



Presente e futuro dell'efficienza energetica degli edifici



Stefano Cera

[tel. 02.88.12.95.89 – s.cera@assimpredilance.it]





Prestazione energetica

E' lo studio delle caratteristiche energetiche dell'edificio

Certificazione energetica

Il suo scopo è di rappresentare, sinteticamente e in conformità con questo chiesto dal legislatore, la prestazione energetica dell'edificio

Una rappresentazione, ancor più sintetica, è la classificazione energetica, ovvero l'indicazione di appartenenza ad una determinata classe di efficienza energetica

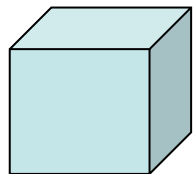




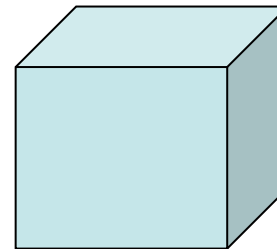
Il rapporto S/V

$$\frac{\text{Superficie pareti disperdenti [m}^2\text{]}}{\text{Volume lordo riscaldato [m}^3\text{]}}$$

Tipologia	S/V [m ⁻¹]	Perdite di calore dall' involucro [kWh/m ² a]
Villetta	0,78	144,87
Villetta Schiera	0,65	132,37
Edificio Linea 4 piani	0,51	101,59
Torre 8 piani	0,32	90,53



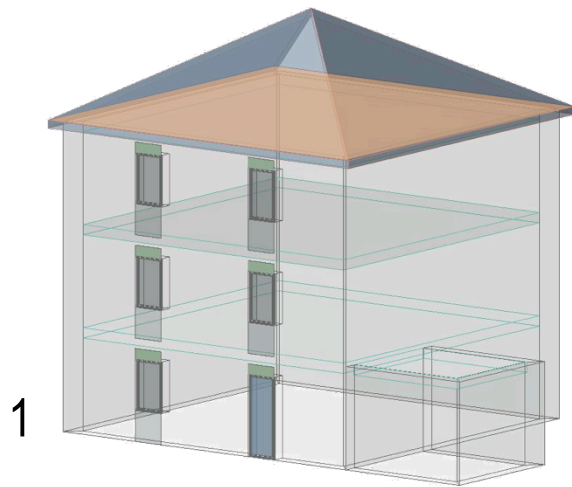
$$\begin{aligned}L &= 5 \text{ m} \\S &= 150 \text{ m}^2 \\V &= 125 \text{ m}^3 \\S/V &= 1,2 \text{ m}^{-1}\end{aligned}$$



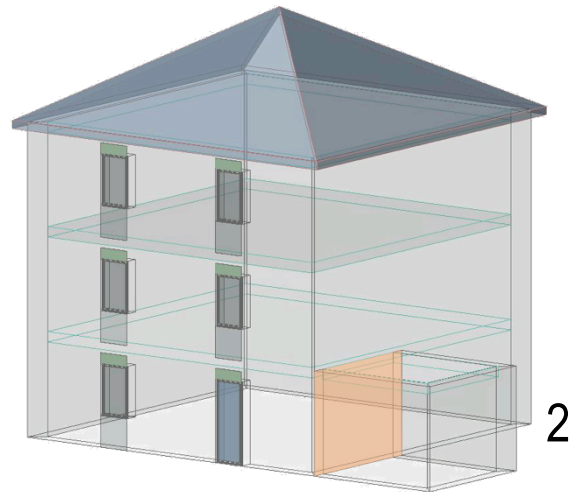
$$\begin{aligned}L &= 10 \text{ m} \\S &= 600 \text{ m}^2 \\V &= 1.000 \text{ m}^3 \\S/V &= 0,6 \text{ m}^{-1}\end{aligned}$$



Pareti disperdenti

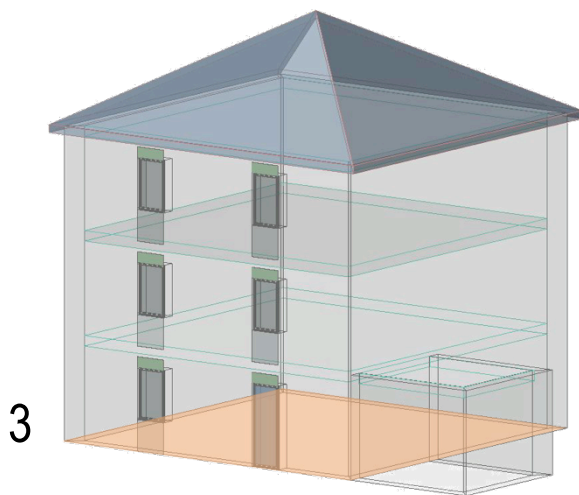


1

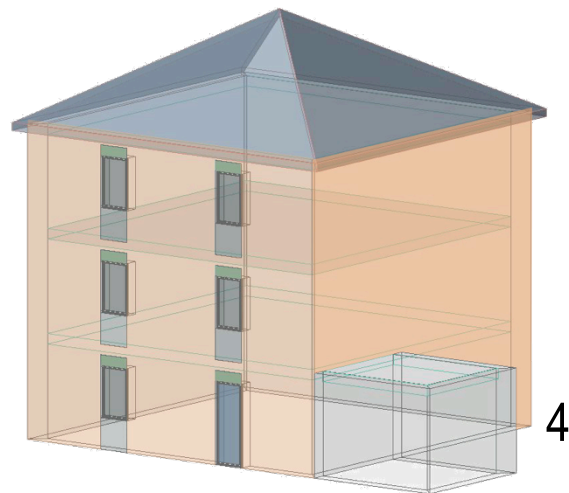


2

1 e 2:
pareti
disperdenti \neq esterne



3



4

3 e 4:
pareti
disperdenti = esterne



Gradi Giorno GG

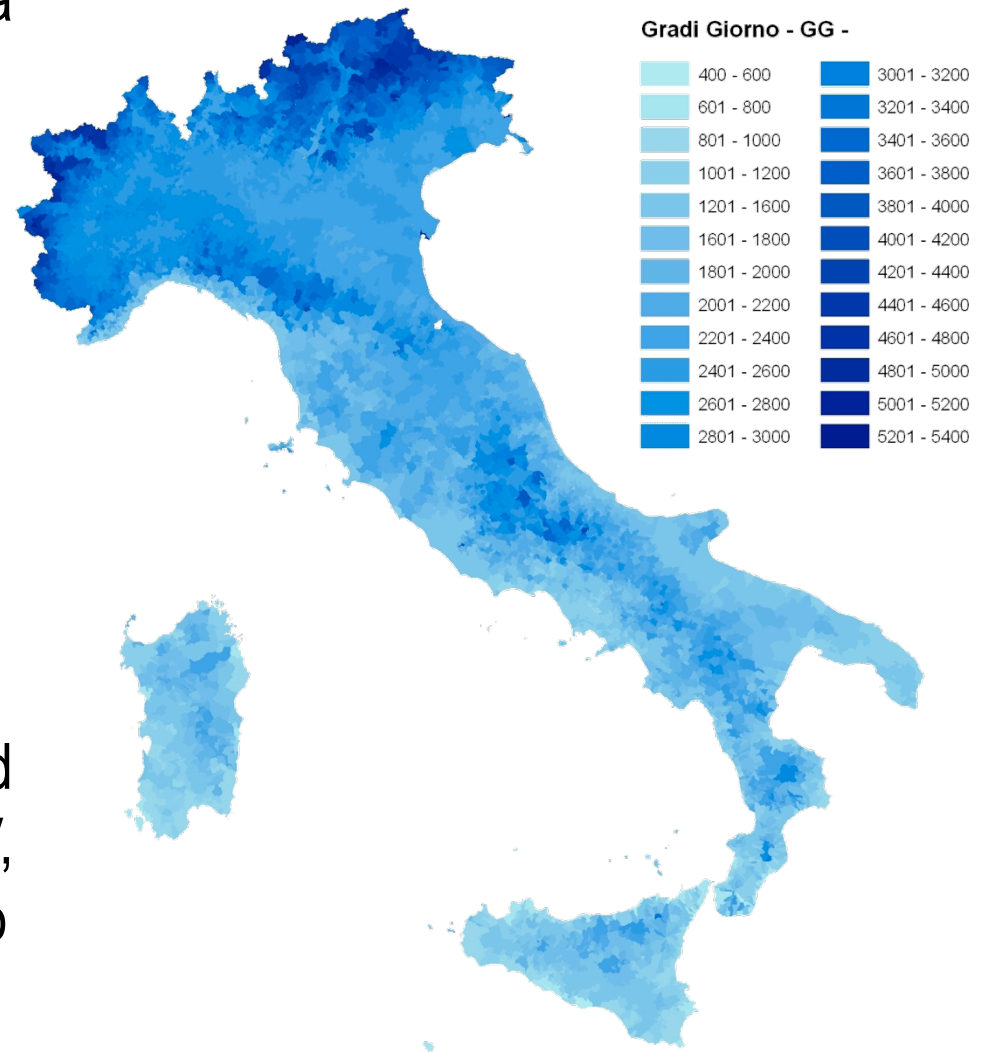
I Gradi Giorno (GG) indicano il clima invernale di ogni singola località. Più il loro valore è alto, più rigido sarà il clima invernale in quel

Comune.

Per ogni località, il valore di GG è stabilito dal DPR 412/1993.

[es. Como = 2228 GG,
Milano = 2404 GG]

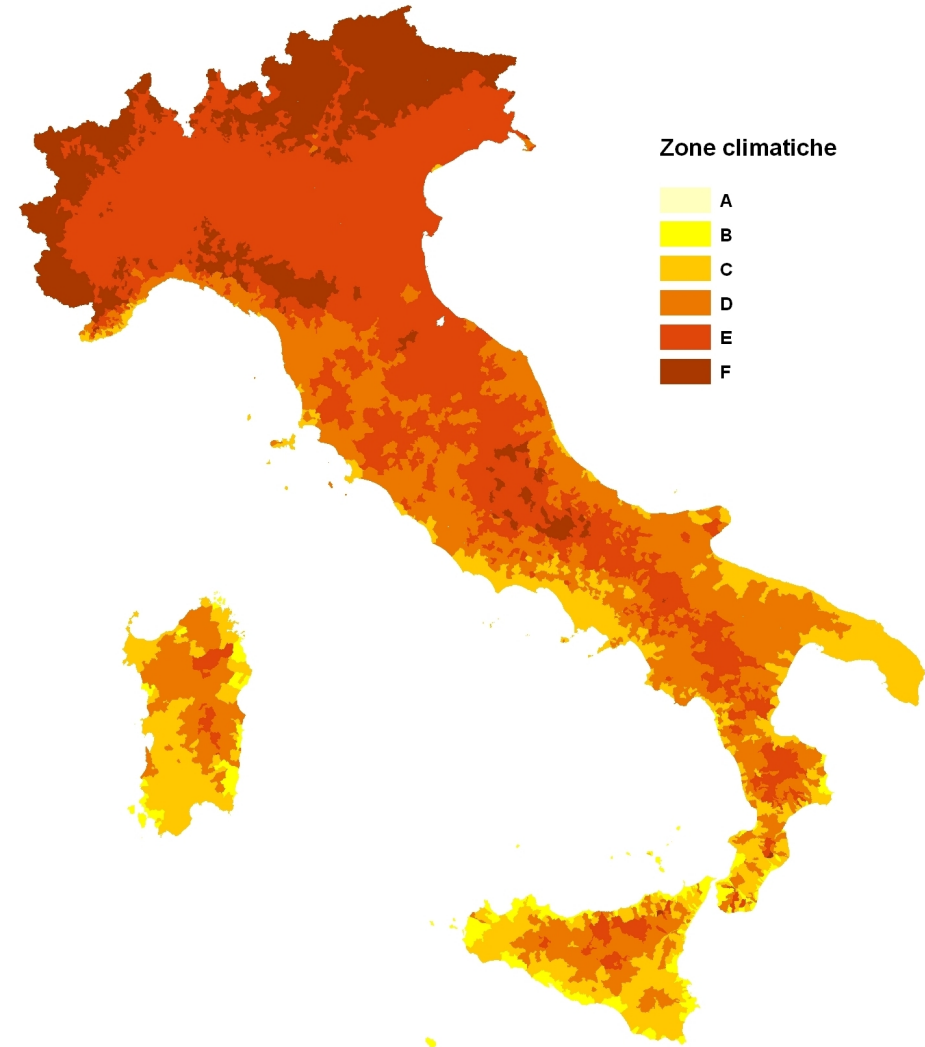
Le dispersioni dell'involucro, oltre ad essere proporzionali al rapporto S/V, sono proporzionali anche al numero di GG.





Zone climatiche

Zona climatica	Gradi Giorno
A	$GG \leq 600$
B	$600 < GG \leq 900$
C	$900 < GG \leq 1400$
D	$1400 < GG \leq 2100$
E	$2100 < GG \leq 3000$
F	$GG > 3000$





ACE

Attestato di certificazione energetica (ACE)

Obbligatorio per:
ogni compravendita
(da 01.07.09)
ogni locazione
(da 01.07.10)

Obbligatorio in tutti gli annunci
di compravendita e locazione
(da 01.01.12)

E' uno strumento di mercato?

ATTESTATO DI CERTIFICAZIONE ENERGETICA

Unione Europea Regione Lombardia Comune di

Dati proprietario

Nome e cognome
Regione sociale
Indirizzo
N. civico
Comune
Provincia
C.A.P.
Codice fiscale / Partita IVA
Telefono

Catasto energetico

Numero di protocollo
Registrato il
Valido fino al

Dati Soggetto certificatore

Nome e cognome
Numero di accreditamento

Dati catastali

Sezione	Foglio	Particella	Categoria catastale
Subalterni	da a	da a	da a

Dati edificio

Provincia
Comune
Indirizzo
Periodo di attivazione dell'impianto
Gradi giorno
Categoria dell'edificio
Anno di costruzione
Superficie utile
Superficie disperdente (S)
Volume lordo riscaldato (V)
Rapporto S/V:
Progettista architettonico
Progettista impianto termico
Costruttore

Mappa

Classe energetica - EP_i Zona climatica ...

Basso fabbisogno

Classe	Intervallo [KWh/m a]
A+	< 4
A	4 - 8
B	8 - 12
C	12 - 16
D	16 - 20
E	20 - 24
F	24 - 28
G	> 28

Alto fabbisogno

Valore limite del fabbisogno per la climatizzazione invernale: [KWh/m a]

Classe energetica - ET_c

Fabbisogno termico per la climatizzazione estiva

Richiesta rilascio targa energetica

Secondo quanto sancito al punto 11 della DGR VIII/5018 e s.m.l., si richiede, all'Organismo di accreditamento, il rilascio della targa

Emissioni di gas ad effetto serra in atmosfera - Co_{2,eq}

[Kg/m a]

www.cened.it



Studio del RICS su 893 edifici americani ad uso commerciale

Gli edifici con l'etichetta energetica Energy Star
hanno un valore più alto
fino al 16% per le compravendite
3-6% per le locazioni.

Studio del NREL su 257 residenze californiane

Le case dotate di impianto solare (solare termico e/o fotovoltaico)
si vendono prima (23 mesi invece che 28 mesi) e
meglio (fino a 600.000 \$ invece che 380.000-500.000 \$).

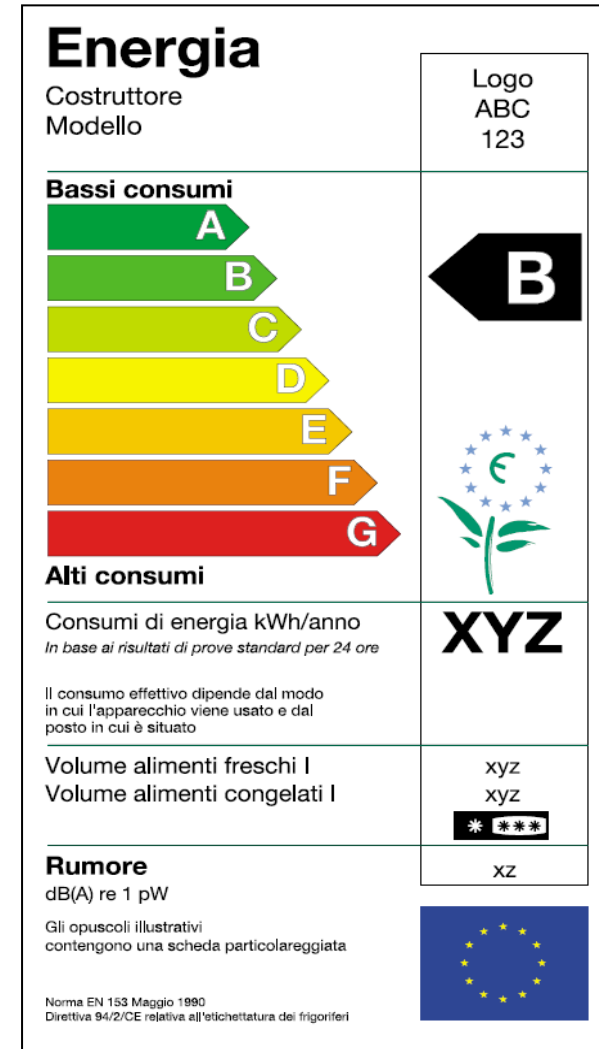


Esempi di successo

Etichetta energetica dei frigo-congelatori

Introdotta negli anni '90, con la speranza di spostare il mercato verso una maggiore efficienza energetica

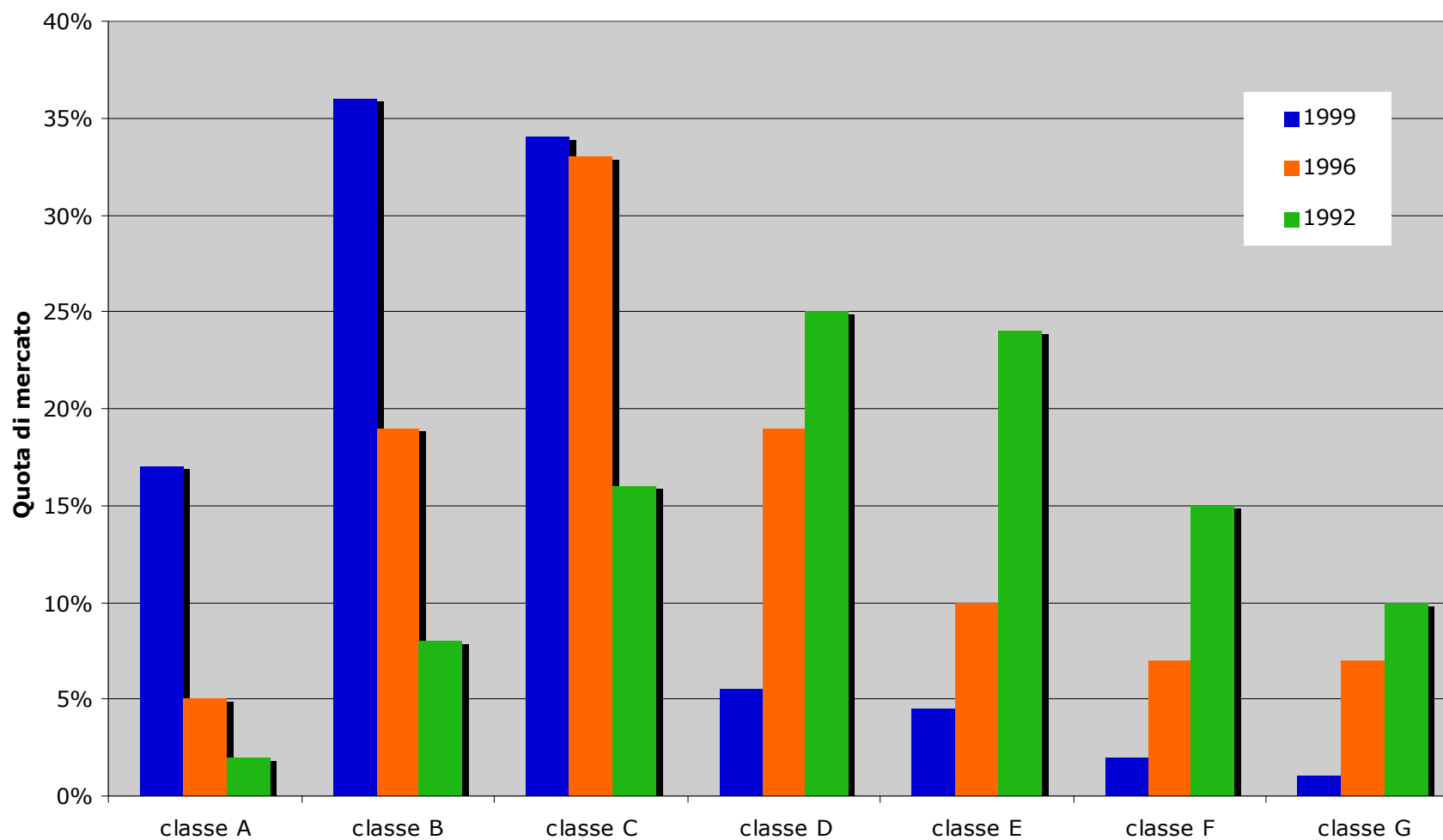
Speranza:
oltre al costo di acquisto, i clienti finali terranno conto anche della caratteristiche tecniche, almeno di quelle capaci di minimizzare i costi per la gestione del frigo-congelatore (bolletta energia elettrica)





Esempi di successo

Impatto dell'etichettatura energetica sul mercato dei frigo-congelatori





Contiene:

Valori di prestazione energetica dell'edificio

Riscaldamento invernale $[EP_H]$

Riscaldamento acqua sanitaria $[EP_W]$

Climatizzazione estiva – solo involucro $[ET_C]$

Produzione di energia da fonti energetiche rinnovabili $[E_{RES}]$

Valori di legge o di riferimento della prestazione energetica dell'edificio

Suggerimenti sugli interventi di riqualificazione

Emissioni gas serra

Unione Europea Regione Lombardia Comune di Monza

ATTESTATO DI CERTIFICAZIONE ENERGETICA

Dati proprietario

Nome e cognome
Regione sociale
Indirizzo
N. civico
Comune
Provincia
C.A.P.
Codice fiscale / Partita IVA
Telefono

Catasto energetico

Numero di protocollo
Registrato il
Valido fino al

Dati Soggetto certificatore

Nome e cognome
Numero di accreditamento

Dati catastali

Sezione	Foglio	Particella	Categoria catastale
Subalterni da	a	da	a

Dati edificio

Provincia
Comune
Indirizzo
Periodo di attivazione dell'impianto
Gradi giorno
Categoria dell'edificio
Anno di costruzione
Superficie utile
Superficie disperdente (S)
Volume lordo riscaldato (V)
Rapporto S/V:
Progettista architettonico
Progettista impianto termico
Costruttore

Mappa

Classe energetica - EP_n Zona climatica ...

Bar chart showing energy demand classes from A+ to G. The current class is indicated by a green arrow pointing to class C.

Classe energetica - ET_c

Gauge showing summer energy demand classes from A+ to G. The needle points to class C.

Richiesta rilascio targa energetica

Secondo quanto sancito al punto 11 della DGR VIII/5018 e s.m.l., si richiede, all'Organismo di accreditamento, il rilascio della targa

Emissioni di gas ad effetto serra in atmosfera - CO_{2eq}

Bar chart showing greenhouse gas emissions from 0 to 100 kg/m². The current value is approximately 45 kg/m².

www.cened.it



Prestazione energetica (2)

La prestazione energetica di un edificio esprime la quantità di energia necessaria a soddisfare i seguenti bisogni:

Riscaldamento degli ambienti [EP_H]

H - heating (riscaldamento)

Riscaldamento dell'acqua sanitaria [EP_W]

W - water (acqua)

Raffrescamento degli ambienti [EP_C]

C - cooling (raffrescamento)

Illuminazione [EP_L]

L - lighting (illuminazione)

connessi ad un uso standard dell'edificio



Classi energetiche invernali

$$EP_H \approx \frac{Q_{INVOLUCRO}}{\eta_{IMPIANTO}} + W_H - E_{RES}$$

$$Q_{INVOLUCRO} \approx Q_T + Q_V - Q_i - Q_s$$

Q_T = perdite per trasmissione

Q_V = perdite per ventilazione

Q_i = apporti interni

Q_s = apporti solari

$$\eta_{IMPIANTO} \approx \eta_G \cdot \eta_D \cdot \eta_E \cdot \eta_R$$

η_G = rendimento di generazione

η_D = rendimento di distribuzione

η_E = rendimento di emissione

η_R = rendimento di regolazione

E_{RES}

energia prodotta da fonti rinnovabili

W_H

consumo elettrico dell'impianto

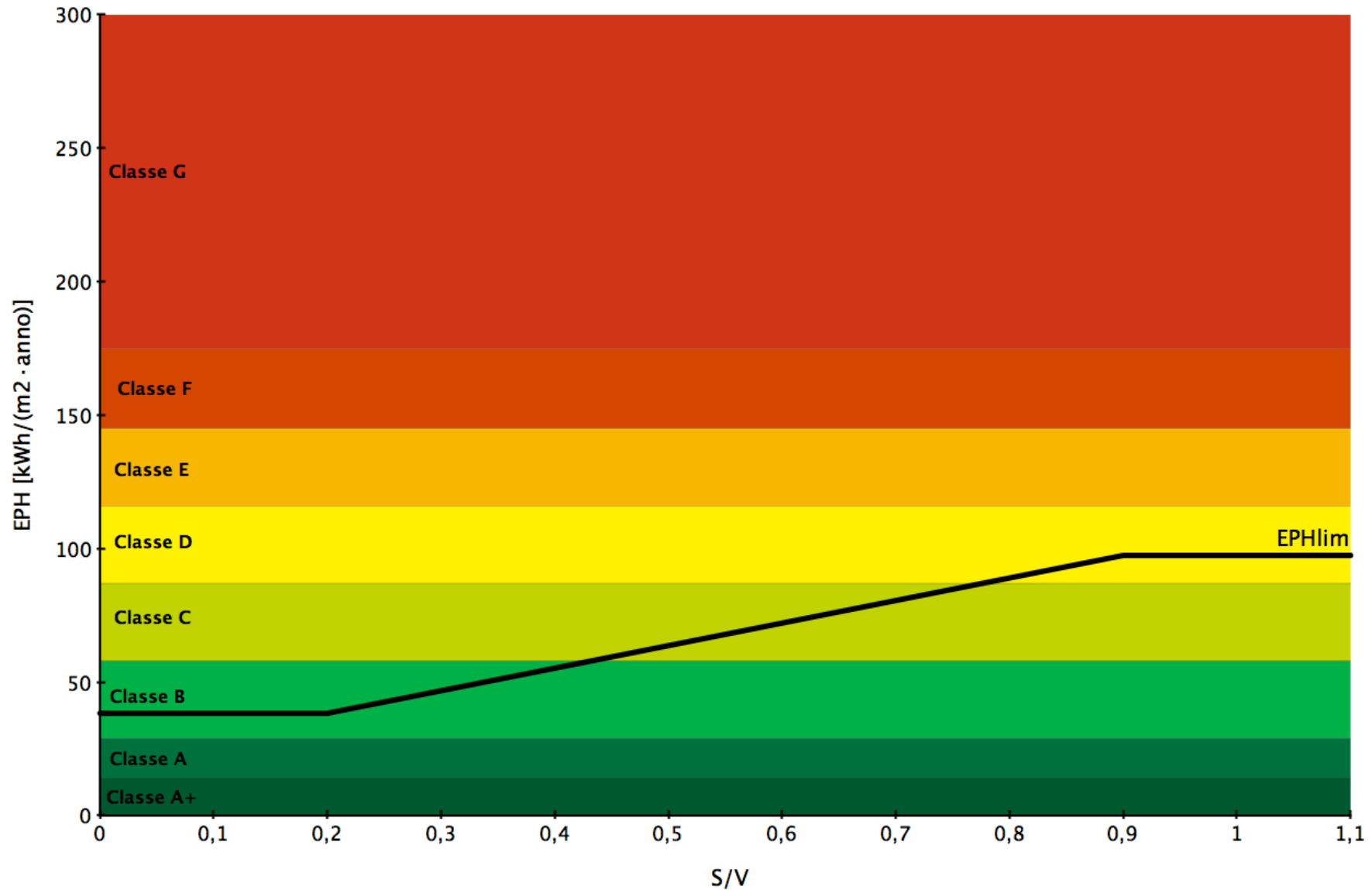


Classi energetiche invernali

Classe	Edifici residenziali [kWh/(m ² ·anno)]		
	Zona E 2100 ≤ GG < 3000	Zona F1 3000 ≤ GG < 3900	Zona F2 3900 ≤ GG < 4800
A ⁺	$EP_H < 14$	$EP_H < 20$	$EP_H < 25$
A	$14 \leq EP_H < 29$	$20 \leq EP_H < 39$	$25 \leq EP_H < 49$
B	$29 \leq EP_H < 58$	$39 \leq EP_H < 78$	$49 \leq EP_H < 98$
C	$58 \leq EP_H < 87$	$78 \leq EP_H < 118$	$98 \leq EP_H < 148$
D	$87 \leq EP_H < 116$	$118 \leq EP_H < 157$	$148 \leq EP_H < 198$
E	$116 \leq EP_H < 145$	$157 \leq EP_H < 197$	$198 \leq EP_H < 248$
F	$145 \leq EP_H < 175$	$197 \leq EP_H < 236$	$248 \leq EP_H < 298$
G	$EP_H \geq 175$	$EP_H \geq 236$	$EP_H \geq 298$



Classi energetiche invernali





Classi energetiche invernali

Classe	Edifici non residenziali [kWh/(m ³ ·anno)]		
	Zona E 2100 ≤ GG < 3000	Zona F1 3000 ≤ GG < 3900	Zona F2 3900 ≤ GG < 4800
A ⁺	$EP_H < 3$	$EP_H < 4$	$EP_H < 5$
A	$3 \leq EP_H < 6$	$4 \leq EP_H < 7$	$5 \leq EP_H < 9$
B	$6 \leq EP_H < 11$	$7 \leq EP_H < 15$	$9 \leq EP_H < 19$
C	$11 \leq EP_H < 27$	$15 \leq EP_H < 37$	$19 \leq EP_H < 46$
D	$27 \leq EP_H < 43$	$37 \leq EP_H < 58$	$46 \leq EP_H < 74$
E	$43 \leq EP_H < 54$	$58 \leq EP_H < 73$	$74 \leq EP_H < 92$
F	$54 \leq EP_H < 65$	$73 \leq EP_H < 87$	$92 \leq EP_H < 110$
G	$EP_H \geq 65$	$EP_H \geq 87$	$EP_H \geq 110$



Classi energetiche estive

Vista la difficoltà nel calcolare EP_C e l'impossibilità di calcolarlo in caso di mancanza di un impianto di climatizzazione estiva, il legislatore ha scelto di adottare il più semplice ET_C

$$ET_C \approx Q_T + Q_V + Q_i + Q_s$$

Q_T = apporti estivi per trasmissione

Q_V = apporti estivi per ventilazione

Q_i = apporti interni

Q_s = apporti solari



Classi energetiche estive

Classe	Edifici residenziali [kWh/(m ² ·anno)]	Edifici non residenziali [kWh/(m ³ ·anno)]
A ⁺	$ET_C < 5$	$ET_C < 2$
A	$5 \leq ET_C < 10$	$2 \leq ET_C < 4$
B	$10 \leq ET_C < 20$	$4 \leq ET_C < 8$
C	$20 \leq ET_C < 30$	$8 \leq ET_C < 12$
D	$30 \leq ET_C < 40$	$12 \leq ET_C < 16$
E	$40 \leq ET_C < 50$	$16 \leq ET_C < 20$
F	$50 \leq ET_C < 60$	$20 \leq ET_C < 24$
G	$ET_C \geq 60$	$ET_C \geq 24$



Targa energetica

Oltre al certificato energetico, esiste anche la targa energetica, contenente solo l'indicazione della classe energetica invernale di appartenenza

Colore ORO: classe A+, A

Colore ARGENTO: classe B, C

Colore BRONZO: classe D, E, F, G



La targa energetica è rilasciata a richiesta dietro il pagamento di 50 €



Livello Europeo Direttiva 2002/91/CE

L'Energia è materia concorrente tra lo Stato centrale e le singole Regioni, ma i limiti di azione di ogni soggetto non sono molto chiari. Alcune Regioni (*in primis* la Lombardia) hanno legiferato a completamento o a sostituzione dell'azione dello Stato centrale

Livello Italiano

- D.Lgs. 192/05*
- D.Lgs. 311/06*
- ✓ *D.P.R. 59/09*
- ✓ *D.M. 26 giugno 2009*

Livello Regionale

- D.G.R. 5018*
- D.G.R. 5773*
- D.D.U.O. 15833*
- ✓ *D.G.R. 8745*
- ✓ *D.D.G. 5796*



Una precisazione....

A volte i medesimi parametri sono chiamati in modo diverso

Prestazione energetica per il riscaldamento invernale

EPi (Ministero)

EP_H (Regione Lombardia)

Fabbisogno energetico dell'involucro per la climatizzazione estiva

Epe,inv (Ministero)

ET_C (Regione Lombardia)

N.B: molto spesso per climatizzazione si intende
sia quella invernale (→riscaldamento),
sia quella estiva



Edifici esentati dagli obblighi di prestazione energetica

Stato Centrale + Regione Lombardia

- ✓ Edifici tutelati del codice delle belle arti e del paesaggio se gli interventi ne alterano il carattere/aspetto
 - ✓ Edifici industriali
 - ✓ Edifici commerciali
 - ✓ Edifici agricoli non residenziali
- ✓ Edifici climatizzati per esigenze del processo produttivo
- ✓ Edifici climatizzati con reflui energetici altrimenti inutilizzabili
 - ✓ Edifici isolati con superficie totale < 50 mq



Edifici esentati dalla certificazione energetica

Stato Centrale + Regione Lombardia

- ✓ Edifici industriali
- ✓ Edifici commerciali
- ✓ Edifici agricoli non residenziali
- ✓ Edifici climatizzati per esigenze del processo produttivo
- ✓ Edifici climatizzati con reflui energetici altrimenti inutilizzabili
 - ✓ Edifici isolati con superficie totale < 50 mq

Regione Lombardia

- ✓ In caso di trasferimento a titolo oneroso di diritti parziali (quote immobiliari indivise, nuda proprietà)



Attestato non redigibile

in mancanza di impianto termico completo

In caso di più unità abitative

E' possibile redigere un unico attestato
valido per più di un'unità abitativa

se vi è:

- ✓ medesimo impianto termico di riscaldamento
 - ✓ medesima destinazione d'uso
 - ✓ medesimo proprietario/amministratore



Autocertificazione

Per compravendite di edifici < 1.000 mq
il proprietario può auto-certificare che:

- ✓ l'edificio è in classe energetica G
- ✓ i costi per la gestione energetica dell'edificio sono molto alti



Obbligo

Compila e sottoscrive:
il progetto delle opere

la relazione tecnica che attesta la rispondenza alle prescrizioni di legge

Se il Comune scopre che la relazione non è veritiera

Segnalazione all'ordine o al collegio professionale

Sanzione amministrativa da 2.000 € a 10.000 €

(da 3.000 € a 15.000 € se il falso

ha permesso la realizzazione o l'ottenimento di incentivi)



Obbligo

Compila e presenta al proprietario:
asseverazione di conformità delle opere realizzate rispetto al progetto

Se il Comune scopre che l'asseverazione non è veritiera

Il Comune ordina l'adeguamento
Segnalazione all'ordine o collegio professionale
Sanzione amministrativa da 5.000 € a 15.000 €
(da 10.000 € a 30.000 € se il falso
comporta il mancato rispetto di obblighi di legge)



Obbligo:

Allega l'ACE all'atto di compravendita/locazione

Se il notaio vede che manca l'ACE

Il notaio non procede con l'atto di vendita

Se CESTEC scopre che manca l'ACE

Vendita

Sanzione amministrativa da 5.000 € a 20.000 €

Locazione

Sanzione amministrativa da 2.500 € a 10.000 €



ACE vale 10 anni dalla sua emissione o

- ✓ fino al primo intervento che modifichi la prestazione energetica dell'edificio cui l'ACE si riferisce o
- ✓ per cambio di destinazione d'uso (per le sole unità immobiliari).

In ogni trasferimento oneroso di edificio già dotati di ACE,
l'alienante deve dichiarare che
l'ACE è in corso di validità



Destinazioni d'uso

E.1	Residenze, alberghi, pensioni ed assimilabili
E.2	Uffici ed assimilabili
E.3	Ospedali, case di cura e cliniche
E.4	Attività ricreative, associative, di culto o assimilabili
E.5	Attività commerciali
E.6	Attività sportive
E.7	Attività scolastiche
E.8	Attività industriali ed artigianali



Obblighi di legge

Nuove Edificazioni → [NE] + [N_{imp.term.}]

Demolizione e Ricostruzione → [DR] + [N_{imp.term.}]

Grandi Ampliamenti (volume ampliato > 20% edificio esistente) → [gA]

Recupero Sottotetti → [RS]

Grandi Ristrutturazioni (interventi > 25% superfici disperdenti) → [gR]

Piccole Ristrutturazioni → [pR]

Piccoli Ampliamenti → [pA]

Manutenzione Straordinaria → [MS]

Nuovo impianto termico → [N_{imp.term.}]

Ristrutturazione dell'impianto termico → [R_{imp.term.}]

Definizione: modifica sostanziale di almeno due tra i seguenti sottosistemi impiantistici:

Generazione – Distribuzione - Emissione

Sostituzione del solo generatore di calore → [N_{gen.}]



Obblighi di legge

	[NE] [DR] [gA] [RS]	[gR]	[pR] [pA] [MS]	[N _{imp.ter}] [R _{imp.ter}]	[N _{gen}]
E.1	A-F-G-I	A/C-D- F-G-I	C*-D-F- G-I	L-M-N-P- Q-S-X	L-R-S- T-U-X
E.2					
E.3				L-N-P- Q-S-X	
E.4					
E.5					
E.7					
E.6	A-F	A/C-D-F	C*-D-F		
E.8	A	A/C-D	C*-D		



Requisito A

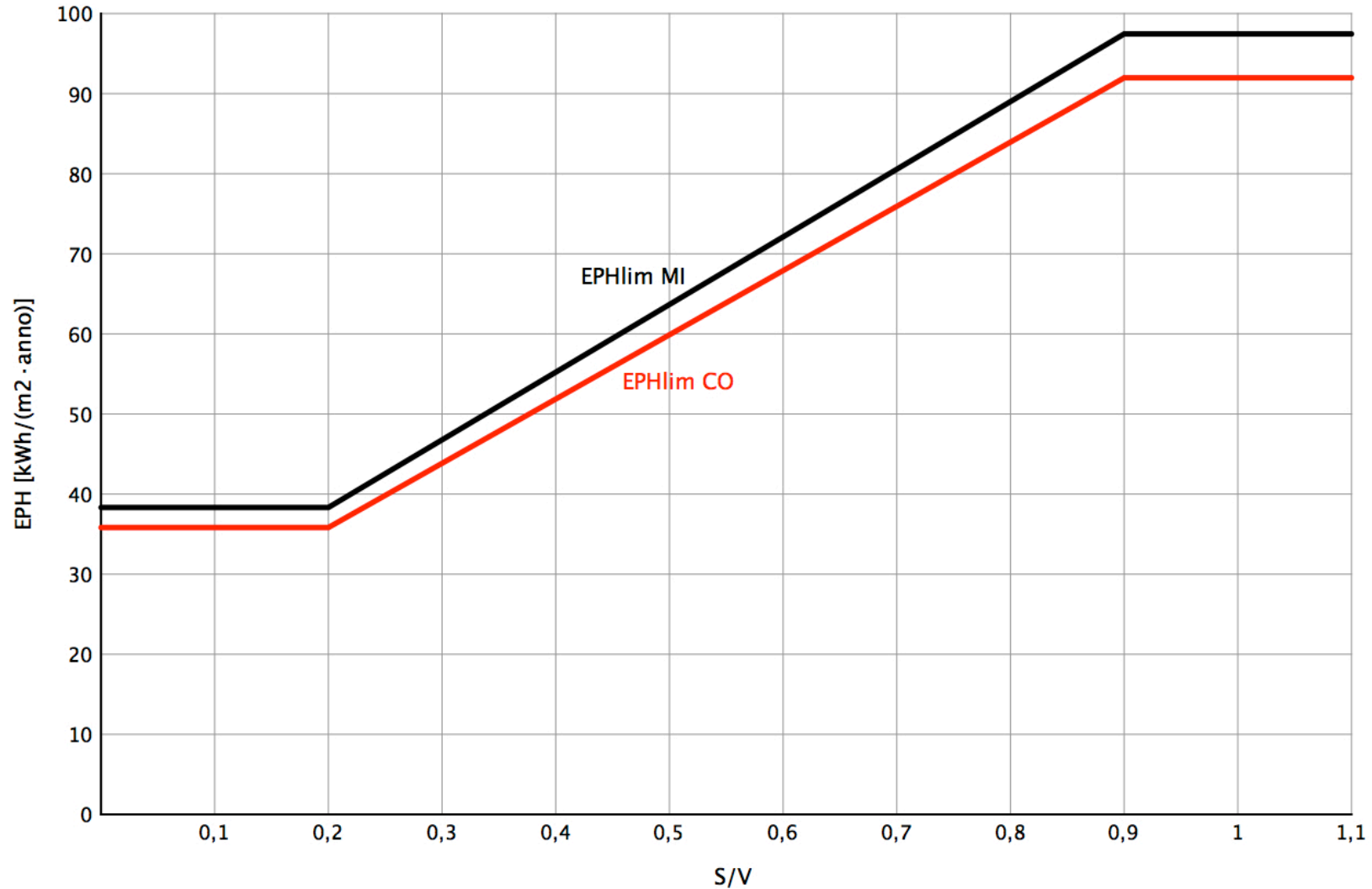
Limiti massimi al

fabbisogno di energia primaria per riscaldamento (EP_{Hlim})

	S/V	GG = 1400	GG = 2100	GG ≥ 3000
Residenziali [kWh/(m ² ·anno)]	≤0,2	21,3	34	46,8
	≥0,9	68	88	116
Non residenziali [kWh/(m ³ ·anno)]	≤0,2	6	9,6	12,7
	≥0,9	17,3	22,5	31



Obblighi di legge – Prescrizioni invernali integrate





Requisito C

Limiti massimi alla trasmittanza termica U delle pareti disperdenti
[W/(m²·K)]

Zona climatica	Pareti	Coperture	Pavimenti	Finestre Vetro+Telaio
D	0,36	0,32	0,36	2,4
E	0,34	0,30	0,33	2,2
F	0,33	0,29	0,32	2,0



Requisito C*

Limiti massimi alla trasmittanza termica U delle pareti disperdenti
[W/(m²·K)]

Zona climatica	Pareti	Coperture	Pavimenti	Finestre Vetro+Telaio
D	0,468	0,416	0,468	2,4
E	0,442	0,39	0,429	2,2
F	0,429	0,377	0,416	2,0



Requisito D

Limiti massimi alla trasmittanza termica per:

- ✓ Divisori verso altre unità e tra ambienti non riscaldati ed esterno
 $U \leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- ✓ Divisori tra ambienti non riscaldati ed esterno
 $U \leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- ✓ Serramenti tra ambienti non riscaldati ed esterno
 $U \leq 2,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$



Requisito Q

Limite minimo rendimento stagionale impianto termico

- ✓ se ad acqua: $\eta \geq [75+3 \cdot \log(P_n)]\%$ ($\geq 84\%$ se $P_n > 1.000$ kW)
- ✓ se ad aria: $\eta \geq [65+3 \cdot \log(P_n)]\%$ ($\geq 74\%$ se $P_n > 1.000$ kW)

Requisito M

Contabilizzazione e termoregolazione individuale

Requisito L

Installazione di dispositivi di regolazione automatica della temperatura nei singoli locali/zone



Requisito T

Verifica della corretta equilibratura del sistema di distribuzione

Requisito U

Installazione centralina di termoregolazione su due livelli pilotata da:
sonda di temperatura aria interna (impianti autonomi)
sonda temperatura aria interna ed acqua (impianti centralizzati)

Requisito X

Caldaie a condensazione e pompe di calore:

$$T_{\text{mandata}} \leq 50^{\circ}\text{C} \text{ oppure } T_{\text{ritorno}} \leq 35^{\circ}\text{C}$$



Requisito R

Caldaie

Limite minimo rendimento di generazione

$$\eta_G \geq [90 + 2 \cdot \log(P_n)]\% \\ \text{(a } 100\% P_n)$$

$$\eta_G \geq [85 + 3 \cdot \log(P_n)]\% \\ \text{(a } 30\% P_n)$$

Pompe di calore

Limite minimo rendimento di generazione
[vedi slide successiva]

Requisito S

Trattamento dell'acqua impiegata nell'impianto termico



Obblighi di legge – Prescrizioni invernali

	Tipologia	Condizioni nominali di riferimento	COP _{min}	GUE _{min}
Elettriche	Aria-acqua	7°-35°	3,00	
	Acqua-acqua	10°-35°	4,50	
	Terra-acqua	0°-35°	4,00	
	Terra-aria	0°-20°	4,00	
	Acqua-aria	15°-20°	4,70	
	Aria-aria	7°-20°	4,00	
Endotermiche	Aria-acqua	7°-30°		1,38
	Acqua-acqua	10°-30°		1,56
	Terra-acqua	0°-30°		1,47
	Terra-aria	0°-20°		1,59
	Acqua-aria	10°-20°		1,60
	Aria-aria	7°-20°		1,46
Assorbimento	Aria-acqua	7°-50°		1,30
	Terra-acqua	0°-50°		1,25
	Acqua-acqua	10°-50°		1,40



Requisito N

Obbligo di produrre energia termica pari ad almeno il 50% del fabbisogno termico per a.c.s. con:

- ✓ Solare termico
- ✓ Pompe di calore

[N.B: COP_{min} - GUE_{min} → vedi slide precedente]

- ✓ Biomasse

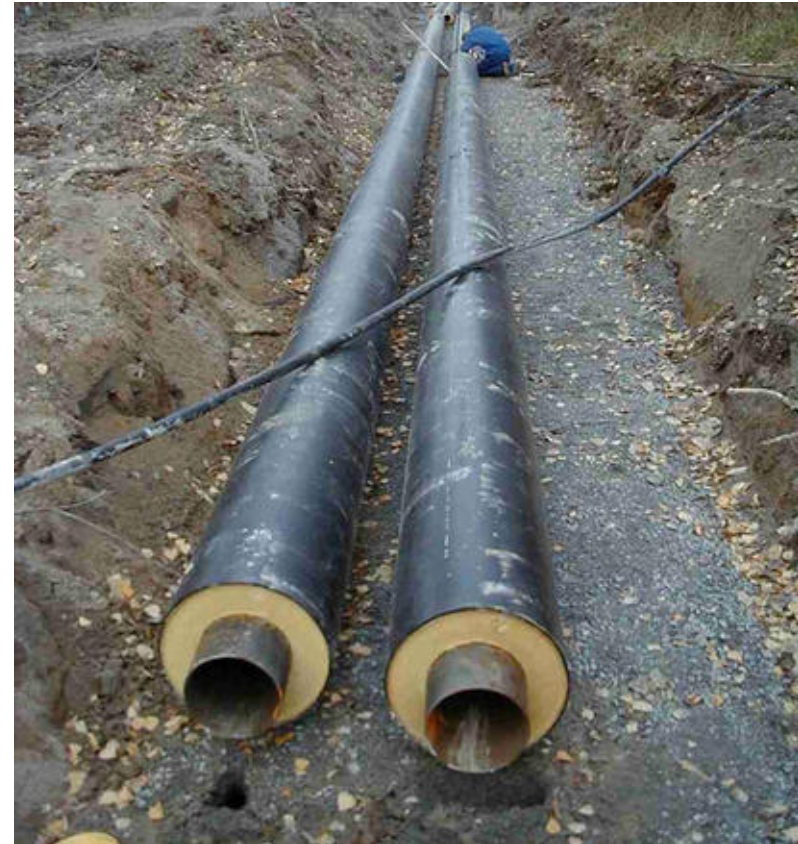
[N.B: esistono divieti nelle zone A1 e nei capoluoghi provinciali]

- ✓ Teleriscaldamento



Requisito P

Obbligo predisposizione delle opere
(edificio ed impianti)
necessarie a favorire
il collegamento a
reti di teleriscaldamento
se entro i 1.000 m
(anche se solo approvate)





Requisito G

Obbligo di sfruttare la ventilazione naturale

Requisito I

Obbligo di installare sistemi schermanti
(anche solo filtranti per [RS] [pR] [pA] [MS])

la cui capacità di ridurre

l'irradianza solare massima

sia variabile tra

un minimo di 0% (inverno) ed

un massimo di almeno il 70% (estate)

N.B.: i vetri con trasmittanza di energia solare diretta $t_e \leq 0,30$
soddisfano l'obbligo



Requisito F

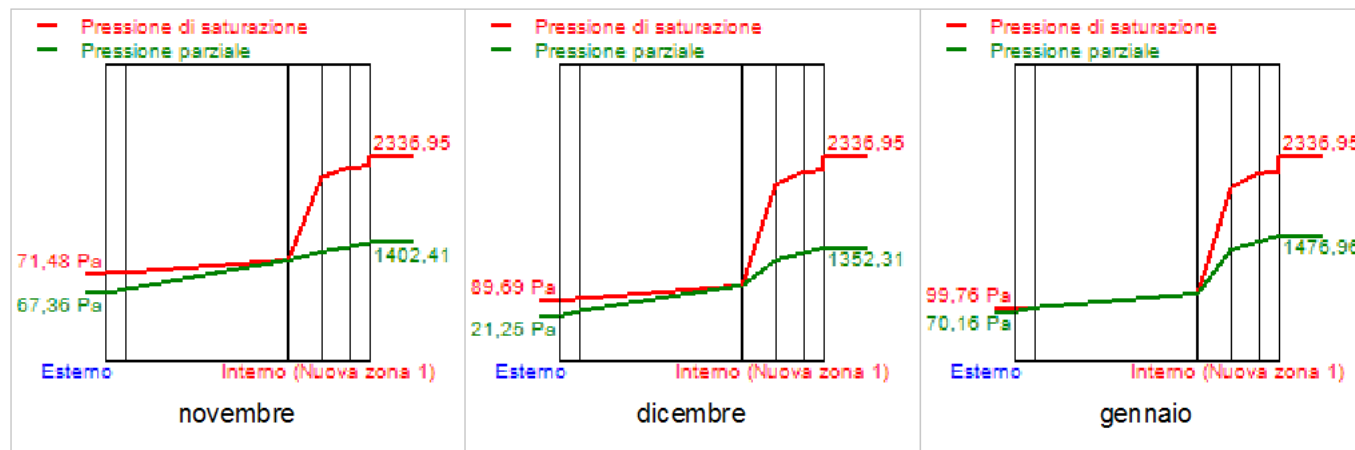
Pareti interne

Non vi deve essere condensa superficiale sulla parete oggetto dell'intervento

Pareti esterne

La condensa interstiziale non deve superare la quantità ri-evaporabile

Diagramma di Glaser





LR Lombardia n. 26/1995

Permette lo scomputo, dal calcolo di volume e s.l.p.,
dello spessore compreso tra 30 e 55 cm (elementi verticali e di copertura)
dello spessore compreso tra 30 e 45 cm (elementi orizzontali intermedi)

LR Lombardia n. 33/2007

Per richieste di titolo abilitativo successive al 1° gennaio 2008

Permette lo scomputo, dal calcolo di volume e s.l.p.
dell'intero spessore delle pareti esterne,
per interventi con $EP_H < 0,9 \cdot EP_{Hlim}$ o $U < 0,9 \cdot U_{max}$

D.Lgs. 115/2008

Permette alcune deroghe

[NE]: se $EP_H < 0,9 \cdot EP_{Hlim} \rightarrow 25$ cm (d. minima + h. massima)

[NE]: se $EP_H < 0,9 \cdot EP_{Hlim} \rightarrow 15$ cm (h. massima) per ogni solaio

[gR, pR]: se $U < 0,9 \cdot U_{max} \rightarrow 20$ cm (d. minima) e 25 cm (h. massima)



Prestazione energetica

$$EP_H \approx \frac{Q_{INVOLUCRO}}{\eta_{IMPIANTO}} + W_H - E_{RES}$$

$$EP_H \approx \frac{Q_T + Q_V - Q_i - Q_s}{\eta_G \cdot \eta_D \cdot \eta_E \cdot \eta_R} + W_H - E_{RES}$$

Q_T = perdite per trasmissione

Q_V = perdite per ventilazione

Q_i = apporti interni

Q_s = apporti solari

η_G = rendimento di generazione

η_D = rendimento di distribuzione

η_E = rendimento di emissione

η_R = rendimento di regolazione

E_{RES}

energia prodotta da fonti rinnovabili

W_H

consumo elettrico dell'impianto



Perdite per trasmissione - Q_T

$$Q_T \approx \sum_{\text{pareti}} A_{\text{parete}} \cdot U_{\text{parete}} + \sum_{\text{finestre}} A_{\text{finestra}} \cdot U_{\text{finestra}} + \sum_{\text{p.termici}} L_{\text{p.termico}} \cdot \Psi_{\text{p.termico}}$$

A_{parete} e U_{parete}
superficie e trasmittanza termica della parte opaca della parete

A_{finestra} e U_{finestra}
superficie e trasmittanza termica della singola finestra

$L_{\text{p.termico}}$ e $\Psi_{\text{p.termico}}$
lunghezza e trasmittanza termica del singolo ponte termico



Perdite per trasmissione – Tipologia pareti

Tamponamenti a secco

Vantaggi

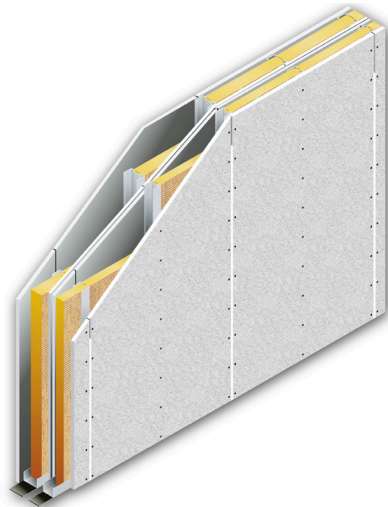
Contenimento dello spessore delle pareti

Velocità di posa

Maggior certezza del risultato raggiunto
(soprattutto per acustica)

Svantaggi

Maggiore costo del materiale



Tamponamenti in muratura

Vantaggi

Tecnologia tradizionale

Minor costo del materiale

Svantaggi

Minor certezza del risultato raggiunto



Perdite per trasmissione - Isolanti

$$Q_T \approx \sum_{pareti} A_{parete} \cdot U_{parete} + \sum_{finestre} A_{finestra} \cdot U_{finestra} + \sum_{p.termici} L_{p.termico} \cdot U_{p.termico}$$

	Perlite espansa	Polistirene espanso sinterizzato	Polistirene estruso	Poliuretano	Lana di vetro	Lana di roccia	Fibra di legno	Lana di legno	Sughero
Sigla	EPB	EPS	XPS	PUR	GW	RW	WF	WW	
Consistenza	porosa	cellulare	cellulare	cellulare	fibrosa	fibrosa	fibrosa	fibrosa	cellulare
Prestazione invernale Conducibilità (λ) [W/(m·K)]	0,040 - 0,060	0,034 - 0,056	0,032 - 0,041	0,024 - 0,034	0,037 - 0,053	0,037 - 0,054	0,040 - 0,060	0,062 - 0,091	0,040 - 0,052
Prestazione estiva	★				★	★	★★★	★★★	★★
Proprietà acustiche	NO	solo per calpestio	NO	NO	SI	SI	SI	SI	solo per calpestio
Massa [kg/m ³]	100 - 150	20 - 30	30 - 50	25 - 50	11 - 100	10 - 200	45 - 280	300 - 500	90 - 200



Perdite per trasmissione - Finestre

$$U_{finestra} = \frac{A_g U_g + A_f U_f + L_g \Psi_l}{A_g + A_f}$$

A_g e U_g

superficie e trasmittanza termica del vetro

A_f e U_f

superficie e trasmittanza termica del telaio

L_g

perimetro del vetro

Ψ_l

trasmittanza lineare



Perdite per trasmissione - Vetro

Tipologia vetrata	Composizione	U_{glass} [W/m ² K]
vetro float semplice	6	5,7
vetro singolo selettivo	6	3,2
doppio vetro float con aria	6/(12)/6	2,8
doppio vetro float con argon/kriptone	6/(12)/6	2,5
doppio vetro con rivestimento selettivo	6/(12)/6	2,0
triplo vetro float con aria	6/(12)/6/(12)/6	1,9
triplo vetro float con argon/kriptone	6/(12)/6/(12)/6	1,6
triplo vetro con rivestimento selettivo	6/(12)/6/(12)/6	1,4
doppio vetro basso emissivo con aria	6/(12)/6	1,6
doppio vetro basso emissivo con argon/kriptone	6/(12)/6	1,0
triplo vetro basso emissivo con aria	6/(12)/6/(12)/6	0,9
triplo vetro basso emissivo con argon/kriptone	6/(12)/6/(12)/6	0,5



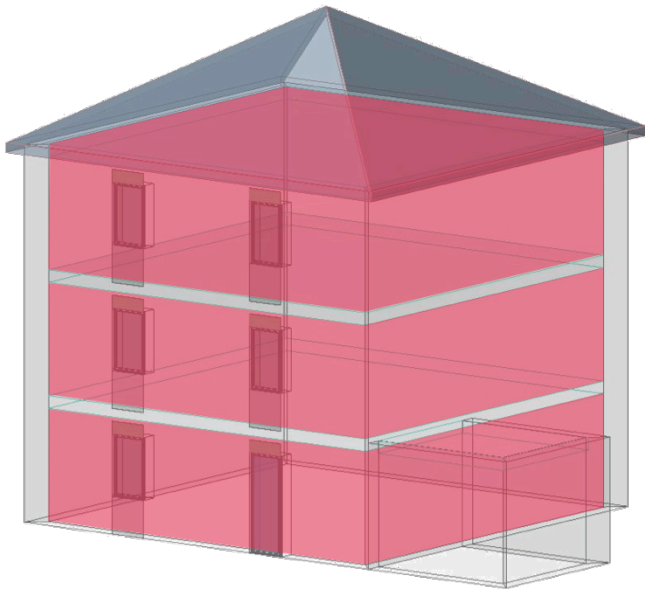
Perdite per trasmissione - Telaio

Tipologia telaio	U_{frame} [W/m ² K]
Legno	1,1 ÷ 2,0
PVC	1,3 ÷ 2,1
Alluminio con taglio termico	3,1
Alluminio e legno	3,5
Alluminio	5,5



Perdite per ventilazione - Q_V

$$EP_H \approx \frac{Q_T + Q_V - Q_i - Q_s}{\eta_G \cdot \eta_D \cdot \eta_E \cdot \eta_R} + W_H - E_{RES}$$



$$Q_V \approx V \cdot (1 - \eta_{RCV}) \cdot n$$

V: volume netto riscaldato dell'edificio

η_{RCV} : rendimento dell'eventuale scambiatore di calore

n: numero di ricambi d'aria (0,3 per nuovo residenziale)



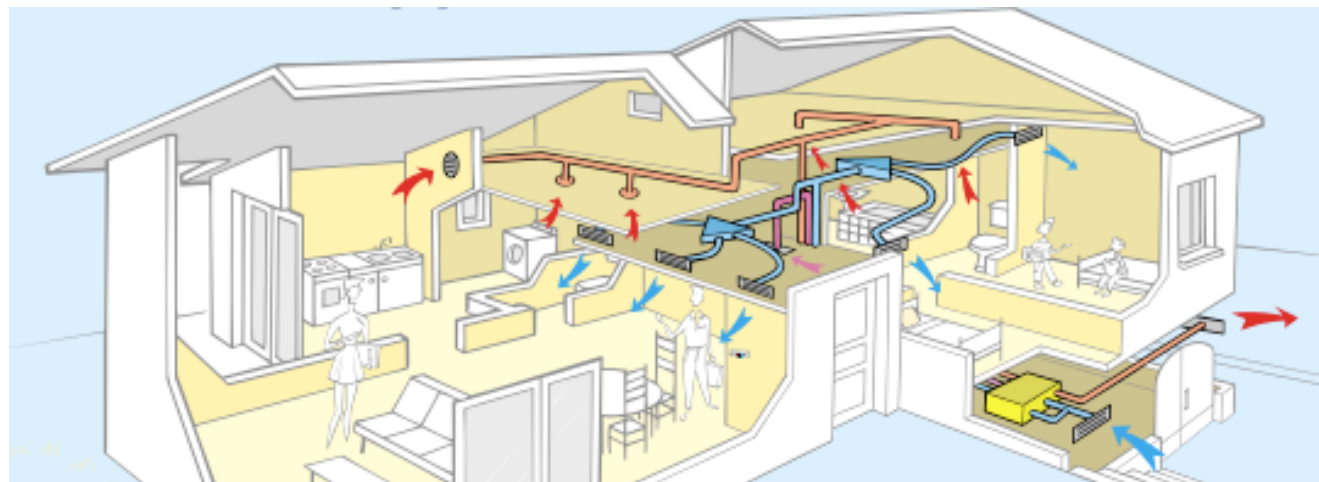
Perdite per ventilazione – Ventilazione meccanica controllata

Vantaggi

- Migliora comfort igro-termico (anche estivo)
- Minimizza rischio di formazione di condensa
- Evita l'obbligo del foro di ventilazione in cucina

Svantaggi

- Costo [3.000 €/appartamento 80mq]
- Perdita volume per passaggio canalizzazioni
- Le canalizzazioni potrebbero comportarsi da ponte acustico

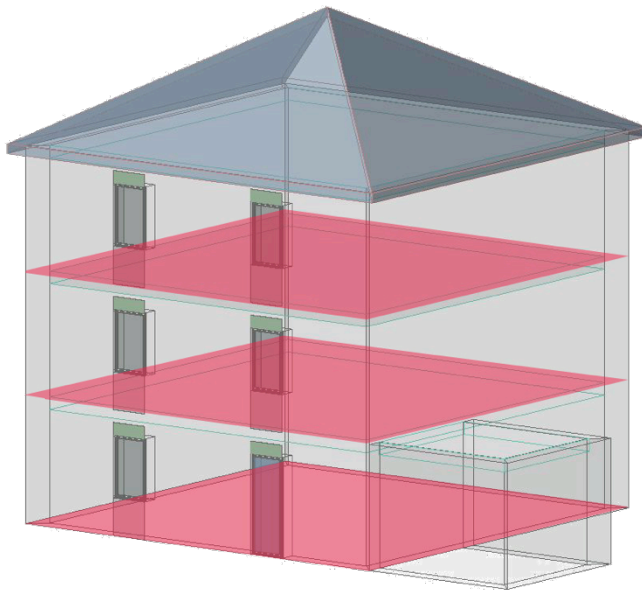




Apporti interni – Q_i

$$EP_H \approx \frac{Q_T + Q_V - Q_i - Q_s}{\eta_G \cdot \eta_D \cdot \eta_E \cdot \eta_R} + W_H - E_{RES}$$

$$Q_i \div s.l.p.riscaldata \approx 9 \div 18 \text{ kWh}/(m^2 \cdot \text{anno})$$



Q_i dipende dalla superficie lorda riscaldata, ovvero l'area di pavimento degli spazi riscaldati, esclusi i locali non abitabili, compresa l'area di pavimento di tutti i piani se più di uno, incluse murature esterne e tramezzi interni



Apporti solari - Q_S

$$EP_H \approx \frac{Q_T + Q_V - Q_i - Q_s}{\eta_G \cdot \eta_D \cdot \eta_E \cdot \eta_R} + W_H - E_{RES}$$

$$Q_S \approx \sum_{finestre} A_{finestra} \cdot g_{vetro} \cdot F_{schermatura}$$

$A_{finestra}$

superficie della singola finestra

g_{vetro}

trasmissione solare del vetro

$F_{schermatura}$

coefficiente che tiene conto di eventuali schermature



Vantaggi

Potrebbe non essere computata ai fini della s.l.p. e del volume

Problemi

Controllo del surplus estivo

	g_{glass}	U_{glass} [W/m ² K]
Vetro singolo	0,82	5,9
Vetro singolo selettivo	0,66	3,2
Vetro doppio normale	0,70	3,3
Vetro doppio con rivestimento selettivo	0,62	2
Vetro triplo normale	0,60	1,8
Vetro triplo con rivestimento selettivo	0,53	1,4



Rendimento di generazione - η_G

Generatore di calore	η_G max
Caldaia a 2 o 3 stelle	0,95
Caldaia a 4 stelle (condensazione)	1,08
Pompa di calore elettrica acqua/aria	1,15
Pompa di calore elettrica acqua/acqua	1,31
Pompa di calore elettrica acqua/terra	1,43
Pompa di calore a gas acqua/aria	1,37
Pompa di calore a gas acqua/acqua	1,60
Pompa di calore a gas acqua/terra	1,80
Caldaia a pellets	0,85
Caldaia a legna	0,75
Teleriscaldamento	1,00



Generazione del calore – Caldaia a condensazione

Vantaggi

Rendimento migliore rispetto alle caldaie a 2-3 stelle (+15%)

Costo (1.500-2.000 € per 25 kW)

Buona integrazione con solare termico

Svantaggi

Tecnologia i cui limiti sono oramai raggiunti

Richiede terminali di erogazione a bassa temperatura





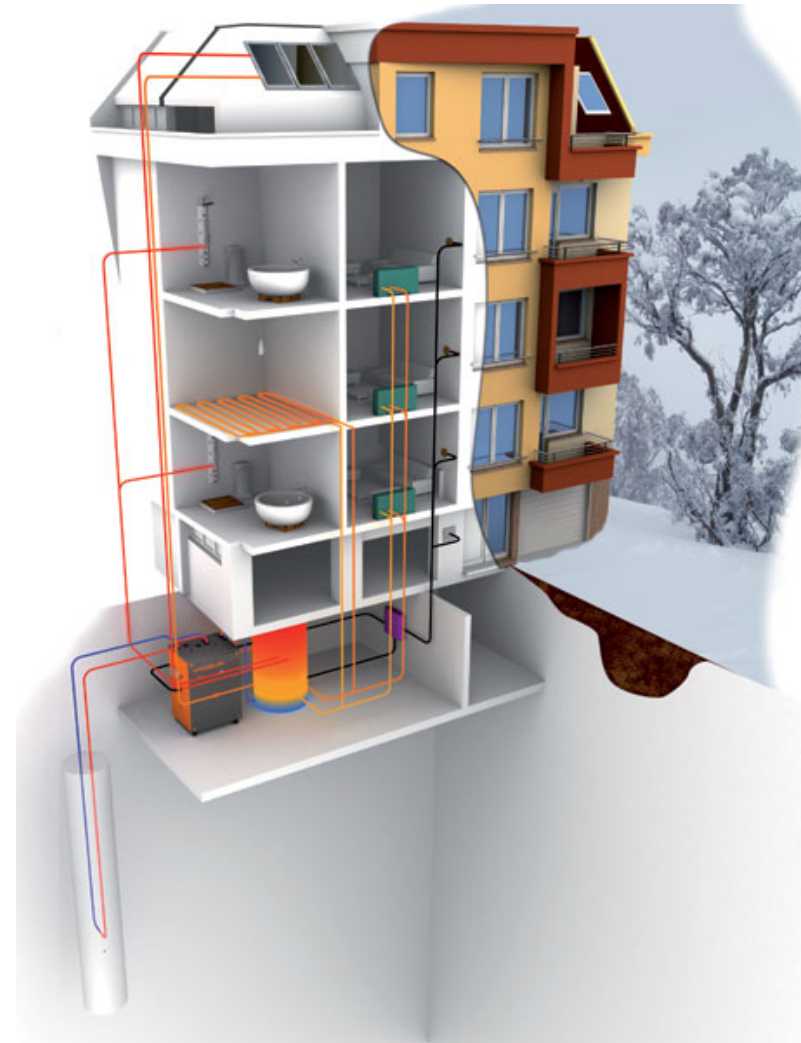
Generazione del calore – Pompa di calore

Vantaggi

- Rendimento migliore in assoluto
- Possibile anche raffrescamento estivo
- Buona integrazione con solare termico
- Integrabile con fotovoltaico
(solo per pompa di calore elettrica)
- Utilizzo di energia rinnovabile
(evita l'obbligo del solare termico)

Svantaggi

- Richiede terminali di erogazione a bassa temperatura
- Se serve scavo:
 - Costi non trascurabili
- Se serve prelievo acqua:
 - Tempi lunghi per rilascio autorizzazione





Generazione del calore – Biomasse legnose

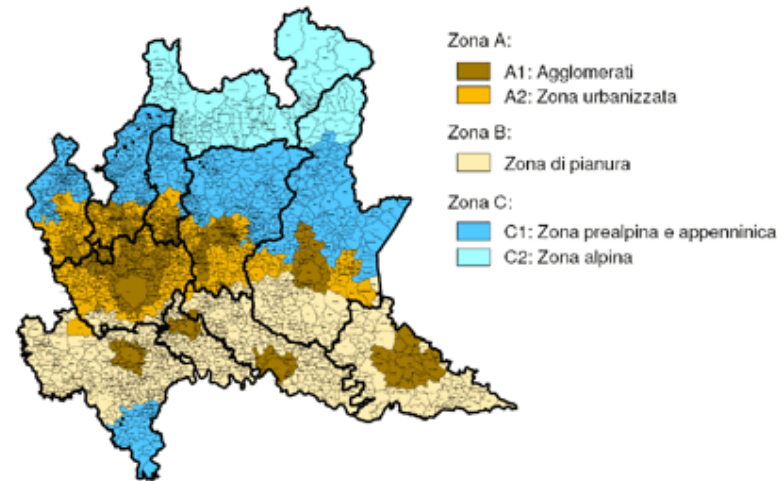


Vantaggi

Utilizzo di energia rinnovabile
(evita l'obbligo del solare termico)

Problemi

Limiti all'utilizzo in area A1
(la combustione è fortemente inquinante)





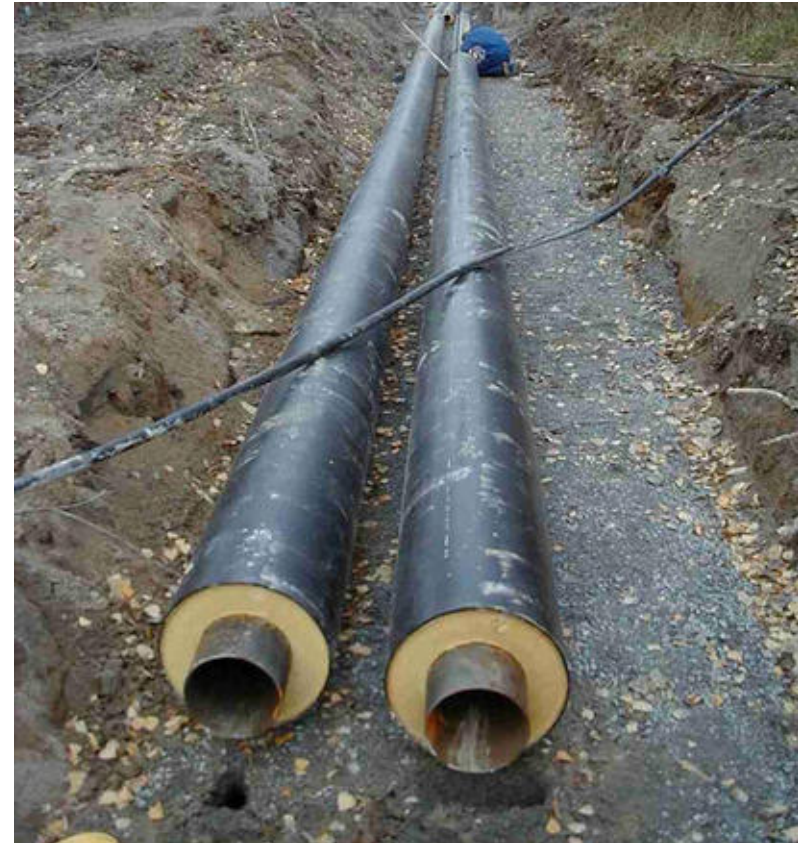
Vantaggi

Costo evitato per l'acquisto
del generatore di calore

Utilizzo di energia assimilata
(evita l'obbligo del solare termico)

Svantaggi

Efficienza inferiore
(necessità di intervenire meglio
sull'involucro)





Distribuzione del calore - η_D

$$EP_H \approx \frac{Q_T + Q_V - Q_i - Q_s}{\eta_G \cdot \eta_D \cdot \eta_E \cdot \eta_R} + W_H - E_{RES}$$

Tipo di impianto	Tipo di distribuzione	Numero di piani	η_D
Impianto centralizzato	Verticale	1	0,94
		2	0,94
		3	0,96
		4	0,97
		≥ 5	0,98
	Orizzontale	Fino a 3	0,98
		Oltre a 3	0,99
Impianto autonomo			0,99



Emissione del calore - η_E

$$EP_H \approx \frac{Q_T + Q_V - Q_i - Q_s}{\eta_G \cdot \eta_D \cdot \eta_E \cdot \eta_R} + W_H - E_{RES}$$

Terminali di erogazione del calore	η_E
Radiatori su parete esterna isolata	0,96
Radiatori su parete interna	0,95
Ventilconvettori	0,95
Bocchette in sistemi ad aria calda	0,92
Pannello isolato annegato a pavimento	0,98
Pannello annegato a pavimento	0,96
Pannello annegato a soffitto	0,95
Pannello a parete	0,95



Emissione del calore -

Radiatori

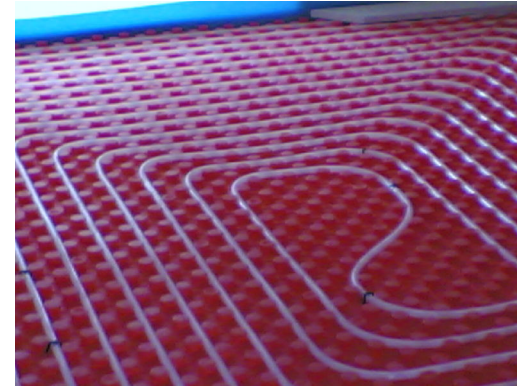
Vantaggi

Costo inferiore

Posa più semplice

Svantaggi

Peggior comfort termico



Pannelli radianti

Vantaggi

Ottimizzazione

dei generatori più efficienti e
dell'energia termica rinnovabile

Miglior comfort termico

Funzione anche di raffrescamento

Svantaggi

Costo superiore (40-100 €/mq)



Regolazione del calore - η_R

Sistema di controllo	Tipologia	η_R		
		Radiatori e convettori	Pannelli radianti isolati	Pannelli radianti integrati
Regolazione manuale	Termostato caldaia	0,84	0,82	0,78
Climatica centralizzata	Regolatore climatico	0,88	0,86	0,82
Singolo ambiente	Reg. on/off	0,94	0,92	0,88
	Reg. modulante (1°C)	0,98	0,96	0,92
Climatico e singolo ambiente	Reg. on/off	0,97	0,95	0,93
	Reg. modulante (1°C)	0,99	0,98	0,96
Solo zona	Reg. on/off	0,93	0,91	0,87
	Reg. modulante (1°C)	0,97	0,96	0,92
Climatico e zona	Reg. on/off	0,96	0,94	0,92
	Reg. modulante (1°C)	0,98	0,97	0,95



Consumo elettrico degli impianti - W_H

$$EP_H \approx \frac{Q_T + Q_V - Q_i - Q_s}{\eta_G \cdot \eta_D \cdot \eta_E \cdot \eta_R} + W_H - E_{RES}$$

$$W_H \approx W_{gH} + W_{dH} + W_{eH} + W_{RCV}$$

W_{gH} : perdite elettriche del sottosistema di generazione

W_{dH} : perdite elettriche del sottosistema di distribuzione

W_{eH} : perdite elettriche del sottosistema di emissione

W_{RCV} : perdite elettriche del recuperatore di calore



$$EP_H \approx \frac{Q_T + Q_V - Q_i - Q_s}{\eta_G \cdot \eta_D \cdot \eta_E \cdot \eta_R} + W_H - E_{RES}$$

$$E_{RES} = E_{SOL.TH} + E_{PV}$$

$E_{SOL.TH}$: energia prodotta dall'eventuale impianto solare termico
(energia termica per riscaldamento a.c.s. ed ambienti)

E_{PV} : energia prodotta dall'eventuale impianto fotovoltaico
(energia elettrica)
può usufruire degli incentivi del “Conto Energia”



Energia prodotta da fonti rinnovabili – Solare termico

Collettori piani

Vantaggi

Costo inferiore (200-350 €/mq)

Maggiore robustezza

Svantaggi

Rendimento inferiore a basse T



Collettori sottovuoto

Vantaggi

Rendimento superiore
a basse T e con radiazione diffusa

Svantaggi

Costo superiore (400-500 €/mq)

Minore integrazione architettonica





Energia prodotta da fonti rinnovabili – Solare termico



Accumulo a circolazione naturale

Vantaggi

Costo unitario inferiore
(kit [4mq+accumulo]: 1.800 €)

Minori perdite

Svantaggi

Minore efficienza

Mancata integrazione architettonica

Utilizzo limitato ad a.c.s.

Accumulo a circolazione forzata

Vantaggi

Maggior isolamento (→ migliore efficienza)

Utilizzo per riscaldamento e a.c.s.

Impatto visivo nullo

Svantaggi

Costo unitario superiore

(300 litri → 1.400 €)





Energia prodotta da fonti rinnovabili – Fotovoltaico

Silicio cristallino

Vantaggi

Rendimento maggiore
(minor spazio occupato)

Svantaggi

Costo superiore
Peggior integrazione
architettonica



Silicio amorfo

Vantaggi

Costo inferiore
Migliore integrazione
architettonica

Svantaggi

Rendimento minore
(maggiore spazio occupato)





Decreto Legislativo n. 28/2011
(Recepimento Direttiva 2009/28/CE - Fonti rinnovabili)

Direttiva 2010/31/UE
(Rendimento energetico in edilizia)
ancora non recepita

Regione Lombardia intende recepirla autonomamente con entrata in vigore per l'anno 2015



Si applica nei seguenti casi
nuove edificazioni [NE],
demolizioni e ricostruzioni [DR],
ristrutturazioni integrali di edifici con sup.> 1.000 mq

Edifici esentati

Edifici tutelati del codice delle belle arti e del paesaggio se gli interventi ne alterano il carattere/aspetto.

Per gli edifici nei centri storici gli obblighi sono ridotti della metà.



Prevede obblighi nazionali (non derogabili dalle Regioni)
di installazione di impianti per lo sfruttamento di fonti energie rinnovabili (FER)

✓ **Rinnovabili termiche**

solare

(solo se aderente o integrato nella copertura,
con la stessa inclinazione ed orientamento della falda)

biomasse

geotermico

teleriscaldamento

✓ **Rinnovabili elettriche**

(di fatto solo) fotovoltaico

(solo se aderente o integrato nella copertura,
con la stessa inclinazione ed orientamento della falda)



Rinnovabili termiche

Deve essere garantita la produzione di un quantitativo minimo di energia termica

da 31.05.2012	da 01.01.2014	da 01.01.2017
0,50 EP _{acs}	0,50 EP _{acs}	0,50 EP _{acs}
0,20 EP _{tot}	0,35 EP _{tot}	0,50 EP _{tot}

EP_{tot} = somma dei consumi previsti per riscaldamento (EP_H), a.c.s. (EP_{acs}) e raffrescamento (EP_C)



Rinnovabili elettriche

Deve essere garantita la produzione di un quantitativo minimo di energia elettrica

da 31.05.2012	da 01.01.2014	da 01.01.2017
1 kW ogni 80 mq di pianta	1 kW ogni 65 mq di pianta	1 kW ogni 50 mq di pianta

N.B.: per 1 kW sono necessari almeno 7 mq di pannelli (silicio monocristallino)



Premio di volumetria

Si ha diritto ad un premio pari al 5% se
si garantisce una produzione di energia termica da fonti rinnovabili
(solare, biomasse, geotermico, teleriscaldamento)
superiore alle seguenti soglie

da 31.05.2012	da 01.01.2014	da 01.01.2017
0,50 EP _{tot}	0,65 EP _{tot}	0,80 EP _{tot}



Incompatibilità

“Gli impianti alimentati da fonti rinnovabili accedono agli incentivi previsti per la promozione delle fonti rinnovabili limitatamente alla quota eccedente quella necessaria per il rispetto dei medesimi obblighi”



D.Lgs. n. 28/2011 – scelte tecnologiche minime

Tecnologia	da 31.05.2012	da 01.01.2014	da 01.01.2017
	0,20 EP _{tot}	0,35 EP _{tot}	0,50 EP _{tot}
Fotovoltaico	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Caldaia + Collettore solare	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pompa di calore aria/acqua	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pompa di calore terra/acqua	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pompa di calore + Collettore solare	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Biomasse	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Teleriscaldamento	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



I nuovi edifici dovranno essere a fabbisogno energetico “quasi zero”

- ✓ entro 31.12.2018 per edifici pubblici
- ✓ entro 31.12.2020 per edifici privati

Legislatore (nazionale e/o regionale) deve chiarire cosa intende per:

- ✓ **cosa si intende per “quasi zero”**
 - ✓ **su cosa si calcola**
 1. involucro + impianti
 2. solo involucro



Caso 1

Calcolo su involucro + impianti

- ✓ Obbligo "spalmabile"
su diverse tecnologie
(involucro – impianti – rinnovabili)
- ✓ Ampia libertà di mix tecnologico

Caso 2

Calcolo sul solo involucro

- ✓ Obbligo di edificio quasi
passivo → ruolo degli impianti
quasi nullo
- ✓ Si tende alla casa passiva



A meno di improbabili novità normative
(es. la sovra-produzione estiva del solare termico può
essere spalmata su tutto l'anno)
a lungo termine le soluzioni possibili sono:

involucro standard + biomasse

N.B: impossibile una applicazione di massa

involucro standard + teleriscaldamento

N.B: non applicabile ovunque

involucro efficiente + pompa di calore + collettore solare termico

N.B: alti costi realizzativi

casa semi-passiva