



Marco Filippi - Gianfranco Rizzo
Gianluca Scaccianoce

LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA PER L'EDILIZIA SOSTENIBILE

Efficienza, compatibilità ambientale, nuove tecnologie

[Scheda sul sito >](#)



- Strumenti normativi e incentivanti - Classificazione della qualità ambientale indoor ✓
- Fabbisogno energetico per garantire il comfort indoor - Tecnologie e strumenti ✓
- Compatibilità ambientale nella certificazione energetica ✓
- Strumenti per la certificazione ✓

Marco Filippi Gianfranco Rizzo Gianluca Scaccianoce

LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA PER L'EDILIZIA SOSTENIBILE

**Efficienza – Compatibilità ambientale
Nuove tecnologie**



Dario Flaccovio Editore

Marco Filippi Gianfranco Rizzo Gianluca Scaccianoce

LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA PER L'EDILIZIA SOSTENIBILE

Efficienza – Compatibilità ambientale – Nuove tecnologie

ISBN 978-88-579-0252-4

© 2014 by Dario Flaccovio Editore s.r.l. - tel. 0916700686

www.darioflaccovio.it info@darioflaccovio.it

Prima edizione: maggio 2014

Filippi, Marco <1944->

La certificazione energetica per l'edilizia sostenibile : efficienza, compatibilità ambientale, nuove tecnologie / Marco Filippi, Gianfranco Rizzo, Gianluca Scaccianoce. – Palermo : D. Flaccovio, 2014.

ISBN 978-88-579-0252-4

I. Edifici - Impianti termici - Risparmio energetico - Certificazione.

I. Rizzo, Gianfranco <1952->. II. Scaccianoce, Gianluca <1970->.

344.45046 CDD-22

SBN PAL0269286

CIP – Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

Stampa: Tipografia Priulla, Palermo, maggio 2014

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

Premessa

1. Strumenti normativi e incentivanti

1.1.	Certificazione energetica per l'edilizia sostenibile.....	»	15
	<i>di Marco Filippi e Gianfranco Rizzo</i>		
1.2.	Inquadramento normativo	»	21
	<i>di Ilaria Ballarini e Vincenzo Corrado</i>		
1.2.1.	Quadro legislativo	»	21
1.2.2.	Requisiti di prestazione energetica e metodologie di calcolo	»	23
1.2.3.	Certificazione energetica.....	»	25
1.2.4.	EPBD Recast.....	»	28
1.3.	Strumenti incentivanti per l'efficienza energetica in edilizia.....	»	29
	<i>di Luana Filogamo, Leonardo Lo Coco</i>		
1.3.1.	Premessa.....	»	29
1.3.2.	Titoli di efficienza energetica (D.M. 28/2012).....	»	31
1.3.2.1.	Caratteristiche generali	»	31
1.3.2.2.	Descrizione del meccanismo	»	32
1.3.2.3.	Soggetti ammessi al meccanismo	»	33
1.3.2.4.	Tipologia di interventi ammessi	»	34
1.3.2.5.	Cumulabilità	»	42
1.3.3.	Conto termico (D.M. 28/2012)	»	42
1.3.3.1.	Caratteristiche generali	»	42
1.3.3.2.	Descrizione del meccanismo	»	42
1.3.3.3.	Soggetti ammessi al finanziamento	»	43
1.3.3.4.	Tipologie di interventi	»	43
1.3.3.5.	Limiti incentivazione.....	»	44
1.3.3.6.	Cumulabilità con altre agevolazioni.....	»	45
1.3.4.	Detrazioni fiscali (Decreto Legge n. 63/2013 convertito nella Legge n. 90 del 3 agosto 2013).....	»	46
1.3.4.1.	Caratteristiche generali	»	46
1.3.4.2.	Descrizione del meccanismo	»	47
1.3.4.3.	Soggetti ammessi al finanziamento	»	48

1.3.4.4.	Tipologia di interventi	»	48
1.3.4.5.	Criticità	»	49
1.3.4.6.	Cumulabilità con altre agevolazioni.....	»	49

2. Classificazione della qualità ambientale *indoor*

2.1.	Classi di qualità termica <i>indoor</i> e valutazione in campo	»	51
	<i>di Stefano Paolo Corgnati e Roberta Ansaldo</i>		
2.1.1.	Standard EN 15251: aspetti generali.....	»	51
2.1.2.	Standard EN 15251: qualità termica <i>indoor</i>	»	53
2.1.3.	Valutazione in campo della qualità termica <i>indoor</i>	»	55
	2.1.3.1. Caratterizzazione dei locali da monitorare	»	55
	2.1.3.2. Strumenti di misura	»	56
	2.1.3.3. Protocollo di misura	»	56
2.1.4.	Procedura di valutazione.....	»	57
2.1.5.	Applicazione a un caso studio.....	»	60
	2.1.5.1. Diagnosi e classificazione dei locali rappresentativi.....	»	62
	2.1.5.2. Diagnosi e classificazione dell'intero edificio.....	»	66
2.1.6.	Commenti.....	»	69
2.1.7.	Bibliografia.....	»	70
2.2.	Proposta di un indice di classificazione del comfort <i>indoor</i>	»	70
	<i>di Concettina Marino, Antonino Nucara, Matilde Pietrafesa, Alfredo Pudano</i>		
2.2.1.	Introduzione	»	70
2.2.2.	Descrizione della metodologia.....	»	71
2.2.3.	Scelte preliminari	»	72
2.2.4.	Determinazione della qualità <i>indoor</i> dei singoli ambienti	»	72
2.2.5.	Determinazione della qualità <i>indoor</i> dell'edificio	»	75
2.2.6.	Attribuzione della classe di qualità ambientale <i>indoor</i>	»	76
2.2.7.	Applicazione della metodologia.....	»	77
2.2.8.	Conclusioni	»	81
2.2.9.	Bibliografia.....	»	81

3. Fabbisogno energetico per garantire il comfort *indoor*

3.1.	Fabbisogni e consumi degli edifici esistenti.....	»	83
	<i>di Stefano Paolo Corgnati e Luca Rollino</i>		
3.1.1.	Introduzione	»	83
3.1.2.	Allegato energetico-ambientale	»	86
3.1.3.	Censimento energetico per gli edifici di proprietà pubblica	»	87
3.1.4.	Censimento energetico per gli edifici di proprietà privata	»	88
3.1.5.	Metodologia mista di indagine: <i>asset rating + operational rating</i>	»	89
	3.1.5.1. Metodologia di indagine proposta.....	»	90
	3.1.5.2. Primo gruppo: edifici di proprietà dell'Unione Collina Torinese	»	92

3.1.5.2.1. Campione di edifici.....	»	92
3.1.5.2.2. Metodologia utilizzata e dati di output.....	»	94
3.1.5.3. Secondo gruppo: edifici di proprietà della Comunità Montana Bassa Valle Susa e Val Cenischia.....	»	97
3.1.5.3.1. Campione di edifici.....	»	97
3.1.5.3.2. Metodologia utilizzata e dati di output.....	»	97
3.1.6. DOCET e CENED: confronto fra due strumenti per la certificazione energetica di edifici esistenti.....	»	101
3.1.6.1. Campione di edifici.....	»	101
3.1.6.2. Strumento di calcolo.....	»	101
3.1.6.3. Analisi dei risultati.....	»	102
3.1.7. Conclusioni.....	»	107
3.1.8. Riferimenti bibliografici essenziali.....	»	108
3.2. Modelli di calcolo per la certificazione energetica a confronto: UNI/TS 11300 e CENED con riferimento al periodo estivo.....	»	110
<i>di Ilaria Ballarini, Alfonso Capozzoli e Vincenzo Corrado</i>		
3.2.1. Caratteristiche generali.....	»	110
3.2.1.1. Scambio termico per trasmissione.....	»	112
3.2.1.2. Scambio termico per ventilazione.....	»	114
3.2.1.3. Apporti termici interni.....	»	115
3.2.1.4. Apporti solari.....	»	116
3.2.1.5. Fattore di utilizzazione.....	»	118
3.2.1.6. Rendimenti impiantistici ed energia primaria.....	»	119
3.2.1.7. Caso studio.....	»	123
3.2.2. Riferimenti bibliografici.....	»	124
3.2.3. Nomenclatura.....	»	125
3.3. Modelli di calcolo per la certificazione energetica a confronto, con particolare riferimento al regime estivo.....	»	127
<i>di Concettina Marino, Antonino Nucara, Matilde Pietrafesa e Alfredo Pudano</i>		
3.3.1. Introduzione.....	»	127
3.3.2. Norma UNI EN ISO 13790.....	»	127
3.3.2.1. Metodo TNO.....	»	128
3.3.2.2. Metodo CSTB.....	»	129
3.3.3. Codice <i>Energy Plus</i>	»	131
3.3.4. Confronto tra i metodi di calcolo dell'energia termica.....	»	131
3.3.4.1. Modulo edilizio utilizzato per le simulazioni.....	»	132
3.3.4.2. Caratteristiche climatiche dei siti.....	»	132
3.3.4.3. Risultati delle simulazioni.....	»	133
3.3.5. Conclusioni.....	»	136
3.3.6. Bibliografia.....	»	137
3.4. Comportamento in transitorio termico dell'involucro edilizio: l'impiego di pareti leggere alla luce della normativa.....	»	138
<i>di Giuseppe Tuoni, Mario Ciampi, Fabio Fantozzi e Francesco Leccese</i>		
3.4.1. Introduzione.....	»	138
3.4.2. Pareti multistrato.....	»	138

3.4.3.	Parametri caratteristici	»	140
3.4.4.	Schematizzazione a parametri concentrati	»	142
3.4.5.	Normativa di riferimento	»	145
3.4.6.	Pareti a due componenti	»	146
3.4.7.	Esempi di pareti multistrato leggere a più componenti.....	»	148
3.4.8.	Conclusioni	»	151
3.4.9.	Bibliografia.....	»	152
3.5.	Calcolo delle prestazioni stagionali delle macchine frigorifere per la climatizzazione.....	»	153
	<i>di Luigi Schibuola</i>		
3.5.1.	Introduzione	»	153
3.5.2.	Indice SEER.....	»	154
3.5.3.	Limiti dell'indice SEER.....	»	157
3.5.4.	Norma UNI 11135.....	»	158
	3.5.4.1. Metodo di calcolo con procedure dinamiche.....	»	158
	3.5.4.2. Metodo di calcolo con procedure semplificate stazionarie...	»	158
	3.5.4.3. Calcolo finale del COP medio stagionale (COP _s).....	»	159
	3.5.4.4. Calcolo del coefficiente correttivo Y secondo UNI 10963...	»	160
3.5.5.	Calcolo del coefficiente Y partendo dai dati necessari per il SEER	»	162
3.5.6.	Conclusioni	»	168
3.5.7.	Nomenclatura.....	»	168
3.5.8.	Bibliografia.....	»	169
3.6.	Indici di prestazione energetica relativi alla ventilazione, alla produzione di acqua calda sanitaria e all'illuminazione degli edifici	»	169
	<i>di Giuseppe Tuoni, Fabio Fantozzi, Francesco Leccese e Giacomo Salvadori</i>		
3.6.1.	Introduzione	»	169
3.6.2.	Fabbisogno energetico per la ventilazione degli ambienti.....	»	170
3.6.3.	Indice prestazionale relativo al fabbisogno per ventilazione	»	172
3.6.4.	Fabbisogni energetici per la produzione di acqua calda sanitaria.....	»	173
3.6.5.	Indice prestazionale relativo al fabbisogno per la produzione di ACS	»	175
3.6.6.	Fabbisogni energetici per l'illuminazione artificiale.....	»	176
3.6.7.	Indice prestazionale relativo al fabbisogno per illuminazione.....	»	177
3.6.8.	Esempi di calcolo	»	178
	3.6.8.1. Valutazione degli indici prestazionali nel caso di uso residenziale	»	179
	3.6.8.2. Valutazione degli indici prestazionali nel caso di uso ufficio	»	180
3.6.9.	Considerazioni conclusive	»	183
3.6.10.	Riferimenti bibliografici.....	»	185
3.7.	Integrazione di luce naturale e artificiale e sua influenza sul fabbisogno energetico degli edifici	»	186
	<i>di Gianluca Scaccianoce, Emanuela Pulvirenti e Luana Filogamo</i>		
3.7.1.	Introduzione	»	186
3.7.2.	Incidenza dell'illuminazione artificiale sui consumi elettrici	»	186
3.7.3.	Norme per il calcolo del consumo energetico dell'illuminazione	»	187
3.7.4.	Tecniche per nuove realizzazioni e retrofitting di impianti esistenti....	»	188

3.7.5.	Efficienza luminosa di sorgenti luminose	»	192
3.7.6.	Alimentazione elettronica delle lampade fluorescenti	»	194
3.7.7.	Rendimento ottico degli apparecchi di illuminazione e fattore di utilizzo.....	»	195
3.7.8.	Integrazione tra luce naturale e artificiale negli uffici.....	»	196
3.7.9.	Schede di valutazione dei consumi energetici per illuminazione negli uffici	»	198
4. Nuove tecnologie e strumenti			
4.1.	Impianti innovativi ad alta efficienza per la climatizzazione.....	»	201
	<i>di Luigi Schibuola e Chiara Tambani</i>		
4.1.1.	Introduzione	»	201
4.1.2.	Recupero termico dalle macchine frigorifere.....	»	201
4.1.3.	Edificio intelligente per il controllo flessibile di ventilazione e umidità	»	207
4.1.4.	Impiego della pompa di calore nei cinema multisala.....	»	212
4.1.5.	Uso degli accumuli di freddo	»	214
4.1.6.	Conclusione.....	»	216
4.1.7.	Bibliografia.....	»	216
4.2.	Sistemi riscaldamento e raffrescamento radiante.....	»	217
	<i>di Stefano Paolo Corgnati e Luca Rollino</i>		
4.2.1.	Premessa.....	»	217
4.2.2.	Sistemi radianti e comfort interno.....	»	217
	4.2.2.1. Comfort termoigrometrico.....	»	218
	4.2.2.2. Qualità dell'aria	»	218
	4.2.2.3. Comfort acustico	»	218
4.2.3.	Resa dei sistemi radianti	»	219
4.2.4.	Tipologie di sistemi idronici radianti	»	220
	4.2.4.1. Pannelli radianti per il riscaldamento e il raffrescamento	»	221
	4.2.4.2. Serpentine isolate rispetto alle strutture dell'edificio	»	221
	4.2.4.3. Thermally active building systems (TABS, sistemi edificio termicamente attivi).....	»	221
4.2.5.	Conclusioni	»	223
4.2.6.	Riferimenti bibliografici.....	»	223
4.2.7.	Bibliografia approfondita	»	223
4.3.	Vetrate innovative per il risparmio energetico	»	224
	<i>di Concettina Marino, Antonino Nucara, Matilde Pietrafesa e Alfredo Pudano</i>		
4.3.1.	Introduzione	»	224
4.3.2.	Sistemi vetriati a trasmissione solare variabile	»	226
	4.3.2.1. Materiali elettrocromici	»	227
	4.3.2.2. Sistemi vetriati elettrocromici.....	»	228
	4.3.2.3. Requisiti di una finestra dotata di vetri elettrocromici	»	229
4.3.3.	Analisi degli effetti prodotti dall'uso di sistemi elettro-cromici: un caso studio.....	»	230
	4.3.3.1. Metodologia di analisi	»	230

4.3.3.2.	Edificio analizzato	»	232
4.3.3.3.	Caratteristiche delle vetrate elettrocromiche	»	234
4.3.4.	Risultati	»	236
4.3.5.	Conclusioni	»	239
4.3.6.	Bibliografia.....	»	240
4.4.	Raffrescamento passivo degli edifici: facciate e coperture ventilate	»	241
	<i>di Giuseppe Tuoni, Mario Ciampi, Francesco Leccese e Giacomo Salvadori</i>		
4.4.1.	Introduzione	»	241
4.4.2.	Facciate e coperture ventilate. Aspetti normativi.....	»	242
4.4.3.	Risparmio percentuale.....	»	243
4.4.4.	Flusso di aria nell'intercapedine	»	245
4.4.5.	Condizioni non stazionarie.....	»	246
4.4.6.	Esempi di facciate e coperture ventilate	»	247
4.4.7.	Risultati dei calcoli.....	»	249
4.4.8.	Comportamento in condizioni non stazionarie della facciata P2 e della copertura C2.....	»	253
4.4.9.	Considerazioni conclusive	»	255
4.4.10.	Bibliografia.....	»	256
4.5.	Integrazione architettonica degli impianti solari negli edifici.....	»	257
	<i>di Luigi Schibuola</i>		
4.5.1.	Introduzione	»	257
4.5.2.	Integrazione architettonica.....	»	257
4.5.3.	Radiazione solare disponibile sul piano del collettore.....	»	259
4.5.4.	Meccanismi di assorbimento di un collettore piano.....	»	261
4.5.5.	Valutazione delle prestazioni con il metodo della carta <i>f</i>	»	266
4.5.6.	Conclusioni	»	267
4.5.7.	Bibliografia.....	»	268
4.6.	Materiali naturali in edilizia: analisi sperimentali e primi risultati	»	268
	<i>di Salvatore Benfratello, Cinzia Capitano, Patrizia Ferrante, Maria La Gennusa, Giancarlo Sorrentino</i>		
4.6.1.	Materiali naturali in edilizia.....	»	268
4.6.2.	Un laboratorio per gli ambienti <i>indoor</i> e le tecnologie sostenibili	»	272
	4.6.2.1. Struttura del laboratorio	»	273
4.6.3.	Proprietà termiche di un biocomposito di calce-canapa	»	275
	4.6.3.1. Pannelli in fibra di canapa	»	276
	4.6.3.2. Biocomposito di calce-canapulo.....	»	278
	4.6.3.3. Risultati delle prove strutturali	»	281
4.6.4.	Analisi dei risultati	»	284
4.6.5.	Conclusioni	»	285
4.6.6.	Bibliografia.....	»	286
4.7.	Rassegna dei metodi di calcolo per la modellazione termica di coperture a verde.....	»	287
	<i>di Giorgia Peri, Giancarlo Sorrentino e Donato Di Stefano</i>		
4.7.1.	Introduzione	»	287
4.7.2.	Coperture a verde: tipologie e componenti.....	»	288

4.7.3.	Cenni sulla termofisica delle coperture a verde	» 290
4.7.4.	Rassegna di significativi modelli di calcolo per l'analisi termica delle coperture a verde	» 292
4.7.4.1.	Modelli a 3 componenti di calcolo	» 293
4.7.4.1.1.	Approccio di Palomo Del Barrio	» 293
4.7.4.1.2.	Approccio di Alexandri e Jones	» 295
4.7.4.2.	Modelli a 2 componenti di calcolo	» 298
4.7.4.2.1.	Approccio di Lazzarin et al.	» 298
4.7.4.2.2.	Approccio di Sailor	» 300
4.7.5.	Conclusioni	» 302
4.7.6.	Riferimenti bibliografici	» 302
4.8.	Dati climatici per gli edifici sostenibili	» 304
	<i>di Maria La Gennusa, Gianluca Scaccianoce e Giancarlo Sorrentino</i>	
4.8.1.	Introduzione	» 304
4.8.2.	Premessa sui dati meteorologici	» 304
4.8.3.	Banche dati disponibili sui dati climatici	» 305
4.8.3.1.	Norma nazionale UNI 10349, Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici	» 305
4.8.3.2.	Aeronautica Militare	» 306
4.8.3.3.	UCEA	» 306
4.8.3.4.	Atlas di radiazione solare	» 307
4.8.3.5.	Rete IDMP	» 308
4.8.3.6.	Meteonorm	» 309
4.8.3.7.	Dati da satellite	» 310
4.8.4.	Metodologie di calcolo dell'anno tipo	» 311
4.8.4.1.	Normativa UNI EN ISO 15927-4	» 311
4.8.4.2.	Metodo di Hall et al.	» 312
4.8.4.3.	Metodo di Dogniaux	» 313
4.8.5.	Anno tipo di Palermo	» 313
4.8.6.	Confronto dei consumi energetici di un edificio sollecitato con diversi TRY	» 314
4.8.7.	Cenni sull'utilizzo dei dati climatici per applicazioni energetiche	» 317
4.8.7.1.	Calcolo della temperatura dell'aria oraria in ambiente esterno	» 317
4.8.7.2.	Calcolo della temperatura del terreno	» 319
4.8.7.3.	Stima della produzione di energia elettrica di un impianto fotovoltaico	» 319
4.8.8.	Riferimenti bibliografici	» 322

5. Compatibilità ambientale nella certificazione energetica

5.1.	Marchi di eccellenza ambientale: la trasferibilità agli edifici del marchio Eco-label per le strutture turistiche	» 325
	<i>di Giorgia Peri, Gianfranco Rizzo e Patrizia Ferrante</i>	

5.1.1.	Introduzione	»	325
5.1.2.	Adozione dei criteri dello schema Eco-label EU per il servizio turistico.....	»	327
5.1.3.	Proposta di un semplice schema di assegnazione di un punteggio	»	332
5.1.4.	Conclusioni	»	334
5.1.5.	Riferimenti bibliografici.....	»	334
5.2.	Life Cycle Sustainability Assessment al comparto edilizio. Teoria e applicazioni pratiche	»	335
	<i>di Marzia Traverso, Giorgia Peri, Cinzia Capitano, Matthias Finkbeiner e Gianfranco Rizzo</i>		
5.2.1.	Introduzione	»	335
5.2.2.	Life Cycle Sustainability Assessment: metodologia e criteri.....	»	336
5.2.3.	Life Cycle Assessment di un prodotto: applicazione al settore edile...	»	337
5.2.4.	Life Cycle Costing: metodologia, criteri ed eventuali applicazioni al settore edile	»	340
5.2.5.	Social Life Cycle Assessment: metodologia, potenzialità e limiti.....	»	344
5.2.6.	LCSA applicata al comparto edilizio. Fase di interpretazione dei risultati.....	»	347
5.2.7.	Bibliografia.....	»	349

6. Strumenti per la certificazione

6.1.	Esperienze locali di autovalutazione energetica.....	»	353
	<i>di Luigi Schibuola</i>		
6.1.1.	Introduzione	»	353
6.1.2.	Metodologia di calcolo pragmatica.....	»	354
6.1.3.	Edifici esistenti: una metodologia estimativa.....	»	355
6.1.4.	Confronto tra metodo pragmatico ed estimativo: casi studio	»	357
6.1.5.	Conclusioni	»	363
6.1.6.	Riferimenti bibliografici.....	»	364
6.2.	Schema procedurale per l'applicazione della <i>recast</i>	»	364
	<i>di Vincenzo Corrado e Simona Paduos</i>		
6.2.1.	Introduzione	»	364
6.2.2.	Schema procedurale per la qualificazione e la certificazione energetica degli edifici	»	366
6.2.3.	Schema procedurale per la classificazione energetica degli edifici secondo i diversi schemi di certificazione.....	»	381
6.2.4.	Web application per la raccolta e l'elaborazione dei dati energetici degli edifici.....	»	385
6.3.	Venice class. Procedura semplificata di classificazione energetica di edifici residenziali (vers. 1.32). Manuale d'uso	»	387

Premessa

Questo volume è l'ideale prosecuzione di un precedente libro, edito dalla stessa casa editrice (*Certificazione energetica e verifica ambientale degli edifici*, a cura di Marco Filippi e Gianfranco Rizzo – Dario Flaccovio Editore, 2007), che raccoglieva le risultanze di una ricerca interuniversitaria (PRIN) finalizzata all'individuazione di strumenti e metodi per la valutazione delle prestazioni energetiche e ambientali degli edifici.

Da allora, nonostante un cospicuo corpus di direttive, normative e linee-guida, sia a livello nazionale che comunitario europeo, il tema dell'analisi dell'impiego delle nuove tecnologie nell'edilizia per individuarne le reali potenzialità in termini di incremento dell'efficienza energetica e di diminuzione dell'impatto esercitato dagli edifici sull'ambiente e sulle risorse rimane sostanzialmente aperto.

Non a caso, un altro studio di rilevante interesse nazionale (PRIN 2008-2010), coordinato dall'Università di Palermo e con la partecipazione delle università di Torino, Venezia, Pisa e Reggio Calabria, ha approfondito e allargato questa tematica, alla ricerca delle compatibilità ambientali delle nuove tecnologie per l'edilizia. Le ricerche, coordinate dai professori Gianfranco Rizzo (Università degli Studi di Palermo – Coordinatore nazionale), Vincenzo Corrado (Politecnico di Torino), Luigi Schibuola (Università IUAV di Venezia), Giuseppe Tuoni (Università di Pisa) e Matilde Pietrafesa (Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria), sono adesso sintetizzate e raccolte nel presente volume, nel quale il tema centrale è la possibilità di certificare le prestazioni energetiche non di una generica edilizia ma di un'edilizia sostenibile.

Si tratta di un'ulteriore affascinante sfida che contempla quattro temi principali: la classificazione della qualità ambientale *indoor* nell'ambito del nuovo panorama normativo e di standard per il comfort; i consumi energetici richiesti per garantire il corretto livello di comfort per gli occupanti, con riferimento ai modelli di simulazione in grado di analizzare il comportamento termico degli edifici in regime estivo, anche alla luce della recente UNI TS 11300 e agli indici di prestazione energetica per la ventilazione, l'illuminazione e la produzione di acqua calda sanitaria; l'analisi delle nuove tecnologie oggi disponibili per un'edilizia sostenibile, sia con riferimento agli impianti ad alta efficienza (le pompe di calore, principalmente), ai sistemi di raffrescamento e riscaldamento a effetto radiante, alle facciate ventilate, alle coperture a verde, all'utilizzo di materiali naturali per l'involucro edilizia; la compatibilità ambientale nel processo di certificazione, anche con riferimento al proponendo marchio Ecolabel per gli edifici, agli strumenti per la certificazione e l'autovalutazione di edifici così complessi.

Inoltre, in apertura di volume, dopo una rassegna del quadro legislativo vigente, viene

proposta un'analisi approfondita degli strumenti incentivanti oggi disponibili per l'efficienza energetica in edilizia, dai titoli di efficienza energetica (TEE), al *Conto termico* (D.M. 28 dicembre 2012), alle nuove detrazioni fiscali introdotte dal D.Lgs. n. 63 del 4 giugno 2013, convertito in legge dalla n. 90 del 3 agosto 2013.

Marco Filippi
Gianfranco Rizzo
Gianluca Scaccianoce

1. Strumenti normativi e incentivanti

1.1. Certificazione energetica per l'edilizia sostenibile

di Marco Filippi e Gianfranco Rizzo

La definizione più accreditata di *sostenibilità* è quella contenuta nel rapporto prodotto dalla Commissione sullo Sviluppo e l'Ambiente (World Commission on Environment and Development), presieduta dalla norvegese Gro Harlem Brundtland, dal titolo *Our Common Future: lo sviluppo che è in grado di soddisfare i bisogni della generazione presente, senza compromettere la possibilità che le generazioni future riescano a soddisfare i propri*. Tale rapporto fu presentato in occasione della Conferenza ONU per l'ambiente e lo sviluppo a Tokyo nel 1987.

Il concetto di sostenibilità è oggi richiamato in ogni settore dell'economia, della sociologia, dell'architettura e dell'ingegneria, tanto frequentemente da risultare talvolta svuotato di contenuti. La sostenibilità fornisce un valore aggiunto a un qualunque prodotto, a un servizio o a un'idea ed è diventata uno slogan di sicuro impatto per la crescente sensibilità di un vasto insieme di committenti, imprese, utenti. Proprio per questo occorre porre molta attenzione nel valutare se alle dichiarazioni di intenti corrisponda o meno una concreta realtà.

Nel settore dell'ambiente costruito si può datare l'applicazione del concetto di sviluppo sostenibile, almeno per quanto riguarda l'Unione Europea, alla seconda metà degli anni '90 del secolo scorso, quando, dopo le importanti conferenze di Aalborg del 1994 (*First Sustainable Cities European Conference*) e di Istanbul del 1996 (*Second United Nations Conference on Human Settlements*). Con il Trattato di Amsterdam del 1997 si integrarono i criteri di Maastricht (1992) con gli obiettivi dello sviluppo sostenibile: la gestione delle risorse naturali, il controllo integrato dell'inquinamento, la prevenzione della creazione dei rifiuti, la riduzione dei consumi di energie non rinnovabili, una migliore gestione della mobilità, il miglioramento della qualità dell'ambiente urbano, il miglioramento della sanità pubblica e della sicurezza.

Nello specifico dell'edilizia, affinché un edificio sia sostenibile, il fatto che esso sia stato progettato secondo certi principi generali di sostenibilità è condizione necessaria ma non sufficiente. Concorrono infatti al raggiungimento di un determinato livello di sostenibilità, oltre alle strategie progettuali adottate, la qualità dei materiali, la perizia nella realizzazione, un'attenta manutenzione ordinaria e straordinaria e una gestione responsabile.

Negli anni '90, rispondendo alle sollecitazioni culturali, politiche e di mercato, le filiere professionali e imprenditoriali del mercato dell'edilizia dedicarono progressivamente sempre maggiore attenzione alla costruzione sostenibile e si fece strada la convinzione

che occorre darsi delle regole per valutare oggettivamente le strategie progettuali e le scelte inerenti materiali e tecnologie. Ai fini di garantire il raggiungimento di determinati livelli di sostenibilità vennero individuati indici rappresentativi del contenimento dell'uso di risorse naturali, dell'efficienza idrica, della riduzione dei consumi energetici, dello sfruttamento delle fonti energetiche rinnovabili, della qualità degli ambienti interni.

In questo contesto nacquero i protocolli di certificazione della sostenibilità di una costruzione attualmente più diffusi, come il britannico BREEAM (*BRE Environmental Assessment Method*) sviluppato dal BRE (British Research Establishment) e lo statunitense LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) sviluppato da USGBC (United States Green Building Council), che propongono requisiti di riferimento e metodi e strumenti di valutazione.

La valutazione considera il sito in cui è ubicato l'edificio (il recupero di un'ex area industriale è più sostenibile che l'utilizzo di un'area vergine), gli aspetti urbanistici (quali la densità edilizia, la vicinanza dei servizi e la disponibilità di trasporti pubblici o privati a basso impatto ambientale), gli aspetti ambientali a scala urbana (quali l'impatto sull'ambiente circostante), il controllo delle acque meteoriche e il contenimento dell'inquinamento termico e luminoso.

Per quanto riguarda le strategie progettuali e le soluzioni tecnologiche appropriate, l'attenzione viene posta sulla gestione delle acque (riduzione dei consumi di acqua e recupero delle acque meteoriche e di scarico) e sull'uso di materiali che minimizzano l'uso delle risorse naturali (riutilizzo dei materiali da demolizioni e impiego di materiali riciclati e di materiali regionali, gestione dei rifiuti da costruzione), e, soprattutto, sul comfort ambientale (qualità dell'aria, comfort termico, acustico e visivo) e sulla gestione dell'energia (ottimizzazione delle prestazioni energetiche e sfruttamento delle fonti energetiche rinnovabili disponibili *in loco*). La sostenibilità energetica e il comfort ambientale pesano complessivamente sul livello di punteggio acquisibile per ottenere un determinato livello di sostenibilità in misura variabile fra 40 e 50 punti su 100.

Per ottenere il massimo livello di sostenibilità compatibile con le condizioni al contorno tecniche ed economiche poste dalla committenza, i suddetti protocolli impongono che si siedano al tavolo della progettazione, oltre alle tradizionali figure dell'architetto, dell'ingegnere strutturista e dei progettisti di impianti (meccanici ed elettrici), le figure che hanno competenze in tema di energia, materiali e modalità di gestione dell'edificio (*facility management*). In particolare il consulente energetico-ambientale interviene nel progettare l'involucro edilizio in termini fisico tecnici (valutando i parametri termici dinamici dei componenti opachi e trasparenti e le loro prestazioni illuminotecniche e di protezione solare), nel valutare il contributo energetico di strategie di riscaldamento e raffrescamento passivo e di ventilazione naturale e ibrida, nel simulare il comportamento energetico dinamico, su base annuale, del sistema edificio-impianto e nel consigliare le strategie di contenimento dei consumi energetici, nel verificare le condizioni di comfort, termico, acustico e visivo, e di qualità dell'aria che si avranno negli ambienti interni.

In particolare si richiede che il progettista effettui un'analisi energetica sviluppata attraverso simulazioni dinamiche con passo temporale orario e un confronto fra le prestazioni energetiche dell'edificio in progetto e quelle di uno standard o di un edificio di riferimento (*baseline*), considerando nel dettaglio i fabbisogni energetici per climatizzazione invernale ed estiva, i consumi energetici per la movimentazione dei fluidi termovettori,

le efficienze medie stagionali della centrale termofrigorifera, il fabbisogno energetico per produzione di acqua calda sanitaria, forza motrice, illuminazione artificiale, la produzione di energia da fonti rinnovabili *in loco*.

In Europa gli edifici sono responsabili del 40% del consumo globale di energia e, anche se la crisi economica generalizzata ne ha ridotto i tassi di crescita, il settore edilizio è tuttora in espansione e quindi i consumi energetici degli edifici sono destinati ad aumentare in valore assoluto.

Le riserve mondiali di fonti energetiche non rinnovabili (cioè quella parte delle risorse che, alla luce delle conoscenze geologiche e ingegneristiche correnti, si ritiene di poter convenientemente sfruttare nelle condizioni tecnico-economiche attuali) sono limitate e il numero di anni di permanenza di tali riserve al tasso di sfruttamento attuale è molto basso (petrolio 40 anni, gas naturale 65 anni, carbone 155 anni).

Quindi, in un'ottica di sostenibilità e considerato che gli edifici, non essendo soggetti a una frequente riqualificazione, finiscono per condizionare a lungo termine gli effetti di qualsiasi politica di contenimento dell'uso delle risorse energetiche di origine fossile, non vi è altra scelta che intervenire per ridurre drasticamente i consumi energetici del patrimonio edilizio esistente.

Con la duplice finalità di perseguire uno sviluppo sostenibile e di ridurre la dipendenza energetica da altri Paesi, i capisaldi della politica europea in campo edilizio sono dunque, oltre alla poco influente, se pur irrinunciabile, diminuzione dei consumi energetici degli edifici di nuova costruzione:

- il contenimento della domanda energetica degli edifici esistenti attraverso il miglioramento della loro prestazione energetica;
- la sostituzione dei combustibili fossili con fonti energetiche rinnovabili.

Sia la riduzione del consumo energetico che il maggior utilizzo di energia da fonti rinnovabili rappresentano poi strumenti importanti per garantire la sicurezza dell'approvvigionamento energetico, promuovere lo sviluppo tecnologico e creare posti di lavoro e sviluppo regionale.

In tema di interventi di contenimento della domanda energetica del patrimonio edilizio esistente in Italia, così come in altri Paesi europei, sono presenti leggi nazionali e dispositivi integrativi a carattere regionale che comportano che gli edifici soggetti a una ristrutturazione importante siano assoggettati a requisiti minimi di prestazione energetica stabiliti in funzione della zona climatica in cui sono collocati e siano obbligati a impiegare, per una quota del loro approvvigionamento energetico, fonti energetiche rinnovabili.

Per il patrimonio edilizio diffuso non soggetto a lavori di ristrutturazione importanti, l'Unione Europea ha puntato sulla certificazione energetica, una procedura in base alla quale ai potenziali acquirenti e locatari di un'unità immobiliare devono essere dichiarati, e in un formale attestato devono essere riportati i dati sulla prestazione energetica – per climatizzazione invernale ed estiva, produzione acqua calda sanitaria, ventilazione, illuminazione – dell'edificio/unità immobiliare e i consigli pratici per migliorare tale prestazione.

L'idea, del tutto condivisibile, fu quella di dare evidenza, fra le caratteristiche che determinano il prezzo di acquisto o di locazione di un'unità immobiliare, al costo connesso con la gestione energetica, stimolando così il mercato immobiliare ad attivarsi per diffondere la pratica della riqualificazione energetica in un'ottica di sostenibilità.

Sulla carta la certificazione energetica sembrava essere l'azione maggiormente incisiva per raggiungere a breve termine significativi risultati su scala nazionale, soprattutto nel settore dell'edilizia residenziale, ma errori strategici e tattici ne hanno fortemente ridotto il potenziale.

Sul piano strategico si è certamente sovrastimato il tasso di interventi finalizzati alla riqualificazione energetica conseguenti alle pratiche di certificazione. Non sembra infatti che colui che acquista un edificio/unità immobiliare dia grande importanza al costo di gestione energetica, per lo meno in termini relativi rispetto agli altri fattori che lo inducono all'acquisto. In sostanza, anche se ancora non si hanno dati statistici che lo dimostrino, è opinione comune che la certificazione energetica non abbia finora modificato le logiche del mercato immobiliare.

Sul piano tattico va detto che, così come praticata in Italia, la procedura della certificazione energetica non ha molta efficacia, in quanto viene interpretata da chi ne è soggetto come un'ennesima procedura burocratica e permane una notevole confusione fra il "consumo energetico certificato", cioè quello che è dichiarato sul certificato energetico (relativo ai fabbisogni connessi con un uso standard dell'edificio), e il "consumo energetico reale", cioè quello che corrisponde all'effettivo esercizio dell'immobile.

Peraltro si è iniziato male, con la delega alle Regioni non solo della gestione ma anche dell'impostazione della stessa procedura di certificazione, creando così grande confusione e incomprensibili disuniformità di comportamento fra una Regione e l'altra. Si è poi continuato peggio, consentendo a chiunque, cioè anche ai professionisti non qualificati in termini di titolo professionale, di certificare il consumo energetico di un edificio, e anche pretendendo di qualificare diversamente il singolo professionista in base alla Regione in cui egli deve operare.

In questo contesto non vi è dubbio che, per ottenere una significativa riduzione dei consumi energetici del patrimonio edilizio esistente, occorre andare oltre la certificazione energetica e immaginare interventi più incisivi.

Sugli interventi integrativi della certificazione energetica si sta lavorando sia sul piano della ricerca scientifica, al fine di determinare e condizionare i fattori influenzanti i consumi energetici degli edifici, che sul piano della creazione di nuovi prodotti e servizi che, più vicini alle esigenze degli utilizzatori finali, li guidino in un percorso virtuoso di contenimento dei consumi caratterizzato dalla certezza sui costi da affrontare e sui risultati conseguibili.

Il *Research Strategic Plan 2010-2015* di ASHRAE (American Society of Heating Refrigerating Air Conditioning Engineers), *Navigation for a Sustainable Future*, riporta infatti come primo obiettivo di ricerca per i prossimi anni la massimizzazione della prestazione energetica reale degli edifici e degli impianti al loro servizio attraverso una maggiore comprensione dei fattori tecnici, economici, istituzionali e umani che contribuiscono a creare la divergenza fra consumi energetici calcolati e consumi energetici reali, essendo i secondi spesso maggiori dei primi, pur in presenza di condizioni interne peggiori di quelle attese.

I fattori che ASHRAE identifica come critici per gli edifici esistenti sono:

- la mancanza di conoscenza sugli usi dell'energia da parte dei proprietari di immobili, dei gestori e degli operatori;

- la mancanza di conoscenza sui parametri che possono influire sulla prestazione energetica dell'edificio senza peggiorarne la funzionalità;
- l'assenza di adeguati valori di riferimento (*benchmark*) per i diversi usi finali dell'energia;
- la priorità data a interventi di contenimento dei consumi di durata limitata nel tempo piuttosto che a interventi con benefici a lungo termine;
- la difficoltà di controllo dell'operato del gestore degli impianti da parte del proprietario dell'immobile;
- la carenza di strumenti diagnostici di facile e intuitivo impiego atti a facilitare l'individuazione delle criticità;
- il basso profilo formativo e le grossolane modalità operative dei gestori degli impianti
- la difficoltà, da parte dei proprietari degli immobili, nell'identificare gestori realmente dotati di capacità e conoscenze;
- la sottostima dell'importanza di sottoporre le installazioni a periodiche verifiche di funzionalità (*continual commissioning*) intese a ridurre l'uso dell'energia e a migliorare le prestazioni dell'edificio;
- la mancanza di un sistematico *feedback* da parte degli occupanti riguardante le reali prestazioni dell'edificio.

Quelli indicati da ASHRAE sono aspetti del tutto condivisibili e trasferibili nella realtà italiana.

Anche se alcuni di essi richiedono approfondimenti ascrivibili al campo della ricerca scientifica, la gran parte di essi richiedono soltanto codici di pratica e quindi meritano una riflessione da parte di tutti gli enti, pubblici o privati, proprietari di grandi patrimoni immobiliari o anche di singoli edifici, che intendono attivarsi per attuare una strategia di contenimento dei consumi energetici.

I ricercatori che operano nell'ambito dell'International Energy Agency (IEA) sul tema *Total energy use in buildings – Analysis and evaluation methods (Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme – Annex 53)* stanno invece operando con l'intento di identificare i fattori che influenzano gli usi finali dell'energia all'interno degli edifici, nella convinzione che “One of the most significant barriers for achieving the goal of substantially improving energy efficiency of buildings is the lack of knowledge about the factors determining the energy use [...] There is often a significant discrepancy between the designed and the real total energy use in buildings. The reasons for this discrepancy are generally poorly understood, and often have more to do with the role of human behavior than the building design” (dal documento costitutivo dell'Annex 53).

Il contenimento di tale domanda di energia avviene, prima di tutto, andando a individuare tutti i fattori che condizionano gli usi finali e correlando a essi i comportamenti degli occupanti.

Sono stati individuati sei gruppi di fattori:

1. il clima;
2. le caratteristiche dell'edificio;
3. le caratteristiche dei sistemi impiantistici (impianti interni e sistemi energetici);
4. il livello di qualità dell'ambiente interno richiesto;
5. il comportamento dell'occupante;
6. le modalità di conduzione e manutenzione dei sistemi impiantistici.

I fattori contenuti nel secondo e terzo gruppo sono ben noti: la trasmittanza termica dell'involucro edilizio, opaco e trasparente e il suo grado di protezione solare; il tasso di ricambio d'aria e le modalità di ventilazione; l'efficienza energetica dei generatori di calore, dei gruppi frigoriferi e dei produttori di acqua calda sanitaria; l'efficienza luminosa degli apparecchi illuminanti; l'impiego di elettrodomestici e macchine per ufficio a basso consumo. Su di essi si sono finora concentrate tutte le politiche intese a ridurre i consumi energetici, essendo elementi oggetto di processi di diagnosi, certificazione e riqualificazione energetica. Peraltro la loro influenza è facilmente valutabile utilizzando un approccio deterministico che fa uso dei modelli fisico-matematici che descrivono il comportamento energetico di un sistema edificio-impianti in condizioni standard. È nota, per esempio, l'influenza che hanno sui consumi energetici per climatizzazione invernale la rigidità del clima (espressa dal valore dei gradi giorno), l'isolamento termico dell'involucro edilizio o il rendimento del sistema di produzione del calore.

Assai meno nota e certamente da investigare nei suoi effetti è invece l'influenza sui consumi energetici dei fattori contenuti negli ultimi tre gruppi, riguardanti il livello di comfort atteso, il comportamento degli occupanti e le modalità di esercizio e manutenzione degli impianti determinate dai gestori (*facility manager*), fattori che, a loro volta, sono legati al contesto socio economico in cui si opera e allo stile di vita delle persone. Fra questi si evidenziano, per il settore residenziale:

- i valori di temperatura dell'aria e i livelli di illuminamento impostati nelle varie ore del giorno e della notte, in presenza e in assenza degli occupanti;
- l'uso di schermature solari e di tende interne;
- il numero e la durata di apertura delle finestre;
- l'impiego di acqua calda;
- il profilo di utilizzo degli elettrodomestici, delle apparecchiature di cottura e dei sistemi audiovisivi;
- le modalità e la frequenza di manutenzione delle caldaie, dei gruppi frigoriferi e delle unità di trattamento aria.

Se si guarda al settore terziario si possono poi considerare altri fattori influenzanti i consumi energetici reali, quali l'effettivo impiego dei sistemi di automazione dell'illuminazione artificiale in ragione del livello di illuminamento prodotto dall'illuminazione naturale, l'effettiva prestazione energetica dei sistemi aerulici e idronici a portata variabile, l'effettiva prestazione delle macchine frigorifere e così via.

Azioni intese a intervenire su tali fattori, sia sensibilizzando gli utenti, sia, soprattutto, proponendo nuovi prodotti e servizi dedicati al controllo consapevole dei consumi energetici, possono provocare un significativo decremento dei consumi energetici. Si calcola che tale decremento possa essere dello stesso ordine di grandezza di quello ottenibile agendo sulla prestazione dell'involucro edilizio e sull'efficienza energetica del sistema impiantistico, ma con costi molto inferiori e con una estensione molto maggiore.

In questo contesto il mercato della riqualificazione energetica sta evolvendosi rapidamente, da un lato mettendo a disposizione del singolo utente strumenti che gli consentono di controllare e monitorare i consumi energetici (energia elettrica ed energia termica) dell'unità immobiliare, dall'altro mettendo a disposizione dei proprietari di grandi patrimoni

immobiliari e dei gestori di servizi energetici strumenti che consentano loro di monitorare i consumi energetici di insiemi di edifici distribuiti sul territorio.

Per le abitazioni si stanno sviluppando prodotti che, grazie alle tecniche di comunicazione *wireless* e all'incremento della capacità delle batterie di supportare dispositivi di regolazione *stand alone*, consentono l'utilizzo di innovative funzioni di controllo e comando. In un contesto di *smart building* per il controllo delle singole utenze domestiche (domotica) si stanno anche sviluppando dei dispositivi (*smart-plug*) che vanno a monitorare i carichi tensione-corrente di un'utenza elettrica generica e ne gestiscono l'accensione e lo spegnimento in relazione alle strategie di contenimento dei consumi energetici che l'utente intende attuare, rivelando peraltro eventuali malfunzionamenti.

Per edifici del terziario collocati sul territorio si stanno invece sviluppando servizi ICT (*Information and Communication Technologies*) che impiegano, all'interno degli edifici, protocolli di comunicazione *wireless* fra sensori di grandezze ambientali ed energetiche e centraline di acquisizione/concentrazione dei dati, che poi vengono trasmessi via internet agli operatori.

Gli obiettivi di tali servizi sono:

- rendere i gestori degli edifici esistenti consapevoli dei consumi energetici che li caratterizzano, consentendo loro di confrontarli sia con i consumi storici sia con i consumi di edifici simili per destinazione d'uso e modalità di fruizione;
- individuare l'entità degli usi finali dell'energia all'interno degli edifici e i fattori che li influenzano al fine di indirizzare interventi volti al contenimento dei consumi energetici e all'uso razionale dell'energia;
- rendere gli utenti che vivono e lavorano negli spazi confinati consapevoli dei livelli di qualità ambientale e di consumo energetico che li caratterizzano, sia al fine di individuare situazioni critiche sia al fine di pilotare i loro comportamenti in un'ottica di risparmio energetico;
- indirizzare gli utenti verso comportamenti energeticamente virtuosi.

Un'infrastruttura di monitoraggio e allarme garantisce, attraverso l'installazione di sensori *wireless*, la raccolta dei dati di ordine ambientale (temperatura, umidità e illuminamento) e di consumo energetico degli impianti. Sulla base dei dati raccolti vengono proposte politiche di risparmio energetico e viene svolto un servizio di *energy management* remoto che individua aree di inefficienza e assicura il controllo dei costi associati alle forniture energetiche. Inoltre, ove ritenuto necessario, un servizio di *audit on-site* consente, attraverso indagini in campo, di elaborare una strategia di intervento finalizzata all'efficienza energetica, con tempi di ritorno dell'investimento in linea con gli obiettivi del committente.

1.2. Inquadramento normativo

di Ilaria Ballarini e Vincenzo Corrado

1.2.1. Quadro legislativo

La Direttiva Europea *Energy Performance of Buildings* [EPBD] 2002/91/CE del 16 dicembre 2002 viene emanata con l'obiettivo di migliorare l'efficienza energetica degli

edifici, con attenzione primaria al problema ambientale. Essa contiene quattro importanti disposizioni riguardanti:

- a) quadro generale di una metodologia di calcolo della prestazione energetica integrata degli edifici (art. 3);
- b) applicazione di requisiti minimi in materia di prestazione energetica degli edifici di nuova costruzione e degli edifici esistenti di grande metratura sottoposti a importanti ristrutturazioni (artt. 4, 5 e 6);
- c) certificazione energetica degli edifici (art. 7);
- d) ispezione periodica delle caldaie e dei sistemi di condizionamento d'aria negli edifici, e la perizia del complesso degli impianti termici (artt. 8 e 9).

Il recepimento in Italia della Direttiva Europea 2002/91/CE (EPBD), è avvenuto attraverso il D.Lgs. n. 192 del 19/08/2005, integrato e modificato dal D.Lgs. n. 311 del 29/12/2006, dalla Legge 6 agosto 2008 n. 133, dal D.Lgs. 29 marzo 2010 n. 56 e dal D.Lgs. 3 marzo 2011 n. 28.

Nel 2009 sono stati emanati due decreti applicativi: il D.P.R. n. 59 del 02/04/2009 contenente i criteri generali, le metodologie di calcolo e i requisiti minimi per la prestazione energetica del sistema edificio-impianto e il D.M. 26/06/2009 contenente le linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici.

Il D.Lgs. n. 192/2005, come modificato dal D.Lgs. n. 311/2006, contiene i principi generali e le norme transitorie che sono state in parte confermate e in parte modificate dai decreti applicativi. Le disposizioni legislative nazionali hanno validità fintantoché le Regioni e le Province autonome non recepiscono direttamente la direttiva europea con proprie leggi regionali e con relativi regolamenti di attuazione, pur rimanendo in linea con i principi generali della direttiva e della legislazione nazionale.

In figura 1.1 è illustrato uno schema del corpo normativo attuale.

Gli ambiti di intervento considerati all'interno del D.Lgs. n. 311/2006 sono i seguenti:

- a) la progettazione e la realizzazione di edifici di nuova costruzione e degli impianti in essi installati, di nuovi impianti in edifici esistenti, delle opere di ristrutturazione degli edifici e degli impianti esistenti (a esclusione di beni culturali in cui il rispetto delle prescrizioni implicherebbe alterazione del loro carattere, di fabbricati industriali, artigianali e agricoli, di fabbricati isolati con una superficie utile inferiore a 50 m²);
- b) l'esercizio, il controllo, la manutenzione e l'ispezione degli impianti termici degli edifici, anche preesistenti;
- c) la certificazione energetica degli edifici.

I gradi di applicazione riguardo ai requisiti minimi prestazionali fissati dalla legislazione nazionale sono i seguenti:

- a) un'applicazione integrale a tutto l'edificio nel caso di:
 - 1) nuova costruzione e ristrutturazione integrale degli elementi edilizi costituenti l'involucro di edifici esistenti di superficie utile superiore a 1000 m²;
 - 2) demolizione e ricostruzione in manutenzione straordinaria di edifici esistenti di superficie utile superiore a 1000 m²;

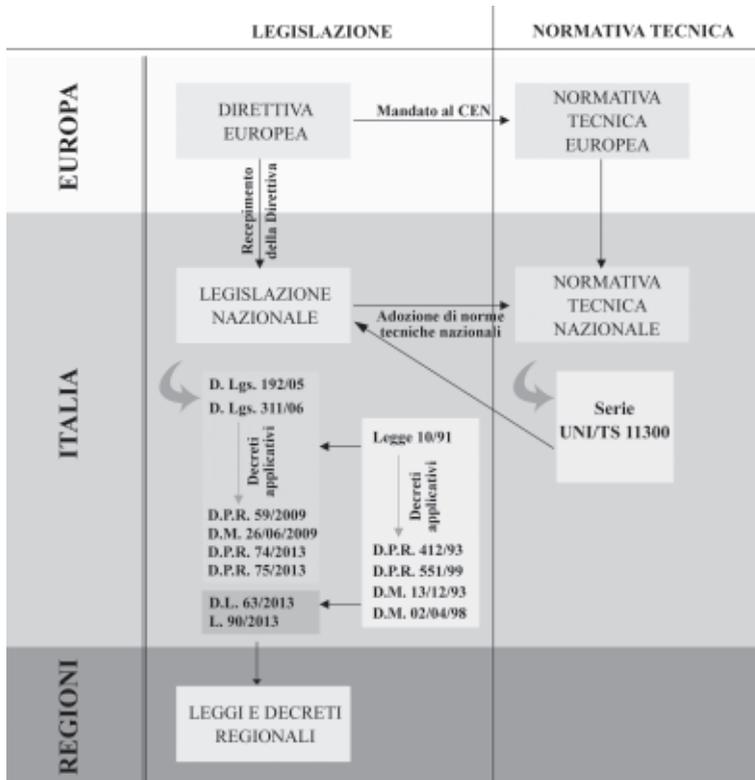


Figura 1.1. Schema del corpo normativo attuale

- b) un'applicazione integrale, ma limitata al solo ampliamento dell'edificio, nel caso che lo stesso ampliamento risulti volumetricamente superiore al 20% dell'intero edificio esistente;
- c) un'applicazione limitata al rispetto di specifici parametri, livelli prestazionali e prescrizioni, nel caso di interventi su edifici esistenti, quali:
- 1) ristrutturazioni totali o parziali, manutenzione straordinaria dell'involucro edilizio e ampliamenti volumetrici all'infuori di quanto già previsto alle lettere a) e b);
 - 2) nuova installazione di impianti termici in edifici esistenti o ristrutturazione degli stessi impianti;
 - 3) sostituzione di generatori di calore.

1.2.2. Requisiti di prestazione energetica e metodologie di calcolo

Il D.P.R. n. 59/2009 fissa i requisiti minimi di prestazione energetica che devono essere rispettati a seconda del tipo di intervento al quale si applicano. Il decreto rende definitivi

i valori limite di prestazione energetica riportati nell'Allegato C del D.Lgs. n. 311/2006, sia per quanto riguarda il valore dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale (EP_i), sia per ciò che concerne la trasmittanza termica dei componenti dell'involucro edilizio (U). In particolare, per la prima volta, vengono fissati i valori limite dell'indice di prestazione energetica estiva dell'involucro ($EP_{e,inv}$), classificati in funzione della destinazione d'uso (residenziale e tutte le altre categorie) e della zona climatica.

Una particolare attenzione è rivolta, nei casi di nuova costruzione e ristrutturazione, agli edifici pubblici o a uso pubblico, per i quali è richiesto il rispetto dei valori limite di trasmittanza termica dell'involucro edilizio e dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale ridotti del 10% rispetto a quelli riportati nell'Allegato C del D.Lgs. n. 311/2006.

Tra gli altri requisiti fissati dal decreto e rivolti alla progettazione dell'involucro edilizio, si ricordano il *controllo solare* e il *controllo dell'inerzia termica* che si pongono come azioni specifiche per il miglioramento della prestazione termica estiva degli edifici di nuova costruzione e degli edifici soggetti a importanti ristrutturazioni. Il decreto richiede che sia valutata e documentata l'efficacia di sistemi schermanti, esterni o interni e, in alcuni casi, è fatto obbligo di utilizzare sistemi schermanti esterni. L'alternativa al loro utilizzo è l'adozione di superfici vetrate aventi ridotto fattore solare (inferiore o uguale a 0,5), evidenziando nella relazione tecnica la non convenienza tecnico-economica nell'installazione delle schermature. Il controllo dell'inerzia termica si esplica, invece, attraverso il rispetto di specifici parametri da parte dei componenti dell'involucro edilizio opaco. A gran parte delle categorie d'uso e zone climatiche, caratterizzate dalla presenza di un valore di irradianza solare media mensile sul piano orizzontale pari o superiore a 290 W/m², si impone la progettazione di pareti e coperture aventi massa superficiale e/o trasmittanza termica periodica non inferiori a dati valori limite. L'alternativa è data dall'utilizzo di tecniche o materiali innovativi, la cui scelta deve essere supportata da adeguata documentazione e certificazione circa la tecnologia e i materiali che ne attestino l'equivalenza con le disposizioni legislative.

Specifici requisiti prestazionali sono previsti anche per l'impianto termico, attraverso la definizione di un valore minimo di rendimento medio globale stagionale, l'individuazione di prescrizioni impiantistiche in riferimento al rendimento di generazione, alle caratteristiche del sistema di termoregolazione, alla contabilizzazione e termoregolazione del calore, ai trattamenti dell'acqua di alimentazione dell'impianto. Il D.P.R. n. 59/2009 incentiva l'utilizzo di fonti rinnovabili per la produzione di energia termica ed elettrica; in particolare, è richiesta la copertura con fonti rinnovabili del 50% (ridotto a 20% nei centri storici) del fabbisogno annuo di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria. Il decreto specifica che ricadono fra gli impianti alimentati da fonte rinnovabile anche gli impianti di climatizzazione invernale dotati di generatori di calore alimentati a biomasse combustibili, a condizione che rispettino determinati requisiti e che siano verificati i valori limite di trasmittanza termica dell'involucro edilizio. È resa, inoltre, obbligatoria, come già precedentemente stabilito dal regime transitorio del D.Lgs. n. 311/2006, la predisposizione per il collegamento a reti di teleriscaldamento, in presenza di tratte di rete a una distanza inferiore a 1000 metri, o previste dagli strumenti pianificatori.

Il D.P.R. n. 59/2009 promuove il mantenimento di impianti termici centralizzati, in tutti gli edifici esistenti con un numero di unità abitative superiore a quattro e per potenze nominali del generatore di calore dell'impianto centralizzato maggiori o uguali a 100 kW; tuttavia, è ammessa la trasformazione da un impianto termico centralizzato a un impianto con produzione di energia termica separata, dichiarando nella relazione tecnica le cause per ricorrere a tale trasformazione.

In riferimento alla metodologia di calcolo della prestazione energetica degli edifici, che è uno degli obiettivi richiamati all'interno della EPBD e recepiti dalla legislazione nazionale, il D.P.R. n. 59/2009 richiede che i calcoli e le verifiche necessarie al rispetto dei requisiti energetici siano eseguiti utilizzando metodi che garantiscano risultati conformi alle migliori regole tecniche, e considerano rispondenti a tale requisito le norme tecniche predisposte dagli organismi deputati a livello nazionale o comunitario, quali ad esempio l'UNI o il CEN, o altri metodi di calcolo recepiti con decreto del Ministro dello sviluppo economico. Il decreto presidenziale stabilisce che per le metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici si adottino le norme tecniche nazionali, definite nel contesto delle norme EN a supporto della Direttiva 2002/91/CE, e le specifiche tecniche della serie UNI/TS 11300. Tuttavia, è permesso l'utilizzo di altri metodi, procedure e specifiche tecniche che siano sviluppati da organismi istituzionali nazionali, quali l'ENEA, le università o gli istituti del CNR: in questo caso occorre motivarne l'uso nella relazione tecnica di progetto; inoltre, si richiede che i risultati conseguiti con queste metodologie siano equivalenti o conservativi rispetto a quelli che si otterrebbero applicando i metodi di calcolo ufficiali.

Il D.P.R. n. 59/2009 specifica, inoltre, che i software commerciali applicativi delle metodologie di calcolo della prestazione energetica degli edifici devono garantire che i valori degli indici di prestazione energetica calcolati attraverso il loro utilizzo abbiano uno scostamento massimo di più o meno il 5% rispetto ai corrispondenti parametri determinati con l'applicazione dello strumento nazionale di riferimento. La garanzia è fornita attraverso una verifica/dichiarazione resa dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI); essa si basa su uno strumento nazionale di riferimento predisposto dal CTI che fa riferimento all'applicazione delle specifiche tecniche UNI/TS 11300.

Il decreto richiede, per gli edifici di nuova costruzione del settore terziario con volumetria maggiore di 10000 m³, di prendere in considerazione l'influenza dei fenomeni dinamici, attraverso l'uso di opportuni modelli di simulazione, salvo che si possa dimostrare la scarsa rilevanza di tali fenomeni nel caso specifico.

1.2.3. Certificazione energetica

La certificazione energetica degli edifici, secondo il D.Lgs. n. 192/2005 come modificato dal D.Lgs. n. 311/2006 è prevista, a partire dalla data del 08/10/2006, per:

- edifici di nuova costruzione;
- ristrutturazione integrale dell'involucro (superficie utile superiore a 1000 m²);
- demolizione e ricostruzione in manutenzione straordinaria (superficie utile superiore a 1000 m²).

L'obbligatorietà è estesa anche agli edifici esistenti, anche qualora non vengano effettuati interventi edilizi, nel caso di trasferimento a titolo oneroso di edifici o di singole unità immobiliari. Nel caso di offerta di trasferimento a titolo oneroso gli annunci commerciali di vendita devono riportare l'indice di prestazione energetica contenuto nell'attestato di certificazione energetica.

Dal 1° gennaio 2007 l'attestato di certificazione energetica è inoltre necessario sia per accedere agli incentivi e alle agevolazioni di qualsiasi natura correlati a interventi sull'edificio o sugli impianti o alle modalità di esercizio o approvvigionamento energetico degli impianti, sia per tutti i contratti relativi alla gestione degli impianti termici o di climatizzazione negli edifici pubblici o dove figure come committente un soggetto pubblico.

Secondo il D.Lgs. n. 311/2006 l'attestato di certificazione energetica deve essere prodotto in caso di compravendita o in caso di locazione¹, comprende i dati relativi all'efficienza energetica dell'edificio, i valori di legge e di riferimento della prestazione energetica e i suggerimenti sugli interventi di riqualificazione. L'attestato di certificazione energetica ha una validità massima di dieci anni e comunque fino a un'eventuale intervento di ristrutturazione. L'attestato deve essere affisso negli edifici di proprietà pubblica o adibiti a uso pubblico.

Fino all'emanazione delle linee guida nazionali sulla certificazione energetica, l'attestato di qualificazione energetica sostituiva l'attestato di certificazione energetica. L'attestato di qualificazione, al di fuori dell'obbligatorietà di presentazione dello stesso al Comune di competenza contestualmente alla dichiarazione di fine lavori – secondo quanto esplicitato all'articolo 8 comma 2 del D.Lgs. n. 311/2006 –, è facoltativo e può essere predisposto a cura dell'interessato al fine di semplificare il rilascio della certificazione energetica.

Ai fini della certificazione energetica degli edifici, le metodologie per il calcolo della prestazione energetica sono riportate nelle linee guida nazionali di cui al Decreto del Ministro dello sviluppo economico, D.M. 26/06/2009, adottato ai sensi dell'articolo 6, comma 9, del D.Lgs. n. 311/2006. Il D.M. 26/06/2009 specifica quali elementi essenziali del sistema di certificazione degli edifici:

- a) i dati informativi che devono essere contenuti nell'attestato di certificazione energetica (efficienza energetica, valori a norma di legge, classi prestazionali, suggerimenti e raccomandazioni per il miglioramento della prestazione energetica);
- b) le norme tecniche di riferimento;
- c) le metodologie di calcolo della prestazione energetica degli edifici (si veda la tabella 1.1);
- d) i requisiti professionali e i criteri per assicurare la qualificazione e l'indipendenza dei soggetti preposti alla certificazione energetica degli edifici;
- e) la validità temporale massima dell'attestato;
- f) le prescrizioni relative all'aggiornamento dell'attestato in relazione a ogni intervento

¹ I punti del D.Lgs. n. 311/2006 nei quali è richiesta la predisposizione dell'attestato di certificazione a cura del proprietario per trasferimento a titolo oneroso o locazione (art. 6, c. 3 e 4) sono abrogati dall'art. 35, c. 2-bis del D.L. 25/6/2008 n. 112, coordinato con le modifiche della legge di conversione 06/08/2008 n. 133.

di miglioramento della prestazione energetica o a ogni operazione di controllo accertante il degrado della prestazione, di entità significativa.

Il D.M. 26/6/2009 specifica che la classe energetica globale dell'edificio è l'etichetta di efficienza energetica attribuita all'edificio sulla base di un intervallo convenzionale di riferimento all'interno del quale si colloca la sua prestazione energetica complessiva (EP_{gl}). La classe energetica è contrassegnata da una lettera e la classe globale dell'edificio comprende sottoclassi rappresentative dei singoli servizi energetici certificati: riscaldamento, raffrescamento, acqua calda sanitaria e illuminazione. Nella fase di avvio si considerano unicamente gli usi energetici relativi al riscaldamento (EP_i) e all'acqua calda sanitaria (EP_{acs}).

Le linee guida nazionali specificano che per la certificazione energetica di singoli appartamenti, nel caso di edifici multipiano o in linea si può prevedere una certificazione comune per unità immobiliari che presentano caratteristiche di ripetibilità logistica e di esposizione e, in caso di generatori di calore individuali, che abbiano stessa tipologia e potenza. Si può prevedere:

1. in presenza di impianti con contabilizzatore di calore, un certificato per ogni unità immobiliare determinato con l'utilizzo del rapporto di forma dell'appartamento;
2. in presenza di impianti centralizzati senza regolazione e contabilizzazione del calore, l'indice di prestazione energetica di ogni alloggio è ricavato da quello dell'edificio in base alle tabelle millesimali.

Tabella 1.1. Metodi di calcolo della prestazione energetica finalizzati alla certificazione (D.M. 26/06/2009)

Di progetto		Da rilievo o standard		
Campo di applicazione	Edifici nuovi Edifici completamente ristrutturati	Edifici esistenti, tutte le categorie e le dimensioni	Edifici esistenti, solo per le abitazioni con $S_{utile} \leq 3000 \text{ m}^2$	Edifici esistenti, solo per le abitazioni con $S_{utile} \leq 1000 \text{ m}^2$
Dati di ingresso	Dati di progetto	Indagini svolte direttamente sull'edificio esistente		
		Procedure di rilievo secondo le normative tecniche o dalla letteratura tecnico-scientifica	Analogia costruttiva con altri edifici (abachi o banche dati)	Sulla base dei principali dati climatici, tipologici, geometrici e impiantistici
Metodi per la climatizzazione invernale e l'acqua calda sanitaria	Serie UNI/TS 11300 (parti 1 e 2)	Serie UNI/TS 11300 (parti 1 e 2), con semplificazioni per edifici esistenti	DOCET	Procedura riportata nell'Allegato 2 delle linee guida nazionali (per la climatizzazione invernale) e UNI/TS 11300-2 (per l'ACS)
Metodi per la climatizzazione estiva	Serie UNI/TS 11300 (parte 1, per la determinazione dell' $EP_{e,invot}$)	Serie UNI/TS 11300 (parte 1, per la determinazione dell' $EP_{e,invot}$)	DOCET	UNI/TS 11300-1 o DOCET o metodologia al punto 6.2 dell'Allegato A delle linee guida nazionali

Nota: in assenza di impianti termici per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria, la prestazione energetica è calcolata secondo i metodi all'Allegato 1 del D.M. 26/6/2009.

Il D.P.R. n. 75/2013 è il decreto attuativo di cui all'articolo 4, comma 2, lettera c), del D. Lgs. n. 311/2006 sui requisiti professionali e i criteri di accreditamento degli esperti indipendenti cui affidare la certificazione energetica. I soggetti abilitati alla certificazione energetica sono tecnici abilitati, definiti come tecnici operanti sia in veste di dipendenti di enti e organismi pubblici o di società di servizi pubbliche o private che di professionisti liberi o associati. Il tecnico abilitato deve essere iscritto al relativo ordine o collegio professionale e abilitato all'esercizio della professione relativa alla progettazione di edifici e impianti, asserviti agli edifici stessi, nell'ambito delle competenze a esso attribuite dalla legislazione vigente. Ove il tecnico non sia competente nei campi sopra citati, egli deve operare in collaborazione con altro tecnico abilitato in modo da coprire tutti gli ambiti professionali su cui è richiesta la competenza. Ai soli fini della certificazione energetica, sono tecnici abilitati anche i soggetti in possesso di titoli di studio tecnico scientifici stabiliti dal D.P.R. n. 75/2013, a seguito di specifici corsi di formazione per la certificazione energetica degli edifici con superamento dell'esame finale. I corsi e gli esami sono svolti: a livello nazionale, da università, da organismi ed enti di ricerca, e da consigli, ordini e collegi professionali; a livello regionale, da regioni e province autonome, e da altri soggetti di ambito regionale con competenza in materia di certificazione energetica. All'atto di sottoscrizione dell'attestato di certificazione energetica, i tecnici abilitati dichiarano l'assenza di conflitto di interessi, ovvero il non coinvolgimento diretto o indiretto nel processo di progettazione e realizzazione dell'edificio da certificare, con i produttori dei materiali e dei componenti incorporati nell'edificio, e rispetto ai vantaggi che possano derivare al richiedente, che in ogni caso non deve essere né coniuge né parente fino al quarto grado.

1.2.4. EPBD Recast

La Direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico nell'edilizia (EPBD) è stata modificata dalla Direttiva 2010/31/UE (EPBD *Recast*); la nuova direttiva richiede che vengano predisposti interventi più concreti al fine di realizzare il grande potenziale di risparmio energetico nell'edilizia, tuttora inattuato, e di ridurre l'ampio divario tra i risultati dei diversi Stati membri in questo settore. È richiesto agli Stati membri di adottare le misure necessarie affinché siano fissati requisiti minimi di prestazione energetica per gli edifici o le unità immobiliari al fine di raggiungere livelli ottimali in funzione dei costi.

Per gli edifici di nuova costruzione gli Stati membri devono garantire che, prima dell'inizio dei lavori di costruzione, sia valutata e tenuta presente la fattibilità tecnica, ambientale ed economica di sistemi alternativi ad alta efficienza se disponibili (sistemi di fornitura energetica decentrati basati su energia da fonti rinnovabili, cogenerazione, teleriscaldamento o teleraffrescamento urbano o collettivo – in particolare se basato interamente o parzialmente su energia da fonti rinnovabili – e pompe di calore). Devono essere adottate, inoltre, le misure necessarie per garantire che la prestazione energetica degli edifici o di loro parti destinate a subire ristrutturazioni importanti sia migliorata al fine di soddisfare i requisiti minimi di prestazione energetica per quanto tecnicamente, funzionalmente ed economicamente fattibile.

In particolare, gli Stati membri devono provvedere affinché:

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

Per quanto riguarda specificamente l'installazione, la sostituzione o la ristrutturazione degli impianti tecnici, la nuova direttiva richiede agli Stati membri di fissare adeguati requisiti impiantistici relativi al rendimento energetico globale, alla corretta installazione e alle dimensioni, alla regolazione e al controllo degli impianti installati negli edifici esistenti, potendosi altresì applicare tali requisiti anche agli edifici di nuova costruzione. Tali requisiti si applicano per quanto tecnicamente, economicamente e funzionalmente fattibile e riguardano gli impianti di riscaldamento, gli impianti di produzione di acqua calda, gli impianti di condizionamento d'aria e i grandi impianti di ventilazione.

Per edifici in fase di costruzione, oppure soggetti a ristrutturazioni importanti, la nuova direttiva promuove altresì l'introduzione di sistemi di misurazione intelligenti e l'installazione di sistemi di controllo attivo, come ad esempio i sistemi di automazione, controllo e monitoraggio finalizzati al risparmio energetico.

Agli Stati membri è richiesta la garanzia che la certificazione della prestazione energetica degli edifici e l'ispezione degli impianti di riscaldamento e condizionamento d'aria siano effettuate in maniera indipendente da esperti qualificati e/o accreditati, operanti in qualità di lavoratori autonomi o come dipendenti di enti pubblici o di imprese private, e che siano istituiti sistemi di controllo indipendenti per gli attestati di prestazione energetica e i rapporti di ispezione degli impianti di riscaldamento e condizionamento d'aria.

Il recepimento in Italia della Direttiva Europea 2010/31/EU (EPBD recast), è avvenuto attraverso il D.L. n. 63/2013, convertito con la Legge 3 agosto 2013 n. 90, che prevede una serie di decreti attuativi che andranno a integrare e sostituire quelli relativi all'attuazione della EPBD.

1.3. Strumenti incentivanti per l'efficienza energetica in edilizia

di Luana Filogamo², Leonardo Lo Coco³

1.3.1. Premessa

L'uso razionale dell'energia è incentivato in Italia a partire dagli anni '80 del secolo scorso. Il primo provvedimento adottato è stato la Legge 29 maggio 1982 n. 308, con la quale si incentivavano i settori dell'edilizia, dell'agricoltura e dell'industria, con finanziamenti in conto capitale a sostegno della politica energetica nazionale.

La legge si proponeva di incentivare il contenimento dei consumi energetici e l'utiliz-

² Dipartimento di Energia, Ingegneria dell'Informazione e Modelli Matematici (DEIM) – Università degli Studi di Palermo.

³ Libero professionista esperto in campo energetico.

zazione delle fonti rinnovabili e la trasformazione dei rifiuti organici e inorganici o di prodotti vegetali. Nel settore dell'edilizia venivano finanziati in conto capitale, fino a un massimo del 30% dell'investimento ammissibile, interventi quali la coibentazione di edifici esistenti, l'installazione di nuovi generatori di calore, l'installazione di pompe di calore, di impianti fotovoltaici o altra fonte rinnovabile per la produzione di energia elettrica, di sistemi di controllo integrati in grado di regolare e contabilizzare, per ogni singola utenza, i consumi energetici.

A distanza di circa dieci anni, venne in seguito emanata la Legge 9 gennaio 1991 n. 10, la quale confermava l'impianto della precedente Legge 308/82, con la sua distinzione tra interventi a carico delle Regioni e interventi a carico del Ministero dell'industria e del commercio. Per quanto riguardava le Regioni, le incentivazioni nel settore dell'edilizia in conto capitale erano comprese tra un minimo del 20% e un massimo del 40% dell'investimento ammissibile, inoltre furono inserite nuove tipologie di interventi, rispetto a quelle già previste dalla Legge 308/82, come la trasformazione degli impianti centralizzati di riscaldamento in impianti unifamiliari a gas per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria, e all'installazione di sistemi ad alto rendimento.

Negli ultimi anni a seguito dei diversi accordi assunti in ambito comunitario è stato sempre più rilevante l'impegno all'individuazione di interventi nel settore dell'efficienza energetica. Le conclusioni del Consiglio Europeo del 17 giugno 2010 hanno confermato che l'obiettivo di efficienza energetica rientrava fra gli obiettivi prioritari della nuova strategia dell'Unione per una crescita intelligente e sostenibile ("strategia Europa 2020"). In vista degli obiettivi previsti dal cosiddetto *pacchetto clima-energia 20/20/20* (Direttiva 2009/29/CE), sono state emanate due direttive europee (la 2010/31/UE e la 2012/27) che impegnano gli Stati membri a predisporre delle azioni finalizzate all'efficientamento energetico degli edifici.

La Direttiva 2010/31/UE recepita dall'Italia con il D.Lgs. 63/2013 promuove il miglioramento della prestazione energetica degli edifici, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne.

La Direttiva 2012/27/UE, non ancora recepita in Italia, chiede agli Stati membri di risparmiare energia fissando obiettivi nazionali indicativi di efficienza energetica. Un'azione di particolare rilevanza prevista in tale direttiva riguarda l'impegno degli Stati membri a mobilitare investimenti nella ristrutturazione del parco nazionale di edifici residenziali e commerciali, sia pubblici che privati. Inoltre, ogni anno dovrà essere ristrutturato e reso energeticamente efficiente il 3% della superficie degli immobili posseduti dalle amministrazioni pubbliche centrali. Tale azione dovrebbe consentire di riqualificare il parco immobiliare esistente secondo principi di efficientamento energetico e pertanto contribuire al raggiungimento di quel fatidico 20% al 2020.

Nell'ambito di questo processo, e al fine di attuare tale obiettivo a livello nazionale, gli Stati membri si sono impegnati a fissare obiettivi e a indicare nei rispettivi programmi nazionali di riforma come intendevano conseguirli.

In questo scenario di forte impegno alla riduzione dei consumi energetici al 2020, in Italia negli ultimi anni si sono sviluppati diversi meccanismi di incentivazione all'efficienza e al risparmio energetico. In particolar modo gli strumenti finanziari di sostegno all'efficientamento energetico oggi in vigore sono: i titoli di efficienza energetica, il Decreto *Conto Termico* e le detrazioni fiscali per interventi su edifici esistenti.

1.3.2. Titoli di efficienza energetica (D.M. 28/2012)

1.3.2.1. Caratteristiche generali

I cosiddetti *titoli di efficienza energetica* (TEE) o *certificati bianchi* sono dei titoli negoziabili che certificano il raggiungimento di risparmi energetici negli usi finali di energia attraverso interventi e progetti di incremento di efficienza energetica.

Il meccanismo dei certificati bianchi è entrato in vigore con i decreti del Ministro dell'industria di concerto con il Ministro dell'ambiente il 24 aprile 2001, *Individuazione degli obiettivi quantitativi nazionali di risparmio energetico e sviluppo delle fonti rinnovabili*. Tali decreti definivano un nuovo approccio normativo tendente all'incremento dell'efficienza energetica sul territorio nazionale con lo scopo finale di realizzare interventi di miglioramento dell'efficienza energetica. I decreti del 24 aprile 2001 sono stati in seguito modificati dai decreti del 20 luglio 2004, dal D.M. 21 dicembre 2007, dal D.Lgs. 30 maggio 2008 n. 115 e per ultimo dal D.M. 28 dicembre 2012.

Con il D.M. 28/12/2012 sono stati fissati i nuovi obiettivi per il quadriennio 2013-2016 di potenziamento del meccanismo dei certificati bianchi. Gli obiettivi quantitativi nazionali annui di risparmio energetico per il periodo 2013-2016, espressi in tonnellate equivalenti di petrolio (tep) sono:

- 4,6 Mtep di energia primaria al 2013;
- 6,2 Mtep di energia primaria al 2014;
- 6,6 Mtep di energia primaria al 2015;
- 7,6 Mtep di energia primaria al 2016.

Tali obiettivi indicano i risparmi cumulati generati da interventi associati al rilascio di certificati bianchi nel periodo di riferimento considerato per gli usi finali di energia elettrica e gas.

Gli obblighi quantitativi nazionali annui di incremento dell'efficienza energetica degli usi finali di energia elettrica sono definiti secondo le seguenti quantità e cadenze annuali:

- 3,03 milioni di certificati bianchi, da conseguire nell'anno 2013;
- 3,71 milioni di certificati bianchi, da conseguire nell'anno 2014;
- 4,26 milioni di certificati bianchi, da conseguire nell'anno 2015;
- 5,23 milioni di certificati bianchi, da conseguire nell'anno 2016.

Gli obblighi quantitativi nazionali annui di incremento dell'efficienza energetica degli usi finali di gas naturale sono definiti secondo le seguenti quantità e cadenze annuali:

- 2,48 milioni di certificati bianchi, da conseguire nell'anno 2013;
- 3,04 milioni di certificati bianchi, da conseguire nell'anno 2014;
- 3,49 milioni di certificati bianchi, da conseguire nell'anno 2015;
- 4,28 milioni di certificati bianchi, da conseguire nell'anno 2016.

Per raggiungere il proprio obiettivo annuale, i distributori di elettricità e di gas (soggetti obbligati) hanno diverse alternative cui poter ricorrere:

- realizzare essi stessi o tramite società controllate, presso gli utenti finali, interventi in grado di generare titoli;

- lasciare che gli interventi siano realizzati da altri soggetti, e acquisendone i relativi titoli riconosciuti tramite contrattazione bilaterale;
- acquisire i titoli in borsa, ossia sul mercato appositamente organizzato dal Gestore del Servizio Elettrico (GSE).

1.3.2.2. Descrizione del meccanismo

Il cuore del meccanismo consiste nella responsabilizzazione dei soggetti obbligati (le aziende distributrici di gas e/o di energia elettrica) a raggiungere l'obiettivo assegnato di miglioramento annuale dell'efficienza energetica da conseguirsi presso i propri clienti finali.

All'atto della realizzazione dell'intervento di miglioramento dell'efficienza energetica presso un utente finale, il proponente (che sia soggetto obbligato o soggetto volontario) deve avviare una procedura per ottenere il riconoscimento dei titoli al GSE.

Allo scopo, il proponente deve prima di tutto effettuare l'accreditamento telematico al Sistema Efficienza Energetica presso il GSE (se soggetto volontario) e, una volta che l'intervento di efficienza sia stato progettato/implementato, riempire on line dei moduli nei quali dovrà fornire tutte le informazioni tecnico/amministrative riguardanti l'intervento medesimo.

Il GSE coadiuvato dall'Ente Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Sostenibile (ENEA) effettua l'istruttoria sulle proposte. Se l'esito è positivo, riconosce i titoli di efficienza energetica ai soggetti proponenti. Se il soggetto obbligato ha ottenuto per tale via TEE, può iniziare a soddisfare il proprio obiettivo assegnato. Altri titoli possono essere reperiti sulla borsa, su cui i soggetti volontari hanno venduto i propri titoli oppure tramite contrattazione bilaterale direttamente con i soggetti volontari in possesso di TEE.

I titoli di efficienza energetica emessi possono essere di cinque tipi:

- tipo I, attestanti il conseguimento di risparmi di energia primaria attraverso interventi per la riduzione dei consumi finali di energia elettrica;
- tipo II, attestanti il conseguimento di risparmi di energia primaria attraverso interventi per la riduzione dei consumi di gas naturale;
- tipo III, attestanti il conseguimento di risparmi di forme di energia primaria diverse dall'elettricità e dal gas naturale non destinate all'impiego per autotrazione;
- tipo IV, attestanti il conseguimento di risparmi di forme di energia primaria diverse dall'elettricità e dal gas naturale, realizzati nel settore dei trasporti e valutati con le modalità previste dall'articolo 30 del D.Lgs. 3 marzo 2011, n. 28;
- tipo V, attestanti il conseguimento di risparmi di forme di energia primaria diverse dall'elettricità e dal gas naturale, realizzati nel settore dei trasporti e valutati attraverso modalità diverse da quelle previste per i titoli di tipo IV.

Se l'obiettivo annuale non viene raggiunto, il soggetto obbligato è sanzionato. Se l'obiettivo è raggiunto, gli è concesso il recupero in tariffa per l'ammontare di titoli costituente l'obbligo.

Gli obiettivi di risparmio energetico e miglioramento dell'efficienza energetica devono essere raggiunti con l'adozione di tecnologie all'avanguardia tramite le seguenti azioni:

- il miglioramento dell'efficienza energetica negli usi finali;
- il contenimento delle perdite di energia;
- l'adozione di fonti rinnovabili.

L'articolazione dell'intero sistema può essere sintetizzato secondo i seguenti capisaldi:

- Il GSE è l'ente preposto all'implementazione dell'intero sistema, in particolar modo svolge le attività di gestione, valutazione e certificazione dei risparmi;
- il miglioramento dell'efficienza energetica è realizzato presso gli utenti finali;
- sono stabiliti obiettivi nazionali d'incremento dell'efficienza energetica;
- i grandi distributori di gas ed elettricità sono i soggetti obbligati al raggiungimento dei predetti obiettivi;
- ogni TEE corrisponde a 1 tep di energia risparmiata a seguito d'interventi di efficientamento realizzati dai soggetti obbligati o volontari che possono partecipare al meccanismo;
- le proposte per l'ottenimento dei titoli sono sottoposte a un'istruttoria tecnico-amministrativa condotta da ENEA e dalla società del gruppo GSE S.p.A. Ricerca Sistemi Elettrici (RSE);
- il mercato dei suddetti titoli avviene secondo contrattazioni bilaterali e accesso alla borsa dei TEE;
- per i soggetti obbligati inadempienti agli obiettivi annuali vengono irrogate sanzioni.

Il periodo di erogazione dell'incentivo varia tra i 5 e gli 8 anni, in funzione della tipologia d'intervento realizzato.

1.3.2.3. Soggetti ammessi al meccanismo

Il soggetto attorno a cui ruota il meccanismo, come detto in precedenza, sono i grandi distributori di gas e di elettricità. Costoro diventano "soggetti obbligati" se alla data del 31 dicembre di due anni antecedenti a ciascun anno d'obbligo, abbiano connesso alla propria rete di distribuzione più di 50.000 clienti finali.

Ai soggetti obbligati, come già detto nel paragrafo precedente, annualmente viene assegnato un obiettivo di risparmio energetico di cui dovranno dimostrare il conseguimento. L'obiettivo sarà soddisfatto se il distributore dimostrerà, entro il 31 maggio di ogni anno, di aver in proprio possesso un numero adeguato di TEE a valere per l'anno precedente. Oltre ai soggetti obbligati anche altri operatori possono accedere al meccanismo individuando, realizzando e ottenendo titoli di efficienza energetica. Questi soggetti sono definiti *volontari* e possono essere:

- società di servizi energetici (SSE) e società controllate dai soggetti obbligati;
- distributori di energia elettrica e gas con meno di 50.000 clienti finali;
- soggetti con energy manager (SEM).

1.3.2.4. Tipologia di interventi ammessi

Nel meccanismo dei titoli di efficienza energetica non esiste un elenco predefinito ed esaustivo di interventi ammessi all'incentivo; in modo particolare, sin dall'attivazione del meccanismo, l'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas (AEEG) ha disposto che la valutazione dei risparmi energetici prodotti dai vari progetti di efficienza energetica fossero approvati e distinti secondo tre metodi di valutazione:

- progetti a valutazione standardizzata;
- progetti a valutazione analitica;
- progetti a valutazione a consuntivo.

I soggetti ammessi al meccanismo (obbligati o volontari), per poter presentare la richiesta di verifica e di certificazione di un progetto, devono raggiungere una dimensione minima che varia per tipologia di valutazione, in particolare tale soglia è pari a 20 tep per i progetti a valutazione standardizzata, 40 tep per i progetti a valutazione analitica e 60 tep per i progetti a valutazione a consuntivo.

Le linee guida EEN 09/11, emanate dall'AEEG con Deliberazione 27 ottobre 2011, rappresentano lo strumento da utilizzare per la preparazione, l'esecuzione e la valutazione di progetti per accedere al meccanismo dei certificati bianchi e continueranno ad applicarsi in attesa delle nuove linee guida che saranno predisposte dal MiSE e dal MATTM.

I progetti a valutazione standardizzata permettono di quantificare il risparmio annuo dell'intervento senza procedere a misurazioni dirette. Tale metodo è applicabile alle tipologie di intervento che prevedono l'installazione di apparecchiature il cui risparmio è determinabile a priori (esempio: sostituzione doppi vetri, sostituzione lampade a basso consumo, sostituzione caldaie ad alta efficienza, ecc.). Il risparmio annuo prodotto dalla singola apparecchiatura è riportato in specifiche schede tecniche di quantificazione predisposte e certificate dall'autorità. Ogni scheda tecnica permette di conoscere a priori il risparmio annuo.

A differenza della valutazione standardizzata, i progetti a valutazione analitica non permettono di quantificare i risparmi a priori. Tale valutazione si applica alle tipologie di intervento la cui quantificazione di risparmio va fatta tenendo conto di alcuni parametri di utilizzo (ore di funzionamento, fattore di carico medio, ecc.). Per i progetti a valutazione analitica, dunque, il risparmio è ottenibile applicando specifici algoritmi di calcolo predisposti dall'autorità in altre schede tecniche.

I progetti a valutazione a consuntivo necessitano di una quantificazione dei risparmi attraverso specifici programmi di misurazione strettamente legati al tipo di progetto al quale si riferiscono. Il soggetto titolare di progetti a consuntivo deve dunque presentare anticipatamente all'ENEA una proposta di progetto e il relativo programma di misura dei risparmi, tale proposta di progetto viene esaminata dall'ENEA che esprime il suo parere sull'idoneità del progetto al rilascio dei TEE. Ottenuto parere positivo, il titolare del progetto può avviarne la realizzazione.

Negli anni l'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas ha approvato delle schede di interventi, che si vanno a integrare a quelle già previste nei due decreti ministeriali del 20

luglio 2004, raggruppandole in categorie omogenee per settore d'intervento, forma di energia risparmiata, servizio energetico reso e/o vita utile.

Di seguito si riporta l'elenco degli interventi ammessi al meccanismo nell'ambito del settore civile residenziale così classificati:

- a) per quanto riguarda gli interventi sull'involucro:
 - sostituzione di vetri semplici con doppi vetri;
 - isolamento delle pareti e delle coperture;
 - isolamento termico delle pareti e delle coperture per il raffrescamento estivo in ambito domestico e terziario.
- b) per quanto riguarda il sistema impiantistico:
 - sostituzione di scaldacqua elettrico con scaldacqua a metano a camera stagna e accensione piezoelettrica;
 - installazione di caldaia unifamiliare a 4 stelle di efficienza alimentata a gas naturale e di potenza termica nominale non superiore a 35 kW;
 - sostituzione di scaldacqua a gas, a camera aperta e fiamma pilota con scaldacqua a gas, a camera stagna e accensione piezoelettrica;
 - installazione di pompe di calore elettriche ad aria esterna in luogo di caldaie in edifici residenziali di nuova costruzione o ristrutturati;
 - installazione di condizionatori ad aria esterna ad alta efficienza con potenza frigorifera inferiore a 12 kW_F;
 - applicazione nel settore civile di piccoli sistemi di cogenerazione per la climatizzazione invernale ed estiva degli ambienti e la produzione di acqua calda sanitaria;
 - applicazione nel settore civile di sistemi di teleriscaldamento per la climatizzazione ambienti e la produzione di acqua calda sanitaria;
 - installazione di sistemi centralizzati per la climatizzazione invernale e/o estiva di edifici a uso civile;
 - installazione di pompa di calore elettrica per produzione di acqua calda sanitaria in impianti nuovi ed esistenti;
 - nuova installazione di impianto di riscaldamento unifamiliare alimentato a biomassa legnosa di potenza 35 kW termici;
 - installazione di sistema di automazione e controllo del riscaldamento negli edifici residenziali (*Building Automation and Control System, BACS*) secondo la norma UNI EN 15232.
- c) per quanto riguarda l'installazione di impianti a fonti rinnovabili:
 - impiego di impianti fotovoltaici di potenza elettrica inferiore a 20 kW;
 - installazione di collettori solari per la produzione di acqua calda sanitaria.

Le tabelle 1.2, 1.3 e 1.4 riepilogano gli interventi ammessi al meccanismo nell'ambito del settore residenziale suddivisi per tipologia (tabella 1.2, involucro edilizio; tabella 1.3, fonti rinnovabili; tabella 1.4, impiantistico).

All'interno delle tre tabelle, per ogni intervento sono indicate: numero della scheda di valutazione così come approvate dall'AEEG, la denominazione dell'intervento, la delibera di riferimento dell'approvazione della scheda, la tipologia di titolo di appartenenza (tipo I, II, III, IV e V), il metodo di valutazione del progetto (standardizzata, analitica e consuntivo) e la formula per il calcolo del risparmio di energia primaria.

La certificazione energetica per l'edilizia sostenibile

Tabella 1.2. Calcolo del risparmio di energia primaria per gli interventi sull'involucro dell'edificio

N. scheda	Denominazione intervento	Normativa di riferimento	Tipo di titolo di efficienza energetica riconosciuto	Metodo di valutazione	Calcolo risparmio energia primaria	Note
5T	Sostituzione di vetri semplici con doppi vetri	n. 234/02	Tipo II	Standardizzata	$RNc = a \cdot RSL \cdot NUJFR$ $RNa = (t - 1) \cdot RNc$ $RNI = RNc + RNa$ $= t \cdot a \cdot RSL \cdot NUJFR$	<p>RNc = risparmio netto contestuale</p> <p>a = coefficiente di addizionalità quale rapporto tra risparmio netto e risparmio lordo. Esso è pari al 100%</p> <p>RSL = valore tabellato del risparmio specifico lordo di energia primaria conseguibile per singola unità fisica di riferimento valutato:</p> <ul style="list-style-type: none"> - rispetto alla zona climatica e alla destinazione d'uso dell'edificio (tabelle scheda 5T) - in relazione alla destinazione d'uso, alla zona climatica, alla tipologia di struttura di riferimento e al k della struttura prima dell'intervento (tabelle schede 6T e 20T) <p>$NUJFR$ = numero unità fisica di riferimento corrispondente a: - 1 m² di superficie di vetro sostituito (scheda 5T) - 1 m² di superficie isolata (schede 6T e 20T)</p> <p>RNa = risparmio netto anticipato</p> <p>t = coefficiente di durabilità o fattore moltiplicativo dei risparmi energetici riconosciuti nell'arco della vita utile degli interventi. Esso è pari a 2,65 per la scheda 5T, 2,91 per le schede 6T e 20T</p> <p>RNI = risparmio netto integrale</p>
			Tipo II per risparmi ottenuti con isolamenti effettuati in edifici con impianto di riscaldamento a gas			
6T	Isolamento delle pareti e delle coperture		Tipo III per risparmi ottenuti con isolamenti effettuati in edifici con impianto di riscaldamento a gasolio			
20T	Isolamento termico delle pareti e delle coperture per il raffrescamento estivo in ambito domestico e terziario	n. 70/05	Tipo I			

Tabella 1.3. Calcolo del risparmio di energia primaria per gli interventi di installazione di impianti a fonti rinnovabili

N° scheda	Denominazione intervento	Normativa di riferimento	Tipo di titolo di efficienza energetica riconosciuto	Metodo di valutazione	Calcolo risparmio energia primaria	Note
7T	Impiego di impianti fotovoltaici di potenza elettrica inferiore a 20 kW	n. 234/02	Tipo I			<p>RN_c = risparmio netto contestuale</p> <p>a = coefficiente di additionalità quale rapporto tra risparmio netto e risparmio lordo. Esso è pari a al 100% (scheda 7T); risulta pari al 73,2% quando i collettori solari sono installati a integrazione/sostituzione di sistemi di teleriscaldamento urbano e pari a 100% in tutti gli altri casi (scheda 8T)</p> <p>RSL = valore tabellato del risparmio specifico lordo di energia primaria conseguibile per singola unità fisica di riferimento valutato rispetto alla fascia solare e in relazione alla tipologia di collettore (sottovuoto o piano) se l'impianto è integrato o sostituito (boiler elettrico o gas, gasolio, teleriscaldamento) (tabelle scheda 8T)</p> <p>N_{eff} = numero unità fisica di riferimento corrispondente a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - impianto fotovoltaico di potenza elettrica < 20 kW (scheda 7T) - m² di superficie di apertura dei collettori installati, come definita ai sensi delle norme UNI EN 12975-2 e UNI EN 12976-2 <p>RNI = risparmio netto anticipato</p> <p>τ = coefficiente di durabilità o fattore moltiplicativo dei risparmi energetici riconosciuti nell'arco della vita utile degli interventi. Esso è pari a 3,36 (scheda 7T) e 2,65 (scheda 8T);</p> <p>RNI = risparmio netto integrale</p> <p>kW_p = potenza di picco dell'impianto (kW)</p> <p>h_{eq} = numero di ore annue equivalenti (h/anno), ricavabile dalla Tabella 1 (riportata nella scheda 7T)</p> <p>k_1 = coefficiente adimensionale che varia in funzione dell'inclinazione b dei moduli fotovoltaici rispetto all'orizzontale ($k_1 = 0,70$ se b è maggiore di 70°, negli altri casi $k_1 = 1$)</p>
8T	Installazione di collettori solari per la produzione di acqua calda sanitaria	EEN 17/09	<p>Tipo I: boiler elettrico</p> <p>Tipo II: impianto a gas</p> <p>Tipo III: impianto a gasolio/GPL</p> <p>80% di tipo II e 20% di tipo III: impianti di teleriscaldamento urbano</p>	Standardizzata	<p>$RN_c = a \cdot RSL \cdot N_{eff}$</p> <p>$RNI = (T - 1) \cdot RN_c$</p> <p>$RNI = RN_c + RN_a$</p> <p>$= T \cdot a \cdot RSL \cdot N_{eff}$</p> <p>Dove per la scheda 7T:</p> <p>$RSL = kW_p \cdot h_{eq} \cdot k_1 \cdot 0,187$</p>	

Tabella 1.4. Calcolo del risparmio di energia primaria per gli interventi sul sistema impiantistico

N. scheda	Denominazione intervento	Normativa di riferimento	Tipo di titolo di efficienza energetica riconosciuto	Metodo di valutazione	Calcolo risparmio energia primaria	Note
2T	Sostituzione di scaldacqua elettrico con scaldacqua a metano a camera stagna e accensione piezoelettrica	n. 234/02	Tipo I	Standardizzata	$RNC = \alpha \cdot RSL \cdot N_{UFR}$ $RNI = (r - 1) \cdot RNC$ $RNI = RNC + RNI$ $= \tau \cdot \alpha \cdot RSL \cdot N_{UFR}$ dove $RSL = 73 \cdot 10^3$ (scheda 2T) $RSL = 64 \cdot 10^3$ (scheda 4T)	RNC = risparmio netto contestuale α = coefficiente di additionalità quale rapporto tra risparmio netto e risparmio lordo. Esso è pari al 100% RSL = valore tabellato del risparmio specifico lordo di energia primaria conseguibile per singola unità fisica di riferimento valutato in relazione al tipo di utilizzo (riscaldamento o riscaldamento + ACS) e alla zona climatica (tabella scheda 3T) N_{UFR} = numero unità fisica di riferimento: - scaldacqua a metano a camera stagna e accensione piezoelettrica (scheda 2T) - appartamento tipo riscaldato (scheda 3T) - scaldacqua a gas a camera stagna e accensione piezoelettrica (scheda 4T) RNI = risparmio netto anticipato τ = coefficiente di durabilità o fattore moltiplicativo dei risparmi energetici riconosciuti nell'arco della vita utile degli interventi. Esso è pari a 2,65 RNI = risparmio netto integrale
			Tipo II			
3T	Installazione di caldaia unifamiliare a 4 stelle di efficienza alimentata a gas naturale e di potenza termica nominale non superiore a 35 kW	n. 234/02	Tipo II	Standardizzata	$RNC = \alpha \cdot RSL \cdot N_{UFR}$ $RNI = (r - 1) \cdot RNC$ $RNI = RNC + RNI$ $= \tau \cdot \alpha \cdot RSL \cdot N_{UFR}$ dove $RSL = 73 \cdot 10^3$ (scheda 2T) $RSL = 64 \cdot 10^3$ (scheda 4T)	RNC = risparmio netto contestuale α = coefficiente di additionalità quale rapporto tra risparmio netto e risparmio lordo. Esso è pari al 100% RSL = valore tabellato del risparmio specifico lordo di energia primaria conseguibile per singola unità fisica di riferimento valutato: - in relazione al COP nominale della pompa di calore elettrica utilizzata (tabella scheda 15T) - in relazione al settore d'intervento e alla fascia solare kWf (tabelle scheda 19T) N_{UFR} = numero unità fisica di riferimento: - appartamento tipo riscaldato (scheda 15T) - 1 kW di potenza frigorifera del condizionatore alle condizioni nominali (scheda 19T) RNI = risparmio netto anticipato τ = coefficiente di durabilità o fattore moltiplicativo dei risparmi energetici riconosciuti nell'arco della vita utile degli interventi. Esso è pari a 2,65 RNI = risparmio netto integrale
4T	Sostituzione di scaldacqua a gas, a camera aperta e fiamma pilota con scaldacqua a gas, a camera stagna e accensione piezoelettrica		Tipo II			
15T	Installazione di pompe di calore elettriche ad aria esterna in luogo di caldaie in edifici residenziali di nuova costruzione o ristrutturati	n. 111/04	Tipo I: - per impianti autonomi (0%) - per impianti centralizzati (0%)	Standardizzata	$RNC = \alpha \cdot RSL \cdot N_{UFR}$ $RNI = (r - 1) \cdot RNC$ $RNI = RNC + RNI$ $= \tau \cdot \alpha \cdot RSL \cdot N_{UFR}$	RNC = risparmio netto contestuale α = coefficiente di additionalità quale rapporto tra risparmio netto e risparmio lordo. Esso è pari al 100% RSL = valore tabellato del risparmio specifico lordo di energia primaria conseguibile per singola unità fisica di riferimento valutato: - in relazione al COP nominale della pompa di calore elettrica utilizzata (tabella scheda 15T) - in relazione al settore d'intervento e alla fascia solare kWf (tabelle scheda 19T) N_{UFR} = numero unità fisica di riferimento: - appartamento tipo riscaldato (scheda 15T) - 1 kW di potenza frigorifera del condizionatore alle condizioni nominali (scheda 19T) RNI = risparmio netto anticipato τ = coefficiente di durabilità o fattore moltiplicativo dei risparmi energetici riconosciuti nell'arco della vita utile degli interventi. Esso è pari a 2,65 RNI = risparmio netto integrale
			Tipo II: - per impianto autonomi (100%) - per impianti centralizzati (70%) Tipo III: - per impianto autonomi (0%) - per impianti centralizzati (70%)			
19T	Installazione di condizionatori ad aria esterna ad alta efficienza (potenza frigorifera < 12 kWf)	n. 70/05	Tipo I			

<p>26T</p>	<p>Installazione di sistemi centralizzati per la climatizzazione invernale e/o estiva di edifici a uso civile</p>	<p>EEEN 9/10</p> <p>Tipo I: - in ambiti metanizzati ($EP_{raff}/EP_{servizi}$) - in ambiti non metanizzati ($EP_{raff}/EP_{servizi}$)</p> <p>Tipo II: - in ambiti metanizzati ($EP_{risc} + EP_{acs} + EP_{servizi}$)</p> <p>Tipo III: - in ambiti non metanizzati ($EP_{risc} + EP_{acs} + EP_{servizi}$)</p>	<p>Analitico</p>	$RNC = RN$ $RN_i = (\tau - 1) \cdot RN$ $RN_i = RNC + RN_i$ $= \tau \cdot RN$ <p>dove</p> $RN = a \cdot RL = EP_{servizi} - EP_{comb}$ <p>dove</p> $EP_{servizi} = EP_{risc} + EP_{acs} + EP_{raff}$ $EP_{risc} = \rho \cdot T \cdot EF_{risc}$ $EP_{acs} = T \cdot EF_{acs}$ $EP_{raff} = \epsilon \cdot EF_{raff}$ $EP_{comb} = T \cdot EC$ $EP_o = \epsilon \cdot \Delta EF_o$	<p>RNC = risparmio netto contestuale</p> <p>α = coefficiente di addizionalità quale rapporto tra risparmio netto e risparmio lordo. Esso è pari al 100%</p> <p>RN = risparmio netto</p> <p>RN_i = risparmio netto anticipato</p> <p>τ = coefficiente di durabilità o fattore moltiplicativo dei risparmi energetici riconosciuti nell'arco della vita utile degli interventi. Esso è pari a 2,65 per gli interventi di categoria CIV-T, 1,87 per quelli CIV-INF</p> <p>RNI = risparmio netto integrale</p> <p>RL = risparmio lordo</p> <p>$EP_{servizi}$ = energia primaria per i servizi</p> <p>EP_{comb} = energia primaria corrispondente ai combustibili utilizzati dagli impianti (tep)</p> <p>EP_o = energia primaria corrispondente all'incremento dei consumi di energia elettrica ΔEFe (tep)</p> <p>EP_{acs} = energia primaria corrispondente all'energia termica fornita per riscaldamento (tep)</p> <p>EP_{raff} = energia primaria corrispondente all'energia frigorifera fornita (tep)</p> <p>ρ = coefficiente correttivo</p> <p>f_r = fattore di conversione da MWh, a tep pari a: $3600/41860 = 0,0860$ tep/MWh</p> <p>EF_{risc} = energia termica utile misurata in centrale, destinata a usi diretti di riscaldamento (ed eventualmente di produzione di acqua calda sanitaria, qualora avvenga col medesimo generatore) (MWh/it)</p> <p>η_{risc} = valore del rendimento di riferimento per la produzione di energia termica a fini di riscaldamento di edifici a uso civile da valutare tramite la formula: $0,7537 + 0,03 \cdot \log_{10} P_{risc}$</p> <p>$EF_{acs}$ = energia termica utile misurata in centrale, destinata a usi diretti di produzione di acqua calda sanitaria (qualora questa avvenga con generatore separato da quello per riscaldamento) (MWh/it)</p> <p>η_{raff} = valore del rendimento di riferimento per la produzione di energia termica a fini di produzione di acqua calda sanitaria da valutare tramite la formula: $0,7537 + 0,03 \cdot \log_{10} P_{raff}$</p> <p>$f_\epsilon$ = fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria, pari a 0,187 tep/MWh</p> <p>E_{raff} = energia frigorifera misurata in centrale, destinata a usi diretti di raffreddamento ambienti (MWh/it)</p> <p>ϵ_{raff} = indice di efficienza energetica stagionale del sistema frigorifero</p> <p>EC = contenuto energetico dei combustibili utilizzati, pari al prodotto tra la massa e il potere calorifico inferiore (MWh)</p> <p>ΔEFe = incremento dei consumi di energia elettrica associati al funzionamento del nuovo sistema di climatizzazione rispetto a quello di riferimento (MWh/e)</p>
------------	---	--	------------------	---	---

La certificazione energetica per l'edilizia sostenibile

27T	<p>Installazione di pompa di calore elettrica per produzione di acqua calda sanitaria in impianti nuovi ed esistenti</p> <p>EEN 15/10</p>	<p>26% Tipo I 67% Tipo II 7% Tipo III</p>	Standardizzata	$RNC = a \cdot RSL \cdot N_{UFR}$ $RNI = (1 - \tau) \cdot RNC$ $RNI = RNC + RNI_a$ $= \tau \cdot a \cdot RSL \cdot N_{UFR}$	<p><i>RNC</i> = risparmio netto contestuale <i>a</i> = coefficiente di addizionalità quale rapporto tra risparmio netto e risparmio lordo. Esso è pari al 100% <i>RSL</i> = valore tabellato del risparmio specifico lordo di energia primaria conseguibile per singola unità fisica di riferimento valutato in relazione al COP_n e alla zona climatica (tabella scheda 27T) <i>N_{UFR}</i> = numero unità fisica di riferimento: scaldacqua a pompa di calore elettrico per la produzione di (scheda 27T) <i>RNI_a</i> = risparmio netto anticipato <i>τ</i> = coefficiente di durabilità o fattore moltiplicativo dei risparmi energetici riconosciuti nell'arco della vita utile degli interventi. Esso è pari a 2,65 <i>RNI</i> = risparmio netto integrale.</p>
37E	<p>Nuova installazione di impianto di riscaldamento unifamiliare alimentato a biomassa legnosa di potenza 35 kW termici</p>	<p>Tipo II: - per i dispositivi installati in zone metanizzate</p> <p>Tipo III: - per i dispositivi installati in zone non metanizzate</p>	Standardizzata	$RNC = a \cdot RSL \cdot N_{UFR}$ $RNI_a = (1 - \tau) \cdot RNC$ $RNI = RNC + RNI_a$ $= \tau \cdot a \cdot RSL \cdot N_{UFR}$ <p>dove <i>RL</i> = $RSL \cdot N_{UFR}$ (solo per la scheda 38E)</p>	<p><i>RNC</i> = risparmio netto contestuale <i>a</i> = coefficiente di addizionalità quale rapporto tra risparmio netto e risparmio lordo. Esso è pari al 100% <i>RSL</i> = valore tabellato del risparmio specifico lordo di energia primaria conseguibile per singola unità fisica di riferimento valutato: - in riferimento alla modalità di riscaldamento (tabella scheda 37E) - in relazione alla classe energetica dell'edificio e alla classe di automazione degli impianti (tabella scheda 38E) <i>N_{UFR}</i> = numero unità fisica di riferimento: - abitazione tipo riscaldata (scheda 37E) - 1 m² di superficie calpestabile (scheda 38E) <i>RNI_a</i> = risparmio netto anticipato <i>τ</i> = coefficiente di durabilità o fattore moltiplicativo dei risparmi energetici riconosciuti nell'arco della vita utile degli interventi. Esso è pari a 2,65 (scheda 37E) e 1,87 (scheda 38E) <i>RNI</i> = risparmio netto integrale <i>RL</i> = risparmio lordo</p>
38E	<p>Installazione di sistema di automazione e controllo del riscaldamento negli edifici residenziali (<i>Building Automation and Control System</i>, BACS) secondo la norma UNI EN 15232</p> <p>D.M. Sviluppo economico 28 settembre 2012</p>	<p>Tipo I: - per i risparmi di energia elettrica per l'ottimizzazione della gestione dell'illuminazione e dei sistemi ausiliari dell'impianto</p> <p>Tipo II: - per i risparmi conseguiti con interventi effettuati in edifici con impianto di riscaldamento a gas</p> <p>Tipo III: - per i risparmi conseguiti con interventi effettuati in edifici con impianto di riscaldamento a gas</p>	Standardizzata	$RNC = a \cdot RSL \cdot N_{UFR}$ $RNI_a = (1 - \tau) \cdot RNC$ $RNI = RNC + RNI_a$ $= \tau \cdot a \cdot RSL \cdot N_{UFR}$ <p>dove <i>RL</i> = $RSL \cdot N_{UFR}$ (solo per la scheda 38E)</p>	<p><i>RNC</i> = risparmio netto contestuale <i>a</i> = coefficiente di addizionalità quale rapporto tra risparmio netto e risparmio lordo. Esso è pari al 100% <i>RSL</i> = valore tabellato del risparmio specifico lordo di energia primaria conseguibile per singola unità fisica di riferimento valutato: - in riferimento alla modalità di riscaldamento (tabella scheda 37E) - in relazione alla classe energetica dell'edificio e alla classe di automazione degli impianti (tabella scheda 38E) <i>N_{UFR}</i> = numero unità fisica di riferimento: - abitazione tipo riscaldata (scheda 37E) - 1 m² di superficie calpestabile (scheda 38E) <i>RNI_a</i> = risparmio netto anticipato <i>τ</i> = coefficiente di durabilità o fattore moltiplicativo dei risparmi energetici riconosciuti nell'arco della vita utile degli interventi. Esso è pari a 2,65 (scheda 37E) e 1,87 (scheda 38E) <i>RNI</i> = risparmio netto integrale <i>RL</i> = risparmio lordo</p>

<p>21T</p>	<p>Applicazione nel settore civile di piccoli sistemi di cogenerazione per la climatizzazione invernale ed estiva degli ambienti e la produzione di acqua calda sanitaria</p>	<p>Tipo I: - per alimentazione preesistente uguale o diversa da gas naturale ($R_{Nc} + R_{Nf}$) Tipo II: - per alimentazione preesistente a gas naturale (R_{Nf}) Tipo III: - per alimentazione preesistente diversa da gas naturale (R_{Nf})</p>	<p>$R_{Nc} = RN$ $R_{Nf} = (\tau - 1) \cdot RN$ $R_{NI} = R_{Nc} + R_{Nf}$ $R_{Ne} = \tau \cdot RN$ dove, per la scheda 21T: $R_{Nf} = a \cdot FL + R_{Nt} + R_{Nf} + R_{Ne}$ in cui $R_{Nt} = IRE_{mod} \cdot EPt$ con $(EPt = 0,086 \cdot EFf / (0,7537 + 0,03 \cdot \log_{10}(P_n)))$ $R_{Nf} = IRE_{mod} \cdot EPf$ con $(EPf = fE/3,0 \cdot EFf)$ $R_{Ne} = IRE_{mod} \cdot E_{cv} - E_e$ con $(E_{pe} = fE \cdot E_{\theta})$ $IRE_{mod} = (EP - EP_0)/EP$ con $EP = EPt + EPf + E_{pe}$ $E_{pc} = 0,086 \cdot E_c$</p>	<p>R_{Nc} = risparmio netto contestuale R_{Nf} = risparmio netto di energia primaria a = coefficiente di addizionalità quale rapporto tra risparmio netto e risparmio lordo. Esso è pari al 100% R_{Nf} = risparmio netto anticipato τ = coefficiente di durabilità che tiene conto dei casi in cui la vita tecnica degli interventi supera la vita utile definita ai sensi della vigente normativa (ossia il periodo di diritto all'emissione dei TEE), e che verrebbe pertanto utilizzato come fattore moltiplicativo dei risparmi energetici riconosciuti nell'arco della vita utile degli interventi. Esso è pari a 3,36 R_{NI} = risparmio netto integrale RL = risparmio lordo R_{Nt} = risparmio netto di energia termica R_{Nf} = risparmio netto di energia (frigorie) R_{Ne} = risparmio netto di energia elettrica IRE_{mod} = indice di risparmio energetico EPt = energia primaria corrispondente all'energia termica complessivamente fornita alle utenze EPt (tep) con EPf = energia termica complessivamente erogata dalla rete di tele riscaldamento e destinata a usi diretti di riscaldamento, post-riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria (MWh) P_n = Potenza nominale della caldaia sostituita o della caldaia di integrazione con la quale il calore verrebbe prodotto in assenza di cogeneratore (kW) E_{pe} = energia primaria corrispondente all'energia frigorifera fornita EP_f EP_f = energia frigorifera complessivamente erogata dalla rete di tele riscaldamento a fini di raffrescamento (MWh) EP_e = energia primaria corrispondente all'energia elettrica netta prodotta E_e (tep) E_{cv} = quota di E_e sulla quale è stato ottenuto il riconoscimento di certificati verdi (MWh_e) E_e = energia elettrica netta prodotta dall'impianto di cogenerazione e ridotta di quanto assorbito dai sistemi di distribuzione e di refrigerazione (MWh_e) f_e = fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria EP = energia primaria EP_c = energia primaria corrispondente ai combustibili non rinnovabili utilizzati dagli impianti E_c (tep) EPt = energia primaria corrispondente all'energia termica prodotta E_{cv} = contenuto energetico dei combustibili utilizzati nelle centrali di produzione, pari al prodotto tra la massa e il potere calorifico inferiore (MWh)</p>
<p>22T</p>	<p>Applicazione nel settore civile di sistemi di tele riscaldamento per la climatizzazione ambienti e la produzione di acqua calda sanitaria</p>	<p>Da valutare in base allo schema di calcolo (vedi sezione 6 scheda 22T)</p>	<p>Analitico</p>	<p>R_{Nc} = risparmio netto contestuale R_{Nf} = risparmio netto di energia primaria a = coefficiente di addizionalità quale rapporto tra risparmio netto e risparmio lordo. Esso è pari al 100% R_{Nf} = risparmio netto anticipato τ = coefficiente di durabilità che tiene conto dei casi in cui la vita tecnica degli interventi supera la vita utile definita ai sensi della vigente normativa (ossia il periodo di diritto all'emissione dei TEE), e che verrebbe pertanto utilizzato come fattore moltiplicativo dei risparmi energetici riconosciuti nell'arco della vita utile degli interventi. Esso è pari a 3,36 R_{NI} = risparmio netto integrale RL = risparmio lordo R_{Nt} = risparmio netto di energia termica R_{Nf} = risparmio netto di energia (frigorie) R_{Ne} = risparmio netto di energia elettrica IRE_{mod} = indice di risparmio energetico EPt = energia primaria corrispondente all'energia termica complessivamente fornita alle utenze EPt (tep) con EPf = energia termica complessivamente erogata dalla rete di tele riscaldamento e destinata a usi diretti di riscaldamento, post-riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria (MWh) P_n = Potenza nominale della caldaia sostituita o della caldaia di integrazione con la quale il calore verrebbe prodotto in assenza di cogeneratore (kW) E_{pe} = energia primaria corrispondente all'energia frigorifera fornita EP_f EP_f = energia frigorifera complessivamente erogata dalla rete di tele riscaldamento a fini di raffrescamento (MWh) EP_e = energia primaria corrispondente all'energia elettrica netta prodotta E_e (tep) E_{cv} = quota di E_e sulla quale è stato ottenuto il riconoscimento di certificati verdi (MWh_e) E_e = energia elettrica netta prodotta dall'impianto di cogenerazione e ridotta di quanto assorbito dai sistemi di distribuzione e di refrigerazione (MWh_e) f_e = fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria EP = energia primaria EP_c = energia primaria corrispondente ai combustibili non rinnovabili utilizzati dagli impianti E_c (tep) EPt = energia primaria corrispondente all'energia termica prodotta E_{cv} = contenuto energetico dei combustibili utilizzati nelle centrali di produzione, pari al prodotto tra la massa e il potere calorifico inferiore (MWh)</p>

1.3.2.5. Cumulabilità

I certificati bianchi non sono cumulabili con altri incentivi a carico delle tariffe dell'energia elettrica e il gas e con altri incentivi statali, fatto salvo l'accesso a fondi di garanzia, fondi di rotazione, contributi in conto interesse, detassazione del reddito d'impresa per l'acquisto di macchinari e attrezzature.

1.3.3. Conto termico (D.M. 28/2012)

1.3.3.1. Caratteristiche generali

Il regime di sostegno per la promozione della realizzazione di interventi di piccole dimensioni per l'aumento dell'efficienza energetica e la produzione di energia termica dagli impianti a fonti rinnovabili, introdotto dal D.Lgs. del 3 marzo 2011 n. 28, è stato reso attuativo dal D.M. del 28 dicembre 2012, *Conto Termico*, per il raggiungimento degli obiettivi fissati dai piani di azione per la promozione dell'efficienza energetica e delle energie rinnovabili. L'impegno di spesa è pari a 200 M€ per gli interventi realizzati dalle pubbliche amministrazioni e 700 m€ per gli interventi realizzati dai privati.

1.3.3.2. Descrizione del meccanismo

Il conto termico definisce il regime di sostegno per il quale è prevista l'erogazione di un incentivo calcolato sulla base della tipologia di intervento in funzione dell'incremento dell'efficienza energetica conseguibile e/o in funzione dell'energia producibile con gli impianti alimentati da fonti rinnovabili. Nello specifico, per gli interventi di incremento dell'efficienza energetica, viene corrisposto un contributo in conto capitale del 40% della spesa sostenuta, riferita ai costi massimi unitari ammissibili e al valore massimo dell'incentivo erogabile per tipologia d'intervento così come indicato nell'allegato I del D.M. 28/2012. Per gli interventi di produzione di energia termica da fonti rinnovabili e sistemi ad alta efficienza, il decreto prevede degli schemi di calcolo degli incentivi, in relazione alla tecnologia in essere, sulla base della taglia del generatore installato, dei coefficienti di valorizzazione dell'energia prodotta e della presunta producibilità di energia dall'impianto/sistema installato tenendo conto della zona climatica in cui si trova l'edificio oggetto dell'intervento. Solo nel caso dei generatori di calore a biomassa, il calcolo degli incentivi viene stabilito in relazione ai coefficienti premianti, emissioni di particolato ridotte, riferiti alla sostenibilità ambientale della tecnologia utilizzata rispetto ai parametri definiti nell'allegato II del D.M. 28/2012. Il soggetto responsabile della gestione del meccanismo inclusa l'erogazione di tale forma di incentivo è il GSE, che ha previsto per il rispetto dei requisiti tecnici e il calcolo degli incentivi apposite schede contenenti le informazioni relative all'immobile oggetto dell'intervento. Per ogni tipologia di intervento sono indicate anche le spese ammissibili e gli algoritmi per il calcolo dell'incentivo, dei costi massimi e degli incentivi massimi. Le modalità di accesso all'incentivo, mediante il portale internet dedicato, prevedono tre procedure: quella di accesso diretto (nel caso di interventi già realizzati), la prenotazione degli incentivi (prima della realizzazione degli interventi) accessibile alle sole pubbliche amministrazioni, e l'iscrizione ai registri informatici, solo per gli interventi di sostituzione di impianti di climatizzazione

invernale con quelli dotati di pompa di calore o generatori di calore a biomassa con potenza termica pari a $500 \text{ kW} < P_n < 1 \text{ MW}$. Il *Conto Termico* prevede inoltre la possibilità di avvalersi delle società di servizi energetici (ESCO), attraverso lo strumento del finanziamento tramite terzi prevedendo, dunque, un rapporto trilaterale tra il soggetto beneficiario (ente pubblico), il fornitore di energia (impresa produttrice) e il soggetto finanziatore (privato). Il periodo di erogazione dell'incentivo è variabile tra i 2 e 5 anni.

1.3.3.3. Soggetti ammessi al finanziamento

I beneficiari del *Conto Termico*, così come definiti dall'art. 3 comma 1-2 del D.M. 28/2012, sono ascrivibili a due categorie di soggetti:

- le amministrazioni pubbliche, in riferimento agli interventi per le due categorie definite dall'art. 4 comm1 e 2 del D.M. 28/2012;
- i soggetti privati, intesi come persone fisiche, condomini e soggetti titolari di reddito di impresa o di reddito agrario, in riferimento agli interventi relativi alla sola categoria definita dall'art. 4, comma 2 del D.M. 28/2012.

Tra i soggetti che possono beneficiare del *Conto Termico* figurano le ESCO, nella qualità di soggetto responsabile, così come definito dallo stesso decreto, che stipulano con i soggetti ammessi, contratti di servizio di energia e di finanziamento tramite terzi.

1.3.3.4. Tipologie di interventi

Secondo le modalità e nel rispetto delle prescrizioni indicate nell'allegato I del D.M. 28/2012 sono ammissibili per gli edifici esistenti le spese relative alle seguenti tipologie di interventi:

- 1) incremento dell'efficienza energetica negli edifici, parti di edifici o unità immobiliari di qualsiasi categoria catastale dotati di impianto di climatizzazione;
- 2) produzione di energia termica e sistemi ad alta efficienza (di piccole dimensioni).

Nello specifico, per quanto riguarda la tipologia 1), sono previsti:

- a) isolamento termico di superfici opache delimitanti il volume climatizzato;
- b) sostituzione di chiusure trasparenti comprensive di infissi delimitanti il volume climatizzato;
- c) sostituzione di impianti di climatizzazione invernale con generatori di calore a condensazione di qualsiasi potenza;
- d) installazione di sistemi di schermatura e/o ombreggiamento di chiusure trasparenti con esposizione da ESE a O, fissi o mobili, non trasportabili.

Per quanto riguarda la tipologia 2) sono previsti invece:

- a) sostituzione di impianti di climatizzazione invernale esistenti con impianti di climatizzazione invernale utilizzanti pompe di calore elettriche o a gas, anche geotermiche (con potenza termica utile nominale fino a 1000 kW);
- b) sostituzione di impianti di climatizzazione invernale o di riscaldamento delle serre

- esistenti e dei fabbricati rurali esistenti con generatori di calore alimentati da biomassa (con potenza termica nominale fino a 1000 kW);
- c) installazione di collettori solari termici, anche abbinati sistemi di *solar cooling* (con superficie solare lorda fino a 1000 m²);
- d) sostituzione di scaldacqua elettrici con scaldacqua a pompa di calore.

Il nuovo decreto introduce anche incentivi (se redatte contestualmente agli interventi proposti) per la realizzazione di diagnosi energetiche e di certificazioni energetiche. Tale incentivo, che copre il 100% delle spese sostenute, è calcolato sulla base della destinazione d'uso (E1, E3 e tutti gli altri edifici) e della superficie utile dell'immobile oggetto di intervento (fino a 1600 e oltre 1600 m² per la categoria E1 e fino a 2500 e oltre 2500 m² per tutti gli altri edifici) per un costo che varia tra i 1,50 e i 2,00 €/m² e un valore massimo erogabile che varia tra i 5.000 € e i 13.000 €.

1.3.3.5. Limiti incentivazione

Gli incentivi, riferiti all'immobile oggetto dell'intervento, sono utilizzabili una sola volta per singolo intervento dove possibile fino al raggiungimento della soglia massima di spesa prevista nel D.M. 28/2012.

L'incentivo è previsto per i soli edifici esistenti, nel rispetto dei limiti dei costi massimi di spesa e di relativo incentivo massimo erogabile fissati in relazione a ogni tipologia di intervento (tabella 1.5 e tabella 1.6).

Tabella 1.5. Calcolo degli incentivi per gli interventi di incremento dell'efficienza energetica

Tipologia	Costo massimo ammissibile (€)			Valore massimo incentivo (€)
Isolamento termico di superfici opache delimitanti il volume climatizzato	a) Copertura	Esterno	200 €/m ²	a + b + c = 250.000
		Interno	100 €/m ²	
		Ventilata	250 €/m ²	
	b) Pavimenti	Esterno	120 €/m ²	
		Interno ²	100 €/m ²	
		c) Pareti	Esterno	
	Interno		80 €/m ²	
	Parete ventilata		150 €/m ²	
	Sostituzione di chiusure trasparenti comprensive di infissi delimitanti il volume climatizzato	Zone climatiche	A, B, C	
D, E, F			450 €/m ²	60.000
Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale esistenti con impianti di climatizzazione invernale utilizzando generatori di calore a condensazione	P _n	≤ 35kWt	160 €/kWt	2.300
		> 35kWt	130 €/kWt	26.000
Installazione di sistemi di schermatura e/o ombreggiamento di chiusure trasparenti con esposizione da ESE a O, fissi o mobili, non trasportabili.	Schermature		150 €/m ²	20.000
Installazione di meccanismi automatici di regolazione e controllo	Sistemi automatici		30 €/m ²	3.000

Tabella 1.6. Calcolo degli incentivi per gli interventi di produzione di energia termica da fonti rinnovabili e l'incremento dell'efficienza energetica

Tipologia		Incentivo annuale massimo ammissibile $I_{a\text{tot}}$ determinabile mediante la seguente formula	Note
Pompe di calore	Elettriche (incluse quelle geotermiche)	$I_{a\text{tot}} = E_i \cdot C_i$ con $E_i = Q_u \cdot (1 - 1/COP)$ con $Q_u = P_n \cdot Q_{ur}$	E_i = energia termica prodotta annualmente C_i = a seconda della tecnologia installata indica il coefficiente di valorizzazione; dell'energia termica prodotta in €/kWh (tabella 4 D.M. 28/2012) Q_u = indica il calore prodotto dall'impianto indicato in kWh COP e GUE indicano i coefficienti di prestazione delle pompe di calore rispettivamente elettriche e a gas
	A gas (incluse quelle geotermiche)	$I_{a\text{tot}} = E_i \cdot C_i$ con $E_i = Q_u \cdot (1 - 0,46/GUE)$ con $Q_u = P_n \cdot Q_{ur}$	P_n = indica la potenza termica nominale del generatore di calore Q_{ur} = indica il numero di ore di funzionamento del generatore di calore (tabella 3 D.M. 28/2012)
Scaldacqua a pompa di calore	Capacità ≤ 150 litri	40% della spesa sostenuta	Incentivo max 400€
	Capacità > 150 litri		Incentivo max 700€
Generatori di calore alimentati a biomassa	Caldaje a biomassa $P_n \leq 500$ kW	$I_{a\text{tot}} = P_n \cdot h_r \cdot C_i \cdot C_e$	P_n = potenza termica nominale dell'impianto h_r = n. ore di funzionamento definite in relazione alla zona climatica (A, B, C, D, E, F) (tabella 6 D.M. 28/2012) C_i = indica il coefficiente di valorizzazione dell'energia termica prodotta a seconda della tecnologia installata in €/kWh (diversificati per impianti con $P_n < 35$ kW, 35 kW < $P_n < 500$ kW, $P_n > 500$ kW (tabella 5 D.M. 28/2012)
	Caldaje a biomassa 500 kW < P_n < 1000 kW		
	Stufe e termocamini a pellet	$I_{a\text{tot}} = 3,35 \ln(P_n) \cdot h_r \cdot C_i \cdot C_e$	C_e = coefficiente premiante in relazione alle emissioni di particolato primario comprensivo della frazione condensabile (per specifici range a seconda delle tipologie installate) (si veda la tabella 7 per le caldaie a legna, la tabella 8 per le caldaie a pellet, la tabella 9 per i termocamini e le stufe a legna, la tabella 10 per le stufe a pellet – D.M. 28/2012)
	Stufe a legna		
Solari termici		$I_{a\text{tot}} = C_i \cdot S_i$	C_i = coefficiente di valorizzazione dell'energia termica prodotta rispetto alla superficie lorda installata espresso in €/m ² (diversificati per impianti con superficie < 50 m ² o > 50 m ²) (tabella 13 D.M. 28/2012) S_i = indica la superficie lorda espressa in m ²
Solari termici con <i>solar cooling</i>			
Solari termici a concentrazione			
Solari termici a concentrazione con sistema di <i>solar cooling</i>			

1.3.3.6. Cumulabilità con altre agevolazioni

Per i soggetti pubblici, gli incentivi sono cumulabili, oltre che con i fondi di garanzia, i fondi di rotazione e i contributi in conto interesse, anche con contributi in conto capitale non statali, nei limiti di un finanziamento massimo pari al 100% delle spese ammissibili.

Per i soggetti privati, gli incentivi non sono cumulabili con altri incentivi statali, tra cui le detrazioni fiscali e i titoli di efficienza energetica (certificati bianchi). Con riferimento

agli interventi realizzati da soggetti privati titolari di reddito d'impresa o reddito agrario, gli incentivi sono cumulabili con altri incentivi non statali, nel limite del 60% previsto dalla legislazione sugli aiuti di Stato.

1.3.4. Detrazioni fiscali (Decreto Legge n. 63/2013 convertito nella Legge n. 90 del 3 agosto 2013)

1.3.4.1. Caratteristiche generali

Il sistema delle detrazioni d'imposta delle spese, sostenute per la realizzazione di interventi volti al contenimento dei consumi energetici degli edifici esistenti, è stato introdotto dalla Legge n. 296 del 27 dicembre 2007, *Finanziaria 2007*. L'art. 1, ai commi 344-349, norma la detrazione del 55% delle spese sostenute per la riqualificazione energetica degli edifici per gli interventi che interessano la realizzazione di pareti, pavimenti coperture e finestre, l'installazione di pannelli solari, la sostituzione di impianti di climatizzazione idonei al conseguimento di determinati livelli di risparmio e le relative modalità di concessione a partire dal 1° gennaio 2007.

La tipologia di interventi per i quali spetta la detrazione e la procedura per richiederla sono stati successivamente specificati nel D.M. 19 febbraio 2007. Con la Circolare 36/E del 31 maggio 2007 l'Agenzia delle Entrate ha fornito ulteriori chiarimenti sulla detrazione.

La detrazione fiscale del 55% è stata poi prorogata fino al 31 dicembre 2008 dalla Legge 24 dicembre 2007 n. 244 (art. 1 comma 20-24), *Finanziaria 2008*, norma che ha individuato tra i possibili interventi anche quelli su coperture e solai modificando i coefficienti di trasmittanza per le strutture opache orizzontali. Essa ha inoltre esteso l'agevolazione alla sostituzione integrale dell'impianto di climatizzazione invernale con pompe di calore ad alta efficienza e con impianti geotermici a bassa entalpia. Per il periodo che intercorre tra 1° gennaio 2008 al 1° gennaio 2010, con il D.M. dell'11 marzo 2008, sono stati fissati i valori limite di fabbisogno energetico e della trasmittanza termica in riferimento agli interventi relativi alle strutture opache verticali, orizzontali e alle finestre.

Il D.M. del 7 aprile 2008 in attuazione della Finanziaria 2008 ha aggiornato al 2010 quanto fino ad allora stabilito, prescrivendo le specifiche tecniche e le procedure, apportando alcune modifiche ai requisiti da rispettare per fruire delle detrazioni; ha inoltre imposto il rispetto dei limiti così come definiti dal D.M. del marzo 2008, ha introdotto la procedura semplificata per il calcolo dell' Ep_i dell'edificio, e ha definito delle schede informative per la sostituzione degli infissi e l'installazione di pannelli solari. Alcune modifiche e semplificazioni procedurali sono state successivamente apportate dal D.M. del 6 agosto 2009.

L'Agenzia delle Entrate ha in seguito reso obbligatoria, mediante la Legge n. 2 del 28 gennaio 2009, la detrazione delle imposte in ripartita in cinque rate annuali di pari importo, per tutte le spese sostenute a partire dal 1° gennaio 2009. I limiti di trasmittanza termica dei serramenti sono stati revisionati dal D.M. del 26 gennaio 2010; mentre è stata

introdotta una ritenuta d'acconto del 10% sui bonifici versati dai clienti che usufruiscono della detrazione con il D.Lgs. 78/2010; la stessa è stata ridotta al 4% dal D.Lgs. n. 98 del 6 luglio 2011.

Ulteriori proroghe della detrazione fiscale del 55% si sono avute:

- fino al 31 dicembre 2011, con la Legge n. 220 del 13 dicembre 2010, *Legge di stabilità*, che ha inoltre portato da 5 a 10 anni il periodo di detrazione delle spese;
- fino al 31 dicembre 2012 con la Legge n. 214 del 22 dicembre 2011, *Manovra salva Italia*, che ha inoltre aggiunto tra gli interventi agevolabili anche la sostituzione degli scaldacqua tradizionali con quelli a pompa di calore dedicati alla produzione di acqua calda sanitaria;
- fino al 30 giugno 2013 con il D.Lgs. n. 83 del 22 giugno 2012 convertito nella Legge n. 134 del 7 agosto 2012.

In ultima istanza, in attuazione della Direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica degli edifici, il Decreto Legge n. 63 del 4 giugno 2013 convertito nella Legge n. 90 del 3 agosto 2013 ha incrementato la percentuale della detrazione dal 55% al 65% e ha prorogato l'agevolazione fino al 31 dicembre 2013 per i privati e fino al 30 giugno 2014 per gli interventi su parti comuni dei condomini o tutte le unità immobiliari del condominio. Inoltre il Governo si impegna a rendere queste detrazioni stabili nel tempo già a partire dal 1° gennaio 2014.

1.3.4.2. Descrizione del meccanismo

La detrazione d'imposta del 65% è un'agevolazione prevista dalla legge nazionale applicabile agli edifici esistenti. A differenza dell'agevolazione per le ristrutturazioni che riguardano solo gli edifici residenziali, quella per la riqualificazione energetica comprende tutte le categorie catastali e strumentali (B, C, D, E, A/10) così come definito dall'art. 43 del TUIR.

Essendo una detrazione dalle imposte sul reddito, e non di un credito d'imposta, il presupposto per godere del beneficio è avere capienza d'imposta e, pertanto, in primo luogo essere un soggetto passivo IRPEF o IRES. L'agevolazione consiste pertanto in una detrazione del 65% sulle spese sostenute, per i soli interventi indicati dalla legge, entro il 31 dicembre 2013 per i soggetti privati, ed entro il 30 giugno 2014 per i condomini. Tale detrazione viene ripartita in 10 quote annuali di pari importo.

Requisito necessario per ottenere la detrazione d'imposta sul reddito del 65% per tutti gli altri interventi, a eccezione dell'installazione dei pannelli solari, è la presenza nell'edificio di un impianto di riscaldamento.

I limiti massimi delle detrazioni sono definiti in relazione alla tipologia di intervento e nello specifico per gli interventi di riqualificazione energetica degli edifici esistenti il valore massimo è di 100.000 € (limite di spesa 153.846,15 €); per gli interventi eseguiti sull'involucro degli edifici, di parti di edifici o di singole unità immobiliari, riguardanti le unità tecnologiche quali strutture opache verticali e orizzontali e infissi e per l'installazio-

ne di pannelli solari per la produzione di acqua calda il valore massimo è 60.000 € (limite di spesa 92.307,69 €); per gli interventi che prevedono la sostituzione degli impianti di climatizzazione invernale il valore massimo è 30.000 € (limite di spesa 46.153,85 €). Il periodo di erogazione dell'incentivo varia tra i 2 e i 5 anni, in funzione della tipologia di intervento realizzato.

1.3.4.3. Soggetti ammessi al finanziamento

I beneficiari della detrazione del 65% per la riqualificazione energetica degli edifici sono tutti i contribuenti (IRPEF e IRES) residenti e non residenti, anche se titolari di reddito d'impresa, che possiedono, a qualsiasi titolo, l'immobile oggetto di intervento.

Nello specifico per quanto riguarda le agevolazioni fiscali per il risparmio energetico sono ammesse:

- le persone fisiche (compresi gli esercenti arti e professioni, i titolari di un diritto reale sull'immobile, i condomini, gli inquilini, chi detiene l'immobile in comodato);
- i contribuenti che conseguono reddito d'impresa (persone fisiche, società di persone, società di capitali);
- le associazioni tra professionisti;
- gli enti pubblici e privati che non svolgono attività commerciale.

Possono usufruire della detrazione anche i familiari conviventi con il possessore o i coniugi, i parenti entro il terzo grado e gli affini entro il secondo grado che hanno sostenuto le spese per la realizzazione dei lavori, a eccezione delle spese sostenute per gli immobili utilizzati esclusivamente per l'esercizio commerciale.

Inoltre non è possibile usufruire dell'agevolazione sugli immobili alla cui produzione o scambio è diretta l'attività d'impresa, per le imprese di costruzione, ristrutturazione edilizia e vendita.

1.3.4.4. Tipologia di interventi

La detrazione d'imposta del 65% è prevista per le spese sostenute per le seguenti tipologie di interventi:

- riqualificazione energetica globale degli edifici esistenti;
- sull'involucro degli edifici, di parti di edifici o di singole unità immobiliari, riguardanti le unità tecnologiche quali strutture opache verticali e orizzontali e infissi;
- installazione di pannelli solari per la produzione di acqua calda;
- sostituzione degli impianti di climatizzazione invernale.

Gli interventi di riqualificazione energetica degli edifici esistenti comprendono tutti quegli interventi che permettono il raggiungimento dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale, in termini di riduzione del fabbisogno energetico annuo di energia primaria così come definito dal D.Lgs. 152/09, affinché non vengano superati i valori limite definiti dal D.M. dell'11 marzo 2008 modificato dal decreto 26 gennaio

2010. Gli indici che misurano il risparmio energetico sono riferiti alla categoria dell'edificio, alla zona climatica e al rapporto di forma.

Gli interventi eseguiti sull'involucro degli edifici, di parti di edifici o di singole unità immobiliari riguardano quelli riferiti alle unità tecnologiche quali strutture opache verticali e orizzontali e infissi solo nel caso in cui rispettino i limiti di trasmittanza indicati nel D.M. dell'11 marzo 2008 modificato dal Decreto 26 gennaio 2010.

Gli interventi di installazione di pannelli solari per la produzione di acqua calda fanno riferimento alle spese sostenute per la copertura del fabbisogno di acqua calda in piscine, strutture sportive, case di ricovero e cura, istituti scolastici e università, sia per uso domestico che industriale.

Gli interventi di sostituzione di impianti di climatizzazione invernale fanno riferimento all'installazione di caldaie a condensazione e contestuale messa a punto del sistema di distribuzione, la sostituzione di impianti di riscaldamento con pompe di calore ad alta efficienza e impianti geotermici a bassa entalpia e contestuale messa a punto del sistema di distribuzione, o infine la sostituzione di scaldacqua tradizionali con scaldacqua a pompa di calore dedicati alla produzione di acqua calda sanitaria.

1.3.4.5. Criticità

Per quanto riguarda l'installazione di pannelli solari, se si installa un sistema termodinamico finalizzato alla produzione combinata di energia termica e di energia elettrica, possono essere oggetto di detrazione solo le spese sostenute per la parte riferibile alla produzione di energia termica. In questo caso la quota di spesa detraibile può essere determinata in misura percentuale sulla base del rapporto tra l'energia termica prodotta e quella complessivamente sviluppata dall'impianto.

Trattandosi di una detrazione dalle imposte sul reddito, e non di un credito d'imposta, il presupposto per godere del beneficio dell'agevolazione del 65% è avere capienza d'imposta.

1.3.4.6. Cumulabilità con altre agevolazioni

La detrazione d'imposta del 65% non è cumulabile né con incentivi riconosciuti dalla Comunità Europea, dalle Regioni o dagli Enti Locali, né con qualsiasi altra forma di agevolazione prevista dalle leggi a livello nazionale. Qualora la tipologia di intervento dell'edificio rientri sia nell'agevolazione per la riqualificazione energetiche che per le ristrutturazioni è possibile usufruire di un solo beneficio fiscale, in ottemperanza agli adempimenti previsti dalla legge.

pagina 50 bianca

2. Classificazione della qualità ambientale *indoor*

2.1. Classi di qualità termica *indoor* e valutazione in campo

di Stefano Paolo Corgnati e Roberta Ansaldi

2.1.1. Standard EN 15251: aspetti generali

Lo standard EN 15251, *Indoor environmental parameters for assessment of energy performance of buildings, addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics*, [1] ha lo scopo di specificare i parametri e i criteri ambientali a cui far riferimento per raggiungere gli obiettivi di prestazione energetica degli edifici, indicati dalla Direttiva Europea EPBD 2002/92/CE [2] e della successiva EPBD *Recast* del 2010. Questo standard si applica a edifici non industriali, ovvero dove i processi produttivi non hanno un impatto rilevante sulle condizioni ambientali *indoor*, quindi l'obiettivo da perseguire è il raggiungimento di condizioni di comfort, oltre che di salute e sicurezza, per gli occupanti. Lo standard specifica come criteri di progetto possono essere stabiliti e utilizzati per il dimensionamento dell'edificio e degli impianti. Definisce, inoltre, i principali parametri da utilizzare come input per i calcoli energetici. Infine, identifica i parametri da utilizzare per il monitoraggio e per una valutazione dell'ambiente *indoor*.

Sono presi in considerazione i seguenti aspetti di qualità ambientale *indoor*: comfort termico, qualità dell'aria, comfort visivo e comfort acustico. I criteri specificati dallo standard possono essere utilizzati come input dagli altri standard europei, riguardanti il dimensionamento dei sistemi di climatizzazione e il calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici. Lo standard introduce alcune interessanti ipotesi metodologiche e dà indicazioni per il progetto dei sistemi per il controllo climatico *indoor* (riscaldamento, raffrescamento, ventilazione, illuminazione, controllo del rumore) e per la classificazione della qualità ambientale *indoor*, sia nella fase di progetto (*design rating*) che nella fase di esercizio (*operational rating*). In particolare, lo standard introduce un nuovo approccio basato su categorie di qualità ambientale *indoor*: categorie diverse possono essere utilizzate a seconda del tipo di edificio, del tipo di occupanti, del tipo di clima esterno, ecc. Le categorie indicate sono quattro: I (livello elevato di aspettativa), II (livello normale di aspettativa), III (livello moderato di aspettativa), IV (accettabile solo per un periodo limitato dell'anno). Ogni categoria corrisponde a una diversa percentuale prevista di utenti soddisfatti. Lo stesso approccio è stato adottato da altri standard sul comfort, tra cui l'attuale standard sul comfort termico EN ISO 7730 [3]. La tabella 2.1 riporta una descrizione di ogni categoria specificata dallo standard EN15251.

Tabella 2.1. Categorie di qualità ambientale indoor specificate dallo standard EN 15251 [1]

Categoria	Spiegazione
I	Elevato livello di aspettativa. Raccomandato per ambienti occupati da persone molto sensibili e fragili, con esigenze particolari, come handicappati, malati, bambini molto piccoli e persone anziane
II	Livello normale di aspettativa. Dovrebbe essere utilizzato per edifici di nuova costruzione e per ristrutturazioni dell'esistente
III	Livello moderato di aspettativa. Accettabile, può essere utilizzato per edifici esistenti
IV	Valori al di fuori dei criteri delle categorie precedenti. Questa categoria dovrebbe essere accettata solo per un periodo limitato dell'anno

Per la classificazione della qualità ambientale *indoor*, lo standard EN 15251 considera i seguenti aspetti:

1. criteri termici per il periodo invernale;
2. criteri termici per il periodo estivo;
3. criteri di qualità dell'aria e ventilazione;
4. criteri di illuminazione;
5. criteri acustici.

Lo standard propone diversi tipi di classificazione dell'ambiente *indoor*:

1. criteri usati per i calcoli energetici semplificati (ad esempio: intervalli di temperatura di progetto);
2. simulazioni dinamiche delle condizioni termiche *indoor* e del consumo energetico di un ambiente o edificio, riferite a un intero anno (edifici nuovi o esistenti);
3. misure sul lungo periodo di parametri selezionati dell'ambiente *indoor* (edifici esistenti);
4. risposte soggettive degli utenti (edifici esistenti).

Quindi il criterio su cui si basa la classificazione deve essere specificato, in quanto il risultato della classificazione dipende da questo e ha un significato diverso a seconda del criterio utilizzato. Vari esempi di classificazioni sono riportati nelle tabelle 2.2, 2.3 e 2.4, estratte dall'*annex I* dello standard.

Nel primo esempio (tabella 2.2) la classificazione si basa sui criteri utilizzati per i calcoli energetici.

Tabella 2.2. Esempio: classificazione basata sui criteri per i calcoli energetici [1]

Criteria of indoor environment	Category of this building	Design criteria
Thermal conditions in winter	II	20-24 °C
Thermal conditions in summer	III	22-27 °C
Air quality indicator, CO ₂	II	500 ppm above outdoor
Ventilation rate	II	1 l/sm ²
Lighting	-	$E_m > 500$ lx; $UGR < 19$; $80 < R_a$
Acoustic environment	-	Indoor noise < 35 dB(A) Noise from outdoors < 55 dB(A)

Nel secondo esempio (tabella 2.3) la classificazione è basata su una simulazione dinamica di lungo periodo: è possibile ottenere dei profili temporali di temperature, tassi di ventilazione e concentrazioni di CO₂, attraverso simulazioni dinamiche al computer; quindi è possibile calcolare la percentuale di tempo i cui i parametri esaminati ricadono in ognuna delle quattro categorie. Lo standard dà anche un'indicazione su come valutare un intero edificio: la percentuale di tempo corrispondente a ogni spazio rappresentato può essere pesato in base alla superficie in pianta, per ottenere una media pesata per l'intero edificio.

Tabella 2.3. Esempio: classificazione basata su simulazione dinamica al computer, o su monitoraggio in campo, riferita a un anno di tempo [1]

Quality of indoor environment in % of time in four categories				
Percentage	5	7	68	20
Thermal environment	IV	III	II	I
Percentage	7	7	76	10
Indoor air quality	IV	III	II	I

Nel terzo esempio, i parametri ambientali *indoor* vengono misurati in spazi rappresentativi, con continuità, per un periodo rappresentativo di tempo. I dati sono analizzati e rappresentati nello stesso modo utilizzato per i dati ottenuti con la simulazione dinamica (tabella 2.3).

Nel quarto esempio, la certificazione è basata sui giudizi soggettivi degli occupanti. I risultati di un'indagine soggettiva possono essere rappresentati come nella tabella 2.4 e ogni categoria deve essere associata a una percentuale di utenti soddisfatti.

Tabella 2.4. Esempio: risultati di un'indagine soggettiva [1]

Classification based on occupants' responses	Percentage						
	People finding the thermal environment acceptable	85					
People finding the indoor air quality acceptable	80						
Distribution on thermal sensation votes	- 3	- 2	- 1	0	+ 1	+ 2	+ 3
	0	5	10	53	20	10	2
Distribution of temperature preference	Colder			Unchanged		Warmer	
	20			75		5	

2.1.2. Standard EN 15251: qualità termica indoor

Lo standard EN 15251 fornisce i valori raccomandati per le categorie termiche, per edifici a controllo climatico meccanico, come riportato in tabella 2.5. Gli intervalli sono espressi in funzione degli indici di comfort *PMV* e *PPD* [5], come nello standard EN 7730 [3].

Tabella 2.5. Esempio di categorie per il progetto di ambienti riscaldati o raffrescati meccanicamente [1]

Category	Thermal state of the body as a whole	
	PPD (%)	Predicted Mean Vote
I	< 6	$-0,2 < PMV < +0,2$
II	< 10	$-0,5 < PMV < +0,5$
III	< 15	$-0,7 < PMV < +0,7$
IV	> 15	$PMV < -0,7$ or $+0,7 < PMV$

È interessante notare come l'accuratezza di misura o di valutazione dei sei parametri, necessari per il calcolo del PMV , abbia un'influenza determinante nel valore ottenuto dell'indice [6]: quindi, se l'accuratezza di misura non è nota, l'accuratezza del PMV potrebbe portare a una erronea classificazione dell'ambiente.

Gli intervalli raccomandati per il PMV determinano i valori delle temperature *indoor* di progetto. Assumendo determinati livelli di attività metabolica e di resistenza termica dell'abbigliamento, tipici degli ambienti e del periodo in esame, un'umidità relativa del 50% e una velocità media dell'aria molto bassa, è possibile ottenere i corrispondenti intervalli di temperatura operativa. La temperatura operativa ottimale ($PMV = 0$) è la stessa per ogni categoria, mentre varia l'ampiezza dell'intervallo intorno a essa, da una categoria all'altra. Tali intervalli possono essere utilizzati come riferimento per un'analisi di lungo periodo della qualità termica. È importante, però, notare che, data l'elevata sensibilità del PMV alle variazioni dei parametri microclimatici, lo stesso valore di temperatura operativa può corrispondere a diversi valori di PMV e anche a categorie diverse, a seconda dei valori di temperatura dell'aria e temperatura media radiante [7]. Quindi i valori di temperatura operativa riportati dagli standard [3, 4] sono validi in ambienti uniformi, caratterizzati da una temperatura media radiante pressoché uguale alla temperatura dell'aria. Quest'aspetto deve essere preso in considerazione nel momento in cui si utilizzano gli intervalli di temperatura operativa come riferimento per la classificazione dell'ambiente termico *indoor*.

Lo standard EN 15251 introduce un aspetto innovativo nell'*annex A*, riguardante il progetto di ambienti privi di raffrescamento meccanico. Per il dimensionamento dei controlli passivi, durante la stagione estiva, nel caso in cui gli utenti abbiano sufficienti opportunità di controllo sui sistemi e di adattamento personale, lo standard raccomanda di fare riferimento alle temperature di progetto di figura 2.1.

Gli intervalli di accettabilità per le temperature operative *indoor* sono espressi in funzione di un indice di temperatura esterna, la temperatura esterna media corrente.

Questo metodo opzionale è valido nel caso in cui gli ambienti siano dotati di finestre apribili, facilmente raggiungibili e gestibili dagli utenti. L'apertura e chiusura delle finestre deve essere il principale mezzo di regolazione delle condizioni climatiche *indoor*, può essere eventualmente utilizzata la ventilazione meccanica (ventilatore), ma non deve essere utilizzato nessun raffrescamento meccanico. Può esistere un sistema di riscaldamento, ma il diagramma è applicabile quando questo non è attivo. Il diagramma si riferisce a un'attività metabolica sedentaria (1,0÷1,3 met), inoltre presuppone che non esistano regole troppo rigide sul tipo di abbigliamento, così da poter avere una sufficiente opportunità di adattamento personale.

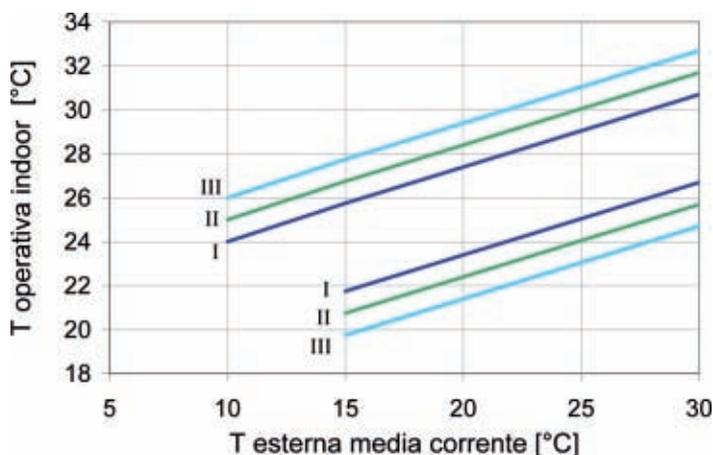


Figura 2.1. Valori di progetto per le temperature operative indoor, in edifici privi di raffrescamento meccanico [1]

Le temperature limite di figura 2.1 permettono al progettista di verificare le temperature estive *indoor* e di adottare una serie di soluzioni passive, tali da ridurre il carico termico entrante, quali superfici vetrate correttamente dimensionate e orientate, finestre apribili sufficienti a garantire il raffrescamento attraverso la ventilazione naturale, schermi solari correttamente progettati, componenti edilizi con elevata capacità termica.

Lo standard EN 15251 introduce anche un criterio, lo stesso adottato anche dagli standard EN-ISO 7730 e ASHRAE 55, per tenere conto dell'effetto della velocità dell'aria in condizioni estive (temperatura operativa interna > 25 °C): velocità dell'aria più elevate possono essere utilizzate per compensare temperature elevate, quindi i limiti di accettabilità possono essere alzati di qualche grado. Questo è possibile dove la velocità dell'aria possa essere controllata direttamente dall'utente.

2.1.3. Valutazione in campo della qualità termica indoor

La procedura di seguito descritta si basa su monitoraggi in campo di lungo periodo, allo scopo di descrivere la qualità microclimatica indoor relativamente a un periodo significativo di tempo, ad esempio una stagione. La procedura è applicabile alla valutazione di tutti gli aspetti della qualità indoor. Nella presente trattazione essa viene applicata allo specifico aspetto della qualità termica.

2.1.3.1. Caratterizzazione dei locali da monitorare

La procedura di monitoraggio della qualità *indoor* in campo deve partire da una caratterizzazione degli ambienti in esame. Le caratteristiche fondamentali di ogni ambiente devono essere evidenziate: geometria, condizioni al contorno, caratteristiche termo-fisiche dell'involucro edilizio, modalità di controllo climatico interno, posizioni degli occupanti, ecc. Alcuni

di questi aspetti sono di fondamentale importanza per poter definire appropriati intervalli di accettabilità termica per gli occupanti [1, 4, 5].

Nella pratica operativa, si monitora principalmente la temperatura dell'aria. Affinché la temperatura dell'aria sia sufficientemente rappresentativa delle condizioni ambientali, occorre che siano verificate certe condizioni al contorno: per dettagli si rimanda ad Ansaldo R., *Thermal quality assessment in existing buildings*, PhD thesis, Department of Energy, Politecnico di Torino, Italy, 2008.

2.1.3.2. Strumenti di misura

Vari tipi di strumenti adatti a un monitoraggio di lungo periodo sono disponibili sul mercato; essi sono caratterizzati da diversi livelli di performance, prezzi, dimensioni, tipo di trasmissione dei dati, ecc. Tra i possibili strumenti, esistono anche stazioni fisse di monitoraggio, con sonde di temperatura e velocità dell'aria e temperatura radiante, come quella descritta da Arens in [9], utilizzata presso la Berkeley, University of California per monitoraggi di lungo periodo dell'ambiente termico. Al momento, gli strumenti che meglio si adattano a un monitoraggio di lungo periodo, esteso a interi edifici, come quello qui illustrato, per la loro semplicità di utilizzo, il ridotto disturbo delle normali attività degli utenti, con il vantaggio di avere costi relativamente bassi, sono piccoli *datalogger* (figura 2.2) di sola temperatura dell'aria oggi disponibili in versione wireless.

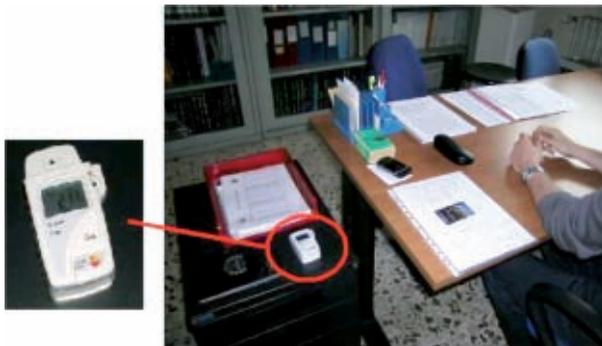


Figura 2.2. *Datalogger* di temperatura utilizzato per monitoraggio di lungo periodo dell'ambiente termico

2.1.3.3. Protocollo di misura

La caratterizzazione degli ambienti, precedentemente descritta, è importante anche per il corretto posizionamento dei *datalogger* di temperatura, per effettuare un monitoraggio di lungo periodo.

Uno o più *datalogger* possono essere posizionati in un locale, tenendo conto della superficie in pianta e del numero di occupanti. I dati monitorati devono essere rappresentativi dell'area occupata, quindi i *datalogger* devono essere posizionati all'interno dell'area occupata, il più vicino possibile alla reale posizione degli occupanti, a un'altezza media (tra

0,6 m e 1,1 m da terra). Inoltre, ogni *datalogger* deve essere schermato dalla radiazione solare diretta e non deve essere in prossimità di sorgenti di calore; è importante che sia sufficientemente aerato, per facilitare lo scambio termico convettivo tra aria e sensore. La posizione non deve essere modificata nel corso del monitoraggio.

Per valutare la qualità termica di un intero edificio, una scelta corretta dei locali rappresentativi è fondamentale. In ogni locale rappresentativo viene effettuato il monitoraggio. La scelta dei locali e l'assegnazione di un peso a ognuno di essi, in relazione alla qualità termica globale dell'intero edificio, sono i primi passi per l'analisi di un edificio.

Tutti gli spazi interni di un edificio possono essere divisi in gruppi (zone termiche), sulla base dei seguenti criteri: condizioni al contorno, caratteristiche fisico-tecniche dell'involucro, tipo di attività svolta, profilo di occupazione, modalità di controllo climatico.

A seconda dello scopo della certificazione, il periodo di monitoraggio può essere diverso. Qui vengono proposti tre tipi di monitoraggio:

- monitoraggio annuale (continuo per almeno il 90% del totale periodo di occupazione);
- monitoraggio stagionale (nel report del monitoraggio il periodo esatto deve essere indicato e solo i dati di periodi equivalenti possono essere confrontati);
- monitoraggio mensile (continuo per 30 giorni, ovvero circa 20 giorni lavorativi).

Il monitoraggio mensile può essere utilizzato per una valutazione più dettagliata e può essere un completamento di un'analisi stagionale o annuale, per un esame più approfondito del mese più critico.

2.1.4. Procedura di valutazione

Attraverso il confronto tra i dati di temperatura monitorati e gli intervalli di accettabilità, è possibile effettuare un'analisi dei dati e una valutazione della qualità termica degli ambienti in esame e di un intero edificio.

Prima di tutto, a partire dai dati monitorati (preferibilmente misurati a intervalli di 15 minuti), è necessario calcolare i valori medi orari; inoltre è fondamentale selezionare solo i dati corrispondenti alle ore di occupazione dei locali, se si vuole dare un giudizio in relazione al comfort termico degli occupanti.

Per poter effettuare una diagnosi e una classificazione della qualità termica di un singolo ambiente e per poi estendere questo tipo di valutazione anche a un intero edificio, è necessario passare da un'osservazione dettagliata dei dati (esame del profilo temporale, confronto tra condizioni climatiche interne ed esterne) a una più sintetica, legata alla frequenza con cui i dati rilevati ricadono negli intervalli di accettabilità. Per fare ciò, si introducono qui vari indici di lungo periodo.

Partendo da un approccio introdotto dallo standard UNI 10829 [10], con lo scopo della conservazione del patrimonio storico e artistico e dagli standard EN-ISO 7730 [3] e EN 15251 [1], riguardanti il comfort termico, sono stati definiti diversi indici, per poter effettuare un'analisi della qualità termica di un ambiente sul lungo periodo.

Il *Performance Index (PI)*, introdotto in [11, 12], riferito a un particolare parametro microclimatico, è definito come la percentuale di tempo in cui il parametro ricade all'interno dell'intervallo di accettabilità:

$$PI \cdot [\%] = \left(\frac{\sum \tau_{(t \text{ within tolerance range})}}{\text{total occupancy time}} \right) \cdot \% \quad (2.1)$$

Il complementare del *Performance Index* è definito *Failure Index (FI)* ed esprime la percentuale di tempo in cui il parametro monitorato ricade all'esterno dell'intervallo di accettabilità: $FI \cdot [\%] = 1 - PI$.

Mentre temperature indoor troppo basse possono essere associate a un riscaldamento non sufficiente dell'ambiente, temperature troppo alte non dipendono sempre da un eccessivo riscaldamento, ma possono derivare ad esempio dagli apporti solari o interni. Per poter effettuare una diagnosi più dettagliata e analizzare i fattori che causano uno scostamento del parametro dall'intervallo di accettabilità, sono stati definiti due *Failure Index* parziali:

- *Cool Failure Index (FI_C)* = percentuale di tempo in cui la temperatura *indoor* ricade al di sotto del limite inferiore di accettabilità:

$$FI_C \cdot [\%] = \left(\frac{\sum \tau_{(t \text{ under lower limit})}}{\text{total occupancy time}} \right) \cdot \% \quad (2.2)$$

- *Warm Failure Index (FI_W)* = percentuale di tempo in cui la temperatura indoor ricade al di sopra del limite superiore di accettabilità:

$$FI_W \cdot [\%] = \left(\frac{\sum \tau_{(t \text{ over upper limit})}}{\text{total occupancy time}} \right) \cdot \% \quad (2.3)$$

Il primo indice (*FI_C*) evidenzia ambienti troppo freddi; il secondo (*FI_W*) mostra, al contrario, ambienti troppo caldi. Nel caso di valori relativamente alti di questi indici parziali, un esame più approfondito può permettere di capire se ciò è dovuto a una cattiva gestione dell'impianto, o al clima esterno, o a particolari variazioni degli apporti interni, ecc.

Durante il periodo di riscaldamento, *FI_W* non solo concorre a definire la qualità termica di un ambiente, ma può anche fornire un segnale di allarme, che suggerisce di indagare sulle cause di eccessivo riscaldamento e, se possibile, verificare il comportamento degli utenti. Infine, per una migliore analisi della qualità termica, sono stati definiti e utilizzati per la classificazione due *Failure Index* pesati:

- *Weighted Cool Failure Index (FI_{C-W})* = percentuale di tempo in cui la temperatura *indoor* ricade al di sotto del limite inferiore di accettabilità, pesata attraverso un fattore *wf*: