

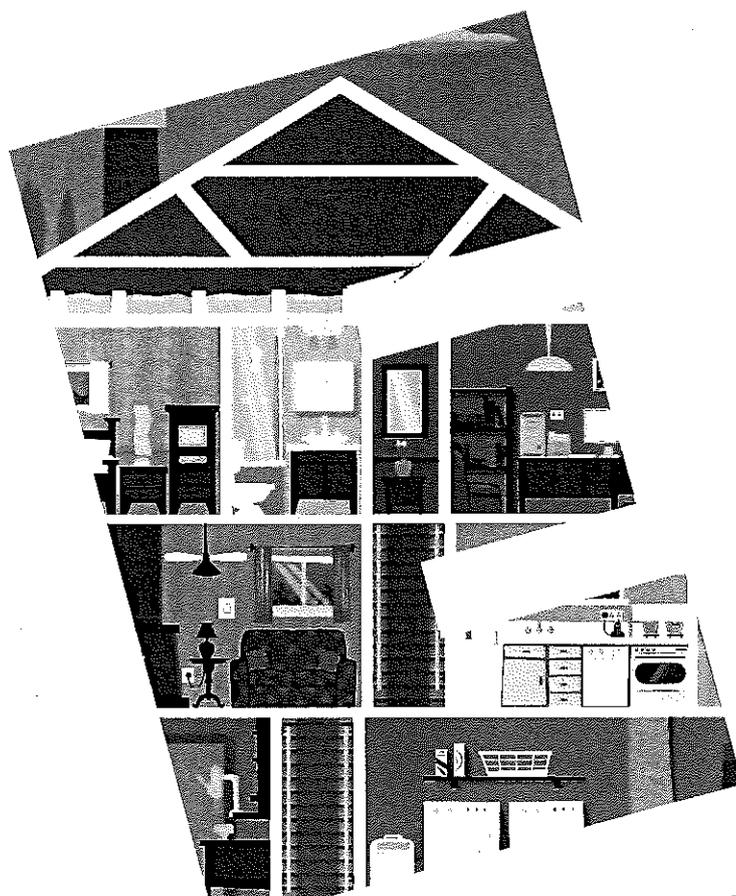


Dario Flaccovio Editore

Marco Filippi - Gianfranco Rizzo
Gianluca Scaccianoce

LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA PER L'EDILIZIA SOSTENIBILE

Efficienza, compatibilità ambientale, nuove tecnologie



- 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

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.

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



Marco Filippi - Gianfranco Rizzo - Gianluca Scaccianoce

LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA PER L'EDILIZIA SOSTENIBILE

Efficienza, compatibilità ambientale, nuove tecnologie

Il cospicuo e crescente *corpus* normativo nazionale e comunitario europeo spinge verso un incremento dell'efficienza energetica ma continua a non affrontare con la necessaria decisione il ruolo che le nuove tecnologie edilizie possono giocare in questo contesto. Questo tema è stato specificatamente esaminato in uno studio di "rilevante interesse nazionale" (PRIN) – coordinato dall'Università degli Studi di Palermo, con la partecipazione delle università di Torino, Venezia, Pisa e Reggio Calabria – i cui risultati sono stati raccolti nel presente testo.

Il volume, dopo un'attenta disamina delle principali normative in materia di efficienza energetica, affronta:

- a) la classificazione della qualità ambientale indoor nell'ambito del nuovo panorama normativo e di standard per il comfort;
- b) l'influenza sui consumi energetici degli edifici del livello di comfort degli occupanti, anche con riferimento ai modelli di simulazione che analizzano il comportamento termico degli edifici in regime estivo;
- c) l'analisi delle nuove tecnologie oggi disponibili per un'edilizia sostenibile, con riferimento agli impianti ad alta efficienza, alle facciate ventilate, alle coperture a verde, ecc.;
- d) la compatibilità ambientale nel processo di certificazione, anche con riferimento all'istituendo marchio Ecolabel per gli edifici e agli strumenti utilizzabili per la certificazione e l'autovalutazione di tali innovativi edifici.

Marco Filippi è professore ordinario di Fisica Tecnica Ambientale presso il Politecnico di Torino e dirige la Scuola nazionale di Fisica Tecnica. Nel Dipartimento di Energia del Politecnico di Torino guida il gruppo di ricerca Technology Energy Building Environment TEBE. È direttore del centro di ricerca Indoor Environment and Energy Management (IEEM). È autore di oltre quattrocento pubblicazioni a carattere scientifico, didattico e divulgativo.

Gianfranco Rizzo è professore ordinario di Fisica Tecnica Ambientale presso l'Università degli Studi di Palermo. Ha svolto attività di ricerca presso l'Università di Berkeley e di docenza presso la Facoltà di Ingegneria di Luanda (Angola). Ha coordinato due progetti di rilevante interesse nazionale (PRIN) su tematiche legate alle prestazioni energetiche degli edifici. È autore di oltre trecento pubblicazioni scientifiche, didattiche e divulgative.

Gianluca Scaccianoce è professore associato di Fisica Tecnica Ambientale presso l'Università degli Studi di Palermo. È stato membro dei comitati di organizzazione di convegni internazionali e nazionali. È autore di più di cento pubblicazioni scientifiche. I suoi principali campi di ricerca riguardano le condizioni termoigrometriche e di qualità dell'aria degli ambienti chiusi, l'efficienza energetica degli edifici e l'utilizzo dei materiali naturali in edilizia.

ISBN 978-88-579-0252-4



9 788857 902524
DF 0252 € 45,00

● ENERGIE

