

# **TECNOLOGIE E INTERVENTI PER L'EFFICIENZA ENERGETICA**

---

---

## **Efficienza Energetica negli edifici**







## **IL CONTESTO DI RIFERIMENTO PER MIGLIORARE L'EFFICIENZA ENERGETICA**

Obiettivi dell'UE e dell'Italia per migliorare l'efficienza energetica 1

## **DESCRIZIONE DELLA TECNOLOGIA**

I componenti 4

## **EFFICIENZA ENERGETICA ED EDIFICI PASSIVI**

Cos'è un edificio passivo 9

## **EFFICIENZA ED AUDIT ENERGETICO**

Valutazione tecnica preliminare 12

## **APPENDICE**

Siti Web Utili per approfondire 13

## **ALLEGATO A**

Parametri termici dei componenti edilizi 14

## **ALLEGATO B**

Scheda per l'acquisizione dei dati necessari al calcolo 19

## **ALLEGATO C**

Schema di procedura per il reperimento dei dati necessari ai fini della diagnosi energetica degli edifici esistenti 25

## IL CONTESTO DI RIFERIMENTO



### OBIETTIVI UE E DELL'ITALIA NELL'USO PER MIGLIORARE L'EFFICIENZA ENERGETICA

Obiettivi degli interventi normativi e finanziari di sostegno all'efficienza energetica degli edifici, messi in campo dal governo, sono:

- realizzare edifici energeticamente sostenibili e rendere riconoscibile al mercato la qualità ed il comfort dell'ambiente costruito;
- standardizzare l'uso di tecniche e tecnologie nuove di produzione e costruzione, ed adottare parametri energetici nelle costruzioni civili ed industriali;
- sostenere l'innovazione tecnologica nei materiali per l'edilizia, verso soluzioni ad elevata prestazione energetica;
- organizzare gli strumenti di governance della domanda e dell'offerta di energia nel settore residenziale ed edilizio in genere;
- realizzare nel settore residenziale un mix energetico compatibile con la salvaguardia ambientale (limitazione dell'impiego delle fonti fossili ed incremento dell'impiego di fonti rinnovabili).

I consumi energetici del settore residenziale civile sono dovuti a:

1. un alto grado di inefficienza energetica delle utenze, sia per il fabbisogno termico che per quello elettrico;
2. un alto grado di dispersione termica invernale ed estiva derivata dalla forma dell'edificio, dai materiali, dalle tecniche di montaggio e manutenzione, dall'uso degli spazi.

Il fabbisogno termico è dovuto alla necessità di riscaldamento degli ambienti abitativi e alla produzione di acqua calda sanitaria, mentre il fabbisogno elettrico è legato principalmente alla illuminazione e alimentazione di utenze termiche e di condizionamento estivo. Pur mantenendo gli stessi comfort è possibile ridurre drasticamente i consumi termici attraverso interventi che rendano efficiente l'involucro dei fabbricati.

Altri interventi riguardano la sostituzione di utenze termiche con sistemi a fonte rinnovabile come il solare termico o utilizzo di pompe di calore e caldaie a condensazione o comunque impianti più efficienti o per l'illuminazione interventi che indirizzino verso una migliore tecnologia per i corpi illuminanti (lampade ad alta efficienza).

Si ribadisce che le azioni di efficienza energetica degli edifici, che passano certamente per gli sviluppi della certificazione energetica, hanno delle ricadute molto significative riguardo a:

1. la diffusione di tecnologie energetiche ad alta innovazione riguardanti materiali, tecniche di analisi e procedure gestionali e di manutenzione;
2. il rilancio del settore in termini occupazionali e di fatturato.

Si stima che il mercato indotto sia pari a circa 7.500 Miliardi di euro, e che riguardi i seguenti elementi:

1. nuovi materiali;
2. progettazione;
3. manutenzione;
4. verifiche della certificazione;
5. accertamenti ed ispezioni.

Per dare qualche dato si riportano le stime del fatturato a livello nazionale del settore delle costruzioni (ATECO F.41.20) e del settore della progettazione (ATECO F41.10). Nel 2004 il settore costruzioni ha conseguito un fatturato, solo con riferimento al residenziale, di circa 30 miliardi di euro.

Da parte sua il settore progettazione, sempre con riferimento esclusivamente al residenziale, ha registrato un fatturato di circa 4,5 miliardi di euro.

I punti di forza della riqualificazione energetica degli edifici e dell'applicazione della certificazione energetica, sono identificabili nei seguenti:

- tradizione nazionale manifatturiera e manutentiva;
- rete diffusa di medie e piccole imprese nella produzione di materiali per l'edilizia con valenza anche internazionale;
- esistenza di una fortissima "sensibilità" energetica ed ambientale su tutto il territorio nazionale da parte dei compratori;
- diffusione di notevoli investimenti istituzionali per la realizzazione di impianti a fonte rinnovabile (fotovoltaico, solare termico, microeolico, cogenerazione con biomasse);
- forte regolamentazione politico-economica territoriale attraverso strumenti di agevolazione (POR FESR, POIN) e programmi di ricerca e sviluppo (impianto solare-termodinamico);
- diffusione di un sistema nazionale di ricerca ed accademico di eccellenza caratterizzato da competenze distinte impegnate nel settore;
- diffusione di numerose e qualificate iniziative formative sull'efficienza energetica e la certificazione;
- forte richiesta da parte dei professionisti di una formazione adatta a supportare la certificazione e l'efficienza energetica.

Le ricerche di settore consentono di stimare che per il prossimo periodo che va dal 2010 al 2020, a seguito della richiesta di progettazione e realizzazione di eco-edifici residenziali, il fatturato delle imprese che operano nel settore delle costruzioni e delle società che operano nel settore della progettazione crescerà in modo uniforme ad un tasso medio annuo del 10%.

**IL CONTESTO DI RIFERIMENTO****OBIETTIVI UE E DELL'ITALIA PER MIGLIORARE L'EFFICIENZA ENERGETICA**

---

<b>ITALIA - Volume totale della domanda su tutto il residenziale</b>					
<b>anno</b>	<b>2010</b>	<b>2012</b>	<b>2014</b>	<b>2016</b>	<b>2018</b>
costr. (Md euro)	30	33,71	37,87	42,56	47,82
prog. (Md euro)	4,5	5,06	5,68	6,38	7,17

<b>ITALIA - Volume totale della domanda su tutto il residenziale eco-sostenibile</b>					
<b>anno</b>	<b>2010</b>	<b>2012</b>	<b>2014</b>	<b>2016</b>	<b>2018</b>
costr. (Md euro)	3	10,11	18,94	29,79	43,03
prog. (Md euro)	0,45	1,52	2,84	4,47	6,46

Tabella delle stime di crescita del mercato delle costruzioni e della progettazione di edifici che rispettano le norme dell'efficienza energetica e della certificazione energetica

Se si aggiunge la richiesta di costruzione e progettazione di edifici non residenziali (strutture pubbliche e produttive), che dovranno rispettare anch'essi criteri di efficienza energetica, si stima che il tasso di crescita dei settori economici collegati (costruzione e progettazione) possa raddoppiare.

Si ricorda inoltre che a carico e responsabilità del costruttore sono ormai acquisite le incombenze derivate dalle norme di certificazione energetica vigenti rispetto alle nuove costruzioni, alle ristrutturazione di quelle già esistenti ed alla demolizione e ricostruzione di edifici con superfici superiori a 1000 m<sup>2</sup>.

## DESCRIZIONE DELLA TECNOLOGIA

---

---

### I COMPONENTI



Le tecnologie rilevanti individuate per l'aumento dell'efficienza energetica nel settore civile sono quelle legate all'involucro (climatizzazione, coibentazione e/o altri interventi edili) alla illuminazione, alla efficienza degli impianti (generazione di energia elettrica, alla cogenerazione/rigenerazione, compresa la microcogenerazione e generazione distribuita), agli elettrodomestici e alla ict/automazione (building automation).

Di particolare interesse gli interventi riguardanti la climatizzazione, coibentazione e illuminazione, settori che danno da subito i maggiori ritorni con le tecnologie esistenti.

La **climatizzazione e coibentazione** riguarda le soluzioni sull'involucro; l'isolamento termico o coibentazione è la soluzione più efficace ed economica per la riduzione del fabbisogno termico. In genere si pensa all'isolamento in riferimento all'isolamento dal freddo e poco al comportamento dell'edificio nel periodo estivo: in realtà entrambi i periodi sono da tenere in considerazione in quanto molto energivori.

La riduzione dei consumi energetici implica delle scelte progettuali che devono tener conto delle esigenze invernali ed estive. Per il periodo invernale il bilancio energetico deve tener conto delle dispersioni dell'edificio e dei guadagni in termini di apporti energetici gratuiti. Si deve tener conto degli scambi termici per trasmissione (verso l'esterno, verso il terreno, verso locali adiacenti a temperatura inferiore o non riscaldati) e per ventilazione (verso l'esterno e verso locali riscaldati a temperatura inferiore o non riscaldati). Gli apporti solari sono dovuti all'irraggiamento solare sulle pareti opache e sulle superfici finestrate oltre agli apporti legati alle attività che si svolgono all'interno dei locali.

Circa l'80% del caldo o del freddo passa attraverso le pareti, il tetto e i solai e la restante parte è dovuta a correnti d'aria incontrollate, generate da cattive tenute o fessure di porte e finestre.

Diversi sono i sistemi di isolamento di pareti verticali e coperture piane o inclinate o verso locali non riscaldati e controterra sia come soluzioni tecniche che come materiali da utilizzare.

È possibile prendere in considerazione tre tecniche d'intervento che fanno riferimento alla posizione e al modo in cui viene applicato lo strato isolante: all'interno o all'esterno dell'edificio o nell'intercapedine della muratura. Ognuna di queste prevede materiali e/o modalità di applicazione differenti con vantaggi e svantaggi.

### **Isolamento interno dell'edificio**

L'isolamento dall'interno permette di ottenere il maggiore risparmio della fonte di energia primaria perchè non vi sono vincoli sul dimensionamento degli spessori di coibente da porre all'interno, se non quello di una riduzione degli spazi abitati. Si tratta di un intervento che non necessita di opere accessorie per l'esecuzione dei lavori, quali le impalcature, ma piuttosto deve essere ben considerato il periodo dell'anno in cui attuarlo in relazione alla destinazione d'uso del locale e dell'edificio in esame. Con questo tipo di soluzione, l'inconveniente maggiore è relativo alla mancata correzione dei ponti termici, che continuano a disperdere quanto nella soluzione iniziale;

## DESCRIZIONE DELLA TECNOLOGIA

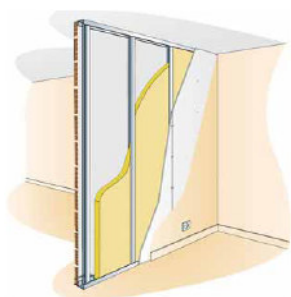
### I COMPONENTI

---

inoltre, va attentamente valutato il pericolo di formazione di condensa, che può rendere necessario l'utilizzo di una barriera al vapore. Questo sistema esclude dal riscaldamento la massa perimetrale delle pareti, rendendo più rapido il raggiungimento della temperatura di comfort in quanto le pareti perimetrali non partecipano al calcolo dell'inerzia termica dell'edificio. L'intervento può essere effettuato applicando direttamente sulla parete un isolante che sarà a sua volta rivestito con intonaco su rete (magari additivato con elementi isolanti) o con l'applicazione di pannelli in cartongesso nelle configurazioni di controparete.

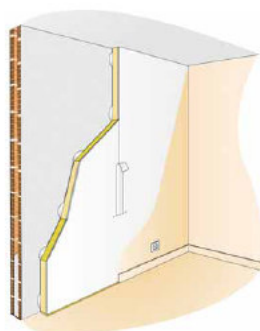
Tra tutte le superfici esterne di un edificio, l'elemento a più alta permeabilità al calore è il tetto o solaio di copertura.

L'isolamento termico del solaio di copertura, previsto per questo intervento, è costituito da un pannello di isolante di opportuno spessore con relativo controsoffitto di cartongesso, applicati sull'intradosso del solaio.



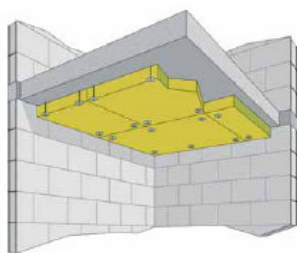
Questo tipo di intervento presenta ovviamente dei limiti legati innanzitutto alla perdita in termini di superficie calpestabile e inoltre la riduzione della trasmittanza termica va a scapito delle caratteristiche inerziali della parete. Non si eliminano i ponti termici sulle testate delle solette e negli angoli di incrocio di queste con le pareti verticali.

### **Isolamento attraverso l'intercapedine muraria**



La seconda metodologia di intervento (destinata a pareti con intercapedine) è rappresentata dalla possibilità di effettuare un riempimento della cavità utilizzando materiali isolanti sfusi quali argilla o vermiculite espansa, sughero in granuli, fibra di cellulosa, lana di vetro nodulata o mediante schiume espansive ureiche o poliuretaniche.

I vantaggi di questa tecnica sono legati all'economicità e comunque rappresenta un intervento non complesso poiché questi materiali possono essere insufflati nell'intercapedine agendo dall'interno mediante piccole aperture applicate nelle pareti. Anche in questo caso non è possibile eliminare eventuali ponti termici.

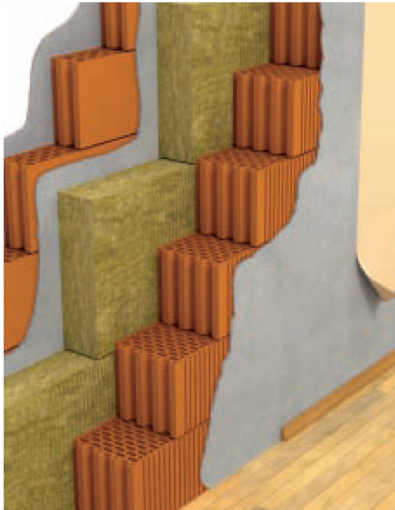


### **Isolamento a "cappotto" con rivestimento esterno**

In genere tale soluzione permette di ottenere una maggiore durata dell'intervento eseguito senza eccessivi oneri economici dovuti alla manutenzione nel tempo.

Il sistema prevede l'applicazione di uno strato termoisolante, costituito da un pannello di isolante di opportuno spessore,

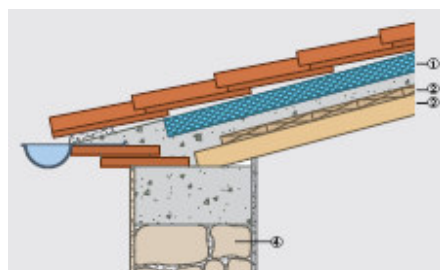
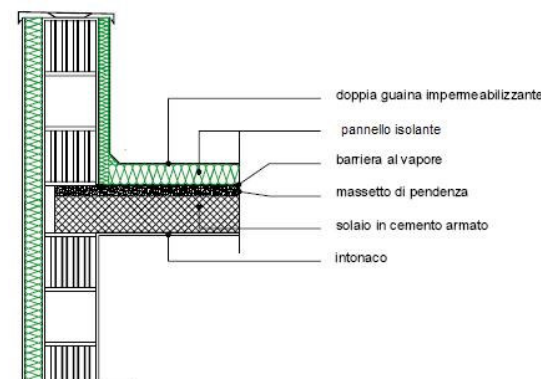
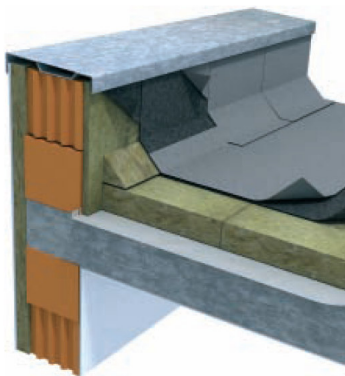
Tipologie di isolamento interno per edifici.



Esempio di isolamento in intercapedine per pareti di nuova costruzione

all'esterno della muratura preesistente, quindi una sottile camera d'aria per gestire le tolleranze di montaggio delle lastre del rivestimento, e infine lo strato di rivestimento, per garantire protezione e conferire una resistenza meccanica. Un problema che si verifica con l'applicazione del rivestimento agli edifici esistenti è dovuto all'azzeramento delle sporgenze presenti sul prospetto esistente dovute agli stipiti e alle soglie; per confermare quindi il disegno prospettico, una soluzione prevede l'applicazione di una controsoglia su quella esistente.

Questo tipo di intervento permette di correggere quasi totalmente i ponti termici presenti nell'edificio, con un buon incremento nel risparmio di energia primaria. Altro vantaggio è legato alla partecipazione dell'intera muratura all'effetto di smorzamento termico con conseguente omogeneità di comportamento della struttura. Questa tecnica presenta dei costi aggiuntivi perché richiede la predisposizione dei ponteggi.



Isolamento esterno per copertura a falda.

Ciascuna di queste tecniche ha i suoi pro e contro, comprendenti gli **aspetti** economici, gestionali e realizzativi.

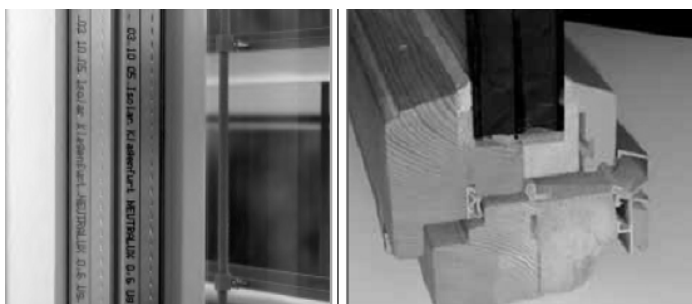
## Aspetti economici gestionali ed organizzativi: come valutare la convenienza delle tecnologie

	Isolamento a cappotto delle pareti perimetrali	Isolamento dall'interno delle pareti perimetrali	Isolamento della copertura	Isolamento primo solaio (su ambiente non riscaldato o su piloty)
Spessore medio isolante da impiegare (cm)	6	6+1	8	8
COSTO Medio Materiale (euro/mq)	15 - 25	11 - 15	18 - 40	24
Costo Medio manodopera (euro/mq)	25	15 - 25	5 - 20	25
Risparmio energetico ottenibile (% rispetto a prima dell'intervento)	20 - 25	15 - 20	35 - 40	10 - 15
Convenienza	●●●	●●	●●●●	●●

Una variante dell'isolamento a cappotto è caratterizzato da un rivestimento sottile di intonaco su isolante della facciata ventilata. Il principio fisico di funzionamento è quello basato sull'“effetto camino” (moto ascensionale legato alla variazione di temperatura) che si crea nell'intercapedine ventilata posizionata tra isolante e il paramento esterno di protezione.

Per realizzare un buon isolamento termico è importante migliorare la tenuta all'aria dei serramenti (utilizzo di guarnizioni di tenuta sugli infissi) e ridurre le dispersioni o i rientri di calore attraverso i vetri e i cassonetti (isolamento delle tre superfici dei cassonetti).

Un modo per incrementare la resistenza alla trasmissione del calore attraverso gli infissi è aggiungere un altro vetro con intercapedine che fornisce un ulteriore strato resistente (o utilizzare vetri speciali o gas diversi nell'intercapedine dei vetri-camera o vetri tripli o pellicole termoriflettenti sulla superficie vetrata).



Es. di vetro tripla

Es. di infisso con guarnizioni supplementari

**Come valutare la convenienza delle tecnologie anche in relazione alle zone climatiche**

INTERVENTI				ZONA CLIMATICA			
		COSTI INDICATIVI	RISPARMIO ENERGETICO	A, B, C	D	E	F
INTERVENTI SULLE FINESTRE		€/m2	%	CONVENIENZA	CONVENIENZA	CONVENIENZA	CONVENIENZA
CONTROLLO INFILTRAZIONI	GUARNIZIONI SUPPLEMENTARI	6,20	10-15	••	••••	•••••	•••••
CONTROLLO DISPERSIONI DAL CASSONETTO	ISOLAMENTO	9,00	5-10	••	•••	••••	•••••

	Installazione di serramenti con maggiori proprietà isolanti
<i>COSTO Medio Materiale (euro/mq)</i>	300
<i>Costo Medio manodopera (euro/mq)</i>	20-30
<i>Risparmio energetico ottenibile (% rispetto a prima dell'intervento)</i>	5-10
<i>Convenienza</i>	•••

Es. di valutazione dei costi

## EFFICIENZA ENERGETICA ED EDIFICI PASSIVI



### COS'E' UN EDIFICIO PASSIVO?

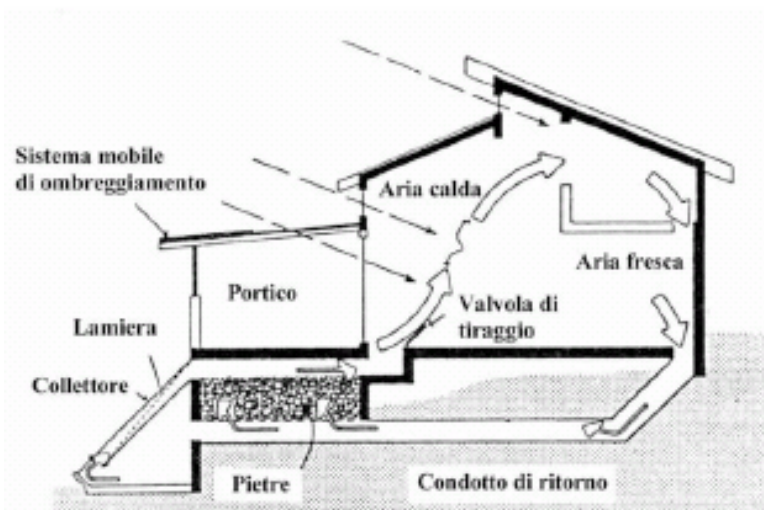
Il concetto di efficienza energetica si collega a materiali, struttura, manutenzione e uso dell'edificio, si hanno però anche alcune tipologie specifiche di progettazione che sono utilizzate in condizioni climatiche molto estreme, in particolare nei climi più freddi del clima medio italiano.

Ci riferiamo a concetti quali "passiv house", che si riferiscono ad edifici che rispettano la seguente definizione.

Per edificio passivo si intende un edificio in cui con opportune strategie di intervento si cerca di sfruttare le caratteristiche microclimatiche (sole, vento, morfologia del terreno...) della zona in cui è situato l'edificio, per ottenere una riduzione dell'apporto di caldo o freddo interno altrimenti realizzabile per mezzo di impianti di climatizzazione.

In questa tipologia di edificio vengono utilizzati i così detti sistemi solari passivi, in grado di raccogliere e trasportare il calore del sole con mezzi non meccanici.

### Esempio di casa passiva



Per ottenere significativi risparmi è importante puntare anche sulla **efficienza degli impianti**.

Per le soluzioni impiantistiche è da considerare che l'efficienza energetica di un impianto termico è legata ai singoli componenti e quindi al sistema di produzione (caldaia), distribuzione, emissione e al sistema di regolazione e controllo.

Per ottenere un rendimento adeguato dei sottosistemi di distribuzione e di regolazione, si ritiene indispensabile intervenire attraverso la coibentazione delle tubazioni che vanno dalle caldaie fino ai terminali di emissione (coppelle isolanti) e mediante la posa in opera di un sistema di regolazione climatico sia generale sia di ogni singolo ambiente.



Coppelle isolanti

Gli interventi tipici per aumentare il rendimento dei sistemi di produzione e di emissione sono due: il primo consiste nella sostituzione delle caldaie presenti con caldaie a gas che abbiano bruciatori a condensazione, i quali garantiscono un elevato rendimento sugli impianti insieme alla sostituzione dei corpi scaldanti in ghisa con più efficienti pannelli radianti a pavimento e a soffitto o con sistemi scaldanti a battiscopa; il secondo prevede la sostituzione della caldaia con un sistema a pompa di calore e relativi termoconvettori, intervento che garantirebbe sia il riscaldamento sia il raffrescamento degli ambienti.

L'illuminazione degli **edifici residenziali** rappresenta il 15-20% dei consumi elettrici generali. Fondamentale è quindi l'utilizzo di tecnologie più efficienti rispetto alle tradizionali lampade ad incandescenza. Tra le tecnologie di possibile uso, già sul mercato si citano pertanto le lampade fluorescenti compatte tradizionali ed elettroniche, le lampade alogene e lampade al sodio. Queste tecnologie sono già state oggetto in alcune grandi città (Roma, Milano) di campagne da parte di distributori di energia, volte al loro utilizzo finanziando gli utenti che volevano sostituire le vecchie lampadine con quelle tecnologicamente innovative, a basso consumo energetico.

Per quanto riguarda gli **elettrodomestici** ormai esiste una consolidata certificazione degli stessi, in base alla quale si possono sapere in anticipo le loro prestazioni energetiche, su cui regolarsi per ridurre i consumi a parità di prestazioni. In questa categoria si inserisce lo specifico settore degli **apparecchi per la refrigerazione**.

Una nuova iniziativa tecnologica volta all'efficienza energetica degli edifici e quella basata sulla **ict/automazione (building automation)**.

Tale settore riguarda tutte le possibilità di gestire i dispositivi che consumano energia in modo da ottimizzarne le prestazioni, in termini di “modalità d’uso”. Tra le più significative iniziative tecnologiche si segnalano quelle per la gestione degli “stand by” degli apparecchi elettrici, quelle per la gestione temporizzata degli impianti termici, e per la gestione automatica degli impianti di illuminazione in diretta connessione con la presenza umana nell’ambiente da illuminare.

**Stime generali degli effetti di risparmio degli interventi di efficienza energetica complessivi sugli edifici**

Rispetto al consumo di un appartamento medio (100 m<sup>2</sup>) nel SUD Italia, si risparmia:

- almeno il 1,5% per ogni lampada ad incandescenza sostituita;
- almeno il 10% per ogni scaldabagno elettrico sostituito;
- fino al 3% per ogni caldaia ad alto rendimento installata;
- fino al 2% per ogni m<sup>2</sup> supplementare di doppio vetro;
- fino all’1% per ogni m<sup>2</sup> supplementare di isolamento;
- fino al 25% per ogni m<sup>2</sup> di collettore solare per la preparazione di acqua calda.

# EFFICIENZA E AUDIT ENERGETICO

## VALUTAZIONE TECNICA PRELIMINARE



La razionalizzazione dei consumi energetici è un'operazione riorganizzativa e tecnologica con la quale si intende conseguire l'obiettivo di produrre la medesima quantità e qualità dei prodotti o di servizi con un minor consumo di energia primaria.

Un intervento di razionalizzazione energetica comporta diverse fasi:

- audit energetico in cui sono censite le caratteristiche e le rese degli impianti che utilizzano energia per individuare gli interventi potenziali di efficienza energetica;
- l'individuazione delle soluzioni possibili, che richiede un'approfondita conoscenza dei mercati delle tecnologie e dell'energia;
- lo studio di fattibilità il cui compito è di esaminare nel dettaglio i punti di forza e le criticità degli interventi di efficienza energetica ovvero di valutare nel dettaglio le opportunità economiche, gli impegni finanziari, gli aspetti tecnici, progettuali, contrattuali e organizzativi.

L'audit energetico deve riflettere la reale situazione energetica di un'azienda o di un edificio mettendo in evidenza le caratteristiche principali, le problematiche, i margini di razionalizzazione ed i miglioramenti connessi. Per realizzare un audit è necessario creare un sistema di rilievo, raccolta ed analisi dei dati relativi al fabbisogno energetico dell'utente che metta in evidenza i consumi specifici e le condizioni di esercizio di tutti gli impianti inerenti la struttura.

Nell'APPENDICE C è riportato uno schema di procedura per la realizzazione di un audit energetico, finalizzato ad un intervento di efficienza energetica per un edificio.

Bisogna infine ricordare che per affiancare l'azione degli esperti che svolgono audit energetici e che, in seconda istanza, progettano ed attuano operazioni di efficienza energetica, esistono in commercio software specifici che consentono, dopo aver inserito i dati in input relativi all'involucro e agli impianti presenti nell'edificio, di ottenere i risultati in termini di consumi di energia primaria ed eventualmente la classificazione energetica dell'edificio (certificazione energetica regionale in attesa delle linee guida nazionali sulla certificazione energetica). Tali programmi sono stati sviluppati con il concorso di diversi enti di ricerca scientifica italiani e di alcune università; essi sono disponibili sul mercato e ciascun professionista può o acquisirli gratuitamente, oppure comprarli dai loro distributori. In appendice A sono riportati alcuni parametri termici necessari alla valutazione dell'efficienza termica ed in appendice B una scheda esemplificativa dei dati necessari al calcolo del consumo di energia.

[Leggi guida su incentivi sezione "edifici esistenti"](#)

## APPENDICE

---

---



### SITI WEB UTILI PER APPROFONDIRE

- <http://www.enea.it/>
- <http://enerweb.casaccia.enea.it/enearegioni/UserFiles/OSSERVATORIO/Sito/osservatorio.htm>
- <http://www.fire-italia.it/>
- [http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Temi/Energia\\_rinnovabile/](http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Temi/Energia_rinnovabile/)
- <http://www.energie-rinnovabili.org/>

**PARAMETRI TERMICI DEI COMPONENTI EDILIZI**

I dati riportati nelle tabelle seguenti sono utilizzabili qualora non si possano effettuare valutazioni precise di calcolo, sulla base di dati derivanti da ispezioni o altre fonti più attendibili.

I dati comprendono tabelle riguardanti le trasmittanze degli elementi delle strutture.

Gli edifici costruiti dopo tale data sono soggetti all'obbligo dell'isolamento termico ai sensi della legge 373/76 prima e della legge 10/91 poi e si dovrebbero quindi ritenere isolati, secondo i livelli previsti da tali leggi.

Con tali informazioni è possibile riconoscere le tipologie delle strutture senza ispezioni invasive e procedere al calcolo secondo la normativa vigente.

**A.1 Trasmittanza termica dei componenti opachi dell'involucro****Prospetto A.1: Trasmittanza termica delle pareti perimetrali verticali<sup>1</sup>**

[W/m<sup>2</sup>K].

Spessore [cm]	Muratura di pietrame intonacata	Muratura di mattoni pieni intonacati sulle due facce	Pannello prefabbricato in c.l.s.	Parete a cassa vuota <sup>2</sup> con mattoni forati	Struttura isolata <sup>3</sup>
	A1	B1	C1	D1	E1
15	-	2,31	4,03	-	0,59
20	-	1,84	3,64	-	0,57
25	3,55	1,54	3,36	1,20	0,54
30	3,19	1,33	3,15	1,15	0,52
35	2,92	1,18	2,98	1,11	0,50
40	2,70	1,06	2,84	1,11	0,48
45	2,52	0,97	2,73	1,11	0,46
50	2,37	0,89	2,63	1,11	0,44
55	2,24	0,82	2,54	1,11	0,42
60	2,13	0,77	2,46	1,11	0,40

1 - I sottofinestra devono essere computati come strutture a parte

2 - Le trasmittanze sono calcolate considerando la camera d'aria a tenuta

3 - In presenza di strutture isolate dall'esterno (isolamento a cappotto), la trasmittanza dalla parete viene calcolata sommando alla resistenza termica della struttura di categoria D la resistenza termica dello strato isolante.

**Prospetto A.2: Trasmissione termica dei cassonetti [W/m<sup>2</sup>K].**

Tipologia di cassonetto	Trasmittanza termica
Cassonetto non isolato <sup>4</sup>	6
Cassonetto isolato	1

**Prospetto A.3: Trasmissione termica delle pareti interne verticali [W/m<sup>2</sup>K].**

Spessore [cm]	Muratura di mattoni pieni intonacati sulle due facce	Muratura di mattoni forati intonacati sulle due facce	Parete in cls intonacata	Parete a cassa vuota con mattoni forati	Struttura isolata
	A2	B2	C2	D2	E2
15	1,91	1,38	2,96	1,16	0,56
20	1,67	1,11	2,79	1,12	0,54
25	1,43	0,93	2,62	1,08	0,52
30	1,19	0,80	2,46	1,04	0,50

**Prospetto A.4: Trasmissione termica delle coperture piane e a falde [W/m<sup>2</sup>K].**

Spessore [cm]	Soletta piana non coibentata in laterocemento	Soletta piana coibentata	Tetto a falda in laterizio non coibentato	Tetto a falda in laterizio coibentato	Tetto in legno poco isolato	Tetto in legno mediamente isolato
	A3	B3	C3	D3	E3	F3
15	2,00	0,77	2,77	0,87	1,31	0,72
20	1,76	0,72	2,39	0,81		
25	1,53	0,67	2,02	0,75		
30	1,30	0,61	1,65	0,68		
35	1,06	0,56	1,28	0,62		

4 - Si considerano isolate quelle strutture che hanno un isolamento termico non inferiore a 2 cm.

**Prospetto A.5: Trasmissione termica dei solai sotto ambienti interni [W/m<sup>2</sup>K].**

Spessore [cm]	Soletta in laterocement o	Soletta in laterocement o confinante con sottotetto	Solaio prefabbricato in cls tipo Predalle	Soletta generica coibentata
	A4	B4	C4	D4
20	1,59	1,68	2,16	0,68
25	1,39	1,47	2,01	0,63
30	1,19	1,25	1,87	0,58
35	1,00	1,03	1,73	0,53

**Prospetto A.6: Trasmissione termica dei solai a terra, su spazi aperti o su ambienti non riscaldati [W/m<sup>2</sup>K].**

Spessore [cm]	Soletta in lateroceme nto su cantina	Soletta in lateroceme nto su vespaio o pilotis	Basamento in lateroceme nto su terreno	Basamento in cls su terreno	Soletta generica coibentata su cantina- vespaio- pilotis
	A5	B5	C5	D5	E5
20	1,54	1,76	1,37	1,35	0,71
25	1,35	1,53	1,24	1,31	0,66
30	1,16	1,30	1,11	1,27	0,61
35	0,97	1,06	0,98	1,23	0,55

## **A.2 Capacità termica aerica e costante di tempo**

Una buona approssimazione della capacità termica areica è data dalla seguente formula (rif. UNI EN 832 - Appendice H):

$$\chi = \sum_i \rho_i \cdot c_i \cdot d_i$$

riferita ad una porzione del componente di spessore pari 10 cm misurati dall'interno, dove  $\rho_i$  è la densità del materiale dello strato  $i$ ,  $c_i$  è il calore specifico dello strato  $i$ ,  $d_i$  è lo spessore dello strato  $i$ .

Nel caso si decida di omettere la determinazione della capacità termica areica di tutti i componenti della struttura edilizia, la costante di tempo della zona termica può essere ricavata attraverso una determinazione semplificata della capacità termica effettiva della zona termica.

Nel prospetto A.7 si riporta il valore della capacità termica effettiva per unità di volume lordo riscaldato in funzione della tipologia costruttiva.

### **Prospetto A.7: Capacità termica volumica della zona termica.**

Tipologia costruttiva dell'edificio	Capacità termica volumica [kJ/(m <sup>3</sup> ·K)]
Edifici con muri in pietra o assimilabili	290
Edifici con muri in mattoni pieni o assimilabili	240
Edifici con muri in mattoni forati o assimilabili	130
Edifici con pareti leggere o isolati dall'interno	70

## **A.3 Ponti termici**

Per la valutazione dei ponti termici, in mancanza di dati attendibili, si applicano delle maggiorazioni ai valori delle dispersioni termiche delle strutture di riferimento secondo il prospetto A.8.

**Prospetto A.8: Maggiorazioni percentuali relative alla presenza dei ponti termici [%].**

Descrizione della struttura	Maggiorazione <sup>5</sup>
Parete con isolamento dall'esterno (a cappotto senza aggetti/balconi)	0
Parete con isolamento dall'esterno (a cappotto con aggetti/balconi)	5
Parete omogenea in mattoni pieni o in pietra	5
Parete a cassa vuota con mattoni forati	10
Struttura isolata	20
Pannello prefabbricato in <u>cls</u>	30

5 - Le maggiorazioni si applicano alle dispersioni della parete opaca e tengono conto anche della presenza dei serramenti e dei ponti termici relativi.

## ALLEGATO B



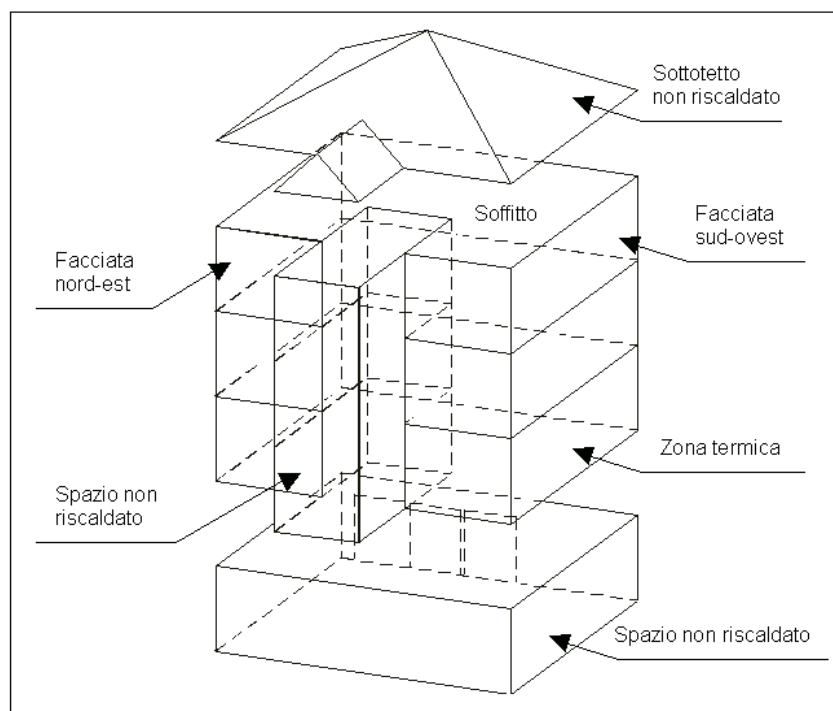
### SCHEDA PER L'ACQUISIZIONE DEI DATI NECESSARI PER IL CALCOLO

#### C.1 Schema planimetrico dell'edificio

Lo schema planimetrico dovrebbe contenere anche gli edifici circostanti ed ogni altro elemento atto a schermare la radiazione solare o a influenzare il profilo dei venti.

#### C.2 Schema per l'individuazione delle zone termiche, degli spazi non riscaldati e delle facciate

A titolo di esempio, nella figura C.1 si riporta un esempio di individuazione delle zone termiche, degli spazi non riscaldati e delle facciate.



Esempio di individuazione delle zone termiche, degli spazi non riscaldati e delle facciate.

### **C.3 Abaco delle facciate, delle chiusure superiori e inferiori, e delle partizioni interne**

#### ***Facciate***

Per ogni facciata si compilino le seguenti tabelle.

Facciata n. \_\_\_\_\_

Orientamento della facciata \_\_\_\_\_

Dimensioni della facciata \_\_\_\_\_

Sigla identificativa del componente	Tipo di componente (*)	Area [m <sup>2</sup> ]	F <sub>5</sub> (solo per infissi)

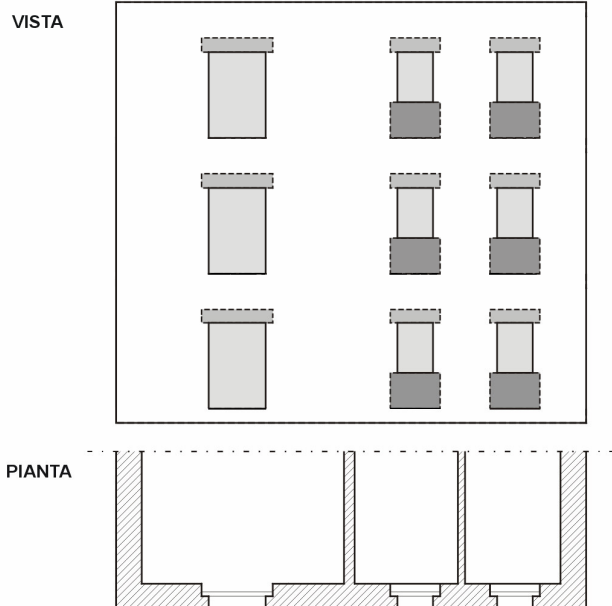
(\*) Parete perimetrale verticale, infisso esterno verticale, sottofinestra, cassonetto, ...

Sigla identificativa del ponte termico	Tipo di ponte termico (**)	Lunghezza [m]	

(\*\*) Si veda la classificazione riportata nella norma UNI EN ISO 14683.

A titolo di esempio, nella figura C.2 si riporta un esempio di suddivisione di una facciata in superfici tra loro omogenee.

**ALLEGATO B**  
**SCHEDA PER L'ACQUISIZIONE DEI DATI NECESSARI PER IL CALCOLO**



Esempio di suddivisione di una facciata in superfici tra loro omogenee.

***Chiusure superiori***

Per ogni insieme di chiusure superiori si compilino le seguenti tabelle.

Chiusura superiore n. \_\_\_\_\_

Orientamento della chiusura superiore \_\_\_\_\_

Dimensioni della chiusura superiore \_\_\_\_\_

Sigla identificativa del componente	Tipo di componente (***)	Area [m <sup>2</sup> ]	F <sub>s</sub> (solo per infissi)

Sigla identificativa del ponte termico	Tipo di ponte termico	Lunghezza [m]	F <sub>S</sub> (solo per infissi)

(\*\*\*) Copertura, lucernario, ...

**Chiusure inferiori**

Per ogni insieme di chiusure inferiori si compilino le seguenti tabelle.

Chiusura inferiore n. \_\_\_\_\_

Orientamento della chiusura inferiore \_\_\_\_\_

Dimensioni della chiusura inferiore \_\_\_\_\_

Sigla identificativa del componente	Tipo di componente	Area [m <sup>2</sup> ]	Tipo di ambiente confinante

Sigla identificativa del ponte termico	Tipo di ponte termico	Lunghezza [m]	Tipo di ambiente confinante

***Partizioni interne***

Per le partizioni interne si compili la seguente tabella.

Sigla identificativa del componente	Tipo di componente	Area [m <sup>2</sup> ]	Tipo di ambiente confinante

**C.4 Caratterizzazione dei componenti opachi**

Per tutti i tipi di componente opaco si compili la seguente tabella.

Sigla identificativa del componente	Tipo di componente	Tipologia costruttiva (****)	Spessore [m]	U [W/m <sup>2</sup> K]	λ [J/m <sup>2</sup> K]

(\*\*\*\*) Si faccia riferimento alle tipologie costruttive definite nell'appendice A della presente raccomandazione.

**C.5 Caratterizzazione degli infissi**

Per tutti i tipi di infisso si compili la seguente tabella.

Sigla identificativa del componente	Tipo di componente	Tipologia di vetro	Tipologia di telaio	Tipologia di oscuramento esterno	U [W/m <sup>2</sup> K]	g [-]	F <sub>F</sub> [-]

### **C.6 Caratterizzazione dei ponti termici**

Per tutti i tipi di ponte termico individuati si compili la seguente tabella.

<b>Sigla identificativa del ponte termico</b>	<b>Tipologia di ponte termico</b>	<b><math>\psi</math> [W/mK]</b>

## ALLEGATO B



### **SCHEMA DI PROCEDURA PER IL REPERIMENTO DEI DATI NECESSARI AI FINI DELLA DIAGNOSI ENERGETICA DEGLI EDIFICI ESISTENTI**

Questa procedura viene riferita esclusivamente ad edifici con destinazione d'uso civile ed ai consumi dovuti alla climatizzazione invernale ed alla produzione di acqua calda sanitaria.

La sequenza logica delle operazioni da eseguire viene suddivisa in quattro fasi di seguito riportate:

- ACQUISIZIONE DEI DATI CLIMATICI DELLA ZONA
- ACQUISIZIONE DEI DATI SULL'EDIFICIO, SULL'INVOLUCRO EDILIZIO E SUGLI IMPIANTI
- ACQUISIZIONE DEI DATI RELATIVI ALLE MODALITA' DI OCCUPAZIONE ED UTILIZZO DELL'EDIFICIO
- ACQUISIZIONE DEI DATI SUI CONSUMI ENERGETICI

#### **ACQUISIZIONE DEI DATI CLIMATICI DELLA ZONA**

I dati da reperire riguardano le condizioni climatiche della zona dove sorge l'edificio da sottoporre a certificazione energetica.

Tali dati climatici della località si possono di seguito riassumere:

#### **DATI CLIMATICI DELLA ZONA**

Zona climatica: ( D.P.R. 412/93 e successivi aggiornamenti )

Gradi Giorno della località: ( D.P.R. 412/93 e successivi aggiornamenti )

Temperatura esterna minima di progetto: ( D.P.R. 1052/77 all. 1 )

Temperatura esterna media invernale: ( UNI 10349 )

Temperature esterne medie mensili invernali: ( UNI 10349 )

Temperatura interna di progetto: ( UNI 10379-05 )

Numero di giorni di riscaldamento invernale: ( D.P.R. 412/93 e successivi aggiornamenti )

Coordinate geografiche ed altezza sul livello del mare:

Irraggiamento solare su piano orizzontale: ( UNI 10349 )

Irraggiamento solare su piani verticali: ( UNI 10349 )

Pressioni parziali di vapore nell'aria esterna: ( UNI 10349 )

Velocità del vento: ( UNI 10349 )

## **ACQUISIZIONE DEI DATI SULL'EDIFICIO, SULL'INVOLUCRO EDILIZIO E SUGLI IMPIANTI**

Nel seguito del paragrafo sono riportate procedure e modalità per il rilievo in campo dei dati.

### **DATI SPECIFICI RELATIVI ALLE CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO**

I primi dati da reperire sono riferiti alle caratteristiche tipologiche dell'edificio e comprendono:

- il volume lordo dello spazio riscaldato;
- la individuazione e caratterizzazione di eventuali diverse zone termiche;
- le superfici di tutti i componenti dell'involucro e della struttura edilizia;
- le tipologie e dimensioni dei ponti termici;
- gli orientamenti di tutti i componenti dell'involucro edilizio;
- i coefficienti di ombreggiatura di tutti i componenti trasparenti dell'involucro edilizio;
- il rapporto tra superficie disperdente e volume lordo dello spazio riscaldato.

La caratterizzazione dell'edificio comprende anche alcuni dati che non sono strettamente necessari per lo sviluppo della certificazione energetica, ma che completano la descrizione dell'edificio, quali:

- l'anno di costruzione dell'edificio;
- la proprietà dell'edificio;
- la destinazione d'uso;
- la tipologia edilizia;
- il volume netto dello spazio riscaldato;
- il rapporto tra superficie finestrata e superficie disperdente;
- il rapporto tra potenza termica installata e volume riscaldato;
- i valori rilevati dei consumi annui per il riscaldamento ambiente e per la produzione di acqua calda sanitaria negli ultimi tre anni.

**ALLEGATO C****SCHEMA DI PROCEDURA PER IL REPERIMENTO DEI DATI NECESSARI AI FINI DELLA DIAGNOSI ENERGETICA DEGLI EDIFICI ESISTENTI****DATI SPECIFICI RELATIVI ALL'INVOLUCRO EDILIZIO  
SUPERFICI TRASPARENTI**

Per quanto riguarda le strutture disperdenti trasparenti, o si adottano informazioni specifiche sulla qualità dei singoli serramenti installati applicando la norma UNI 10345 o si adotta la tabella presente in APPENDICE A. Per una maggiore semplificazione si può applicare la seguente tabella semplificata che in funzione della tipologia della tamponatura trasparente e del tipo di telaio offre un valore della trasmittanza unitaria del serramento.

**TABELLA DELLE TRASMITTANZE UNITARIE DEI SERRAMENTI ESTERNI ( W/ m<sup>2</sup>K )**

Descrizione	Trasmittanza della parete vetrata	Trasmittanza del serramento con telaio in legno o PVC	Trasmittanza del serramento con telaio in metallo con taglio termico	Trasmittanza del serramento con telaio in metallo
<b>1.1.1</b> <i>Vetro semplice</i>	5.8	5.2	5.2	5.2
<b>1.1.2</b> <i>Vetro doppio intercapedine 6-8 mm</i>	3.4	2.9	3.3	4.1
<b>1.1.3</b> <i>Vetro doppio intercapedine 8-10 mm</i>	3.2	2.8	3.1	4.0
Vetro doppio intercapedine 10-16 mm	3.0	2.6	3.0	3.8
Vetro triplo con due intercapedini 6-8 mm	2.4	2.2	2.6	3.4
Vetro triplo con due intercapedini 8-10 mm	2.2	2.1	2.4	3.3
Vetro doppio basso emissivo	2.0	1.9	2.3	3.1

## **SUPERFICI OPACHE**

Si riportano le principali tipologie degli elementi costituenti l'involucro opaco:

- Copertura superiore verso l'esterno
- Solaio verso sottotetto non ventilato
- Solaio verso sottotetto ventilato
- Pareti verticali esterne
- Pareti verticali verso locale freddo
- Solaio inferiore verso esterno
- Solaio inferiore verso vano freddo
- Solaio inferiore verso terreno

La stratigrafia dei vari elementi verrà valutata con una o più delle seguenti metodologie:

Documentazione tecnica progettuale  
Verifiche in sito  
Tabelle tipologiche

Le tabelle tipologiche sui parametri termici dei componenti edilizi sono riportate in [AP-PENDICE A](#).

## **IMPIANTO DI RISCALDAMENTO**

Per gli impianti tecnologici è essenziale il controllo dei vari rendimenti, con una verifica del libretto di impianto o di centrale, una misurazione dei dati della combustione, una verifica con acquisizione dei dati dei sistemi di controllo/sicurezza, della distribuzione e dei sistemi di emissione. Anche per gli impianti di riscaldamento il rilievo dei dati è facilitato dal reperimento, se esistente, del progetto termotecnico e delle documentazioni a corredo.

Si riporta di seguito l'elenco dei dati necessari per la certificazione energetica:

- Tipo di combustibile utilizzato;
- Tipo di generatore di calore;
- Potenza del bruciatore
- Potenza termica nominale della caldaia;
- Rendimento utile al 100% della potenza nominale;
- Rendimento utile al 30% della potenza nominale;
- Perdite al mantello;
- Perdite ai fumi;
- Luogo di installazione della caldaia;
- Tipo di distribuzione – Rendimento di distribuzione;

## **ALLEGATO C**

### **SCHEMA DI PROCEDURA PER IL REPERIMENTO DEI DATI NECESSARI AI FINI DELLA DIAGNOSI ENERGETICA DEGLI EDIFICI ESISTENTI**

---

- Tipo di regolazione – Rendimento di regolazione;
- Tipo di emissione – Rendimento di emissione;
- Rendimento complessivo di distribuzione, regolazione ed emissione;
- Informazioni sulla gestione del riscaldamento invernale;
- Assorbimenti elettrici ( bruciatore, pompe di circolazione, ecc.);
- Sistemi di regolazione, sicurezza e controllo.

### **IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ACQUA CALDA SANITARIA**

Anche per gli impianti di produzione dell'acqua calda sanitaria è essenziale il reperimento dei dati dalle eventuali documentazioni tecniche presenti, con un'indagine di campo in cui devono essere verificate o rilevate le seguenti informazioni:

- Tipo di impianto;
- Tipo di energia utilizzata;
- Potenza termica dell'impianto;
- Energia utile necessaria;
- Rendimento di produzione;
- Rendimento di regolazione;
- Perdite al mantello;
- Temperatura dell'acqua in uscita;
- Presenza sistemi anti legionella.

### **PROCEDURE E MODALITA' DI RILIEVO DEI DATI IN CAMPO PER L'EDIFICIO E L'INVOLUCRO EDILIZIO**

Prima di effettuare il rilievo dei dati in campo si procede a:

individuare l'edificio da rilevare su una planimetria urbana;  
individuare una persona di riferimento con la quale concordare la raccolta di informazioni, le date dei sopralluoghi e le modalità di accesso all'edificio;  
raccogliere tutte le informazioni disponibili sulle caratteristiche dell'edificio e dell'impianto di climatizzazione.

La procedura di rilievo dei dati in campo è articolata secondo le fasi di seguito descritte.

#### Planimetria dell'edificio e dell'area pertinente

Si procede a predisporre uno schema planimetrico di massima dell'edificio e dell'area pertinente sul quale siano rappresentati anche gli edifici circostanti ed ogni altro elemento esterno (orografia, vegetazione, ostruzioni varie) atto a schermare la radiazione solare o a influenzare il profilo dei venti.

**Prospetto 2: Coefficiente di correzione del volume lordo riscaldato.**

Categoria di edificio <sup>1</sup>	Tipo di costruzione	
	Vecchia costruzione	Nuova costruzione
E.1, E.2, E.3, E.7	0,6	0,7
	Con partizioni interne	Senza partizioni interne
E.4, E.5, E.6, E.8	0,8	0,9

Abaco delle facciate e delle chiusure superiori e inferiori

Per ogni facciata dell'edificio e per ogni copertura si procede a rilevare:

- l'orientamento;
- le dimensioni;
- la posizione, le dimensioni e la tipologia degli infissi.

Si procede quindi a rilevare le dimensioni del basamento.

Caratterizzazione dei componenti dell'involucro e della struttura edilizia

Per i componenti opachi si procede a rilevare:

- la tipologia costruttiva;
- lo spessore;
- l'ambiente confinante (esterno, locale non riscaldato, terrapieno, etc.);
- la finitura esterna;
- la finitura interna;
- la tipologia di isolamento termico;
- la tipologia di struttura portante.

Per gli infissi si procede a rilevare:

- la tipologia di vetro;
- la tipologia di telaio;
- la tipologia dell'eventuale oscuramento esterno;
- le dimensioni dell'eventuale cassonetto;
- le dimensioni del sottofinestra.

<sup>1</sup> - Si fa riferimento alle categorie previste dall'articolo 3 del D.P.R. 26 agosto 1993 n. 412 (pubblicato sul S.O. della Gazzetta Ufficiale 14 ottobre 1993, n. 242).

Si procede infine all'individuazione dei ponti termici significativi, attraverso la definizione della tipologia e delle dimensioni.

Per l'acquisizione dei dati necessari per il calcolo è stata predisposta una scheda riportata in ALLEGATO B.

### **ACQUISIZIONE DEI DATI RELATIVI ALLE MODALITA' DI OCCUPAZIONE ED UTILIZZO DELL'EDIFICIO**

I dati relativi all'utenza, quali le modalità di occupazione e di utilizzo del sistema edificio-impianto, che incidono nello sviluppo della diagnosi energetica, comprendono:

- la temperatura interna;
- il numero di ricambi d'aria;
- la durata del periodo di riscaldamento;
- il regime di funzionamento dell'impianto termico;
- la modalità di gestione degli schermi;
- gli apporti di calore interni medi.

### **ACQUISIZIONE DEI DATI SUI CONSUMI ENERGETICI**

Per una corretta verifica sui consumi presunti di una certificazione energetica, e quindi sulla bontà delle metodologie applicate e sulle ipotesi adottate, è fondamentale l'acquisizione dei dati relativi ai consumi energetici dell'edificio. Tali consumi energetici sono reperibili con l'acquisizione e lo studio delle fatturazioni sui pagamenti relativi alle forniture elettriche e dei combustibili.

Nel caso in cui tali informazioni non siano univoche, ad esempio quando la fornitura di gas metano sia utilizzata per la produzione dell'acqua calda sanitaria ed il riscaldamento invernale, occorre eseguire una stima per la suddivisione dei consumi tra le due utilizzazioni.

Una volta determinati i consumi energetici occorre confrontarli con le modalità di utilizzo degli impianti da parte dell'utenza, relativamente all'uso del riscaldamento invernale e dell'acqua calda sanitaria.

La verifica dei consumi normalizzati con i risultati dei consumi derivanti dalla diagnosi energetica permette al tecnico esperto di avere una prima indicazione sull'attendibilità dei dati rilevati e/o ipotizzati relativamente al sistema edificio-impianto, che può portare alla validazione del procedimento od alla revisione della procedura per l'acquisizione dei dati.

Un'altra importante verifica da effettuare consiste nel calcolare i consumi unitari dell'edificio, che saranno analizzati alla luce dei dati sulla zona climatica dove sorge l'edificio ed al rapporto S/V dello stesso.

