

Michele Sanfilippo

# PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI ED ECOBONUS 110%

4ª Edizione

 Legislazione Tecnica

© Copyright Legislazione Tecnica 2021

La riproduzione, l'adattamento totale o parziale, la riproduzione con qualsiasi mezzo, nonché la memorizzazione elettronica, sono riservati per tutti i paesi.

---

Finito di stampare nel mese di luglio 2021 da  
Stabilimento Tipolitografico Ugo Quintily S.p.A.  
Viale Enrico Ortolani 149/151 - Zona industriale di Acia - 00125 - Roma

---

Legislazione Tecnica S.r.L.  
00144 Roma, Via dell'Architettura 16

*Servizio Clienti*  
Tel. 06/5921743 – Fax 06/5921068  
servizio.clienti@legislazionetecnica.it

*Portale informativo:* [www.legislazionetecnica.it](http://www.legislazionetecnica.it)  
*Shop:* [itshop.legislazionetecnica.it](http://itshop.legislazionetecnica.it)

I contenuti e le soluzioni tecniche proposte sono espressioni dell'esperienza maturata nel corso degli anni dagli Autori. Esse possono, quindi, soltanto essere fatte proprie dal lettore, o semplicemente rigettate, ed hanno l'intento di indirizzare e supportare il tecnico nella scelta della soluzione che maggiormente si adatta alla situazione oggetto di analisi. Rimane, pertanto, a carico del tecnico la selezione della soluzione da adottare. Il lettore utilizza il contenuto del testo a proprio rischio, ritenendo indenne l'Editore e gli Autori da qualsiasi pretesa risarcitoria.

# INDICE

---

PREFAZIONE ALLA QUARTA EDIZIONE ( <i>a cura di Roberto Zecchin</i> ) ..	8
INTRODUZIONE .....	9
<b>1. LA LEGISLAZIONE NAZIONALE PER L'EFFICIENZA ENERGETICA DEGLI EDIFICI .....</b>	<b>13</b>
1.1 Principi di efficienza energetica .....	13
1.2 La Legge 373/1976 .....	17
1.3 La classificazione degli edifici in categorie .....	19
1.4 Le zone climatiche .....	20
1.5 La Legge 10/1991 e il D.P.R. 412/1993 .....	20
1.5.1 I requisiti minimi di efficienza energetica .....	22
1.5.1.1 <i>Il rendimento globale medio stagionale <math>\eta_g</math></i> ....	22
1.5.1.2 <i>Il fabbisogno energetico normalizzato per la climatizzazione invernale (FEN)</i> .....	23
1.5.2 La relazione tecnica sul rispetto delle prescrizioni ....	24
1.6 La direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico .....	25
1.7 La direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia	26
1.8 La direttiva 2018/844/UE .....	26
1.9 Il D. Leg.vo 192/2005 .....	27
1.9.1 Generalità .....	27
1.9.2 Ambito di intervento e finalità .....	33
1.9.3 Tipologie di intervento .....	34
1.9.4 Definizioni .....	35
1.10 L'edificio di riferimento .....	37
1.10.1 Parametri relativi al fabbricato .....	37
1.10.2 Parametri relativi agli impianti .....	39
1.11 L'edificio di riferimento standard .....	41
1.12 Edifici ad energia quasi zero .....	42
1.13 Confronto tra edificio reale, di riferimento e NZEB .....	43
<b>2. IL CALCOLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO .....</b>	<b>45</b>
2.1 Energia termica utile per la climatizzazione invernale .....	46
2.2 Energia termica utile per la climatizzazione estiva .....	47
2.3 Energia primaria .....	48

3. LA PRESTAZIONE ENERGETICA .....	51
3.1 Generalità .....	51
3.2 Indici di prestazione energetica e valori limite .....	59
4. I REQUISITI MINIMI PER I DIVERSI INTERVENTI .....	63
4.1 Nuovi edifici e ristrutturazioni importanti di primo livello .....	63
4.1.1 I Criteri ambientali minimi .....	70
4.2 Ampliamenti di volume lordo maggiore del 15% o di 500 m <sup>3</sup> .....	71
4.3 Ristrutturazioni importanti di secondo livello .....	73
4.4 Riqualificazioni energetiche .....	75
4.4.1 Interventi su involucro .....	77
4.4.2 Impianti di climatizzazione invernale .....	79
4.4.3 Sostituzione di generatori di calore .....	80
4.4.4 Impianto di climatizzazione estiva .....	81
4.4.5 Sostituzione di macchine frigorifere .....	81
4.4.6 Impianti idrico-sanitari .....	82
4.4.7 Impianti di illuminazione .....	82
4.4.8 Impianti di ventilazione .....	83
4.4.9 Ascensori e scale mobili .....	83
4.5 Decreto Relazioni Tecniche .....	83
5. LA CLASSIFICAZIONE ENERGETICA .....	85
5.1 Classi energetiche .....	85
5.2 Consumi e classi energetiche .....	86
6. LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA .....	95
6.1 L'attestato di prestazione energetica .....	95
6.2 Requisiti dei soggetti abilitati alla certificazione .....	101
6.2.1 Qualificazione professionale .....	101
6.2.1.1 <i>Tecnici abilitati singolarmente senza obbligo di formazione specifica</i> .....	102
6.2.1.2 <i>Tecnici abilitati in collaborazione con altri senza obbligo di formazione specifica</i> .....	108
6.2.1.3 <i>Tecnici abilitati singolarmente a seguito di formazione specifica</i> .....	109
6.2.1.4 <i>Corsi</i> .....	113
6.2.2 Indipendenza .....	115
6.3 Procedura di certificazione energetica secondo le Linee guida .....	115
6.4 L'attestato di qualificazione energetica .....	116

7. CASI STUDIO .....	121
7.1 Premessa .....	121
7.2 Casi studio con rapporto di forma S/V 0,9 .....	126
7.2.1 Requisiti energetici relativi al fabbricato ( $EP_{H,nd}$ ed $EP_{C,nd}$ )	126
7.2.2 Requisiti energetici relativi all'edificio ( $EP_{H'}$ , $EP_C$ , $EP_{gl}$ ) ..	134
7.2.2.1 <i>Impianto I1 caldaia senza rinnovabili</i> .....	134
7.2.2.2 <i>Impianto I2, caldaia con fotovoltaico 3 kWp</i> ..	139
7.2.2.3 <i>Impianto I3, caldaia con solare termico per ACS</i> .....	140
7.2.2.4 <i>Impianto I4, pompa di calore senza impianti solari</i> .....	141
7.2.2.5 <i>Impianto I5, pompa di calore con impianto fotovoltaico</i> .....	142
7.2.2.6 <i>Impianto I6, pompa di calore con impianto fotovoltaico e solare termico</i> .....	144
7.2.2.7 <i>Confronti di efficacia sul profilo energetico</i> ...	145
7.2.2.8 <i>Efficacia sul profilo della spesa teorica per combustibile</i> .....	149
7.3 Casi studio con diversa categoria edificio .....	152
7.4 Casi studio con rapporto di forma S/V 0,4 .....	156
7.4.1 Requisiti energetici relativi al fabbricato ( $EP_{H,nd}$ ed $EP_{C,nd}$ )	156
7.4.2 Requisiti energetici relativi all'edificio ( $EP_{H'}$ , $EP_C$ , $EP_{gl}$ ) ..	160
7.5 Efficacia degli interventi su edifici esistenti .....	167
8. L'ECOBONUS 110% .....	175
8.1 Generalità .....	175
8.2 Sintesi dei requisiti Super-Ecobonus .....	176
8.2.1 Analisi dei singoli requisiti .....	178
8.2.1.1 <i>Gli interventi trainanti</i> .....	178
8.2.1.2 <i>Gli interventi trainati</i> .....	182
8.2.1.3 <i>Il miglioramento della classe energetica</i> .....	182
8.2.1.4 <i>Interventi su parti comuni e parti private</i> .....	183
8.2.1.5 <i>APE e requisiti dei soggetti certificatori</i> .....	184
8.2.1.6 <i>Requisiti materiali e apparecchiature</i> .....	185
8.2.1.7 <i>Limiti di spesa</i> .....	185
8.2.1.8 <i>Compensi professionali</i> .....	187
8.2.1.9 <i>Verifica dei limiti massimi di spesa</i> .....	189
8.2.1.10 <i>Cessione del credito e sconto in fattura</i> .....	191

8.2.1.11	<i>Lavorazioni ammesse</i> . . . . .	192
8.2.1.12	<i>Rispetto della legislazione complementare</i> . . . . .	193
8.3	Cronologia delle attività per interventi Ecobonus 110% . . . . .	199
8.3.1	Analisi delle singole attività . . . . .	200
8.3.1.1	<i>Studio di fattibilità/APE preliminare</i> . . . . .	200
8.3.1.2	<i>Progetto preliminare</i> . . . . .	207
8.3.1.3	<i>Progetto definitivo ed esecutivo</i> . . . . .	208
8.3.1.4	<i>Adempimenti prima dell'inizio dei lavori</i> . . . . .	209
8.3.1.5	<i>Esecuzione dei lavori</i> . . . . .	211
8.3.1.6	<i>Attività finali</i> . . . . .	212
8.4	Analisi di alcuni casi . . . . .	213
8.4.1	Edifici costruiti nel 1970 . . . . .	216
8.4.2	Edifici costruiti nel 1980 . . . . .	221
8.4.3	Edifici con requisiti energetici del 2010 . . . . .	221
Appendice A - Rischio incendio e interventi di riqualificazione energetica (a cura di <i>Diego Sartorello</i> ) . . . . .		228
Appendice B - Trasmittanza termica media e ponti termici (a cura di <i>Giuseppe Emmi</i> ) . . . . .		234
Appendice C - La ventilazione degli ambienti, tra comfort e salubrità (a cura di <i>Roberto Zecchin</i> ) . . . . .		246

#### NOTA PER IL DOWNLOAD

Il libro cartaceo è corredato di documenti integrativi dell'opera reperibili dal lettore nell'Area download collegata al volume, accessibile collegandosi all'indirizzo:

[www.legislazionetecnica.it/download](http://www.legislazionetecnica.it/download)

ed inserendo il codice riportato in seconda di copertina dopo aver effettuato l'accesso con le proprie credenziali (chi non ne fosse in possesso dovrà preventivamente effettuare la registrazione gratuita al sito).

All'interno del libro, i documenti in download riprodotti anche su carta sono contrassegnati dal simbolo



#### INDICE DOWNLOAD

- Raccolta dati per rilievo interventi di Ecobonus 110% di condominii (.DOC)
- Raccolta dati per rilievo interventi di Ecobonus 110% di unità unifamiliari (.DOC)
- Esempio di calcolo parcella Super-Ecobonus (.XLS)
- Esempio di impostazione parcella (.XLS)

## MICHELE SANFILIPPO

Laureato in ingegneria meccanica presso l'Università di Padova, progettista e consulente nel settore dell'efficienza energetica degli edifici, svolge la libera professione a Padova.

Ha insegnato in diversi corsi di formazione sull'efficienza energetica degli edifici organizzati da Ordini professionali degli Ingegneri e degli Architetti del Veneto.

Ha svolto attività seminariali per il corso di Aggiornamento Professionale in Fisica ed Energetica degli edifici presso il Dipartimento di Fisica Tecnica dell'Università di Padova.

È stato membro del comitato tecnico scientifico dell'AICARR per l'organizzazione dei convegni annuali di Padova, Bari e Catania.

Per Legislazione Tecnica ha anche pubblicato (con A. Muzzolon): *Manuale del Coordinatore della sicurezza*, 2021 (V edizione).

## Ringraziamenti

Un ringraziamento a tutti gli amici con i quali ho potuto discutere ed approfondire i diversi aspetti tecnici e legislativi.

Un ringraziamento particolare ai professori Roberto Zecchin e Michele De Carli (Università di Padova), all'architetto Francesco Bernardi, agli ingegneri Diego Sartorello, Luciano Benetti (docente di Impianti termotecnici all'ITIS Marconi di Padova) e Giuseppe Emmi (PhD), ai periti industriali Gianfranco Zago e Daniele Giacomini.

## PREFAZIONE ALLA IV EDIZIONE

---

Le novità del settore continuano a susseguirsi e tra esse primeggia in questo periodo il complicato sistema dell'Ecobonus e di tutte le detrazioni fiscali inerenti agli interventi di risparmio energetico. Sono ormai ben note le difficoltà che cittadini e progettisti incontrano a causa della complessità dell'interpretazione e della documentazione da presentare. Arriva pertanto molto opportunamente questa nuova edizione in cui i diversi aspetti della recente legislazione sono trattati in maniera sintetica ma esaustiva, anche con l'ausilio di alcuni esempi applicativi.

Prof. Ing. Roberto Zecchin  
Già ordinario di Impianti termotecnici  
Università di Padova



## INTRODUZIONE

---

La prima edizione di questo volume è stata stampata nel dicembre del 2013 ed era aggiornata alla legislazione vigente fino al mese precedente.

La seconda edizione teneva conto degli aggiornamenti legislativi e normativi dal dicembre 2013 a ottobre 2014 e cioè fino alla pubblicazione della Legge 3 agosto 2013, n. 90 che ha recepito la direttiva 2010/31/UE. In questo periodo è stato modificato il D.P.R. 16 aprile 2013, n. 75 (relativo ai requisiti dei certificatori energetici), la normativa tecnica ha subito significativi aggiornamenti con la pubblicazione il 2 ottobre 2014 delle nuove versioni di alcune norme della serie UNI 11300.

L'attuazione delle novità introdotte dalla Legge 90/2013 è avvenuta, tuttavia, solo a partire dal 1° ottobre 2015, data di entrata in vigore dei due decreti attuativi emanati dal Ministero dello sviluppo economico il 26 giugno 2015. Questi decreti definiscono: l'uno i nuovi requisiti minimi di prestazione energetica (e sostituisce il D.P.R. 2 aprile 2009, n. 59) e l'altro le nuove procedure per la certificazione energetica degli edifici. Per semplicità di lettura questi due decreti verranno di seguito indicati come: D.M. Requisiti minimi e D.M. Linee Guida APE.

Con la pubblicazione della Legge 90/2013 è iniziata una nuova fase legislativa che, in attuazione delle direttive comunitarie, si pone l'obiettivo di ridurre significativamente il consumo di fonti energetiche non rinnovabili degli edifici, con particolare attenzione a quelli esistenti. Come riportato all'art. 1 la finalità della legge è promuovere *“il miglioramento della prestazione energetica degli edifici tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni relative al clima degli ambienti interni e all'efficacia sotto il profilo dei costi”*.

L'efficacia sotto il profilo dei costi, come meglio sintetizzato in seguito, significa trovare le soluzioni più convenienti per raggiungere lo stesso risultato energetico.

La disposizione più importante è riportata all'art. 4-bis: *“A partire dal 31 dicembre 2018, gli edifici di nuova costruzione occupati da pubbliche amministrazioni e di proprietà di queste ultime, ivi compresi gli edifici scolastici, devono essere edifici a energia quasi zero. Dal 1° gennaio 2021 la predetta disposizione è estesa a tutti gli edifici di nuova costruzione”*.

Un edificio ad energia quasi zero è definito come: *“edificio ad altissima prestazione energetica, calcolata conformemente alle disposizioni del presente decreto, che rispetta i requisiti definiti al decreto di cui all’articolo 4, comma 1. Il fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo è coperto in misura significativa da energia da fonti rinnovabili, prodotta in situ”*.

Quindi l’approccio suggerito è quello di ridurre il fabbisogno di energia totale con misure di efficienza energetica e di ricorrere alle fonti rinnovabili per coprire quello residuo.

La Legge 90/2013 introduce il *“livello ottimale in funzione dei costi”* e *“l’edificio di riferimento”*.

Il primo concetto è inteso come *il livello di prestazione energetica che comporta il costo più basso durante il ciclo di vita economico stimato*.

Il costo da considerare è quello globale relativo agli aspetti energetici dell’edificio (isolamento termico, impianti, ecc.) ed è composto dalla spesa iniziale per la costruzione o la ristrutturazione, dai costi di esercizio e dai costi di smaltimento.

L’*edificio di riferimento* (o target) per un edificio sottoposto a verifica progettuale, diagnosi, o altra valutazione energetica è un *“edificio identico in termini di geometria (sagoma, volumi, superficie calpestabile, superfici degli elementi costruttivi e dei componenti), orientamento, ubicazione territoriale, destinazione d’uso e situazione al contorno, e avente caratteristiche termiche e parametri energetici predeterminati”*.

L’edificio di riferimento ed i nuovi metodi di calcolo della prestazione energetica sono stati definiti dal D.M. Requisiti minimi del 26 giugno 2015.

Tra i principi generali alla base del metodo di calcolo vanno evidenziati i seguenti:

- *il fabbisogno energetico annuale globale si calcola per singolo servizio energetico, espresso in energia primaria, su base mensile; con le stesse modalità si determina l’energia rinnovabile prodotta all’interno del confine del sistema;*
- *si opera la compensazione mensile tra i fabbisogni energetici e l’energia rinnovabile prodotta all’interno del confine del sistema, per vettore energetico e fino a copertura totale del corrispondente vettore energetico consumato.*

Per la prestazione energetica deve essere calcolata la quota fornita dalle fonti rinnovabili e quella derivante dalla fonti non rinnovabili. Quest’ultima è quella di riferimento per la classificazione energetica dell’edificio.

Secondo i criteri generali di calcolo non tutta l'energia prodotta da fonti rinnovabili contribuisce a migliorare la classe energetica, ma solo quella che rispetta i vincoli di cui sopra e precisati ora nel D.M. Requisiti minimi.

Realizzare un edificio che produce più energia di quanta ne consuma non è ritenuto valido dal punto di vista energetico. Ciò in quanto l'energia, se non serve per l'edificio stesso, si produce con maggiore efficienza con impianti destinati alla produzione di energia, che garantiscono, per diversi motivi, livelli maggiori di rendimento. Fissati questi paletti il progettista, per migliorare la classe energetica in relazione alla fattispecie, valuterà le migliori soluzioni tra interventi di efficienza energetica (per ridurre alla fonte i consumi non energetici ad un livello ottimale) e l'installazione di impianti alimentati da fonti rinnovabili per azzerare (o quasi) i consumi di combustibili fossili. Questa quarta edizione è stata integrata con riferimento alle novità introdotte al Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192 dal Decreto Legislativo 10 giugno 2020, n. 48 e dal Decreto-Legge 19 maggio 2020, n. 34 (c.d. "*Decreto rilancio*" convertito con modificazioni dalla Legge 17 luglio 2020, n. 77) che ha previsto la detrazione del 110% per alcuni interventi di risparmio energetico a certe condizioni.

Il D. Leg.vo 48/2020 ha recepito la direttiva 2018/844/UE. Tra gli aspetti di particolare rilievo vi è l'obiettivo di incentivare lo sviluppo della mobilità elettrica, prevedendo in alcuni casi di dotare gli edifici di infrastrutture di ricarica dei veicoli elettrici.

Il capitolo 1, dopo un richiamo sulla legislazione precedente, dalla quale derivano alcuni concetti tuttora validi, illustra il D. Leg.vo 192/2005 con le diverse modifiche apportate fino a quelle del D. Leg.vo 48/2020.

Il capitolo 2 e 3 illustrano sinteticamente il calcolo del fabbisogno energetico e della prestazione energetica secondo la normativa vigente.

Il capitolo 4 elenca per ogni tipologia di intervento (nuovi edifici, ristrutturazioni, ecc.), i requisiti minimi richiesti.

I capitoli 5 e 6 affrontano i temi della classificazione e certificazione energetica e, infine, il capitolo 7 è dedicato alla verifica dei risultati degli indicatori di efficienza energetica per alcuni casi studio nei quali vengono analizzati gli effetti di diverse soluzioni progettuali. Si passa quindi, nel capitolo 8, alla disamina della legislazione e degli adempimenti in materia di Ecobonus 110% con l'analisi di

casi pratici di due tipologie di edifici: un condominio e un'unità unifamiliare con diversi valori di S/V. Gli stessi edifici vengono analizzati per tre città con condizioni climatiche diverse e con riferimento a diverse tipologie dello stato di fatto.

#### *Abbreviazioni*

Decreto: Il D. Leg.vo 192/2005

DRM: D.M. 26/06/2015 "*D.M. Requisiti Minimi*"

DLG: D.M. 26/06/2015 "*Decreto Linee Guida APE*"

DRT: D.M. 26/06/2015 "*Decreto Relazioni Tecniche*"

DRE: D.M. 06/08/2020 "*Decreto Requisiti Ecobonus*"

DAS: D.M. 06/08/2020 "*Decreto Asseverazioni*"

NZEB: Edificio ad energia quasi zero

ACS: Acqua calda sanitaria



**Pagine non disponibili  
in anteprima**



**Tabella 3.1** - Dall'energia del sistema di generazione all'energia primaria

SERVIZIO CLIMATIZZAZIONE INVERNALE - PDC ARIA-ARIA + CALDAIA METANO - VALORI IN Kwh							
	1	2	3	4	5	6	7
Mese	Vettore energetico: metano	Vettore energetico: energia elettrica	Vettore energetico: energia termica da ambiente esterno	Energia elettrica non compensabile	Energia elettrica compensabile	Energia prodotta da FTV	Energia prodotta da FTV utile
NOV	0	140	594	0	140	195	140
DIC	80	450	1292	10	440	110	110
GEN	300	500	1300	50	450	100	100
FEB	70	380	1132	0	380	160	160
MAR	0	180	596	0	180	200	180
Totale	450	1650	4913	60	1590	765	690

SERVIZIO CLIMATIZZAZIONE INVERNALE - PDC ARIA-ARIA + CALDAIA METANO - VALORI IN Kwh							
	8	9	10	11	12	13	14
Mese	Energia prodotta da FTV per altri servizi (c6-c7)	Energia elettrica da rete (c2-c6 min=0)	Quota FER energia elettrica da rete (c9*0,47)	Quota NON FER energia elettrica da rete (c9*1,95)	Totale energia primaria FER (c3+c7+c10)	Totale energia primaria NON FER (c1+c11)	Totale energia primaria FER+NON FER (c12+c13)
NOV	55	0	0	0	734	0	734
DIC	0	340	160	663	1561	743	2304
GEN	0	400	188	780	1588	1080	2668
FEB	0	220	103	429	1396	499	1895
MAR	20	0	0	0	776	0	776
Totale	75	960	451	1872	6055	2322	8377

**Tabella 3.2** - Fattori di conversione in energia primaria di alcuni vettori energetici

Vettore energetico	$f_{P, nren}$	$f_{P, ren}$	$f_{P, tot}$
Metano	1,05	0	1,05
Energia elettrica da rete	1,95	0,47	2,42
Energia termica dall'ambiente esterno	0	1	1

Analizziamo le singole colonne della Tabella 3.1:

- in colonna 1 è riportato il fabbisogno di energia primaria del vettore energetico metano: tale valore è ottenuto moltiplicando per 1,05 (fattore di conversione del metano) il fabbisogno di metano della caldaia calcolato con le UNI 11300; trattandosi di combustibile fossile rappresenta già una quota dell'energia primaria *non rinnovabile*;
- la colonna 2 riporta il consumo di energia elettrica della pompa di calore e degli ausiliari dei sottosistemi dell'impianto; a partire da questo dato calcoleremo le quote di energia primaria rinnovabile e non rinnovabile detrando prima il contributo dell'impianto fotovoltaico ed applicando poi i coefficiente di cui alla Tabella 3.2.
- la colonna 3 riporta l'energia rinnovabile trasferita dalla pompa di calore dall'aria esterna all'ambiente interno; il metodo di calcolo è quello della UNITS 11300-4 e rappresenta già una quota dell'energia primaria rinnovabile;
- la colonna 4 riporta la quota non compensabile, con l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico, del fabbisogno di energia elettrica di cui alla colonna 2, perché per esempio assorbita dalla pompa di calore per resistenze di integrazione alla produzione di calore utile;
- la colonna 5 riporta invece l'energia elettrica compensabile come differenza tra la colonna 2 e la 4;
- la colonna 6 riporta la produzione totale di energia elettrica dell'impianto fotovoltaico calcolata con la UNI 11300-4;
- in colonna 7 è riportata l'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico utile ai fini della compensazione; per il mese di novembre per la fattispecie l'energia utile è di 140 kWh pari al massimo fabbisogno richiesto dall'impianto di riscaldamento, rimangono 55 kWh di energia elettrica che potranno essere utilizzati per compensare il fabbisogno elettrico di altri servizi energetici quali ad esempio l'acqua calda sanitaria se viene prodotta con la pompa di calore; per i mesi di dicembre, gennaio e febbraio tutta l'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico viene utilizzata per il servizio di climatizzazione invernale, per questi mesi quindi non rimane energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico per altri servizi energetici; per marzo vale quanto detto per novembre seppure con valori diversi;
- la colonna 8 riporta l'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico eventualmente in eccesso rispetto al fabbisogno di energia elettrica dell'impianto di riscaldamento e che, come già detto, può essere utilizzata per altri servizi energetici;
- la colonna 9 riporta l'energia elettrica richiesta alla rete, differenza tra le colonne 2 e 6; se la differenza è negativa si assume zero;
- a questo punto possiamo procedere per il calcolo delle componenti di energia primaria da fonti rinnovabili e non rinnovabili dell'energia elettrica da rete, applicando ai valori della colonna 9 i coefficienti di cui alla Tabella 3.2; il risultato è riportato nelle colonne 10 e 11 che contengono rispettivamente le quote di energia primaria rinnovabile e non rinnovabile attribuibili al fabbisogno di energia elettrica da rete;



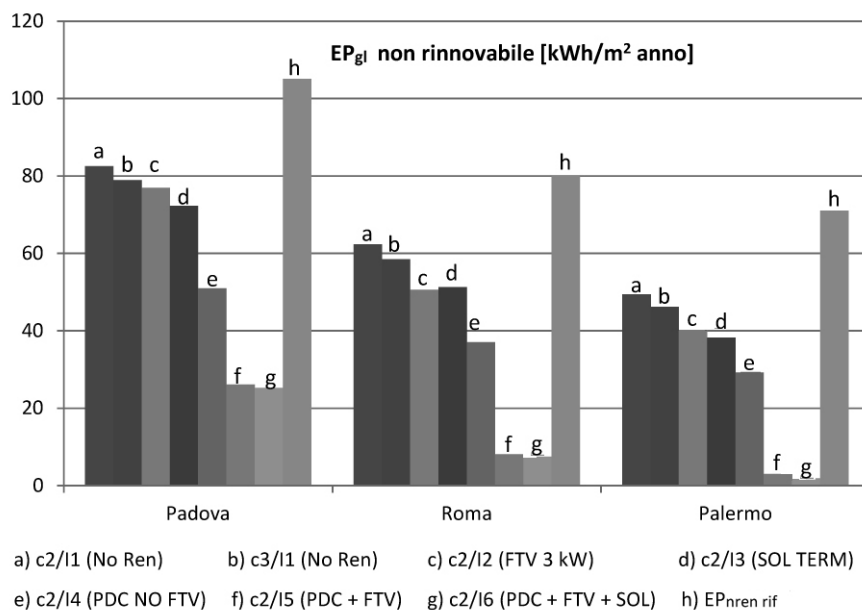
**Pagine non disponibili  
in anteprima**





### 7.2.2.7 Confronti di efficacia sul profilo energetico

La Figura 7.24 riporta il confronto tra i valori dell'indice  $EP_{nren}$  considerando gli edifici con fabbricato c2 e gli impianti da I1 a I6 nonché dell'edificio costituito dal fabbricato c3 (più isolato) e l'impianto I1. È riportato per ogni città anche il valore dell'indice di prestazione energetica non rinnovabile dell'edificio di riferimento standard utilizzato per la classificazione energetica.

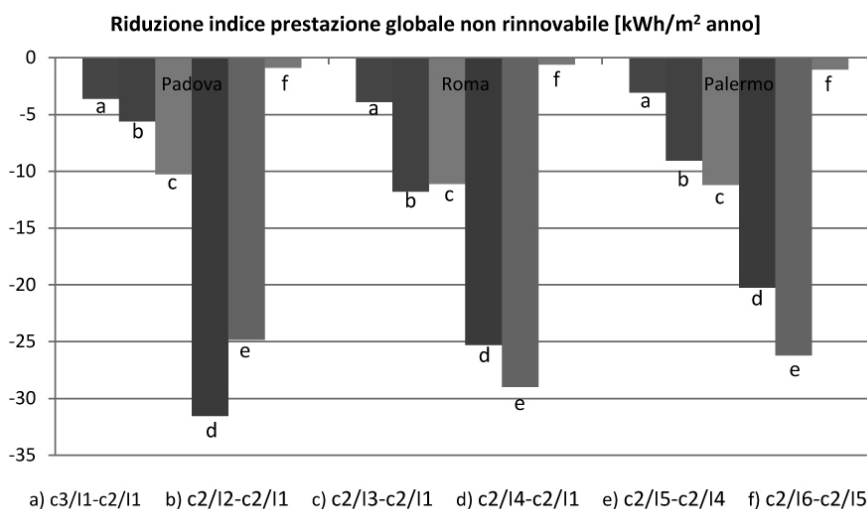


**Figura 7.24** - Confronto indici di prestazione energetica globale riferita all'energia non rinnovabile  $EP_{nren}$  [kWh/m<sup>2</sup>]

La Figura 7.25 riporta la riduzione di  $EP_{nren}$  dei diversi casi ivi indicati, le sigle in legenda sono del tipo cn/Im-cx/Ix dove cn/Im identifica lo stato dopo l'intervento, cx/Ix lo stato iniziale. Ad esempio c3/I1-c2/I1 è la riduzione di  $EP_{nren}$  passando dall'edificio con fabbricato c2 e impianto I1 all'edificio con fabbricato c3 e impianto I1. Si osserva quanto segue:

- la riduzione è poco significativa per tutte le città aumentando l'isolamento termico con il fabbricato c3 (c3/I1-c2/I1);
- l'installazione dell'impianto fotovoltaico abbinato alla caldaia comporta una riduzione poco significativa per Padova e maggiore per Roma e Palermo; ciò è dovuto al fatto che l'impianto fotovoltaico contribuisce, in questi casi, in pratica a ridurre solo la prestazione energetica estiva che è più importante nelle città più calde (c2/I2-c2/I1);

- l'impianto a collettori solari per la produzione di acqua calda sanitaria risulta molto più efficace per tutte le città rispetto all'aumento dell'isolamento termico delle pareti da c2 a c3; per Padova risulta molto più efficiente anche rispetto all'installazione dell'impianto fotovoltaico abbinato alla caldaia; il contributo è tanto maggiore quanto maggiore è la radiazione solare incidente ed è questo il motivo per cui la riduzione è maggiore per Palermo rispetto a Padova (c2/I3-c2/I1);
- le riduzioni più significative si hanno tuttavia con l'installazione della pompa di calore e con l'abbinamento a quest'ultima di un impianto fotovoltaico (c2/I4-c2/I1 e c2/I5-c2/I4);
- infine, come già segnalato, poco significativo ai fini della prestazione energetica è il contributo dell'impianto solare per la produzione di acqua calda sanitaria se abbinato alla pompa di calore (c2/I6-c2/I5).



**Figura 7.25** - Confronto riduzione indici di prestazione energetica riferita all'energia non rinnovabile  $EP_{nren}$

Come noto, il rapporto tra l'indice di prestazione energetica non rinnovabile dell'*edificio reale* e quello dell'*edificio di riferimento standard* determina la classe energetica dell'edificio. Tale rapporto e la relativa classe energetica sono riportati in Figura 7.26.

Si nota che non c'è differenza tra il fabbricato c2 e quello più isolato c3: oltre un certo livello, aumentare l'isolamento non dà un contributo significativo. Per Padova e per Roma i 4 casi senza pompa di calore (c2/I1, c3/I1, c2/I2, c2/I3) sono in classe A1. Per Palermo solo i due casi senza fonti rinnovabili (c2/I1,



**Pagine non disponibili  
in anteprima**



## 8.4 ANALISI DI ALCUNI CASI

Lo scopo di questo paragrafo è di analizzare l'efficacia di diversi interventi di efficientamento energetico ai fini della verifica del miglioramento della classe energetica.

La classe energetica tuttavia non rappresenta un indicatore oggettivo per la valutazione del miglioramento della prestazione energetica dell'edificio come lo è invece, anche se con le semplificazioni di un calcolo convenzionale, l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile  $EP_{gl,nren}$ . Il miglioramento di due classi dalla F alla D è sicuramente molto più efficace che migliorare di due classi dalla classe A1 alla A3, come si può verificare osservando la Tabella 5.1.

Per un edificio il cui edificio di riferimento ha un  $EP_{n-ren-rif\ std}$  pari a 100 kWh/m<sup>2</sup>anno, l'indice  $EP_{gl,nren}$  passando dalla classe F alla D si può ridurre anche di 150 kWh/m<sup>2</sup>anno, con il passaggio invece dalla classe A1 alla A3 l'indice si può ridurre al massimo di 60. Da notare infine che anche rimanendo in classe F si può ridurre l'indice di cui sopra fino a 90 kWh/m<sup>2</sup>anno.

Va anche precisato che la riduzione del fabbisogno di energia non rinnovabile, che si potrà osservare nell'analisi dei casi, è solo convenzionale; deriva dall'applicazione delle norme sulla classificazione energetica e di quelle per il calcolo del fabbisogno energetico che considerano condizioni d'uso standard non sempre rappresentative della realtà. La metodologia applicata, le convenzioni e le semplificazioni adottate, come già visto, possono portare a risultati che non trovano riscontro poi nella realtà delle diverse fattispecie. Per valutare l'effettiva efficacia degli interventi è necessario effettuare una diagnosi energetica, utilizzando tra l'altro fabbisogni e usi effettivi degli edifici analizzati.

Altro aspetto che andrebbe considerato è quello dell'efficienza. La scelta di interventi di riqualificazione con il solo scopo di migliorare quanto più facilmente la classe energetica dovrebbe considerare anche i costi globali, non solo quelli iniziali, che nel caso del Superbonus sono sostenuti interamente dallo Stato. Una valutazione complessiva potrebbe portare ad escludere la validità di certi interventi a favore di altri che, anche se meno contribuiscono al miglioramento della classe, darebbero un maggior contributo ambientale.

Come in parte fatto nell'analisi dei casi di cui al capitolo 7 analizzeremo un'unità unifamiliare considerandola con tre diversi fattori di forma S/V, considerando lo stesso fabbricato come un'unità isolata, un'unità di testa e un'unità centrale di un complesso plurifamiliare. Per semplicità le diverse unità unifamiliari verranno identificate con i seguenti codici:

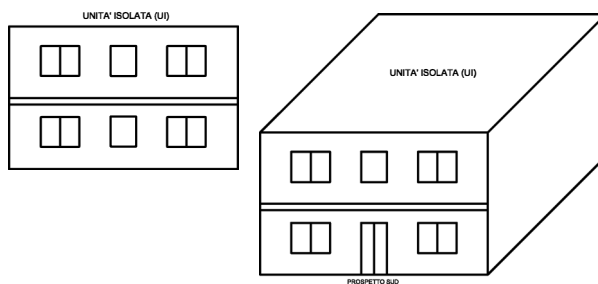
- UI: unità isolata;
- UT: unità di testa;
- UC: unità centrale.

Il fabbricato considerato è a due piani fuori terra con una superficie utile di 100 metri quadrati per piano e un volume lordo di circa 820 m<sup>3</sup>. Gli altri dati geometrici significativi sono riportati in Tabella 8.4.

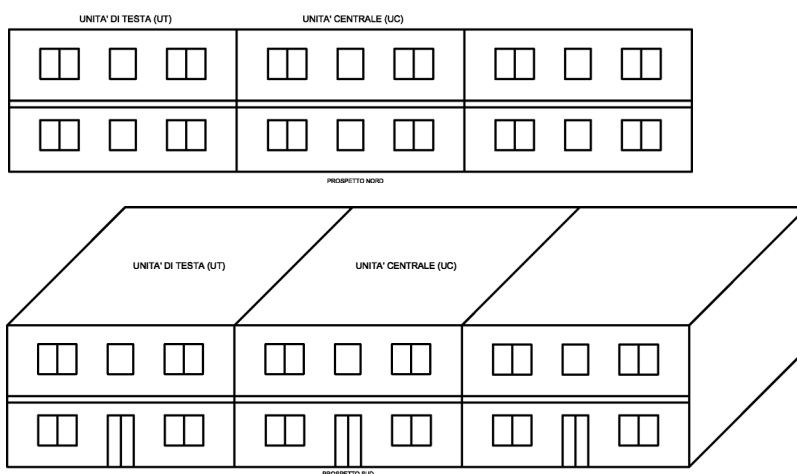
**Tabella 8.4** - Dati geometrici delle tre unità

Unità	Su Sup. utile [m <sup>2</sup> ]	Sd Sup. disperdente [m <sup>2</sup> ]	S/V	25% Sd
UI (isolata)	200	536	0,65	134
UT (di testa)	200	452	0,55	113
UC (centrale)	200	370	0,46	92

Si ritiene non ci siano ombreggiamenti esterni. Le tre unità sono rappresentate nelle Figure 8.1 e 8.2. La forma è molto schematica ed è stata scelta con l'obiettivo di prestarsi allo scopo delle analisi.



**Figura 8.1** - Unità isolata



**Figura 8.2** - Unità complesso plurifamiliare



**Pagine non disponibili  
in anteprima**



# APPENDICE A

## RISCHIO INCENDIO E INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA

A cura dell'Ing. Diego Sartorello

### PREMESSA

L'imperativo di conseguire sempre minori consumi di energia negli edifici può portare, in certe situazioni, ad effetti indesiderati e talvolta pericolosi sotto il profilo della sicurezza antincendio.

La riduzione dei consumi di energia non rinnovabile, a parità di altre condizioni, si può ottenere in tre modi:

- aumentando l'isolamento termico della superficie disperdente con l'utilizzo di materiali a più bassa conducibilità;
- riducendo l'immissione di aria esterna con il ricorso a serramenti sempre più impermeabili all'aria che comporta una sempre più spinta sigillatura dell'involucro;
- ricorrendo ad impianti sempre più efficienti e all'uso di impianti di produzione di energia rinnovabile integrati negli edifici, in particolare impianti fotovoltaici.

Di seguito vengono analizzate le conseguenze ai fini del rischio d'incendio che possono derivare dalle scelte sopra elencate.

### EFFETTI DELL'AUMENTO DELL'ISOLAMENTO TERMICO DELL'INVOLUCRO

È del tutto intuitivo che, aumentando l'isolamento termico dell'involucro, in caso d'incendio si producono:

- l'aumento della temperatura interna;
- la riduzione del tempo per raggiungere l'eventuale *flashover* (incendio generalizzato);
- l'aumento della intensità della radiazione delle superfici non protette (finestre) che comporta un maggiore possibilità di propagazione dell'incendio a eventuali edifici vicini, per i quali quindi si dovrebbe prevedere una maggiore distanziamento onde rispettare il criterio di mantenere il flusso termico specifico inferiore ad un determinato limite (12,6 kW/m<sup>2</sup>) oppure, in alternativa, ridurre la superficie vetrata; per edifici esistenti non è possibile né variare la distanza tra gli edifici e né ridurre la superficie vetrata con la conseguenza di un aumento del rischio d'incendio per gli edifici vicini a distanza non sufficiente<sup>1</sup>.

Gli isolanti, oltre ad essere caratterizzati da proprietà termiche, vengono classificati secondo la UNI EN 13501-1 in base alla reazione al fuoco, ossia alla loro capacità di partecipare alla combustione, valutata crescente secondo l'ordine alfabetico (da A a F).

A scopo di orientamento in Tabella A.1 vengono riportate le classi di reazione al fuoco di alcuni materiali.

---

<sup>1</sup> Le norme di prevenzione incendi fissano una distanza minima tra gli edifici al fine di evitare che l'incendio in uno di essi possa propagarsi all'altro. Questa distanza dipende da diversi fattori.



**Pagine non disponibili  
in anteprima**





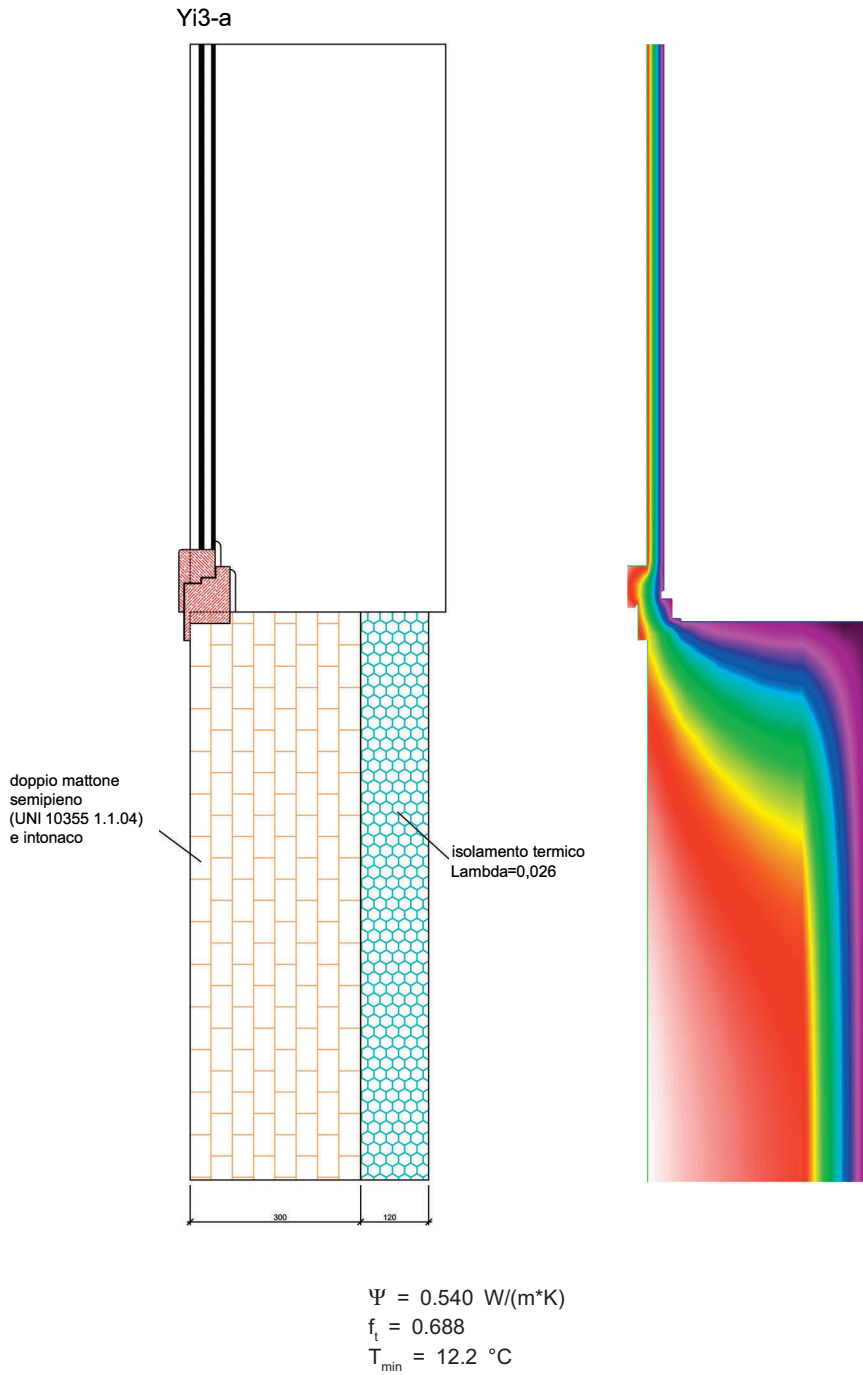


Figura 3 - Ponte termico spalletta foro finestra non isolata



**Pagine non disponibili  
in anteprima**



(una rete di condotti immette e una preleva l'aria nei diversi ambienti, filtrando l'aria immessa ed effettuando un recupero termico dall'aria espulsa all'aria di rinnovo). Il primo tipo è più semplice: i condotti si limitano a collegare i servizi e la cucina al ventilatore di estrazione e quest'ultimo all'esterno, per l'espulsione; i dispositivi di ingresso sono disposti sulle pareti perimetrali e possono essere autoregolanti (a portata costante) o igroregolabili (a portata variabile in funzione dell'umidità relativa interna, assunta anche come indicatore dell'affollamento e quindi dell'esigenza di rinnovo d'aria). Il secondo tipo richiede l'installazione di una centrale di ventilazione, usualmente nel controsoffitto di un vano secondario, e richiede uno sviluppo di condotti più rilevante: ha il pregio di consentire la deumidificazione dell'alloggio, se integrato con una batteria di scambio termico o un piccolo refrigeratore, nei casi in cui è previsto il raffrescamento estivo mediante pannelli radianti.

### I sistemi di ventilazione non canalizzati

Sono sistemi costituiti da unità indipendenti installate nei singoli ambienti (vengono per questo chiamati anche "*puntuali*"): in ogni stanza principale - soggiorno e camere - sono installati dispositivi unidirezionali, con filtrazione in immissione, o bidirezionali, con filtrazione in immissione e recupero termico dall'aria espulsa a quella di rinnovo, mentre estrazioni localizzate, o ulteriori unità, possono provvedere, secondo la soluzione adottata, all'estrazione dell'aria da cucina e servizi. Questi sistemi sono particolarmente indicati nel caso di ristrutturazioni, perché installati direttamente sulle pareti esterne o facilmente integrati nei serramenti in caso di loro sostituzione, evitano l'ingombro e le eventuali difficoltà di passaggio delle reti di condotti; ed evitano inoltre, o comunque riducono, la commistione di aria tra diversi ambienti, aspetto non secondario dal punto di vista dell'igiene ambientale, soprattutto in presenza di malattie contagiose. Un'altra tipologia (denominata "*puntuale a flusso alternato*"), apparsa più recentemente, è costituita da coppie di dispositivi - una coppia per ogni ambiente - dotati di ventilatore e di un piccolo accumulo termico rigenerativo che, funzionando alternativamente e sincronicamente in opposizione l'uno all'altro, immettono ed estraggono l'aria, attuando tramite l'accumulo il recupero termico dall'aria espulsa.

Per ulteriori dettagli sui vantaggi della ventilazione meccanica e sulle peculiarità dei diversi sistemi si rimanda all'articolo di V. Raisa, *Ventilazione meccanica in edilizia: le più frequenti domande dei progettisti*, in "AiCARR Journal", n. 66, febbraio 2021, pagg. 56-61.

## VENTILARE È BENE

A conclusione di questa breve nota si vuole sottolineare che la ventilazione può dare un contributo non irrilevante alla salubrità dell'ambiente confinato - abitazioni, luoghi di lavoro e svago o altro - ove trascorriamo mediamente più dell'80 per cento del nostro tempo, sia in relazione agli effetti a lungo termine degli inquinanti sopra citati, che alla diffusione di malattie contagiose e non solo nel caso della tragica pandemia Covid-19, ma da un punto di vista molto più generale: è da ricordare che ogni anno si possono attribuire in Italia migliaia di decessi all'influenza stagionale e alle sue complicanze. Questo concetto viene attualmente considerato con attenzione per quanto riguarda gli ambienti di lavoro, dove è anche ormai acquisita la relazione tra una buona ventilazione e la produttività, ma è opportuno che si diffonda rapidamente anche per l'edilizia residenziale, dove risulta estremamente incerta la possibilità di valutare la presenza di condizioni insalubri, oltre che poco confortevoli.