

SONIA LUPICA SPAGNOLO

**CLASSE ENERGETICA  
DEGLI EDIFICI:  
LE PROCEDURE  
DI CALCOLO**

secondo le norme UNI/TS 11300-1,-2,-3

  
**MAGGIOLI  
EDITORE**

**© Copyright 2011 by Maggioli S.p.A.**  
**Maggioli Editore è un marchio di Maggioli S.p.A.**  
**Azienda con sistema qualità certificato ISO 9001: 2000**

*47822 Santarcangelo di Romagna (RN) • Via del Carpino, 8*  
*Tel. 0541/628111 • Fax 0541/622020*  
[www.maggioli.it/servizioclienti](http://www.maggioli.it/servizioclienti)  
e-mail: [servizio.clienti@maggioli.it](mailto:servizio.clienti@maggioli.it)

Diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione  
e di adattamento, totale o parziale con qualsiasi mezzo sono riservati per tutti i paesi.

Finito di stampare nel mese di giugno 2011  
dalla Litografia Titanlito s.a.  
Dogana (Repubblica di San Marino)

# Indice

<i>Prefazione</i> di Fulvio Re Cecconi .....	Pag.	7
<b>Capitolo I - Il quadro normativo sul rendimento energetico in edilizia</b> di Nadia Lupica Spagnolo .....	»	9
1. La normativa comunitaria .....	»	9
1.1. La direttiva 2002/91/CE .....	»	9
1.2. La nuova direttiva 2010/31/UE .....	»	13
1.3. Le direttive 2002/91/CE e 2010/31/UE a confronto .....	»	29
2. La normativa nazionale .....	»	32
2.1. I decreti legislativi 192/2005 e 311/2006: il recepimento della 2002/91/CE nel quadro normativo italiano .....	»	32
2.2. I decreti legislativi 115/2008 e 56/2010: la metodologia di calcolo della prestazione energetica ed i soggetti abilitati alla certificazione energetica .....	»	35
2.3. Il d.P.R. 59/2009: i criteri generali da adottare e i requisiti minimi per la prestazione energetica di edifici e impianti termici .....	»	38
2.4. Il decreto interministeriale 26 giugno 2009: le linee guida nazionali sulla certificazione energetica .....	»	40
2.5. Il principio di cedevolezza: il ruolo chiave di regioni e province autonome nella regolamentazione in materia di energia .....	»	41
3. Le funzioni delle pubbliche amministrazioni ai fini dell'attuazione delle norme comunitarie e nazionali .....	»	44
3.1. Il miglioramento dell'efficienza energetica .....	»	45
3.2. L'attività di accertamento ed ispezione .....	»	48
3.3. La certificazione energetica degli edifici esistenti .....	»	49
3.4. La promozione dell'uso di fonti rinnovabili .....	»	50
3.5. L'adeguamento dei regolamenti e degli strumenti urbanistici .....	»	52
4. Le norme tecniche per la certificazione energetica .....	»	53
4.1. Gli indicatori per la classificazione energetica degli edifici: la UNI EN 15217:2007 .....	»	58
4.2. La serie di UNI/TS 11300 .....	»	61

<b>Capitolo II - La UNI/TS 11300-1:2008, come modificata dall'errata corrige del 2010</b> .....	Pag.	65
1. La procedura di calcolo per determinare il fabbisogno energetico di un edificio .....	»	66
1.1. Individuazione delle volumetrie necessarie ai fini del calcolo .....	»	67
1.2. Caso invernale .....	»	68
1.2.1. Condizioni climatiche interne ed esterne da assumere .....	»	68
1.2.2. La stagione di riscaldamento .....	»	72
1.2.3. Il calcolo dei coefficienti di scambio termico tra gli ambienti .....	»	74
1.2.3.1. Trasmissione verso l'esterno ( $H_D$ ) .....	»	87
1.2.3.2. Trasmissione verso l'esterno attraverso ambienti non climatizzati ( $H_U$ ) .....	»	87
1.2.3.3. Trasmissione verso il terreno ( $H_g$ ) .....	»	89
1.2.3.4. Trasmissione verso altri ambienti climatizzati mantenuti a temperatura diversa ( $H_A$ ) .....	»	91
1.2.4. Le perdite termiche per trasmissione ( $Q_{H,tr}$ ) .....	»	91
1.2.5. Le perdite termiche per ventilazione ( $Q_{H,ve}$ ) .....	»	93
1.2.6. Gli apporti termici gratuiti ( $Q_{gn}$ ) .....	»	94
1.2.6.1. Gli apporti termici solari ( $Q_{sol}$ ) .....	»	94
1.2.6.2. Gli apporti termici interni ( $Q_{int}$ ) .....	»	105
1.2.7. Il calcolo del fabbisogno di energia termica per il riscaldamento ( $Q_{H,nd}$ ) .....	»	109
1.3. Caso estivo .....	»	112
1.3.1. Condizioni climatiche interne ed esterne da assumere .....	»	112
1.3.2. La stagione di raffrescamento .....	»	117
1.3.3. Lo scambio termico globale tra gli ambienti ( $Q_{C,ht}$ ) .....	»	118
1.3.4. Gli apporti termici ( $Q_{gn}$ ) .....	»	119
1.3.5. Il calcolo del fabbisogno di energia termica per il raffrescamento ( $Q_{C,nd}$ ) .....	»	120
 <b>Capitolo III - La UNI/TS 11300-2:2008, come modificata dall'errata corrige del 2010</b> .....	»	123
1. Scopo e campo di applicazione .....	»	125
2. Valutazioni energetiche previste .....	»	127
3. Definizioni e simboli utilizzati nella norma .....	»	131
4. La procedura di calcolo dei fabbisogni di energia termica utile .....	»	134
4.1. Il fabbisogno di energia per l'acqua calda sanitaria ....	»	137
4.2. I fabbisogni energetici per altri usi .....	»	140

5. La procedura di calcolo dei fabbisogni di energia primaria	Pag.	141
5.1. Criteri, metodi e finalità di calcolo .....	»	141
5.2. Calcolo del fabbisogno di energia primaria: formula- zione generale .....	»	145
5.3. Periodo ed intervalli di calcolo .....	»	146
5.4. Perdite recuperabili ed energia ausiliaria .....	»	148
5.5. Rendimento globale medio stagionale .....	»	149
6. Rendimenti e perdite dei sottosistemi degli impianti di ri- scaldamento .....	»	150
6.1. Sottosistema di emissione .....	»	150
6.2. Rendimento di regolazione .....	»	154
6.3. Rendimento di distribuzione .....	»	157
6.4. Perdite di accumulo .....	»	159
6.5. Sottosistema di generazione .....	»	162
6.6. Rendimento di un sottosistema .....	»	165
6.7. Fabbisogno di energia elettrica degli impianti di riscal- damento .....	»	166
6.7.1. Fabbisogni elettrici del sistema di emissione ...	»	168
6.7.2. Fabbisogni elettrici del sistema di regolazione	»	170
6.7.3. Fabbisogni elettrici del sistema di distribuzione	»	170
6.7.4. Fabbisogni elettrici del sistema di generazione	»	174
7. Rendimenti e perdite dei sottosistemi degli impianti di ac- qua calda sanitaria .....	»	176
7.1. Perdite di erogazione .....	»	176
7.2. Perdita delle tubazioni di distribuzione dell'acqua cal- da sanitaria .....	»	177
7.3. Perdite di accumulo dell'acqua calda sanitaria .....	»	178
7.4. Perdite totali recuperate .....	»	181
7.5. Perdite di generazione .....	»	181
7.6. Fabbisogno di energia primaria e rendimenti stagionali	»	183
8. Metodo di calcolo semplificato .....	»	185
9. Metodi di rilievo e determinazione dei consumi effettivi di combustibile .....	»	187
9.1. Sistemi con misuratore dedicato al solo riscaldamento o alla sola acqua calda sanitaria .....	»	188
9.2. Sistemi combinati con misuratore unico .....	»	188
9.3. Sistemi dotati di misuratore del combustibile .....	»	189
<b>Capitolo IV - La UNI/TS 11300-3:2010</b> .....	»	191
1. La procedura di calcolo per la determinazione del fabbisog- no di energia termica effettiva per raffrescamento ( $Q_{Cr}$ ) ..	»	192
1.1. Le perdite di emissione ( $Q_{l,e}$ ) .....	»	193
1.2. Le perdite di regolazione ( $Q_{l,rg}$ ) .....	»	194

1.3. Le perdite di distribuzione ( $Q_{l,d}$ ) .....	Pag.	195
1.4. Il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari dell'im- pianto di climatizzazione .....	»	197
1.5. Il coefficiente di prestazione energetica del sistema di produzione dell'energia frigorifera ( $\eta_{mm,k}$ ) .....	»	200
2. Il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione esti- va ( $Q_{c,p}$ ) .....	»	211
<i>Bibliografia e norme citate</i> .....	»	213
<i>Simbologia delle formule (capitolo III)</i> .....	»	223

## Prefazione

*Se c'è un tema centrale nel panorama italiano ed europeo delle costruzioni questo è quello dell'energia. I motivi sono noti: da un lato la scarsità delle risorse energetiche fossili dall'altro l'effetto, dannoso, dei prodotti della combustione su clima (effetto serra) e uomo (inquinamento). Sebbene la crisi economica e il blocco del commercio mondiale abbiano avuto un importante ruolo riducendo forzatamente i consumi complessivi di energia in Italia, pur a fronte di consumi minori nell'industria e nei trasporti, le attività svolte all'interno degli edifici hanno incrementato negli ultimi anni il consumo energetico. Rispetto al 2008, nel 2009 i consumi energetici sono scesi del 5,6% ma gli "usi civili", tipicamente le attività svolte negli edifici, hanno richiesto il 3,6% di energia in più. L'intero patrimonio edilizio per uso civile (residenziale e terziario) ha consumato nel 2009 46,9 milioni di tonnellate di petrolio equivalenti con una crescita del 4,8% nel 2008 e del 3,5% nel 2009. Tali consumi si ripartiscono in 28,6 milioni del settore residenziale e 18,3 milioni del terziario.*

*Il legislatore europeo ha ben compreso l'importanza della riduzione dei consumi energetici negli edifici e ha emanato due direttive, la prima (2002/91/CE) ha profondamente cambiato il modo di progettare e costruire in Italia e ora la seconda (2010/31/UE) che, anche se non altrettanto rivoluzionaria, avrà comunque importanti ripercussioni sul mercato delle costruzioni.*

*Tuttavia, per assicurare che le volontà del legislatore siano positivamente tradotte in edifici migliori sono necessari strumenti di ausilio ai tecnici che possano guidarli nella valutazione dei fabbisogni energetici ma non solo. Questo volume, che si presenta come uno strumento indispensabile per i certificatori energetici delle regioni italiane che non si sono dotate di propria legislazione in materia e un prezioso riferimento per i tecnici che lavorano in regioni che hanno legiferato in materia (non serve forse ricordare in questa sede che le leggi regionali devono comunque uniformarsi alla direttiva e alla metodologia di calcolo delle specifiche tecniche UNI/TS 11300), risulta importante*

*anche per chi si occupa delle prestazioni termiche del costruito. Visto il panorama edilizio italiano, dove le opere di manutenzione/riqualificazione superano per importo le opere di nuova costruzione, un testo che guidi i tecnici nella diagnosi energetica degli edifici risulta di vitale importanza per l'ottimizzazione delle scelte progettuali sul binomio edificio-impianto e, conseguentemente, per il miglioramento dell'efficienza energetica del patrimonio edilizio italiano. Infine, altrettanto importante è il contributo che il testo può fornire ai responsabili per la conservazione e l'uso razionale dell'energia (più comunemente noti come Energy Manager), figura prima introdotta dalla legge 308/1982 solo per le imprese con più di mille dipendenti e con consumo riferito all'anno precedente superiore a 10.000 tonnellate equivalenti di petrolio (TEP), poi chiamata a compiti più ampi con la legge 10/1991 e, finalmente, diventata importante anche per le più stringenti richieste di prestazione delle recenti direttive.*

FULVIO RE CECCONI

# Capitolo I

## **Il quadro normativo sul rendimento energetico in edilizia**

*di Nadia Lupica Spagnolo (\*)*

Negli ultimi anni il tema dell'efficienza energetica degli edifici ha assunto sempre maggior rilievo, tanto da indurre numerosi sforzi normativi sia a livello comunitario che nazionale e locale. Il comparto edilizio è stato oggetto di diverse misure volte alla riduzione delle emissioni di inquinanti e tutti gli attori della filiera delle costruzioni hanno direttamente o indirettamente visto le conseguenze dei cambiamenti introdotti.

### **1. La normativa comunitaria**

#### **1.1. *La direttiva 2002/91/CE***

Il 16 dicembre 2002 il Parlamento ed il Consiglio dell'Unione europea hanno emanato la direttiva n. 91 sul rendimento energetico nell'edilizia con l'intento di ridurre i consumi di energia e di limitare le emissioni di gas ad effetto serra, per porre un freno al fenomeno del surriscaldamento globale. Tale direttiva si è inserita nell'ambito delle iniziative della Comunità volte a limitare i cambiamenti climatici (quali gli impegni assunti con il protocollo di Kyoto) e ad assicurare un ininterrotto approvvigionamento energetico (secondo quanto riportato nel libro verde <sup>(1)</sup>) sulla sicurezza dell'approvvi-

---

(\*) Architetto, tecnico comunale e certificatore energetico accreditato in Regione Lombardia.

<sup>(1)</sup> Libro verde della Commissione, dell'8 marzo 2006, "Una strategia europea per un'energia sostenibile, competitiva e sicura" in cui la Commissione desidera dare forma ad una vera politica energetica europea di fronte alle numerose sfide in termini di approvvigionamento e di effetti sulla crescita e sull'ambiente in Europa attraverso un'azione rapida ed efficace in sei settori prioritari per dotarsi di un'energia sostenibile, competitiva e sicura.

gionamento energetico): questo perché la Comunità europea risulta sempre più dipendere dalle fonti esterne di energia e perché le emissioni di gas a effetto serra continuano inesorabilmente ad aumentare.

A tal fine, la direttiva 2002/91/CE ha preso in considerazione tutti gli aspetti relativi all'efficienza energetica degli edifici, rimarcando con chiarezza la necessità di promuovere l'efficienza di impianti ed involucri edilizi e lo sfruttamento di fonti energetiche rinnovabili. Ciò tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, della qualità e della tipologia di condizioni ambientali interne in funzione della destinazione d'uso degli ambienti, oltre che dell'efficacia dal punto di vista dei costi globali di realizzazione e gestione.

La direttiva è stata concepita sia per il settore residenziale che per il terziario, con l'esclusione di edifici quali:

- a) gli edifici storici di particolare valore storico o architettonico;
- b) gli edifici e i luoghi di culto adibiti allo svolgimento di attività religiose;
- c) i fabbricati temporanei con utilizzo previsto non superiore ai due anni;
- d) i siti industriali;
- e) gli edifici agricoli non residenziali a basso fabbisogno energetico;
- f) gli edifici residenziali ad occupazione saltuaria (con occupazione inferiore a 4 mesi in un anno);
- g) i fabbricati indipendenti con superficie utile inferiore a 50 m<sup>2</sup>.

**All'art. 1**, pertanto, la direttiva esplicita la volontà di promuovere il miglioramento del rendimento energetico degli edifici nella Comunità europea, tenendo conto delle condizioni climatiche esterne e dell'efficacia sotto il profilo dei costi; ciò attraverso:

- la definizione del quadro generale di una metodologia di calcolo dell'efficienza energetica degli edifici (*art. 3*);
- l'applicazione di requisiti minimi in materia di rendimento energetico (*art. 4*) degli edifici di nuova costruzione (*art. 5*) e di quelli esistenti di grande metratura sottoposti ad importanti ristrutturazioni (*art. 6*);
- la certificazione energetica degli edifici (*art. 7*);

- l’ispezione periodica delle caldaie e dei sistemi di condizionamento dell’aria negli edifici, nonché la perizia del complesso degli impianti termici nel caso di caldaie installate da più di 15 anni (*art. 8*).

La metodologia di calcolo di cui **all’art. 3** può essere stabilita a livello nazionale o anche regionale, l’importante è che il rendimento energetico degli edifici venga espresso in modo trasparente, indicando eventualmente anche il valore delle emissioni di CO<sub>2</sub> e che i requisiti vengano rivisti a scadenze regolari tendenzialmente non superiori ai cinque anni e, se necessario, aggiornati in funzione dei progressi tecnici nel settore dell’edilizia.

**All’art. 4** uno degli aspetti più importanti evidenziato è che la prestazione energetica calcolata deve esprimere la quantità di energia necessaria per soddisfare i diversi bisogni (non solo il riscaldamento dell’ambiente e dell’acqua per usi sanitari, ma anche il raffrescamento, la ventilazione e l’illuminazione degli ambienti stessi) supponendo un uso standard dell’edificio; ciò attraverso degli indicatori che *“tengano conto*

- *della coibentazione,*
- *delle caratteristiche tecniche e di installazione,*
- *della progettazione e della posizione in relazione agli aspetti climatici,*
- *dell’esposizione al sole e dell’influenza delle strutture adiacenti,*
- *dell’esistenza di sistemi di generazione propria di energia e degli altri fattori, compreso il clima degli ambienti interni, che influenzano il fabbisogno energetico”.*

**L’art. 5**, relativo agli edifici di nuova costruzione, ha previsto che con superfici utili superiori ai 1000 m<sup>2</sup> siano condotti studi di fattibilità tecnica, ambientale ed economica che prendano in considerazione l’utilizzo di energie rinnovabili, la cogenerazione, il teleriscaldamento laddove sia disponibile, o di pompe di calore.

**All’art. 7** la direttiva parla specificatamente di certificazione energetica, prevedendo che gli Stati membri dell’UE provvedano a far sì che, in caso di costruzione, compravendita o locazione di un edificio, l’attestato di certificazione energetica (documento con validità

massima di dieci anni) venga messo a disposizione del futuro acquirente o locatario, a seconda dei casi. Tale attestato deve:

- indicare i *“dati di riferimento, quali i valori vigenti a norma di legge e i valori di riferimento, che consentano ai consumatori di valutare e raffrontare il rendimento energetico dell’edificio”*,
- essere *“corredato di raccomandazioni per il miglioramento del rendimento energetico in termini di costi-benefici”*.

Oltre a ciò, **nell’art. 6** vi è una precisa esortazione affinché negli edifici con superficie utile superiore ai 1000 m<sup>2</sup> *“occupati da autorità pubbliche e da enti pubblici che forniscono servizi pubblici a un ampio numero di persone e pertanto frequentati spesso da tali persone”* l’attestato di certificazione energetica venga affisso in luogo chiaramente visibile: in questa indicazione emerge chiaramente la volontà di rendere gli edifici pubblici degli esempi virtuosi di edilizia, almeno dal punto di vista energetico.

Gli **artt. 8 e 9** pongono l’obiettivo di ridurre il consumo energetico e i livelli di emissione di biossido di carbonio mediante ispezioni periodiche su:

- caldaie alimentate con combustibili liquidi o solidi non rinnovabili di potenza nominale tra i 20 e i 100 kW, mentre per quelle al di sopra l’ispezione deve avvenire almeno ogni due anni;
- caldaie a gas, almeno ogni quattro anni;
- sistemi di condizionamento d’aria di potenza nominale utile superiore a 12 kW.

Relativamente, invece, alle figure del certificatore energetico e dell’ispettore degli impianti di climatizzazione, la direttiva fa leva essenzialmente su due aspetti:

- competenza;
- indipendenza.

**L’art. 10**, infatti, riferendosi ad entrambe queste figure, parla di esperti indipendenti e prevede che, attraverso le deliberazioni degli Stati membri sul proprio territorio *“la certificazione degli edifici e l’elaborazione delle raccomandazioni che la corredano, nonché l’ispezione delle caldaie dei sistemi di condizionamento d’aria vengano effettuate in maniera indipendente da esperti qualificati e/o riconosciuti, qualora operino come imprenditori individuali o impiegati di enti pubblici o di organismi privati”*.

La figura dunque del libero professionista, competente in materia, iscritto al relativo albo professionale che per sua costituzione ha il compito di vigilare e di garantire deontologia e formazione dei propri iscritti, risponde alle caratteristiche di indipendenza e di qualificazione suggerite. La modalità poi di riconoscimento della competenza dovrebbe, a rigore di logica, essere stabilita a livello nazionale delegando ad organismi regionali la gestione dei nominativi e la verifica delle competenze stesse, con successiva iscrizione dei professionisti stessi su apposito albo o elenco di certificatori energetici riconosciuto dalla regione.

## **1.2. La nuova direttiva europea 2010/31/UE**

Ad otto anni di distanza dalla pubblicazione della direttiva 2002/91/CE relativa al “Rendimento energetico in edilizia” (EPBD) l’Unione europea ha pubblicato sulla *Gazzetta Ufficiale* della Comunità europea n. L 153 del 18 giugno 2010 una nuova direttiva sulla prestazione energetica in edilizia, la 2010/31/UE del 19 maggio 2010, rifusione della 2002/91/CE.

La direttiva 2010/31/UE è entrata in vigore l’8 luglio 2010, ma gli Stati membri hanno tempo fino al 9 luglio 2012 per adottarla e pubblicarla. L’applicazione delle diverse indicazioni in essa contenute può avvenire in tempi differenti, compresi tra il 9 gennaio 2013 e il 31 dicembre 2015.

Nonostante gli interventi già attuati, la 2010/31/UE è nata perché il Consiglio europeo del marzo 2007 ha sottolineato la necessità di aumentare l’efficienza energetica nell’Unione dando rapida e piena attuazione alle priorità definite nel “Piano d’azione per l’efficienza energetica: concretizzare le potenzialità” identificando le significative potenzialità di risparmio energetico efficaci in termini di costi nel settore dell’edilizia.

Il Parlamento europeo in più occasioni, tra cui nella risoluzione del 31 gennaio 2008 e in quella del 3 febbraio 2009 (sul secondo riesame strategico della politica energetica) ha chiesto di rendere vincolanti gli obiettivi da perseguire entro il 2020 e quindi:

- migliorare l’efficienza energetica del 20%;
- ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> nel settore edilizio del 20%;

- promuovere l'uso di fonti rinnovabili per coprire il 20% del consumo energetico totale dell'Unione (a tale proposito, la direttiva 2009/28/CE ha successivamente stabilito un quadro comune per la promozione dell'energia da fonti rinnovabili).

La direttiva 2010/31/UE nasce quindi con lo scopo di apportare alcune modifiche alla direttiva 2002/91/CE per integrarla e aggiornarla nei contenuti. Essa obbliga gli Stati membri a:

- predisporre, entro il 2012, le norme per il recepimento della direttiva all'interno dei propri confini nazionali;
- definire, entro il 30 giugno 2011, i meccanismi e gli strumenti di finanziamento per incentivare l'utilizzo di sistemi ad energia quasi zero;
- adottare le misure necessarie per garantire che entro il 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione siano dotati di sistemi ad energia quasi zero mediante anche l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili.

Il rispetto degli standard di efficienza energetica deve applicarsi sia per gli edifici di nuova realizzazione, che per quelli esistenti da ristrutturare. A dare l'esempio saranno gli edifici pubblici di nuova costruzione che entro il 2018 dovranno già possedere elevatissimi standard energetici.

La nuova direttiva sottolinea che un'utilizzazione efficace, accorta, razionale e sostenibile dell'energia deve riguardare anche i prodotti petroliferi, il gas naturale e i combustibili solidi, che, pur costituendo fonti essenziali di energia, sono anche le principali sorgenti delle emissioni di biossido di carbonio.

L'attenzione è però concentrata al miglioramento della prestazione energetica degli edifici, poiché risulta accertato che il settore dell'edilizia è responsabile per almeno il 40% del consumo dell'energia dell'Unione. Considerata, inoltre, la continua espansione del settore edilizio, e per ridurre l'ampio divario tra i risultati dei diversi Stati membri, la nuova direttiva suggerisce l'adozione di "misure" per il miglioramento della gestione del fabbisogno energetico al fine di permettere all'Unione di influenzare il mercato mondiale dell'energia e garantire la sicurezza dell'approvvigionamento energetico nel medio e lungo termine.

**All'art. 1**, pertanto, la 2010/31/UE esplicita la volontà di promuovere il miglioramento del rendimento energetico degli edifici nella Comunità europea, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni relative al clima degli ambienti interni e dell'efficacia sotto il profilo dei costi; ciò attraverso:

- la definizione di una generale e comune metodologia per il calcolo della prestazione energetica integrata degli edifici e delle unità immobiliari (*art. 3*) anche in funzione dei costi (*art. 5*);
- l'applicazione di requisiti minimi in materia di prestazione energetica (*art. 4*) degli edifici e delle unità immobiliari di nuova costruzione (*art. 6*);
- l'applicazione di requisiti minimi agli edifici e delle unità immobiliari esistenti quando sono sottoposti ad importanti ristrutturazioni, nonché agli elementi edilizi quando sono rinnovati o sostituiti (*art. 7*);
- l'applicazione di requisiti minimi per gli impianti tecnici in caso di nuova installazione, di sostituzione o di miglioramento (*art. 8*);
- l'elaborazione di piani nazionali al fine di aumentare il numero di edifici a energia quasi zero (*art. 9*) anche mediante l'adozione di misure finanziarie (*art. 10*) a sostegno dell'attuazione degli obiettivi della direttiva;
- la certificazione energetica degli edifici o delle unità immobiliari (*artt. 11 e 12*);
- l'ispezione periodica delle caldaie (*art. 14*) e dei sistemi di condizionamento dell'aria (*art. 15*) negli edifici;
- i rapporti di ispezione degli impianti di riscaldamento e condizionamento d'aria (*art. 16*);
- i sistemi di controllo indipendenti per gli attestati di prestazione energetica e per l'ispezione degli impianti (*artt. 17 e 18*).

Come la precedente 2002/91/CE, la nuova direttiva si rivolge al settore residenziale ed al terziario con particolare riguardo agli edifici pubblici o ad uso pubblico, con l'esclusione di alcuni edifici che esulano dal campo delle disposizioni relative alla certificazione energetica, quali:

- a) gli edifici storici di particolare valore storico o architettonico;
- b) gli edifici e i luoghi di culto adibiti allo svolgimento di attività religiose;

- c) i fabbricati temporanei con utilizzo previsto non superiore ai due anni;
- d) i siti industriali;
- e) gli edifici agricoli non residenziali a basso fabbisogno energetico;
- f) gli edifici residenziali ad occupazione saltuaria (con occupazione inferiore a 4 mesi in un anno);
- g) i fabbricati indipendenti con superficie utile inferiore a 50 m<sup>2</sup>.

**L'art. 4** stabilisce l'esclusiva competenza per gli Stati membri nel fissare i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e degli elementi edilizi. Tali requisiti sono calcolati secondo la metodologia di calcolo stabilita dall'allegato I della direttiva con la finalità di perseguire "livelli ottimali in funzione dei costi" tra gli investimenti necessari e i risparmi energetici realizzati nel ciclo di vita di un edificio.

Il livello di prestazione energetica è ottimale quando comporta il costo più basso durante il ciclo di vita economico stimato.

Il costo più basso è determinato considerando:

- a) i costi di investimento relativi all'energia;
- b) i costi di manutenzione e di funzionamento degli impianti;
- c) i risparmi energetici;
- d) gli utili derivanti dal risparmio energetico.

Il livello ottimale in funzione dei costi si ha quando il livello di prestazione calcolata sul ciclo di vita economico risulta positivo.

Gli Stati membri possono comunque fissare requisiti minimi più efficienti (sempre sotto il profilo energetico dei livelli di efficienza energetica ottimali in funzione dei costi). In tutti i casi, ogni Stato membro deve sottoporre a revisione periodica i propri requisiti minimi di prestazione energetica anche alla luce del progresso tecnologico.

**L'allegato I** della direttiva ribadisce che la prestazione energetica deve esprimere la quantità di energia, reale o calcolata, consumata annualmente per soddisfare i diversi bisogni (il riscaldamento dell'ambiente e dell'acqua per usi sanitari, il raffrescamento, la ventilazione e l'illuminazione degli ambienti stessi), supponendo un utilizzo standard dell'edificio.

La prestazione energetica deve essere espressa in modo chiaro, pertanto deve comprendere un indicatore di prestazione energetica e un indicatore numerico del consumo di energia primaria calcolato mediante *“fattori di energia primaria per vettore energetico, eventualmente basati su medie ponderate annuali nazionali o regionali o un valore specifico per la produzione in loco”*; la nuova direttiva, inoltre, riconferma quanto previsto dalla precedente 2002/91/CE quando parla di indicatori che *“tengano conto della coibentazione, delle caratteristiche tecniche e di installazione, della progettazione e della posizione in relazione agli aspetti climatici, dell’esposizione al sole e dell’influenza delle strutture adiacenti, dell’esistenza di sistemi di generazione propria di energia e degli altri fattori, compreso il clima degli ambienti interni, che influenzano il fabbisogno energetico”*.

Quindi la metodologia di calcolo può essere stabilita a livello nazionale o anche regionale, purché il rendimento energetico degli edifici venga espresso in modo trasparente, indicando eventualmente anche il valore delle emissioni di CO<sub>2</sub>. L’importante è che i requisiti vengano rivisti a scadenze regolari tendenzialmente non superiori ai cinque anni e, se necessario, aggiornati in funzione dei progressi tecnici nel settore dell’edilizia.

Per determinare una metodologia di calcolo di cui all’art. 3, l’allegato I elenca gli aspetti che devono essere considerati:

- a) le caratteristiche termiche effettive dell’edificio, comprese le sue divisioni interne e, dunque, capacità termica, isolamento, riscaldamento passivo, elementi di raffrescamento e ponti termici;
- b) l’impianto di riscaldamento e di produzione di acqua calda, comprese le relative caratteristiche di isolamento;
- c) l’impianto di condizionamento d’aria;
- d) la ventilazione naturale e meccanica, compresa eventualmente l’ermeticità dell’involucro all’aria;
- e) l’impianto di illuminazione incorporato (principalmente per il settore non residenziale);
- f) la progettazione, la posizione e l’orientamento dell’edificio, compreso il clima esterno;
- g) i sistemi solari passivi di protezione solare;
- h) le condizioni climatiche interne, incluso il clima degli ambienti interni progettato;
- i) i carichi interni.

Il calcolo deve tenere conto dei vantaggi dovuti alle condizioni locali di esposizione solare, alla presenza di sistemi solari attivi o altri impianti di generazione di calore ed elettricità, i sistemi di cogenerazione dell'elettricità, gli impianti di teleriscaldamento e tele-raffrescamento, l'illuminazione naturale.

Infine, il calcolo deve considerare la destinazione d'uso degli edifici che quindi devono essere classificati secondo le seguenti categorie:

- a) abitazioni monofamiliari,
- b) condomini,
- c) uffici,
- d) scuole,
- e) ospedali,
- f) alberghi e ristoranti,
- g) impianti sportivi,
- h) esercizi commerciali per la vendita all'ingrosso ed al dettaglio,
- i) altri tipi di fabbricati impieganti energia.

**L'art. 5**, relativo al calcolo dei livelli ottimali in funzione dei costi per i requisiti minimi di prestazione energetica, prescrive che entro il 30 giugno 2011 la Commissione europea stabilisca una metodologia comparativa per calcolare i livelli ottimali dei requisiti di prestazione energetica degli edifici e degli elementi edilizi, in funzione dei costi.

Il quadro metodologico comparativo, stabilito in conformità **all'Allegato III** della direttiva, deve distinguere gli edifici di nuova costruzione da quelli esistenti, nonché le diverse tipologie edilizie.

A tal proposito, l'allegato III precisa che il quadro metodologico comparativo deve prendere in considerazione i modelli di consumo, le condizioni climatiche esterne, i costi di investimento, la tipologia edilizia, i costi di manutenzione e di funzionamento (compresi i costi e il risparmio energetico) e, infine, eventuali utili derivanti dalla produzione di energia ed eventuali costi di smaltimento.

Gli Stati membri, quindi, al fine di una corretta applicazione del quadro metodologico ed una successiva comparazione di risultati ottenuti, sono tenuti a definire gli edifici (residenziali e non, di nuova costruzione ed esistenti) di riferimento per funzionalità e posizione geografica, comprese le condizioni climatiche interne ed esterne.

Per questi edifici inoltre è opportuno:

- definire le misure di efficienza energetica da valutare;
- valutare il bisogno di energia finale e primaria;
- calcolare i costi (ossia il valore attuale netto) delle misure di efficienza energetica durante il ciclo di vita economica atteso, al fine di valutare l'efficacia dei vari livelli, e poter determinare i livelli ottimali dei requisiti minimi di prestazione energetica in funzione dei costi.

Una volta definito quanto sopra, gli Stati membri sono tenuti a trasmettere con cadenza quinquennale alla Commissione europea una relazione in cui è indicata la comparazione tra i requisiti minimi di prestazione energetica e l'efficienza dei livelli ottimali dei requisiti in funzione dei costi; se i primi sono sensibilmente meno efficienti dei secondi, gli Stati membri interessati devono giustificare tale differenza alla Commissione nella relazione stessa corredandola, eventualmente, con un piano che identifica le misure idonee a ridurre sensibilmente il divario.

L'applicazione di requisiti minimi in materia di prestazione energetica deve essere fissata per gli edifici e le unità immobiliari di nuova costruzione.

Prima dell'inizio dei lavori di costruzione, secondo **l'art. 6**, gli Stati membri devono garantire, mediante una valutazione preliminare, la fattibilità tecnica, ambientale ed economica di sistemi alternativi ad alta efficienza energetica.

Ai fini della scelta devono essere valutati:

- a) sistemi di fornitura energetica decentrati basati su energia da fonti rinnovabili;
- b) cogenerazione;
- c) teleriscaldamento o teleraffrescamento urbano o collettivo, se basato interamente o parzialmente su energia da fonti rinnovabili;
- d) pompe di calore.

Lo studio preliminare deve essere documentato e reso disponibile per eventuali verifiche e può essere effettuato per singoli edifici, per gruppi di edifici analoghi, nonché per tipologie comuni di edifici nella stessa area. Infine, se l'impianto di riscaldamento e raffrescamento è di tipo collettivo, l'esame può essere effettuato considerando tutti gli edifici collegati all'impianto nella stessa area.

Per gli edifici esistenti di cui **all'art. 7**, gli Stati membri devono adottare misure volte a garantire il miglioramento della prestazione energetica per soddisfare i requisiti minimi di prestazione fissati dall'art. 4.

Scompare il limite dimensionale di 1000 m<sup>2</sup> di superficie al di sopra del quale vi è l'obbligo di rispettare i requisiti minimi di prestazione, per estendere l'obbligo a tutti i casi in cui un edificio o una unità immobiliare e/o gli elementi edilizi sono oggetto di interventi di ristrutturazione importanti, indipendentemente dalla superficie utile.

La ristrutturazione importante si ha:

– quando il costo complessivo della ristrutturazione supera il 25% del valore dell'edificio, ad esclusione del terreno sul quale questo insiste;

oppure:

– quando la ristrutturazione riguarda più del 25% della superficie dell'involucro dell'edificio.

Nel conteggio ricadono anche gli elementi edilizi appartenenti all'involucro che hanno un impatto significativo sulla prestazione dell'involucro stesso: la loro sostituzione o il loro rinnovamento, pertanto, devono soddisfare i requisiti minimi di prestazione energetica, e in questa occasione deve comunque essere valutata la possibilità tecnica ed economica di installare sistemi alternativi ad alto rendimento energetico (obbligatoria per le nuove costruzioni).

Ai sensi dell'**art. 8**, l'applicazione di requisiti minimi di prestazione energetica deve avvenire anche per gli impianti tecnici in caso di nuova installazione, di sostituzione o di miglioramento al fine di ottimizzarne il consumo energetico, e quindi per:

- a) impianti di riscaldamento;
- b) impianti di produzione di acqua calda sanitaria,
- c) impianti di condizionamento d'aria;
- d) grandi impianti di ventilazione.

Ovviamente deve sempre essere fatta salva la fattibilità tecnica, funzionale ed economica.

In tutti i casi di edifici di nuova costruzione e di ristrutturazione importante, gli Stati membri hanno l'onere di promuovere l'instal-

lazione di sistemi di controllo e monitoraggio finalizzati al risparmio energetico, nonché provvedere l'introduzione di sistemi di misurazione intelligenti.

Con l'**art. 9** si introduce in concetto di "energia quasi zero" per gli edifici di nuova costruzione sia pubblici o di uso pubblico che privati. Gli Stati membri devono provvedere affinché:

- a) entro il 31 dicembre 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione siano edifici a energia quasi zero;
- b) a partire dal 31 dicembre 2018 gli edifici di nuova costruzione occupati da enti pubblici e di proprietà di questi ultimi siano edifici a energia quasi zero".

Con edificio a "energia quasi zero" si intende un edificio ad altissima prestazione energetica (determinata conformemente all'allegato I, dell'art. 3) che ne minimizza i consumi legati al riscaldamento, raffrescamento, ventilazione, illuminazione, produzione ACS, grazie all'utilizzo di energia da fonti rinnovabili, elementi passivi di riscaldamento e raffrescamento, a sistemi di ombreggiamento, e garantendo un'adeguata qualità dell'aria interna ed un'adeguata illuminazione naturale in accordo con le caratteristiche architettoniche dell'edificio.

Visto che il fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo dovrebbe essere coperto in misura significativa da energia da fonti rinnovabili, privilegiando quella prodotta in loco o nelle vicinanze, occorrono dunque dei piani nazionali che definiscano:

- a) le prestazioni richieste per gli edifici a energia quasi zero, in considerazione delle condizioni nazionali, regionali o locali, utilizzando un indicatore numerico del consumo di energia primaria espresso in kWh/m<sup>2</sup>;
- b) obiettivi intermedi di miglioramento della prestazione energetica degli edifici di nuova costruzione entro il 2015;
- c) informazioni sulle politiche e sulle misure finanziarie per promuovere gli edifici a energia quasi zero, compresi i dettagli relativi ai requisiti e alle misure nazionali in merito all'uso di energia da fonti rinnovabili negli edifici di nuova costruzione e in quelli esistenti sottoposti a una ristrutturazione importante.

La Commissione europea ha il compito di valutare i piani nazionali sotto il profilo dell'adeguatezza delle misure adottate dai singoli Stati membri e può richiedere informazioni in merito.

Entro il 31 dicembre 2012 e successivamente ogni 3 anni, è previsto che la Commissione pubblichi una relazione in merito ai progressi raggiunti dai vari Stati membri e su tale relazione elabora un piano d'azione proponendo, eventualmente, ulteriori misure atte ad aumentare il numero di edifici a impatto quasi zero, nonché promuovendo l'*iter* migliore in termini di costi-benefici per la trasformazione degli edifici esistenti in edifici a energia quasi zero.

In caso di analisi negativa dei costi-benefici calcolata sul ciclo di vita economico degli edifici interessati, gli Stati membri potranno derogare alle disposizioni che prevedono di realizzare edifici a energia quasi zero.

**L'art. 10** sollecita l'istituzione e l'adeguamento di strumenti finanziari dell'Unione e altri provvedimenti con l'obiettivo di incentivare misure legate all'efficienza energetica. Tali strumenti finanziari a livello europeo comprendono, tra l'altro:

- il regolamento (CE) n. 1080/2006 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 5 luglio 2006, relativo al fondo europeo di sviluppo regionale, modificato per consentire maggiori investimenti a favore dell'efficienza energetica nell'edilizia abitativa;
- il partenariato pubblico-privato su un'iniziativa europea per "edifici efficienti sul piano energetico", volta a promuovere le tecnologie verdi e lo sviluppo di sistemi e materiali ad alta efficienza energetica in edifici nuovi o ristrutturati;
- l'iniziativa CE-Banca europea per gli investimenti (BEI) per il finanziamento dell'energia sostenibile nell'Unione europea, volta a consentire, tra l'altro, investimenti per l'efficienza energetica, e il "fondo Marguerite" guidato dalla BEI: fondo europeo 2020 per l'energia, il cambiamento climatico e le infrastrutture;
- la direttiva 2009/47/CE del Consiglio, del 5 maggio 2009, recante modifica della direttiva 2006/112/CE per quanto riguarda le aliquote ridotte dell'imposta sul valore aggiunto;
- lo strumento dei fondi strutturali e di coesione Jeremie (risorse europee congiunte per le micro, le piccole e le medie imprese);
- lo strumento di finanziamento per l'efficienza energetica;

- il programma quadro per la competitività e l'innovazione, comprendente il programma “Energia intelligente per l'Europa II” incentrato specificamente sull'eliminazione di barriere di mercato connesse all'efficienza energetica e all'energia da fonti rinnovabili mediante ricorso, per esempio, allo strumento di assistenza tecnica “ELENA” <sup>(2)</sup>;
- il patto dei sindaci;
- il programma per l'innovazione e l'imprenditorialità <sup>(3)</sup>;
- il programma 2010 di sostegno alle politiche in materia di TIC <sup>(4)</sup> e il settimo programma quadro di ricerca.

La Banca europea per la ricostruzione e lo sviluppo fornisce altresì finanziamenti allo scopo di incentivare misure legate all'efficienza energetica.

**L'art. 11** definisce più correttamente l'attestato di “prestazione energetica” anziché di “certificazione energetica”. La nuova direttiva ribadisce quelle che erano le finalità dell'attestato già menzionate nella 2002/91/CE: mettere a disposizione uno stesso metodo di giudizio al fine di valutare e confrontare la prestazione energetica di diversi edifici e unità immobiliari.

Gli Stati membri dell'UE provvedono a far sì che, in caso di costruzione, compravendita o locazione di un edificio, l'attestato di

---

<sup>(2)</sup> European Local Energy Assistance, è un meccanismo creato per sostenere città e regioni nel mettere in opera negli ambiti dell'efficienza energetica, delle fonti di energia rinnovabile e del trasporto urbano sostenibile progetti di investimento che sono già stati applicati con successo in altre regioni d'Europa.

<sup>(3)</sup> Volto a promuovere l'imprenditorialità, la competitività industriale e l'innovazione, questo programma riguarda in maniera specifica le PMI, dalle imprese ad alta tecnologia ed a forte potenziale di crescita, fino alle microimprese e alle imprese familiari rappresentanti la grande maggioranza delle imprese europee. Esso facilita l'accesso delle PMI al finanziamento e agli investimenti nella loro fase di avviamento e di crescita, a informazioni e consulenze sul funzionamento del mercato interno e sulle sue possibilità, nonché alla normativa comunitaria ad esse applicabile e sulla normativa futura cui esse possono prepararsi ed adattarsi a basso costo. Il programma prevede peraltro lo scambio fra Stati membri delle migliori prassi seguite, al fine di creare un migliore ambiente normativo e amministrativo per le imprese e l'innovazione.

<sup>(4)</sup> Finalizzato a promuovere l'adozione e lo sfruttamento delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (TIC).

prestazione energetica venga messo a disposizione dei proprietari e dei locatari, affinché siano messi in condizione di valutare e raffrontare la prestazione energetica, nonché eventuali altre informazioni quali diagnosi energetiche, incentivi finanziari, possibilità di finanziamento per attuare gli interventi.

Nell'attestato di prestazione energetica, la cui validità massima rimane sempre di dieci anni, devono essere indicate anche le raccomandazioni e i suggerimenti per il miglioramento della prestazione energetica dell'edificio o dell'unità immobiliare, sempre verificandone l'efficacia in funzione dei costi.

Le raccomandazioni devono essere tecnicamente fattibili per l'edificio considerato e possono fornire una stima sui tempi di ritorno o del rapporto costi-benefici calcolato rispetto al ciclo di vita economico.

Pertanto sull'attestato è obbligatorio che vengano indicate:

- a) le misure attuate in occasione di una ristrutturazione importante dell'involucro;
- b) le misure attuate per i singoli elementi edilizi, anche a prescindere dalle ristrutturazioni importanti;
- c) le misure attuate in caso di installazione, sostituzione o miglioramento dei sistemi tecnici, a prescindere dalle ristrutturazioni importanti.

L'attestato può inoltre contenere informazioni supplementari che possono indicare:

- a) per gli edifici non residenziali, il consumo energetico annuale nonché la percentuale di consumo di energia da fonti rinnovabili nell'arco del consumo energetico totale;
- b) per il proprietario o il locatario, l'efficacia degli interventi di prestazione in termini di costo mediante un uso standard dell'edificio o dell'unità immobiliare; gli interventi devono riguardare la valutazione del risparmio energetico, i prezzi dell'energia e una stima preliminare dei costi;
- c) informazioni sui provvedimenti da adottare per attuare le raccomandazioni.

Con l'**art. 12** si elencano i casi, le modalità e i tempi con cui rendere noto l'attestato di prestazione energetica e/o il suo contenuto essenziale, per sfruttare al meglio le caratteristiche di raffronto.

I casi in cui è obbligatoria la redazione dell'attestato non sono limitati solo a quelli di nuova costruzione e ristrutturazione, ma anche quando vi è una compravendita immobiliare o una locazione.

In caso di vendita o locazione, anche a mezzo di annunci commerciali, questi devono riportare l'indicatore di prestazione energetica dell'edificio in oggetto; in tutti i casi l'attestato deve essere mostrato al potenziale acquirente o al nuovo locatario e successivamente consegnato a chi comprerà o affitterà.

Se la vendita o la locazione dovesse avvenire prima della costruzione stessa dell'edificio, gli Stati membri possono prevedere che il venditore fornisca una valutazione della futura prestazione energetica dell'edificio.

Negli edifici pubblici o ad uso pubblico, secondo l'**art. 13**, le Pubbliche Amministrazioni sono obbligate ad affiggere l'attestato in luoghi chiaramente visibili al pubblico che vi accede, ad esclusione delle raccomandazioni contenute nell'attestato stesso.

Se la direttiva 2002/91 poneva tale obbligo per tutti gli edifici pubblici esistenti con superficie utile superiore ai 1000 m<sup>2</sup>, con la 2010/31 l'obbligo è esteso a quelli con metratura utile totale superiore a 500 m<sup>2</sup>; tale soglia scenderà a 250 m<sup>2</sup> a partire dal 9 luglio 2015.

Agli **artt. 14, 15 16** sono affrontate le modalità di ispezione degli impianti sia di riscaldamento che di condizionamento dell'aria, e dei relativi rapporti di ispezione che devono essere rilasciati ad ogni controllo.

La direttiva prende atto della crescente proliferazione avvenuta negli ultimi anni degli impianti di condizionamento dell'aria e dei gravi problemi di carico massimo che ha determinato l'aumento del costo dell'energia elettrica, fino a provocare uno squilibrio del bilancio energetico.

Le prestazioni termiche degli edifici durante il periodo estivo devono essere migliorate adottando misure volte ad evitare il surriscaldamento, quali per esempio un opportuno ombreggiamento e una sufficiente capacità termica dell'opera edilizia; occorre inoltre prevedere lo sviluppo e l'applicazione delle tecniche di raffrescamento passivo, soprattutto quelle che contribuiscono a mi-

gliorare le condizioni climatiche interne e il microclima intorno agli edifici.

L'ispezione periodica degli impianti in genere è di fondamentale importanza anche al fine di ottenere suggerimenti volti al miglioramento del rendimento energetico dell'impianto.

In ogni caso gli Stati membri possono:

- ridurre la frequenza delle ispezioni qualora l'impianto sia dotato di un sistema di monitoraggio e controllo elettronico;
- fissare la periodicità delle ispezioni in funzione del tipo e della potenza nominale utile dell'impianto di riscaldamento, tenendo conto dei costi che comporta l'ispezione dell'impianto di riscaldamento e del risparmio energetico previsto che potrebbe derivarne.

Per gli impianti di riscaldamento (**art. 14**), gli Stati membri devono fornire prescrizioni in merito alle ispezioni periodiche degli impianti (generatore di calore, sistema di controllo e la pompa o le pompe di circolazione) aventi potenza nominale utile superiore a 20 kW; le suddette prescrizioni devono valutare, qualora si modifichi l'impianto, il rendimento della caldaia ed il suo dimensionamento rispetto al fabbisogno energetico termico dell'edificio.

Le ispezioni devono avvenire almeno ogni 2 anni per impianti di potenza utile superiore a 100 kW ed almeno ogni 4 anni per le caldaie a gas di potenza inferiore.

Stesso discorso vale per gli impianti di condizionamento d'aria (**art. 15**) di potenza nominale utile superiore a 12 kW, con valutazione del rendimento dell'impianto rispetto al fabbisogno dell'edificio in caso di modifiche dell'impianto stesso.

Entro il 30 giugno 2011 gli Stati membri devono presentare alla Commissione europea una relazione in cui sono messe a confronto le misure effettuate sugli impianti; tale relazione, in seguito, dovrà essere trasmessa ogni 3 anni.

Sia l'ispezione degli impianti che la certificazione della prestazione energetica devono essere effettuate in maniera indipendente da esperti qualificati e/o accreditati in base alla loro competenza.

La direttiva 2010/31 riprende la precedente 2002/91/CE riconfermando la competenza e l'indipendenza dei soggetti certificatori e dei soggetti deputati all'ispezione degli impianti. **L'art. 17**, infatti,

riferendosi sia alle figure dei certificatori energetici che a quelle degli ispettori degli impianti di riscaldamento e condizionamento d'aria, parla di esperti indipendenti, qualificati e accreditati operanti in qualità di lavoratori autonomi o come dipendenti di enti pubblici o imprese private.

Gli Stati membri, dal canto loro, devono provvedere alle forme di pubblicità sulla formazione e sull'accREDITAMENTO degli esperti nei suddetti servizi, nonché alla redazione di appositi elenchi, periodicamente aggiornati, per agevolare i cittadini nella ricerca di esperti competenti.

La direttiva dispone **all'art. 18** che vi sia un controllo, da parte di organismi indipendenti, sia per le figure dei certificatori che per quelle degli ispettori degli impianti, attuando sistemi di controllo degli attestati di prestazione energetica e dei rapporti di ispezione rilasciati.

Il sistema di controllo deve essere fatto in conformità all'**allegato II** della direttiva, mediante una selezione casuale di una percentuale statisticamente significativa sia degli attestati di prestazione energetica che di quelli di ispezione degli impianti, rilasciati nel corso di un anno.

Per ogni attestato di prestazione energetica relativo alla certificazione di un immobile selezionato ai fini del controllo di cui sopra, l'organismo di controllo indipendente deve accertare:

- a) la validità dei dati utilizzati e dei risultati riportati nell'attestato;
- b) la rispondenza dei dati con i risultati riportati nell'attestato, comprese le raccomandazioni;
- c) la completezza dei dati utilizzati, la verifica esaustiva dei risultati riportati nell'attestato, comprese le raccomandazioni formulate;
- d) visita in loco dell'edificio, ove possibile, per verificare la corrispondenza tra le specifiche indicate nell'attestato e l'edificio certificato.

Con l'**art. 19** si accenna al ruolo della Commissione europea che, con l'ausilio di un comitato, ha il compito di valutare le ricadute della direttiva stessa entro il 1° gennaio 2017, apportandone eventuali modifiche alla luce dell'esperienza acquisita e dei progressi compiuti.

L'art. 20 stabilisce che gli Stati membri adottino misure per informare gli utilizzatori (in caso di edifici pubblici o adibiti ad uso pubblico), i proprietari e i locatari circa i diversi metodi e le diverse prassi che contribuiscono al miglioramento della prestazione energetica degli edifici in modo economicamente conveniente.

Pertanto i cittadini devono essere informati sulle finalità degli attestati di prestazione energetica e sui rapporti di ispezione, nonché sulle soluzioni anche in termini di finanziamento che favoriscono il miglioramento della prestazione energetica ed il passaggio ad edifici a energia quasi zero.

Entro il 30 giugno 2011 gli Stati membri hanno il compito di redigere un elenco delle misure e degli strumenti esistenti ed eventualmente proposti, anche di carattere finanziario, che promuovono il perseguimento degli obiettivi della direttiva.

L'elenco, aggiornato ogni 3 anni, deve essere comunicato alla Commissione europea che, per assistere gli Stati membri nella loro opera di informazione e sensibilizzazione, deve migliorare e aggiornare costantemente il suo sito web concepito come portale europeo dedicato al tema dell'efficienza energetica in edilizia rivolto a cittadini, professionisti e autorità.

Le informazioni presenti sul sito web devono contenere:

- a) la legislazione a livello europeo, nazionale, regionale e locale;
- b) i piani d'azione nazionali in materia di efficienza energetica;
- c) gli strumenti finanziari disponibili;
- d) l'assistenza e le informazioni a enti nazionali, regionali e locali sulle possibilità di finanziamento.

Al fine inoltre di migliorare il finanziamento a sostegno dell'attuazione della direttiva, è previsto che la Commissione presenti, preferibilmente entro il 2011, un'analisi concernente in particolare:

- l'efficacia, l'adeguatezza del livello e l'ammontare effettivamente impiegato dei fondi strutturali e dei programmi quadro utilizzati per accrescere l'efficienza energetica gli edifici, specialmente nel settore dell'edilizia abitativa;
- l'efficacia del ricorso ai fondi della BEI e di altre istituzioni finanziarie pubbliche;
- il coordinamento dei finanziamenti dell'unione e nazionali altre forme di sostegno che possono fungere da leva per incentivare gli investimenti nell'efficienza energetica, nonché l'adeguatezza di tali finanziamenti per raggiungere gli obiettivi dell'Unione.

Sulla base di tali analisi la commissione potrà in seguito presentare proposte relative a strumenti incentivanti da parte dell'Unione.

Con l'**art. 27** la direttiva rimanda agli Stati membri il compito di prevedere opportune sanzioni effettive, proporzionate e dissuasive per le violazioni delle norme adottate in attuazione della direttiva stessa.

### **1.3. Le direttive 2002/91/CE e 2010/31/UE a confronto**

La nuova direttiva 2010/31/UE è stata pubblicata sulla *Gazzetta dell'Unione europea* del 18 giugno 2010 e sostituisce di fatto la direttiva 2002/91/CE, che sarà abrogata dal 1° febbraio 2012.

Con la direttiva 2010/31/UE, l'Unione europea ha ritenuto necessario procedere su due fronti:

- 1) chiarire le disposizioni ambigue della direttiva 2002/91/CE, motivo per cui si è deciso di ricorrere a una rifusione (rielaborazione);
- 2) rafforzare gli elementi principali e fondamentali presenti nella 2002/91/CE dando maggiore incisività ai requisiti di prestazione energetica per i nuovi edifici e per quelli sottoposti a ristrutturazioni importanti, all'attestato di prestazione energetica, all'ispezione degli impianti di riscaldamento e condizionamento dell'aria.

Per l'UE è necessario prendere una serie di misure anche di carattere non normativo, quali:

- migliorare l'informazione nei confronti dei cittadini;
- promuovere la formazione di esperti nel campo della prestazione energetica e nell'attività di ispezione degli impianti;
- istituire incentivi finanziari e fiscali di livello adeguato, dandone ampia pubblicità.

La direttiva 2010/31 promuove "il miglioramento della prestazione energetica all'interno dell'Unione, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni relative al clima degli ambienti interni e all'efficacia sotto il profilo dei costi".

Sebbene la 2002/91 sia nata con lo stesso obiettivo, la direttiva 2010/31 propone delle novità:

- la valutazione del livello di prestazione energetica in relazione ai costi-benefici (*art. 4*);
- l'obbligo di costruire edifici ad energia quasi zero entro il 31 dicembre 2018 per quelli pubblici, ed entro il 31 dicembre 2020 per tutti gli altri (*art. 9*);
- l'obbligo di rispettare i requisiti minimi di prestazione energetica in tutti i casi di ristrutturazione importante, pertanto scompare il limite dimensionale di 1000 m<sup>2</sup> (*art. 7*);
- l'obbligo di riportare l'indicatore di prestazione energetica su tutti gli annunci e i mezzi di comunicazione che pubblicizzano la vendita o la locazione di un immobile (*art. 12*);
- la possibilità di ridurre la frequenza delle ispezioni degli impianti di riscaldamento e di raffrescamento dell'aria, in presenza di un sistema di monitoraggio e controllo elettronico (*art. 14*).

È evidente il tentativo di ridurre la domanda di energia e dei consumi attraverso una maggiore efficienza del sistema edificio/impianto e del prodotto edilizio anche al fine di migliorare il sistema macroeconomico.

Per fare ciò è necessario adottare una metodologia per il calcolo delle prestazioni che sia nello stesso tempo un metodo di calcolo semplice e rigoroso, univoco e flessibile per la misura e il confronto delle prestazioni energetiche di qualunque tipo di edificio.

Non si parla più di rendimento, ma di prestazione energetica, intesa come quantità di energia reale o calcolata, consumata annualmente per soddisfare le varie esigenze legate ad un uso normale dell'edificio e corrispondente al fabbisogno energetico richiesto per il riscaldamento e il raffrescamento dell'edificio e per coprire il fabbisogno di acqua calda nel settore domestico.

I requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici, dei componenti di involucro e dei sistemi tecnici per l'edilizia devono essere calcolati con l'obiettivo di raggiungere livelli ottimali in funzione dei costi.

La direttiva europea 2002/91 sul rendimento energetico è nata con lo scopo di ridurre le emissioni in atmosfera comprese quelle climalteranti dovute all'uso di energia ricavata da combustibili fossili, quali

produttori petroliferi, gas naturale ed i combustibili solidi. Ciò partendo dalla constatazione che il settore dell'edilizia è il maggiore responsabile nell'inquinamento e nel consumo energetico poiché circa il 40% del consumo finale di energia della Comunità è da imputarsi all'energia impiegata nel settore residenziale e terziario.

Le disposizioni contenute sulle modalità di gestione del fabbisogno energetico della Comunità hanno il fine di influenzare il mercato mondiale dell'energia e poter garantire la sicurezza degli approvvigionamenti nel medio e lungo periodo.

Su queste basi la direttiva 2002/91 ha individuato una serie di strumenti che gli Stati membri avrebbero dovuto adottare per conseguire gli obiettivi di efficienza energetica per consumi relativi a riscaldamento invernale, produzione di acqua calda sanitaria, raffrescamento estivo, ventilazione e, per il settore non residenziale, anche l'illuminazione.

Gli Stati membri quindi si sono dovuti muovere per:

- delineare un quadro generale delle metodologie di calcolo del rendimento energetico e dei requisiti minimi da rispettare per le nuove costruzioni e nei casi di ristrutturazione di quelle esistenti;
- favorire la diffusione della certificazione energetica per diffondere presso i cittadini la conoscenza della prestazione energetica degli edifici che comprano, affittano o utilizzano;
- promuovere l'efficienza energetica in occasione di lavori di ristrutturazione;
- informare gli utilizzatori di edifici su potenzialità e metodologie per migliorare le prestazioni energetiche.

A livello nazionale, l'Italia ha recepito le disposizioni europee in materia di uso razionale dell'energia (in particolare, la direttiva 2002/91/CE e la 2006/32/CE) con i seguenti decreti:

- il d.lgs. 192/2005 “Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia” successivamente modificato dal d.lgs. 311/2006 “Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia”;
- il d.lgs. 115/2008 “Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici

- e abrogazione della direttiva 93/76/CEE” successivamente modificato dal d.lgs. 56/2010 “Modifiche ed integrazioni al decreto 30 maggio 2008, n. 115, recante attuazione della direttiva 2006/32/CE, concernente l’efficienza degli usi finali dell’energia e i servizi energetici e recante abrogazioni della direttiva 93/76/CEE”,
- d.P.R. 59/2009 “Regolamento di attuazione dell’articolo 4, comma 1, lettere *a*) e *b*), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia”;
  - decreto 26 giugno 2009 “Linee guida per la certificazione energetica degli edifici”.

Con la pubblicazione della 2010/31/UE, la direttiva 2002/91/CE sarà abrogata dal 1° febbraio 2012 e gli Stati membri avranno tempo fino al 9 gennaio 2013 per adottare le norme di recepimento della direttiva 2010/31. Si attendono dunque ulteriori modifiche dell’attuale assetto normativo nazionale.

## 2. La normativa nazionale

### 2.1. *I decreti legislativi 192/2005 e 311/2006: il recepimento della 2002/91/CE nel quadro normativo italiano*

A livello nazionale, la direttiva 2002/91/CE è stata recepita mediante il **decreto legislativo n. 192 del 19 agosto 2005** “Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell’edilizia”, pubblicato sul supplemento ordinario n. 158 alla *Gazzetta Ufficiale* n. 222 del 23 settembre 2005 ed entrato in vigore l’8 ottobre 2005.

All’art. 1, viene evidenziata la principale finalità di tale decreto, ovvero quella di stabilire i criteri, le condizioni e le modalità per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici al fine di favorire lo sviluppo, la valorizzazione e l’integrazione delle fonti rinnovabili e la diversificazione energetica, contribuire a conseguire gli obiettivi nazionali di limitazione delle emissioni di gas a effetto serra posti dal protocollo di Kyoto, promuovere la competitività dei comparti più avanzati attraverso lo sviluppo tecnologico.

Il d.lgs. 192/2005, in particolare, disciplina:

- a) la metodologia per il calcolo delle prestazioni energetiche integrate degli edifici;
- b) l'applicazione di requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici;
- c) i criteri generali per la certificazione energetica degli edifici;
- d) le ispezioni periodiche degli impianti di climatizzazione;
- e) i criteri per garantire la qualificazione e l'indipendenza degli esperti incaricati della certificazione energetica e delle ispezioni degli impianti;
- f) la raccolta delle informazioni e delle esperienze, delle elaborazioni e degli studi necessari all'orientamento della politica energetica del settore;
- g) la promozione dell'uso razionale dell'energia anche attraverso l'informazione e la sensibilizzazione degli utenti finali, la formazione e l'aggiornamento degli operatori del settore.

Integrato e modificato dal successivo **d.lgs. 311/2006**, si applica alla progettazione ed alla realizzazione di edifici di nuova costruzione e degli impianti in essi installati, alle opere di ristrutturazione degli edifici esistenti e degli impianti esistenti, all'esercizio, controllo, manutenzione ed ispezione degli impianti termici degli edifici, anche preesistenti.

I soli edifici esclusi dall'applicazione del decreto sono quelli che rivestono particolare interesse storico, gli edifici industriali, artigianali e agricoli nei quali gli ambienti sono riscaldati per motivi connessi ai processi produttivi, i fabbricati isolati con superficie utile inferiore a 50 m<sup>2</sup> e gli impianti installati ai fini del processo produttivo realizzato nell'edificio, anche se utilizzati in parte non preponderante per gli usi tipici del settore civile.

All'interno del decreto, sono previsti i requisiti minimi da rispettare in materia di efficienza energetica, con differenti livelli d'applicazione:

- integrale a tutto l'edificio (nel caso di nuova costruzione o ristrutturazione di stabili con superficie utile superiore ai 1.000 m<sup>2</sup>);
- integrale ma limitata al solo intervento di ampliamento volumetrico (se superiore al 20% dell'intero edificio);
- limitata al rispetto dei parametri solo per alcuni elementi, nel caso di interventi su edifici esistenti (nel caso di ristrutturazio-

ni totali o parziali di stabili con superficie utile minore o uguale a 1.000 m<sup>2</sup> ed ampliamenti meno importanti, nuova installazione di impianti termici o sostituzione di generatori di calore).

La certificazione energetica degli edifici, espressamente prevista dalla direttiva 2002/91, viene prescritta all'art. 6 del d.lgs. 192/2005:

*“Entro un anno dalla data di entrata in vigore del presente decreto, gli edifici di nuova costruzione e quelli esistenti per i quali è prevista una ristrutturazione integrale degli elementi edilizi dell'involucro o una demolizione e ricostruzione in manutenzione straordinaria di edifici esistenti con superficie utile superiore ai 1000 m<sup>2</sup> sono dotati, al termine della costruzione medesima ed a cura del costruttore, di un attestato di certificazione energetica, redatto secondo i criteri e le metodologie da emanarsi con uno o più decreti del Presidente della Repubblica entro 120 giorni dall'entrata in vigore del d.lgs. 192.*

*L'obbligo di certificazione energetica si applica inoltre anche nei seguenti casi e con la seguente gradualità temporale e con onere a carico del venditore o, in caso di locazione, del locatore:*

- a) *a decorrere dal 1° luglio 2007, agli edifici di superficie utile superiore a 1000 m<sup>2</sup>, nel caso di trasferimento a titolo oneroso dell'intero immobile;*
- b) *a decorrere dal 1° luglio 2008, agli edifici di superficie utile fino a 1000 m<sup>2</sup>, nel caso di trasferimento a titolo oneroso dell'intero immobile con l'esclusione delle singole unità immobiliari;*
- c) *a decorrere dal 1° luglio 2009 alle singole unità immobiliari, nel caso di trasferimento a titolo oneroso”.*

Per quanto riguarda la certificazione degli appartamenti di un condominio il decreto, all'articolo 6, richiama quanto previsto nella direttiva europea e nello specifico prevede che possa fondarsi:

- su una certificazione comune dell'intero edificio, per i condomini dotati di un impianto termico comune;
- sulla valutazione di un altro appartamento rappresentativo dello stesso condominio e della stessa tipologia.

Inoltre, a decorrere dal 1° gennaio 2007, l'attestato di certificazione energetica dell'edificio o dell'unità immobiliare interessata è necessario per accedere agli incentivi ed alle agevolazioni di qualsiasi natura, sia come sgravi fiscali o contributi a carico di fondi pubblici o della generalità degli utenti, finalizzati al miglioramento del-

le prestazioni energetiche dell'unità immobiliare, dell'edificio o degli impianti. Sono in ogni caso fatti salvi i diritti acquisiti ed il legittimo affidamento in relazione ad iniziative già formalmente avviate a realizzazione o notificate all'amministrazione competente, per le quali non sono necessari il preventivo assenso o concessione da parte della medesima.

A decorrere dal 1° luglio 2007, tutti i contratti, nuovi o rinnovati, relativi alla gestione degli impianti termici o di climatizzazione degli edifici pubblici, o nei quali figura comunque come committente un soggetto pubblico, debbono prevedere la predisposizione dell'attestato di certificazione energetica dell'edificio o dell'unità immobiliare interessati entro i primi sei mesi di vigenza contrattuale, con predisposizione ed esposizione al pubblico della targa energetica.

L'attestato ha una validità di dieci anni e nei casi di trasferimento a titolo oneroso o di locazione, in accordo con le decorrenze indicate, deve essere allegato all'atto di compravendita o di locazione.

Al comma 9 dell'art. 6 relativo alla certificazione energetica, si legge infine che *“entro centottanta giorni dalla data di entrata in vigore del presente decreto, il Ministro delle attività produttive, di concerto con i Ministri dell'ambiente e della tutela del territorio, delle infrastrutture e dei trasporti, d'intesa con la Conferenza unificata, avvalendosi delle metodologie di calcolo definite con i decreti di cui all'articolo 4, comma 1, e tenuto conto di quanto previsto nei commi precedenti, predispone Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici, sentito il CNCU<sup>(5)</sup>, prevedendo anche metodi semplificati che minimizzino gli oneri”*.

## **2.2. I decreti legislativi 115/2008 e 56/2010: la metodologia di calcolo della prestazione energetica ed i soggetti abilitati alla certificazione energetica**

Il **decreto legislativo 30 maggio 2008, n. 115** “Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE”

---

(5) Consiglio nazionale dei consumatori e degli utenti.

modificato e integrato dal successivo **decreto legislativo 29 marzo 2010, n. 56**, introduce importanti indicazioni riguardo alla procedura di calcolo da adottarsi ed alla figura del certificatore energetico.

Infatti, all'art. 18, comma 6 dello stesso, si sottolinea che per dare piena attuazione a quanto previsto dal decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, e successive modificazioni, in materia di diagnosi energetiche e certificazione energetica degli edifici, per le regioni e province autonome che non abbiano ancora provveduto ad adottare propri provvedimenti in applicazione della direttiva 2002/91/CE si applicano le disposizioni presenti all'allegato III del d.lgs. 115/2008. Le regioni e le province autonome che abbiano già provveduto al recepimento della direttiva 2002/91/CE adottano misure atte a favorire la coerenza e il graduale ravvicinamento dei propri provvedimenti con i contenuti dell'allegato III, il quale prevede che per le metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici e degli impianti si adottino le seguenti norme tecniche nazionali e loro successive modificazioni:

- a) UNI/TS 11300 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale;
- b) UNI/TS 11300 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2-1: determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e la produzione di acqua calda sanitaria nel caso di utilizzo dei combustibili fossili;
- c) UNI/TS 11300 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2-2: determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e la produzione di acqua calda sanitaria nel caso di utilizzo di energie rinnovabili (solare termico, solare fotovoltaico, biomasse) o di altri sistemi di generazione (cogenerazione, teleriscaldamento, pompe di calore elettriche e a gas).

I software di calcolo utilizzabili devono garantire che i valori degli indici di prestazione energetica, calcolati attraverso il loro utilizzo, abbiano uno scostamento massimo di più o meno il 5% rispetto ai corrispondenti parametri determinati con l'applicazione dello strumento nazionale di riferimento. La predetta garanzia è fornita attraverso una verifica e dichiarazione resa dal Comitato termotecnico italiano (CTI) o dall'Ente nazionale italiano di unificazione (UNI).

Relativamente, invece, alla figura del soggetto certificatore il d.lgs. 115/2008 dispone che venga riconosciuto come tale il tecnico abilitato, intendendo con ciò *“un tecnico operante sia in veste di dipendente di enti ed organismi pubblici o di società di servizi pubbliche o private (comprese le società di ingegneria) che di professionista libero od associato, iscritto ai relativi ordini e collegi professionali, ed abilitato all’esercizio della professione relativa alla progettazione di edifici ed impianti, asserviti agli edifici stessi, nell’ambito delle competenze ad esso attribuite dalla legislazione vigente. Il tecnico abilitato opera quindi all’interno delle proprie competenze. Ove il tecnico non sia competente nei campi sopra citati (o nel caso che alcuni di essi esulino dal proprio ambito di competenza), egli deve operare in collaborazione con altro tecnico abilitato in modo che il gruppo costituito copra tutti gli ambiti professionali su cui è richiesta la competenza. Ai soli fini della certificazione energetica, sono tecnici abilitati anche i soggetti in possesso di titoli di studio tecnico scientifici, individuati in ambito territoriale da regioni e province autonome, e abilitati dalle predette amministrazioni a seguito di specifici corsi di formazione per la certificazione energetica degli edifici con superamento di esami finale. I predetti corsi ed esami sono svolti direttamente da regioni e province autonome o autorizzati dalle stesse amministrazioni”*.

Qualora il tecnico abilitato sia dipendente od operi per conto di enti pubblici ovvero di organismi di diritto pubblico operanti nel settore dell’energia e dell’edilizia, il requisito di indipendenza è da intendersi superato dalle stesse finalità istituzionali di perseguimento di obiettivi di interesse pubblico proprie di tali enti ed organismi.

Negli altri casi, per assicurare la propria indipendenza ed imparzialità di giudizio i soggetti certificatori, all’atto di sottoscrizione dell’attestato di certificazione energetica, devono dichiarare:

- a) nel caso di certificazione di edifici di nuova costruzione, l’assenza di conflitto di interessi, tra l’altro espressa attraverso il non coinvolgimento diretto o indiretto nel processo di progettazione e realizzazione dell’edificio da certificare o con i produttori dei materiali e dei componenti in esso incorporati, nonché rispetto ai vantaggi che possano derivarne al richiedente;
- b) nel caso di certificazione di edifici esistenti, l’assenza di conflitto di interessi, ovvero di non coinvolgimento diretto o indiretto con i produttori dei materiali e dei componenti in esso incorporati, nonché rispetto ai vantaggi che possano derivarne al richiedente.

Per gli edifici già dotati di attestato di certificazione energetica, sottoposti ad adeguamenti impiantistici, compresa la sostituzione del generatore di calore, l'eventuale aggiornamento dell'attestato di certificazione può essere predisposto anche da un tecnico abilitato dell'impresa di costruzione e/o installatrice incaricata dei predetti adeguamenti.

Il d.lgs. 115/2008, inoltre, definisce gli obblighi di efficienza energetica nel settore pubblico (capo IV), i requisiti e le prestazioni che qualificano il contratto di servizio energia (allegato II) e le nuove modalità di calcolo dei volumi, delle superfici e dei rapporti di copertura negli interventi che raggiungono elevate prestazioni energetiche (art. 11): tutti punti per i quali è prevista la certificazione energetica.

### ***2.3. Il d.P.R. 59/2009: i criteri generali da adottare e i requisiti minimi per la prestazione energetica di edifici e impianti termici***

È stato necessario attendere più di 3 anni prima di veder pubblicati due dei tre provvedimenti attuativi previsti dal d.lgs. 192 stesso:

- il d.P.R. di attuazione dell'art. 4 comma 1, lettere *a*) e *b*) del d.lgs. 192/2005, in cui si definiscono i criteri generali, le metodologie di calcolo ed i requisiti minimi per la prestazione energetica di edifici e impianti termici per la climatizzazione invernale e per la preparazione dell'acqua calda sanitaria;
- il decreto interministeriale (Sviluppo-Ambiente-Infrastrutture), in attuazione dell'art. 6, comma 9 e dell'art. 5, comma 1, volto a fornire le procedure applicative della certificazione energetica degli edifici e contenente, in allegato, le linee guida nazionali.

Il primo provvedimento d'attuazione (il **d.P.R. 2 aprile 2009 n. 59**), pubblicato il 10 giugno 2009, indica che le metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici sono quelle descritte nella UNI/TS 11300-1:2008 (per la determinazione del fabbisogno di energia termica per la climatizzazione invernale ed estiva) e nella UNI/TS 11300-2:2008 (per il calcolo del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione e per la produzione di acqua calda sanitaria). Il provvedimento essenzialmente conferma i criteri generali ed i requisiti di prestazione energetica presenti nel-

l'allegato C del d.lgs. 192/2005 (resi applicativi dall'allegato I dello stesso), introducendo alcune ulteriori disposizioni:

- nel caso di nuova costruzione, di ristrutturazione integrale o demolizione e ricostruzione in manutenzione straordinaria di edifici esistenti con superficie utile maggiore di 1000 mq, oppure ancora di ampliamenti volumetrici superiori al 20% del volume esistente, sono richieste in sede progettuale la determinazione della prestazione energetica dell'involucro per il raffrescamento estivo ( $E_{pe,inv}$ ), calcolata secondo UNI/TS 11300-1:2008 e la verifica che essa non sia superiore ai valori riportati in tab. 1;

**Tab. 1** – Valori limite della prestazione energetica dell'involucro per il raffrescamento

Classificazione secondo d.P.R. 412/1993	Zone climatiche	
	A e B	C, D, E ed F
E.1, ad esclusione di collegi, conventi, case-serme e case di pena	40 kWh/m <sup>2</sup> anno	30 kWh/m <sup>2</sup> anno
Per tutti gli altri edifici	14 kWh/m <sup>3</sup> anno	10 kWh/m <sup>3</sup> anno

- per le porte valgono i limiti di trasmittanza validi per le finestre;
- negli edifici con più di 4 unità abitative si impone la termoregolazione in caso di ristrutturazione o di installazione dell'impianto termico e viene vietata la decentralizzazione dell'impianto termico esistente (divieto valido anche nel caso di impianti con potenze termiche maggiori o uguali ai 100 kW);
- le biomasse per l'alimentazione dei generatori di calore sono considerate fonti rinnovabili;
- si prescrivono trattamenti dell'acqua di alimentazione degli impianti termici, in funzione della potenza termica nominale del generatore e della durezza dell'acqua stessa;
- nel caso di edifici pubblici o ad uso pubblico, infine, i requisiti minimi diventano più restrittivi.

#### **2.4. Il decreto interministeriale 26 giugno 2009: le linee guida nazionali sulla certificazione energetica**

Il 10 luglio 2009, ad un mese di distanza dalla pubblicazione del d.P.R. 59/2009, viene pubblicato anche il secondo provvedimento (**il d. interm. 26 giugno 2009**); tale decreto è stato concepito per dare piena operatività al d.lgs. 192/2005, attraverso la definizione:

- a) delle linee guida nazionali per la certificazione energetica (art. 6, comma 9 del d.lgs. 192/2005);
- b) degli strumenti di raccordo, concertazione e cooperazione tra Stato e regioni (art. 5, comma 1 del d.lgs. 192/2005).

Coerentemente con il principio di cedevolezza, le linee guida contenute nel decreto 26 giugno 2009 si applicano nelle regioni e nelle province autonome che non hanno adottato propri strumenti di certificazione energetica. Al contempo, però, tali disposizioni prevedono che i sistemi di certificazione energetica esistenti si allineino a quanto previsto a livello nazionale, assicurando la coerenza con i seguenti elementi essenziali del sistema nazionale (riportati all'art. 4 del decreto):

- a) i dati informativi contenuti nell'attestato di certificazione energetica, compresi i dati relativi all'efficienza energetica dell'edificio, i valori vigenti a norma di legge, i valori di riferimento o classi prestazionali che consentano ai cittadini di valutare e raffrontare la prestazione energetica dell'edificio in forma sintetica e anche non tecnica, i suggerimenti e le raccomandazioni in merito agli interventi più significativi ed economicamente convenienti per il miglioramento della predetta prestazione;
- b) le norme tecniche di riferimento, conformi a quelle sviluppate in ambito europeo e nazionale;
- c) le metodologie di calcolo della prestazione energetica degli edifici, compresi i metodi semplificati finalizzati a minimizzare gli oneri a carico dei cittadini, basati sulle norme di riferimento;
- d) i requisiti professionali e i criteri per assicurare la qualificazione e l'indipendenza dei soggetti certificatori;
- e) la validità temporale massima di dieci anni dell'attestato, confermata solo se sono rispettate le prescrizioni normative vigenti per le operazioni di controllo di efficienza energetica, comprese le eventuali conseguenze di adeguamento, degli

- impianti di climatizzazione ad esso asserviti: nel caso di mancato rispetto delle predette disposizioni l'attestato di certificazione decade il 31 dicembre dell'anno successivo a quello in cui è prevista la prima scadenza non rispettata per le predette operazioni di controllo di efficienza energetica;
- f) l'obbligo di allegare, in originale o in copia, i libretti di impianto o di centrale all'attestato;
  - g) le prescrizioni relative all'aggiornamento dell'attestato in relazione ad ogni intervento che migliori la prestazione energetica dell'edificio o ad ogni operazione di controllo che accerti il degrado della prestazione medesima, di entità significativa.

Nonostante questa spinta verso un'armonizzazione delle procedure regionali varate in questi anni, emerge chiaramente la volontà da parte del legislatore di non perdere il bagaglio delle esperienze acquisito; a tale scopo il decreto prevede l'istituzione di un tavolo di confronto e di coordinamento con l'obiettivo di individuare le modalità di trasferimento delle informazioni verso il consumatore, lo scambio di esperienze tra i programmi regionali, lo sviluppo di iniziative coordinate, lo sviluppo di marchi volontari di qualità energetico-ambientale.

Ad oggi manca ancora un ulteriore decreto (un d.P.R.), attuativo della lettera c), comma 1 art. 4 del d.lgs. 192/2005, che indichi i requisiti professionali e i criteri di accreditamento per assicurare la qualificazione e l'indipendenza degli esperti o degli organismi cui affidare la certificazione energetica degli edifici e l'ispezione degli impianti di climatizzazione. Il d.lgs. 30 maggio 2008, n. 115 "Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE" introduce, però, importanti indicazioni riguardo alla figura del certificatore energetico: in attesa, dunque, che venga emanato un ulteriore d.P.R., vale quanto previsto nel d.lgs. 115/2008.

### ***2.5. Il principio di cedevolezza: il ruolo chiave di regioni e province autonome nella regolamentazione in materia di energia***

Ancor prima della pubblicazione delle linee guida nazionali sulla certificazione energetica, alcune regioni si sono mosse per definire

una propria normativa in materia, legittimate da quanto riportato nell'art. 30 del decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112 "Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59" che ha parzialmente modificato le disposizioni di cui agli articoli 12, 14 e 30 della l. 10/1991. Tale articolo, infatti, è relativo al conferimento di funzioni alle regioni e specifica che:

- “1. Sono delegate alle regioni le funzioni amministrative in tema di energia, ivi comprese quelle relative alle fonti rinnovabili, all'elettricità, all'energia nucleare, al petrolio ed al gas, che non siano riservate allo Stato ai sensi dell'articolo 29 o che non siano attribuite agli enti locali ai sensi dell'articolo 31.*
- 2. Sono attribuiti alle regioni i compiti previsti dagli articoli 12, 14 e 30 della legge 9 gennaio 1991, n. 10, ad esclusione di quelli concernenti iniziative per le quali risultino già formalmente impegnati i fondi. Per quanto attiene alle funzioni di cui al medesimo articolo 30 della legge n. 10 del 1991 trasferite alle regioni, resta ferma la funzione d'indirizzo ai sensi dell'articolo 8 della legge 15 marzo 1997, n. 59.*
- 3. Il coordinamento e la verifica in ambito nazionale delle iniziative relative ai progetti dimostrativi di cui all'articolo 12 della legge 9 gennaio 1991, n. 10, è affidato alla Conferenza unificata. Le decisioni assunte in tale sede sono vincolanti ai fini dell'ammissibilità delle iniziative al finanziamento da parte delle singole regioni. Per le regioni a statuto speciale e le Province autonome di Trento e di Bolzano il conferimento delle funzioni e dei compiti, nonché dei connessi beni e risorse, avviene nel rispetto degli statuti e attraverso apposite norme di attuazione.*
- 4. Per fare fronte alle esigenze di spesa relative alle attività di cui al comma 1 del presente articolo e per le finalità della legge 9 gennaio 1991, n. 10, le regioni a statuto ordinario destinano, con le loro leggi di bilancio, almeno la quota dell'1 per cento delle disponibilità conseguite annualmente ai sensi dell'articolo 3, comma 12, della legge 28 dicembre 1995 n. 549.*
- 5. Le regioni svolgono funzioni di coordinamento dei compiti attribuiti agli enti locali per l'attuazione del decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993 n. 412, nonché compiti di assistenza agli stessi per le attività di informazione al pubblico e di formazione degli operatori pubblici e privati nel campo della progettazione, installazione, esercizio e controllo degli impianti*

*termici. Le regioni riferiscono annualmente alla Conferenza unificata sullo stato di attuazione del decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, nei rispettivi territori”.*

A tal proposito, infatti, la giurisprudenza costituzionale è costante nel ritenere che la circostanza che una determinata disciplina sia ascrivibile alla materia “tutela dell’ambiente” di cui all’art. 117, secondo comma, lettera s), della Costituzione, se certamente comporta il potere dello Stato di dettare standard di protezione uniformi validi su tutto il territorio nazionale e non derogabili in senso peggiorativo da parte delle regioni, non esclude affatto che le leggi regionali emanate nell’esercizio della potestà concorrente di cui all’art. 117, terzo comma, della Costituzione, o di quella “residuale” di cui all’art. 117, quarto comma, possano assumere fra i propri scopi anche finalità di tutela ambientale.

Oltre a ciò, la stessa clausola di cedevolezza del d.lgs. 19 agosto 2005, n. 192 in “Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell’edilizia”, all’art. 17, esplicita che:

*“1. In relazione a quanto disposto dall’articolo 117, quinto comma, della Costituzione, e fatto salvo quanto previsto dall’articolo 16, comma 3, della legge 4 febbraio 2005, n. 11, per le norme afferenti a materie di competenza esclusiva delle regioni e province autonome, le norme del presente decreto e dei decreti ministeriali applicativi nelle materie di legislazione concorrente si applicano per le regioni e province autonome che non abbiano ancora provveduto al recepimento della direttiva 2002/91/CE fino alla data di entrata in vigore della normativa di attuazione adottata da ciascuna regione e provincia autonoma. Nel dettare la normativa di attuazione le regioni e le province autonome sono tenute al rispetto dei vincoli derivanti dall’ordinamento comunitario e dei principi fondamentali desumibili dal presente decreto e dalla stessa direttiva 2002/91/CE”.*

Quindi, laddove una regione non abbia legiferato in materia, si applicherà la normativa nazionale, mentre, viceversa, si dovranno applicare le disposizioni regionali quando queste siano presenti (sempreché non siano in contrasto con la normativa nazionale stessa).

Lo stesso d.lgs. 115/2008 riporta che ai sensi dell’articolo 17 del d.lgs. 192/2005, le disposizioni di cui all’allegato III si applicano per le regioni e province autonome che non abbiano ancora provveduto ad adottare propri provvedimenti in applicazione della direttiva 2002/

91/CE e comunque sino alla data di entrata in vigore dei predetti provvedimenti nazionali o regionali. Le regioni e le province autonome che abbiano già provveduto al recepimento della direttiva 2002/91/CE adottano misure atte a favorire la coerenza e il graduale ravvicinamento dei propri provvedimenti con i contenuti dell'allegato III. Analogamente, le linee guida ribadiscono tale concetto.

### **3. Le funzioni delle pubbliche amministrazioni ai fini dell'attuazione delle norme comunitarie e nazionali**

Alla luce del quadro normativo fin qui presentato, appare chiaro che la strategia perseguita a livello comunitario e, in cascata, a livello locale si basa sulla riduzione dei consumi energetici attraverso l'aumento dell'isolamento termico degli involucri, l'utilizzo di sempre più efficienti sistemi impiantistici per la produzione di energia termica ed elettrica e la promozione di fonti energetiche rinnovabili. Al fine di raggiungere tali obiettivi, le Pubbliche Amministrazioni hanno un ruolo chiave e sono chiamate ad agire efficacemente su cinque diversi fronti:

- 1) il miglioramento dell'efficienza energetica;
- 2) l'attività di accertamento ed ispezione;
- 3) la certificazione degli edifici esistenti;
- 4) la promozione dell'uso di fonti energetiche rinnovabili;
- 5) l'adeguamento dei propri regolamenti e strumenti urbanistici.

Molte realtà comunali, provinciali e regionali in tutta Italia stanno dimostrando un grosso impegno con iniziative di vario genere: contributi per chi installa pannelli solari, scomputi di superfici e volumi o sconti sugli oneri di urbanizzazione in caso di interventi con alti livelli di efficienza energetica, adozione di regolamenti sull'edilizia sostenibile (spesso con requisiti più severi di quelli nazionali), organizzazione di convegni e seminari per sensibilizzare professionisti, imprese e cittadini sulla qualità energetica e sull'uso responsabile delle risorse energetiche.

Il complesso panorama normativo, per essere efficace, richiede che le P.A. si muovano su tutti e cinque i fronti, imponendo degli obblighi che, se velocemente rispettati, risulterebbero ancora più efficaci delle numerose iniziative (spesso costose ed estemporanee)

ad oggi intraprese. Vediamo dunque nel dettaglio tali funzioni, alla luce dei principali passaggi normativi che le affidano al settore pubblico.

### **3.1. *Il miglioramento dell'efficienza energetica***

Secondo la direttiva 2002/91/CE, per migliorare il rendimento energetico degli edifici si devono adottare misure che tengano conto delle condizioni climatiche e locali, nonché dell'ambiente termico interno e dell'efficacia sotto il profilo dei costi, senza contravvenire ad altre prescrizioni essenziali sull'edilizia quali l'accessibilità, la prudenza e l'uso cui è destinato l'edificio. Per calcolare il rendimento energetico degli edifici è opportuno utilizzare una metodologia che può essere differenziata a livello regionale, sempre per tener conto delle specificità del contesto; in tutti i casi, però, bisogna considerare l'intero sistema edificio-impianto e quindi coibentazione, impianto di riscaldamento, impianto di condizionamento, produzione di acqua calda sanitaria, ventilazione e l'illuminazione, incentivando l'impiego di fonti di energia rinnovabili.

Leggendo la 2002/91/CE appare evidente che alle Pubbliche Amministrazioni è richiesto di perseguire l'efficienza energetica non solo per il risparmio energetico, ma soprattutto per sensibilizzare la cittadinanza sulla necessità di un uso razionale delle risorse energetiche.

Il recepimento di tale direttiva nella normativa italiana avviene con il d.lgs. 192/2005, successivamente integrato e modificato dal d.lgs. 311/2006, nel quale l'obbligo del miglioramento dell'efficienza energetica è previsto in tutti i casi di progettazione e realizzazione di edifici di nuova costruzione e di impianti in essi installati, nei casi di installazione di nuovi impianti in edifici esistenti e, in maniera graduale, in tutti i casi di ristrutturazione di edifici e di impianti esistenti. Tale obbligo è esteso agli edifici di proprietà pubblica o ad uso pubblico.

La successiva direttiva 2006/32/CE, nella quale la Comunità europea si pone l'obiettivo di conseguire un risparmio energetico a livello comunitario pari al 9% entro il 2016, rimarca nuovamente che il settore pubblico debba:

- svolgere un ruolo esemplare in tale contesto, comunicando efficientemente ai cittadini e/o alle imprese il ruolo esemplare e le azioni del settore pubblico;
- prendere una o più misure di miglioramento dell'efficienza energetica privilegiando quelle efficaci sotto il profilo costi-benefici, che generano quindi il maggior risparmio energetico nel minor lasso di tempo.

L'Italia recepisce questa direttiva con il d.lgs. 115/2008, riconfermando la responsabilità amministrativa, gestionale ed esecutiva dei comuni nel migliorare l'efficienza energetica nel settore pubblico, nonché nel monitorare e nel comunicare ai cittadini le azioni svolte dalla stessa Pubblica Amministrazione in campo energetico; ciò anche mediante la trasmissione all'ENEA (agenzia nazionale per l'efficienza energetica) di una scheda informativa degli interventi e delle azioni di promozione dell'efficienza energetica intraprese.

In particolare, al capo IV del decreto si prevede che per l'edilizia pubblica i comuni abbiano l'obbligo di:

- ricorrere agli strumenti finanziari per il risparmio energetico per la realizzazione degli interventi di riqualificazione che prevedono una riduzione dei consumi di energia misurabile e predeterminata;
- effettuare le diagnosi energetiche degli edifici pubblici o ad uso pubblico, in caso di ristrutturazione degli impianti termici, compresa la sostituzione dei generatori di calore, o di ristrutturazioni edilizie che riguardano almeno il 15% della superficie esterna dell'involucro edilizio che racchiude il volume lordo riscaldato;
- provvedere alla certificazione energetica degli edifici pubblici o ad uso pubblico, nel caso in cui la metratura utile totale sia superiore a 1.000 mq, anche se non soggetti ad alcuni tipo di intervento;
- provvedere alla certificazione energetica degli edifici pubblici o ad uso pubblico nel caso di nuova costruzione o di ristrutturazione degli stessi;
- acquisire apparecchi, impianti, autoveicoli ed attrezzature (ad es. impianti semaforici, illuminazione pubblica, illuminazione di interni, apparecchi per ufficio, caldaie e apparecchi di condizionamento dell'aria, autoveicoli di proprietà) con ridotto consumo energetico;

- applicare il criterio dell’offerta economicamente più vantaggiosa nelle procedure di gara (per appalti pubblici non riconducibili ai settori speciali) che hanno per oggetto l’affidamento della gestione dei servizi energetici unitamente alla diagnosi, anche in assenza del progetto preliminare a cura dell’Amministrazione.

Il d.P.R. 59/2009, provvedimento attuativo del d.lgs. 192/2005, conferma i criteri generali ed i requisiti di prestazione energetica presenti nell’allegato C del d.lgs. 192/2005, ma impone ulteriori restrizioni in tutti i casi di nuova costruzione o ristrutturazione di edifici pubblici o ad uso pubblico, prevedendo di:

- ridurre del 10% i valori limite di cui all’allegato C del d.lgs. 192/2005 relativamente al fabbisogno di energia primaria, alla trasmittanza termica delle strutture verticali ed orizzontali opache ed alla trasmittanza termica delle chiusure trasparenti;
- verificare che il rendimento globale medio stagionale sia inferiore al valore limite  $\eta_g = (75 + 4 \text{Log}_{10} P_n)\%$ ;
- dotare gli edifici di impianti centralizzati per la climatizzazione invernale ed estiva.

La recente direttiva 2010/31/UE “Sulla prestazione energetica dell’edilizia”, entrata in vigore l’8 luglio 2010 e che di fatto sostituisce la direttiva 2002/91/CE, pone l’obiettivo di ridurre del 20% il consumo energetico comunitario nel settore edilizio entro il 2020 e, a tal fine, obbliga gli Stati membri a:

- predisporre, entro il 2012, le norme di applicazione alla direttiva;
- definire, entro il 30 giugno 2011, i meccanismi e gli strumenti di finanziamento per incentivare l’utilizzo di sistemi ad energia quasi zero;
- adottare le misure necessarie per garantire che entro il 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione siano dotati di sistemi ad energia quasi zero mediante anche l’utilizzo di fonti energetiche rinnovabili.

Il rispetto degli standard di efficienza energetica deve applicarsi sia sugli edifici di nuova realizzazione, che su quelli esistenti da ristrutturare. A dare l’esempio, anche in questo caso, dovranno essere gli edifici pubblici di nuova costruzione che entro il 2018 dovranno già possedere elevatissimi standard energetici.

Con la legge 296/2006 (legge finanziaria 2007) lo Stato ha dato un forte contributo incentivando gli interventi di riqualificazione energetica mediante agevolazioni che consistono in una detrazione dall'imposta lorda, sia ai fini IRPEF che IRES, in misura pari al 55% delle spese sostenute.

Oggi gli incentivi si estendono persino sull'acquisto di immobili di nuova costruzione adibiti a prima abitazione che ricadono in classe energetica A e B, grazie al decreto legge 40/2010 che prevede un contributo di € 116,00 a metro quadrato (con un massimo di 7 mila euro) per la classe A, nonché un contributo di € 83,00 al metro quadro (con un massimo di 5 mila euro) per la classe B.

### ***3.2. L'attività di accertamento ed ispezione***

La legge 10/1991 obbliga il proprietario che intende eseguire opere volte a modificare il rendimento energetico del sistema edificio-impianto a depositare in Comune il progetto delle opere corredato da una relazione tecnica, sottoscritta da un progettista che ne attesti la rispondenza alle prescrizioni della legge stessa. Il mancato deposito della documentazione prima dell'inizio dei lavori autorizza l'ufficio competente, oltre che ad applicare una sanzione amministrativa, ad ordinare la sospensione dei lavori sino al compimento dell'adempimento stesso. Da questo punto di vista, la legge 10/1991 non dice nulla di nuovo rispetto alla precedente legge 373/1976, in cui era già previsto l'obbligo per il committente che installava o modificava un impianto termico di depositare presso l'ufficio competente del Comune il progetto corredato da una relazione tecnica con eventuali calcoli di previsione di consumo energetico per gli impianti nuovi.

Il comune, da parte sua, aveva la facoltà (ma non l'obbligo) di procedere a controlli per accertare la rispondenza degli impianti ai requisiti previsti dalla legge, sia in fase di esecuzione dei lavori, che entro 5 anni dalla fine degli stessi. In caso di accertamento di difformità in corso d'opera, il Sindaco avrebbe dovuto sospendere i lavori imponendo l'adeguamento dell'impianto. In caso di lavori ultimati in difformità, il committente sarebbe stato punito con una sanzione amministrativa.

Con il d.lgs. 192/2005 e s.m.i. diventa obbligatorio (non è più una facoltà) per i comuni la verifica della conformità alla documentazione progettuale, anche avvalendosi di esperti o di organismi ester-

ni, qualificati e indipendenti e mediante attività di controllo, accertamento e ispezione in corso d'opera o entro 5 anni dalla data di fine lavori dichiarata dal committente. Tali controlli possono essere fatti anche su richiesta del committente, dell'acquirente o del conduttore dell'edificio, con costo degli accertamenti e delle ispezioni a carico dei richiedenti.

L'art. 9 del d.lgs. 192/2005, inoltre, specifica che le Regioni e gli Enti locali devono provvedere all'attuazione del decreto stesso, effettuando con cadenza periodica gli accertamenti e le ispezioni necessarie all'osservanza delle norme sul contenimento energetico e sulla manutenzione degli impianti di climatizzazione. Tali controlli devono essere condotti in modo tale da "garantire il minor onere e il minor impatto possibile a carico dei cittadini" ed al fine di ridurre il consumo di energia e i livelli di emissioni inquinanti, correggendo le situazioni non conformi alle prescrizioni del d.lgs. 192/2005 e monitorando l'efficacia delle politiche pubbliche.

Per adempiere in modo più efficace a tali obblighi, è data facoltà di realizzare programmi informativi per la costituzione dei catasti degli impianti di climatizzazione. I comuni possono inoltre richiedere ai proprietari e agli amministratori degli immobili di competenza di fornire gli elementi essenziali, complementari a quelli previsti per il catasto degli impianti di climatizzazione, in modo da ottenere tutte le informazioni utili in merito agli usi energetici degli edifici nel proprio territorio di competenza.

### ***3.3. La certificazione energetica degli edifici esistenti***

I comuni sono obbligati a predisporre la certificazione energetica dei propri edifici secondo il d.lgs. 192/2005 in caso di nuova costruzione, ampliamento o ristrutturazione degli edifici pubblici od ad uso pubblico, ma anche:

- per tutti i contratti stipulati o rinnovati dopo il 1° gennaio 2007 relativi alla gestione degli impianti termici o di climatizzazione degli edifici pubblici, o nei quali figura comunque come committente un soggetto pubblico;
- per tutti gli edifici con metratura utile totale superiore a 1.000 metri quadrati.

Una volta redatto l'attestato di certificazione energetica, il certificatore chiede all'ente competente (al comune o all'Organismo re-

gionale di accreditamento) il rilascio della targa energetica che deve essere affissa nello stesso edificio a cui si riferisce ed in luogo facilmente visibile per il pubblico.

A questo proposito, ad esempio, Regione Lombardia con d.g.r. VIII/5018 aveva inizialmente previsto l'obbligo di certificare gli edifici di proprietà pubblica o adibiti ad uso pubblico con superficie superiore a 1.000 mq entro il 1° luglio 2010; tale termine però è stato successivamente prorogato (d.g.r. n. IX/335 del 28/7/2010) al 1° luglio 2011 per dare la possibilità ai dipendenti di enti e società pubbliche di accreditarsi come certificatori energetici e svolgere l'attività all'interno.

### ***3.4. La promozione dell'uso di fonti rinnovabili***

Per gli edifici di proprietà pubblica o adibiti ad uso pubblico l'art. 5 comma 15 del d.P.R. 412/1993, richiamando quanto previsto dalla l. 10/1991 (all'art. 26, comma 7), prescrive l'obbligo di soddisfare il fabbisogno energetico favorendo il ricorso a fonti di energia rinnovabili o assimilate nei casi di nuova installazione o di ristrutturazione degli impianti termici, salvo impedimenti di natura tecnica ed economica. Il limite di convenienza economica per gli impianti di produzione di energia di nuova installazione o da ristrutturare è determinato dal recupero entro un periodo di otto anni degli extra-costi dell'impianto che utilizza le fonti rinnovabili o assimilate rispetto ad un impianto convenzionale; il recupero, calcolato come tempo di ritorno semplice, è determinato dalle minori spese per l'acquisto del combustibile, o di altri vettori energetici, valutate ai costi di fornitura all'atto della compilazione del progetto, e dagli eventuali introiti determinati dalla vendita della sovrapproduzione di energia elettrica o termica a terzi. Il tempo di ritorno semplice è elevato da otto anni a dieci anni per edifici siti nei centri urbani dei comuni con popolazione superiore a 50.000 abitanti, al fine di tener conto della maggiore importanza dell'impatto ambientale.

Il d.lgs. 192/2005 amplia l'obbligo di utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di energia termica ed elettrica anche agli edifici privati e nei casi di nuova costruzione, specificando che almeno il 50% del fabbisogno annuo di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria sia coperto mediante l'utilizzo di fonti rinnovabili. Tale limite è ridotto al 20% per gli edifici situati nei centri storici.

In tutti i casi, ad esclusione delle nuove costruzioni, in cui per l'installazione di fonti rinnovabili vi siano impedimenti di natura tecnica o economica, le cause ostative devono essere descritte nel progetto e nella relazione tecnica di cui al comma 1 dell'art. 28 della legge 10/1991, riportando i motivi che impediscono l'uso delle fonti rinnovabili o assimilate.

Anche in questo caso le realtà regionali o locali hanno la possibilità di specificare meglio l'obbligo di utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili. In Lombardia, ad esempio, la giunta regionale ha deliberato che tale obbligo è soddisfatto, oltre che con fonti energetiche rinnovabili, anche nel caso di teleriscaldamento alimentato da combustione di rifiuti solidi urbani, biogas o reflui energetici, pompe di calore. L'obbligo di installare impianti da fonti rinnovabili vale per gli edifici pubblici e di uso pubblico di nuova costruzione successivi alla data del 20 luglio 2007, e nei casi di impianti termici se si tratta di nuova installazione, di ristrutturazione, di trasformazione da centralizzato ad impianti autonomi. La delibera inoltre precisa che, in occasione di nuova installazione o di ristrutturazione di impianti termici, è obbligatoria la predisposizione delle opere necessarie a favorire il collegamento a reti di teleriscaldamento, nel caso di presenza di tratte di rete ad una distanza inferiore a metri 1.000 oppure in presenza di progetti approvati nell'ambito di opportuni strumenti di pianificazione.

Non bisogna infine dimenticare gli incentivi statali sull'utilizzo del fotovoltaico erogati dal GSE (ente che per conto dello Stato si occupa dello stanziamento dei contributi statali relativamente al finanziamento del progetto fotovoltaico e l'installazione dei pannelli), grazie al Conto Energia, decreto ministeriale varato il 19 febbraio 2007 che regola le modalità e le tariffe incentivanti per l'erogazione degli incentivi statali ai produttori di energia pulita; secondo questa legge e relativi aggiornamenti, anche un comune cittadino privato può diventare produttore di energia da fonti rinnovabili e ottenere quindi dei guadagni.

### ***3.5. L'adeguamento dei regolamenti e degli strumenti urbanistici***

Il d.m. 27 luglio 2005 prevede che i comuni adeguino i propri regolamenti edilizi adottando soluzioni tipologiche e tecnologiche finalizzate al risparmio energetico ed all'uso di fonti energetiche rinnovabili.

I comuni con popolazione superiore a 50.000 abitanti che provvedano alla redazione di strumenti urbanistici comunali o di revisione generale degli stessi devono localizzare le eventuali fonti rinnovabili di energia presenti o ipotizzabili sul territorio comunale. A seguito delle opportune indagini, i comuni sono tenuti ad individuare le condizioni per consentire il massimo utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili in precedenza individuate, in relazione alle previsioni relative alle trasformazioni urbanistiche contenute nello strumento di pianificazione. La valutazione di questi aspetti deve essere fatta in rapporto alle caratteristiche fisiche e morfologiche dell'area, alle presistenze edilizie, alle condizioni di assetto territoriale che vengono determinandosi in attuazione alle indicazioni dei piani urbanistici.

In fase di adeguamento dei regolamenti edilizi, i comuni devono introdurre disposizioni che incentivino economicamente la progettazione e la costruzione di edifici energeticamente efficienti, alla luce dei vantaggi derivanti dall'uso efficiente dell'energia, dalla valorizzazione delle fonti energetiche rinnovabili e dal miglioramento della qualità del sistema costruttivo.

L'obbligo vale anche per gli strumenti urbanistici generali che devono essere adeguati al fine di:

- consentire lo sfruttamento della radiazione solare quale fonte di calore per il riscaldamento invernale, tramite indicazioni in ordine all'orientamento degli edifici da realizzare;
- individuare strumenti idonei di intervento di tipo passivo che consentano di minimizzare gli effetti della radiazione solare estiva al fine di garantire un adeguato livello di comfort (schermature delle superfici vetrate, inerzia termica delle strutture, ecc.);
- scorporare dal calcolo della superficie utile e del volume edificato degli spessori di chiusure opache verticali ed orizzontali al fine di favorire la realizzazione di edifici con adeguata inerzia termica e sfasamento termico, nei limiti stabiliti dal decreto stesso.

Le Pubbliche Amministrazioni sono dunque chiamate a svolgere un ruolo chiave nel raggiungimento degli obiettivi che l'UE si è fissata per il 2020: ridurre del 20% le emissioni di gas a effetto serra, portare al 20% il risparmio energetico e aumentare al 20% il consumo da fonti rinnovabili.

Viste poi le indicazioni della recente direttiva 2010/31/UE, si prevede che venga richiesto ancora maggior impegno da parte delle P.A., in quanto, tra le premesse, la direttiva riconosce che il “grande potenziale di risparmio energetico nell'edilizia” è rimasto inattuato, e che “bisogna predisporre interventi più concreti anche al fine di ridurre l'ampio divario tra i risultati dei diversi Stati membri in questo settore”. Alla luce di ciò si richiede che tutti i nuovi edifici dovranno essere a “energia quasi zero” entro il 31/12/2020, prescrizione anticipata al 31/12/2018 per gli edifici pubblici.

Gli Stati membri sono chiamati ad elaborare piani nazionali per l'efficienza energetica nei quali indicare le misure adottate e le strategie per arrivare agli edifici a energia quasi zero.

La certificazione energetica rimane dunque uno strumento efficace per il raggiungimento degli obiettivi poiché induce il mercato ad orientarsi verso edifici ed impianti più efficienti. Grazie al suo ruolo di informazione orienta il consumatore a scegliere consapevolmente il “prodotto” immobiliare anche in funzione della sua prestazione energetica e, nei casi di edifici non residenziali, indica il consumo energetico annuale e la percentuale di energia da fonti rinnovabili nel consumo energetico totale.

#### **4. Le norme tecniche per la certificazione energetica**

La Comunità europea, con il mandato M343 “Energy performance of buildings”, ha incaricato il CEN <sup>(6)</sup> di produrre la normativa

---

<sup>(6)</sup> Il Comitato europeo di normazione (European Committee for Standardization in inglese, Comité européen de normalisation in francese) è un ente normativo che ha lo scopo di armonizzare e produrre norme tecniche (EN) in Europa in collaborazione con enti normativi nazionali e sovranazionali. Gli standard europei prodotti dal CEN sono normalmente armonizzati e adattati dai singoli paesi che li accolgono come per esempio l'UNI (acronimo di Ente Nazionale Italiano di Unificazione) in Italia.

tecnica necessaria per l'attuazione della direttiva 2002/91/CE ed armonizzare a livello europeo la metodologia di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici. Tale normativa tecnica europea può essere recepita a livello nazionale per la redazione di norme tecniche nazionali che non sono cogenti, ma che sono a supporto della legislazione nazionale.



**Fig. 1** – Iter legislativo di recepimento direttiva 2002/91/CE nel quadro normativo italiano

Per dare attuazione alla direttiva, sono stati istituiti 5 comitati tecnici:

- il CEN/TC 89 “Prestazioni termiche degli edifici e dei componenti edilizi”;
- il CEN/TC 156 “Impianti di ventilazione e di condizionamento negli edifici”;
- il CEN/TC 169 “Luce ed illuminazione”;
- il CEN/TC 228 “Impianti di riscaldamento negli edifici”;
- il CEN/TC 247 “Regolazione per le installazioni meccaniche negli edifici”.

Tra le norme tecniche ad oggi prodotte e recepite in Italia attraverso l’Ente Nazionale Italiano di Unificazione, la UNI EN 15217:2007 <sup>(7)</sup> fornisce importanti indicazioni sulla procedura di certificazione energetica, mentre le UNI/TS 11300:2008 svolgono un ruolo chiave all’interno del quadro tecnico normativo.

Il CEN ha inoltre pubblicato un documento tecnico (recepito anch’esso a livello UNI) in cui descrive gli standard europei (gli EN)

<sup>(7)</sup> Norma tecnica sulla “Prestazione energetica degli edifici - Metodi per esprimere la prestazione energetica e per la certificazione energetica degli edifici”, recepimento italiano della corrispondente EN, che è stata pubblicata sulla G.U.C.E. nel giugno 2007 e preparata dal comitato tecnico CEN/TC 89 “*Thermal performance of buildings and building components*”.

che sono necessari per dare attuazione alla direttiva 2002/91/CE ed, in particolare, per quantificare la prestazione energetica globale degli edifici: il **rapporto tecnico UNI CEN/TR 15615:2008** “Spiegazione della relazione generale tra le varie norme europee e la direttiva sulla prestazione energetica degli edifici (EPBD) - Documento riassuntivo”<sup>(8)</sup>.

Lo scopo principale di tale documento, come quello di tutti gli standard tecnici preparati dal CEN è quello di facilitare il recepimento della EPBD negli Stati membri dell’Unione europea. Esso pertanto ripercorre i 4 principali contesti in cui la direttiva si muove e per ognuno di questi individua le norme tecniche di riferimento:

- la metodologia di calcolo, per la quale, ad esempio, la UNI EN ISO 13790:2008 prevede diversi livelli di complessità (dal metodo semplificato mensile o stagionale a quello su base oraria), validabili attraverso i criteri individuati nella UNI EN 15265:2008;
- i requisiti minimi di prestazione energetica;
- l’attestato di certificazione energetica, i cui contenuti sono individuati nella UNI EN 15217:2007 (descritta nel seguente paragrafo);
- l’ispezione impianti termici.

Non solo, ma dopo aver individuato, tramite dei diagrammi di flusso, le correlazioni tra le principali norme tecniche per sistemi sia di riscaldamento che di condizionamento, il rapporto tecnico elenca tutte le norme tecniche su cui si basa la metodologia di calcolo, descrivendone brevemente il contenuto<sup>(9)</sup>. Le norme tecniche

---

<sup>(8)</sup> L’acronimo EPBD, *Energy performance building directive*, indica la direttiva 2002/91/CE.

<sup>(9)</sup> Nello specifico:

- la UNI EN 15217:2007 “Metodi per esprimere la prestazione energetica e per la certificazione energetica degli edifici”;
- la UNI EN ISO 13790:2008 “Prestazione energetica degli edifici – Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento”, che sostituisce la precedente versione del 2005;
- la UNI EN 15603:2008 “Prestazione energetica degli edifici – Consumo energetico globale e definizione dei metodi di valutazione energetica, la quale ha lo scopo di:
  - a) riassumere i risultati derivanti dalle norme per il calcolo dei consumi energetici specifici dei vari servizi interni all’edificio;
  - b) conteggiare l’energia prodotta nell’edificio, parte della quale può essere esportata per essere utilizzata altrove;

(segue nota 9)

---

- c) fornire valutazioni energetiche basate sull'energia primaria, sull'emissione di anidride carbonica o su altri parametri definiti da politiche energetiche nazionali;
- d) stabilire i principi generali per il calcolo dei fattori di conversione in energia primaria e i coefficienti di emissione di anidride carbonica;
- la UNI EN 15459:2008 "Prestazione energetica degli edifici - Procedura di valutazione economica dei sistemi energetici degli edifici";
- la UNI EN 15232:2007 "Prestazione energetica degli edifici - Incidenza dell'automazione, della regolazione e della gestione tecnica degli edifici";
- la UNI EN 15193:2008 "Prestazione energetica degli edifici - Requisiti energetici per illuminazione", in cui si specifica la metodologia di calcolo del consumo energetico degli impianti di illuminazione interni agli edifici e si definisce l'indicatore numerico dei requisiti energetici per l'illuminazione da utilizzare per la certificazione energetica;
- la UNI EN 15255:2008 "Prestazione energetica degli edifici - Calcolo del carico sensibile di raffrescamento di un ambiente - Criteri generali e procedimenti di validazione";
- la UNI EN 15265:2008 "Prestazione energetica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento degli ambienti mediante metodi dinamici - Criteri generali e procedimenti di validazione";
- la serie di UNI EN 15316 "Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodi per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto";
- la serie di UNI EN 15377 "Impianti di riscaldamento negli edifici - Progettazione degli impianti radianti di riscaldamento e raffrescamento, alimentati ad acqua integrati in pavimenti, pareti e soffitti";
- UNI EN 15378:2008 "Impianti di riscaldamento degli edifici - Ispezione delle caldaie e degli impianti di riscaldamento";
- UNI EN 12792:2005 "Ventilazione degli edifici - Simboli, terminologia e simboli grafici";
- UNI EN 12599:2001 "Ventilazione per edifici - Procedure di prova e metodi di misurazione per la presa in consegna di impianti installati di ventilazione e di condizionamento dell'aria";
- la UNI EN 13465:2004 "Ventilazione degli edifici - Metodi di calcolo per la determinazione delle portate d'aria negli edifici residenziali";
- la UNI EN 13779:2008 "Ventilazione degli edifici non residenziali - Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di climatizzazione";
- la UNI EN 15239:2008 "Ventilazione degli edifici - Prestazione energetica degli edifici - Linee guida per l'ispezione dei sistemi di ventilazione";
- la UNI EN 15240:2008 "Ventilazione degli edifici - Prestazione energetica degli edifici - Linee guida per l'ispezione degli impianti di climatizzazione";
- la UNI EN 15241:2008 "Ventilazione degli edifici - Metodi di calcolo delle perdite di energia dovute alla ventilazione e alle infiltrazioni in edifici commerciali";

(segue nota 9)

- 
- la UNI EN 15242:2008 "Ventilazione degli edifici - Metodi di calcolo per la determinazione delle portate d'aria negli edifici, comprese le infiltrazioni";
  - la UNI EN 15243:2008 "Ventilazione degli edifici - Calcolo delle temperature dei locali, del carico termico e dell'energia per edifici dotati di impianto di climatizzazione degli ambienti";
  - la UNI EN ISO 6946:2008 "Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo", che sostituisce le precedenti versioni del 1999 e del 2007;
  - la UNI EN ISO 13786:2008 "Prestazione termica dei componenti per edilizia - Caratteristiche termiche dinamiche - Metodi di calcolo";
  - la UNI EN ISO 13789:2008 "Prestazione termica degli edifici - Coefficienti di trasferimento del calore per trasmissione e ventilazione - Metodo di calcolo";
  - la UNI EN ISO 10077-1:2007 "Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti - Calcolo della trasmittanza termica - Parte 1: Generalità";
  - la UNI EN ISO 10077-2:2004 "Prestazione termica di finestre, porte e chiusure - Calcolo della trasmittanza termica - Metodo numerico per i telai";
  - la UNI EN ISO 10211:2008 Ponti termici in edilizia - Flussi termici e temperature superficiali - Calcoli dettagliati";
  - la UNI EN ISO 14683:2008 "Ponti termici in edilizia - Coefficiente di trasmissione termica lineica - Metodi semplificati e valori di riferimento", che sostituisce la precedente versione del 2001;
  - la UNI EN 13187:2000 "Prestazione termica degli edifici - Rivelazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi - Metodo all'infrarosso";
  - la UNI EN ISO 13370:2008 "Prestazione termica degli edifici - Trasferimento di calore attraverso il terreno - Metodi di calcolo", che sostituisce la precedente versione del 2001;
  - la UNI EN ISO 13791:2005 "Prestazione termica degli edifici - Calcolo della temperatura interna estiva di un locale in assenza di impianti di climatizzazione - Criteri generali e procedure di validazione";
  - la UNI EN ISO 13792:2005 "Prestazione termica degli edifici - Calcolo della temperatura interna estiva di un locale in assenza di impianti di climatizzazione - Metodi semplificati";
  - la UNI EN 13829:2002 "Prestazione termica degli edifici - Determinazione della permeabilità all'aria degli edifici - Metodo di pressurizzazione mediante ventilatore";
  - la UNI EN 13947:2007 "Prestazione termica delle facciate continue - Calcolo della trasmittanza termica";
  - la UNI EN ISO 10456:2008 "Materiali e prodotti per edilizia - Proprietà igrometriche - Valori tabulati di progetto e procedimenti per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto";
  - la UNI EN 13363-1:2008 "Dispositivi di protezione solare in combinazio-

di supporto sono più di quaranta ed è dunque difficile riuscire a muoversi in un contesto così articolato di formule, valori tabulati e termini. Specie a seguito delle numerose nuove norme introdotte tra il 2007 e il 2008, proprio per permettere l'effettiva applicazione delle disposizioni introdotte dalla EPBD.

#### **4.1. *Gli indicatori per la classificazione energetica degli edifici: la UNI EN 15217:2007***

Il 13 settembre 2007 è stata pubblicata la UNI EN 15217 "Metodi per esprimere la prestazione energetica e per la certificazione energetica degli edifici", recepimento a livello nazionale della norma europea EN 15217 "*Energy performance of buildings – Methods for expressing energy performance and for energy certification of buildings*", la quale rappresenta un tassello importante nella serie di norme tecniche finalizzate ad armonizzare a livello europeo la metodologia di calcolo della prestazione energetica degli edifici.

La UNI EN 15217:2007 definisce una metodologia per esprimere le prestazioni energetiche degli edifici e si rivolge essenzialmente a:

- coloro che sviluppano la procedura per la certificazione energetica degli edifici,

---

ne con vetrate - Calcolo della trasmittanza solare e luminosa - Parte 1: Metodo semplificato";

- la UNI EN 13363-2:2006 "Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate - Calcolo della trasmittanza solare e luminosa - Parte 2: Metodo di calcolo dettagliato";
- la UNI EN 15251:2008 "Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica";
- la serie di UNI EN ISO 15927 "Prestazione termoigrometrica degli edifici - Calcolo e presentazione dei dati climatici";
- la UNI EN ISO 7345:1999 "Isolamento termico - Grandezze fisiche e definizioni";
- la UNI EN ISO 9288:2000 "Isolamento termico - Scambio termico per radiazione - Grandezze fisiche e definizioni";
- la UNI EN ISO 9251:1998 "Isolamento termico - Condizioni di scambio termico e proprietà dei materiali - Vocabolario";
- la UNI EN ISO 12569:2002 "Isolamento termico degli edifici - Determinazione del cambio d'aria all'interno degli edifici - Metodo di diluizione di gas traccianti".

- autorità del settore edile per fissare i requisiti minimi sulle prestazioni energetiche,
- progettisti, proprietari, operatori del comparto e utenti finali per valutare le prestazioni di un edificio esistente o in progetto e i modi per migliorare ed esprimere queste prestazioni.

La norma riporta al suo interno:

- i differenti e possibili indicatori sintetici per esprimere le prestazioni energetiche globali dell'edificio, che tengano conto di riscaldamento, ventilazione, condizionamento dell'aria, produzione di acqua calda sanitaria e dei sistemi di illuminazione;
- i metodi per esprimere i requisiti energetici per la progettazione di nuovi edifici o per la ristrutturazione di edifici esistenti;
- le procedure per stabilire i valori di riferimento delle prestazioni energetiche (le classi);
- i metodi per implementare schemi di certificazione energetica.

Il fulcro della UNI EN 15217 è l'introduzione di un indicatore globale di prestazione energetica che esprima le prestazioni energetiche dell'edificio attraverso una media di tutte le forme di energia erogata e distribuita per mezzo di vettori energetici, normalizzata in funzione della superficie condizionata  $A_c$ . Tale indicatore globale viene determinato analiticamente in base alla norma UNI EN 15603:2008 "Prestazione energetica degli edifici - Consumo energetico globale e definizione dei metodi di valutazione energetica" <sup>(10)</sup> e rapportato anch'esso alla superficie condizionata  $A_c$ . Esso può riferirsi all'energia primaria (EP) o alle emissioni di CO<sub>2</sub> oppure all'energia netta erogata normalizzata in funzione di un qualunque parametro, definito dalla politica energetica nazionale.

---

<sup>(10)</sup> La norma UNI EN 15603:2008 è la versione ufficiale in lingua inglese della norma europea EN 15603, pubblicata nel gennaio 2008 allo scopo di:

- riassumere i risultati derivanti da altre norme che calcolano i consumi energetici specifici dei vari servizi all'interno dell'edificio;
- conteggiare l'energia prodotta nell'edificio, parte della quale può essere esportata per essere utilizzata altrove;
- fornire valutazioni energetiche basate sull'energia primaria, sull'emissione di anidride carbonica o su altri parametri definiti da politiche energetiche nazionali;
- stabilire i principi generali per il calcolo dei fattori di conversione in energia primaria e i coefficienti di emissione di anidride carbonica.

La norma, inoltre, prevede che l'indicatore globale di prestazione possa essere determinato a partire da dati standard (quali i valori di progetto) o da dati misurati sul campo: nel primo caso, l'indicatore di energia è detto standard, nel secondo, viene denominato indicatore di energia misurata. Possono esservi differenti indicatori a seconda dei casi presi in considerazione (nuovi edifici, ristrutturazioni, ampliamenti, ecc.). La UNI EN 15217 permette, pertanto, di esprimere i requisiti energetici di un edificio sia da un punto di vista globale che specifico e nel caso di ristrutturazioni parziali o di ampliamenti ciò consente di adottare requisiti energetici specifici riferiti all'uso di energia per determinati servizi nell'edificio, per il riscaldamento, per la produzione di acqua calda sanitaria o per il condizionamento, alle caratteristiche dell'edificio stesso o dei componenti tecnologici installati e considerati come un unico sistema, alle caratteristiche dei componenti dell'involucro edilizio o dei componenti tecnologici installati nell'edificio. La prestazione energetica specifica, dunque, si riferisce a un determinato servizio o caratteristica dell'edificio.

La UNI EN 15217 propone una procedura per determinare le classi energetiche sulla base dei seguenti valori di riferimento, con i quali si individuano gli intervalli delle stesse classi energetiche:

- $R_r$ , è il valore limite imposto dalla normativa vigente;
- $R_s$ , rappresenta la prestazione energetica media del parco edilizio esistente.

Tali valori possono essere modificati in funzione delle condizioni di esercizio previste per l'edificio; lo stesso valore di EP può anch'esso subire variazioni che tengano in considerazione condizioni climatiche di esercizio diverse da quelle usate per il calcolo dei valori di riferimento.

Oltre a quanto riportato sulla procedura di certificazione, la UNI EN 15217, fornisce anche indicazioni sul contenuto del certificato energetico, in totale accordo con quanto previsto con la direttiva 2002/91/CE: esso, infatti, deve contenere:

- dati di tipo amministrativo, quali le informazioni sul tecnico certificatore, l'indirizzo dell'edificio, la data di rilascio del certificato energetico e la sua validità, i riferimenti alla procedura di certificazione energetica utilizzata;
- dati tecnici, quali l'indicatore energetico globale EP, la tipologia di indicatore energetico (standard o misurato), i valori di riferimento, informazioni sulle prestazioni energetiche dei prin-

cipali componenti dell'edificio e dei sistemi tecnologici, raccomandazioni relative ad interventi migliorativi, la classe di prestazione energetica, nonché ogni altro indicatore ritenuto opportuno.

Vengono, inoltre, proposte diverse tipologie di attestato, in funzione del numero di indicatori da mostrare e della presenza o meno della classificazione <sup>(1)</sup>.

#### **4.2. La serie di UNI/TS 11300**

Nel 2008 sono entrate a far parte del corpo normativo nazionale le prime due parti della serie UNI/TS 11300:

- la **UNI/TS 11300-1:2008** "Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale";
- la **UNI/TS 11300-2:2008** "Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria".

Tali norme si applicano a sistemi di nuova progettazione, ristrutturati o esistenti, e sostituiscono alcune delle principali norme tecniche fino a quel momento presenti; l'aspetto più importante che le caratterizza è il fatto di esser state concepite per fornire univocità di valori e di metodi al fine di garantire la riproducibilità e il confronto dei risultati.

L'introduzione delle prime due parti della serie UNI/TS 11300 e della UNI EN ISO 13790:2008 ha fatto sì che alcune delle più importanti norme tecniche di riferimento degli ultimi anni venissero ritirate:

- la UNI EN 832:2001 "Prestazione termica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento - Edifici residenziali";
- la UNI 10347:1993 "Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Energia termica scambiata tra una tubazione e l'ambiente circostante. Metodo di calcolo";

---

<sup>(1)</sup> Viene, infatti, previsto anche un certificato energetico in cui indicare il valore di EP, ma senza inquadrarlo in nessuna classe convenzionale.

- la UNI 10348:1993 “Riscaldamento degli edifici. Rendimenti dei sistemi di riscaldamento. Metodo di calcolo”;
- la UNI 10379:2005 “Riscaldamento degli edifici. Fabbisogno energetico convenzionale normalizzato”.

Le stesse raccomandazioni CTI/03 sono state “inglobate” nelle due UNI/TS.

Per maggior chiarezza la tabella seguente riporta, nello specifico, l’elenco delle norme ritirate, le relative norme in sostituzione e la data stessa di sostituzione.

**Tab. 2** – Norme sostituite dalle UNI/TS, dalla UNI EN 15316 e dalla UNI EN ISO 13790

Data	Norma ritirata	Sostituita da
28/5/2008	UNI 10347:1993	UNI/TS 11300-2 UNI EN 15316-2-3
	UNI 10348:1993	UNI/TS 11300-2 UNI EN 15316-1 UNI EN 15316-2-1
5/6/2008	UNI 10379:2005	UNI/TS 11300-1
	UNI EN 832:2001	UNI EN ISO 13790

La serie UNI/TS 11300 si compone di altre 2 parti, non ancora pubblicate:

- la UNI/TS 11300-3 “Prestazioni energetiche degli edifici – Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva”, con la quale poter determinare il rendimento globale e quello dei sottosistemi dell’impianto di climatizzazione estiva, nonché il relativo fabbisogno annuo di energia primaria;
- UNI/TS 11300-4 “Prestazioni energetiche degli edifici – Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per il riscaldamento di ambienti e la produzione di acqua calda sanitaria”, con la quale poter prendere in considerazione fonti rinnovabili quale il solare termico, il fotovoltaico e le biomasse, o l’utilizzo di altri sistemi di produzione (ad esempio, mediante pompa di calore, cogenerazione o teleriscaldamento).

La serie di tali norme tecniche è stata concepita in coerenza con la serie di norme elaborate dal CEN nell’ambito del mandato M/343

a supporto della Direttiva europea 2002/91/CE ed è espressamente richiamata nel d.lgs. 115/2008, rendendola di fatto parte della legislazione nazionale: nell'allegato III, infatti, il decreto sancisce la loro applicazione nel calcolo del fabbisogno specifico di energia primaria negli edifici, rendendo di fatto cogente la loro applicazione nella valutazione della prestazione energetica di edifici e impianti termici.

Con l'entrata in vigore della direttiva europea 2010/31/CE anche le UNI/TS 11300:2008 necessitano di un aggiornamento, al fine di definire in maniera univoca la metodologia di calcolo adeguata alle richieste della nuova direttiva.

Per le **parti 1 e 2** delle UNI/TS 11300, pubblicate nel maggio 2008, il lavoro di revisione è iniziato nel primo semestre del 2010, pertanto si ritiene che le nuove versioni possano essere pubblicate entro la fine del primo semestre 2011. Ad oggi è già stata pubblicata un'errata corrige per ciascuna delle due specifiche tecniche:

- il 22 luglio 2010 per la parte 1;
- il 25 novembre 2010 per la parte 2.

La revisione prevista per le UNI/TS 11300 non dovrebbe comunque modificare lo schema generale di calcolo, ma dovrebbe metterne ulteriormente a punto gli algoritmi. In particolare, si vuole risolvere il problema delle differenze di risultato che si ottengono applicando il metodo di calcolo analitico rispetto a quello semplificato.

La **parte 3** delle UNI/TS 11300 è stata pubblicata nell'aprile 2010, ma non è stata ancora recepita dai decreti e dalle linee guida sulla certificazione energetica, quindi si deve attendere l'evoluzione della normativa nazionale per poterla rendere applicabile (lo stesso d.P.R. 59/2009 non contempla nemmeno i valori limite e verifiche minime da rispettare per l'indicatore di energia primaria per la climatizzazione estiva).

In merito, invece, alla **parte 4** delle UNI/TS 11300, il documento redatto da CTI è in corso di esame da parte di UNI per la validazione formale. Dopo il vaglio dell'UNI, la parte 4 può uscire in inchiesta pubblica (periodo che dura non meno di 6 settimane) e successivamente diventare definitiva. Questa parte andrà a completare la parte 2 poiché tratta tutti i sistemi di generazione alternativi alle caldaie a fiamma alimentati da combustibili fossili liquidi e gassosi.

Alla luce dell'attività prevista nei prossimi mesi, è presumibile che entro il mese di giugno 2011 sia disponibile l'intera serie delle specifiche tecniche "Prestazioni energetiche degli edifici":

- la UNI/TS 11300-1:2011 (revisione della versione 2008);
- la UNI/TS 11300-2:2011 (revisione della versione 2008);
- la UNI/TS 11300-3:2010;
- la UNI/TS 11300-4:2011.

I software di calcolo attualmente certificati dal CTI si dovranno pertanto adeguare alle modifiche contenute nelle nuove versioni delle specifiche tecniche. Proprio al fine di favorire l'aggiornamento dei software di calcolo di fronte all'evoluzione del quadro normativo, il 18 novembre 2010 nella sede del CTI si è tenuta una riunione informativa in merito all'opportunità di creare un gruppo di lavoro consultivo fra le *software house* che operano con le UNI/TS 11300, con l'obiettivo di definire le regole circa il mantenimento della conformità dei software alle specifiche tecniche UNI/TS 11300: in sostanza il CTI metterà a disposizione un pacchetto di casi studio partendo da quelli esistenti e aggiornando i calcoli secondo le nuove specifiche in modo da fornire alle *software house* gli strumenti per confrontarsi e verificare il proprio programma ancor prima di presentare la domanda di certificazione.

Considerato il carattere volontario di questo gruppo di lavoro, per coloro che invece non presenteranno domanda di aggiornamento entro il 31/12/2011, il certificato di conformità alle UNI/TS 11300:2008 rimarrà valido per tutto il 2011, dopodiché esso scadrà.

Il quadro normativo in materia di certificazione energetica sta dunque procedendo verso un assestamento. A livello nazionale, infatti, la certificazione energetica degli immobili è diventata obbligatoria in tutta Italia, nei casi e con le tempistiche previste dal d.lgs. 192/2005, ma ad oggi è ancora limitata ad una classificazione basata sul fabbisogno di energia primaria per il solo riscaldamento<sup>(12)</sup>: con il recepimento delle parti 3 e 4 delle UNI/TS 11300, si potranno contemplare anche il fabbisogno per la climatizzazione estiva ed i contributi di tutti i sistemi di generazione diversi da quelli a fiamma alimentati da combustibili fossili liquidi e gassosi. In attesa che ciò avvenga, al fine di fornire un utile strumento di lavoro per i certificatori energetici che operano nelle regioni che non hanno definito procedure di calcolo diverse da quelle nazionali, nei prossimi capitoli si affronteranno nel dettaglio le procedure di calcolo per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, secondo i metodi previsti dalle UNI/TS 11300 e dalle norme tecniche ad esse correlate.

---

<sup>(12)</sup> La classificazione energetica è infatti a oggi basata sul solo fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale ed, inoltre, il d.P.R. 59/2009 sulle prestazioni energetiche degli edifici non contiene valori limite e verifiche minime da rispettare per l'indicatore di energia primaria per la climatizzazione estiva.

## Capitolo II

# La UNI/TS 11300-1:2008, come modificata dall'errata corrige del 2010

La prima parte delle UNI/TS 11300 definisce le modalità per l'applicazione nazionale della UNI EN ISO 13790:2008 "Prestazione energetica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento" con riferimento al metodo mensile per il calcolo dei fabbisogni di energia termica per riscaldamento e per raffrescamento. Tale norma è rivolta a diverse tipologie di calcolo:

- di progetto (*design rating*);
- standard (*asset rating*);
- in particolari condizioni climatiche e d'esercizio (*tailored rating*).

La procedura di calcolo descritta si basa su una definizione dei confini dei volumi climatizzati e di quelli non climatizzati e, se richiesta, anche di quelli delle diverse zone di calcolo; attraverso la successiva definizione delle condizioni interne di calcolo e dei dati di ingresso relativi al clima esterno, permette il calcolo, per ogni mese e per ogni zona dell'edificio, dei fabbisogni netti di energia per il riscaldamento ( $Q_{H,nd}$ ) e di quelli per il raffrescamento ( $Q_{C,nd}$ ). Fatto ciò, è infine prevista un'aggregazione dei risultati relativi ai diversi mesi ed alle diverse zone servite dagli stessi impianti.

La UNI/TS 11300-1 suddivide i dati di ingresso per il calcolo del fabbisogno di energia termica dell'edificio in tre gruppi: dati relativi all'edificio (caratteristiche tipologiche, termiche e costruttive), dati climatici e dati relativi alle modalità di occupazione ed uso dell'edificio. Gli ultimi due gruppi di dati sono determinati, rispettivamente, dal luogo nel quale è situato l'edificio e dalla destinazione d'uso.

I dati relativi alle caratteristiche tipologiche dell'edificio presi in considerazione sono:

- il volume lordo e quello netto dell'ambiente climatizzato;
- la superficie utile dell'ambiente climatizzato;

- la superficie e l'orientamento di tutti i componenti, opachi e trasparenti, dell'involucro e della struttura edilizia;
- le tipologie e le entità dei ponti termici, in riferimento alla UNI EN ISO 14683:2008 "Ponti termici in edilizia - Coefficiente di trasmissione termica lineica - Metodi semplificati e valori di riferimento";
- le caratteristiche geometriche di tutti gli elementi esterni (altri edifici, aggetti e simili) che ombreggiano i componenti trasparenti dell'involucro edilizio.

Per quel che concerne, invece, le caratteristiche termiche e costruttive, la norma prende in considerazione i seguenti dati:

- la trasmittanza termica di tutti i componenti dell'involucro delimitanti il volume riscaldato;
- la capacità termica areica dei componenti della struttura;
- i fattori di assorbimento solare e di emissività delle superfici esterne dei componenti opachi dell'involucro;
- la trasmissione globale di energia solare dei componenti trasparenti ed i fattori di riduzione della stessa in presenza di schermature mobili;
- i fattori di riduzione dovuti al telaio dei componenti trasparenti;
- i coefficienti di trasmissione lineare dei ponti termici.

I dati climatici di ingresso sono relativi alle medie mensili delle temperature esterne e dell'irraggiamento solare per ciascun orientamento; oltre a ciò la norma contempla i seguenti dati relativi alla modalità di utilizzo ed occupazione dell'edificio:

- temperature di *set-point*, sia per il riscaldamento che per il raffrescamento;
- tipologia di ventilazione, modalità di regolazione della portata e numero di ricambi d'aria previsti;
- regime di funzionamento dell'impianto termico;
- modalità di gestione delle chiusure oscuranti e delle schermature mobili;
- contributo degli apporti di calore interni.

## **1. La procedura di calcolo per determinare il fabbisogno energetico di un edificio**

La procedura di calcolo prevista dalle UNI/TS 11300 si articola nelle seguenti fasi:

- 1) individuazione dei confini delle volumetrie climatizzate e non climatizzate dell'edificio e, nei casi previsti, delle singole zone di calcolo;
- 2) definizione delle condizioni interne di calcolo e dei dati di ingresso relativi al clima esterno;
- 3) calcolo, per ogni mese e per ogni zona dell'edificio, dei fabbisogni netti di energia termica per il riscaldamento ( $Q_{H,nd}$ ) e il raffrescamento ( $Q_{C,nd}$ );
- 4) calcolo dei rendimenti impiantistici e dei fabbisogni di energia primaria ( $Q_p$ );
- 5) somma di tutti i fabbisogni di energia primaria previsti per gli usi termici dell'edificio, dedotti i risparmi conseguibili mediante l'uso di fonti rinnovabili o di altre fonti.

### **1.1. Individuazione delle volumetrie necessarie ai fini del calcolo**

Durante questa prima fase della procedura di calcolo è necessario individuare per l'edificio oggetto di analisi le diverse zone termiche e, contestualmente, le condizioni termo-igrometriche al loro contorno.

Per zona termica si intende la porzione di edificio climatizzata ad una stessa temperatura e con identiche modalità di regolazione. Ogni edificio può averne diverse a seconda degli impianti termici in esso installati, delle modalità di utilizzo degli spazi interni e delle destinazioni d'uso degli stessi.

La zonizzazione non è richiesta quando:

- le temperature interne di regolazione per il riscaldamento differiscono di non oltre i 4°C;
- gli ambienti non sono raffrescati o comunque le temperature interne di regolazione per il raffrescamento differiscono di non oltre 4°C;
- gli ambienti sono serviti dallo stesso impianto di riscaldamento;
- in presenza di VMC, almeno l'80% dell'area climatizzata è servita dallo stesso impianto di ventilazione.

Per la definizione dei confini delle zone termiche e, nel complesso, della volumetria climatizzata si considerano:

- le superfici esterne degli elementi dell'involucro se il volume considerato è rivolto verso esterno o verso ambienti non climatizzati;

- le superfici di mezzeria degli elementi divisorii se il volume considerato è rivolto verso ambienti climatizzati facenti parte di un'altra zona termica.

## 1.2. Caso invernale

### 1.2.1. Condizioni climatiche interne ed esterne da assumere

La temperatura interna da adottare è costante e pari a 20°C ad eccezione che per:

- *piscine, saune ed assimilabili* <sup>(1)</sup>, per le quali si assume una temperatura interna costante pari a 28°C;
- *palestre ed assimilabili* <sup>(2)</sup> o edifici adibiti ad attività industriali, artigianali ed assimilabili <sup>(3)</sup>, per i quali si assume una temperatura interna costante pari a 18°C.

La temperatura esterna da assumersi in condizioni standard di calcolo è pari a quanto riportato in tab. 1.

**Tab. 1** – Valori delle temperature degli ambienti confinanti il volume climatizzato considerato da utilizzare ai fini del calcolo

Ambiente confinante	Valore di temperatura da assumere
Esterno	Valore mensile di temperatura esterna media giornaliera riportato nel prospetto VI della UNI 10349:1994 in funzione della provincia di appartenenza <sup>(4)</sup> . Per individuare poi

(segue a p. 71)

<sup>(1)</sup> Categoria E.6 (1), così come definito dal d.P.R. 412/1993, art. 3.

<sup>(2)</sup> Categoria E.6 (2), così come definito dal d.P.R. 412/1993, art. 3.

<sup>(3)</sup> Categoria E.8, così come definito dal d.P.R. 412/1993, art. 3.

<sup>(4)</sup> Valori riassunti nella seguente tabella:

Prov.	Località	Alt. [m]	Ott. [°C]	Nov. [°C]	Dic. [°C]	Gen. [°C]	Feb. [°C]	Mar. [°C]	Apr. [°C]
AG	Agrigento	230	19,9	15,9	12,2	10,4	10,8	12,7	15,6
AL	Alessandria	95	13,1	6,9	1,9	0,0	2,8	8,1	13,1
AN	Ancona	16	16,5	12,1	7,8	6,3	7,1	9,9	13,4
AO	Aosta	583	10,3	4,8	0,8	-0,3	2,6	6,7	11,0
AP	Ascoli Piceno	154	15,8	10,9	7,0	5,5	6,6	9,5	13,3
AQ	L'Aquila	714	13,1	8,2	3,8	2,0	3,6	7,1	11,4
AR	Arezzo	246	15,0	10,2	6,1	5,1	5,9	9,2	12,6

segue nota 4

Prov.	Località	Alt. [m]	Ott. [°C]	Nov. [°C]	Dic. [°C]	Gen. [°C]	Feb. [°C]	Mar. [°C]	Apr. [°C]
AT	Asti	123	12,7	6,1	1,3	-0,4	2,7	7,9	13,0
AV	Avellino	348	14,8	10,4	6,8	5,5	6,5	8,8	12,4
BA	Bari	5	17,9	14,0	10,2	8,6	9,2	11,1	14,2
BG	Bergamo	249	14,2	8,6	4,5	3,1	4,9	8,9	13,3
BL	Belluno	383	12,4	6,5	1,7	0,1	2,3	6,8	11,2
BN	Benevento	135	16,5	12,1	8,0	6,8	7,7	10,3	13,7
BO	Bologna	54	14,9	8,7	4,0	2,1	4,6	9,4	14,2
BR	Brindisi	15	18,3	14,4	10,9	9,3	9,6	11,4	14,2
BS	Brescia	149	14,0	7,8	3,5	1,5	4,2	9,3	13,5
BZ	Bolzano	262	12,9	6,7	2,2	1,2	4,2	9,0	13,4
CA	Cagliari	4	19,4	15,5	11,7	10,3	10,8	12,8	15,1
CB	Campobasso	701	13,5	9,0	5,0	3,7	4,8	7,3	11,1
CE	Caserta	68	18,2	13,9	10,3	8,7	9,4	12,0	15,3
CH	Chieti	330	15,9	11,3	7,2	5,8	6,8	9,6	13,5
CL	Caltanissetta	568	17,3	12,8	8,9	7,2	7,8	9,9	13,1
CN	Cuneo	534	11,7	6,2	2,5	1,1	2,9	6,9	11,3
CO	Como	201	13,7	8,4	4,4	2,9	5,0	8,8	12,7
CR	Cremona	45	13,4	7,2	2,5	0,7	3,3	8,4	13,3
CS	Cosenza	238	17,8	13,4	9,4	8,1	8,8	11,3	14,4
CT	Catania	7	19,9	15,9	12,3	10,7	11,2	12,9	15,5
CZ	Catanzaro	320	17,9	13,7	10,1	8,3	8,7	10,4	13,4
EN	Enna	931	14,5	9,8	6,4	4,5	5,1	7,1	10,7
FE	Ferrara	9	14,0	8,2	3,2	1,4	3,3	7,8	12,8
FG	Foggia	76	16,9	12,2	7,9	6,4	7,3	10,0	13,8
FI	Firenze	40	15,3	10,2	6,3	5,3	6,5	9,9	13,8
FC	Forlì e Cesena	34	15,1	9,3	4,4	3,0	4,6	9,0	13,7
FR	Frosinone	291	13,4	9,2	5,0	5,8	6,2	8,0	11,0
GE	Genova	19	17,1	12,9	9,3	7,9	8,9	11,6	14,7
GO	Gorizia	84	13,2	9,2	4,7	4,7	5,6	8,2	11,9
GR	Grosseto	10	16,4	11,7	8,1	6,8	8,1	10,3	13,2
IM	Imperia	10	17,4	12,7	9,5	8,6	9,4	11,6	14,7
IS	Isernia	423	14,7	10,3	6,9	5,5	5,7	8,6	11,2
KR	Crotone	8	19,3	15,1	11,2	9,5	9,8	11,5	14,7
LC	Lecco	214	14,3	9,2	5,3	3,9	5,7	9,6	13,3
LD	Lodi	87	13,4	7,3	2,5	0,9	3,3	8,6	13,5
LE	Lecce	49	18,5	14,3	10,7	9,0	9,3	11,4	14,7
LI	Livorno	3	17,1	12,7	9,0	7,5	8,2	11,1	13,9

segue nota 4

Prov.	Località	Alt. [m]	Ott. [°C]	Nov. [°C]	Dic. [°C]	Gen. [°C]	Feb. [°C]	Mar. [°C]	Apr. [°C]
LT	Latina	21	17,3	12,9	9,5	8,3	9,0	10,9	13,5
LU	Lucca	19	15,8	10,9	7,3	6,1	7,2	10,1	13,3
MC	Macerata	315	14,4	9,5	5,7	3,8	5,3	8,3	12,4
ME	Messina	3	20,3	16,6	13,3	11,7	12,0	13,2	15,7
MI	Milano	122	14,0	7,9	3,1	1,7	4,2	9,2	14,0
MN	Mantova	19	14,0	8,0	2,9	1,0	3,3	8,4	13,3
MO	Modena	34	14,0	8,1	3,1	1,4	3,5	8,6	13,3
MS	Massa-Carrara	65	15,9	11,3	7,9	6,8	7,4	10,3	13,2
MT	Matera	200	18,0	13,3	9,3	7,7	8,4	10,5	14,2
NA	Napoli	17	19,6	15,5	12,1	10,5	10,6	13,2	16,0
NO	Novara	159	12,9	7,1	2,4	0,9	3,3	8,4	13,1
NU	Nuoro	546	15,7	11,2	7,6	6,2	6,7	9,5	12,4
OR	Oristano	9	18,7	14,4	10,8	9,6	10,2	12,3	14,5
PA	Palermo	14	19,8	16,0	12,6	11,1	11,6	13,1	15,5
PC	Piacenza	61	12,8	6,9	2,0	0,1	2,4	7,7	12,2
PD	Padova	12	13,8	8,2	3,6	1,9	4,0	8,4	13,0
PE	Pescara	4	17,4	12,5	8,7	7,2	8,4	10,9	14,2
PG	Perugia	493	14,1	9,4	5,5	4,0	5,0	8,1	11,5
PI	Pisa	4	16,3	11,7	7,8	6,7	7,7	10,6	13,6
PN	Pordenone	24	12,9	7,4	3,8	2,3	4,4	8,1	12,1
PO	Prato	61	16,1	10,9	6,8	5,6	6,9	10,4	14,3
PR	Parma	57	14,1	8,0	2,8	0,9	3,5	8,9	13,7
PT	Pistoia	67	15,3	10,4	6,3	5,3	6,5	9,9	13,4
PU	Pesaro e Urbino	11	14,7	9,9	5,4	3,6	4,7	8,4	12,3
PV	Pavia	77	13,3	7,1	2,3	0,5	3,2	8,4	12,9
PZ	Potenza	819	13,7	9,3	5,2	3,6	4,3	6,8	10,6
RA	Ravenna	4	14,3	8,9	3,8	1,9	3,4	8,1	12,4
RC	Reggio di Calabria	15	20,0	16,5	12,7	11,1	11,5	12,8	15,3
RE	Reggio nell'Emilia	58	13,3	7,2	2,8	1,1	3,2	8,2	12,7
RG	Ragusa	502	18,4	14,3	10,1	8,6	9,2	11,2	14,1
RI	Rieti	405	13,5	8,7	5,1	3,7	4,9	8,1	11,6
RM	Roma	20	17,4	12,6	8,9	7,6	8,7	11,4	14,7
RN	Rimini	5	15,0	9,6	5,3	3,1	4,9	8,5	12,4
RO	Rovigo	7	14,0	8,1	3,1	1,3	3,6	8,5	13,4
SA	Salerno	4	19,9	15,7	12,2	10,4	11,3	13,5	16,5

Ambiente confinante	Valore di temperatura da assumere
	<p>la temperatura dell'aria esterna del comune considerato, si applica la seguente formula, che tiene conto della diversa altitudine del comune rispetto al capoluogo di provincia:</p> $\theta_e = \theta_e^{rif} - (z - z^{rif}) \cdot \delta$ <p>dove:  <math>\theta_e^{rif}</math> [°C] è il valore medio mensile della temperatura media giornaliera esterna, come da prospetto VI della UNI 10349:1994 <sup>(5)</sup>;  <math>z</math> [m] è l'altitudine s.l.m. del comune considerato;  <math>z^{rif}</math> [m] è l'altitudine s.l.m. del capoluogo di provincia di riferimento <sup>(6)</sup>;</p>

segue nota 4

(segue a p. 72)

Prov.	Località	Alt. [m]	Ott. [°C]	Nov. [°C]	Dic. [°C]	Gen. [°C]	Feb. [°C]	Mar. [°C]	Apr. [°C]
SI	Siena	322	14,6	9,8	6,0	4,8	5,7	9,1	12,4
SO	Sondrio	307	12,4	6,6	1,7	0,5	3,3	8,2	12,6
SP	La Spezia	3	16,4	11,9	8,3	6,7	7,3	10,1	13,4
SR	Siracusa	17	20,1	16,4	12,9	11,3	11,5	13,1	15,4
SS	Sassari	225	17,5	13,5	9,9	8,7	9,1	11,3	14,0
SV	Savona	4	16,9	11,9	8,2	6,6	8,5	11,4	14,6
TA	Taranto	15	18,7	14,4	10,9	9,2	9,7	11,3	14,5
TE	Teramo	265	15,1	10,4	6,6	5,1	5,9	9,0	12,8
TN	Trento	194	16,4	10,2	5,7	4,3	7,3	11,8	16,5
TO	Torino	239	12,6	6,8	2,0	0,4	3,2	8,2	12,7
TP	Trapani	3	19,9	15,8	12,4	11,0	11,5	13,2	15,8
TR	Terni	130	16,4	11,3	6,6	6,7	7,6	10,7	13,6
TS	Trieste	2	15,5	10,6	6,9	4,9	6,2	9,4	13,5
TV	Treviso	15	14,0	8,2	4,3	2,8	4,4	8,4	13,2
UD	Udine	113	14,2	8,7	4,8	3,5	5,0	8,6	13,3
VA	Varese	382	11,2	5,3	1,9	1,2	1,9	6,0	10,4
VB	Verbania	197	13,5	8,1	4,2	2,9	4,6	8,5	12,6
VC	Vercelli	130	12,7	6,5	1,8	0,2	2,9	7,7	12,5
VE	Venezia	1	14,9	9,5	5,0	3,3	4,8	8,6	13,2
VI	Vicenza	39	13,9	8,5	4,1	2,4	4,2	8,5	12,9
VR	Verona	59	14,7	8,5	4,3	2,4	4,9	9,3	13,7
VT	Viterbo	326	15,9	11,3	7,5	5,7	6,6	9,4	12,7

<sup>(5)</sup> Colonne dalla n. 4 alla 10 della tabella richiamata in nota <sup>(4)</sup>. Vedi anche tabella in nota 39.

<sup>(6)</sup> Colonna n. 3 della tabella richiamata in nota <sup>(4)</sup>.

Ambiente confinante	Valore di temperatura da assumere
	$\delta$ [°C/m] è il gradiente verticale di temperatura, pari a: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1/178 per le località settentrionali transpadane;</li> <li>• 1/200 per le località settentrionali cispadane;</li> <li>• 1/147 per le località centro-meridionali;</li> <li>• 1/174 per le località siciliane;</li> <li>• 1/192 per le località sarde.</li> </ul>
Altro ambiente riscaldato, normalmente abitato	20°C
Altro ambiente riscaldato, ma normalmente non abitato (ad es. una casa vacanze)	Valore conforme alla UNI EN 12831:2006 “Impianti di riscaldamento negli edifici – Metodo di calcolo del carico termico di progetto” (che ha sostituito la UNI 7357:1974).
Ambiente confinato non riscaldato	Valore conforme a quanto previsto all’appendice A della UNI EN ISO 13789:2008, calcolabile mediante la formula: $\theta_u \Phi_{gn} + \theta_i H_{iu} + \theta_e H_{ue}$ dove: <ul style="list-style-type: none"> <li><math>\Phi_{gn}</math> [W] è il flusso termico generato all’interno dell’ambiente non riscaldato;</li> <li><math>\theta_i</math> [°C] è la temperatura interna di progetto dell’ambiente riscaldato;</li> <li><math>H_{iu}</math> [W/K] è il coefficiente globale di scambio termico tra l’ambiente riscaldato e l’ambiente non riscaldato;</li> <li><math>\theta_e</math> [°C] è la temperatura esterna media mensile;</li> <li><math>H_{ue}</math> [W/K] è il coefficiente di scambio termico tra l’ambiente riscaldato e l’esterno.</li> </ul>

### 1.2.2. La stagione di riscaldamento

La specifica tecnica assume quale stagione di riscaldamento il periodo limite di esercizio indicato nell’art. 9 d.P.R. 412/1993 <sup>(7)</sup>, al

<sup>(7)</sup> Secondo cui “l’esercizio degli impianti termici è consentito con i seguenti limiti massimi relativi al periodo annuale di esercizio dell’impianto termico ed alla durata giornaliera di attivazione:

*Zona A:* ore 6 giornaliere dal 1° dicembre al 15 marzo;

*Zona B:* ore 8 giornaliere dal 1° dicembre al 31 marzo;

*Zona C:* ore 10 giornaliere dal 15 novembre al 31 marzo;

*Zona D:* ore 12 giornaliere dal 1° novembre al 15 aprile;

variare della zona climatica <sup>(8)</sup> in cui è collocato l'edificio oggetto di valutazione, come riportato nella seguente tabella.

**Tab. 2** – Durata della stagione di riscaldamento al variare della zona climatica (rif. prospetto 3 della UNI/TS 11300-1:2008)

Zona climatica	Inizio	Fine
A	1° dicembre	15 marzo
B	1° dicembre	31 marzo
C	15 novembre	31 marzo
D	1° novembre	15 aprile
E	15 ottobre	15 aprile
F <sup>(9)</sup>	5 ottobre	22 aprile

Per finalità diverse dalla certificazione energetica, nei casi in cui sia necessario fare delle valutazioni adattate all'utenza la UNI/TS 11300-1:2008 permette di considerare la stagione di riscaldamento

*Zona E:* ore 14 giornaliere dal 15 ottobre al 15 aprile;

*Zona F:* nessuna limitazione.

Al di fuori di tali periodi gli impianti termici possono essere attivati solo in presenza di situazioni climatiche che ne giustifichino l'esercizio e comunque con una durata giornaliera non superiore alla metà di quella consentita a pieno regime”.

<sup>(8)</sup> Definita nell'art. 2 del d.P.R. 412/1993, secondo cui “Il territorio nazionale è suddiviso nelle seguenti sei zone climatiche in funzione dei gradi-giorno, indipendentemente dalla ubicazione geografica:

*Zona A:* comuni che presentano un numero di gradi-giorno non superiore a 600;

*Zona B:* comuni che presentano un numero di gradi-giorno maggiore di 600 e non superiore a 900;

*Zona C:* comuni che presentano un numero di gradi-giorno maggiore di 900 e non superiore a 1.400;

*Zona D:* comuni che presentano un numero di gradi-giorno maggiore di 1.400 e non superiore a 2.100;

*Zona E:* comuni che presentano un numero di gradi-giorno maggiore di 2.100 e non superiore a 3.000;

*Zona F:* comuni che presentano un numero di gradi-giorno maggiore di 3.000.

<sup>(9)</sup> Per la zona climatica “F”, la UNI/TS 11300 differisce dal d.P.R. 412/1993 perché introduce un limite del periodo di riscaldamento che va dal 5 ottobre al 22 aprile.

reale ovvero “il periodo durante il quale è necessario fornire calore attraverso l’impianto di riscaldamento per mantenere all’interno dell’edificio una temperatura interna non inferiore a quella di progetto” <sup>(10)</sup>.

In tal caso il primo e l’ultimo giorno del periodo di riscaldamento reale vengono calcolati come i giorni in cui la somma degli apporti termici interni e solari è inferiore alle perdite di calore <sup>(11)</sup> ovvero quando:

$$\theta_{e,day} < \theta_{i,set,H} - \frac{Q_{gn,day}}{H \times t_{day}} \quad (1)$$

dove:

- $\theta_{e,day}$  [°C] è la temperatura esterna media giornaliera;
- $\theta_{i,set,H}$  [°C] è la temperatura interna di regolazione per il riscaldamento;
- $Q_{gn,day}$  [Ws] è la somma degli apporti interni e solari medi giornalieri;
- $H$  [W/K] è il coefficiente globale di scambio termico dell’edificio, somma dei coefficienti di scambio termico per trasmissione e ventilazione, corretti per tener conto del salto termico interno-esterno;
- $t_{day}$  [s] è la durata del giorno.

Per poter considerare le frazioni del mese, è possibile utilizzare l’interpolazione lineare, attribuendo i valori medi mensili di temperatura riportati nella UNI 10349:1994 al quindicesimo giorno di ciascun mese.

### 1.2.3. Il calcolo dei coefficienti di scambio termico tra gli ambienti

Note le superfici lorde e le condizioni termiche al contorno dei singoli elementi disperdenti facenti parte dell’involucro, occorre individuare la trasmittanza termica complessiva di ciascun elemento.

---

<sup>(10)</sup> Definizione riportata al punto 10.1.2 della UNI/TS 11300-1:2008.

<sup>(11)</sup> I giorni limite sono quelli in cui la somma degli apporti termici gratuiti è pari alle perdite di calore.

La trasmittanza termica ( $U$ ) è il flusso di calore, espresso in Watt, attraverso una superficie unitaria ( $1 \text{ m}^2$ ) per grado Kelvin di differenza di temperatura tra i due ambienti che tale superficie separa; si esprime pertanto in  $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$  e si calcola mediante l'espressione:

$$U = \frac{1}{1/h_i + \sum s_j/\lambda_j + 1/h_e} \quad (2)$$

dove:

$s_j$  [m] è lo spessore del j-esimo strato costituente il componente edilizio;

$\lambda_j$  [ $\text{W}/(\text{mK})$ ] è la conduttività termica del j-esimo strato;

$h_i$  [ $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ] è il coefficiente di scambio termico superficiale interno;

$h_e$  [ $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ] è il coefficiente di scambio termico superficiale esterno.

Noti gli spessori e i valori di conduttività dei singoli strati costituenti l'elemento disperdente, si calcolano la conduttanza <sup>(12)</sup> e, tramite i coefficienti di scambio termico per convezione, la trasmittanza termica della chiusura.

I coefficienti di scambio termico variano in funzione della direzione del flusso termico, secondo quanto riportato in tab. 3.

**Tab. 3** – Coefficienti di scambio termico superficiale [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ] al variare della direzione del flusso termico

	Direzione del flusso termico		
	Ascendente	Orizzontale	Discendente
$h_i$	10	7,7	5,9
$h_e$	25	25	25

<sup>(12)</sup> La conduttanza, anch'essa in  $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ , esprime il flusso di calore trasmesso per unità di superficie per differenza unitaria di temperatura tra interno ed esterno per conduzione, quindi si calcola come la trasmittanza, ma non considerando gli scambi termici superficiali:  $C = 1/(\sum s_j/\lambda_j)$ .

La specifica tecnica, in particolare, rimarca che per il calcolo della trasmittanza termica dei componenti opachi si debba:

- ricavare le proprietà termo-fisiche dai dati di accompagnamento alla marcatura CE (ove presenti) o dalla UNI EN 1745:2005 <sup>(13)</sup> oppure dalla UNI 10351:1994 “Materiali da costruzione. Conduktività termica e permeabilità al vapore” <sup>(14)</sup>;

<sup>(13)</sup> UNI EN 1745:2005 “Muratura e prodotti per muratura - Metodi per determinare i valori termici di progetto”.

<sup>(14)</sup> Nella quale, estrapolati dal prospetto della stessa, sono indicati i seguenti valori di densità e conduttività termica utile di calcolo (ottenuti sperimentalmente e successivamente corretti con un coefficiente amplificativo), a loro volta ripresi senza modifiche dalla “FA 101-83”, salvo l’errata corrige del 1994.

Materiali	Massa volumica del materiale secco $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Conduttività termica utile di calcolo $\lambda$ [W/mK]
Aria in quiete a 20 °C	1,3	0,026
Acqua		
- liquido in quiete a 20°C	1000	0,60
- ghiaccio a 0°C	900	2,2
- ghiaccio a -10°C	900	2,5
Neve		
- appena caduta e per strati fino a 3 cm	100	0,06
- soffice (ad es. per strati da 3 a 7 cm)	200	0,12
- moderatamente compatta (ad es. per strati da 7 a 10 cm)	300	0,23
- compatta (ad es. per strati da 20 a 40 cm)	500	0,70
Amianto e derivati		
- con matrice cementizia in lastre (umidità 2%)	1800/1900	0,60/0,90
- con silicati in lastre (umidità 4%)	650	0,18
Calcestruzzo a struttura chiusa		
- confezionato con aggregati naturali		
- pareti esterne o interne protette	2000/2200/2400	1,16/1,48/1,91
- pareti esterne non protette	2000/2200/2400	1,26/1,61/2,08
- di argille espanse		
- pareti interne o protette con umidità fino al 4%	1000/1100/1200	0,31/0,35/0,39
	1300/1400/1500/1600/1700	0,44/0,50/0,57/0,65/0,75
- pareti esterne con umidità al 6%	1000/1100/1200	0,33/0,38/0,43
	1300/1400/1500/1600/1700	0,48/0,55/0,61/0,70/0,82
- pareti di scantinati con umidità all'8%	1000/1100/1200	0,36/0,42/0,48
	1300/1400/1500/1600/1700	0,54/0,61/0,68/0,78/0,91
- sottofondi non areati	1000/1100/1200	0,50/0,58/0,66
	1300/1400/1500/1600/1700	0,74/0,84/0,94/1,08/1,26
Calcestruzzo a struttura aperta		
- di argille espanse		
- pareti interne o protette con umidità fino al 4%	500/600/700	0,16/0,18/0,21
	800/900/1000	0,24/0,27/0,31
- pareti esterne con umidità al 6%	500/600/700	0,18/0,21/0,23
	800/900/1000	0,26/0,29/0,33
- pareti di scantinati con umidità all'8%	500/600/700	0,20/0,23/0,26
	800/900/1000	0,29/0,32/0,36
- sottofondi non areati	500/600/700	0,28/0,32/0,36
	800/900/1000	0,40/0,44/0,50
- cellulare da autoclave (per calcestruzzi espansi in situ, maggiorare i valori di 10%)		
- pareti interne o esterne protette con umidità dal 4 al 5%	400/500/600	0,15/0,17/0,19
	700/800	0,22/0,25
- pareti esterne con umidità dal 6 al 7%	400/500/600	0,15/0,20/0,21
	700/800	0,24/0,28
- pareti di scantinati con umidità dall'8 al 10%	400/500/600	0,19/0,22/0,23
	700/800	0,26/0,31
- di aggregati espansi di origine vulcanica		
- pareti interne o esterne protette	1000/1200/1400	0,38/0,47/0,58

segue nota 14

Materiali	Massa volumica del materiale secco $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Conduttività termica utile di calcolo $\lambda$ [W/mK]
- di perlite e di vermiculite - pareti interne o esterne protette con umidità dall'8 al 10% - pareti esterne con umidità dal 10 al 12% - pareti di scantinati con umidità dal 12 al 14%	250/400 250/400 250/400	0,13/0,15 0,14/0,17 0,15/0,18
- in genere (in mancanza di informazioni precise) - pareti interne o esterne protette (per contenuti di umidità superiori, maggiorare, sulla base dei valori di cui sopra, proporzionalmente al tipo di calcestruzzo che si ritiene più simile al prodotto considerato)	400/500/600 700/800/900 1000/1100/1200 1300/1400/1500 1600/1700/1800 1900	0,19/0,22/0,24 0,27/0,30/0,34 0,38/0,42/0,47 0,52/0,58/0,65 0,73/0,83/0,94 1,06
Carta, cartone e dericati - carta e cartone - cartone bitumato - cartongesso in lastre - cartone ondulato	1000 1100 900 100	0,16 0,23 0,21 0,065
Fibre minerali - fibre di vetro - feltri resinati - pannelli semirigidi - pannelli rigidi - fibre minerali ottenute da rocce feldspatiche - feltri resinati - pannelli semirigidi - pannelli rigidi - pannelli in fibre orientate - fibre minerali ottenute da rocce basaltiche - feldspati trapuntati - fibre minerali ottenute da loppe d'altoforno - feltri - pannelli semirigidi o rigidi	11/14/16 16/20/30 100 30/35 40/55 80/100/125 100 60/80/100 40 40/60/80/ 100/150	0,053/0,048/0,046 0,046/0,043/0,040 0,038 0,045/0,044 0,042/0,040/0,039 0,039/0,038/0,038 0,048 0,044/0,044/0,045 0,054 0,054/0,048/0,046 0,046/0,048
N.B.: ogni unità percentuale di umidità dà luogo ad aumenti dei valori di calcolo dall'1 al 5%. Per temperature comprese tra -3°C e 97°C la conduttività aumenta dello 0,4%/°C per materiali pesanti e di 0,8%/°C per materiali più leggeri. Tale valore di maggiorazione percentuale deve ulteriormente essere incrementato dall'1 al 3% per tener conto dell'effetto della manipolazione e dell'installazione per l'accostamento. Nel caso poi di montaggio con staffe o altri sistemi che introducono ponti termici, occorre maggiorare di almeno il 5%.		
Intonaci e malte - malte di gesso per intonaci o in pannelli con inerti di vario tipo - intonaci di gesso puro - intonaci di calce e gesso - malta di calce o di calce e cemento - malta di cemento	600/750/900 1000/1200 1200 1400 1800 2000	0,29/0,35/0,41 0,47/0,58 0,35 0,70 0,90 1,40
Laterizi (inclusa la presenza della malta di allettamento) - pareti interne con umidità dello 0,5%  - pareti esterne con umidità dell'1,5%	600/800/1000 1200/1400/1600 1800/2000 600/800/1000 1200/1400/1600 1800/2000	0,25/0,30/0,36 0,43/0,50/0,59 0,72/0,90 0,36/0,41/0,47 0,54/0,60/0,68 0,81/0,99
Legnami - abete - flusso perpendicolare alle fibre - flusso parallelo alle fibre - pino - flusso perpendicolare alle fibre - flusso parallelo alle fibre - acero - flusso perpendicolare alle fibre - flusso parallelo alle fibre - quercia - flusso perpendicolare alle fibre - flusso parallelo alle fibre	450 450 550 550 710 710 850 850	0,12 0,14 0,15 0,17 0,18 0,21 0,22 0,25
N.B.: i valori sono relativi a contenuti di umidità del 15%; per ogni incremento percentuale unitario di umidità, aumentare la conduttività di 1,2%. Nel caso invece si considerino altre specie legnose, occorre interpolare i dati qui presenti in base alla densità.		
Mastici per tenute (siliconici, poliuretani, polisulfurei, acrilici)	da 1000 a 1650	0,40
Impermeabilizzanti - asfalto - asfalto con sabbia - bitume - bitume con sabbia - cartone catramato - foglio di materiale sintetico	2100 2300 1200 1300 1600 1100	0,70 1,15 0,17 0,26 0,50 0,23

segue nota 14

Materiale	Massa volumica del materiale secco $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Conduttività termica utile di calcolo $\lambda$ [W/mK]
<b>Materiali sfusi e di riempimento</b> - argilla espansa in granuli da 3 a 25 mm - applicazione in interno (umidità circa 1%) - applicazione contro terreno (umidità circa 20%) - fibre di cellulosa (umidità circa 15%) - perlite espansa in granuli da 0,1 a 2,3 mm - polistirolo espanso in granuli (umidità circa 3%) - pomice naturale - scorie espanse - vermiculite espansa in granuli da 0,1 a 12 mm - ciottoli e pietre frantumate (umidità 2%) - ghiaia grossa senza argilla (umidità 5%) - sabbia secca (umidità inferiore 1%)	280/330/450 280/330/450 32 100 15 400 600 80/120 1500 1700 1700	0,09/0,10/0,12 0,12/0,14/0,15 0,058 0,066 0,054 0,08 0,13 0,077/0,082 0,70 1,2 0,60
<b>Materie plastiche cellulari</b> - cloruro di polivinile espanso rigido in lastre - polietilene - espanso estruso in continuo, non reticolato - espanso estruso in continuo, reticolato - polistirene (contenuto di umidità di pareti interne da 1 a 2%, per applicazioni contro il terreno sino al 20%, per i prodotti estrusi i valori di umidità indicati devono essere dimezzati; la conduttività aumenta da 0,1 a 0,5% per ogni unità percentuale di incremento di umidità) - espanso sinterizzato, in lastre ricavate da blocchi (conduttività di riferimento calcolate a 20°C e per 10 cm di spessore) - espanso sinterizzato, in lastre ricavate da blocchi	30/40 30/50 33/50 15/20/25 30 10/15/20 25/30	0,039/0,041 0,050/0,060 0,048/0,058 0,045/0,041/0,040 0,040 0,056/0,047/0,044 0,042/0,042
N.B.: tali valori sono validi per materiali prodotti da non meno di 100 giorni; per temperature, per temperature comprese tra -3°C e 97°C la conduttività aumenta da 0,4% a 0,5% per ogni °C. Tale valore di maggiorazione percentuale deve ulteriormente essere incrementato dall'1 al 3% per tener conto dell'effetto della manipolazione e dell'installazione per l'accostamento. Nel caso poi di montaggio con staffe o altri sistemi che introducono ponti termici, occorre maggiorare di almeno il 5%.		
- poliuretani - in lastre ricavate da blocchi - poliisocianurati in lastre ricavate da blocchi - espansi in situ - resine fenoliche in lastre - resine ureiche espanse in situ	25/32/40 50 32/40 37 35/60/80 8/12/15 30	0,034/0,032/0,032 0,032 0,032/0,032 0,035 0,041/0,044/0,046 0,057/0,054/0,051 0,048
<b>Materie plastiche compatte</b> - ABS - carbammide e resine melamminiche con cariche - cellulose - ebanite, gomma dura - PMMA - PA - PC - PTFE - PE - PVC - PS - resine acriliche - resine epossidiche - resine fenoliche con cariche organiche - resine poliestere con fibra di vetro	1050 1500 1350 1150 1200 1100 1150 2200 950 1400 1100 1450 1200 1400 2000	0,26 0,40 0,35 0,16 0,18 0,30 0,23 0,24 0,35 0,16 0,17 0,20 0,20 0,30 0,50
<b>Metalli</b> - acciaio - acciaio inox - argento - alluminio - leghe di alluminio - bronzo - ferro puro - ghisa - nichel - ottone - piombo - rame - zinco	7800 8000 10500 2700 2800 8700 7870 7200 8800 8400 11300 8900 7100	52 17 420 220 160 65 80 50 65 110 35 380 110

- considerare dei coefficienti superficiali di scambio termico e delle resistenze termiche delle intercapedini d'aria conformi ai valori stabiliti dalla UNI EN ISO 6946:2008 <sup>(15)</sup>.

Tale approccio analitico necessita dunque della conoscenza dettagliata della stratigrafia dei componenti dell'involucro <sup>(16)</sup>. Nel caso, però, di valutazione delle prestazioni energetiche di edifici esistenti, in mancanza di informazioni certe, la specifica tecnica consente la stima dei valori di trasmittanza sulla base dello spessore complessivo della chiusura, del periodo di realizzazione e dell'ambiente

segue nota 14

Materiali	Massa volumica del materiale secco $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Conducibilità termica utile di calcolo $\lambda$ [W/mK]
<b>Pannelli e lastre varie</b>		
- lastre a base di perlite espansa, fibre e leganti bituminosi	190	0,071
- pannelli di fibre di legno duri ed extrudati (contenuto di umidità 10%)	800/900/1000	0,14/0,16/0,18
- pannelli in fibre di legno con leganti inorganici (contenuto di umidità 15%)	300/350/400	0,085/0,091/0,097
- pannelli di spaccato di legno e leganti inorganici (contenuto di umidità 15%)	500	0,11
- pannelli di particelle (contenuto di umidità 10%)	400/500/600	0,12/0,14/0,16
- pressati		
- estrusi	500/600/700	0,10/0,12/0,15
- pannelli di sughero (contenuto di umidità dal 2 al 4%)	700	0,17
- espanso puro		
- espanso con leganti	130	0,045
	90/130/200	0,043/0,045/0,052
<b>Porcellana</b>	2300	1,00
<b>Rocce naturali</b>		
- ardesia	2700	2,0
- basalto	2800	3,5
- calcare	1900/2100/2700	1,5/1,6/2,9
	2800	3,5
- dolomite	2700	1,8
- feldspato	2500	2,4
- gneiss	2700	3,5
- granito	2500/3000	3,2/4,1
- lava	2200	2,9
- marmo	2700	3,0
- porfido	2200	2,9
- schisto parallelo al piano di sfaldamento	2700	2,5
- schisto perpendicolare al piano di sfaldamento	2700	1,4
- steatite	2600	2,7
- trachite	2300	2,9
- tufo	1500/2300	0,63/1,70
<b>Silicato di calcio in lastre (umidità tra il 6 e l'8%)</b>		
- per uso fino a 650°C	225	0,076
- per uso fino a 870°C	240	0,094
<b>Vetro</b>		
- cellulare espanso	130/150/180	0,055/0,060/0,066
- da finestre	2500	1,0

<sup>(15)</sup> UNI EN ISO 6946:2008 “Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo”, che ha sostituito le precedenti versioni del 1999 e del 2007.

<sup>(16)</sup> Per approfondimenti, si veda la UNI EN 1745:2005 “Muratura e prodotti per muratura - Metodi per determinare i valori termici di progetto”.

confinante; a tal fine, in fondo alla stessa, sono infatti presenti le seguenti appendici informative:

- la A “Determinazione semplificata della trasmittanza termica dei componenti opachi in edifici esistenti”;
- la B “Abaco delle strutture murarie utilizzate in Italia in edifici esistenti” <sup>(17)</sup>;
- la C “Determinazione semplificata della trasmittanza termica dei componenti trasparenti”.

Per i serramenti trasparenti il calcolo della trasmittanza viene fatto secondo la UNI EN ISO 10077-2:2004 “Prestazione termica di finestre, porte e chiusure - Calcolo della trasmittanza termica - Metodo numerico per i telai”: l’approccio analitico è fondamentalmente identico a quello della relazione (2), ma essendovi due componenti diverse (telaio e vetro) e dovendo anche considerare, per le vetrocamere, il ponte termico lineico dovuto alla presenza del distanziatore, esso si traduce essenzialmente in una media pesata delle trasmittanze delle due componenti del serramento:

$$U_w = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_f U_f + \sum l_g \psi_g}{\sum A_g + \sum A_f} \quad (3)$$

dove:

- $U_w$  [W/(m<sup>2</sup>K)] è la trasmittanza termica complessiva (il pedice “w” indica la finestra, dall’inglese *window*);
- $A_g$  [m<sup>2</sup>] è l’area vetrata (il pedice “g” indica appunto il vetro, dall’inglese *glass*)
- $U_g$  [W/(m<sup>2</sup>K)] è la trasmittanza termica del vetro
- $A_f$  [m<sup>2</sup>] è l’area del telaio (il pedice “f” indica appunto il telaio, dall’inglese *frame*)
- $U_f$  [W/(m<sup>2</sup>K)] è la trasmittanza termica del telaio
- $l_g$  [m] è il perimetro della vetrocamera
- $\psi_g$  [W/(mK)] è la trasmittanza termica lineica del distanziatore della vetrocamera.

---

<sup>(17)</sup> Appendice che si prevede venga prossimamente integrata, in quanto un gruppo di lavoro dell’Università di Pavia, coordinato dalla Prof.ssa Ing. Anna Magrini, sta sviluppando un’analisi termoigrometrica e acustica delle caratteristiche delle strutture edilizie esistenti e sta raccogliendo informazioni delle tipologie stratigrafiche comunemente utilizzate sul territorio italiano a oggi.

Nell'appendice C, la specifica tecnica fornisce dei valori indicativi delle trasmittanze termiche dei telai al variare del materiale utilizzato, in modo tale da permettere la valutazione anche in assenza di certificazioni da parte del produttore.

Per quanto riguarda i valori di  $U_g$  vengono tabulati nel prospetto C.1 i valori per diverse combinazioni di vetrocamere, sia doppie che triple, analogamente a quanto riportato nella seguente tabella <sup>(18)</sup>.

**Tab. 4** – Valori di trasmittanza termica della vetrocamera,  $U_g$ , in  $W/m^2K$  al variare dei trattamenti basso-emissivi e del tipo di gas in intercapedine (rif. prospetto C.1 della UNI/TS 11300-1:2008), validi per un calcolo semplificato della  $U_w$

Descrizione vetrocamera			Gas nell'intercapedine (concentrazione $\geq 90\%$ )				
N. lastre di vetro con trattamento superficiale basso emissivo	Emissività	Dimensioni mm	Aria	Argon	Krypton	SF6	Xenon
			0	0,89	4(6)4	3,3	3,0
4(8)4	3,1	2,9			2,7	3,1	2,6
4(12)4	2,8	2,7			2,6	3,1	2,6
4(16)4	2,7	2,6			2,6	3,1	2,6
4(20)4	2,7	2,6			2,6	3,1	2,6
4(6)4(6)4	2,3	2,1			1,8	1,9	1,7
4(8)4(8)4	2,1	1,9			1,7	1,9	1,6
4(12)4(12)4	1,9	1,8			1,6	2,0	1,6

(segue)

<sup>(18)</sup> Per approfondimenti circa la modalità di calcolo della  $U_g$  si rimanda alla UNI EN 673:2005 "Vetro per edilizia - Determinazione della trasmittanza termica (valore U) - Metodo di calcolo".

Descrizione vetrocamera			Gas nell'intercapedine (concentrazione $\geq 90\%$ )				
N. lastre di vetro con trattamento superficiale basso emissivo	Emissività	Dimensioni mm	Aria	Argon	Krypton	SF6	Xenon
1	$\leq 0,20$	4(6)4	2,7	2,3	1,9	2,3	1,6
		4(8)4	2,4	2,1	1,7	2,4	1,6
		4(12)4	2,0	1,8	1,6	2,4	1,6
		4(16)4	1,8	1,6	1,6	2,5	1,6
		4(20)4	1,8	1,7	1,6	2,5	1,7
2	$\leq 0,20$	4(6)4(6)4	1,8	1,5	1,1	1,3	0,9
		4(8)4(8)4	1,5	1,3	1,0	1,3	0,8
		4(12)4(12)4	1,2	1,0	0,8	1,3	0,8
1	$\leq 0,15$	4(6)4	2,6	2,3	1,8	2,2	1,5
		4(8)4	2,3	2,0	1,6	2,3	1,4
		4(12)4	1,9	1,6	1,5	2,3	1,5
		4(16)4	1,7	1,5	1,5	2,4	1,5
		4(20)4	1,7	1,5	1,5	2,4	1,5
2	$\leq 0,15$	4(6)4(6)4	1,7	1,4	1,1	1,2	0,9
		4(8)4(8)4	1,5	1,2	0,9	1,2	0,8
		4(12)4(12)4	1,2	1,0	0,7	1,3	0,7
1	$\leq 0,10$	4(6)4	2,6	2,2	1,7	2,1	1,4
		4(8)4	2,2	1,9	1,4	2,2	1,3
		4(12)4	1,8	1,5	1,3	2,3	1,3
		4(16)4	1,6	1,4	1,3	2,3	1,4
		4(20)4	1,6	1,4	1,4	2,3	1,4
2	$\leq 0,10$	4(6)4(6)4	1,7	1,3	1,0	1,1	0,8
		4(8)4(8)4	1,4	1,1	0,8	1,1	0,7
		4(12)4(12)4	1,1	0,9	0,6	1,2	0,6

(segue)

Descrizione vetrocamera			Gas nell'intercapedine (concentrazione $\geq 90\%$ )				
N. lastre di vetro con trattamento superficiale basso emissivo	Emissività	Dimensioni mm	Aria	Argon	Krypton	SF6	Xenon
1	$\leq 0,05$	4(6)4	2,5	2,1	1,5	2,0	1,2
		4(8)4	2,1	1,7	1,3	2,1	1,1
		4(12)4	1,7	1,3	1,1	2,1	1,2
		4(16)4	1,4	1,2	1,2	2,2	1,2
		4(20)4	1,5	1,2	1,2	2,2	1,2
2	$\leq 0,05$	4(6)4(6)4	1,6	1,2	0,9	1,1	0,7
		4(8)4(8)4	1,3	1,0	0,7	1,1	0,5
		4(12)4(12)4	1,0	0,8	0,5	1,1	0,5

Nel caso di vetro singolo, il valore di U da assumere, in mancanza di dati del produttore è di  $5,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})^{\text{e}}$  (19). In tal caso, nel calcolo della trasmittanza complessiva del serramento, non vi è la perdita termica lineica perché trattandosi di vetro singolo non è presente il distanziatore e, dunque, il ponte termico ad esso dovuto.

Per quanto riguarda il telaio, anche in questo caso la specifica tecnica fornisce dei valori tabulati di trasmittanza termica ( $U_p$ ) in funzione del materiale utilizzato.

(19) Tale valore essenzialmente corrisponde ad un vetro di spessore pari a 5 mm; ciò lo si evince applicando sempre la formula (1), sapendo che:

- $\lambda$  è da assumersi pari a  $1,0 \text{ W}/\text{mK}$ , come richiamato nella nota (8);
- $h_i$  è da assumersi pari a  $7,7 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ , come richiamato nella tab. 2;
- $h_e$  è da assumersi pari a  $25 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ , come richiamato nella tab. 2.

**Tab. 5** – Valori di trasmittanza termica del telaio ( $U_f$ ) in  $W/m^2K$  al variare del materiale e del tipo di telaio utilizzato (rif. prospetto C.2 della UNI/TS 11300-1:2008), validi per un calcolo semplificato della  $U_w$

Materiale	Tipologia di telaio	$U_f$ [W/(m <sup>2</sup> K)]
Metallo	con taglio termico e distanza tra le due sezioni opposte del metallo $\geq 20$ mm	2,4
Poliuretano	con anima di metallo e spessore di PUR $\geq 5$	2,8
PVC	con due camere cave	2,2
PVC	con tre camere cave	2,0
Legno duro	spessore 70 mm	2,1
Legno tenero	spessore 70 mm	1,8

Noti dunque i valori di  $U_g$  e  $U_p$  nel caso di serramenti con vetro singolo si può già procedere al calcolo della trasmittanza complessiva  $U_w$ . Nel caso, invece, di serramenti con vetrocamere occorre conoscere il valore della perdita termica lineica ( $\psi_g$ ) legata alla presenza del distanziatore.

A tal fine, sempre in mancanza di dati sperimentali forniti dal produttore, si possono utilizzare i valori forniti dalla UNI EN ISO 10077-1:2007 “Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti - Calcolo della trasmittanza termica - Parte 1: Generalità”, funzione sia del tipo di telaio che della vetrocamera presente.

**Tab. 6** - Valori di trasmittanza termica lineica del distanziatore ( $\psi_g$ ) in  $W/mK$  al variare del telaio, del distanziatore e della vetrocamera (rif. UNI EN ISO 10077-1:2007), validi per un calcolo semplificato della  $U_w$

Tipo di telaio	Tipo di distanziatore	Tipo di vetrocamera	
		Doppia o tripla non rivestita	Doppia basso emissiva o tripla con due rivestimenti bassoemissivi
Legno tenero o PVC	Metallico non isolato	0,06	0,08
	Metallico isolato o PVC	0,05	0,06
Alluminio con taglio termico	Metallico non isolato	0,08	0,011
	Metallico isolato o PVC	0,06	0,08
Metallo senza taglio termico	Metallico non isolato	0,02	0,05
	Metallico isolato o PVC	0,01	0,04

Le norme tecniche (sia la UNI EN ISO 10077-1:2007 che la UNI/TS 11300-1:2008) prevedono inoltre di rettificare il valore di  $U_w$  al fine di tener conto anche della presenza dei sistemi oscuranti (che per motivi di sicurezza e privacy, oltre che di comfort termico, vengono chiusi durante le ore notturne).

Note dunque le trasmittanze termiche di tutti gli elementi dell'involucro (opachi e trasparenti), le rispettive aree e le temperature al contorno, si può procedere al calcolo dei coefficienti di scambio termico per trasmissione, che la specifica tecnica distingue in funzione dell'ambiente confinante:

- $H_D$ , è quello verso l'ambiente esterno;
- $H_g$ , è quello verso il terreno;
- $H_U$ , è quello verso gli ambienti non climatizzati;
- $H_A$  è quello verso altre zone interne o meno all'edificio climatizzate a temperatura diversa (A).

Al variare quindi delle condizioni al contorno della zona termica oggetto di calcolo, cambia la denominazione del coefficiente di scambio termico e, con essa, la formula per la sua quantificazione.

In generale, tali coefficienti di dispersione termica per trasmissione si calcolano tenendo in considerazione sia la trasmittanza termica delle strutture che delimitano l'involucro riscaldato, sia la presenza di ponti termici lineari e puntuali. Analiticamente, ciò si traduce in una formula del tipo:

$$H_x = b_{tr,x} [\sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \psi_k + \sum_j \chi_j] \quad (4)$$

dove:

$H_x$  [W/K] è il coefficiente di trasmissione termica che si vuole calcolare ( $H_D$ ,  $H_g$ ,  $H_U$  o  $H_A$ );

$b_{tr,x}$  [adim] è il fattore di correzione che tiene conto delle diverse temperature presenti al contorno dell'involucro edilizio che delimita la volumetria riscaldata oggetto di calcolo;

$A_i$  [m<sup>2</sup>] è la superficie dell'i-esimo elemento facente parte dell'involucro che delimita lo spazio riscaldato oggetto di calcolo;

$U_i$  [W/(m<sup>2</sup>K)] è la trasmittanza termica dell'i-esimo elemento considerato;

$l_k$  [m] è la lunghezza del k-esimo ponte termico lineico;

- $\psi_k$  [W/(mK)] è la trasmittanza termica lineica del k-esimo ponte termico considerato;
- $\chi_j$  [W/K] è la trasmittanza termica puntuale del j-esimo ponte termico puntuale considerato.

Il ponte termico viene definito come “la discontinuità di isolamento termico che si può verificare in corrispondenza agli innesti di elementi strutturali (solai e pareti verticali o pareti verticali tra loro)” e lo si considera “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” <sup>(20)</sup>.

In realtà, esistono anche i cosiddetti ponti termici geometrici, punti in cui la stessa conformazione geometrica della struttura favorisce, indipendentemente dal materiale o di isolante utilizzato, un maggior flusso di calore in uscita e quindi dispersioni termiche.

Il calcolo dei ponti termici e, dunque, dei valori di trasmittanza termica lineica e puntuale è da effettuarsi secondo quanto indicato nella UNI EN ISO 14683:2008 “Ponti termici in edilizia - Coefficiente di trasmissione termica lineica - Metodi semplificati e valori di riferimento”, che ha sostituito la precedente versione del 2001 <sup>(21)</sup>.

Per gli edifici esistenti, laddove non sia possibile ricavare dati più precisi, la specifica tecnica fornisce i fattori percentuali riportati nella seguente tabella, che amplificano la trasmittanza termica della sezione corrente, in modo da considerarne forfettariamente la presenza.

---

<sup>(20)</sup> D.lgs. 192/2005, allegato A, definizioni nn. 25 e 26.

<sup>(21)</sup> Per approfondimenti sulle modalità di calcolo dei ponti termici, si veda anche la UNI EN ISO 10211:2008 “Ponti termici in edilizia – Flussi termici e temperature superficiali – Calcoli dettagliati”.

**Tab. 7** - *Percentuali amplificative della trasmittanza termica per edifici esistenti (rif. prospetto 4 della UNI/TS 11300-1:2008)*

Tipologia di perimetrale esistente	Percentuale amplificativa
Parete isolata esternamente (isolamento a cappotto) senza aggetti/balconi e con ponti termici corretti	5%
Parete isolata esternamente (isolamento a cappotto) con aggetti/balconi	15%
Parete omogenea in mattoni pieni o in pietra e senza isolamento termico	10%
Doppio tavolato senza isolamento nell'intercapedine (parete a cassa vuota)	10%
Doppio tavolato con isolamento termico nell'intercapedine e ponti termici corretti	10%
Doppio tavolato con isolamento termico nell'intercapedine e ponti termici non corretti	20%
Pannello prefabbricato in calcestruzzo con isolamento termico interno	30%

Note le superfici degli elementi disperdenti, le relative trasmittanze (corrette per tener conto dei ponti termici) e le temperature al contorno, è possibile calcolare singolarmente i coefficienti  $H_D$ ,  $H_g$ ,  $H_U$  e  $H_A$ , in modo da poterli poi sommare ed ottenere il coefficiente di scambio termico per trasmissione complessivo per la zona termica considerata, da sommare a sua volta a quelli ottenuti per le altre zone facenti parte dell'edificio.

#### 1.2.3.1. *Trasmissione verso l'esterno ( $H_D$ )*

Nel caso in cui l'ambiente al contorno sia l'esterno, il coefficiente di scambio termico per trasmissione,  $H_D$ , è calcolabile mediante la formula (4), ma applicando un coefficiente correttivo  $b_{tr,x}$  pari ad 1.

#### 1.2.3.2. *Trasmissione verso l'esterno attraverso ambienti non climatizzati ( $H_U$ )*

Il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione,  $H_U$ , tra il volume climatizzato e gli ambienti esterni attraverso gli ambienti non climatizzati si ottiene come:

$$H_U = H_{iu} \cdot b_{tr,x} \quad (5)$$

dove:

$b_{tr,x}$  [adim] è il fattore di correzione (unitario nel caso in cui la temperatura di quest'ultimo sia uguale a quella esterna) e calcolabile con la formula:

$$b_{tr,x} = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}} \quad (6)$$

$H_{ue}$  [W/K] è il coefficiente globale di scambio termico tra l'ambiente non climatizzato e l'ambiente esterno;

$H_{iu}$  [W/K] è il coefficiente globale di scambio termico tra l'ambiente climatizzato e l'ambiente non climatizzato.

Nel caso di edifici esistenti per i quali non è possibile calcolare analiticamente il valore di quest'ultimo coefficiente, la norma fornisce una serie di valori tabulati per il fattore di correzione  $b_{tr,x}$ , in funzione dell'ambiente non climatizzato confinante, così come riportato nella seguente tabella.

**Tab. 8** - Valori correttivi del coefficiente di trasmissione tra l'ambiente climatizzato e quello non climatizzato validi per edifici esistenti (rif. prospetto 5 della UNI/TS 11300-1:2008)

Ambiente circostante	$b_{tr,x}$
Ambienti con temperatura analoga a quella esterna, quali ad es.: – sottotetti altamente ventilati – aree interne per le quali il rapporto tra l'area delle aperture e il volume dell'ambiente è maggiore di 0,005 m <sup>-1</sup>	1,00
Sottotetti sigillati: – non isolati termicamente – isolati termicamente	0,90 0,70
Ambienti fuori-terra: – con tre pareti esterne (quali ad esempio i vani scala esterni) – con serramenti esterni e con almeno due pareti esterne – senza serramenti esterni e con almeno due pareti esterne	0,80 0,60 0,50
Ambienti al piano interrato o seminterrato – con finestre o serramenti esterni – senza finestra o serramenti esterni	0,80 0,50

### 1.2.3.3. *Trasmissione verso il terreno ( $H_g$ )*

Quando la zona termica confina con il terreno, la trasmittanza dell'elemento disperdente deve considerare la conduttanza del terreno ( $C_g$ ), in  $W/(m^2K)$ , e l'assenza del fluido aria sul lato esterno. Occorre calcolare una "trasmittanza fittizia",  $U^*$ , da adoperarsi nel caso di locali totalmente o parzialmente interrati pari a:

$$U^* = \frac{1}{\frac{1}{U} + \frac{h}{\lambda_t}} \quad (7)$$

dove:

$U$  [ $W/(m^2K)$ ] è la trasmittanza dell'elemento disperdente secondo la formula (2);

$h$  [m] è la profondità della parte interrata;

$\lambda_t$  [ $W/(mK)$ ] è la conduttività del terreno umido, pari a 2,91  $W/mK$ .

A questo punto, è possibile calcolare mediante la formula (4) il valore del coefficiente di scambio termico verso l'esterno attraverso il terreno.

Nel caso di pavimenti su terreno, oltre a considerare una trasmittanza termica fittizia, occorre anche modificare la formula del coefficiente di scambio termico:

$$H_g = P (2-h) U^{**} \quad (8)$$

dove:

$P$  [m] è il perimetro interno del pavimento relativamente alle sole pareti esterne;

$h$  [m] è la profondità di interramento del pavimento;

$U^{**}$  [ $W/(m^2K)$ ] è la trasmittanza fittizia che in questo caso vale:

$$U^{**} = \frac{1}{\frac{1}{U} + \frac{2}{\lambda_t}} \quad (9)$$

dove:

$U$  [ $W/(m^2K)$ ] è la trasmittanza dell'elemento disperdente secondo la formula (2);

$\lambda_t$  [W/(mK)] è la conduttività del terreno umido, pari a 2,91 W/(mK).

Nel caso di pavimenti su spazi aerati (vespai), il calcolo è ancora diverso perché l'energia termica viene trasmessa allo spazio sottostante il pavimento e poi all'ambiente esterno: occorre considerare il flusso attraverso il terreno, quello attraverso le pareti dello spazio sotto il pavimento e quello disperso per ventilazione nello spazio sotto il pavimento). La trasmittanza fittizia da assumersi è  $U^{***}$ , pari a:

$$U^{***} = \frac{1}{\frac{1}{U} + \frac{1}{U_x}} \quad (10)$$

ed in questo caso  $U_x$  si calcola con la seguente formula:

$$U_x = 2 \cdot z \cdot \frac{U_w}{B'} + 1450 \cdot A_v \cdot \omega \cdot f_v + U_g \quad (11)$$

dove:

- $z$  [m] è l'altezza del pavimento sul livello del terreno esterno;
- $U_w$  [W/m<sup>2</sup>K] è la trasmittanza termica delle pareti dello spazio aerato;
- $B'$  [m] è la "dimensione caratteristica del pavimento", data dal rapporto tra l'area del pavimento ed il suo semiperimetro;
- $A_v$  [m] è l'area delle aperture di ventilazione per unità di perimetro dello spazio aerato;
- $\omega$  [m/s] è la velocità del vento;
- $f_v$  [adim] è il coefficiente di protezione del vento <sup>(22)</sup>;
- $U_g$  [W/(m<sup>2</sup>K)] è la trasmittanza termica del terreno, a sua volta calcolabile con la formula:

$$U_g = \frac{2 \cdot \lambda}{\pi \cdot B' + d_t} \cdot \ln \left( \frac{\pi \cdot B'}{d_t} + 1 \right) \quad (12)$$

---

<sup>(22)</sup> La struttura è considerata "protetta" dagli altri edifici in centro città ( $f_v = 0,02$ ), "mediamente protetta" in periferia ( $f_v = 0,05$ ) ed "esposta" nelle zone rurali ( $f_v = 0,1$ ).

in cui

$\lambda$  [W/(mK)] è la conduttività del terreno non gelato;

$\pi$  [adim] è assunto pari a 3,142;

$d_t$  [m] è lo “spessore equivalente totale” del pavimento pari alla somma tra lo spessore delle pareti perimetrali esterne e  $\lambda (1/h_i + 1/h_e)$ .

Per il calcolo analitico dello scambio termico verso il terreno, la specifica tecnica rimanda interamente alla UNI EN ISO 13370:2008 “Prestazione termica degli edifici - Trasferimento di calore attraverso il terreno - Metodi di calcolo”, mentre per il calcolo forfettario su edifici esistenti fornisce i valori correttivi da applicare alla formula (4) per ottenere immediatamente il valore di  $H_g$ .

**Tab. 9** - Valori correttivi del coefficiente di trasmissione tra l'ambiente climatizzato e terreno o vespaio aerato validi per edifici esistenti (rif. prospetto 6 della UNI/TS 11300-1:2008)

Ambiente circostante	$b_{tr,g}$
Vespaio aerato	0,80
Terreno	0,45

#### 1.2.3.4. *Trasmissione verso altri ambienti climatizzati mantenuti a temperatura diversa ( $H_A$ )*

Anche nel caso in cui la zona termica oggetto di valutazione confini con altri ambienti riscaldati, ma mantenuti a temperature diverse, occorre valutare il calore scambiato per trasmissione da o verso questi ambienti. La modalità di calcolo è anche in questo caso basata sulla formula (4), ma la specifica tecnica non fornisce valori tabulati per dei calcoli forfettari.

#### 1.2.4. *Le perdite termiche per trasmissione ( $Q_{H,tr}$ )*

Noti i coefficienti di scambio termico, è possibile calcolare le perdite termiche per trasmissione mediante la relazione:

$$Q_{H,tr} = H_{tr,adj} \times (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \times t + \left[ \sum_k F_{r,k} \Phi_{r,mn,k} \right] \times t \quad (13)$$

nella quale

$H_{tr,adj}$  [W/K] è il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione della zona considerata, corretto perché tiene conto della differenza di temperatura interno-esterno, pari a

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + U_u + H_A \quad (14)$$

$\theta_{int,set,H}$  [°C] è la temperatura interna di regolazione per il riscaldamento della zona considerata;

$\theta_e$  [°C] è la temperatura media mensile dell'ambiente esterno (23);

$F_{r,k}$  [adim] è il fattore di forma tra il k-esimo componente edilizio e la volta celeste;

$\Phi_{r,mn,k}$  [W] è l'extra flusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste dal k-esimo componente edilizio, mediato sul tempo;

$t$  [Ms] è la durata del mese considerato (24).

Il calcolo dell'extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste è effettuato secondo quanto riportato nei punti 11.3.5 e 11.4.6 della UNI EN ISO 13790:2008 (25), adottando le seguenti ipotesi:

- la differenza tra la temperatura dell'aria esterna e la temperatura apparente del cielo  $\Delta\theta_{er} = 11$  K;
- il coefficiente di scambio termico esterno per irraggiamento  $h_r = 5\varepsilon$  [W/(m<sup>2</sup>K)] (26);

(23) Si vedano i valori richiamati nella nota (4).

(24) Nel prospetto 1 della UNI/TS vengono infatti indicati, quale unità di misura del tempo  $t$ , i "mega secondi" pari a 10<sup>6</sup> secondi; è un'unità di misura inusuale, ma risulta comoda per via del fatto che occorre utilizzare i secondi, ma si considerano durate mensili; ad esempio, per i mesi di durata pari a 30 giorni:

$$t = 60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 30 = 2592000s = 2.592 \cdot 10^6s = 2.592Ms.$$

(25) La specifica tecnica, da questo punto di vista, si differenzia rispetto alla UNI EN ISO 13790:2008 perché 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.

(26) Con  $\varepsilon$  tipicamente pari a 0,9 per i materiali da costruzione e a 0,837 per i vetri senza depositi superficiali.

– il fattore di forma  $F_{r,k}$  è pari a

$$F_{r,k} = F_{sh,ob,dif} (1 + \cos S)/2 \quad (15)$$

dove:

$S$  [°] è l'angolo d'inclinazione del componente sull'orizzonte;  
 $F_{sh,ob,dif}$  [adim] è il fattore di riduzione per ombreggiatura relativo alla sola radiazione diffusa, unitario in assenza di ombreggiature da elementi esterni.

### 1.2.5. Le perdite termiche per ventilazione ( $Q_{H,ve}$ )

La formula per il calcolo delle perdite termiche per ventilazione è:

$$Q_{H,ve} = H_{ve,adj} \times (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \times t \quad (16)$$

dove:

$H_{ve,adj}$  [W/K] è il coefficiente di scambio termico per ventilazione della zona termica oggetto di calcolo, corretto per tener conto della differenza di temperatura interno-esterno e pari al seguente prodotto:

$$H_{ve,adj} = \rho_a c_a \times \left\{ \sum_k \times b_{ve,k} \times q_{ve,k,mm} \right\} \quad (17)$$

dove:

$\rho_a c_a$  [W·s/m<sup>3</sup>K] è la capacità termica volumica dell'aria pari a 1200 W·s/m<sup>3</sup>K;

$b_{ve,k}$  [adim] è il fattore correttivo della temperatura per il k-esimo flusso d'aria considerato ( $\neq 1$  se la temperatura di mandata non è pari alla temperatura esterna, come nel caso di preriscaldamento o di recupero termico dell'aria di ventilazione);

$q_{ve,k,mm}$  [m<sup>3</sup>/s] è la portata mediata sul tempo del k-esimo flusso d'aria (è mediata per tener conto di ricambi d'aria discontinui o modulanti, ma nel caso in cui la portata d'aria sia costante, essa coincide con il valor medio);

$\theta_{int,set,H}$  [°C] è la temperatura interna di regolazione per il riscaldamento della zona considerata;

$\theta_c$  [°C] è la temperatura media mensile dell'ambiente esterno;  
 $t$  [Ms] è la durata del mese considerato <sup>(27)</sup>.

### 1.2.6. Gli apporti termici gratuiti ( $Q_{gn}$ )

Per ogni zona termica dell'edificio oggetto di calcolo, occorre a questo punto quantificare, sempre su base mensile, gli apporti termici gratuiti ( $Q_{gn}$ ) legati all'ingresso della radiazione solare ( $Q_{sol}$ ) e alla produzione di calore data dalle sorgenti di energia termica interne alla stessa zona riscaldata ( $Q_{int}$ ) e dunque pari a:

$$Q_{gn} = Q_{sol} + Q_{int} \quad (18)$$

Entrambe le due tipologie di apporto gratuito sono date dalla somma tra il flusso di calore entrante (nel caso di  $Q_{sol}$ ) o generato (nel caso di  $Q_{int}$ ) all'interno degli ambienti della zona oggetto di calcolo e la quota parte di calore entrante/generata negli eventuali locali non climatizzati adiacenti (opportunamente corretta mediante il fattore riduttivo  $b_{tr,l}$ ).

#### 1.2.6.1. Gli apporti termici solari ( $Q_{sol}$ )

Nel calcolo del fabbisogno di energia termica di un edificio, occorre considerare l'effetto degli apporti solari sugli ambienti climatizzati. Questi sono dovuti all'ingresso della radiazione termica negli ambienti attraverso le superfici opache, trasparenti o anche attraverso ambienti non climatizzati adiacenti (quali, ad esempio le serre).

Per quantificare gli apporti solari, occorre prima determinare il  $k$ -esimo flusso termico di origine solare,  $\Phi_{sol,k}$  espresso in W, mediante la seguente formula:

$$\Phi_{sol,k} = F_{sh,ob,k} A_{sol,k} I_{sol,k} \quad (19)$$

---

<sup>(27)</sup> Si veda nota <sup>(23)</sup>.

dove:

- $F_{sh,ob,k}$  [adim] è il fattore di riduzione per ombreggiatura legato alla presenza di elementi esterni, la cui presenza comporta una riduzione della radiazione solare incidente;
- $A_{sol,k}$  [m<sup>2</sup>] è la superficie di captazione del  $k$ -esimo elemento delimitante la zona termica considerata, con dato orientamento e angolo d'inclinazione sul piano orizzontale;
- $I_{sol,k}$  [W/m<sup>2</sup>] è l'irradianza solare media mensile, sulla superficie  $k$ -esima, con dato orientamento e angolo d'inclinazione sul piano orizzontale.

Il fattore di ombreggiatura ( $F_{sh,ob,k}$ ) è dato dal prodotto dei fattori di ombreggiatura relativi ad ostruzioni esterne ( $F_{hor}$ ), ad oggetti orizzontali ( $F_{ov}$ ) e verticali ( $F_{fin}$ ). A loro volta, tali fattori dipendono da:

- clima e latitudine in cui si trova l'edificio;
- orientamento dell'elemento ombreggiato;
- periodo considerato;
- caratteristiche geometriche degli elementi ombreggianti.

La specifica tecnica a tal fine fornisce nell'appendice D tutti i valori dei coefficienti di riduzione, funzione della latitudine, dell'esposizione, del mese considerato e dell'angolo di ombreggiamento, qui riportati per i soli mesi "invernali" <sup>(28)</sup>.

---

<sup>(28)</sup> Si riportano nel seguito i valori relativi ai mesi da ottobre ad aprile poiché la stagione di riscaldamento della zona climatica più fredda (la "F") inizia il 5 di ottobre e finisce il 22 di aprile. Nel caso servisse ampliare ulteriormente la stagione di riscaldamento, utilizzare i relativi dati tabulati presentati per il caso estivo. Per angoli di ombreggiamento di 0°, per qualsiasi latitudine ed esposizione, il valore del coefficiente di ombreggiamento è pari a 1,00 con tutte e tre le tipologie di ostruzione.

Tab. 10 - Fattori di ombreggiatura relativi ad ostruzioni esterne ( $F_{hor}$ )<sup>(29)</sup>

		36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
		S	E/O	N															
OTTOBRE	10°	0,97	0,85	0,83	0,97	0,84	0,83	0,97	0,84	0,83	0,96	0,83	0,83	0,96	0,82	0,83	0,96	0,81	0,83
	20°	0,92	0,66	0,67	0,91	0,66	0,67	0,91	0,65	0,67	0,91	0,64	0,67	0,91	0,64	0,67	0,90	0,63	0,67
	30°	0,87	0,51	0,52	0,85	0,50	0,52	0,84	0,48	0,52	0,81	0,47	0,52	0,76	0,46	0,52	0,64	0,44	0,52
	40°	0,64	0,33	0,38	0,49	0,33	0,38	0,35	0,33	0,38	0,22	0,34	0,38	0,11	0,34	0,38	0,06	0,33	0,38
NOVEMBRE	10°	0,94	0,79	0,83	0,97	0,87	0,83	0,96	0,85	0,83	0,95	0,84	0,83	0,94	0,82	0,83	0,93	0,81	0,83
	20°	0,86	0,62	0,67	0,87	0,67	0,67	0,83	0,65	0,67	0,79	0,63	0,67	0,72	0,61	0,67	0,61	0,58	0,67
	30°	0,58	0,44	0,52	0,48	0,47	0,52	0,36	0,45	0,52	0,26	0,44	0,52	0,17	0,44	0,52	0,09	0,43	0,52
	40°	0,05	0,34	0,38	0,05	0,36	0,38	0,05	0,33	0,38	0,05	0,30	0,38	0,05	0,27	0,38	0,04	0,23	0,38
DICEMBRE	10°	0,95	0,84	0,83	0,93	0,83	0,83	0,92	0,81	0,83	0,90	0,80	0,83	0,87	0,76	0,83	0,84	0,71	0,83
	20°	0,80	0,65	0,67	0,76	0,63	0,67	0,68	0,60	0,67	0,57	0,58	0,67	0,46	0,55	0,67	0,35	0,51	0,67
	30°	0,33	0,45	0,52	0,23	0,44	0,52	0,14	0,44	0,52	0,08	0,44	0,52	0,05	0,40	0,52	0,04	0,35	0,52
	40°	0,05	0,34	0,38	0,05	0,30	0,38	0,04	0,27	0,38	0,04	0,23	0,38	0,04	0,22	0,38	0,03	0,21	0,38
GENNAIO	10°	0,97	0,86	0,83	0,95	0,85	0,83	0,94	0,83	0,83	0,93	0,81	0,83	0,91	0,80	0,83	0,88	0,76	0,83
	20°	0,85	0,67	0,67	0,82	0,65	0,67	0,77	0,63	0,67	0,70	0,60	0,67	0,59	0,58	0,67	0,47	0,54	0,67
	30°	0,46	0,47	0,52	0,34	0,45	0,52	0,25	0,44	0,52	0,15	0,44	0,52	0,09	0,44	0,52	0,05	0,39	0,52
	40°	0,05	0,37	0,38	0,05	0,33	0,38	0,05	0,30	0,38	0,05	0,27	0,38	0,05	0,23	0,38	0,04	0,21	0,38
FEBBRAIO	10°	0,90	0,80	0,83	0,90	0,79	0,83	0,90	0,78	0,83	0,90	0,77	0,83	0,90	0,78	0,83	0,93	0,83	0,83
	20°	0,79	0,62	0,67	0,81	0,61	0,67	0,80	0,60	0,67	0,80	0,60	0,67	0,80	0,59	0,67	0,80	0,63	0,67
	30°	0,67	0,47	0,52	0,64	0,46	0,52	0,62	0,44	0,52	0,55	0,43	0,52	0,47	0,43	0,52	0,40	0,45	0,52
	40°	0,33	0,33	0,38	0,25	0,32	0,38	0,18	0,32	0,38	0,14	0,32	0,38	0,14	0,31	0,38	0,14	0,32	0,38
MARZO	10°	0,96	0,87	0,83	0,95	0,87	0,83	0,95	0,86	0,83	0,95	0,86	0,83	0,96	0,86	0,83	0,96	0,85	0,83
	20°	0,91	0,69	0,67	0,91	0,69	0,67	0,91	0,68	0,67	0,91	0,68	0,67	0,91	0,67	0,67	0,92	0,66	0,67
	30°	0,87	0,52	0,52	0,87	0,52	0,52	0,86	0,53	0,52	0,87	0,52	0,52	0,87	0,50	0,52	0,87	0,49	0,52
	40°	0,83	0,36	0,38	0,82	0,35	0,38	0,80	0,34	0,38	0,78	0,33	0,38	0,64	0,33	0,38	0,49	0,33	0,38
APRILE	10°	0,93	0,86	0,84	0,93	0,86	0,84	0,93	0,86	0,84	0,93	0,86	0,84	0,93	0,86	0,84	0,93	0,86	0,84
	20°	0,86	0,69	0,69	0,87	0,69	0,69	0,86	0,70	0,69	0,86	0,70	0,68	0,87	0,69	0,68	0,87	0,69	0,68
	30°	0,80	0,53	0,55	0,81	0,53	0,55	0,80	0,53	0,54	0,79	0,53	0,54	0,80	0,52	0,54	0,81	0,52	0,54
	40°	0,74	0,40	0,36	0,75	0,39	0,37	0,74	0,39	0,38	0,73	0,38	0,39	0,75	0,37	0,40	0,75	0,37	0,40

<sup>(29)</sup> Rif. UNI/TS 11300-1:2008, allegato D, prospetti dal D.1 al D.12.

Tab. 11 - Fattori di ombreggiatura relativi ad aggetti orizzontali ( $F_{ov}$ ) <sup>(30)</sup>

		36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
		S	E/O	N															
OTTOBRE	30°	0,79	0,83	0,80	0,80	0,83	0,80	0,81	0,84	0,80	0,82	0,84	0,80	0,83	0,85	0,80	0,84	0,85	0,80
	45°	0,68	0,77	0,72	0,70	0,77	0,72	0,71	0,78	0,72	0,72	0,79	0,72	0,74	0,79	0,72	0,75	0,80	0,72
	60°	0,55	0,71	0,65	0,57	0,72	0,65	0,59	0,73	0,65	0,61	0,74	0,65	0,63	0,75	0,65	0,65	0,76	0,65
NOVEMBRE	30°	0,85	0,86	0,80	0,85	0,85	0,80	0,86	0,85	0,80	0,87	0,86	0,80	0,88	0,86	0,80	0,89	0,87	0,80
	45°	0,76	0,81	0,72	0,77	0,80	0,72	0,78	0,80	0,72	0,79	0,81	0,72	0,81	0,82	0,72	0,82	0,83	0,72
	60°	0,65	0,78	0,65	0,66	0,77	0,65	0,68	0,77	0,65	0,70	0,78	0,65	0,72	0,79	0,65	0,74	0,81	0,65
DICEMBRE	30°	0,86	0,85	0,80	0,87	0,86	0,80	0,88	0,87	0,80	0,89	0,87	0,80	0,90	0,88	0,80	0,91	0,90	0,80
	45°	0,78	0,81	0,72	0,80	0,82	0,72	0,81	0,83	0,72	0,83	0,84	0,72	0,84	0,85	0,72	0,86	0,87	0,72
	60°	0,68	0,78	0,65	0,70	0,79	0,65	0,72	0,80	0,65	0,74	0,81	0,65	0,77	0,82	0,65	0,79	0,85	0,65
GENNAIO	30°	0,85	0,85	0,80	0,86	0,85	0,80	0,87	0,86	0,80	0,88	0,87	0,80	0,89	0,87	0,80	0,90	0,88	0,80
	45°	0,77	0,80	0,72	0,78	0,81	0,72	0,80	0,81	0,72	0,81	0,83	0,72	0,82	0,83	0,72	0,84	0,85	0,72
	60°	0,66	0,77	0,65	0,68	0,77	0,65	0,70	0,78	0,65	0,72	0,80	0,65	0,74	0,81	0,65	0,77	0,83	0,65
FEBBRAIO	30°	0,81	0,83	0,80	0,82	0,83	0,80	0,83	0,84	0,80	0,84	0,84	0,80	0,84	0,84	0,80	0,84	0,83	0,80
	45°	0,73	0,76	0,72	0,74	0,77	0,72	0,75	0,78	0,72	0,76	0,78	0,72	0,77	0,78	0,72	0,77	0,77	0,72
	60°	0,63	0,70	0,65	0,64	0,71	0,65	0,66	0,72	0,65	0,67	0,73	0,65	0,68	0,73	0,65	0,68	0,72	0,65
MARZO	30°	0,74	0,81	0,80	0,76	0,81	0,80	0,77	0,81	0,80	0,78	0,82	0,80	0,79	0,82	0,80	0,80	0,83	0,80
	45°	0,62	0,73	0,72	0,64	0,74	0,72	0,65	0,74	0,72	0,67	0,75	0,72	0,68	0,76	0,72	0,70	0,76	0,72
	60°	0,50	0,66	0,65	0,50	0,67	0,65	0,53	0,68	0,65	0,54	0,68	0,65	0,56	0,70	0,65	0,58	0,71	0,65
APRILE	30°	0,65	0,79	0,81	0,67	0,79	0,81	0,69	0,79	0,81	0,70	0,80	0,80	0,71	0,80	0,81	0,72	0,80	0,80
	45°	0,51	0,69	0,73	0,52	0,70	0,73	0,55	0,70	0,73	0,57	0,71	0,73	0,58	0,71	0,73	0,60	0,72	0,73
	60°	0,48	0,59	0,67	0,48	0,60	0,66	0,49	0,61	0,66	0,49	0,62	0,66	0,49	0,63	0,66	0,49	0,63	0,66

<sup>(30)</sup> Rif. UNI/TS 11300-1:2008, allegato D, prospetti dal D.13 al D.24.

Tab. 12 - Fattori di ombreggiatura relativi ad aggetti verticali ( $F_{fin}$ ) <sup>(31)</sup>

		36° N latitudine			38° N latitudine			40° N latitudine			42° N latitudine			44° N latitudine			46° N latitudine		
		S	E/O	N															
OTTOBRE	30°	0,88	0,81	0,89	0,88	0,81	0,89	0,89	0,80	0,89	0,89	0,79	0,89	0,89	0,79	0,89	0,89	0,78	0,89
	45°	0,82	0,72	0,85	0,83	0,71	0,85	0,83	0,71	0,85	0,83	0,70	0,85	0,83	0,69	0,85	0,84	0,68	0,85
	60°	0,78	0,61	0,80	0,78	0,60	0,80	0,78	0,59	0,80	0,78	0,58	0,80	0,78	0,57	0,80	0,78	0,56	0,80
NOVEMBRE	30°	0,90	0,75	0,89	0,91	0,73	0,89	0,91	0,73	0,89	0,92	0,72	0,89	0,92	0,71	0,89	0,92	0,70	0,89
	45°	0,84	0,63	0,85	0,86	0,61	0,85	0,86	0,61	0,85	0,86	0,59	0,85	0,86	0,58	0,85	0,87	0,56	0,85
	60°	0,78	0,49	0,80	0,79	0,47	0,80	0,79	0,47	0,80	0,79	0,45	0,80	0,80	0,44	0,80	0,80	0,42	0,80
DICEMBRE	30°	0,92	0,71	0,89	0,92	0,70	0,89	0,92	0,70	0,89	0,92	0,69	0,89	0,92	0,68	0,89	0,92	0,66	0,89
	45°	0,87	0,59	0,85	0,87	0,57	0,85	0,87	0,56	0,85	0,87	0,55	0,85	0,87	0,53	0,85	0,87	0,50	0,85
	60°	0,80	0,44	0,80	0,80	0,42	0,80	0,80	0,41	0,80	0,80	0,40	0,80	0,80	0,38	0,80	0,80	0,34	0,80
GENNAIO	30°	0,91	0,73	0,89	0,92	0,72	0,89	0,92	0,72	0,89	0,92	0,71	0,89	0,92	0,70	0,89	0,92	0,68	0,89
	45°	0,86	0,60	0,85	0,86	0,59	0,85	0,86	0,59	0,85	0,87	0,57	0,85	0,87	0,56	0,85	0,87	0,54	0,85
	60°	0,79	0,46	0,80	0,79	0,46	0,80	0,80	0,45	0,80	0,80	0,43	0,80	0,80	0,42	0,80	0,80	0,38	0,80
FEBBRAIO	30°	0,88	0,85	0,89	0,88	0,84	0,89	0,88	0,84	0,89	0,88	0,83	0,89	0,89	0,83	0,89	0,90	0,82	0,89
	45°	0,82	0,78	0,85	0,82	0,77	0,85	0,82	0,76	0,85	0,82	0,75	0,85	0,83	0,74	0,85	0,84	0,73	0,85
	60°	0,77	0,69	0,80	0,77	0,68	0,80	0,76	0,66	0,80	0,76	0,65	0,80	0,77	0,64	0,80	0,78	0,63	0,80
MARZO	30°	0,87	0,85	0,89	0,87	0,85	0,89	0,88	0,84	0,89	0,88	0,84	0,89	0,88	0,83	0,89	0,88	0,83	0,89
	45°	0,82	0,78	0,85	0,82	0,77	0,85	0,83	0,77	0,85	0,83	0,76	0,85	0,83	0,75	0,85	0,83	0,74	0,85
	60°	0,78	0,70	0,80	0,78	0,69	0,80	0,78	0,68	0,80	0,78	0,67	0,80	0,78	0,66	0,80	0,78	0,65	0,80
APRILE	30°	0,87	0,91	0,87	0,87	0,90	0,87	0,88	0,90	0,88	0,88	0,89	0,88	0,88	0,89	0,88	0,88	0,88	0,88
	45°	0,83	0,87	0,83	0,83	0,86	0,83	0,83	0,85	0,83	0,83	0,84	0,83	0,83	0,84	0,83	0,83	0,83	0,83
	60°	0,81	0,83	0,78	0,81	0,82	0,78	0,81	0,81	0,78	0,81	0,80	0,79	0,80	0,79	0,79	0,80	0,78	0,79

<sup>(31)</sup> Rif. UNI/TS 11300-1:2008, allegato D, prospetti dal D.25 al D.36.

La superficie di captazione si determina nel seguente modo:

- nel caso di componenti dell'involucro trasparenti
- nel caso di componenti dell'involucro opache

$$A_{sol} = F_{sh,gl} g_{gl} (1 - F_F) A_{w,p} \quad (20)$$

$$A_{sol} = \alpha_{sol,c} R_{se} U_c A_c \quad (21)$$

dove:

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

$g_{gl}$  [adim] è la trasmittanza di energia solare della parte trasparente del componente trasparente;

$F_F$  [adim] è la frazione di area relativa al telaio rispetto all'area del vano finestra <sup>(32)</sup>;

$A_{w,p}$  [m<sup>2</sup>] è l'area del vano finestra.

dove:

$\alpha_{sol,c}$  [adim] è il fattore di assorbimento solare del componente opaco <sup>(33)</sup>;

$R_{se}$  [m<sup>2</sup>K/W] è la resistenza termica superficiale esterna del componente opaco, pari a  $1/h_e$  (si veda la tab. 3);

$U_c$  [W/(m<sup>2</sup>K)] è la trasmittanza termica del componente opaco;

$A_c$  [m<sup>2</sup>] è l'area proiettata del componente opaco.

L'effetto delle schermature mobili, e dunque il fattore di riduzione  $F_{sh,gl}$  può esser valutato attraverso la seguente formula

$$F_{sh,gl} = [(1 - f_{sh,with}) g_{gl} + f_{sh,with} g_{gl+sh}] / g_{gl} \quad (22)$$

dove:

$g_{gl}$  [adim] è la trasmittanza di energia solare totale della finestra, quando la schermatura solare non è utilizzata;

$g_{gl+sh}$  [adim] è la trasmittanza di energia solare totale della finestra, quando la schermatura solare è utilizzata;

$f_{sh,with}$  [adim] è la frazione di tempo in cui la schermatura solare è utilizzata, pesata sull'irraggiamento solare incidente; essa di-

<sup>(32)</sup> In assenza di informazioni precise, la UNI/TS 11300-1:2008, al punto 14.3.2 prevede di poter assumere un fattore telaio  $F_F$  pari a 0,2, che significa supporre una superficie del telaio pari al 20% della superficie del vano murario del serramento considerato.

<sup>(33)</sup> In assenza di informazioni precise, la UNI/TS 11300-1:2008, al punto 14.2 prevede di poter assumere i seguenti valori di  $\alpha_{sol,c}$ :

0,3 per colori chiari della superficie esterna;  
0,6 per colori medi della superficie esterna;  
0,9 per colori scuri della superficie esterna.

pende dal profilo dell'irradianza solare incidente sulla finestra e quindi dal clima, dalla stagione e dall'esposizione: può esser calcolato mensilmente e per ciascuna esposizione facendo il rapporto tra la somma dei valori orari di irradianza maggiori di  $300 \text{ W/m}^2$  e la somma di tutti i valori orari di irradianza del mese considerato.

La specifica tecnica, per semplificare la procedura di calcolo nelle valutazioni di progetto o standard, fornisce dei valori dei fattori di riduzione per le schermature mobili, al variare del mese e dell'esposizione (trascurando quindi implicitamente le differenze dovute al contesto climatico). Tali valori, riportati nella tabella seguente, sono ricavati dal prospetto 15 della UNI/TS 11300-1:2008.

**Tab. 13** - Valori dei fattori di riduzione per le schermature mobili  $f_{sh,with}$

Mese	Est	Sud	Ovest
Gennaio	0,52	0,81	0,39
Febbraio	0,48	0,82	0,55
Marzo	0,66	0,81	0,63
Aprile	0,71	0,74	0,62
Maggio	0,71	0,62	0,64
Giugno	0,75	0,56	0,68
Luglio	0,74	0,62	0,73
Agosto	0,75	0,76	0,72
Settembre	0,73	0,82	0,67
Ottobre	0,72	0,86	0,60
Novembre	0,62	0,84	0,30
Dicembre	0,50	0,86	0,42

Nel caso di esposizione a Nord, il fattore  $f_{sh,with}$  è da assumersi pari a zero tutto l'anno.

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 ( $g_{gl,n}$ ) per un

fattore di esposizione ( $F_w$ ) assunto pari a 0,9. I valori della trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale degli elementi vetrati possono essere determinati attraverso la UNI EN 410:2000 <sup>(34)</sup>. In assenza di dati documentati, si usa il prospetto 13 della UNI/TS 11300-1:2008, richiamato nella seguente tabella.

**Tab. 14** - Valori di trasmittanza di energia solare totale  $g_{gl,n}$  di alcuni tipi di vetro, rif. prospetto 13 della UNI/TS 11300-1:2008

Tipo di vetro	$g_{gl,n}$
Vetro singolo	0,85
Doppio vetro normale	0,75
Doppio vetro con rivestimento basso-emissivo	0,67
Tripla vetro normale	0,70
Tripla vetro con doppio rivestimento basso-emissivo	0,50
Doppia finestra	0,75

I valori di irradianza solare media mensile si possono calcolare a partire dai dati su superficie orizzontale riportati nel prospetto VIII della UNI 10349:1994 “Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici” <sup>(35)</sup>, nella quale, per il calcolo dell’irradiazione

<sup>(34)</sup> Dal titolo “Vetro per edilizia - Determinazione delle caratteristiche luminose e solari delle vetrate”.

<sup>(35)</sup> Valori riportati nella seguente tabella:

Località	Ottobre		Novembre		Dicembre		Gennaio		Febbraio		Marzo		Aprile	
	$H_h$ MJ/m <sup>2</sup>	$H_b$ MJ/m <sup>2</sup>												
Agrigento	4,3	10,3	3,5	6,6	3,0	5,2	3,4	5,4	4,2	8,3	5,3	11,6	6,2	16,0
Alessandria	4,0	4,5	2,7	2,6	2,1	2,1	2,4	2,3	3,5	4,0	5,1	6,5	6,7	9,1
Ancona	4,1	6,4	2,8	2,7	2,3	1,8	2,5	1,8	3,7	3,9	5,2	6,9	6,6	11,4
Aosta	3,9	4,8	2,6	3,5	2,1	2,7	2,4	2,9	3,4	4,6	4,9	7,2	6,7	9,0
Ascoli Piceno	4,2	6,2	3,0	3,4	2,5	2,3	2,8	2,6	3,8	4,4	5,3	7,3	6,8	10,4
L'Aquila	4,2	6,4	3,0	3,4	2,5	2,6	2,8	3,2	3,8	4,6	5,3	6,7	6,9	7,9
Arezzo	4,2	5,2	2,9	2,9	2,3	1,8	2,6	2,5	3,7	3,9	5,2	6,0	6,9	8,2
Asti	4,0	5,1	2,7	2,9	2,1	2,7	2,5	2,7	3,5	4,4	5,1	6,9	6,7	9,6
Avellino	4,3	7,7	3,2	3,8	2,6	2,3	2,9	2,5	4,0	4,4	5,5	7,2	6,8	11,3

segue nota 35

Località	Ottobre		Novembre		Dicembre		Gennaio		Febbraio		Marzo		Aprile	
	H <sub>h</sub> MJ/m <sup>2</sup>													
Bari	4,0	9,2	3,1	4,9	2,7	3,0	3,0	3,6	3,9	6,2	5,3	9,2	6,3	14,3
Bergamo	3,9	5,2	2,6	2,1	2,1	1,8	2,3	1,9	3,4	3,5	5,0	6,3	6,7	8,9
Belluno	3,8	5,3	2,5	2,3	2,0	1,9	2,3	2,0	3,4	4,1	4,9	7,0	6,7	8,6
Benevento	4,3	6,8	3,2	3,4	2,6	2,3	2,9	2,8	4,0	4,7	5,5	7,4	6,9	10,3
Bologna	4,0	5,9	2,7	2,6	2,2	1,9	2,5	2,0	3,6	4,3	5,1	7,0	6,6	10,7
Brindisi	4,1	8,9	3,2	4,7	2,7	3,2	3,0	4,0	4,0	5,3	5,4	8,7	6,6	13,0
Brescia	3,9	5,3	2,6	2,7	2,1	2,2	2,4	2,2	3,5	4,3	5,0	7,4	6,7	9,4
Bolzano	3,8	5,5	2,5	2,6	2,0	1,9	2,3	2,2	3,3	4,9	4,9	7,8	6,6	9,9
Cagliari	4,5	7,7	3,4	4,7	2,9	3,5	3,2	4,1	4,2	5,6	5,5	8,9	6,9	11,6
Campobasso	4,2	7,8	3,1	4,2	2,6	3,0	2,9	3,3	3,9	5,6	5,4	8,1	6,7	12,0
Caserta	4,0	8,9	3,1	4,7	2,6	3,3	2,9	3,9	3,9	5,8	5,3	9,2	6,6	12,8
Chieti	4,0	7,8	3,0	3,8	2,5	2,6	2,8	3,1	3,9	4,9	5,3	7,8	6,6	12,1
Caltanisseta	4,5	9,3	3,4	6,6	3,0	5,0	3,3	5,7	4,2	7,7	5,5	10,5	6,6	14,2
Cuneo	4,1	4,6	2,8	3,1	2,2	2,8	2,5	3,0	3,6	4,5	5,2	6,3	6,8	7,8
Como	3,9	5,1	2,6	2,3	2,1	1,9	2,4	2,2	3,4	3,4	5,0	6,1	6,7	8,9
Cremona	4,0	4,4	2,6	1,9	2,0	1,3	2,3	1,6	3,5	3,3	5,1	6,4	6,7	10,1
Cosenza	4,3	8,6	3,2	6,2	2,8	4,9	3,2	4,5	3,9	7,9	4,9	12,4	6,2	15,6
Catania	4,5	9,2	3,4	6,6	3,0	5,0	3,3	5,7	4,2	7,7	5,5	10,5	6,6	14,1
Catanzaro	4,5	8,0	3,5	4,4	2,9	3,6	3,2	4,1	4,1	7,1	5,7	7,1	6,9	12,0
Enna	4,5	9,4	3,4	6,7	3,0	4,9	3,3	5,6	4,2	7,7	5,5	10,6	6,5	14,6
Ferrara	3,9	6,8	2,7	2,0	2,1	1,3	2,5	2,1	3,6	4,1	5,2	5,7	6,7	10,7
Foggia	4,1	8,4	3,1	4,6	2,6	3,1	2,9	3,5	3,9	5,8	5,3	8,6	6,5	13,0
Firenze	4,0	6,9	2,9	3,2	2,3	2,3	2,6	2,7	3,7	4,5	5,2	7,0	6,7	10,7
Forlì	4,0	6,3	2,8	2,7	2,2	1,9	2,5	2,3	3,6	4,3	5,1	7,5	6,6	11,1
Frosinone	4,2	7,4	3,1	4,3	2,5	3,1	2,9	3,6	3,9	5,3	5,3	8,5	6,7	10,7
Genova	4,0	6,6	2,8	3,0	2,2	2,7	2,5	2,8	3,6	4,6	5,1	7,4	6,7	10,2
Gorizia	3,9	5,4	2,6	2,7	2,0	1,9	2,4	2,2	3,4	3,7	5,0	6,4	6,7	9,5
Grosseto	4,0	7,7	3,0	3,7	2,4	2,6	2,8	3,2	3,8	4,9	5,3	7,5	6,7	11,5
Imperia	3,9	7,7	2,8	4,1	2,3	3,3	2,6	3,4	3,6	5,4	5,1	8,2	6,5	12,0
Isernia	4,3	6,5	3,1	3,7	2,5	2,7	2,9	3,1	3,9	4,8	5,4	7,5	6,9	9,5
Crotone	4,4	8,6	3,4	5,2	2,9	3,5	3,2	4,2	4,2	6,5	5,5	9,0	6,8	12,5
Lecco	3,9	5,2	2,6	2,5	2,1	2,0	2,4	2,3	3,4	3,6	5,0	6,4	6,7	9,1
Lodi	4,0	4,2	2,6	1,8	2,0	1,2	2,3	1,4	3,5	3,1	5,1	6,2	6,7	9,7
Lecce	4,2	8,1	3,3	4,1	2,7	3,2	3,0	3,8	4,0	5,8	5,5	8,1	6,8	12,1
Livorno	4,0	7,3	2,9	3,3	2,3	2,4	2,6	2,8	3,7	4,6	5,2	7,2	6,7	11,2

segue nota 35

Località	Ottobre		Novembre		Dicembre		Gennaio		Febbraio		Marzo		Aprile	
	$H_{h_1}$ MJ/m <sup>2</sup>	$H_{h_2}$ MJ/m <sup>2</sup>												
Latina	4,0	8,7	3,1	4,7	2,6	3,3	2,9	3,8	3,9	5,7	5,2	9,2	6,6	12,9
Lucca	4,0	6,7	2,8	3,0	2,3	2,1	2,6	2,7	3,7	4,2	5,2	7,1	6,8	9,9
Macerata	4,0	7,0	2,9	3,5	2,4	2,4	2,7	2,8	3,7	4,7	5,3	7,2	6,7	10,9
Messina	4,6	8,3	3,5	5,4	3,0	3,6	3,3	3,9	4,3	6,5	5,6	9,6	6,7	13,6
Milano	3,9	4,5	2,5	1,9	2,0	1,3	2,3	1,5	3,5	3,2	5,1	6,5	6,7	9,8
Mantova	4,0	4,1	2,6	1,8	2,0	1,3	2,3	1,5	3,5	3,1	5,1	6,0	6,7	9,5
Modena	4,0	6,0	2,7	2,6	2,2	1,9	2,5	1,9	3,6	3,4	5,1	6,7	6,7	10,5
Massa-Carrara	4,0	6,4	2,8	3,0	2,3	2,4	2,6	2,7	3,6	4,7	5,1	7,5	6,7	10,2
Matera	4,4	7,2	3,2	3,8	2,7	3,1	3,0	3,3	4,0	5,7	5,5	7,6	6,8	11,6
Napoli	4,1	8,7	3,2	4,4	2,7	3,1	3,0	3,7	4,0	5,6	5,4	8,5	6,7	12,2
Novara	3,9	4,3	2,6	2,2	2,0	1,4	2,3	1,7	3,5	3,7	5,0	6,8	6,6	10,2
Nuoro	4,3	8,0	3,3	4,4	2,8	3,2	3,1	3,8	4,1	5,5	5,4	8,8	6,8	12,1
Oristano	4,3	8,3	3,3	4,5	2,8	3,3	3,1	3,9	4,1	5,8	5,4	8,9	6,8	12,0
Palermo	4,4	9,1	3,5	5,8	3,0	3,9	3,3	4,4	4,3	6,8	5,5	10,2	6,6	14,2
Piacenza	4,0	5,1	2,6	2,2	2,1	1,4	2,4	2,0	3,5	3,8	5,1	7,1	6,6	10,9
Padova	3,9	5,5	2,6	2,4	2,1	2,1	2,3	1,8	3,5	3,6	5,1	5,9	6,7	8,0
Pescara	4,1	7,4	3,0	3,7	2,5	2,4	2,8	2,9	3,9	4,7	5,3	7,5	6,6	11,9
Perugia	4,0	7,4	2,9	3,4	2,4	2,2	2,7	2,8	3,8	4,1	5,3	7,0	6,8	9,8
Pisa	4,0	7,2	2,9	3,2	2,3	2,4	2,6	2,7	3,7	4,6	5,2	7,1	6,7	11,1
Pordenone	3,9	5,5	2,5	2,2	2,0	1,9	2,3	2,2	3,4	4,1	5,0	6,4	6,7	8,3
Prato	4,1	6,2	2,8	2,9	2,3	2,1	2,6	2,5	3,7	4,1	5,2	6,3	6,8	8,8
Parma	4,0	6,0	2,7	2,5	2,1	1,6	2,4	1,9	3,6	4,1	5,0	8,0	6,5	11,8
Pesaro e Urbino	4,1	5,6	2,8	2,6	2,2	2,7	2,4	1,6	3,6	3,4	5,2	6,9	6,7	10,7
Pistoia	4,1	5,9	2,8	2,9	2,3	2,1	2,6	2,4	3,7	4,0	5,2	6,1	6,8	8,1
Pavia	4,0	4,0	2,6	1,7	2,0	1,2	2,3	1,4	3,5	3,0	5,1	6,0	6,7	9,6
Potenza	4,4	7,1	3,2	4,1	2,7	2,8	3,0	3,0	4,1	4,8	5,5	5,5	6,9	10,9
Ravenna	4,0	5,5	2,7	2,4	2,1	1,5	2,5	1,9	3,6	3,5	5,1	7,5	6,6	11,1
Reggio di Calabria	4,5	8,3	3,5	5,5	3,0	3,8	3,3	4,2	4,2	7,2	5,7	9,0	6,6	14,0
Reggio nell'Emilia	4,0	6,0	2,7	2,6	2,2	1,8	2,5	1,9	3,6	3,6	5,1	7,1	6,6	10,9
Ragusa	4,1	11,1	3,3	7,6	3,2	4,4	3,4	5,6	4,4	7,5	5,5	11,6	6,5	15,0
Rieti	4,2	6,4	3,0	3,3	2,5	2,5	2,8	3,2	3,8	4,5	5,3	6,5	6,9	7,6
Roma	4,1	8,1	3,1	4,2	2,6	2,8	2,9	3,4	3,9	5,3	5,3	8,4	6,7	12,2
Rimini	4,0	6,3	2,8	2,9	2,2	1,9	2,5	2,1	3,6	4,2	5,1	7,6	6,7	10,2
Rovigo	4,0	5,1	2,6	2,2	2,1	1,8	2,3	1,6	3,5	3,9	5,1	6,9	6,7	9,6
Salerno	4,4	6,7	3,2	3,7	2,7	2,6	3,0	3,0	4,0	4,2	5,5	6,4	7,0	8,7

solare su superfici non orizzontali, si rimanda alla procedura di calcolo della UNI 8477-1:1983 <sup>(36)</sup> e si sottolinea che applicando questa norma e considerando un coefficiente di albedo medio pari a 0,2 sono state pre-calcolate le irradiazioni solari globali giornaliere medie mensili, per ogni capoluogo di provincia e per ogni mese dell'anno, relativamente a superfici verticali orientate a sud, sud-ovest o sud-

segue nota 35

Località	Ottobre		Novembre		Dicembre		Gennaio		Febbraio		Marzo		Aprile	
	H <sub>b</sub> MJ/m <sup>2</sup>													
Siena	4,1	6,0	2,9	3,1	2,3	2,0	2,7	2,7	3,7	4,2	5,2	6,5	6,8	9,2
Sondrio	3,7	6,4	2,5	4,2	2,0	2,7	2,3	3,2	3,2	5,7	4,6	9,6	6,4	11,4
La Spezia	4,0	6,3	2,8	3,0	2,3	2,5	2,6	2,7	3,6	4,9	5,1	7,8	6,7	10,4
Siracusa	4,2	10,8	3,4	7,2	3,1	4,7	3,4	5,5	4,3	7,8	5,4	11,6	6,4	15,4
Sassari	4,1	8,5	3,2	4,3	2,7	3,1	3,0	3,8	4,0	5,8	5,4	8,8	6,7	12,3
Savona	4,0	6,3	2,8	3,4	2,3	2,7	2,6	2,9	3,6	4,7	5,1	7,4	6,7	9,9
Taranto	4,2	8,4	3,2	4,7	2,7	3,3	3,0	3,8	4,0	5,9	5,4	8,8	6,6	12,9
Teramo	4,2	6,6	3,0	3,6	2,5	2,5	2,8	2,8	3,8	4,6	5,3	7,2	6,8	10,7
Trento	3,8	5,6	2,6	2,9	2,0	2,1	2,3	2,6	3,4	5,0	4,7	9,0	6,5	11,2
Torino	4,0	5,3	2,7	2,8	2,1	2,6	2,5	2,5	3,5	4,3	5,0	7,2	6,6	10,4
Trapani	4,2	10,3	3,4	6,5	3,0	4,4	3,3	5,2	4,2	7,2	5,4	11,0	6,4	15,1
Terni	4,2	6,6	3,0	3,6	2,4	2,3	2,8	2,9	3,8	4,3	5,3	7,2	6,9	8,4
Trieste	3,9	5,7	2,6	2,5	2,1	1,8	2,4	1,9	3,5	3,7	5,0	6,1	6,7	8,9
Treviso	3,9	5,7	2,5	2,3	2,0	1,9	2,3	2,2	3,4	4,5	5,0	7,1	6,7	9,2
Udine	3,8	5,6	2,6	2,4	2,0	2,0	2,3	2,1	3,4	3,6	5,0	5,9	6,7	8,6
Varese	3,9	5,1	2,6	3,0	2,1	2,6	2,4	2,6	3,4	3,9	5,0	6,4	6,7	8,7
Verbania	3,9	5,2	2,6	3,3	2,1	2,6	2,4	2,8	3,4	4,0	5,0	6,4	6,6	10,3
Vercelli	4,0	4,4	2,6	2,2	2,0	1,5	2,4	1,8	3,5	3,6	5,1	6,7	6,6	10,1
Venezia	3,9	5,9	2,6	2,7	2,1	2,0	2,4	2,1	3,5	4,6	5,0	7,5	6,6	10,3
Vicenza	3,8	5,5	2,5	2,9	2,0	2,4	2,3	2,3	3,4	4,0	5,0	6,8	6,6	8,7
Verona	3,9	5,5	2,6	2,4	2,1	2,1	2,3	1,8	3,5	3,6	5,1	5,9	6,7	8,0
Viterbo	4,1	7,2	3,0	3,9	2,4	2,6	2,8	3,1	3,8	4,7	5,3	7,6	6,8	9,4

<sup>(36)</sup> Norma tecnica dal titolo "Energia solare. Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia. Valutazione dell'energia raggiante ricevuta", che è stata però ritirata senza sostituzione nel 2007. La parte 2, del 1985, è relativa alla "valutazione degli apporti ottenibili mediante sistemi attivi o passivi" ed è ancora in vigore.

est, est od ovest, nord-ovest o nord-est, nord, riportate rispettivamente nei prospetti IX, X, XI, XII, XIII della UNI 10349:1994.

A questo punto è dunque possibile determinare l'energia termica gratuita per irraggiamento solare, mediante la relazione seguente:

$$Q_{sol} = \left[ \sum_k \Phi_{sol,mm,k} \right] \times t + \left[ \sum_l (1 - b_{tr,l}) \Phi_{sol,mm,u,l} \right] \times t \quad (23)$$

dove:

- $\Phi_{sol,mm,k}$  [W] è il flusso termico prodotto dalla  $k$ -esimo di origine solare, mediato sul tempo;
- $b_{tr,l}$  [adim] è il fattore di riduzione per l'ambiente non climatizzato avente il flusso termico  $l$ -esimo di origine solare;
- $\Phi_{sol,mm,u,l}$  [W] è il flusso termico prodotto dall' $l$ -esimo flusso termico solare nell'ambiente non climatizzato adiacente, mediato sul tempo;
- $t$  [s] è la durata del mese o della frazione di mese considerati.

#### 1.2.6.2. Gli apporti termici interni ( $Q_{int}$ )

Nel calcolo della prestazione energetica di un edificio, occorre considerare che oltre all'energia termica legata all'impianto di riscaldamento e all'ingresso della radiazione solare, vi sono sorgenti di calore interne all'edificio: gli occupanti, l'acqua sanitaria reflua, le apparecchiature elettriche, i corpi illuminanti e i dispositivi per la cottura cibi. Per tale motivo, le norme tecniche forniscono delle procedure per la stima di tali apporti energetici.

La specifica tecnica al punto 13 fornisce dei valori tabulati da utilizzarsi per le valutazioni di progetto o standard (quelle dunque da utilizzarsi ai fini della certificazione energetica), che contemplano però tutte le destinazioni d'uso eccetto il residenziale.

**Tab. 15** - *Apporti interni medi per tutte le destinazioni d'uso eccetto che per il residenziale*

Categoria edificio	Destinazione d'uso	Apporti medi globali [W/m <sup>2</sup> ]
E.1 (3)	Edifici adibiti ad albergo, pensione ed attività similari	6
E.2	Edifici adibiti a uffici e assimilabili	6
E.3	Edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cura e assimilabili	8
E.4 (1)	Cinema e teatri, sale di riunione per congressi	8
E.4 (2)	Mostre, musei e biblioteche, luoghi di culto	8
E.4 (3)	Bar, ristoranti, sale da ballo	10
E.5	Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili	8
E.6 (1)	Piscine, saune e assimilabili	10
E.6 (2)	Palestre e assimilabili	5
E.6 (3)	Servizi di supporto alle attività sportive	4
E.7	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili	4
E.8	Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili	6

Nel caso di edifici residenziali <sup>(37)</sup>, invece, occorre procedere analiticamente, sulla base della superficie utile di pavimento ( $A_f$ ):

- se  $A_f > 170 \text{ m}^2$ , gli apporti medi globali ( $\Phi_{int}$ ) sono pari a 450 W;
- se  $A_f \leq 170 \text{ m}^2$ , gli apporti medi globali, espressi in Watt, sono calcolabili con la seguente formula

$$\Phi_{int} = 5,294 A_f - 0,01557 A_f^2 \quad (24)$$

La specifica tecnica permette inoltre di valutare gli apporti gratuiti anche adattandoli all'utenza, in modo da rendere il calcolo uti-

---

<sup>(37)</sup> Quindi nel caso di classi (così come previste dall'art. 3 del d.P.R. 412/1993):

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.

le per fini diversi da quello della certificazione energetica possono essere utilizzati dati diversi a seconda dello scopo del calcolo.

Vengono a tal fine forniti valori tipici degli apporti interni medi per diverse destinazioni d'uso, applicabili sia in condizioni invernali che estive, distinguendoli tra:

- apporti globali, somma degli apporti derivanti da occupanti, acque sanitarie reflue, apparecchiature elettriche, di illuminazione e di cottura, per i quali la specifica tecnica fornisce i valori riportati nella seguente tabella;

**Tab. 16** - Valori orari degli apporti termici dovuti ad occupanti ( $\Phi_{int,Oc}$ ) e apparecchiature ( $\Phi_{int,A}$ ), rif. prospetti 9 e 10 della UNI/TS 11300:2008

Giorni	Orario	$(\Phi_{int,Oc} + \Phi_{int,A})/A_f$ [W/m <sup>2</sup> ]			
		Edifici ad uso residenziale		Edifici adibiti ad uffici	
		Locali zona giorno	Locali zona notte	Ambienti ufficio	Altri ambienti
Lun.-Ven.	07.00-17.00	8	1	20	8
	17.00-23.00	20	1	2	1
	23.00-07.00	2	6	2	1
Sab.-Dom.	07.00-17.00	8	2	2	1
	17.00-23.00	20	4	2	1
	23.00-07.00	2	6	2	1
<b>Valore medio</b>		<b>9</b>	<b>3</b>	<b>7,4</b>	<b>3,1</b>

- apporti dovuti alla presenza degli occupanti ( $\Phi_{int,Oc}$ ), che nel caso di edifici non residenziali sono assunti pari ai valori riportati nella seguente tabella;

**Tab. 17** – Valori medi giornalieri degli apporti termici dovuti agli occupanti ( $\Phi_{int,oc}$ ) per edifici non residenziali, rif. prospetto 11 della UNI/TS 11300:2008

Classe di densità di occupazione	Densità di occupazione <sup>(38)</sup>	Fattore di simultaneità	$\Phi_{int,oc} / A_f$ [W/m <sup>2</sup> ]
I	1,0	0,15	15
II	2,5	0,25	10
III	5,5	0,27	5
IV	14	0,42	3
V	20	0,40	2

- apporti legati alle perdite termiche delle apparecchiature, che nel caso di edifici non residenziali sono indicati pari ai valori riportati nella seguente tabella;

**Tab. 18** - Valori medi giornalieri degli apporti termici dovuti alle apparecchiature ( $\Phi_{int,A}$ ) per edifici non residenziali, rif. prospetto 12 della UNI/TS 11300:2008

Categoria di edificio	Simultaneità $f_A$ considerata	$\Phi_{int,A} / A_f$ [W/m <sup>2</sup> ]
Uffici	0,20	3
Attività scolastiche	0,15	1
Cura della salute, attività clinica	0,50	4
Cura della salute, attività non clinica	0,20	3
Servizi di approvvigionamento	0,25	3
Esercizi commerciali	0,25	3
Luoghi di riunione	0,20	1
Alberghi e pensioni	0,50	2
Penitenziari	0,50	2
Attività sportive	0,25	1

<sup>(38)</sup> Rapporto tra la superficie utile ( $A_f$ ) ed il numero degli occupanti.

Da ultimo, la specifica tecnica prende in considerazione gli apporti termici interni di:

- ambienti non climatizzati, per i quali prevede la possibilità di trascurarli, a meno di informazioni precise sulla loro rilevanza;
- ambienti climatizzati nel caso di mancanza di informazioni sull'area netta di pavimento ( $A_p$ ), per i quali prevede la stima dell'area netta, moltiplicando l'area lorda climatizzata per un fattore  $f_n$  pari a:

$$f_n = 0,9761 - 0,3055 \cdot d_m \quad (25)$$

dove:

$d_m$  [m] è lo spessore medio delle pareti esterne.

Nota il flusso termico gratuito  $\Phi_{int}$  [W] dovuto alla presenza di persone ed apparecchiature interne alla zona termica oggetto di valutazione, è possibile calcolare l'apporto termico interno  $Q_{int}$  [Ws], ovvero l'energia termica che il flusso comporta nel periodo di tempo considerato, mediante la seguente relazione:

$$Q_{int} = \left[ \sum_k \Phi_{int,mn,k} \right] \times t + \left[ \sum_l (1 - b_{tr,l}) \Phi_{int,mn,u,l} \right] \times t \quad (26)$$

dove:

$b_{tr,l}$  [adim] è il fattore di riduzione per l'ambiente non climatizzato avente la sorgente di calore interna  $l$ -esima;

$\Phi_{int,mn,k}$  [W] è il flusso termico prodotto dalla  $k$ -esima sorgente di calore interna, mediato sul tempo;

$\Phi_{int,mn,u,l}$  [W] è il flusso termico prodotto dalla  $l$ -esima sorgente di calore interna nell'ambiente non climatizzato adiacente, mediato sul tempo;

$t$  [s] è la durata del mese o della frazione di mese considerati.

### 1.2.7. Il calcolo del fabbisogno di energia termica per il riscaldamento ( $Q_{H,nd}$ )

Il fabbisogno netto di energia per il riscaldamento dell'edificio si calcola su base mensile, come differenza tra le perdite per scambio

termico attraverso l'involucro dell'edificio ( $Q_{H,ht}$ ) e gli apporti termici gratuiti ( $Q_{gn}$ ), moltiplicati per il relativo fattore di utilizzazione ( $\eta_{H,gn}$ ):

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \times Q_{gn} \quad (27)$$

dove:

$Q_{H,nd}$  [Ws] è il fabbisogno netto di energia dell'edificio per riscaldamento;

$Q_{H,ht}$  [Ws] è lo scambio termico totale nel caso di riscaldamento;

$\eta_{H,gn}$  [adim] è il fattore di utilizzazione degli apporti termici;

$Q_{gn}$  [Ws] sono gli apporti termici totali.

Le perdite per scambio termico attraverso l'involucro sono date dalla somma delle perdite per trasmissione ( $Q_{H,tr}$ ) e di quelle per ventilazione ( $Q_{H,ve}$ ):

$$Q_{H,tr} = Q_{H,tr} + Q_{H,ve} \quad (28)$$

A loro volta gli scambi termici  $Q_{H,tr}$  e  $Q_{H,ve}$  si calcolano per ogni zona dell'edificio e per ogni mese con le seguenti formule:

$$Q_{H,tr} = H_{tr,adj} \times (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \times t + \left[ \sum_k F_{rt,k} \Phi_{r,mn,k} \right] \times t \quad (29)$$

$$Q_{H,ve} = H_{ve,adj} \times (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \times t \quad (30)$$

dove:

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

$H_{ve,adj}$  [W/K] è il coefficiente globale di scambio termico per ventilazione della zona considerata, corretto per tener conto della differenza di temperatura interno-esterno;

$\theta_{int,set,H}$  [°C] è la temperatura interna di regolazione per il riscaldamento della zona considerata;

$\theta_e$  [°C] è la temperatura esterna media del mese o della frazione di mese considerati;

$t$	[s] è la durata del mese o della frazione di mese considerati;
$F_{r,k}$	[adim] è il fattore di forma tra il componente edilizio $k$ -esimo e la volta celeste;
$\Phi_{r,mn,k}$	[W] è l'extra flusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste del $k$ -esimo componente edilizio, mediato sul tempo.

Tornando alla relazione (27), occorre a questo punto calcolare gli apporti termici gratuiti, dati dalla somma tra gli apporti termici interni ( $Q_{int}$ ) e quelli solari ( $Q_{sol}$ ):

$$Q_{gn} = Q_{int} + Q_{sol} \quad (31)$$

Il bilancio energetico dell'equazione (27) può essere dunque espresso in forma estesa con la seguente relazione:

$$Q_{H,nd} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn} \times (Q_{int} + Q_{sol}) \quad (32)$$

Il fattore di utilizzazione cui moltiplicare gli apporti gratuiti si calcola nel seguente modo:

$$\text{se } \gamma_H > 0 \text{ e } \gamma_H \neq 1: \quad \eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{a_H + 1}} \quad (33)$$

$$\text{se } \gamma_H = 1: \quad \eta_{H,gn} = \frac{a_H}{a_H + 1} \quad (34)$$

dove:

$\gamma_H$  [adim] si calcola come rapporto tra  $Q_{gn}$  e  $Q_{H,ht}$

$$a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}}$$

$\tau$  [h] è la costante di tempo termica della zona termica, calcolata come rapporto tra la capacità termica interna della zona termica considerata ( $C_m$ ) e il suo coefficiente globale di scambio termico, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno.

Essendo il periodo di calcolo mensile si può assumere  $a_{H,0} = 1$  e  $\tau_{H,0} = 15$  h.

### 1.3. Caso estivo

#### 1.3.1. Condizioni climatiche interne ed esterne da assumere

Le temperature interne da assumere per il calcolo del fabbisogno di energia per il raffrescamento o la climatizzazione estiva variano a seconda della destinazione d'uso dell'edificio, così come indicato nella seguente tabella:

Categoria dell'edificio	Temperatura interna da assumere [°C]
E.6(1)	28
E.6(2)	24
Per tutte le altre categorie	26
Per tutti gli ambienti adiacenti	26

Per calcoli aventi scopi differenti da quello standard la temperatura interna può essere considerata costante per l'intero periodo di funzionamento oppure può essere specificata e giustificata una variazione di tale parametro in relazione ai profili di utilizzo dell'edificio. Il tipo di valutazione ed i parametri utilizzati devono essere specificati con evidenza nel rapporto di calcolo.

Per le temperature esterne, si assumono invece i dati riportati nella UNI 10349:1994 <sup>(39)</sup>.

<sup>(39)</sup> Si vedano i valori tabulati già parzialmente riportati, per i mesi da ottobre ad aprile, nella precedente nota <sup>(4)</sup>; i mesi da maggio a settembre sono, invece, richiamati nella seguente tabella.

Prov.	Località	Mag. [°C]	Giù. [°C]	Lug. [°C]	Ago. [°C]	Set. [°C]
AG	Agrigento	19,4	24,1	26,9	26,5	24,0
AL	Alessandria	17,3	22,0	24,7	23,6	19,9
AN	Ancona	17,0	21,8	24,4	24,1	21,3
AO	Aosta	14,7	18,7	20,5	19,4	15,9
AP	Ascoli Piceno	17,2	21,7	24,4	24,3	21,1
AQ	L'Aquila	15,0	19,1	22,0	21,8	18,6
AR	Arezzo	16,4	20,9	24,0	23,4	20,3
AT	Asti	17,0	21,6	24,2	22,9	18,9

Prov.	Località	Mag. [°C]	Giù. [°C]	Lug. [°C]	Ago. [°C]	Set. [°C]
AV	Avellino	16,0	20,3	23,1	22,6	19,6
BA	Bari	18,0	22,3	24,7	24,5	22,0
BG	Bergamo	17,0	21,3	23,7	23,2	19,9
BL	Belluno	14,9	18,9	21,2	20,8	17,7
BN	Benevento	17,5	22,1	24,8	24,3	21,4
BO	Bologna	18,2	22,9	25,4	24,9	21,2
BR	Brindisi	18,0	22,0	24,5	24,5	22,1
BS	Brescia	17,7	22,0	24,4	23,7	19,9

segue nota 39

Prov.	Località	Mag. [°C]	Giù. [°C]	Lug. [°C]	Ago. [°C]	Set. [°C]
BZ	Bolzano	16,9	21,0	22,7	22,0	18,8
CA	Cagliari	18,4	22,9	25,5	25,5	23,3
CB	Campobasso	14,8	19,6	22,5	22,2	18,9
CE	Caserta	19,1	23,5	26,2	26,1	23,0
CH	Chieti	17,2	22,0	24,7	24,3	21,2
CL	Caltanissetta	17,3	22,5	25,7	25,2	22,1
CN	Cuneo	14,8	19,4	21,9	21,0	17,7
CO	Como	16,7	21,1	23,6	23,1	19,6
CR	Cremona	17,4	21,9	24,3	23,4	19,7
CS	Cosenza	18,1	23,1	26,0	25,8	22,7
CT	Catania	19,1	23,5	26,5	26,5	24,1
CZ	Catanzaro	17,0	21,7	24,4	24,8	22,3
EN	Enna	14,9	20,6	23,9	23,2	19,9
FE	Ferrara	17,3	21,6	23,9	23,5	20,1
FG	Foggia	17,9	23,2	26,0	25,5	22,1
FI	Firenze	17,8	22,2	25,0	24,3	20,9
FC	Forlì e Casena	17,8	22,6	25,3	24,8	21,1
FR	Frosinone	15,2	18,5	21,5	20,9	18,8
GE	Genova	17,8	21,9	24,5	24,6	22,3
GO	Gorizia	16,7	19,9	22,0	22,2	18,6
GR	Grosseto	17,1	21,2	24,1	23,9	21,3
IM	Imperia	17,9	21,7	24,5	24,1	21,8
IS	Isernia	15,5	20,1	23,1	22,8	19,7
KR	Crotone	18,4	22,9	26,2	26,0	23,5
LC	Lecco	16,0	20,1	22,6	22,1	19,2
LD	Lodi	17,8	22,5	24,5	23,4	19,6
LE	Lecce	18,9	23,4	26,1	25,9	23,0
LI	Livorno	17,3	21,8	24,4	24,1	21,5
LT	Latina	16,9	20,9	23,7	23,8	21,5
LU	Lucca	17,1	21,2	23,8	23,6	20,9
MC	Macerata	16,3	20,7	23,5	23,2	19,9
ME	Messina	19,2	23,5	26,4	26,5	24,2
MI	Milano	17,9	22,5	25,1	24,1	20,4
MN	Mantova	17,4	22,0	24,3	23,6	20,0
MO	Modena	17,2	21,8	24,3	23,8	20,1

Prov.	Località	Mag. [°C]	Giù. [°C]	Lug. [°C]	Ago. [°C]	Set. [°C]
MS	Massa-Carrara	16,9	21,2	23,7	23,3	20,6
MT	Matera	18,5	23,6	26,7	26,2	22,9
NA	Napoli	19,5	24,1	26,7	26,5	23,8
NO	Novara	17,4	21,8	24,3	23,3	19,2
NU	Nuoro	15,7	21,1	24,3	24,1	20,9
OR	Oristano	17,4	21,4	23,5	24,1	22,6
PA	Palermo	18,8	22,7	25,5	25,4	23,6
PC	Piacenza	16,3	20,7	23,2	22,3	18,9
PD	Padova	17,1	21,3	23,6	23,1	19,7
PE	Pescara	18,5	22,7	25,4	25,0	22,0
PG	Perugia	15,4	20,1	23,1	22,7	19,6
PI	Pisa	17,2	21,1	23,5	23,5	20,9
PN	Pordenone	15,7	18,4	21,5	21,2	18,3
PO	Prato	18,0	22,3	25,0	24,7	21,6
PR	Parma	17,6	22,2	24,7	24,0	20,2
PT	Pistoia	17,2	21,3	24,1	23,6	20,9
PU	Pesaro e Urbino	16,2	20,6	23,2	22,7	19,7
PV	Pavia	17,1	21,3	23,5	22,7	19,3
PZ	Potenza	14,7	19,1	21,9	21,9	18,9
RA	Ravenna	16,4	20,9	23,4	22,9	19,7
RC	Reggio di Calabria	18,7	23,0	25,7	26,1	23,8
RE	Reggio nell'Emilia	16,9	21,2	23,8	22,9	19,6
RG	Ragusa	18,5	23,6	26,6	26,4	23,2
RI	Rieti	15,2	18,8	21,8	21,7	18,9
RM	Roma	18,5	22,9	25,7	25,3	22,4
RN	Rimini	16,5	20,8	23,4	22,7	19,9
RO	Rovigo	17,6	22,0	24,5	23,8	20,1
SA	Salerno	20,1	23,9	26,5	26,6	24,1
SI	Siena	16,3	21,0	24,0	23,7	20,2
SO	Sondrio	16,0	20,0	22,3	21,4	18,1
SP	La Spezia	16,7	20,9	23,8	23,7	21,2
SR	Siracusa	18,7	23,0	26,2	26,4	23,9
SS	Sassari	16,8	21,4	24,0	24,5	22,1
SV	Savona	18,1	22,2	24,9	24,6	21,9
TA	Taranto	18,5	23,0	25,9	25,8	23,0

Lo stesso vale per le irradianze medie mensili <sup>(40)</sup>.

segue nota 39

Prov.	Località	Mag. [°C]	Giù. [°C]	Lug. [°C]	Ago. [°C]	Set. [°C]
TE	Teramo	16,8	21,4	24,0	23,6	20,4
TN	Trento	20,0	24,0	26,3	25,5	22,3
TO	Torino	16,7	21,1	23,3	22,6	18,8
TP	Trapani	19,2	23,3	25,8	26,2	24,0
TR	Terni	17,6	22,3	24,7	24,3	21,1
TS	Trieste	17,7	21,9	24,2	24,0	20,7
TV	Treviso	17,1	21,6	23,8	23,2	19,8
UD	Udine	17,3	21,1	23,3	23,1	19,8

Prov.	Località	Mag. [°C]	Giù. [°C]	Lug. [°C]	Ago. [°C]	Set. [°C]
VA	Varese	14,0	17,7	20,5	19,6	16,4
VB	Verbania	16,6	20,8	23,3	22,6	19,3
VC	Vercelli	17,2	21,7	23,8	22,8	18,7
VE	Venezia	17,3	21,3	23,6	23,4	20,4
VI	Vicenza	17,0	21,3	23,6	23,0	19,6
VR	Verona	17,4	21,7	23,8	23,6	20,2
VT	Viterbo	16,9	21,8	24,8	24,0	20,7

(40)

Località	Maggio		Giugno		Luglio		Agosto		Settembre	
	$H_h$ MJ/m <sup>2</sup>									
Agrigento	6,3	20,6	6,0	23,5	5,4	24,2	4,8	22,2	4,9	16,0
Alessandria	7,9	10,6	8,4	12,1	7,7	14,9	7,0	11,0	5,6	7,8
Ancona	7,4	15,7	7,9	16,2	6,9	19,1	6,4	15,6	5,4	10,6
Aosta	7,9	10,3	8,4	11,5	8,0	13,0	7,1	10,4	5,6	7,6
Ascoli Piceno	7,8	13,0	8,0	15,7	7,1	18,5	6,3	16,0	5,5	10,8
L'Aquila	8,0	11,3	8,4	12,7	7,7	15,9	7,0	13,1	5,7	10,0
Arezzo	8,0	11,2	8,2	14,0	7,7	15,4	7,0	12,2	5,6	9,3
Asti	7,9	10,7	8,4	12,2	7,8	14,7	7,1	10,7	5,6	7,5
Avellino	7,6	14,7	7,8	16,9	6,6	20,3	6,0	17,9	5,4	12,3
Bari	6,8	18,5	6,7	21,3	5,9	22,7	5,4	19,8	5,0	14,0
Bergamo	7,9	11,2	8,4	12,2	7,8	14,6	6,9	11,9	5,5	8,5
Belluno	7,9	11,4	8,4	12,1	7,9	14,0	7,0	10,8	5,5	8,4
Benevento	7,8	13,1	7,8	16,8	6,8	19,6	6,3	16,6	5,7	10,7
Bologna	7,7	13,3	8,0	15,6	7,1	18,5	6,6	14,4	5,4	10,0
Brindisi	7,4	16,1	7,1	19,9	6,4	21,0	6,0	17,9	5,3	13,1
Brescia	7,8	12,6	8,2	14,3	7,4	17,0	6,7	13,5	5,4	9,3
Bolzano	7,8	12,5	8,4	12,9	7,8	14,7	6,9	11,6	5,4	8,8
Cagliari	7,6	14,9	7,7	17,3	6,5	20,8	6,2	17,7	5,7	11,9
Campobasso	7,4	16,1	7,6	17,7	6,9	19,6	6,2	16,9	5,4	12,0

segue nota 40

Località	Maggio		Giugno		Luglio		Agosto		Settembre	
	H <sub>h</sub> MJ/m <sup>2</sup>									
Caserta	7,3	16,5	7,0	20,1	6,2	21,6	5,9	18,3	5,2	13,1
Chieti	7,3	16,0	7,8	17,0	6,8	19,6	6,4	16,1	5,3	11,8
Caltanisseta	6,9	18,6	6,6	21,6	6,1	22,1	5,6	19,8	5,4	14,1
Cuneo	8,0	8,4	8,5	10,1	8,1	12,2	7,2	8,8	5,7	6,7
Como	7,9	10,2	8,4	12,1	7,9	14,2	7,0	11,0	5,6	7,5
Cremona	7,8	12,7	8,0	15,8	7,2	17,8	6,7	13,5	5,5	8,8
Cosenza	6,8	18,9	6,0	23,6	5,8	23,1	5,2	20,8	4,9	15,1
Catania	6,9	18,6	6,6	21,6	6,1	22,1	5,6	19,8	5,4	14,1
Catanzaro	7,5	15,6	7,1	19,8	6,5	20,9	5,6	19,6	5,9	10,9
Enna	6,8	18,9	6,5	22,1	6,0	22,6	5,4	20,5	5,3	14,5
Ferrara	7,7	13,4	8,2	14,2	7,5	16,4	7,0	12,2	5,4	10,2
Foggia	7,3	16,5	7,5	18,2	6,8	19,8	6,2	17,0	5,3	12,5
Firenze	7,6	14,3	7,9	16,2	7,0	18,6	6,5	15,2	5,3	11,0
Forlì	7,5	14,7	7,7	17,6	6,7	19,9	6,3	15,9	5,2	11,4
Frosinone	7,7	13,2	7,6	17,0	6,9	19,0	6,4	15,9	5,4	11,8
Genova	7,8	12,8	8,2	14,5	7,4	17,4	6,8	13,7	5,5	9,9
Gorizia	7,9	11,7	8,3	13,1	7,7	15,3	6,7	13,4	5,5	9,1
Grosseto	7,4	15,9	7,6	17,9	6,6	20,5	6,1	17,2	5,4	11,6
Imperia	7,6	14,5	7,8	16,9	6,8	19,6	6,5	15,2	5,3	11,2
Isernia	7,9	11,8	8,0	15,3	7,2	18,0	6,6	15,1	5,6	10,6
Crotone	7,4	16,1	7,4	18,7	6,8	19,8	6,0	18,3	5,6	12,3
Lecco	7,9	10,5	8,4	12,3	7,9	14,2	7,0	11,2	5,6	7,8
Lodi	7,8	12,2	8,1	14,9	7,4	17,1	6,8	12,8	5,6	8,2
Lecce	7,3	16,3	7,4	18,7	6,5	20,7	6,0	18,0	5,4	12,5
Livorno	7,5	15,0	7,9	16,7	6,9	19,3	6,4	15,9	5,3	11,3
Latina	7,2	16,6	7,0	20,0	6,2	21,7	5,9	18,1	5,2	13,1
Lucca	7,9	12,4	8,2	14,5	7,3	17,4	6,7	13,8	5,5	10,3
Macerata	7,5	15,2	7,8	16,7	7,1	18,3	6,5	15,2	5,4	11,1
Messina	7,2	17,2	7,0	20,3	6,6	20,6	6,0	18,6	5,4	13,6
Milano	7,9	12,1	8,3	13,9	7,5	16,5	6,9	12,5	5,6	8,4
Mantova	7,8	12,2	8,0	15,5	7,3	17,4	6,8	13,0	5,6	8,2
Modena	7,6	14,0	7,9	16,1	7,2	17,8	6,8	13,5	5,5	9,6
Massa-Carrara	7,8	12,4	8,1	15,1	7,1	18,3	6,6	14,4	5,4	10,4
Matera	7,6	15,1	7,7	17,4	6,8	19,7	6,2	17,0	5,4	12,3

segue nota 40

Località	Maggio		Giugno		Luglio		Agosto		Settembre	
	H <sub>h</sub> MJ/m <sup>2</sup>	H <sub>n</sub> MJ/m <sup>2</sup>								
Napoli	7,4	16,3	7,4	18,9	6,6	20,6	6,0	17,9	5,4	12,4
Novara	7,8	12,2	8,2	14,2	7,4	16,9	6,8	12,8	5,5	8,7
Nuoro	7,3	16,3	7,3	18,9	6,2	21,8	6,1	17,8	5,4	12,7
Oristano	7,4	15,9	7,5	18,2	6,3	21,3	6,1	17,9	5,4	12,8
Palermo	6,9	18,3	6,8	21,1	6,3	21,6	5,6	19,6	5,2	14,4
Piacenza	7,7	13,4	8,0	15,9	7,1	18,4	6,6	14,1	5,4	9,9
Padova	7,9	10,9	8,4	12,2	8,0	13,5	7,0	11,7	5,5	8,9
Pescara	7,4	15,6	7,9	16,5	6,9	19,2	6,5	15,7	5,4	11,4
Perugia	7,7	13,7	8,0	15,6	7,1	18,4	6,6	14,9	5,5	10,6
Pisa	7,5	14,8	7,9	16,5	6,9	19,1	6,4	15,6	5,3	11,3
Pordenone	7,9	11,0	8,3	12,8	7,9	14,1	6,8	12,8	5,4	9,0
Prato	7,9	11,0	8,3	12,7	7,5	16,2	6,8	13,4	5,5	9,7
Parma	7,6	13,9	7,8	17,0	6,8	19,5	6,4	15,4	5,1	11,8
Pesaro e Urbino	7,7	13,5	8,1	14,9	7,1	18,3	6,4	15,4	5,5	10,1
Pistoia	8,0	9,9	8,4	11,6	7,7	15,3	6,8	12,8	5,6	9,2
Pavia	7,8	12,3	8,0	15,7	7,3	17,5	6,8	13,1	5,6	8,1
Potenza	7,7	14,2	7,6	17,7	7,0	19,0	6,5	15,9	5,7	11,1
Ravenna	7,8	13,1	8,0	15,9	7,2	18,1	6,6	14,4	5,4	10,1
Reggio di Calabria	7,1	17,6	6,8	21,1	6,4	21,1	5,8	19,1	5,4	13,7
Reggio nell'Emilia	7,6	14,0	7,9	16,4	7,1	18,3	6,7	14,1	5,4	10,3
Ragusa	7,0	18,4	7,4	19,1	6,9	19,8	6,0	18,8	5,2	14,8
Rieti	8,0	11,4	8,4	12,3	7,7	15,6	7,0	12,8	5,7	9,9
Roma	7,3	16,3	7,5	18,2	6,6	20,5	6,2	17,1	5,3	12,3
Rimini	7,6	14,1	7,9	16,3	7,0	18,7	6,4	15,5	5,3	10,9
Rovigo	7,6	14,0	7,7	17,3	6,9	19,0	6,3	15,7	5,4	9,7
Salerno	8,0	11,7	8,2	14,6	7,6	16,2	6,9	13,8	5,9	9,6
Siena	7,8	12,6	8,0	15,2	7,4	17,0	6,7	13,7	5,5	10,0
Sondrio	7,6	13,8	8,2	14,4	7,8	14,6	6,7	13,4	5,1	10,8
La Spezia	7,8	12,4	8,0	15,5	7,0	18,8	6,6	14,7	5,4	10,5
Siracusa	6,7	19,3	6,8	20,9	6,3	21,6	5,5	20,2	5,1	15,3
Sassari	7,2	16,9	7,2	19,4	6,1	22,0	6,0	18,0	5,1	13,5
Savona	7,9	11,7	8,4	12,8	7,6	16,1	6,9	12,5	5,5	9,6
Taranto	7,3	16,5	7,0	20,2	6,1	22,0	5,9	18,3	5,3	13,0
Teramo	7,7	13,6	8,0	15,6	7,1	18,6	6,3	16,2	5,6	10,4
Trento	7,7	13,2	8,1	15,1	7,3	17,3	6,7	13,5	5,2	10,3

### 1.3.2. La stagione di raffrescamento

A differenza di quanto previsto per il riscaldamento, non si prevedono dei periodi di raffrescamento standardizzati. Le valutazioni sia di tipo standard che adattate all'utenza si basano dunque sull'individuazione del periodo "durante il quale vi è una richiesta significativa di energia per il raffrescamento ambiente" <sup>(41)</sup> e in cui dunque si stima necessario l'intervento dell'impianto di climatizzazione per "mantenere all'interno dell'edificio una temperatura interna non superiore a quella di progetto" <sup>(42)</sup>: il primo e l'ultimo giorno del periodo di raffrescamento vengono calcolati come i giorni in cui la somma degli apporti termici interni e solari è superiore alle perdite di calore <sup>(43)</sup> ovvero quando:

$$\theta_{e,day} > \theta_{i,set,C} - \frac{Q_{gn,day}}{H \times t_{day}} \quad (35)$$

segue nota 40

Località	Maggio		Giugno		Luglio		Agosto		Settembre	
	H <sub>th</sub> MJ/m <sup>2</sup>	H <sub>b</sub> MJ/m <sup>2</sup>								
Torino	7,9	11,7	8,3	13,2	7,6	15,9	7,0	11,5	5,6	7,9
Trapani	6,5	20,0	6,4	22,3	5,8	23,1	5,1	21,2	5,0	15,5
Terni	7,9	12,0	8,3	13,5	7,6	16,4	6,8	13,9	5,6	10,6
Trieste	7,8	12,2	8,4	13,1	7,7	15,6	6,7	13,3	5,4	9,4
Treviso	7,8	12,5	7,9	15,8	7,2	17,3	6,5	14,6	5,4	9,8
Udine	7,9	11,1	8,4	11,8	7,9	14,1	6,9	12,0	5,5	8,6
Varese	7,9	11,2	8,4	12,1	8,0	14,0	7,0	11,2	5,5	8,2
Verbania	7,9	10,3	8,2	13,8	7,7	15,5	7,0	11,3	5,4	8,9
Vercelli	7,8	12,3	8,3	13,6	7,4	17,0	6,8	12,8	5,5	8,6
Venezia	7,6	14,3	7,5	18,3	6,4	20,7	6,2	15,9	5,3	10,5
Vicenza	7,8	11,6	8,3	13,1	7,9	14,2	6,8	12,7	5,4	9,3
Verona	7,9	11,0	8,4	12,3	8,0	13,6	7,0	11,6	5,5	8,8
Viterbo	7,7	13,2	8,1	14,8	7,4	17,4	6,6	14,7	5,5	11,2

<sup>(41)</sup> Definizione riportata al punto 3.8 della UNI/TS 11300-1:2008.

<sup>(42)</sup> Definizione riportata al punto 10.2 della UNI/TS 11300-1:2008.

<sup>(43)</sup> I giorni limite sono quelli in cui la somma degli scambi termici eguaglia le perdite di calore.

dove:

- $\theta_{e,day}$  [°C] è la temperatura esterna media giornaliera;  
 $\theta_{i,set,C}$  [°C] è la temperatura interna di regolazione per il raffrescamento;  
 $Q_{gn,day}$  [Ws] è la somma degli apporti interni e solari medi giornalieri;  
 $H$  [W/K] è il coefficiente globale di scambio termico dell'edificio, somma dei coefficienti di scambio termico per trasmissione e ventilazione, corretti per tener conto del salto termico interno-esterno;  
 $t_{day}$  [s] è la durata del giorno.

Esattamente come per il caso invernale, per poter considerare le frazioni del mese, è possibile utilizzare l'interpolazione lineare, attribuendo i valori medi mensili di temperatura riportati nella UNI 10349:1994 al quindicesimo giorno di ciascun mese.

### 1.3.3. Lo scambio termico globale tra gli ambienti ( $Q_{C,ht}$ )

La procedura di calcolo per la definizione degli scambi termici globali, sia per trasmissione che per ventilazione è del tutto analoga a quanto previsto nel par. 1.2.3. L'unica differenza è di tipo concettuale: nel caso estivo, contrariamente a quanto avviene nel caso invernale, gli scambi termici tra zona climatizzata ed ambiente confinante non sono considerate delle perdite, ma dei guadagni. In presenza di maggiori scambi termici, infatti, sarà necessario un minor intervento dell'impianto di raffrescamento al fine di mitigare l'inevitabile surriscaldamento interno degli ambienti durante il periodo estivo.

Quindi, analogamente a quanto riportato per il riscaldamento, si calcoleranno prima i coefficienti di scambio termico verso gli ambienti confinanti e successivamente sarà possibile quantificare i seguenti scambi termici:

$$Q_{C,tr} = H_{tr,adj} \times (\theta_{int,set,C} - \theta_e) \times t + \left[ \sum_k F_{r,k} \Phi_{r,mn,k} \right] \times t \quad (36)$$

$$Q_{C,vo} = H_{va,adj} \times (\theta_{int,set,C} - \theta_e) \times t \quad (37)$$

dove:

- $H_{tr,adj}$  [W/K] è il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione della zona considerata, corretto perché tiene conto della differenza di temperatura interno-esterno, pari a alla somma dei coefficienti  $H_D$ ,  $H_g$ ,  $H_U$  e  $H_A$  <sup>(44)</sup>.
- $\theta_{int,set,C}$  [°C] è la temperatura interna di regolazione per il raffrescamento della zona considerata;
- $\theta_e$  [°C] è la temperatura media mensile dell'ambiente esterno;
- $F_{r,k}$  [adim] è il fattore di forma tra il  $k$ -esimo componente edilizio e la volta celeste;
- $\Phi_{r,mn,k}$  [W] è l'extra flusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste dal  $k$ -esimo componente edilizio, mediato sul tempo;
- $t$  [Ms] è la durata del mese considerato.

La loro somma darà lo scambio termico globale tra gli ambienti ( $Q_{c,ht}$ ):

$$Q_{c,ht} = Q_{c,tr} + Q_{c,v} \quad (38)$$

#### 1.3.4. Gli apporti termici ( $Q_{gn}$ )

Anche per gli apporti termici, il calcolo estivo ricalca esattamente quello invernale, con l'unica differenza data dal fatto che non sono da considerarsi dei guadagni energetici, ma bensì delle perdite (perché fanno sì che l'impianto di raffrescamento entri in funzione per diminuire l'incremento della temperatura interna conseguente alla presenza degli apporti termici). Quindi, analogamente a quanto riportato per il riscaldamento, si calcoleranno prima i flussi termici legati alla presenza di persone e di apparecchiature nonché quelli dovuti all'ingresso della radiazione solare e successivamente sarà possibile quantificare i seguenti apporti termici, mediante le formule (23) e (26).

Ottenuti i valori di  $Q_{sol}$  e  $Q_{int}$ , la loro somma darà  $Q_{gn}$ .

---

<sup>(44)</sup> Il cui calcolo è descritto nei par. 1.2.3.1, 1.2.3.2, 1.2.3.3 e 1.2.3.4.

### 1.3.5. Il calcolo del fabbisogno di energia termica per il raffrescamento ( $Q_{C,nd}$ )

Il fabbisogno netto di energia per il raffrescamento dell'edificio si calcola su base mensile, come differenza tra gli apporti termici ( $Q_{gn}$ ) e lo scambio termico attraverso l'involucro dell'edificio ( $Q_{C,ht}$ ), moltiplicati per il relativo fattore di utilizzazione ( $\eta_{C,gn}$ ):

$$Q_{C,nd} = Q_{gn} - \eta_{C,ls} \times Q_{C,ht} \quad (39)$$

dove:

$Q_{C,nd}$  [Ws] è il fabbisogno netto di energia dell'edificio per il raffrescamento;

$Q_{C,ht}$  [Ws] è lo scambio termico totale nel caso di raffrescamento;

$\eta_{C,gn}$  [adim] è il fattore di utilizzazione degli scambi termici;

$Q_{gn}$  [Ws] sono gli apporti termici totali.

Secondo quanto riportato al punto 15.1.2 della UNI/TS 11300-1:2008, il fattore di utilizzazione dello scambio termico per il calcolo del fabbisogno di raffrescamento si calcola come:

$$\text{se } \gamma_c > 0 \text{ e } \gamma_c \neq 1: \quad \eta_{C,ls} = \frac{1 - \gamma_c^{-a_c}}{1 - \gamma_c^{-(a_c + 1)}} \quad (40)$$

$$\text{se } \gamma_c = 1: \quad \eta_{C,ls} = \frac{a_c}{a_c + 1} \quad (41)$$

$$\text{se } \gamma_c < 0: \quad \eta_{C,ls} = 1 \quad (42)$$

dove:

$\gamma_c$  [adim] è il rapporto tra  $Q_{gn}$  e  $Q_{C,ht}$

$$a_c = a_{c,0} + \frac{\tau}{\tau_{c,0}} - k \frac{A_w}{A_t}$$

$\tau$  [h] è la costante di tempo termica della zona termica, calcolata come rapporto tra la capacità termica interna della zona termica considerata ( $C_m$ ) e il suo coefficiente globale di scambio termico, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno.

$A_w$  [m<sup>2</sup>] è l'area finestrata;

$A_f$  [m<sup>2</sup>] è l'area di pavimento climatizzata.

Essendo il periodo di calcolo mensile si può assumere  $a_{c,0} = 8,1$ ,  $\tau_{c,0} = 17\text{h}$  e  $k = 13$ .

In conclusione, noti i fabbisogni di energia termica per climatizzazione invernale ed estiva, è possibile procedere con il calcolo dell'energia primaria necessaria a fornire l'energia termica richiesta.

Nel prossimo capitolo si tratterà la modalità di calcolo dei fabbisogni di energia primaria per il riscaldamento (così come previsto nella seconda parte delle UNI/TS 11300, anch'essa pubblicata nel 2008). In tale specifica tecnica è anche descritta la procedura per la quantificazione del fabbisogno termico e primario per la produzione di acqua calda ad uso sanitario, altra componente importante ai fini della valutazione della prestazione energetica dell'edificio.



### Capitolo III

## La UNI/TS 11300-2:2008, come modificata dall'errata corrige del 2010 (\*)

La norma UNI/TS 11300-2:2008, seconda parte del pacchetto normativo “Prestazioni energetiche degli edifici”, tratta i modi per la determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.

Essa permette, a partire dai risultati sul fabbisogno di energia dell'involucro edilizio ottenuti con la norma UNI/TS 11300-1:2008, di considerare le componenti impiantistiche degli impianti per la produzione, lo stoccaggio, la distribuzione e l'emissione del calore, in modo da poter così determinare il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria (di seguito ACS).

La seconda parte delle UNI/TS 11300:2008, corretta e modificata dall'errata corrige n. 1 del 25 novembre 2010, fornisce dati e metodi per la determinazione:

- del fabbisogno di energia utile per ACS;
- dei rendimenti e dei fabbisogni di energia elettrica degli ausiliari dei sistemi di riscaldamento e di produzione di ACS;
- dei fabbisogni di energia primaria per la climatizzazione invernale e per la produzione dell'ACS;
- del rendimento globale medio stagionale <sup>(1)</sup>.

Essa si applica a sistemi di nuova progettazione, sia ristrutturati che esistenti, per il solo riscaldamento, per la sola produzione di

---

(\*) Scritto con MICHELE LIZIERO, ingegnere edile, dottore di ricerca e assegnista in “Sistemi energetici e ambientali negli edifici (BEES)” presso il Dipartimento di Energia, Politecnico di Milano.

<sup>(1)</sup> Rapporto tra il fabbisogno di energia termica utile e il corrispondente fabbisogno di energia primaria durante la stagione di riscaldamento (così come definito al punto 3.2 della UNI/TS 11300-2:2008).

acqua calda ad uso sanitario o per entrambi (sistemi combinati) e prevede una valutazione in condizioni di esercizio oppure il calcolo in condizioni:

- di progetto;
- standard;
- effettive di utilizzo.

In particolare, il calcolo del fabbisogno di energia primaria si basa sulla quantificazione delle perdite di energia nei vari sottosistemi dell'impianto, prevedendo che alcune di queste possano essere recuperate, secondo le seguenti modalità di calcolo:

- semplificata (basata su valori precalcolati riportati in opportune tabelle in cui vengono indicate le condizioni al contorno per individuare i limiti del loro stesso utilizzo);
- dettagliata (utilizzata per determinare le perdite dell'impianto nei casi di non applicabilità delle tabelle).

Sebbene la norma UNI/TS 11300-2:2008 permetta di valutare le prestazioni e i fabbisogni di energia primaria di molti sistemi per la climatizzazione invernale e per la produzione di ACS, non permette di valutare adeguatamente tutti i sistemi.

I sistemi analizzabili con la norma sono quelli maggiormente utilizzati negli ultimi decenni, quali:

- generatori di calore a combustibile gassoso;
- generatori di calore a combustibile liquido;
- generatori di calore atmosferici;
- generatori di calore a camera stagna;
- generatori di calore ad aria calda.

Non è possibile quindi trattare con questa norma i sistemi di differente concezione, quali:

- le pompe di calore a gas ed elettriche;
- i sistemi solari termici;
- i sistemi solari fotovoltaici;
- i generatori a biomassa;
- i sistemi di teleriscaldamento;
- i sistemi di cogenerazione termica ed elettrica.

A tal fine, è stata prevista nella stessa serie un'apposita specifica tecnica, la UNI/TS 11300-4 "Prestazioni energetiche degli edifici – Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per riscaldamento di ambienti e preparazione acqua calda sanitaria",

grazie alla quale poter quantificare le prestazioni e calcolare il fabbisogno energetico di sistemi che integrano produzione di calore ed energia elettrica con queste tipologie di generatori. Si prevede che la parte 4 delle UNI/TS 11300 venga pubblicata nel primo semestre del 2011.

Sebbene, inoltre, la norma parli espressamente di sistemi di climatizzazione invernale, non considera adeguatamente il trattamento dell'aria di climatizzazione e/o di ventilazione durante la stagione invernale: non è possibile quindi valutare opportunamente i fabbisogni di energia termica, elettrica e quindi primaria nel caso della presenza di sistemi di ventilazione o di trattamento dell'aria durante la stagione invernale.

Allo stesso modo il pacchetto di norme UNI/TS 11300 non considera adeguatamente in carico latente dovuto al ricambio di aria interna con aria esterna e, pertanto, non si può dire che i sistemi di climatizzazione dell'aria siano opportunamente trattati. Sarebbe perciò più corretto parlare esclusivamente di sistemi di riscaldamento, cioè di sistemi che controllano la sola temperatura dell'aria e non la sua umidità, quale è invece il caso dei sistemi di climatizzazione.

## **1. Scopo e campo di applicazione**

Gli ambienti confinati in cui l'uomo vive e lavora offrono la possibilità di soddisfare diverse esigenze connesse all'attività umana. Tra queste quelle di interesse per il presente testo sono le esigenze connesse:

- alla termoregolazione del corpo, volte cioè ad assicurare adeguate temperatura e umidità degli ambienti interni ai fini del benessere termico ed igrometrico;
- alla qualità dell'aria, cioè il mantenimento di umidità e concentrazione di inquinanti nell'aria interna (ad esempio, anidride carbonica, monossido di carbonio, composti organici volatili, particolato fine e bioeffluenti) al di sotto di valori che non arrecano danno agli utenti;
- all'utilizzo di acqua calda per uso igienico-sanitario.

La norma UNI/TS 11300-2:2008 permette di determinare il fabbisogno di energia utile per la produzione di acqua calda sanitaria ed assume il fabbisogno di energia utile per il riscaldamento invernale proveniente dal calcolo effettuato secondo la norma UNI/TS 11300-1:2008.

A partire da questi fabbisogni di energia utile, che rappresentano il quantitativo di energia necessario a soddisfare le esigenze connesse all'attività umana in ambienti confinati, la norma UNI/TS 11300-2 offre gli strumenti per determinare:

- il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale:
- il fabbisogno di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria.

I fabbisogni di energia primaria considerano tutti i componenti necessari a garantire, tramite la fornitura di energia utile, il riscaldamento (o la climatizzazione) e l'acqua calda sanitaria, sulla base del tipo di vettore energetico utilizzato per la generazione dell'energia termica o elettrica.

Sono perciò considerate le diverse inefficienze del sistema di produzione, stoccaggio, distribuzione, regolazione ed emissione sia del sistema di riscaldamento (o climatizzazione) che del sistema per la produzione di acqua calda sanitaria (che può essere combinato con il sistema di riscaldamento/climatizzazione).

Allo stesso modo sono considerati i fabbisogni di energia elettrica di ciascuno dei componenti del sistema, necessari al loro funzionamento (ad esempio le pompe per la distribuzione del fluido termovettore o i ventilatori dei ventilconvettori).

La determinazione dei rendimenti dei sistemi di riscaldamento o climatizzazione e della produzione di acqua calda sanitaria e la determinazione dei fabbisogni di energia elettrica, uniti a opportuni coefficienti di conversione delle energie (in funzione del tipo di vettore energetico) permettono di determinare i fabbisogni di energia primaria.

Valutando opportunamente tutti i componenti dei sistemi la norma può quindi essere utilizzata per differenti scopi:

- permette di confrontare diverse soluzioni impiantistiche per soddisfare le esigenze dell'utenza, in modo da poter scegliere

- quella più efficiente sotto il profilo delle prestazioni energetiche, dei costi di installazione e dei costi di esercizio;
- permette di valutare il rispetto dei limiti regolamentari per gli obiettivi di efficienza energetica connessi al riscaldamento degli ambienti confinati ed alla produzione di ACS;
  - offre la possibilità di determinare le prestazioni di un impianto esistente e quindi le opportunità di risparmio energetico connesse al suo utilizzo;
  - offre la possibilità di valutare le opportunità di sostituire tutta o parte dell'energia necessaria valutando l'impiego di fonti energetiche rinnovabili;
  - permette di valutare in modo standardizzato il consumo di energia primaria degli edifici esistenti e nuovi, per le applicazioni connesse alla certificazione energetica degli edifici;
  - offre elementi utili alla valutazione a scala locale o nazionale delle esigenze di energia connesse agli edifici e permette di prevedere la loro evoluzione nel tempo a fronte di modifiche al parco edilizio presente.

## **2. Valutazioni energetiche previste**

La norma permette di valutare sia i sistemi di nuova progettazione, che quelli oggetto di ristrutturazione. È inoltre utile a valutare i sistemi esistenti. Con questa norma è possibile nello specifico analizzare:

- i sistemi di solo riscaldamento;
- i sistemi per la produzione di acqua calda sanitaria;
- i sistemi misti o combinati per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria.

Sono quindi esclusi altri sistemi (come ad esempio i sistemi di trattamento aria, se non in parte).

Le valutazioni di tipo energetico che è possibile fare, così come schematizzate dalla norma stessa, sono riportate nella seguente tabella.

Tab. 1 – Valutazioni energetiche previste dalla specifica tecnica

Tipo di valutazione	Valutazioni di calcolo			Valutazioni basate sui consumi
Modalità di determinazione dei consumi energetici	Determinazione del fabbisogno energetico			Rilievo dei consumi con modalità standard
Denominazione delle valutazioni energetiche	Di progetto	Standard	In condizioni effettive di utilizzo	In condizioni effettive di utilizzo
Modalità di calcolo	Calcolo del fabbisogno energetico sulla base di dati di progetto	Calcolo sulla base dei dati relativi all'edificio ed all'impianto reale, come costruito	Calcolo sulla base dei dati relativi all'edificio ed all'impianto reale, come costruito	Calcolo sulla base dei dati relativi all'edificio ed all'impianto reale, come costruito
Regime di funzionamento degli impianti	Continuo	Continuo	Intermittente	Intermittente
Modalità di occupazione dell'edificio e di utilizzo degli impianti	Con valori convenzionali di riferimento	Con valori convenzionali di riferimento	Con valori effettivi di funzionamento	Con valori effettivi di funzionamento

Le valutazioni di calcolo, sia di progetto che standard, possono essere utilizzate per la certificazione energetica degli edifici, secondo l'impostazione nazionale che prevede solo metodi basati su calcolo procedurale (*asset rating*).

Le valutazioni di calcolo effettuate in condizioni effettive di utilizzo o le valutazioni basate sui consumi sono quelle utili alle diagnosi energetiche ed alla stima economica degli interventi di riqualificazione energetica di edifici ed impianti termici.

Per quanto riguarda le valutazioni basate sui consumi, queste possono essere effettuate a patto che siano definiti criteri unificati per assegnare i consumi al periodo di tempo prefissato, nonché modalità unificate per convertire i consumi in portate di volume di massa, in modo da poterle convertire in equivalenti consumi energetici <sup>(2)</sup>.

<sup>(2)</sup> Ad esempio rilevando in maniera standardizzata i gradi giorno effettivi relativi ai consumi oggetto di studio, nonché la maniera di correlazione con i consumi rilevati. Altro aspetto da considerare sono le specifiche tecniche dei misuratori di portata, temperatura, ecc. utilizzati per il rilievo dei consumi, che devono essere uniformi.

Prima dunque di procedere alle valutazioni energetiche basate sulla norma UNI/TS 11300-2:2008 è necessario chiarire il fine del-

---

L'attività normativa in questo caso è in costante evoluzione e aggiornamento. Si elencano alcune recenti norme di riferimento:

- UNI/TS 11291-1:2010 Sistemi di misurazione del gas – Dispositivi di misurazione del gas su base oraria – Parte 1: Caratteristiche generali del sistema di telegestione o tele lettura;
- UNI/TS 11291-2:2010 Sistemi di misurazione del gas – Dispositivi di misurazione del gas su base oraria – Parte 2: Protocollo CTE
- UNI/TS 11291-3:2010 Sistemi di misurazione del gas – Dispositivi di misurazione del gas su base oraria – Parte 3: Protocollo CTR
- UNI/TS 11291-4:2010 Sistemi di misurazione del gas – Dispositivi di misurazione del gas su base oraria – Parte 4: Requisiti per gruppi di misura con portata  $>65\text{m}^3/\text{h}$  (contatore  $>G40$ )
- UNI/TS 11291-5:2010 Sistemi di misurazione del gas – Dispositivi di misurazione del gas su base oraria – Parte 5: Requisiti per gruppi di misura con portata da  $16\text{ m}^3/\text{h}$  fino a  $65\text{ m}^3/\text{h}$  (contatore  $=G10$  e  $=G40$ )
- UNI/TS 11291-6:2010 Sistemi di misurazione del gas – Dispositivi di misurazione del gas su base oraria – Parte 6: Requisiti per gruppi di misura con portata minore di  $10\text{ m}^3/\text{h}$  (contatore MINOREG10)
- UNI/TS 11291-7:2011 Sistemi di misurazione del gas – Dispositivi di misurazione del gas su base oraria – Parte 7: Sistemi di telegestione dei misuratori gas – SAC, Concentratori, Ripetitori e Traslatori
- UNI/TS 11291-8:2010 Sistemi di misurazione del gas – Dispositivi di misurazione del gas su base oraria – Parte 8: Protocolli per la telegestione dei gruppi di misura per la rete di distribuzione
- UNI EN 14236:2007 Misuratori di gas domestici a ultrasuoni
- UNI EN 29104:1994 Misurazione della portata dei fluidi in condotti chiusi. Metodi per la valutazione delle prestazioni dei misuratori di portata elettromagnetici utilizzati per i liquidi
- UNI EN ISO 6817:1997 Misurazione della portata di liquidi conduttivi in condotti chiusi. Metodo basato sull'impiego di misuratori di portata elettromagnetici
- UNI EN ISO 7278-1:1999 Idrocarburi liquidi – Misurazione dinamica – Sistemi di taratura dei misuratori volumetrici – Principi generali
- UNI EN ISO 7278-2:2000 Idrocarburi liquidi – Misurazione dinamica – Sistemi di taratura dei misuratori volumetrici – Tubi tarati
- UNI EN 12261:2006 Misuratori di gas – Misuratori di gas a turbina
- UNI EN 12405-1:2010 Misuratori di gas – Dispositivi di conversione – Parte 1: Conversione di volume
- UNI EN 12480:2006 Misuratori di gas – Misuratori di gas a rotoidi
- UNI EN 1359:2006 Misuratori di gas – Misuratori di gas a membrana
- Direttiva 2004/22/CE MID (Measuring Instruments Directive), recepita dallo Stato italiano mediante d.lgs. 2 febbraio 2007, n. 22 “Attivazione della direttiva 2004/22/CE relativa agli strumenti di misura” (G.U. n. 64 del 17 marzo 2007, Suppl. ordinario n. 73/L, entrato in vigore il 18 marzo 2007).

la valutazione stessa e sulla base di questo scegliere il modello di calcolo ed i valori di input da utilizzare, tra quelli indicati nella normativa.

Come già visto con la prima parte delle UNI/TS 11300, anche questa specifica tecnica rimanda a svariate altre norme tecniche necessarie per il suo utilizzo <sup>(3)</sup>.

---

<sup>(3)</sup> Le norme citate dalla UNI/TS 11300-2:2008 sono di seguito elencate. Per i riferimenti non datati vale l'ultima edizione della pubblicazione alla quale si fa riferimento (compresi gli aggiornamenti):

- UNI EN 297 Caldaie per riscaldamento centralizzato alimentate a combustibili gassosi – Caldaie di tipo B equipaggiate con bruciatore atmosferico, con portata termica nominale minore o uguale a 70 kW;
- UNI EN 483 Caldaie di riscaldamento centrale alimentate a combustibili gassosi – Caldaie di tipo C di portata termica nominale non maggiore di 70 kW;
- UNI EN 303-1 Caldaie per riscaldamento – Parte 1: Caldaie con bruciatori ad aria soffiata – Terminologia, requisiti generali, prove e marcatura;
- UNI EN 442-2 Radiatori e convettori – Parte 2: Metodi di prova e valutazione;
- UNI EN 1264-3 Riscaldamento a pavimento – Impianti e componenti – Dimensionamento;
- UNI EN 1264-4 Riscaldamento a pavimento – Impianti e componenti – Installazione;
- UNI EN 13836 Caldaie a gas per riscaldamento centrale – Caldaie di tipo B di portata termica nominale maggiore di 300 kW, ma non maggiore di 1000 kW;
- UNI EN 14037 Strisce radianti a soffitto alimentate con acqua a temperatura minore di 120 °C;
- UNI EN 15316-2-1 Impianti di riscaldamento degli edifici – Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto – Parte 2-1: Sistemi di emissione del calore negli ambienti;
- UNI EN 15316-2-3 Impianti di riscaldamento negli edifici – Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto – Parte 2-3: Sistemi di distribuzione del calore negli ambienti;
- UNI EN ISO 13790 Prestazione termica degli edifici – Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento;
- UNI/TS 11300-1 Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale.

### 3. Definizioni e simboli utilizzati nella norma

È opportuno riportare e meglio descrivere le definizioni riportate nella norma. Il loro utilizzo nel testo sarà quindi rimandato al presente capitolo per quanto riguarda la descrizione della terminologia. Le note chiariscono e sono di complemento alle definizioni riportate.

Termine	Definizione	Note
Fabbisogno annuo di energia primaria per la climatizzazione invernale	Quantità annua di energia primaria effettivamente consumata o prevista per la climatizzazione invernale in condizioni climatiche e di uso standard dell'edificio	Per lo stesso edificio può differire a seconda del metodo utilizzato per la sua determinazione, nonché in base ai dati di partenza relativi al regime di funzionamento dell'impianto e all'occupazione dell'edificio. Il calcolo effettuato dovrà quindi essere fatto in funzione dell'obiettivo, come per esempio la certificazione energetica piuttosto che la diagnosi energetica
Fabbisogno annuo per la produzione di acqua calda sanitaria	Quantità annua di energia primaria effettivamente consumata o prevista per soddisfare la richiesta annua di acqua calda per usi igienico-sanitari determinato sulla base dei fabbisogni di acqua calda calcolati in base norma UNI/TS 11300-2:2008	Per la stessa applicazione può differire in funzione dell'obiettivo del calcolo (di progetto, standard, effettivo consumo). In particolare la stima del fabbisogno da dati tabulari va opportunamente criticata in sede di diagnosi energetica o di progettazione dell'impianto sulla base dell'effettivo utilizzo di acqua calda sanitaria
Rendimento globale medio stagionale	È il rapporto tra fabbisogno di energia termica utile e il corrispondente fabbisogno di energia primaria durante la stagione di riscaldamento. Ciascuno dei sottosistemi che compongono il sistema ha un proprio rendimento	Questo rendimento differisce in maniera significativa dal rendimento globale d'impianto ottenuto dalla moltiplicazione dei rendimenti di produzione, accumulo, distribuzione ed emissione come proposto dal d.interm. 26 giugno 2009 "Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici"
Coefficiente di utilizzazione (termico o elettrico)	Rapporto tra l'energia termica (o energia elettrica) uscente dal sistema o dal sottosistema e l'energia entrante. Tale definizione si applica a tutti i sottosistemi considerati nella norma, salvo che per il sottosistema di produzione, nel quale si ha la conversione da energia primaria in energia termica utile	È sinonimo di rendimento di un sottosistema. Se si tratta di un rendimento globale medio stagionale di sottosistema il rapporto si intende tra la sommatoria dell'energia uscente ed entrante in tutta la stagione di riscaldamento definita

(segue)

<b>Termine</b>	<b>Definizione</b>	<b>Note</b>
Perdite di energia termica non recuperabili	Parte delle perdite che incrementano il fabbisogno di energia termica	Queste perdite non contribuiscono a ridurre il fabbisogno di energia termica dell'edificio, come ad esempio l'energia dispersa da una tubazione posta all'esterno o le perdite al mantello di una caldaia posta all'esterno
Perdite di energia termica recuperabili	Parte delle perdite che possono contribuire a diminuire il fabbisogno di energia termica	Queste perdite contribuiscono a ridurre il fabbisogno di energia termica dell'edificio, come ad esempio le perdite al mantello di una caldaia posta all'interno del volume riscaldato o le perdite di tubazioni annegate nel muro
Perdite di energia termica recuperate	Parte delle perdite recuperabili che effettivamente contribuiscono a diminuire il fabbisogno di energia termica	Rispetto alla definizione precedente con questo concetto si considera che solo una quota parte delle perdite recuperabili è effettivamente recuperata. Questa corrisponde ad esempio alla perdita termica di una tubazione che fluisce verso l'interno (sul totale una parte delle perdite corrisponde ad un ponte termico nella parete)
Perdite di emissione	Perdite di energia termica che aumentano il fabbisogno delle unità terminali dovute a non omogenea distribuzione della temperatura dell'aria negli ambienti od a flussi di calore diretti verso l'esterno	Ad esempio un sistema a radiatori fa stratificare l'aria calda nella parte superiore della stanza a causa dei moti convettivi imposti, per cui per avere la temperatura desiderata nella parte della stanza dove permane l'utenza si ha un surriscaldamento della parte prossima al soffitto, con conseguenti maggiori perdite termiche
Perdite di regolazione	Perdite di energia termica dovute alla regolazione imperfetta della temperatura degli ambienti riscaldati	Ad esempio si considera con questo fattore il fatto che il termostato ambiente legga la temperatura solo puntualmente, ove è collocato, fatto che genera differenti distribuzioni di temperatura nei locali dove non è posto, nonché l'inefficienza dovuta all'inerzia termica del sistema di riscaldamento
Perdite di distribuzione	Perdite di energia termica della rete di distribuzione	Queste sono le perdite di calore dovute al passaggio dei tubi negli ambienti interni (recuperabili), nei muri (parzialmente recuperabili), all'esterno (non recuperabili)
Perdite di produzione	Perdite di energia termica del sottosistema di produzione, che comprendono anche le perdite recuperabili	Queste perdite sono connesse alla conversione dell'energia chimica contenuta nel combustibile in energia utile al fluido termovettore, e consistono in perdite al mantello, perdite di prelavaggio, perdite ai fumi a bruciatore acceso, perdite al bruciatore spento, ecc.

*(segue)*

Termine	Definizione	Note
Perdite totali del sistema	Perdite di calore complessive del sistema di riscaldamento, del sistema di acqua calda sanitaria, oppure di entrambi	È la somma di tutte le perdite dovute ai diversi componenti del sistema. Queste perdite possono essere recuperabili, non recuperabili e recuperate
Perdite di erogazione	Perdite di energia termica nei sistemi di acqua calda sanitaria	Queste perdite dipendono dall'iniziale fuoriuscita di acqua fredda sanitaria precedente all'arrivo alla rubinetteria dell'acqua riscaldata, piuttosto che le perdite dovute al permanere di acqua calda nelle tubazioni una volta chiusa la rubinetteria
Perdite di accumulo	Perdite di energia termica in ambiente dovute a serbatoi di accumulo di acqua calda sanitaria	Queste perdite si riducono percentualmente al crescere dello spessore di isolante e al ridursi della superficie specifica di dispersione per metro cubo di acqua stoccato. Possono essere recuperabili o non recuperabili. È raro che siano presenti serbatoi di acqua calda dedicati al solo riscaldamento
Fabbisogno netto di energia termica utile	Fabbisogno diminuito della quantità di perdite recuperate dai relativi sottosistemi	Questo fabbisogno corrisponde al fabbisogno termico per il riscaldamento a cui sono state sottratte le perdite recuperate da ciascun sottosistema, piuttosto che al fabbisogno di energia utile per l'acqua calda sanitaria a cui sono state sottratte le perdite recuperate dal sistema termico dell'acqua calda sanitaria
Sistemi centralizzati di produzione di acqua calda per usi igienico-sanitari	Sistemi destinati a servire più utenze in un edificio (appartamenti, negozi, ecc.), dedicati alla sola produzione di acqua calda sanitaria oppure combinati se destinati anche al riscaldamento	Quando un sistema provvede al soddisfacimento del fabbisogno di acqua calda sanitaria di più unità immobiliari in contemporanea, questo viene chiamato centralizzato. Se il sistema è lo stesso che provvede al riscaldamento di più unità immobiliari si dice anche combinato e, in questo caso, essendo il circuito di riscaldamento chiuso, mentre quello dell'acqua calda sanitaria è aperto, i due sistemi sono connessi da opportuni scambiatori di calore
Sistemi autonomi di produzione di acqua calda per usi igienico-sanitari	Sistemi asserviti ad un'unica unità immobiliare, dedicati o combinati	Come precedente ma a servizio di una unica unità immobiliare

(segue)

Termine	Definizione	Note
Generatore di calore	Sistema nel quale l'energia chimica del combustibile è convertita in energia termica utile e quindi trasferita al fluido termovettore	Questa definizione si adatta alla caldaie tradizionali, a condensazione, ad aria calda, sia a gas che a combustibile liquido. Parlando esclusivamente di conversione di energia chimica del combustibile in energia termica, ai fini della norma non sono considerati i sistemi a pompa di calore o i sistemi di cogenerazione
Unità terminale di erogazione	Apparecchio che permette il trasferimento dell'energia termica utile del fluido termovettore all'ambiente	Sono unità di erogazione, ad esempio, i radiatori (detti anche termosifoni), i ventilconvettori e i pannelli radianti
Cogenerazione	Corrisponde alla produzione e all'utilizzo simultanei di energia meccanica o elettrica e di energia termica a partire dai combustibili	Questi sistemi non possono essere compiutamente trattati tramite l'ausilio della norma UNI/TS 11300-2, lo saranno nella norma UNI/TS 11300-4 una volta edita
Pompa di calore	Dispositivo o impianto che asporta calore da un pozzo di calore (aria esterna, acqua, terreno) e lo conferisce all'ambiente interno	Questi sistemi non possono essere compiutamente trattati tramite l'ausilio della norma UNI/TS 11300-2, lo saranno nella norma UNI/TS 11300-4 una volta edita
Valori nominali delle potenze e dei rendimenti	Valori massimi di potenza per servizio continuo e di rendimento di un apparecchio determinati e certificati secondo le norme dedicate a ciascun apparecchio	Questi sono i dati che si ritrovano sulle schede tecniche dei componenti di un impianto termico. Tramite opportuni algoritmi sono elaborati per determinare le prestazioni del sistema nel suo complesso, funzionante in condizioni diverse da quelle nominali

#### 4. La procedura di calcolo dei fabbisogni di energia termica utile

Nella norma UNI/TS 11300-2:2008 sono definiti i seguenti fabbisogni di energia termica utile <sup>(4)</sup>:

Fabbisogni di energia termica utile (o fabbisogno ideale)			
Per riscaldamento e ventilazione dell'edificio	Per riscaldamento e ventilazione dell'edificio in regime di funzionamento intermittente	Netto per riscaldamento (con pedice $h_{vs}$ nel caso di regime di funzionamento intermittente)	Per acqua calda sanitaria
$Q_h$	$Q_{hvs}$	$Q'_h$	$Q_{h,w}$

<sup>(4)</sup> Per il significato dei termini e dei pedici utilizzati nelle formule si faccia riferimento a quanto meglio specificato in appendice.

I fabbisogni di energia termica utile sono utilizzati quale base per la determinazione dei fabbisogni di energia primaria e sono calcolati al netto di eventuali apporti, quali apporti da perdite recuperabili e contributi da energie rinnovabili o da altri metodi di generazione. In questo secondo caso si dovrà fare riferimento alla norma UNI/TS 11300-4, una volta pubblicata.

Il fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento dell'edificio è calcolato, secondo passi successivi, in:

- 1) fabbisogno ideale  $Q_h$  oppure  $Q_{hv}$ , rispettivamente nel caso di regime di funzionamento continuo o intermittente;
- 2) fabbisogno ideale netto ottenuto sottraendo al fabbisogno ideale le perdite recuperate  $Q'_h$  oppure  $Q'_{hvs}$ , rispettivamente nel caso di regime di funzionamento continuo o intermittente;
- 3) fabbisogno effettivo  $Q_{hr}$  oppure  $Q_{hvsr}$ , rispettivamente nel caso di regime di funzionamento continuo o intermittente, è il fabbisogno che tiene conto delle perdite di emissione e di regolazione (questo corrisponde all'energia termica che il sottosistema di distribuzione provvede ad immettere negli ambienti).

Il fabbisogno ideale può essere calcolato tramite l'ausilio della norma UNI/TS 11300-1 e della norma UNI EN ISO 13790. Tale fabbisogno è riferito alla condizione di temperatura dell'aria uniforme in tutto lo spazio riscaldato. Le perdite recuperate <sup>(5)</sup>, le perdite di emissione e le perdite di regolazione possono essere valutate con la norma UNI/TS 11300-2:2008.

Tra le perdite recuperate si considerano solo quelle dovute al sistema dell'acqua calda sanitaria, mentre le perdite recuperate da ciascun sottosistema di riscaldamento sono dedotte direttamente dalle perdite totali del sottosistema stesso.

Il fabbisogno ideale netto o fabbisogno di energia termica utile netto  $Q'_h$ , espresso in Wh, si calcola quindi come:

$$Q'_h = Q_h - Q_{W,Irh} \quad (1)$$

---

<sup>(5)</sup> Sono concettualmente i recuperi di calore dovuti alle dispersioni delle tubazioni, del serbatoio (se presente) e del sistema di produzione del calore.

dove:

- $Q_h$  [Wh] è il fabbisogno ideale o fabbisogno di energia termica utile, dato di partenza di tutti i successivi calcoli relativi all'impianto;
- $Q_{w,lrh}$  [Wh] sono le perdite recuperate dal sistema di produzione acqua calda.

Successivamente il fabbisogno effettivo si calcola come:

$$Q_{hr} = Q'_h + Q_{l,e} + Q_{l,rg} - Q_{aux,e,lrh} \quad (2)$$

dove:

- $Q'_h$  [Wh] è il fabbisogno ideale netto;
- $Q_{l,e}$  [Wh] sono le perdite totali di emissione;
- $Q_{l,rg}$  [Wh] sono le perdite totali di regolazione;
- $Q_{aux,e,lrh}$  [Wh] è l'energia termica recuperata dall'energia elettrica del sottosistema di emissione.

Questo fabbisogno corrisponde all'energia termica che il sistema di distribuzione fornisce al sistema:  $Q_{hr} = Q_{d,out}$ .

Il calcolo qui descritto tiene conto delle perdite determinate dalle caratteristiche dei sottosistemi di emissione e di regolazione, previsti o installati nell'edificio (a seconda se si tratta di valutazione di progetto o di valutazioni standard, piuttosto che in condizioni effettive di utilizzo), quali la distribuzione di temperatura non uniforme nello spazio riscaldato, le imperfezioni della regolazione per ritardi od anticipi nella erogazione del calore, dovuto al ritardo di risposta degli organi di regolazione in relazione alla massa dell'edificio ed al valvolame presente nell'impianto, piuttosto che allo sbilanciamento dell'impianto termico. Altro aspetto è anche il mancato utilizzo di parte degli apporti gratuiti.

Poiché il fabbisogno effettivo considera i terminali di emissione, qualora l'edificio oggetto di analisi abbia diverse tipologie di terminali e quindi diversi sistemi di regolazione, è opportuno che questo sia diviso in zone termiche distinte. In questo caso il calcolo esposto finora è da effettuarsi separatamente per ogni zona. I risultati andranno poi sommati, in modo da ottenere il totale dell'energia termica fornita dall'impianto di distribuzione, secondo la seguente formula:

$$Q_{hr} = \sum_{j=1}^n (Q'_{h,j} + Q_{l,e,j} + Q_{l,rg,j} - Q_{aux,e,lrh,j}) \quad (3)$$

dove:

$j$  è il numero di zone termiche considerate.

#### 4.1. *Il fabbisogno di energia per l'acqua calda sanitaria*

Analogamente a quanto fatto per la climatizzazione invernale, per poter quantificare il fabbisogno di energia primaria per la produzione di ACS, occorre dapprima computare il fabbisogno di acqua calda sanitaria, successivamente determinare le prestazioni del sistema di produzione e distribuzione dovuto a questo fabbisogno. La determinazione delle prestazioni permette di determinare le perdite recuperate dal sistema di produzione dell'acqua calda sanitaria che concorrono a ridurre il fabbisogno ideale di riscaldamento e quindi alla determinazione del fabbisogno ideale netto di riscaldamento.

Il fabbisogno di acqua calda sanitaria si determina con la seguente relazione:

$$Q_{hr} = \sum_i \rho \times c \times V_{W_i} \times (\theta_{er} - \theta_o) \times G \quad (4)$$

dove:

$\rho$  è la massa volumica dell'acqua, pari a 1000 [kg/m<sup>3</sup>] o 1 [kg/l];

$c$  è il calore specifico dell'acqua pari a 1,162 [Wh/kg °C];

$V_W$  è il volume dell'acqua richiesta durante il periodo di calcolo [m<sup>3</sup>/G];

$\theta_{er}$  è il volume dell'acqua richiesta durante il periodo di calcolo [m<sup>3</sup>/G];

$\theta_o$  è la temperatura di ingresso dell'acqua fredda sanitaria [°C];

$G$  è il numero dei giorni del periodo di calcolo [G].

Si consideri ad esempio la necessità per una utenza di 0,2 m<sup>3</sup>/G per un mese di 30 giorni, alla temperatura di 45°C con una temperatura in ingresso al sistema di 10°C. Il fabbisogno mensile sarà:

$$Q_{h,W} = 1000 \cdot 1.162 \cdot 0,2 \cdot (45 - 10) \cdot 30 = 244020 \text{ Wh} = 244 \text{ kWh ca.}$$

Ai fini della norma si assumono volumi e temperature convenzionali se si sta effettuando un calcolo per la certificazione energeti-

ca, mentre se sono disponibili dati reali relativi all'impianto termico in analisi è possibile utilizzare questi dati ai fini di diagnosi energetica o valutazioni di calcolo basate sui consumi, sia per quanto riguarda le temperature di funzionamento sia per quanto riguarda i volumi di fabbisogno di acqua calda sanitaria.

Se si tratta quindi di un calcolo convenzionale (dunque, per effettuare la certificazione energetica) i volumi di acqua calda sanitaria sono riferiti convenzionalmente ad una temperatura di erogazione di 40 °C e ad una temperatura di ingresso di 15 °C. La differenza di temperatura di riferimento ai fini del calcolo del fabbisogno di energia termica utile per l'acqua calda sanitaria è perciò di 25 K.

Allo stesso modo i valori di fabbisogno quotidiano di acqua calda sanitaria sono valutati su dati medi giornalieri e si riferiscono a valutazioni standard.

Il volume di acqua calda sanitaria giornaliero è determinato tramite la relazione:

$$V_w = a \times N_u \text{ [l/G]} \quad (5)$$

dove:

$a$  è il fabbisogno giornaliero specifico [l/G];

$N_u$  è un valore che dipende dalla destinazione d'uso dell'edificio.

Nel caso di destinazioni d'uso residenziali il valore di "a" si esprime in l/(G·m<sup>2</sup>) perché dipende dalla superficie utile "S<sub>u</sub>", che in pratica corrisponde al parametro "N<sub>u</sub>" ed, in particolare:

- per S<sub>u</sub> = di 50 m<sup>2</sup> il parametro "a" è costante e pari a 1,8 [l/(G·m<sup>2</sup>)]; ad esempio per un appartamento di 30 m<sup>2</sup> il fabbisogno convenzionale annuo si calcola come:

$$Q_{h,w} = 1 \cdot 1.162 \cdot (1,8 \cdot 30) \cdot (40-15) \cdot 365 = 572576 \text{ [Wh]} = 573 \text{ [kWh]} \text{ ca.}$$

- per 51 = S<sub>u</sub> = 200 m<sup>2</sup>, "a" assume il valore di 4,514 · S<sub>u</sub><sup>-0,2356</sup> [l/(G·m<sup>2</sup>)]; ad esempio per una villetta di 120 m<sup>2</sup> di superficie utile il fabbisogno convenzionale annuo si calcola come:

$$Q_{h,w} = 1 \cdot 1.162 \cdot (4,514 \cdot 120^{-0,2356} \cdot 120) \cdot (40-15) \cdot 365 = 1859203 \text{ [Wh]} = 1859 \text{ [kWh]} \text{ ca.}$$

- per S<sub>u</sub> > 200 m<sup>2</sup>, "a" è costante e pari a 1,3 [l/(G·m<sup>2</sup>)].

Qualora si stia trattando un edificio residenziale multifamiliare, bisognerà calcolare il fabbisogno per ciascun appartamento, in relazione alla sua superficie, e poi procedere alla sommatoria dei va-

lori ottenuti per ottenere il fabbisogno complessivo. Ovviamente questa operazione ha significato nel caso di sistemi centralizzati per la produzione di acqua calda sanitaria, mentre per i sistemi autonomi si procederà al calcolo complessivo del fabbisogno di energia primaria per il singolo appartamento.

Per quanto riguarda invece destinazioni d'uso non residenziali, il fabbisogno di energia per l'acqua calda sanitaria si calcola mensilmente, tenendo conto del numero di giorni/mese di occupazione.

Si riportano i dati di fabbisogno giornaliero di acqua calda sanitaria per destinazioni d'uso non residenziali nella tabella seguente.

**Tab. 2** – Fabbisogno giornaliero di ACS per destinazioni d'uso non residenziali ipotizzando temperature di 40°C e salti termici di 25K (rif. UNI/TS 11300-2:2008, prospetto 13)

Tipo di attività	a	N <sub>u</sub>
Hotel senza lavanderia		
1 stella	40 l/G	Numero di letti
2 stelle	50 l/G	
3 stelle	60 l/G	
4 stelle	70 l/G	
Hotel senza lavanderia		
1 stella	40 l/G	Numero di letti
2 stelle	50 l/G	
3 stelle	60 l/G	
4 stelle	70 l/G	
Altre attività ricettive diverse dalle precedenti	28 l/G	Numero di letti
Attività giornaliera day hospital	10 l/G	Numero di letti
Attività ospedaliera con pernottamento e lavanderia	90 l/G	Numero di letti
Scuole	-	-
Scuole materne e asili nido	15 l/G	numero di bambini
Attività sportive/palestre	100 l/G	per doccia installata
Uffici	0,2 l/(m <sup>2</sup> · G)	Superficie utile
Negozi	-	-
Ristoranti	10 l/G	numero di coperti per numero di pasti
Catering e self service	4 l/G	numero di coperti per numero di pasti

Alcuni calcoli di esempio sono:

- ristorante: pranzo e cena (2 pasti al giorno), 100 coperti disponibili →  $V_w = 100 \cdot 2 \cdot 10 \text{ [l/G]} = 2000 \text{ [l/G]}$ ;

- *palestra*: 5 docce bagno uomini, 5 docce bagno donne, 1 doccia bagno portatori di handicap  $\rightarrow V_w = 11 \cdot 100 \text{ [l/G]} = 1100 \text{ [l/G]}$ ;
- *ufficio*: 100 m<sup>2</sup> di superficie utile,  $V_w = 100 \text{ [m}^2\text{]} \cdot 0,2 \text{ [l/(m}^2\text{·G)]} = 20 \text{ [l/G]}$ .

Applicando il salto termico convenzionale e le proprietà fisiche dell'acqua, nonché il numero di giorni di ogni mese, si otterranno i fabbisogni di acqua calda sanitaria, come mostrato precedentemente.

Qualora non si stia effettuando una certificazione energetica o un calcolo standard di progetto, ma si abbiano dati differenti sull'utilizzo dell'acqua calda sanitaria e sulle temperature di erogazione, sarà ovviamente cura del progettista adeguare i dati riportati in tabella sulla base:

- degli effettivi fabbisogni specifici (si pensi ad esempio al caso di negozi quali macellerie o pescherie, che hanno certamente fabbisogni di ACS più alti di quanto suggerito nella tabella);
- dell'effettivo parametro specifico di ogni destinazione d'uso (si pensi ad esempio agli hotel, che non hanno un numero di utenti continuo in tutti i periodi dell'anno, per i quali è il caso di parlare di numero di pernottamenti in luogo di numero di letti, dato che può essere fornito dall'hotel stesso, se esistente, o dalle stime degli investitori, se in progetto);
- del numero effettivo di giorni in cui è presente il fabbisogno (si pensi agli uffici chiusi durante i periodi di ferie, piuttosto che le scuole chiuse in diversi periodi a seconda dell'età degli studenti);
- delle temperature in ingresso al circuito e delle temperature di erogazione, le prime disponibili sulle pubblicazioni comunali o rilevabili in campo, mentre le seconde derivano dall'utenza (adulti/bambini/anziani/sportivi) e da scelte progettuali legate al tipo di impianto.

#### **4.2. I fabbisogni energetici per altri usi**

Nel caso di stima dei consumi effettivi o di diagnosi energetica (non nel caso di certificazione energetica o valutazioni di progetto), la specifica tecnica fornisce dei valori tabulati per i fabbisogni di energia giornalieri a fini della cottura dei cibi, pari a:

- per abitazioni fino a 50 m<sup>2</sup>, 4 kWh/G;
- per abitazioni tra 50 e 120 m<sup>2</sup>, 5 kWh/G;
- per abitazioni oltre 120 m<sup>2</sup>, 6 kWh/G.

Il fine è quello di poter sottrarre ai consumi effettivi rilevati da quelli non attinenti ai due usi contemplati dalla norma stessa, cioè riscaldamento e produzione acqua calda sanitaria. Questi consumi ai fini di cottura si intendono in energia finale, quindi nel caso di utilizzo di combustibili fossili il consumo di combustibile si ottiene dividendo il valore del prospetto per il potere calorifico inferiore del combustibile.

Nel caso di energia elettrica il fabbisogno di energia primaria si ottiene moltiplicando i valori del prospetto per il fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria.

Ovviamente anche in questo caso, qualora si abbiano dati più attendibili, è possibile valutare diversamente i consumi da cottura. Si pensi ad una famiglia non numerosa in una casa grande, piuttosto che alla potenza dei fuochi installati (desumibile da scheda tecnica), nonché alle moderne piastre ad induzione elettromagnetica che cuociono in maniera più efficiente. Altro caso è quello delle destinazioni d'uso non residenziali, i cui consumi di cottura, se presenti, vanno valutati caso per caso, e che in secondo luogo possono avere consumi di energia in bolletta diversi dai fini di produzione di acqua calda sanitaria o riscaldamento (impianti asserviti alla produzione).

## 5. La procedura di calcolo dei fabbisogni di energia primaria

### 5.1. Criteri, metodi e finalità di calcolo

Per procedere al calcolo del fabbisogno di energia primaria, tramite il calcolo dei rendimenti e delle perdite, si considera il sistema termico suddiviso in sottosistemi. Ne consegue che anche il rendimento medio stagionale dell'impianto termico dipende dal rendimento e dalle perdite dei singoli sottosistemi che lo compongono.

Per ciascun sottosistema, indicato genericamente con il pedice "x", si deve effettuare perciò il seguente bilancio termico:

$$Q_{in,x} = Q_{out,x} + (Q_{l,x} - Q_{lrh,x}) - Q_{aux,lrh,x} \quad (6)$$

dove:

- $Q_{in,x}$  [Wh] il fabbisogno di energia richiesto in ingresso del sottosistema, pari a quello in uscita dal sottosistema precedente;
- $Q_{out,x}$  [Wh] è l'energia utile da fornire in uscita al sottosistema successivo, fino all'ambiente interno;
- $Q_{l,x}$  [Wh] sono le perdite del sottosistema;
- $Q_{lrh,x}$  [Wh] sono le perdite recuperate del sottosistema, da sottrarsi al totale delle perdite per determinare le perdite non recuperabili;
- $Q_{aux,lrh,x}$  [Wh] energia termica recuperata dagli ausiliari elettrici, quale quota percentuale sul totale dei consumi elettrici del sottosistema stesso.

Questo bilancio termico non considera fattori di conversione in energia primaria. La conversione in energia primaria è effettuata per il sistema nel suo complesso, tramite sommatoria degli utilizzi di ogni singolo vettore energetico (ad es. elettricità, metano, ma anche fonti rinnovabili, ecc.) e quindi la moltiplicazione di tale somma per l'opportuno fattore di conversione in energia primaria. Il dato ottenuto è utilizzato per determinare il rendimento globale medio stagionale del sistema termico.

Per quantificare i rendimenti (o le perdite) dei sottosistemi, sono previsti due diversi metodi:

- utilizzo di valori precalcolati in funzione della tipologia del sottosistema e di uno o più parametri caratteristici, disponibili in forma tabulare nella UNI/TS 11300-2:2008;
- utilizzo di passaggi analitici, anch'essi descritti nella UNI/TS 11300-2:2008.

Quando si utilizzano i valori di rendimento precalcolati forniti dai prospetti, non si considerano recuperi di energia (termica o elettrica). Questi sono infatti già computati all'interno dei prospetti stessi.

Ciononostante, ai fini della determinazione del fabbisogno globale di energia primaria, i fabbisogni di energia elettrica devono essere calcolati separatamente e concorrere al calcolo del rendimento globale medio stagionale.

L'adozione dei due metodi dipende dalla complessità e dall'obiettivo delle valutazioni di calcolo che si stanno eseguendo.

I sistemi di riscaldamento e i sistemi di produzione acqua calda sanitaria possono essere alimentati con:

- energia primaria contenuta in combustibili fossili, quali metano o gasolio;
- energie alternative o rinnovabili, quali sistemi solari termici o sistemi solari fotovoltaici;
- un mix di energia primaria proveniente da combustibili fossili e di energie rinnovabili.

Nei tre casi la procedura di calcolo è identica sino al punto di immissione dell'energia termica utile nel sottosistema di distribuzione. Occorre poi ripartire il fabbisogno di energia utile tra i sottosistemi di generazione disponibili. Per quanto riguarda i sistemi alimentati da fonti rinnovabili, le pompe di calore, le caldaie a biomassa e i sistemi di cogenerazioni è in corso di preparazione la norma UNI/TS 11300-4.

L'impianto di riscaldamento, per il calcolo del fabbisogno di energia primaria, è suddiviso in:

- sottosistema di emissione;
- sottosistema di regolazione dell'emissione di calore in ambiente;
- sottosistema di distribuzione;
- sottosistema di accumulo, se presente;
- sottosistema di generazione.

L'impianto di produzione di acqua calda sanitaria è suddiviso in:

- sottosistema di erogazione;
- sottosistema di distribuzione;
- sottosistema di accumulo, se presente;
- sottosistema di generazione.

Nel caso di sistemi centralizzati si procede dapprima alla valutazione del fabbisogno di energia utile per ogni singola utenza (es. appartamento), valutandone poi il recupero dal sistema di acqua calda sanitaria per pervenire al fabbisogno di energia utile netto.

A ciascuno di questi andrà applicato il calcolo delle perdite dovute al sistema di emissione e di regolazione, in modo da pervenire al fabbisogno di energia effettivo.

La somma dei fabbisogni di energia effettivi sarà quindi applicata all'impianto di distribuzione complessivo dell'edificio. Questo processo permette di applicare i rendimenti di distribuzione e di generazione alle parti comuni dell'utenza del sistema centralizzato.

Ciò equivale a considerare che le singole unità immobiliari prelevino energia termica utile dalla rete centralizzata con perdite di distribuzione e di generazione determinate dal sistema di fornitura del calore dalla rete centralizzata.

Il calcolo si configura quindi nei seguenti passi:

- 1) calcolo del fabbisogno di acqua calda sanitaria di ciascuna unità immobiliare  $i$ -esima;
- 2) calcolo del fabbisogno di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria per ogni unità immobiliare  $i$ -esima;
- 3) calcolo del recupero di energia dal sistema di acqua calda sanitaria;
- 4) calcolo del fabbisogno di energia utile netto, sottraendo il recupero di energia termica del sistema di acqua calda sanitaria;
- 5) calcolo del fabbisogno di energia effettivo della singola unità immobiliare  $i$ -esima:

$$Q_{hr,i} = Q'_{h,i} + Q_{l,e,i} + Q_{l,rg,i} \quad (7)$$

dove:

$Q_{hr,i}$  è il fabbisogno di energia termica in ingresso all' $i$ -esima unità immobiliare;

$Q'_{h,i}$  è il fabbisogno netto di energia termica dell' $i$ -esima unità immobiliare;

$Q_{l,e,i}$  sono le perdite di emissione dell' $i$ -esima unità immobiliare;

$Q_{l,rg,i}$  sono le perdite di regolazione dell' $i$ -esima unità immobiliare;

- 6) calcolo del fabbisogno di energia primaria dell' $i$ -esima unità immobiliare, dato da:

$$Q_{p,H,i} = Q_{hr,i} / (\eta_d \times \eta_{gn}) \quad (8)$$

dove:

$Q_{p,H,i}$  è il fabbisogno di energia primaria calcolato per l' $i$ -esima unità immobiliare;

$Q_{hr,i}$  è il fabbisogno di energia termica fornito in ingresso all' $i$ -esima unità immobiliare;

$\eta_d$  è il rendimento del sottosistema di distribuzione dell'impianto centralizzato, eguale per tutte le unità immobiliari;

$\eta_{gn}$  è il rendimento del sottosistema di generazione dell'impianto centralizzato, eguale per tutte le unità immobiliari;

- 7) calcolo del fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento degli ambienti complessivo dell'edificio, somma dei fabbisogni i-esimi delle singole unità immobiliari.

## 5.2. Calcolo del fabbisogno di energia primaria: formulazione generale

Il calcolo del fabbisogno di energia primaria permette di valutare il fabbisogno dei diversi fabbisogni di vettori energetici (combustibili, elettricità, ecc.) di un edificio e di sommarli tra loro correttamente in funzione del loro coefficiente di conversione in energia primaria.

Ai fini della UNI/TS 11300-2:2008 si considerano i fabbisogni di energia primaria derivanti dal riscaldamento degli ambienti interni e dalla produzione di acqua calda sanitaria.

Considerando un determinato periodo di tempo (mese, stagione, giorno, ecc.), il fabbisogno di energia primaria si esprime con la seguente relazione:

$$Q_{p,H,W} = \sum (Q_{H,c,i} + Q_{W,c,i}) \times f_{p,i} + Q_{H,aux} + Q_{W,aux} + Q_{INT,aux} - Q_{el,exp} \times f_{p,el} \quad (9)$$

dove:

$Q_{p,H,W}$  [Wh] è il fabbisogno di energia primaria complessivo, per il riscaldamento degli ambienti e per la produzione di acqua calda sanitaria;

$Q_{H,c,i}$  [Wh] è il fabbisogno di energia per riscaldamento ottenuto dall'i-esimo vettore energetico (combustibili, energia elettrica, ecc.);

$Q_{W,c,i}$  [Wh] è il fabbisogno di energia per acqua calda sanitaria ottenuto dall'i-esimo vettore energetico (combustibili, energia elettrica, ecc.).

$f_{p,i}$  [-] è il fattore di conversione in energia primaria del i-esimo vettore energetico;

$Q_{H,aux}$  [Wh] è il fabbisogno di energia elettrica per ausiliari degli impianti di riscaldamento;

- $Q_{W,aux}$  [Wh] è il fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di produzione acqua calda sanitaria;
- $Q_{INT,aux}$  [Wh] è il fabbisogno di energia elettrica per ausiliari di eventuali sistemi che utilizzano energie rinnovabili e di cogenerazione
- $Q_{el,exp}$  [Wh] è l'energia elettrica esportata dal sistema (da solare fotovoltaico, cogenerazione);
- $f_{p,el}$  [-] è il fattore di conversione in energia primaria dell'energia ausiliaria elettrica.

Ovviamente, nel caso di impianti solo di riscaldamento o di sola acqua calda sanitaria si considerano solo i termini relativi al sistema presente nell'edificio.

In generale i termini di energia finale sono dati:

- nel caso di combustibili dalla quantità utilizzata moltiplicata per il potere calorifico inferiore;
- nel caso di energia elettrica dalla quantità utilizzata.

Inoltre, i termini  $Q_{INT,aux}$  e  $Q_{el,exp}$  non sono calcolabili con la norma UNI/TS 11300-2, ma lo saranno con la norma UNI/TS 11300-4, prevista nel primo semestre del 2011. Allo stesso modo non sono specificati i fattori di conversione in energia primaria relativi a biomasse, teleriscaldamento, fotovoltaico e solare termico.

Per quanto riguarda la norma UNI/TS 11300-2 si utilizzano i seguenti fattori di conversione in energia primaria:

- nel caso di combustibili,  $f_p = 1$ ;
- nel caso di energia elettrica,  $f_p = 2,17$  <sup>(6)</sup>.

### 5.3. *Periodo ed intervalli di calcolo*

Il periodo di calcolo determina il numero di giorni da considerare ai fini del riscaldamento degli ambienti. Per l'acqua calda sanitaria si considerano generalmente 365 giorni. L'anno è quindi suddiviso in due periodi:

---

<sup>(6)</sup> Valore deliberato dall'AEEG con la delibera EEN 3/2008 quale  $0,187 \times 10^{-3}$  tep/kWh<sub>e</sub>, che corrisponde appunto a  $2,17481 \text{ kWh}_{\text{primari}}/\text{kWh}_e$ , nonché ad una efficienza del sistema elettrico nazionale pari a  $\eta_{sen} = 0,45981$ .

- il periodo *invernale*, dove è possibile la contemporaneità del riscaldamento e della produzione di ACS;
- il periodo *estivo*, dove vi è la sola esigenza di ACS.

Determinati i periodi estivo ed invernale, questi a loro volta sono suddivisi in intervalli di durata massima mensile, ma anche più brevi. I calcoli vengono eseguiti intervallo per intervallo e, sommando i fabbisogni di tutti gli intervalli scelti, si ottiene il fabbisogno totale annuo.

Per quanto riguarda il periodo di calcolo del riscaldamento, questo varia in funzione del tipo di valutazione che si sta effettuando, secondo quanto riportato nella seguente tabella. In ogni caso, qualora sia richiesto di ricorrere ad un metodo di calcolo semplificato, si assume come periodo di calcolo la stagione di riscaldamento per la climatizzazione invernale e l'anno per l'acqua calda sanitaria.

**Tab. 3** – Durata del periodo di riscaldamento al variare della valutazione da applicare

Tipo di valutazione	Valutazioni di calcolo			Valutazioni basate sui consumi
	Valutazioni di progetto	Valutazioni standard	Valutazioni in condizioni effettive di utilizzo	
<b>Modalità di determinazione dei consumi energetici</b>	Determinazione del fabbisogno energetico			Rilievo dei consumi con modalità standard
<b>Denominazione delle valutazioni energetiche</b>	Valutazioni di progetto	Valutazioni standard	Valutazioni in condizioni effettive di utilizzo	Valutazioni in condizioni effettive di utilizzo
<b>Periodi di calcolo riscaldamento</b>	Durata della stagione di riscaldamento <sup>(7)</sup> , considerando l'impianto funzionante in continuo	Durata della stagione di riscaldamento, considerando l'impianto funzionante in continuo	Durata effettiva del riscaldamento	Durata effettiva del riscaldamento

<sup>(7)</sup> La durata del periodo di riscaldamento è stabilita dal d.P.R. 412/1993 e si differenzia per zona climatica. Il territorio nazionale è suddiviso in sei zone climatiche in funzione dei gradi-giorno (GG):

- *Zona A*: comuni che presentano un numero di GG non superiore a 600;
- *Zona B*: comuni che presentano un numero di GG maggiore di 600 e non superiore a 900;
- *Zona C*: comuni che presentano un numero di GG maggiore di 900 e non superiore a 1.400;

#### 5.4. *Perdite recuperabili ed energia ausiliaria*

Per ogni sottosistema si determinano le perdite del sottosistema stesso, le quali possono essere di due tipi:

- non recuperabili, che devono essere comunque considerate perse senza possibilità di recupero;
- perdite recuperabili, che, a seconda della situazione, possono essere perse oppure recuperate.

È possibile considerare le perdite in due modi, a seconda del tipo di valutazione che si sta effettuando:

- riducendo le perdite di ogni sottosistema delle perdite recuperate dal sottosistema stesso;
- riducendo il fabbisogno di energia termica utile di tutto il sistema con una quota eguale alle perdite recuperate.

In questo ultimo caso si assume un fattore pari a 0,8 per passare dalle perdite recuperabili alle perdite recuperate e si ha quindi:

$$Q_{lrh} = 0,8 Q_{lrr} \quad (10)$$

dove:

$Q_{lrh}$  [Wh] sono le perdite effettivamente recuperate;  
 $Q_{lrr}$  [Wh] sono le perdite recuperabili.

- *Zona D*: comuni che presentano un numero di GG maggiore di 1.400 e non superiore a 2.100;
- *Zona E*: comuni che presentano un numero di GG maggiore di 2.100 e non superiore a 3.000;
- *Zona F*: comuni che presentano un numero di GG maggiore di 3.000.  
L'esercizio degli impianti termici è consentito con i seguenti limiti massimi relativi al periodo annuale di esercizio dell'impianto termico ed alla durata giornaliera di attivazione:
  - *Zona A*: ore 6 giornaliere dal 1° dicembre al 15 marzo;
  - *Zona B*: ore 8 giornaliere dal 1° dicembre al 31 marzo;
  - *Zona C*: ore 10 giornaliere dal 15 novembre al 31 marzo;
  - *Zona D*: ore 12 giornaliere dal 1° novembre al 15 aprile;
  - *Zona E*: ore 14 giornaliere dal 15 ottobre al 15 aprile;
  - *Zona F*: nessuna limitazione.

Ad esempio quindi in *Zona E* si ha un periodo di riscaldamento di 183 giorni. Per la *zona F* nessuna limitazione è posta per l'esercizio degli impianti termici, ma l'art. 8. del d.P.R. 412/1993 fissa il periodo di riscaldamento ai fini del calcolo in 200 giorni a partire dal 5 di ottobre, senza che ciò determini alcuna limitazione dell'effettivo periodo annuale di esercizio.

Il calcolo proposto nella formula precedente è valido sia per valutazioni standard (e dunque per la certificazione energetica) che nel caso di valutazioni di massima.

Per valutazioni di progetto o valutazioni in condizione di effettivo utilizzo, se si sta effettuando un calcolo di fabbisogno, è da considerare che la perdita di ogni sottosistema sia dedotta direttamente dalle perdite recuperate dal sottosistema stesso.

L'energia ausiliaria, generalmente sotto forma di energia elettrica, è utilizzata per l'azionamento dei componenti meccanici ed elettronici dei sistemi termici, quali pompe, valvole, ventilatori e sistemi di regolazione e controllo. Una quota dell'energia ausiliaria può essere recuperata come energia termica utile, costituendo quindi una riduzione al fabbisogno di calore. Per esempio, l'energia meccanica fornita all'aria da un ventilatore si trasforma in calore nel fluido termovettore, diminuendo il fabbisogno del sistema ad esso associato (es. emissione e ventilconvettore, produzione e riscaldamento ad aria).

### 5.5. *Rendimento globale medio stagionale*

Il rendimento globale medio stagionale può riguardare:

- il solo impianto di riscaldamento;
- il solo impianto di acqua calda sanitaria;
- entrambi gli impianti.

Il rendimento medio stagionale dell'impianto di riscaldamento si calcola con la relazione:

$$\eta_{g,H} = Q_h / Q_{p,H} \quad (11)$$

dove:

- $\eta_{g,H}$  [-] è il rendimento medio stagionale dell'impianto di riscaldamento;
- $Q_h$  [Wh] è il fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento;
- $Q_{p,H}$  [Wh] è il fabbisogno di energia primaria per riscaldamento.

Il rendimento globale medio stagionale dell'impianto di acqua calda sanitaria si calcola con la relazione:

$$\eta_{g,W} = Q_{h,W} / Q_{p,W} \quad (12)$$

dove:

$\eta_{g,W}$  [-] è il rendimento medio stagionale dell'impianto di acqua calda sanitaria;

$Q_{h,W}$  [Wh] è il fabbisogno di energia termica utile per acqua calda sanitaria;

$Q_{p,W}$  [Wh] è il fabbisogno di energia primaria per acqua calda sanitaria.

Il rendimento globale medio stagionale complessivo (perché considera sia il riscaldamento che la produzione di ACS) è dato dalla relazione:

$$\eta_{g,H,W} = (Q_h + Q_{h,W}) / Q_{p,H,W} \quad (13)$$

dove:

$\eta_{g,H,W}$  [-] è il rendimento globale medio stagionale per ACS e riscaldamento;

$Q_h$  [Wh] è il fabbisogno di energia termica utile per riscaldamento;

$Q_{h,W}$  [Wh] è il fabbisogno di energia termica utile per ACS;

$Q_{p,H,W}$  [Wh] è il fabbisogno di energia primaria per riscaldamento ed ACS.

## 6. Rendimenti e perdite dei sottosistemi degli impianti di riscaldamento

### 6.1. Sottosistema di emissione

Il rendimento di emissione  $\eta_e$  è influenzato dalla configurazione del singolo locale riscaldato, in particolare dalla sua altezza. Si riportano i valori dei rendimenti di emissione per locali con altezza netta interna fino a 4 m, tra 4 m e 6 m, tra 6 m e 10 m, tra 10 m e 14 m.

In generale, se non espressamente detto, i rendimenti di emissione non considerano i fabbisogni elettrici connessi al loro funzionamento, come ad esempio nel caso di bocchette ad aria calda (caso in cui i fabbisogni siano attribuiti al sistema di distribuzione o di pro-

duzione) o nel caso dei ventilconvettori. I generatori ad aria calda vanno opportunamente trattati, assegnando l'energia ausiliaria al sistema di produzione.

Per determinare il rendimento di emissione, è necessario prima procedere al calcolo del carico termico medio annuo dell'impianto di riscaldamento. Questo è espresso in  $W/m^3$  ed 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 <sup>(8)</sup>, espresso in ore h, e per il volume lordo riscaldato del locale o della zona espresso in metri cubi  $m^3$ .

Per quanto riguarda i locali di grande altezza, cioè quelli maggiori di 4 m, i valori riportati in tabella si riferiscono a installazione a perfetta regola d'arte. Qualora sussistano dubbi al riguardo, si deve ricorrere ai metodi forniti dalla norme pertinenti (per esempio UNI EN 15316-2-1, la UNI EN 442 per i radiatori, la UNI EN 14037 per le strisce radianti, la UNI EN 1264 per i pannelli radianti, ecc.), con o senza contestuali misure in campo.

Esempi di installazione a regola d'arte sono i seguenti:

- 1) in presenza di strisce radianti, siano installati apparecchi rispondenti alla UNI EN 14037 e sia garantita una buona tenuta all'aria dell'involucro e della copertura (in particolare) dello spazio riscaldato;
- 2) in presenza di pannelli radianti, si sia verificato che i sistemi sono dimensionati e installati secondo la UNI EN 1264-3 e la UNI EN 1264-4;
- 3) in presenza di generatori ad aria calda, occorre che:
  - a) si consideri in condizione di progetto un salto termico  $<30\text{ }^\circ\text{C}$ ;
  - b) l'apparecchio sia dotato di regolazione modulante o alta bassa fiamma, con ventilatore funzionante in continuo;
  - c) i generatori pensili siano installati ad un'altezza non maggiore di 4 m;
  - d) qualora siano presenti impianti canalizzati, le bocchette di ripresa dell'aria siano in posizione non maggiore di 1 m dal suolo o dal livello del pavimento;
  - e) sia garantita una buona tenuta all'aria dell'involucro e della copertura (in particolare) dello spazio riscaldato.

---

<sup>(8)</sup> Vedi nota precedente.

In mancanza delle condizioni sopra elencate il rendimento di emissione deve essere calcolato.

In caso di locali a grande altezza, la presenza di destratificatori, utili in presenza di carichi termici elevati ed ambienti alti, può migliorare il rendimento di emissione in alcuni punti dell'ambiente interno. È quindi possibile considerare diversamente i valori riportati in tabella.

Per determinare tramite rilievi sul campo o tramite elaborazione il rendimento di emissione in locali di altezza maggiore di 4 m, è possibile effettuare i seguenti passaggi:

- dividere lo spazio riscaldato in strisce orizzontali della stessa altezza;
- procedere alla misura della temperatura dell'aria ambiente al centro di ogni striscia;
- valutare le dispersioni di ogni singola striscia, trattandola come singola zona riscaldata alla temperatura reale rilevata, utilizzando la procedura riportata nella UNI EN ISO 13790:2008 o nella UNI/TS 11300-1:2008;
- sommare i contributi delle singole strisce per ottenere la perdita totale  $Q$  [Wh] dello spazio riscaldato nelle condizioni reali;
- utilizzare la stessa procedura per calcolare l'energia dispersa  $Q_{ht}$  [Wh] per trasmissione dello spazio riscaldato ad una temperatura uniforme di 20 °C;
- effettuare il rapporto  $Q_{ht} / Q$  per ottenere il valore del rendimento di emissione per la condizione rilevata (o supposta).

**Tab. 4** – Rendimenti di emissione precalcolati, per locali di diversa altezza

Tipo di terminale di erogazione	Carico termico (W/m <sup>3</sup> )											
	<4				4-10				>10			
	Altezza del locale (m)											
	<4	6	10	14	<4	6	10	14	<4	6	10	14
Rendimento di emissione $\eta_e$												
Radiatori su parete esterna isolata	0,95	- <sup>a)</sup>	-	-	0,94	-	-	-	0,92	-	-	-
Radiatori su parete interna	0,96	-	-	-	0,95	-	-	-	0,92	-	-	-
Ventilconvettori <sup>b)</sup> 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 <sup>c)</sup>	0,94	-	-	-	0,92	-	-	-	0,90	-	-	-

(segue)

Tipo di terminale di erogazione	Carico termico (W/m <sup>3</sup> )											
	<4				4-10				>10			
	Altezza del locale (m)											
	<4	6	10	14	<4	6	10	14	<4	6	10	14
Rendimento di emissione $\eta_e$												
Pannelli isolati annegato a pavimento	0,99	0,99	0,98	0,97	0,98	0,97	0,97	0,96	0,97	0,96	0,96	0,95
Pannelli non isolati annegato a pavimento <sup>d)</sup>	0,98	0,98	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,95	0,94	0,95	0,95	0,95
Pannelli annegati a soffitto	0,97	-	-	-	0,95	-	-	-	0,93	-	-	-
Pannelli a parete	0,97	-	-	-	0,95	-	-	-	0,93	-	-	-
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
Aerotermi 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

**Note**

a) I valori non presenti non sono riportati sulla norma e rappresentano casi sporadici da trattare opportunamente.

b) Il rendimento indicato è riferito ad una temperatura di mandata dell'acqua di 85 °C.  
In caso di parete riflettente, si incrementa il rendimento di 0,01.  
In presenza di parete esterna non isolata ( $U > 0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ) si riduce il rendimento di 0,04.  
Per temperatura di mandata dell'acqua =65 °C si incrementa il rendimento di 0,03.

c) I consumi elettrici non sono considerati e devono essere calcolati separatamente.

d) Per quanto riguarda i sistemi di riscaldamento ad aria calda i valori si riferiscono a impianti con:  
- griglie di ripresa dell'aria posizionate ad un'altezza non maggiore di 2,00 m rispetto al livello del pavimento;  
- 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.

e) 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. A tale scopo è possibile utilizzare la norma UNI EN 1264.

Le perdite di emissione ( $Q_{l,e}$ ), espresse in Wh, possono quindi essere calcolate come:

$$Q_{l,e} = Q'_h \times \frac{1 - \eta_e}{\eta_e} \quad (14)$$

dove:

$\eta_e$  [-] è il rendimento di emissione scelto in funzione della tipologia di terminale e delle sue condizioni di funzionamento, dalla tabella successiva o da un calcolo apposito;

$Q'_h$  [Wh] è il fabbisogno di energia termica utile netto per riscaldamento.

## 6.2. *Rendimento di regolazione*

Il rendimento di regolazione esprime la reattività dell'impianto nel regolare la potenza termica emessa dai terminali di erogazione in funzione degli apporti gratuiti e dell'inerzia termica dei terminali stessi. La sola regolazione centrale, per esempio con compensazione climatica effettuata tramite sonda di temperatura esterna, non è sufficiente per garantire un elevato rendimento di regolazione, in quanto non considerando le temperature interne, non consente un adeguato recupero degli apporti gratuiti. I dati riportati nella tabella successiva considerano il rendimento di regolazione in funzione del locale più sfavorito.

In ogni caso il rendimento di regolazione può essere migliorato considerando il comportamento medio dei locali più sfavoriti e di quelli più favoriti <sup>(9)</sup>.

---

<sup>(9)</sup> Per effettuare valutazioni sul rendimento di regolazione è possibile anche utilizzare le norme:

- UNI EN 12098-1:1998 Regolazioni per impianti di riscaldamento – Dispositivi di regolazione in funzione della temperatura esterna per gli impianti di riscaldamento ad acqua calda.
- UNI EN 12098-3:2004 Regolazioni per impianti di riscaldamento – Dispositivi di regolazione in funzione della temperatura esterna per gli impianti elettrici di riscaldamento.
- UNI EN 15500:2008 Regolazione per le applicazioni di riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria (HVAC) – Regolatori elettronici di singola zona.
- UNI EN 15232:2007 Prestazione energetica degli edifici – Incidenza dell'automazione, della regolazione e della gestione tecnica degli edifici.

**Tab. 5** – Metodologia per le determinazione del rendimento di regolazione

Tipo di valutazione	Valutazioni di calcolo			Valutazioni basate sui consumi
<b>Modalità di determinazione dei consumi energetici</b>	Determinazione del fabbisogno energetico			Rilievo dei consumi con modalità standard
<b>Denominazione delle valutazioni energetiche</b>	Valutazioni di progetto	Valutazioni standard	Valutazioni in condizioni effettive di utilizzo	Valutazioni in condizioni effettive di utilizzo
<b>Rendimento di regolazione</b>	Da dati tabellari	Da dati tabellari	Ottenuti da valutazioni <i>ad hoc</i> sull'utilizzo degli apporti gratuiti, effettive condizioni di esercizio	Ottenuti da valutazioni <i>ad hoc</i> sull'utilizzo degli apporti gratuiti, effettive condizioni di esercizio

La tabella successiva riporta i rendimenti di regolazione precalcolati per le valutazioni di progetto o per valutazioni standard, così come proposti dalla norma UNI/TS 11300-2.

**Tab. 6** – Rendimenti di regolazione precalcolati, per diversi sistemi di regolazione

Tipo di regolazione	Caratteristiche	Sistemi a bassa inerzia termica	Sistemi ad elevata inerzia termica	
		Radiatori, convettori, ventilconvettori, 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)		$1 - (0,6 \eta_{u\gamma})$	$0,98 - (0,6 \eta_{u\gamma})$	$0,94 - (0,6 \eta_{u\gamma})$
Solo ambiente con regolatore	On Off	0,94	0,92	0,88
	PI o PID	0,99	0,97	0,93
	P banda prop. 0,5 °C	0,98	0,96	0,92
	P banda prop. 1 °C	0,97	0,95	0,91
Climatica + ambiente con regolatore	P banda prop. 2 °C	0,95	0,93	0,89
	On Off	0,97	0,95	0,93
	PI o PID	0,995	0,99	0,97
	P banda prop. 0,5 °C	0,99	0,98	0,96
	P banda prop. 1 °C	0,98	0,97	0,95
	P banda prop. 2 °C	0,97	0,96	0,94

(segue)

Tipo di regolazione	Caratteristiche	Sistemi a bassa inerzia termica	Sistemi ad elevata inerzia termica	
		Radiatori, convettori, ventilconvettori, strisce radianti ed aria calda	Pannelli integrati nelle strutture edilizie e disaccoppiati termicamente	Pannelli annessi nelle strutture edilizie e non disaccoppiati termicamente
Solo zona con regolatore	On Off	0,93	0,91	0,87
	PI o PID	0,995	0,99	0,97
	P banda prop. 0,5 °C	0,99	0,98	0,96
	P banda prop. 1 °C	0,98	0,97	0,95
	P banda prop. 2 °C	0,94	0,92	0,88
Climatica + zona con regolatore	On Off	0,96	0,94	0,92
	PI o PID	0,995	0,98	0,96
	P banda prop. 0,5 °C	0,98	0,97	0,95
	P banda prop. 1 °C	0,97	0,96	0,94
	P banda prop. 2 °C	0,96	0,95	0,93

**Note**

- $\gamma$  = rapporto apporti/dispersioni, così come calcolato secondo la norma UNI/TS 11300-1:2008;
- $\eta_u$  = fattore di utilizzo degli apporti gratuiti, così come calcolato secondo la norma UNI/TS 11300-1;
- nel caso di regolazione manuale tramite impostazione del termostato di caldaia, ai soli fini di valutazione dei miglioramenti dell'efficienza energetica (tipicamente nel caso di edifici esistenti), si possono utilizzare i valori della regolazione "solo climatica" con una riduzione di 5 punti percentuali.

Le perdite del sottosistema di regolazione possono quindi essere calcolate come:

$$Q_{l,rg} = (Q'_h + Q_{l,e}) \times \frac{1 - \eta_{rg}}{\eta_{rg}} \text{ [Wh]} \quad (15)$$

dove:

$\eta_{rg}$  [-] è il rendimento di regolazione scelto dalla tabella successiva o da un calcolo apposito;

$Q'_h$  [Wh] è il fabbisogno di energia termica utile netto per riscaldamento;

$Q_{l,e}$  [Wh] sono le perdite per emissione;

$Q_{l,rg}$  [Wh] sono le perdite per regolazione.

### 6.3. Rendimento di distribuzione

Il rendimento di distribuzione può essere calcolato in modo dettagliato o determinato da dati precalcolati (utilizzabili ogniqualvolta non si abbiano dati a disposizione sul sistema di distribuzione, come nel caso di edifici esistenti). In questo secondo caso non si prevedono recuperi termici delle pompe di distribuzione: tutte le perdite recuperabili si devono considerare non recuperate, ossia la quota di recupero è uguale a zero. Questo per evitare di assegnare una efficienza maggiore al sistema di distribuzione, forzando quindi a compensare eventuali deficienze non corrette in termini di maggiore efficienza di altri componenti.

Se il sistema di distribuzione è ad aria calda, non è permesso utilizzare metodi semplificati, ma è necessario eseguire un calcolo analitico, ad esempio secondo quanto indicato nell'appendice A2 della norma UNI/TS 11300-3:2010.

I dati tabellari proposti dalla norma UNI/TS 11300-2:2008 sono riportati nella tabella seguente.

**Tab. 7** – Rendimenti di distribuzione precalcolati, per diverse configurazioni del sistema di distribuzione, con temperature di mandata-ritorno di 80-60°C

Tipologia di distribuzione	Numero di piani	Isolamento distribuzione			
		Secondo l. 10/1991 Periodo di realizzazione dopo il 1993	Discreto Periodo di realizzazione 1993-1977	Medio Periodo di realizzazione 1976-1961	Insufficiente Periodo di realizzazione prima del 1961
Impianti autonomi	-	0,990	0,980	0,969	0,958
Impianti centralizzati a distribuzione orizzontale	1-3	0,980	0,969	0,958	0,947
	> 3	0,990	0,980	0,969	0,958
Impianti centralizzati	Numero di piani	Isolamento distribuzione nel cantinato			
		Legge 10/1991 Periodo di realizzazione dopo il 1993	Discreto Periodo di realizzazione 1993-1977	Medio Periodo di realizzazione 1976-1961	Insufficiente Periodo di realizzazione prima del 1961
Montanti in traccia nei paramenti interni, isolati secondo l. 10/1991. Periodo di costruzione: dopo il 1993	1	0,936	-	-	-
	2	0,947	-	-	-
	3	0,958	-	-	-
	4	0,969	-	-	-
	5 o più	0,980	-	-	-

(segue)

<b>Montanti in traccia nei paramenti interni o nell'intercapedine Isolamento leggero, periodo di costruzione: 1993-1977</b>	1	0,908	0,880	0,868	0,856
	2	0,925	0,913	0,901	0,889
	3	0,939	0,927	0,917	0,904
	4	0,949	0,938	0,927	0,915
	5 o più	0,955	0,943	0,934	0,922
<b>Montanti correnti nell'intercapedine . Senza isolamento Periodo di costruzione: prima del 1976</b>	1	0,901	0,876	0,851	0,824
	2	0,913	0,925	0,901	0,876
	3	0,925	0,936	0,913	0,889
	4	0,936	0,936	0,913	0,901
	5 o più	0,947	0,947	0,925	0,913
<b>Note</b> I valori in tabella sono calcolati con distribuzione con temperatura variabile, con temperature di mandata e ritorno di progetto di 80°C/60°C.					

**Tab. 8** – Rendimenti di distribuzione corretti, per temperature di mandata-ritorno minori di 80-60°C

Temperature di mandata e ritorno di progetto	Rendimento di distribuzione corretto	Tipologia dell'impianto
70/55	$1 - (1 - \eta) \times 0,85$	Impianto a radiatori a temperatura variabile
55/45	$1 - (1 - \eta) \times 0,60$	Impianto a ventilconvettori
30/35	$1 - (1 - \eta) \times 0,20$	Impianto a pannelli
<b>Note</b> $\eta$ è il rendimento di distribuzione ricavato dalla tabella precedente.		

In sintesi:

- per valutazioni di certificazione energetica e in mancanza di dati attendibili sul sistema di distribuzione, è possibile utilizzare i dati tabellari proposti;
- per valutazioni di progetto o di diagnosi energetica, oppure nel caso di sistemi ad aria, è necessario procedere ad un calcolo dettagliato, come quello riportato nell'appendice A della norma UNI/TS 11300-2:2008 piuttosto che rifacendosi alle comuni formule di trasmissione del calore.

Una volta ottenuto il rendimento di distribuzione, le perdite del sottosistema di distribuzione ( $Q_{l,d}$ ) in Wh possono quindi essere calcolate come:

$$Q_{l,d} = Q_{hr} \times \frac{1 - \eta_d}{\eta_d} \text{ [Wh]} \quad (16)$$

dove:

- $\eta_d$  [-] è il rendimento di distribuzione scelto dalle tabelle successive o da un calcolo apposito, se si usano le tabelle effettuare la correzione del rendimento in funzione della temperatura media del circuito;
- $Q_{hr}$  [Wh] è il fabbisogno di energia termica in ingresso all'unità immobiliare dal sistema di distribuzione, o fabbisogno di energia termica effettivo per il riscaldamento (corrisponde al fabbisogno di energia termica netto per il riscaldamento cui sono state sommate le perdite di emissione e di regolazione).

#### 6.4. Perdite di accumulo

Qualora il sistema di riscaldamento sia dotato di accumulo, occorre calcolare anche le perdite termiche del sottosistema di accumulo.

Il serbatoio di accumulo può essere:

- all'interno del generatore di calore (in questo caso le perdite di accumulo sono comprese nelle perdite di produzione dell'apparecchio);
- all'esterno del generatore di calore (in questo secondo caso il serbatoio è collegato al generatore di calore mediante tubazioni e pompa di circolazione).

Nel secondo caso si hanno:

- perdite del serbatoio;
- perdite del circuito di collegamento generatore-serbatoio.

Le perdite di accumulo  $Q_{l,H,s}$  si calcolano considerando la superficie disperdente del serbatoio e la differenza tra la temperatura media della superficie e la temperatura media dell'ambiente nel quale l'accumulo è collocato. Queste possono calcolarsi con le seguenti relazioni, la prima conoscendo i dati geometrici del serbatoio e le caratteristiche dell'isolante termico (spessore, conducibilità). La seconda relazione è applicabile qualora il produttore fornisca il dato di dispersione dell'apparecchio  $k_{boll}$ . Nel caso di apparecchi elettrici, il valore delle perdite termiche nominali è desumibile dalla scheda tecnica del costruttore, calcolato secondo la CEI EN 60379.

$$Q_{l,H,s} = \frac{S_s}{d_s} \times (\theta_s - \theta_a) \times t_s \times \lambda_s \text{ [Wh]} \quad (17)$$

$$Q_{l,H,s} = k_{boll} \times (\theta_s - \theta_a) \times t_s \text{ [Wh]} \quad (18)$$

dove:

$Q_{l,H,s}$  [Wh] sono le perdite di accumulo, nel periodo considerato;  
 $S_s$  [m<sup>2</sup>] è la superficie esterna dell'accumulo, che può essere valutata come il cilindro che lo contiene senza commettere grosso errore;

$d_s$  [m] è lo spessore dello strato isolante, tipicamente 0,08-0,10 m;

$\lambda_s$  [W/(mK)] è la conduttività del materiale isolante, tipicamente attorno a 0,04 [W/(mK)];

$t_s$  [h] corrisponde alla durata del periodo di calcolo (ad esempio la stagione di riscaldamento);

$\theta_s$  [°C] è la temperatura media nell'accumulo (ad esempio la media tra l'acqua in ingresso e quella in uscita);

$\theta_a$  [°C] è la temperatura ambiente del locale dove è collocato l'accumulo;

$k_{boll}$  [W/K] valore della dispersione termica dell'apparecchio dichiarato dal costruttore.

Se il serbatoio è installato in un ambiente riscaldato le perdite si considerano tutte recuperate durante il periodo di riscaldamento, mentre durante il periodo nel quale il riscaldamento è inattivo (estivo) si considerano tutte non recuperabili.

Le perdite di accumulo recuperabili e non recuperabili si considerano presenti in tutto il periodo di funzionamento prefissato del sistema.

È possibile determinare le perdite recuperate tramite il fattore di recupero  $b_{g,H}$ , che dipende dall'ubicazione del serbatoio.

Le perdite recuperate sono date da:

$$Q_{lrh,H,s} = Q_{l,H,s} \times (1 - b_{g,H}) \text{ [Wh]} \quad (19)$$

dove:

- $b_{g,H}$  [-] è pari a 0 se il serbatoio è in ambiente riscaldato, ad 1 se il serbatoio è all'esterno dell'ambiente riscaldato;
- $Q_{l,H,s}$  [Wh] sono le perdite di accumulo, nel periodo considerato;
- $Q_{lrh,H,s}$  [Wh] sono le perdite di accumulo recuperate, nel periodo considerato.

Per quanto riguarda le perdite del circuito di collegamento serbatoio-generatore di calore si procede nel seguente modo:

- se la distanza tra serbatoio e generatore  $\leq 5$  m e le tubazioni di collegamento sono isolate, le perdite per distribuzione primaria si considerano trascurabili;
- se la distanza tra serbatoio e generatore  $\leq 5$  m e le tubazioni di collegamento non sono isolate, le perdite per distribuzione devono essere calcolate sulla base delle temperature dell'acqua nel circuito primario;
- se la distanza tra serbatoio e generatore  $> 5$  m, le perdite per la distribuzione devono essere calcolate adeguate sulla base delle temperature dell'acqua nel circuito primario.

Le perdite recuperate del circuito di collegamento serbatoio-generatore di calore sono calcolate sulla base dell'equazione seguente:

$$Q_{lrh,H,pd} = f_{rh,H,pd} \times Q_{l,H,pd} \text{ [Wh]} \quad (20)$$

dove:

- $Q_{lrh,H,pd}$  [Wh] sono le perdite recuperate del circuito di distribuzione primaria;
- $f_{rh,H,pd}$  [-] è il fattore di recupero delle perdite di distribuzione primaria, pari a 0,5;
- $Q_{l,H,pd}$  [Wh] sono le perdite del circuito di distribuzione primaria.

In questo caso non si considera il recupero termico dovuto alle pompe di circolazione primaria, delle quali si considerano solo i fabbisogni elettrici.

### 6.5. Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione può essere destinato a fornire calore anche a utenze diverse dal riscaldamento (è l'esempio dei generatori combinati per il riscaldamento e la produzione di ACS). Gli altri usi non sono contemplati nella UNI/TS 11300-2, e nel caso di diagnosi energetiche o valutazioni in condizioni effettive di utilizzo vanno tenuti in debito conto.

Se il sistema fornisce sia riscaldamento che acqua calda sanitaria, l'energia totale che deve essere fornita dal sottosistema di generazione si calcola come:

$$Q_{p,H,W} = Q_{p,H} + Q_{p,W} \text{ [Wh]} \quad (21)$$

dove:

- $Q_{p,H}$  [Wh] è il fabbisogno per riscaldamento;
- $Q_{p,W}$  [Wh] è il fabbisogno per la produzione di ACS;
- $Q_{p,H,W}$  [Wh] è la somma del fabbisogno per riscaldamento e per la produzione di ACS.

Le perdite di generazione dipendono:

- dalle caratteristiche del generatore di calore;
- dalle modalità di inserimento del generatore nell'impianto;
- dal suo dimensionamento rispetto alla massima potenza termica dispersa dall'edificio;
- dalle modalità di installazione (interno, esterno, centrale termica);
- dalla temperatura dell'acqua (media e/o di ritorno al generatore) nelle condizioni di esercizio.

Per effetto della combinazione di tutte le variabili qui elencate, 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, che sono tipicamente desumibili dalle schede tecniche del generatore di calore.

Il rendimento si può calcolare quindi:

- tramite valori tabulari, per i generatori più comuni, in base al dimensionamento e al tipo di installazione;
- tramite metodi di calcolo più o meno raffinati.

Nel caso di valutazioni di progetto o standard è possibile utilizzare i valori tabulari solo in presenza di previste condizioni al contorno, altrimenti è necessario provvedere ad un calcolo più dettagliato. Nel caso di valutazioni in condizioni effettive di utilizzo, è opportuno non utilizzare i prospetti sotto riportati.

Se si utilizzano i valori delle tabelle seguenti, le perdite di generazione si calcolano con la formula seguente:

$$Q_{l,gn} = (Q_{hr} + Q_{l,d}) \times \frac{1 - \eta_{gn}}{\eta_{gn}} \text{ [Wh]} \quad (22)$$

dove:

- $Q_{l,gn}$  [Wh] sono le perdite di generazione;  
 $Q_{hr}$  [Wh] è il fabbisogno effettivo di riscaldamento (fabbisogno netto + perdite di erogazione + perdite di regolazione);  
 $Q_{l,d}$  [Wh] sono le perdite di distribuzione;  
 $\eta_{gn}$  [-] è il rendimento di generazione.

Si riportano i rendimenti precalcolati dalla norma UNI/TS 11300-2:2008 nelle seguenti tabelle. L'utilizzo delle tabelle prevede l'applicazione, a partire da un valore iniziale, di sette diversi fattori di correzione F, indicati da F1 a F7. Si riporta la legenda con il significato di ciascun fattore.

Legenda dei fattori di correzione	
Fattore	Significato
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
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

<b>Generatori di calore atmosferici tipo B classificati ** (2 stelle)</b>						
Valore di base %	F1			F2	F3	F4
	1	2	4			
90	0	-2	-6	-9	-2	-2
<b>Note</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Per generatori antecedenti al 1996 valore di base 84.</li> <li>- Per generatori classificati * (1 stella) valore di base 88.</li> <li>- 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 &lt;65 °C.</li> </ul>						

<b>Generatori di calore a camera stagna tipo C per impianti autonomi classificati *** (3 stelle)</b>					
Valore di base %	F1			F2	F4
	1	2	4		
93	0	-2	-5	-4	-1
<b>Note</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 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 &lt;65 °C.</li> </ul>					

<b>Generatori di calore a gas o gasolio, bruciatore ad aria soffiata o premiscelati, modulanti, classificati ** (2 stelle)</b>							
Valore di base %	F1			F2	F4	F5	F6
	1	1,25	1,5				
90	0	-1	-2	-1	-1	-1	-2
<b>Note</b>							
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Per generatori antecedenti al 1996 valore di base 86.</li> <li>- Per generatori classificati * (1 stella) valore di base 88.</li> <li>- 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 &lt;65 °C.</li> </ul>							

<b>Generatori di calore a gas a condensazione **** (4 stelle)</b>										
$\Delta T$ fumi - acqua di ritorno a Pn	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
12-24 °C	101	0	0	0	-1	-3	0	-2	-3	-4
> 24 °C	99	0	0	0	-1	-2	0	-1	-2	-3
<b>Note</b>										
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 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), <math>\Delta T</math> finale acqua ritorno/fumi per classi &lt;12, da 12 fino a 24, oltre 24 °C a potenza nominale.</li> <li>- Nel caso di installazione di caldaia a condensazione con accumulo in esterno, il fattore di correzione F2 è pari a -3.</li> </ul>										

<b>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</b>				
Valore di base %	F1			F2
	1	1,3	1,5	
90	0	0	0	-3
<b>Note</b> Il valore base di rendimento non cambia in funzione dal valore F1 perché con generatore fermo il bruciatore è spento e lo scambiatore del generatore è a temperatura ambiente.				

<b>Rendimenti convenzionali dei generatori ad aria calda</b>		
Tipo di generatore	Valore di base %	Riduzione per installazione all'esterno
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 di aria calda a gas o gasolio, bruciatore ad aria soffiata o premiscelato, funzionamento bistadio o modulante. Generatori di 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 di aria calda a gas a condensazione regolazione modulante aria gas.	100	1
<b>Nota</b> Utilizzabili in assenza di dati più precisi, valori convenzionali del rendimento dei generatori ad aria calda.		

## 6.6. Rendimento di un sottosistema

Qualora sia necessario valutare nel dettaglio il rendimento di un sottosistema, per esempio nel caso di rifacimento parziale di un sistema di riscaldamento, per tutti i sottosistemi ad eccezione di quello di generazione, è possibile calcolare il rendimento medio stagionale  $\eta_{X,y}$  mediante la seguente formula:

$$\eta_{X,y} = \frac{Q_{X,y,out}}{Q_{X,y,in} + f_{p,el} \times Q_{X,y,aux}} \quad (23)$$

dove:

$Q_{X,y,out}$  [Wh] è l'energia termica utile fornita in uscita dal sottosistema y per il servizio X (per esempio, per il sottosistema di distribuzione del riscaldamento  $Q_{H,d,out}$ );

$Q_{X,y,in}$  [Wh] è l'energia termica utile richiesta in ingresso dal sottosistema, per fornire energia al sottosistema successivo;

- $f_{p,el}$  [-] è il fattore di conversione in energia primaria dell'energia ausiliaria elettrica, pari a  $2,17 \text{ kWh}_p/\text{kWh}_e$  <sup>(10)</sup>;
- $Q_{X,y,aux}$  [Wh] è l'energia elettrica degli ausiliari del sottosistema y per il servizio X (per esempio, la pompa di circolazione del sistema di distribuzione).

Il rendimento medio globale del sottosistema di generazione con combustibili fossili si calcola come:

$$\eta_{X,y} = \frac{Q_{X,gn,out}}{Q_{X,gn,in} + f_{p,el} \times Q_{X,y,aux}} \quad (24)$$

dove:

- $Q_{X,gn,out}$  [Wh] è l'energia termica utile richiesta in uscita dal sistema di generazione, per fornire energia al sottosistema successivo (ad esempio il calore fornito al fluido termovettore del sistema di distribuzione);
- $Q_{X,gn,in}$  [Wh] è l'energia termica fornita dal combustibile (per esempio portata volumica di metano moltiplicata per il suo potere calorifico inferiore);
- $f_{p,el}$  [-] è il fattore di conversione in energia primaria dell'energia ausiliaria elettrica, pari a  $2,17 \text{ kWh}_p/\text{kWh}_e$  <sup>(11)</sup>;
- $Q_{X,y,aux}$  [Wh] è l'energia elettrica degli ausiliari del sottosistema y per il servizio X (per esempio, la pompa di circolazione del sistema di distribuzione).

### 6.7. *Fabbisogno di energia elettrica degli impianti di riscaldamento*

Per il suo funzionamento, un sistema di riscaldamento necessita di ausiliari elettrici, il cui fabbisogno si calcola come:

$$Q_{H,aux} = Q_{aux,e} + Q_{aux,d} + Q_{aux,gn} \quad (25)$$

---

<sup>(10)</sup> Vedi nota 6.

<sup>(11)</sup> Vedi nota 6.

dove:

$Q_{H,aux}$  [Wh] è il fabbisogno totale di energia elettrica degli ausiliari del sistema di riscaldamento;

$Q_{aux,e}$  [Wh] è il fabbisogno totale di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di emissione (ad esempio il ventilatore del ventilconvettore);

$Q_{aux,d}$  [Wh] è il fabbisogno totale di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di distribuzione (ad esempio, la pompa di circolazione);

$Q_{aux,gn}$  [Wh] è il fabbisogno totale di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di produzione (gli organi meccanici a servizio della combustione, i ventilatori per l'aria comburente, le pompe anticondensa, ecc.).

Il fabbisogno è considerato su un periodo di tempo come ad esempio la stagione di riscaldamento oppure un mese della stagione. Il fabbisogno è elettrico, e dunque deve essere convertito in energia primaria, con il relativo fattore di conversione  $f_{p,el}$ .

Questo fabbisogno può essere espresso con diversi metodi, secondo la seguente tabella.

**Tab. 9** – Metodologia per la determinazione del fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari (rif. tabella XX della UNI/TS 11300-2:2008)

Tipo di valutazione	Valutazioni di calcolo			Valutazioni basate sui consumi
<b>Modalità di determinazione dei consumi energetici</b>	Determinazione del fabbisogno energetico			Rilievo dei consumi con modalità standard
<b>Denominazione delle valutazioni energetiche</b>	Valutazioni di progetto	Valutazioni standard	Valutazioni in condizioni effettive di utilizzo	Valutazioni in condizioni effettive di utilizzo
<b>Determinazione dei consumi elettrici</b>	Da dati tabellari oppure da dati di progetto, in relazione ai dati dei componenti e alle modalità di regolazione, gestione ed esercizio previste	Da dati tabellari	Con misure sull'impianto, oppure tramite metodi di calcolo basati su parametri di riferimento	Con misure sull'impianto, oppure tramite metodi di calcolo basati su parametri di riferimento

6.7.1. *Fabbisogni elettrici del sistema di emissione*

Si riportano di seguito i riferimenti tabellari proposti dalla norma UNI/TS 11300-2.

Fabbisogni elettrici dei terminali di erogazione del calore			
Categoria di terminali	Tipologie	Fabbisogni elettrici unitari	
Terminali privi di ventilatore con emissione del calore per convezione naturale ed irraggiamento	Radiatori, convettori, strisce radianti, pannelli isolati dalle strutture pannelli annegati nelle strutture	Nulli	
Terminali di erogazione per immissione di aria calda	Bocchette e diffusori in genere	Si considerano compresi nella distribuzione dell'aria	
Terminali di erogazione ad acqua con ventilatore a bordo (emissione prevalente per convezione forzata)	Ventilconvettori, convettori ventilati, apparecchi in genere con ventilatore ausiliario	Portata d'aria [m <sup>3</sup> /h]	Potenza elettrica <sup>a)</sup> [W]
		Fino a 200 m <sup>3</sup> /h	40
		Da 200 a 400 m <sup>3</sup> /h	50
Generatori d'aria calda non canalizzati <sup>b)</sup>	Generatori pensili Generatori a basamento Roof top	Da 400 a 600 m <sup>3</sup> /h	60
		1500	90
		2500	170
		3000	250
		4000	350
	6000	700	
	8000	900	
<b>Note:</b>			
a) Valori di default da utilizzare in mancanza di dati forniti dal fabbricante.			
b) Nel caso di generatori canalizzati il fabbisogno di energia elettrica del ventilatore deve essere compreso nella distribuzione.			

Quindi, qualora siano presenti terminali dotati di ventilatore, il fabbisogno di energia elettrica nel periodo di tempo di calcolo si effettua tramite le seguenti relazioni:

- unità con il ventilatore funzionante in continuo (ad esempio generatori d'aria calda con regolazione modulante):

$$Q_{aux,e} = t_{gn} \times W_{vn} \text{ [Wh]} \quad (26)$$

dove:

$Q_{aux,e}$  [Wh] è l'energia ausiliaria per il sistema di emissione;  
 $t_{gn}$  [h] è il tempo di funzionamento dell'ausiliario nel periodo di tempo di calcolo (ad esempio  $24h/G \times 31 G = 744 h$ );

$W_{vn}$  [W] è la potenza elettrica impiegata dal ventilatore associato al sistema di emissione. Per ventilatori monovelocità di può desumere dai dati tecnici o dalla targhetta, per ventilatori dotati di inverter o selezionabili su diverse velocità è opportuno associare la potenza legata al regime di funzionamento medio nel periodo di calcolo;

- unità con arresto del ventilatore al raggiungimento della temperatura prefissata (per esempio ventilconvettori):

$$Q_{aux,e} = FC_u \times t_{gn} \times W_{vn} \text{ [Wh]} \quad (27)$$

dove:

$Q_{aux,e}$  [Wh] è l'energia ausiliaria per il sistema di emissione;  
 $t_{gn}$  [h] è il tempo di funzionamento dell'ausiliario nel periodo di tempo di calcolo (ad esempio  $24h/G \times 31 G = 744 h$ );

$W_{vn}$  [W] è la potenza elettrica impiegata dal ventilatore associato al sistema di emissione. Per ventilatori monovelocità di può desumere dai dati tecnici o dalla targhetta, per ventilatori dotati di inverter o selezionabili su diverse velocità è opportuno associare la potenza legata al regime di funzionamento medio nel periodo di calcolo;

$FC_u$  [-] è il fattore di carico utile del generatore di calore associato al sistema oggetto di analisi (approssimazione legata alla difficoltà di elaborare un fattore di carico specifico per ogni terminale in funzione del locale dove è posto).

Per effettuare il calcolo del fattore di carico utile si effettuano i seguenti passaggi:

- 1) si calcola la potenza media stagionale:

$$\Phi_{gn,avg} = Q_{gn,out} / t_{gn} \quad (28)$$

dove:

$\Phi_{gn,avg}$  [W] è la potenza termica media stagionale cui è sottoposto l'impianto di riscaldamento;

$Q_{gn,out}$  [Wh] è l'energia fornita dal sistema di generazione al sistema di distribuzione o di accumulo, nel periodo di calcolo  $t_{gn}$ ;

$t_{gn}$  [h] è il tempo di funzionamento dell'impianto di riscaldamento, pari a  $t_{gn} = 24 \times$  numero di giorni legali di riscaldamento;

- 2) si calcola il fattore di carico medio del generatore  $FC_{gn,u} = FC_u$  (del sistema di emissione, approssimato pari a quello di generazione) tramite la formula:

$$FC_{gn,u} = \Phi_{gn,avg} / \Phi_{Pn} \quad (29)$$

dove:

- $FC_{gn,u}$  [-] è il fattore di carico medio del generatore;  
 $\Phi_{gn,avg}$  [W] è la potenza termica media stagionale cui è sottoposto l'impianto di riscaldamento;  
 $\Phi_{Pn}$  [W] è la potenza termica utile nominale del generatore installato, desumibile da scheda tecnica nel caso di generatori per sistemi autonomi, oppure una quota proporzionale (al volume riscaldato, al fabbisogno termico, all'area utile) del valore da scheda tecnica nel caso di sistemi asserviti a più unità immobiliari;

- 3) si considera che tutti i consumi elettrici vengano recuperati come energia termica utile in ambiente.

Questo contributo è già considerato nella tabella con i rendimenti precalcolati, ma può essere aggiunto se si stanno facendo valutazioni particolari sui sistemi di emissione, come la determinazione puntuale del rendimento di emissione misurando la distribuzione di temperatura verticale nell'ambiente riscaldato e valutando le dispersioni relativamente alla condizione di uniformità termica dell'ambiente.

### 6.7.2. *Fabbisogni elettrici del sistema di regolazione*

I sistemi di regolazione hanno fabbisogni elettrici molto limitati, per cui ai fini delle valutazioni per la norma UNI/TS 11300-2:2008 non si considerano fabbisogni elettrici per il sistema di regolazione.

### 6.7.3. *Fabbisogni elettrici del sistema di distribuzione*

I sistemi che utilizzano fluidi termovettori liquidi e tipicamente acqua addolcita utilizzano elettropompe come circolatori. In que-

sto caso il fabbisogno di energia elettrica per le elettropompe si calcola come:

$$Q_{PO,d} = t_{PO} \times F_v \times W_{PO,d} \text{ [Wh]} \quad (30)$$

dove:

- $Q_{PO,d}$  [Wh] è fabbisogno di energia elettrica per le elettropompe;
- $W_{PO,d}$  [W] è la potenza elettrica della pompa nelle condizioni di progetto. Per elettropompe monovelocità si può desumere dai dati tecnici o dalla targhetta, per elettropompe dotate di inverter o selezionabili su diverse velocità è opportuno associare la potenza legata al regime di funzionamento medio nel periodo di calcolo;
- $t_{PO}$  [h] è il tempo convenzionale di attivazione della pompa e si assume pari a:
- $FC_{gn} \times t_{gn}$ , ( $FC_{gn}$  fattore di carico del generatore, vedi pagine precedenti,  $t_{gn}$  tempo di attivazione del generatore nel periodo di tempo considerato) nel caso in cui è previsto l'arresto della pompa alla fermata del generatore, tipicamente una sonda di temperatura ambiente interrompe la circolazione quando si verificano le condizioni di set-point, oppure quando la differenza di temperatura tra la mandata e il ritorno scende sotto certi livelli;
  - $t_{gn}$ , (tempo di attivazione del generatore nel periodo di tempo considerato) nel caso in cui la pompa sia sempre in funzione durante la stagione di riscaldamento;
- $F_v$  [-] è un fattore che tiene conto della variazione di velocità della pompa, è pari a 1 per pompe a velocità costante, mentre è pari a 0,6 per pompe a velocità variabile dotate di inverter.

Questo calcolo è da effettuarsi per ciascuna pompa presente nel sistema di riscaldamento. Si procederà poi con il sommare i fabbisogni elettrici risultanti per ottenere i fabbisogni elettrici del sistema.

L'energia termica recuperata  $Q_{lrh,d}$  dal sistema di distribuzione per conversione dell'energia meccanica offerta dalle pompe in energia termica al fluido termovettore si ottiene moltiplicando  $Q_{PO,d}$  per un fattore pari a 0,85.

Negli impianti, comprendenti più reti, ai fini del calcolo del fabbisogno di energia elettrica ausiliaria, è necessario suddividere l'impianto nelle singole reti che lo compongono, qualora esse siano dotate di una propria elettropompa o elettroventilatore, e calcolare il relativo fabbisogno di energia elettrica. L'energia recuperata andrà associata quindi alle sole unità immobiliari asservita dalla elettropompa a loro dedicata.

Nel caso di impianti di nuova progettazione il calcolo dei fabbisogni elettrici si effettua in base ai dati di progetto ed alle caratteristiche della pompa o del ventilatore dichiarate dal costruttore (considerando il punto di lavoro e il relativo assorbimento elettrico).

Nel caso di impianti esistenti si devono reperire i dati di potenza elettrica delle pompe, eventualmente ricorrendo a misure in campo.

Se non è possibile reperire i dati o è troppo oneroso misurare i consumi elettrici si può ricorrere a stime basate sulla portata, prevalenza della pompa e suo rendimento.

Se il fluido termovettore è acqua, la potenza elettrica impiegata dalla pompa è data da:

$$W_{PO,d} = \Phi_{idr} / \eta_{PO} \quad (31)$$

dove:

$W_{PO,d}$  [W] è la potenza elettrica assorbita dalla pompa;  
 $\Phi_{idr}$  [W] è la potenza idraulica richiesta calcolata;  
 $\eta_{PO}$  [-] è il rendimento della pompa.

La potenza idraulica è quindi calcolabile con la seguente relazione:

$$\Phi_{idr} = (\rho \times V \times H_{idr}) / 367,2 \text{ [W]} \quad (32)$$

dove:

$\Phi_{idr}$  [W] è la potenza idraulica richiesta calcolata;  
 $\rho$  [kg/dm<sup>3</sup>] è la massa volumica del fluido assunta pari a 1;  
 $V$  [dm<sup>3</sup>/h] è la portata di acqua;  
 $H_{idr}$  [m] è la prevalenza richiesta.

Infine, il rendimento della pompa è calcolabile con le relazioni presenti nel seguente tabella.

**Tab. 10** – Calcolo dei valori default dei rendimenti degli elettro-circulatori

Servizio	Potenza idraulica $\Phi_{idr}$ [W]	Rendimento della pompa $\eta_{PO}$ [-]
Rete distribuzione riscaldamento	$\Phi_{idr} \leq 50$ W	$\Phi_{idr}^{0,50} \times 1 / 25,46$
	$50$ W < $\Phi_{idr} \leq 250$ W	$\Phi_{idr}^{0,26} \times 1 / 10,52$
	$250$ W < $\Phi_{idr} \leq 1\ 000$ W	$\Phi_{idr}^{0,40} \times 1 / 26,23$
	$\Phi_{idr} > 1\ 000$ W	0,6

Se sono presenti impianti che utilizzano impianti con fluido termovettore aria, la potenza elettrica impiegata dal ventilatore è data dalla seguente relazione:

$$W_{Vn,d} = \Phi_{ae} / \eta_{vn} \quad (33)$$

dove:

$W_{Vn,d}$  [W] è la potenza elettrica assorbita dall'elettroventilatore;  
 $\Phi_{ae}$  [W] è la potenza aeraulica richiesta calcolata;  
 $\eta_{vn}$  [-] è il rendimento dell'elettroventilatore, ottenuto per le condizioni di impiego dalla curva caratteristica desumibile dalla scheda tecnica fornita dal produttore.

La potenza aeraulica  $\Phi_{ae}$  è calcolabile con la seguente relazione:

$$\Phi_{ae} = (\rho \times V \times H) / 100 \quad (34)$$

dove:

$\Phi_{ae}$  [W] è la potenza aeraulica richiesta dal sistema;  
 $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] è la massa volumica dell'aria, pari a 1,2 kg/m<sup>3</sup>;  
 $V$  [m<sup>3</sup>/s] è la portata di aria richiesta dal sistema di distribuzione;  
 $H$  [mm c.a.] è la pressione aeraulica totale da ottenere.

Per quanto riguarda il rendimento, se non sono disponibili dati attendibili, si può ricorrere a misure elettriche in campo.

La potenza elettrica assorbita è in questo caso calcolabile come (nell'utilizzare il valore di potenza elettrica misurata, occorre tenere conto delle condizioni di funzionamento dell'impianto nel momento della misura, e ricalibrare la potenza ottenuta opportunamente):

$$W_{Vn,d} = k \times TV \times I \times \cos \Phi \quad (35)$$

dove:

- $W_{Vn,d}$  [W] è la potenza elettrica assorbita dall'elettroventilatore;  
 $TV$  [V] è la tensione, tipicamente 230 V se monofase e 380 V se trifase, ma rilevabile diversamente in campo;  
 $I$  [A] è la corrente assorbita, ricavabile con una pinza amperometrica;  
 $k$  [-] è pari a 1 nel caso di ventilatori con motore monofase; è pari a 1,73 nel caso di ventilatori con motore trifase.  
 $\cos \Phi$  [-] è il coseno dell'angolo di sfasamento tra tensione e corrente (fattore di potenza) misurato in campo con appositi strumenti (cosfimetrometro o fasometro).

#### 6.7.4. *Fabbisogni elettrici del sistema di generazione*

Il fabbisogno di energia elettrica del sistema di generazione è dovuto:

- al bruciatore, per via della movimentazione dei componenti servomeccanici, nonché del ventilatore dell'aria comburente se presente (nel caso di generatori a gasolio vi è la possibilità di un riscaldatore di gasolio tramite resistenza elettrica);
- alla pompa del circuito primario, se presente, che nei piccoli sistemi termoautonomi corrisponde anche alla pompa di distribuzione;
- alla pompa anticondensa, se presente, per le caldaie che possono essere soggette a corrosione da condense ai fumi di scarico e che necessitano una temperatura dell'acqua di ritorno maggiore di quella di condensazione dei fumi;
- ad eventuali led di funzionamento o pannelli a cristalli liquidi che mostrano i dati di funzionamento della caldaia.

L'energia elettrica ausiliaria necessaria al sistema di generazione ( $Q_{gn,aux}$ ), in Wh, si calcola come:

$$Q_{gn,aux} = W_{aux,Px} \times t_{gn} \quad (36)$$

dove:

$W_{aux,Px}$  [W] è la potenza degli ausiliari del generatore alla potenza intermedia;

$t_{gn}$  [h] è il tempo di attivazione del generatore durante il periodo di calcolo.

La potenza degli ausiliari in corrispondenza delle condizioni intermedie di funzionamento  $W_{aux,Px}$  si calcola per interpolazione lineare tra le seguenti potenze, i cui valori sono desumibili dalle schede tecniche dei generatori:

$W_{gn,aux,Pn}$  potenza assorbita dagli ausiliari a carico nominale [W]  
 $W_{gn,aux,Pint}$  potenza assorbita dagli ausiliari a carico intermedio [W]  
 $W_{gn,aux,Po}$  potenza assorbita dagli ausiliari a carico nullo [W]

Si determina il fattore di carico medio del periodo di calcolo  $FC_{u,x}$  come:

$$FC_{u,x} = \Phi_{gn,Px} / \Phi_{gn,Pn} \quad (37)$$

dove:

$\Phi_{gn,Px}$  è la potenza del generatore al carico  $Px$  [kW]

$\Phi_{gn,Pn}$  è la potenza nominale  $Pn$  del generatore [kW]

La potenza del generatore al carico  $Px$ , in kW, è data da:

$$\Phi_{gn,Px} = Q_{gn,out} / t_{gn} \quad (38)$$

dove:

$Q_{gn,out}$  [kWh] è l'energia da fornire al sottosistema successivo a quello di generazione (accumulo, distribuzione);

$t_{gn}$  [h] è il tempo di attivazione del generatore nel periodo di calcolo.

Se non è disponibile la scheda tecnica o i valori di assorbimento elettrico per diversi punti di funzionamento, è possibile elaborare le potenze elettriche impiegate per gli ausiliari di generazione utilizzando le tabelle successiva, che si riportano dalla norma UNI/TS 11300-2:2008.

**Tab. 11** – Parametri per il calcolo della potenza degli ausiliari

Tipologia generatore	Potenza	G	H	n
<b>Generatori standard</b>				
Generatori atmosferici a gas	$\Phi P_n$	40	0,148	1
	$\Phi P_{int}$	40	0,148	1
	$\Phi P_o$	15	0	0
Generatori con bruciatore ad aria soffiata a combustibili liquidi e gassosi	$\Phi P_n$	0	45	0,48
	$\Phi P_{int}$	0	15	0,48
	$\Phi P_o$	15	0	0
<b>Generatori a bassa temperatura</b>				
Generatori atmosferici a gas	$\Phi P_n$	40	0,148	1
	$\Phi P_{int}$	40	0,148	1
	$\Phi P_o$	15	0	0
Generatori con bruciatore ad aria soffiata a combustibili liquidi e gassosi	$\Phi P_n$	0	45	0,48
	$\Phi P_{int}$	0	15	0,48
	$\Phi P_o$	15	0	0
Generatori a condensazione a combustibili liquidi e gassosi	$\Phi P_n$	0	45	0,48
	$\Phi P_{int}$	0	15	0,48
	$\Phi P_o$	15	0	0

Utilizzando tali valori, ai fini del calcolo del rendimento di generazione, le potenze elettriche degli ausiliari  $W_{aux, Pi}$  a potenza nominale  $P_n$ , intermedia  $P_{int}$  o nulla  $P_o$ , in kW, possono essere determinate come segue:

$$W_{aux, Pi} = G + H \times \Phi_{P_n}^n \quad (39)$$

dove:

$\Phi_{P_n}$  [kW] è la potenza termica utile nominale del generatore;  
 $G, H, n$  sono i parametri riportati nella tabella precedente, in funzione delle potenze di funzionamento associate ( $\Phi_{P_n}, \Phi_{P_{int}}, \Phi_{P_o}$ ).

## 7. Rendimenti e perdite dei sottosistemi degli impianti di acqua calda sanitaria

### 7.1. Perdite di erogazione

Le perdite di erogazione si considerano tutte non recuperabili e corrispondono alle dispersioni termiche dovute al calore rimasto nella parte terminale della tubazione dopo l'interruzione dell'erogazione dell'acqua.

Si assume come valore di rendimento di erogazione  $\eta_{w,er}$  il valore 0,95 e non si considerano fabbisogni di energia elettrica (come gli erogatori elettronici).

Le perdite di erogazione dell'acqua calda sanitaria  $Q_{l,W,er}$ , in Wh, possono quindi calcolarsi con la seguente relazione:

$$Q_{l,W,er} = Q_{h,W} \times \frac{1 - \eta_{w,er}}{\eta_{w,er}} \quad (40)$$

dove:

$Q_{h,W}$  [Wh] è il fabbisogno di calore per l'acqua calda sanitaria;  
 $\eta_{w,er}$  [-] è il rendimento di erogazione, pari a 0,95.

Se sono presenti dispositivi in grado di erogare automaticamente acqua calda alla temperatura prefissata e per il tempo prefissato, il valore delle perdite può essere ridotto in base ai dati forniti dal produttore.

## 7.2. Perdita delle tubazioni di distribuzione dell'acqua calda sanitaria

Il calcolo delle perdite delle tubazioni di distribuzione dell'acqua calda sanitaria si effettua in maniera dettagliata se è presente una rete di ricircolo. In questo caso si considerano solo i fabbisogni elettrici del sistema di ricircolo e non il relativo recupero termico.

Se invece non è presente il ricircolo, è possibile utilizzare il metodo semplificato, con i coefficienti di perdita di seguito proposti, che consentono di determinare le perdite totali nel tempo in cui si ha circolazione di acqua calda in rete.

**Tab. 12** – Perdite e recuperi della distribuzione, nel caso di assenza di ricircolo

Tipologia del sistema	Coefficiente di perdita $f_{l,W,d}$	Coefficiente di recupero $f_{rh,W,d}$
Sistemi installati prima dell'entrata in vigore della legge 373/1976	0,12	0,5
Sistemi installati dopo l'entrata in vigore della legge 373/1976	0,08	0,5

Le perdite di distribuzione si calcolano quindi con la seguente relazione:

$$Q_{l,W,d} = \frac{Q_{h,W}}{\eta_{W,er}} \times f_{i,W,d} \quad (41)$$

dove:

$Q_{l,W,d}$  [Wh] sono le perdite di distribuzione dell'acqua calda sanitaria;

$Q_{h,W}$  [Wh] è il fabbisogno di calore per l'acqua calda sanitaria;

$\eta_{w,er}$  [-] è il rendimento di erogazione, pari a 0,95;

$f_{l,W,d}$  [-] è il coefficiente di perdita, come riportato in tab. 12.

Le perdite di distribuzione dell'ACS recuperate ( $Q_{lrh,W,d}$ ), in Wh, si calcolano poi con la seguente relazione:

$$Q_{lrh,W,d} = f_{rh,W,d} \times Q_{l,W,d} \quad (42)$$

dove:

$Q_{l,W,d}$  [Wh] sono le perdite di distribuzione dell'acqua calda sanitaria;

$f_{rh,W,d}$  [-] è il coefficiente di recupero delle perdite, come riportato in tab. 12.

### 7.3. Perdite di accumulo dell'acqua calda sanitaria

Qualora il sistema di acqua calda sanitaria sia dotato di accumulo, occorre determinare le perdite dovute alla presenza di un serbatoio, il quale può essere:

- all'interno del generatore di calore, le perdite di accumulo sono comprese nelle perdite di produzione dell'apparecchio;
- all'esterno del generatore di calore. In questo secondo caso il serbatoio è collegato al generatore di calore mediante tubazioni e pompa di circolazione.

Nel secondo caso si hanno:

- perdite del serbatoio;
- perdite del circuito di collegamento generatore-serbatoio.

Le perdite di accumulo  $Q_{l,W,s}$  nel periodo considerato si calcolano considerando la superficie disperdente del serbatoio e la differenza tra la temperatura media della superficie e la temperatura media dell'ambiente nel quale l'accumulatore è collocato. Queste possono calcolarsi con le seguenti relazioni, la prima conoscendo i dati geometrici del serbatoio e le caratteristiche dell'isolante termico (spessore, conducibilità). La seconda relazione è applicabile qualora il produttore fornisca il dato di dispersione dell'apparecchio  $k_{boll}$ . Nel caso di apparecchi elettrici, il valore delle perdite termiche nominali è desumibile dalla scheda tecnica del costruttore, calcolato secondo la CEI EN 60379.

$$Q_{l,W,d} = \frac{S_s}{d_s} \times (\theta_s - \theta_a) \times t_s \times \lambda_s \quad (43)$$

$$Q_{l,W,s} = k_{boll} \times (\theta_s - \theta_a) \times t_s \quad (44)$$

dove:

- $S_s$  [m<sup>2</sup>] è la superficie esterna dell'accumulo, che può essere approssimata al cilindro che lo contiene;
- $d_s$  [m] è lo spessore dello strato isolante, tipicamente 0,08-0,10 m;
- $\lambda_s$  [W/(m·K)] è la conducibilità del materiale isolante, tipicamente attorno a 0,04 W/(m·K);
- $t_s$  [h] corrisponde alla durata del periodo di calcolo, come ad esempio la stagione di riscaldamento;
- $\theta_s$  [°C] è la temperatura media nell'accumulo, ad esempio la media tra l'acqua in ingresso e quella in uscita;
- $\theta_a$  [°C] è la temperatura ambiente del locale dove è collocato l'accumulo;
- $k_{boll}$  [W/K] è il valore della dispersione termica dell'apparecchio dichiarato dal costruttore.

Se il serbatoio è installato in un ambiente riscaldato le perdite si considerano tutte recuperate durante il periodo di riscaldamento, mentre durante il periodo nel quale il riscaldamento è inattivo (estivo) si considerano tutte non recuperabili.

Le perdite di accumulo recuperabili e non recuperabili si considerano presenti in tutto il periodo di funzionamento prefissato del sistema.

È possibile determinare le perdite recuperate  $Q_{lrh,W,s}$  nel periodo considerato tramite il fattore di recupero  $b_{g,H}$ , che dipende dall'ubicazione del serbatoio, utilizzando la relazione seguente.

$$Q_{lrh,W,s} = Q_{l,W,s} \times (1 - b_{g,W}) \quad (45)$$

dove:

$b_{g,W}$  [-] è pari a 0 se il serbatoio è in ambiente riscaldato, ad 1 se il serbatoio è all'esterno dell'ambiente riscaldato;

$Q_{l,W,s}$  sono le perdite di accumulo, nel periodo considerato;

Per quanto riguarda le perdite del circuito di collegamento serbatoio-generatore di calore si considerano differenti casi:

- distanza tra serbatoio e generatore  $\leq 5$  m e tubazioni di collegamento isolate, le perdite per la distribuzione primaria si considerano trascurabili;
- distanza tra serbatoio e generatore  $\leq 5$  m e tubazioni di collegamento non isolate, le perdite per la distribuzione devono essere calcolate utilizzando adeguate temperature dell'acqua nel circuito primario;
- distanza tra serbatoio e generatore  $> 5$  m, le perdite per la distribuzione devono essere calcolate utilizzando adeguate temperature dell'acqua nel circuito primario.

Le perdite recuperate del circuito di collegamento serbatoio-generatore di calore (il circuito di distribuzione primaria)  $Q_{lrh,W,pd}$ , in Wh, sono calcolate sulla base dell'equazione seguente:

$$Q_{lrh,W,pd} = f_{rh,W,pd} \times Q_{l,W,pd} \quad (46)$$

dove:

$f_{rh,W,pd}$  [-] è il fattore di recupero delle perdite di distribuzione primaria, pari a 0,5;

$Q_{l,W,pd}$  [Wh] sono le perdite del circuito di distribuzione primaria.

In questo caso non si considera il recupero termico dovuto alle pompe di circolazione primaria, delle quali si considerano solo i fabbisogni elettrici.

#### 7.4. *Perdite totali recuperate*

Le perdite totali recuperate dal sistema acqua calda sanitaria  $Q_{lrh,W}$  ai fini del riscaldamento degli ambienti, espresse in Wh, sono calcolate come la somma delle perdite precedentemente calcolate per i singoli sottosistemi:

$$Q_{lrh,W} = Q_{lrh,W,d} + Q_{lrh,W,s} + Q_{lrh,W,pd} \quad (47)$$

dove:

$Q_{lrh,W,pd}$  [Wh] sono le perdite recuperate del circuito di distribuzione primaria;

$Q_{lrh,W,s}$  [Wh] sono le perdite recuperate dall'eventuale accumulo;

$Q_{lrh,W,d}$  [Wh] sono le perdite recuperate dalla rete di distribuzione.

#### 7.5. *Perdite di generazione*

In generale, la produzione di ACS si può realizzare con diverse tipologie di sistemi:

- mediante impianto di produzione dedicato con proprio generatore di calore, asservito ad una unità immobiliare o a un intero edificio;
- mediante impianto misto riscaldamento/acqua calda sanitaria, avente un generatore o un gruppo di generatori che forniscono entrambi i servizi, a servizio di una unità immobiliare o a un intero edificio;
- mediante scaldacqua autonomi, a servizio della singola unità immobiliare.

Se i due servizi, di riscaldamento e di acqua calda sanitaria, sono prodotti con due sistemi separati, si hanno due casi:

- 1) impianto centralizzato di produzione di ACS a servizio di più unità immobiliari di un edificio;
- 2) impianto autonomo di produzione per singola unità immobiliare.

Nel caso 1) il calcolo del rendimento di generazione si effettua come specificato nel capitolo relativo al rendimento di generazione per impianto di riscaldamento.

Nel caso 2) si considera il rendimento di generazione proveniente dalla scheda tecnica del prodotto oppure i dati della tabella seguente.

**Tab. 13** – Rendimenti convenzionali degli scaldacqua con sorgente interna di calore

Tipo di apparecchio	Versione	Rendimento <sup>a)</sup> istantaneo (%)	Rendimento <sup>a)</sup> stagionale (%)
Generatore a gas di tipo istantaneo per sola produzione di ACS	Tipo B con pilota	75	45
	Tipo B senza pilota	85	77
	Tipo C senza pilota	88	80
Generatore a gas ad accumulo per sola produzione di ACS	Tipo B con pilota	75	40
	Tipo B senza pilota	85	72
	Tipo C senza pilota	88	75
Bollitore elettrico ad accumulo	-	95	75 <sup>b)</sup>
Bollitori ad accumulo a fuoco diretto	A camera aperta	84	70
	A condensazione	98	90
<b>Note</b> a) I dati di rendimento riportati possono essere utilizzati in mancanza di dati forniti dal costruttore dell'apparecchio. b) Ai fini del calcolo dell'energia primaria, il fabbisogno di energia deve essere considerato tra i fabbisogni elettrici, applicando il relativo fattore di conversione.  I rendimenti forniti dal prospetto tengono già conto, per gli apparecchi ad accumulo, della perdita di accumulo, valutata pari a circa il 10%.			

Nel caso di impianto combinato si hanno invece i seguenti due casi:

- 1) produzione combinata di energia termica per riscaldamento e di acqua calda per usi igienico-sanitari con unico generatore che alimenta uno scambiatore con o senza accumulo per la produzione di ACS;
- 2) produzione con generatore combinato riscaldamento/ACS.

Per gli impianti combinati per riscaldamento e produzione acqua calda sanitaria per il periodo estivo si possono utilizzare i dati provenienti dalla scheda tecnica del prodotto oppure i dati della tabella precedente; il calcolo del rendimento di generazione occorre farlo suddividendo l'anno in due periodi:

- periodo di riscaldamento, determinato in funzione della zona climatica, nel quale i fabbisogni per acqua calda sanitaria si sommano ai fabbisogni di riscaldamento e determinano un fattore di carico maggiore che rispetto al solo riscaldamento;
- periodo di sola produzione di acqua calda sanitaria nel quale il fattore di carico è determinato dai soli fabbisogni per acqua calda sanitaria.

### 7.6. Fabbisogno di energia primaria e rendimenti stagionali

Il fabbisogno di energia primaria del sistema dell'acqua calda sanitaria  $Q_{p,W}$ , in Wh, considera il diverso vettore energetico utilizzato per la produzione di acqua calda sanitaria e si esprime con la seguente formula:

$$Q_{p,W} = Q_{c,W} + Q_{aux,W} \times f_{p,el} \quad (48)$$

dove:

$Q_{c,W}$  [Wh] è il fabbisogno di combustibile per fornire l'energia termica necessaria al sistema di produzione, e si ottiene moltiplicando il fabbisogno di energia  $Q_{gn,in}$  per il potere calorifico inferiore del combustibile utilizzato;

$Q_{aux,W}$  [Wh] è la somma dei fabbisogni di energia per gli ausiliari elettrici del sistema di produzione di acqua calda sanitaria, valutando opportunamente quando questi sono già compresi nei valori tabulari;

$f_{p,el}$  [kWh<sub>p</sub>/kWh<sub>e</sub>] è il fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria, pari a 2,17 kWh<sub>p</sub>/kWh<sub>e</sub> <sup>(12)</sup>.

Il rendimento di generazione  $\eta_{W,gn}$ , nei casi di sistemi dedicati alla produzione di acqua calda sanitaria, oppure per sistemi combinati che stiano operando nel solo periodo estivo, si ottiene con la seguente formula:

$$\eta_{W,gn} = \frac{Q_{h,W} + Q_{l,W,r} + Q_{l,W,d} + Q_{l,W,s}}{Q_{p,W}} \quad (49)$$

dove:

$Q_{h,W}$  [Wh] è il fabbisogno di energia utile per la produzione di acqua calda sanitaria;

$Q_{l,W,er}$  [Wh] sono le perdite di erogazione del sistema di acqua calda sanitaria;

$Q_{l,W,d}$  [Wh] sono le perdite di distribuzione del sistema di acqua calda sanitaria;

---

<sup>(12)</sup> Vedi nota 6.

- $Q_{l,W,s}$  [Wh] sono le perdite al serbatoio del sistema di acqua calda sanitaria, qualora presente;
- $Q_{p,W}$  [Wh] è il fabbisogno di energia primaria del sistema dell'acqua calda sanitaria.

Il rendimento globale del sistema di acqua calda sanitaria  $\eta_{W,gn}$  nel caso di sistemi dedicati alla produzione di acqua calda sanitaria (oppure durante il funzionamento estivo di sistemi combinati) si ottiene con la relazione:

$$\eta_{W,gn} = \frac{Q_{h,W}}{Q_{p,W}} \quad (50)$$

dove:

- $Q_{h,W}$  [Wh] è il fabbisogno di energia utile per la produzione di acqua calda sanitaria;
- $Q_{p,W}$  [Wh] è il fabbisogno di energia primaria del sistema dell'acqua calda sanitaria.

Infine nel caso di sistemi combinati il rendimento globale del sistema viene indicato con  $\eta_{H,W,gn}$  e calcolato mediante la relazione:

$$\eta_{H,W,gn} = \frac{Q_{h,H} + Q_{h,W}}{Q_{p,H,W}} \quad (51)$$

dove:

- $Q_{h,W}$  [Wh] è il fabbisogno di energia utile per la produzione di acqua calda sanitaria;
- $Q_{h,H}$  [Wh] è il fabbisogno di energia utile per il riscaldamento degli ambienti asserviti al generatore oggetto di analisi;
- $Q_{p,H,W}$  [Wh] è il fabbisogno di energia primaria del sistema dell'acqua calda sanitaria sommato al fabbisogno di energia primaria del sistema di riscaldamento.

## 8. Metodo di calcolo semplificato

La UNI/TS 11300-2:2008 prevede anche la possibilità di utilizzare un metodo semplificato per il calcolo:

- 1) del fabbisogno di energia primaria  $Q_h$  su base stagionale per la climatizzazione invernale;
- 2) del fabbisogno  $Q_w$  per l'acqua calda sanitaria su base annua;
- 3) del fabbisogno totale annuo per riscaldamento e produzione ACS, dato dalla somma dei due fabbisogni di cui ai punti 1) e 2).

Successivamente il metodo prevede la determinazione delle perdite di impianto e, sulla base di queste, del fabbisogno di energia primaria.

Le semplificazioni applicate dal metodo proposto sono riassunte nei seguenti passaggi di calcolo:

- 1) come per il fabbisogno  $Q_h$  anche per l'impianto il periodo di calcolo:
  - è la stagione di riscaldamento nella zona climatica considerata per quanto riguarda il riscaldamento <sup>(13)</sup>;
  - è l'intero l'anno per quanto riguarda la produzione di acqua calda sanitaria;
- 2) non sono considerati i recuperi  $Q_{w,lrh}$  e quindi  $Q'_h = Q_h$ ; non è quindi necessario procedere al computo iniziale del sistema di produzione di acqua calda sanitaria per determinare le perdite recuperate;
- 3) le perdite di emissione e di regolazione sono valutate con i dati presenti nelle tabelle fin qui riportate, permettendo quindi il calcolo del fabbisogno di energia in uscita dal sottosistema di distribuzione  $Q_{d,out} = Q_h +$  perdite di emissione  $Q_{l,e} +$  perdite di regolazione  $Q_{l,rg}$ ;
- 4) le perdite di distribuzione sono quantificate con i valori della tabella relativa, relazione sulla base della configurazione della rete di distribuzione (montanti verticali, montanti orizzontali, ecc.); sono poi considerati i fattori di correzione riduttivi per le temperature della rete minori di 80-60°C, mentre sono trascurati i recuperi di energia termica dagli ausiliari elettrici della distribuzione (pompe di circolazione, ventilatori in caso di sistemi ad aria);

---

<sup>(13)</sup> Vedi nota 7.

- 5) il fabbisogno in uscita dal generatore si calcola quindi come  $Q_{gn,out} = Q_{d,out} +$  perdite di distribuzione  $Q_{l,d}$ ; se non è presente un accumulo si ottiene perciò  $Q_{gn,out} = Q_{d,IN}$ , se così non fosse si aggiungono a  $Q_{d,IN}$  le perdite derivanti dall'accumulo;
- 6) la potenza media stagionale  $\Phi_{gn,avg}$  si calcola ora come  $\Phi_{gn,avg} = Q_{gn,out} / t_{gn}$  assumendo  $t_{gn} = 24 \times$  numero di giorni G legali di riscaldamento (ad esempio in zona E = 183 G) <sup>(14)</sup>;
- 7) la potenza nominale richiesta al generatore di calore è da calcolarsi in base al fabbisogno calcolato  $\Phi_{gn} = \Phi_{gn,avg} / FC_{clima}$ .  $FC_{clima}$  è il fattore climatico di carico medio stagionale della località considerata, da calcolarsi come rapporto tra la differenza di temperatura media stagionale tra interno ed esterno (ottenibile da misure della temperatura esterna oppure utilizzando dati climatici quali quelli della UNI 10349:1994 – Dati climatici) e la differenza di temperatura tra interno ed esterno di progetto (quella utilizzata per il dimensionamento dell'impianto in condizioni più sfavorite, tipicamente secondo la norma UNI 12831);
- 8) il fattore di carico medio del generatore si calcola quindi con l'equazione  $FC_{gn,u} = \Phi_{gn,avg} / \Phi_{Pn}$ ; la potenza termica utile nominale del generatore installato  $\Phi_{Pn}$  si rileva dai dati tecnici del generatore o dalla targhetta dello stesso se non si ha a disposizione la scheda tecnica;
- 9) è ora possibile calcolare il fattore di dimensionamento del generatore  $F1 = \Phi_{Pn} / \Phi_{gn}$ , tipicamente maggiore di 1;
- 10) noto il fattore di dimensionamento e la tipologia di installazione del generatore, si valutano le perdite di generazione in base ai valori tabulari riportati nel capitolo dedicato, considerando anche gli altri fattori relativi al generatore, da F2 a F7 (altezza del camino, luogo di installazione, ecc.);
- 11) il fabbisogno stagionale di energia del generatore di calore viene ora valutato aggiungendo a  $Q_{gn,out}$  le perdite di generazione valutate al punto precedente;
- 12) la potenza elettrica degli ausiliari del generatore di calore  $W_{gn,aux}$  è calcolabile con il procedimento riportato nel capitolo dedicato;

---

<sup>(14)</sup> Vedi nota 7.

- 13) se è presente una pompa primaria la sua potenza elettrica di  $W_{gn,PO,pr}$  si assume pari a 100 W;
- 14) in quest'ultimo caso è quindi necessario calcolare la potenza complessiva degli ausiliari elettrici sommando i due contributi  $W_{aux,t} = W_{gn,aux} + W_{gn,PO,pr}$ ;
- 15) conoscendo la potenza elettrica degli ausiliari e considerando il sistema funzionante in regime continuo si può calcolare il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari con la relazione  $Q_{aux,t} = FC_{u,gn} \times W_{aux,t} \times t_{gn}$ ;
- 16) conoscendo il fabbisogno di energia elettrica complessivo si può quindi calcolare il fabbisogno di energia primaria degli ausiliari con la relazione  $Q_{aux,p} = f_{p,el} \times Q_{aux,t}$  <sup>(15)</sup>;
- 17) infine, è possibile calcolare il fabbisogno globale annuo per riscaldamento sommando al fabbisogno calcolato al punto 10 il fabbisogno di energia primaria calcolato al punto 16.

## 9. Metodi di rilievo e determinazione dei consumi effettivi di combustibile

I consumi effettivi sono utili come dato informativo di confronto ai fini della validazione e del confronto con i fabbisogni calcolati. Per effettuare un confronto occorre che:

- i dati di consumo siano valutati sullo stesso lasso di tempo per il quale è stato effettuato il calcolo dei fabbisogni;
- la conversione delle quantità di combustibile consumato espresse in volume o in peso siano correttamente effettuate utilizzando valori standard.

È necessario considerare la seguente casistica:

- 1) sistemi dedicati per riscaldamento o dedicati per produzione acqua calda sanitaria dotati di proprio misuratore o serbatoio per il rispettivo sistema;
- 2) sistemi combinati asserviti a più servizi dotati di unico misuratore o di unico serbatoio.

---

<sup>(15)</sup> Vedi nota 6.

### 9.1. Sistemi con misuratore dedicato al solo riscaldamento o alla sola acqua calda sanitaria

Se si sta valutando questo caso il consumo rilevato è sicuramente da attribuirsi alla sola produzione di acqua calda sanitaria piuttosto che al solo servizio di riscaldamento. Se ne ricava quindi che il consumo di combustibile:

$$Co_{rilevato} = Co \text{ [kWh]} \quad (52)$$

### 9.2. Sistemi combinati con misuratore unico

Sono da annoverarsi in questa categoria sistemi con le seguenti configurazioni:

- 1) unico generatore di calore per riscaldamento combinato con la produzione acqua calda sanitaria, il misuratore di combustibile considera anche altri usi, quali la cottura;
- 2) generazione separata di energia termica per riscaldamento e di acqua calda sanitaria, il misuratore di combustibile è unico e considera anche altri usi, quali la cottura;
- 3) solo riscaldamento, il misuratore di combustibile è unico e considera anche altri usi, quali la cottura;
- 4) solo produzione acqua calda, il misuratore di combustibile è unico e considera anche altri usi, quali la cottura.

Il consumo complessivo rilevato risulta quindi determinato dalla somma dei seguenti termini, rispettivamente nel periodo di riscaldamento e nel periodo estivo:

$$Co_{rilevato} = Co_h + Co_W + Co_{cottura} + Co_{altri} \text{ [kWh]} \quad (53)$$

$$Co_{rilevato} = Co_W + Co_{cottura} + Co_{altri} \text{ [kWh]} \quad (54)$$

Il valore di  $Co_{cottura}$  è ottenibile consultando il relativo capitolo. Per quanto riguarda invece il consumo relativo al solo riscaldamento questi si calcola sottraendo dal consumo totale rilevato la somma dei consumi per produzione acqua calda sanitaria e per usi di cottura, nel caso in cui  $C_{altri} = 0$ , condizione valida per la maggioranza delle utenze. Per semplicità, consumi giornalieri per produzione acqua calda sanitaria e per cottura si assumono convenzionalmente

costanti per tutto il periodo considerato. Il loro calcolo si effettua quindi semplicemente considerando il consumo del giorno tipo valutato come opportuno per il sistema in esame e proiettandolo su tutto l'anno.

Se i sistemi in analisi hanno una potenza termica minore di 35 kW, è possibile utilizzare i valori tabulari riportati nei relativi capitoli ed effettuare quindi un confronto con un calcolo, per verificare che l'impianto non stia funzionando in maniera inefficiente:

- 1) dapprima si effettua il calcolo dei fabbisogni di energia termica utile per la produzione di acqua calda sanitaria con i dati dello specifico capitolo;
- 2) successivamente si effettua il calcolo delle perdite di erogazione, distribuzione, ed eventualmente di accumulo con i valori di tabulari riportati negli specifici capitoli;
- 3) si sommano quindi i fabbisogni e le perdite per ottenere l'energia che il sistema deve fornire;
- 4) è ora possibile valutare il rendimento tipico del generatore di calore, utilizzando i dati riportati nello specifico capitolo e considerando le condizioni di installazione;
- 5) finalmente il consumo di combustibile è calcolabile dividendo la somma di fabbisogni e perdite per il rendimento stagionale del generatore e per il potere calorifico inferiore del combustibile stesso.

### **9.3. Sistemi dotati di misuratore del combustibile**

Se si sta valutando un sistema termico alimentato con gas di rete e dotato di misuratori fornito e controllato dal distributore del gas, il consumo di combustibile riferito a un periodo di tempo definito può essere computato:

- indirettamente mediante i dati rilevabili dalle bollette di fornitura;
- mediante misure dirette.

Nel primo caso le bollette delle forniture di gas indicano le date nelle quali sono state effettuate le due misure, iniziale e finale, e permettono di considerare il reale consumo di gas in tale periodo. Il calcolo si riferisce però a due momenti casuali, determinati dalla lettura effettuata dall'ente erogatore del gas. Spesso il fornitore ef-

fettua delle stime per richiedere il pagamento delle bollette, è necessario quindi porre attenzione che i consumi di gas acquisiti siano derivati da una effettiva lettura. Sono possibili quindi tre casi:

- lettura iniziale e lettura finale comprese entrambe nel periodo di riscaldamento prefissato;
- lettura iniziale e lettura finale entrambe fuori del periodo di riscaldamento prefissato;
- una delle due letture, iniziale o finale, è fuori del periodo di riscaldamento prefissato.

Se le letture sono entrambe nel periodo di riscaldamento per tutto il periodo considerato è presente il consumo per riscaldamento, acqua calda sanitaria ed altri usi, che devono essere perciò separatamente valutati come descritto nei precedenti capitoli.

Se le letture sono entrambe fuori dal periodo di riscaldamento il consumo viene attribuito alla sola produzione di acqua calda sanitaria, se necessario sottraendo gli usi di cottura.

Se le letture sono parzialmente nel periodo di riscaldamento dal consumo totale del periodo deve essere dedotto opportunamente il consumo dei giorni che cadono fuori del periodo di riscaldamento prefissato, attribuendo ad essi i consumi per produzione acqua calda, ove presente, e per altri usi.

Se si effettuano invece misure dirette, il rilievo diretto dei consumi deve essere effettuato con letture del misuratore all'inizio ed al termine del periodo di valutazione. Il rilievo di consumo in periodi brevi (minori di 10 min) può essere utilizzato per verificare la potenza del focolare (o portata termica) del generatore e permette di effettuare valutazioni più precise. In questo caso è possibile valutare il fattore di carico al generatore costantemente e quindi verificare che il suo funzionamento sia corretto.

Nel caso di sistemi alimentati da serbatoi di combustibile dotati di misuratori è possibile effettuare le stesse valutazioni permesse dal gas, ma considerando adeguatamente la precisione di misura del misuratore di portata di combustibile.

## Capitolo IV

### La UNI/TS 11300-3:2010

Nel marzo 2010 è stata pubblicata anche la terza parte della serie UNI/TS 11300 per la determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva, applicabile a tutti gli impianti fissi di climatizzazione estiva o solo raffrescamento, funzionanti con macchine frigorifere elettriche o ad assorbimento.

Analogamente a quanto visto per il caso invernale, prima di poter procedere alla determinazione del fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione estiva, occorre valutare il fabbisogno di energia termica utile  $Q_{c,nd}$  dell'edificio in condizioni considerate ideali perché la temperatura viene assunta uniforme in tutto il volume climatizzato.

Noto il fabbisogno termico utile <sup>(1)</sup> mediante i coefficienti medi mensili  $\eta_{mm}$  prima e quello medio stagionale  $\eta_{ms}$  poi, è possibile determinare il fabbisogno di energia primaria del sistema di produzione dell'energia frigorifera.

Per fare ciò anche in questo caso (come per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria) occorre quantificare:

- 1) le perdite di distribuzione, di regolazione e di emissione dell'impianto di climatizzazione/raffrescamento estivo;
- 2) i risparmi dovuti ai recuperatori di calore o simili;
- 3) i consumi energetici delle apparecchiature ausiliarie dell'impianto (pompe, ventilatori, eventuali post-riscaldatori elettrici, umidificatori, ecc.);
- 4) il fattore di carico per prevedere i funzionamenti a carico parziale delle macchine.

Le finalità previste dall'applicazione di tale procedura di calcolo sono molteplici:

---

<sup>(1)</sup> Che nel caso di climatizzazione e, quindi, di controllo dell'umidità tiene conto del fabbisogno di energia utile sia sensibile che latente.

- ai fini diagnostici, per avere indicazione sulla qualità del sistema involucro-impianto di raffrescamento/climatizzazione estiva, in termini di fabbisogno <sup>(2)</sup> e per poter quantificare il risparmio conseguente ad interventi sugli impianti;
- ai fini progettuali, per scegliere le soluzioni di involucro e di impianto più efficienti <sup>(3)</sup> o più economici sulla base di un'analisi costi-benefici;
- per prevedere le esigenze su scala nazionale, mediante la valutazione del fabbisogno di energia primaria di una rosa di edifici rappresentativi del parco edilizio.

### 1. La procedura di calcolo per la determinazione del fabbisogno di energia termica effettiva per raffrescamento ( $Q_{Cr}$ )

Mediante la UNI/TS 11300-1:2008 si sono definite le modalità per individuare il fabbisogno ideale di energia termica dell'edificio per il raffrescamento/la climatizzazione estiva,  $Q_{C,nd}$  <sup>(4)</sup>. Occorre però

---

<sup>(2)</sup> Che quando la UNI/TS 11300-3:2010 verrà espressamente recepita nel quadro legislativo nazionale comporterà anche il rispetto delle verifiche di legge; ad oggi, infatti, è previsto solo (ai sensi del d.P.R. 59/2009) che nel caso di nuova costruzione, di ristrutturazione integrale o demolizione e ricostruzione in manutenzione straordinaria di edifici esistenti con superficie utile maggiore di 1000 mq, oppure di ampliamenti volumetrici superiori al 20% del volume esistente, sono richieste in sede progettuale la determinazione della prestazione energetica dell'involucro (quindi la verifica è sul fabbisogno termico, non su quello primario) per il raffrescamento estivo (Epe, invol), calcolata secondo UNI/TS 11300-1:2008 e la verifica che essa non sia superiore ai valori seguenti valori:

Classificazione secondo d.P.R. 412/1993	Zone climatiche	
	A e B	C, D, E ed F
E.1, ad esclusione di collegi, conventi, caserme e case di pena	40 kWh/m <sup>2</sup> anno	30 kWh/m <sup>2</sup> anno
Per tutti gli altri edifici	14 kWh/m <sup>2</sup> anno	10 kWh/m <sup>2</sup> anno

<sup>(3)</sup> Operazione che, se messa a sistema con l'analisi progettuale fatta in regime invernale, consente di scegliere le stratigrafie di involucro e le soluzioni impiantistiche più adatte all'intervento oggetto di analisi.

<sup>(4)</sup> Così come descritto nel cap. II, par. 1.3.5.

fare attenzione che nel caso in cui sia presente un'unità di trattamento aria è necessario non considerare la componente  $Q_{C,ve}$  negli scambi termici  $Q_{C,ht}$  in quanto tale energia viene implicitamente considerata nel calcolo di  $Q_v$  secondo la UNI/TS 11300-3:2010.

Noto dunque il fabbisogno ideale, che dipende dal solo involucro edilizio, è possibile considerare la presenza dell'impianto di raffrescamento/climatizzazione estiva mediante il calcolo del fabbisogno termico effettivo  $Q_{Cr}$ , che mensilmente è pari a:

$$Q_{Cr,k} = Q_{C,nd,k} + Q_{l,e,k} + Q_{l,rg,k} + Q_{l,d,k} + Q_{l,d,s,k} - Q_{rr,k} \quad (1)$$

dove per il mese  $k$ -esimo della stagione di climatizzazione estiva:

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

$Q_{l,rg,k}$  [kWh] sono le perdite totali di regolazione;

$Q_{l,d,k}$  [kWh] sono le perdite totali di distribuzione;

$Q_{l,d,s,k}$  [kWh] sono le perdite totali dei serbatoi di accumulo inerziali;

$Q_{rr,k}$  [kWh] è l'energia termica recuperata.

Vediamo quindi come determinare le perdite nei sottosistemi impiantistici e la quantità di energia recuperata.

### 1.1. Le perdite di emissione ( $Q_{l,e}$ )

Le perdite di emissione si calcolano mensilmente a partire dal fabbisogno ideale per raffrescamento  $Q_{C,nd,k}$  nel  $k$ -esimo mese e considerando il rendimento  $\eta_e$  di emissione del terminale di erogazione adottato, attraverso la formula:

$$Q_{l,e,k} = Q_{C,nd,k} \times \frac{1 - \eta_e}{\eta_e} \quad (2)$$

Come per il caso invernale, anche per i sistemi di climatizzazione estiva, la specifica tecnica fornisce dei valori tabulati dei rendimenti di emissione:

**Tab. 1** – Rendimenti di emissione per diverse tipologie di terminali (rif. prospetto 6 della UNI/TS 11300-3:2010)

Terminale di erogazione	$\eta_e$
Ventilconvettori idronici	0,98
Terminali ad espansione diretta, unità interne in sistemi a split o simili	0,97
Armadi autonomi, ventilconvettori industriali posti in ambiente, travi fredde	0,97
Bocchette in sistemi ad aria canalizzata, anemostati, diffusori lineari a soffitto, terminali sistemi a dislocamento	0,97
Pannelli radianti isolati annegati a pavimento	0,97
Pannelli radianti isolati a soffitto	0,98

### 1.2. Le perdite di regolazione ( $Q_{l,rg}$ )

Analogamente a quanto fatto per quantificare le perdite del sottosistema di emissione, per tener conto dei dispositivi di regolazione è previsto il calcolo delle perdite del sottosistema di regolazione, attraverso la formula:

$$Q_{l,rg,k} = (Q_{C,nd,k} + Q_{l,e,k}) \times \frac{1 - \eta_{rg}}{\eta_{rg}} \quad (3)$$

Il decremento legato al rendimento di regolazione  $\eta_{rg}$  è moltiplicato alla somma tra il fabbisogno di ideale per raffreddamento e la perdita di emissione  $Q_{l,e}$ . I valori dei rendimenti di regolazione indicati dalla specifica tecnica sono riportati nella seguente tabella:

**Tab. 2** – Valori del rendimento di regolazione al variare del sistema di controllo <sup>(5)</sup>

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

(segue)

<sup>(5)</sup> Rif. UNI/TS 11300-3:2010, prospetto 7.

Sistema di controllo	Tipologia di regolazione	Rendimento di regolazione
Controllo singolo ambiente	Regolazione ON-OFF	0,94
	Regolazione modulante (banda 2 °C)	0,96
	Regolazione modulante (banda 1 °C)	0,98

### 1.3. Le perdite di distribuzione ( $Q_{l,d}$ )

Le perdite complessive di distribuzione sono in generale date dalla somma delle perdite nelle canalizzazioni di aria trattata,  $Q_{l,da,k}$ , e nelle tubazioni di acqua refrigerata,  $Q_{l,dw,k}$ , ossia:

$$Q_{l,d,k} = \sum_i Q_{l,da,k} + Q_{l,dw,k} \quad (4)$$

Per impianti con fluido termovettore aria le perdite da canali di distribuzione  $Q_{l,d,k}$  in ambienti non climatizzati o all'esterno sono date dalla somma delle perdite termiche per scambio di calore  $Q_{l,d,tr,k}$  e le perdite energetiche di massa  $Q_{l,d,m,k}$  nel passaggio di aria dalle canalizzazioni, determinate secondo la UNI EN 15242:2008 "Ventilazione degli edifici - Metodi di calcolo per la determinazione delle portate d'aria negli edifici, comprese le infiltrazioni".

Le perdite di distribuzione per trasmissione termica  $Q_{l,d,tr,k}$  si determinano mediante la relazione:

$$Q_{l,d,tr,k} = \sum \frac{U'}{1000} \times (\theta_{e,k} - \theta_{int,d}(F_k)) \times D_d \times h_K \quad (5)$$

dove:

$\theta_{e,k}$  [°C] è la temperatura del locale non riscaldato o dell'ambiente esterno;

$\theta_{int,d}(F_k)$  [°C] è la temperatura effettiva di mandata dell'aria, che dipende dal fattore di carico  $F_k$  tramite la relazione:

$$\theta_{int,d}(F_k) = \theta_{int,set} - (\theta_{int,set} - \theta_{int,d,des}) \times F_k \quad (6)$$

in cui, per ogni mese:

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

$\theta_{int,d,des}$  [°C] è la temperatura di mandata di progetto.

$D_d$  [m] è la lunghezza dei canali di distribuzione dell'aria;

$h_k$  [h] è il numero di ore del mese;

$U'$  [W/(mK)] è la trasmittanza lineare dei canali in aria, calcolabile con la seguente formula:

$$U' = \frac{\pi}{\frac{1}{2\lambda_d} \ln \frac{D_e}{D_{int}} + \frac{R_{se}}{D_e}} \quad (7)$$

dove:

$\lambda_d$  [W/(m·K)] è la conduttività del materiale isolante del canale;

$R_{se}$  [W/(m<sup>2</sup>K)] è la resistenza superficiale esterna, determinata secondo la UNI EN ISO 6946:2008 "Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo";

$D_e$  [m] è il diametro equivalente <sup>(6)</sup> esterno del canale;

$D_{int}$  [m] è il diametro equivalente interno del canale, calcolabile mediante la formula:

$$D_{int} = \sqrt{\frac{4 \times q}{\pi \times 3600 \times v}} \quad (8)$$

in cui:

$q$  [m<sup>3</sup>/h] è la portata d'aria nel canale principale;

$v$  [m/s] è la velocità media nel canale, che si può ricavare dalla seguente tabella.

---

<sup>(6)</sup> Che nel caso di sezioni rettangolari corrisponde a quello di un canale circolare avente lo stesso perimetro esterno e quindi la stessa superficie disperdente.

**Tab. 3** – *Velocità dell'aria nelle canalizzazioni (raccomandate/massime) <sup>(7)</sup>*

Applicazioni	Velocità dell'aria nei canali principali (m/s)	Velocità dell'aria nei canali secondari (m/s)
Teatri e auditorium	3,5/4,0	2,5/3,5
Appartamenti, alberghi e ospedali	4,0/5,0	3,0/4,0
Uffici privati, uffici direzionali e biblioteche	5,0/6,0	4,0/5,0
Uffici aperti, ristoranti e banche	6,0/7,0	5,0/6,0
Bar e magazzini	6,0/9,0	5,0/8,0
Industrie	6,5/11,0	5,0/9,0

#### 1.4. *Il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari dell'impianto di climatizzazione*

Il fabbisogno di energia elettrica per ausiliari degli impianti di climatizzazione è calcolato, mese per mese, come somma di:

$Q_{aux,e,k}$  [kWh] è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di emissione, nel  $k$ -esimo mese, che a sua volta si calcola nel seguente modo:

- nel caso di ventilatori sempre in funzione, come prodotto tra la potenza nominale complessiva dei ventilatori e il numero di ore del  $k$ -esimo mese considerato;
- nel caso di ventilatori con arresto al raggiungimento della temperatura voluta, mediante la seguente formula:

$$Q_{aux,e,k} = \frac{(\theta_{e,k} - \theta_{int,set})}{(\theta_{des} - \theta_{int,set})} \times \Phi_{\Sigma m} \times h_K \quad (9)$$

dove:

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

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

$\theta_{des}$  [°C] è la temperatura di progetto, definita per il capoluogo di provincia dalla UNI 10349:1994;

<sup>(7)</sup> Rif. UNI/TS 11300-3:2010, allegato A, prospetto A.2.

- $\Phi\Sigma_{vn}$  [kW] è la potenza nominale complessiva dei ventilatori;
- $h_k$  [h] è il numero di ore nel  $k$ -esimo mese;
- $Q_{aux,d,k}$  [kWh] è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di distribuzione, nel  $k$ -esimo mese, pari alla somma di:
- $Q_{aux,PO,k}$  [kWh], fabbisogno elettrico delle pompe a servizio delle tubazioni di distribuzione per il  $k$ -esimo mese, calcolati come previsto nella UNI/TS 11300-2:2008;
  - $Q_{aux,vn,k}$  [kWh], fabbisogno elettrico dei ventilatori a servizio della rete di distribuzione d'aria, calcolabili come prodotto tra il fattore di carico della macchina frigorifera nel  $k$ -esimo mese, la potenza nominale complessiva dei ventilatori ed il numero di ore del  $k$ -esimo mese;
- $Q_{aux,gn,k}$  [kWh] è il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari del sottosistema di produzione, nel  $k$ -esimo mese, anch'essi calcolabili come prodotto tra il fattore medio di carico della macchina frigorifera per il  $k$ -esimo mese, la potenza elettrica complessiva degli ausiliari esterni al generatore e il numero di ore nel  $k$ -esimo mese. Questi fabbisogni, in particolare, sono dati:
- dall'elettroventilatore del condensatore, in unità di produzione con condensatore ad aria;
  - dalla pompa di circolazione dell'acqua nel condensatore, in unità di condensazione ad acqua;
  - dal ventilatore e dall'elettropompa di circolazione, in sistemi di condensazione evaporativi.

Nel caso in cui tali valori non siano ricavabili né da dati di progetto, né da dati di targa, né da schede tecniche, la specifica tecnica fornisce dei valori di default della potenza elettrica assorbita dagli ausiliari esterni del generatore, così come riportato nella seguente tabella.

**Tab. 4** – Potenze elettriche assorbite dagli ausiliari esterni del sottosistema di generazione, riferiti alla potenza termica del condensatore (rif. prospetto 9 della UNI/TS 11300-2:2008)

Tipo di generatore	Potenza elettrica specifica [W/kW]	
	Elettroventilatori	Elettropompe
Condensatori raffreddati ad aria <sup>a)</sup> :		
– con ventilatori elicoidali non canalizzati	20 - 40	-
– con ventilatori centrifughi canalizzati	40 - 60	-
Condensatori raffreddati ad acqua	-	N.D. <sup>c)</sup>
Condensatori evaporativi <sup>a)</sup>	15-16	3,5-4
Torri di raffreddamento a circuito aperto <sup>b)</sup>	12-14	
Torri di raffreddamento a circuito chiuso <sup>b)</sup>	10-12	1,3-1,5
<b>Note</b>		
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: -temperatura dell'acqua in ingresso 34 °C; -temperatura dell'acqua in uscita 29 °C; -temperatura di bulbo umido dell'aria 24 °C.		
c) Dati variabili in relazione alle condizioni al contorno (ad es., dislivelli di quota, modalità di presa e di filtraggio).		

Il fattore di carico  $F$  [%] serve per esprimere il rapporto tra la quantità di energia termica per il raffreddamento e la ventilazione ( $Q_{Cr} + Q_v$ ) che si prevede venga erogata nel periodo considerato ed il valore massimo di energia termica erogabile dalla macchina frigorifera: in pratica, con questo parametro si tiene conto della variazione delle energie termiche erogate, in funzione delle parzializzazioni dell'impianto di raffrescamento/climatizzazione a seguito delle previste variazioni climatiche, delle condizioni al contorno (perdite e guadagni energetici) oltre che delle caratteristiche dell'involucro.

La specifica tecnica pertanto fornisce le condizioni di riferimento per determinare il coefficiente di prestazione energetica (EER, dall'acronimo inglese *Energy Efficiency Ratio*), in diverse condizioni di carico parziale delle macchine frigorifere. È possibile in alternativa utilizzare le curve di carico fornite dal costruttore della macchina utilizzata, le quali descrivono appunto l'andamento della prestazione energetica in funzione del fattore di carico.

### 1.5. Il coefficiente di prestazione energetica del sistema di produzione dell'energia frigorifera ( $\eta_{mm,k}$ )

Noto il coefficiente di prestazione energetica della macchina frigorifera, al variare del fattore di carico, è possibile determinare il coefficiente di prestazione medio mensile (calcolato, quindi, per il k-esimo mese) del sistema di produzione dell'energia frigorifera  $\eta_{mm',k}$  applicando la seguente relazione.

$$\eta_{mm,k} = \text{EER}(F_k) \times \eta_l(F_k) \times \eta_2 \times \eta_3 \times \eta_4 \times \eta_5 \times \eta_6 \times \eta_7 \quad (10)$$

dove:

$\eta_l(F_k)$  [-] è il coefficiente correttivo dovuto alla diversa parzializzazione dell'impianto, ricavabile per interpolazione lineare dei valori riportati nella seguente tabella.

**Tab. 5** – Valori del coefficiente correttivo  $\eta_l(F_k)$  per macchine aria-acqua <sup>(8)</sup>

Fattore di carico (Fk) [%]	Salto termico ( $\Delta\theta$ ) [°C]	Temperatura acqua in uscita [°C]	Temperatura bulbo secco aria esterna [°C]						
			15	20	25	30	35	40	45
100	5	10	1,834	1,639	1,444	1,249	1,054	0,928	0,802
		9	1,808	1,604	1,407	1,218	1,037	0,909	0,784
		8	1,782	1,569	1,370	1,187	1,018	0,890	0,767
		7	1,756	1,534	1,332	1,155	<b>1,000</b>	0,871	0,750
		6	1,720	1,518	1,327	1,148	0,979	0,856	0,736
		5	1,684	1,503	1,322	1,141	0,961	0,841	0,722
		4	1,634	1,457	1,281	1,105	0,928	0,807	0,685
75	3.75	10	1,639	1,444	1,249	1,054	0,928	0,802	0,700
		9	1,604	1,407	1,218	1,037	0,909	0,784	0,684
		8	1,569	1,370	1,187	1,018	0,890	0,767	0,667
		7	1,534	1,332	1,155	<b>1,000</b>	0,871	0,750	0,650
		6	1,518	1,327	1,148	0,979	0,856	0,736	0,636
		5	1,503	1,322	1,141	0,961	0,841	0,722	0,622
		4	1,457	1,281	1,105	0,928	0,807	0,685	0,585

(segue)

<sup>(8)</sup> Rif. UNI/TS 11300-3:2010, allegato C, prospetti dal C.1 al C.4.

Fattore di carico (Fk) [%]	Salto termico ( $\Delta\theta$ ) [°C]	Temperatura acqua in uscita [°C]	Temperatura bulbo secco aria esterna [°C]						
			15	20	25	30	35	40	45
50	2.5	10	1,444	1,249	1,054	0,928	0,802	0,700	0,620
		9	1,407	1,218	1,037	0,909	0,784	0,684	0,604
		8	1,370	1,187	1,018	0,890	0,767	0,667	0,587
		7	1,332	1,155	<b>1,000</b>	0,871	0,750	0,650	0,570
		6	1,327	1,148	0,979	0,856	0,736	0,636	0,556
		5	1,322	1,141	0,961	0,841	0,722	0,622	0,542
		4	1,281	1,105	0,928	0,807	0,685	0,585	0,505
25	1.25	10	1,249	1,054	0,928	0,802	0,700	0,620	0,550
		9	1,218	1,037	0,909	0,784	0,684	0,604	0,534
		8	1,187	1,018	0,890	0,767	0,667	0,587	0,517
		7	1,155	<b>1,000</b>	0,871	0,750	0,650	0,570	0,500
		6	1,148	0,979	0,856	0,736	0,636	0,556	0,486
		5	1,141	0,961	0,841	0,722	0,622	0,542	0,472
		4	1,105	0,928	0,807	0,685	0,585	0,505	0,435

Tab. 6 – Valori del coefficiente correttivo  $\eta_r(F_k)$  per macchine acqua-acqua <sup>(9)</sup>

Fattore di carico (Fk) [%]	Salto termico ( $\Delta\theta$ ) [°C]	Temperatura acqua in uscita [°C]	Temperatura ingresso acqua condensatore [°C]				
			18	22	26	30	32
100	5	10	1,522	1,366	1,210	1,054	1,003
		9	1,490	1,333	1,182	1,037	0,986
		8	1,459	1,299	1,153	1,018	0,967
		7	1,427	1,266	1,124	<b>1,000</b>	0,948
		6	1,410	1,257	1,114	0,979	0,929
		5	1,394	1,250	1,105	0,961	0,913
		4	1,351	1,210	1,070	0,928	0,880

(segue)

<sup>(9)</sup> Rif. UNI/TS 11300-3:2010, allegato C, prospetti dal C.5 al C.8.

Fattore di carico (Fk) [%]	Salto termico ( $\Delta\theta$ ) [°C]	Temperatura acqua in uscita [°C]	Temperatura ingresso acqua condensatore [°C]				
			18	22	26	30	32
75	3.75	10	1,366	1,210	1,054	1,003	0,902
		9	1,333	1,182	1,037	0,986	0,883
		8	1,299	1,153	1,018	0,967	0,864
		7	1,266	1,124	<b>1,000</b>	0,948	0,845
		6	1,257	1,114	0,979	0,929	0,831
		5	1,250	1,105	0,961	0,913	0,817
		4	1,210	1,070	0,928	0,880	0,782
50	2.5	10	1,210	1,054	1,003	0,902	0,802
		9	1,182	1,037	0,986	0,883	0,784
		8	1,153	1,018	0,967	0,864	0,767
		7	1,124	<b>1,000</b>	0,948	0,845	0,750
		6	1,114	0,979	0,929	0,831	0,736
		5	1,105	0,961	0,913	0,817	0,722
		4	1,070	0,928	0,880	0,782	0,685
25	1.25	10	1,054	1,003	0,902	0,802	0,700
		9	1,037	0,986	0,883	0,784	0,684
		8	1,018	0,967	0,864	0,767	0,667
		7	<b>1,000</b>	0,948	0,845	0,750	0,650
		6	0,979	0,929	0,831	0,736	0,636
		5	0,961	0,913	0,817	0,722	0,622
		4	0,928	0,880	0,782	0,685	0,585

Tab. 7 – Valori del coefficiente correttivo  $\eta_i(F_k)$  per macchine aria-aria <sup>(10)</sup>

Fattore di carico (F <sub>k</sub> ) [%]	Temperatura bulbo umido aria interna [°C]	Temperatura ingresso acqua condensatore [°C]							
		15	20	25	30	35	40	45	50
100	16	1,634	1,457	1,281	1,105	0,928	0,807	0,685	-
	18	1,720	1,518	1,327	1,148	0,979	0,856	0,736	-
	19	1,756	1,534	1,332	1,155	<b>1,000</b>	0,871	0,750	-
	20	1,782	1,569	1,370	1,187	1,018	0,890	0,767	-
	22	1,834	1,639	1,444	1,249	1,054	0,928	0,802	-
75	16	1,457	1,281	1,105	0,928	0,807	0,685	0,585	-
	18	1,518	1,327	1,148	0,979	0,856	0,736	0,636	-
	19	1,534	1,332	1,155	<b>1,000</b>	0,871	0,750	0,650	-
	20	1,569	1,370	1,187	1,018	0,890	0,767	0,667	-
	22	1,639	1,444	1,249	1,054	0,928	0,802	0,700	-
50	16	1,281	1,105	0,928	0,807	0,685	0,585	0,505	-
	18	1,327	1,148	0,979	0,856	0,736	0,636	0,556	-
	19	1,332	1,155	<b>1,000</b>	0,871	0,750	0,650	0,672	-
	20	1,370	1,187	1,018	0,890	0,767	0,667	0,587	-
	22	1,444	1,249	1,054	0,928	0,802	0,700	0,698	-
25	16	1,062	0,962	0,871	0,788	0,714	0,646	0,585	0,529
	18	1,083	0,981	0,888	0,804	0,728	0,659	0,596	0,540
	19	1,105	<b>1,000</b>	0,905	0,820	0,742	0,672	0,608	0,551
	20	1,126	1,020	0,923	0,836	0,757	0,685	0,620	0,561
	22	1,149	1,040	0,941	0,852	0,771	0,698	0,632	0,572

<sup>(10)</sup> Rif. UNI/TS 11300-3:2010, allegato C, prospetti dal C.9 al C.12.

**Tab. 8** – Valori del coefficiente correttivo  $\eta_r(F_k)$  per macchine acqua-aria <sup>(1)</sup>

Fattore di carico (Fk) [%]	Temperatura bulbo umido aria interna [°C]	Temperatura ingresso acqua condensatore [°C]				
		18	22	26	30	32
100	16	1,351	1,210	1,070	0,928	0,880
	18	1,410	1,257	1,114	0,979	0,929
	19	1,427	1,266	1,124	<b>1,000</b>	0,948
	20	1,459	1,299	1,153	1,018	0,967
	22	1,522	1,366	1,210	1,054	1,003
75	16	1,210	1,070	0,928	0,880	0,782
	18	1,257	1,114	0,979	0,929	0,831
	19	1,266	1,124	<b>1,000</b>	0,948	0,845
	20	1,299	1,153	1,018	0,967	0,864
	22	1,366	1,210	1,054	1,003	0,902
50	16	1,070	0,928	0,880	0,782	0,685
	18	1,114	0,979	0,929	0,831	0,736
	19	1,124	<b>1,000</b>	0,948	0,845	0,750
	20	1,153	1,018	0,967	0,864	0,767
	22	1,210	1,054	1,003	0,902	0,802
25	16	0,928	0,880	0,782	0,685	0,585
	18	0,979	0,929	0,831	0,736	0,636
	19	<b>1,000</b>	0,948	0,845	0,750	0,650
	20	1,018	0,967	0,864	0,767	0,667
	22	1,054	1,003	0,902	0,802	0,700

Nel caso delle macchine acqua-aria sono inoltre forniti anche i seguenti valori del coefficiente correttivo  $\eta_r$ , che tengono conto della temperatura in ingresso dell'acqua e della temperatura dell'aria esterna.

<sup>(1)</sup> Rif. UNI/TS 11300-3:2010, allegato C, prospetti dal C.13 al C.16.

**Tab. 9** – Valori del coefficiente correttivo  $\eta_1$  per macchine acqua-aria <sup>(12)</sup>

Fattore di carico (Fk) [%]	Salto termico ( $\Delta\theta$ ) [°C]	Temperatura acqua in uscita [°C]	Temperatura bulbo secco aria esterna [°C]									
			0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
100	5	3	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,97	0,90	0,67	-	-
		5	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,87	-	-
		7	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,00	0,88	0,67
		9	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,02	0,93	0,78

$\eta_2$  [-] è il coefficiente correttivo legato alla velocità del ventilatore dell'unità interna e, quindi, alla portata d'aria, che influenza la temperatura/pressione di evaporazione, da assumersi pari a:

**Tab. 10** – Valori del coefficiente correttivo  $\eta_2$  per macchine ad espansione diretta "aria-aria" oppure per macchine ad espansione diretta "acqua-aria", con compressore a velocità fissa <sup>(13)</sup>

	Velocità del ventilatore dell'unità interna		
	Alta (nominale)	Media	Bassa
Macchine ad espansione diretta "aria-aria" (raffreddate ad aria) oppure ad espansione diretta "acqua-aria" (raffreddate ad acqua) con compressore a velocità fissa	1,00	0,99	0,98

<sup>(12)</sup> Rif. UNI/TS 11300-3:2010, allegato C, prospetti C.17.

<sup>(13)</sup> Rif. UNI/TS 11300-3:2010, allegato D, prospetti D.1 e D.5.

$\eta_3$  [-] è il coefficiente correttivo (valido per i sistemi split con compressore a velocità fissa) che tiene conto della lunghezza equivalente della tubazione di aspirazione per il collegamento tra l'unità interna e quella esterna, da assumersi pari a:

**Tab. 11** – Valori del coefficiente correttivo  $\eta_3$  per macchine ad espansione diretta “aria-aria” oppure per macchine ad espansione diretta “acqua-aria”, con compressore a velocità fissa <sup>(14)</sup>

	Lunghezza equivalente della tubazione di aspirazione che collega le unità interna ed esterna [m]							
	3	7,5	10	15	20	30	40	50
<b>Macchine ad espansione diretta “aria-aria” (raffreddate ad aria) oppure ad espansione diretta “acqua-aria” (raffreddate ad acqua) con compressore a velocità fissa</b>	1,04	1,00	0,975	0,955	0,94	0,915	0,875	0,81

$\eta_4$  [-] è il coefficiente correttivo (valido per le unità di sistemi con sezione interna canalizzata) che tiene conto delle perdite di carico nei canali dell'unità interna, da assumersi pari a:

**Tab. 12** – Valori del coefficiente correttivo  $\eta_4$  per macchine ad espansione diretta “aria-aria” oppure per macchine ad espansione diretta “acqua-aria”, con compressore a velocità fissa <sup>(15)</sup>

	Portata nei canali dell'unità interna rispetto alla portata nominale [%]				
	80	90	100	110	120
<b>Macchine ad espansione diretta “aria-aria” (raffreddate ad aria) oppure ad espansione diretta “acqua-aria” (raffreddate ad acqua) con compressore a velocità fissa</b>	1,04	1,00	0,975	0,955	0,94

<sup>(14)</sup> Rif. UNI/TS 11300-3:2010, allegato D, prospetti D.2 e D.6.

<sup>(15)</sup> Rif. UNI/TS 11300-3:2010, allegato D, prospetti D.3 e D.7.

$\eta_5$  [-] è il coefficiente correttivo che tiene conto delle perdite di carico nei canali dell'unità esterna o dovute alla presenza dei setti insonorizzanti, da assumersi pari a:

**Tab. 13** – Valori del coefficiente correttivo  $\eta_5$  per macchine ad espansione diretta "aria-aria" oppure per macchine ad espansione diretta "acqua-aria", con compressore a velocità fissa <sup>(16)</sup>

	Portata nei canali dell'unità esterna rispetto alla portata nominale [%]						
	65	80	90	100	110	120	130
<b>Macchine ad espansione diretta "aria-aria" (raffreddate ad aria) <sup>a)</sup></b>	-	0,94	0,97	1,00	1,02	1,04	-
<b>Macchine ad espansione diretta "acqua-aria" (raffreddate ad acqua) con compressore a velocità fissa <sup>b)</sup></b>	0,91	-	-	1,00	-	-	1,05
<b>Note</b>							
a) Nel caso di utilizzo di setti insonorizzanti, il coefficiente è da assumersi pari a 0,93.							
b) Valori validi in caso di:							
- temperatura di riferimento acqua in ingresso al condensatore = 30°C;							
- temperatura di riferimento acqua in uscita dal condensatore = 35°C;							
- temperatura aria in ingresso all'evaporatore = 27°C (bulbo secco), 19 °C (bulbo umido);							
- salto termico alla portata nominale = 5°C;							
- salto termico al 65% della portata nominale = 7,7 °C;							
- salto termico al 130 % della portata nominale = 3,85°C.							

La specifica tecnica, inoltre, prevede che per le macchine ad espansione diretta "acqua-aria" (raffreddate ad acqua) con compressore a velocità fissa, nel caso in cui non sia previsto il controllo (pressostatico o termostatico) della temperatura/pressione di condensazione, ma il flusso dell'acqua sia costante, occorre utilizzare oltre al coefficiente correttivo  $\eta_5$  anche un fattore che tenga conto della variazione del fattore di sporco, mediante il seguente coefficiente  $\eta_6$ :

<sup>(16)</sup> Rif. UNI/TS 11300-3:2010, allegato D, prospetti D.4 e D.8.

**Tab. 14** – Valori del coefficiente correttivo  $\eta_6$  per macchine ad espansione diretta “aria-aria” oppure per macchine ad espansione diretta “acqua-aria”, con compressore a velocità fissa <sup>(17)</sup>

	Fattore di sporramento [(m <sup>2</sup> · K) / kW]				
	0,022 02	0,044 03	0,088 06	0,132 09	0,176 09
<b>Macchine ad espansione diretta “acqua-aria” (raffreddate ad acqua) con compressore a velocità fissa</b>	1,006	1,00	0,961	0,934	0,907
Nota: le variazioni del fattore di sporramento rispetto al suo valore di riferimento fanno variare inversamente il coefficiente di scambio e con esso la temperatura di condensazione.					

Nel caso si utilizzino miscele incongelabili sul condensatore, quali il glicole etilenico, occorre considerare un coefficiente peggiorativo  $\eta_7$  pari a:

**Tab. 15** – Valori del coefficiente correttivo  $\eta_7$  per macchine ad espansione diretta “aria-aria” oppure per macchine ad espansione diretta “acqua-aria”, con compressore a velocità fissa <sup>(18)</sup>

	Percentuale di glicole [%]		
	10	20	30
<b>Macchine ad espansione diretta “acqua-aria” (raffreddate ad acqua) con compressore a velocità fissa</b>	0,991	0,989	0,985

Infine, nel caso in cui nei sistemi “acqua-aria” si utilizzino unità con valvola pressostatica/termostatica, si possono trascurare i fattori  $\eta_5$ ,  $\eta_6$  e  $\eta_7$ .

La specifica tecnica riporta nell'allegato D anche i coefficienti correttivi per i sistemi idronici “aria-acqua” (gruppi di refrigerazione dell'acqua raffreddati ad aria) e “acqua-acqua” (se raffreddati ad acqua). In questo, insieme al coefficiente correttivo  $\eta_1$ , funzione del fattore di carico del generatore (si veda la tabella sopra riportata), occorre applicare i seguenti fattori correttivi:

<sup>(17)</sup> Rif. UNI/TS 11300-3:2010, allegato D, prospetto D.9.

<sup>(18)</sup> Rif. UNI/TS 11300-3:2010, allegato D, prospetto D.10.

$\eta_2$  [-] è il coefficiente correttivo nel caso si abbia un salto termico dell'acqua all'evaporatore diverso da quello di riferimento  $\Delta\theta=5^\circ\text{C}$ , da assumersi pari a:

**Tab. 16** – Valori del coefficiente correttivo  $\eta_2$  per sistemi idronici “aria-acqua” oppure “acqua-acqua” <sup>(19)</sup>

	Differenza di temperatura fra acqua di ingresso e di uscita all'evaporatore [°C]			
	4	5	6	7
<b>Sistemi idronici “aria-acqua” e “acqua-acqua”</b>	0,99	1,00	1,01	1,03

$\eta_3$  [-] è il coefficiente correttivo, valido per i sistemi split (condensatore remoto) che tiene conto della capacità di raffreddamento del liquido in funzione della lunghezza equivalente della tubazione di mandata per il collegamento tra l'unità interna e quella esterna, da assumersi pari a:

**Tab. 17** – Valori del coefficiente correttivo  $\eta_3$  per sistemi idronici “aria-acqua” <sup>(20)</sup>

	Lunghezza equivalente della tubazione di mandata che collega le unità interna ed esterna [m]					
	10	15	20	30	40	50
<b>Sistemi idronici “aria-acqua”</b>	0,974	0,953	0,937	0,908	0,866	0,801

$\eta_4$  [-] è il coefficiente correttivo (valido per le unità i cui sistemi hanno sezione interna canalizzata) che tiene conto delle perdite di carico nei canali dell'unità esterna, da assumersi pari a:

**Tab. 18** – Valori del coefficiente correttivo  $\eta_4$  per sistemi idronici “aria-acqua” <sup>(21)</sup>

	Portata nei canali dell'unità esterna rispetto alla portata nominale [%]				
	80	90	100	110	120
<b>Sistemi idronici “aria-acqua”</b>	0,96	0,98	1,00	1,02	1,03

<sup>(19)</sup> Rif. UNI/TS 11300-3:2010, allegato D, prospetti D.11 e D.16.

<sup>(20)</sup> Rif. UNI/TS 11300-3:2010, allegato D, prospetto D.15.

<sup>(21)</sup> Rif. UNI/TS 11300-3:2010, allegato D, prospetto D.14.

$\eta_5$  [-] è il coefficiente correttivo che tiene conto delle perdite di carico dovute alla presenza dei setti insonorizzanti, da assumersi pari a 0,93 (se presenti) a 1,00 (se assenti).

Anche per i sistemi idronici, la specifica tecnica prevede un fattore che tenga conto della variazione del fattore di sporcamento, mediante il seguente coefficiente  $\eta_6$ :

**Tab. 19** – Valori del coefficiente correttivo  $\eta_6$  per sistemi idronici “aria-acqua” e “acqua-acqua” (22)

	Fattore di sporcamento [(m <sup>2</sup> · K) / kW]				
	0,022 02	0,044 03	0,088 06	0,132 09	0,176 12
<b>Sistemi idronici “aria-acqua” e “acqua-acqua”</b>	1,007	1,00	0,986	0,974	0,950
Nota: le variazioni del fattore di sporcamento rispetto al suo valore di riferimento fanno variare inversamente il coefficiente di scambio e con esso la temperatura di condensazione.					

Nel caso si utilizzino miscele incongelabili in aggiunta all’acqua, quali il glicole etilenico, occorre considerare un coefficiente peggiorativo  $\eta_7$  pari a:

**Tab. 20** – Valori del coefficiente correttivo  $\eta_7$  per sistemi idronici “aria-acqua” e “acqua-acqua” (23)

	Percentuale di glicole [%]		
	10	20	30
<b>Sistemi idronici “aria-acqua” e “acqua-acqua”</b>	0,986	0,977	0,969

Infine, nel caso in cui nei sistemi idronici “acqua-acqua” non si devono considerare i valori riportati per i coefficienti  $\eta_3$ ,  $\eta_4$ ,  $\eta_5$ , ma la specifica tecnica introduce degli altri coefficienti da utilizzare per le unità con acqua di condensazione a portata fissa, in modo da tenere in considerazione:

- il salto termico al condensatore:

(22) Rif. UNI/TS 11300-3:2010, allegato D, prospetti D.12 e D.17.

(23) Rif. UNI/TS 11300-3:2010, allegato D, prospetti D.13 e D.18.

	Differenza di temperatura fra acqua di ingresso e di uscita al condensatore [°C]							
	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Sistemi idronici "acqua-acqua"</b>	1,047	1,021	1,000	0,966	0,956	0,929	0,907	0,880

– il fattore di sporcamento dell'unità condensante:

	Fattore di sporcamento [(m <sup>2</sup> · K) / kW]				
	0,022 02	0,044 03	0,088 06	0,132 09	0,176 12
<b>Sistemi idronici "acqua-acqua"</b>	1,006	1,00	0,961	0,934	0,907
<b>Nota</b> le variazioni del fattore di sporcamento rispetto al suo valore di riferimento fanno variare inversamente il coefficiente di scambio e con esso la temperatura di condensazione.					

– l'utilizzo di miscela incongelaibile sul condensatore:

	Percentuale di glicole [%]		
	10	20	30
<b>Sistemi idronici "acqua-acqua"</b>	0,991	0,989	0,985

Nel caso, infine, di unità dotate di valvola pressostatica o termostatica si possono trascurare tutti i fattori correttivi legati al condensatore.

## 2. Il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione estiva ( $Q_{C,P}$ )

Il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione estiva  $Q_{C,P}$  in kWh, è ottenibile mediante la seguente equazione:

$$Q_{C,P} = \sum_k Q_{aux,k} \times f_{p,el} + \sum_k \left[ \sum_x \frac{Q_{Cr,k,x} + Q_{v,k,x}}{\eta_{mm,k,x}} \right] f_{p,x} \quad (11)$$

dove:

$Q_{aux,k}$  [kWh] è il fabbisogno di energia elettrica del k-esimo ausiliario presente nell'impianto di raffreddamento/climatizzazione estiva;

- $f_{p,el}$  [-] è il fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria, pari a quello già visto nel caso della climatizzazione invernale <sup>(24)</sup>;
- $Q_{Cr,k,x}$  [kWh] è il fabbisogno effettivo per raffrescamento, nel k-esimo mese della stagione di climatizzazione estiva per la x-esima fonte di energia in ingresso;
- $Q_{v,k,x}$  [kWh] è il fabbisogno per trattamenti dell'aria, nel k-esimo mese della stagione di climatizzazione estiva per la x-esima fonte di energia in ingresso;
- $\eta_{mm,k,x}$  [-] è il coefficiente di prestazione medio mensile del sistema di produzione dell'energia frigorifera, per la x-esima fonte di energia in ingresso;
- $f_{p,x}$  [-] è il fattore di conversione ad energia primaria dell'x-esimo vettore energetico utilizzato dal generatore;

Da ultimo, occorre ricordare che il risultato del calcolo per la quantificazione dell'energia primaria per la climatizzazione estiva, descritta nella UNI/TS 11300-3:2010, a oggi non influisce sulla classificazione energetica <sup>(25)</sup>. Si prevede inoltre che la specifica tecnica subisca a breve sostanziali modifiche, in modo da risolvere, in particolare due criticità:

- la determinazione del fattore di carico delle macchine frigorifere;
- il calcolo dei carichi termici latenti, tenendo opportunamente conto degli apporti interni.

I carichi latenti interni sono stati calcolati prendendo come riferimento i dati occupazionali di uffici ma senza fare distinzione tra le diverse destinazioni d'uso e quindi dei fabbisogni di climatizzazione in funzione del numero di persone presenti.

È stato a tal fine istituito un gruppo di lavoro che sta lavorando ad una errata corregge della parte 3, da presentare entro giugno 2011.

---

<sup>(24)</sup> Così come riportato nel cap. III, nota <sup>(6)</sup>.

<sup>(25)</sup> La classificazione energetica è infatti a oggi basata sul solo fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale ed, inoltre, il d.P.R. 59/2009 sulle prestazioni energetiche degli edifici non contiene valori limite e verifiche minime da rispettare per l'indicatore di energia primaria per la climatizzazione estiva.

## Bibliografia e norme citate

CELLAI G., BAZZINI G., GAI M., *Le prestazioni energetiche degli edifici*, Rimini, Maggioli, 2007.

GRASSI W., SCATIZZI G., VENTURELLI F., *La certificazione energetica degli edifici e degli impianti*, Rimini, Maggioli, 2007.

LUPICA SPAGNOLO S., *Guida alla certificazione energetica*, Rimini, Maggioli, II edizione 2010.

LUPICA SPAGNOLO S., LUPICA SPAGNOLO N., *La certificazione energetica degli edifici: gli obblighi degli enti locali*, in "Ingegneri", n. 1-2, gennaio-febbraio 2011, Rimini, Maggioli, p. 1-2.

- **Direttive europee**

Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010, *sulla prestazione energetica nell'edilizia*, G.U.C.E. L153 del 18 giugno 2010.

Direttiva 2006/32/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 5 aprile 2006, *concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e recante abrogazione della direttiva 93/76/CEE del Consiglio*, G.U.C.E. L114 del 27 aprile 2006.

Direttiva 2004/22/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 31 marzo 2004, *relativa agli strumenti di misura* G.U.C.E. L35 del 30 aprile 2004.

Direttiva 2002/91/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2002, *sul rendimento energetico nell'edilizia*, G.U.C.E. L1 del 4 gennaio 2003.

- **Normativa nazionale**

D.lgs. 29 marzo 2010, n. 56, *Modifiche ed integrazioni al decreto 30 maggio 2008, n. 115, recante attuazione della direttiva 2006/32/CE, concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e recante abrogazioni della direttiva 93/76/CEE*, G.U. n. 92 del 21 aprile 2010.

D. interm. 26 giugno 2009, *Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici*, G.U. n. 158 del 10 luglio 2009.

D.P.R. 2 aprile 2009, n. 59, *Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia*, G.U. n. 132 del 10 giugno 2009.

L. conv. 6 agosto 2008, n. 133, *Disposizioni urgenti per lo sviluppo economico, la semplificazione, la competitività, la stabilizzazione della finanza pubblica e la perequazione tributaria*, G.U. n. 195 del 21 agosto 2008, Suppl. ordinario.

D.lgs. 30 maggio 2008, n. 115, *Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE*, G.U. n. 154 del 3 luglio 2008.

D.M. 19 febbraio 2007, *Disposizioni in materia di detrazioni per le spese di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente, ai sensi dell'articolo 1, comma 349 della legge 27 dicembre 2006, n. 296 (finanziaria 2007)*, G.U. n. 47 del 26 febbraio 2007.

D.lgs. 2 febbraio 2007, n. 22, *Attivazione della direttiva 2004/22/CE relativa agli strumenti di misura*, G.U. n. 64 del 17 marzo 2007, Suppl. ordinario.

D.lgs. 29 dicembre 2006, n. 311, *Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia*, G.U. n. 26 del 1° febbraio 2007, Suppl. ordinario.

Legge 27 dicembre 2006, n. 296, *Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato (finanziaria 2007)*, G.U. n. 299 del 27 dicembre 2006, Suppl. ordinario.

D.lgs. 19 agosto 2005, n. 192, *Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia*, G.U. n. 222 del 23 settembre 2005.

D.M. 27 luglio 2005, *Norma concernente il regolamento d'attuazione della legge 9 gennaio 1991, n. 10 (articolo 4, commi 1 e 2), recante: "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia"*, G.U. n. 178 del 2 agosto 2005.

L. 4 febbraio 2005, n. 11, *Norme generali sulla partecipazione dell'Italia al processo normativo dell'Unione europea e sulle procedure di esecuzione degli obblighi comunitari*, G.U. n. 37 del 15 febbraio 2005.

D.P.R. 21 dicembre 1999, n. 551, *Modifiche al decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412: 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, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n. 10*, G.U. n. 81 del 6 aprile 2000.

D.lgs. 31 marzo 1998, n. 112, *Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I*

della legge 15 marzo 1997, n. 59, G.U. n. 92 del 21 aprile 1998, Suppl. ordinario.

L. 15 marzo 1997, n. 59, *Delega al Governo per il conferimento di funzioni e compiti alle regioni ed enti locali, per la riforma della Pubblica Amministrazione e per la semplificazione amministrativa*, G.U. n. 63 del 17 marzo 1997.

L. 28 dicembre 1995, n. 549, *Misure di razionalizzazione della finanza pubblica*, G.U. n. 302 del 29 dicembre 1995.

D.P.R. 26 agosto 1993, n. 412, *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, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n. 10*, G.U. n. 242 del 14 ottobre 1993, Suppl. ordinario.

L. 9 gennaio 1991, n. 10, *Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia*, G.U. n. 13 del 16 gennaio 1991.

L. 30 aprile 1976, n. 373, *Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici*, G.U. n. 148 del 7 giugno 1976.

#### • **Normativa tecnica (ordinata per numero)**

UNI EN 297:2007, *Caldaie per riscaldamento centralizzato alimentate a combustibili gassosi - Caldaie di tipo B equipaggiate con bruciatore atmosferico, con portata termica nominale minore o uguale a 70 kW*.

UNI EN 483:2008, *Caldaie di riscaldamento centrale alimentate a combustibili gassosi - Caldaie di tipo C di portata termica nominale non maggiore di 70 kW*.

UNI EN 303-1:2005, *Caldaie per riscaldamento - Parte 1: Caldaie con bruciatori ad aria soffiata - Terminologia, requisiti generali, prove e marcatura*.

UNI EN 442-2:2004, *Radiatori e convettori - Parte 2: Metodi di prova e valutazione*.

UNI EN 1264-1:1999, *Riscaldamento a pavimento - Impianti e componenti - Definizioni e simboli*.

UNI EN 1264-2:2009, *Sistemi radianti alimentati ad acqua per il riscaldamento e il raffrescamento integrati nelle strutture - Parte 2: Riscaldamento a pavimento: metodi per la determinazione della potenza termica mediante metodi di calcolo e prove*.

UNI EN 1264-3:2009, *Riscaldamento a pavimento - Impianti e componenti - Dimensionamento*.

UNI EN 1264-4:2009, *Riscaldamento a pavimento - Impianti e componenti - Installazione*.

UNI EN 1359:2006, *Misuratori di gas - Misuratori di gas a membrana*.

- UNI EN 1745:2005, *Muratura e prodotti per muratura - Metodi per determinare i valori termici di progetto.*
- UNI EN ISO 6817:1997, *Misurazione della portata di liquidi conduttivi in condotti chiusi. Metodo basato sull'impiego di misuratori di portata elettromagnetici.*
- UNI EN ISO 6946:2008, *Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo.*
- UNI EN ISO 7278-1:1999, *Idrocarburi liquidi - Misurazione dinamica - Sistemi di taratura dei misuratori volumetrici - Principi generali.*
- UNI EN ISO 7278-2:2000, *Idrocarburi liquidi - Misurazione dinamica - Sistemi di taratura dei misuratori volumetrici - Tubi tarati.*
- UNI EN ISO 7345:1999, *Isolamento termico - Grandezze fisiche e definizioni.*
- UNI 8477-1:1983, *Energia solare. Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia. Valutazione dell'energia raggiante ricevuta.*
- UNI EN ISO 9251:1998, *Isolamento termico - Condizioni di scambio termico e proprietà dei materiali - Vocabolario.*
- UNI EN ISO 9288:2000, *Isolamento termico - Scambio termico per radiazione - Grandezze fisiche e definizioni.*
- UNI EN ISO 10077-1:2007, *Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti - Calcolo della trasmittanza termica - Parte 1: Generalità.*
- UNI EN ISO 10077-2:2004, *Prestazione termica di finestre, porte e chiusure - Calcolo della trasmittanza termica - Metodo numerico per i telai.*
- UNI EN ISO 10211:2008, *Ponti termici in edilizia - Flussi termici e temperature superficiali - Calcoli dettagliati.*
- UNI 10349:1994, *Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici.*
- UNI 10351:1994, *Materiali da costruzione. Conduttività termica e permeabilità al vapore.*
- UNI EN ISO 10456:2008, *Materiali e prodotti per edilizia - Proprietà igrometriche - Valori tabulati di progetto e procedimenti per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto.*
- UNI/TS 11291-1:2010, *Sistemi di misurazione del gas - Dispositivi di misurazione del gas su base oraria - Parte 1: Caratteristiche generali del sistema di telegestione o telelettura.*
- UNI/TS 11291-2:2010, *Sistemi di misurazione del gas - Dispositivi di misurazione del gas su base oraria - Parte 2: Protocollo CTE.*
- UNI/TS 11291-3:2010, *Sistemi di misurazione del gas - Dispositivi di misurazione del gas su base oraria - Parte 3: Protocollo CTR.*
- UNI/TS 11291-4:2010, *Sistemi di misurazione del gas - Dispositivi di misurazione del gas su base oraria - Parte 4: Requisiti per gruppi di misura con portata  $>65\text{m}^3/\text{h}$  (contatore  $>G40$ ).*

- UNI/TS 11291-5:2010, *Sistemi di misurazione del gas - Dispositivi di misurazione del gas su base oraria - Parte 5: Requisiti per gruppi di misura con portata da 16 m<sup>3</sup>/h fino a 65 m<sup>3</sup>/h (contatore =G10 e =G40).*
- UNI/TS 11291-6:2010, *Sistemi di misurazione del gas - Dispositivi di misurazione del gas su base oraria - Parte 6: Requisiti per gruppi di misura con portata minore di 10 m<sup>3</sup>/h (contatore MINOREG10).*
- UNI/TS 11291-7:2011, *Sistemi di misurazione del gas - Dispositivi di misurazione del gas su base oraria - Parte 7: Sistemi di telegestione dei misuratori gas - SAC, Concentratori, Ripetitori e Traslatori.*
- UNI/TS 11291-8:2010, *Sistemi di misurazione del gas - Dispositivi di misurazione del gas su base oraria - Parte 8: Protocolli per la telegestione dei gruppi di misura per la rete di distribuzione.*
- UNI/TS 11300-1:2008, *Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale.*
- UNI/TS 11300-2:2008, *Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.*
- UNI/TS 11300-3:2010, *Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva.*
- UNI EN 12098-1:1998, *Regolazioni per impianti di riscaldamento - Dispositivi di regolazione in funzione della temperatura esterna per gli impianti di riscaldamento ad acqua calda.*
- UNI EN 12098-3:2004, *Regolazioni per impianti di riscaldamento - Dispositivi di regolazione in funzione della temperatura esterna per gli impianti elettrici di riscaldamento.*
- UNI EN 12261:2006, *Misuratori di gas - Misuratori di gas a turbina.*
- UNI EN 12405-1:2010, *Misuratori di gas - Dispositivi di conversione - Parte 1: Conversione di volume.*
- UNI EN 12480:2006, *Misuratori di gas - Misuratori di gas a rotoidi.*
- UNI EN ISO 12569:2002, *Isolamento termico degli edifici - Determinazione del cambio d'aria all'interno degli edifici - Metodo di diluizione di gas traccianti.*
- UNI EN 12792:2005, *Ventilazione degli edifici - Simboli, terminologia e simboli grafici.*
- UNI EN 12599:2001, *Ventilazione per edifici - Procedure di prova e metodi di misurazione per la presa in consegna di impianti installati di ventilazione e di condizionamento dell'aria.*
- UNI EN 12831:2006, *Impianti di riscaldamento negli edifici - Metodo di calcolo del carico termico di progetto.*
- UNI EN 13187:2000, *Prestazione termica degli edifici - Rivelazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi - Metodo all'infrarosso.*

UNI EN 13363-1:2008, *Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate - Calcolo della trasmittanza solare e luminosa - Parte 1: Metodo semplificato.*

UNI EN 13363-2:2006, *Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate - Calcolo della trasmittanza solare e luminosa - Parte 2: Metodo di calcolo dettagliato.*

UNI EN ISO 13370:2008, *Prestazione termica degli edifici - Trasferimento di calore attraverso il terreno - Metodi di calcolo.*

UNI EN 13465:2004, *Ventilazione degli edifici - Metodi di calcolo per la determinazione delle portate d'aria negli edifici residenziali.*

UNI EN 13779:2008, *Ventilazione degli edifici non residenziali - Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di climatizzazione.*

UNI EN ISO 13786:2008, *Prestazione termica dei componenti per edilizia - Caratteristiche termiche dinamiche - Metodi di calcolo.*

UNI EN ISO 13789:2008, *Prestazione termica degli edifici - Coefficienti di trasferimento del calore per trasmissione e ventilazione - Metodo di calcolo.*

UNI EN ISO 13790:2008, *Prestazione energetica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento.*

UNI EN ISO 13791:2005, *Prestazione termica degli edifici - Calcolo della temperatura interna estiva di un locale in assenza di impianti di climatizzazione - Criteri generali e procedure di validazione.*

UNI EN ISO 13792:2005, *Prestazione termica degli edifici - Calcolo della temperatura interna estiva di un locale in assenza di impianti di climatizzazione - Metodi semplificati.*

UNI EN 13829:2002, *Prestazione termica degli edifici - Determinazione della permeabilità all'aria degli edifici - Metodo di pressurizzazione mediante ventilatore.*

UNI EN 13836: 2006, *Caldaie a gas per riscaldamento centrale - Caldaie di tipo B di portata termica nominale maggiore di 300 kW, ma non maggiore di 1000 kW.*

UNI EN 13947:2007, *Prestazione termica delle facciate continue - Calcolo della trasmittanza termica.*

UNI EN 14037:2005, *Strisce radianti a soffitto alimentate con acqua a temperatura minore di 120 °C.*

UNI EN 14236:2007, *Misuratori di gas domestici a ultrasuoni.*

UNI EN ISO 14683:2008, *Ponti termici in edilizia - Coefficiente di trasmissione termica lineica - Metodi semplificati e valori di riferimento.*

UNI EN 15193:2008, *Prestazione energetica degli edifici - Requisiti energetici per illuminazione.*

UNI EN 15217:2007, *Metodi per esprimere la prestazione energetica e per la certificazione energetica degli edifici.*

UNI EN 15232:2007, *Prestazione energetica degli edifici - Incidenza dell'automazione, della regolazione e della gestione tecnica degli edifici.*

- UNI EN 15239:2008, *Ventilazione degli edifici - Prestazione energetica degli edifici - Linee guida per l'ispezione dei sistemi di ventilazione.*
- UNI EN 15240:2008, *Ventilazione degli edifici - Prestazione energetica degli edifici - Linee guida per l'ispezione degli impianti di climatizzazione.*
- UNI EN 15241:2008, *Ventilazione degli edifici - Metodi di calcolo delle perdite di energia dovute alla ventilazione e alle infiltrazioni in edifici commerciali.*
- UNI EN 15242:2008, *Ventilazione degli edifici - Metodi di calcolo per la determinazione delle portate d'aria negli edifici, comprese le infiltrazioni.*
- UNI EN 15243:2008, *Ventilazione degli edifici - Calcolo delle temperature dei locali, del carico termico e dell'energia per edifici dotati di impianto di climatizzazione degli ambienti.*
- UNI EN 15251:2008, *Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica.*
- UNI EN 15255:2008, *Prestazione energetica degli edifici - Calcolo del carico sensibile di raffrescamento di un ambiente - Criteri generali e procedimenti di validazione.*
- UNI EN 15265:2008, *Prestazione energetica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento degli ambienti mediante metodi dinamici - Criteri generali e procedimenti di validazione.*
- UNI EN 15316-1:2008, *Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto - Parte 1: Generalità.*
- UNI EN 15316-2-1:2008, *Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto - Parte 2-1: Sistemi di emissione del calore negli ambienti.*
- UNI EN 15316-2-3:2008, *Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto - Parte 2-3: Sistemi di distribuzione del calore negli ambienti.*
- UNI EN 15316-3-1:2008, *Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto - Parte 3-1: Impianti per la produzione di acqua calda sanitaria, caratterizzazione dei fabbisogni (fabbisogni di erogazione).*
- UNI EN 15316-3-2:2008, *Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto - Parte 3-2: Impianti per la produzione di acqua calda sanitaria, distribuzione.*
- UNI EN 15316-3-3:2008, *Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto - Parte 3-3: Impianti per la produzione di acqua calda sanitaria, generazione.*
- UNI EN 15316-4-1:2008, *Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto - Parte*

*4-1: Sistemi di generazione per il riscaldamento degli ambienti, sistemi a combustione (caldaie).*

UNI EN 15316-4-2:2008, *Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto - Parte 4-2: Sistemi di generazione per il riscaldamento degli ambienti, pompe di calore.*

UNI EN 15316-4-3:2008, *Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto - Parte 4-3: Sistemi di generazione del calore, sistemi solari termici.*

UNI EN 15316-4-4:2008, *Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto - Parte 4-4: Sistemi di generazione del calore, sistemi di cogenerazione negli edifici.*

UNI EN 15316-4-5:2008, *Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto - Parte 4-5: Sistemi di generazione per il riscaldamento degli ambienti, prestazione e qualità delle reti di riscaldamento urbane e dei sistemi per ampie volumetrie.*

UNI EN 15316-4-6:2008, *Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto - Parte 4-6: Sistemi di generazione del calore, sistemi fotovoltaici.*

UNI EN 15377-1:2008, *Impianti di riscaldamento negli edifici - Progettazione degli impianti radianti di riscaldamento e raffrescamento, alimentati ad acqua integrati in pavimenti, pareti e soffitti - Parte 1: Determinazione della potenza termica di progetto per il riscaldamento e il raffrescamento.*

UNI EN 15377-2:2008, *Impianti di riscaldamento negli edifici - Progettazione degli impianti radianti di riscaldamento e raffrescamento, alimentati ad acqua integrati in pavimenti, pareti e soffitti - Parte 2: Progettazione, dimensionamento e installazione.*

UNI EN 15377-3:2008, *Impianti di riscaldamento negli edifici - Progettazione degli impianti radianti di riscaldamento e raffrescamento, alimentati ad acqua integrati in pavimenti, pareti e soffitti - Parte 3: Ottimizzazione per l'utilizzo di fonti di energia rinnovabile.*

UNI EN 15378:2008, *Impianti di riscaldamento degli edifici - Ispezione delle caldaie e degli impianti di riscaldamento.*

UNI EN 15459:2008, *Prestazione energetica degli edifici - Procedura di valutazione economica dei sistemi energetici degli edifici.*

UNI EN 15500:2008, *Regolazione per le applicazioni di riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria (HVAC) - Regolatori elettronici di singola zona.*

UNI EN 15603:2008, *Prestazione energetica degli edifici - Consumo energetico globale e definizione dei metodi di valutazione energetica.*

UNI CEN/TR 15615:2008, *Spiegazione della relazione generale tra le varie norme europee e la direttiva sulla prestazione energetica degli edifici (EPBD) - Documento riassuntivo.*

UNI EN ISO 15927-1:2004, *Prestazione termoigrometrica degli edifici - Calcolo e presentazione dei dati climatici - Medie mensili dei singoli elementi meteorologici.*

UNI EN ISO 15927-2:2009, *Prestazione termoigrometrica degli edifici - Calcolo e presentazione dei dati climatici - Parte 2: Dati orari per il carico di raffrescamento di progetto.*

UNI EN ISO 15927-3:2009, *Prestazione termoigrometrica degli edifici - Calcolo e presentazione dei dati climatici - Parte 3: Calcolo di un indice di pioggia battente per superfici verticali a partire dai dati orari di vento e di pioggia.*

UNI EN ISO 15927-4:2005, *Prestazione termoigrometrica degli edifici - Calcolo e presentazione dei dati climatici - Parte 4: Dati orari per la valutazione del fabbisogno annuale di energia per il riscaldamento e il raffrescamento.*

UNI EN ISO 15927-5:2005, *Prestazione termoigrometrica degli edifici - Calcolo e presentazione dei dati climatici - Parte 5: Dati per il carico termico di progetto per il riscaldamento degli ambienti.*

UNI EN ISO 15927-6:2008, *Prestazione termoigrometrica degli edifici - Calcolo e presentazione dei dati climatici - Parte 6: Differenze di temperatura cumulate (gradi giorno).*

UNI EN 29104:1994, *Misurazione della portata dei fluidi in condotti chiusi. Metodi per la valutazione delle prestazioni dei misuratori di portata elettromagnetici utilizzati per i liquidi.*



## Simbologia delle formule (capitolo III)

### A - Simboli fondamentali

Grandezza	Simbolo	Unità di misura
Energia	$Q$	Wh
Potenza termica	$\Phi$	W
Potenza Elettrica	$W$	W
Rendimento	$\eta$	–
Energia primaria riferita alla superficie utile dell'edificio	$E$	kWh/(m <sup>2</sup> ·anno)
Perdita termica percentuale	$P$	%
Periodo di tempo	$t$	s
Temperatura	$\theta$	°C, K
Volume di acqua	$V$	l/h, l/G
Massa volumica	$\rho$	Kg/m <sup>3</sup>
Calore specifico	$C$	Wh/(kg·K)
Consumo energetico misurato	$Co$	kWh
Quantità di combustibile allo stato liquido (con pedici specifici)	$CQ$	m <sup>3</sup>
Superficie	$S$	m <sup>2</sup>
Lunghezza	$D$	m
Diametro	$D$	m
Conduttività	$\lambda$	W/(m·K)
Secondi	$s$	s
Giorni	$G$	giorno

**B - Pedici identificativi di sistema**

<b>Sistema</b>	<b>Pedice</b>
Riscaldamento	<i>H</i>
Solo produzione di acqua calda sanitaria	<i>W</i>
Combinato	<i>H, W</i>

**C - Pedici identificativi di sottosistema**

<b>Sottosistema</b>	<b>Pedice</b>
Emissione (riscaldamento)	<i>e</i>
Erogazione (acqua calda sanitaria)	<i>er</i>
Regolazione (solo riscaldamento)	<i>rg</i>
Distribuzione	<i>d</i>
Accumulo	<i>s</i>
Generazione/Generatore	<i>gn</i>
Generico, non specificato	<i>x</i>

**D - Pedici identificativi dei rendimenti**

<b>Rendimento</b>	<b>Pedice</b>
Termico utile	<i>tu</i>
Di combustione	<i>c</i>
Medio stagionale dell'impianto (o dei sottosistemi se con i relativi pedici)	<i>g</i>

**E - Pedici identificativi delle quantità di energia**

<b>Energia</b>	<b>Pedice</b>
Energia termica utile ideale	<i>h</i>
Energia primaria	<i>p</i>
Energia utile	<i>u</i>
Perdite di energia termica utile	<i>l</i>

(segue)

Perdite di energia termica utile non recuperabili	$l_{nr}$
Perdite di energia termica utile recuperabili	$l_{rr}$
Perdite di energia termica utile recuperate	$l_{rh}$
Energia da combustibile <sup>(1)</sup>	$c$
Energia elettrica	$el$
Energia elettrica (o potenza elettrica) per ausiliari di sistema	$aux$
Energia uscente da un sottosistema	$out$
Energia entrante in un sottosistema	$in$
Energia per usi di cottura	$oth$

### F - Fabbisogni di energia termica utile per riscaldamento

Fabbisogno	Simbolo
Fabbisogno energetico utile ideale richiesto da ciascuna zona in regime continuo	$Q_h$
Fabbisogno energetico utile ideale richiesto da ciascuna zona in regime non continuo	$Q_{hvs}$
Fabbisogno energetico utile effettivo richiesto da ciascuna zona in regime continuo (tiene conto delle perdite di emissione e di regolazione)	$Q_{hr}$
Fabbisogno energetico utile effettivo richiesto da ciascuna zona in regime non continuo (tiene conto delle perdite di emissione e di regolazione)	$Q_{hvsr}$

### G - Pedici relativi ai componenti

Componente	Pedice
Pompa	$PO$
Ventilatore	$vn$
Brucciato	$br$
Ventilconvettore o unità terminale con ventilatore di attivazione	$v$

<sup>(1)</sup> Questa quantità è determinata dal prodotto tra la portata di combustibile e il potere calorifico inferiore dello stesso qualora si tratti di combustibili fossili. È pari all'energia elettrica utilizzata per la produzione di energia termica utile se il sistema prevede ausiliari elettrici.

**H - Pedici per le perdite percentuali**

<b>Perdita percentuale</b>	<b>Pedice</b>
Perdite termiche al camino (calore sensibile) a bruciatore funzionante	<i>ch,on</i>
Perdite termiche al camino a bruciatore spento	<i>ch,off</i>
Perdite termiche dell'involucro del generatore	<i>env</i>

**I - Pedici per le potenze termiche**

<b>Potenza termica</b>	<b>Pedice</b>
Potenza termica nominale del focolare del generatore	<i>Pn</i>
Potenza termica utile a carico intermedio del generatore	<i>Pint</i>
Potenza termica utile a carico nullo del generatore	<i>Po</i>
Potenza termica in condizioni di prova del generatore	<i>test</i>
Potenza termica corretta del generatore	<i>cor</i>
Acqua (temperature di caldaia)	<i>w</i>
Relativo all'ambiente della centrale termica (per esempio temperatura)	<i>a</i>

**J - Pedici per le temperature**

<b>Temperature</b>	<b>Pedice</b>
Ambiente	<i>a</i>
Totale	<i>t</i>
Massimo	<i>max</i>
Minimo	<i>min</i>
Di riferimento	<i>ref</i>
Medio	<i>avg</i>
Mandata	<i>f</i>
Ritorno	<i>r</i>
Fumi	<i>fl</i>
Primario	<i>pr</i>
Secondario	<i>sc</i>

**K - Fattori adimensionali**

<b>Fattore</b>	<b>Pedice</b>
Fattore di carico del focolare	$FC$
Fattore di carico utile	$FC_u$
Indice di dimensionamento del generatore di calore	$FI$

