

IMPIANTI E TECNOLOGIE PER LA TERMOTECNICA

1. Fasi del progetto di un impianto. Documentazione di progetto

1.1. Individuazione esigenze Committenza

Committenza pubblica/privata

Definizione interlocutore con “potere decisionale”.
Individuazione esigenze utenti.

Studi di fattibilità per orientare la scelta del committente spesso “non esperto”. Valutazioni costi benefici in relazione ai risparmi energetici conseguibili da soluzioni più onerose.

Attenzione alle esigenze di “flessibilità”. Esigenza sempre più diffusa. Possibilità di modificare destinazione d’uso edificio con minore invasività e costi possibile.

Definizione utenze e periodi/orari di utilizzo.

Individuazione e suddivisione impianto in zone funzionali.

Definizione tipologia centrali di produzione termofrigorifera (in relazione alla suddivisione delle utenze ai fini del contenimento dei costi energetici)

Particolari condizioni termoigrometriche di progetto richieste (in relazione a tipologia utenti, periodi di utilizzo, tempi di messa a regime, costi di costruzione, modalità di esercizio, ecc.)

1.2. Riferimenti normativi

Trattasi di riferimenti sia relativi alle fasi progettuali che alle fasi esecutive e come tali da citare nel Capitolato d’Appalto.

Struttura “gerarchica” normative.

- Leggi – Principi guida – obbligatorie
- D.P.R. – D.P.C.M. – D.M. – obbligatori
- Circolari Ministeriali - esplicative

- Norme UNI e CEI (CIG CNVVF, ecc.) – valore di regole di buona tecnica tranne norme recepite per decreto

Legge Merloni

Legge 46/90

Legge 10

Ai fini del progetto termotecnico si suddividono in:

- norme generali (sicurezza impianti, contenimento consumi energetici, acustica, ecc.)
- sicurezza antincendio (centrali termiche)
- settore riscaldamento (generatori, bruciatori, canne fumarie, dispositivi di sicurezza, ecc.)
- settore comfort e qualità aria (condizioni di progetto, aria di rinnovo, ecc.)

1.3. “Attori” del progetto

Figure principali:

- responsabile di procedimento – nominato dall’Amministrazione appaltante
- committente o suo delegato (per appalti privati)
- progettista (singolo, Società Ingegneria o ATP che si avvalgono di collaboratori interni alle strutture o esterni per questioni specifiche).

Si va sempre più definendo una professionalità “specificata” e l’ingegnere che fa tutto lascia il posto allo specialista.

Pertanto il gruppo di progettazione comprende sempre almeno queste figure professionali:

- coordinatore del gruppo di progettazione (che può coincidere con le figure seguenti)
- architetto (o chi si occupa degli aspetti architettonici)
- strutturista
- esperto nella sicurezza dei cantieri
- esperto di acustica
- esperto di valutazione di impatto ambientale (grandi opere)
- geologo e/o geotecnico
- elettrotecnico (esperto in impianti elettrici e ausiliari)
- termotecnico.

Quest’ultimo si occupa di impianti fluidomeccanici in genere:

- impianti termici (centrali di produzione fluidi termovettori caldi e refrigerati, reti di distribuzione fluidi – aria, acqua, vapore, olio diatermico, ecc., terminali di scambio termico)
- impianti idrosanitari (reti di carico e scarico - le reti di scarico esterne agli edifici normalmente sono di competenza degli edili)
- impianti idrici antincendio (stazioni di pressurizzazione, reti idranti, sprinkler, impianti a schiuma, ecc.)
- impianti adduzione gas combustibili (metano, GPL, ecc.)
- impianti adduzione fluidi combustibili (gasolio, olii combustibili, ecc.)
- impianti di irrigazione
- impianti recupero e riutilizzo acque meteoriche
- impianti specifici (es. gas medicali, aspirazione endocavitaria – vuoto, aria compressa, ecc.)

Competenza del termotecnico è anche la redazione della relazione ai sensi dell’art. 28 della legge 10 (verifica caratteristiche termiche dell’involucro ai fini del contenimento energetico)

Alcune funzioni come l’automazione di edificio sono interdisciplinari tra gli esperti impiantistici.

1.4. Principio della progettazione integrata

Approccio tradizionale

L’approccio tradizionale prevede che l’impianto termico sia un addendum al progetto architettonico, che spesso non lascia neanche spazi tecnici adeguati, cavedi e cunicoli, inserendosi su una soluzione dettata dalle sole esigenze estetiche.

Ad esempio se il progetto architettonico prevede grandi vetrate non schermate, il carico termico estivo sarà molto maggiore di quanto una progettazione integrata che preveda schermature solari avrebbe consentito di limitare.

Progettazione integrata (individuazione di spazi tecnici e soluzioni di involucro)

Agendo sulle caratteristiche dell’involucro dell’edificio (inerzia strutture, trasmittanza, radiazione solare trasmessa) agendo cioè sui carichi esterni, a parità di carichi endogeni (persone, illuminazione, apparecchiature) determinati dall’utilizzo dei locali, è possibile ridurre le potenze installate a livello di apparecchi di produzione termofrigoriferi.

Con una integrazione nella progettazione fin dalle prime fasi progettuali è quindi possibile ridurre l’incidenza dell’impiantistica attiva.

E’ possibile inoltre l’individuazione di spazi tecnici adeguati orizzontali (cunicoli) e verticali (cavedi) per il passaggio degli impianti e specialmente per la manutenzione e le successive varianti e implementazioni (flessibilità di intervento senza azioni “distruttive” e relativi costi di ripristino).

Progettazione “integrale” (soluzioni impiantistiche bioclimatiche influenzano il progetto architettonico)

E’ inoltre possibile individuare la possibilità di implementare sistemi passivi o soluzioni “bioclimatiche” in grado di migliorare le condizioni di comfort ambientale a parità di

Coordinamento dei progettisti edili e impiantistici

- Potenze elettriche apparecchiature (specialmente gruppi frigoriferi che possono derivare la necessità di cabina elettrica di trasformazione) da fornire ai progettisti elettrici
- Cavedi tecnici per passaggi tubazioni, canali (specialmente), reti gas ecc. con problemi edili di spazi tecnici e estetici ed interferenza con reti elettriche
- Interferenza terminali con altre utenze (esempio apparecchi illuminanti con diffusori o termostrisce; impianti a pavimento – pannelli radianti – con tubazioni impianti elettrici; ecc.).

1.5. Fasi progettuali

Progettazione si articola

- nel rispetto dei vincoli esistenti
- nei limiti di spesa prestabiliti

secondo 3 livelli di approfondimento:

- preliminare
- definitiva
- esecutiva

in modo da assicurare:

- qualità opera
- rispondenza a finalità
- conformità a norme ambientali di sicurezza e urbanistiche
- soddisfacimento requisiti essenziali definiti dal quadro normativo.

Progetto preliminare

In ambito pubblico consente di definire il quadro economico dell'intervento.

- Caratteristiche qualitative e funzionali dei lavori.
- Quadro delle esigenze da soddisfare e delle specifiche prestazioni da fornire.
- Motivazione della soluzione individuata in relazione alle possibili scelte alternative.
- Fattibilità amministrativa e tecnica
- Avvio delle procedure espropriative.

Progetto definitivo

Autorizzazioni e approvazioni da Enti preposti (VVF, ASL, Comune, Sovrintendenza, ecc.)

- Individuazione compiuta lavori da realizzare nel rispetto delle esigenze, criteri e vincoli stabiliti nel preliminare

Progetto esecutivo

Progetto alla base dell'Appalto dei lavori

- Determinazione dettagliata dei lavori e dei relativi costi
- Piano di manutenzione
- Piano di sicurezza cantiere

1.6. Fasi realizzative opere

Ulteriori fasi progettuali nel corso della esecuzione dei lavori:

Progetto costruttivo

Redatto dall'impresa per la realizzazione dei lavori. Approvato dalla D.L.

Progetto as-built

Serve per fornire una documentazione finale aggiornata alle modifiche intervenute in fase esecutiva, ai fini dei successivi interventi di manutenzione.

Direzione lavori

Professionista operante per conto e nell'interesse dell'Amministrazione appaltante.

Collaudo

In corso d'opera e finale per verificare rispondenza opere realizzate.

1.7. Documentazione progettuale

Vengono forniti esempi della documentazione da predisporre in ambito di progetto termotecnico.

Progetto preliminare

- Relazione illustrativa
- Relazione tecnica
- Studio di prefattibilità ambientale
- Indagini geologiche, idrogeologiche e archeologiche
- Planimetria generale e schemi grafici
- Prime indicazioni per la stesura dei piani di sicurezza
- Calcolo sommario della spesa

Se posto alla base di una concessione per lavori pubblici:

- Capitolato speciale prestazionale
- Piano economico e finanziario

Progetto definitivo

- Relazione descrittiva
- Relazioni geologica, geotecnica, idrologia, idraulica, sismica
- Relazioni tecniche specialistiche (es. impianti termici, prevenzione incendi, igienico sanitaria per ASL)
- Rilievi planoaltimetrici e studio di inserimento urbanistico
- Elaborati grafici (scala 1:100)
- Studio di impatto ambientale se previsto o studio di fattibilità ambientale
- Calcolo preliminari delle strutture e degli impianti
- Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici
- Piano particellare di esproprio
- Computo metrico estimativo
- Quadro economico

Progetto esecutivo

- Relazione generale
- Relazioni specialistiche
- Elaborati grafici comprensivi di quelli delle strutture, degli impianti e di ripristino ambientale
- Calcoli esecutivi di strutture e impianti
- Piani di manutenzione dell'opera
- Piani di sicurezza e coordinamento
- Computo metrico estimativo e quadro economico
- Cronoprogramma
- Elenco dei prezzi unitari
- Analisi dei prezzi non compresi nel prezzario di riferimento
- Quadro dell'incidenza percentuale della quantità di manodopera per le diverse categorie di cui si compone l'opera
- Schema di contratto e capitolato speciale d'Appalto

Validazione del progetto.

Acquisizione pareri. Conferenza dei servizi. Approvazione.

2. Valutazione dei carichi termici

2.1. Dispersioni termiche invernali

Ipotesi di base

- Condizioni di regime (temperature interne ed esterne costanti)
- Dimensionamento impianti sulla base del massimo fabbisogno (temperatura esterna di progetto)

Parametri da considerare

- Temperatura esterna e ubicazione edificio
- Temperatura interna

- Orientamento
- Caratteristiche geometriche locali
- Materiali impiegati per le superfici opache disperdenti
- Superfici vetrate e tipologia serramenti
- Ponti termici
- Capacità termica struttura
- Tipo di funzionamento impianto (continuo o intermittente)
- Portata di aria di rinnovo richiesta
- Umidità da aggiungere o (eccezionalmente) da eliminare

Temperatura esterna e ubicazione

- Valori temperature esterne di progetto per principali località italiane forniti dalla tabella allegata a DPR 1052/77 (per il dimensionamento dell'impianto termico)
- Valori medi mensili delle temperature medie giornaliere dell'aria esterna UNI 10349 (per calcolare il fabbisogno energetico nella stagione di riscaldamento)
- Correzione per altitudine (invariato sino a 200 m di differenza di quota – diminuzione o aumento di 1 °C per ogni 200 m di quota maggiore o minore oltre 200 m)
- Correzione per situazione ambientale (invariato in complesso urbano – diminuzione di 0,5÷1 °C in piccoli agglomerati – diminuzione di 1÷2 °C in edifici isolati)
- Correzione per altezza edificio (limitatamente ai piani di altezza maggiore dei vicini) diminuzione di 1÷2 °C)

Temperatura interna

- In base a classificazione edifici (art. 3 DPR 412/93)
 - E.1. Edifici adibiti a residenza e assimilabili
 - E.2. Edifici adibiti ad uffici o assimilabili
 - E.3. Edifici adibiti ad ospedali, cliniche o case di cura e assimilabili
 - E.4. Edifici adibiti ad attività ricreative, associative o di culto e ass.
 - E.5. Edifici adibiti ad attività commerciali ed assimilabili
 - E.6. Edifici adibiti ad attività sportive
 - E.7. Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
 - E.8. Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali ed assimilabili
- 18 °C + 2 °C di tolleranza per E.8.
- 20 °C + 2 °C di tolleranza per tutte le altre categorie
- deroghe per ospedali e piscine

- temperatura interna da utilizzare è la *temperatura operante* che dipende da
 - temperatura dell'aria
 - irradianza termica interna
 - coefficiente superficiale di scambio termico convettivo interno
 - area delle diverse pareti che racchiudono lo spazio
 - trasmittanza termica
 - temperatura dell'aria esterna
 - portata di aria di ventilazione
 - tipo di terminale di erogazione del calore
- definita come (UNI 10344):
$$t_{op} = (t_{ai} + t_{mr})/2$$

dove t_{ai} = temperatura dell'aria interna misurata al centro dello spazio
 t_{mr} = temperatura media radiante delle pareti definita approssimativamente come media, pesata su ciascuna area, della temperatura superficiale interna di ciascuna parete che delimita lo spazio chiuso

Orientamento

- correzioni (maggiorazione) per esposizione

S	0 %
SO	2÷5 %
O	5÷10 %
NO	10÷15 %
N	15÷20 %
NE	15÷20 %
E	10÷15 %
SE	5÷10 %

Caratteristiche geometriche locali

- superfici che delimitano i volumi considerati
- temperature locali viciniori – tabella con valori prefissati funzione della temperatura esterna (UNI 7357)
- temperature locali viciniori – temperatura compresa tra quella della zona riscaldata e quella esterna con valore che dipende dall'equilibrio termico tra flussi termici scambiati per differenza di temperatura e quelli dovuti a sorgenti di energia (UNI 10344)
- gradiente termico (per locali di altezza superiore a 3 m in funzione del tipo di impianto)

Materiali impiegati per le superfici opache disperdenti

- Conduttività termica e permeabilità al vapore dei materiali da costruzione (UNI 10351)
- Calcolo trasmittanza (coeff. di scambio termico globale):

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum \frac{s_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_e}} \quad [W/(m^2 K)]$$

esprime la quantità totale di calore che, in condizioni di regime stazionario, passa da un fluido a un altro attraverso una parete di superficie unitaria e per 1 K di differenza di temperatura.

h_i = adduttanza interna

superfici opache 7,7 W/(m² K)

superfici vetrate 3,6 + 4,4 ($\epsilon/0,837$) W/(m² K) con ϵ emissività pari per vetro normale a 0,837

h_e = adduttanza esterna 25 W/(m² K)

adduttanza dipende da velocità dell'aria (correzioni per vento > 4 m/s) e per giacitura (pavimenti, pareti, soffitti)

Superfici vetrate e tipologia serramenti

- Permeabilità serramenti (classi A3, A2, A1 secondo UNI 7979)
- Vetro semplice o vetro camera
- Vetri a bassa emissività

Ponti termici

- Elementi di elevata conduttività inseriti in una parete di minor conduttività
- Trasmittanza lineica K_l (W/m K)

Capacità termica struttura

Tipo di funzionamento impianto (continuo o intermittente)

- Attenuazione notturna o con alternanza di accensioni e spegnimenti
- Ore di funzionamento giornaliere e durata periodo di riscaldamento in funzione della zona climatica della località (zone da A – 6 ore dal 1 dicembre al 15 marzo a E – 14 ore dal 15 ottobre al 15 aprile – F senza limitazioni) definiti da art. 9 DPR 412/93
- Eccezioni (art. 9 DPR 412/93)
- Percentuali di aumento potenzialità termica (per ridurre tempo di messa a regime) da UNI 7357 in funzione degli orari di utilizzo e della tipologia di impianto

Umidità da aggiungere o (eccezionalmente) da eliminare

- Umidificazione aria di immissione adiabatica necessità di post riscaldare
- Deumidificazione invernale (es. piscine) necessità di aumentare la portata di aria di rinnovo

Portata di aria di rinnovo richiesta

- Ventilazione naturale – legata a:
 - Tipo di schermatura edificio rispetto al clima esterno
 - Permeabilità dell’involucro (pareti e serramenti)
 - Velocità e direzione vento
 - Differenza di temperatura interno esterno
 - Convenzionalmente pari a 0,5 volumi ambiente per ora
- Ventilazione forzata – quantità aria dipende da:
 - Portata aria sistema di ventilazione (UNI 10339)
 - Portata aria sistema di espulsione (UNI 10339)
 - Numero di ore di funzionamento dell’impianto (DPR 412/93 allegato C richiede recuperatore di calore in funzione della portata, dei gradi giorno e del numero di ore giornaliere di funzionamento)

2.2. Calcolo della potenza termica

Fabbisogno termico totale

$$P = P_d + P_v \quad [\text{W}]$$

Potenza termica dispersa

$$P_d = \sum_i K_i A_i (t_i - t_e) \quad [\text{W}]$$

K_i = trasmittanza parete $[\text{W}/(\text{m}^2 \text{K})]$

A_i = superficie parete $[\text{m}^2]$

t_i = temperatura interna $[\text{°C}]$

t_e = temperatura esterna $[\text{°C}]$

Potenza termica per riscaldare l'aria di rinnovo

$$P_v = \rho c (V_a/3600) (t_i - t_e) \quad [\text{W}]$$

ρ = massa volumica aria = $1,23 \text{ kg/m}^3$

c = calore specifico aria = $1000 \text{ J}/(\text{kg K})$

V_a = portata aria $[\text{m}^3/\text{h}]$

Ponendo $V_a = n V \quad [\text{m}^3/\text{h}]$

$$P_v = 0,34 n V (t_i - t_e) \quad [\text{W}]$$

2.3. Fabbisogno termico

Legge 10/91 “Norme per l’attuazione del Piano Energetico Nazionale in materia di uso razionale dell’energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia”.

Obiettivo: contenimento consumi energetici

DPR 412/93 e s.m.i. (decreto attuativo) “Regolamento recante norme per la progettazione, l’installazione, l’esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell’art. 4, legge 9 gennaio 1991 n. 10”

Verifiche da eseguire:

- coefficiente di dispersione volumica per trasmissione $C_d < C_{d,\text{lim}}$
- rendimento globale medio stagionale $\eta_g > \eta_{g,\text{lim}}$
- fabbisogno energetico normalizzato FEN del sistema edificio impianto $> \text{FEN}_{\text{lim}}$

Coefficiente di dispersione volumica per trasmissione $C_{d,\text{lim}}$ $[\text{W}/(\text{m}^3 \text{°C})]$

Funzione di:

- Rapporto S/V
- Zona climatica
- Gradi giorno $\text{GG} = \sum_{j=1}^N (t_a - t_{e_j})$
 - t_a = temperatura interna di riferimento
 - t_{e_j} = temperatura media esterna del giorno j^{mo}
 - N = numero di giorni del periodo considerato

Rendimento globale medio stagionale $\eta_{g,lim}$

$$\eta_{g,lim} = (65 + 3 \log P_n) \quad [\%]$$

P_n = potenza utile nominale dei generatori espressa in kW

Fabbisogno energetico normalizzato FEN_{lim}

$$FEN_{lim} = [(C_d + 0,34 n) - k_u \left(\frac{0,01 I}{dT_m} + \frac{a}{dT_m} \right)] \frac{86,4}{\eta_g}$$

con:

I = media aritmetica dei valori dell'irradianza solare media mensile sul piano orizzontale [W/m²]

dT_m = differenza di temperatura media stagionale [°C]

0,01 = valore convenzionale [m⁻¹] della superficie ad assorbimento totale dell'energia solare per unità di volume riscaldato

a = valore degli apporti gratuiti interni [W/m³]

k_u = coefficiente adimensionale di utilizzazione apporti gratuiti interni

2.4. Determinazione del fabbisogno termico

UNI 10344 – UNI EN 832

Energia termica mensile scambiata per trasmissione e ventilazione

$$Q_L = (Q_T + Q_G + Q_U) + Q_V + Q_A \quad [\text{J/mese}]$$

Energia termica mensile scambiata per trasmissione con ambiente esterno

$$Q_T = 86400 N H_T \Delta T \quad [\text{J/mese}]$$

N = numero giorni mese [g/mese]

86400 = numero secondi in un giorno [s/g]

H_T = coefficiente di dispersione termica per trasmissione tra la zona considerata e l'ambiente esterno [W/K]

ΔT = differenza tra la temperatura ambiente supposta costante e il valore della temperatura media mensile dell'aria esterna per il mese considerato

$$H_T = \sum_i K_i A_i + \sum_i k_i l_i$$

A_i = area di ciascun componente termicamente uniforme rivolto verso l'esterno

K_i = trasmittanza termica di ciascun componente

l_i = lunghezza del ponte termico

k_i = trasmittanza termica lineare di ponte termico

Energia termica mensile scambiata per trasmissione con il terreno

$$Q_G = 86400 N H_G \Delta T_s \quad [\text{J/mese}]$$

N = numero giorni mese [g/mese]

86400 = numero secondi in un giorno [s/g]

H_G = coefficiente di dispersione termica per trasmissione tra la zona considerata e il terreno [W/K]
– UNI 10346

ΔT = differenza tra la temperatura ambiente supposta costante e il valore della temperatura media stagionale dell'aria esterna

Energia termica mensile scambiata con ambienti non riscaldati

$$Q_U = 86400 N H_{ie} \Delta T \quad [\text{J/mese}]$$

N = numero giorni mese [g/mese]

86400 = numero secondi in un giorno [s/g]

H_{ie} = coefficiente di dispersione termica equivalente [W/K]

ΔT = differenza tra la temperatura ambiente supposta costante e il valore della temperatura media mensile dell'aria esterna per il mese considerato

$$H_{ie} = \sum_{i=1}^n [(H_{iu} H_{ue}) / H_{iu} + H_{ue}]$$

H_{iu} = coefficiente di dispersione termica tra la zona riscaldata e ciascun ambiente non riscaldato [W/K]

H_{ue} = coefficiente di dispersione termica tra l'ambiente non riscaldato e l'esterno [W/K]

n = numero di ambienti non riscaldati adiacenti

Energia termica mensile scambiata per ventilazione

$$Q_V = 86400 N H_V \Delta T \quad [\text{J/mese}]$$

N = numero giorni mese [g/mese]

86400 = numero secondi in un giorno [s/g]

H_V = coefficiente di dispersione termica per ventilazione e infiltrazione [W/K] = 0,34 $n V$

ΔT = differenza tra la temperatura ambiente supposta costante e il valore della temperatura media mensile dell'aria esterna per il mese considerato

Energia termica mensile scambiata con zone a temperatura fissata

$$Q_A = 86400 N \sum_{i=1}^n (H_a \Delta T_a)_i \quad [\text{J/mese}]$$

N = numero giorni mese [g/mese]

86400 = numero secondi in un giorno [s/g]

H_a = coefficiente di trasmissione per ciascuna zona a temperatura fissata che si deve calcolare considerando anche l'eventuale aria ricambiata [W/K]

ΔT_a = differenza di temperatura tra la zona riscaldata e quella adiacente

2.5. Apporti energetici mensili gratuiti

Dovuti a sorgenti non legate all’impianto di riscaldamento:

- Persone
- Luci
- Apparecchiature varie
- Acqua calda sanitaria
- Radiazione solare

Apporti energetici mensili gratuiti dovuti a sorgenti interne

$$Q_I = \sum_{j=1}^s Q_{I,j} \quad [\text{J/mese}]$$

$Q_{I,j}$ = apporto energetico di ciascuna sorgente = 86400 N a V

s = numero di sorgenti interne

a = a_p/h

a_p = apporti gratuiti per m^2 di pavimento $[\text{W}/\text{m}^2]$

Apporti energetici mensili dovuti alla radiazione solare

$$Q_S = N \sum_{j=1}^e q_{s,j} (\sum_{i=1}^v A_{e,i}) \quad [\text{J/mese}]$$

N = numero giorni mese $[\text{g}/\text{mese}]$

e = numero di esposizioni

v = numero di superfici per esposizione

q_s = irradiazione globale giornaliera media mensile incidente sulla parete avente esposizione j $[\text{J}/\text{m}^2]$ - UNI 10349

$A_{e,i}$ = area equivalente della superficie con esposizione j

- Superfici trasparenti

$$A_{e,i} = F_{s,i} F_{c,i} F_{t,i} g_i A_i$$

$F_{s,i}$ = fattore di schermatura dovuto a ostruzioni esterne

$F_{c,i}$ = coefficiente di riduzione dovuto a schermi interni o esterni

$F_{t,i}$ = coefficiente di riduzione dovuto all’area del telaio

g_i = trasmittanza solare totale dell’elemento

A_i = area della superficie

- Superfici opache

$$A_{e,i} = F_{s,i} F_{er,i} A_i \alpha_i K_i / h_e$$

$F_{s,i}$ = fattore di schermatura dovuto a ostruzioni esterne

$F_{er,i}$ = coefficiente di riduzione che tiene conto dell’incidenza del flusso radiativo emesso dalla superficie verso la volta celeste

α_i = fattore di assorbimento della radiazione solare

A_i = area della superficie

h_e = coefficiente superficiale di scambio termico esterno

Q_{se} = contributo dovuto alla radiazione solare incidente sulla superficie esterna dei componenti opachi

Q_{si} = contributo dovuto alla radiazione solare incidente sulla superficie interna dei componenti opachi dopo essere penetrata nella zona attraverso i componenti trasparenti

Fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti η_u

Coefficiente da applicare agli apporti solari e interni per tener conto della loro incidenza sulle perdite per trasmissione e ventilazione e della costante di tempo dell'edificio (capacità termica edificio)

$$\eta_u (Q_{si} + Q_I) = Q_g \quad \text{valori di } \eta_u \text{ compresi tra } 0,5 \text{ e } 1$$

Fabbisogno energetico utile mensile necessario per garantire la temperatura di progetto in regime di funzionamento continuo Q_h

$$Q_h = (Q_L - Q_{se}) - \eta_u (Q_{si} + Q_I) \quad [\text{J/mese}]$$

$(Q_L - Q_{se})$ = energia termica scambiata

$\eta_u (Q_{si} + Q_I)$ = energia termica dovuta agli apporti gratuiti

Poiché bisogna in realtà considerare il regime di conduzione (continuo, intermittente), il sistema di regolazione, le caratteristiche di emissione dei corpi scaldanti e le modalità di distribuzione del fluido termovettore occorre introdurre i rendimenti (UNI 10348)

Rendimento di produzione

$$\eta_p = Q_p / Q$$

Q_p = energia termica fornita dal generatore nel periodo considerato

Q = fabbisogno di energia primaria nel periodo considerato

Nella sostituzione di generatori

$$\eta_p = (77 + 3 \log P_n) \quad [\%]$$

con P_n = potenza utile nominale dichiarata dal costruttore in regime di funzionamento continuo, trasferita al fluido termovettore (potenza al focolare diminuita delle perdite al camino e attraverso l'involucro del generatore)

Rendimento di regolazione

$$\eta_r = Q_h / Q_{hr}$$

Q_h = energia termica richiesta in condizioni ideali

Q_{hr} = energia effettivamente richiesta nelle condizioni reali

Rendimento di distribuzione

Tiene conto delle perdite di energia termica della rete di distribuzione verso l'esterno e quindi non utilizzabile dagli ambienti

Valori tabellati UNI 10348

Determinazione analitica UNI 10347

Rendimento di emissione

$$\eta_e = Q_h / Q_{hae}$$

Q_h = energia termica richiesta in condizioni ideali

Q_{hr} = energia termica fornita dal terminale in condizioni reali

Fabbisogno energetico normalizzato FEN

Il fabbisogno energetico convenzionale per la climatizzazione invernale è la quantità di energia primaria globalmente richiesta, nel corso di un anno, per mantenere negli ambienti riscaldati la temperatura al valore costante di 20 °C con un adeguato ricambio d'aria durante la stagione di riscaldamento.

Valore teorico dell'energia primaria immessa nel sistema (combustibile + energia elettrica consumata).

Non può coincidere quindi con l'effettivo consumo del sistema.

$$FEN = Q / (t_i - t_{em}) N V \quad [kJ/(m^3 GG)] \quad (UNI 10379)$$

Q = fabbisogno convenzionale stagionale di energia primaria richiesta per il riscaldamento dell'edificio [kJ]

t_i = temperatura interna di progetto

t_{em} = temperatura media stagionale dell'aria esterna

N = numero di giorni del periodo di riscaldamento

V = volume dell'edificio

2.6. Rientrate estive

Ipotesi di base

- Condizioni di regime (temperature interne ed esterne costanti)
- Dimensionamento impianti sulla base del massimo fabbisogno (temperatura esterna di progetto)

3. Sistemi per la produzione del caldo

3.1. Generatori di calore

Per ogni tipologia viene presentato un esempio con schede di prodotto descrivendone le caratteristiche peculiari in merito a:

- caratteristiche costruttive (materiale e struttura – es. acciaio/ghisa basamento/murale ecc.)
- sistema di combustione o produzione del caldo (bruciatore atmosferico/aria soffiata ecc.)
- combustibile
- fluido termovettore prodotto (acqua calda, surriscaldata, vapore, olio diatermico, aria, ecc.)
- sistemi di regolazione
- sistemi di sicurezza
- vantaggi/svantaggi (rumorosità, costo, ecc.)

Vengono considerate le seguenti tipologie:

Caldaie

- caldaia murale (gas e gasolio con bruciatore aspirato e soffiato, a camera aperta e chiusa)
- moduli termici con funzionamento in sequenza
- caldaia basamento elementi in ghisa
- caldaia in acciaio a tubi di fumo
- caldaia in acciaio bassa temperatura
- caldaia a condensazione
- cella ecotermica
- caldaia acqua surriscaldata
- caldaia vapore (tubi acqua, tubi fumo, bassa pressione, media pressione, ecc.)
- caldaia olio diatermico
- caldaia a combustibile solido - biomassa (legna, cippato, pellets, ecc.)

Bruciatori

- gasolio
- olio combustibile
- gas atmosferico
- gas aria soffiata
- gas a irraggiamento
-

Scambio termico

- scambiatori a piastre (es. teleriscaldamento)
- scambiatori ad accumulo (produzione ACS)
- collettori solari
- moduli di zona

Elettrici

- caldaie elettriche
- pompe di calore aria-acqua (produzione ACS)
- pompe di calore aria-aria
- pompe di calore acqua di falda-acqua

- pompe di calore terra-acqua

Alternativi

- celle fotovoltaiche (limiti e prospettive)
- celle a combustibile

3.2. Confronto tra i combustibili

Considerazioni sui poteri calorifici dei combustibili e relativi costi

Viene presentata una tabella e vengono svolte alcune considerazioni.

Inquinamento.

3.3. La contabilizzazione del calore

La contabilizzazione del calore

- esigenze normative
- risparmi conseguibili
- metodi diretti
- metodi indiretti (ripartitori, evaporatori, ecc.)
- sistemi di gestione (servizio lettura, telegestione)
- applicabilità a impianti a zone o impianti a colonne montanti (due tubi)

3.4. Layout ottimale di centrale e caldaie in funzione delle esigenze di parzializzazione

- Caldaie in cascata per area produttiva
- Caldaie per uffici
- Caldaie per custodi
- Dimensioni locale secondo esigenze normative
- Caratteristiche funzionali locali
- Centrali e sottocentrali (sottostazioni pompe)
- Circuiti primari e secondari – spillamento e separazione idraulica

4. Dispositivi di sicurezza per centrali termiche

Viene eseguito il dimensionamento dei dispositivi di sicurezza per una centrale ad acqua calda (secondo la Raccolta “R” ISPESL) nelle tipologie:

- vaso di espansione aperto
- vaso di espansione chiuso

Viene analizzata in dettaglio e fornita la Raccolta R. Cenni sulle raccolte H e E. (vedere libro sul solare).

5. Tipologie impiantistiche

Per ogni tipologia viene presentato un esempio di realizzazione descrivendone i pregi e i limiti con riferimento a:

- costo di installazione
- rapidità di installazione
- costo di gestione
- costo di manutenzione e semplicità nei componenti
- comfort ambientale
- uniformità del controllo e gradiente termico (stratificazione)
- rumorosità
- inerzia / rapidità di messa a regime
- ingombro in ambiente ed estetica
- sicurezza (es. temperature eccessive superficiali, spigoli vivi, ecc.)
- flessibilità (in relazione a diversa suddivisione degli ambienti)
- qualità aria (filtrazione, gestione aria di rinnovo, ecc.)
- possibilità di suddivisione in zone (regolazione individuale ai fini del comfort e del risparmio energetico)
- problematiche normative (sicurezza antincendio VVF)

6. Tipologie impiantistiche prevalenti per il settore residenziale

Controllo termico invernale

- Radiatori (ghisa piastra e colonne, acciaio piastra e tubolare, alluminio)
- Termoconvettori
- Battiscopa

Controllo termico invernale ed estivo (limitato)

- Pannelli radianti a pavimento

Controllo termico invernale e termoigrometrico estivo

- Ventilconvettori
- Sistemi split in pompa di calore

7.1. Radiatori

Descrizione

- Contenitore metallico di forma più o meno elaborata che percorso dal fluido termovettore si scalda e cede calore all'ambiente circostante
- Alimentato ad acqua calda (in passato anche vapore)
- Sistema statico
- Non necessaria alimentazione elettrica
- Emissione calore per convezione naturale e in parte per radiazione
- Componente radiativa funzione della superficie e della temperatura del fluido termovettore

7.2. Convettori

Descrizione

- Batteria di tubi alettati alimentata dal fluido scaldante, attraverso la quale per convezione naturale l'aria ambiente passa e si riscalda
- Alimentato ad acqua calda (anche olio diatermico)
- Sistema statico
- Non necessaria alimentazione elettrica
- Emissione calore per convezione naturale
- Componente radiativa funzione della superficie e della temperatura del fluido termovettore

Tipologie

In acciaio

- A mobiletto
- A zoccolo

Regolazione

- Temperatura fluido termovettore (regolazione di centrale)
- Regolazione ambiente (serranda sull'apertura superiore del mobiletto)

Accessori

- Mensole
- Valvola di intercettazione
- Detentore
- Valvole sfiato aria

Riferimenti normativi

- UNI 6514 rese con $\Delta t = 60 \text{ }^\circ\text{C}$
- UNI-EN 442 rese con $\Delta t = 50 \text{ }^\circ\text{C}$

Emissione termica

$$q = q_n (\Delta t/60)^n$$

essendo:

q = emissione termica in condizioni di impiego

q_n = emissione termica nominale

Δt = differenza tra la temperatura media del corpo scaldante e la temperatura ambiente

n = esponente caratteristico del corpo scaldante (radiatori 1,29 - convettori 1,5 – ventilconvettori e aerotermi 1 – termostisce 1,14)

Pregi / limiti

- costo di installazione
- rapidità di installazione
- costo di gestione
- costo di manutenzione e semplicità nei componenti
- comfort ambientale
- uniformità del controllo e gradiente termico (stratificazione)
- rumorosità
- inerzia / rapidità di messa a regime
- ingombro in ambiente ed estetica
- sicurezza (es. temperature superficiali, spigoli vivi, ecc.)
- flessibilità (in relazione a diversa suddivisione ambienti)
- qualità aria (filtrazione, gestione aria di rinnovo, ecc.)
- possibilità di suddivisione in zone (regolazione individuale ai fini del comfort e del risparmio energetico)
- problematiche normative (sicurezza antincendio VVF)

7. Tipologie impiantistiche prevalenti per il settore industriale

Controllo termico invernale

- Generatori di aria calda a basamento a lancio diretto da plenum
- Generatori di aria calda a basamento canalizzati
- Generatori di aria calda pensili a gas (e gasolio)
- Aerotermi
- Termostrisce radianti (ad acqua calda, surriscaldata e vapore)
- Pannelli radianti a pavimento
- Tubi radianti a gas
- Nastri radianti a gas

Controllo termico invernale e termoigrometrico estivo

- Unità trattamento aria con canalizzazioni
- UTA con canalizzazioni in tessuto

8. Tipologie impiantistiche prevalenti per il settore uffici e terziario

Controllo termico invernale e termoigrometrico estivo

- Ventilconvettori a due tubi con commutazione stagionale

Controllo termoigrometrico invernale ed estivo

- UTA a tutt'aria monocondotto a portata costante
- UTA a tutt'aria doppio condotto (solo cenni)
- UTA a tutt'aria monocondotto a portata variabile
- Ventilconvettori a due tubi con commutazione stagionale e aria primaria
- Ventilconvettori a quattro tubi e aria primaria

- Pannelli radianti e aria primaria
- Travi fredde
- Sistemi per pavimenti galleggianti
- Pompe di calore ad anello d’acqua

8.1. Tipologie ventilconvettori

- Da pavimento
- A soffitto da incasso
- Cassette idroniche
- Con ventilatori centrifughi
- Con ventilatori tangenziali
- Con filtri elettrostatici
- Regolazioni
- Batterie 3R o 4R
- Batterie 3R+1

8.2. Tipologie Centrali Trattamento Aria (CTA)

- Struttura (pannelli tamponamento, oblò, sicurezze, protezione per versioni da esterno)
- Versione (in linea o sovrapposta, monoblocco, sezioni separate, rooftop, ecc.)
- Sezioni di miscela
- Sezioni di recupero termico (statici a piastre, rotativi, a batterie accoppiate, ecc.)
- Sezioni di filtrazione (prefiltri, filtri a tasche, filtri assoluti, filtri a carboni attivi, ecc.)
- Sezioni di trattamento (velocità attraversamento, tipi di batterie, ecc.)
- Sezioni di umidificazione (adiabatica con pompa e acqua a perdere, adiabatica ad ugelli vaporizzatori e aria compressa, a vapore diretto, a vapore prodotto elettricamente)
- Sezioni di ventilazione
- Silenziatori
- Cassette di zona
- Sezioni ad espansione diretta (ROOFTOP)
- Schemi di regolazione

8.3. Sistemi di canalizzazioni

- Acciaio zincati rettangolari
- Acciaio zincati circolari (spiro)
- Acciaio inox (applicazioni particolari)
- Poliuretano rivestiti in alluminio goffrato
- Flessibili per raccordi
- Tessili

8.4. Tipologie diffusori

Vengono presentate schede di catalogo con le varie tipologie di diffusori.

8.5. Isolanti per tubazioni e canalizzazioni

9. Sistemi per la produzione del freddo

9.1. Tipologie gruppi frigoriferi

Per ogni tipologia viene presentato un esempio con schede di prodotto descrivendone le caratteristiche peculiari in merito a:

- ciclo frigorifero (compressione, assorbimento)
- condensazione (aria assiale, centrifugo, acqua)
- tipo di compressore (alternativo, scroll, vite, ecc.)
- fluido refrigerante
- sistemi di recupero termico parziale o totale
- sistemi di parzializzazione
- vantaggi/svantaggi (rumorosità, costo, ecc.)

Vengono considerate le seguenti tipologie:

9.2. Centrali frigorifere

Vengono presentati esempi di centrali frigorifere con attenzione alle seguenti problematiche:

- inerzia termica impianto
- dispositivi di controllo e sicurezza
- parzializzazione.