente costituiti da una sorgente di calore (=caldaia o scambiatore) che riscalda direttamente od indirettamente il fluido termo-intermediario destinato a circolare nei corpi riscaldanti d'ambiente. Questo fluido (generalmente acqua o vapore acqueo) ha temperatura tanto più elevata quanto più piccola è la superficie specifica di trasmissione dei corpi riscaldanti.

Gli impianti in oggetto hanno dunque il compito di produrre il fluido termo-intermediario nella portata, contenuto termico specifico e temperatura richiesti con il minimo costo di gestione possibile.

Essi sono stati distinti come segue, con riferimento (a partire dai valori più bassi) ai rendimenti termici di combustione che usualmente (vedi paragrafo B-m) si verificano per le diverse sorgenti di calore ad impiego « primario » di combustibile, nelle quali cioè il combustibile è bruciato al fine precipuo (se non unico) di riscaldare il fluido termo-intermediario:

11) calorifero, con passaggio diretto del calore dai prodotti della combustione all'aria destinata agli ambienti;

12) caldaie a focolare interno ed a tubi di fumo;

13) caldaie a focolare esterno ed a tubi di fumo;

14) caldaie a tubi d'acqua.

A parte vanno infine considerati gli 15) scambiatori non a contatto primario con prodotti della combustione. Essi comprendono tutti i termogeneratori non ad impiego primario di combustibile, e quindi quelli che utilizzano la energia elettrica o qualsiasi altra sorgente di ricupero o geotermica: in particolare quelli che provvedono a riscaldare il fluido termo-intermediario nei casi in cui le caldaie 12-14 non effettuano direttamente il riscaldamento di tale fluido, bensì di un altro tramite che appunto cederà il suo calore al fluido termo-intermediario grazie ai suddetti scambiatori.

#### B) CARATTERISTICHE FUNZIONALI DI ESERCIZIO

##### Gli impianti termodistributori.

Le più importanti caratteristiche funzionali, determinanti le prerogative di esercizio ed il costo per ogni impianto termodistributore e che come tali debbono essere prese in particolare esame, sono le seguenti:

a) entità e qualità dell'aerazione (=ricambio d'aria);

b) attitudine a compensare con razionale tempestività le prevedibili variazioni giornaliere (e stagionali) nel fabbisogno termico delle utenze, corrispondenti a rallentamenti, riprese ed interruzioni d'esercizio per esigenze varie di utenza o per più o meno rapide variazioni nell'entità dei disperdimenti termici degli ambienti utenti;

c) uniformità di distribuzione della temperatura negli ambienti, sia in senso orizzontale che verticale, ovvero possibilità di distribuzione unidirezionale;

d) sicurezza di continuità funzionale e minimi oneri di manutenzione (preventiva e consuntiva) per realizzare un esercizio praticamente continuativo;

e) costo di esercizio con riferimento alla specifica entità delle precedenti caratteristiche a; b; c; d;

f) possibilità (pratica ed economica) di modificare la resa termica dei corpi riscaldanti in modo di adeguarla ad eventuali modifiche (permanenti o temporanee) nel fabbisogno termico dei corrispondenti ambienti;

g) possibilità (pratica ed economica) di realizzare per le tubazioni ed i corpi riscaldanti l'occlusione in opera o comunque la installazione in modo che la loro presenza negli ambienti risulti esteticamente accettabile;

h) funzionalità dell'intero impianto ed in particolare dei corpi riscaldanti scevra di inconvenienti estetici (=« baffi » e marcature in superficie), acustici e fisiologici;

i) durata presumibile dell'impianto ai fini dell'ammortamento;

l) possibile eventualità di avarie o disfunzionamenti (dovuti anche ad imperfetto, errato o mancato funzionamento di apparecchiature ausiliarie dell'impianto) che comunque comportino danni agli ambienti ed alle persone utenti.

Come già osservato, nelle « Premesse », una precisazione quantitativa assoluta delle suddette caratteristiche a ÷ l

per ciascuno degli impianti tipo 1-7 (indicati in A) è praticamente impossibile: ci atterremo pertanto nel seguito ad una valutazione relativa di raffronto, assumendo come valore comparativo base di ogni caratteristica quello che corrispondentemente è valido per l'impianto « tipo » 1).

Dato quanto sopra, esponiamo la seguente valutazione delle singole caratteristiche in oggetto.

a) In tutti gli impianti 1) ÷ 4) ad aerazione naturale non si ha sostanzialmente la possibilità pratica di controllare in modo razionale l'entità, relativa ed assoluta, dell'aerazione, né le sue caratteristiche di distribuzione negli ambienti: così pure non è possibile realizzare alcuna efficiente filtrazione sull'entrata dell'aria di ricambio.

Si può ammettere, in linea di massima, che l'entità dell'aerazione naturale aumenti progressivamente nel passaggio dagli impianti 1) a quelli 4), raddoppiandosi all'incirca in detto passaggio: comunque essa è di grandezza normalmente inferiore ad 1 ricambio ambiente orario. Inoltre, per ogni tipo di impianto, essa aumenta al crescere della differenza di temperatura fra l'ambiente e l'esterno.

Tutto ciò invece non vale, come ovvio, per gli impianti ad aerazione artificiale, con la sola eccezione del tipo 5) per il quale la filtrazione dell'aria di ricambio può essere effettuata, però solo grossolanamente.

In tutti gli impianti ad aerazione artificiale è possibile una qualsivoglia distribuzione ambiente dell'aerazione. La sua entità per l'impianto tipo 5) può razionalmente salire sino a 2-3 ricambi orari ed anche oltre se si ricorre ad una adeguata distribuzione in ambiente: lo stesso, a maggior ragione, vale per gli impianti 6) e 7).

Elementi essenziali per una razionale distribuzione sono le bocchette di immissione ed uscita aria, sia per quanto riguarda la loro ubicazione (che deve essere tale da consentire un adeguato « lavaggio » completo dell'ambiente), che il loro dimensionamento (in modo da non originare effetti fastidiosi — acustici e fisiologici — di velocità) e la loro costruzione (che deve essere tale da consentire il miglior orientamento, in senso verticale ed orizzontale, dei filetti d'aria).

b) Pur utilizzando i necessari dispositivi automatici di regolazione, in pratica la attitudine in oggetto è minima per l'impianto 1), grande per gli impianti 2); 3); 5) e massima per gli impianti 4); 6); 7).

c) Negli impianti 1) l'uniformità termica è generalmente buona, ed è tanto migliore quanto più: i « pannelli radianti » occupano completamente la superficie dell'orizzontamento, soffitto o pavimento) o delle pareti di perimetro, in cui sono incorporati; l'ambiente ha altezza ridotta; la temperatura del fluido termo-intermediario circolante nei pannelli, è bassa; i disperdimenti specifici delle superfici delimitanti l'ambiente, sono uguali; ovvero la resa termica dei pannelli aventi il compito di compensare particolari disperdimenti locali,

riesce a compensare uniformemente detti disperdimenti.

Per gli impianti 2) vale analogamente (manto detto per 1), mutatis mutandis: l'uniformità termica è in genere un po' minore.

Gli impianti 3) hanno uniformità ancora minore: essa è però di solito soddisfacente quando i corpi riscaldanti sono posti in corrispondenza (ai piedi) delle superfici aventi il maggiore disperdimento specifico, e dato che in genere questi impianti non sono di norma adottati per locali molto alti.

Gli impianti 4) se ben realizzati e con una opportuna ripresa di aria ambiente (in modo che in definitiva entro l'intero ambiente interessato i moti d'aria comandati contrastino efficacemente ai moti spontanei termoconvettivi che tendono ad originare squilibri termici), possono effettivamente conseguire un grado di uniformità, medio stagionale, dello stesso ordine di grandezza degli impianti 1) e 2): lo stesso dicasi per gli impianti 6) e 7).

Gli impianti 5) hanno invece generalmente la peggiore distribuzione termica ambiente di tutti gli altri impianti, a meno non si provveda ad effettuare una ripresa d'aria a mezzo di ventilatori, realizzando cioè un impianto ad aerazione semiforzata. Ad analoga conclusione, seppure in grado minore, si giunge per gli impianti 7) quando essi non effettuano ripresa d'aria, e la temperatura dell'aria immessa è sensibilmente superiore (di oltre 15-20°C) a quella ambiente.

Inoltre, per tutti indistintamente gli impianti direttamente od indirettamente appartenenti alla Classe II, in cui cioè oltre al riscaldamento « puro », comunque ottenuto, si effettua anche una aerazione di notevole entità, la uniformità termica in oggetto è strettamente legata alla razionalità con la quale l'aria è immessa ed è estratta dall'ambiente interessato, e cioè oltreché alle caratteristiche costruttive e funzionali delle bocchette indicate al precedente punto a), anche alle modalità « termiche » con cui viene effettuata l'aerazione stessa.

Per quanto infine concerne la « possibilità di distribuzione termica unidirezionale », si può ritenere che essa sia minima negli impianti 3 e 5; buona in 1, 4, 6, 7; massima negli impianti 2.

d) Questa caratteristica è in ogni suo aspetto realizzata in modo ottimo dall'impianto 1 ed ancora più dall'impianto 5, purchè, come ovvio, ben costruiti. Lo è invece in grado leggermente minore dagli impianti 2 e 3: ed ancora meno dagli impianti 4, 6, 7 per il fatto di essere legati al funzionamento di ventilatori.

e) Come ovvio, indipendentemente dalle qualità intrinseche di ogni tipo di impianto per quanto concerne strettamente la realizzazione del solo riscaldamento « puro », quanto maggiore è la entità dell'aerazione tanto più grande sarà il calore asportato all'esterno dall'aria ricambiata e quindi il costo d'esercizio.

Sotto questo aspetto, gli impianti della Classe I saranno ad esercizio tanto più economico quanto migliore sarà la qualità dei serramenti degli ambienti, per-

chè ad essa è direttamente legata l'entità del ricambio naturale. Prescindendo da questa considerazione non direttamente termica, si precisa che a parità di ricambio (naturale od artificiale) l'asportazione del calore in oggetto sarà tanto minore quanto più grande è il valore del rapporto: radiazione/convezione di cui si è detto nel paragrafo A.

Ne deriva in apparenza una posizione di privilegio degli impianti 1 (ed anche 2) rispetto a tutti gli altri, privilegio che però nella realtà è sensibilmente ridotto e talora anche rovesciato dal fatto che negli ambienti (=I) in cui il riscaldamento è effettuato in prevalenza per irradiazione, le pareti disperdenti sono a più alta temperatura in confronto agli ambienti (=C) prevalentemente riscaldati per convezione (s'intende, a parità di temperatura ambiente efficace e di attitudine *b* la quale ultima invece, come si è detto, è minima per l'impianto tipo 1).

In conclusione, il fabbisogno termico totale (=t) risultante dal calore asportato dall'aria di ricambio (=r) sommato a quello disperso dalle pareti (=p), sarà maggiore o minore negli ambienti I rispetto a quelli C, in relazione alla prevalenza che su *t* ha rispettivamente il calore *p* ovvero quello *r*.

Quindi si può generalmente affermare che sotto l'aspetto del fabbisogno termico sono tanto più convenienti gli impianti a prevalente irradiazione rispetto a quelli a prevalente convezione, quanto maggiore è l'entità della aerazione che si realizza: ed *inversamente*.

Ancora: quanto più grande è il valore della uniformità termica (che è ottima nell'impianto 1) tanto minore sarà, a parità della minima temperatura ambiente efficace richiesta, il fabbisogno termico d'ambiente, cioè il costo d'esercizio.

Così pure il costo d'esercizio si riduce con il migliorare delle caratteristiche *b* e *d*.

L'influenza quantitativa che sul costo d'esercizio *e*) hanno le singole caratteristiche *a*, *b*, *c*, *d* è troppo variabile da caso a caso perchè possa essere precisata attendibilmente. In linea di larghissima massima si possono indicare i seguenti coefficienti percentuali di costo: ammesso che sia mediamente *t* = 70% e *d*) = 10% cioè che il costo del fabbisogno termico e quello della manutenzione incidano rispettivamente per il 70 ed il 10% sul costo totale d'esercizio *e*), si può ritenere che *a*) incida normalmente per il 35% di *e* (=50% di *t*) negli ambienti ben areati a medio addensamento di abitanti; che altrettanto valga per l'incidenza del calore *p* (disperso dalle pareti); che *b*) e *c*) possano ciascuna far variare sin del 20% l'entità media stagionale del calore *t*; che *d*) incida su *e*) sino al 10%.

*f*) A meno di ricorrere a costi anormali di installazione, l'impianto 1) possiede in grado minimo la possibilità in oggetto, la quale è invece massima negli impianti 3) con radiatori ad elementi, buona negli impianti 4) e media negli altri.

*g*) È massima negli impianti 1 e 7; media negli impianti 3, 5, 6 (a mobiletti); minima negli impianti 2 e 4.

*h*) È ottima negli impianti 1) per quanto riguarda inconvenienti estetici ed acustici; anche (però in grado minore) per gli inconvenienti fisiologici semprechè l'altezza degli ambienti con pannelli a soffitto sia superiore a a. 3,5 metri e, se con pannelli a pavimento, la resa termica specifica non sia troppo alta.

È equivalente ad 1) nei buoni impianti 7.

È nettamente minore per gli impianti 3 e 5.

È minima per gli impianti 4 dal punto di vista della silenziosità di funzionamento e delle correnti d'aria d'ambiente: queste due deficienze possono essere assai ridotte con l'adozione di ventilatori silenziosi e con avveduti proporzionamenti qualitativi e quantitativi dei corpi riscaldanti (=per numero ed ubicazione dei corpi e per orientamento e temperatura dei filetti d'aria).

*i*) È massima e praticamente equivalente per gli impianti 1 e 5; è di poco inferiore per gli impianti 3 con radiatori in ghisa; inferiore alquanto per gli altri normali impianti 3; minima per quanto riguarda i soli ventilatori con relativi motori, per tutti gli altri impianti.

Inoltre, più generalmente per ogni impianto si deve ritenere che la durata in oggetto sia tanto maggiore quanto migliore è:

la qualità dei materiali impiegati; la accuratezza e razionalità della messa in opera, e cioè con adeguata previsione ed esecuzione dei dilatatori, punti fissi, sospensioni, protezioni dalle corrosioni chimiche e meccaniche; la manutenzione ordinaria e straordinaria; la condotta dell'impianto.

*l*) È minima per gli impianti 5, 6 (a mobiletti), 7, e massima (in grado e qualità diversi) per gli impianti 1, 2, 3, 4 e 6 (ad aerotermini).

La « eventualità » in esame per gli impianti 1, 2, 3, 4 e 6 (ad aerotermini) ha però probabilità scarsissime di verificarsi, per cui in pratica si può ritenere che tutti gli impianti suddetti si trovino sostanzialmente nelle stesse condizioni di sicurezza di funzionamento e che questa sia di poco inferiore a quella degli impianti 5, 6 (a mobiletti), 7.

#### Gli impianti termogeneratori.

Le più importanti caratteristiche funzionali, determinanti il costo e le prerogative di esercizio per ogni impianto termogeneratore e che come tali debbono essere prese in particolare esame, sono le seguenti:

*m*) rendimento termico di combustione al carico economico d'esercizio, cioè al carico medio ponderale dell'intero esercizio stagionale dell'impianto;

*n*) rendimento termico di trasmissione (dalla sorgente al fluido termointermediario) al carico economico d'esercizio;

*o*) attitudine a produrre razionalmente rese variabili di calore, in modo da fornire al corrispondente impianto termodistributore il fabbisogno di calore necessario in ogni condizione d'utenza e specialmente in fase di messa a regime dopo intermittenza. Questo, si intende; mantenendo i rendimenti *m*) ed *n*) a va-

lori economicamente accettabili, e senza compromettere le caratteristiche *p*) ed *r*);

*p*) sicurezza di continuità d'esercizio almeno stagionale e minimi oneri di manutenzione (preventiva e consuntiva) per realizzare la suddetta continuità;

*q*) costo di esercizio con riferimento alla specifica entità delle precedenti caratteristiche *m*; *n*; *o*; *p*;

*r*) durata presumibile dell'impianto ai fini dell'ammortamento;

*s*) caratteristiche costruttive e dimensionamenti della camera di combustione al fine di consentire elevata attitudine all'impiego razionale di combustibili differenti, e principalmente dei due tipi fondamentali: solidi del tipo celluloso, od a basso tenore di materie volatili (=inferiore a circa il 15%); solidi, liquidi e gassosi ad alto e medio tenore di materie volatili.

Come già detto per gli Impianti Termodistributori, anche per i Termogeneratori si effettuerà nel seguito una precisazione quantitativa non già assoluta delle suddette caratteristiche *m* ÷ *s* per ciascuno degli impianti tipo 8 ÷ 15, bensì solo relativa; assumendo in questo caso come valore comparativo base di ogni caratteristica quello che corrispondentemente è valido per l'impianto n. 14.

Inoltre, per ciascuno degli impianti locali termo-generatori/distributori (=8 ÷ 10) prenderemo in esame separatamente i due impianti costitutivi da cui sono virtualmente costituiti (vedi in A): l'impianto avente funzione termodistributrice sarà esaminato in riferimento alle caratteristiche *a* ÷ *l*, mentre quello avente funzione termogeneratrice sarà esaminato in base alle caratteristiche *m* ÷ *s*.

Esponiamo pertanto la seguente valutazione delle singole caratteristiche in oggetto.

#### Impianti locali: caratteristiche termodistributrici.

*a*) Come già accennato nel paragrafo A, tutti gli impianti 8, 9, 10 che bruciano combustibili, in quanto favoriscono la formazione, diretta od indiretta, di strati di aeriformi molto caldi nelle zone alte degli ambienti in cui sono posti ed anche perchè consumano aria per la combustione, tendono a richiamare dall'esterno più aria in confronto agli impianti termodistributori ad aerazione naturale: questa tendenza è d'altra parte vantaggiosa perchè la combustione diretta negli ambienti da riscaldare è normalmente generatrice di inquinamenti dell'atmosfera.

Lo stesso dicasi (sia pure in minor e diverso grado) per gli impianti 8 e 9 ad energia elettrica.

*b*) L'attitudine in oggetto è elevatissima, come ovvio, per quanto riguarda la rapidità di trasmissione all'ambiente del calore generato dalla sorgente: è invece piuttosto mediocre per quanto riguarda la possibilità di adeguare razionalmente la resa termica al fabbisogno effettivo dell'ambiente.

Fanno eccezione gli impianti 10 in cui è possibile effettuare una razionale regolazione centrale e locale (vd. paragrafo C).

*c*) È pessima in genere per gli im-

pianti 8, discreta per gli impianti 9, buona per quelli 10.

Per quanto riguarda la « possibilità di distribuzione termica unidirezionale », si può ritenere che essa sia minima negli impianti 8; buona negli stufoni 9 a combustibile; massima (e superiore agli impianti 2) per gli impianti 10 e per le batterie aeroterme 9 ad energia elettrica.

*d*) È soddisfacente in genere per tutti gli impianti 8, 9, 10.

*e*) A parità di resa termica efficace, il costo è quale indicato al paragrafo D.

*f*) È massima.

*g*) È praticamente nulla per gli impianti 8 e 9 e minima (comparabile agli impianti 2 e 4) per gli impianti 10.

*h*) È minima per gli impianti 8, migliore per gli impianti 9 e 10 (ma inferiore agli impianti 2 e 4).

*i*) È minima per gli impianti 8, migliore per gli impianti 9 e 10 (ma inferiore agli impianti 2 e 4).

*l*) Praticamente è di poco maggiore a quella degli impianti 1, 2, 3, 4 e 6 (ad aerotermini) per gli impianti 8 e 9: un po' maggiore ancora per gli impianti 10.

#### Impianti locali: caratteristiche termogeneratrici.

*m*) È nettamente inferiore alle caldaie 14 (talora è solo dell'ordine del 20 ÷ 30%) per 8 e 9; inferiore del 10 ÷ 20%, con riferimento a caldaie 14 accoppiate ad un impianto 4, per gli impianti 10.

*n*) È massimo.

*o*) Vedi b (Impianti locali).

*p*) Vedi d (Impianti locali).

*q*) Vedi e (Impianti locali).

*r*) Vedi i (Impianti locali).

*s*) È mediocre in 8 e 9; nulla in 10.

#### Impianti centrali: caratteristiche termogeneratrici.

Le caratteristiche *n* ÷ *r* che riguardano gli impianti 15) hanno, come ovvio, valore diversissimo a seconda del particolare scambiatore che si considera ma in genere molto più elevato che per gli impianti 11 ÷ 14. Per questi ultimi si possono indicare le seguenti valutazioni:

*m*) I rendimenti di combustione sono di larga massima i seguenti:

11)=90%;

12)=85%;

13)=90%;

14)=100%.

Va però tenuto ben presente che per tutte le sorgenti di calore ad impiego di combustibile sono di fondamentale importanza nei confronti del rendimento in oggetto la forma e le dimensioni del focolare « efficace » (cioè del volume in cui effettivamente si realizzano i fenomeni di combustione) nonchè il corrispondente carico termico specifico e, come ovvio, la razionalità dell'impianto di combustione in relazione alle caratteristiche del combustibile impiegato.

In generale si può affermare che quanto più sono:

grandi le dimensioni della caldaia e del focolare efficace, migliore la qualità del combustibile, ed elevate la uniformità di miscelazione nonchè la reattività dei componenti la miscela comburente/combustibile che sono realizzate dall'impianto di combustione, di altrettanto maggiore è il rendimento di combustione.

Pertanto, la progressione qualitativa 11 ÷ 14 adottata per la classificazione degli impianti termogeneratori sulla base appunto del rendimento termico di combustione, e su precisata quantitativamente, può di fatto subire spostamenti anche notevoli in relazione a quanto sopra.

*n*) Sono di larga massima i seguenti:

11)=65%;

12)=90%;

13)=90%;

14)=100%.

Va in merito tenuto inoltre presente che il rendimento in oggetto, oltre che dal « tipo » di sorgente, è determinato dall'esistenza o meno di superfici riscaldanti/riscaldare adeguatamente dimensionate (=terzo giro dei fumi ed « economizzatori » in genere), nonchè da una razionale condotta e manutenzione dell'impianto e, nel caso di sorgenti a combustibile, dalla maggiore o minore efficienza del tiraggio esistente.

*o*) Praticamente è identico (per corretti dimensionamenti), e tanto maggiore quanto più il generatore ha di per sé stesso minima capacità termica (rispetto alla resa) e più razionale impianto di combustione. Vedi anche al paragrafo A.

*p*) Dipende essenzialmente dalla razionalità di proporzionamento e di costruzione.

*q*) Vedi quanto indicato nel paragrafo D.

*r*) Vale come per *p*) — Generalmente hanno maggior durata i tipi « semi-fissi »: particolare importanza ha inoltre sulla entità della durata il tipo del materiale di cui il generatore è costituito, tenendo presente che l'acciaio rispetto alla ghisa ha resistenza minore alla corrosione chimica ma maggiore a tutte le sollecitazioni termiche che specialmente si verificano alle rese cosiddette elevate (oltre 7.000 Cal/mq x ora). Per cui nel campo dei piccoli e medi impianti, con funzionamento ad acqua calda, è generalmente preferito il generatore in ghisa con dimensionamento a rese modeste (per quanto più costoso).

*s*) È molto più facilmente realizzabile nei generatori 11; 13; 14 rispetto ai 12.

#### C) REGOLAZIONE IMPIANTI

La regolazione in oggetto, sia essa manuale od automatica, per risultare termicamente ed economicamente efficace deve avere le seguenti proprietà:

*t*) intervenire pressoché contemporaneamente sulla termogenerazione e sulla termodistribuzione;

*u*) compensare quantitativamente e tempestivamente le variazioni di fabbisogno termico che possono in pratica verificarsi, realizzando limitate escursioni pendolari;

*v*) essere di sicuro e continuativo funzionamento;

*z*) richiedere manutenzione minima;

*x*) poter intervenire su un numero di unità autonome sia di termodistribuzione che di termogenerazione, sufficiente per consentire una adeguata modulazione di intervento, senza compromettere l'integrità normale delle caratteristiche *a*; *c*; *e*; *l*; *m*; *n*; *q*.

Una efficace regolazione sarà tanto più agevole da realizzare su un impianto termodistributore quanto maggiore è la sua caratteristica *b*): lo stesso dicasi per la caratteristica *o*) degli impianti termogeneratori.

La regolazione di termogenerazione consiste nel controllo centrale delle caratteristiche termiche del fluido termointermediario prodotto, in modo da fornire a detto fluido in quantità e qualità il calore necessario e sufficiente per mantenere costante la temperatura media complessiva di tutti gli ambienti serviti dalla stessa sorgente di calore, al variare dei disperdimenti termici di questi ultimi e cioè, sostanzialmente, della temperatura esterna « efficace »: pertanto la regolazione in oggetto sarà di solito comandata direttamente da uno o più organi sensibili disposti all'esterno degli ambienti, in modo da « sentire » la suddetta temperatura esterna efficace. La regolazione di termogenerazione sarà preferibilmente modulante per fabbisogni termici a lente variazioni, e per tutto o poco per fabbisogni termici rapidamente variabili.

La regolazione di termodistribuzione consiste nel distribuire la quantità di calore portata dal fluido termointermediario in modo da mantenere al valore stabilito la temperatura efficace di ciascun ambiente: pertanto la regolazione in oggetto sarà di solito comandata direttamente da uno o più organi sensibili disposti all'interno dei locali riscaldati, in ambienti piloti da scegliersi in modo che ciascuno rispecchi il più esattamente possibile le condizioni medie di disperdimento termico che caratterizzano gli ambienti in cui sono installati i corpi riscaldanti comandati in modo autonomo dal corrispondente organo sensibile.

Il numero di questi ultimi (e quindi dei circuiti autonomi di riscaldamento che costituiscono il complesso dell'impianto) dovrà essere sufficiente per consentire appunto la ripartizione degli ambienti in gruppi autonomi caratterizzati ciascuno da analoghe condizioni di disperdimento.

Poiché dunque il controllo d'utenza del calore prodotto dalla centrale termogeneratrice viene in definitiva effettuato dalla regolazione di termodistribuzione, quest'ultima dovrà avere anche influenza diretta od indiretta sulla regolazione di termogenerazione.

L'azione degli organi sensibili d'ambiente di cui sopra, potrà essere affinata e potenziata da altri organi sensibili disposti con analoghi criteri all'esterno di ogni gruppo autonomo di ambienti.

I suddetti organi sensibili « esterni » dovranno essere tanto più efficienti quanto minore per l'impianto termodistributore è l'attitudine *b*), mentre l'intervento diretto di cui sopra sulla termogenerazione sarà in particolare opportuno per valori mediocri della caratteristica *o*).

Gli organi regolatori della termodistribuzione intervengono in genere direttamente sul fluido termointermediario: come tali essi possono agire per modulazione ovvero per « tutto o niente » (o « tutto o poco »). La modulazione dà generalmente risultati termici (ed economici di esercizio) preferibili:

essa sottopone però gli organi a maggiore usura ed inoltre negli impianti del tipo 4) funzionanti con acqua a circa 100°C può portare ad un riscaldamento dell'aria a valori di temperatura non accettabili da parte delle persone utenti (pur fornendo il richiesto fabbisogno quantitativo di calore).

A parte vanno considerate le regolazioni di termodistribuzione aventi sostanzialmente azione diretta sulla portata di aria (di ripresa o di ricambio) che viene a contatto dei corpi riscaldanti: esse tendono a produrre maggiore squilibrio delle precedenti nella distribuzione termica ambiente e come tali sono normalmente meno raccomandabili, in specie se agiscono per modulazione.

La regolazione degli impianti tipo 10) è preferibile sia effettuata per tutto o poco sull'intero complesso di corpi riscaldanti ovvero su frazioni più o meno grandi del complesso.

Per gli impianti di riscaldamento che utilizzano come fluido termointermediario l'acqua (calda o surriscaldata) in circolazione forzata od a termosifone, la regolazione centrale per temperatura è quasi sempre preferibile a quella per portata, e normalmente assai efficiente (sia per prontezza che per entità). La regolazione locale dovrà invece essere normalmente effettuata agendo sulla portata di fluido circolante.

Per gli impianti di riscaldamento che utilizzano il vapore come termointermediario, sia per la regolazione centrale che per quella locale dovrà normalmente ricorrersi al controllo della portata per ogni corpo riscaldante o per gruppi di corpi aventi la stessa destinazione termica.

La regolazione della portata di vapore nei corpi riscaldanti, la costruzione di questi ultimi e la struttura dell'intero circuito di ritorno della condensa dai corpi al generatore di vapore, dovranno essere realizzate in modo che la condensa prodotta abbia in ogni condizione funzionale una temperatura tale da escludere la produzione di « fumaia » libera, con perdita cioè del corrispondente vapore all'atmosfera.

La realizzazione in sufficiente grado della caratteristica  $x$ ) è, come ovvio, limitata essenzialmente da considerazioni di costo d'installazione per quanto riguarda gli impianti termodistributori, mentre è anche dipendente in larga misura dalla razionalità della impostazione termotecnica per quanto riguarda gli impianti termogeneratori. Per questi ultimi infatti si tratta di stabilire una resa massima di calore ed una sua ripartizione quantitativa fra diverse unità generatrici in modo che siano rispettati i requisiti in oggetto.

Nel caso particolare in cui i fluidi termointermediari che sono necessari per un complesso di impianti termodistributori alimentati da una stessa centrale termica, hanno natura, temperatura, pressione, od anche requisiti  $b$ ) da soddisfare, *comunque differenti*, la scelta in numero e qualità delle unità termogeneratrici da installare deve essere effettuata in modo molto oculato, ricorrendo per quanto possibile alla produzione diretta di un unico fluido caldo

(vapore od acqua) e realizzando i diversi requisiti dei singoli fluidi termointermediari tramite opportuni scambiatori 15): in tal modo si ridurranno anche le unità di riserva necessarie per realizzare la caratteristica  $d$ ).

#### D) COMPARAZIONE COSTI INSTALLAZIONE ED ESERCIZIO

In generale si può affermare che il costo di installazione degli impianti termodistributori è tanto più grande quanto più elevato è il valore delle caratteristiche  $a$ ;  $c$ ;  $d$ ;  $g$ ;  $h$ ;  $i$ ; si intende, a pari resa di calore ceduto all'ambiente. Analoga considerazione va fatta per gli impianti termogeneratori (a parità di resa di calore ceduto al fluido termointermediario con riferimento alle caratteristiche  $m$ ;  $n$ ;  $o$ ;  $p$ ;  $r$ ;  $s$ ).

Così pure si può di massima ritenere che, sempre a parità di rispettiva resa, al crescere del costo di installazione per ambedue i tipi di impianti diminuisce il costo di esercizio: quest'ultimo, come ovvio, per quanto si riferisce specificatamente al consumo di combustibile è inoltre influenzato in modo particolare dal valore delle caratteristiche  $m$ ;  $n$ ;  $o$ .

Tutto quanto sopra ha, naturalmente, valore puramente indicativo e di larga massima. Pure valore indicativo di raffronto hanno le seguenti valutazioni specifiche percentuali, assumendo (come nel paragrafo A) quale termine di confronto per gli impianti termodistributori il « tipo » 1) e per gli impianti termogeneratori il « tipo » 14).

#### Costo di installazione.

1) 100% se con pannelli a soffitto, od a parete, od a pavimento costruito in marmette o con materiali ad analoga coibenza;

150% se con pannelli a pavimento in palchetto e simili (a bassa coibenza);

2) 80% per temperature del fluido intermedio prossime ai 100°C;

60% id id prossime ai 150°C;

3) 80% id id prossime ai 100°C;

70% id id prossime ai 120°C;

4) 30% id id prossime ai 100°C;

20% id id prossime ai 150°C

5) I costi % per questo tipo di impianto sono particolarmente approssimativi perchè dipendenti in gran parte dalle canalizzazioni (da costruirsi in sede di esecuzione del fabbricato):

85%, per temperature del fluido intermedio prossime ai 100°C (comprese le batterie riscaldanti);

80% id id ai 120°C (comprese id);

60% se a fuoco diretto (esclusa la sorgente di calore=11);

6) Con batteria aeroterma:

40% id id prossime ai 100°C;

30% id id prossime ai 150°C.

Con mobiletto condizionatore:

350%, id id prossime ai 100°C;

7) I costi % per questo tipo di impianto sono particolarmente approssimativi perchè dipendenti in gran parte dalle canalizzazioni (da costruirsi in sede di esecuzione del fabbricato):

200%+190% id id prossime ai 100° + 150°C;

8) 30% se a combustibile;

20% se ad energia elettrica;

9) 30% se a combustibile;

20% se ad energia elettrica;

10) 50%.

N. B. - I costi percentuali suindicati per gli impianti 8; 9; 10 sono *complessivi*, cioè tengono conto di ambedue gli impianti (distribuzione e generazione) che virtualmente costituiscono ciascuna unità di riscaldamento.

11) 30% (raffrontato ad una normale caldaia ad elementi in ghisa, a vapore bassa pressione, corredata di batteria riscaldatrice dell'aria);

12) 70%;

13) 80%;

14) 100%;

15) Vale quanto detto in generale per le caratteristiche  $n \div r$ .

#### Costo di esercizio.

1) 100%;

2) 110% per temperature del fluido intermedio prossime ai 100°C;

125% id id prossime ai 150°C;

3) 90  $\div$  120%, a seconda delle modalità di installazione;

4) 100  $\div$  120%. Si tenga presente che un raffronto razionale fra gli impianti 4) ed 1) non è praticamente possibile, in quanto (vedi paragrafo E) essi hanno campi di applicazione quasi sempre molto differenti e non comparabili.

5) 175%;

6-7) maggiore del 100%, in relazione all'entità del ricambio effettuato;

8) 250% (sia a combustibile che ad energia elettrica);

9) 150% a combustibile; 250% ad energia elettrica;

10) 110  $\div$  125%.

N. B. - Per 8; 9; 10 vale analogamente quanto detto in corrispondenza ai « costi di installazione », facendo in questo caso riferimento base ad un impianto 1) alimentato da una normale caldaia ad elementi in ghisa.

Si fa però osservare che un raffronto razionale fra il suddetto impianto 1) (con caldaia) e gli impianti 8; 9; 10 non è praticamente possibile, analogamente a quanto è stato detto per l'impianto 4) in raffronto all'1).

11) 150% (raffronto ad una normale caldaia in ghisa ad elementi);

12) 130%;

13) 120%;

14) 100%.

15) Vale quanto detto in generale per le caratteristiche  $n \div r$ .

E) DIRETTIVE COORDINATRICI DI B-C-D, PER IMPOSTAZIONE PROGETTATIVA

Per l'impostazione progettuale di un qualsiasi impianto di riscaldamento occorre anzitutto che siano prefissati i seguenti « Dati e Requisiti »:

I) Destinazione di utenza e cioè per: abitazione popolare e media; id di lusso; uffici, divertimento «statico» (=cinematografi; teatri, concerti; ecc); id « dinamico » (=palestre, sale sportive in genere); chiese, scuole e sale conferenze; laboratori ed officine in cui non si producono esalazioni nocive o fastidiose; laboratori e locali industriali in cui comunque si verificano inquinamenti più o meno sensibili dell'atmosfera ambiente;

II) Temperatura-ambiente minima/massima da realizzare in ciascun ambiente autonomo;

III) Durata in ore/anno di funzionamento dell'impianto; intermittenza notturna, settimanale, stagionale, particolare;

IV) Temperatura esterna minima oraria (durante la intera stagione di riscaldamento), con riferimento alle sole ore/giorno in cui si effettua l'esercizio dell'impianto di riscaldamento. A valere per il calcolo dei massimi disperdimenti;

V) Temperatura id id, con riferimento alle sole ore/giorno in cui non si effettua il riscaldamento. A valere per il calcolo di intermittenza;

VI) Caratteristiche costruttive del fabbricato e degli ambienti da riscaldare con riferimento particolare alla loro distribuzione in pianta ed elevazione, nonché ai coefficienti di disperdimenti termici delle pareti esterne e delle pareti che comunque delimitano ambienti a temperature diverse. Esposizione del fabbricato e dei singoli ambienti;

VII) Periodo di ammortamento dell'impianto (minimo e massimo richiesto);

VIII) Disponibilità particolari in loco di combustibili o sorgenti di calore a basso costo o di ricupero;

IX) Requisiti particolari termotecnici (ved. caratteristiche  $a \div x$ ) cui deve soddisfare l'impianto;

X) Ampliamenti o modificazioni strutturali, di utenza, di requisiti che comunque possono o debbono prevedersi per il futuro;

XI) Criterio base di costo d'impianto e di costo d'esercizio che deve essere seguito (tenendo presenti i principi generali espressi in D).

In possesso dei suindicati « dati e requisiti » I  $\div$  XI, si potrà rispondere in modo soddisfacente ai seguenti interrogativi:

Scelta fra impianti locali ed impianti centrali termodistributori.

Gli impianti 8) e 9) a combustibile solido potranno avere applicazione consigliabile solo nei casi in cui le esigenze di benessere termico (=« confort ») sono assai modeste, o quando l'impianto ha carattere di provvisorietà, ovvero si intende riscaldare solo determinate ridottissime zone di un ampio locale, ovvero nel locale in oggetto si verificano lavorazioni termiche che producono per loro natura riscaldamenti locali di caratteristiche analoghe a quelle fornite dalle stufe e stufoni e si intende inoltre di effettuare solo delle integrazioni locali.

Gli impianti 8) e 9) se a gas od a combustibile liquido od a energia elettrica possono trovare applicazione razionale in caso di fabbisogni termici di breve durata e di grande intensità specifica od in vista di particolari requisiti di economia di installazione e per modeste esigenze di « confort ».

Gli impianti 10) possono invece in locali industriali o comunque di non elevate esigenze di « confort », trovare applicazione razionale, con un costo di esercizio e di installazione poco differente dagli impianti 4) supposti alimentati da caldaie 12  $\div$  14, realizzando gli svantaggi e vantaggi che risultano dal confronto delle corrispondenti caratteristiche B. In particolare essi sono idonei (vedi B - Impianti locali) ad effet-

tuare negli ambienti da riscaldare *anche* delle distribuzioni termiche « unidirezionali », cioè limitatamente a determinate zone *aperte perimetralmente* o addirittura *superiormente*.

Entità dell'aerazione necessaria e sufficiente, la cui conoscenza servirà immediatamente a far orientare la scelta dell'impianto termodistributore su quelli ad aerazione naturale o su quelli ad aerazione artificiale.

Per i primi si dovrà tenere presente che essi hanno una sostanziale inattitudine per tutte quelle utenze caratterizzate da elevato (e permanente) addensamento di persone con riferimento alla cubatura ambiente (quali: uffici a medio e grande affollamento; locali di divertimento « statico »; chiese, scuole e sale di riunione); o da produzione di inquinamenti, nocivi o fastidiosi, dell'atmosfera; o che richiedono aerazione con aria filtrata; o che esigono variazioni sensibili e controllate nel fabbisogno di aerazione.

Per quanto riguarda la « ripresa » dell'aria ambiente, occorre tenere ben presente le limitazioni che ad essa si impongono per le note esigenze di igiene, che in sostanza non ne consentono una razionale effettuazione se non nei casi di ripresa « locale » previa filtrazione, ovvero « centrale » ma esclusivamente tramite complesse apparecchiature di filtrazione e lavaggio (e, se del caso, di sterilizzazione) che se adeguatamente esercite rendono sovente dubbia la convenienza economica della ripresa stessa.

Stabilito che la scelta dovrà essere effettuata o fra gli impianti « locali » o fra quelli ad aerazione naturale o fra quelli ad aerazione artificiale, un'ulteriore discriminazione direttamente derivante dal dato I (=« destinazione degli ambienti da riscaldare ») e da quello XI (=« criterio economico di base ») potrà essere subito effettuata in base alle seguenti considerazioni:

*Impiego tipico e corrente per uso di abitazione e per locali non industriali.* purchè a non grande affollamento (nel qual caso richiedono integrazione d'aerazione) hanno i seguenti tipi d'impianto: 1; 3 (limitatamente ai radiatori ed ai termoconvettori); 5 (=valido direttamente anche per locali a grande affollamento); 6 (limitatamente ai mobiletti condizionatori); 7; 8.

*Impiego tipico e corrente per locali ad uso industriale* hanno i seguenti tipi d'impianto: 2, 3 (limitatamente ai tubi nervati o lisci); 4; 6 (limitatamente alle batterie aeroterme); 9; 10.

I dati III; VI; VII debbono orientare sulla scelta del fluido termointermediario e sulle caratteristiche di rendimento termico dei termogeneratori.

È ovvio infatti che grandi fabbisogni (stagionali e multiannuali) di calore richiedono centrali termiche ad elevato rendimento termico, perchè l'economia di esercizio che ne risulta giustifica il maggior costo di ammortamento: *e viceversa*.

Così pure, distribuzioni di ambienti da riscaldare molto estese in orizzontale ed in verticale faranno normalmente preferire l'impiego di vapore ad alta e media pressione o di acqua ad elevato surriscaldamento (almeno come veicolo

primario di calore per l'alimentazione di eventuali scambiatori finali), in luogo di vapore a bassa pressione o di acqua a temperatura prossima ai 100°C: mentre la scelta fra vapore ed acqua sarà guidata dai criteri di cui al punto C, tenendo presente che l'impiego dell'acqua corrisponde ad un maggior costo, in genere, di installazione ma consente una maggiore « finezza » di regolazione termica e silenziosità funzionale, nonché vantaggi costruttivi, di manutenzione e di estetica aventi importanza non essenziale ma non trascurabile.

Tutti indistintamente i dati I  $\div$  XI dovranno essere esaminati alla luce di quanto specificato nei precedenti paragrafi B-C-D, ed in particolare qualsiasi decisione dovrà essere presa in accordo con il « criterio economico XI », purchè però non rimanga sotto alcun aspetto pregiudicata la razionalità dell'impianto.

Al riguardo vogliamo porre in particolare evidenza che essendo analoghi « criteri economici XI » sempre imposti sia ai Progettisti del fabbricato, sia a quelli degli impianti generali (e specifici) destinati al fabbricato stesso, ne deriva logicamente che è al complesso del fabbricato con i relativi impianti che debbono essere riferiti (ponderalmente ai rispettivi costi) tutti i singoli « criteri economici ».

Pertanto è indispensabile che il Tecnico avente la funzione di coordinatore generale della progettazione e della esecuzione del suddetto complesso, prenda in modo tempestivo, particolareggiato ed oggettivamente comprensivo delle reali esigenze specifiche di installazione e di esercizio, i necessari accordi con i singoli Progettisti, in modo che risultino equamente salvaguardati sia il « criterio economico » del complesso, che tutte le suddette reali esigenze specifiche.

In particolare per comune accordo e tramite una tempestiva collaborazione, dovranno essere previste e valutate sia in quantità che qualità tutte le necessarie predisposizioni murarie (che sono massime, in genere, per gli impianti 1, 5, 7) ed ogni eventualità di interdipendenza operativa, dopo di che da parte di tutti indistintamente i Progettisti deve per quanto possibile essere rigorosamente evitata o limitata ad entità trascurabile qualsiasi variante a quanto era stato definito avanti l'inizio della costruzione: in ogni caso le proposte di variante dovranno essere immediatamente comunicate a tutti gli interessati diretti ed indiretti, all'atto stesso della loro previsione.

L'osservanza di tali norme deve costituire criterio fondamentale sia di progettazione che di esecuzione.

A conclusione e complemento di quanto sopra si fa infine presente che i criteri di impostazione in oggetto per portare a soluzioni progettative realmente soddisfacenti sotto tutti gli aspetti funzionali e di costo, debbono comunque essere cementati da una sufficiente competenza specifica professionale da parte del Progettista, senza la quale è ovvio che risulterebbero più o meno gravemente compromessi i risultati pratici della progettazione e della realizzazione.

Aurelio Vaccaneo