

FRANCESCO ARECCO ■ STEFANO BERGERO ■ PAOLO CAVALLETTI ■ CLAUDIA FABBRI

# APPLICAZIONI PRATICHE DI CERTIFICAZIONE ENERGETICA

## GESTIONE DEI DATI DI INPUT

conforme alla versione 2014 delle norme UNI/TS 11300 parti 1 e 2

[Scheda sul sito >](#)



Francesco Arecco – Stefano Bergero  
Paolo Cavalletti – Claudia Fabbri

# Applicazioni pratiche di certificazione energetica

**Gestione dei dati di input conforme alla versione 2014  
delle norme UNI/TS 11300 parti 1 e 2**



Francesco Arecco - Stefano Bergero - Paolo Cavalletti - Claudia Fabbri  
APPLICAZIONI PRATICHE DI CERTIFICAZIONE ENERGETICA

ISBN 9788857904009

© 2015 by Dario Flaccovio Editore s.r.l. - tel. 0916700686  
[www.darioflaccovio.it](http://www.darioflaccovio.it) [info@darioflaccovio.it](mailto:info@darioflaccovio.it)

Prima edizione: gennaio 2015

Stampa: Tipografia Priulla, Palermo, gennaio 2015

Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

L'editore dichiara la propria disponibilità ad adempiere agli obblighi di legge nei confronti degli aventi diritto sulle opere riprodotte.

La fotocopiatura dei libri è un reato.

Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume/fascicolo di periodico dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633. Le riproduzioni effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate solo a seguito di specifica autorizzazione rilasciata dagli aventi diritto/dall'editore.

## INDICE

Introduzione .....	pag. 13
Capitolo 1	
NORMATIVA SULLA CERTIFICAZIONE ENERGETICA: OBBLIGHI, ESENZIONI, CRITERI DI ACCREDITAMENTO E FORMAZIONE DEI TECNICI (Mariagrazia Chianura e Francesco Arecco)..... » 15	
1.1 Normativa Comunitaria..... »	15
1.2 La direttiva 2012/27/UE e il recepimento italiano..... »	21
1.3 Normativa Nazionale .....	» 42
1.3.1 Il D.Lgs. 192/05 .....	» 45
1.3.2 La disciplina della certificazione energetica .....	» 49
1.3.3 Il D.Lgs. 115/08.....	» 51
1.3.4 L'attuazione del D.Lgs. 192/05: il DPR 59/09 .....	» 52
1.3.5 Il DPR 16 aprile 2013 n. 74 .....	» 61
1.3.6 Il DPR 16 aprile 2013 n. 75 .....	» 68
1.3.7 Le linee guida nazionali di cui al DM 26 giugno 2009.....	» 72
1.4 Disciplina Regionale .....	» 77
1.4.1 Abruzzo .....	» 77
1.4.2 Basilicata .....	» 78
1.4.3 Calabria .....	» 79
1.4.4 Campania.....	» 80
1.4.5 Emilia Romagna.....	» 81
1.4.6 Friuli Venezia Giulia .....	» 82
1.4.7 Lazio.....	» 84
1.4.8 Liguria .....	» 86
1.4.9 Lombardia .....	» 87
1.4.10 Marche.....	» 90
1.4.11 Molise.....	» 91
1.4.12 Piemonte.....	» 91
1.4.13 Puglia .....	» 94
1.4.14 Sardegna .....	» 95
1.4.15 Sicilia.....	» 96

1.4.16 Toscana.....	» 96
1.4.17 Umbria.....	» 97
1.4.18 Valle d’Aosta.....	» 98
1.4.19 Veneto.....	» 99
1.4.20 Prov. Autonoma Bolzano.....	» 100
1.4.21 Prov. Autonoma Trento .....	» 102

## Capitolo 2

### CASISTICA GIURIDICA DELL’EFFICIENZA E DELLA CERTIFICAZIONE ENERGETICA

(Mariagrazia Chianura e Francesco Arecco).....	» 105
2.1 Giurisprudenza della certificazione energetica: casi svolti .....	» 105
2.2 La responsabilità del certificatore energetico e degli altri soggetti coinvolti nella certificazione energetica degli edifici.....	» 106
2.2.1 Le sanzioni di cui all’art. 15 del D.Lgs 192/05.....	» 106
2.2.2 Le sanzioni previste nel Testo unico sull’edilizia .....	» 107
2.2.3 La responsabilità contrattuale .....	» 108
2.2.4 La responsabilità extracontrattuale.....	» 109
2.2.5 La responsabilità penale.....	» 109
2.2.6 Giurisprudenza .....	» 110
2.3 Un quesito all’avvocato: un caso reale e la sua risoluzione.....	» 111
2.4 Finanziabilità dell’intervento di efficienza enegetica (Silvia Dell’Atti e Francesco Arecco).....	» 115
2.4.1 I certificati bianchi.....	» 116
2.4.2 Il conto termico .....	» 117

## Capitolo 3

### DATI DI INPUT SECONDO NORMA UNI/TS 11300-1:

CASI PRATICI RIGUARDANTI L’INVOLUCRO EDILIZIO .....	» 121
3.1 Generalità .....	» 121
3.2 Destinazione d’uso, temperature interne, fattore di forma S/V.....	» 121
3.3 Dati climatici, temperature esterne e Province di riferimento .....	» 128
3.4 Definizione del sistema oggetto della certificazione: volume lordo, superficie lorda disperdente, superficie utile, volume netto.....	» 129
3.4.1 Volume lordo e superfici disperdenti.....	» 130
3.4.2 Superficie utile .....	» 139
3.4.3 Volume netto .....	» 139

3.5	Ombreggiamenti da ostruzioni esterne e autoportati	
	dalla costruzione.....	» 140
3.5.1	Ombreggiamenti da ostruzioni esterne.....	» 140
3.5.2	Ombre autoporate.....	» 150
3.6	Contributi di ventilazione.....	» 157
3.7	Capacità termica interna dell'involucro .....	» 163
3.7.1	Edifici esistenti .....	» 167
3.8	Determinazione della trasmittanza termica di elementi edilizi	
	particolari dell'involucro opaco .....	» 168
3.8.1	Porte d'ingresso.....	» 168
	3.8.1.1 Porte nuove.....	» 169
	3.8.1.2 Porte esistenti .....	» 169
	3.8.1.3 Bandelle in plastica .....	» 176
3.8.2	Solai in legno e in laterocemento .....	» 176
	3.8.2.1 Solai in legno.....	» 181
	3.8.2.2 Solai in laterocemento e solai	
	di vecchia fabbricazione .....	» 186
3.8.3	Archi e volte.....	» 189
3.8.4	Scambio termico attraverso sottotetti non riscaldati .....	» 194
3.8.5	Componenti con strati di spessore variabile.....	» 196
3.8.6	Correzione della trasmittanza termica.....	» 199
3.9	Correzione dello scambio termico .....	» 200
3.9.1	Scambio termico verso ambienti non riscaldati:	
	sottotetti, box, negozi, vani scala .....	» 200
	3.9.1.1 Temperatura degli ambienti non riscaldati	
	secondo UNI 7357:1974.....	» 201
	3.9.1.2 Procedura di calcolo del fattore di correzione	
	della temperatura secondo UNI/TS 11300-1 .....	» 202
	3.9.1.3 Valori precalcolati del fattore di correzione	
	della temperatura secondo UNI/TS 11300-1:2008..	» 205
	3.9.1.4 Esempio di calcolo .....	» 207
3.9.2	Scambio termico verso il terreno .....	» 208
3.9.3	Scambio termico verso ambienti riscaldati a temperatura	
	differente o termoautonomi.....	» 209
3.10	Ponti termici: tipologia e computo.....	» 210
3.10.1	Il metodo lineare .....	» 215
3.10.2	Il metodo forfaitario .....	» 218

3.10.3	Caso di studio 1	
	Pilastro in muratura a cassa vuota con insufflaggio .....	» 218
3.10.4	Caso di studio 2	
	Esempio pratico di influenza del ponte termico .....	» 224
3.11	Colore della superficie.....	» 226
3.11.1	Coefficiente d'assorbimento.....	» 227
3.11.2	Temperatura aria-sole.....	» 231
3.11.3	Influenza del coefficiente d'assorbimento $\alpha_c$ sul computo delle prestazioni energetiche: caso di studio ....	» 234
3.12	Casi particolari di elementi edilizi dell'involucro trasparente .....	» 235
3.12.1	Metodo tabellare secondo UNI/TS 11300-1 e relativi limiti .....	» 235
	3.12.1.1 Fattore telaio.....	» 238
3.12.2	Metodo dettagliato di calcolo secondo UNI EN ISO 10077-1 .....	» 242
3.12.3	Trasmittanza di finestre singole.....	» 245
	3.12.3.1 Trasmittanza delle vetrate.....	» 246
	3.12.3.2 Trasmittanza dei telai.....	» 247
	3.12.3.3 Trasmittanza lineare dei distanziatori.....	» 249
3.12.4	Trasmittanza termica di finestre doppie .....	» 253
3.12.5	Oscurantanti e persiane .....	» 254
3.12.6	Il problema dei cassonetti.....	» 261
3.13	Apporti solari attraverso l'involucro trasparente .....	» 263
3.13.1	Computo degli apporti solari.....	» 269
3.14	Spazi solari: serre .....	» 271
3.14.1	Spazi solari: caso di studio.....	» 282
	3.14.1.1 Stato di fatto .....	» 283
	3.14.1.2 Scambio tra l'appartamento e la serra .....	» 283
	3.14.1.3 Scambio tra la serra e l'esterno .....	» 284

## Capitolo 4

DATI DI INPUT SECONDO NORMA UNI/TS 11300-2:

CASI PRATICI RIGUARDANTI

GLI IMPIANTI DI RISCALDAMENTO

E ACQUA CALDA SANITARIA..... » 289

4.1	Fabbisogni di acqua calda sanitaria in funzione della destinazione d'uso .....	» 289
-----	-----------------------------------------------------------------------------------	-------

4.2	Criteri di intervento e di priorità dei diversi generatori: più generatori per ambienti diversi, più generatori per uno stesso ambiente .....	» 291
4.3	Assenza del generatore per riscaldamento e/o acqua .....	» 294
4.4	Produzione acqua calda sanitaria combinata o separata: casi applicativi .....	» 296
4.4.1	Produzione separata .....	» 296
4.4.2	Produzione combinata .....	» 296
4.4.3	Casi misti .....	» 297
4.5	Generatori tradizionali e a condensazione .....	» 298
4.5.1	Classificazione delle caldaie secondo DPR 660/1996 e UNI 7129-2 .....	» 299
4.5.2	Classificazione delle caldaie in base all'evoluzione tecnologica .....	» 302
4.5.2.1	Generatori tradizionali a temperatura costante .....	» 302
4.5.2.2	Generatori innovativi a temperatura costante .....	» 302
4.5.2.3	Generatori a temperatura scorrevole .....	» 303
4.5.2.4	Caldaie a condensazione .....	» 303
4.5.3	Bruciatori .....	» 305
4.5.3.1	Funzionamento dei bruciatori a gasolio .....	» 305
4.5.3.2	Funzionamento dei bruciatori a gas .....	» 307
4.5.3.3	Classificazione dei bruciatori in base alla regolazione della potenza .....	» 311
4.5.4	Cenni sulla tecnica della combustione: confronto energetico .....	» 312
4.5.5	Tecnica della condensazione .....	» 315
4.5.6	Determinazione dei rendimenti di caldaia .....	» 318
4.5.6.1	Rendimento per via diretta .....	» 319
4.5.6.2	Rendimento per via indiretta: caldaie tradizionali ..	» 319
4.5.6.3	Rendimento per via indiretta: caldaie a condensazione .....	» 324
4.5.7	Determinazione dei rendimenti con il metodo standard .....	» 329
4.5.8	Fabbisogno elettrico del sottosistema di generazione .....	» 332
4.6	Stufe e termocamini .....	» 334
4.7	Pompe di calore .....	» 337
4.8	Unità di trattamento aria .....	» 340
4.8.1	Impianti misti aria-acqua, del tipo aria primaria e ventilconvettori .....	» 341

4.8.1.1	Aria primaria .....	» 342
4.8.1.2	Acqua.....	» 346
4.9	Sottosistema di emissione e rendimento di emissione .....	» 347
4.9.1	Tipologie di terminali di emissione.....	» 348
4.9.1.1	Radiatori .....	» 348
4.9.1.2	Ventilconvettori o fan-coil.....	» 349
4.9.1.3	Termoconvettori .....	» 350
4.9.1.4	Pannelli radianti.....	» 350
4.9.1.5	Bocchette in sistemi ad aria calda .....	» 351
4.9.2	Potenza termica di un corpo scaldante .....	» 352
4.9.3	Calcolo del rendimento di emissione .....	» 355
4.9.4	Fabbisogno elettrico del sottosistema di emissione.....	» 357
4.10	Sottosistema di regolazione e rendimento di regolazione.....	» 358
4.10.1	Regolazione manuale con termostato di caldaia .....	» 361
4.10.2	Regolazione climatica centralizzata con sonda di compensazione esterna.....	» 362
4.10.3	Regolazione per singolo ambiente o di zona.....	» 366
4.10.3.1	Regolazione per singolo ambiente .....	» 366
4.10.3.2	Regolazione di zona.....	» 368
4.10.4	Regolazione per singolo ambiente o di zona più regolazione climatica centralizzata .....	» 370
4.10.4.1	Regolazione per singolo ambiente più climatica ...	» 370
4.10.4.2	Regolazione di zona più climatica .....	» 372
4.11	Sottosistema di distribuzione e rendimento di distribuzione .....	» 373
4.11.1	Configurazione della rete di distribuzione .....	» 374
4.11.2	Isolamento termico delle tubazioni .....	» 376
4.11.3	Fabbisogno elettrico del sottosistema di distribuzione.....	» 376
4.12	Sottosistema di accumulo e incidenza dello spessore della coibentazione.....	» 378
4.13	Sottosistema di erogazione acs.....	» 380
4.14	Sottosistema di distribuzione acs: ricircolo e temperature.....	» 380
4.14.1	Perdite di distribuzione in assenza di ricircolo .....	» 380
4.14.2	Perdite di distribuzione in presenza di ricircolo.....	» 382
4.14.3	Perdite del serbatoio di accumulo .....	» 385
4.14.4	Perdite del circuito primario.....	» 385
4.14.5	Temperature da adottarsi .....	» 385
4.14.6	Fabbisogno elettrico del sottosistema di distribuzione acs ...	» 385
4.15	Sottosistema di generazione acs.....	» 386

4.16 Ausiliari.....	» 387
4.16.1 Riscaldamento/climatizzazione.....	» 387
4.16.2 Acqua calda sanitaria .....	» 388

## Capitolo 5

LE ENERGIE RINNOVABILI NEGLI EDIFICI.....	» 389
5.1 Cenno sulla norma UNI/TS 11300-4.....	» 389
5.1.1 Definizione del confine del sistema edificio.....	» 390
5.1.2 Fattore di conversione in energia primaria.....	» 392
5.2 Solare termico .....	» 394
5.3 Solare fotovoltaico .....	» 401
5.4 Biomasse .....	» 405
5.4.1 Sistemi a biomassa monovalenti .....	» 407
5.4.2 Sistemi a biomassa polivalenti .....	» 410
5.5 Pompe di calore e geotermia.....	» 410
5.6 Cogenerazione .....	» 413
5.7 Teleriscaldamento.....	» 415

## Capitolo 6

### MIGLIORAMENTO DELLE PRESTAZIONI ED

ANALISI ECONOMICA.....	» 417
6.1 I miglioramenti sugli edifici esistenti.....	» 417
6.2 Valutazione economica della convenienza di un intervento.....	» 422
6.3 Uso dei software commerciali e indicatori da determinare.....	» 424
6.4 Costo dei combustibili.....	» 427
6.5 Esempi pratici di miglioramenti.....	» 428
6.5.1 Caso di Studio 1: Edificio isolato.....	» 428
6.5.1.1 Edificio anni 50-76 - Zona climatica B .....	» 431
6.5.1.2 Edificio anni 50-76 - Zona climatica C .....	» 433
6.5.1.3 Edificio anni 50-76 - Zona climatica D (Genova)...	» 435
6.5.1.4 Edificio anni 50-76 - Zona climatica D (Roma).....	» 437
6.5.1.5 Edificio anni 50-76 - Zona climatica E .....	» 439
6.5.1.6 Edificio anni 50-76 - Zona climatica F.....	» 441
6.5.1.7 Confronto edificio anni 50-76 con edificio post 91 - zona D.....	» 443
6.5.2 Caso di Studio 2: Appartamento in condominio .....	» 445
6.5.2.1 Edificio anni 50-76 a confronto con edificio post 91 - Zona climatica E.....	» 447

BIBLIOGRAFIA.....	» 451
-------------------	-------

## Introduzione

Il presente testo, a taglio prettamente pratico, nasce dall'esperienza maturata dagli autori dal 2009 in poi nel campo della formazione post Laurea e post Diploma in corsi tenuti per la qualifica dei Certificatori Energetici degli Edifici.

Non si tratta di un testo di base riguardante la fisica dell'edificio, ma si propone come un testo avanzato per fornire al Certificatore Energetico che opera sul campo un utile strumento di riferimento per la soluzione di problematiche particolari, ma frequenti nella professione.

Vengono quindi date per scontate alcune nozioni di base riguardanti la trasmissione del calore, gli impianti e la procedura di calcolo per la valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici secondo le norme della serie UNI/TS 11300, per cui si rimanda ad altri testi dei medesimi autori ed in particolare:

- S. Bergero, A. Chiari, *Appunti di trasmissione del calore*, Aracne editrice, 2012;
- F. Arecco, P. Cavalletti, *Efficienza e certificazione energetica negli edifici*, Wolters Kluwer, 2010;
- P. Cavalletti, *Certificazione energetica - 200 Test con soluzioni ragionate*, Mc Graw Hill, 2010.

Il testo è aggiornato alle ultime versioni delle norme della serie UNI/TS 11300 parti 1 e 2 entrate in vigore il 2 ottobre 2014. Sono state evidenziate le novità introdotte ed i risvolti nella procedura di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici, sottolineando le differenze rispetto alle precedenti versioni del 2008.

La corretta determinazione dei fabbisogni energetici dell'edificio parte dalla necessità di individuare correttamente i volumi oggetto di certificazione e le superfici disperdenti, e di riuscire a calare la realtà negli inquadramenti standard proposti dalla normativa. In questo ravvicinamento della realtà al modello, la normativa, estremamente "giovane", lascia spazio, per adesso, ad interpretazioni o ipotesi di calcolo, ove il certificatore necessariamente mette proprie valutazioni personali e/o semplificazioni. Ciò comporta che due certificatori, che devono certificare lo stesso alloggio, possano fare approssimazioni diverse che conducono necessariamente a risultati diversi. Tali differenze oggi non sono molto evidenti negli edifici di classe G, in quanto la quasi totalità degli stessi è ben lontana dal cambio di classe. Tuttavia, quando nel tempo verranno realizzati gli auspicati miglioramenti delle prestazioni energetiche e gli edifici incominceranno a salire di classe, a causa della sempre minore ampiezza delle classi energetiche a salire, si potranno verificare attribuzioni di classi diverse al medesimo alloggio semplicemente per effetto delle valutazioni soggettive introdotte.

Gli autori, con il presente testo, non vogliono assolutamente sostituirsi alla normativa, ma semplicemente proporre il loro punto di vista, gli accorgimenti tecnici usualmente adottati, le ipotesi semplificative di calcolo che in molti casi sono necessarie per ricondurre la realtà al modello proposto nelle norme. Lo scopo è quindi di fornire al Certificatore Energetico un possibile spunto di riferimento per una standardizzazione dell'approccio certificativo.

Il percorso guidato del presente testo tralascia gli aspetti meramente elaborativi di calcolo numerico e si occupa di suggerire proposte tecniche conformi alla normativa che permettano di schematizzare casi pratici reali, particolari ma frequenti, di involucri ed

impianti in edifici secondo le norme UNI applicabili in modo da soddisfare le conseguenti richieste, spesso necessariamente rigide, dei software. Vengono quindi proposti gli approcci seguiti in numerosi casi pratici di studio ed esempi applicativi noti agli autori nel corso della loro attività professionale di certificatori e di docenti.

I casi di studio scelti prendono spunto dalle frequenti domande emerse nei dibattiti degli eventi formativi circa l'approccio tecnico della gestione dei dati di input da utilizzarsi in conformità alle UNI/TS 11300-1 e UNI/TS 11300-2. La successiva elaborazione software esula dal presente trattato in quanto è condotta per mezzo di programmi rispondenti ai requisiti di norma e certificati ai sensi di legge dal CTI.

Nel Primo Capitolo viene presentato il panorama legislativo vigente a livello nazionale e regionale in materia di Certificazione Energetica degli Edifici.

Nel Secondo Capitolo sono trattati gli aspetti legali relativi alle figure professionali coinvolte nelle diverse responsabilità in campo energetico: Progettista legge 10/91, Direttore dei lavori, Certificatore Energetico, Costruttore.

Il Terzo ed il Quarto Capitolo sono dedicati ai dati di input per aiutare il Certificatore a utilizzare consapevolmente i software di calcolo.

Il Quinto Capitolo riguarda sinteticamente le energie rinnovabili negli edifici.

Infine nel Sesto Capitolo viene affrontato il problema dei miglioramenti del sistema edificio-impianto con indicazione di un metodo di calcolo per la quantificazione dei risparmi energetici conseguibili attraverso opportuni interventi di efficientamento energetico e per la determinazione dei relativi tempi di ritorno degli investimenti.

Gli autori ringraziano fin d'ora chi, con suggerimenti e correzioni, darà un aiuto per migliorare la presente opera.

Genova, 17 novembre 2014

Gli autori

## Capitolo 1

# **NORMATIVA SULLA CERTIFICAZIONE ENERGETICA: OBBLIGHI, ESENZIONI, CRITERI DI ACCREDITAMENTO E FORMAZIONE DEI TECNICI\***

### **1.1. Normativa Comunitaria**

La storia della normativa italiana nel settore energetico risale agli anni '70, quando, a seguito della grave crisi energetica mondiale, l'Italia adottò la Legge 373/76 recante norme per il "contenimento dell'uso energetico per usi termici negli edifici". L'obiettivo era quello di "[...] contenere il consumo energetico negli edifici [...]", regolando le caratteristiche di prestazione dei componenti, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici per il riscaldamento degli ambienti e per la produzione di acqua calda, alimentati da combustibili solidi. La normativa riguardava tutti gli edifici pubblici o privati sia da costruire che da ristrutturare, con esclusione di quelli adibiti ad attività industriali o artigianali.

Da allora molte cose sono cambiate sia nell'utilizzo delle fonti rinnovabili per la produzione di energia, che nella percezione dei cittadini circa la necessità di procedere al contenimento dell'energia e allo sviluppo della sua produzione da fonti rinnovabili al fine di ridurre i costi e di tutelare l'ambiente. Il dibattito su questi temi in ambito internazionale ha portato alla sottoscrizione di importanti strumenti normativi sia a livello internazionale che comunitario, fino alla sottoscrizione del Protocollo di Kyoto, nel novembre 1997, che ha rappresentato sotto molti aspetti un punto di svolta nella legislazione, *in primis* comunitaria, sull'efficienza energetica.

L'importanza del Protocollo di Kyoto sta soprattutto nel fatto che esso ha definito alcuni principi fondamentali in materia di contrasto globale ai cambiamenti climatici, principi che sono stati recepiti nella normativa comunitaria, come quello delle "responsabilità comuni ma differenziate".

In quest'ottica, la Comunità Europea ha adottato la Energy Performance Building Directive (Direttiva n. 2002/91/CE, c.d. EPBD), su efficienza e certificazione energetica, modificata prima dal Regolamento 2008/1137/CE, e poi, mediante rifusione, confluita nella Direttiva 2010/31/UE.

La direttiva EPBD recepisce quanto emerso da un lato in sede di discussione sul Protocollo di Kyoto, dall'altro in sede di Piano di Azione della Commissione sull'efficienza energetica del 2000, in considerazione del fatto che, già a quella data, "...

\* a cura di Mariagrazia Chianura e Francesco Arecco

l'energia impiegata nel settore residenziale e terziario, composto per la maggior parte di edifici, rappresenta oltre il 40% del consumo finale di energia della comunità. Essendo questo un settore in espansione, i suoi consumi di energia e quindi le sue emissioni di biossido di carbonio sono destinati ad aumentare".

In realtà, gli interventi in ambito edilizio erano già previsti in due precedenti direttive: la Direttiva SAVE n. 93/76/CE del settembre '93, che intendeva limitare le emissioni di biossido di carbonio attraverso il miglioramento dell'efficienza energetica, imponendo l'elaborazione, l'attuazione e la comunicazione di Programmi per il rendimento energetico; e la Direttiva n. 1989/106/CE che, sulla base del principio del riavvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative degli Stati membri sui prodotti da costruzione, prescriveva che sia l'edificio che gli impianti dovessero essere realizzati e progettati in modo da richiedere, in esercizio, un basso consumo di energia, fatte salve le condizioni climatiche e il benessere degli occupanti. E tali indicazioni, a livello di principio erano contenute anche nei due libri verdi "Verso una strategia europea di sicurezza dell'approvvigionamento energetico" e "Fare di più con meno".

Ma l'importanza della direttiva *EPBD* sta nel fatto che, oltre a racchiudere in sé le norme di settore, ha previsto anche una metodologia di calcolo e di certificazione, che tiene conto delle differenti condizioni climatiche e locali, ma anche del benessere degli occupanti all'interno dell'edificio considerato e dei costi da sostenere: in pratica un sistema di calcolo modulabile a seconda delle diverse zone e regioni, e delle caratteristiche specifiche degli edifici oggetto di intervento, *considerando come parametro non solo la coibentazione, ma anche altri fattori come la tipologia di impianto, l'impiego di fonti di energia rinnovabili e le caratteristiche architettoniche*. La certificazione del rendimento energetico, nella volontà del legislatore, deve essere rilasciata da soggetti indipendenti e accreditati, a tutela del consumatore e secondo un principio di trasparenza, ma lasciando ai singoli Stati membri le modalità di attuazione pratica per il raggiungimento degli obiettivi. In particolare, per le ristrutturazioni di edifici esistenti, il 15° considerato stabilisce che "[...] i requisiti di ristrutturazione per gli edifici esistenti non dovrebbero essere incompatibili con la funzione, la qualità o il carattere previsti dell'edificio. Dovrebbe essere possibile recuperare i costi supplementari dovuti ad una siffatta ristrutturazione entro un lasso di tempo ragionevole rispetto alla prospettiva tecnica di vita degli investimenti tramite un miglior risparmio energetico".

E questo del "ragionevole lasso di tempo" è un principio sul quale sarebbe opportuno soffermarsi e creare un dibattito interno al nostro Paese, al fine di rivedere alcune norme fiscali che in alcuni casi non sembrano allineate su questo principio.

Gli obiettivi della Direttiva *EPBD* sono indicati nell'art. 1: promuovere un miglior rendimento energetico, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, delle condizioni climatiche interne agli edifici e verificarne l'efficacia sotto il profilo dei costi. La Direttiva citata prevede di raggiungere questi obiettivi attraverso: una metodologia per il calcolo del rendimento energetico integrato degli edifici; l'applicazione di requisiti minimi in materia di rendimento energetico degli edifici di nuova costruzione; l'applicazione di requisiti minimi in materia di rendimento

energetico degli edifici esistenti di grande metratura sottoposti a importanti ristrutturazioni; la certificazione energetica degli edifici e l'ispezione periodica di caldaie e sistemi di condizionamento d'aria negli edifici, nonché una perizia del complesso degli impianti termici le cui caldaie abbiano più di 15 anni.

Di seguito procederemo a un esame della direttiva EPBD attraverso gli aspetti maggiormente significativi ai fini della presente trattazione.

Intanto, risulta interessante la definizione di edificio data dalla Direttiva EPBD, inteso come: "... una costruzione provvista di tetto e di muri, per la quale l'energia è utilizzata per il condizionamento del clima degli ambienti interni; il termine può riferirsi sia a un intero edificio ovvero a parti di edificio progettate o ristrutturate per essere utilizzate come unità abitative a se stanti. Per rendimento energetico si intende il quantitativo di energia effettivamente consumato o che si prevede possa essere necessario per le varie funzioni: quindi non solo riscaldamento e raffreddamento, ma anche ventilazione e illuminazione. La norma specifica che il calcolo deve tener conto non solo della coibentazione, ma anche 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 che influenzano il fabbisogno energetico".

La Direttiva stabilisce poi alcuni obblighi per gli Stati membri: ai sensi dell'art. 3, gli Stati devono applicare una metodologia di calcolo a livello nazionale e regionale sul rendimento energetico degli edifici, che tenga conto, nel corso del tempo, del progresso tecnico raggiunto, secondo la procedura di cui all'art. 14 par. 2, in considerazione dei valori e delle norme applicati dalle singole normative degli Stati membri.

Gli Stati membri devono inoltre adottare (art. 4) le misure necessarie per garantire che siano istituiti requisiti minimi di rendimento energetico degli edifici, calcolati secondo la metodologia di cui all'art. 3. A tal fine, gli Stati membri possono distinguere tra edifici esistenti e di nuova costruzione, nonché fra diverse categorie di edifici. Tali requisiti devono tener conto delle condizioni generali del clima degli ambienti interni, ma anche delle condizioni locali, dell'uso cui l'edificio è destinato e della sua età. I requisiti sono riveduti a scadenze regolari che non dovrebbero superare i 5 anni e, se necessario, aggiornati secondo il progresso tecnico nel settore dell'edilizia. È facoltà del singolo Stato non applicare i requisiti sopra indicati nel caso di:

- edifici o monumenti ufficialmente protetti o di speciale valore architettonico o storico, nei casi in cui il rispetto delle prescrizioni implicherebbe un'alterazione inaccettabile del loro carattere o aspetto;
- edifici adibiti a luoghi di culto o allo svolgimento di attività religiose;
- fabbricati temporanei con un tempo di utilizzo previsto non superiore a due anni, siti industriali, officine ed edifici agricoli non residenziali a basso fabbisogno energetico, nonché edifici agricoli non residenziali utilizzati in un settore disciplinato da un accordo nazionale settoriale sul rendimento energetico;
- edifici residenziali destinati ad essere utilizzati meno di quattro mesi l'anno;
- fabbricati indipendenti con una metratura utile totale inferiore a 50 mq.

I successivi articoli 5 e 6 stabiliscono i provvedimenti da adottare per il rendimento energetico degli edifici di nuova costruzione e per quelli esistenti che però siano sottoposti a ristrutturazioni importanti. In entrambi i casi si fa riferimento ad edifici con superficie utile superiore a 1000 mq. Nel primo caso gli stati membri devono provvedere affinché la fattibilità tecnica, ambientale, ed economica di sistemi alternativi quali i sistemi di fornitura energetica decentrata basata su fonti rinnovabili, la cogenerazione, i sistemi di riscaldamento/refrigerazione a distanza se disponibili e le pompe di calore, sia valutata e tenuta presente prima dell'inizio dei lavori. Nel secondo caso, ovvero per le ristrutturazioni di edifici già esistenti, gli Stati membri devono provvedere affinché il loro rendimento sia migliorato, se tecnicamente, funzionalmente ed economicamente fattibile. I requisiti minimi di rendimento possono essere fissati per gli edifici ristrutturati nel loro insieme o per i sistemi e componenti ristrutturati quando questi rientrano in una ristrutturazione da attuare in tempi ristretti, con l'obiettivo di migliorare il rendimento energetico globale dell'edificio.

Importante è anche l'art. 7 che stabilisce le prescrizioni per la certificazione energetica degli edifici: la direttiva prevede che in fase di costruzione, compravendita o locazione di un edificio, gli Stati membri provvedano affinché il certificato sia messo a disposizione del proprietario acquirente o del locatario. La validità del certificato è di 10 anni al massimo. La certificazione degli appartamenti di un condominio può basarsi:

- su una certificazione comune dell'intero edificio per i condomini con impianto termico comune;
- sulla valutazione di un altro appartamento rappresentativo dello stesso condominio.

Anche per le certificazioni vale la possibilità per gli Stati membri di escludere le categorie di immobili indicate nell'articolo 4. L'obiettivo della certificazione è quello di fornire ai consumatori gli strumenti per valutare e raffrontare il rendimento energetico dell'edificio, tanto che l'attestato deve essere corredato di raccomandazioni per migliorare il rendimento energetico in termini di costi benefici. Negli edifici di oltre 1000 mq occupati da autorità pubbliche e da enti che forniscono servizi pubblici a un ampio numero di persone e quindi sono spesso frequentati deve essere esposto un attestato di certificazione energetica risalente a non più di 10 anni prima.

Con riferimento agli adempimenti per la corretta tenuta delle caldaie, l'art. 8 stabilisce ispezioni periodiche (ogni due anni per le caldaie con potenza nominale superiore a 100 kw, ogni quattro anni per le caldaie a gas) volte a ridurre il consumo energetico e i livelli di emissione di biossido di carbonio. Regole analoghe sono prescritte per gli impianti di condizionamento dell'aria.

*Con effetto dal primo febbraio 2012, la Direttiva EPBD è stata abrogata dalla direttiva 2010/31/UE (EPBD 2), in accoglimento delle richieste formulate in varie occasioni (risoluzioni del 31 gennaio 2008 e 3 febbraio 2009, con cui si richiedeva di rendere vincolante l'obiettivo di migliorare l'efficienza energetica del 20% entro il 2020) e a seguito dell'adozione della direttiva 2009/28/Ce sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, la quale ha come obiettivo il raggiungimento del 20% di produzione di energia da fonti alternative entro il 2020.*

*Proprio nel 18° considerato della direttiva 2010/31/UE vengono elencate le iniziative comunitarie volte a fornire un aiuto importante per l'operatore che si trovi a dover*

*affrontare una nuova costruzione o una ristrutturazione, con l'obiettivo di incentivare misure legate all'efficienza energetica.* Diversi sono gli strumenti finanziari dedicati a questo scopo, come già istituiti o in corso di adeguamento, come ad esempio il Regolamento 2006/1080/CE relativo al fondo europeo di sviluppo regionale, che incentiva gli investimenti per l'efficienza energetica nell'edilizia residenziale; o iniziative guidate dalla Banca Europea degli Investimenti, come l'iniziativa con CE/BEI per il finanziamento dell'energia sostenibile o il Fondo Marguerite per l'energia, il cambiamento climatico e le infrastrutture; la direttiva 2009/47/CE sulla riduzione delle aliquote dell'imposta sul valore aggiunto; i fondi strutturali per le piccole e medie imprese; il Programma quadro per la competitività e l'innovazione, comprendente il "Programma per l'energia intelligente per l'Europa II" concernente l'eliminazione di barriere di mercato connesse all'efficienza energetica e alla produzione di energia da fonti rinnovabili.

Con la Direttiva 2010/31/UE, i temi principali della Direttiva EPDB sono stati sviluppati ed ampliati, tenendo conto di alcuni progressi tecnici. I temi trattati sono:

- a) *la metodologia comune per il calcolo della prestazione energetica* integrata degli edifici, secondo uno schema comune europeo, in base a quanto stabilito nell'Allegato I;
- b) *l'applicazione di requisiti minimi di prestazione energetica* integrata degli edifici di nuova costruzione e per quelli già esistente sottoposti a ristrutturazioni importanti: i requisiti minimi di prestazione energetica sono riproposte negli stessi contenuti di cui alla precedente Direttiva, anche se tengono conto di alcune modifiche introdotte per esperienza pratica. Il calcolo dei livelli ottimali in funzione dei costi, di cui all'art. 5, prevedeva la predisposizione da parte della Commissione di un quadro metodologico comparativo entro il 30 giugno 2011 per il calcolo dei livelli ottimali in funzione dei costi;
- c) *piani nazionali per l'aumento di edifici a energia quasi zero*: questa rappresenta una delle maggiori novità della Direttiva e sono trattati nell'art. 9. Sono definiti tali gli edifici ad altissima prestazione energetica, determinata in base al fabbisogno energetico molto basso, così come stabilito nell'All. I, e che sarà coperto in larga parte da energia da fonti rinnovabili prodotta in loco e nelle vicinanze. Sulla base di ciò, gli Stati dovranno fare in modo che, entro il 31 dicembre 2020, tutti gli edifici di nuova costruzione siano edifici a energia quasi zero, termine che per gli edifici di nuova costruzione, di proprietà e occupati da enti pubblici, viene anticipato al 31 dicembre 2018. Se però il ciclo di vita per un edificio interessato è negativo, gli Stati membri possono decidere di non applicare le scadenze temporali di cui al precedente punto;
- d) *la certificazione energetica degli edifici o delle unità immobiliare, l'ispezione periodica degli impianti di riscaldamento o condizionamento d'aria negli edifici*: la direttiva 31 parla di *attestato di prestazione energetica invece che di certificazione*, definendolo come il documento, riconosciuto da uno Stato membro o da una persona giuridica da esso designata, in cui figura il valore risultante dal calcolo della prestazione energetica di un edificio o di un'unità abitativa immobiliare effettuato secondo i dettami dell'art. 3. L'art. 11 della direttiva stabilisce che *l'attestato di prestazione energetica deve comprendere la prestazione energetica di un edificio e valori di riferimento* quali i requisiti minimi di prestazione al fine di consentire ai

futuri acquirenti o locatari di valutare e raffrontare la prestazione energetica. Esso deve inoltre comprendere *raccomandazioni per il miglioramento dell'efficienza* a meno che manchi un ragionevole potenziale per tale miglioramento. Le raccomandazioni riguardano le misure attuate in occasione di un'importante ristrutturazione dell'involucro di un edificio e le misure attuate per singoli elementi edilizi. Il comma 3 dell'art. 11 stabilisce inoltre che le raccomandazioni devono essere tecnicamente fattibili e possono fornire anche una stima dei tempi di ritorno costi-benefici rispetto al ciclo di vita economico. L'attestato può fondarsi sulla valutazione dell'unità immobiliare oppure su una unità immobiliare avente le stesse caratteristiche rappresentativa dello stesso edificio. *Stesso criterio può essere utilizzato per la abitazioni monofamiliari sempre che l'esperto che rilascia l'attestato sia in grado di garantirne la corrispondenza.*

Il successivo *articolo 12 introduce un'importante novità relativa al rilascio delle attestazioni energetiche.* Gli stati membri devono provvedere affinché un attestato di prestazione energetica sia rilasciato per:

- a) gli edifici o le unità immobiliari costruiti venduti o locati ad un nuovo proprietario;
- b) gli edifici con una superficie utile superiore a 500 mq e che siano occupati da enti pubblici ed abitualmente frequentati dal pubblico. Il 9 luglio 2015 tale soglia sarà abbassata a 250 mq. Tuttavia, se c'è già una certificazione valida emessa ai sensi della direttiva 2002/91/Ce, l'obbligo viene meno. Nel caso di vendita o locazione di un edificio prima della sua costruzione gli Stati membri possono disporre che il venditore fornisca una valutazione della futura prestazione energetica: in tal caso l'attestato è rilasciato entro la fine della costruzione dell'edificio. Inoltre, nel caso di vendita o locazione di un edificio o unità immobiliari aventi un attestato di certificazione energetica, l'indicatore di prestazione energetica deve essere indicato in tutti gli annunci dei mezzi di comunicazione commerciali.

*Conformemente con quanto stabilito dalla direttiva 2002/91/Ce, gli edifici pubblici nei quali vi sia un'abituale frequentazione del pubblico, devono affiggere in luogo ben visibile il proprio attestato energetico.* La novità consiste nell'aver abbassato la metratura necessaria a far scattare l'obbligo: siamo passati dai 1000 ai 500 mq, con la previsione per il 9 luglio 2015 di abbassarla ulteriormente a 250 mq. L'obbligo è esteso anche agli edifici privati frequentati dal pubblico con superficie superiore a 500 mq.

I restanti articoli della Direttiva 2010/31/UE ribadiscono quanto già stabilito dalla direttiva 2002/91/CE ai quali si rinvia in tema di ispezione degli impianti, rapporti di ispezione ed esperti indipendenti.

Tra le altre norme comunitarie di particolare interesse, citiamo la direttiva 2006/32/CE recante disposizioni in materia di efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici, che ha abrogato la direttiva 93/76/CEE. Tale strumento normativo tende a migliorare l'efficienza degli usi finali dell'energia, tale da consentire uno sfruttamento economicamente sostenibile sotto il profilo costi/benefici fornendo obiettivi e metodologie, attraverso un quadro completo sotto il profilo normativo, istituzionale e degli incentivi finanziari così da eliminare gli ostacoli esistenti sul mercato che non consentono un pieno sviluppo del mercato dei servizi energetici.

La Direttiva 2006/32/CE si applica ai fornitori di misure di miglioramento dell'efficienza energetica, ai gestori dei sistemi di distribuzione e alle società di vendita

di energia al dettaglio, ai clienti finali, con esclusione di imprese private che rientrano nel sistema di scambio quote di emissione dei gas a effetto serra di cui alla direttiva 2003/87/CE e forze armate, nella misura in cui l'applicazione della direttiva non è in contrasto con la natura e l'obiettivo delle attività delle forze armate. Con riferimento alle diagnosi energetiche, l'art. 12 della direttiva stabilisce in capo agli stati membri l'obbligo di assicurare la disponibilità di sistemi di diagnosi energetica efficaci e di alta qualità destinati ad individuare misure di miglioramento dell'efficienza energetica applicate a tutti i consumatori in modo indipendente: in tal senso la certificazione di cui alla direttiva 2002/91/CE è considerata diagnosi energetica.

Per concludere il quadro degli atti normativi più significativi in questo settore, menzioniamo:

- a) la direttiva 2001/77/CE sulla promozione dell'energia da fonti rinnovabili;
- b) la direttiva 2003/87/CE sulle c.d. emission trading che ha istituito il sistema dello scambio di quote di emissione dei gas a effetto serra.

## **1.2. La direttiva 2012/27/UE e il recepimento italiano**

Un approfondimento merita altresì la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica che ha modificato le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE, e abrogato le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE.

*La Direttiva 2012/27/UE* stabilisce un quadro comune di misure per la promozione dell'efficienza energetica nell'Unione al fine di garantire il conseguimento dell'obiettivo principale dell'Unione relativo all'efficienza energetica del 20% entro il 2020 e di gettare le basi per ulteriori miglioramenti dell'efficienza energetica al di là di tale data. Essa stabilisce norme atte a rimuovere gli ostacoli sul mercato dell'energia e a superare le carenze del mercato che frenano l'efficienza nella fornitura e nell'uso dell'energia e prevede la fissazione di obiettivi nazionali indicativi in materia di efficienza energetica per il 2020. I requisiti stabiliti sono requisiti minimi, è pertanto possibile per i singoli Stati membri mantenere o introdurre misure più rigorose. L'obiettivo comune stabilito nella direttiva è quello di un consumo energetico dell'Unione non superiore a 1 483 Mtoe di energia primaria o non superiore a 1 086 Mtoe di energia finale nel 2020. A tal fine gli Stati membri dovranno stabilire una strategia a lungo termine per mobilitare investimenti nella ristrutturazione del parco nazionale di edifici residenziali e commerciali, sia pubblici che privati, attraverso:

- a) una rassegna del parco immobiliare nazionale fondata, se del caso, su campionamenti statistici;
- b) l'individuazione di approcci alle ristrutturazioni efficaci in termini di costi, pertinenti al tipo di edificio e alla zona climatica;
- c) politiche e misure volte a stimolare ristrutturazioni degli edifici profonde ed efficaci in termini di costi, comprese profonde ristrutturazioni per fasi;
- d) una prospettiva rivolta al futuro per guidare le decisioni di investimento dei singoli individui, del settore dell'edilizia e delle istituzioni finanziarie;
- e) una stima fondata su prove del risparmio energetico atteso, nonché dei benefici in senso lato.

Una prima versione della strategia è pubblicata entro il 30 aprile 2014 e successivamente aggiornata ogni tre anni e trasmessa alla Commissione nel quadro dei piani d'azione nazionali per l'efficienza energetica.

Fatto salvo l'articolo 7 della direttiva 2010/31/UE, ciascuno Stato membro deve garantire che dal 1° gennaio 2014 il 3% della superficie coperta utile totale degli edifici riscaldati e/o raffreddati di proprietà del proprio governo centrale e da esso occupati sia ristrutturata ogni anno per rispettare almeno i requisiti minimi di prestazione energetica che esso ha stabilito in applicazione dell'articolo 4 della direttiva 2010/31/UE. La quota del 3% è calcolata sulla superficie coperta totale degli edifici con una superficie coperta utile totale superiore a 500 m<sup>2</sup> di proprietà del governo centrale dello Stato membro interessato e da esso occupati che, al 1° gennaio di ogni anno, non soddisfano i requisiti minimi di prestazione energetica stabiliti in applicazione dell'articolo 4 della direttiva 2010/31/UE. Tale soglia è portata a 250 m<sup>2</sup> a partire dal 9 luglio 2015.

Gli Stati membri possono decidere di non fissare o di non applicare i requisiti di cui al paragrafo 1 per le seguenti categorie di edifici:

- a) edifici ufficialmente protetti in virtù dell'appartenenza a determinate aree ovvero del loro particolare valore architettonico o storico, nella misura in cui il rispetto di determinati requisiti minimi di prestazione energetica modificherebbe in maniera inaccettabile il loro carattere o aspetto;
- b) edifici di proprietà delle forze armate o del governo centrale e destinati a scopi di difesa nazionale, ad eccezione degli alloggi individuali o degli edifici adibiti a uffici per le forze armate e altro personale dipendente dalle autorità preposte alla difesa nazionale;
- c) edifici adibiti a luoghi di culto e allo svolgimento di attività religiose.

Gli Stati membri provvedono affinché il governo centrale acquisti esclusivamente prodotti, servizi ed edifici ad alta efficienza energetica, nella misura in cui ciò è coerente con il rapporto costi-efficacia, la fattibilità economica, una più ampia sostenibilità, l'idoneità tecnica, nonché un livello sufficiente di concorrenza, come indicato nell'allegato III.

L'obbligo di cui al primo comma si applica agli appalti per l'acquisto di prodotti, servizi ed edifici da parte di enti pubblici nella misura in cui tali appalti hanno un importo pari o superiore alle soglie di cui all'articolo 7 della direttiva 2004/18/Ce.

Ciascuno Stato membro istituisce un regime nazionale obbligatorio di efficienza energetica. Tale regime garantisce che i distributori di energia e/o le società di vendita di energia al dettaglio che sono parti designate o obbligate a norma del paragrafo 4 e che operano sul territorio di ciascuno Stato membro conseguano un obiettivo cumulativo di risparmio energetico finale entro il 31 dicembre 2020, fatto salvo il paragrafo 2.

Detto obiettivo è almeno equivalente al conseguimento ogni anno dal 1° gennaio 2014 al 31 dicembre 2020, di nuovi risparmi pari all'1,5%, in volume, delle vendite medie annue di energia ai clienti finali di tutti i distributori di energia o tutte le società di vendita di energia al dettaglio realizzate nell'ultimo triennio precedente al 1° gennaio 2013. Le vendite di energia, in volume, utilizzata nei trasporti possono essere escluse in tutto o in parte da questo calcolo.

Gli Stati membri determinano la ripartizione della quantità calcolata di nuovi risparmi di cui al secondo comma nel corso del periodo.

In alternativa all'istituzione di un regime nazionale obbligatorio di efficienza energetica a norma del paragrafo 1, gli Stati membri possono scegliere di adottare altre misure politiche per realizzare risparmi energetici tra i clienti finali, purché tali misure politiche soddisfino i criteri di cui ai paragrafi 10 e 11. Il volume annuo di nuovi risparmi energetici realizzati grazie a questo approccio è equivalente al volume di nuovi risparmi energetici richiesti dai paragrafi 1, 2 e 3. A condizione che sia mantenuta l'equivalenza, gli Stati membri possono combinare regimi obbligatori con misure politiche alternative, compresi programmi nazionali di efficienza energetica.

Tra le misure che gli Stati possono adottare per raggiungere l'obiettivo vi saranno:

- a) imposte sull'energia o sul CO<sub>2</sub> che hanno l'effetto di ridurre il consumo finale di energia;
- b) regimi o strumenti di finanziamento o incentivi fiscali che portano all'applicazione di tecnologie o tecniche efficienti dal punto di vista energetico e hanno l'effetto di ridurre il consumo finale di energia;
- c) regolamentazioni o accordi volontari che comportano l'applicazione di tecnologie o tecniche efficienti dal punto di vista energetico e hanno l'effetto di ridurre il consumo finale di energia;
- d) standard e norme diretti a migliorare l'efficienza energetica dei prodotti e dei servizi, compresi gli edifici e i veicoli, fatta eccezione per i casi in cui sono obbligatorie e applicabili negli Stati membri in virtù del diritto dell'Unione;
- e) regimi di etichettatura energetica, fatta eccezione per quelli obbligatori e applicabili negli Stati membri in virtù del diritto dell'Unione;
- f) programmi di formazione e istruzione, compresi programmi di consulenza in materia di energia, che comportano l'applicazione di tecnologie o tecniche efficienti dal punto di vista energetico e hanno l'effetto di ridurre il consumo finale di energia.

Gli Stati membri promuovono la disponibilità, per tutti i clienti finali, di audit energetici di elevata qualità, efficaci in rapporto ai costi e svolti in maniera indipendente da esperti qualificati e/o accreditati secondo criteri di qualificazione; ovvero eseguiti e sorvegliati da autorità indipendenti conformemente alla legislazione nazionale. Gli Stati membri, inoltre, provvederanno affinché i clienti finali di energia elettrica, gas naturale, teleriscaldamento, teleraffreddamento e acqua calda per uso domestico, ricevano a prezzi concorrenziali contatori individuali che riflettano con precisione il loro consumo effettivo e forniscano informazioni sul tempo effettivo d'uso.

Gli Stati membri dovranno adottare le misure appropriate per promuovere e facilitare un uso efficiente dell'energia da parte dei piccoli clienti di energia, comprese le utenze domestiche. Viene altresì imposto agli Stati membri di adottare un efficace sistema sanzionatorio con sanzioni che siano effettive, proporzionate e dissuasive.

Per il dettaglio delle norme previste nella Direttiva, rinviamo all'analisi del decreto di recepimento di seguito analizzato.

*La direttiva 2012/27/UE è stata recepita in Italia attraverso il D.Lgs 4 luglio 2014 n. 102, atto col quale l'Italia si è posta l'obiettivo nazionale indicativo di risparmio*

energetico della riduzione, entro l'anno 2020, di 20 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio dei consumi di energia primaria, pari a 15,5 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio di energia finale, conteggiati a partire dal 2010, in coerenza con la Strategia energetica nazionale.

Il decreto ha introdotto, conformemente alla Direttiva comunitaria, le seguenti definizioni:

*Accredia*: organismo nazionale italiano di accreditamento, designato ai sensi del decreto del Ministro dello sviluppo economico 22 dicembre 2009.

*Ammodernamento sostanziale di un impianto*: un ammodernamento il cui costo di investimento è superiore al 50% dei costi di investimento di una nuova analoga unità.

*Auditor energetico*: persona fisica o giuridica che esegue diagnosi energetiche.

*Coefficiente di edificazione*: rapporto tra la superficie lorda coperta degli immobili e la superficie del terreno di un determinato territorio.

*Condominio*: edificio con almeno due unità immobiliari, di proprietà in via esclusiva di soggetti che sono anche comproprietari delle parti comuni.

*Consumo di energia finale*: tutta l'energia fornita per l'industria, i trasporti, le famiglie, i servizi e l'agricoltura, con esclusione delle forniture al settore della trasformazione dell'energia e alle industrie energetiche stesse.

*Consumo di energia primaria*: il consumo interno lordo di energia, ad esclusione degli usi non energetici.

*Contatore di fornitura*: apparecchiatura di misura dell'energia consegnata dal fornitore del servizio; *contatore divisionale o individuale*: apparecchiatura di misura del consumo di energia del singolo cliente finale.

*Conto termico*: sistema di incentivazione della produzione di energia termica da fonti rinnovabili ed interventi di efficienza energetica di piccole dimensioni di cui al decreto del Ministro dello sviluppo economico 28 dicembre 2012.

*Contratto di rendimento energetico o di prestazione energetica (Epc)*: accordo contrattuale tra il beneficiario o chi per esso esercita il potere negoziale e il fornitore di una misura di miglioramento dell'efficienza energetica, verificata e monitorata durante l'intera durata del contratto, dove gli investimenti (lavori, forniture o servizi) realizzati sono pagati in funzione del livello di miglioramento dell'efficienza energetica stabilito contrattualmente o di altri criteri di prestazione energetica concordati, quali i risparmi finanziari.

*Criteri ambientali minimi (Cam)*: criteri ambientali minimi per categorie di prodotto, adottati con decreto del Ministro dell'ambiente ai sensi del Pan Gpp.

*Edificio polifunzionale*: edificio destinato a scopi diversi e occupato da almeno due soggetti che devono ripartire tra loro la fattura dell'energia acquistata.

*Energia termica*: calore per riscaldamento e/o raffreddamento, sia per uso industriale che civile.

*Esercente l'attività di misura del gas naturale*: soggetto che eroga l'attività di misura di cui all'articolo 4, comma 17 della deliberazione dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas n. 11 del 2007, e successive modificazioni.

*Esercente l'attività di misura dell'energia elettrica*: soggetto che eroga l'attività di misura di cui all'articolo 4, comma 6 della deliberazione dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas n. 11 del 2007, e successive modificazioni.

*Grande impresa*: impresa che occupa più di 250 persone, il cui fatturato annuo supera i 50 milioni di euro o il cui totale di bilancio annuo supera i 43 milioni di euro.

*Immobili della pubblica Amministrazione centrale*: edifici o parti di edifici di proprietà della pubblica Amministrazione centrale, e da essa occupati.

*Interfaccia di comunicazione*: dispositivo fisico o virtuale che permette la comunicazione fra due o più entità di tipo diverso.

*Microimpresa, piccola impresa e media impresa o Pmi*: impresa che occupa meno di 250 persone, il cui fatturato annuo non supera i 50 milioni di euro o il cui totale di bilancio annuo non supera i 43 milioni di euro. Per le imprese per le quali non è stato approvato il primo bilancio ovvero, nel caso di imprese esonerate dalla tenuta della contabilità ordinaria o dalla redazione del bilancio, o per le quali non è stata presentata la prima dichiarazione dei redditi, sono considerati esclusivamente il numero degli occupati ed il totale dell'attivo patrimoniale risultanti alla stessa data.

*Ripartizione regionale della quota minima di energia da produrre mediante energie rinnovabili (Burden Sharing)*: suddivisione tra Regioni degli impegni per raggiungere una quota minima di energia rinnovabile di cui al decreto 15 marzo 2012 del Ministro dello sviluppo economico, di concerto con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, d'intesa con la Conferenza unificata, pubblicato nella Gazzetta ufficiale, n. 78 del 2 aprile 2012.

*Riscaldamento e raffreddamento efficienti*: un'opzione di riscaldamento e raffreddamento che, rispetto a uno scenario di riferimento che rispecchia le condizioni abituali, riduce in modo misurabile l'apporto di energia primaria necessaria per rifornire un'unità di energia erogata nell'ambito di una pertinente delimitazione di sistema in modo efficiente in termini di costi, come valutato nell'analisi costi-benefici di cui al presente decreto, tenendo conto dell'energia richiesta per l'estrazione, la conversione, il trasporto e la distribuzione.

*Riscaldamento e raffreddamento individuali efficienti:* un'opzione di fornitura individuale di riscaldamento e raffreddamento che, rispetto al teleriscaldamento e teleraffreddamento efficienti, riduce in modo misurabile l'apporto di energia primaria non rinnovabile necessaria per rifornire un'unità di energia erogata nell'ambito di una pertinente delimitazione di sistema o richiede lo stesso apporto di energia primaria non rinnovabile ma a costo inferiore, tenendo conto dell'energia richiesta per l'estrazione, la conversione, il trasporto e la distribuzione.

*Sistema di gestione dell'energia:* insieme di elementi che interagiscono o sono intercorrelati all'interno di un piano che stabilisce un obiettivo di efficienza energetica e una strategia atta a conseguirlo.

*Superficie coperta utile totale:* la superficie coperta di un immobile o di parte di un immobile in cui l'energia è utilizzata per il condizionamento del clima degli ambienti interni.

*Teleriscaldamento e teleraffreddamento efficienti:* sistema di teleriscaldamento o teleraffreddamento che usa, in alternativa, almeno:

- il 50 per cento di calore di scarto
- il 50 per cento di energia derivante da fonti rinnovabili
- il 50 per cento di una combinazione delle precedenti
- il 75 per cento di calore cogenerato.

La strategia nazionale prevede che l'Enea, nel quadro dei piani d'azione nazionali per l'efficienza energetica (Paee) di cui all'articolo 17, comma 1 del presente decreto, elabori una proposta di interventi di medio-lungo termine per il miglioramento della prestazione energetica degli immobili, sottoponendo il documento all'approvazione del Ministro dello sviluppo economico e del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, sentiti il Ministro delle infrastrutture e dei trasporti e il Ministro dell'istruzione, dell'università e della ricerca, d'intesa con la conferenza unificata. La proposta di interventi di cui al comma 1 riguarda gli edifici, sia pubblici che privati, comprenderà almeno una rassegna del parco immobiliare nazionale fondata; l'individuazione, sulla base della metodologia di cui all'articolo 5 della direttiva 2010/31/UE, degli interventi più efficaci in termini di costi, differenziati in base alla tipologia di edificio e la zona climatica; un elenco aggiornato delle misure, esistenti e proposte, di incentivazione, di accompagnamento e di sostegno finanziario messe a disposizione da soggetti pubblici e privati per le riqualificazioni energetiche e le ristrutturazioni importanti degli edifici, corredate da esempi applicativi e dai risultati conseguiti; l'analisi delle barriere tecniche, economiche e finanziarie che ostacolano la realizzazione di interventi di efficientamento energetico negli immobili e le misure di semplificazione e armonizzazione necessarie a ridurre costi e tempi degli interventi e attrarre nuovi investimenti; una stima del risparmio energetico e degli ulteriori benefici conseguibili annualmente per mezzo del miglioramento dell'efficienza energetica del parco immobiliare nazionale basata sui dati storici e su previsioni del tasso di riqualificazione annuo.

Nel caso di *superficie triangolare aventi differenti spessori ai vertici* (Figura 3.55) si ha:

$$U = 2 \left[ \frac{R_0 R_1 \ln\left(1 + \frac{R_2}{R_0}\right) - R_0 R_2 \ln\left(1 + \frac{R_1}{R_0}\right) + R_1 R_2 \ln\left(\frac{R_0 + R_2}{R_0 + R_1}\right)}{R_1 R_2 (R_2 - R_1)} \right] \quad (3.59)$$

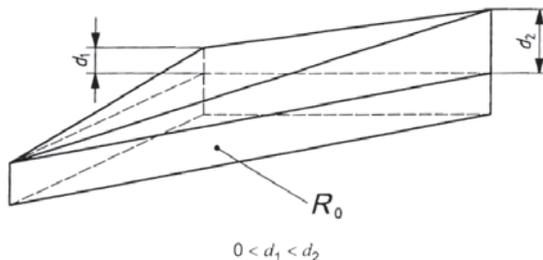
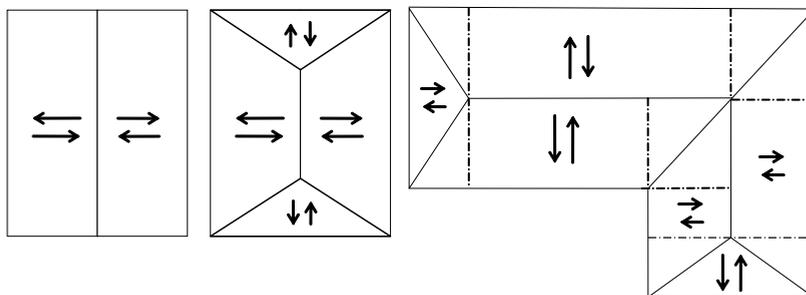


Figura 3.55 - Superficie triangolare con spessori differenti ai vertici.

Nel caso delle coperture, dopo aver suddiviso il tetto in N parti, ciascuna riconducibile alle diverse schematizzazioni sopra esaminate, ed aver calcolato per ciascuna parte di area  $A_i$  la trasmittanza  $U_i$ , la trasmittanza complessiva U si calcola come:

$$U = \frac{\sum_{i=1}^N A_i U_i}{\sum_{i=1}^N A_i} \quad (3.60)$$



Legenda

- indica la direzione della pendenza (che può essere nell'una o nell'altra direzione)
- - - - - indica altre possibili (o supplementari) suddivisioni per permettere l'applicazione delle equazioni dalla 3.53 alla 3.57

Figura 3.56 - Esempi di possibili suddivisioni dei tetti in parti elementari.

### 3.8.6. Correzione della trasmittanza termica

La trasmittanza  $U$  dei componenti orizzontali e verticali, calcolata in base alla UNI EN ISO 6946:2008, deve poi essere opportunamente corretta per tenere conto delle infiltrazioni d'aria, della possibile presenza di acqua tra l'isolamento e la guaina impermeabile (in particolare nel caso dei tetti rovesci, ove lo strato isolante è posto sopra lo strato di impermeabilizzazione) o della presenza di elementi di chiodatura (ponti termici puntuali). La trasmittanza corretta  $U_c$  è data:

$$U_c = U + \Delta U \quad (3.61)$$

ove il termine di correzione  $\Delta U$  si determina:

$$\Delta U = \Delta U_g + \Delta U_f + \Delta U_r \quad (3.62)$$

$\Delta U_g$  = termine di correzione per vuoti d'aria

$\Delta U_f$  = termine di correzione per fissaggi meccanici

$\Delta U_r$  = termine di correzione per tetti rovesci

Per quanto concerne le *infiltrazioni d'aria*, non si applica alcuna correzione ( $\Delta U_g = 0$ ) nei seguenti casi:

- tetto stagno;
- l'isolamento è continuo senza interruzioni, chiodi, travetti o travicelli che ne interrompono la disposizione ed è in contatto continuo con il supporto strutturale, oppure, se ci sono più strati, almeno uno è nelle condizioni di cui sopra;
- eventuali giunti siano comparabili con le tolleranze di costruzione e comunque minori di 5 mm.

Si deve applicare una correzione  $\Delta U_g = 0.01 \text{ W/m}^2\text{K}$  nel caso di tetto con piccoli ponti termici, ma stagno al passaggio di aria.

Si deve applicare una correzione  $\Delta U_g = 0.04 \text{ W/m}^2\text{K}$  se ci sono ponti termici e scambi di ventilazione tra la parte calda e fredda dell'isolante.

Per quanto concerne i *fissaggi meccanici*, si rimanda all'Appendice D della UNI EN ISO 6946:2008.

Per quanto concerne la presenza di acqua sotto l'isolamento nei *tetti rovesci*, si può applicare la seguente relazione:

$$\Delta U_r = 0.04p \left( \frac{R_1}{R_T} \right)^2 \quad (3.63)$$

$p$  = precipitazione media stagionale invernale, espressa in mm/giorno di acqua

$R_1$  = resistenza dello strato di isolamento sopra la membrana impermeabile

$R_T$  = è la resistenza totale della struttura prima della correzione

Il coefficiente 0.04 tiene conto della frazione di acqua che penetra sotto l'isolamento e dell'incremento di asporto di calore dovuto al passaggio di acqua.

### 3.9. Correzione dello scambio termico

La procedura di calcolo prevista dalla norma UNI/TS 11300-1:2014 computa tutti i flussi termici dispersi per trasmissione con riferimento alla differenza di temperatura tra la zona termica oggetto di certificazione  $T_i$  e l'ambiente esterno  $T_e$ . Tuttavia l'edificio oggetto di certificazione può scambiare calore con ambienti confinanti che si trovano a temperatura differente rispetto all'esterno ed in particolare con ambienti non riscaldati, con il terreno e con ambienti riscaldati a temperatura differente. In tal caso è necessario procedere alla correzione dello scambio termico mediante il fattore  $b_{tr}$ .

#### 3.9.1. Scambio termico verso ambienti non riscaldati: sottotetti, box, negozi, vani scala

Il secondo modo per tener conto degli scambi termici attraverso gli ambienti non riscaldati è basato sulla determinazione del fattore di correzione dello scambio termico  $b_{tr,u}$ .

La procedura di calcolo prevista dalla UNI/TS 11300-1 prevede di esprimere il flusso termico  $\varphi_U$  disperso per trasmissione verso un locale non riscaldato in funzione della differenza di temperatura ( $T_i - T_e$ ) mediante la seguente relazione:

$$\varphi_U = H_U(T_i - T_e) \quad (3.64)$$

essendo  $H_U$  [W/K] il coefficiente di scambio termico verso il locale non riscaldato.

Nel calcolo del disperdimento termico verso gli ambienti non riscaldati è quindi necessario correggere la differenza di temperatura, in quanto lo scambio termico  $\varphi_U$  è governato dalla differenza di temperatura ( $T_i - T_u$ ), essendo  $T_u$  la temperatura del locale non riscaldato:

$$\varphi_U = H_{iu}(T_i - T_u) \quad (3.65)$$

ove  $H_{iu}$  è il coefficiente di scambio termico tra il locale riscaldato e l'ambiente adiacente non riscaldato.

Moltiplicando e dividendo nella (3.65) per ( $T_i - T_e$ ), si ottiene:

$$\varphi_U = H_{iu}(T_i - T_e) \frac{T_i - T_u}{T_i - T_e} \quad (3.66)$$

Il rapporto

$$b_{tr,u} = \frac{T_i - T_u}{T_i - T_e} \quad (3.67)$$

rappresenta il fattore di correzione dello scambio termico per trasmissione verso gli ambienti non riscaldati, che consente di esprimere lo scambio termico  $\varphi_U$  della (3.66) in funzione della differenza di temperatura ( $T_i - T_e$ ) mediante la seguente relazione:

$$\varphi_U = H_{iu}(T_i - T_e)b_{tr,u} \quad (3.68)$$

Confrontando la (3.68) con la (3.64) si ottiene:

$$H_U = H_{iu} b_{tr,u} \quad (3.69)$$

Si osserva facilmente dalla (3.67) che, se la temperatura dell'ambiente non riscaldato confinante vale  $T_u = T_i$ , si ottiene  $b_{tr,u} = 0$ , mentre se  $T_u = T_e$ , si ottiene  $b_{tr,u} = 1$ .

Il fattore  $b_{tr,u}$  è un numero dimensionale compreso tra 0 e 1: in particolare sarà tanto più vicino a 0 quanto più la temperatura dell'ambiente non riscaldato sarà prossima e quella dell'ambiente interno riscaldato e tanto più vicino ad 1 quanto più l'ambiente limitrofo avrà temperatura prossima quella esterna.

Il problema è quindi quello di determinare la temperatura di regime  $T_u$  dell'ambiente non riscaldato.

### 3.9.1.1. Temperatura degli ambienti non riscaldati secondo UNI 7357:1974

La norma UNI 7357:1974 "Calcolo del fabbisogno termico per il riscaldamento degli edifici", oggi ritirata, forniva al punto 5.2 un'indicazione sommaria della temperatura interna per diverse tipologie di ambienti non riscaldati delimitati da pareti non isolate ed in assenza di ventilazione; i valori sono riportati in Tabella 3.41, considerando una temperatura dei locali contigui riscaldati pari a 20 °C e dell'ambiente esterno pari a -5 °C e fornendo una correzione per differenti valori della temperatura esterna.

Per esempio, un appartamento non riscaldato posto ad un piano intermedio, considerando la temperatura esterna pari a 0° C, era caratterizzato da una temperatura pari a  $7+0.5 \cdot (0+5) = 9.5$  °C.

Come il lettore può ben comprendere, tale norma, del tutto generica, male si adatta alle realtà architettoniche e logistiche degli immobili: appartamenti d'angolo, interclusi, di facciata; non tiene conto dei fattori di forma, della tipologia dei serramenti e della proporzione tra superfici opache e trasparenti. Per tale motivo oggi rappresenta solo un riferimento di larghissima massima, che può essere utilizzato per una prima approssimazione nella valutazione del coefficiente  $b_{tr,u}$  a fronte di una indubbia rapidità di calcolo. Quindi oggi la norma UNI 7357:1974, pur essendo stata ritirata, permette la rapida determinazione di valori approssimati della temperatura interna dei locali non riscaldati nelle seguenti ipotesi:

- edifici ante 1976, ovvero involucri non isolati;
- nessuna miglioria successiva (neppure sostituzione degli infissi);
- nessuna portata di ventilazione tra ambiente interno riscaldato ed ambiente non riscaldato e tra ambiente non riscaldato ed esterno.

**Tabella 3.41 - Temperatura degli ambienti non riscaldati ante 76, pareti non isolate, nessuna ventilazione, considerando la temperatura dei locali contigui riscaldati pari a 20 °C e dell'ambiente esterno pari a -5 °C, da norma UNI 7357:1974.**

Tipo di locale	Temperatura °C	Correzioni da apportare se la temperatura esterna è diversa da -5°C
Cantine con serramenti aperti	-2	0.9 (T <sub>e</sub> +5)
Cantine con serramenti chiusi	5	0.6 (T <sub>e</sub> +5)
Sottotetti non stagni con tegole non sigillate	T <sub>est</sub>	T <sub>est</sub>
Sottotetti non stagni con tegole sigillate	-2	0.9 (T <sub>e</sub> +5)
Sottotetti controsoffittati o stagni	0	0.8 (T <sub>e</sub> +5)
Locali con 3 pareti esterne con finestre	0	0.8 (T <sub>e</sub> +5)
Locali con 3 pareti esterne 1 con finestra	5	0.6 (T <sub>e</sub> +5)
Locali con 2 pareti esterne entrambe con finestra	5	0.6 (T <sub>e</sub> +5)
Locali con 3 pareti esterne senza finestre	7	0.5 (T <sub>e</sub> +5)
Locali con 2 pareti esterne senza finestre	10	0.4 (T <sub>e</sub> +5)
Locali con 1 parete esterna con finestra	10	0.4 (T <sub>e</sub> +5)
Locali con 1 parete esterna senza finestre	12	0.3 (T <sub>e</sub> +5)
Appartamenti vicini non riscaldati sottotetto	2	0.7 (T <sub>e</sub> +5)
Appartamenti vicini non riscaldati piani intermedi	7	0.5 (T <sub>e</sub> +5)
Appartamenti vicini non riscaldati piano più basso	5	0.6 (T <sub>e</sub> +5)
Gabbie scala con parete esterna e finestre ad ogni piano; porta d'ingresso al piano terra chiusa:		
- al piano terra	2	0.7(t <sub>e</sub> +5)
- piani sovrastanti	7	0.5(t <sub>e</sub> +5)
Gabbie scala con parete esterna e finestre ad ogni piano; porta d'ingresso al piano terra aperta		
- al piano terra	-2	0.9(t <sub>e</sub> +5)
- piani sovrastanti	2	0.7(t <sub>e</sub> +5)

### 3.9.1.2. Procedura di calcolo del fattore di correzione della temperatura secondo UNI/TS 11300-1

La procedura di calcolo del fattore di correzione  $b_{tr,u}$  considerata al punto 11.2 della UNI/TS 11300-1:2014 prevede di effettuare un bilancio termico dell'ambiente non riscaldato per determinare la sua temperatura interna  $T_u$ , considerando solo i flussi termici scambiati per trasmissione e ventilazione con l'ambiente interno a temperatura  $T_i$  e con l'ambiente esterno a temperatura  $T_e$ . Si osservi che non sono previsti scambi tra l'ambiente non riscaldato ed altri ambienti non riscaldati adiacenti, quale potrebbe essere, ad esempio, il caso di un magazzino non riscaldato a piano terra avente un appartamento riscaldato al primo piano (unità immobiliare da certificare) ed un'autorimessa sottostante, ovvero verso il terreno. Nella valutazione della temperatura  $T_u$  viene trascurata la presenza di apporti interni e solari nel locale non riscaldato,

contributi che, nella procedura di calcolo prevista dalla UNI/TS 11300-1, sono computati negli apporti gratuiti. Si fa presente che nell'Appendice A della versione 2014 della UNI/TS 11300-1 è riportata la procedura di determinazione del fattore di correzione  $b_{tr,u}$  nel caso in cui il locale non climatizzato confini con differenti zone termiche riscaldate.

La formula che la UNI/TS 11300-1 fornisce per la valutazione del fattore di correzione della temperatura  $b_{tr,u}$  è la seguente:

$$b_{tr,u} = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}} \quad (3.70)$$

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

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

La dimostrazione della (3.70) si basa sul modello di calcolo illustrato in Figura 3.57.

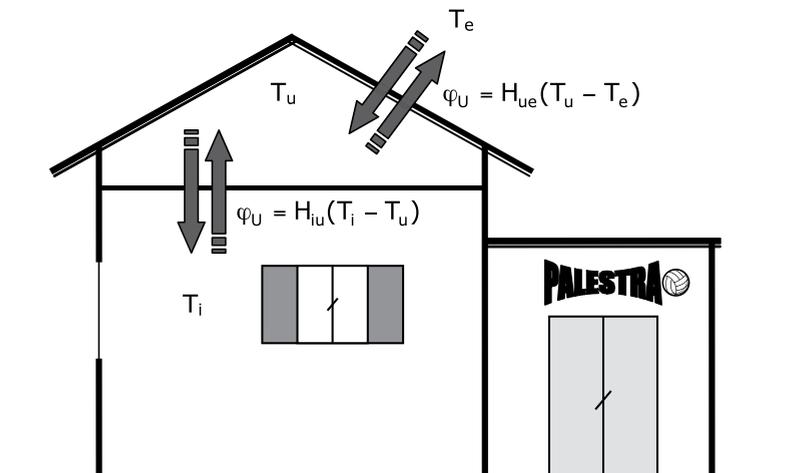


Figura 3.57 - Modello di calcolo per la valutazione del fattore di correzione della temperatura  $b_{tr,u}$ .

La temperatura  $T_u$  che si instaura nel locale non riscaldato è la temperatura di equilibrio tra lo scambio termico  $\varphi_{iu}$  tra ambiente interno e ambiente non climatizzato:

$$\varphi_{iu} = H_{iu}(T_i - T_u) \quad (3.71)$$

e lo scambio termico  $\varphi_{ue}$  tra ambiente non climatizzato ed ambiente esterno:

$$\varphi_{ue} = H_{ue}(T_u - T_e) \quad (3.72)$$

In condizioni di regime stazionario si ha necessariamente:

$$\varphi_U = \varphi_{iu} = \varphi_{ue} \quad (3.73)$$

Confrontando la (3.71), la (3.72) e la (3.73), si ottiene la temperatura di equilibrio  $T_u$  che si stabilisce nell'ambiente non climatizzato:

$$T_u = \frac{H_{iu} T_i + H_{ue} T_e}{H_{iu} + H_{ue}} \quad (3.74)$$

Sostituendo la (3.74) nella (3.71) e ricordando la (3.73), si ottiene:

$$\varphi_U = H_{iu} (T_i - T_u) = \frac{H_{iu}^2 T_i + H_{iu} H_{ue} T_i - H_{iu}^2 T_i - H_{iu} H_{ue} T_e}{H_{iu} + H_{ue}} = H_{iu} (T_i - T_e) \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}} \quad (3.75)$$

Confrontando la (3.75) con la (3.68), si ottiene appunto la (3.70).

Si osservano i seguenti casi limite confrontando la (3.70) e la (3.67).

- $b_{tr,u} = 0$ ,  $H_u = 0$  se  $H_{ue} = 0$ ,  $T_u = T_i$ : il coefficiente di scambio termico verso l'ambiente non climatizzato risulta nullo quando è nullo il coefficiente di scambio termico tra l'ambiente non climatizzato e l'esterno, ovvero quando l'ambiente non climatizzato risulta alla stessa temperatura dell'ambiente climatizzato.
- $b_{tr,u} = 1$ ,  $H_u = H_{iu}$  se  $H_{ue} = \infty$ ,  $T_u = T_e$ : il coefficiente di scambio termico verso l'ambiente non climatizzato risulta pari al coefficiente di scambio termico tra l'ambiente climatizzato e l'ambiente non climatizzato quando è infinito il coefficiente di scambio termico tra l'ambiente non climatizzato e l'esterno, ovvero quando l'ambiente non climatizzato è alla stessa temperatura dell'esterno.

I coefficienti  $H_{iu}$  e  $H_{ue}$  comprendono sia lo scambio termico per trasmissione sia quello per ventilazione:

$$H_{iu} = H_{D,iu} + H_{ve,iu} \quad (3.76)$$

$$H_{ue} = H_{D,ue} + H_{ve,ue} \quad (3.77)$$

$H_{D,iu} = H_{tr,iu}$  = coefficiente di scambio termico diretto per trasmissione tra l'ambiente climatizzato e l'ambiente non climatizzato [W/K]

$H_{ve,iu}$  = coefficiente di scambio termico per ventilazione tra l'ambiente climatizzato e l'ambiente non climatizzato [W/K]

$H_{D,ue} = H_{tr,ue}$  = coefficiente di scambio termico diretto per trasmissione tra l'ambiente non climatizzato e l'ambiente esterno [W/K]

$H_{ve,ue}$  = coefficiente di scambio termico per ventilazione tra l'ambiente non climatizzato e l'ambiente esterno [W/K].

Per il calcolo dei coefficienti di scambio termico per trasmissione  $H_{D,iu}$  e  $H_{D,ue}$ , la UNI EN ISO 13789:2008 rimanda alla generica formula per il calcolo del coefficiente di scambio termico diretto  $H_d$  tra due ambienti a temperatura differente:

$$H_D = \sum_i A_i U_i + \sum_k L_k \Psi_k + \sum_j X_j \quad (3.78)$$

$U_i$  = *trasmissanza termica* dell'*i*-esimo *componente* (opaco o trasparente) [W/m<sup>2</sup>K]

$A_i$  = area caratterizzata dalla trasmissanza  $U_i$  [m<sup>2</sup>]

$\Psi_k$  = *trasmissanza termica lineica* (o lineare) del *k*-esimo *ponte termico* lineare [W/mK]

$L_k$  = lunghezza lungo cui si applica la trasmissanza  $\Psi_k$  [m]

$X_j$  = *trasmissanza termica puntuale* del *j*-esimo *ponte termico puntuale* [W/K] (in genere termine trascurabile)

Per la valutazione dei coefficienti di scambio termico per ventilazione  $H_{ve,iu}$  e  $H_{ve,ue}$  si utilizzano le seguenti relazioni:

$$H_{ve,iu} = \rho_a c_a q_{ve,iu} \quad (3.79)$$

$$H_{ve,ue} = \rho_a c_a q_{ve,ue} \quad (3.80)$$

$\rho_a = 1.2 \text{ kg/m}^3$ , densità dell'aria

$c_a = 1000 \text{ J/kgK}$ , calore specifico a pressione costante dell'aria

$q_{ve,iu}$  = portata volumetrica d'aria di rinnovo tra l'ambiente climatizzato e l'ambiente non climatizzato [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$q_{ve,ue}$  = portata volumetrica d'aria di rinnovo tra l'ambiente non climatizzato e l'esterno [ $\text{m}^3/\text{s}$ ].

Al fine di non sottostimare il coefficiente  $H_U$ , la portata volumetrica d'aria di rinnovo tra l'ambiente climatizzato e l'ambiente non climatizzato  $q_{ve,iu}$  può essere assunta nulla:

$$q_{ve,iu} = 0 \quad (3.81)$$

Tale situazione corrisponde il più delle volte alla realtà: si pensi ad un appartamento a primo piano che ha il solaio stagno e senza alcuna comunicazione con il negozio/magazzino sottostante.

La portata volumetrica d'aria di rinnovo tra l'ambiente non climatizzato e l'esterno  $q_{ve,ue}$  viene espressa mediante la seguente relazione:

$$q_{ve,ue} = n_{ue} V_u / 3600 \quad (3.82)$$

$n_{ue}$  = numero di ricambi orari d'aria tra l'ambiente non climatizzato e l'esterno [ $\text{h}^{-1}$ ]

$V_u$  = volume netto dell'ambiente non climatizzato [ $\text{m}^3$ ].

Il numero di ricambi orari d'aria tra l'ambiente non climatizzato e l'esterno  $n_{ue}$  può essere ricavato dal Prospetto 2 della UNI EN ISO 13789:2008, già riportato nel presente testo in Tabella 3.7.

Si fa presente che se l'ambiente limitrofo rientra nelle destinazioni d'uso per cui è previsto il riscaldamento come da DPR 412/1993 e punto 8.1.1 della UNI/TS 11300-1:2014, la procedura sopra descritta si applica solo se tale ambiente non è dotato di impianto di riscaldamento. In caso contrario l'ambiente limitrofo deve essere posto alla temperatura standard di Tabella 3.1 ed il fattore di correzione  $b_{tr}$  viene calcolato secondo il successivo paragrafo 3.9.3.

### 3.9.1.3. Valori precalcolati del fattore di correzione della temperatura secondo UNI/TS 11300-1:2014

La UNI/TS 11300-1:2014 fornisce al Prospetto 7 (Tabella 3.42) valori precalcolati del coefficiente  $b_{tr,u}$ , utilizzabili nel caso di edifici esistenti in assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise.

Si fa presente che, nell'applicazione di Tabella 3.42, si presentano spesso dubbi su come interpretare il termine "parete", nel caso di scambio termico verso i *vani scala*.

Se si considera, ad esempio, un classico vano scala condominiale che non ha muri verticali esterni, in quanto intercluso tra appartamenti, la voce applicabile potrebbe essere: "Aree interne di circolazione (senza muri esterni e con tasso di ricambio d'aria

### Serre con accumulo centrale

In alcuni casi si può ricorrere a masse termiche poste al centro della serra (Figura 3.107). È il caso di serre molto profonde, con dislivelli di quota o di serre con accumulo ad acqua.

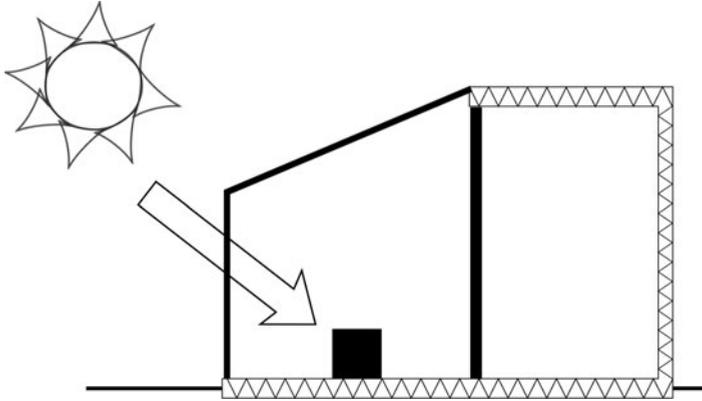


Figura 3.107 - Accumulo centrale.

Per ciascuna delle tipologie sopra elencate è da sottolineare l'importanza dell'isolamento delle masse termiche, che devono essere sempre opportunamente coibentate sul lato freddo. In particolare, per la tipologia con accumulo a pavimento, si dovranno impedire le dispersioni di energia verso il terreno sottostante.

Nel caso invernale, si possono avere due *regimi di funzionamento*, quello *diurno* e quello *notturno*.

### Funzionamento invernale diurno

Nel periodo invernale diurno la serra deve essere in grado di massimizzare la captazione della radiazione solare. L'intensità della radiazione solare per una data esposizione varia nell'arco della giornata e dipende dalle condizioni meteorologiche e dalla latitudine.

Durante il giorno è necessario massimizzare il guadagno diretto attraverso l'involucro trasparente ed il guadagno indiretto attraverso l'esposizione ai raggi solari delle murature d'accumulo. L'assetto invernale captante è caratterizzato dalla chiusura delle parti apribili della serra confinanti con l'esterno.

Nel caso delle serre a guadagno diretto e a scambio convettivo, è possibile installare un sistema di regolazione che preveda l'apertura delle pareti che separano la serra dall'ambiente interno quando la temperatura all'interno della serra supera la temperatura di progetto interna; altrimenti, comunque la presenza della serra riduce le dispersioni per trasmissione e ventilazione.

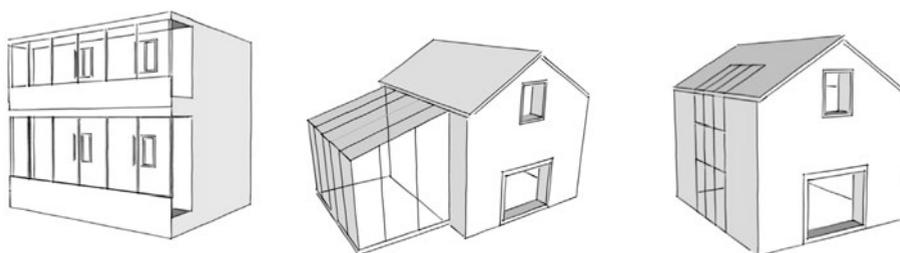
### Funzionamento invernale notturno

Nel periodo invernale notturno vanno minimizzate le dispersioni termiche che provocano il rapido raffreddamento dell'aria e delle masse contenute nella serra impedendo di sfruttare il calore accumulato durante il giorno. A tal fine, oltre a disporre di serramenti che garantiscono una buona tenuta, è utile dotare la serra di dispositivi

isolanti mobili: tende isolanti o pannelli rigidi rimovibili. In particolare, nel caso delle serre a scambio radiativo, sarà utile disporre un elemento mobile di isolamento collocato sul lato esterno (verso la serra) della parete divisoria con l'ambiente climatizzato.

Con riferimento alla *collocazione della serra rispetto all'edificio*, tre sono le principali disposizioni (Figura 3.108):

- serra incorporata (loggia vetrata)
- serra addossata
- serra incassata.



**Figura 3.108 - Disposizioni delle serre solari: (a) incorporata, (b) addossata, (c) incassata.**

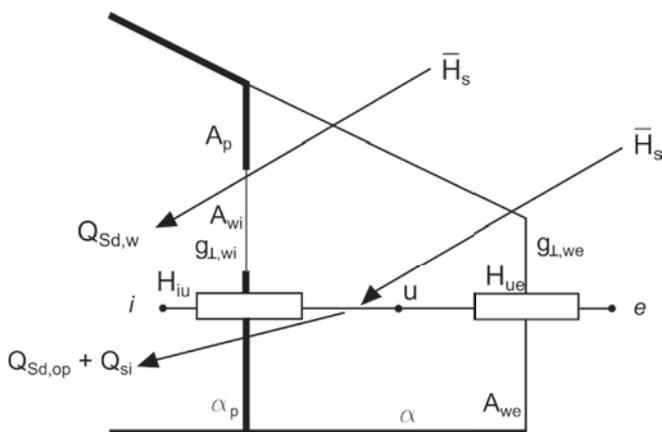
La UNI/TS 11300-1:2014 afferma al punto 14.1 che, in assenza di informazioni che ne dimostrino la trascurabilità, è necessario considerare l'effetto degli apporti termici solari all'interno di ambienti non climatizzati (per esempio serre).

Per determinare l'influenza sul fabbisogno di energia di uno spazio solare addossato all'involucro dell'edificio (ad es. verande, logge, serre), nel caso in cui sia presente una parete divisoria tra il volume climatizzato e quello soleggiato, è necessario effettuare il bilancio di energia dello spazio stesso secondo lo schema di Figura 3.109.

In particolare bisogna determinare tre contributi:

- il disperdimento di energia per trasmissione e ventilazione dall'ambiente climatizzato verso l'esterno attraverso lo spazio solare  $Q_{si}$ , in pratica il fattore di correzione della temperatura  $b_{tr,u}$  relativo allo spazio non riscaldato;
- il guadagno solare indiretto attraverso l'involucro opaco  $Q_{sd,op}$ ,
- il guadagno solare diretto attraverso l'involucro trasparente  $Q_{sd,w}$ .

La nuova procedura di calcolo prevista della UNI/TS 11300-1:2014 stabilisce che gli apporti solari diretti attraverso la serra  $Q_{sd,w}$  vengano computati nei contributi solari attraverso i componenti vetrati  $Q_{sol,w}$  (cfr. relazione 3.141), mentre quelli indiretti  $Q_{sd,op}$  ed il disperdimento per trasmissione  $Q_{si}$  vengano computati nei contributi solari attraverso i componenti vetrati  $Q_{sol,op}$  (cfr. relazione 3.142).



**Figura 3.109 - Bilancio energetico di una serra solare: schema elettrico secondo UNI/TS 11300-1:2014 e UNI EN ISO 13790:2008.**

Le espressioni per i contributi  $Q_{sol,w}$  e  $Q_{sol,op}$  sono date:

$$Q_{sol,w} = \left( \sum_k \Phi_{sol,w,k} \right) t + \sum_j Q_{sd,w,j} \quad (3.145)$$

$$Q_{sol,op} = \left( \sum_k \Phi_{sol,op,k} \right) t + \left( \sum_l (1 - b_{tr,l}) \Phi_{sol,u,l} \right) t + \sum_j (Q_{sd,op} + Q_{si})_j \quad (3.146)$$

dove le sommatorie con pedice k si riferiscono ai flussi di origine solare entranti nella zona climatizzata, con pedice l ai flussi di origine solare entranti nelle zone non climatizzate confinanti con quella climatizzata e con pedice j ai flussi di origine solare entranti nelle serre solari addossate alla zona climatizzata.

$b_{tr,l}$  = fattore di riduzione per l'ambiente non climatizzato caratterizzato dal flusso termico l-esimo di origine solare

$\Phi_{sol,k}$  = flusso termico k-esimo di origine solare

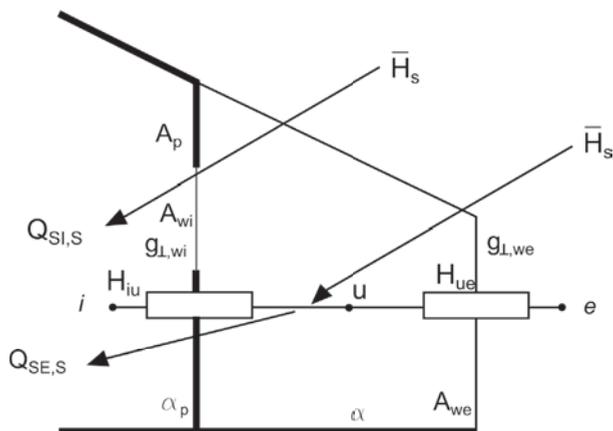
$\Phi_{sol,u,l}$  = flusso termico l-esimo di origine solare nell'ambiente non climatizzato adiacente u

$Q_{sd,w,j}$  = apporti di energia termica diretti attraverso le partizioni trasparenti, dovuti alla radiazione solare ed entranti nella zona climatizzata dalla serra j-esima, calcolati secondo quanto riportato al punto E.2.3.3 della UNI EN ISO 13790:2008

$Q_{sd,op,j}$  = apporti di energia termica diretti attraverso le partizioni opache, dovuti alla radiazione solare ed entranti nella zona climatizzata dalla serra j-esima, calcolati secondo quanto riportato al punto E.2.3.3 della UNI EN ISO 13790:2008

$Q_{si,j}$  = apporti di energia termica indiretti dovuti alla radiazione solare ed entranti nella zona climatizzata dalla serra j-esima, calcolati secondo quanto riportato al punto E.2.3.3 della UNI EN ISO 13790:2008.

Viene di seguito proposta la procedura adotta da Regione Lombardia (Decreto 5796-2009) per la valutazione degli apporti solari attraverso le serre. Lo scopo è poter quantificare con l'applicazione ad un caso di studio il beneficio di una serra addossata ad un'unità immobiliare ai fini di valutare gli apporti gratuiti recuperati e le minori dispersioni conseguenti. Lo schema elettrico equivalente è riportato in Figura 3.110.



**Figura 3.110 - Bilancio energetico di una serra solare: schema elettrico secondo Regione Lombardia (Decreto 5796-2009).**

Le perdite per trasmissione dall'ambiente climatizzato verso l'esterno attraverso lo spazio solare  $Q_{tr,S}$  [kWh] vengono determinate mese per mese attraverso la seguente relazione:

$$Q_{tr,S} = H_{tr,S}(T_i - T_e)\tau / 1000 \quad (3.147)$$

$H_{tr,S}$  = coefficiente di scambio termico per trasmissione tra la zona climatizzata e l'ambiente esterno attraverso lo spazio solare [W/K]

$T_i$  = temperatura di regolazione della zona climatizzata [K]

$T_e$  = temperatura dell'ambiente esterno [K]

$\tau$  = durata del mese considerato [h].

Il coefficiente di scambio termico per trasmissione  $H_{tr,S}$  può essere calcolato attraverso la seguente relazione, considerando lo spazio solare come un ambiente non climatizzato (cfr. par. 3.9):

$$H_{tr,S} = H_{iu} b_{tr,u} \quad (3.148)$$

con  $b_{tr,u}$ :

$$b_{tr,u} = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}} \quad (3.149)$$

$H_{ue}$  = coefficiente di scambio termico globale (trasmissione e ventilazione) tra spazio solare ed esterno

$H_{iu}$  = coefficiente di scambio termico globale (trasmissione e ventilazione) tra interno e spazio solare.

Il coefficiente di scambio termico  $H_{iu}$  tra la zona climatizzata e lo spazio solare è calcolato come segue:

$$H_{iu} = \sum_{k=1}^{N_{pi}} A_{L,pi,k} U_{pi,k} + \sum_{j=1}^{N_{wi}} A_{L,wi,j} U_{wi,j} + H_{ve,iu} \quad (3.150)$$

$A_{L,pi,k}$  = area lorda della parete opaca divisoria k-esima tra la zona climatizzata e lo spazio solare [ $m^2$ ]

$U_{pi,k}$  = trasmittanza della parete opaca divisoria k-esima tra la zona climatizzata e lo spazio solare [ $W/m^2K$ ]

$N_{pi}$  = numero di pareti opache divisorie tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e lo spazio solare

$A_{L,wi,j}$  = area lorda dell'elemento trasparente j-esimo posto tra la zona e lo spazio solare [ $m^2$ ]

$U_{wi,j}$  = trasmittanza dell'elemento trasparente j-esimo posto tra la zona climatizzata e lo spazio solare [ $W/m^2K$ ]

$N_{wi}$  = numero di elementi trasparenti posti tra la zona climatizzata e lo spazio solare

$H_{ve,iu}$  = coefficiente di scambio termico per ventilazione tra la zona climatizzata e lo spazio solare [ $W/K$ ].

Il coefficiente di scambio termico per ventilazione  $H_{ve,iu}$  tra la zona climatizzata e lo spazio solare vale in accordo con il par. 3.6:

$$H_{ve,iu} = 0.34 n_{iu} V_{u,S} \quad (3.151)$$

$n_{iu}$  = numero di ricambi d'aria tra ambiente climatizzato e spazio solare [ $h^{-1}$ ]

$V_{u,S}$  = volume netto dello della stanza [ $m^3$ ]

Il coefficiente di scambio termico  $H_{ue}$  tra lo spazio solare e l'esterno è calcolato come segue:

$$H_{ue} = \sum_{k=1}^{N_{pe}} A_{L,pe,k} U_{pe,k} + \sum_{j=1}^{N_{we}} A_{L,we,j} U_{we,j} + H_{ve,ue} \quad (3.152)$$

$A_{L,pe,k}$  = area lorda della superficie k-esima di parete opaca o pavimento o soffitto divisorio tra lo spazio solare e l'ambiente esterno [ $m^2$ ]

$U_{pe,k}$  = trasmittanza della superficie k-esima di parete opaca o pavimento o soffitto divisorio tra lo spazio solare e l'ambiente esterno [ $W/m^2K$ ]

$N_{pe}$  = numero di superfici opache divisorie tra lo spazio solare e l'ambiente esterno

$A_{L,we,j}$  = area lorda dell'elemento trasparente j-esimo posto tra lo spazio solare e l'ambiente esterno [ $m^2$ ]

$U_{we,j}$  = trasmittanza dell'elemento trasparente j-esimo posto tra lo spazio solare e l'ambiente esterno [ $W/m^2K$ ]

$N_{we}$  = numero di elementi trasparenti posti tra lo spazio solare e l'ambiente esterno

$H_{ve,ue}$  = coefficiente di scambio termico per ventilazione tra spazio solare e l'ambiente esterno [ $W/K$ ].

Il coefficiente di scambio termico per ventilazione  $H_{ve,ue}$  tra lo spazio solare e l'ambiente esterno vale in accordo con il par. 3.6:

sovradimensionamento può facilmente raggiungere valori elevati ( $F1 = 6-10$ ), con conseguente pesante calo dei rendimenti.

Una volta noto il rendimento di generazione  $\eta_{gn}$ , le perdite di generazione  $Q_{l,gn}$  si calcolano mediante la seguente relazione:

$$Q_{l,gn} = Q_{gn,out} \frac{1 - \eta_{gn}}{\eta_{gn}} \quad (4.57)$$

#### 4.5.8. Fabbisogno elettrico del sottosistema di generazione

Le *potenze elettriche* impegnate dagli ausiliari dei generatori di calore in produzione sono dichiarate dai costruttori e possono essere lette direttamente sull'ausiliario o sul libretto di caldaia, così come riportato in Figura 4.16.



(a)

4.1 GENERATORI DI CALORE

Costruttore	Modello	Matricola	Matricola del bruciatore abbinato	Fluido termovettore	Potenza termica al focolare nominale massima (kW)	Potenza termica utile nominale massima (kW)	Estremi di certificazione
G1	RIELLO TF 110	4130835	01972009	ACQUA	133,2	116,3	✓
G2							
G3							
G4							
G5							

4.2 BRUCIATORI

Costruttore	Modello	Matricola	Combustibile	Portata termica minima nominale (kW)	Portata termica massima nominale (kW)	Estremi di certificazione
B1	RBL	39374	01972009 GASOLIO	83	178	✓
B2						
B3						
B4						
B5						

4.3 POMPE DI CIRCOLAZIONE

Costruttore	Modello	Matricola	Potenza (kW)	Portata(m <sup>3</sup> /h)	Prevalenza (kPa)
P1	RIELLO RMX 30-32P	55003127187	0,090		
P2	RIELLO R550	1503650009	0,109		
P3	EURASO CK 76-50	7802731P	0,890		
P4					
P5					

(b)

Figura 4.16 - Lettura potenze elettriche ausiliari di generazione: (a) sulla pompa, (b) sul libretto di caldaia.

In alternativa possono essere calcolate utilizzando i parametri di default riportati nell'Appendice B della UNI TS 11300:2:2014 mediante la seguente relazione:

$$W_{aux,Pn} = G + H\varphi_{Pn}^n \quad (4.58)$$

$W_{aux,Pn}$  = potenza elettrica degli ausiliari del generatore a potenza nominale [W]

$\varphi_{Pn}$  = potenza termica utile nominale del generatore [kW]

G, H, n = parametri riportati in Tabella 4.16 (Prospetto B.4 della UNI/TS.11300-2:2014)

**Tabella 4.16 - Parametri per il calcolo di default della potenza degli ausiliari del sistema di generazione (da Prospetto B.4 della UNI/TS 11300-2:2014).**

Tipologia di Generatore	G	H	n
<b>Generatori Standard</b>			
Generatori atmosferici a gas	40	0.148	1
Generatore con bruciatore ad aria soffiata a combustibili liquidi o gassosi	0	45	0.48
<b>Generatori a Bassa Temperatura</b>			
Generatori atmosferici a gas	40	0.148	1
Generatori con bruciatore ad aria soffiata a combustibili liquidi o gassosi	0	45	0.48
Generatore a condensazione a combustibili liquidi o gassosi	0	45	0.48

L'energia consumata dagli ausiliari del generatore in un mese  $E_{aux,gn}$ , espressa in [kWh], vale:

$$E_{gn,aux} = \frac{W_{aux,Pn} t_{gn} FC_u}{1000} \quad (4.59)$$

$W_{aux,Pn}$  = potenza degli ausiliari del generatore a potenza nominale [W]

$t_{gn}$  = tempo di attivazione del generatore [h] (pari a 24·N, essendo N il numero di giorni del mese considerato compresi nella stagione di riscaldamento)

$FC_u$  = fattore di carico medio mensile del generatore.

Il fattore di carico  $FC_u$  del generatore è dato dal rapporto tra la potenza media richiesta al generatore e la potenza nominale installata:

$$FC_u = \frac{\varphi_{gn,avg}}{\varphi_{Pn}} \quad (4.60)$$

Tale parametro esprime la frazione del tempo di riscaldamento (tempo di attivazione del generatore) in cui il sistema di generazione è in funzione.

A questo punto è necessario effettuare la seguente importante osservazione.

Nel caso di certificazione di singolo appartamento servito da impianto condominiale, bisogna fare attento riferimento al modo di procedere del software in uso.

L'impostazione teorica corretta per valutare il fabbisogno di energia primaria nel caso di singolo appartamento sarebbe quella di determinare i fabbisogni di energia primaria del sistema impiantistico nel suo complesso (e quindi riferiti all'intero edificio) e successivamente ripartirli sulla base dei millesimi di potenza termica installata nel caso di impianto sprovvisto di contabilizzazione del calore e sulla base dei millesimi di fabbisogno nel caso di impianto contabilizzato, secondo quanto riportato nella norma UNI 10200:2013 "Impianti termici centralizzati di climatizzazione invernale e produzione di acqua calda sanitaria - Criteri di ripartizione delle spese di climatizzazione invernale ed acqua calda sanitaria".

Non tutti i software permettono tale valutazione e così, di fatto, impongono di proporzionare su base millesimale (riscaldamento o fabbisogno) direttamente le grandezze relative all'impianto di riscaldamento, quali ad esempio la potenza termica nominale e le potenze elettriche degli ausiliari del generatore.

#### 4.6. Stufe e termocamini

Oggi è ritornato in auge l'utilizzo di *sistemi a biomassa* per le funzioni di riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria. Si rimanda allo specifico paragrafo sulle biomasse (cfr. par. 5.4) per i dettagli operativi di valutazione dei rendimenti e dell'energia primaria utilizzata. In questa sede ci si limita a ricordare che i vettori energetici "biomasse" sono assimilati alle fonti rinnovabili in quanto, nel breve ciclo di vita della produzione del legname (4-5 anni), l'albero ha preventivamente scisso la CO<sub>2</sub> in C+O<sub>2</sub> durante la fase di crescita e successivamente le stesse quantità vengono ricombinate nella fase di combustione, lasciando invariato il bilancio della CO<sub>2</sub> presente in atmosfera. Tutto quanto espresso sopra è sostenibile solo se si verificano due ulteriori condizioni:

- i sistemi di combustione utilizzati devono avere efficaci (e a norma) filtri e sistemi di abbattimento dei particolati delle ceneri e polveri prima dell'immissione in atmosfera;
- la "filiera" produttiva deve essere corta, ossia nel ciclo produttivo della biomassa devono essere poco rilevanti le quantità di combustibili fossili (tipicamente diesel e benzine) utilizzate nel processo produttivo di aratura, trinciatura, raccolta, convogliamento al trattamento, essiccazione e trattamento di riduzione, insacchettamento, trasporto alla grande distribuzione, alla media, al dettaglio e da qui sino all'utente finale.

Per tale motivo, a seconda delle regioni italiane e delle realtà commerciali produttive di legname presenti, è possibile che il *fattore di conversione in energia primaria non rinnovabile*  $f_{p,nren}$  delle biomasse vari.

Si ricorda che il fattore  $f_{p,nren}$  per un dato vettore energetico rappresenta il *rapporto tra l'energia primaria non rinnovabile e l'energia fornita*, nel quale l'energia primaria è quella richiesta per produrre una unità di energia fornita, tenendo conto delle perdite di estrazione, trattamento, stoccaggio, trasporto, conversione o trasformazione, trasmissione o distribuzione e quanto altro necessario per consegnare l'energia fornita al confine energetico del sistema edificio. Ad oggi non si tiene conto di tali perdite nella valutazione di  $f_{p,nren}$ .

Allo stato attuale la Raccomandazione 14:2013 del CTI "Prestazioni energetiche degli edifici. Determinazione della prestazione energetica per la classificazione dell'edificio" prevede che il fattore  $f_{p,nren}$  valga 0 per l'energia da fonti rinnovabili on-site, ovvero captata o prelevata entro il confine del sistema edificio (solare, aerotermica, geotermica, idrottermica), e valga 1 per l'energia da fonti fossili. Per l'energia prodotta da biomasse, che rappresentano una fonte rinnovabile off-site, ossia un vettore energetico rinnovabile che arriva da fuori il confine del sistema edificio, in attesa di pertinenti disposizioni legislative, viene proposto un valore pari a 0.3, il che vuol dire considerare rinnovabile solamente il 70% dell'energia ottenuta. Regione Lombardia, invece, eleva tale valore a 0.5, considerando rinnovabile solo il 50% dell'energia prodotta.

Per tali sistemi il certificatore energetico si trova in grande difficoltà per la redazione del certificato energetico in quanto, se da un lato non sono ancora stabilite le procedure normative per la determinazione dei rendimenti in fase di prova, ma solo di quelli standard (secondo UNI/TS 11300-4:2012), dall'altro non è chiaro se un edificio riscaldato a biomasse possa essere considerato effettivamente in classe A+ e ciò non solo ai fini dell'accesso alle detrazioni fiscali, ma anche ai fini certificativi.

Tali dubbi sono fugati dalla FAQ ENEA n° 42 che alla domanda (sito <http://efficienzaenergetica.acs.enea.it/faq.pdf>) "Vorrei sostituire una caldaia con un'altra alimentata a biomasse combustibili e ritengo che, in quanto fonte rinnovabile, il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale dell'edificio possa essere posto pari a zero. Di conseguenza applicando il comma 344 della Finanziaria per tale tipo di intervento, dovrebbe essere sempre soddisfatto il vincolo di riduzione dell'indice di prestazione energetica" risponde: "Il DM 26/1/10, in vigore dal 14/3/10, ha profondamente innovato la normativa in materia, modificando il DM 11/3/08. L'art. 3 comma 3 di quest'ultimo decreto ora precisa che, ai fini dell'accesso alle detrazioni fiscali, in caso di sostituzione di impianti di climatizzazione invernale con impianti dotati di generatori di calore alimentati da biomasse combustibili si assume una quota di energia fossile pari all'energia primaria realmente fornita all'impianto moltiplicata per il fattore 0.3. Si può quindi ancora accedere alla detrazione fiscale applicando il comma 344 della Finanziaria, ma l'intervento deve essere riferito all'intero edificio e non alle singole unità immobiliari che lo compongono. Il D.M. 26/1/10, inoltre, prescrive anche che la nuova caldaia a biomasse deve rispettare le seguenti ulteriori condizioni: a) avere un rendimento utile nominale minimo conforme alla classe 3 di cui alla norma europea EN 303-5; b) rispettare i limiti di emissione di cui all'allegato IX alla parte quinta del D.Lgs. 3/4/06 n. 152 e successive modifiche e integrazioni, oppure i più restrittivi limiti fissati da norme regionali, se presenti; c) utilizzare biomasse combustibili ricadenti fra quelle ammissibili ai sensi dell'allegato X alla parte quinta dello stesso D.Lgs. 152/2006 e successive modifiche e integrazioni; d) garantire, per i soli edifici ubicati nelle zone climatiche C, D, E e F, che i valori della trasmittanza delle chiusure apribili e assimilabili, quali porte, finestre e vetrine, rispettino i limiti massimi riportati nella Tabella 4a dell'allegato C al D.Lgs. 192/05; e) dichiarare il rispetto dei predetti requisiti nell'asseverazione compilata dal tecnico abilitato e in sede di trasmissione all'ENEA della documentazione necessaria per accedere alle agevolazioni".

Ne segue che, applicando il fattore di conversione in energia primaria pari a 0.3 (o a maggior ragione 0.5 come in Lombardia), anche se vengono rispettate abbondantemente le trasmittanze di legge, è raro che un edificio scaldato a biomasse possa arrivare in classe A+, fermandosi spesso alla classe B o A.

A titolo d'esempio si considera un edificio situato a Busalla (zona climatica E 2458 GG), caratterizzato dai seguenti parametri:

trasmittanze di legge rispettate

caldaia a condensazione

6 m<sup>2</sup> di solare termico per acqua calda sanitaria

Superficie utile

120.49 m<sup>2</sup>

Volume netto

366.52 m<sup>3</sup>

S/V

1.07

Dispersioni per trasmissione

11236.93 kWh

Dispersioni per ventilazione	2561.54 kWh
Apporti interni	1808.76 kWh
Apporto solare	2988.82 kWh
Portata d'aria	109.96 m <sup>3</sup> /h
Capacità termica	155.0kJ/m <sup>2</sup> K
Costante di tempo	86.48 h
Fabbisogno di energia netta	9091.67 kWh
Energia netta specifica	75.46 kWh/m <sup>2</sup> anno
Energia fornita riscaldamento	9483.17 kWh
Energia elettrica ausiliari riscaldamento	89.07 kWh
Energia primaria riscaldamento	80.63 kWh/m <sup>2</sup> anno
Indice prestazione energetica climatizzazione invernale	1.07
Fabbisogno ACS	1866.44 kWh
Energia fornita per acqua calda sanitaria	1064.81 kWh
Energia elettrica ausiliari acs	10.68 kWh
Energia primaria acs	9.07 kWh/m <sup>2</sup> anno
Energia primaria totale	89.69 kWh/m <sup>2</sup> anno
Emissioni CO2	2.41 t/a
Energia elettrica consumata da rinnovabili	0.0 kWh
Energia elettrica esportata	0.0 kWh

Tale edificio risulta in Classe Energetica C, come si può osservare dal Certificato Energetico redatto secondo la procedura prevista dalla Regione Liguria riportato in Figura 4.17.

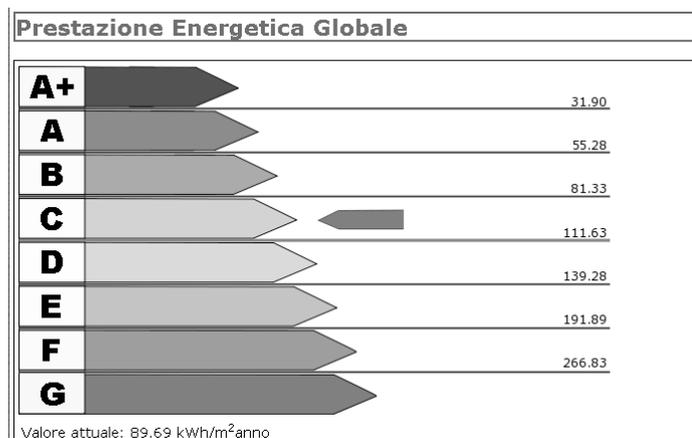


Figura 4.17 - Certificato energetico per il caso di studio: situazione attuale con caldaia a condensazione.

Se sostituiamo la caldaia a condensazione con una a biomasse di rendimento 0.95, senza considerare alcun contributo rinnovabile dalle biomasse, il fabbisogno di energia primaria diventa pari a 111.48 kWh/m<sup>2</sup>anno. Considerando il moltiplicatore  $f_{p,biomasse} = 0.3$  e trascurando i contributi elettrici, si ottiene  $E_p = 33.44$  kWh/ m<sup>2</sup>anno e