

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA BASILICATA

Dispensa del Corso di
Energetica degli edifici

Dott.ssa Ing. Elisabetta Negro

A.A. 2019-2020

Indice

1.	LEGISLAZIONE E NORMATIVA.....	5
1.1	Legge n. 373/1976.....	5
1.2	Legge n. 10/1991.....	5
1.3	D.P.R. n. 412/1993.....	6
1.4	Direttiva 2002 /91/CE.....	8
1.5	Decreto legislativo 192/05.....	9
1.6	Decreto legislativo n. 311 del 29 dicembre 2006.....	9
1.7	D.P.R. n. 59/2009.....	10
1.8	D.M. 26 giugno 2009.....	10
1.9	Decreto legislativo n. 28/2011.....	11
1.10	Decreto n. 63/2013 e legge n. 90/2013.....	11
1.11	Nuovi decreti interministeriali del 26 giugno 2015 previsti dalla legge 90.....	11
1.11.1	Classificazione edifici.....	12
1.11.2	Tipologie di intervento.....	12
1.11.3	Ristrutturazioni importanti.....	12
1.11.4	Interventi di riqualificazione energetica.....	13
1.11.5	Indici di prestazione energetica.....	13
1.11.6	Edifici a energia quasi zero.....	15
1.11.7	Edificio di riferimento.....	15
1.11.8	Altri parametri per le verifiche di legge.....	20
1.11.9	Verifiche.....	21
1.11.10	Requisiti specifici per gli edifici esistenti soggetti a riqualificazione energetica.....	22
2	CALCOLO DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI.....	27
2.1	Metodologia di calcolo della prestazione energetica.....	27
2.2	Norma UNI TS 11300-5:2016.....	27
2.2.1	I confini di valutazione dell'edificio.....	28
2.2.2	Indici di prestazione energetica degli edifici.....	29
2.3	Norma UNI/TS 11300-1:2014.....	31

2.3.1	Termini e definizioni	31
2.3.2	Bilancio edificio-impianto	32
2.3.3	Calcolo del fabbisogno ideale di energia termica dell'edificio	33
2.3.4	Calcolo degli scambi termici per trasmissione	34
2.3.5	Ponti termici	37
2.3.6	Calcolo degli scambi termici per ventilazione	41
2.3.7	Calcolo degli apporti termici interni	42
2.3.8	Calcolo degli apporti termici solari.....	43
2.4	Norma UNI/TS 11300-2:2019	45
2.5	Fabbisogni e perdite di energia termica dell'impianto di climatizzazione invernale.....	45
2.5.1	Calcolo del fabbisogno di ideale netto ed effettivo di energia termica utile	45
2.5.2	Calcolo delle perdite di emissione	46
2.5.3	Calcolo delle perdite per i sottosistemi di regolazione	48
2.5.4	Calcolo delle perdite dei sottosistemi di distribuzione.....	49
2.5.5	Calcolo delle perdite del sottosistema di generazione.....	53
2.6	Fabbisogni e perdite dei sottosistemi dell'impianto di produzione di acqua calda sanitaria	56
2.6.1	Fabbisogni di energia utile per la produzione di acqua calda sanitaria.....	56
2.7	Fabbisogni di energia per la ventilazione meccanica e per la climatizzazione invernale in presenza di impianti aeraulici.....	58
2.8	Fabbisogni di energia per l'illuminazione.....	58
2.8.1	Calcolo del fabbisogno annuo di energia primaria per illuminazione di ambienti interni	59
2.8.2	Calcolo del fabbisogno di energia elettrica per dispositivi di controllo e di emergenza.....	61
2.8.3	Calcolo del fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione artificiale	62
2.8.4	Calcolo del fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione delle zone esterne	62
2.9	UNI/TS 1300-3:2010.....	63
2.9.1	Fabbisogno effettivo di energia termica dell'edificio per raffrescamento Q_{Cr}	64
2.9.2	Perdite di emissione $Q_{l,e}$	64
2.9.3	Perdite di regolazione $Q_{l,rg}$	65
2.9.4	Perdite di distribuzione $Q_{l,d}$	65

2.9.5	Energia termica recuperata Q_{rr}	66
2.9.6	Fabbisogno di energia termica dell'edificio per trattamenti dell'aria Q_v	66
2.9.7	Fabbisogno di energia elettrica per ausiliari degli impianti di climatizzazione Q_{aux}	67
2.9.8	Fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di emissione $Q_{aux,e}$	67
2.9.9	Fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di distribuzione $Q_{aux,d}$	68
2.9.10	Fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di produzione $Q_{aux,gn}$	68
2.9.11	Efficienza di generazione.....	69
2.10	Norma UNI/TS 11300-4:2016.....	71
2.10.1	Procedura di calcolo	73
2.10.2	Fabbisogno di energia termica utile dalla generazione.....	73
2.10.3	Fabbisogno di energia primaria dell'edificio	74
2.10.4	Solare termico.....	75
2.10.5	Solare fotovoltaico.....	75
2.10.6	Combustione di biomasse	77
2.10.7	Pompe di calore	78
2.10.8	Teleriscaldamento.....	81
2.10.9	Cogenerazione	83
2.11	Norma UNI TS 11300-6:2016.....	86
2.11.1	Gli ascensori	86
2.11.2	Le scale e i marciapiedi mobili	87
3	MODELLARE GLI IMPIANTI: DALLA NORMATIVA AI CASI PRATICI	89
3.1	Gli elementi di modellazione dell'impianto	90
3.2	Le tipologie di sistema impiantistico e di terminale.....	91
3.3	Zonizzazione dell'edificio, emissione e distribuzione	92
3.4	Le centrali termiche	96
3.5	Accumuli, metodi di calcolo dei generatori a combustione ed impianti centralizzati	98
3.6	Esempi di calcolo	100
3.6.1	Esempio 1	100
3.6.2	Esempio 2.....	101

3.6.3	Esempio 3.....	102
3.6.4	Esempio 4.....	103
3.6.5	Esempio 5.....	104
3.6.6	Esempio 6.....	105
3.6.7	Esempio 7.....	106
3.6.8	Esempio 8.....	107
3.6.9	Esempio 9.....	108
3.6.10	Esempio 10.....	109
3.6.11	Esempio 11.....	110
3.6.12	Esempio 12.....	111
3.6.13	Esempio 13.....	112
3.6.14	Esempio 14.....	113
3.6.15	Impianti aeraulici.....	114
3.6.16	Edifici senza impianto.....	116
4	Domande d'esame.....	117

1. LEGISLAZIONE E NORMATIVA

Il concetto di certificazione energetica degli edifici era già stato introdotto con la Legge 10 del 1991. Tale legge poneva l'Italia in una posizione privilegiata rispetto agli altri stati Europei, riguardo il contenimento dei consumi energetici. Purtroppo non venne pubblicato nessun decreto attuativo che rendeva operativa la legge. Solo nel dicembre 2002, quando venne presentata la Direttiva Europea 2002/91/CE sul "rendimento energetico nell'edilizia", che dava ai vari stati un tempo massimo di 3 anni per il suo recepimento, l'Italia recepì la Direttiva con il D. Lgs 192/05, successivamente corretto ed integrato dal DLgs 311/2006.

I due decreti legislativi hanno imposto dei requisiti minimi prestazionali e/o prescrittivi e la certificazione energetica per il sistema edificio/impianto. I decreti attuativi e le linee guida sono stati infine pubblicati nel 2009 (DPR 59/2009 e DM 26 giugno 2009). Il DL 63/2013, convertito nella Legge 3 agosto 2013, n.90, ha modificato i contenuti del DLGS 192/2005, decretando il passaggio dall'Attestato di Certificazione Energetica (ACE) all'Attestato di Prestazione Energetica (APE).

1.1 Legge n. 373/1976

La prima norma (legge n. 373) redatta per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici risale al 1976. Essa fu emanata perché in quegli anni si manifestava per la prima volta in Europa una vera e propria crisi petrolifera, che fece balzare alle stelle il prezzo del petrolio.

La legge 373/76 prevedeva i primi vincoli per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici e prescrizioni per l'isolamento termico degli edifici.

In particolare venivano introdotte le seguenti grandezze:

- il coefficiente di dispersione volumico C_d ¹
- i gradi giorno
- le zone climatiche
- il rapporto S/V (superficie disperdente su volume riscaldato)

1.2 Legge n. 10/1991

La Legge n. 10/1991 nasce con l'intento di ridurre i consumi di energia e di migliorare le condizioni di compatibilità ambientale dell'utilizzo dell'energia, in accordo con la politica energetica della Comunità economica europea.

¹ C_d rappresenta la potenza termica dispersa per trasmissione per ogni unità di volume e per ogni grado centigrado di differenza di temperatura.

Il coefficiente C_d dell'edificio si calcola mediante la formula:

$$C_d = \frac{\text{dispersioni per trasmissione}}{V \cdot \Delta t}$$

dove: V è il volume dell'edificio come specificato nel decreto ed espresso in m³; Δt è uguale a $t_i - t_e$ (°C) dove t_i è la temperatura interna dell'aria pari a 20 °C e t_e è la temperatura esterna minima di progetto.

La legge 10 è stata la prima legge quadro finalizzata a regolare le modalità progettuali e la gestione del sistema edificio/impianto.

Gli obiettivi principali della legge 10 erano quelli di garantire:

- risparmio energetico e uso consapevole dell'energia;
- salvaguardia dell'ambiente;
- benessere degli individui all'interno dell'ambiente confinato.

A tal fine la legge 10 imponeva la verifica della "tenuta" dell'isolamento termico delle pareti e dei solai, per contenere la dispersione di calore allo scopo di contenere le dispersioni termiche e risparmiare energia.

Un ulteriore concetto preso in considerazione dalla norma riguardava il rendimento dei sistemi impiantistici: al di sotto di certi valori non era possibile ottenere il risparmio energetico prefissato.

La legge 10 proponeva un percorso per la valutazione del bilancio energetico invernale dell'edificio fra gli apporti e le dispersioni di calore.

La legge 10 fu una legge assolutamente innovativa: l'art. 26 comma 7 prevedeva che per gli edifici di proprietà pubblica o adibiti ad uso pubblico fosse obbligatorio soddisfare il fabbisogno energetico, favorendo il ricorso a fonti rinnovabili di energia, salvo impedimenti di natura tecnica ed economica.

L'art. 28 della legge 10/91 prevedeva che il proprietario dell'edificio, o chi ne avesse titolo, depositasse in Comune, insieme alla denuncia dell'inizio dei lavori, una relazione tecnica, sottoscritta dal progettista o dai progettisti, che ne attestasse la rispondenza alle prescrizioni della stessa legge, pena una sanzione amministrativa notevole.

1.3 D.P.R. n. 412/1993

A seguito della legge 10/1991 fu emanato il suo decreto di attuazione, ossia il dpr n. 412/1993 contenente il "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 della legge 9 gennaio 1991, n. 10"

Il Dpr n. 412/1993 introduceva i seguenti aspetti:

- classificazione del territorio nazionale in funzione del numero di gradi giorno
- classificazione degli edifici in base alla loro destinazione d'uso
- individuazione dei criteri di progettazione energetica

Individuazione della zona climatica e dei gradi giorno

Il territorio nazionale veniva classificato in funzione del **numero di gradi giorno (GG)**, intesi come la somma, estesa su tutto il periodo annuale convenzionale di riscaldamento, delle differenze positive giornaliere tra la temperatura ambiente (convenzionalmente fissata a 20°C) e la temperatura media esterna giornaliera ricavata dalla UNI 10349.

$$GG = \sum_{e=1}^n (20 - T_e)$$

con $T_e < 20^\circ\text{C}$ a indicare la temperatura media esterna giornaliera del periodo convenzionale di riscaldamento di n giorni *che inizia con i primi tre giorni consecutivi caratterizzati da una temperatura media giornaliera inferiore a 12°C (comunque non dopo il 1° dicembre) e termina con i primi tre giorni consecutivi caratterizzati da una temperatura media giornaliera uguale o superiore a 12°C (comunque non prima del 28 febbraio).*

In funzione dei GG si stabiliva, così, l'appartenenza ad una delle 6 zone climatiche in cui viene suddiviso il territorio, dalla A alla F, ad ognuna delle quali viene associato un periodo convenzionale di riscaldamento:

Tabella 1 - Classificazione Gradi Giorno in base alle zone climatiche

Zona climatica	Numero di gradi giorno
A	$GG \leq 600$
B	$600 < GG \leq 900$
C	$900 < GG \leq 1.400$
D	$1.400 < GG \leq 2.100$
E	$2.100 < GG \leq 3.000$
F	$GG > 3.000$

Classificazione generale degli edifici per categorie

Gli edifici venivano classificati in base alla loro destinazione d'uso nelle seguenti categorie:

- E.1 Edifici adibiti a residenza e assimilabili:
 - E.1 (1) abitazioni adibite a residenza con carattere continuativo, quali abitazioni civili e rurali, collegi, conventi, case di pena, caserme
 - E.1 (2) abitazioni adibite a residenza con occupazione saltuaria, quali case per vacanze, fine settimana e simili
 - E.1 (3) edifici adibiti ad albergo, pensione ed attività similari
- E.2 Edifici adibiti a uffici e assimilabili: pubblici o privati, indipendenti o contigui a costruzioni adibite anche ad attività industriali o artigianali, purché siano da tali costruzioni scorporabili agli effetti dell'isolamento termico
- E.3 Edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cura e assimilabili ivi compresi quelli adibiti a ricovero o cura di minori o anziani nonché le strutture protette per l'assistenza ed il recupero dei tossico-dipendenti e di altri soggetti affidati a servizi sociali pubblici
- E.4 Edifici adibiti ad attività ricreative, associative o di culto e assimilabili:
 - E.4 (1) quali cinema e teatri, sale di riunione per congressi
 - E.4 (2) quali mostre, musei e biblioteche, luoghi di culto
 - E.4 (3) quali bar, ristoranti, sale da ballo
- E.5 Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili: quali negozi, magazzini di vendita all'ingrosso o al minuto, supermercati, esposizioni
- E.6 Edifici adibiti ad attività sportive:
 - E.6 (1) piscine, saune e assimilabili

- E.6 (2) palestre e assimilabili
- E.6 (3) servizi di supporto alle attività sportive
- E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
- E.8 Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili

La classificazione proposta dal Dpr 412/1993 è valida ancora oggi.

Il fabbisogno di energia normalizzato

Il Dpr 412/1993 stabiliva i criteri di progettazione energetica sulla base della determinazione del **FEN (Fabbisogno Energetico Normalizzato)** e del **rendimento globale stagionale dell'impianto termico**.

Il FEN è dato dal seguente rapporto:

$$FEN = \frac{FEC}{V \cdot GG}$$

dove:

V è il prodotto del volume lordo riscaldato

GG sono i gradi giorno della località

In pratica, il FEN, che anticipa di molto il concetto di indici di prestazione, è la quantità di energia primaria globale richiesta, nel corso di un anno, per mantenere negli ambienti riscaldati la temperatura ad un valore costante di 20 °C, prevedendo un adeguato ricambio d'aria durante la stagione di riscaldamento.

1.4 Direttiva 2002 /91/CE

Nel 2002 il Parlamento Europeo ed il Consiglio dell'Unione emanano la direttiva 2002 /91/CE, detta **EPBD (Energy Performance of Building Directive)**, con lo scopo di orientare l'attività edilizia dei paesi membri verso una concezione di efficienza energetica che consenta di perseguire anche obiettivi rivolti alla riduzione dell'impatto ambientale ed al contenimento dell'inquinamento.

L'EPBD in ottemperanza al Protocollo di Kyoto, indirizza gli stati membri verso una riduzione degli inquinanti gassosi emessi, attraverso alcune misure correttive in svariati ambiti, tra cui anche l'edilizia, con l'obiettivo di promuovere il miglioramento del rendimento energetico degli edifici nella Comunità, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni per quanto riguarda il clima degli ambienti interni e l'efficacia sotto il profilo dei costi.

Le disposizioni in essa contenute riguardano i seguenti aspetti:

- il quadro generale di una metodologia per il calcolo del rendimento energetico integrato degli edifici
- l'applicazione di requisiti minimi in materia di rendimento energetico degli edifici di nuova costruzione
- l'applicazione di requisiti minimi in materia di rendimento energetico degli edifici esistenti di grande metratura sottoposti a importanti ristrutturazioni
- la certificazione energetica degli edifici

- l'ispezione periodica delle caldaie e dei sistemi di condizionamento d'aria negli edifici, nonché una perizia del complesso degli impianti termici le cui caldaie abbiano più di quindici anni.

La sostanziale novità introdotta dalla EPBD è l'attenzione posta all'efficienza energetica dell'edilizia esistente che, qualora interessata da significative ristrutturazioni, diviene soggetta anch'essa a vincoli prestazionali.

1.5 Decreto legislativo 192/05

Il Dlgs 19 agosto 2005, n. 192 recante "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia" recepisce la direttiva europea 2002/91/CE.

Gli obiettivi del decreto sono:

- definire il metodo di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici;
- applicare i requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici
- definire i criteri generali per la certificazione energetica degli edifici
- garantire le ispezioni periodiche degli impianti di climatizzazione
- stabilire i criteri per garantire la qualificazione e l'indipendenza degli esperti
- promuovere l'uso razionale dell'energia anche attraverso l'informazione e la sensibilizzazione degli utenti finali, la formazione e l'aggiornamento degli operatori del settore.

1.6 Decreto legislativo n. 311 del 29 dicembre 2006

Il primo febbraio 2007 viene pubblicato in Gazzetta il dlgs 29 dicembre 2006 n. 311 recante "Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/8/05 n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia"

Il Dlgs 311 ha apportato alcuni correttivi al 192, rendendo in generale più severi i limiti da verificare.

Il parametro principale è l'**indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale (EPI)** differenziato per zone climatiche ed in funzione del fattore di forma dell'edificio, con tre soglie temporali:

- gennaio 2006
- gennaio 2008
- gennaio 2010

Il dlgs 311/2006 introduce in via transitoria, e sino alla data di entrata in vigore delle linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici, l'attestato di qualificazione energetica AQE (Attestato di Qualificazione Energetica).

Ricordiamo che per attestato di qualificazione energetica si intende il documento predisposto ed asseverato da un professionista abilitato, non necessariamente estraneo alla proprietà, alla progettazione o alla realizzazione dell'edificio, nel quale sono riportati i seguenti dati:

- i fabbisogni di energia primaria di calcolo

- la classe di appartenenza dell'edificio o dell'unità immobiliare, in relazione al sistema di certificazione energetica in vigore
- i corrispondenti valori massimi ammissibili fissati dalla normativa in vigore per il caso specifico o, ove non siano fissati tali limiti, per un identico edificio di nuova costruzione

L'attestato di qualificazione energetica è generalmente facoltativo ed è predisposto a cura dell'interessato al fine di semplificare il successivo rilascio della certificazione energetica.

1.7 D.P.R. n. 59/2009

Il dpr n. 59/2009 ha la finalità di promuovere un'**applicazione "omogenea, coordinata e immediatamente operativa" delle norme per l'efficienza energetica** sul territorio nazionale.

Definisce le metodologie, i criteri e i requisiti minimi di edifici e impianti relativamente alla:

- climatizzazione invernale (viene mantenuto l'assetto del dlgs 192/05)
- preparazione di acqua calda per usi sanitari
- climatizzazione estiva (la principale novità rispetto al dlgs 192/05)
- illuminazione artificiale di edifici non residenziali

L'art. 3 del dpr n. 59/2009 individua le Norme tecniche riconosciute a livello nazionale per il calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici.

In particolare sono individuate:

- UNI/TS 11300 – Parte 1: determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale
- UNI/TS 11300 – Parte 2: determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria

Come stabilito all'articolo 4 del dpr 59/2009, l'Indice di Prestazione energetica in regime invernale (E_{Pi}), con riferimento alle nuove edificazioni ed alle ingenti ristrutturazioni, deve risultare inferiore ai limiti riportati all'Allegato C del dlgs 311/2006 (in kWh/m² per gli edifici residenziali, kWh/m³ per gli altri edifici).

Il dpr. 59 prevede che gli strumenti di calcolo applicativi, ossia i software commerciali, debbano garantire uno scostamento non superiore al 5% rispetto allo strumento di riferimento e devono essere certificati dal CTI (Comitato Termotecnico Italiano).

1.8 D.M. 26 giugno 2009

Con il Dm 26 giugno 2009 arrivano finalmente **le linee guida nazionali per la certificazione energetica**.

L'Allegato A contiene le regole nazionali sulla certificazione energetica degli edifici e il modello di certificato.

Il decreto prevede che l'attestato di certificazione energetica contenga indicazioni sull'efficienza energetica dell'edificio, i valori di riferimento a norma di legge e le classi prestazionali, oltre ad indicazioni economicamente sostenibili per interventi di riqualificazione energetica.

1.9 Decreto legislativo n. 28/2011

Il dlgs n. 28/2011 attua la Direttiva 2009/28/CE sulla **promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili**.

Le novità più interessanti introdotte sono le seguenti:

- definizione degli obblighi di utilizzo delle fonti rinnovabili negli edifici di nuova costruzione e sottoposti a ristrutturazioni rilevanti
- obbligo in sede di compravendita e locazione di introduzione di una clausola nell'atto in cui l'acquirente o il locatore dichiara di aver ricevuto le informazioni riguardanti la certificazione energetica degli edifici
- obbligo per tutti gli annunci di vendita di riportare l'indice di prestazione energetica

1.10 Decreto n. 63/2013 e legge n. 90/2013

Il Dl n. 63 del 4 giugno 2013 (c.d. decreto eco-bonus/energia), convertito dalla Legge 90/2013 che modifica il dlgs 192/2005, introduce una serie di novità in materia di prestazioni energetiche.

Con il Dl 63/2013 la certificazione cambia il nome: non si parla più di ACE (Attestato di Certificazione Energetica) ma di **APE (Attestato di Prestazione Energetica)**.

Viene previsto inoltre l'obbligo di rilascio dell'attestato anche per le locazioni di edifici/unità immobiliari, al pari di quanto avviene per le compravendite.

Le metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici sono definite dalle seguenti normative:

- UNI/TS 11300 parti 1, 2, 3 e 4
- CTI 14/2013
- UNI EN 15193 (Prestazione energetica degli edifici – Requisiti energetici per illuminazione)

1.11 Nuovi decreti interministeriali del 26 giugno 2015 previsti dalla legge 90

I 3 decreti interministeriali del 26 giugno 2015, che completano il quadro normativo in materia di efficienza energetica negli edifici, sono:

- decreto requisiti minimi, applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici

- linee guida nuovo APE 2015, adeguamento del decreto del Ministro dello sviluppo economico, 26 giugno 2009, linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici
- decreto relazione tecnica di progetto, schemi e modalità di riferimento per la compilazione della relazione tecnica di progetto ai fini dell'applicazione delle prescrizioni e dei requisiti minimi di prestazione energetica negli edifici

Dal primo ottobre 2015 sono entrate in vigore le nuove regole per la determinazione delle prestazioni energetiche degli edifici.

In particolare sono state individuate le nuove **modalità di classificazione energetica degli edifici e il modello di attestazione della prestazione energetica (APE)**.

1.11.1 Classificazione edifici

Gli edifici sono classificati, in base alla loro destinazione d'uso, nelle categorie di cui all'articolo 3 del dpr 412/93. L'edificio è valutato e classificato in base alla destinazione d'uso prevalente in termini di volume climatizzato.

1.11.2 Tipologie di intervento

Sono previste le tipologie d'intervento di seguito riportate:

- nuova costruzione
- demolizione e ricostruzione
- ampliamento e sopraelevazione

Per **edificio di nuova costruzione** si intende l'edificio il cui titolo abilitativo sia stato richiesto dopo l'entrata in vigore del decreto.

L'**ampliamento** può essere connesso funzionalmente al volume preesistente o costituire, a sua volta, una nuova unità immobiliare. In questi casi, la verifica del rispetto dei requisiti deve essere condotta solo sulla nuova porzione di edificio. Nel caso in cui l'ampliamento sia servito mediante l'estensione di sistemi tecnici preesistenti il calcolo della prestazione energetica è svolto in riferimento ai dati tecnici degli impianti comuni risultanti.

1.11.3 Ristrutturazioni importanti

Si definisce **ristrutturazione importante** l'intervento che interessa gli elementi e i componenti integrati costituenti l'involucro edilizio che delimitano un volume a temperatura controllata dall'ambiente esterno o da ambienti non climatizzati, con un'incidenza superiore al 25% della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio.

Possiamo distinguere:

- ristrutturazioni importanti di primo livello
- ristrutturazioni importanti di secondo livello

Le **ristrutturazioni importanti di primo livello** sono costituite da interventi che interessano l'involucro edilizio con un'incidenza superiore al 50% della superficie disperdente lorda e comportano il rifacimento dell'impianto termico per la climatizzazione invernale e/o estiva.

Le **ristrutturazioni importanti di secondo livello** consistono in interventi che interessano l'involucro edilizio con un'incidenza superiore al 25% della superficie disperdente lorda e possono interessare l'impianto termico per la climatizzazione invernale e/o estiva.

1.11.4 Interventi di riqualificazione energetica

Si definiscono **interventi di riqualificazione energetica** di un edificio quelli non riconducibili ai casi precedenti e che hanno, comunque, un impatto sulla prestazione energetica dell'edificio.

Tali interventi coinvolgono quindi una superficie inferiore o uguale al 25% della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio e/o consistono nella nuova installazione, nella ristrutturazione di un impianto termico asservito all'edificio o di altri interventi parziali, compresa la sostituzione del generatore.

In tali casi, i requisiti di prestazione energetica richiesti si applicano ai soli componenti edilizi e impianti oggetto di intervento, e si riferiscono alle loro relative caratteristiche tecno-fisiche o di efficienza.

1.11.5 Indici di prestazione energetica

La prestazione energetica è definita attraverso alcuni **indici di prestazione relativi all'involucro** e a tutti i servizi energetici, espressa in termini di energia primaria non rinnovabile e totale:

- $EP_{H,nd}$ – indice di prestazione termica utile per riscaldamento
- EP_H – indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale; si esprime in energia primaria non rinnovabile (nren) o totale (tot)
- $EP_{W,nd}$ – indice di prestazione termica utile per la produzione di acqua calda sanitaria
- EP_W – indice di prestazione energetica per la produzione di acqua calda sanitaria; si esprime in energia primaria non rinnovabile (nren) o totale (tot)
- EP_V – indice di prestazione energetica per la ventilazione; si esprime in energia primaria non rinnovabile (nren) o totale (tot)
- $EP_{C,nd}$ – indice di prestazione termica utile per il raffrescamento
- EP_C – indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva (compreso l'eventuale controllo dell'umidità); si esprime in energia primaria non rinnovabile (nren) o totale (tot)
- EP_L – indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale; non si calcola per la categoria E.1, ad eccezione di collegi, conventi, case di pena, caserme nonché per la categoria E.1(3). Si esprime in energia primaria non rinnovabile (nren) o totale (tot)
- EP_T – indice di prestazione energetica del servizio per il trasporto di persone e cose (impianti ascensori, marciapiedi e scale mobili); non si calcola per la categoria E.1, ad eccezione di collegi, conventi, case di pena, caserme nonché per la categoria E.1(3)

L'indice di prestazione globale si esprime in energia primaria non rinnovabile o totale ed è calcolato come la somma dei vari indici:

$$EP_{gl} = EP_H + EP_C + EP_W + EP_V + EP_L + EP_T$$

Gli indici prestazionali sono espressi in kWh/m² per tutte le destinazioni d'uso.

La scala delle classi è definita a partire dal valore dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dell'edificio di riferimento ($EP_{gl,nren,rif,standard(2019/21)}$), calcolato secondo quanto previsto dall'Allegato 1, capitolo 3 del decreto requisiti minimi, ipotizzando che in esso siano installati elementi edilizi e impianti standard dell'edificio di riferimento di cui alla Tabella 1, dotati dei requisiti minimi di legge in vigore dal 1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici, e dal 1° gennaio 2021 per tutti gli altri. Tale valore è posto quale limite di separazione tra le classi A1 e B.

Ai fini della determinazione della classe energetica complessiva dell'edificio per la redazione dell'APE, in base a quanto suddetto, si procede come segue:

- a) si determina il valore di $EP_{gl,nren,rif,standard(2019/21)}$, per l'edificio di riferimento secondo quanto previsto dall'Allegato 1, capitolo 3 del decreto requisiti minimi, dotandolo delle tecnologie standard riportate nella Tabella 1, in corrispondenza dei parametri vigenti per gli anni 2019/21;
- b) si calcola il valore di $EP_{gl,nren}$ per l'immobile oggetto dell'attestazione e si individua la classe energetica da attribuire in base alla Tabella 2.

Nell'APE sono indicate, oltre alla classe energetica basata sull'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dell'immobile, anche la prestazione energetica invernale ed estiva dell'involucro, ovvero del fabbricato al netto del rendimento degli impianti presenti. Tali informazioni sono fornite nella prima pagina dell'APE sotto forma di un indicatore grafico del livello di qualità, secondo quanto riportato nella Tabella 2.

Per quanto riguarda la prestazione energetica invernale dell'involucro, l'indicatore di cui alla Tabella 3 è definito a partire dal valore dell'indice di prestazione termica utile per il riscaldamento dell'edificio di riferimento ($EP_{H,nd,limite(2019/21)}$), calcolato secondo quanto previsto dall'Allegato 1, capitolo 3 del decreto requisiti minimi, ipotizzando, come indicato dal pedice, che in esso siano installati elementi edilizi dotati dei requisiti minimi di legge in vigore dal 1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici, e dal 1° gennaio 2021 per tutti gli altri. Tale valore è posto quale limite di separazione tra gli involucri edilizi di qualità alta e di qualità media.

Tabella 2 - Indicatore della prestazione energetica invernale ed estiva dell'involucro, al netto dell'efficienza degli impianti presenti.

Prestazione invernale dell'involucro	Qualità	Indicatore
$EP_{H,nd} \leq 1 * EP_{H,nd,limite (2019/21)}$	alta	
$1 * EP_{H,nd,limite (2019/21)} < EP_{H,nd} \leq 1,7 * EP_{H,nd,limite (2019/21)}$	media	
$EP_{H,nd} > 1,7 * EP_{H,nd,limite (2019/21)}$	bassa	

1.11.6 Edifici a energia quasi zero

Il decreto requisiti minimi introduce alcune modifiche al dlgs n. 192/2005 in attuazione della direttiva dell'Unione europea sugli edifici a energia quasi zero (direttiva 2010/31/UE).

Con il nuovo decreto, vengono fissati i nuovi metodi di calcolo e i nuovi requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici, che entreranno in vigore il primo ottobre 2015.

Il decreto, inoltre, sostituisce il dpr 59/2009, il decreto che definisce le metodologie di calcolo e i requisiti minimi per la prestazione energetica degli edifici e degli impianti termici, in attuazione dell'articolo 4, comma 1, del dlgs 192/2005.

Un **edificio a energia quasi zero** è un edificio, di nuova costruzione o esistente, per cui sono contemporaneamente rispettati:

- tutti i requisiti previsti dalla lettera b), del comma 2, del paragrafo 3.3 del decreto requisiti minimi, determinati con i valori vigenti dal 1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici e dal 1° gennaio 2021 per tutti gli altri edifici
- gli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili nel rispetto dei principi minimi di cui all'Allegato 3, paragrafo 1, lettera c), del decreto rinnovabili (D.Lgs. 28/2011)

1.11.7 Edificio di riferimento

La novità più importante è l'introduzione del concetto di edificio di riferimento, ossia un edificio identico a quello di progetto o reale in termini di geometria, orientamento, ubicazione territoriale, destinazione d'uso e situazione al contorno e avente caratteristiche termiche e parametri energetici predeterminati.

Secondo le nuove regole occorrerà effettuare 2 calcoli:

- calcolo della prestazione energetica dell'edificio di riferimento
- calcolo della prestazione energetica dell'edificio reale, che sarà confrontato con il relativo edificio di riferimento

Lo scopo è quello di avere un riferimento per calcolare una serie di limiti che gli edifici dovranno rispettare, a seconda che si tratti di edifici sottoposti a ristrutturazione o a riqualificazione energetica.

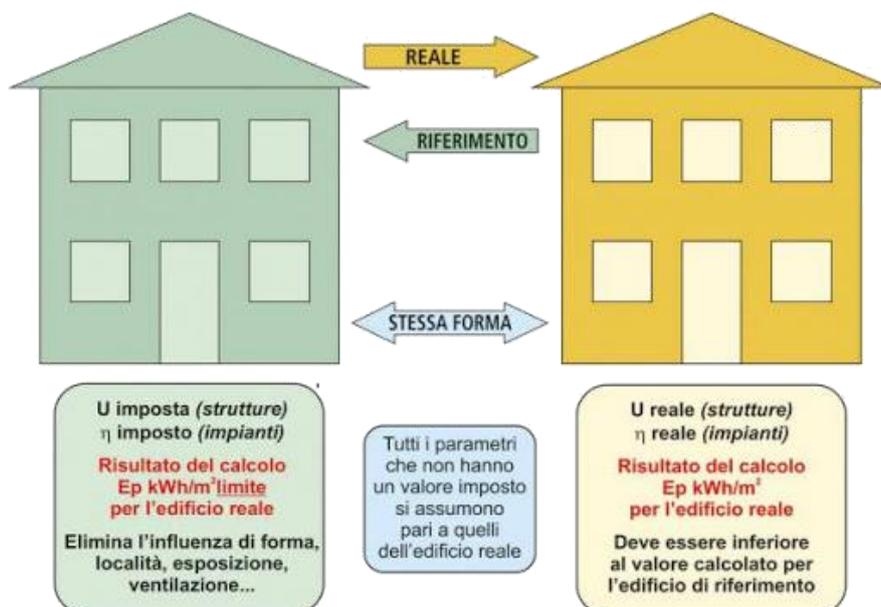


Tabella 3 - Tecnologie standard dell'edificio di riferimento

Climatizzazione invernale	Generatore a combustibile gassoso (gas naturale) nel rispetto dei requisiti di cui alla tabella 8 dell'Appendice A all'Allegato 1 del DM requisiti minimi e con relativa efficienza dei sottosistemi di utilizzazione di cui alla tabella 7 della stessa Appendice.
Climatizzazione estiva	Macchina frigorifera a compressione di vapore a motore elettrico nel rispetto dei requisiti di cui alla tabella 8 dell'Appendice A all'Allegato 1 del DM requisiti minimi e con relativa efficienza dei sottosistemi di utilizzazione di cui alla tabella 7 della stessa Appendice.
Ventilazione	Ventilazione meccanica a semplice flusso per estrazione nel rispetto dei requisiti di cui alla tabella 9 dell'Appendice A all'Allegato 1 del DM requisiti minimi
Acqua calda sanitaria	Generatore a combustibile gassoso (gas naturale) nel rispetto dei requisiti di cui alla tabella 8 dell'Appendice A all'Allegato 1 del DM requisiti minimi e con relativa efficienza dei sottosistemi di utilizzazione di cui alla tabella 7 della stessa Appendice.
Illuminazione	Rispetto dei requisiti di cui al paragrafo 1.2.2 dell'Appendice A all'Allegato 1 del DM requisiti minimi.
Trasporto persone o cose	Rispetto dei requisiti al DM requisiti minimi.

Tabella 4 - Scala di classificazione degli edifici sulla base dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile $EP_{gl,nren}$

	Classe A4	$\leq 0,40 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21)$
$0,40 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21) <$	Classe A3	$\leq 0,60 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21)$
$0,60 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21) <$	Classe A2	$\leq 0,80 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21)$
$0,80 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21) <$	Classe A1	$\leq 1,00 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21)$
$1,00 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21) <$	Classe B	$\leq 1,20 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21)$
$1,20 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21) <$	Classe C	$\leq 1,50 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21)$
$1,50 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21) <$	Classe D	$\leq 2,00 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21)$
$2,00 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21) <$	Classe E	$\leq 2,60 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21)$
$2,60 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21) <$	Classe F	$\leq 3,50 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21)$
	Classe G	$> 3,50 EP_{gl,nren,rif,standard} (2019/21)$

Si evidenzia che ai fini della determinazione dei requisiti costruttivi di cui al decreto requisiti minimi, l'edificio di riferimento si considera dotato degli stessi impianti di produzione di energia dell'edificio reale. Differentemente, ai fini del calcolo dell'indice $EP_{gl,nren,rif,standard}$ (2019/21) per la classificazione dell'edificio, esso si considera dotato degli impianti standard di cui alla Tabella 3, escludendo quindi gli eventuali impianti a fonti rinnovabili presenti nell'edificio reale.

I valori dei parametri caratteristici del fabbricato dell'edificio di riferimento sono:

Tabella 5 - Trasmittanza termica U delle strutture opache verticali, verso l'esterno, gli ambienti non climatizzati o contro terra

Zona climatica	U (W/m ² K)	
	2015 ⁽¹⁾	2019/2021 ⁽²⁾
A e B	0,45	0,43
C	0,38	0,34
D	0,34	0,29
E	0,30	0,26
F	0,28	0,24

Tabella 6 - Trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura, verso l'esterno e gli ambienti non climatizzati

Zona climatica	U (W/m ² K)	
	2015 ⁽¹⁾	2019/2021 ⁽²⁾
A e B	0,38	0,35
C	0,36	0,33
D	0,30	0,26
E	0,25	0,22
F	0,23	0,20

Tabella 7 - Trasmittanza termica U delle opache orizzontali di pavimento, verso l'esterno, gli ambienti non climatizzati o contro terra

Zona climatica	U (W/m ² K)	
	2015 ⁽¹⁾	2019/2021 ⁽²⁾
A e B	0,46	0,44
C	0,40	0,38
D	0,32	0,29
E	0,30	0,26
F	0,28	0,24

Tabella 8 - Trasmittanza termica U delle chiusure tecniche trasparenti e opache e dei cassonetti, comprensivi degli infissi, verso l'esterno e verso ambienti non climatizzati

Zona climatica	U (W/m ² K)	
	2015 ⁽¹⁾	2019/2021 ⁽²⁾
A e B	3,20	3,00
C	2,40	2,20
D	2,00	1,80
E	1,80	1,40
F	1,50	1,10

Tabella 9 - Trasmittanza termica U delle strutture opache verticali e orizzontali di separazione tra edifici o unità immobiliari confinanti

Zona climatica	U (W/m ² K)	
	2015 ⁽¹⁾	2019/2021 ⁽²⁾
Tutte le zone	0,8	0,8

(1) dal 1 luglio 2015 per tutti gli edifici

(2) dal 1 gennaio 2019 per gli edifici pubblici e a uso pubblico e dal 1 gennaio 2021 per tutti gli altri edifici

Nel caso di strutture delimitanti lo spazio riscaldato verso ambienti non climatizzati, si assume come trasmittanza il valore della pertinente tabella diviso per il fattore di correzione dello scambio termico tra ambiente climatizzato e non climatizzato, come indicato nella norma UNI TS 11300-1 in forma tabellare.

Nel caso di strutture rivolte verso il terreno, i valori delle pertinenti tabelle devono essere confrontati con i valori della trasmittanza termica equivalente calcolati in base alle UNI EN ISO 13370.

I valori di trasmittanza delle precedenti tabelle si considerano comprensive dell'effetto dei ponti termici.

Per le strutture opache verso l'esterno si considera il coefficiente di assorbimento solare dell'edificio reale.

Per i componenti finestrati si assume il fattore di trasmissione globale di energia solare attraverso i componenti finestrati g_{gl+sh} riportato in Tabella 10, in presenza di una schermatura mobile.

Tabella 10 - Valore del fattore di trasmissione solare totale g_{gl+sh} per componenti finestrati con orientamento da Est a Ovest passando per Sud.

Zona climatica	U (W/m ² K)	
	2015(1)	2019/2021(2)
Tutte le zone	0,35	0,35

(1) dal 1 luglio 2015 per tutti gli edifici

(2) dal 1 gennaio 2019 per gli edifici pubblici e a uso pubblico e dal 1 gennaio 2021 per tutti gli altri edifici

Si riportano i parametri relativi agli impianti tecnici di riferimento e la metodologia per la determinazione dell'energia primaria totale per ciascun servizio energetico considerato. In assenza del servizio energetico nell'edificio reale non si considera fabbisogno di energia primaria per quel servizio.

L'edificio di riferimento si considera dotato degli stessi impianti di produzione di energia dell'edificio reale.

I fabbisogni di energia primaria E_p e i fabbisogni di energia termica utile $Q_{H,nd}$ e $Q_{C,nd}$ dell'edificio di riferimento sono calcolati secondo la normativa tecnica definita al capitolo 2 tenendo conto dei parametri di seguito specificati e dei fattori di conversione in energia primaria definiti in Tabella 2.1.

Per i servizi di climatizzazione invernale (H) e climatizzazione estiva (C) si utilizzano i parametri del fabbricato di riferimento. Per il servizio di acqua calda sanitaria (W) il fabbisogno di energia termica utile $Q_{W,nd}$ è pari a quello dell'edificio reale.

Le efficienze medie η_u del complesso dei sottosistemi di utilizzazione (emissione/erogazione, regolazione, distribuzione e dell'eventuale accumulo) sono definite in tabella 11.

Le efficienze medie dei sottosistemi di generazione sono definite nella Tabella 12.

Tabella 11 - Efficienze medie η_u dei sottosistemi di utilizzazione dell'edificio di riferimento per i servizi di H, C, W

Efficienza dei sottosistemi di utilizzazione η_u	H	C	W
Distribuzione idronica	0,81	0,81	0,70
Distribuzione aeraulica	0,83	0,83	-
Distribuzione mista	0,82	0,82	-

Tabella 12 Efficienze medie η_{gn} dei sottosistemi di generazione dell'edificio di riferimento per la produzione di energia termica per i servizi di H, C, W e per la produzione di energia elettrica in situ.

Sottosistemi di generazione:	Produzione di energia termica			Produzione di energia elettrica in situ
	H	C	W	
- Generatore a combustibile liquido	0,82	-	0,8	-
- Generatore a combustibile gassoso	0,95	-	0,85	-
- Generatore a combustibile solido	0,72	-	0,7	-
- Generatore a biomassa solida	0,72	-	0,65	-
- Generatore a biomassa liquida	0,82	-	0,75	-
- Pompa di calore a compressione di vapore con motore elettrico	3	(*)	2,5	-
- Macchina frigorifera a compressione di vapore a motore elettrico	-	2,5	-	-
- Pompa di calore ad assorbimento	1,2	(*)	1,1	-
- Macchina frigorifera a fiamma indiretta	-	$0,60 \times \zeta_{gn} (**)$	-	-
- Macchina frigorifera a fiamma diretta	-	0,6	-	-
- Pompa di calore a compressione di vapore a motore endotermico	1,15	1	1,05	-
- Cogeneratore	0,55	-	0,55	0,25
- Riscaldamento con resistenza elettrica	1	-	-	-
- Teleriscaldamento	0,97	-	-	-
- Teleraffrescamento	-	0,97	-	-
- Solare termico	0,3	-	0,3	-
- Solare fotovoltaico	-	-	-	0,1
- Mini eolico e mini idroelettrico	-	-	-	(**)

NOTA: Per i combustibili tutti i dati fanno riferimento al potere calorifico inferiore
 (*) Per pompe di calore che prevedono la funzione di raffrescamento di considera lo stesso valore delle macchine frigorifere della stessa tipologia
 (**) si assume l'efficienza media del sistema installato nell'edificio reale

Fabbisogni energetici di illuminazione

Nelle more dei risultati dello studio di cui all'articolo 4, comma 2, del presente decreto:

- Il calcolo del fabbisogno di energia elettrica per illuminazione è effettuato secondo la normativa tecnica (UNI EN 15193) e sulla base delle indicazioni contenute nella UNI/TS 11300-2.
- Per l'edificio di riferimento si considerano gli stessi parametri (occupazione, sfruttamento della luce naturale) dell'edificio reale e sistemi automatici di regolazione di classe B (UNI EN 15232).

Fabbisogni energetici di ventilazione

In presenza di impianti di ventilazione meccanica, nell'edificio di riferimento si considerano le medesime portate di aria dell'edificio reale.

Nell'edificio di riferimento si assumono i fabbisogni specifici di energia elettrica per la ventilazione riportati nella Tabella 14.

Tabella 13 – Fabbisogno di energia elettrica specifico per m³ di aria movimentata

Tipologia di impianto	E _{ve} [Wh/m ³]
Ventilazione meccanica a semplice flusso per estrazione	0,25
Ventilazione meccanica a semplice flusso per immissione con filtrazione	0,30
Ventilazione meccanica a doppio flusso senza recupero	0,35
Ventilazione meccanica a doppio flusso con recupero	0,50
UTA: rispetto dei regolamenti di settore emanati dalla Commissione Europea in attuazione delle direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, assumendo la portata e la prevalenza dell'edificio reale.	

1.11.8 Altri parametri per le verifiche di legge

Il DM requisiti definisce, oltre agli indici di prestazione energetica, anche i seguenti parametri e coefficienti.

- **Coefficiente medio globale di scambio termico**

H'_T è il coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente espresso in kW/m²K.

$$H'_T = \frac{H_{tr,ad}}{\sum_k A_k} \quad [W/m^2K]$$

$H_{tr,ad}$ è il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione dell'involucro calcolato con la UNI/TS 11300-1 (W/K);

A_k è la superficie del k-esimo componente (opaco o trasparente) costituente l'involucro (m²).

Il valore di H'_T deve essere inferiore al valore massimo ammissibile riportato in Tabella 14 in funzione della zona climatica e del rapporto S/V.

Tabella 14 - Valore massimo ammissibile del coefficiente globale di scambio termico H'T (W/m²K)

Numero Riga	RAPPORTO DI FORMA (S/V)	Zona climatica				
		A e B	C	D	E	F
1	S/V > 0,7	0,58	0,55	0,53	0,50	0,48
2	0,7 > S/V > 0,4	0,63	0,60	0,58	0,55	0,53
3	0,4 > S/V	0,80	0,80	0,80	0,75	0,70
Numero Riga	TIPOLOGIA DI INTERVENTO	Zona climatica				
		A e B	C	D	E	F
4	Ampliamenti e Ristrutturazioni importanti di secondo livello per tutte le tipologie edilizie	0,73	0,70	0,68	0,65	0,62

- **Area solare equivalente estiva**

Si calcola l'area equivalente estiva $A_{sol,est}$ dell'edificio come sommatoria delle aree equivalenti estive di ogni componente vetrato k:

$$A_{sol,est} = \sum_k F_{sh,ob} \times g_{gl+sh} \times (1 - F_F) \times A_{w,p} \times F_{sol,est} \quad [m^2]$$

$F_{sh,ob}$ è il fattore di riduzione per ombreggiatura relativo ad elementi esterni per l'area di captazione solare effettiva della superficie vetrata k-esima, riferito al mese di luglio;

- g_{gl+sh} è la trasmittanza di energia solare totale della finestra calcolata nel mese di luglio, quando la schermatura solare è utilizzata;
- F_F è la frazione di area relativa al telaio, rapporto tra l'area proiettata del telaio e l'area proiettata totale del componente finestrato;
- $A_{w,p}$ è l'area proiettata totale del componente vetrato (area del vano finestra);
- $F_{sol,est}$ è il fattore di correzione per l'irraggiamento incidente, ricavato come rapporto tra l'irradianza media nel mese di luglio, nella località e sull'esposizione considerata, e l'irradianza media annuale di Roma, sul piano orizzontale.

Il valore di $A_{sol,est}$ rapportato all'area della superficie utile deve essere inferiore al valore massimo ammissibile riportato in Tabella 15.

Tabella 15 - Valore massimo ammissibile del rapporto tra area solare equivalente estiva dei componenti finestrati e l'area della superficie utile $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$ (-)

#	Categoria edificio	Tutte le zone climatiche
1	Categoria E.1 fatta eccezione per collegi, conventi, case di pena, caserme nonché per la categoria E.1(3)	< 0,030
2	Tutti gli altri edifici	< 0,040

Per quanto riguarda la prestazione energetica estiva dell'involucro, l'indicatore di cui alla Tabella 16 è definito in base alla trasmittanza termica periodica Y_{IE} e all'area solare equivalente estiva per unità di superficie utile $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$ di cui all'Allegato 1, capitolo 3 e Appendice A del decreto requisiti minimi.

Tabella 16 - Indicatore della prestazione energetica estiva dell'involucro, al netto dell'efficienza degli impianti presenti

Prestazione estiva dell'involucro		Qualità	Indicatore
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} \leq 0.03$	$Y_{IE} \leq 0.14$	alta	
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} \leq 0.03$	$Y_{IE} > 0.14$	media	
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} > 0.03$	$Y_{IE} \leq 0.14$		
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} > 0.03$	$Y_{IE} > 0.14$	bassa	

Nel caso della trasmittanza termica periodica si prende in considerazione il valore medio pesato in base alle superfici, con l'esclusione delle superfici verticali esposte a Nord. Nel caso di immobili con esposizione esclusivamente Nord delle superfici verticali, la trasmittanza termica periodica è posta pari a 0,14.

1.11.9 Verifiche

Le verifiche da effettuare variano in funzione della tipologia di intervento edilizio. Di seguito si riporta una schematizzazione delle principali verifiche da effettuare; per un'analisi esaustiva dei requisiti e delle verifiche, si rinvia all'Allegato 1 (paragrafo 3.3) del decreto requisiti minimi.

- il coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente deve risultare inferiore al valore limite tabellato:

$$H'_T < H'_{T,lim}$$

- l'area solare equivalente estiva per unità di superficie utile deve risultare inferiore al valore limite tabellato:

$$A_{sol,est} / A_{sup\ utile} < (A_{sol,est} / A_{sup\ utile})_{lim}$$

- gli indici di prestazione devono soddisfare le seguenti condizioni:

$$EP_{H,nd} < EP_{H,nd\ lim}$$

$$EP_{C,nd} < EP_{C,nd\ lim}$$

$$EP_{gl,tot} < EP_{C,gl,tot\ lim}$$

i valori di efficienza media stagionale degli impianti devono essere superiori a quelli corrispondenti relativi all'edificio di riferimento:

$$\eta_H > \eta_{H\ lim}$$

$$\eta_W > \eta_{W\ lim}$$

$$\eta_C > \eta_{C\ lim}$$

Inoltre occorre effettuare ulteriori verifiche, come specificato al punto 3.3 dell'Allegato 1, in funzione della tipologia di intervento, del tipo di edificio e della zona climatica, come ad esempio:

- valutare l'efficacia dei sistemi schermanti delle superfici vetrate e verificare la massa superficiale o la trasmittanza delle pareti verticali e orizzontali opache, al fine di contenerne i fabbisogni energetici e limitare la temperatura degli ambienti
- produrre opportuna documentazione in caso di utilizzo di materiali e tecniche innovative (es. coperture a verde)
- osservare gli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili nei casi previsti (come specificato nel decreto rinnovabili – dlgs 28/2011)

Gli indici di prestazione energetica e i parametri, ove ne sia previsto il calcolo, vanno determinati con i medesimi metodi di calcolo, sia per l'edificio oggetto della verifica progettuale che per l'edificio di riferimento. Per un'analisi completa dei requisiti e delle verifiche, si rinvia all'Allegato 1 (paragrafo 3.3) del decreto requisiti minimi.

1.11.10 Requisiti specifici per gli edifici esistenti soggetti a riqualificazione energetica

Elementi edilizi

Tabella 17 - Trasmittanza termica U massima delle strutture opache verticali, verso l'esterno soggette a riqualificazione

Zona climatica	U (W/m ² K)	
	2015(1)	2019/2021(2)
A e B	0,45	0,40
C	0,40	0,36
D	0,36	0,32
E	0,30	0,28
F	0,28	0,26

Tabella 18 - Trasmittanza termica U massima delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura, verso l'esterno soggette a riqualificazione

Zona climatica	U (W/m ² K)	
	2015 ⁽¹⁾	2019/2021 ⁽²⁾
A e B	0,34	0,32
C	0,34	0,32
D	0,28	0,26
E	0,26	0,24
F	0,24	0,22

Tabella 19 - Trasmittanza termica U massima delle strutture opache orizzontali di pavimento, verso l'esterno soggette a riqualificazione

Zona climatica	U (W/m ² K)	
	2015 ⁽¹⁾	2019/2021 ⁽²⁾
A e B	0,48	0,42
C	0,42	0,38
D	0,36	0,32
E	0,31	0,29
F	0,30	0,28

Tabella 20 - Trasmittanza termica U massima delle chiusure tecniche trasparenti e opache e dei cassonetti, comprensivi degli infissi, verso l'esterno e verso ambienti non climatizzati soggette a riqualificazione

Zona climatica	U (W/m ² K)	
	2015 ⁽¹⁾	2019/2021 ⁽²⁾
A e B	3,20	3,00
C	2,40	2,00
D	2,10	1,80
E	1,90	1,40
F	1,70	1,00

Nel caso in cui fossero previste aree limitate di spessore ridotto, quali sottofinestre e altri componenti, i limiti devono essere rispettati con riferimento alla trasmittanza media della rispettiva facciata

Nel caso di strutture delimitanti lo spazio climatizzato verso ambienti non climatizzati, i valori limite di trasmittanza devono essere rispettati dalla trasmittanza della struttura diviso per il fattore di correzione dello scambio termico tra ambiente climatizzato e non climatizzato, come indicato nella norma UNI TS 11300-1 in forma tabellare.

Nel caso di strutture rivolte verso il terreno, i valori limite di trasmittanza devono essere rispettati dalla trasmittanza equivalente della struttura tenendo conto dell'effetto del terreno calcolata secondo UNI EN ISO 13370.

I valori di trasmittanza delle precedenti tabelle 18,19 e 20 si considerano comprensive dei ponti termici all'interno delle strutture oggetto di riqualificazione e di metà del ponte termico al perimetro della superficie oggetto di riqualificazione.

Tabella 21 - Valore del fattore di trasmissione solare totale g_{gl+sh} per componenti finestrati con orientamento da Est a Ovest passando per Sud, in presenza di una schermatura mobile

Zona climatica	g_{gl+sh}
----------------	-------------

	2015 ⁽¹⁾	2019/2021 ⁽²⁾
Tutte le zone	0,35	0,35

(1) dal 1 luglio 2015 per tutti gli edifici

(2) dal 1 gennaio 2021 per tutti gli edifici

Impianti tecnici

Negli edifici esistenti sottoposti a riqualificazione energetica, l'efficienza media stagionale minima dell'impianto termico di climatizzazione si determina attraverso i valori dei parametri caratteristici corrispondenti riportati al paragrafo 1.2 dell'Appendice A (quelli dell'edificio di riferimento).

Requisiti per generatore di calore a combustibile liquido e gassoso

Il rendimento di generazione utile minimo, riferito al potere calorifico inferiore, per caldaie a combustibile liquido e gassoso è pari a $90 + 2 \log P_n$, dove $\log P_n$ è il logaritmo in base 10 della potenza utile nominale del generatore, espressa in kW. Per valori di P_n maggiori di 400 kW si applica il limite massimo corrispondente a 400 kW.

Qualora, nella mera sostituzione del generatore, per garantire la sicurezza, non fosse possibile rispettare le condizioni suddette, in particolare nel caso in cui il sistema fumario per l'evacuazione dei prodotti della combustione sia al servizio di più utenze e sia di tipo collettivo ramificato, si applicano le seguenti prescrizioni:

- a) installazione di caldaie che abbiano rendimento termico utile a carico parziale pari al 30 per cento della potenza termica utile nominale maggiore o uguale a $85 + 3 \log P_n$; dove $\log P_n$ è il logaritmo in base 10 della potenza utile nominale del generatore o dei generatori di calore al servizio del singolo impianto termico, espressa in kW. Per valori di P_n maggiori di 400 kW si applica il limite massimo corrispondente a 400 kW;
- b) in alternativa alla lettera a), installazione di apparecchio avente efficienza energetica stagionale di riscaldamento ambiente (η_s) conforme a quanto previsto dal Regolamento UE n. 813/2013;
- c) predisposizione di una dettagliata relazione che attesti i motivi della deroga dalle disposizioni del comma 1, da allegare al libretto di impianto di cui al decreto del Ministro dello sviluppo economico 10 febbraio 2014 e successive modificazioni.

Requisiti per pompe di calore e macchine frigorifere

Tabella 22 – Requisiti e condizioni di prova per pompe di calore elettriche servizio riscaldamento (macchine reversibili e non)

Tipo di pompa di calore Ambiente esterno/interno	Ambiente esterno [°C]	Ambiente interno [°C]	COP
aria/aria	Bulbo secco all'entrata : 7 Bulbo umido all'entrata : 6	Bulbo secco all'entrata: 20 Bulbo umido all'entr.: 15	3,5
aria/acqua potenza termica utile riscaldamento ≤ 35 kW	Bulbo secco all'entrata : 7 Bulbo umido all'entrata : 6	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	3,8
aria/acqua potenza termica utile riscaldamento ≥ 35 kW	Bulbo secco all'entrata : 7 Bulbo umido all'entrata : 6	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	3,5
salamoia/aria	Temperatura entrata: 0	Bulbo secco all'entrata: 20 Bulbo umido all'entr.: 15	4,0
salamoia/ acqua	Temperatura entrata: 0	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	4,0
acqua/aria	Temperatura entrata: 15 Temperatura uscita: 12	Bulbo secco all'entrata: 20 Bulbo umido entrata: 15	4,2
acqua/acqua	Temperatura entrata: 10	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	4,2

Tabella 23 - Requisiti e condizioni di prova per pompe di calore elettriche servizio raffrescamento (macchine reversibili e non)

Tipo di pompa di calore Ambiente esterno/interno	Ambiente esterno [°C]	Ambiente interno [°C]	EER
aria/aria	Bulbo secco all'entrata : 35 Bulbo umido all'entr.: 24	Bulbo secco all'entrata: 27 Bulbo umido all'entr.: 19	3,0
aria/acqua potenza termica utile riscaldamento ≤ 35 kW	Bulbo secco all'entrata : 35 Bulbo umido all'entr.: 24	Temperatura entrata: 23 Temperatura uscita: 18	3,5
aria/acqua potenza termica utile riscaldamento ≥ 35 kW	Bulbo secco all'entrata : 35 Bulbo umido all'entr.: 24	Temperatura entrata: 23 Temperatura uscita: 18	3,0
salamoia/aria	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	Bulbo secco all'entrata: 27 Bulbo umido all'entr.: 19	4,0
salamoia/ acqua	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	Temperatura entrata: 23 Temperatura uscita: 18	4,0
acqua/aria	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	Bulbo secco all'entrata: 27 Bulbo umido all'entr.: 19	4,0
acqua/acqua	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	Temperatura entrata: 23 Temperatura uscita: 18	4,2

Tabella 24 - Requisiti e condizioni di prova per pompe di calore ad assorbimento ed endotermiche servizio riscaldamento (macchine reversibili e non)

Tipo di pompa di calore Ambiente esterno/interno	Ambiente esterno [°C]	Ambiente interno [°C] (*)	GUE
aria/aria	Bulbo secco all'entrata : 7 Bulbo umido all'entrata : 6	Bulbo secco all'entrata: 20 °C	1,38
aria/acqua	Bulbo secco all'entrata : 7 Bulbo umido all'entrata : 6	Temperatura all'entrata:30 °C (*)	1,30
salamoia/aria	Temperatura entrata: 0	Bulbo secco all'entrata: 20 °C	1,45
salamoia/ acqua	Temperatura entrata: 0	Temperatura all'entrata:30 °C (*)	1,40
acqua/aria	Temperatura entrata: 10	Bulbo secco all'entrata: 20 °C	1,50
acqua/acqua	Temperatura entrata: 10	Temperatura all'entrata:30 °C (*)	1,45

(*) Δt : pompe di calore ad assorbimento 30-40°C - pompe di calore a motore endotermico 30-35°C

Tabella 25- Requisiti di efficienza energetica per pompe di calore ad assorbimento ed endotermiche per il servizio di raffrescamento, per tutte le tipologie.

Tipo di pompa di calore	EER
Assorbimento ed endotermiche	0.6

La prestazione delle macchine deve essere misurata in conformità alle seguenti norme:

- a) per le pompe di calore elettriche in base alla UNI EN 14511;
- b) per le pompe di calore a gas ad assorbimento in base alla UNI EN 12309-2 (valori di prova sul p.c.i.);
- c) per le pompe di calore a gas endotermiche non essendoci una norma specifica, si procede in base alla UNI EN 14511.

2 CALCOLO DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

2.1 Metodologia di calcolo della prestazione energetica

Il concetto di prestazione ed efficienza degli edifici è legato alla necessità di garantire i livelli di comfort relativi ai diversi servizi presenti negli edifici. L'efficienza energetica di un bene o servizio è direttamente proporzionale alla prestazione energetica del bene e del servizio considerato ed inversamente proporzionale all'energia necessaria per produrre un bene o servizio.



Figura 1 – Condizioni di comfort

Per il calcolo della prestazione energetica e dell'utilizzo delle fonti rinnovabili negli edifici si adottano le seguenti norme tecniche:

- Raccomandazione CTI 14/2013 sostituita dalla norma UNI TS 11300-5:2016;
- UNI/TS 11300-1 “Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva e invernale”;
- UNI/TS 11300-2 “Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, la ventilazione e l'illuminazione”;
- UNI/TS 11300-3 “Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva”;
- UNI/TS 11300-4 “Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per riscaldamento di ambienti e preparazione acqua calda sanitaria”;
- UNI EN 15193 – “Prestazione energetica degli edifici - Requisiti energetici per illuminazione”.

Gli strumenti di calcolo e i software commerciali dovranno garantire che i valori degli indici di prestazione energetica abbiano uno scostamento massimo di $\pm 5\%$ rispetto ai corrispondenti parametri determinati con l'applicazione dello strumento nazionale di riferimento.

2.2 Norma UNI TS 11300-5:2016

La norma UNI TS 11300-5:2016 costituisce la norma cappello dell'intero pacchetto UNI TS 11300 e sostituisce la precedente Raccomandazione 14 del CTI.

La norma specifica in particolare:

- **I confini di valutazione dell'edificio**, esplicitando quali sono le fonti energetiche che possono essere considerate all'interno o all'esterno del medesimo.
- Le fonti di energia rinnovabili e non rinnovabili ed i vettori energetici interni o esterni al confine dell'edificio.
- Le **modalità di definizione degli indici di prestazione**.
- **I servizi inclusi nel calcolo dei fabbisogni di energia richiesti dall'edificio**: climatizzazione invernale ed estiva, produzione di acqua calda sanitaria, ventilazione, illuminazione e trasporto di cose e persone.
- Le **formule per la conversione in energia primaria dei contributi di energia consegnata all'edificio dai vettori energetici**
- Le modalità di ripartizione dei contributi di energia sui singoli servizi.
- La **modalità di valutazione delle quote di energia da fonte rinnovabile**, in ottemperanza a quanto richiesto dal Decreto Legislativo 28 del 3 marzo 2011 (allegato 3).

2.2.1 I confini di valutazione dell'edificio

Viene definito il soggetto edificio:

- confine di sistema (che comprende anche le aree di pertinenza dell'edificio);
- confine di valutazione (relativo al confine per il quale si effettua il bilancio energetico).

La figura seguente schematizza i confini sopra definiti.

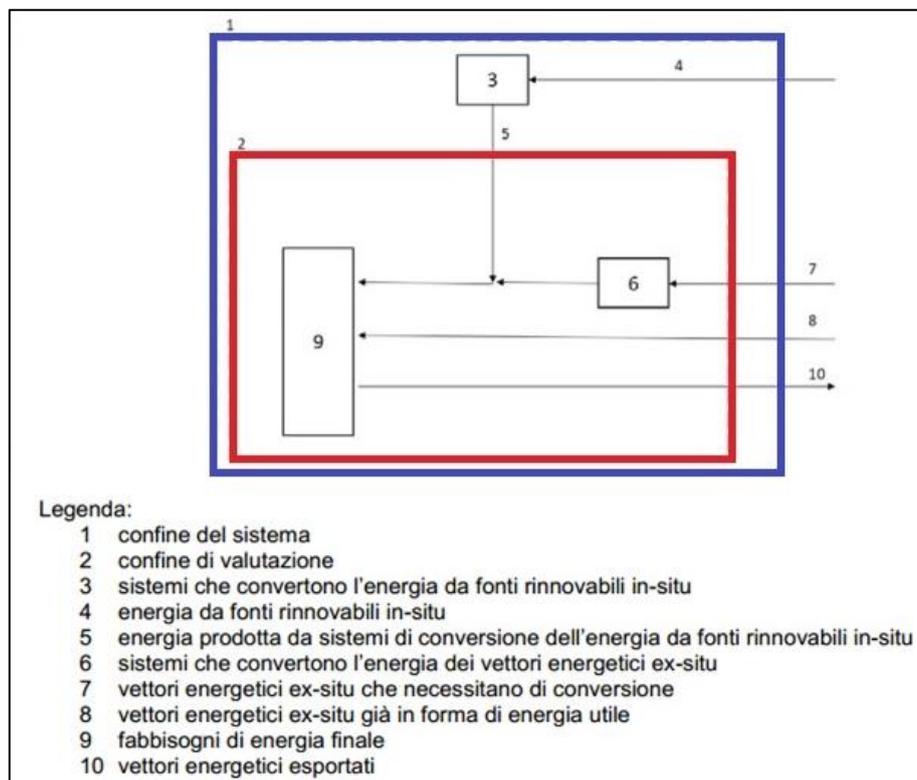


Figura 2 - Confine di sistema UNI TS 11300:5 - 2016

2.2.2 Indici di prestazione energetica degli edifici

La prestazione energetica degli edifici è determinata sulla base della **quantità di energia necessaria** annualmente per soddisfare le esigenze legate a un uso standard dell'edificio e corrisponde al fabbisogno energetico annuale globale in energia primaria per il riscaldamento, il raffrescamento, per la ventilazione, per la produzione di acqua calda sanitaria e, nel settore non residenziale, per l'illuminazione, gli impianti ascensori e scale mobili.

$$EP_{gl} = EP_H + EP_C + EP_W + EP_V + EP_L + EP_T$$

EP_H indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale; si esprime in energia primaria non rinnovabile (nren) o totale (tot)

EP_C indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva (compreso l'eventuale controllo dell'umidità); si esprime in energia primaria non rinnovabile (nren) o totale (tot)

EP_W indice di prestazione energetica per la produzione di acqua calda sanitaria; si esprime in energia primaria non rinnovabile (nren) o totale (tot)

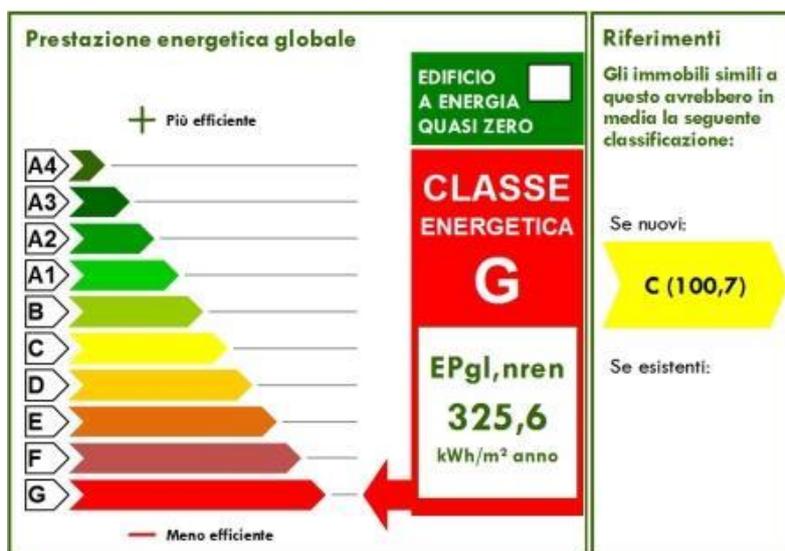
EP_V EP_V – indice di prestazione energetica per la ventilazione; si esprime in energia primaria non rinnovabile (nren) o totale (tot)

EP_L indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale; non si calcola per la categoria E.1, ad eccezione di collegi, conventi, case di pena, caserme nonché per la categoria E.1(3). Si esprime in energia primaria non rinnovabile (nren) o totale (tot)

EP_T indice di prestazione energetica del servizio per il trasporto di persone e cose (impianti ascensori, marciapiedi e scale mobili); non si calcola per la categoria E.1, ad eccezione di collegi, conventi, case di pena, caserme nonché per la categoria E.1(3)

La prestazione energetica globale di un edificio è espressa dal *fabbisogno totale annuo di energia primaria non rinnovabile normalizzata*.

$$EP_{gl,nren} = EP_{H,nren} + EP_{C,nren} + EP_{W,nren} + EP_{V,nren} + EP_{L,nren} + EP_{T,nren}$$



Ai fini del rispetto dei requisiti minimi, si effettua il calcolo sia dell'energia primaria totale che dell'energia primaria non rinnovabile, ottenute applicando i pertinenti fattori di conversione in energia primaria totale $f_{P,tot}$ e in energia primaria non rinnovabile $f_{P,nren}$ riportati nella tabella 26.

Il fattore di conversione in energia primaria totale è pari alla somma del fattore di conversione in energia primaria non rinnovabile e quello di conversione in energia primaria rinnovabile.

$$f_{P,tot} = f_{P,nren} + f_{P,ren}$$

Tabella 26 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

Vettore energetico	$f_{P,nren}$	$f_{P,ren}$	$f_{P,tot}$
Gas naturale (1)	1,05	0	1,05
GPL	1,05	0	1,05
Gasolio e Olio combustibile	1,07	0	1,07
Carbone	1,10	0	1,10
Biomasse solide (2)	0,20	0,80	1,00
Biomasse liquide e gassose (2)	0,40	0,60	1,00
Energia elettrica da rete (3)	1,95	0,47	2,42
Teleriscaldamento(4)	1,5	0	1,5
Rifiuti solidi urbani	0,2	0,2	0,4
Teleraffrescamento(4)	0,5	0	0,5
Energia termica da collettori solari (5)	0	1,00	1,00
Energia elettrica prodotta da fotovoltaico, mini-eolico e mini-idraulico (5)	0	1,00	1,00
Energia termica dall'ambiente esterno – free cooling (5)	0	1,00	1,00
Energia termica dall'ambiente esterno – pompa di calore (5)	0	1,00	1,00

(1) I valori saranno aggiornati ogni due anni sulla base dei dati forniti da GSE.
 (2) Come definite dall'allegato X del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.
 (3) I valori saranno aggiornati ogni due anni sulla base dei dati forniti da GSE.
 (4) Fattore assunto in assenza di valori dichiarati dal fornitore e asseverati da parte terza, conformemente al quanto previsto al paragrafo 3.2.
 (5) Valori convenzionali funzionali al sistema di calcolo.

Gli intervalli di prestazione che identificano le altre classi sono ricavati attraverso coefficienti moltiplicativi di riduzione/maggiorazione del suddetto valore $EP_{gl,nren,(2019/21)}$.



2.3 Norma UNI/TS 11300-1:2014

2.3.1 Termini e definizioni

- **Edificio.** Sistema costituito dalle strutture edilizie esterne che delimitano uno spazio di volume definito, dalle strutture interne che ripartiscono detto volume e da tutti gli impianti e dispositivi tecnologici che si trovano stabilmente al suo interno. La superficie esterna che delimita un edificio può confinare con tutti o alcuni di questi elementi: l'ambiente esterno, il terreno, altri edifici. Il termine può riferirsi a un intero edificio ovvero a parti di edificio progettate o ristrutturate per essere utilizzate come unità immobiliari a sé stanti.
- **Unità immobiliare (UI).** Si definisce così l'insieme di uno o più locali costituenti un appartamento autonomo e destinato ad alloggio, situato dentro un edificio che contiene almeno due UI. È considerata UI anche l'unità commerciale o artigianale o direzionale appartenente ad un edificio con le suddette caratteristiche.
- **Ambiente climatizzato.** Vano o spazio confinato che, ai fini del calcolo, è considerato riscaldato o raffrescato a determinate temperature di regolazione.
- **Area climatizzata.** Area del pavimento degli ambienti climatizzati, comprendente la superficie di tutti i piani se più di uno, esclusi i piani interrati o altri ambienti non abitabili. Ai fini del calcolo degli apporti termici interni, è intesa al netto delle pareti perimetrali e di tutti i divisori verticali.
- **Zona termica (ZT).** Parte dell'ambiente climatizzato mantenuto ad una data temperatura uniforme (di set-point) attraverso lo stesso impianto di riscaldamento, raffrescamento o ventilazione. All'interno di essa si assume che le variazioni della temperatura nello spazio siano trascurabili.
- **Fabbisogno di energia termica (utile).** Quantità di calore che deve essere fornita o sottratta ad un ambiente climatizzato per mantenere le condizioni di temperatura desiderate durante un dato periodo di tempo.
- **Fabbisogno ideale di energia termica (utile).** Fabbisogno di energia termica riferito a condizioni di temperatura dell'aria uniforme in tutto l'ambiente climatizzato.
- **Prestazione energetica di un edificio (EPgl).** Quantità annua di energia primaria effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria per soddisfare i vari bisogni connessi ad un uso standard dell'edificio: la climatizzazione invernale, la climatizzazione estiva, la preparazione dell'acqua calda per usi igienici sanitari, la ventilazione e l'illuminazione.
- **Certificazione energetica.** Procedura che permette di produrre un'attestazione della prestazione energetica dell'edificio mediante uno o più descrittori di fabbisogno energetico calcolati secondo metodologie normalizzate.
- Il **periodo di calcolo** è il mese.
- **Stagione di riscaldamento.** Periodo dell'anno durante il quale vi è una richiesta significativa di energia per il riscaldamento ambientale, la cui durata è attualmente definita dal DPR n.412/1993 in funzione della zona climatica.

- **Stagione di raffrescamento.** Periodo dell'anno durante il quale vi è una richiesta significativa di energia per il raffrescamento ambientale. La temperatura esterna (t_e) è la temperatura dell'aria esterna, ed è assunta uguale alla temperatura media radiante dell'ambiente esterno (valore medio nel periodo considerato).
- **La temperatura interna** (t_i) è la temperatura operante interna, calcolata nel modo semplificato come media aritmetica tra i valori della temperatura dell'aria e della temperatura media radiante al centro della zona considerata. È un'approssimazione della temperatura operante definita dalla UNI EN ISO 7726 e della temperatura risultante secca definita dalla UNI EN ISO 6946:2018.
- **La temperatura interna di regolazione** o di set-point (t_{sp}) temperatura interna minima fissata dal sistema di regolazione dell'impianto di riscaldamento e temperatura interna massima fissata dal sistema di regolazione dell'impianto di raffrescamento ai fini dei calcoli di fabbisogno energetico.

2.3.2 Bilancio edificio-impianto

La Norma UNI/TS 11300-1:2014 riguarda la “determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva e invernale”.

Il sistema fisico confinato dalla superficie esterna dell'edificio può essere considerato un sistema termodinamico aperto, operante in regime mediamente stazionario.

È possibile scrivere la seguente equazione di bilancio energetico, in termini di potenza termica media riferita ad un generico intervallo di tempo $d\tau$:

$$Q_{nd} + Q_{sol} + Q_{int} + Q_{tr} + Q_{ve} = C \frac{dt}{d\tau} \quad [W]$$

Q_{nd} carico termico;

Q_{sol} potenza fornita dalla radiazione solare;

Q_{int} potenza fornita dalle fonti di calore interne all'edificio (persone, lampade, macchine...);

Q_{tr} potenza uscente trasmessa attraverso l'involucro edilizio;

Q_{ve} potenza uscente veicolata dal flusso d'aria di ventilazione;

C capacità termica efficace, capacità termica di quella parte della massa dell'edificio che effettivamente immagazzina e/o restituisce energia termica nell'intervallo di tempo considerato

Nella Figura 3 sono mostrati i principali termini del bilancio energetico dell'edificio. La linea continua blu indica schematicamente i confini del sistema aperto da considerare ai fini delle dispersioni da ventilazione, il cui volume di controllo contiene il volume dell'aria interna (le sezioni di ingresso ed uscita sono simboliche). La linea blu tratteggiata indica i confini fisici della zona termica, comprendente anche le masse che concorrono alla sua capacità termica efficace.

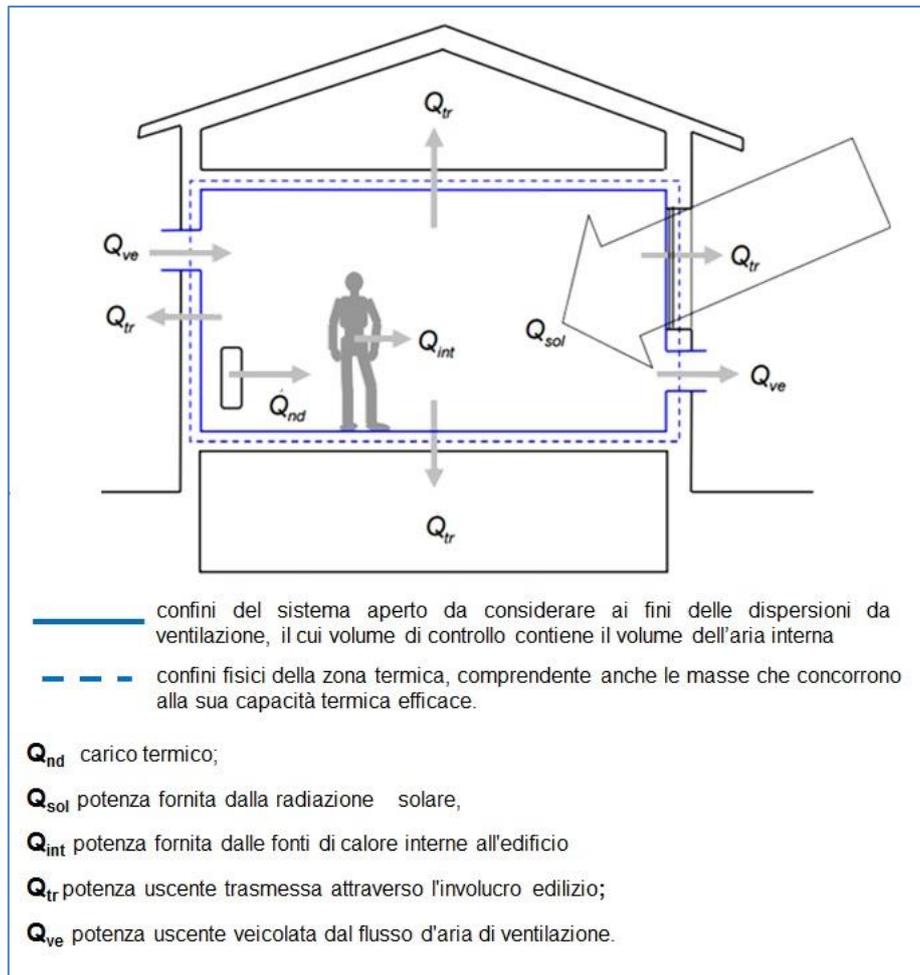


Figura 3 - I principali termini del bilancio energetico dell'edificio

2.3.3 Calcolo del fabbisogno ideale di energia termica dell'edificio

Il metodo di calcolo previsto dall'attuale normativa italiana è su base mensile.

Le varie voci del bilancio energetico dell'edificio, dispersioni Q_{ls} e guadagni termici Q_{gn} e fabbisogni Q_{nd} , vengono calcolate in termini di energia mensile (MJ). Sempre relativamente ad ogni mese la domanda di energia per climatizzazione ($Q_{H,nd}$ in Inverno e $Q_{C,nd}$ in Estate) dell'edificio o dello spazio servito dall'impianto, è calcolata in base ad un'equazione di bilancio diversa a seconda che ci si trovi nella stagione di riscaldamento o di raffreddamento.

Tabella 27- Periodi di riscaldamento

Zona climatica	Durata stagione di riscaldamento
A	Dal 1° dicembre al 15 marzo
B	Dal 1° dicembre al 13 marzo
C	Dal 15 novembre al 31 marzo
D	Dal 1° novembre al 15 aprile
E	Dal 15 ottobre al 15 aprile
F	Dal 5 ottobre al 22 aprile

Ci calcolano, per ogni zona termica (ZT) dell'edificio e per ogni mese, mediante un bilancio di energia termica dello spazio confinato (climatizzato) impostato come segue:

- Nella stagione di riscaldamento, fabbisogno ideale di energia termica dell'edificio per riscaldamento è pari a:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{h,gn} \cdot Q_{gn} \quad [MJ]$$

Dove:

$Q_{H,ht} = Q_{H,tr} + Q_{H,ve}$ è lo scambio termico totale fra l'ambiente e l'esterno dato dalla la somma dello scambio per trasmissione e per ventilazione fra ambiente ed esterno per il riscaldamento [MJ]

$\eta_{h,gn}$ è il fattore di utilizzazione degli apporti termici [-]

$Q_{gn} = Q_{int} + Q_{sol,w}$ sono i guadagni termici totali [kWh] dati dalla somma dei guadagni termici interni [MJ] e i guadagni termici solari incidenti sui componenti finestrati [MJ]

$$Q_{H,nd} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{h,gn} \cdot (Q_{int} + Q_{sol,w}) \quad [MJ]$$

- Nella stagione di raffreddamento il fabbisogno ideale di energia termica dell'edificio per raffrescamento è pari a:

$$Q_{C,nd} = Q_{gn} - \eta_{h,gn} \cdot Q_{C,ht} \quad [MJ]$$

Dove:

$Q_{gn} = Q_{int} + Q_{sol,w}$ sono i guadagni termici totali [kWh] dati dalla somma dei guadagni termici interni [MJ] e i guadagni termici solari incidenti sui componenti finestrati [MJ]

$\eta_{h,gn}$ è il fattore di utilizzazione degli apporti termici [-]

$Q_{C,ht} = Q_{H,tr} + Q_{H,ve}$ è lo scambio termico totale fra l'ambiente e l'esterno dato dalla la somma dello scambio per trasmissione e per ventilazione fra ambiente ed esterno per il raffrescamento [MJ]

$$Q_{C,nd} = (Q_{int} + Q_{sol,w}) - \eta_{h,gn} \cdot (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) \quad [MJ]$$

2.3.4 Calcolo degli scambi termici per trasmissione

Per ogni zona termica dell'edificio e per ogni mese lo scambio termico per trasmissione (tra ambiente climatizzato ed ambiente esterno) si calcola con la seguente formula sia nel caso del riscaldamento che del raffrescamento:

$$Q_{H,tr} = H_{tr,adj} \cdot (t_i - t_e) \cdot \tau + \left\{ \sum_k F_{r,k} \cdot \Phi_{r,k} \right\} \cdot \tau$$

dove:

$H_{tr,adj}$ è il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione della zona considerata, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno [W/K], la correzione del coefficiente di scambio

serve a tener conto del fatto che la temperatura dell'ambiente limitrofo può essere diversa dalla temperatura dell'ambiente esterno (ambienti non riscaldati o a diversa temperatura) in tal caso il coefficiente di correzione è maggiore o inferiore ad 1;

t_i è la temperatura interna di regolazione (di set point) per il riscaldamento o per il raffrescamento della zona considerata, ai fini del calcolo dei fabbisogni di energia si ipotizza che la temperatura dell'aria interna e quella media radiante siano coincidenti;

t_e è la temperatura media mensile dell'ambiente esterno

τ è la durata del mese considerato [s].

$F_{r,k}$ è il fattore di forma (o di vista) tra il componente edilizio k -esimo e la volta celeste;

$\Phi_{r,k}$ è l'extra flusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste dal componente edilizio k -esimo, mediato sul tempo, nella presente specifica tecnica, a differenza della UNI EN ISO 52016-1:2018, l'extra flusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste viene considerato come un incremento dello scambio termico per trasmissione invece che come una riduzione degli apporti termici solari.

La trasmissione di calore da una zona termica avviene: verso l'area esterna, verso il terreno, verso altre zone climatizzate e non. Il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione si ricava come:

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A \quad [\text{W/K}]$$

dove:

H_D è il coefficiente di scambio termico diretto per trasmissione verso l'ambiente esterno [W/K]

H_g è il coefficiente di scambio termico stazionario per trasmissione verso il terreno [W/K];

H_U è il coefficiente di scambio termico per trasmissione attraverso gli ambienti non climatizzati [W/K];

Il calcolo dei coefficienti di scambio termico per trasmissione è effettuato secondo le UNI EN ISO 13789:2018 e UNI EN ISO 13370:2018.

In generale H_X può essere calcolato come somma di due termini:

$$H_X = b_{tr,x} \left(\sum_j U_i A_i + \sum_k \Psi_{L,k} L_k \right)$$

$b_{tr,x}$ fattore di aggiustamento $< > 1$ quando la temperatura dell'ambiente confinato è diversa da quella esterna.

U_i trasmittanza termica dell'elemento, W/(m²K);

A_i area dell'elemento, m²;

$\Psi_{L,k}$ trasmittanza lineare del k .mo ponte termico, W/(mK);

L_k lunghezza del ponte termico lineare, m;

Scambio termico verso ambienti non climatizzati

Si calcola il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione, H_D , tra il volume climatizzato e gli ambienti esterni attraverso gli ambienti non climatizzati, come:

$$H_U = H_{iu} \cdot b_{tr,x}$$

dove $b_{tr,x}$ è il fattore di correzione dello scambio termico H_{iu} tra ambiente climatizzato e non climatizzato.

Esso è diverso da 1 nel caso in cui la temperatura di quest'ultimo sia diversa da quella dell'ambiente esterno. In tal caso si avrà:

$$b_{tr,x} = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}}$$

dove:

H_{iu} è il coefficiente globale di scambio termico tra l'ambiente climatizzato e l'ambiente non climatizzato;

H_{ue} è il coefficiente globale di scambio termico tra l'ambiente non climatizzato e l'ambiente esterno.

Per gli edifici esistenti, in assenza di dati di progetto attendibili sui coefficienti di scambio termico o di informazioni più precise, si possono assumere i valori del fattore $b_{tr,x}$ riportati nella Tabella 28.

Tabella 28 - Fattore di correzione dello scambio termico H_{iu} tra ambiente climatizzato e non climatizzato

Ambiente confinante	$b_{tr,x}$
Ambiente	
- con una parete esterna	0.4
- senza serramenti esterni e con almeno due pareti esterne	0.5
- con serramenti esterni e con almeno due pareti esterne (per esempio autorimesse)	0.6
- con tre pareti esterne (per esempio vani scala esterni)	0.8
Piano interrato o seminterrato	
- senza finestre o serramenti esterni	0.5
- con finestre o serramenti esterni	0.8
Sottotetto	1.0
- tasso di ventilazione del sottotetto elevato (per esempio tetti ricoperti con tegole o altri materiali di copertura discontinua) senza rivestimento con feltro o assito	0.9
- altro tetto non isolato	0.7
- tetto isolato	
Aree interne di circolazione (senza muri esterni e con tasso di ricambio d'aria minore di 0,5 h-1)	0,0
Aree interne di circolazione liberamente ventilate (rapporto tra l'area delle aperture e volume dell'ambiente maggiore di 0,005 m2/m3)	1,0

Perdite per trasmissione verso il suolo

Per lo scambio termico verso il terreno si fa riferimento alla EN ISO 13370:2007. Per gli edifici esistenti, in assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, il coefficiente di accoppiamento termico in regime stazionario tra gli ambienti interno ed esterno è dato da:

$$H_g = A \cdot U_f \cdot b_{tr,g}$$

A è l'area dell'elemento,

U_f è la trasmittanza termica della parte sospesa del pavimento (tra l'ambiente interno e lo spazio sottopavimento), espressa in $W/(m^2 \cdot K)$,

$b_{tr,g}$ è fornito dal seguente prospetto

Tabella 29 – Fattore correttivo delle perdite per trasmissione verso il suolo

Ambiente confinante	$b_{tr,g}$
Pavimento controterra	0.45
Parete controterra	0.45
Pavimento su vespaio aerato	0.80

2.3.5 Ponti termici

Un ponte termico è una zona in cui sono presenti disomogeneità del materiale e/o variazioni di forma in cui si verificano un incremento del valore dei flussi termici e una variazione delle temperature superficiali interne, con conseguente aumento della quantità di calore disperso attraverso le pareti.

I ponti termici generalmente si possono dividere in:

- ponti termici di struttura (o di materiale), dove la presenza di elementi eterogenei di diversa conduttività incrementa il flusso termico
- ponti termici di forma (o geometrici), dove la presenza di variazioni di forma dei materiali (spigoli, restrizioni, ecc) provoca un addensamento delle linee di flusso con un conseguente aumento di flusso termico

Tipici esempi di discontinuità del materiale si presentano nelle strutture intelaiate in cemento armato, quando si utilizza una tamponatura in laterizio senza particolari accorgimenti, in particolare nei punti di contatto tra i due diversi materiali.

Le discontinuità di tipo geometrico fanno riferimento a questioni legate alla geometria e alla forma del manufatto. Tipicamente si verificano discontinuità geometriche nelle seguenti zone: in corrispondenza degli spigoli tra le pareti, tra parete e solaio, tra parete ed infisso, in corrispondenza di interruzioni dello strato di isolamento termico

I ponti termici sono generalmente localizzati in corrispondenza delle giunzioni tra gli elementi edilizi o dove la composizione della struttura edilizia si modifica, producendo i seguenti effetti:

- una modifica della portata termica (quantità di energia termica assorbita nell'unità di tempo)
- una modifica della temperatura interna superficiale

I ponti termici si presentano in prossimità di pilastri, travi, balconi, davanzali o anche in corrispondenza delle giunture di malta tra i laterizi, che rappresentano punti di eterogeneità della struttura.

La norma UNI TS 11300-1:2014 specifica le norme per il calcolo dei ponti termici.

In particolare, sono previste due possibili modalità di calcolo dei ponti termici:

- calcolo con atlanti di ponti termici conformi alla UNI EN ISO 14683:2008
- calcolo numerico (analisi agli elementi finiti) in accordo alla UNI EN ISO 10211:2008

La norma, inoltre, vieta ogni tipo di semplificazione per gli edifici esistenti, come per esempio:

- il calcolo forfettario o la maggiorazione percentuale dei ponti termici
- l'abaco di ponti termici in allegato A alla norma UNI EN ISO 14683:2008

Atlante di ponti termici

L'atlante di ponti termici è una schematizzazione di tipologie e combinazioni di ponti termici più frequenti.

Lo scopo degli atlanti di ponti termici è quello di determinare il valore di trasmittanza termica lineare in funzione di altri parametri caratteristici (lunghezza, spessori, conduttività, ecc). I valori sono predefiniti e più o meno adattabili alle dimensioni e ai materiali reali.

La figura seguente rappresenta un esempio di atlante di ponti termici per il calcolo della trasmittanza termica lineare di un ponte termico di tipo parete-pilastro.

PIL.001	PARETE ESTERNA ISOLATA ALL'ESTERNO CON PILASTRO NON ISOLATO
Ponte termico formato dalla giunzione di due pareti uguali isolate dall'esterno, con presenza di pilastro non isolato nella giunzione.	
SEZIONE ORIZZONTALE 	TRASMITTANZA TERMICA LINEARE
Riferita alle dimensioni esterne $\Psi_E = 0.695 - 0.0635 \cdot U' + 2.231 \cdot S_{PIL} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$	
Riferita alle dimensioni interne $\Psi_I = 0.695 - 0.0635 \cdot U' + 2.231 \cdot S_{PIL} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$	
Con: Trasmittanza adimensionale $U' = \frac{U_{PIL}}{U_{PAR}}$	
Trasmittanza del pilastro $U_{PIL} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L_{PIL}}{\lambda_{PIL}} + R_{so}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$	
Trasmittanza della parete $U_{PAR} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L'}{\lambda_{eq}} + \frac{L_{ISO}}{\lambda_{ISO}} + R_{so}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$	
Campo di validità $5.29 \leq U' \leq 12.14$ $0.30 \leq S_{PIL} \leq 0.50$ (m) $0.23 \leq \lambda_{eq} \leq 0.81$ $\left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$	Intervallo di confidenza $IC_E^{95\%} = \pm 0.09$ $\left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ $IC_I^{95\%} = \pm 0.09$ $\left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$

Per gli edifici esistenti, in assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, per alcune tipologie edilizie, lo scambio termico attraverso i ponti termici può essere determinato approssimativamente secondo quanto indicato nel prospetto 4. In tal caso i dati utilizzati devono essere riportati nel rapporto finale di calcolo.

Prospetto 4: Maggiorazioni (M) percentuali relative alla presenza dei ponti termici [%]

Descrizione della struttura (*)	M (*)
Parete con isolamento dall'esterno (a cappotto) senza aggetti/balconi e ponti termici corretti	5
Parete con isolamento dall'esterno (a cappotto) con aggetti/balconi	15
Parete omogenea in mattoni pieni o in pietra (senza isolante)	5
Parete a cassa vuota con mattoni forati (senza isolante)	10
Parete a cassa vuota con isolamento nell'intercapedine (ponte termico corretto)	10
Parete a cassa vuota con isolamento nell'intercapedine (ponte termico non corretto)	20
Pannello prefabbricato in calcestruzzo con pannello isolante all'interno	30

(*) le maggiorazioni si applicano alle dispersioni della parete opaca e tengono conto anche dei ponti termici relativi ai serramenti.

Nel caso in cui il ponte termico si riferisca ad un giunto tra due strutture che coinvolgono due zone termiche diverse, il valore della trasmittanza termica lineare, dedotto dalla UNI EN ISO 14683, deve essere ripartito tra le due zone interessate.

Calcolo numerico (analisi agli elementi finiti)

Per effettuare un calcolo di ponti termici, senza limitazioni, è necessario utilizzare solutori agli elementi finiti. I software di analisi agli elementi finiti consentono di disegnare ponti termici di qualsiasi tipo e forma e di calcolare i risultati (trasmittanza termica lineica, coefficiente di accoppiamento termico, flusso termico, ecc) in forma numerica e grafica.

Il calcolo numerico agli elementi finiti è l'unica modalità possibile per valutare ponti termici di qualsiasi tipo e forma. Il calcolo numerico è l'unico che consente di analizzare combinazioni praticamente infinite così come le possibilità che il professionista si trova ad affrontare.

È necessario valutare la trasmittanza del ponte termico attraverso un metodo numerico e indicare in modo dettagliato lo sviluppo effettivo del ponte termico nell'edificio, sia che si tratti di un edificio di nuova costruzione che di un fabbricato esistente: qui sorge una difficoltà oggettiva per il certificatore energetico il quale, nella grande maggioranza dei casi, non conosce né la stratigrafia degli elementi che costituiscono l'involucro, né il loro sviluppo complessivo all'interno dell'edificio.

Il ponte termico si definisce **corretto** quando la trasmittanza termica della parete fittizia (il tratto di parete esterna in corrispondenza del ponte termico) non supera per più del 15% la trasmittanza termica della parete corrente.

Il ponte termico corretto non ha un reale senso fisico, ma viene introdotto dall'allegato per motivazioni legate alle verifiche richieste dai decreti nazionale o regionali sulle strutture di un progetto. La valutazione della correzione o meno del ponte termico si esegue infatti con questa modalità: a partire dall'elemento di superficie e dalla dimensione del ponte termico si valuta la disuguaglianza.

$$\left[\frac{\Psi_{PT} \times I_{PT}}{A_{PAR}} \right] > 0.15 \times U_{PAR}$$

Ψ_{PT}^2 è la trasmittanza lineica del ponte termico [W/mK]

I_{PT} la lunghezza di sviluppo del ponte termico [m]

A_{PAR} è l'area della struttura su cui è applicato il ponte termico [m²]

U_{PAR} è la trasmittanza termica della struttura [W/m²K]

Se la disuguaglianza è negativa la verifica di trasmittanza riguarderà la trasmittanza termica della struttura; in caso contrario la verifica verrà eseguita sulla trasmittanza incrementata per la presenza del ponte termico, senza

² La trasmittanza lineica Ψ_k [W/m·K], che esprime il flusso termico disperso attraverso il ponte termico per ogni metro di lunghezza e per una differenza di temperatura unitaria fra interno ed esterno è funzione di:

- lo spessore degli elementi che individuano la giunzione e la loro resistenza termica;
- la posizione di eventuali materiali isolanti negli elementi;

I valori del coefficiente Ψ_k sono poi moltiplicati per la lunghezza L del giunto interessato per ottenere il valore delle dispersioni ad esso relative.

ulteriori implicazioni sulla reale correzione o meno della fuoriuscita di calore dovuta alla presenza del ponte termico.

Il calcolo numerico dei ponti termici, eseguito con un'analisi agli elementi finiti, in accordo alla UNI EN ISO 10211:2008, è lo strumento indispensabile per la corretta progettazione dei collegamenti tra i vari componenti edilizi e la determinazione del comportamento energetico dei ponti termici.

Calcolo del flusso termico e della trasmittanza lineica

Mediante il calcolo ad elementi finiti secondo la norma UNI EN ISO 102211:2018 viene stimato il flusso termico Φ disperso dal ponte termico. Dal flusso termico si ricava il coefficiente di accoppiamento termico lineare L_{2D} cioè il flusso termico relativo all'intero elemento riferito alla differenza di temperatura tra i due ambienti, per una profondità di 1m della sezione:

$$L_{2D} = \frac{\Phi}{l \times (T_i - T_e)} \text{ [W/mK]}$$

in cui:

- Φ flusso termico del nodo di calcolo stimato con gli elementi finiti [W]
- l lunghezza della parte bidimensionale del ponte termico (pari ad 1m) [m]
- T_i Temperatura interna [°C]
- T_e temperatura esterna [°C]

Infine si valuta la trasmittanza lineica come:

$$\Psi = L_{2D} - \sum_i (U_i \times l_i) \text{ [W/mK]}$$

in cui:

L_{2D}	coefficiente di scambio termico nel modello bidimensionale [W/mK]
U_i	trasmittanza termica dell'elemento di separazione i-esimo tra i due ambienti
l_i	lunghezza che viene moltiplicata per la trasmittanza termica U, ci si riferisce alle dimensioni interne per il calcolo della ψ_i e alle dimensioni esterne per il calcolo della ψ_e

Semplificando, la trasmittanza lineica del ponte termico è la differenza tra la dispersione del modello geometrico con ponte termico (L_{2D}) e quanto disperderebbe se il ponte termico non ci fosse $[\sum_i (U_i \times l_i)]$.

Glossario ponti termici

Ponte termico lineare: Ponte termico con una sezione trasversale uniforme lungo uno dei tre assi ortogonali.

Ponte termico puntuale: Ponte termico localizzato la cui influenza può essere rappresentata mediante una trasmittanza termica puntuale.

Trasmittanza termica lineare: Portata termica in regime stazionario diviso per la lunghezza e la differenza di temperatura tra gli ambienti posti a ciascun lato del ponte termico. La trasmittanza termica lineare è una grandezza che descrive l'influenza del ponte termico lineare sul flusso termico totale.

Trasmittanza termica puntuale: Portata termica in regime stazionario diviso per la differenza di temperatura tra gli ambienti posti a ciascun lato del ponte termico. La trasmittanza termica puntuale è una grandezza che descrive l'influenza del ponte termico puntuale sul flusso termico totale.

Conduttività termica: La conduttività (o conducibilità) termica λ misura la capacità di un materiale di trasmettere calore ed è una caratteristica propria di ogni singolo materiale. Nel sistema internazionale (SI) si misura in W/mK (ove K è il simbolo del Kelvin). In particolare, essa esprime la potenza termica che si trasmette attraverso uno spessore unitario del materiale per unità di superficie e per differenze di temperatura unitaria. È l'indicatore più significativo del potere isolante di un materiale omogeneo.

Diagramma di Glaser: Il diagramma di Glaser è un metodo grafico che permette lo studio del fenomeno della condensa all'interno di una parete costituita da uno o più strati. In particolare, considerando le curve delle pressioni parziali e di saturazione dell'aria umida, possono verificarsi i seguenti casi:

- assenza di punti d'intersezione: assenza di condensa
- presenza di un punto di tangenza: possibile comparsa di condensa al variare di temperatura e pressione
- presenza di più punti di intersezione: formazione di condensa in quel tratto di muratura

2.3.6 Calcolo degli scambi termici per ventilazione

Per ogni zona termica dell'edificio e per ogni mese lo scambio termico per ventilazione (tra ambiente climatizzato ed ambiente esterno) si calcola con la seguente formula sia nel caso del riscaldamento che del raffrescamento:

$$Q_{H,ve} = H_{ve,adj} \cdot (t_i - t_e) \cdot \tau$$

$H_{ve,adj}$ è il coefficiente globale di scambio termico per ventilazione della zona considerata, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno

t_i è la temperatura interna di regolazione (di set point) per il riscaldamento o per il raffrescamento della zona considerata, ai fini del calcolo dei fabbisogni di energia si ipotizza che la temperatura dell'aria interna e quella media radiante siano coincidenti

t_e è la temperatura media mensile dell'ambiente esterno;

τ è la durata del mese considerato [s].

Il coefficiente globale di scambio termico per ventilazione si ricava come:

$$H_{ve,adj} = \rho_a \cdot c_a \left(\sum_k b_{ve,k} \cdot \dot{V}_{ve,k,mn} \right)$$

Dove:

$\rho_a \cdot c_a$ è la capacità termica volumica dell'aria, pari a 1200 J/(m³·K);

$\dot{V}_{ve,k,mn}$ è la portata volumica mediata sul tempo del flusso d'aria k -esimo

$b_{ve,k}$ è il fattore di correzione della temperatura per il flusso d'aria k -esimo ($b_{ve,k} \neq 1$ se la temperatura di mandata non è uguale alla temperatura dell'ambiente esterno, come nel caso di pre-riscaldamento, pre-raffrescamento o di recupero termico dell'aria di ventilazione).

La portata mediata sul tempo del flusso d'aria k -esimo, $\dot{V}_{ve,k,mn}$, espressa in m³/s, si ricava come:

$$\dot{V}_{ve,k,mn} = f_{ve,t,k} \cdot \dot{V}_{ve,k}$$

Dove:

$f_{ve,t,k}$ la frazione di tempo in cui si verifica il flusso d'aria k -esimo (per una situazione permanente: $f_{ve,t,k} = 1$).

$\dot{V}_{ve,k,mn}$ è la portata mediata nel tempo del flusso d'aria k -esimo

La determinazione di tali parametri è effettuata secondo la UNI EN ISO 52016-1:2018 .

2.3.7 Calcolo degli apporti termici interni

Per ogni zona dell'edificio e per ogni mese, gli apporti termici si calcolano con le seguenti formule:

$$Q_{int} = \left\{ \sum_k \Phi_{int,k} \right\} \cdot \tau + \left\{ \sum_l (1 - b_{tr,l}) \cdot \Phi_{int,u,l} \right\} \cdot \tau$$

dove le due sommatorie si riferiscono rispettivamente ai flussi entranti/generati nella zona climatizzata e negli ambienti non climatizzati, ed inoltre:

$b_{tr,l}$ fattore di riduzione per l'ambiente non climatizzato avente al suo interno la sorgente di calore interna l -esima;

$\Phi_{int,k}$ flusso termico prodotto dalla k -esima sorgente di calore interna, mediato nel tempo

$\Phi_{int,u,l}$ flusso termico prodotto dalla l -esima sorgente di calore interna nell'ambiente non climatizzato adiacente u , mediato nel tempo;

In assenza di informazioni che ne dimostrino la rilevanza, è lecito trascurare l'effetto degli apporti termici prodotti all'interno di ambienti non climatizzati.

Per le abitazioni, edifici di categoria E.1 (1) e E.1 (2), aventi superficie utile di pavimento, A_u , minore o uguale a 170 m², il valore globale degli apporti interni, espresso in W, è ricavato come:

$$\Phi_{int} = 5,294 \cdot A_u - 0,01577 \cdot A_u^2 \quad [W]$$

Per superficie utile di pavimento maggiore di 170 m² il valore è assunto pari a 450 W.

2.3.8 Calcolo degli apporti termici solari

Analogamente agli apporti termici interni gli apporti solari si calcolano come segue:

$$Q_{sol} = \left\{ \sum_k \Phi_{sol,k} \right\} \cdot \tau + \left\{ \sum_l (1 - b_{tr,l}) \cdot \Phi_{sol,u,l} \right\} \cdot \tau$$

dove le due sommatorie si riferiscono rispettivamente ai flussi entranti/generati nella zona climatizzata e negli ambienti non climatizzati, ed inoltre:

$b_{tr,l}$ fattore di riduzione per l'ambiente non climatizzato che riceve il flusso termico l-esimo di origine solare;

$\Phi_{sol,k}$ flusso termico k-esimo di origine solare, mediato nel tempo

$\Phi_{sol,u,l}$ flusso termico l-esimo di origine solare nell'ambiente non climatizzato adiacente u, mediato nel tempo.

I guadagni solari sono calcolati in base alla radiazione solare normalmente disponibile nella località in esame, all'orientamento delle aree di collezione, agli ombreggiamenti fissi (permanenti) ed alle caratteristiche di trasmissione ed assorbimento dei materiali costituenti le aree captanti.

Il flusso termico k-esimo di origine solare, $\Phi_{sol,k}$, espresso in W, si calcola con la seguente formula:

$$\Phi_{sol,k} = F_{sh,ob,k} \cdot A_{sol,k} \cdot I_{sol,k} \quad [W]$$

dove le due sommatorie si riferiscono rispettivamente ai flussi entranti/generati nella zona climatizzata e negli ambienti non climatizzati, ed inoltre:

$F_{sh,ob,k}$ fattore di riduzione per ombreggiatura relativo ad elementi esterni relativo all'area di captazione solare effettiva della superficie k-esima;

$A_{sol,k}$ area di captazione solare effettiva della superficie k-esima con dato orientamento e angolo d'inclinazione sul piano orizzontale, nella zona o ambiente considerato [m²];

$I_{sol,k}$ Irradianza solare media mensile, sulla superficie k-esima, con dato orientamento e angolo d'inclinazione sul piano orizzontale [W/m²].

La norma UNI 10349-1:2016 fornisce i valori medi mensili della irradiazione solare giornaliera in MJ/(m²·giorno), relativamente ad una superficie orizzontale ed ai principali orientamenti (N, S, E e O, SE e SO, NE e NO).

Occorre tenere conto degli apporti termici dovuti alla radiazione solare incidente sulle chiusure opache. L'area di captazione solare effettiva di una parte opaca dell'involucro edilizio, è calcolata con la seguente formula:

$$A_{sol} = \alpha_{sol,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_c$$

Dove:

$\alpha_{sol,c}$ fattore di assorbimento solare del componente opaco, In assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, il fattore di assorbimento solare di un componente opaco può essere assunto pari a 0,3 per colore chiaro della superficie esterna, 0,6 per colore medio e 0,9 per colore scuro;

R_{se} resistenza termica superficiale esterna del componente opaco, determinato secondo la UNI EN ISO 6946:2018

U_c è la trasmittanza termica del componente opaco

A_c area proiettata del componente opaco.

L'area di captazione solare effettiva di un componente vetrato dell'involucro (per esempio una finestra), è calcolata con la seguente formula:

$$A_{sol} = F_{sh,gl} \cdot g_{gl} \cdot (1 - F_F) \cdot A_{w,p}$$

Dove:

$F_{sh,gl}$ fattore di riduzione degli apporti solari relativo all'utilizzo di schermature mobili;

g_{gl} trasmittanza di energia solare della parte trasparente del componente

F_F frazione di area relativa al telaio, rapporto tra l'area proiettata del telaio e l'area proiettata totale del componente vetrato

$A_{w,p}$ area totale (proiettata sul piano della facciata di appartenenza) del componente vetrato (in pratica l'area del vano finestra).

I valori della *trasmittanza di energia solare totale degli elementi vetrati* g_{gl} possono essere ricavati moltiplicando i valori di trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale per un fattore di esposizione assunto pari a 0,9 (per i calcoli su base mensile).

$$g_{gl} = F_w \cdot g_{\perp}$$

I valori della trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale degli elementi vetrati possono essere determinati attraverso la UNI EN 410:2011. In assenza di dati documentati, si usa il seguente prospetto.

Tabella 30 - Valori tipici della trasmittanza energetica solare totale (per incidenza normale g_{\perp}) per comuni

Tipo di metratura	g_{\perp}
Vetro singolo	0.85
Doppio vetro normale	0.75

Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo	0.67
Triplo vetro normale	0.70
Triplo vetro con doppio rivestimento basso-emissivo	0.50
Doppia finestra	0.75

Il *fattore di correzione dovuto al telaio*, o fattore telaio ($1 - F_F$), è pari al rapporto tra l'area trasparente e l'area totale dell'unità vetrata del serramento. In assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, si può assumere un valore convenzionale del fattore telaio pari a 0,8.

2.4 Norma UNI/TS 11300-2:2019

La norma UNI/TS 11300-2:2019 riguarda la “Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione in edifici non residenziali”

Le modifiche rispetto alla versione del 2014 sono:

- le revisioni editoriali di premessa e introduzione in accordo con le UNI/TS 11300 pubblicate nel 2016;
- la conversione di una nota sui sistemi di regolazione da informativa a normativa;
- l'eliminazione dell'Appendice E (Calcolo della prestazione energetica di edifici non dotati di impianto di climatizzazione invernale e/o di produzione di acqua calda sanitaria) poiché superata dalle indicazioni dei DM 26 giugno 2015;
- l'aggiunta di un'appendice sul calcolo dei fabbisogni energetici di acqua calda sanitaria in presenza di recuperatori di calore dai reflui delle docce.

L'unica sostanziale modifica alla valutazione dei fabbisogni di energia è riportata nell'Appendice E, che fornisce una metodologia di calcolo per tenere in considerazione il recupero di calore dovuto alla presenza di sistemi di recupero di calore dai reflui di scarico delle docce.

2.5 Fabbisogni e perdite di energia termica dell'impianto di climatizzazione invernale

2.5.1 Calcolo del fabbisogno di ideale netto ed effettivo di energia termica utile

La norma UNI/TS 11300-2:2019 articola il fabbisogno di energia termica utile per la climatizzazione invernale in:

- fabbisogno ideale $Q_{H,nd}$;
- fabbisogno ideale netto Q'_{H} ;
- fabbisogno effettivo.

Il *fabbisogno ideale di energia termica utile* $Q_{H,nd}$ è il dato fondamentale di ingresso per il calcolo dei fabbisogni di energia primaria per il riscaldamento. Tale fabbisogno è riferito alla condizione di temperatura

dell'aria uniforme in tutto lo spazio riscaldato e si calcola secondo la UNI/TS 11300-1 in esercizio continuo o intermittente a seconda della destinazione d'uso.

Dal *fabbisogno ideale di energia termica utile* $Q_{H,nd}$ devono dedurre eventuali *perdite recuperate* $Q_{trh,W}$ dal servizio acqua calda sanitaria. Si ha quindi il fabbisogno ideale netto Q'_H :

$$Q'_H = Q_{H,nd} - Q_{trh,W}$$

Dove:

$Q_{H,nd}$ è il fabbisogno ideale di energia termica utile

$Q_{trh,W}$ sono le perdite recuperate dal sistema di acqua calda sanitaria

Il fabbisogno ideale netto non tiene conto delle perdite determinate dalle caratteristiche dei sottosistemi di emissione e di regolazione, previsti o installati nella zona considerata.

Il *fabbisogno effettivo dell'edificio* Q_{hr} , ossia la quantità di energia termica utile che deve essere effettivamente immessa negli ambienti riscaldati dalla rete di distribuzione, si deve tenere conto di fattori negativi.

L'espressione generale per il calcolo dell'*energia termica utile effettiva* $Q_{hr,i}$ che deve essere fornita all'i-esima zona termica è:

$$Q_{hr,i} = Q'_{H,i} + Q_{l,e,i} + Q_{l,rg,i}$$

Dove:

$Q_{l,e,i}$ sono le perdite del sottosistema di emissione

$Q_{l,rg,i}$ sono le perdite del sottosistema di regolazione

2.5.2 Calcolo delle perdite di emissione

Le perdite di emissione dipendono in varia misura da diversi fattori, quali la tipologia e le modalità di installazione dei terminali di emissione, le caratteristiche dimensionali e termo-fisiche dell'ambiente riscaldato, i carichi termici. Le perdite di emissione sono particolarmente influenzate da perdite per scambio diretto di energia tra i terminali e l'esterno, come nel caso di radiatori installati su pareti esterne non adeguatamente isolati e dal gradiente verticale di temperatura dell'aria nell'ambiente..

Le perdite del sottosistema di emissione, per ciascuna zona termica considerata, sono calcolate con la seguente espressione:

$$Q_{l,e} = Q'_H \frac{1 - \eta_e}{\eta_e} \quad [kWh]$$

Dove:

η_e è il rendimento del sottosistema di emissione

Q'_H è il fabbisogno ideale netto di energia termica utile

I prospetti seguenti forniscono valori di rendimento di emissione nei due casi:

- locali di altezza non maggiore di 4 m;
- grandi ambienti di altezza compresa tra 4 m e 14 m.

prospetto 17 **Rendimenti di emissione in locali con altezza fino a 4 m**

Tipologia di terminale	Carico termico medio annuo ^{a)} [W/m ³]		
	≤ 4	4-10	>10
Radiatori su parete esterna isolata ^{*)}	0,98	0,97	0,95
Radiatori su parete interna	0,96	0,95	0,92
Ventilconvettori ^{**) (valori riferiti a t_{media} acqua = 45 °C)}	0,96	0,95	0,94
Termoconvettori	0,94	0,93	0,92
Bocchette in sistemi ad aria calda ^{***)}	0,94	0,92	0,90
Pannelli annegati a pavimento	0,99	0,98	0,97
Pannelli annegati a soffitto	0,97	0,95	0,93
Pannelli a parete	0,97	0,95	0,93
Riscaldatori ad infrarossi	0,99	0,98	0,97

a) Il carico termico medio annuo espresso in W/m³ è ottenuto dividendo il fabbisogno annuo di energia termica utile espresso in Wh, calcolato secondo la UNI/TS 11300-1, per il tempo convenzionale di esercizio dei terminali di emissione, espresso in ore, e per il volume lordo riscaldato del locale o della zona espresso in metri cubi.

*) Il rendimento indicato è riferito ad una temperatura di mandata dell'acqua minore o uguale a 55 °C. Per temperatura di mandata dell'acqua di 85 °C il rendimento decrementa di 0,02 e per temperature di mandata comprese tra 55 e 85 °C si interpola linearmente. Per parete riflettente, si incrementa il rendimento di 0,01. In presenza di parete esterna non isolata (U > 0,8 W/m² K) si riduce il rendimento di 0,04.

**) I consumi elettrici non sono considerati e devono essere calcolati separatamente. Il valore di rendimento riportato in tabella tiene già conto del recupero dell'energia elettrica, che quindi deve essere calcolata solo ai fini della determinazione del fabbisogno di energia ausiliaria e non dell'eventuale recupero.

***) Per quanto riguarda i sistemi di riscaldamento ad aria calda i valori si riferiscono a impianti con:
 - bocchette o diffusori correttamente dimensionati in relazione alla portata e alle caratteristiche del locale;
 - corrette condizioni di funzionamento (generatore di taglia adeguata, corretto dimensionamento della portata di aspirazione);
 - buona tenuta all'aria dell'involucro e della copertura.
 La distribuzione con bocchette di mandata in locali di altezza maggiore di 4m non è raccomandata. In presenza di tale situazione e qualora le griglie di ripresa dell'aria siano posizionate ad un'altezza non maggiore di 2 metri rispetto al livello del pavimento è opportuno un controllo della stratificazione.

prospetto 18 **Rendimenti di emissione in locali con altezza maggiore di 4 m**

Descrizione	Carico termico (W/m ³)								
	<4			4 - 10			>10		
	Altezza del locale								
	6	10	14	6	10	14	6	10	14
Radiatori su parete esterna isolata ^{*)}	0,96	0,94	0,92	0,95	0,93	0,91	0,93	0,91	0,89
Radiatori su parete interna	0,94	0,92	0,90	0,93	0,91	0,89	0,90	0,88	0,86
Ventilconvettori ^{**) (valori riferiti a temperatura media acqua = 45 °C)}	0,94	0,92	0,90	0,93	0,91	0,89	0,92	0,90	0,88
Bocchette in sistemi ad aria calda	0,97	0,96	0,95	0,95	0,94	0,93	0,93	0,92	0,91
Generatore d'aria calda singolo a basamento o pensile	0,97	0,96	0,95	0,95	0,94	0,93	0,93	0,92	0,91
Aerotermini ad acqua	0,96	0,95	0,94	0,94	0,93	0,92	0,92	0,91	0,90
Generatore d'aria calda singolo pensile a condensazione	0,98	0,97	0,96	0,96	0,95	0,94	0,94	0,93	0,92
Strisce radianti ad acqua, a vapore, a fuoco diretto	0,99	0,98	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95
Riscaldatori ad infrarossi	0,98	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95	0,94
Pannelli a pavimento annegati ^{***)}	0,98	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95
Pannelli a pavimento (isolati)	0,99	0,98	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95

*) Il rendimento indicato è riferito ad una temperatura di mandata dell'acqua minore o uguale a 55 °C. Per temperatura di mandata dell'acqua di 85 °C il rendimento decrementa di 0,02 e per temperature di mandata comprese tra 55 e 85 °C si interpola linearmente. Per parete riflettente, si incrementa il rendimento di 0,01. In presenza di parete esterna non isolata (U > 0,8 W/m² K) si riduce il rendimento di 0,04.

**) I consumi elettrici non sono considerati e devono essere calcolati separatamente. Il valore di rendimento riportato in tabella tiene già conto del recupero dell'energia elettrica, che quindi deve essere calcolata solo ai fini della determinazione del fabbisogno di energia ausiliaria e non dell'eventuale recupero.

***) I dati forniti non tengono conto delle perdite di calore non recuperate dal pavimento verso il terreno; queste perdite devono essere calcolate separatamente ed utilizzate per adeguare il valore del rendimento.

2.5.3 Calcolo delle perdite per i sottosistemi di regolazione

Le perdite del sottosistema di regolazione, per ciascuna zona termica considerata, sono calcolate con la seguente espressione:

$$Q_{l,rg} = (Q'_H + Q_{l,e}) \frac{1 - \eta_{rg}}{\eta_{rg}} \quad [kWh]$$

η_{rg} è il rendimento del sottosistema di regolazione

$Q'_H + Q_{l,e}$ rappresenta il fabbisogno di energia termica in entrata al sottosistema di emissione.

prospetto 20

Rendimenti di regolazione

Tipo di regolazione	Caratteristiche della regolazione	Sistemi ad elevata inerzia termica		
		Sistemi a bassa inerzia termica Radiatori, convettori, strisce radianti ed aria calda	Pannelli integrati nelle strutture edilizie e disaccoppiati termicamente	Pannelli annegati nelle strutture edilizie e non disaccoppiati termicamente
Solo Climatica (compensazione con sonda esterna) $K - (0,6 \eta_u \gamma)^a$		K = 1	K = 0,98	K = 0,94
Solo di zona	0n-off	0,93	0,91	0,87
	P banda prop. 2 °C	0,94	0,92	0,88
	P banda prop. 1 °C	0,97	0,95	0,91
	P banda prop. 0,5 °C	0,98	0,96	0,92
	PI o PID	0,99	0,97	0,93
Solo per singolo ambiente	0n off	0,94	0,92	0,88
	P banda prop. 2 °C	0,95	0,93	0,89
	P banda prop. 1 °C	0,98	0,97	0,95
	P banda prop. 0,5 °C	0,99	0,98	0,96
	PI o PID	0,995	0,99	0,97
Zona + climatica	0n off	0,96	0,94	0,92
	P banda prop. 2 °C	0,96	0,95	0,93
	P banda prop. 1 °C	0,97	0,96	0,94
	P banda prop. 0,5 °C	0,98	0,97	0,95
	PI o PID	0,995	0,98	0,96
Per singolo ambiente + climatica	0n off	0,97	0,95	0,93
	P banda prop. 2 °C	0,97	0,96	0,94
	P banda prop. 1 °C	0,98	0,97	0,95
	P banda prop. 0,5 °C	0,99	0,98	0,96
	PI o PID	0,995	0,99	0,97
<p>a) γ rapporto tra apporti e dispersioni definito nella UNI/TS 11300-1; η_u fattore di utilizzo degli apporti definito nella UNI/TS 11300-1.</p> <p>Nota 1 Nel caso di assenza di regolazione della temperatura ambiente (solo termostato di caldaia), ai soli fini di valutazione dei miglioramenti dell'efficienza energetica, si possono utilizzare i valori della regolazione "solo climatica" con una penalizzazione di 0,05 sul rendimento.</p> <p>Nota 2 Per quanto riguarda le funzioni di regolazione contenute nella UNI EN 15232:2012 prospetto 2 punto 1.1, il tipo di regolazione "solo climatica" (compensazione con sonda esterna), nel caso di assenza di regolazione della temperatura ambiente (solo termostato di caldaia) corrisponde alla funzione 0 "No automatic control", mentre nel caso di presenza della compensazione con sonda esterna corrisponde alla funzione 1 "central automatic control". Le funzioni 2,3,4 contenute nello stesso punto "Individual room control", "Individual room control with communication" e "Individual room control with communication and presence control" fanno riferimento alle tipologie di regolazione di zona e singolo ambiente, così come previsto dalla stessa UNI EN 15232:2012 prospetto 2 punto 1.5.</p> <p>Nota 3 La norma UNI EN 215 sulle valvole termostatiche fornisce indicazioni sulle definizioni di banda proporzionale indicate nel prospetto.</p>				

2.5.4 Calcolo delle perdite dei sottosistemi di distribuzione

Sul piano generale, una rete di distribuzione può articolarsi in tutti i seguenti livelli o in uno o due di essi:

- 1) Distribuzione interna di seguito definita "di utenza" alle singole unità immobiliari (du);
- 2) Distribuzione comune a più unità immobiliari di seguito definita "circuito di distribuzione" (dc);
- 3) Circuito primario, circuito che alimenta più reti di utenza circuiti di distribuzione o fabbricati (dp);
- 4) Circuito di generazione ossia quello nel quale è inserito il sottosistema di generazione.

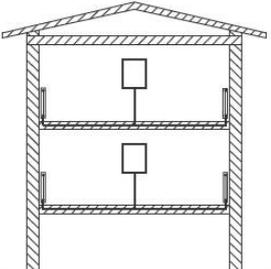
Nel caso si utilizzino i valori di rendimento precalcolati dei prospetti, le perdite di distribuzione non recuperate al netto dei recuperi di energia ausiliaria, trascurando il recupero termico dagli ausiliari elettrici, si calcolano come segue:

$$Q_{H,dx,nrh} - Q_{H,dx,aux,rh} = Q_{H,dx,out} \frac{1 - \eta_{H,dx}}{\eta_{H,dx}} \quad [kWh]$$

Dove:

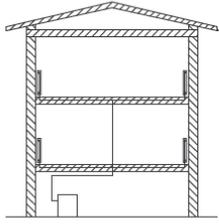
- η_{rg} è il rendimento di distribuzione ricavato dai prospetti e corretto per tener conto della temperatura effettiva della rete
- $Q_{H,dx,out}$ è il fabbisogno di energia termica utile all'uscita del segmento di distribuzione con dx pedice che indica la tipologia di rete di distribuzione (du, dc, dp).

prospetto 21 **Impianti di riscaldamento autonomi**

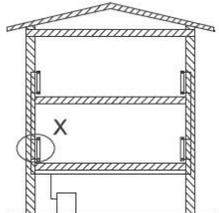
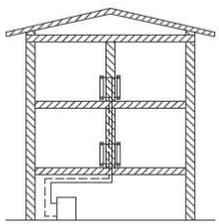
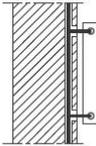
		
1. Impianti autonomi con generatore unifamiliare in edificio condominiale		
I valori sono applicabili solo qualora le tubazioni corrano interamente all'interno della zona riscaldata, come nel caso di generatore interno all'appartamento	Isolamento della rete di distribuzione orizzontale	
	A	E
Impianto autonomo a piano intermedio	0,99	0,99
Impianto autonomo a piano terreno su ambienti non riscaldati e terreno con distribuzione monotubo	0,96	0,95
Impianto autonomo a piano terreno su ambienti non riscaldati e terreno con distribuzione a collettori	0,94	0,93
Nota È escluso il caso su esterno o su pilotis; in tali casi si ricorra a metodi analitici.		

2. Impianti autonomi in edificio singolo (1 piano)	Isolamento della rete di distribuzione orizzontale			
	A	B	C	D
2.1 Tubazioni correnti nel cantinato in vista	0,964	0,95	0,92	0,873
2.2 Tubazioni incassate a pavimento con distribuzione monotubo	0,975	0,965	0,955	0,935
2.3 Tubazioni incassate a pavimento con distribuzione a collettori	0,97	0,96	0,94	0,92

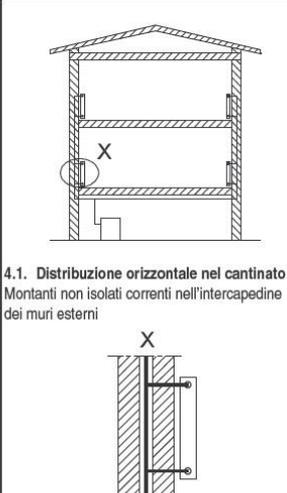
prospetto 22 **Impianti di riscaldamento a zone con distribuzione orizzontale, alimentati da montanti verticali (correnti solitamente nel vano scale)**

	Isolamento della rete di distribuzione orizzontale	
	A	E
<p>1. Impianti unifamiliari a zone in edificio condominiale I valori sono riferiti alla porzione di impianto completamente interna all'appartamento. Le dispersioni del montante che alimenta le zone devono essere calcolate analiticamente secondo appendice A, tenendo conto della temperatura media stagionale e caricate sulle singole zone in proporzione al fabbisogno di ciascuna di esse.</p>		
1.1. impianto a zone al piano intermedio	0,99	0,99
1.2. impianto a zone al piano terreno su locali non riscaldati e terreno con distribuzione monotubo	0,96	0,95
1.3. impianto a zone al piano terreno su locali non riscaldati e terreno con distribuzione a collettori	0,94	0,93

prospetto 23 **Impianti di riscaldamento centralizzati tradizionali a montanti (comuni a più unità immobiliari) alimentati da distribuzione orizzontale (corrente solitamente a soffitto del piano cantinato) (Continua)**

	Isolamento distribuzione orizzontale				
	Altezza edificio	A	B	C	D
	1 piano	0,966	0,952	0,922	0,875
	2 piani	0,938	0,929	0,906	0,871
	3 piani	0,937	0,931	0,914	0,887
	4 piani e più	0,938	0,933	0,920	0,900
 <p>4.3 Distribuzione orizzontale nel cantinato Montanti non isolati correnti in traccia nelle pareti interne NOTA Applicabile anche nel caso di isolamento a cappotto.</p> 	Isolamento distribuzione orizzontale				
	Altezza edificio	A	B	C	D
	1 piano	0,970	0,958	0,932	0,889
	2 piani	0,985	0,979	0,966	0,944
	3 piani	0,990	0,986	0,977	0,963
	4 piani e più	0,990	0,990	0,983	0,972

prospetto 23 Impianti di riscaldamento centralizzati tradizionali a montanti (comuni a più unità immobiliari) alimentati da distribuzione orizzontale (corrente solitamente a soffitto del piano cantinato)

 <p>4.1. Distribuzione orizzontale nel cantinato Montanti non isolati correnti nell'intercapedine dei muri esterni</p>		Isolamento distribuzione orizzontale			
		Altezza edificio	A	B	C
	1 piano	0,964	0,950	0,920	0,873
	2 piani	0,933	0,924	0,901	0,866
	3 piani	0,929	0,923	0,906	0,879
	4 piani e più	0,928	0,923	0,910	0,890

I valori riportati nei prospetti si riferiscono alla distribuzione con temperatura variabile, con temperature di mandata e ritorno di progetto di (80/60) °C. Per temperature di progetto differenti il rendimento di distribuzione si calcola come:

$$\eta_{rg} = 1 - (1 - \eta_d) \cdot C$$

Dove:

η_d è il rendimento di distribuzione non corretto ricavato dai prospetti precedenti;

C è il fattore di correzione ricavato dal prospetto 24.

prospetto 24 Fattori di correzione del rendimento di distribuzione

Temperature di mandata e di ritorno di progetto °C	Δt di progetto corrispondente °C	Temperatura media stagionale °C	Fattore di correzione C del rendimento tabulato	Tipologia di impianto corrispondente (indicativa)
80-60	50	37,3	1,00	Impianti a radiatori
	45	36,0	0,94	
	42,5	35,3	0,92	
	40	34,7	0,89	
55-45	35	33,0	0,82	Impianti a ventilconvettori
	30	31,4	0,77	
	25	29,8	0,69	
35-30	20	27,9	0,62	Impianti a pannelli radianti
	15	26,1	0,55	
	12,5	25,1	0,51	
	10	24,2	0,47	

2.5.5 Calcolo delle perdite del sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione può essere destinato a fornire calore a:

- sistemi di riscaldamento idronici e/o aeraulici,
- sistemi di produzione di acqua calda sanitaria
- impianti di ventilazione (per il preriscaldamento dell'aria).

Le perdite di generazione dipendono non solo dalle caratteristiche del generatore di calore, ma sono fortemente influenzate anche dalle modalità di inserimento del generatore nell'impianto e, in particolare, dal suo dimensionamento rispetto al fabbisogno dell'edificio, dalle modalità di installazione e dalla temperatura dell'acqua (media e/o di ritorno al generatore) nelle condizioni di esercizio (medie mensili).

Il rendimento medio stagionale di produzione differisce quindi dai rendimenti a pieno carico ed a carico parziale ottenuti con prove di laboratorio secondo le norme di riferimento.

Qualora vengano utilizzati i valori dei rendimenti di generazione precalcolati per generatori ad acqua calda, le perdite di generazione si calcolano con la formula seguente:

$$Q_{l,gn} = (Q_{hr} + Q_{l,a}) \cdot \frac{1 - \eta_{gn}}{\eta_{gn}}$$

η_{gn} è il rendimento di generazione ricavato secondo il prospetto seguente.

La lettura dei prospetti seguenti deve essere fatta tenendo conto dei fattori di correzione elencati nella legenda.

Come già precisato, qualora non si identifichi la tipologia del generatore tra quelle dei prospetti o quando le condizioni al contorno non siano comprese tra quelle indicate, si deve ricorrere al calcolo.

Legenda dei fattori di correzione	
F1	rapporto fra la potenza del generatore installato e la potenza di progetto richiesta. Per generatori modulanti, F1 si determina con riferimento alla potenza minima regolata. La potenza di progetto richiesta è quella calcolata secondo la UNI EN 12831. Per valori di rapporto tra potenza del generatore installato e potenza richiesta compresi tra i valori indicati nei prospetti si procede per interpolazione lineare. Per valori di rapporto superiori al massimo indicato si prenda il corrispondente valore di quest'ultimo;
F2	installazione all'esterno;
F3	camino di altezza maggiore di 10 m;
F4	temperatura media di caldaia maggiore di 65 °C in condizioni di progetto;
F5	generatore monostadio
F6	camino di altezza maggiore di 10 m in assenza di chiusura dell'aria comburente all'arresto (non applicabile ai premiscelati);
F7	temperatura di ritorno in caldaia nel mese più freddo.

prospetto 25

Generatori di calore atmosferici tipo B classificati ** (2 stelle)

Valore di base	F1			F2	F3	F4
	1	2	4			
90	0	-2	-6	-9	-2	-2
Nota: per generatori antecedenti al 1996 valore di base 84. per generatori classificati * (1 stella) valore di base 88. valore di base riferito a: caldaia a due stelle, sovradimensionamento 1 riferito al minimo di modulazione, installazione all'interno, camino alto meno di 10 m, temperatura di mandata in condizioni di progetto < 65 °C.						

prospetto 26

Generatori di calore a camera stagna tipo C per impianti autonomi classificati *** (3 stelle)

Valore di base	F1			F2	F4
	1	2	4		
93	0	-2	-5	-4	-1

Nota:
valore di base riferito a: caldaia a tre stelle, sovradimensionamento 1 riferito al minimo di modulazione, installazione all'interno, camino alto meno di 10 m, temperatura di mandata in condizioni di progetto <65 °C.

prospetto 27

Generatori di calore a gas o gasolio, bruciatore ad aria soffiata o premiscelati, modulanti, classificati ** (2 stelle)

Valore di base	F1			F2	F4	F5	F6
	1	1,25	1,5				
90	0	-1	-2	-1	-1	-1	-2

Nota:
per generatori antecedenti al 1996 valore di base 86.
per generatori classificati * (1 stella) valore di base 88.
valore di base riferito a: caldaia a due stelle, sovradimensionamento 1 riferito alla potenza nominale, installazione in centrale termica, chiusura aria comburente all'arresto (o bruciatore a premiscelazione totale), temperatura di mandata in condizioni di progetto < 65 °C.

prospetto 28

Generatori di calore a gas a condensazione **** (4 stelle)

$\Delta T_{fumi - acqua ritorno}$ a P_n	Valore di base	F1			F2	F5	F7			
		1	1,25	1,5			40	50	60	>60
<12 °C	104	0	0	0	-1	-3	0	-4	-6	-7
Da 12 a 24 °C	101	0	0	0	-1	-3	0	-2	-3	-4
> 24 °C	99	0	0	0	-1	-2	0	-1	-2	-3

Nota:
valori di base riferito a: caldaia a quattro stelle, regolazione modulante su aria e gas, sovradimensionamento 1 riferito alla potenza nominale, installazione in centrale termica, chiusura aria comburente all'arresto (o bruciatore a premiscelazione totale), ΔT finale acqua ritorno/fumi per classi <12 – da 12 a 24 °C – oltre 24 °C a potenza nominale.
Nel caso di installazione di caldaie a condensazione con accumulo in esterno, il fattore di correzione F2 è pari a -3.

I rendimenti di generazione precalcolati per **generatori di aria calda a fuoco diretto** si calcolano secondo la UNI EN 15316-4-8. In assenza di dati certi per effettuare tale calcolo, si possono usare i dati del prospetto 29.

prospetto 29

Generatori di aria calda a gas o gasolio con bruciatore ad aria soffiata o premiscelato, funzionamento on-off - Generatori di aria calda a gas a camera stagna con ventilatore nel circuito di combustione di tipo B o C, funzionamento on-off

Tipo di generatore	Valore di base %	F2
Generatori di aria calda a gas o gasolio con bruciatore ad aria soffiata o premiscelato, funzionamento on-off. Generatori di aria calda a gas a camera stagna con ventilatore nel circuito di combustione di tipo B o C, funzionamento on-off.	90	-3
Generatori aria calda a gas o gasolio, bruciatore ad aria soffiata o premiscelato, funzionamento bistadio o modulante. Generatori aria calda a camera stagna con ventilatore nel circuito di combustione installato in versione di tipo B o C, bistadio o modulazione aria gas.	93	-2
Generatori aria calda a gas a condensazione regolazione modulante aria gas.	100	-1
<p>Nota: Il valore base di rendimento non cambia in funzione del valore F1 perché con generatore fermo il bruciatore è spento e lo scambiatore del generatore è a temperatura ambiente.</p>		

2.6 Fabbisogni e perdite dei sottosistemi dell'impianto di produzione di acqua calda sanitaria

2.6.1 Fabbisogni di energia utile per la produzione di acqua calda sanitaria

I fabbisogni di energia termica utile per acqua calda sanitaria si calcolano in base alle portate di acqua per le varie destinazioni d'uso e alla differenza tra temperatura di erogazione e temperatura di immissione di acqua fredda sulla base dei dati di riferimento definiti nella presente specifica tecnica.

L'energia termica richiesta Q_w per soddisfare il fabbisogno di acqua calda sanitaria di un edificio in funzione del volume di acqua richiesto e della differenza fra le temperature di erogazione e dell'acqua fredda in ingresso è data da:

$$Q_w = \rho_w \cdot c_w \cdot \sum_i [V_{w,i} \cdot (\theta_{er,i} - \theta_0)] \cdot G \quad [kWh]$$

Dove:

ρ_w è la massa volumica dell'acqua, ipotizzabile pari a 1000 [kg/m³];

c_w il calore specifico dell'acqua, pari a 1,162 * 10⁻³ [kWh/(kg × K)];

$V_{w,i}$ è il volume di acqua giornaliero per l'i-esima attività o servizio richiesto espresso in metri cubi al giorno;

$\theta_{er,i}$ è la temperatura di erogazione dell'acqua per l'i-esima attività o servizio richiesto [°C];

θ_0 è la temperatura dell'acqua fredda in ingresso [°C];

G è il numero di giorni del periodo di calcolo considerato [d].

Calcolo del volume di acqua giornaliero

Il calcolo del volume giornaliero richiesto di ACS si calcola:

- Per gli edifici residenziali il volume di acqua richiesto V_w , espresso in litri/giorno, è calcolato come:

$$V_w = a \cdot S_u + b \quad [l/giorno]$$

S_u è la superficie utile dell'abitazione espressa in metri quadri.

prospetto 30 Valori dei parametri a e b

Superficie utile S_u [m ²]	$S_u \leq 35$	$35 < S_u \leq 50$	$50 < S_u \leq 200$	$S_u > 200$
Parametro a [litri/(m ² × giorno)]	0	2,667	1,067	0
Parametro b [litri/giorno]	50	-43,33	36,67	250

- Nel caso di edifici non residenziali i fabbisogni di acqua calda e le relative temperature di utilizzo possono essere relativi a più attività. Nel caso di edificio in cui si svolgono più attività i fabbisogni di energia per uso sanitario devono essere indicati separatamente dai singoli fabbisogni per altre attività.

$$V_w = a \cdot N_u \quad [l/giorno]$$

prospetto 31

Valori dei parametri a ed N_u per gli edifici non residenziali

Tipo di Attività	a	N_u	Categoria DPR 412/93
Dormitori, Residence e B&B	40	Numero di letti	E.1 (3)
Hotel fino a tre stelle	60	Numero di letti	E.1 (3)
Hotel quattro stelle e oltre	80	Numero di letti	E.1 (3)
Attività ospedaliera con pernotto	80	Numero di letti	E.3
Attività ospedaliera day hospital (senza pernotto)	15	Numero di letti	E.3
Scuole e istruzione	0,2	Numero di allievi	E.7
Scuole materne e asili nido	8	Numero di bambini	E.7
Attività sportive/palestre	50	Per doccia installata	E.6 (2)
Spogliatoi di stabilimenti	10	Per doccia installata	E.6 (3)
Uffici	0,2	Sup.netta climatizzata	E.2
Esercizio Commerciale senza obbligo di servizi igienici per il pubblico	0	-	E.5
Esercizio Commerciale con obbligo di servizi igienici per il pubblico	0,2	Sup.netta climatizzata	E.5
Ristoranti – Caffetterie	65	Numero di coperti ¹⁾	E.4 (3)
Catering, self service, Bar	25	Numero di coperti ¹⁾	E.4 (3)
Servizio lavanderia	50	Numero di letti	n.d.
Centri benessere	200	Numero di ospiti	n.d.
Altro	0	-	n.d.
1) Per le valutazioni di calcolo sia di progetto (A1) sia Standard (A2) il numero di coperti viene determinato come 1,5 volte l'occupazione convenzionale. Per le valutazioni nelle condizioni di effettivo utilizzo (A3) il numero di coperti corrisponde agli effettivi coperti per cui è stata dimensionata la cucina.			

2.7 Fabbisogni di energia per la ventilazione meccanica e per la climatizzazione invernale in presenza di impianti aeraulici

Il **fabbisogno di energia primaria per ventilazione meccanica** è calcolato considerando i fabbisogni elettrici per la movimentazione dell'aria.

Non sono considerati altri fabbisogni elettrici relativi ai diversi sottosistemi (per esempio: bocchette motorizzate). Il fabbisogno di energia primaria per ventilazione meccanica è dato da:

$$E_{P,V} = f_{p,el} \cdot \sum_j E_{ve,el,j} \quad [kWh]$$

Dove:

$E_{P,V}$ l'energia primaria per la ventilazione meccanica [kWh];

$f_{p,el}$ è il fabbisogno di energia elettrica dei ventilatori della j-esima zona in un impianto di ventilazione meccanica [kWh];

$E_{ve,el,j}$ è il fattore di conversione in energia primaria dell'energia elettrica.

Il **fabbisogno di energia elettrica dei ventilatori** a servizio della zona j-esima si calcola secondo la seguente formula:

$$E_{ve,el,j} = W_{ve,el,adj,k} \cdot FC_{ve,adj,j} \cdot t \quad [kWh]$$

Dove:

$W_{ve,el,adj,k}$ è la potenza elettrica corretta del k-esimo ventilatore di immissione al servizio della zona j-esima, cioè quella corrispondente alla portata d'aria elaborata per il flusso k-esimo per la zona j-esima corretta aggiungendo alla portata le perdite di massa delle condotte così come specificato al punto C.2.4 [W];

$FC_{ve,adj,j}$ è il fattore di carico della ventilazione meccanica per la zona j-esima [-];

t è l'intervallo di tempo di calcolo [h].

2.8 Fabbisogni di energia per l'illuminazione

La determinazione del fabbisogno di energia elettrica per illuminazione si effettua solo per edifici a destinazione d'uso non residenziale.

Il fabbisogno complessivo di energia elettrica per illuminazione dell'edificio E_L è dato da:

$$E_L = E_{L,int} + E_{L,est} \quad [kWh]$$

$E_{L,int}$ è il fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione interna dell'edificio [kWh];

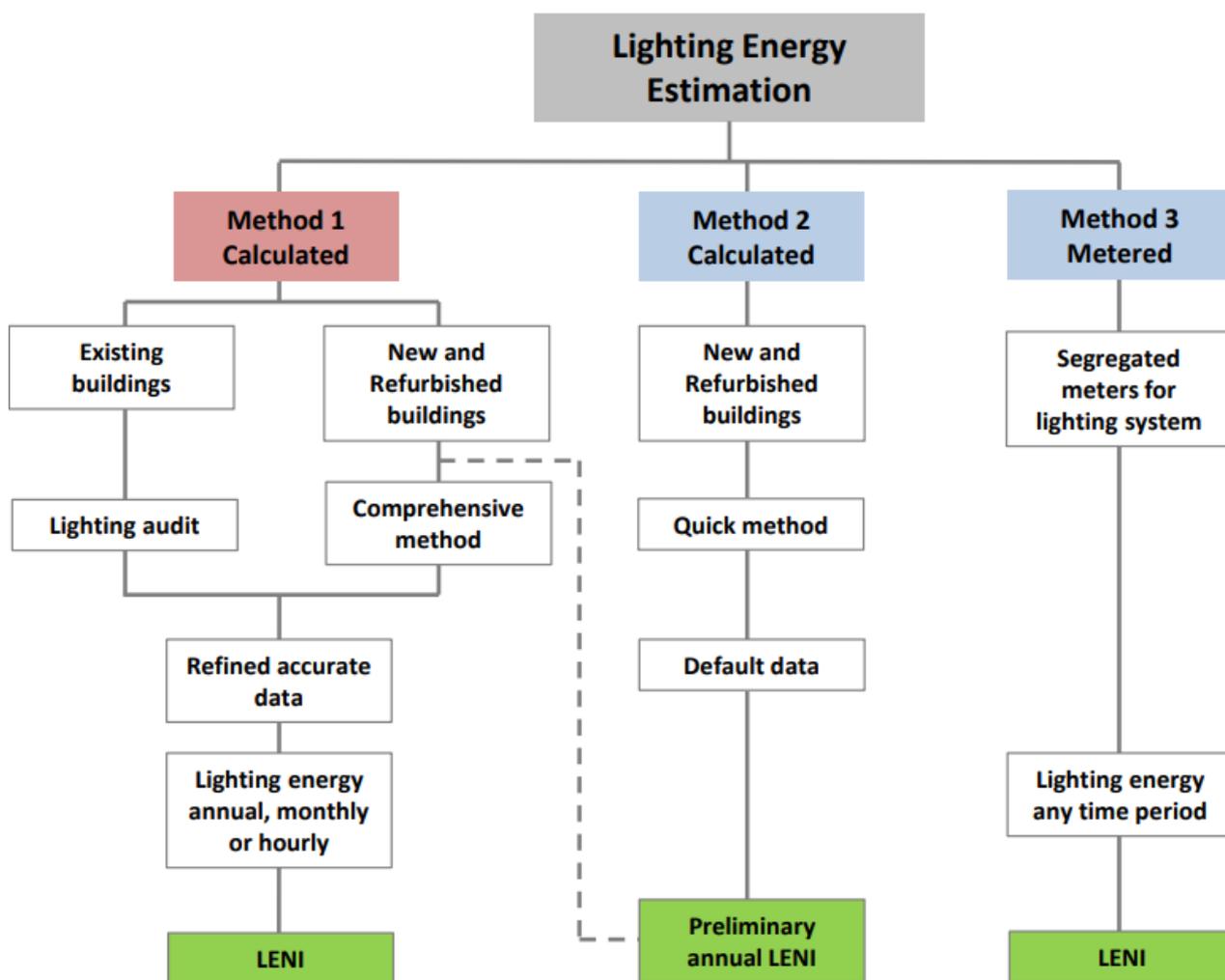
$E_{L,est}$ è il fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione esterna dell'edificio [kWh];

2.8.1 Calcolo del fabbisogno annuo di energia primaria per illuminazione di ambienti interni

La valutazione delle prestazioni energetiche degli impianti di illuminazione artificiale di edifici residenziali e non residenziali, attraverso la stima dei consumi di energia elettrica imputabile all'illuminazione artificiale anche in presenza di sistemi di controllo si calcola attraverso il LENI [kWh/m²year] Lighting Energy Numeric Indicator per l'edificio definito dalla norma UNI EN 15193-1:2017.

Il fabbisogno di energia annuo per l'illuminazione degli ambienti interni $E_{L,int}$ si calcola per ogni ambiente o zona e per ogni mese con 3 metodi:

- Tramite calcolo (metodo 1 o 2);
- Mediante misurazione (metodo 3) diretta del circuito di illuminazione.



Il metodo di calcolo 1 offre due opzioni, per gli edifici esistenti e per gli edifici nuovi o ristrutturati.

Per edifici nuovi o ristrutturati offre anche il metodo rapido di calcolo (metodo 2) per la stima annuale di energia.

Metodo 1

È un metodo completo che presuppone che per l'edificio sia stato eseguito un progetto completo dell'impianto di illuminazione:

- Progetto dell'impianto : dati reali dei prodotti specificati nel progetto;
- Le informazioni dell'impianto e dei prodotti: input al processo di stima dell'energia per l'illuminazione W [kWh];
- Per gli edifici esistenti, il processo consiste nel fare un Audit dell'impianto di illuminazione per stabilire le potenze installate per l'impianto di illuminazione

Metodo 2

È un metodo rapido di calcolo che utilizza una approssimazione nella procedura per calcolare il budget del carico installato mediante dati default per stimare il fabbisogno di energia per l'illuminazione.

Metodo 3

È un metodo di misura diretta che fornisce il valore più accurato dell'energia utilizzata per l'illuminazione.

Calcolo del LENI

Il valore del LENI dell'edificio è calcolato normalizzando l'energia annua totale necessaria per l'illuminazione [W] all'area utile [A] dello stesso edificio.

L'energia annua totale necessaria per l'illuminazione elettrica in un edificio W è determinata sommando i valori di energia totale per l'illuminazione W_t per ciascuna stanza o zona dell'edificio:

$$W = \frac{8760}{t_s} \cdot \sum W_t \quad [kWh/anno]$$

L'energia totale annuale è pari a:

$$W_L + W_P \quad [kWh/anno]$$

Dove:

W_L energia annua richiesta per l'illuminazione in relazione ai requisiti specifici dell'edificio [kWh/anno]

W_P energia parassita annua richiesta per l'illuminazione di emergenza e per lo stand by per i sistemi di controllo [kWh/anno]

Il calcolo dell'energia annua richiesta per l'illuminazione artificiale si effettua secondo la seguente formula:

$$W_{L,t} = \frac{\{(P_N \cdot F_C) \cdot F_O [(t_D \cdot F_D) + t_N]\}}{1000} \quad [kWh/t_s]$$

$W_{L,t}$ energia elettrica consumata in un dato periodo t per garantire l'illuminazione artificiale richiesta nell'edificio [kWh]

P_N è la potenza elettrica installata per l'illuminazione artificiale in un ambiente o zona dell'edificio [W]

F_C è il fattore di illuminamento costante

F_O è il fattore che tiene conto dell'occupazione degli utenti in ambiente

t_D è il numero di ore di utilizzo dell'ambiente in presenza di luce naturale [h]

F_D è il fattore che tiene conto della disponibilità di luce naturale in ambiente

t_N è il numero di ore di utilizzo dell'ambiente in assenza di luce naturale [h]

Il calcolo dell'energia annua parassita per l'illuminazione artificiale si effettua secondo la seguente formula:

$$W_{P,t} = \frac{\sum\{(P_{pc} \cdot t_s) + (P_{em} \cdot t_e)\}}{1000} \quad [kWh/t_s]$$

$W_{P,t}$ è l'energia parassita annuale consumata nel periodo t di riferimento [kWh]

P_{pc} è la potenza parassita totale assorbita dal sistema di controllo presente nell'edificio/singoli ambienti [W]

t_s time step considerato (orario, mensile, annuale) es: 8760h, 730h

P_{em} è la potenza totale per lo standby power dell'illuminazione di emergenza [W]

t_e è il tempo di ricarica della batteria degli apparecchi di illuminazione per l'emergenza[h]

2.8.2 Calcolo del fabbisogno di energia elettrica per dispositivi di controllo e di emergenza

Per valutazione di tipo su progetto (A1) e standard (A2) si considera un fabbisogno di energia elettrica parassita dovuto a dispositivi di controllo di 5 kWh/(m² × anno) per tutte le destinazioni d'uso e un fabbisogno di ricarica di dispositivi elettrici di emergenza di 1 kWh/(m² × anno).

Complessivamente si considerano quindi: 6 kWh/(m² × anno).

Il fabbisogno annuale è dato da:

$$E_{L,int,p} = 6 \cdot S_u \quad [kWh]$$

dove:

S_u è la superficie utile di pavimento dell'ambiente o della zona [m²].

Per valutazioni di tipo *adattata all'utenza* (A3) è possibile calcolare il fabbisogno di energia elettrica dei dispositivi di controllo e di emergenza valutando assorbimenti e tempi di funzionamento effettivi utilizzando la norma UNI EN 15193:2017.

2.8.3 Calcolo del fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione artificiale

Per ogni ambiente o zona il fabbisogno di energia elettrica per illuminazione artificiale si calcola in conformità alla UNI EN 15193:2008.

Per valutazioni di tipo A1 e A2, i tempi di operatività dell'illuminazione artificiale diurna t_D e notturna t_N sono quelli del prospetto D.123). Per valutazioni di tipo A3 è possibile utilizzare altri valori di coefficienti correttivi e tempi di operatività diversi purché giustificati nella relazione.

prospetto D.1 **Tempi di operatività dell'illuminazione artificiale diurna t_D e notturna t_N**

Tipologia di edificio	t_D [h]	t_N [h]
E.1(3) – Edifici adibiti ad albergo, pensioni e attività similari	3000	2000
E.2 – Edifici adibiti ad uffici e assimilabili	2250	250
E.3 – Edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili	3000	2000
E.4.(1) – Cinema e teatri, sale di riunioni per congressi	1250	1250
E.4.(2) – Luoghi di culto, mostre, musei e biblioteche	1250	250
E.4.(3) – Bar, ristoranti, sale da ballo	1250	1250
E.5 – Edifici adibiti ad attività commerciali ed assimilabili	3000	2000
E.6.(1) – Piscine, saune e assimilabili E.6.(2) – Palestre e assimilabili E.6.(3) – Servizi a supporto alle attività sportive	2000	2000
E.7 – Edifici adibiti ad attività scolastiche di tutti i livelli e assimilabili	1800	200
E.8 – Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili	2500	1500

2.8.4 Calcolo del fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione delle zone esterne

Il fabbisogno di energia elettrica per illuminazione delle zone esterne è calcolato solo per valutazioni di tipo A3.

Per zone esterne funzionalmente riconducibili all'edificio non sono da intendersi le illuminazioni delle vie pubbliche di accesso che sono sotto la responsabilità di soggetti diversi dal responsabile dell'edificio considerato.

Il fabbisogno di energia elettrica per illuminazione delle zone esterne si calcola come:

$$E_{ill,est} = \sum_i W_{ill,est,i} \cdot t_{N,on,est} \quad [\text{kWh}]$$

dove:

$W_{ill,est,i}$ è la potenza elettrica dell'*i*-esimo apparecchio installato all'esterno dell'edificio determinata in conformità alla UNI EN 15193 per il calcolo della potenza²⁴⁾ [kW];

$t_{N,on,est}$ è tempo di accensione dell'illuminazione esterna durante la notte [h].

In assenza di informazioni si assume un tempo di accensione dell'illuminazione esterna durante la notte pari a 4200 h/anno e una riduzione del 50% di tale valore in caso di presenza di sistemi automatici di riduzione del

flusso luminoso. Ai fini del calcolo del fabbisogno energetico per illuminazione di un'unità immobiliare, nel caso in cui le zone esterne illuminate siano condivise da più unità immobiliari, il fabbisogno di energia elettrica delle zone esterne è ripartito proporzionalmente alla superficie utile delle unità immobiliari.

2.9 UNI/TS 1300-3:2010

La metodologia di calcolo proposta dalla UNI TS 11300-3:

- include la valutazione delle perdite di distribuzione, regolazione, emissione e gli eventuali risparmi dovuti a recuperi di calore
- fa riferimento alla configurazione impiantistica adottata includendo il consumo energetico delle apparecchiature ausiliarie
- valuta il fattore di carico per l'individuazione delle condizioni a carico parziale delle macchine in relazione al comportamento edificio-impianto.

La UNI TS 11300-3:2010 fornisce i metodi per la determinazione di:

- rendimenti e fabbisogni di energia dei sistemi di climatizzazione estiva
- fabbisogni di energia primaria per la climatizzazione estiva

Si applica unicamente ad impianti fissi di climatizzazione estiva con macchine frigorifere azionate elettricamente o ad assorbimento.

Per determinare il fabbisogno effettivo per raffrescamento si applica la seguente formula per ogni mese della stagione estiva:

$$Q_{Cr,k} = Q_{C,nd,k} + Q_{l,e,k} + Q_{l,rg,k} + Q_{l,d,k} + Q_{l,d,s,k} - Q_{rr,k}$$

dove:

$Q_{C,nd,k}$ è il fabbisogno ideale dell'edificio [kWh], calcolato secondo la UNI TS 11300-1

$Q_{l,e,k}$ sono le perdite totali di emissione

$Q_{l,rg,k}$ sono le perdite totali di regolazione

$Q_{l,d,k}$ sono le perdite totali di distribuzione

$Q_{l,d,s,k}$ sono le perdite totali dei serbatoi di accumulo inerziale

$Q_{rr,k}$ è l'energia termica recuperata

Il rendimento globale medio stagionale η_{glo} del sistema edificio-impianto è quindi determinato da:

$$\eta_{glo} = \frac{\sum_k (Q_{C,nd,k} + Q_{v,k})}{Q_{C,P}}$$

$Q_{C,nd,k}$ è il fabbisogno ideale per raffrescamento [kWh];

$Q_{v,k}$ è il fabbisogno per trattamenti dell'aria [kWh];

k è il mese k -esimo della stagione di climatizzazione estiva, determinata secondo il punto 10 della UNI/TS 11300-1:2008.

2.9.1 Fabbisogno effettivo di energia termica dell'edificio per raffrescamento $Q_{C,r}$

Il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione estiva si calcola con la seguente formula:

$$Q_{C,P} = \sum_k Q_{aux,k} \cdot f_{p,el} + \sum_k \left[\sum_x \frac{Q_{Cr,k,x} + Q_{v,k,x}}{\eta_{mm,k,x}} \right] \cdot f_{p,x}$$

$Q_{C,nd,k}$ è il fabbisogno ideale dell'edificio [kWh], calcolato secondo la UNI TS 11300-1

$Q_{aux,k}$ è il fabbisogno di energia elettrica per ausiliari

$f_{p,el}$ è il fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria

$Q_{Cr,k,x}$ è il fabbisogno effettivo per raffrescamento

$Q_{v,k,x}$ è il fabbisogno per trattamenti dell'aria

$\eta_{mm,k,x}$ è il coefficiente di prestazione medio mensile del sistema di produzione dell'energia frigorifera

$f_{p,x}$ è il fattore di conversione in energia primaria del vettore energetico utilizzato dal generatore

k è il mese k -esimo della stagione di climatizzazione estiva, determinata secondo la UNI/TS 11300-1

x è l'indice che indica le diverse fonti di energia in ingresso

Il calcolo delle perdite di emissione, regolazione, distribuzione e dell'energia termica recuperata avviene tramite formule semplici e dati tabellari, così come il calcolo dei fabbisogni di energia per i trattamenti dell'aria e il calcolo dei fabbisogni di energia elettrica dei sistemi ausiliari, che non richiedono riflessioni particolari

2.9.2 Perdite di emissione $Q_{l,e}$

Le perdite di emissione vengono calcolate applicando la seguente formula:

$$Q_{l,e,k} = \sum_i Q_{C,nd,k} \cdot \frac{1 - \eta_{e,i}}{\eta_{e,i}} \quad [kWh]$$

Dove:

$Q_{C,nd,k}$ è il fabbisogno ideale per raffrescamento per il mese k -esimo [kWh]

$\eta_{e,i}$ è il rendimento di emissione del terminale di erogazione i -esimo, determinato in funzione della tipologia di terminale secondo il prospetto 6

Prospetto 6 - Rendimenti di emissione per diverse tipologie di terminali di erogazione

Terminale di erogazione	Rendimento di emissione
Ventilconvettori idronici	0,95
Terminali ad espansione diretta, unità interne sistemi split, ecc.	0,94
Armadi autonomi, ventilconvettori industriali posti in ambiente, travi fredde	0,94
Bocchette in sistemi ad aria canalizzata, anemostati, diffusori lineari a soffitto, terminali sistemi a dislocamento	0,94
Pannelli isolati annegati a pavimento	0,98
Pannelli isolati annegati a soffitto	0,97

2.9.3 Perdite di regolazione $Q_{l,rg}$

Le perdite del sottosistema di regolazione vengono calcolate applicando la seguente formula:

$$Q_{l,rg,k} = (Q_{C,nd,k} + Q_{l,e,k}) \sum_i \frac{1 - \eta_{rg,i}}{\eta_{rg,i}} \quad [kWh]$$

Dove:

$Q_{C,nd,k}$ è il fabbisogno ideale per raffrescamento per il mese k-esimo [kWh]

$Q_{l,e,k}$ sono le perdite totali di emissione del mese k-esimo [kWh];

$\eta_{rg,i}$ è il rendimento di regolazione associato al terminale i-esimo di erogazione.

Prospetto 7 - Rendimenti di regolazione per diverse tipologie di sistema di controllo dei terminali

Sistema di controllo	Tipologia di regolazione	Rendimento di regolazione
Regolazione centralizzata	Regolazione ON-OFF	0,84
	Regolazione modulante	0,90
Controllori zona	Regolazione ON-OFF	0,93
	Regolazione modulante (banda 2 °C)	0,95
	Regolazione modulante (banda 1 °C)	0,97
Controllo singolo ambiente	Regolazione ON-OFF	0,94
	Regolazione modulante (banda 2 °C)	0,96
	Regolazione modulante (banda 1 °C)	0,98

2.9.4 Perdite di distribuzione $Q_{l,d}$

Per la determinazione delle perdite delle reti di distribuzione $Q_{l,d}$ si devono utilizzare i metodi di calcolo riportati nell'appendice A.

Perdite di accumulo $Q_{l,d,s}$

Gli impianti di acqua refrigerata possono essere dotati di un serbatoio di accumulo, che costituisce un sottoinsieme del sottosistema di distribuzione (tubazioni).

In questo caso il calcolo delle perdite totali di distribuzione deve tener conto:

- delle perdite di calore del serbatoio;
- delle perdite di calore del circuito di collegamento generatore – serbatoio.

L'appendice B descrive le metodologie da applicare per il calcolo delle perdite di accumulo $Q_{l,d,s}$.

2.9.5 Energia termica recuperata Q_{rr}

L'energia termica recuperata è determinata dalla:

$$Q_{rr,k} = Q_{rc,k} + Q_{crc,k} [kWh]$$

Dove:

$Q_{rc,k}$ è l'energia recuperata da recuperatori di calore [kWh];

$Q_{crc,k}$ è l'energia recuperata da climatizzatori con recupero di calore [kWh].

Energia recuperata da recuperatore di calore Q_{rc}

Gli eventuali guadagni energetici realizzati attraverso l'utilizzo di recuperatori di calore o entalpici vanno calcolati secondo quanto riportato nella ISO 52016-1:2017. Nel caso non si disponga dei dati necessari, l'energia recuperata può essere trascurata.

Energia recuperata da climatizzatori con recupero di calore (totale o parziale) Q_{crc}

Il recupero energetico realizzato mediante climatizzatori dotati di sistema di recupero di calore parziale o integrale (condensatori ausiliari o desurriscaldatori) deve essere considerato ai fini della presente specifica tecnica unicamente se l'energia termica recuperata è utilizzata per il post-riscaldamento in batterie di trattamento dell'aria. In questo caso l'energia recuperata deve essere ricavata conoscendo (da progetto) i fabbisogni di post-riscaldamento dell'aria.

2.9.6 Fabbisogno di energia termica dell'edificio per trattamenti dell'aria Q_v

Qualora sia presente un impianto di ventilazione meccanica il fabbisogno di energia termica dell'edificio per climatizzazione estiva è dato dalla somma di fabbisogno effettivo per raffrescamento Q_{Cr} e dal fabbisogno di energia termica per trattamento dell'aria Q_v .

Il calcolo dei fabbisogni per trattamento dell'aria Q_v - con riferimento alla configurazione classica di un'unità di trattamento aria a tre batterie con umidificazione di tipo adiabatico ed assumendo per le condizioni dell'ambiente interno una temperatura di 26 °C e 50% di umidità relativa nel funzionamento estivo - deve essere effettuato per ogni mese della stagione di climatizzazione estiva utilizzando la seguente formula:

$$Q_{v,k} = (Q_{v,m,h})_k \cdot q \cdot h_k \quad [kWh]$$

Dove:

- $(Q_{v,m,h})_k$ è il fabbisogno specifico orario medio dovuto per trattamento dell'aria [kJ/kg];
 q è la portata dell'aria di ventilazione [kg/s] ricavata dalla UNI/TS 11300-1:2014.
 h_k è il numero di ore del mese;

Ai fini del calcolo di $Q_{C,P}$ il fabbisogno orario medio per trattamento dell'aria $Q_{v,m,h}$ è calcolato mediante la funzione:

$$(Q_{v,m,h})_k = 1,3615 \cdot H_k - 58,54 \quad \left[\frac{kJ}{kg} \right]$$

dove H_k è l'entalpia dell'aria esterna per il mese k-esimo [kJ/kg].

I dati climatici della località sono riportati nella UNI 10349, riferiti al giorno medio mensile

2.9.7 Fabbisogno di energia elettrica per ausiliari degli impianti di climatizzazione

Q_{aux}

Il fabbisogno di energia elettrica per ausiliari degli impianti di climatizzazione è calcolato con la seguente formula:

$$Q_{aux,k} = Q_{aux,e,k} + Q_{aux,d,k} + Q_{aux,gn,k}$$

Dove:

- $Q_{aux,e,k}$ è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di emissione [kWh];
 $Q_{aux,d,k}$ è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di distribuzione [kWh];
 $Q_{aux,gn,k}$ è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di produzione [kWh].

2.9.8 Fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di emissione

$Q_{aux,e}$

Nel caso di terminali di erogazione con ventilatore, il fabbisogno di energia elettrica nel periodo di tempo considerato si calcola come segue

- a) Unità con il ventilatore sempre in funzione:

$$Q_{aux,e,k} = \Phi_{\Sigma vn} \times h_k \quad [kWh]$$

Dove:

- $\Phi_{\Sigma vn}$ è la potenza nominale della somma dei ventilatori [kW];
 h_k è il numero di ore del mese k-esimo [h].

- b) Unità con arresto del ventilatore al raggiungimento della temperatura prefissata:

$$Q_{aux,e,k} = \frac{(\theta_{e,k} - \theta_{int,set})}{(\theta_{des} - \theta_{int,set})} \times \Phi_{\Sigma vn} \times h_k \quad [kWh]$$

$\theta_{e,k}$ è la temperatura esterna media del mese k-esimo [°C];

$\theta_{int,set}$ è la temperatura interna di regolazione [°C];

θ_{des} è la temperatura di progetto, definita per il capoluogo di provincia dalla UNI 10349 [°C];

$\Phi_{\Sigma vn}$ è la potenza nominale della somma dei ventilatori [kW];

h_k è il numero di ore del mese k-esimo [h].

Prospetto 8 – Valori di default della potenza assorbita dai terminali di erogazione

Categorie di terminali	Tipologie	Potenza elettrica [W]	
Terminali privi di ventilatore	Pannelli isolati dalle strutture ed annegati nelle strutture	Nulla	
Terminali per immissione di aria	Bocchette e diffusori in genere	Nulla	
Terminali ad acqua o ad espansione diretta con ventilatore a bordo	Ventilconvettori, apparecchi in genere con ventilatore ausiliario	Portata d'aria [m ³ /h]	Potenza elettrica [W]
		≤200	40
		200 - 400	50
		400 - 600	60
Unità canalizzabili	Unità pensili o a basamento – Roof top	1 500	180
		2 500	340
		3 000	500
		4 000	700
		6 000	1 400
		8 000	1 800

2.9.9 Fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di distribuzione

$Q_{aux,d}$

Nei sistemi di climatizzazione estiva si possono avere, alternativamente o in combinazione, reti di distribuzione acqua e reti di distribuzione aria.

I fabbisogni di energia elettrica del sottosistema di distribuzione sono determinati come segue:

$$Q_{aux,d,k} = Q_{aux,PO,k} \times Q_{aux,vn,k} \quad [kWh]$$

$Q_{aux,PO,k}$ sono i fabbisogni elettrici di pompe a servizio di tubazioni d'acqua per il mese k-esimo, determinati secondo la metodologia indicata dalla UNI/TS 11300-2:2008;

$Q_{aux,vn,k}$ sono i fabbisogni elettrici di ventilatori a servizio di reti di distribuzione d'aria, determinati attraverso la seguente formula:

$$Q_{aux,vn,k} = F_k \times \Phi_{\Sigma vn} \times h_k \quad [kWh]$$

F_k è il fattore medio di carico della macchina frigorifera per il mese k-esimo

$\Phi_{\Sigma vn}$ è la potenza nominale della somma dei ventilatori [kW];

h_k è il numero di ore del mese k-esimo [h].

2.9.10 Fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di produzione

$Q_{aux,gn}$

Il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari di produzione si calcola come segue:

$$Q_{aux,gn,k} = F_k \times \Phi_{\Sigma aux,gn,n} \times h_k \quad [kWh]$$

- F_k è il fattore medio di carico della macchina frigorifera per il mese k-esimo
- $\Phi_{\Sigma aux, gn, n}$ è la potenza nominale della somma degli ausiliari esterni [kW];
- h_k è il numero di ore del mese k-esimo [h].

Prospetto 9 – Valori di default della potenza assorbita dagli ausiliari esterni del sottosistema di produzione, riferiti alla potenza termica del condensatore

Tipo di componente	Potenza elettrica specifica [W/kW]	
	Elettroventilatori	Elettropompe
Condensatori raffreddati ad aria ^{a)} :		
- con ventilatori elicoidali non canalizzati	20 - 40	-
- con ventilatori centrifughi canalizzati	40 - 60	
Condensatori raffreddati ad acqua	-	Dati variabili in relazione alle condizioni al contorno (dislivelli di quota, modalità di presa, filtraggio, ecc.)
Condensatori evaporativi ^{a)} :	15 - 16	3,5 - 4
Torri di raffreddamento a circuito aperto ^{b)}	12 - 14	
Torri di raffreddamento a circuito chiuso ^{b)}	10 - 12	1,3 - 1,5
a) Valori indicativi con differenza di temperatura tra condensazione ed aria in ingresso pari a 15 K e sottoraffreddamento del liquido di (8-9) K. b) Dati riferiti al campo di potenze (50 – 600) kW. Viene fornito un dato complessivo medio orientativo data l'influenza della pressione degli ugelli e della differenza di quota tra rampa ugelli e bacino di raccolta acqua. I dati sono riferiti a: <ul style="list-style-type: none"> - temperatura dell'acqua in ingresso 34 °C; - temperatura dell'acqua in uscita 29 °C; - temperatura di bulbo umido dell'aria 24 °C. 		

2.9.11 Efficienza di generazione

Prestazioni delle macchine frigorifere ai carichi parziali

Le prestazioni delle macchine frigorifere dipendono non solo dai livelli termici operativi (condensazione ed evaporazione) e della configurazione impiantistica scelta, ma anche dall'andamento del fabbisogno dell'edificio. Per tener conto della variazione degli assorbimenti elettrici in funzione delle variazioni climatiche e/o delle condizioni al contorno e del grado di parzializzazione della macchina, si fa riferimento al prEN 14825:2008, che stabilisce che i costruttori forniscano i coefficienti di prestazione (Energy Efficiency Ratio-EER) delle macchine in condizioni di riferimento. Le condizioni di riferimento, riportate nel prospetto 10, sono relative alle temperature di esercizio ed ai fattori di carico F, che indicano il rapporto tra la quantità di energia termica erogata nel periodo considerato ed il valore massimo dell'energia erogabile dalla macchina frigorifera nello stesso periodo.

Conoscendo i valori di EER forniti dai costruttori, si costruisce la curva di funzionamento della macchina a carichi parziali (figura 1), ovvero la curva che descrive l'andamento dei valori di EER di una macchina frigorifera in funzione del fattore di carico F.

Prospetto 10 - Condizioni di riferimento per determinare l'indice EER in diverse condizioni di carico parziale delle macchine frigorifere

Tipologia	Fattore di carico (F)	Aria-aria		Acqua-aria		Aria-acqua		Acqua-acqua	
		T aria esterna bulbo secco (°C)	T aria interna bulbo secco / bulbo umido (°C)	T acqua di condensazione in ingresso / in uscita della torre evaporativa (°C)	T aria interna bulbo secco / bulbo umido (°C)	T aria esterna bulbo secco (°C)	T acqua refrigerata in ingresso / in uscita dei ventilcon vettori (°C)	T acqua di condensazione in ingresso / in uscita della torre evaporativa (°C)	T acqua refrigerata in ingresso / in uscita dei ventilcon vettori (°C)
1	100%	35	27/19	30/35	27/19	35	12/7	30/35	12/7
2	75%	30	27/19	26/*	27/19	30	*/7	26/*	*/7
3	50%	25	27/19	22/*	27/19	25	*/7	22/*	*/7
4	25%	20	27/19	18/*	27/19	20	*/7	18/*	*/7

* temperatura determinata dalla portata d'acqua a pieno carico

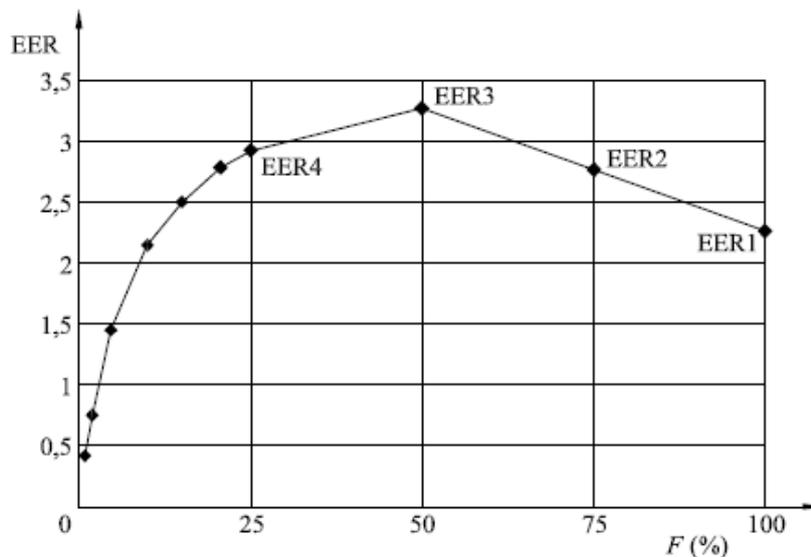


Figura 4 - Esempio di andamento dei valori di EER di una macchina frigorifera in funzione del fattore di carico

Coefficiente di prestazione medio mensile del sistema di produzione dell'energia frigorifera η_{mm}

Il coefficiente medio di prestazione mensile del sistema di produzione dell'energia frigorifera η_{mm} viene determinato applicando la seguente formula di calcolo, da ripetersi per tutti i mesi della stagione di climatizzazione estiva:

$$\eta_{mm} = EER(F_k) \times \eta_1(F_k) \times \eta_2 \times \eta_3 \times \eta_4 \times \eta_5 \times \eta_6 \times \eta_7$$

dove per il mese k-esimo

- F_k è il fattore di carico medio mensile, calcolato come rapporto tra la quantità di energia termica richiesta per il raffreddamento e la ventilazione ($Q_{Cr} + Q_v$) nel mese k-esimo ed il valore massimo dell'energia erogabile dalla macchina frigorifera nello stesso mese (ovvero: $h \times \Phi_n$, dove h è il numero di ore mensili e Φ_n la potenza nominale della macchina frigorifera)
- $EER(F_k)$ è il rapporto di efficienza energetica ottenuto in corrispondenza del fattore di carico F_k , e ricavabile per interpolazione dalle curve degli EER costruite secondo;
- $\eta_1(F_k)$ è il coefficiente correttivo ottenuto in corrispondenza del fattore di carico F_k , e ricavabile per doppia interpolazione dai prospetti nell'appendice C;
- $\eta_2 \times \eta_3 \times \eta_4 \times \eta_5 \times \eta_6 \times \eta_7$ sono i coefficienti correttivi ricavabili dai prospetti riportati nell'appendice D.

2.10 Norma UNI/TS 11300-4:2016

Il D.Lgs. n.28 impone, a partire dal 31/05/2012, la copertura di quote crescenti dei fabbisogni energetici degli edifici nuovi o sottoposti a ristrutturazioni rilevanti, considerando rinnovabile l'energia da fonti non fossili, ossia energia eolica, solare, aerotermica, geotermica, idrottermica e oceanica, idraulica, biomassa, gas di discarica, gas residua-ti dai processi di depurazione e biogas. La UNI TS 11300-4:2016 "Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria" riporta le modalità di calcolo per: solare termico, solare fotovoltaico, combustione di biomassa, pompe di calore, cogenerazione e teleriscaldamento.

Si applica ai sottosistemi di generazione che forniscono energia termica utile da energie rinnovabili o con metodi di generazione diversi dalla combustione a fiamma di combustibili fossili:

Si considerano le seguenti sorgenti di energie rinnovabili per la produzione di energia termica utile:

- Solare termico;
- Combustibile di biomasse;
- Fonti aerauliche, geotermiche e idrauliche nel caso di pompe di calore per la quota considerata rinnovabile.

e per la produzione di energia elettrica:

- solare fotovoltaico.

Per quanto riguarda la generazione con processi diversi dalla combustione a fiamma si considerano:

- sistemi che convertono l'energia chimica di combustibili fossili per produzione combinata di energia elettrica ed energia termica (cogenerazione);
- sistemi che riqualificano energia termica a bassa temperatura in energia termica a più elevata temperatura mediante cicli termodinamici alimentati da energia elettrica, da combustibili fossili o da energia termica (pompe di calore);
- sistemi che impiegano energia termica utile derivante da generazione remota (teleriscaldamento).

Gli usi energetici dell'edificio considerati sono il riscaldamento, la ventilazione, la produzione di acqua calda sanitaria, il raffrescamento e la deumidificazione.

Il confine dell'edificio è quello comprendente le aree dell'edificio nelle quali viene utilizzata o prodotta energia termica utile o energia elettrica. Tale confine può non coincidere con quello definito dall'involucro dell'edificio: se una parte di un impianto tecnologico è situata all'esterno dell'involucro, ma costituisce parte degli usi energetici considerati, deve essere compresa all'interno del confine del sistema edificio-impianto, inteso quindi come confine energetico.

Si considera energia fornita dall'esterno l'energia elettrica da rete e l'energia termica utile fornita da rete di teleriscaldamento. Si considera produzione di energia la trasformazione di energia realizzata con gli impianti tecnologici dell'edificio.

Attraverso il confine dell'edificio [Figura 5] può transitare:

- energia fornita dall'esterno con combustibili fossili (4) per subire processi di trasformazione mediante gli impianti dell'edificio
- energia termica utile fornita da rete di teleriscaldamento (9)
- energia elettrica fornita da rete (5)
- energia termica utile (10) o energia elettrica
- autoprodotta all'interno dell'edificio (12) (13) ed esportata all'esterno

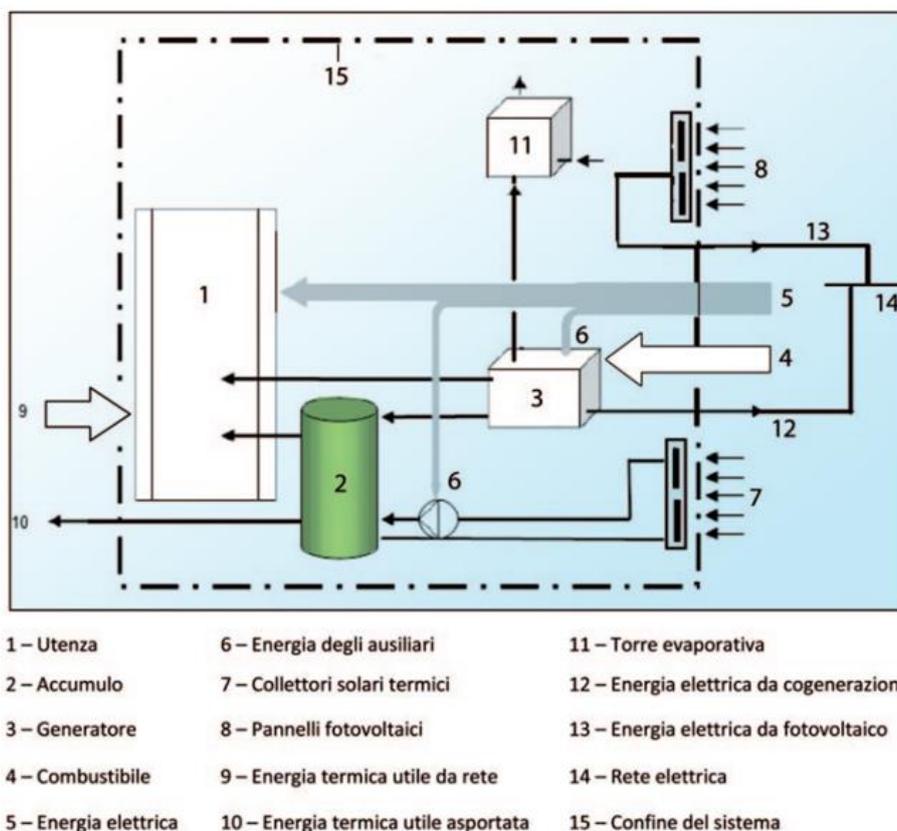


Figura 5 - Confini del sistema edificio-impianto

La radiazione solare incidente sui collettori solari non è considerata nel bilancio energetico dell'edificio, ma si considera solo l'energia termica utile fornita dal sistema solare termico e l'energia ausiliaria spesa per convogliarla dai collettori all'edificio.

Con riferimento allo schema della figura 5 si tenga conto di quanto segue:

- il generatore (3) può essere un generatore a combustione a fiamma o uno dei generatori compresi nella presente specifica (pompa di calore, unità di cogenerazione, generatore a fiamma alimentato da biomasse);
- eventuali dispositivi ausiliari della generazione (11) possono essere unità ad assorbimento, torri evaporative;
- l'energia termica utile da rete (9) può essere sostitutiva di quella prodotta nell'edificio (3) e può essere immessa direttamente nel sottosistema di distribuzione;
- l'energia termica utile esportata (10) può provenire da accumulatore o direttamente dal generatore (3).

2.10.1 Procedura di calcolo

Nel caso di sistemi polivalenti il **fabbisogno di energia termica utile** $Q_{d,in}$ richiesto dall'edificio nel periodo di calcolo considerato può essere coperto da due o più generatori di diverse tipologie e/o con diversi vettori energetici. A titolo di esempio, lo schema della figura 6 rappresenta un sistema polivalente e pluri-energetico. L'energia termica utile prodotta dai vari sottosistemi di generazione viene riversata in un punto di connessione tra distribuzione e generazione (serbatoio di accumulo o collettore di distribuzione, a seconda di quanto previsto nel progetto).

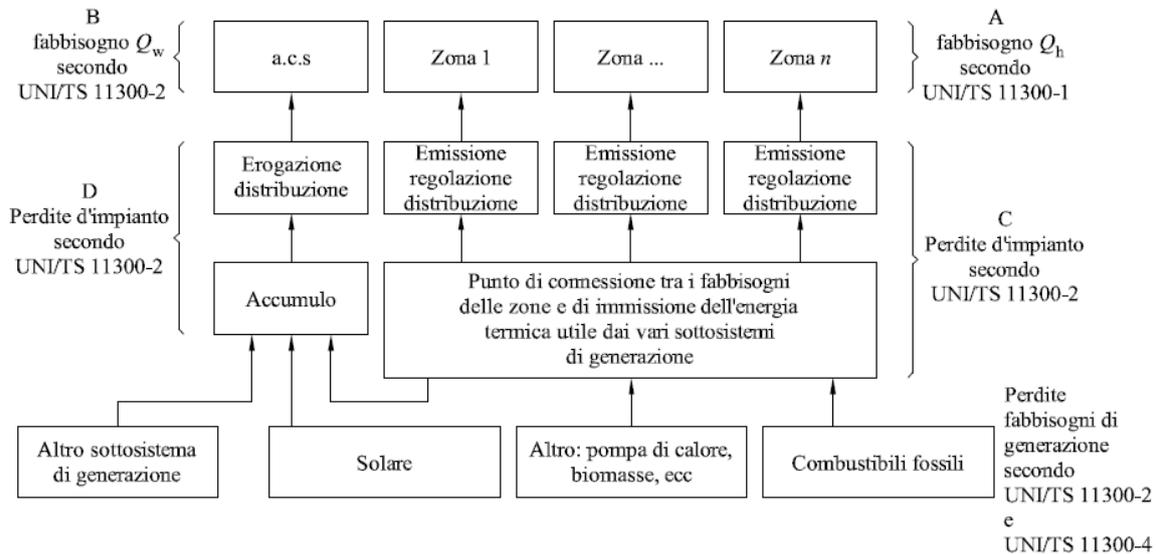


Figura 6 -Schema esemplificativo di sistema polivalente e pluri-energetico

2.10.2 Fabbisogno di energia termica utile dalla generazione

Il fabbisogno mensile globale richiesto dalla distribuzione $Q_{d,in,mese}$ ossia il fabbisogno $Q_{gn,out,mese}$ che deve essere fornito dai sottosistemi di generazione dell'edificio e/o da energia termica utile da rete esterna (teleriscaldamento) è dato da:

$$\sum Q_{HW,gn,out,i,mese} = \sum Q_{HW,d,in,j,mese}$$

Dove:

$\sum Q_{HW,gn,out,i,mese}$ è la somma dei contributi di energia termica utile dei sottosistemi di generazione nel periodo di calcolo.

Nel caso di sistemi multipli costituiti da soli generatori con combustione a fiamma alimentati da combustibili fossili nella UNI/TS 11300-2:2008 si indicano due modalità di ripartizione del carico:

- uniforme (senza priorità);
- con regolazione di cascata e ripartizione del carico con priorità.

Nel caso di sistemi che comprendono produzione di energia termica utile da energie rinnovabili e da altri sottosistemi di generazione (pompe di calore, cogenerazione, combustione a fiamma con vettori energetici non rinnovabili), la ripartizione del carico tra i generatori deve essere effettuata secondo un ordine di priorità,

definito nel progetto, in modo di ottimizzare il fabbisogno di energia primaria, tenendo conto dei vettori energetici, dei rendimenti e delle caratteristiche dei singoli generatori.

In mancanza di condizioni specificate nel progetto, nel prospetto 3 è indicato come devono essere valutate le priorità per la produzione di energia termica utile per riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria ai fini del calcolo.

prospetto 3 – Priorità dei generatori

Priorità ^{a)}	Sottosistema di generazione	Produzione di energia
1	Solare termico	Termica
2	Cogenerazione	Elettrica e termica cogenerata ¹⁾
3	Combustione di biomasse	Termica
4	Pompe di calore	Termica o frigorifera
5	Generatori di calore a combustibili fossili	Termica
a) Qualora il sistema preveda l'utilizzo di energia termica utile da rete (teleriscaldamento) e di energia solare, a quest'ultima viene assegnata priorità 1.		

2.10.3 Fabbisogno di energia primaria dell'edificio

Il fabbisogno di energia primaria dell'edificio Q_p per i servizi considerati è dato dalla seguente espressione generale:

$$Q_p = \sum Q_{C,del,i} \times f_{p,C,i} - Q_{H,exp} \times f_{p,H,exp} + \sum Q_{Cbio,del,i} \times f_{p,Cbio,i} + \sum Q_{sol} \times f_{p,sol} + \sum Q_{el,del,i} \times f_{p,el} - \sum Q_{el,exp,i} \times f_{p,el} + \sum Q_{H,tel} \times f_{p,H,tel}$$

Dove:

$Q_{C,del,i}$ è l'energia fornita da combustibili fossili [kWh];

$f_{p,C,i}$ è il fattore di conversione dei singoli combustibili fossili utilizzati;

$Q_{H,exp}$ è l'energia termica esportata [kWh];

$f_{p,H,exp}$ è il fattore di conversione dell'energia termica utile prodotta nell'edificio ed esportata

$Q_{Cbio,del,i}$ è l'energia fornita da biomasse combustibili (solide, liquide, gassose [kWh];

$Q_{el,del,i}$ è l'energia elettrica fornita all'edificio (delivered) [kWh];

$Q_{el,exp,i}$ è l'energia elettrica esportata dall'edificio [kWh];

$Q_{H,tel}$ è l'energia termica utile fornita da rete [kWh];

$f_{p,H,tel}$ è il fattore di conversione dell'energia termica utile fornita da rete

2.10.4 Solare termico

Si distinguono due tipologie fondamentali di impianto solare termico:

- impianto solare termico di preriscaldamento o sistema solo solare termico;
- impianto solare termico con sistema supplementare di generazione.

In entrambi i casi il circuito solare comprende i seguenti principali componenti:

- collettori solari;
- serbatoio di accumulo;
- circuito di collegamento tra serbatoio-collettori;
- dispositivi di regolazione
- dispositivi di controllo e di sicurezza.
- pompa di circolazione (circolazione forzata);

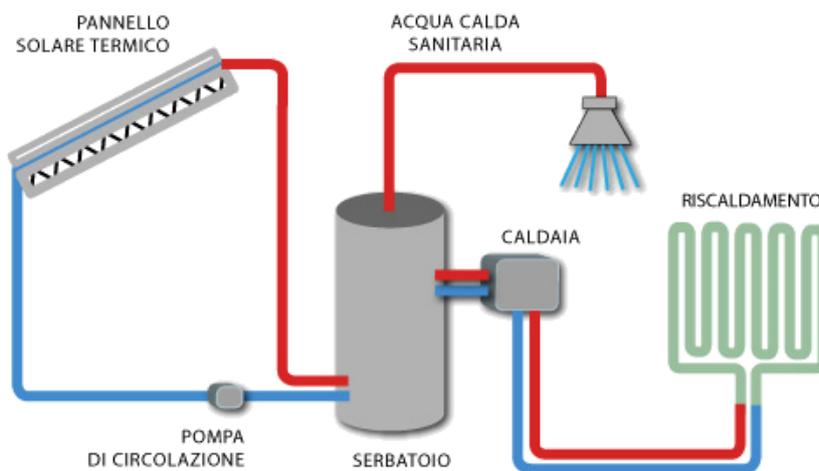


Figura 7 - Schema di un impianto solare termico

Il fabbisogno di energia primaria, considerando che il fattore di conversione dell'energia primaria dell'energia termica prodotta da impianto solare è pari a zero, è dato da:

$$Q_{p,sol} = \sum f_{p,el} \times Q_{sol,aux} \quad [kWh]$$

Dove:

$Q_{sol,aux}$ fabbisogno di energia degli ausiliari del sottosistema [kWh]

$\sum f_{p,el}$ fattore di conversione in energia primaria

2.10.5 Solare fotovoltaico

L'energia elettrica prodotta mensilmente dal sistema fotovoltaico è data da:

$$E_{el,pv,out} = \frac{(E_{pv} \times W_{pv} \times f_{pv})}{I_{ref}} [kWh]$$

E_{pv} è l'irradiazione solare mensile incidente sull'impianto fotovoltaico [kWh/m²];

W_{pv} è la potenza di picco, che rappresenta la potenza elettrica di un impianto fotovoltaico di una determinata superficie, per una irradianza di 1 kW/m² su questa superficie (a 25°C);

f_{pv} è il fattore di efficienza del sistema che tiene conto dell'efficienza dell'impianto fotovoltaico integrato nell'edificio e dipende dall'impianto di conversione da corrente continua a corrente alternata, dalla temperatura operativa reale dei moduli fotovoltaici e dall'integrazione nell'edificio dei moduli stessi (vedere prospetto 9);

I_{ref} è l'irradianza solare di riferimento pari a 1 kW/m².

prospetto 9 - Valori del fattore di efficienza f_{pv}

Grado di ventilazione dei moduli fotovoltaici	f_{pv} [-]
Moduli non ventilati	0,70
Moduli moderatamente ventilati	0,75
Moduli molto ventilati o con ventilazione forzata	0,80

L'irradiazione solare mensile incidente sull'impianto fotovoltaico E_{pv} si calcola secondo UNI/TR 11328-1, considerando l'angolo azimutale delle superfici dei pannelli e la loro inclinazione sull'orizzonte. Nel calcolo devono essere considerati anche eventuali ombreggiamenti sul piano dei moduli solari.

La **potenza di picco** W_{pv} si ottiene in condizioni di prova. Se tale valore non è disponibile può essere calcolato come:

$$W_{pv} = K_{pv} \times A_{pv} [kW]$$

K_{pv} è il fattore di potenza di picco che dipende dal tipo di modulo fotovoltaico installato. I valori di K_{pv} sono riportati nel prospetto 10 [kW/m²]

A_{pv} è la superficie di captazione dell'impianto fotovoltaico, al netto del telaio [m²]

prospetto 10 - Valori del fattore di potenza di picco K_{pv}

Tipo di modulo fotovoltaico	K_{pv} [kW/m ²]
Silicio mono cristallino	0,150
Silicio multi cristallino	0,130
Film sottile di silicio amorfo	0,060
Altri strati di film sottile	0,035
Film sottile di diseleniuro di indio-rame-gallio (CIGS)	0,105
Film sottile di telluro di cadmio (CdTe)	0,095

2.10.6 Combustione di biomasse

Ai fini della presente specifica tecnica si considerano le seguenti **tipologie di generatori**:

- 1) generatori a caricamento automatico a biomassa solida (legna, pellet, cippato);
- 2) generatori a caricamento manuale a biomassa solida;
- 3) generatori con bruciatori ad aria soffiata a biomassa liquida (oli vegetali quali olio di palma, colza, girasole) o gassosa (biogas).

Nei riguardi del **fluido termovettore** si considerano

- generatori con fluido termovettore acqua;
- generatori con fluido termovettore aria.

L'energia richiesta dal sottosistema per la combustione (sottosistemi monovalenti) è data da:

$$Q_{gn,in} = Q_{gn,out} + Q_{l,gn} + Q_{l,gn,s} - (k_{s,rth} \times Q_{l,gn,s}) - (k_{aux,rth} \times Q_{lgn,aux}) \quad [\text{kWh}]$$

Dove:

$Q_{gn,in}$ è l'energia richiesta dal sottosistema per la combustione [kWh];

$Q_{gn,out}$ è l'energia termica utile richiesta [kWh];

$Q_{l,gn}$ sono le perdite di generazione [kWh];

$Q_{l,gn,s}$ sono le perdite d'accumulo [kWh];

$k_{s,rth}$ è il fattore di recupero delle perdite di accumulo [-];

$k_{aux,rth}$ è il fattore di recupero dell'energia ausiliaria [-];

$Q_{lgn,aux}$ è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sistema di generazione [kWh].

Qualora si utilizzino i valori pre-calcolati del rendimento medio stagionale riportati nei prospetti seguenti l'energia ausiliaria non può essere considerata come recuperabile e quindi nella formula si pone

$$(k_{aux,rth} \times Q_{lgn,aux}) = 0$$

Il rendimento del sottosistema è dato da:

$$\eta_{gn,p} = Q_{gn,out} / (f_{p,x} \times Q_{gn,in} + f_{p,el} \times Q_{gn,aux})$$

Dove:

$f_{p,x}$ fattore di conversione dell'energia termica in energia primaria a seconda del vettore energetico (in questo caso biomasse);

$f_{p,el}$ fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria.

2.10.7 Pompe di calore

Gli impianti che utilizzano pompe di calore si classificano in relazione a:

- tipo di fonte energetica sfruttata;
- tipo di sorgente fredda;
- tipo di servizio;
- vettori energetici e tipologie di generatori;
- tipi di fluido termovettore.

Una classificazione delle tipologie di fonti di energia da cui si estrae calore tramite pompe di calore è data nel prospetto 23.

prospetto 23 – Classificazione per fonte energetica sfruttata

Fonte di energia	Tipologia fonte di energia sfruttata	Modalità di estrazione
Aria esterna	Rinnovabile "aerotermica"	Raffreddamento e deumidificazione dell'aria esterna
Aria interna	Non rinnovabile se proveniente da sistemi impieganti energie fossili, ad esclusione dell'aria di espulsione	Raffreddamento e deumidificazione dell'aria interna di espulsione in sistemi di recupero
Roccia	Rinnovabile "geotermica"	Raffreddamento del sottosuolo
Terreno	Rinnovabile "geotermica"	Raffreddamento del sottosuolo
Acqua di falda	Rinnovabile "geotermica"	Raffreddamento del sottosuolo
Acqua di mare	Rinnovabile "idrotermica"	Raffreddamento acque superficiali
Acqua di lago	Rinnovabile "idrotermica"	Raffreddamento acque superficiali
Acqua di fiume	Rinnovabile "idrotermica"	Raffreddamento acque superficiali
Acque di risulta e liquami di processi tecnologici	Non rinnovabile	Raffreddamento acque e/o liquami di processo

La legislazione vigente richiede la copertura di percentuali definite del fabbisogno di energia primaria con fonti rinnovabili $f_{EP,rim}$. La richiesta è usualmente riferita al servizio di produzione di acqua calda sanitaria, ma talora può essere riferita anche al servizio di climatizzazione.

La frazione di energia rinnovabile da fonte aerotermica, geotermica e idrotermica si calcola secondo la seguente procedura:

- 1) Si azzera il contributo delle fonti rinnovabili. Ciò significa in alternativa o in combinazione:
 - ipotizzare l'assenza di eventuali sistemi solari termici e l'utilizzo del solo generatore a fonte non rinnovabile (per esempio, generatore a combustione o resistenze elettriche);
 - ipotizzare l'assenza di sistemi di generazione elettrica fotovoltaici, considerando l'acquisto dell'energia elettrica dalla rete;
 - trascurare l'apporto di generatori a biomassa e l'utilizzo del solo generatore a fonte non rinnovabile.
- 2) Si calcola il fabbisogno di energia primaria teorico EP_{NR} in assenza di contributi delle fonti rinnovabili.
- 3) Si calcola il fabbisogno di energia primaria EP_{RINN} in presenza del contributo delle fonti rinnovabili
- 4) Si calcola il grado di copertura $f_{EP,rin}$ come:

$$f_{ep,ren} = (EP_{nr} - EP_{rin})/EP_{nr}$$

Nel caso in cui venga richiesta la copertura di una quota del fabbisogno di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria con pannelli solari termici impiegati solo per la produzione di acqua calda sanitaria, il fattore richiesto di copertura dell'energia utile $f_{sol,min}$ può essere calcolato come:

$$f_{sol,min} = f_{sol,min} + (W_{sol} \times f_{p,el})/Q_{acs}$$

Dove:

W_{sol} è il fabbisogno di energia ausiliaria per il funzionamento del sistema solare termico.

Q_{acs} è il fabbisogno di energia per acqua calda sanitaria all'ingresso del bollitore;

Il metodo di calcolo descritto nella presente specifica tecnica si basa sui seguenti dati:

- potenza termica utile erogata;
- solo per la funzione riscaldamento, potenza richiesta in ingresso (input);
- COP o GUE (in alternativa o in aggiunta alla potenza richiesta: COP o GUE = potenza erogata/potenza richiesta);
- coefficiente correttivo del COP e del GUE ai carichi parziali.

Ai fini del calcolo secondo la presente specifica tecnica il fabbricante deve fornire di seguenti dati:

- prestazioni a pieno carico (ossia a fattore di carico macchina CR pari ad 1 alle temperature di sorgente fredda e pozzo caldo) determinate secondo le norme tecniche pertinenti.
- Prestazioni a fattore di carico climatico PLR4) diverso da 1, per le pompe di calore a compressione di vapore, alle stesse temperature di sorgente fredda e di pozzo caldo di cui al punto precedente secondo le condizioni climatiche di riferimento A, W, C definite dal prEN 14825:2010.

- Prestazioni a fattore di carico climatico PLR diverso da 1 delle pompe di calore ad assorbimento dichiarate dal costruttore in accordo con la UNI EN 12309-2.

Le pompe di calore possono essere fornite:

1. senza di generatore di integrazione termica;
2. con generatore di integrazione termica.

Il generatore di integrazione compreso nella macchina può essere una resistenza elettrica o un generatore a combustione alimentato con combustibili gassosi o liquidi.

Pompe di calore prive di generatore di integrazione termica

Il metodo di calcolo descritto nella presente specifica tecnica si basa sui seguenti dati

- potenza termica utile erogata;
- potenza richiesta in ingresso (input);
- COP o GUE (in alternativa o in aggiunta alla potenza richiesta: $COP \text{ o } GUE = \text{potenza erogata} / \text{potenza richiesta}$);
- coefficiente correttivo del COP ai carichi parziali.

prospetto 24 - Condizioni di riferimento per i dati prestazionali forniti dal fabbricante. Pompe di calore per solo riscaldamento o funzionamento combinato

Sorgente fredda	Temperatura sorgente fredda				Temperatura pozzo caldo riscaldamento ad aria ¹⁾	Temperatura pozzo caldo riscaldamento idronico ²⁾			Temperatura pozzo caldo produzione acs ³⁾	
	-7	2	7	12		35	45	55	45	55
Aria	-7	2	7	12	20	35	45	55	45	55
Acqua		5	10	15	20	35	45	55	45	55
Terreno/roccia	-5	0	5	10	20	35	45	55	45	55

1) Temperatura di ripresa.
 2) Per almeno una delle temperature indicate. Altri dati suggeriti: 25°C, 65°C.
 3) Per almeno una delle temperature indicate.

prospetto 25 - Condizioni di riferimento per i dati prestazionali forniti dal fabbricante. Pompe di calore per sola produzione acqua calda sanitaria

Pompa di calore	Temperatura sorgente fredda (aria)				Temperatura pozzo caldo produzione acs ¹⁾
	7	15	20	35	
Sola produzione acs	7	15	20	35	55

1) Per almeno una delle temperature indicate. Altri dati suggeriti: 45°C, 65°C.

Pompe di calore con generatore di integrazione termica

Nel caso di pompe di calore con incorporato generatore di integrazione oltre ai dati di cui al punto 9.4.2.2 devono essere forniti i seguenti dati:

nel caso di resistenza elettrica:

- potenza massima [kW];
- gradini di potenza;

nel caso di generatore a combustione:

- tipologia combustibile;
- fluido termovettore;
- potenza termica nominale [kW];
- potenza del focolare [kW];
- temperatura massima e temperatura minima di esercizio [kW];
- gli ulteriori dati per il calcolo del rendimento medio di generazione con il metodo analitico della UNI/TS
- 11300-2:2008.

Determinazione delle prestazioni a pieno carico in condizioni diverse da quelle dichiarate

Si definisce rendimento di secondo principio il rapporto fra il COP o il GUE effettivo della pompa di calore ed il COP o il GUE massimo teorico COP_{max} o GUE_{max} in base al secondo principio della termodinamica con le medesime temperature di sorgente fredda e del pozzo caldo.

Per le pompe di calore elettriche, il COP massimo teorico si calcola con la formula:

$$COP_{max} = \frac{(\theta_c + 273.15)}{(\theta_c - \theta_f)}$$

Dove:

θ_c	è la temperatura del pozzo caldo (mandata della pompa di calore).
θ_f	la temperatura della sorgente fredda;

Per le pompe di calore ad assorbimento, il GUE massimo teorico si calcola con la formula:

$$GUE_{max} = (\theta_c + 273,15)/(\theta_{gen,in} + 273,15) \times (\theta_{gen,in} - \theta_f)/(\theta_c - \theta_f)$$

Dove:

$\theta_{gen,in}$ è la temperatura del generatore della pompa di calore ad assorbimento a fuoco diretto.

2.10.8 Teleriscaldamento

Un sistema di teleriscaldamento deve soddisfare contestualmente le seguenti condizioni:

- collocazione ed esercizio coordinato con la programmazione infrastrutturale ed energetica dell'ente locale competente, in forza di autorizzazione e concessione;

- destinazione a favore di un comparto urbano già esistente o in via di insediamento o programmato dall'ente locale competente, anche se su iniziativa privatistica, al fine di alimentare una pluralità di edifici appartenenti a soggetti diversi mediante una rete di trasporto dell'energia termica posata prevalentemente in suolo pubblico;
- predisposizione di una rete aperta ovvero che nei limiti di capacità del sistema consentirà l'allacciamento alla rete di ogni potenziale cliente secondo principi di non discriminazione e di servizio universale;
- disciplina della somministrazione di energia termica ai clienti soggetti richiedenti comprensiva di condizioni tecniche ed economiche di fornitura ed improntata al rispetto dei criteri di non discriminazione, di trasparenza e di servizio universale.

Sono esclusi i sistemi di riscaldamento di quartiere costituiti da centrale termica a combustibile fossile destinata a servire più edifici che sono trattati nella UNI/TS 11300-2:2008. Nel caso in cui la fornitura di energia termica utile sia fornita da un soggetto distinto dalla proprietà degli immobili serviti, è compito di tale soggetto fornire il fattore di conversione di conversione in energia primaria.

Ai fini della presente specifica si considerano le seguenti due parti:

- 1) Sistema a rete: comprende la centrale di generazione e la rete di distribuzione sino al punto di consegna all'utenza.
- 2) Sottostazione di scambio termico: è elemento di collegamento tra la rete di distribuzione (circuito primario) e l'utenza (circuito secondario)

La sottostazione può essere:

- a sistema diretto nel caso non vi sia separazione idraulica tra circuito primaria e secondario;
- a sistema indiretto nel caso in cui il collegamento tra primario e secondario preveda uno o più scambiatori di calore a superficie.

Con riferimento allo schema della figura 8, la UNI/TS 11300-1 è quella sino al punto di consegna dell'energia termica alla sottostazione indicato con la lettera d.

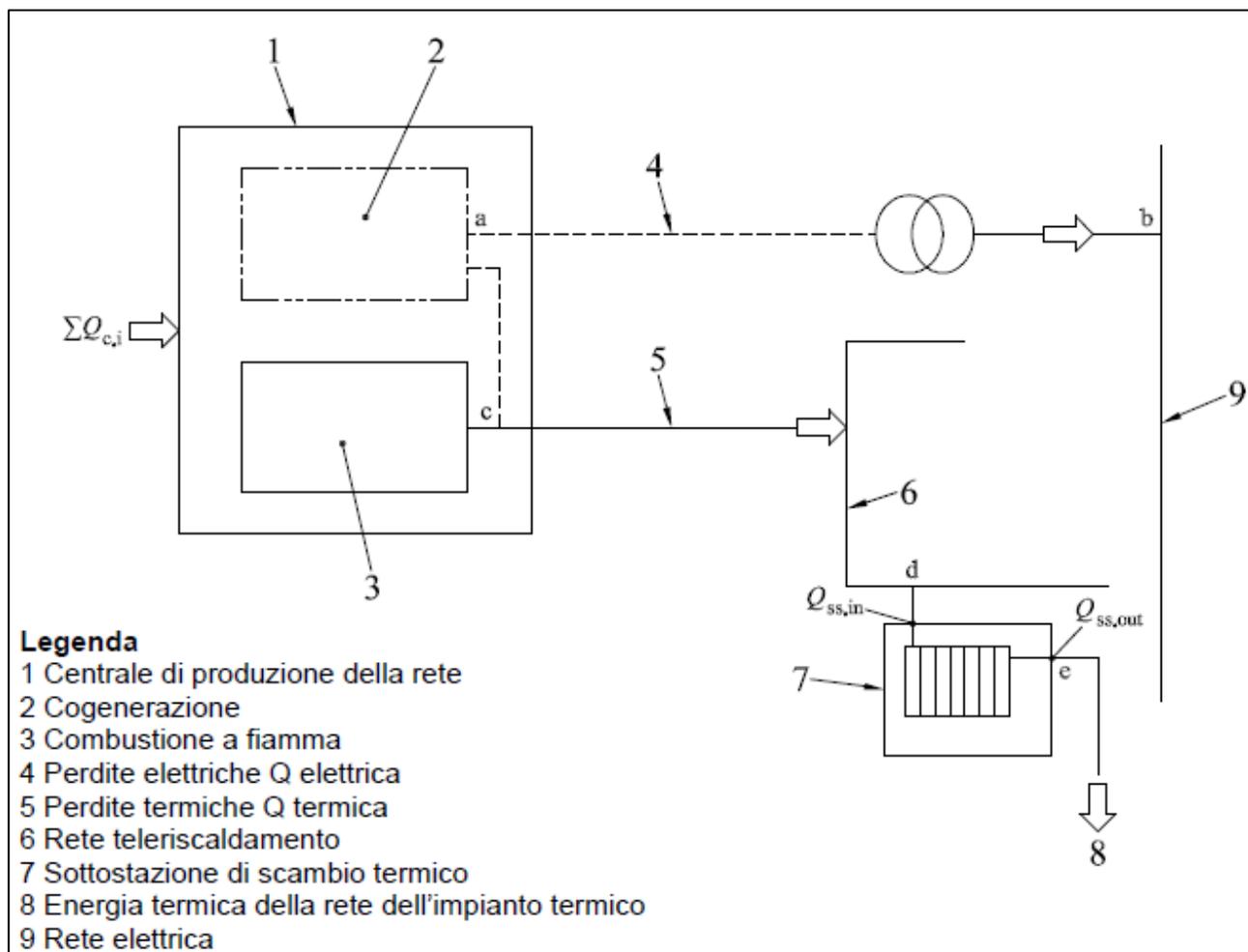


Figura 8 - Schema di un sistema di teleriscaldamento

La misurazione dell'energia termica utile fornita all'utenza è determinata in base alla portata d'acqua transitata nello scambiatore e al salto termico di temperatura fra ingresso ed uscita dello scambiatore stesso.

L'energia termica fornita alla distribuzione dell'impianto di riscaldamento nel periodo di calcolo è data da:

$$Q_{ss,out} = Q_{ss,in} - Q_{l,ss,env} \quad [kWh]$$

Dove:

$Q_{ss,out}$	energia termica in uscita dalla sottostazione fornita al sottosistema di distribuzione dell'impianto (secondario dello scambiatore) [kWh];
$Q_{ss,in}$	energia termica in entrata alla sottostazione (primario dello scambiatore) [kWh];
$Q_{l,ss,env}$	energia termica dispersa dalla sottostazione in ambiente [kWh].

2.10.9 Cogenerazione

Le unità cogenerative sono classificate in base a:

Tipologia di motore primo:

- motore a combustione interna (ciclo Otto e ciclo Diesel);

- turbina a gas con recupero del calore dei gas di scarico;
- altre tipologie (motori a combustione esterna con ciclo Stirling, celle a combustibile, ecc.)

Modalità di funzionamento:

- regime a punto fisso (funzionamento on-off, senza modulazione del carico);
- modulazione del carico con variazione della potenza elettrica erogata dalla nominale $\Phi_{\text{chp,el,nom}}$ alla minima tecnica possibile $\Phi_{\text{chp,el,min}}$.

Tipologia di circuito idraulico di recupero termico:

- recupero costante e non modificabile;
- con by-pass sul recupero fumi, o altro dispositivo che permetta di non recuperare una porzione ben definita dell'energia termica prodotta, la quale, a by-pass aperto, viene dissipata in atmosfera.

Modo di assemblaggio dell'unità cogenerativa:

- sistema assemblato da unico fabbricante che ne dichiara le prestazioni in termini di curve prestazionali. Il sistema deve comprendere almeno il motore primo, gli scambiatori per il recupero del calore, il generatore elettrico e gli organi di regolazione; in aggiunta come opzioni un serbatoio di accumulo termico inerziale e/o un generatore di calore integrativo non cogenerativo;
- sistema assemblato su progetto con organi provenienti da diversi fabbricanti.

Accumulo termico inerziale:

- sottosistema privo di accumulo;
- sottosistema con accumulo presente lato impianto, ossia esterno al sistema cogenerativo;
- sottosistema con accumulo incluso nel sistema cogenerativo.

Composizione della unità cogenerativa:

Ai fini dell'applicazione dei metodi di calcolo della presente specifica tecnica, è necessario considerare la sezione cogenerativa nel suo complesso e distinguere tra:

- sottosistema costituito da un'unica unità di cogenerazione;
- sottosistema costituito da più unità di cogenerazione in cascata, con regolazione comune che ne prevede l'accensione in sequenza in funzione del fabbisogno termico all'ingresso del sottosistema di distribuzione.

Verifica del dimensionamento del sistema di accumulo inerziale

Un sistema di accumulo inerziale elimina o riduce la necessità di congruenza puntuale tra la potenza termica erogata dalla sezione cogenerativa ed il fabbisogno istantaneo in ingresso al sistema di distribuzione.

In base all'analisi dei cicli di fabbisogno termico nelle differenti condizioni di esercizio la presente specifica definisce un criterio di dimensionamento del sistema di accumulo inerziale ed un indice di congruità α dello stesso considerato compreso tra zero ed uno. Le prestazioni nelle effettive condizioni di esercizio si calcolano tenendo conto dell'indice di congruità relativo all'accumulo come di seguito definito.

Si devono preliminarmente determinare le perdite di energia termica dal sistema di accumulo $Q_{\text{CG,s,mese}}$ che devono essere calcolate secondo la UNI/TS 11300-2:2008. Tale valore di $Q_{\text{CG,s,mese}}$ incrementa il valore di

energia termica necessaria all'ingresso del sottosistema di distribuzione $Q_{d,in,mese}$.

La potenza termica media richiesta nel mese è data da:

$$\phi_{d,in,avg,mese} = (Q_{H,d,in,mese} + Q_{W,d,in,mese} + Q_{HR,d,in,mese} + Q_{I,chip,s,mese})/t \text{ [W]}$$

Le perdite recuperate dal sistema di accumulo $Q_{rH,chip,s,mese}$ possono essere considerate in deduzione del fabbisogno di energia a seconda dell'ubicazione del sistema di accumulo stesso.

Si procede quindi a definire il dimensionamento congruo del sistema di accumulo calcolando la capacità di accumulo di energia termica utile $Q_{chip,s,design}$ in funzione dei fabbisogni di energia termica all'ingresso del sottosistema di distribuzione. Poiché l'intervallo di calcolo dei metodi oggetto della presente specifica tecnica è il mese, anche il dimensionamento del sistema di accumulo ed il relativo indice di congruità successivamente definito deve essere effettuato per ciascun singolo intervallo di calcolo. Si ha così un diverso valore specifico di $Q_{chip,s,design}$ per ciascun mese considerato.

Inoltre, poiché la sezione cogenerativa può avere una potenza termica nominale significativamente minore delle potenze medie richieste in ingresso al sottosistema di distribuzione, (in particolare nei mesi invernali in presenza di massiccia integrazione da parte di generatori di calore non cogenerativi), il dimensionamento congruo del sistema di accumulo può essere inferiore e dipendente dalla potenza termica totale della sezione cogenerativa stessa; si definisce quindi, per ciascun intervallo di calcolo, $Q_{chip,s,design}$ come il minimo tra le seguenti coppie di valori:

$$Q_{CG,s,design} = \min (0,25 \times Q_{H,d,in,avg,giorno} + 0,29 \times Q_{W,d,in,avg,giorno}; 3,00 \text{ h} \times \Sigma\Phi_{CGi,ter,out,nom}) \text{ [kWh]}$$

al di fuori della stagione di riscaldamento:

$$Q_{CG,s,design} = \min (0,40 \times Q_{HR,ass,in,avg,giorno} + 0,29 \times Q_{W,d,in,avg,giorno}; 4,00 \text{ h} \times \Sigma\Phi_{CGi,ter,out,nom}) \text{ [kWh]}$$

La verifica della capacità di accumulo termico di dimensionamento deve sempre tenere conto della temperatura media di ritorno dal sottosistema di distribuzione e dalla temperatura massima in uscita delle unità cogenerative. Per sistemi senza transizione di fase si ottiene:

$$Q_{CG,s} = \rho \times V \times c_p \times (T_{CG,out,max} - T_{d,out,avg})/3600 \text{ [kWh]}$$

dove:

$T_{CG,out,max}$ temperatura massima acqua in uscita dalla sezione cogenerativa;

$T_{d,out,avg}$ temperatura media acqua di ritorno dal sottosistema di distribuzione.

L'indice di congruità α è definito da:

In base all'indice α si possono avere i seguenti casi:

- $\alpha > 1$: accumulo maggiore del limite di congruità – si assume come congruo;
- $\alpha = 1$: accumulo congruo;
- $0 < \alpha < 1$: accumulo presente ma non congruo.

2.11 Norma UNI TS 11300-6:2016

La UNI TS 11300 parte 6 sul calcolo dei fabbisogni di energia per il trasporto di persone e cose (ascensori, montacarichi e scale mobili) è stata pubblicata il 31 marzo scorso a completamento del pacchetto normativo di riferimento indicato dalla Legge 90 del 2013 e dai decreti attuativi D.M. 26/06/2015.

Il fabbisogno energetico per trasporto si aggiunge solo per gli edifici non residenziali alle quote di energia già valutate per i servizi di climatizzazione invernale ed estiva, produzione di acqua calda sanitaria, ventilazione meccanica ed illuminazione.

La parte 6 illustra i metodi di calcolo dei fabbisogni di energia elettrica per il servizio di trasporto di persone o cose, completando gli indici di prestazione richiesti per la compilazione del certificato energetico e le verifiche di progetto.

Questa norma indica come calcolare i fabbisogni di energia per ascensori, scale mobili e marciapiedi mobili a servizio dell'edificio.

In particolare la specifica tecnica si applica alle seguenti tipologie di edificio:

- Edificio residenziale;
- Albergo;
- Ufficio;
- Ospedale;
- Edificio per attività scolastiche e ricreative;
- Centro commerciale,
- Edificio per attività sportive;
- Edificio per attività industriali ed artigianali;
- Edificio per trasporto pubblico (stazione, aeroporto,...)

Questa norma si riferisce alla UNI EN ISO 25751-1 Parte 1 e Parte 2.

La norma tecnica è composta principalmente da quattro capitoli, ognuno dei quali riporta il metodo di calcolo della quota di energia elettrica assorbita dalle seguenti tipologie di impianto:

Capitolo 6: gli ascensori;

Capitolo 7: i montascale e le piattaforme elevatrici;

Capitolo 8: i montacarichi ed i montauto;

Capitolo 9: le scale mobili ed i marciapiedi mobili.

2.11.1 Gli ascensori

Il calcolo dell'energia elettrica assorbita dagli ascensori negli edifici non residenziali prevede la scelta tra tre tipologie di impianto:

- Impianti elettrici a fune con contrappeso;
- Impianti elettrici a fune ad argano agganciato;
- Impianti idraulici.

Per ogni ascensore occorre conoscere:

- Il numero di fermate;
- La corsa massima dell'impianto in metri;
- La portata dell'impianto in kg;

Il fabbisogno giornaliero di un ascensore è calcolato in funzione del numero di corse giornaliere e dell'energia per ciascuna corsa.

Categoria d'uso	1H	2H	3H	4H
Tipologia e uso dell'edificio	Edificio monofamiliare o servizio di accessibilità pubblica in negozi o enti pubblici	Edificio plurifamiliare o servizio di accessibilità pubblica in uffici o centri commerciali, stazioni e aeroporti	Casa di riposo per anziani e/o accessibilità pubblica in uffici e aziende sanitarie	Casa di riposo per anziani e/o accessibilità pubblica in uffici e aziende sanitarie specifiche per disabili
Frequenza d'uso	Molto bassa	Bassa	Medio-bassa	Media
Numero medio di corse giornaliere (c_d)	5	8	15	20
Velocità massima ammessa	0,15 m/s			

Se sono presenti argano, massa di bilanciamento e inverter nell'impianto;

La tipologia di impianto di illuminazione della cabina.

Nel caso in cui siano presenti più tipologie di ascensori nell'edificio le diverse quote di energia elettrica sono da sommare.

Il calcolo dell'energia elettrica mensile adibita al trasporto di persone mediante gli ascensori somma diversi contributi:

- il fabbisogno energetico di movimento richiesto da un ciclo con corsa media per il numero di corse svolte nel mese. Il numero di corse è stabilito dalla normativa tecnica in funzione del tipo di destinazione d'uso dell'edificio;
- il fabbisogno energetico assorbito dalle apparecchiature di comando e segnalazione;
- il fabbisogno energetico assorbito per l'illuminazione della cabina;
- il fabbisogno energetico assorbito per servizi accessori.

Se l'impianto di trasporto con ascensori è condiviso tra più unità immobiliari è possibile calcolare la quota per singola unità in base ai millesimi di ripartizione condominiale.

2.11.2 Le scale e i marciapiedi mobili

Il calcolo dell'energia elettrica assorbita dalle scale mobili e dai marciapiedi mobili negli edifici non residenziali prevede la scelta tra tre tipologie di impianto:

- Scale mobili in salita e discesa;
- Marciapiedi mobili inclinati in salita e discesa;
- Marciapiedi mobili orizzontali.

Per ogni scala o marciapiede mobile occorre conoscere:

- i tempi giornalieri di attesa, di avviamento automatico, di funzionamento dell'impianto a bassa velocità e a piena velocità;

- l'altezza della corsa dell'impianto in metri per gli impianti inclinati o la lunghezza per gli elementi orizzontali;
- l'angolo di inclinazione dell'impianto in metri (solo per impianti inclinati).

Nel caso in cui siano presenti più tipologie i contributi elettrici sono da sommare. Il calcolo dell'energia elettrica mensile adibita al trasporto di persone mediante scale e marciapiedi mobili somma diversi contributi:

- il fabbisogno energetico richiesto nel periodo con impianto fermo;
- il fabbisogno energetico richiesto nel periodo di avviamento automatico dell'impianto;
- il fabbisogno energetico richiesto nel periodo di funzionamento a bassa e a piena velocità dell'impianto;
- il fabbisogno energetico richiesto nel periodo di funzionamento dell'impianto con carico e senza carico;
- il fabbisogno energetico assorbito per servizi accessori.

Anche in questo caso se l'impianto di trasporto è condiviso tra più unità immobiliari è possibile calcolare la quota per singola unità in base ai millesimi di ripartizione condominiale.

Tipologia di installazione	Valore medio del numero di passeggeri al giorno [N]
Negozi, musei, biblioteche, luoghi di ricreazione	3000
Grandi magazzini, centri commerciali, aeroporti di media dimensione, stazioni per treni regionali, stazioni metropolitane con traffico basso, percorsi pedonali meccanicizzati	10000
Aeroporti di grande dimensione, stazioni ferroviarie, stazioni metropolitane con traffico medio	15000
Stazioni metropolitane con traffico intenso	20000

3 MODELLARE GLI IMPIANTI: DALLA NORMATIVA AI CASI PRATICI

[Ing. Marco Carta, Servizio di Assistenza Tecnica Logical Soft]

Come si configura correttamente l'impianto termico nel progetto e nella certificazione energetica

Gli schemi degli impianti termici per riscaldamento, produzione di acqua calda sanitaria, raffrescamento e ventilazione sono estremamente vari e presentano diversi livelli di complessità, basti pensare a un appartamento termoautonomo oppure a un ospedale.

Inoltre, le norme tecniche UNI TS 11300 richiedono un'analisi approfondita degli impianti e diventa indispensabile padroneggiare i concetti fondamentali della termotecnica e le regole di modellazione nel software di calcolo.

Di seguito si riporta un'introduzione generale che illustra gli elementi di modellazione degli impianti termici; sono quindi presentati numerosi esempi di schemi impiantistici calcolati con TERMOLOG che utilizzano diverse tipologie di distribuzione e produzione dell'energia. Per ogni esempio sono dati:

lo schema di calcolo che rappresenta la configurazione impiantistica reale dell'edificio;

una breve descrizione delle regole di modellazione dell'impianto utilizzate in TERMOLOG;

il file di esempio da scaricare

In particolare sono affrontati i seguenti esempi:

1. Produzione istantanea combinata con caldaia a gas (esempio appartamento termoautonomo)
2. Produzione separata istantanea, caldaia a gas per riscaldamento e scaldacqua per ACS (esempio monofamiliare termoautonoma)
3. Produzione separata, caldaia a gas istantanea per riscaldamento e scaldacqua per ACS + bollitore ACS sulla rete (esempio monofamiliare termoautonoma)
4. Produzione separata, caldaia a gas istantanea per riscaldamento e scaldacqua per ACS + bollitore ACS di centrale termica (esempio monofamiliare termoautonoma)
5. Produzione combinata per riscaldamento e ACS mediante caldaia a gas + accumulo di centrale termica (es. appartamento termoautonomo)
6. Produzione combinata mediante caldaia a gas istantanea per riscaldamento + accumulo per ACS sulla rete
7. Produzione combinata mediante sistema di caldaie a gas in cascata, istantanea per riscaldamento + accumulo per ACS sulla rete
8. Produzione combinata mediante sistema di caldaie a gas in cascata, con puffer di centrale termica + accumulo per ACS sulla rete
9. Centrale termica costituita da sistema con caldaia a gas + solare termico con accumulo di centrale per riscaldamento e ACS + accumulo per ACS sulla rete. Raffrescamento con 3 split e produzione elettrica con fotovoltaico
10. Centrale termica combinata costituita da sistema con caldaia a gas con produzione istantanea per riscaldamento + solare termico per sola ACS + accumulo solare + accumulo per ACS sulla rete

11. Produzione combinata per riscaldamento e ACS mediante allacciamento alla rete del teleriscaldamento + accumulo di centrale termica
12. Produzione combinata mediante sistema integrato costituito da caldaia a gas + pompa di calore + solare termico + accumulo di centrale termica + accumulo per ACS sulla rete
13. Produzione combinata, caldaia a gas + accumulo di centrale. E' presente inoltre un sistema diretto per riscaldamento a pompa di calore (es. appartamento termoautonomo)
14. Produzione combinata, caldaia a gas + accumulo di centrale. E' presente inoltre un sistema diretto con camino per riscaldamento (es. appartamento termoautonomo)
15. Impianto misto ad aria primaria ed idronico a ventilconvettori + UTA con batteria alimentata da circuito idronico a caldaia. Il sistema fornisce climatizzazione sia nel periodo invernale che estivo
16. Edificio residenziale senza impianto

È possibile cliccare sulla voce nell'elenco per accedere direttamente all'esempio.

3.1 Gli elementi di modellazione dell'impianto

L'analisi degli impianti termici per i servizi di riscaldamento, produzione di acqua calda sanitaria, raffrescamento e ventilazione sono suddivisi nella norma tecnica UNI TS 11300:2014 (o similmente nell'allegato H del Decreto 6480 del 30 luglio 2015 di Regione Lombardia) in sezioni distinte e consecutive di calcolo delle perdite: emissione, regolazione, distribuzione, accumuli e produzione. Il fabbisogno di energia termica utile per un certo servizio transita attraverso tali sezioni per essere convertito dapprima in energia consegnata dal vettore energetico (delivered) quindi in energia primaria per ognuna delle tipologie di fornitura coinvolte.

Per modellare opportunamente l'impianto in TERMOLOG è necessario conoscere tre aspetti:

- Lo schema generale di funzionamento dell'impianto realmente presente nell'edificio per l'erogazione di ogni servizio, individuando le tipologie ed i dispositivi corrispondenti alle diverse sezioni;
- Gli elementi di modellazione contenuti in TERMOLOG corrispondenti alle sezioni;
- Le basi della procedura di calcolo per l'analisi critica dei risultati ottenuti (senza dover necessariamente entrare nel dettaglio delle formule).
-

Per modellare gli impianti in TERMOLOG occorre individuare:

- Sistemi di emissione e terminali
- Sistemi impiantistici di distribuzione
- Centrali termiche e generatori
- Serbatoi di accumulo

È importante conoscere la struttura reale dell'impianto per sviluppare un modello di calcolo verosimile.

In alcuni casi non è possibile trovare un'esatta corrispondenza tra lo schema di funzionamento reale dell'impianto e lo schema di calcolo utilizzato dal software. Tuttavia adeguate scelte di modellazione portano

a soluzioni comunque apprezzabili ed in grado di rappresentare verosimilmente il comportamento degli impianti oggetto di studio.

3.2 Le tipologie di sistema impiantistico e di terminale

Per ogni servizio occorre individuare in primo luogo la tipologia di sistema impiantistico che rappresenta la rete di distribuzione dell'energia dal sistema di produzione ai terminali operanti nelle singole zone.

Esistono tre tipologie di distribuzione per riscaldamento e raffrescamento, una tipologia per acqua calda sanitaria ed una per ventilazione.

PER RISCALDAMENTO E RAFFRESCAMENTO

- Circuito idronico: distribuisce acqua in tubazioni
- Circuito aeraulico: distribuisce aria in canalizzazioni
- Circuito diretto: non c'è canalizzazione aria o acqua

PER ACQUA CALDA SANITARIA

Circuito idronico aperto: eroga acqua calda sanitaria

PER VENTILAZIONE

Circuito aeraulico: distribuisce aria in canalizzazioni

Il sistema diretto non ha una vera e propria valenza fisica. Deve essere utilizzato quando sistema di emissione e di produzione coincidono (ad esempio caminetti, stufe, split, ecc...).

Per ogni tipologia di sistema di distribuzione per riscaldamento e raffrescamento esistono solo alcune tipologie di terminale compatibili. Nelle tabelle sottostanti sono riportate le corrispondenze.

EMISSIONE RISCALDAMENTO	TIPO SISTEMA
Radiatori su parete esterna isolata	IDRONICO
Radiatori su parete interna	IDRONICO
Ventilconvettori	IDRONICO
Termoconvettori	IDRONICO, DIRETTO
Bocchette in sistemi ad aria calda	AERAUICO, DIRETTO
Riscaldatori ad infrarossi	DIRETTO
Pannelli annegati a pavimento	IDRONICO
Pannelli a pavimento isolati	IDRONICO
Pannelli annegati a soffitto	IDRONICO
Pannelli a parete	IDRONICO
Generatore d'aria calda singolo a basamento o pensile	AERAUICO, DIRETTO
Generatore d'aria calda singolo pensile a condensazione	AERAUICO, DIRETTO
Aerotermini ad acqua	IDRONICO
Strisce radianti ad acqua, a vapore, a fuoco diretto	IDRONICO, DIRETTO

EMISSIONE RAFFRESCAMENTO	TIPO SISTEMA
Ventilconvettori idronici	IDRONICO
Terminali ad espansione diretta, unità interne sistemi split, ecc.	AERAUICO, DIRETTO
Armadi autonomi, ventilconvettori industriali posti in ambiente, travi fredde	IDRONICO
Bocchette in sistemi ad aria canalizzata, anemostati, diffusori lineari a soffitto, terminali sistemi di dislocamento	AERAUICO
Pannelli isolati annegati a pavimento	IDRONICO
Pannelli isolati annegati a soffitto	IDRONICO

3.3 Zonizzazione dell'edificio, emissione e distribuzione

I terminali sono i dispositivi che emettono energia termica (ad esempio un radiatore per riscaldamento od uno split per raffrescamento) all'interno delle zone climatizzate. La divisione in zone deve quindi tenere conto anche delle diverse tipologie di emettitore, al fine di individuare tutte le possibili configurazioni impiantistiche presenti.

I terminali a loro volta sono collegati al dispositivo di produzione (generatore) tramite la rete di distribuzione, eventualmente "virtuale" in caso di sistema diretto. Tale rete può essere suddivisa su diversi livelli per tenere

conto di proprietà diverse di funzionamento, quali temperature, portate, recuperi o associazione per singola zona o per raggruppamento di zone.

Terminali

- Le zone devono essere create tenendo conto delle tipologie di emissione
- I terminali appartenenti a **due sistemi impiantistici** possono funzionare **in cascata o in parallelo** (in base al tipo di generazione)
- I **terminali** appartenenti ad un unico sistema impiantistico possono funzionare **in cascata o in parallelo**:
 - ✓ Appartenenti ad unica zona fino a 2 (ad esempio pannelli + scaldasalviette)
 - ✓ Appartenenti a zone diverse (ad esempio zona giorno con radiatori e zona notte con pannelli)

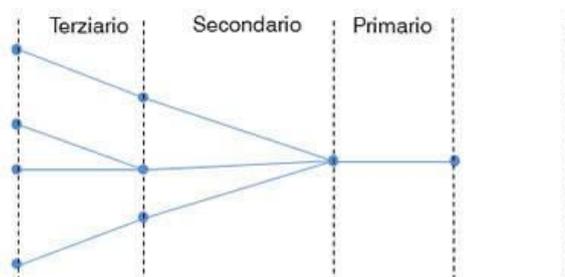
Si consideri ad esempio un'unità immobiliare suddivisa su due piani. Su entrambi è presente un sistema a radiatori. Al piano primo è presente un camino in un ambiente ed uno split per raffrescamento in un altro. Occorrerà creare tre zone: la prima con solo radiatori, la seconda con radiatori e camino e la terza con radiatori per riscaldamento più split per raffrescamento.

SISTEMA IDRONICO

Terminali



IDRONICO CLIMATIZZAZIONE



- Il terziario ed il secondario sono circuiti di zona (da 1 a n)
- Il primario è unico e comprende tratto analitico e tabellare
- I metodi tabellari possono essere usati sia in progetto che in certificazione, purché le scelte siano rappresentative

Il sistema idronico può essere suddiviso su tre differenti livelli di calcolo. In realtà per un appartamento termoautonomo sarà possibile considerare un unico livello.

SISTEMA AERAILICO

Terminali



AERAILICO CLIMATIZZAZIONE

Secondario

Primario



- Il secondario è circuito di zona (da 1 a n)
- Il primario è unico
- Deve essere collegato a «portata di climatizzazione»

Il sistema aeraulico può essere suddiviso su due differenti livelli di calcolo.

SISTEMA IDRONICO ACS

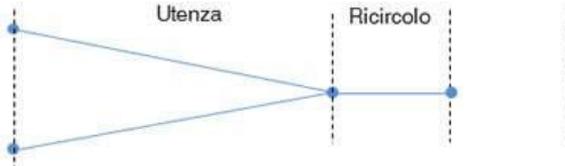
Terminali



IDRONICO ACS

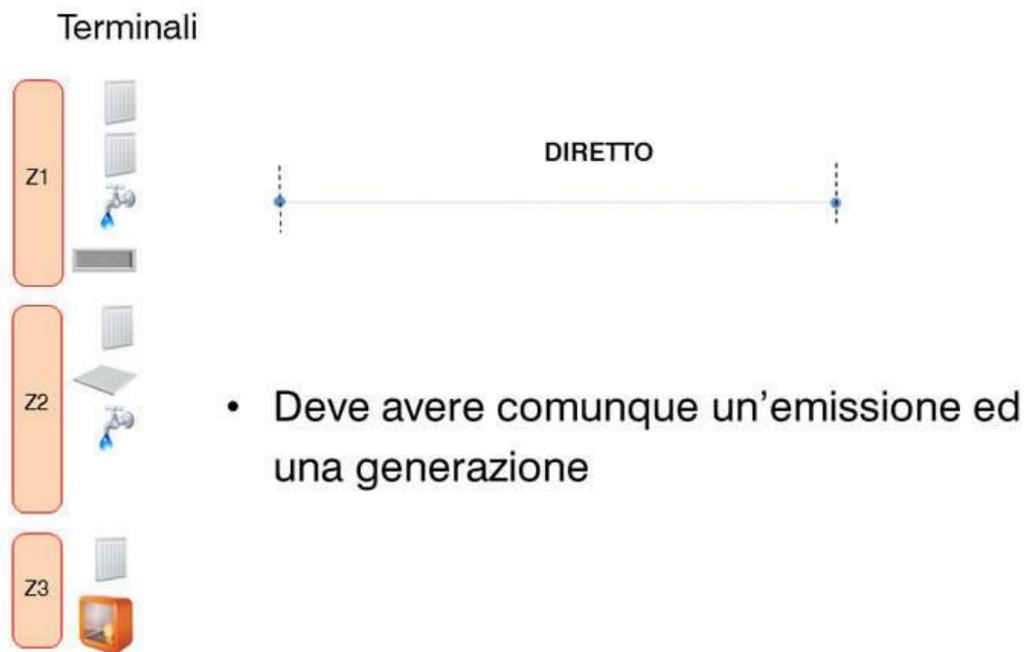
Utenza

Ricircolo



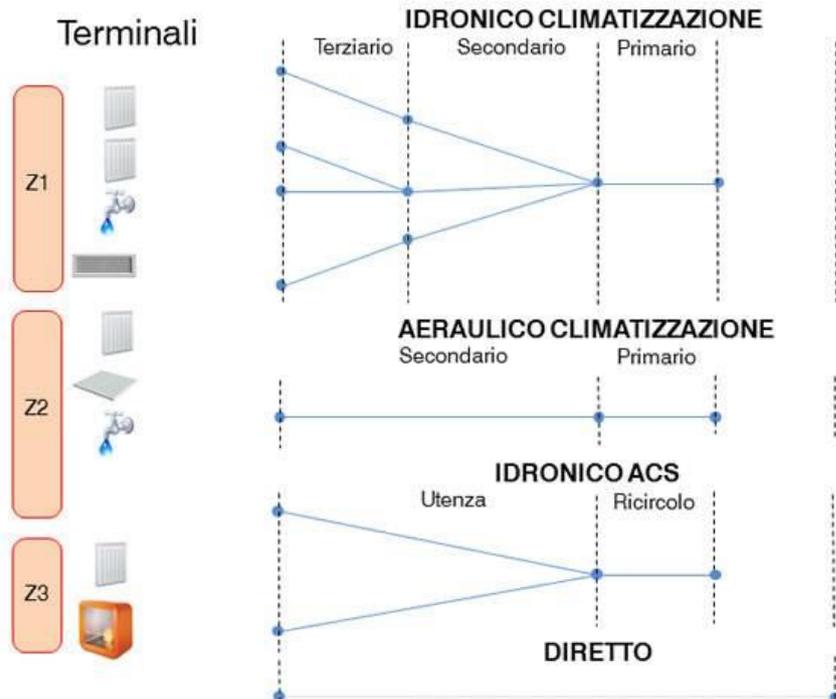
- Il circuito di utenza è circuito di zona (da 1 a n)
- Il circuito di ricircolo è unico
- Il metodo tabellare può essere utilizzato senza accumulo e/o ricircolo, solo in certificazione energetica

Il sistema idronico aperto per ACS può essere suddiviso su due differenti livelli di calcolo.

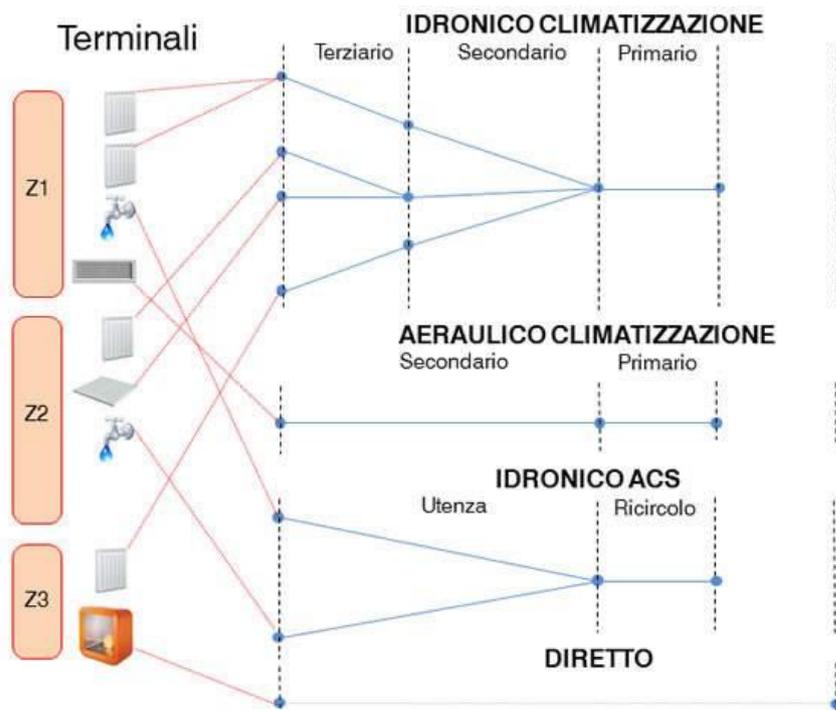


Il sistema diretto non ha una vera e propria valenza fisica. Deve essere utilizzato quando sistema di emissione e di produzione coincidono (ad esempio caminetti, stufe, split, ecc...).

SISTEMA DIRETTO



L'edificio può contenere diversi sistemi impiantistici di varia natura. Tutti i sistemi impiantistici devono essere necessariamente collegati a valle ad una zona termica per l'erogazione del servizio.



3.4 Le centrali termiche

A monte dei sistemi impiantistici sono disposti i dispositivi di produzione: caldaie, pompe di calore, teleriscaldamento, ecc... L'elemento principale è la centrale termica che può contenere uno o più generatori di uguale o diversa tipologia.

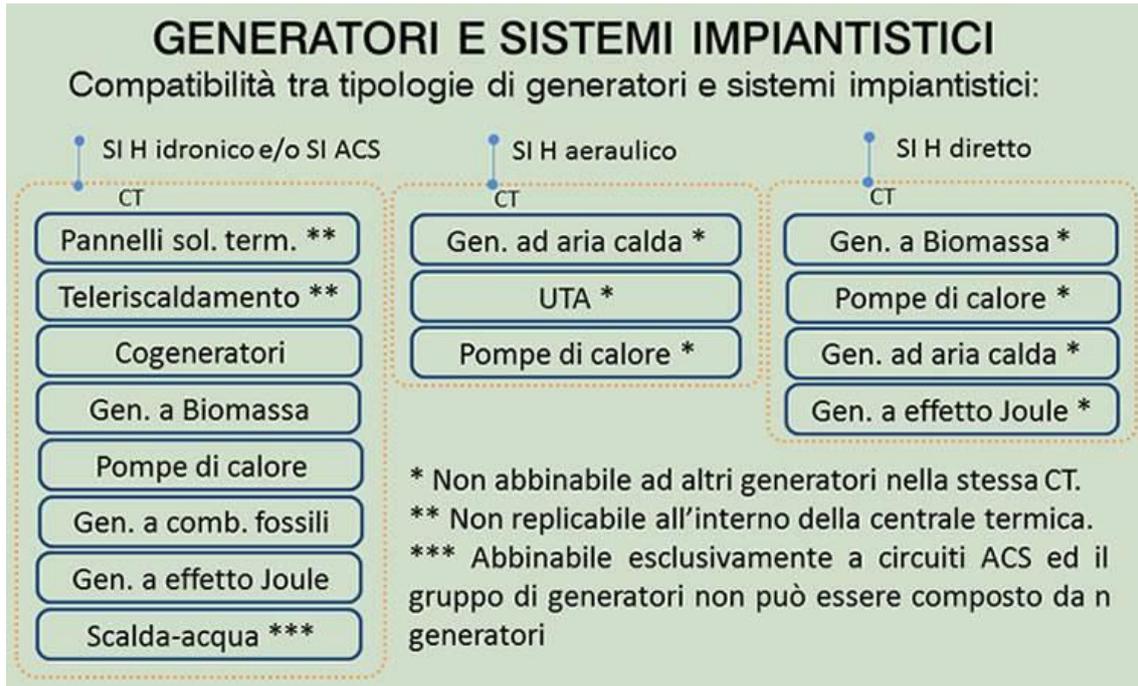
IMPORTANTE: ogni centrale termica serve un solo sistema impiantistico per servizio e viceversa ogni sistema impiantistico è servita da una e una sola centrale termica.

La centrale termica può essere costituita da uno o più generatori, eventualmente anche di diversa tipologia. I generatori possono funzionare in cascata o in parallelo.

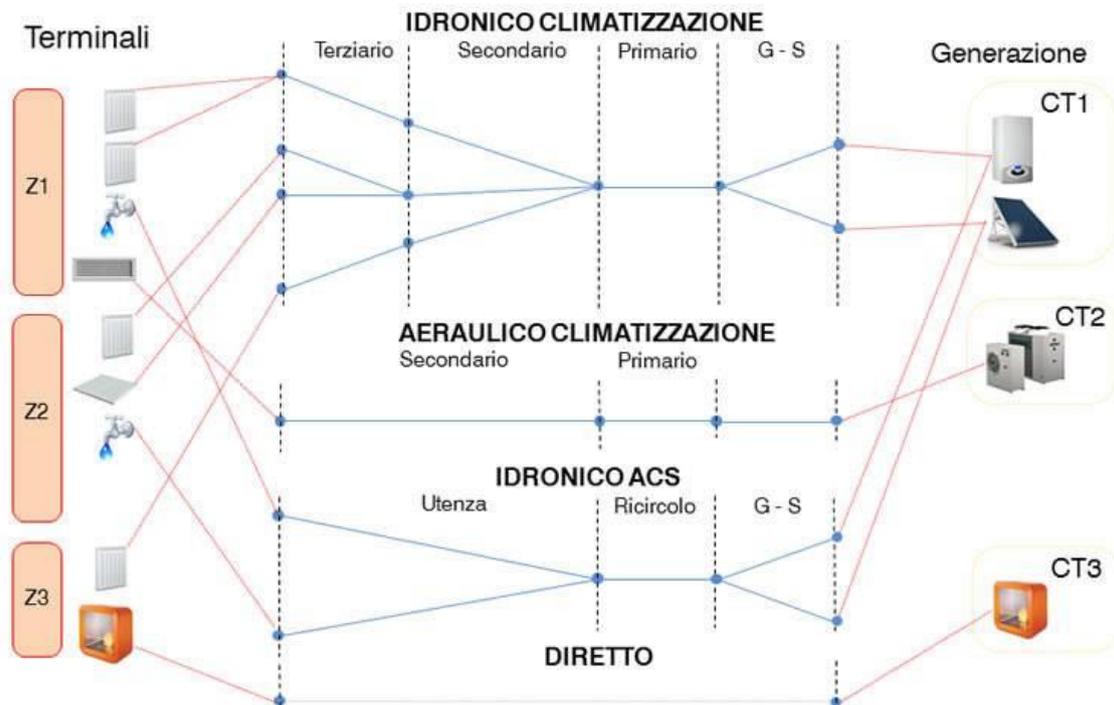
Le centrali (e quindi i sistemi/emissioni) possono funzionare in cascata o in parallelo.

Ad esempio un sistema a split con pompa di calore per riscaldamento più un impianto a caldaia e radiatori è rappresentato da due sistemi impiantistici, uno di tipo idronico ed uno diretto, collegati a monte a due distinte centrali termiche. Viceversa un sistema assemblato a pompa di calore per riscaldamento con una caldaia a integrazione è rappresentato da unica centrale collegata al sistema di distribuzione.

Esiste una precisa compatibilità tra sistemi impiantistici idronici, aeraulici e diretti ed i generatori delle centrali termiche. Di seguito si riportano le corrispondenze.



Tutti i sistemi impiantistici devono essere necessariamente collegati a monte ad una centrale termica per la produzione di energia richiesta per un determinato servizio.



Il collegamento tra tipologie di generatore e rete di distribuzione del fluido termovettore deve rispettare regole molto precise di compatibilità.

3.5 Accumuli, metodi di calcolo dei generatori a combustione ed impianti centralizzati

Uno degli elementi più importanti nella modellazione degli impianti sono i serbatoi di accumulo che possono avere ruoli molto diversi nello schema di funzionamento dell'impianto.

TIPOLOGIE DI ACCUMULO PUFFER

Serbatoio per accumulo di «acqua tecnica», con fluido termovettore circolante in un circuito chiuso (tipicamente per riscaldamento). I puffer possono essere chiamati anche termoaccumulatori, accumulatori inerziali di energia o volani termici.

BOLLITORE

Serbatoio per accumulo di acqua calda usata per fini sanitari (rubinetti, docce) con fluido termovettore circolante in un circuito aperto.

TANK IN TANK

Il serbatoio è suddiviso in due volumi separati e compenetrati, uno contenente acqua tecnica, l'altro contenente acqua calda sanitaria. È una versione intermedia tra i primi due.

Occorre individuare il ruolo dei serbatoi di accumulo eventualmente presenti per impostare correttamente il modello di calcolo dell'impianto.

I SERBATOI DI ACCUMULO

I serbatoi di accumulo possono essere adibiti ai seguenti servizi:

- 1) Riscaldamento (tipologie A, B e C)
- 2) ACS (tipologie A, B e C)
- 3) ACS e riscaldamento (tipologie B e C)
- 4) Raffrescamento (tipologie A, B e C)

I serbatoi di accumulo possono essere suddivisi in tre tipologie:

- SERBATOI DI SISTEMA IMPIANTISTICO (ad es. bollitore o accumulo per solo riscaldamento)
- SERBATOI DI CENTRALE TERMICA (ad es. puffer)
- SERBATOI DI GENERATORE (ad es. puffer)

Una volta definito il ruolo del serbatoio può essere scelto l'elemento opportuno di *TERMOLOG* nello schema di modellazione dell'impianto.

I GENERATORI A COMBUSTIONE

I generatori a combustione a gas, gasolio, GPL e biomassa richiedono metodi di calcolo diversi in base al tipo di analisi che deve essere eseguita. E' perciò importante conoscere le regole di utilizzo di ogni metodo per poter scegliere quello più opportuno. In Lombardia l'uso di una metodologia non conforme alle indicazioni della norma può anche portare a errori di modellazione che vengono evidenziati dal software di calcolo regionale.

I generatori a combustione possono essere calcolati con 3 metodi:

- 1) Calcolo perdite con valori da tabella
- 2) Metodo analitico per calcolo rendimenti (B.2)
- 3) Metodo analitico per calcolo perdite (B.3)

La scelta di questi metodi riguarda:

- CALDAIE A COMBUSTIBILE FOSSILE PER RISCALDAMENTO
- CALDAIE A COMBUSTIBILE FOSSILE PER ACS
- CALDAIE A COMBUSTIBILE FOSSILE PROD. COMBINATA
- GENERATORI A BIOMASSA

Esistono tre metodi di calcolo per i generatori a combustione. Occorre conoscere le caratteristiche dei tre metodi per un uso corretto del software di calcolo.

I metodi B2 e B3 possono essere sempre utilizzati.

Il metodo tabellare per sola ACS non può essere utilizzato:

- Per impianti centralizzati
- Con altri sistemi di generazione
- In presenza di serbatoi di accumulo (è già incluso nella tipologia)
- Per calcolo di progetto
- Il metodo tabellare per risc. o combinato non può essere utilizzato:
- Per calcolo di progetto
- Con biomassa liquida o gassosa

PROPORZIONAMENTO DEL GENERATORE

Il valore di riproporzionamento riguarda:

- Centrali temiche
- Circuiti G-S
- Accumuli di centrale o generatore

Qualunque altro elemento deve essere riproporzionato manualmente (ad esempio ricircolo, distribuzione, accumuli di sist. imp., ecc...). Il proporzionamento interessa i servizi impostati come "centralizzati".

In caso di impianti centralizzati gli elementi dell'impianto non sottoposti a riproporzionamento devono essere inseriti tenendo già conto della sola quota competente all'unità immobiliare oggetto del calcolo.

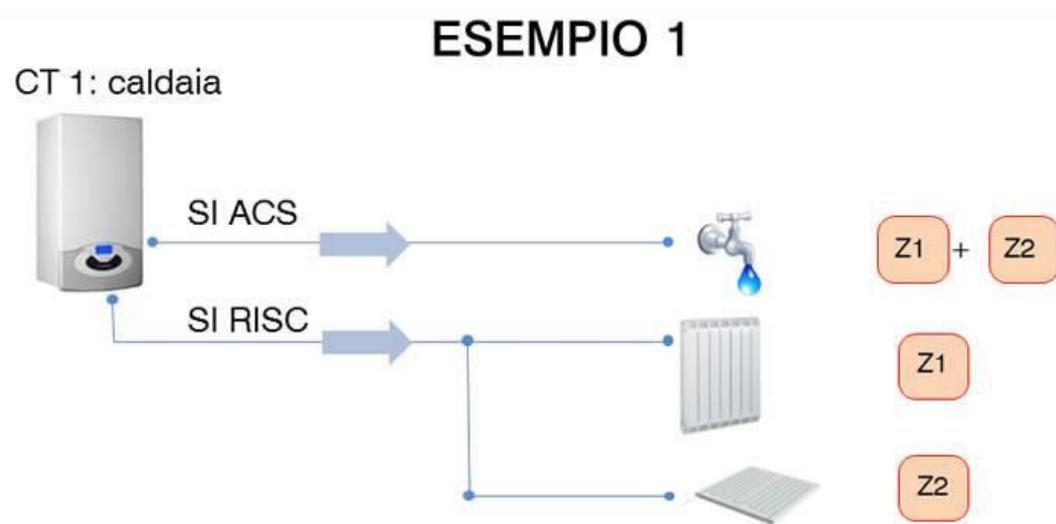
3.6 Esempi di calcolo

Gli esempi presentati di seguito individuano alcune tipologie tra le più comuni di configurazione impiantistica. Le regole di modellazione presentate possono essere estese a schemi diversi nei quali siano coinvolti gli stessi elementi.

Tutti gli esempi sono stati impostati tenendo Roma come località di riferimento. Le regole valgono tuttavia per qualunque località italiana. Per i file di esempio allegati è eventualmente possibile modificare il comune di riferimento.

[Cliccando qui può scaricare i file di esempio utilizzabili con TERMOLOG](#)

3.6.1 Esempio 1



Riscaldamento

Terminale: radiatore sulla zona 1 e pannello radiante sulla zona 2

Sistema impiantistico: idronico (metodo distribuzione tabellare)

ACS

Sistema impiantistico: idronico aperto (metodo distribuzione tabellare)

Centrale termica

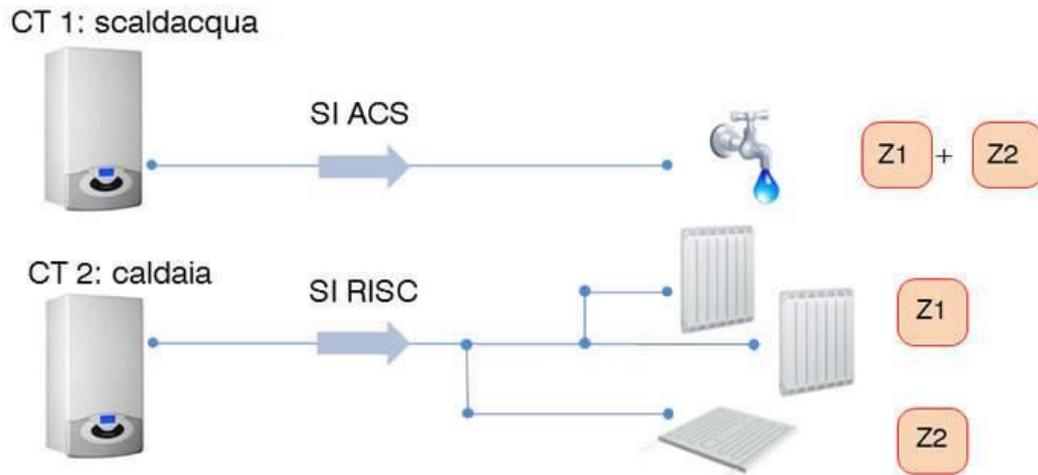
Produzione: combinata riscaldamento + ACS

Collegamento centrale – sistema: diretto (produzione istantanea con priorità ACS)

Generatore: caldaia a gas metano a condensazione (metodo di calcolo tabellare)

3.6.2 Esempio 2

ESEMPIO 2



Riscaldamento

Terminale: radiatore su parete interna e su parete esterna sulla zona 1 e pannello radiante sulla zona 2

Sistema impiantistico: idronico (metodo distribuzione tabellare)

ACS

Sistema impiantistico: idronico aperto (metodo distribuzione tabellare)

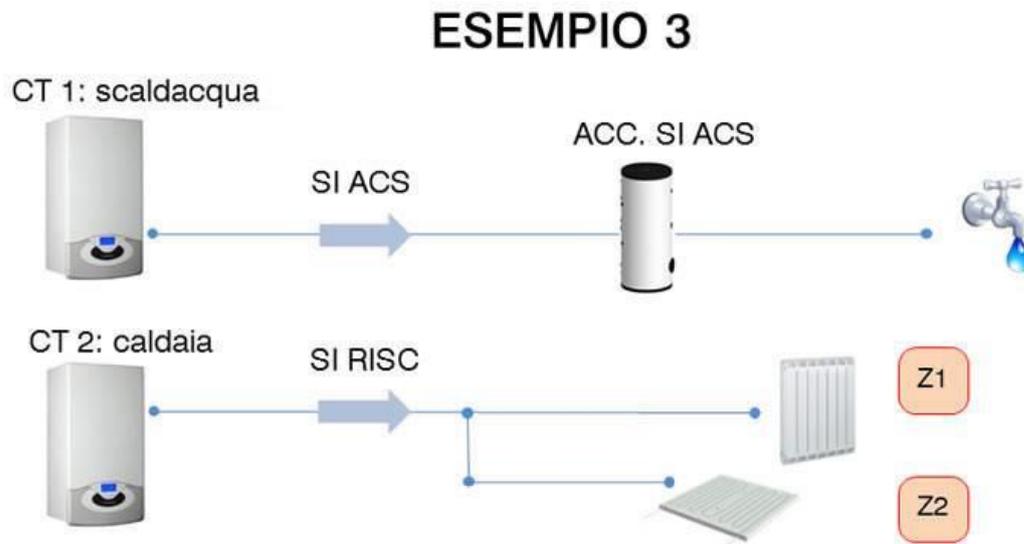
Centrale termica

Produzione: separata

Generatore riscaldamento: caldaia a gas metano a condensazione (metodo di calcolo tabellare)

Generatore ACS: scaldacqua a gas metano (metodo di calcolo tabellare)

3.6.3 Esempio 3



Riscaldamento

Terminale: radiatore sulla zona 1 e pannello radiante sulla zona 2

Sistema impiantistico: idronico (metodo distribuzione tabellare)

ACS

Sistema impiantistico: idronico aperto (metodo distribuzione tabellare)

Accumulo: serbatoio di sistema impiantistico

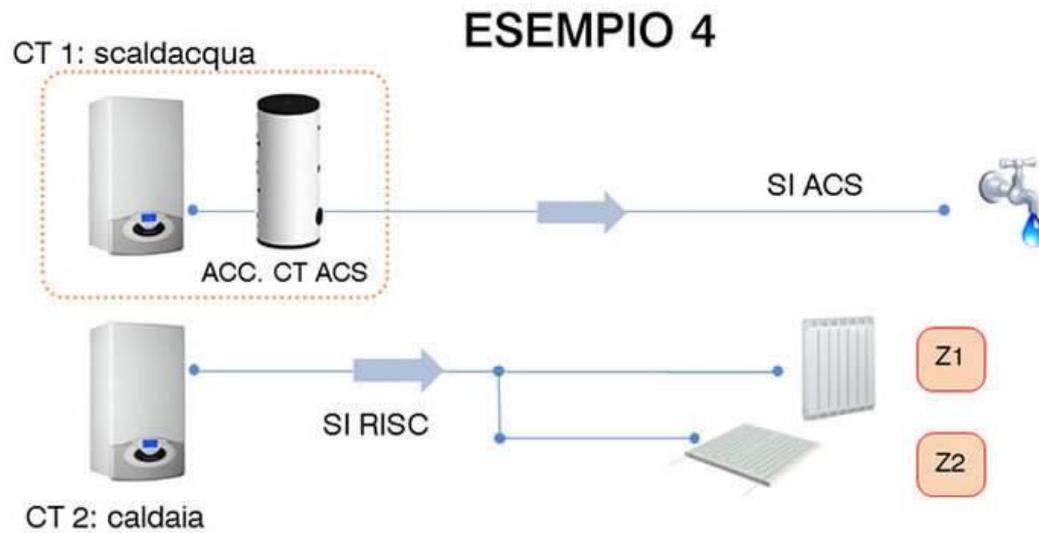
Centrale termica

Produzione: separata

Generatore riscaldamento: caldaia a gas metano a condensazione (metodo di calcolo tabellare)

Generatore ACS: scaldacqua a gas metano (metodo di calcolo tabellare)

3.6.4 Esempio 4



Riscaldamento

Terminale: radiatore sulla zona 1 e pannello radiante sulla zona 2

Sistema impiantistico: idronico (metodo distribuzione tabellare)

ACS

Sistema impiantistico: idronico aperto (metodo distribuzione tabellare)

Accumulo: serbatoio di centrale termica integrato nello scaldacqua

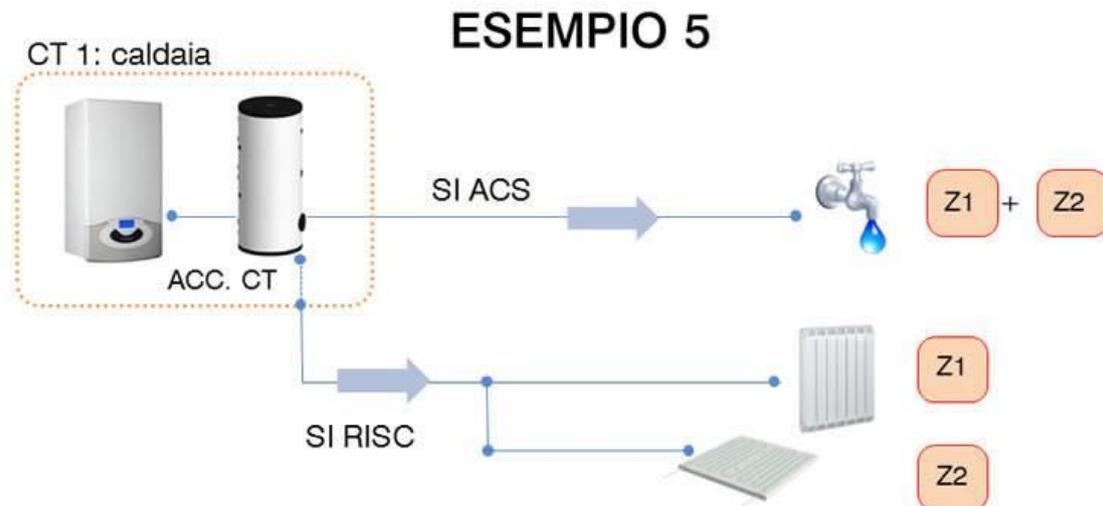
Centrale termica

Produzione: separata

Generatore riscaldamento: caldaia a gas metano a condensazione (metodo di calcolo tabellare)

Generatore ACS: scaldacqua a gas metano (metodo di calcolo tabellare)

3.6.5 Esempio 5



Riscaldamento

Terminale: radiatore sulla zona 1 e pannello radiante sulla zona 2

Sistema impiantistico: idronico (metodo distribuzione tabellare)

ACS

Sistema impiantistico: idronico aperto (metodo distribuzione tabellare)

Centrale termica

Produzione: combinata riscaldamento + ACS

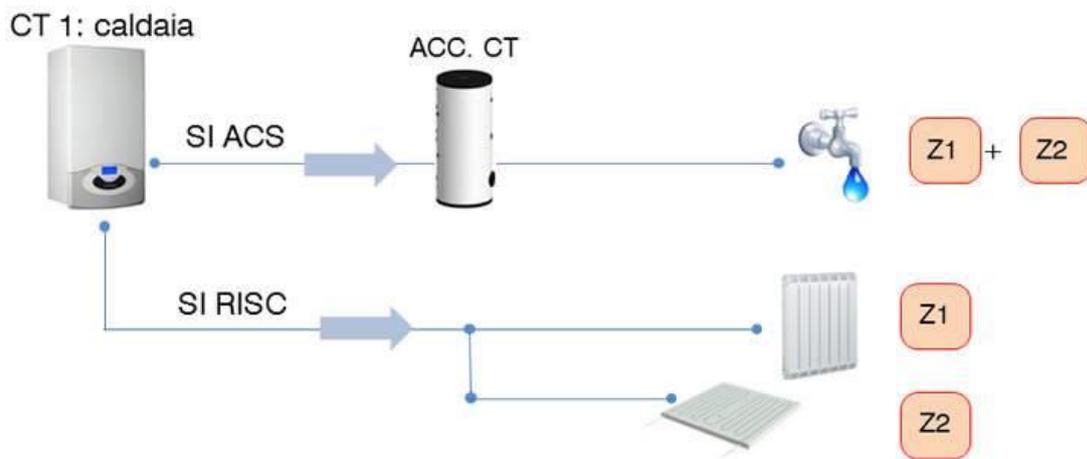
Collegamento centrale – sistema: con accumulo (senza priorità ACS)

Accumulo: puffer con serpentino in ingresso dalla caldaia e circuiti in uscita dal serbatoio per riscaldamento e ACS

Generatore: caldaia a gas metano a condensazione (metodo di calcolo tabellare)

3.6.6 Esempio 6

ESEMPIO 6



Riscaldamento

Terminale: radiatore sulla zona 1 e pannello radiante sulla zona 2

Sistema impiantistico: idronico (metodo distribuzione tabellare)

ACS

Sistema impiantistico: idronico aperto (metodo distribuzione tabellare)

Accumulo: serbatoio di sistema impiantistico

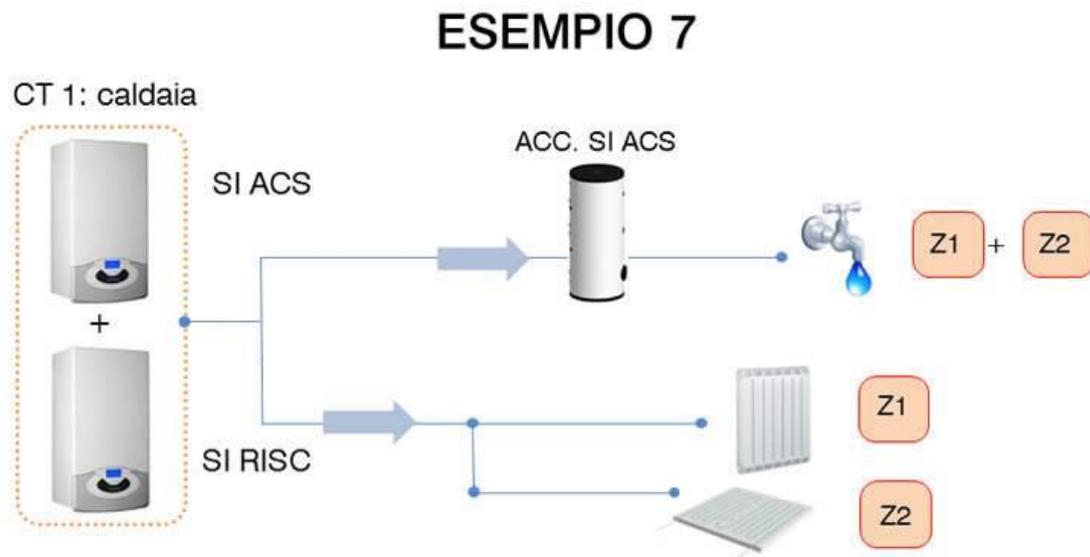
Centrale termica

Produzione: combinata riscaldamento + ACS

Collegamento centrale – sistema: diretto (produzione istantanea con priorità ACS)

Generatore: caldaia a gas metano a condensazione (metodo di calcolo B2)

3.6.7 Esempio 7



Riscaldamento

Terminale: radiatore sulla zona 1 e pannello radiante sulla zona 2

Sistema impiantistico: idronico (metodo distribuzione tabellare)

ACS

Sistema impiantistico: idronico aperto (metodo distribuzione tabellare)

Accumulo: serbatoio di sistema impiantistico

Centrale termica

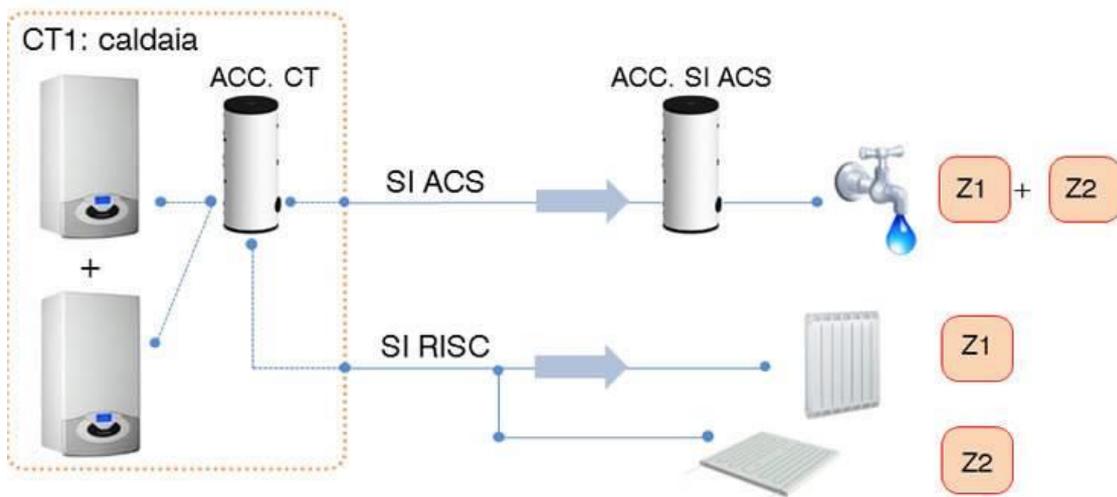
Produzione: combinata riscaldamento + ACS

Collegamento centrale – sistema: diretto (produzione istantanea con priorità ACS)

Generatore: caldaia a gas metano a condensazione (metodo di calcolo tabellare)

3.6.8 Esempio 8

ESEMPIO 8



Riscaldamento

Terminale: radiatore sulla zona 1, pannello radiante sulla zona 2, split sulla zona 2

Sistema impiantistico: idronico (metodo distribuzione tabellare)

ACS

Sistema impiantistico: idronico aperto (metodo distribuzione tabellare)

Accumulo: serbatoio di sistema impiantistico

Centrale termica

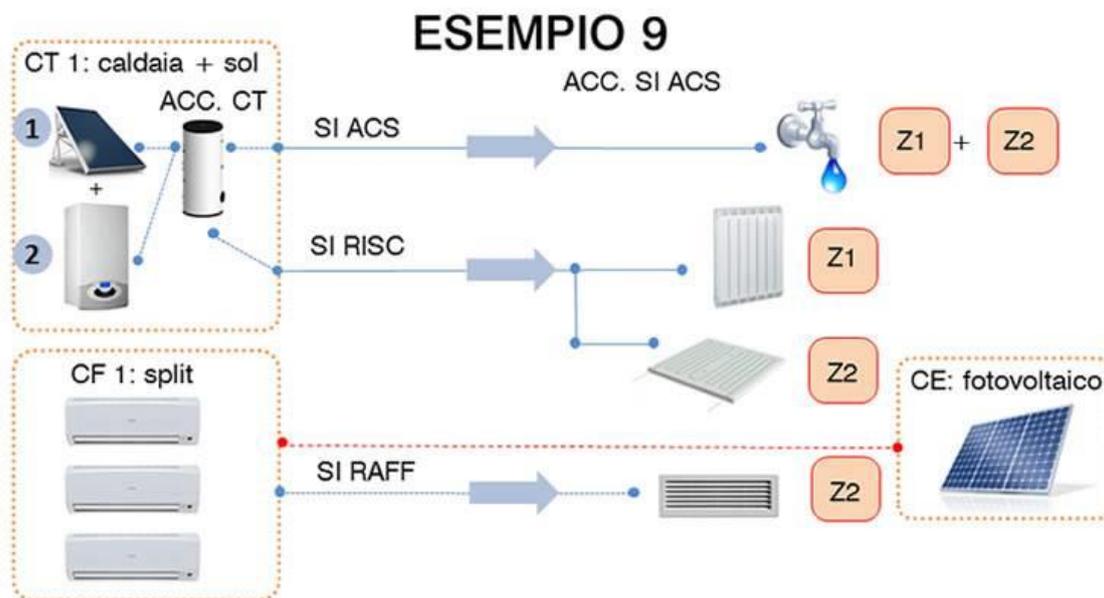
Produzione: combinata riscaldamento + ACS

Collegamento centrale – sistema: con accumulo (senza priorità ACS)

Accumulo: puffer con serpentino in ingresso dalle caldaie e circuiti in uscita dal serbatoio per riscaldamento e ACS

Generatore: caldaie a gas metano a condensazione (metodo di calcolo tabellare)

3.6.9 Esempio 9



Riscaldamento

Terminale: radiatore sulla zona 1, pannello radiante sulla zona 2

Sistema impiantistico: idronico (metodo distribuzione tabellare)

Raffrescamento

Terminale: split sulla zona 2

Sistema impiantistico: diretto (metodo distribuzione tabellare)

ACS

Sistema impiantistico: idronico aperto (metodo distribuzione tabellare)

Accumulo: serbatoio di sistema impiantistico

Centrale termica

Produzione: combinata riscaldamento + ACS

Collegamento centrale – sistema: con accumulo (senza priorità ACS)

Accumulo: puffer con serpentino in ingresso da caldaia e solare termico; circuiti in uscita dal serbatoio per riscaldamento e ACS

Generatore: caldaia a gas metano a condensazione, solare termico (metodo di calcolo tabellare)

Centrale frigorifera

Collegamento centrale – sistema: diretto

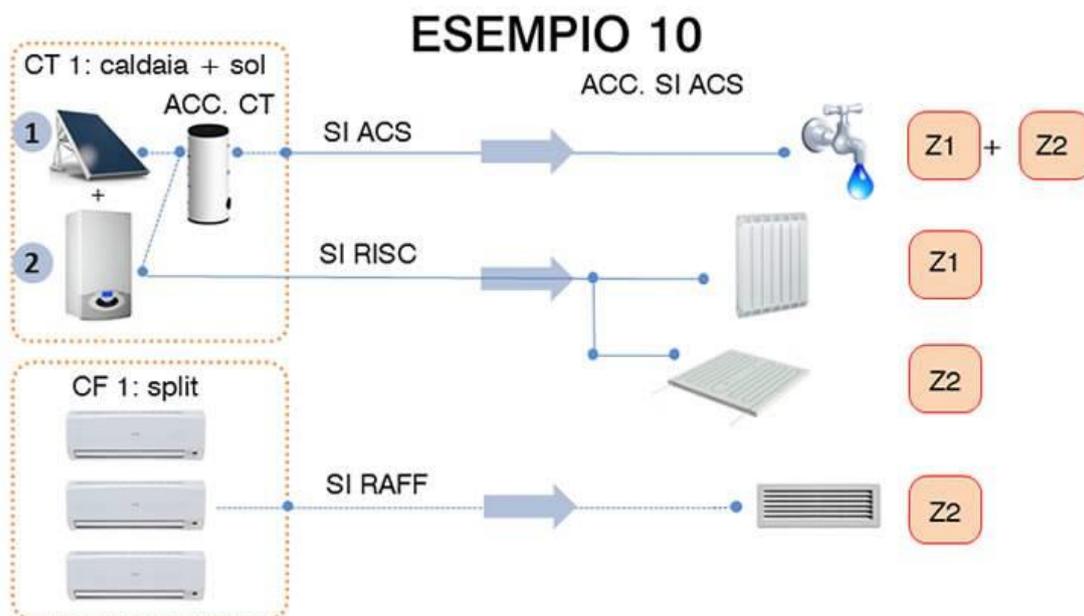
Generatore: 3 p.d.c. (metodo di calcolo rendimenti precalcolati)

Centrale elettrica

Collegamento centrale – sistema: diretto

Generatore: solare fotovoltaico (metodo di calcolo rendimenti precalcolati)

3.6.10 Esempio 10



Riscaldamento

Terminale: radiatore sulla zona 1, pannello radiante sulla zona 2, split sulla zona 2

Sistema impiantistico: idronico (metodo distribuzione tabellare)

Raffrescamento

Terminale: split sulla zona 2

Sistema impiantistico: diretto (metodo distribuzione tabellare)

ACS

Sistema impiantistico: idronico aperto (metodo distribuzione tabellare)

Accumulo: serbatoio di sistema impiantistico

Centrale termica

Produzione: combinata riscaldamento + ACS

Collegamento centrale – sistema: con accumulo (produzione istantanea con priorità ACS)

Accumulo: puffer con serpentino in ingresso dalla caldaia e solare termico; circuiti in uscita dal serbatoio per riscaldamento e ACS

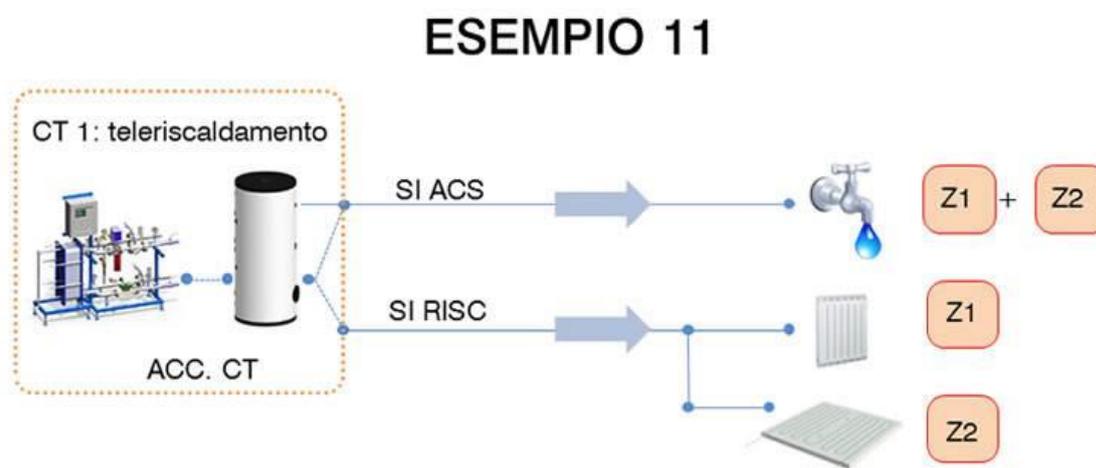
Generatore: caldaia a gas metano a condensazione, solare termico (metodo di calcolo tabellare)

Centrale frigorifera

Collegamento centrale – sistema: diretto

Generatore: 3 p.d.c. (metodo di calcolo rendimenti precalcolati)

3.6.11 Esempio 11



Riscaldamento

Terminale: radiatore sulla zona 1 e pannello radiante sulla zona 2

Sistema impiantistico: idronico (metodo distribuzione tabellare)

ACS

Sistema impiantistico: idronico aperto (metodo distribuzione tabellare)

Centrale termica

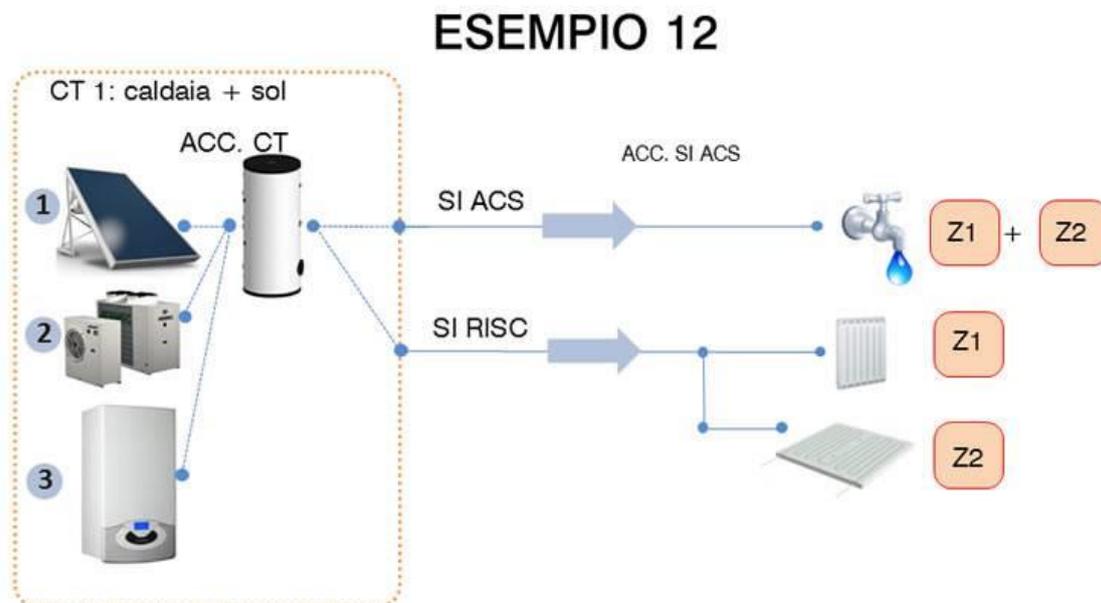
Produzione: combinata riscaldamento + ACS

Collegamento centrale – sistema: con accumulo (senza priorità ACS)

Accumulo: puffer con serpentino in ingresso dal teleriscaldamento, circuito in uscita per riscaldamento e ACS

Generatore: caldaia a gas metano a condensazione (metodo di calcolo tabellare)

3.6.12 Esempio 12



Riscaldamento

Terminale: radiatore sulla zona 1 e pannello radiante sulla zona 2

Sistema impiantistico: idronico (metodo distribuzione tabellare)

ACS

Sistema impiantistico: idronico aperto (metodo distribuzione tabellare)

Accumulo: serbatoio di sistema impiantistico

Centrale termica

Produzione: combinata riscaldamento + ACS

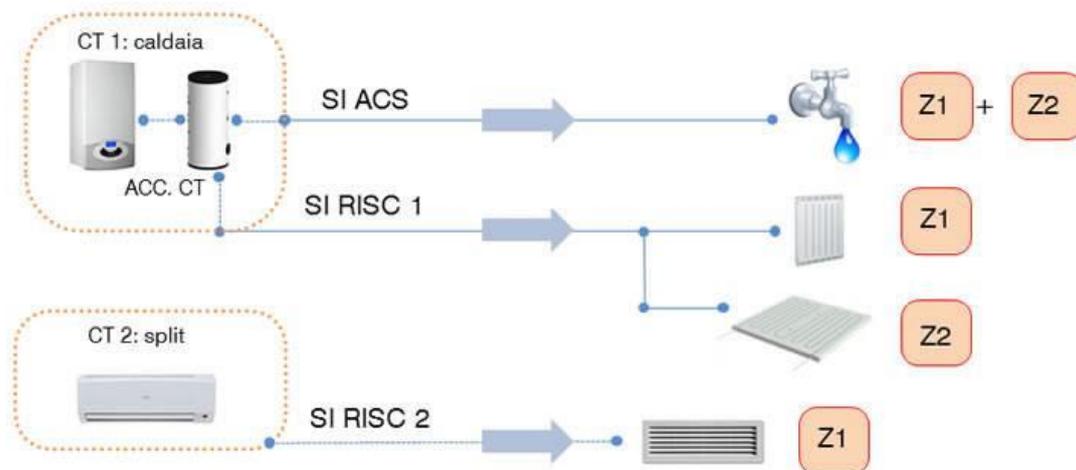
Collegamento centrale – sistema: con accumulo (senza priorità ACS)

Accumulo: puffer con serpentino in ingresso da caldaia, p.d.c. e solare termico; circuito in uscita per riscaldamento e ACS

Generatore: caldaia a gas metano a condensazione (metodo di calcolo tabellare); p.d.c. e solare termico

3.6.13 Esempio 13

ESEMPIO 13



Riscaldamento

Terminale: radiatore sulla zona 1, pannello radiante e split sulla zona 2

Sistema impiantistico: idronico (metodo distribuzione tabellare)

ACS

Sistema impiantistico: idronico aperto (metodo distribuzione tabellare)

Centrale termica 1

Produzione: combinata riscaldamento + ACS

Collegamento centrale – sistema: con accumulo (senza priorità ACS)

Accumulo: puffer con serpentino in ingresso dalla caldaia e circuiti in uscita dal serbatoio per riscaldamento e ACS

Generatore: caldaia a gas metano a condensazione (metodo di calcolo tabellare)

Centrale termica 2

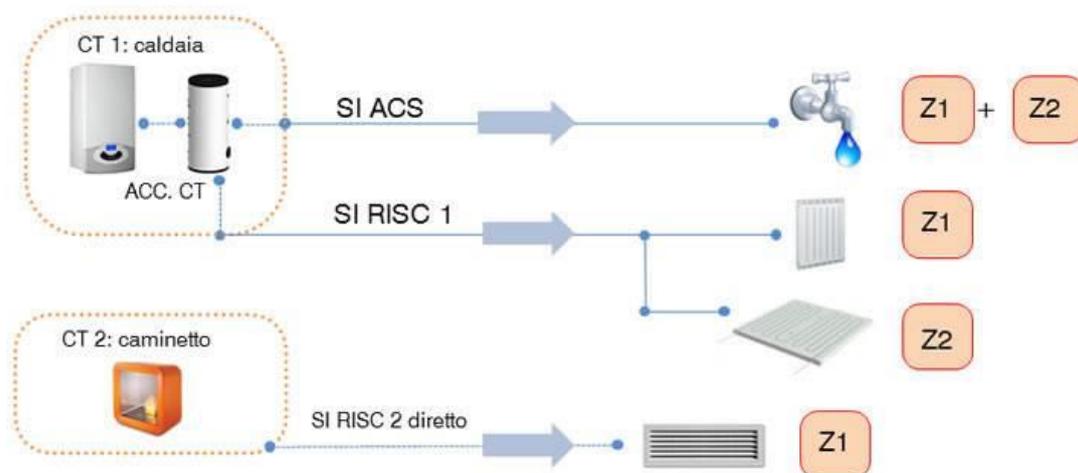
Produzione: separata

Collegamento centrale - sistema: diretto

Generatore: pompa di calore (metodo di calcolo rendimenti precalcolati)

3.6.14 Esempio 14

ESEMPIO 14



Riscaldamento

Terminale: radiatore sulla zona 1 e pannello radiante sulla zona 2

Sistema impiantistico: idronico (metodo distribuzione tabellare)

ACS

Sistema impiantistico: idronico aperto (metodo distribuzione tabellare)

Centrale termica 1

Produzione: combinata riscaldamento + ACS

Collegamento centrale – sistema: con accumulo (senza priorità ACS)

Accumulo: puffer con serpentino in ingresso dalla caldaia e circuiti in uscita dal serbatoio per riscaldamento e ACS

Generatore: caldaia a gas metano a condensazione (metodo di calcolo tabellare)

Centrale termica 2

Produzione: separata

Collegamento centrale - sistema: diretto

Generatore: caminetto (metodo di calcolo rendimenti precalcolati)

3.6.15 Impianti aeraulici

Gli impianti per climatizzazione ad aria e ventilazione meccanica meritano una sezione separata poiché occorre seguire alcune regole particolari di modellazione.

IMPIANTI A TUTT'ARIA

Non c'è UTA, impianto aeraulico:

- portate per climatizzazione nella zona, NON per impianto misto
- portate collegate a sistema aeraulico, NON di tipo misto con emissione compatibile (bocchette)
- generatore d'aria calda o pompa di calore

Non c'è UTA, impianto diretto:

- Se presenti, portate VMC o naturale nella zona, ma NON per climatizzazione
- sistema diretto con emissione compatibile (bocchette)
- nessuna associazione tra portate e sistemi
- generatore d'aria calda o pompa di calore

C'è UTA, impianto aeraulico:

- portate per climatizzazione nella zona, NON per impianto misto
- portate collegate a sistema aeraulico, NON di tipo misto con emissione compatibile (bocchette)
- UTA a valle collegata al sistema aeraulico
- Se presente deve essere impostato un generatore ad acqua (caldaia) collegato al circuito generatore – UTA.

In caso di alimentazione elettrica questo punto non è necessario.

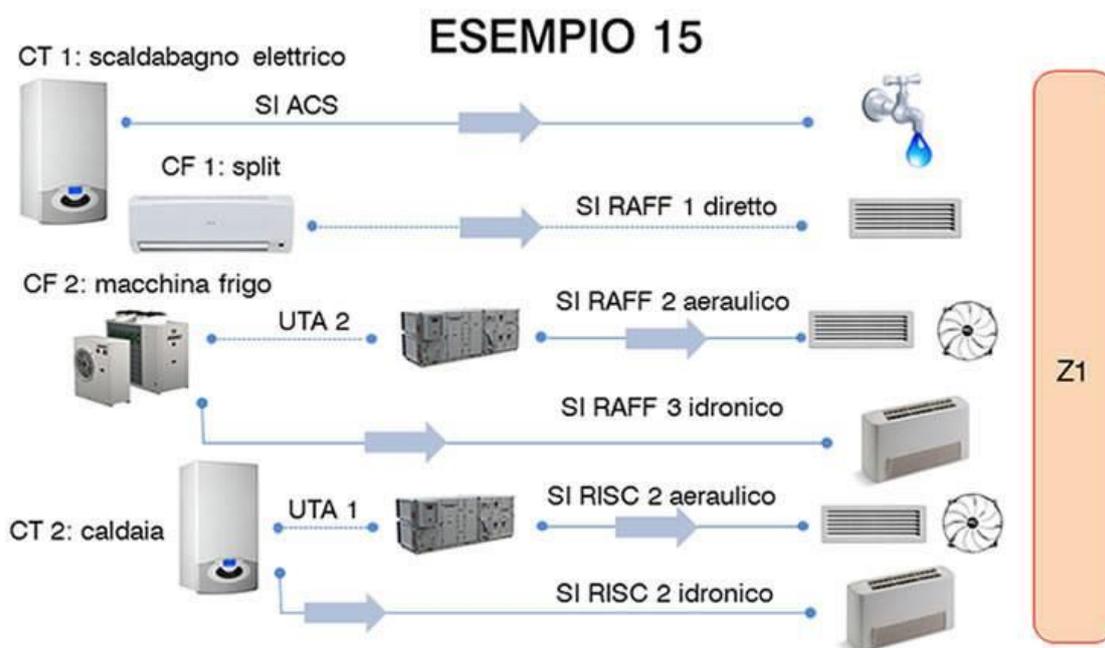
- UTA a monte associata alla centrale idronica qualora sia presente. In caso di alimentazione elettrica questo punto non è necessario.

IMPIANTI MISTI

C'è UTA, impianto aeraulico + idronico:

- portate per climatizzazione nella zona per impianto misto
- portate collegate a sistema aeraulico, di tipo misto con emissione compatibile (bocchette)
- UTA a valle collegata al sistema aeraulico
- generatore ad acqua (caldaia) collegato al sistema idronico
- UTA a monte associata alla centrale idronica

In presenza di raffrescamento l'intera configurazione deve essere duplicata



Riscaldamento e raffrescamento

Terminale: ventilconvettore

Sistema impiantistico: idronico (metodo distribuzione tabellare)

Ricambio aria periodo invernale ed estivo

Sistema impiantistico: aeraulico (metodo distribuzione tabellare)

ACS

Sistema impiantistico: idronico aperto (metodo distribuzione tabellare)

Centrali

Produzione per climatizzazione invernale: caldaia + UTA

Produzione per climatizzazione estiva: macchina frigo + UTA

3.6.16 Edifici senza impianto

Le normative, impongono ai fini della certificazione energetica, la produzione dell'attestato di prestazione anche per gli edifici non dotati di impianto termico. Questa operazione implica la valutazione di un impianto simulato standard per i servizi di riscaldamento e/o ACS con precise regole definite dalla normativa.

ESEMPIO 16



Riscaldamento

Impianto simulato idronico

ACS

Impianto simulato idronico aperto

Centrale termica

Generatore simulato: caldaia a gas metano combinata

4 Domande d'esame

- Qual è stata la prima norma italiana a introdurre il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici?
- Cosa sono i gradi giorno?
- Cosa è il rapporto S/V?
- Cosa sono le zone climatiche? Che differenza c'è con le zone termiche?
- Cosa si intende per trasmittanza termica e per conducibilità termica?
- Quando è obbligatorio redarre l'APE?
- Cos'è una ristrutturazione importante di 1° e 2° livello?
- Cos'è l'edificio di riferimento?
- Cos'è un edificio NZEB?
- Cos'è il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione?
- Cos'è l'area solare equivalente estiva?
- Cos'è la capacità termica di un edificio?
- Cos'è la trasmittanza termica periodica Y_{IE} ?
- Cosa si intende per efficienza energetica?
- Quale metodologia di calcolo è adottata per determinare il fabbisogno energetico di un edificio?
- Come si determina il fabbisogno totale annuo di energia di un edificio?
- Qual è il bilancio energetico del sistema edificio-impianto?
- Da cosa dipende il fabbisogno ideale di energia per climatizzazione invernale $Q_{H,nd}$?
- Da cosa dipende il fabbisogno ideale di energia per climatizzazione estiva $Q_{C,nd}$?
- Cosa si intende per "ponte termico" e come si classificano?
- Come si corregge un ponte termico?
- Cosa si intende per rendimento medio stagionale? Da cosa dipende?
- Cosa si intende perdite del sottosistema di emissione, di distribuzione, di regolazione e di generazione?
- Come si calcola il volume di ACS per gli edifici residenziali?
- Come si calcola il Volume di acqua richiesto per altre tipologie di edifici?
- Come si calcola l'energia primaria per ventilazione?
- Come si calcola l'efficienza di generazione di un impianto di raffrescamento?
- Come funziona una pompa di calore?
- Cosa è il COP?
- Cosa è il GUE?
- Com'è costituito un impianto solare termico?
- Da quali fattori dipende la produzione di energia elettrica di un impianto fotovoltaico?
- Come si classifica un impianto di cogenerazione?

- Recuperatori di calore a flussi incrociati: potenza, efficienza
- Generatori a gas a condensazione
- Generatori a pompa di calore
- Sistemi ibridi
- Impianti di distribuzione ad espansione diretta
- Impianti di distribuzione a fluido intermedio
- Impianti di distribuzione idronici
- Sistemi di emissione: radiatori, fan coil, pannelli radianti, bocchette e diffusori a soffitto
- Sistemi di regolazione negli impianti
- Proprietà del diagramma psicrometrico
- Riscaldamento sensibile dell'aria (calcolo e rappresentazione nel diagramma psicrometrico)
- Raffreddamento con umidificazione dell'aria (calcolo e rappresentazione in diagramma psicrometrico)
- Produzione di acqua calda sanitaria impianti idrico-sanitari con integrazione del solare termico
- Tensione e corrente continua
- Proprietà del campo magnetico
- Autoinduzione, mutua induzione e trasformatore
- Tensione e corrente alternata
- Fattore di potenza elettrico
- Generazione di energia elettrica con integrazione del solare fotovoltaico
- Principi della building automation e degli impianti domotici