

Prestazioni energetiche degli edifici: le norme UNI TS 11300-3/4

LIVIO DE SANTOLI¹, FRANCESCO MANCINI²

1 – Centro Ricerche CITERA, Università La Sapienza di Roma

2 - Dipartimento DATA – Design Tecnologia dell'Architettura Territorio e Ambiente, Università La Sapienza di Roma

RIASSUNTO

In attuazione della direttiva 2009/28/CE, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonte rinnovabile, è stato emanato il Decreto Legislativo n.28 del 3/3/2011.

Il decreto fornisce interessanti novità riguardanti i nuovi edifici o gli edifici sottoposti a ristrutturazioni rilevanti, con l'obiettivo di limitare i consumi di energia primaria dell'edificio attraverso sistemi edificio-impianti efficienti ed impiegando fonti rinnovabili di energia. Le prescrizioni contenute devono intendersi come requisito minimo, su tutto il territorio nazionale, con la conseguenza che tutti gli atti normativi regionali o comunali devono essere adeguati entro 180 giorni a quanto indicato.

Per la prima volta, tra gli usi energetici dell'edificio, in termini di energia primaria, è inclusa la climatizzazione estiva, che dovrà essere in parte soddisfatta tramite il ricorso a fonti rinnovabili di energia. La norma UNI TS 11300-3 specifica le modalità di calcolo del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la stagione estiva; l'applicazione di tale norma sarà di seguito illustrata con riferimento a casi specifici, evidenziandone i punti salienti ed alcune criticità.

Il decreto, inoltre, stabilisce che “energia da fonti rinnovabili” è l'energia proveniente da fonti rinnovabili non fossili, vale a dire energia eolica, solare, aerotermica, geotermica, idrotermica e oceanica, idraulica, biomassa, gas di discarica, gas dai processi di depurazione e biogas. La norma UNI TS 11300-4 riguarda l'utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per riscaldamento di ambienti e preparazione acqua calda sanitaria; tale norma sarà nel seguito illustrata con riferimento alle parti ritenute più interessanti.

Altra novità del decreto è il ruolo del teleriscaldamento, equiparato alle fonti rinnovabili, nel momento in cui consente il pieno soddisfacimento dei fabbisogni per riscaldamento ed acqua calda sanitaria. Il calcolo per il teleriscaldamento può essere effettuato mediante la UNI TS 11300-4.

1. CALCOLO DEL FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA PER LA CLIMATIZZAZIONE ESTIVA – UNI TS 11300-3

La prestazione energetica di un edificio esprime la quantità di energia primaria richiesta per la climatizzazione degli ambienti e per la produzione di acqua calda

sanitaria in condizioni di riferimento per quanto riguarda i dati climatici, le temperature interne ed il consumo di acqua calda sanitaria.

La determinazione della quantità di energia primaria richiesta per la climatizzazione estiva si basa sul valore del fabbisogno di energia termica utile $Q_{C,nd}$ dell'edificio calcolato in condizioni ideali (temperatura uniforme in tutto il volume climatizzato) per la stagione estiva e prevede una procedura che porta ad individuare, su base mensile estesa a tutta la stagione di raffrescamento, le seguenti grandezze:

- il coefficiente di prestazione medio mensile η_{mm} e stagionale η_{ms} del sistema di produzione dell'energia frigorifera;
- il fabbisogno di energia primaria $Q_{C,P}$ necessaria per il raffrescamento dell'edificio in base al tipo e alle caratteristiche dell'impianto previsto o installato.

La metodologia di calcolo proposta dalla UNI TS 11300-3:

- include la valutazione delle perdite di distribuzione, regolazione, emissione dell'impianto di climatizzazione estiva, e gli eventuali risparmi dovuti a recuperi di calore;
- fa riferimento alla configurazione impiantistica adottata includendo nel calcolo anche il consumo energetico delle apparecchiature ausiliarie;
- valuta il fattore di carico per l'individuazione delle condizioni a carico parziale delle macchine in relazione al comportamento edificio-impianto.

Per determinare il fabbisogno effettivo per raffrescamento si applica la seguente formula per ogni mese della stagione di climatizzazione estiva:

$$Q_{Cr,k} = Q_{C,nd,k} + Q_{l,e,k} + Q_{l,rg,k} + Q_{l,d,k} + Q_{l,d,s,k} - Q_{rr,k}$$

dove per il mese k-esimo:

- $Q_{C,nd,k}$ è il fabbisogno ideale dell'edificio [kWh], calcolato secondo la UNI TS 11300-1;
- $Q_{l,e,k}$ sono le perdite totali di emissione [kWh];
- $Q_{l,rg,k}$ sono le perdite totali di regolazione [kWh];
- $Q_{l,d,k}$ sono le perdite totali di distribuzione [kWh];
- $Q_{l,d,s,k}$ sono le perdite totali dei serbatoi di accumulo inerziale [kWh];
- $Q_{rr,k}$ è l'energia termica recuperata [kWh].

Il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione estiva si calcola con la seguente formula:

$$Q_{C,P} = \sum_k Q_{aux,k} \cdot f_{p,el} + \sum_k \left[\sum_x \frac{Q_{Cr,k,x} + Q_{v,k,x}}{\eta_{mm,k,x}} \right] f_{p,x}$$

dove:

- Q_{aux} è il fabbisogno di energia elettrica per ausiliari [kWh];
- Q_{cr} è il fabbisogno effettivo per raffrescamento [kWh];
- Q_v è il fabbisogno per trattamenti dell'aria [kWh];
- η_{mm} è il coefficiente di prestazione medio mensile del sistema di produzione dell'energia frigorifera;
- $f_{p,el}$ è il fattore di conversione da energia elettrica ad energia primaria, determinato secondo la UNI/TS 11300-2;

- $f_{p,x}$ è il fattore di conversione in energia primaria del vettore energetico utilizzato dal generatore;
- k è il mese k -esimo della stagione di climatizzazione estiva, determinata secondo la UNI/TS 11300-1;
- x è l'indice che indica le diverse fonti di energia in ingresso.

Il calcolo delle perdite di emissione, regolazione, distribuzione e dell'energia termica recuperata avviene tramite formule semplici e dati tabellari, così come il calcolo dei fabbisogni di energia per i trattamenti dell'aria e il calcolo dei fabbisogni di energia elettrica dei sistemi ausiliari, che non richiedono riflessioni particolari.

Più interessante è la procedura per il calcolo del coefficiente di prestazione medio mensile del sistema di produzione dell'energia frigorifera.

Le prestazioni delle macchine frigorifere dipendono, infatti, non solo dai livelli termici operativi (condensazione ed evaporazione) e della configurazione impiantistica scelta, ma anche dall'andamento del fabbisogno dell'edificio, in particolare dal fattore di carico F rapporto tra l'energia erogata dalla macchina e l'energia erogabile nello stesso periodo.

L'indice EER (Energy Efficiency Ratio) viene determinato dai costruttori sulla base di condizioni di riferimento ben definite (vedi tabella I).

Tabella I - Condizioni di riferimento per determinare l'indice EER in diverse condizioni di carico parziale delle macchine frigorifere

Tipologia	Aria-aria	Aria-aria		Acqua-aria		Aria-acqua		Acqua-acqua	
		T aria esterna bulbo secco (°C)	T aria interna bulbo secco / bulbo umido (°C)	T acqua di condens. ingresso / uscita (°C)	T aria interna bulbo secco / bulbo umido (°C)	T aria esterna bulbo secco (°C)	T acqua refrigerata ingresso / uscita (°C)	T acqua di condens. ingresso / uscita (°C)	T acqua refrigerata ingresso / uscita (°C)
1	100%	35	27/19	30/35	27/19	35	12/7	30/35	12/7
2	75%	30	27/19	26/*	27/19	30	*/7	26/*	*/7
3	50%	25	27/19	22/*	27/19	25	*/7	22/*	*/7
4	25%	20	27/19	18/*	27/19	20	*/7	18/*	*/7

* temperatura determinata dalla portata d'acqua a pieno carico

Conoscendo i valori di EER forniti dai costruttori, si costruisce la curva di funzionamento della macchina a carichi parziali, ovvero la curva che descrive l'andamento dei valori di EER di una macchina frigorifera in funzione del fattore di carico F .

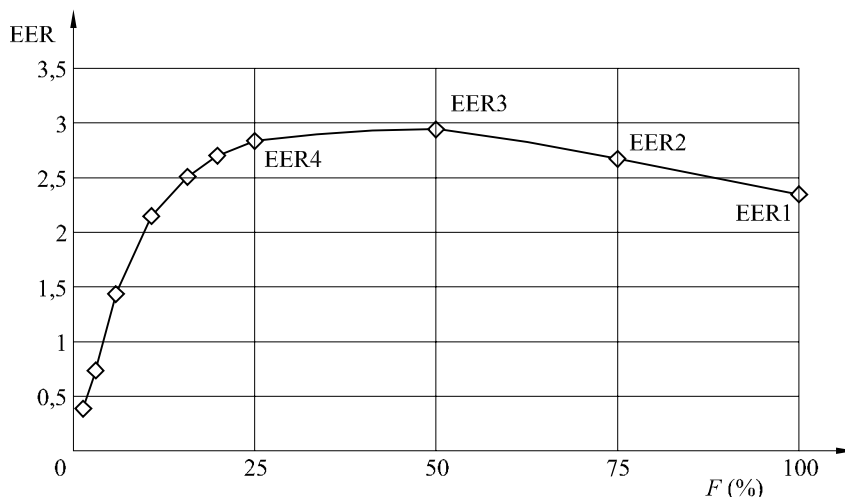


Figura 1 – Esempio di andamento dei valori di EER di una macchina frigorifera a compressione di vapore in funzione del fattore di carico

Nel caso di unità a compressione di vapore, il coefficiente medio di prestazione mensile del sistema di produzione dell'energia frigorifera η_{mm} viene determinato applicando la seguente formula di calcolo, da ripetersi per tutti i mesi della stagione di climatizzazione estiva:

$$\eta_{mm,k} = EER(F_k) \times \eta_1(F_k) \times \eta_2 \times \eta_3 \times \eta_4 \times \eta_5 \times \eta_6 \times \eta_7 \quad (1)$$

dove per il mese k-esimo:

- F_k è il fattore di carico medio mensile, calcolato come rapporto tra la quantità di energia termica richiesta nel mese k-esimo ed il valore massimo dell'energia erogabile dalla macchina frigorifera nello stesso mese;
- $EER(F_k)$ è il rapporto di efficienza energetica ottenuto in corrispondenza del fattore di carico F_k , e ricavabile per interpolazione dalla curva degli EER;
- $\eta_1(F_k)$ è il coefficiente correttivo ottenuto in corrispondenza del fattore di carico F_k , e ricavabile per doppia interpolazione dai prospetti nell'appendice C, che tiene conto di temperature operative diverse da quelle utilizzate per la valutazione degli EER;
- $\eta_2, \eta_3, \eta_4, \eta_5, \eta_6, \eta_7$ sono i coefficienti correttivi ricavabili dai prospetti riportati nell'appendice D della norma per l'adeguamento alle reali condizioni di funzionamento.

Nel caso di unità ad assorbimento, il coefficiente medio di prestazione mensile del sistema di produzione dell'energia frigorifera viene determinato attraverso una formulazione concettualmente analoga.

Nel caso di centrali frigorifere dotate di più di un gruppo frigorifero, il fattore di carico F_k ed il coefficiente di prestazione medio mensile η_{mm} devono essere calcolati in

funzione della logica di inserimento dei gruppi (si veda a tal proposito l'esempio di calcolo riportato nel seguito).

2. CASO STUDIO - APPLICAZIONE DELLA UNI TS 11300-3

Al fine di illustrare i punti salienti ed alcune criticità della procedura, di seguito sono riferite le risultanze di uno studio effettuato su un caso studio, rappresentato da un edificio situato a Roma, avente destinazione d'uso residenziale, della volumetria di 33.000 metri cubi, caratterizzato da un'ottima prestazione energetica.

L'edificio utilizza sistemi pompe di calore ad alta efficienza, sia per il riscaldamento, sia per la preparazione dell'acqua calda sanitaria (con integrazione attraverso caldaia a condensazione), sia per il raffrescamento. I terminali in ambiente sono pannelli radianti e ventilconvettori. A livello di prestazione energetica è caratterizzato da:

- un indice di prestazione per la climatizzazione invernale pari a 4,0 kWh/m² anno, con un rendimento medio stagionale pari a 1,87 (UNI TS 11300-1/2);
- un indice di prestazione per la preparazione dell'acqua calda sanitaria pari a 9,8 kWh/m² anno (UNI TS 11300-2);
- un indice di prestazione estiva dell'involucro edilizio pari a 15,6 kWh/m² anno (UNI TS 11300-1).

2.1 Durata stagione di raffrescamento

Il primo punto su cui focalizzare l'attenzione riguarda la durata della stagione di raffrescamento, definita dalla parte 1 della norma, come periodo durante il quale è necessario un apporto dell'impianto di climatizzazione per mantenere all'interno dell'edificio una temperatura interna non superiore a quella di progetto.

$$\theta_{e,day} > \theta_{i,set,C} - \frac{Q_{gn,day}}{H \times t_{day}} \quad (2)$$

dove:

- $\theta_{e,day}$ è la temperatura esterna media giornaliera;
- $\theta_{i,set,C}$ è la temperatura interna di regolazione per il raffrescamento.
- $Q_{gn,day}$ sono gli apporti interni e solari medi giornalieri;
- H è il coefficiente globale di cambio termico dell'edificio, in W/K, pari alla somma dei coefficienti globali di scambio termico per trasmissione e ventilazione, corretti per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno.
- t_{day} è la durata del giorno.

La stagione di riscaldamento è invece definita con limiti precisi, in funzione della zona climatica.

Il grafico che segue riporta i fabbisogni calcolati, relativi al periodo di riscaldamento ed al periodo di raffrescamento.

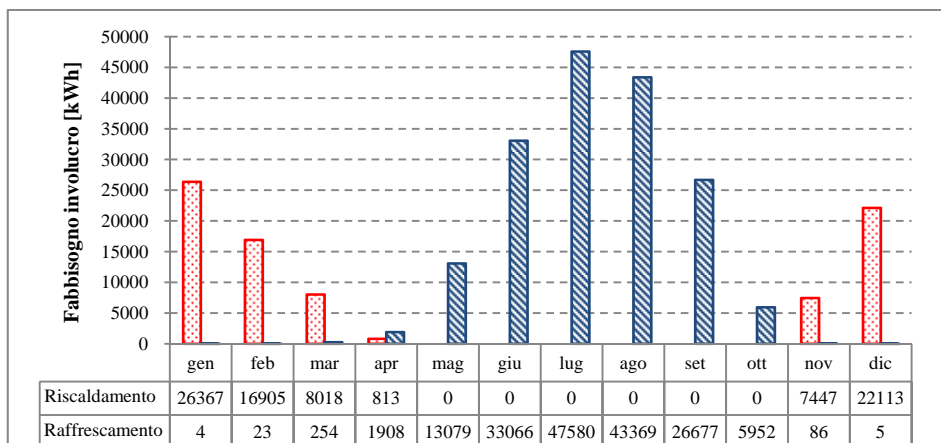


Figura 2 – Fabbisogno ideale dell’edificio - Riscaldamento e raffrescamento

Come si può constatare, esiste un periodo di sovrapposizione del raffrescamento e del riscaldamento: ciò è una conseguenza del fatto che l’edificio analizzato ha pareti molto isolate, con trasmittanza media inferiore a $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, e quindi gli apporti interni giocano un ruolo fondamentale nel calcolo della temperatura, secondo la formula (2).

Appare quindi necessaria una riflessione sulla durata reciproca dei due periodi, facendo anche riferimento a quanto riportato in UNI EN ISO 13790:2008, se non altro al fine di evitare sovrapposizioni e quindi si potrebbe integrare la definizione (2):

1. considerando la stagione di raffrescamento complementare alla stagione di riscaldamento;
2. considerando la stagione di raffrescamento complementare alla stagione di riscaldamento, con interposizione di due periodi di tempo (per esempio di un mese) nei quali non c’è né riscaldamento, né raffrescamento.

Nel caso specifico, trattandosi di un edificio situato a Roma, che ha un periodo di riscaldamento dal 1 novembre al 15 aprile, sulla base delle due ipotesi formulate, si avrebbe che:

1. la stagione di raffrescamento inizia il 16 aprile e finisce il 30 ottobre;
2. la stagione di raffrescamento inizia il 16 maggio e finisce il 30 settembre.

L’esclusione dei periodi indicati dal conteggio del fabbisogno produce una riduzione del fabbisogno estivo dell’involucro edilizio, che diventa rispettivamente pari:

1. $15,5 \text{ kWh/m}^2$ anno, con una riduzione dello 0,8%;
2. $13,7 \text{ kWh/m}^2$ anno, con una riduzione dello 12,4%.

Quanto appena visto si può ripetere, con rilevanza amplificata, nello stesso edificio se vengono eliminate le schermature fisse esterne, rappresentate da balconi o aggetti.

In questa configurazione priva di schermatura si ha:

- un indice di prestazione per la climatizzazione invernale pari a $2,5 \text{ kWh/m}^2$ anno, con un rendimento medio stagionale pari a 1,85;
- un indice di prestazione estiva dell’involucro edilizio pari a $30,3 \text{ kWh/m}^2$ anno.

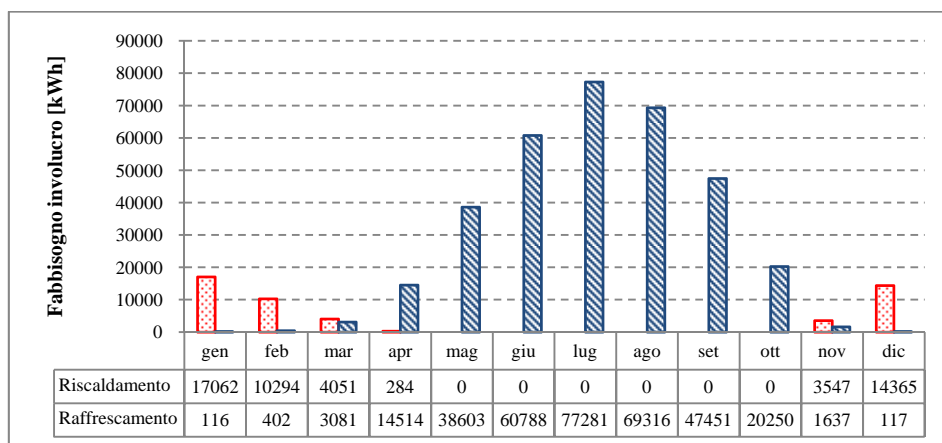


Figura 3 – Fabbisogno ideale dell’edificio “non schermato” - Riscaldamento e raffrescamento

In questa configurazione, l’esclusione dei periodi indicati dal conteggio del fabbisogno produce una riduzione del fabbisogno estivo dell’involucro edilizio, che diventa rispettivamente pari:

1. 26,7 kWh/m² anno, con una riduzione dello 12,0%;
2. 18,9 kWh/m² anno, con una riduzione dello 37,8%;

e consente di rientrare nel limite di legge stabilito pari a 30 kWh/m² anno.

La corretta definizione del periodo di raffrescamento può incidere, anche significativamente, sul rispetto dei limiti del DPR 59/09 e anche sul dimensionamento successivo degli apporti da fonti energetiche rinnovabili.

2.2 Dimensionamento e sovradimensionamento della centrale frigorifera

Agli effetti del calcolo del rendimento medio stagionale e dei fabbisogni di energia primaria per la climatizzazione estiva è necessario effettuare il dimensionamento della centrale frigorifera, inteso come potenzialità delle apparecchiature per la produzione del fluido termovettore freddo.

Il calcolo delle potenze installate non è attualmente normato e potrebbero emergere conflitti dall’adozione di metodi diversi per il calcolo dei fabbisogni dell’involucro edilizio ed il calcolo del carico estivo di picco.

Con riferimento all’edificio analizzato, il calcolo dei carichi termici estivi (effettuato con il metodo delle funzioni di trasferimento ASHRAE) conduce ad un picco nel mese di luglio pari a 276 kW nella configurazione iniziale e 309 kW nella configurazione “non schermata”.

Il passaggio dalla configurazione “schermata” alla configurazione “non schermata” comporta un incremento del 12% del carico di picco, mentre l’incremento dell’indice di prestazione estiva dell’involucro edilizio è pari al 100%. Sono quindi evidenti gli effetti di calcoli effettuati con procedure diverse.

Si consideri, poi, che è normale consuetudine progettuale quella di sovradimensionare la centrale frigorifera per mantenere adeguati margini di sicurezza di

fronte ad eventuali incertezze sui dati di ingresso al calcolo, per far fronte a condizioni climatiche più gravose o per mantenere una certa flessibilità nei riguardi di piccole variazioni delle esigenze dell'edificio. Con un sovradimensionamento del 20% le potenze sopra indicate diventano rispettivamente pari a 330 kW e 370 kW.

Per semplificare la trattazione, si considerino, in questa sede, pari a zero le perdite di distribuzione, emissione, regolazione ed accumulo, e così pure i recuperi di energia.

Alla luce dei fabbisogni visti sopra e delle approssimazioni effettuate, considerando 10 ore giornaliere di funzionamento su tutta la stagione estiva¹, i grafici che seguono riportano il calcolo del fattore di carico F, rapporto tra l'energia frigorifera erogata dal gruppo frigo e l'energia erogabile, per l'edificio nella configurazione schermata, senza sovradimensionamento del gruppo frigorifero e con un sovradimensionamento del 20% e per l'edificio nella configurazione non schermata, senza sovradimensionamento e con una sovradimensionamento del 20%.

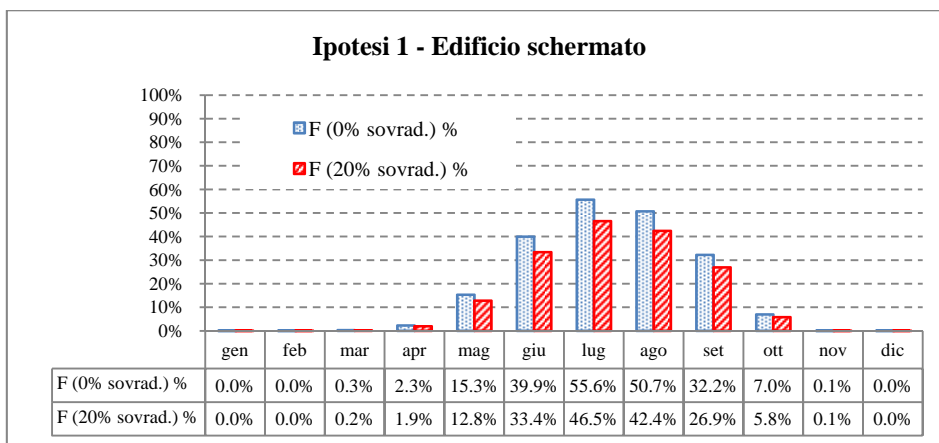


Figura 4 – Fattore di carico per l'edificio “schermato”

¹ Così come nella stagione invernale, per la quale è previsto un numero definito di ore di funzionamento giornaliero degli impianti di riscaldamento, anche per la stagione estiva dovrebbero essere definite le ore di funzionamento giornaliero. Un valore corretto per la città di Roma, sulla base dell'esperienza, è di 10 ore/giorno. Un eventuale aumento di tale valore produce una proporzionale diminuzione del fattore di carico e viceversa.

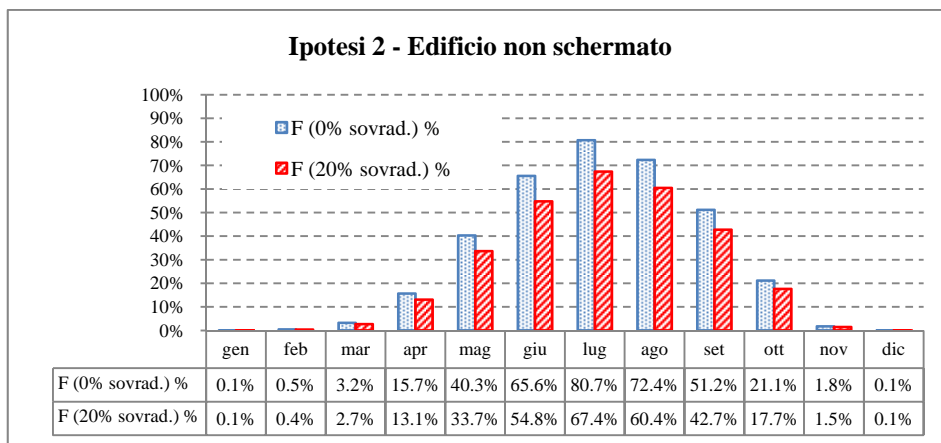


Figura 5 – Fattore di carico per l’edificio “non schermato”

L’analisi dei grafici consente di affermare che il fattore di carico è, in generale, ben lontano dal valore unitario, soprattutto per l’edificio schermato e con fabbisogni bassi. E’ oltremodo importante, quindi, porre attenzione, in fase di scelta progettuale, al rendimento delle macchine frigorifere ai carichi parziali, visto che per larga parte del tempo sono chiamate a funzionare in condizioni di parzializzazione. Appare, altresì, indispensabile l’adozione di un metodo di calcolo standard dei carichi estivi.

A livello procedurale, poi, appare estremamente utile un approfondimento, da parte della comunità scientifica, volto a verificare il corretto funzionamento degli algoritmi di calcolo dei fabbisogni e dei carichi termici, nella loro utilizzazione congiunta volta alla determinazione dei fabbisogni di energia primaria per la climatizzazione estiva. Il punto di partenza è la norma EN 15255:2007 “Energy performance of buildings – Sensible room cooling load calculation – General criteria and validation procedure”.

2.3 Calcolo del coefficiente di prestazione medio mensile e stagionale – Influenza del fattore di carico F

Si consideri un gruppo frigorifero a compressione, condensato ad aria, caratterizzato dalle prestazioni ai carichi parziali di seguito riportate.

Tabella II – Prestazioni ai carichi parziali del gruppo frigorifero scelto

Tipologia		Aria-acqua		
Prova	Fattore di carico	T aria esterna bulbo secco (°C)	T acqua refrigerata ingresso / uscita (°C)	EER
1	100%	35	12/7	2,75
2	75%	30	*/7	3,57
3	50%	25	*/7	4,01
4	25%	20	*/7	4,17

Si supponga che tali prestazioni rimangano identiche per tutte le taglie prese in considerazione, ossia 276 kWf e 309 kWf per l’edificio schermato e 330 kWf e 370 kWf per l’edificio non schermato.

Il coefficiente medio di prestazione mensile del sistema di produzione dell'energia frigorifera η_{mm} viene determinato applicando la formula di calcolo (1), da ripetersi per tutti i mesi della stagione di climatizzazione estiva.

Per semplificare la trattazione, si considerino pari a ad uno i coefficienti correttivi $\eta_2, \eta_3, \eta_4, \eta_5, \eta_6, \eta_7$ per l'adeguamento alle reali condizioni di funzionamento.

La tabella che segue riporta il calcolo del coefficiente di prestazione medio mensile, per l'edificio "schermato" senza sovradimensionamento e con un sovradimensionamento del 20%.

Tabella III – Coefficiente di prestazione medio mensile – Edificio schermato

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
T acqua in uscita [°C]	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
T bulbo secco aria esterna [°C]	7,6	8,7	11,4	14,7	18,5	22,9	25,7	25,3	22,4	17,4	12,6	8,9
Fabbisogno mensile [kWh]	4	23	254	1908	13079	33066	47580	43369	26677	5952	86	5
Senza sovradimensionamento												
Potenza macchina [kW]	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276
Energia erogabile [kWh]	85.560	77.280	85.560	82.800	85.560	82.800	85.560	85.560	82.800	85.560	82.800	85.560
Fattore di carico [%]	0,0%	0,0%	0,3%	2,3%	15,3%	39,9%	55,6%	50,7%	32,2%	7,0%	0,1%	0,0%
EER mensile	0,01	0,04	0,36	2,02	3,93	4,07	3,91	4,00	4,12	3,22	0,13	0,01
η_1	1,16	1,16	1,16	1,16	1,05	0,98	1,02	1,00	0,94	1,08	1,16	1,16
$\eta_{mm} = EER * \eta_1$	0,01	0,04	0,42	2,35	4,12	3,99	3,98	3,98	3,89	3,49	0,15	0,01
Con sovradimensionamento del 20%												
Potenza macchina [kW]	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330
Energia erogabile [kWh]	102.300	92.400	102.300	99.000	102.300	99.000	102.300	102.300	99.000	102.300	99.000	102.300
Fattore di carico [%]	0,0%	0,0%	0,2%	1,9%	12,8%	33,4%	46,5%	42,4%	26,9%	5,8%	0,1%	0,0%
EER mensile	0,00	0,03	0,30	1,87	3,79	4,12	4,03	4,06	4,16	3,07	0,11	0,01
η_1	1,16	1,16	1,16	1,16	1,05	0,93	0,95	0,93	0,91	1,08	1,16	1,16
$\eta_{mm} = EER * \eta_1$	0,01	0,03	0,35	2,17	3,97	3,84	3,84	3,76	3,78	3,33	0,12	0,01

La tabella che segue riporta, su base stagionale, un riepilogo dei calcoli effettuati; l'energia primaria è stata calcolata moltiplicando per il fattore di conversione tra energia elettrica e primaria.

Tabella IV – Coefficiente di prestazione medio stagionale – Edificio schermato

	Periodo di raffrescamento	Fabbisogno edificio [kWh]	Coefficiente di prestazione medio stagionale η_{ms}	Fabbisogno energia elettrica [kWh]	Fabbisogno energia primaria [kWh]
Senza sovradimensionamento	1 gen- 31 dic	172.003	3,69	46.662	103.590
	16 apr-31 ott	170.677	3,94	43.286	96.094
	16 mag- 30 sett	157.232	3,97	39.586	87.882
Con sovradimensionamento del 20%	1 gen- 31 dic	172.003	3,50	49.089	108.977
	16 apr-31 ott	170.677	3,78	45.097	100.115
	16 mag- 30 sett	157.232	3,81	41.221	91.510

Il sovradimensionamento comporta un rendimento medio stagionale minore e quindi fabbisogni di energia elettrica e primaria più alti (mediamente + 4,3%).

Analogo effetto si riscontra in funzione della durata della stagione di raffrescamento; se questa include periodi con fattori di carico molto bassi il rendimento medio stagionale diminuisce.

Tabella V – Coefficiente di prestazione medio stagionale – Edificio non schermato

	Periodo di raffrescamento	Fabbisogno edificio [kWh]	Coefficiente di prestazione medio stagionale η_{ms}	Fabbisogno energia elettrica [kWh]	Fabbisogno energia primaria [kWh]
Senza sovradimensionamento	1 gen- 31 dic	333.554	4,11	81.194	180.251
	16 apr-31 ott	320.945	4,24	75.686	168.024
	16 mag- 30 sett	274.137	4,20	65.322	145.015
Con sovradimensionamento del 20%	1 gen- 31 dic	333.554	4,01	83.099	184.479
	16 apr-31 ott	320.945	4,17	76.939	170.805
	16 mag- 30 sett	274.137	4,13	66.329	147.250

Anche nel caso dell’edificio non schermato, il sovradimensionamento comporta un rendimento medio stagionale minore e quindi fabbisogni di energia elettrica e primaria più alti, sebbene la differenza in questo caso sia più contenuta (mediamente + 1,8%).

2.4 Calcolo del coefficiente di prestazione medio mensile e stagionale – Influenza del numero di macchine

Da ultimo si vuole analizzare il funzionamento di una centrale frigorifera, dotata di due gruppi identici, con le stesse caratteristiche di rendimento viste sopra, ma con inserimento in cascata in funzione dell’energia da erogare. La potenza di ognuno dei gruppi è pari alla metà di quella vista in precedenza e cioè 138 kWf.

Le tabelle che seguono riportano il calcolo del coefficiente di prestazione medio mensile e stagionale, per l’edificio “schermato” con un gruppo frigo da 276 kWf o con gruppi frigo da 138 kWf ognuno.

Tabella VI – Coefficiente di prestazione medio mensile – Edificio schermato

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
T acqua in uscita [°C]	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
T bulbo secco aria esterna [°C]	7,6	8,7	11,4	14,7	18,5	22,9	25,7	25,3	22,4	17,4	12,6	8,9
Fabbisogno mensile [kWh]	4	23	254	1908	13079	33066	47580	43369	26677	5952	86	5
Senza sovradimensionamento – 1 gruppo frigo da 276 kWf												
Potenza macchina [kW]	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276
Energia erogabile [kWh]	85.560	77.280	85.560	82.800	85.560	82.800	85.560	85.560	82.800	85.560	82.800	85.560
Fattore di carico [%]	0,0%	0,0%	0,3%	2,3%	15,3%	39,9%	55,6%	50,7%	32,2%	7,0%	0,1%	0,0%
EER mensile	0,01	0,04	0,36	2,02	3,93	4,07	3,91	4,00	4,12	3,22	0,13	0,01
η_1	1,16	1,16	1,16	1,16	1,05	0,98	1,02	1,00	0,94	1,08	1,16	1,16
$\eta_{mm} = EER * \eta_1$	0,01	0,04	0,42	2,35	4,12	3,99	3,98	3,98	3,89	3,49	0,15	0,01
Senza sovradimensionamento – 2 gruppi frigo da 138 kWf												
Potenza macchina [kW]	138	138	138	138	138	138	276	276	138	138	138	138
Energia erogabile [kWh]	42.780	38.640	42.780	41.400	42.780	41.400	85.560	85.560	41.400	42.780	41.400	42.780
Fattore di carico [%]	0,0%	0,1%	0,6%	4,6%	30,6%	79,9%	55,6%	50,7%	64,4%	13,9%	0,2%	0,0%
EER mensile	0,01	0,07	0,72	2,82	4,13	3,41	3,91	4,00	3,76	3,86	0,25	0,01
η_1	1,16	1,16	1,16	1,16	1,07	1,28	1,02	1,00	1,16	1,08	1,16	1,16
$\eta_{mm} = EER * \eta_1$	0,01	0,08	0,83	3,28	4,44	4,36	3,98	3,98	4,37	4,18	0,29	0,02

Tabella VII – Coefficiente di prestazione medio stagionale – Edificio schermato

	Periodo di raffrescamento	Fabbisogno edificio [kWh]	Coefficiente di prestazione medio stagionale η_{ms}	Fabbisogno energia elettrica [kWh]	Fabbisogno energia primaria [kWh]
Senza sovradimensionamento 1 gruppo da 276 kWf	1 gen- 31 dic	172.003	3,69	46.662	103.590
	16 apr-31 ott	170.677	3,94	43.286	96.094
	16 mag- 30 sett	157.232	3,97	39.586	87.882
Senza sovradimensionamento 2 gruppi da 138 kWf	1 gen- 31 dic	172.003	4,00	42.983	95.422
	16 apr-31 ott	170.677	4,14	41.207	91.479
	16 mag- 30 sett	157.232	4,14	38.020	84.404

Il funzionamento in cascata consente fattori di carico più alti, un rendimento medio stagionale maggiore e quindi fabbisogni di energia elettrica e primaria più bassi (mediamente -6%).

Analogo effetto si riscontra in funzione della durata della stagione di raffrescamento; se questa include periodi con fattori di carico molto bassi il rendimento medio stagionale diminuisce.

Un'ulteriore riflessione può essere sviluppata sulla temperatura di condensazione adoperata per il calcolo del rendimento medio stagionale. Trattandosi di gruppo frigorifero condensato ad aria, sono state utilizzate le temperature medie mensili fornite dalla UNI 10349. Tuttavia tali temperature si riferiscono ad una media mensile effettuata per le 24 ore, mentre il funzionamento ipotizzato del gruppo è di 10 ore, verosimilmente quelle centrali della giornata, con temperature sicuramente più alte.

Rimane quindi una indeterminazione dovuta alla mancanza di dati normati per periodi diversi dalle 24 ore.

Il discorso si ripete in maniera analoga per gruppi frigoriferi condensati ad acqua (di falda, di pozzo, di fiume); in questo caso l'indeterminazione sulla temperatura di condensazione è anche maggiore, non esistendo norme o archivi disponibili come per le temperature dell'aria.

3. UTILIZZO DI ENERGIE RINNOVABILI E DI ALTRI METODI DI GENERAZIONE PER RISCALDAMENTO DI AMBIENTI E PREPARAZIONE ACQUA CALDA SANITARIA – UNI TS 113300-4

Il Decreto Legislativo n.28 impone, a partire dal 31 maggio 2012, il soddisfacimento di quota crescente dei fabbisogni energetici degli edifici di nuova costruzione o sottoposti a ristrutturazioni rilevanti, considerando rinnovabile l'energia da fonti non fossili, ossia energia eolica, solare, aerotermica, geotermica, idrotermica e oceanica, idraulica, biomassa, gas di discarica, gas residuati dai processi di depurazione e biogas.

La UNI TS 11300-4 riporta le modalità di calcolo per:

- solare termico;
- solare fotovoltaico;
- combustione di biomassa;
- pompe di calore;
- cogenerazione;
- teleriscaldamento.

Gli usi energetici dell'edificio considerati sono il riscaldamento di ambienti, la ventilazione, la produzione di acqua calda sanitaria, il raffrescamento e la deumidificazione. Il confine dell'edificio (o di una porzione di edificio, come ad esempio un appartamento) è quello comprendente tutte le aree dell'edificio nelle quali viene utilizzata o prodotta energia termica utile o energia elettrica. Tale confine può non coincidere con quello definito dall'involucro dell'edificio. Ad esempio, se una parte di un impianto tecnologico (generatore, unità di trattamento aria, gruppo frigorifero ad assorbimento, torre di raffreddamento, ecc.) è situata all'esterno dell'involucro, ma costituisce parte degli usi energetici considerati, deve essere compresa all'interno del confine del sistema edificio – impianto, inteso quindi come confine energetico.

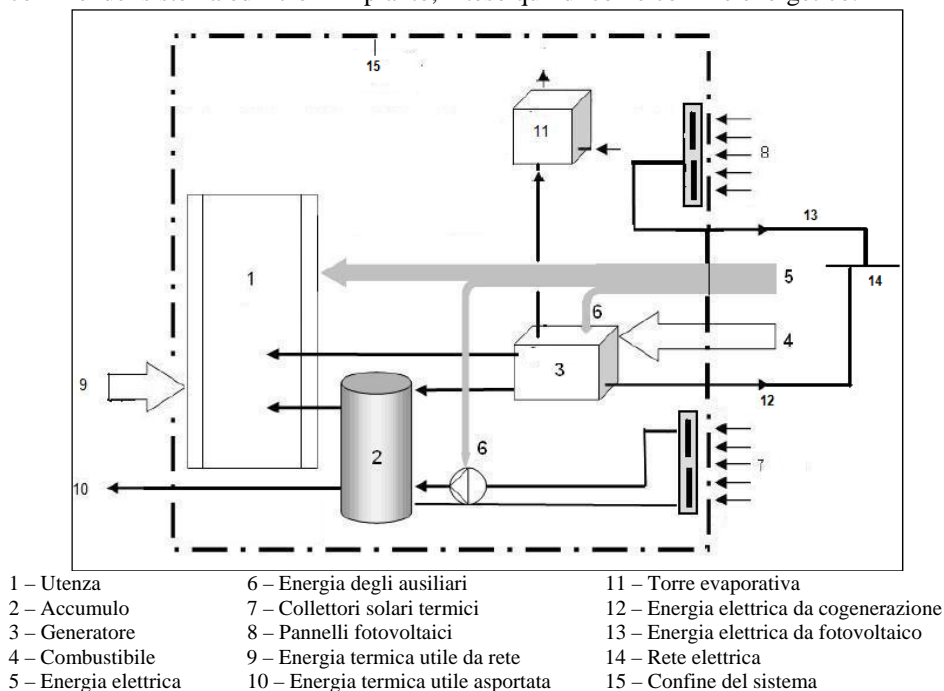


Figura 6 – Confini del sistema edificio-impianto

Nel caso in cui venga fornita al sistema edificio–impianto energia prodotta con impianti tecnologici esterni al confine dell'edificio, le perdite di produzione e di distribuzione sino al confine dell'edificio stesso sono considerate nel fattore di conversione in energia primaria dell'energia fornita.

Si considera energia fornita dall'esterno, senza processi di trasformazione all'interno dell'edificio, l'energia elettrica da rete e l'energia termica utile fornita da rete di teleriscaldamento per le quali devono essere dichiarati gli specifici fattori di conversione. Si considera produzione di energia la trasformazione di energia realizzata con gli impianti tecnologici dell'edificio.

Attraverso il confine dell'edificio può transitare, come indicato nella figura, a seconda dei casi:

- energia fornita dall'esterno con combustibili fossili (4) per subire processi di trasformazione mediante gli impianti tecnologici compresi nel confine energetico dell'edificio
- energia termica utile prodotta all'esterno con vettori energetici diversi fornita all'edificio da rete di teleriscaldamento (9)
- energia elettrica fornita da rete (5)
- energia termica utile (10) o energia elettrica auto prodotta all'interno dell'edificio (12) (13) ed esportata all'esterno (energia termica a utenze esterne al confine edificio ed energia elettrica immessa in rete)

La radiazione solare incidente sui collettori solari non è considerata nel bilancio energetico dell'edificio, ma si considera solo l'energia termica utile fornita dal sistema solare termico e l'energia ausiliaria spesa per convogliarla dai collettori all'edificio.

Con riferimento allo schema della figura si tenga conto di quanto segue:

- il generatore 3 può essere un generatore a combustione a fiamma, una pompa di calore, un cogeneratore o un generatore a fiamma alimentato da biomasse;
- eventuali dispositivi ausiliari della generazione (11) possono essere unità ad assorbimento, torri evaporative;
- l'energia termica utile da rete (9) può essere sostitutiva di quella prodotta nell'edificio (3) e può essere immessa direttamente nel sottosistema di distribuzione;
- l'energia termica utile esportata (10) può provenire da accumulo o direttamente dal generatore (3).

Nel caso di sistemi polivalenti il fabbisogno di energia termica utile richiesto dall'edificio nel periodo di calcolo considerato può essere coperto da due o più generatori di diverse tipologie e/o con diversi vettori energetici.

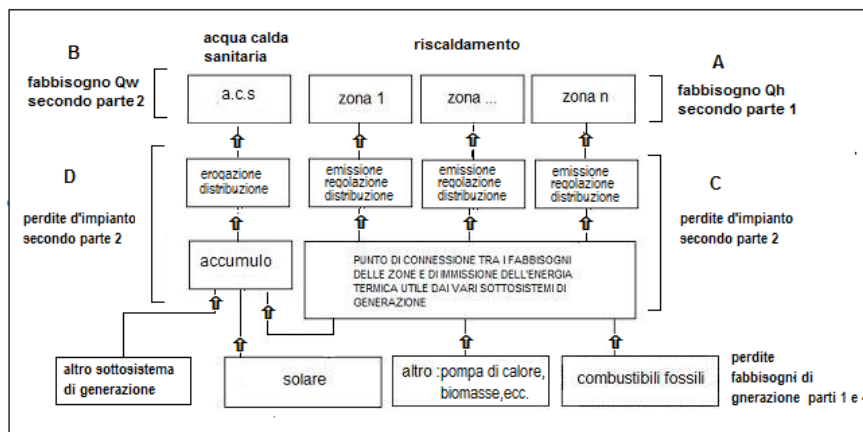


Figura 7 – Schema esemplificativo di sistema polivalente e plurienergetico

Nel caso di sistemi che comprendono produzione di energia termica utile da energie rinnovabili e da altri sottosistemi di generazione, la ripartizione del carico tra i generatori deve essere effettuata secondo un ordine di priorità, definito nel progetto, in modo di ottimizzare il fabbisogno di energia primaria, tenendo conto dei vettori energetici, dei rendimenti e delle caratteristiche dei singoli generatori.

Sia il decreto 28 sia la UNI TS 11300-4 stabiliscono che “energia da fonti rinnovabili” è l’energia proveniente da fonti rinnovabili non fossili, vale a dire energia eolica, solare, aerotermica, geotermica, idrotermica e oceanica, idraulica, biomassa, gas di discarica, gas dai processi di depurazione e biogas.

Fonte di energia aerotermica è l’energia termica posseduta dall’aria ambiente ed estraibile sotto forma di calore; fonte di energia geotermica è l’energia termica posseduta dal sottosuolo ed estraibile sotto forma di calore; fonte di energia idrotermica è l’energia termica posseduta dalle acque superficiali ed estraibile sotto forma di calore.

3.1 Grado di copertura del fabbisogno di energia primaria con fonti rinnovabili e ripartizione della fonte rinnovabile tra i diversi usi energetici

Le disposizioni di legge richiedono la copertura di percentuali definite del fabbisogno di energia primaria con fonti rinnovabili $f_{EP, rinn}$.

La verifica del grado di copertura del fabbisogno di energia primaria per un determinato servizio, si effettua con la seguente procedura.

1. Si azzerava il contributo delle fonti rinnovabili. Ciò significa in alternativa o in combinazione:
 - ipotizzare l’assenza di eventuali sistemi solari termici e l’utilizzo del solo generatore a fonte non rinnovabile;
 - ipotizzare l’assenza di sistemi di generazione elettrica fotovoltaici, considerando l’acquisto dell’energia elettrica dalla rete;
 - ipotizzare l’assenza di generatori a biomassa e l’utilizzo del solo generatore a fonte non rinnovabile.
2. Si calcola il fabbisogno di energia primaria teorico EP_{NR} in assenza di contributi delle fonti rinnovabili.
3. Si calcola il fabbisogno di energia primaria EP_{RINN} in presenza del contributo delle fonti rinnovabili.
4. Si calcola il grado di copertura $f_{EP, rinn}$ come:

$$f_{EP, rinn} = (EP_{NR} - EP_{RINN}) / EP_{NR}$$

Nel computo dell’energia primaria devono essere inclusi i fabbisogni dei sistemi ausiliari necessari al corretto funzionamento dei diversi sistemi.

La procedura di calcolo descritta nella norma consente di effettuare il calcolo separatamente per zona e per uso: in tal caso i fabbisogni di energia primaria e la copertura da fonte rinnovabile sono attribuiti in base ai risultati del calcolo.

Qualora, invece, più circuiti siano serviti da più generatori e non sia possibile attribuire con certezza la produzione di ciascun generatore a determinati circuiti, si ripartisce l’energia primaria dei vettori energetici consumati da ciascun generatore (compresi i rispettivi ausiliari) in base alle energie utili all’uscita dei rispettivi generatori.

CONCLUSIONI

Negli ultimi anni, anche a seguito dell'incremento del costo dell'energia e della crisi economica, si è assistito ad una crescente attenzione alle problematiche inerenti l'uso razionale dell'energia e la produzione di energia da fonte rinnovabile.

Si inizia a parlare di edifici ad energia quasi zero e di edifici ad energia positiva e questo testimonia la rilevanza dell'argomento.

E' necessario, a questo punto, che i riferimenti normativi consentano un approccio standardizzato al problema, per una valutazione convenzionale, utile alla verifica delle prescrizioni legislative.

E' necessaria la riproducibilità dei risultati e questo può essere ottenuto con metodi chiari e certificati, che diano la necessaria rilevanza alle variabili fondamentali mettendo in secondo piano o trascurando le variabili che, sebbene indispensabili nella formulazione scientifica del problema, producono un limitato effetto sui risultati limitato.

E' importante, altresì, che le procedure previste dalle norme vadano a regime, soprattutto quelle che riguardano settori normati di recente come la climatizzazione estiva e le fonti rinnovabili di energia.

E', infine, fondamentale che il legislatore chiarisca e stabilizzi il quadro legislativo evitando la continua proliferazione degli atti e producendo finalmente un testo unico in materia.

BIBLIOGRAFIA

- [1] UNI TS 11300-1 Prestazioni energetiche degli edifici – Determinazione del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento ambiente
- [2] UNI TS 11300-2 Prestazioni energetiche degli edifici – Determinazione del fabbisogno di energia per la preparazione acqua calda sanitaria, dei rendimenti e del fabbisogno di energia primaria per riscaldamento ed acqua calda sanitaria
- [3] UNI TS 11300-3 Prestazioni energetiche degli edifici – Determinazione dei rendimenti e dei fabbisogni di energia primaria per la climatizzazione estiva
- [4] UNI TS 11300-4 Prestazioni energetiche degli edifici – Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per riscaldamento di ambienti e preparazione acqua calda sanitaria