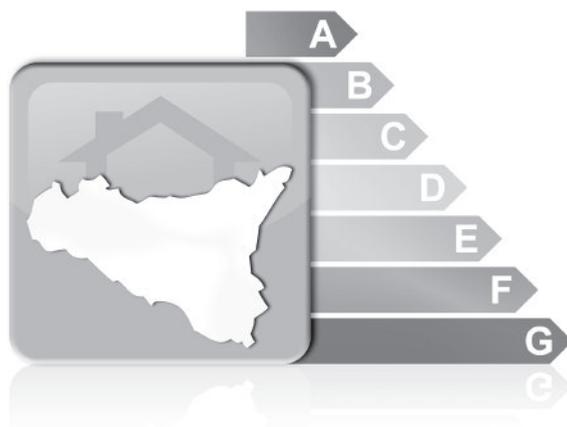


Giuliano Cammarata – Massimiliano Cammarata  
Giovanni D'Amico – Fabrizio Russo

# CERTIFICAZIONE ENERGETICA IN SICILIA

MANUALE PRATICO E ANALISI  
DELLA NORMATIVA REGIONALE E NAZIONALE  
CON ESEMPI PRATICI



**CD-ROM INCLUSO**

SOFTWARE PER IL CALCOLO DELLE DISPERSIONI TERMICHE E CERTIFICAZIONE ENERGETICA

  
**GRAFILL**

Giuliano Cammarata, Massimiliano Cammarata, Giovanni D'Amico, Fabrizio Russo  
**CERTIFICAZIONE ENERGETICA IN SICILIA**

ISBN 13 978-88-8207-457-9  
EAN 9 788882 074579

Manuali, 115  
Prima edizione, marzo 2012

Certificazione energetica in Sicilia / Giuliano Cammarata ... [et al.]  
– Palermo : Grafill, 2012.  
(Manuali ; 115)  
ISBN 978-88-8207-457-9  
1. Edifici – Impianti termici – Legislazione – Sicilia. I. Cammarata, Giuliano <1946->.  
343.458092 CDD-22 SBN Pal0239476  
CIP – Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

© **GRAFILL S.r.l.**

Via Principe di Palagonia, 87/91 – 90145 Palermo  
Telefono 091/6823069 – Fax 091/6823313  
Internet <http://www.grafill.it> – E-Mail [grafill@grafill.it](mailto:grafill@grafill.it)

Finito di stampare nel mese di marzo 2012

presso **Officine Tipografiche Aiello & Provenzano S.r.l.** Via del Cavaliere, 93 – 90011 Bagheria (PA)

Tutti i diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica e di riproduzione sono riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in alcuna forma, compresi i microfilm e le copie fotostatiche, né memorizzata tramite alcun mezzo, senza il permesso scritto dell'Editore. Ogni riproduzione non autorizzata sarà perseguita a norma di legge. Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

## SOMMARIO

<b>PRESENTAZIONE</b> .....	p.	9
<b>1. CENNI ENERGETICA NEGLI EDIFICI</b> .....	"	11
<b>1.1.</b> Il sistema edificio-impianto .....	"	11
<b>1.2.</b> Introduzione storica della problematica energetica .....	"	12
<b>1.3.</b> La nuova normativa per la certificazione energetica .....	"	15
<b>1.4.</b> Le problematiche degli impianti di climatizzazione .....	"	18
<b>1.5.</b> Le fasi progettuali dell'impiantistica .....	"	20
<b>2. TERMOFISICA DEGLI EDIFICI</b> .....	"	26
<b>2.1.</b> Termofisica dell'edificio .....	"	27
<b>2.2.</b> Comportamento in regime stazionario degli edifici .....	"	28
<b>2.3.</b> Comportamento in transitorio termico degli edifici .....	"	30
<b>2.4.</b> Transitorio di riscaldamento e raffreddamento di un corpo .....	"	35
<b>2.5.</b> Capacità termica interna .....	"	39
<b>2.6.</b> Parametri che influenzano il carico termico degli edifici .....	"	42
<b>2.7.</b> Qualità termofisiche delle finiture superficiali .....	"	44
<b>2.8.</b> Pareti con intercapedine d'aria .....	"	44
<b>2.9.</b> Pareti opache interne .....	"	46
<b>2.10.</b> Effetti di massa delle pareti interne .....	"	47
<b>2.11.</b> Effetto serra negli edifici .....	"	48
<b>2.12.</b> Serramenti ed infissi .....	"	49
<b>2.13.</b> La massa superficiale .....	"	49
<b>2.14.</b> Caratteristiche termiche dinamiche delle strutture – UNI EN 13786 .....	"	50
<b>2.15.</b> Massa termica negli edifici .....	"	54
<b>2.16.</b> Parametri che influenzano la progettazione impiantistica e la certificazione energetica .....	"	56
<b>2.17.</b> Bilancio di potenza per gli edifici – Carico termico .....	"	60
<b>2.18.</b> Carico termico di picco di riscaldamento .....	"	61
<b>3. NORME E DIRETTIVE EUROPEE</b> .....	"	65
<b>3.1.</b> Norma pr EN 15603 – Fabbisogno globale di energia .....	"	66

3.1.1.	Tipi di valutazione energetica .....	p.	66
3.2.	Norma pr EN 15217 .....	"	68
3.3.	Nuova Direttiva EPBD – 2010/31/UE .....	"	69
3.3.1.	Requisiti minimi di prestazione energetica in edifici nuovi .....	"	71
3.3.2.	Requisiti minimi di prestazione energetica in edifici esistenti .....	"	71
3.3.3.	Impianti tecnici nell'edilizia .....	"	72
3.3.4.	Edifici a energia quasi zero.....	"	72
3.3.5.	Attestato di prestazione energetica .....	"	73
3.3.6.	Rilascio dell'attestato di prestazione energetica .....	"	74
3.3.7.	Esperti indipendenti .....	"	74
3.3.8.	Recepimento.....	"	75
3.3.9.	Quadro comune generale per il calcolo della prestazione energetica degli edifici.....	"	75
<b>4.</b>	<b>IL D.A. 3 MARZO 2011 DELLA REGIONE SICILIA E LE NORME CORRELATE .....</b>	"	77
4.1.	Introduzione e riferimenti al quadro normativo nazionale.....	"	77
4.1.1.	Deposito degli attestati di certificazione energetica ed autodichiarazione del proprietario .....	"	78
4.1.2.	Sistema informativo per la certificazione energetica .....	"	79
4.1.3.	Verifiche e controlli degli attestati di certificazione energetica .....	"	79
4.2.	Requisiti dei certificatori energetici nella Regione Siciliana .....	"	79
4.2.1.	Soggetti abilitati alla certificazione energetica ai sensi del D.P.R. n. 59/2009 .....	"	80
4.2.2.	Le figure professionali per la certificazione energetica .....	"	81
4.3.	Decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192 .....	"	83
4.3.1.	Considerazioni sul D.Lgs. 192/2005 e sul D.Lgs. n. 311/2006.....	"	87
4.3.2.	Sanzioni previste .....	"	87
4.3.3.	Norme abrogate.....	"	88
4.3.4.	Nuovo indicatore di prestazione energetica.....	"	88
4.3.5.	Dispositivi di regolazione .....	"	90
4.3.6.	Edifici pubblici.....	"	90
4.3.7.	I requisiti prescrittivi introdotti dal D.Lgs. n. 192/2005 .....	"	91
4.3.8.	Limiti architettonici imposti dal D.Lgs. n. 192/2005 e D.Lgs. n. 311/2006.....	"	92
4.3.9.	Metodologie di calcolo .....	"	93
4.3.10.	Clausola di cedevolezza.....	"	94
4.3.11.	Certificazione energetica degli edifici .....	"	94
4.4.	D.Lgs. n. 115/2008 .....	"	95
4.4.1.	Metodologie di calcolo .....	"	96
4.5.	Legge 6 agosto 2008, n. 133 .....	"	97
4.6.	D.P.R. n. 59/2009 e D.M. n. 6/2009 .....	"	98
4.6.1.	Caso 1 – Approccio prestazionale .....	"	100

4.6.2.	Caso 2 – Ristrutturazioni totali < 1000 m <sup>2</sup> .....	p. 105
4.6.3.	Caso 3 – Edifici esistenti .....	" 105
4.6.4.	Caso 4 – Sostituzione dei generatori di calore .....	" 108
4.6.5.	Adempimenti nel settore pubblico .....	" 110
4.6.6.	Controllo dell'irraggiamento solare e verifica igrometrica .....	" 110
4.6.7.	Utilizzo di vetrate a basso fattore solare .....	" 111
4.6.8.	Organi di regolazione .....	" 112
4.6.9.	Relazioni tecniche .....	" 112
4.6.10.	Metodologie di calcolo .....	" 113
4.6.11.	Verifica igrometrica .....	" 113
4.7.	Norme UNI di riferimento .....	" 113
4.8.	D.Lgs. n. 28/2011 (Promozione delle fonti di energia rinnovabile) .....	" 116
4.9.	La normativa nazionale "UNI TS 11300" .....	" 118
4.9.1.	Il modello di calcolo delle UNI TS 11300 .....	" 120
4.9.2.	Definizione delle temperature di progetto o standard .....	" 128
4.9.3.	Definizione dei dati climatici esterni .....	" 128
4.9.4.	Calcolo dei fabbisogni di energia termica (UNI TS 11300-1) .....	" 129
4.9.5.	Bilancio termico dell'edificio .....	" 131
4.9.6.	Produzione di acqua calda sanitaria (UNI TS 11300-2) .....	" 135
4.9.7.	Rendimenti energetici degli impianti .....	" 137
4.9.8.	Rendimento di emissione .....	" 139
4.9.9.	Rendimento di distribuzione .....	" 140
4.9.10.	Rendimento di produzione .....	" 141
4.10.	Attestato di certificazione energetica degli edifici .....	" 142
4.10.2.	Sistema di classificazione e format dell'Attestato di certificazione nazionale .....	" 147
4.10.3.	Indice di prestazione termica dell'edificio per il raffrescamento ( $EP_{e,inv}$ ) .....	" 149
4.11.	Procedure per la certificazione energetica in Sicilia .....	" 151
4.11.1.	Validità degli attestati di certificazione energetica .....	" 154
4.11.2.	Edificio esistente autonomo da ristrutturare .....	" 155
4.11.3.	Procedura semplificata per la certificazione energetica .....	" 156
4.11.4.	Esempio di procedura semplificata .....	" 157
4.11.5.	Costi per la certificazione energetica (rilevati dal D.M. n. 59/2009) .....	" 163
4.11.6.	Le targhe energetiche in Sicilia .....	" 164
5.	<b>PROPOSTE MIGLIORATIVE</b> .....	" 167
5.1.	Interventi di retrofit sull'involucro dell'edificio .....	" 169
5.1.1.	Interventi sul solaio di copertura .....	" 169
5.1.2.	Interventi sui pavimenti .....	" 171

5.1.3.	Intervento sulle pareti esterne e sulla facciata .....	p.	171
5.1.4.	Interventi sugli infissi e sulle vetrate .....	"	174
5.2.	Interventi sugli impianti .....	"	176
5.2.1.	Impianti di climatizzazione inesistenti .....	"	177
5.2.2.	Impianti esistenti obsoleti .....	"	179
5.2.3.	Sostituzione dei generatori termici .....	"	180
5.2.4.	Inserimento di impianti ad energia rinnovabile .....	"	180
<b>6.</b>	<b>SOFTWARE COMMERCIALE</b>		
	<b>PER LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA</b> .....	"	181
6.1.	CAD commerciali .....	"	181
6.1.1.	Software TERMOLOG .....	"	182
6.1.2.	Schema di calcolo .....	"	183
6.2.	Software di riferimento .....	"	191
6.2.1.	Software DOCET .....	"	191
<b>7.</b>	<b>ESEMPI APPLICATIVI IN SICILIA</b> .....	"	195
7.1.	Edificio in cemento armato a Palermo .....	"	195
7.1.1.	Dati generali .....	"	195
7.1.2.	Dispersioni e caratteristiche stratigrafiche .....	"	201
7.1.3.	Prestazioni energetiche e fabbisogno di energia estivo ed invernale .....	"	208
7.1.4.	Verifiche ed Attestato di certificazione energetica .....	"	210
7.2.	Casa in muratura a Catania .....	"	212
7.2.1.	Dati generali .....	"	212
7.2.2.	Caratteristiche dell'involucro esterno .....	"	215
7.2.3.	Prestazioni energetiche, consumi e fonti da energia rinnovabile .....	"	223
7.2.4.	Attestato di certificazione energetica .....	"	227
7.3.	Casa in legno massivo a Caltanissetta .....	"	228
7.3.1.	Dati generali .....	"	228
7.3.2.	Caratteristiche dell'involucro esterno .....	"	233
7.3.3.	Prestazioni energetiche e fonti da energia rinnovabile .....	"	240
7.3.4.	Attestato di certificazione energetica .....	"	241
<b>8.</b>	<b>GUIDA ALL'INSTALLAZIONE DI TERMOLOG EpiX 3</b> .....	"	244
8.1.	TERMOLOG EpiX 3: introduzione al software .....	"	244
8.1.1.	TERMOLOG EpiX 3 – Modulo PROGETTISTA .....	"	245
8.1.2.	Input grafico .....	"	245
8.1.3.	Archivio .....	"	245
8.1.4.	TERMOLOG EpiX 3 – Modulo CERTIFICATORE .....	"	246

---

8.2.	TERMOLOG EpiX 3: consultazione del manuale.....	p.	247
8.3.	Limitazioni del software allegato al testo .....	"	247
8.4.	Procedura di installazione di TERMOLOG LT Sicilia .....	"	248
8.5.	Avvio e abilitazione di TERMOLOG LT Sicilia.....	"	250
9.	<b>INSTALLAZIONE DELLA BANCA-DATI NORMATIVA</b>		
	<b>E DI TERMOLOG LT SICILIA .....</b>	"	253
9.1.	Contenuti del cd-rom allegato .....	"	253
9.2.	Requisiti minimi hardware e software .....	"	253
9.3.	Password utente per l'utilizzo della banca-dati normativa .....	"	253
9.4.	Installazione della banca-dati normativa e di TERMOLOG LT Sicilia.....	"	253
9.5.	Registrazione del software per la gestione della banca-dati normativa .....	"	254
	<b>LICENZA D'USO .....</b>	"	255
	<b>SCHEDE DI REGISTRAZIONE .....</b>	"	256



## PRESENTAZIONE

Con l'emanazione della direttiva europea 91/2002/UE si è posta l'esigenza della certificazione energetica degli edifici. In campo nazionale il recepimento di questa direttiva si è avuto con il D.Lgs. n. 192/2005 che, tuttavia, per circa cinque anni non ha avuto un decreto attuativo pubblicato poi con il D.M. n. 59/2009.

Per effetto della clausola di cedevolezza molte regioni, le più virtuose e sensibili ai problemi energetici, hanno deliberato in proprio sia sulle modalità di calcolo della certificazione energetica che sulla competenza ed iscrizione all'albo dei certificatori. Dal progetto Casa Clima® alla delibera della Regione Lombardia (e tutte le altre via via) si sono presentate varie metodologie di verifica energetica e diversi metodi di accreditamento per gli albi regionali.

Dal 2007 si è sempre più evidenziata una nuova figura professionale: il certificatore energetico. Quest'ultimo, come vuole la direttiva europea, deve essere estraneo al processo di progettazione – costruzione dell'edificio e non deve essere neppure legato alla proprietà dell'immobile. Ciò appare giusto perché il certificatore deve redigere un certificato che ha piena validità di atto pubblico.

Per la formazione dei certificatori energetici si sono organizzati numerosi corsi di formazione sotto la supervisione delle agenzie di accreditamento regionali. I programmi sono spesso diversi da regione a regione ma sostanzialmente si può individuare in essi una base comune.

La terziarietà del certificatore energetico e l'interesse manifestato dai vari professionisti a quest'argomento hanno fatto sì che non sempre si ha la coincidenza di quest'ultimo con un progettista di impianti o comunque con una figura tecnica preparata sulle tematiche di base. Spesso si hanno anche figure diverse (in genere diplomati e laureati di discipline tecnico-scientifiche) non del tutto edotte sulle problematiche impiantistiche e, in genere, su quelle energetiche degli edifici.

È allora opportuno e necessario fornire, anche a queste nuove figure professionali, una base culturale che li porti ad essere pienamente responsabili delle problematiche della certificazione energetica.

Tutto ciò si rende necessario anche e soprattutto perché, come indica la già menzionata direttiva europea, il certificatore energetico deve non solo attestare la classe energetica dell'edificio ma anche fornire, mediante un'analisi-diagnosi energetica, le indicazioni opportune per ridurre i fabbisogni energetici e quindi per elevare la classe energetica proponendo gli interventi migliorativi sia sugli impianti che sull'involucro architettonico.

L'attività di analisi e diagnosi non è solitamente esplicita mediante l'utilizzo di codici di calcolo, come avviene per la determinazione della classe energetica e la preparazione dell'attestato di certificazione energetica, bensì con un'attività diagnostica complessa che richiede sensibilità, preparazione ed esperienza da parte del certificatore in ambito energetico, impiantistico ed architettonico.

*Questo volume affronta la tematica relativa alla certificazione energetica fornendo al professionista le informazioni utili per l'attività di certificatore alla luce del recente D.A. 03-03-2011 della Regione Siciliana.*

Molta attenzione è stata prestata all'analisi energetica degli edifici: quest'argomento è fondamentale per l'esercizio professionale del certificatore energetico e riguarda il primo capitolo.

Successivamente nel secondo capitolo si affrontano alcuni cenni di Termofisica con i necessari riferimenti normativi che sono sempre evidenziati e spesso questi sono commentati in dettaglio. Segue un capitolo tecnico sulla legislazione europea relativa alla certificazione energetica.

Il quarto capitolo è la parte più importante del testo, riguarda il D.A. 03-03-2011 della regione siciliana con cui si recepisce gran parte delle norme nazionali e si introducono le modalità attuative per le procedure di Attestazione di Certificazione Energetica nel territorio siciliano. Oltre alla descrizione ed al commento del recente decreto siciliano, vengono riportate una per una le norme nazionali recepite illustrandone e commentandone i contenuti. Si fa largo riferimento alle norme e alle leggi sino ad oggi pubblicate, compreso il D.Lgs. n. 192/2005, D.Lgs. n. 311/2006, il D.P.R. n. 59/2009 e il D.M. n. 6/2009 sulle linee guida nazionali per la certificazione energetica. Ampio riferimento è dato alla normativa tecnica di calcolo e supporto ai suddetti decreti e cioè alle norme UNI TS 11300. In questo capitolo sono inoltre illustrate le corrette procedure e dei modi di determinazione della classe energetica e per la redazione dell'A.C.E. nel territorio della regione Sicilia con i riferimenti alla recente norma siciliana ed ai suoi modelli in allegato.

Si è detto che una parte rilevante dell'attività del certificatore energetico risiede nelle proposte migliorative per l'edificio. Per fare ciò segue un capitolo interamente dedicato alla valutazione e proposizione di miglioramenti all'involucro edilizio o all'impianto esistente o nuovo da inserire.

Si passa poi al capitolo sesto riguardante l'utilizzo dei software di calcolo. La normativa nazionale indica il software DOCET, predisposto dall'Enea e dal CNR, come il programma di riferimento per la determinazione della classe energetica. Esistono anche diversi programmi commerciali, certificati dal CTI o dall'ENEA, che bene svolgono le attività sia di progetti degli impianti sia di verifica della classe energetica.

Infine, nel capitolo sette, si riportano tre utili esempi di calcolo per la certificazione energetica effettuata su altrettanti edifici di diversa natura (struttura in cemento armato, muratura e legno massivo). Tali esempi, tutti ubicati in territorio siciliano in diverse zone climatiche e tutti riguardanti edifici dalle ottime prestazioni energetiche, rappresentano sia le tipologie più diffuse del patrimonio edilizio siciliano (costruzioni in muratura e cemento armato) che quelle più all'avanguardia che potranno svilupparsi nei prossimi decenni (vedi esempio prototipo di casa in legno massivo) basate su principi di prefabbricazione, eco-sostenibilità e risparmio energetico.

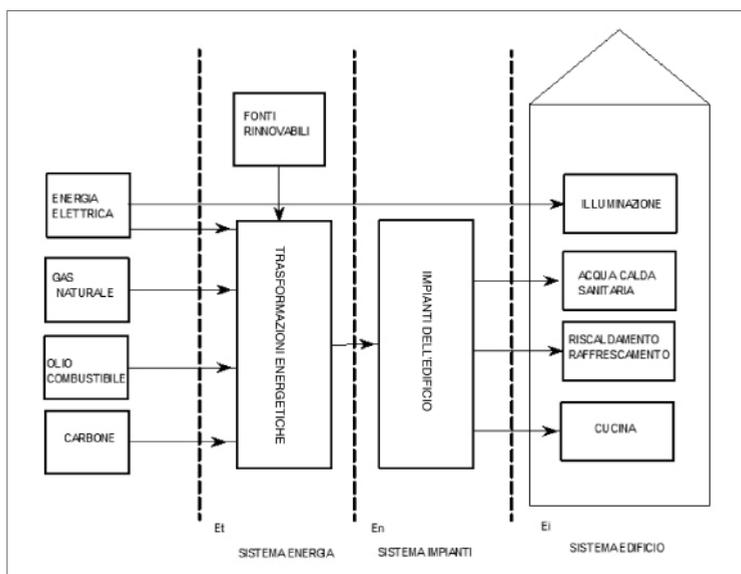
*Giuliano Cammarata  
Massimiliano Cammarata  
Giovanni D'Amico  
Fabrizio Russo*

## CENNI ENERGETICA NEGLI EDIFICI

Si presenta in modo sintetico l'energetica degli edifici ed un breve excursus storico sulla legislazione italiana sul controllo dei consumi energetici. Si fa cenno anche sulla normativa europea relativa alla certificazione energetica e si presenta una breve rassegna delle problematiche progettuali per gli impianti di climatizzazione negli edifici.

### ▼ 1.1. Il sistema edificio-impianto

In figura 1 è raffigurato schematicamente il sistema edificio-impianto o quanto meno l'interazione che l'edificio (soggetto architettonico) ha con il sistema impianto necessario alla sua funzionalità.



**Figura 1.** Sistema edificio-impianto

Partendo da destra verso sinistra si osserva come il sistema edificio richieda alcuni servizi essenziali quali l'illuminazione, la produzione di acqua calda sanitaria, il riscaldamento, il raffrescamento ed i servizi di cucina. Tralasciamo altri servizi specialistici richiesti da edifici con destinazione d'uso diversa da quella residenziale.

I servizi richiesti per la piena funzionalità dell'edificio richiedono una quantità di energia che possiamo indicare con  $E_i$ . Detta energia viene fornita all'edificio dal sistema impiantistico (sul quale,

per il momento, non ci soffermiamo) il quale a sua volta richiede una quantità di energia  $E_n$  alla fonte energetica denominata sistema energetico il quale, a sua volta, riceve energia, in quantità  $E_t$ , da varie fonti (elettrica, gas naturale, olio combustibile, carbone e fonti rinnovabili).

I fabbisogni dell'edificio,  $E_i$ , dipendono dai servizi richiesti e dal loro funzionamento, quindi dalle loro efficienze, mentre l'energia che viene fornita dal sistema impiantistico dipende dalla costituzione del sistema impiantistico. Ne segue che se quest'ultimo è composto da una pompa di calore ha efficienze diverse da quelli di generatori di calore tradizionale, ad esempio a gas naturale o a gasolio.

Il sistema energetico dipende dal tipo di fonti energetiche utilizzate, ad esempio solo elettricità o elettricità e gas naturale o altre combinazioni possibili. Questo sistema è detto primario perché da esso si genera l'energia che alimenta il sistema impiantistico, con il suo rendimento di trasformazione, che a sua volta alimenta il sistema edificio.

Si osservi che nella figura non sono evidenti i legami costruttivo-funzionali fra i servizi e l'edificio vero e proprio come entità architettonica. In pratica, ad esempio, il riscaldamento o il raffreddamento dipendono dall'architettura dell'edificio (forma, tipologie edilizie, materiali, ..., come si vedrà nel capitolo sulla Termofisica dell'edificio) e quindi è chiara l'interazione forte che esiste fra funzionalità richiesta ed architettura dell'edificio.

La normativa energetica che in questo volume si presenta tende a regolare i rapporti fra  $E_i$ ,  $E_n$ , ed  $E_t$  in modo da ridurre il più possibile, a parità di funzionalità dell'edificio, i consumi energetici.

## ▼ 1.2. Introduzione storica della problematica energetica

I dati sui consumi energetici da varie fonti sono sempre in una discordanza disarmante. Non si ritiene qui di dover inserire un capitolo sui valori dei consumi energetici europei e nazionali ritenendo sufficiente sapere che questi sono oggi elevati e che è divenuto ormai indifferibile ridurli.

Il 18 dicembre 2008 il Parlamento europeo ha approvato il pacchetto *Clima – Energia 2020*, detto anche *pacchetto 20-20-20*, che prevede la riduzione dei consumi del 20%, l'utilizzo di fonti rinnovabili del 20% e il miglioramento dei rendimenti energetici con riduzione dei gas serra del 20%. Tutta la copiosa legislazione che è stata e che sarà emessa in futuro tende a portare gli stati membri sulla strada di una forte riduzione dei consumi sia di tipo industriale sia terziaria. Fra questi ultimi assume un ruolo importante il risparmio energetico per la climatizzazione e l'illuminazione degli edifici.

Le percentuali d'incidenza dell'energia consumata per la climatizzazione ambientale (sia invernale che estiva), per la produzione di acqua calda sanitaria e per l'illuminazione sono elevate, dell'ordine del 40% sul totale energetico europeo. Nello spirito di ridurre<sup>1</sup> i consumi energetici sia l'UE che i singoli stati, con maggiore o minore sensibilità, hanno cercato da alcuni decenni di incidere sui consumi energetici del parco edilizio.

In Italia, anche sulla spinta delle crisi petrolifere a seguito delle guerre arabo-israeliane degli anni Settanta, si è iniziato a legiferare con la Legge n. 373/1976 entrata pienamente in vigore con la pubblicazione del decreto di attuazione nel 1978. Quella legge aveva lo scopo di ridurre i consumi

<sup>1</sup> La miglior fonte di energia deriva dalla riduzione dei consumi energetici globali dei vari Stati.

energetici per usi termici nei nuovi edifici, lasciando totalmente inalterati quelli già esistenti che costituiscono oltre il 97% del totale fabbricato.

L'applicazione di questa legge aveva una formula innovativa: i progetti dovevano essere depositati al Comune di appartenenza in doppia copia e si riceveva l'attestato di deposito. Null'altro era richiesto ai comuni. Anche la facoltà di controllo e verifica è stata elusa per i già notevoli carichi di lavoro che gli uffici tecnici normalmente hanno.

La Legge n. 373/1976 imponeva una verifica di isolamento introducendo il *coefficiente di dispersione totale*,  $C_d$ , e il *coefficiente globale di perdita*,  $C_g$ , dell'edificio. Il coefficiente  $C_d$  era definito come:

$$C_d = \frac{Q_{\text{trasmesso}} + Q_{\text{ponti\_termici}}}{V \cdot \Delta t}$$

cioè rapporto fra le perdite<sup>2</sup> totali di sola trasmissione (per trasmissione vera e propria e per ponti termici) e il prodotto del Volume totale lordo dell'edificio con il salto termico di progetto.

Analogamente si definivano i coefficienti:

$$C_v = \frac{\sum n_i \rho c V_i \Delta t}{V \cdot \Delta t}$$

detto *coefficiente di dispersione volumico* ove si ha il seguente simbolismo:

- $N_I$  numero di ricambi orari;
- $\rho$  densità dell'aria, [kg/m<sup>3</sup>];
- $V_I$  volume dell'ambiente o dell'edificio, [m<sup>3</sup>];
- $\Delta t$  differenza di temperatura di progetto, [°C].

E infine:

$$C = \frac{Q_{\text{trasmesso}} + Q_{\text{ponti\_termici}} + \sum n_i \rho c V_i \Delta t}{V \cdot \Delta t}$$

detto *coefficiente globale di perdita* e con il seguente simbolismo:

- $Q_{\text{trasmesso}}$  calore trasmesso attraverso le pareti per conduzione e convezione, [W];
- $Q_{\text{ponti\_termici}}$  calore trasmesso per ponti termici, [W].

Tutti questi coefficienti hanno unità di misura in [W/(m<sup>3</sup>K)]. La loro relazione appare evidente se si considera il carico di picco<sup>3</sup> di un edificio:

$$\bar{Q}_p = \sum U_i S_i \Delta t_i + \sum \psi_l l_i \Delta t_i + \sum n_i \rho c V_i \Delta t$$

<sup>2</sup> Si ponga attenzione alle unità di misura. In questo caso le perdite per trasmissione sono riferite alla potenza termica perduta per trasmissione, misurata in W.

<sup>3</sup> Si parlerà nel prosieguo del *carico di picco*. Per il momento lo si consideri come il carico termico massimo di progetto per l'impianto di riscaldamento.

ove vale il simbolismo:

- $U_i$  trasmittanza termica della generica parete, [W/(m<sup>2</sup>K)];
- $S_i$  superficie della generica parete, [m<sup>2</sup>];
- $\psi_i$  coefficiente lineare i.mo;
- $l_i$  lunghezza del ponte termico, [m];
- $\Delta t_i$  differenza di temperatura di progetto, [°C];

e lo si riferisce all'unità di volume e all'unità di salto termico:

$$\frac{\bar{Q}_p}{V \cdot \Delta t} = \frac{\sum U_i S_i \Delta t_i + \sum \psi_i l_i \Delta t_i + \sum n_i \rho c V_i \Delta t}{V \cdot \Delta t}$$

È allora immediato riconoscere che la relazione:

$$C_g = C_d + C_v$$

ove  $C_v$  è il *coefficiente di dispersione volumico* dovuto ai ricambi d'aria. In definitiva  $C_g$  è un parametro sintetico che tiene conto di tre informazioni:

- il carico totale di picco dell'edificio;
- il volume totale lordo dell'edificio;
- il salto termico massimo di progetto.

Sia la Legge n. 373/1976 che la successiva Legge n. 10/1991 facevano riferimento alla verifica di isolamento tramite il  $C_d$  calcolato da confrontare con un  $C_{d,lim}$  dato in opportune tabelle al variare dei gradi giorno<sup>4</sup> e del rapporto architettonico di forma S/V fra superficie esterna del volume riscaldato, S, e il volume lordo riscaldato, V, della cui importanza si parlerà nel capitolo dedicato alla Termofisica degli edifici.

La Legge n. 10/1991 oltre alla verifica di isolamento, tramite il  $C_d$  dell'edificio, richiedeva una verifica energetica tramite un nuovo parametro denominato *Fabbisogno Energetico Normalizzato*, *FEN*, definito dalla relazione:

$$FEN = \frac{Q_{stagionale}}{V \cdot GG} \left[ \frac{kJ}{m^3 gg} \right]$$

ove a numeratore compare l'*energia primaria stagionale* ( $Q_{stagionale}$  in kJ) opportunamente calcolata e a denominatore si ha ancora il volume totale lordo e il numero dei gradi giorno della località ove è presente l'edificio. Il *FEN* era confrontato con un  $FEN_{lim}$  dato dalla relazione:

$$FEN_{lim} = \frac{86,4}{\eta_g} \left[ (C_d + C_v) - \eta_e \left( \frac{0,01I + a}{\Delta t_m} \right) \right]$$

ove si hanno i seguenti termini:

- $\eta_g$  rendimento globale di impianto dato dal prodotto  $\eta_g = \eta_p \eta_d \eta_c \eta_r$  dei rendimenti di produzione, di distribuzione, di cessione dai terminali e di regolazione. Anche  $\eta_g$  ha un limite minimo, come si vedrà nel prosieguo;
- $C_d$  coefficiente di dispersione totale;
- $C_v = 0,34n_i$  è il coefficiente di dispersione volumico;

<sup>4</sup> Si dirà nel prosieguo cosa sono i gradi giorno.

- $I$  è l'irraggiamento solare medio mensile;
- $a$  sono gli apporti gratuiti interni opportunamente calcolati.

In definitiva la Legge n. 10/1991 aveva in sé gli elementi per operare anche una certificazione energetica. Anzi l'articolo 30 comma 1 della stessa legge prevedeva l'emissione di un decreto, da parte del MICA e del Ministero dei lavori pubblici, contenente le norme per la certificazione energetica. Se si considera che questa ipotesi è stata pubblicata nel 1991 e che solo nel 2009 si è avuto il D.P.R. n. 59/2009 e il D.M. n. 6/2009 si può immaginare quanto la Legge n. 10/1991 precorresse i tempi sull'argomento certificazione energetica.

Purtroppo interessi di categoria e di associazioni hanno di fatto bloccato l'emanazione della norma per la certificazione energetica fino a quando l'Unione Europea ha emanato la direttiva 91/2002/CE sulla certificazione energetica degli edifici.

Dal 17 agosto 2005 al 7 ottobre 2005 è stato valido il D.M. n. 178/2005 che apportava alcune modifiche alla Legge n. 10/1991 e al suo regolamento di esecuzione.

Questo decreto è stato del tutto annullato dal successivo D.Lgs. n. 192/2005 che ha modificato sostanzialmente anche l'impalcato della Legge n. 10/1991 e le verifiche che questa richiedeva.

### ▼ 1.3. La nuova normativa per la certificazione energetica

L'Italia ha impiegato ben sette anni (e ancora non tutto è stato completato!) per recepire la normativa europea e per di più l'ha fatto in modo parziale, agendo solo sugli edifici di nuova costruzione o ristrutturati ma con superficie  $> 1000 \text{ m}^2$ .

Purtroppo si sono fatte le cose a metà incidendo solo sul parco dei nuovi edifici (ben poca cosa!) e non su tutto il parco di edifici costruiti, come pure indica la direttiva europea. Le nuove norme non richiedono più la verifica del  $C_d$ , come richiesto dalla Legge n. 10/1991, bensì è necessario effettuare (vedi D.Lgs. n. 192/2005, D.Lgs. n. 311/2006 e s.m.i.) la verifica delle trasmittanze termiche degli elementi opachi e dei serramenti vetrati che debbono essere inferiori alle *trasmittanze limite* indicate, anno per anno, dal legislatore. In pratica si è fatto un passo indietro passando dalla verifica dell'indice sintetico  $C_d$  alla verifica della sola trasmittanza perché, come si è detto,  $C_d$  offre più informazioni della sola trasmittanza termica.

Tuttavia spesso le norme sacrificano la precisione e il dettaglio alla necessità dell'applicabilità della stessa norma<sup>5</sup>. I progettisti sanno bene quanto deve essere il valore della trasmittanza di una parete o di un serramento vetrato perché con questi valori si confrontano ogni giorno ed anche perché questi sono anche il risultato di un percorso di calcolo delle stesse trasmittanze termiche. Il  $C_d$  faceva perdere di vista il valore primario della sola trasmittanza e, di fatto, non forniva al progettista la necessaria sensibilità operativa nello scegliere gli isolamenti delle pareti o a utilizzare elementi vetrati meno disperdenti. Del resto il  $C_d$  era un parametro di sintesi valutato *a posteriori* mentre la trasmittanza termica è un parametro di progetto valutato *a priori*. In questo senso la trasmittanza è più agevole per pilotare il progetto verso limiti e specifiche imposte dai decreti vigenti mentre il  $C_d$  non consente di effettuare alcuna previsione di progetto ma solo di verifica.

<sup>5</sup> Per fare un esempio concreto, si limita la velocità massima all'interno dei centri urbani a 50 km/h e ciò indipendentemente dal tipo di macchina utilizzata. Una vettura piccola a 50 km/h va benissimo, una vettura di grande cilindrata ha potenza e sistemi frenanti più performanti ma deve egualmente sottostare allo stesso limite perché il vigile non può adattare la misura della velocità al tipo di vettura.

Con l'introduzione della direttiva europea 91/2002/CE sulla certificazione energetica si è avuta anche una trasformazione di interesse verso grandezze ritenute più significative nell'applicabilità delle stesse norme. Pertanto dal *FEN* si è passati all'indice di prestazione energetica  $EP_i$  cioè al consumo di energia specifica per unità di superficie (o di volume in certi casi) per anno.

Il nuovo indice di prestazione si misura in  $[kWh/m^2 \text{ anno}]$  ed appare più accettabile anche ai neofiti abituati a contabilizzare i consumi elettrici in kWh. Si osservi, ancora, che  $1 kWh/m^2 \text{ anno}$  corrisponde, grossolanamente, anche ad un consumo di 1 litro di gasolio per metro quadro e per anno e pertanto questa unità di misura fornisce anche l'idea del consumo di combustibile per ciascun edificio. Si è, ancora, affinata la procedura di calcolo con il riferimento non solo ai consumi energetici per il riscaldamento ma anche per il condizionamento,  $EP_e$ , per la produzione di acqua calda sanitaria,  $EP_{ACS}$ , e per l'illuminazione degli edifici,  $EP_{ill}$ . Si è così proposto un indice globale che tiene conto di tutti i consumi energetici dell'edificio:

$$EP_g = EP_i + EP_e + EP_{ACS} + EP_{ill}$$

ove vale il simbolismo:

- $EP_g$  efficienza energetica primaria,  $[kWh/(m^2 \text{ anno})]$ ;
- $EP_i$  efficienza energetica invernale,  $[kWh/(m^2 \text{ anno})]$ ;
- $EP_e$  efficienza energetica di involucro estiva,  $[kWh/(m^2 \text{ anno})]$ ;
- $EP_{ACS}$  efficienza energetica per produzione di acqua calda sanitaria,  $[kWh/(m^2 \text{ anno})]$ ;
- $EP_{ill}$  efficienza energetica per illuminazione,  $[kWh/(m^2 \text{ anno})]$ .

Poiché non tutti gli edifici hanno un impianto di condizionamento si è iniziato a prendere in considerazione l'indice di prestazione energetica invernale e quello per l'acqua calda sanitari. In un secondo momento si includeranno anche gli altri indici per ottenere un'informazione sui consumi energetici globali degli edifici.

Per meglio caratterizzare questi indici prestazionali, anche in analogia a quanto è avvenuto per gli elettrodomestici, si è pensato di introdurre un *attestato di certificazione energetica* che possa in qualche modo essere di riferimento per una classificazione<sup>6</sup> degli edifici, in condizioni definite standard<sup>7</sup>, e per stimolare un mercato edilizio più attento verso i problemi energetici.

La Direttiva Europea 91/2002/CE ha introdotto disposizioni per gli stati membri per la certificazione energetica degli edifici. Si vedano, a tal proposito, gli *umbrella documents* conseguenti alla direttiva EPBD.

L'Italia ha recepito tale direttiva con il D.Lgs. n. 192/2005, successivamente modificato ed integrato con il D.Lgs. n. 311/2006. Tale recepimento non è stato del tutto felice interessando, come già detto, solo gli edifici di nuova costruzione o ristrutturati (con superficie superiore a 1000 m<sup>2</sup>) mentre la direttiva europea indica l'intero parco costruito.

<sup>6</sup> Vedremo più avanti come il confronto non sia agevole sia perché la classificazione dipende dalle caratteristiche geometriche dell'edificio (rapporto S/V) che dalle condizioni climatiche. Ad esempio la classificazione di CASACLIMA è riferita ad una scala assoluta che non dipende né dai gradi-giorno né dal rapporto S/V. La regione Lombardia ha emanato norme regionali che definiscono una scala che dipende dai gradi giorno ma non dal rapporto S/V. La normativa nazionale, D.M. n. 6/2009, indica una scala di valutazione che dipende sia dai gradi-giorno che dal rapporto S/V.

<sup>7</sup> Tenere conto di tutti i modi d'uso dipendenti dalle abitudini e dagli stili di vita degli occupanti è davvero complesso. Le condizioni definite standard servono ad effettuare un confronto omogeneo fra i vari indici energetici. Del resto anche i consumi specifici delle auto sono riferite a condizioni standard. Tuttavia una vettura che consuma 7 L/100 km in percorso urbano appare più dispendiosa di un'altra che consuma 5 L/100 km nello stesso percorso urbano.

Finalmente, dopo anni di attesa ed un riferimento interlocutorio con il D.Lgs. n. 115/2008, sono stati pubblicati il *D.P.R. n. 59/2009* e le *Linee Guida* con il *D.M. n. 6/2009* nonché le norme tecniche UNI TS 11300. Manca ancora l'ultimo decreto per la formazione dei certificatori ma già adesso è possibile eseguire una corretta certificazione energetica. Si osservi che negli ultimi cinque anni si è avuta una copiosa emissione di leggi e decreti in questo settore e pertanto è necessario e opportuno coordinarsi per armonizzare queste norme in modo univoco.

La certificazione energetica apre nuovi scenari professionali per molti professionisti. Si crea addirittura una nuova figura professionale con un albo regionale, quella del *certificatore energetico*. Sono stati già organizzati centinaia di corsi di qualificazione previsti nei piani regionali, ove esistenti, ed altri saranno organizzati in base alle future norme nazionali per le regioni che non hanno ancora deliberato su questa.

Questo volume è dedicato alla problematica della certificazione energetica in Sicilia a seguito della pubblicazione del D.A. 03-03-2011 che recepisce la normativa nazionale. Il testo è stato predisposto in modo da essere utilizzato da coloro che desiderano interessarsi solo di certificazione. Esso può essere utilizzato anche da non specialisti di impiantistica nell'ambito di corsi di formazione professionale per certificatori energetici o per la preparazione personale all'esercizio della professione di certificatore energetico. L'impostazione è tipica di un manuale operativo che possa fornire all'utilizzatore tutte le informazioni possibili per una corretta stesura dei certificati energetici.

L'idea che il certificatore energetico sia solamente colui che redige una semplice relazione-attestato di certificazione energetica appare molto riduttiva. Il certificatore energetico deve anche fornire, ed è il suo valore aggiunto, indicazioni al committente per migliorare le prestazioni energetiche dell'edificio, possibilmente mediante l'utilizzo di tecniche diagnostiche avanzate.

In tutti i casi, il certificatore energetico deve avere una grande esperienza e una spiccata sensibilità ai problemi dell'energetica degli edifici. Dovrebbe anche essere un conoscitore dei problemi impiantistici per fornire indicazioni utili sul risparmio energetico dovuto alle scelte impiantistiche e saper valutare gli aspetti architettonici per intervenire sull'involucro edilizio in modo efficace. Tuttavia è qui opportuno omettere la trattazione sugli impianti di climatizzazione<sup>8</sup> anche per uniformarci agli standard dei corsi di preparazione per certificatori energetici già presenti in diverse regioni italiane.

Pertanto fra gli argomenti trattati nel volume sono presenti richiami sulle unità di misura, richiami di termodinamica, di trasmissione del calore e di termofisica degli edifici.

Si ricorda che in base alla clausola di cedevolezza ogni regione può legiferare autonomamente su questo argomento, come sta già avvenendo in Lombardia, Piemonte, Liguria, Emilia e Romagna, Puglia e nelle provincie autonome di Trento e Bolzano e come si apprestano a fare diverse altre regioni. Tutto ciò complica molto il lavoro dei certificatori poiché si richiede loro una preparazione differenziata a seconda dell'ambito regionale di esercizio professionale.

In questa sede si prenderanno in considerazione principalmente le *Linee Guida Nazionali* nella speranza che le norme regionali si adeguino, come specificato dalla stessa normativa nazionale, a queste ultime.

Seguendo un percorso storico, dal 2002 a oggi, sono state emanate diverse norme sia europee sia nazionali. Si ritiene utile focalizzare l'attenzione sulle ultime valide trascurando le norme che si possono ritenere ormai superate e ciò anche nell'intento di contenere le dimensioni del volume.

---

<sup>8</sup> Anche per limitare le dimensioni del volume.

#### ▼ 1.4. Le problematiche degli impianti di climatizzazione

La finalità dell'inserimento degli *impianti di climatizzazione* è di consentire il normale svolgimento della vita dell'Uomo o di creare condizioni ambientali ottimali per lavorazioni industriali o per altre finalità produttive. Il problema fondamentale da risolvere è di creare all'interno degli ambienti le migliori condizioni di *comfort* ambientali<sup>9</sup> possibili.

Prima di procedere è opportuno fare qualche considerazione storica sugli impianti nell'edilizia. Fino all'inizio del *Novecento* gli edifici presentavano una percentuale di impianti (in tutti i sensi) non superiore al 2% del costo totale degli immobili. Nei casi migliori si avevano un impianto fognario (*magari con pozzo nero esterno*) e un impianto idrico interno.

Si ricordi, ad esempio, che fino a qualche decennio fa molti edifici non avevano i bagni interni e le stesse cucine presentavano notevoli problemi d'igiene oggi certamente non accettabili.

Molti comuni d'Italia hanno costruito le reti fognanti nel dopoguerra e così pure le reti idriche comunali. Anche considerando gli impianti idrici e fognari estesi a tutti gli ambienti di un edificio la percentuale degli impianti non superava il 5% del valore totale degli immobili.

Quando la disponibilità del petrolio lo ha consentito (primi decenni del *Novecento*) si è pensato di riscaldare gli edifici mediante impianti di riscaldamento (quasi esclusivamente con radiatori alimentati a circolazione naturale, detta *a termosifone* per mancanza di energia elettrica) e la percentuale dell'impiantistica è salita al 7-10%. In seguito si è cominciata a distribuire energia elettrica nelle grandi città e gli edifici si sono così arricchiti di un'impiantistica elettrica interna, seppure ancora in fase iniziale, che ha portato la percentuale degli impianti, sempre in edifici avanzati, a circa il 12-15% del costo totale.

Sempre nel *Novecento* si hanno la nascita e la diffusione della telefonia, la diffusione degli ascensori elettrici, l'automazione dei servizi interni degli edifici e la percentuale degli impianti è ulteriormente cresciuta a circa il 20%. Oggi gli impianti correlati a vari servizi interni degli edifici sono ancora cresciuti di complessità e peso.

Basti pensare che in un moderno edificio (*ospedali, tribunali, edifici pubblici, alberghi, ...*, per non dire di edifici industriali ad alta tecnologia quali quelli destinati all'elettronica) si hanno impianti di vario tipo:

- idrico-sanitari;
- fognari;
- elettrici;
- telefonici;
- trasmissione dati (Ethernet e reti di vario tipo);
- illuminotecnici interni ed esterni;
- rilevamento di presenza;
- controllo e sicurezza (anti-intrusione);
- riscaldamento;
- condizionamento<sup>10</sup>;
- termoventilazione.

<sup>9</sup> La norma UNI EN ISO 7730 su ambienti termici moderati reca indicazioni sulle condizioni ambientali di benessere riprendendo gli studi di O. Fanger del 1970. Ad essa si rimanda per la definizione del confort ambientale e per la selezione delle condizioni ottimali di progetto.

<sup>10</sup> Ancora oggi si costruiscono impianti separati per il riscaldamento e per il condizionamento estivo nella convinzione (*piuttosto diffusa e generalizzata*) che questa divisione sia economicamente conveniente rispetto agli impianti di climatizzazione duali.

La percentuale degli impianti oggi raggiunge valori elevatissimi (in alcuni casi limite anche il 75% del costo totale) impensabili nel secolo scorso. Inoltre la gestione di tutti questi impianti risulta oggi complessa e delicata tanto da costruire sistemi di gestione del tutto automatizzati e controllati mediante computer.

Sono così nati neologismi del tipo *intelligent building* per indicare edifici tecnologicamente avanzati e con impiantistica complessa dotata di controllo elettronico.

Oggi, quindi, la percentuale degli impianti rispetto al costo totale dell'edificio è divenuta *prevalente* rispetto al costo stesso della costruzione, almeno per le tipologie edilizie più tecnologiche e impegnative. Si vuole qui puntualizzare l'esigenza, oggi inderogabile, dell'impiantistica in un moderno edificio.

Si vedrà in *Termofisica degli Edifici*, come l'evoluzione della moderna *Architettura* abbia portato a uno scollamento fra le capacità termofisiche attuali e la capacità di mantenere quasi autonomamente un microclima interno.

In pratica si vedrà come la *capacità termica* (*Massa per calore specifico*) e la *resistenza termica* giochino un ruolo fondamentale nella cosiddetta *costante di tempo* dell'edificio (vedi dopo): quanto maggiore è la *costante di tempo* tanto minori sono le oscillazioni termiche interne dell'edificio e quindi tanto migliore il comportamento termico dello stesso.

Potendosi scrivere che per la *costante di tempo* vale la relazione  $\tau_0 = RC$  (con  $\tau_0$  *costante di tempo*,  $R$  *resistenza termica*,  $C$  *capacità termica*) si deduce che con la riduzione della massa dell'edificio (*a causa dell'utilizzo di murature sempre più leggere e al sopravanzare dell'edilizia industrializzata*) la capacità termica  $C$  diminuisce e, a pari resistenza termica  $R$ , anche  $\tau_0$ .

Pertanto quando fino alla fine dell'*Ottocento* si costruivano gli edifici con muratura portante, quindi con muri di grande spessore per necessità costruttive, si avevano edifici termicamente più efficienti<sup>11</sup> rispetto agli odierni edifici costruiti con strutture intelaiate in cemento armato (*quindi la capacità portante delle murature è venuta meno*) e con muri poco spessi, leggeri e in qualche caso addirittura mancanti.

Inoltre la mancanza di portanza delle murature ha reso possibile l'utilizzo di finestre vetrate di proporzioni generose (*si pensi alle finestre a nastro a tutta parete*) con effetti sensibili sull'*effetto serra* e quindi sul *surriscaldamento* interno degli ambienti. La riduzione di massa delle pareti<sup>12</sup> comporta, se non attentamente controbilanciata, anche una riduzione della resistenza termica e pertanto la riduzione della costante di tempo  $\tau_0$  risulta amplificata con effetti ancor più deleteri sul comportamento termico degli edifici.

In definitiva per decenni (in un arco temporale che va dal primo decennio alla fine degli anni *Settanta* del Novecento) si è avuto uno sviluppo selvaggio e incontrollato dell'*Architettura* che ha reso gli edifici totalmente svincolati dalle esigenze geometriche e costruttive delle murature portanti (*sempre presenti dalle fondazioni fino al tetto, perfettamente a piombo e di spessore decrescente verso l'alto*) e sottoposti solamente al gusto estetico del *Progettista*.

Adesso le pareti possono anche non essere presenti, tanto ci pensano le strutture portanti in cemento armato a tenere in piedi gli edifici! Possono esserci corpi aggettanti, possono esserci piani senza pareti (vedasi i *pilotis*), possono esserci pareti totalmente vetrate.

<sup>11</sup> Bastava un semplice camino o qualche braciere per riscaldarsi.

<sup>12</sup> Oggi sono utilizzati mattoni forati o materiali sempre più alleggeriti anche per motivi sismici.

Possiamo costruire grattacieli interamente vetrati, dei veri e propri *buchi termici* in grado di esistere (cioè di consentire la vita all'interno) solo perché dotati di adeguati impianti di climatizzazione. La metafora che per quei decenni anzidetti è stata realizzata è stata la seguente: *costruiamo gli edifici come ci pare e piace tanto ci pensano gli impianti di climatizzazione a rimettere le cose a posto*. Questo comportamento è stato devastante sotto tutti i punti di vista perché le opere architettoniche della prima parte del *Novecento* sono destinate a sparire in breve tempo lasciando un vuoto culturale notevole. Le opere di *Wright*, di *Le Corbusier* e di tanti altri maestri del *Novecento* stanno per sparire perché cadono a pezzi e si spendono molti soldi per tenerle ancora in piedi. Quando sono state realizzate, infatti, non si sono tenuti in considerazione gli effetti dell'umidità sui materiali costruttivi (si veda il *diagramma di Glaser* nel prosieguo) e l'effetto delle radiazioni solari sulle superfici delle pareti.

A partire dagli anni *Settanta* già la *Commissione per l'Ambiente* dell'allora *Comunità Economica Europea* (oggi *Unione Europea*) pubblicò un rapporto tecnico denominato "*Energy building conscious design*" che pose ben in evidenza gli errori progettuali fatti fino a quel momento. In quel periodo, sulla spinta delle varie crisi energetiche di quel periodo, prendeva coscienza anche un movimento architettonico centrato sulla *progettazione bioclimatica* che in qualche modo ripristinava i giusti equilibri fra la capacità termica e la resistenza termica.

Dopo la pubblicazione di questo rapporto si è cercato di prendere coscienza delle problematiche energetiche connesse agli edifici. La *Termofisica degli Edifici* è divenuta materia fondamentale per la piena conoscenza del comportamento termico degli edifici stessi e per l'introduzione nuovi criteri costruttivi dettati, quasi sempre, da leggi specificatamente predisposte per il risparmio energetico (vedansi la Legge n. 373/1976 prima e Legge n. 10/1991 oggi).

Per effetto di queste leggi è stato introdotto il concetto di isolamento termico minimo necessario, per ogni edificio, alla verifica dei limiti di legge (come richiesto oggi dal *D.Lgs. n. 192/2005*) riparando, in un certo modo, allo scompiglio creato dalle tipologie costruttive leggere dianzi evidenziate. È triste osservare che ci sono volute varie leggi (dal 1976 a oggi) per costringere i progettisti a isolare le pareti. Eppure non è difficile osservare, data la relazione iperbolica,  $\tau_0 = RC$ , che si può compensare la riduzione della capacità termica aumentando la resistenza termica dell'edificio.

### ▼ 1.5. Le fasi progettuali dell'impiantistica

Può essere utile sintetizzare le procedure di calcolo per la progettazione degli impianti di climatizzazione nelle seguenti fasi:

- individuazione delle specifiche di progetto (cioè dei dati progettuali quali la temperatura interna, esterna, umidità relativa ambiente, velocità dell'aria ambiente, qualità dell'aria, ...);
- calcolo dei carichi termici della struttura in funzione delle condizioni ambientali esterne ed interne (microclima da realizzare);
- scelta della tipologia impiantistica da realizzare per raggiungere le specifiche di progetto;
- dimensionamento dei componenti di impianto;
- schematizzazione della soluzione impiantistica (layout degli impianti);
- dimensionamento delle reti di distribuzione dei fluidi di lavoro;
- disegno esecutivo degli impianti.

Vediamo adesso brevemente di illustrare le varie fasi sopra indicate, rimandando il lettore agli sviluppi dettagliati nei manuali di progettazione impiantistica.