

---

## Sommario

### Capitolo I. Ambiente, Sostenibilità, Edilizia.

I Consumi e strategie energetiche multiscala. Ambiente e clima	1
1.1 Consumi energetici mondiali	1
1.2 Il quadro europeo: potenzialità del risparmio energetico e controllo del clima	3
1.3 Le azioni nazionali e il quadro italiano	3
1.4 Protocollo di Kyoto ed “Emission Trading”	4
1.5 La Direttiva europea EPBD sull’efficienza energetica in edilizia. Misure specifiche di politica energetica	5
1.6 Il recepimento dell’EPBD in Italia	7
2 Il concetto di casa passiva nei climi freddi e moderati	10
2.1 Introduzione	10
2.2 Canoni di progetto di una casa passiva	13
2.3 Influenza dei vari fattori dell’involucro sulle performance globali della casa passiva	15
2.4 La forma	16
2.5 L’orientamento dell’edificio e i serramenti vetrati	17
2.6 L’involucro	19
2.7 La ventilazione forzata	21
3 La Casa Passiva nelle regioni mediterranee	23
3.1 Introduzione	23
3.2 Le tecniche di controllo energetico passivo per edifici nei climi caldi	28
3.3 Il controllo solare: un esempio	30
3.4 Controllo dei carichi interni con tecniche di modulazione dei guadagni termici	32
3.5 Tecniche di abbattimento (dissipazione/trasferimento) del calore in ingresso	35

---

4	Benessere termoigrometrico	39
4.1	Introduzione	39
4.2	Gli inquinanti ambientali	41
4.3	Gli indici di comfort termico	42

## **Capitolo 2. Una “casa passiva” italiana in tecnologia tradizionale: l’esperienza di Cherasco**

1	Cenni sull’origine del fabbricato	45
2	Filosofia di recupero e di progetto: il cammino verso la “Casa Passiva”	47
2.1	Il progetto architettonico	50
2.2	Il sistema impiantistico della casa di Cherasco	55
2.3	Due cardini del progetto integrato: la forma dell’edificio e la qualità dell’involucro	60
2.3.1	La forma. Il rapporto S/V	60
2.3.2	L’involucro	62
(I)	Generalità	62
(II)	Assenza di ponti termici	66
(III)	L’isolamento della copertura	71
(IV)	I serramenti finestra	74
(V)	Gli ombreggiamenti	77
(VI)	L’impermeabilità all’aria dell’involucro	82
3	La risposta estiva della casa di Cherasco: analisi degli sfasamenti dell’onda termica	86

---

### **Capitolo 3. Alcuni aspetti della progettazione e realizzazione della casa passiva di Cherasco.**

I	Gli impianti.	95
1.1	La ventilazione e il riscaldamento	95
1.2	L'“aggregato compatto” aria-aria	99
1.2.1	Caratteristiche di “Aerosmart L”	101
1.2.2	Dimensionamento a zone dell'aerazione	107
1.2.3	Lo scambiatore di calore interrato	110
1.3	Casa di Cherasco: il bilancio energetico invernale	114
1.4	La produzione di acqua calda. Interventi successivi sul sistema edificio impianto	118
1.5	La produzione di energia elettrica con il fotovoltaico	122
2	Il cantiere di Cherasco: il libro di cantiere	123

### **Appendice**

1	Standard per il calcolo del fabbisogno energetico primario	130
2	La nuova normativa tecnica	131

---

## Bibliografia

- Lloyd A.C., *Una Centrale elettrica in cantina*, Le Scienze, Settembre 1999, pp. 84-97;
- M. Aygun, *Environmental life cycle assessment of buildings and their elements in Sustainable Building 2000 Maastricht - Proceedings*, Eneas Technical Publishers, A Best 2000;
- E. Van Eueren, *The Dutch national packages for sustainable building: a first step towards a sustainable built environment in Sustainable Building 2000 Maastricht - Proceedings*, Eneas Technical Publishers, A Best 2000;
- D. De Masi, *Un codice per la qualità energetico - ambientale*, in «Ecoenea», n. 3, settembre 1998, pp. 8-11;
- Huovilla, *Construction related sustainability indicators: setting targets and monitoring performance in the built environment in Sustainable Building 2000 Maastricht - Proceedings*, Eneas Technical Publishers, A Best 2000;
- AA.VV., *Edifici efficienti dal punto di vista energetico*, Le Scienze, ott. 1987;
- *Green Building Challenge -1998/2002 process overview*, in <http://www.greenbuilding.ca/iisbe/gbc2k2/gbc2k2-start.htm>, Green Building Challenge, 2002;
- *Solution technique RT 2000 - Maisons individuelles non climatisees*, materiale informativo, Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement -Secretariat d'Etat au Logement, 2001;
- ANIT, *Sintesi del D.lgs 19 agosto 2005*, Aprile 2006;
- Margelli R., *A proposito di rendimento energetico: il D.lgs 192, ABCD N.25 2005*, pp. 38-40;
- “Passive on” project, Report ‘Passive Houses for Italy’, 2006 (progetto fra sei partner europei)
- Bronzo E., *Ex area Falck investimenti per 4 mld*, Il Sole 24Ore, 17 giugno 2006;
- Carotti A., Rimoldi P., *Prontuario di Ingegneria Edile e Strutturale*, Editore UTET, Torino 2000 (pp. 566)
- Carotti A., Rimoldi P., Marchionini L., *Modelli e Dati per Progettare in Ingegneria. Nuovo Manuale Sinottico*, Editore Abitare Segesta Documenti, Milano 1999 (384 pp.)
- Carotti A.(Editor), *Vetro Strutturale e Facciate Continue*, Editore Libreria CLUP, Milano 2003 (Collana ‘Quaderni di Innovazione & Hi-Tech in Architettura ed Edilizia’)
- Carotti A.(Editor), *Sperimentazione Monitoraggio & Diagnostica Strutturale: il Collaudo Strutturale*, Editore Libreria CLUP, Milano 2003 (Collana ‘Quaderni di Innovazione & Hi-Tech in Architettura ed Edilizia’)

- 
- Carotti A. (Editor), *Progettazione di Ambienti Interrati in presenza di Falda. Impermeabilizzazione. Drenaggio dei Terreni*, Editore Libreria CLUP, Milano 2004 (Collana 'Quaderni di Innovazione & Hi-Tech in Architettura ed Edilizia')
  - Carotti A. (Editor), *La Casa Passiva. Costruzione e Struttura. Progettazione. Adeguamento. Manuale di dettagli costruttivi*, Libreria Ed. CLUP, 2004 (Collana 'Quaderni di Innovazione & Hi-Tech in Architettura ed Edilizia')
  - Carotti A. (Editor), *La Casa Passiva in Europa*, Libreria Ed. CLUP, 2005;
  - Ferrari S., *Lucentezza nell'efficienza*, QualEnergia, anno IV, N.1, 2006;
  - Laukamp H., *Photovoltaic in buildings*, materiale informativo, Fraunhofer ISE, Friburgo 2001;
  - La Torre C., *Parametri e valori del comfort igrotermico*, in: *L'installatore italiano*, n. 4/2003, pp. 120-124;
  - Barbieri D., Pietrafesa M. e Rizzo G., *Qualità dell'area interna e requisiti di ventilazione*, Quaderni di Fisica Tecnica e Energetica, Aprile 2006;
  - Santamouris M. & Asimacopoulos D.: *Passive Cooling of Buildings*, James & James, London 1996;
  - Wienke U. (a cura di), *I materiali termoisolanti dal punto di vista ecologico*, ASSA, Perugia, 1996;
  - Wienke U., *L'Edificio Passivo, Standard, Requisiti, Esempi, Alinea*, 2002;
  - Wienke U., *Edifici Passivi*, in: *L'installatore Italiano*, n.7, Luglio 2002, pp. 43-49
  - Corrado V. e Serraino M., *Applicazione della nuova normativa sull'efficienza energetica degli edifici*, Quaderno Rockwool Italia, 2006
  - Decreto Legislativo 19 Agosto 2005, N.192, *Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia*;
  - Ecofys, *Mitigation of CO<sub>2</sub> Emissions from Building*, febbraio 2004;
  - Wienke U., *Aria Calore Luce*, DEI, 2005;
  - Wienke U., *Edifici Passivi. Verso uno standard energetico europeo*, *L'installatore italiano*, N.9, settembre 2000, pp. 50-58.
  - Tavolo Energia & Ambiente (Provincia di Milano), *Certificazione Energetica degli Edifici – Procedura Operativa*, 24 gennaio 2006;
  - Zabot S., *Valutazione di standard per gli edifici ad alta qualità energetica*, *Eubios*, n. 12, anno VII, febbraio 2005, pp. 12-40;
  - Dall'Ò G., *Gli impianti nell'architettura*, Editore UTET, Torino, 2000;
  - *L'igrotermia*; Biblioteca Knauf, 1996.

### **Siti internet**

[www.rockwool.it](http://www.rockwool.it) - [www.rockwool.com](http://www.rockwool.com) - [www.cephus.de](http://www.cephus.de) - [www.eurima.org](http://www.eurima.org) - [www.euroace.org](http://www.euroace.org) - [www.digilander.libero.it/giabon](http://www.digilander.libero.it/giabon)



---

# Capitolo I. Ambiente, Sostenibilità, Edilizia.

## I Consumi e strategie energetiche multiscala. Ambiente e clima

### I.1 Consumi energetici mondiali

Nel 2004 i consumi mondiali d'energia primaria sono cresciuti del 3,7%. Le dinamiche, tuttavia, variano fra le regioni del Mondo e sembrano fortemente correlate all'espansione dell'attività economica. In particolare, la domanda energetica cinese mostra un'importante progressione, con una crescita del 12,5%. Nei principali Paesi industrializzati l'aumento dei consumi è stato più contenuto a causa della minore espansione dell'economia e dell'effetto dell'incremento dei prezzi energetici. Il 2004 è l'anno in cui i consumi energetici dei Paesi in via di sviluppo hanno superato quelli dei Paesi dell'OCSE.

Nel 2004 il petrolio ha coperto circa il 35,3% dei consumi complessivi d'energia primaria, il carbone il 24,6% e il gas naturale il 20,7%. Il restante 19,4% è costituito da energia elettrica primaria (9% circa, principalmente nucleare e idroelettrica), e da biomassa (10,4% circa). Negli ultimi mesi si è assistito ad una progressiva crescita dell'importanza relativa del carbone, a seguito soprattutto dello sviluppo del settore termoelettrico in Cina e in India.

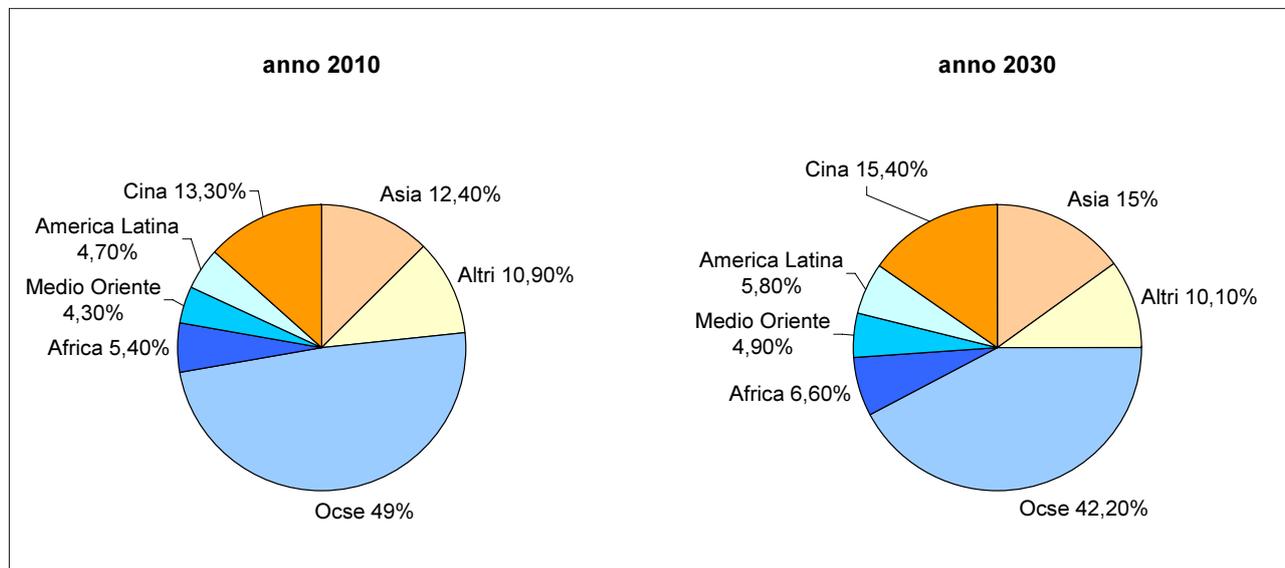
Sulla scena ambientale internazionale il 2004 è stato caratterizzato da un ciclo serrato di negoziazioni, in particolare dell'Unione Europea con la Russia, per permettere l'entrata in vigore del Protocollo di Kyoto, poi realizzatasi nel gennaio 2005.

In parallelo, a livello di UE, le negoziazioni fra i Paesi membri, l'industria e la Commissione hanno avuto come oggetto principale la presentazione e l'approvazione dei Piani Nazionali di Assegnazione (PNA) delle Emissioni di CO<sub>2</sub>, requisito necessario per l'applicazione

della direttiva sul commercio di emissioni (Emission Trading). Il mercato delle emissioni ha preso ufficialmente avvio nel gennaio del 2005 ma, in attesa dell'approvazione definitiva di tutti i piani di allocazione, il volume delle emissioni scambiate ed il loro prezzo sono rimasti molto modesti.

Ripartizione dei consumi mondiali:

lo sviluppo delle nuove economie emergenti traccia un nuovo quadro della ripartizione delle risorse energetiche; uno studio ne evidenzia il diverso mix previsto nel prossimo futuro.



## **1.2 Il quadro europeo: potenzialità del risparmio energetico e controllo del clima**

In Europa i consumi complessivi di energia per riscaldamento superano di poco il 40% del totale, con grande influenza sulle emissioni di CO<sub>2</sub>, responsabile del 50% dell'effetto serra.

Questo quadro vede i consumi dell'Europa al 15% del totale mondiale e l'Europa stessa al non invidiabile primato di essere il maggior importatore di energia.

Sulla base delle tendenze attuali, entro il 2030 l'UE dipenderà per il 90% dalle importazioni per coprire il suo fabbisogno di petrolio e per l'80 % per quello di gas naturale. Come indicato nella riunione ministeriale dell'Agenzia Internazionale dell'Energia (AIE) del 2 maggio 2005, l'efficienza energetica è uno degli strumenti fondamentali per far fronte a questa sfida.

Secondo numerosi studi l'UE potrebbe risparmiare almeno il 20 % rispetto al suo consumo attuale d'energia, per un importo pari a 60 miliardi di euro all'anno, equivalente al consumo energetico di Germania e Finlandia messe assieme.

L'Europa è all'avanguardia a livello mondiale nella predisposizione di adeguati servizi energetici; gli investimenti richiesti porterebbero quindi alla creazione di numerosi nuovi posti di lavoro di alta qualità in Europa. Sulla base di diversi studi si stima un incremento di occupazione, diretto e indiretto, di un milione di nuovi posti di lavoro.

Il risparmio energetico rappresenta senza dubbio il mezzo più rapido, efficace ed efficiente, in termini di costi, per ridurre le emissioni di gas a effetto serra e per migliorare la qualità dell'aria, in particolare nelle regioni densamente popolate.

## **1.3 Le azioni nazionali e il quadro italiano**

Sotto molti aspetti il livello nazionale sembra più adeguato per realizzare le misure volte all'efficienza energetica. L'azione delle autorità nazionali rafforza l'azione comunitaria che, da sola, non può risultare efficace nel lungo termine. A tal fine le autorità nazionali devono essere incoraggiate ad avvalersi dell'intera vasta gamma di misure a loro disposizione, attraverso le attività degli organismi di regolamentazione, un migliore controllo della catena dell'approvvigionamento dell'energia, lo sviluppo di un meccanismo di certificazione e l'ottimizzazione del traffico stradale. Giova sottolineare che in tutti gli Stati membri si possono riscontrare esempi eccellenti di buone pratiche che meriterebbero di essere generalizzate.

Nel nostro paese il quadro energetico è analogo a quello europeo e con cifre ancor più pesanti: un 68% del totale va al riscaldamento, un altro 12% al riscaldamento dell'acqua sanitaria e un restante 20% per elettrodomestici e cucina.

Con i suoi 26 milioni di appartamenti, l'Italia supera del 30-40% i tassi di consumo europei per riscaldamento; quanto alla climatizzazione estiva il nostro Paese registra un aumento annuo degli impianti di condizionamento dell'ordine delle 800-900 mila unità.

Da una recente indagine dell'ente europeo Eurima escono altri non invidiabili nostri primati: primi, su 20 Paesi, per emissioni di CO<sub>2</sub> e per consumo energetico imputabili all'edilizia (il 17,5 % del totale europeo), e invece al terzultimo posto (su 20) per qualità della coibenza termica dei fabbricati (con spessori medi dei pannelli isolanti dell'ordine dei 5 centimetri contro i 20-30 degli isolamenti di qualità).

## **I.4 Protocollo di Kyoto ed “Emission Trading”**

Il 16 febbraio del 2005 il protocollo è entrato finalmente in vigore. Quella di Montreal è stata l'undicesima riunione dei paesi sottoscrittori della Convenzione sul clima (Cop I I) e al suo interno si è svolta la prima sessione delle parti firmatarie del protocollo di Kyoto (Mop- I; dove I indica, appunto, prima seduta e Mop significa Meeting of Parties): un evento storico perché, come detto, ha avviato l'operatività del protocollo. La Mop, formata dai 156 Paesi che hanno ratificato il Protocollo (circa il 70% della popolazione mondiale) è l'organismo che deve attuare il Protocollo ed in particolare gestire tutte le azioni previste dallo stesso, verificare l'attuazione degli impegni, dirimere le dispute e comminare le sanzioni per gli inadempimenti. In questa prima riunione la Mop ha provveduto a costruire la propria struttura operativa, ad approvare i regolamenti abbozzati precedentemente dalle Cop e a definire gli aspetti legali, soprattutto per quanto riguarda verifiche, controlli e sanzioni. A questo proposito sono state indicate le penalità da applicare a chi non rispetterà gli impegni di riduzione.

Per ora è stata decisa la costituzione di un gruppo di lavoro delle parti firmatarie del protocollo, che dovrà individuare le future azioni da intraprendere, proponendo gli impegni per il secondo periodo (oltre il 2012) e riferire ad ogni conferenza annuale.

Non sono stati indicati valori, ma si sa che l'UE propone per i paesi industrializzati una riduzione delle emissioni molto consistente: 15-30%, entro il 2020 e 60-80%, entro il 2050.

In conclusione, il principale risultato del summit è stato quello di convincere tutti i Paesi a riavviare il confronto per delineare concordemente il possibile piano di azione per il “dopo Kyoto”.

## Emission Trading

Approvata il 13 ottobre 2003 dal Consiglio e Parlamento europeo, in vigore dal 1 gennaio 2005, prevede che nessun impianto che ricade nel campo di applicazione della stessa possa emettere gas serra, ossia possa continuare ad operare, in assenza di apposita autorizzazione. È un sistema di scambio di quote di emissioni dei gas a effetto serra per i paesi dell'Unione Europea.

Questo sistema consente a un Paese industrializzato di vendere ad un altro i diritti in eccesso che derivano da una riduzione delle proprie emissioni oltre la soglia sulla quale si è impegnato in base al protocollo di Kyoto.

## **1.5 La Direttiva europea EPBD<sup>(\*)</sup> sull'efficienza energetica in edilizia.**

### **Misure specifiche di politica energetica**

L'applicazione della Direttiva sul rendimento energetico nell'edilizia (2002/91/CE), a partire dal 2006, comporterà un risparmio stimato in circa 40 Mtep (milioni di tonnellate equivalenti di petrolio) entro il 2020.

Spetta alla Commissione vigilare sull'applicazione rigorosa della direttiva e fornire agli Stati membri gli strumenti necessari allo sviluppo di una metodologia integrata di calcolo della prestazione energetica degli edifici. Quasi 30 norme europee (CEN) sono state elaborate. Gli Stati membri hanno già confermato che intendono dare applicazione a dette norme su base volontaria. Qualora si constatasse che la conformità volontaria alle norme non si realizzi o non potesse essere comprovata, tali norme dovranno essere rese vincolanti in una versione modificata della direttiva sull'edilizia.

L'articolo 7 della citata Direttiva dispone che sia emesso, trasferito, esibito un attestato di certificazione energetica rispettivamente nella fase di costruzione, compravendita o locazione di un edificio di metratura superiore a 50 m<sup>2</sup>. L'attestato è corredato di raccomandazioni per il miglioramento del rendimento energetico in termini di costi-benefici. Spetta agli Stati membri agevolare i finanziamenti necessari per dare attuazione a tali raccomandazioni.

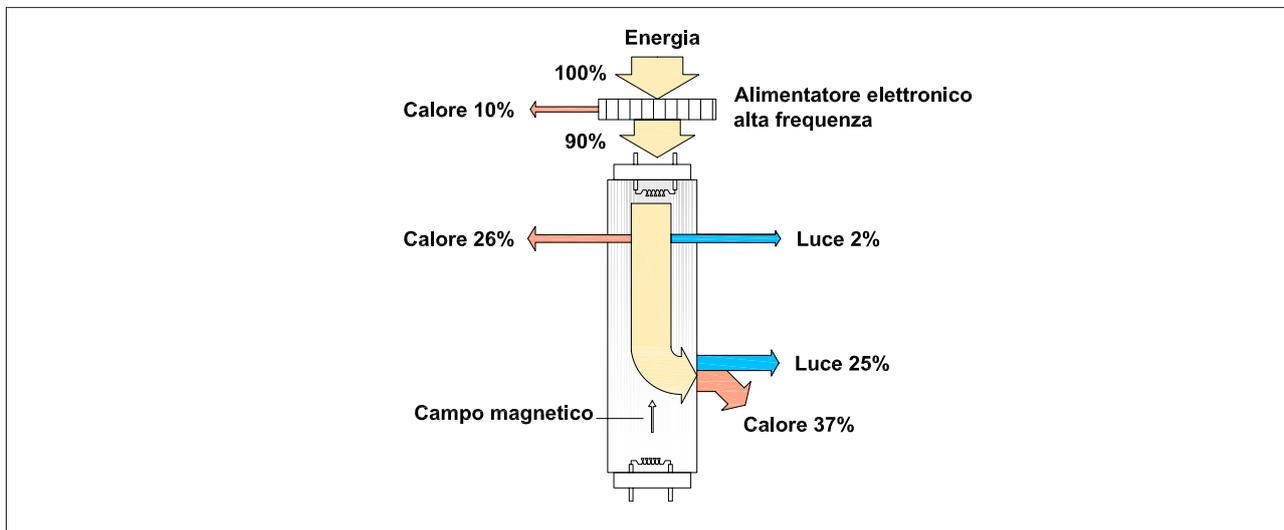
Un'importante opzione della direttiva stessa consiste nel proporre un'estensione del suo ambito di applicazione per migliorare il rendimento energetico di un edificio in occasione dei lavori di ristrutturazione. La direttiva attuale si applica soltanto agli edifici di oltre 1000 m<sup>2</sup>.

---

(\*) Direttiva sulle Performance Energetiche degli Edifici

Uno studio dell'agenzia Ecofys mostra che il potenziale tecnico sarebbe molto elevato se la Direttiva fosse applicata a tutte le ristrutturazioni di edifici. In termini economici, la maggiore opportunità consiste nel combinare le misure tendenti a migliorare l'efficienza energetica con gli interventi di ristrutturazione.

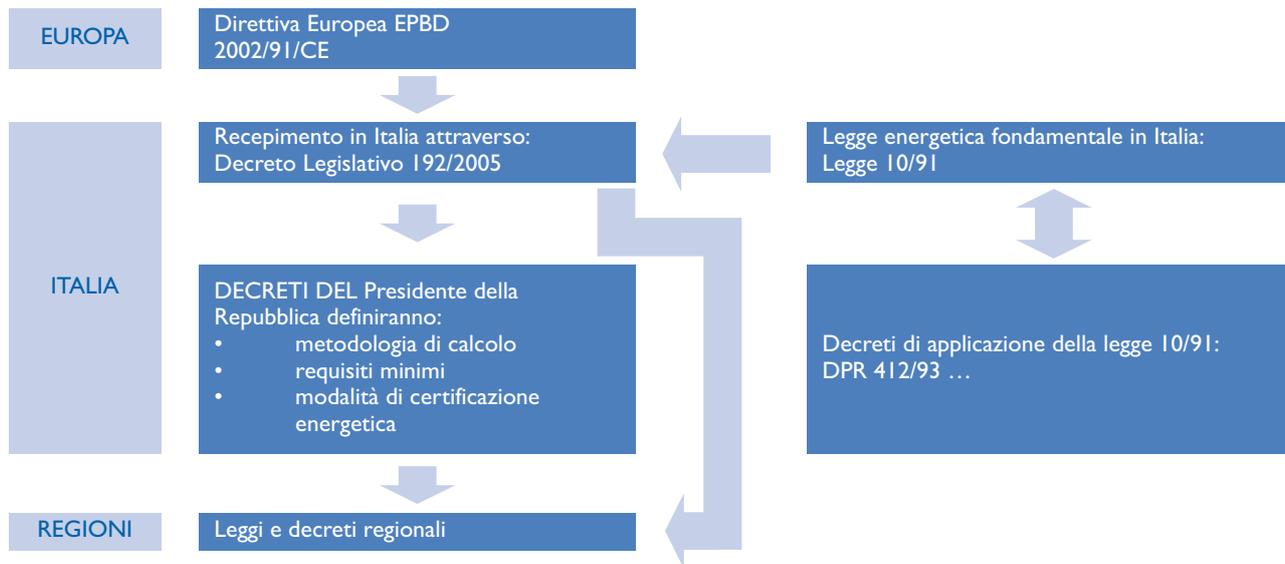
Sul fronte degli impianti un cenno - a titolo indicativo - all'illuminazione: assorbe circa un terzo dell'energia consumata negli edifici; il potenziale risparmio è spesso superiore al 50 %, come dimostrato da molti progetti intrapresi nell'ambito del programma «European Green Light». Per realizzare questo potenziale risparmio, l'Europa dovrebbe promuoverne l'utilizzo e lo sviluppo di un'illuminazione moderna e intelligente.



L'efficienza delle lampade a fluorescenza è aumentata almeno del 35%. Gli alimentatori elettronici riducono la dissipazione di calore sia nel reattore sia nel filamento.

## 1.6 Il recepimento dell'EPBD in Italia:

Uno sguardo al quadro normativo:



Il Dlgs. 192/2005 (al momento in revisione) è un aggiornamento della L. 10/91 alla luce dell'EPBD Europeo.

Non è più richiesta la verifica sul Cd e sul FEN, cade inoltre l'obbligatorietà del riferimento agli standard UNI. Le Regioni potranno recepire direttamente il Dlgs. 192 o modificare parti del decreto.

Il nuovo indicatore di prestazione energetica è il fabbisogno annuo di energia primaria per il riscaldamento invernale, normalizzato rispetto alla superficie calpestabile (FEP<sub>i</sub>).

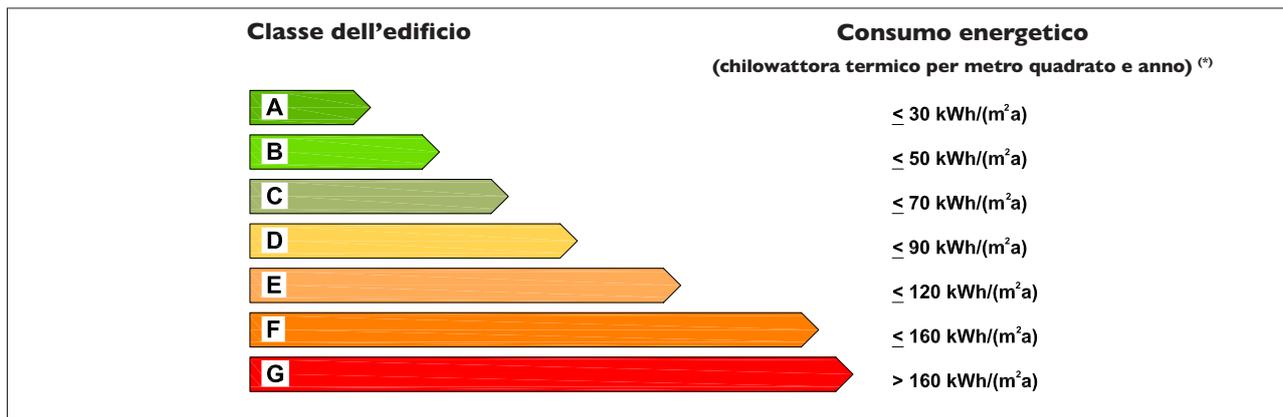
Molto utile, in un libro interamente dedicato alla 'casa passiva', questa breve digressione alla vigente normativa italiana (D.Lgs. 192/05). Il lettore potrà facilmente cogliere la "distanza" tra questi nostri standard e quelli - ben più severi e ambiziosi - dell'edilizia ad elevate prestazioni energetiche.

Gradi giorno	FEP <sub>i</sub> - Dlgs 192-2005							
	S/V 0.2	S/V 0.3	S/V 0.4	S/V 0.5	S/V 0.6	S/V 0.7	S/V 0.8	S/V 0.9
<600	10	15	20	25	30	35	40	45
600	10	15	20	25	30	35	40	45
700	11	17	22	28	33	39	44	50
800	13	19	25	31	36	43	48	55
900	15	21	27	34	40	47	53	60
1000	17	23	30	37	43	51	57	65
1100	19	25	33	40	47	55	62	70
1200	21	28	36	43	51	59	66	75
1300	23	30	39	47	55	63	71	80
1400	25	33	42	50	59	67	76	85
1500	27	35	44	53	62	70	79	88
1600	29	37	47	56	65	74	81	92
1700	32	40	49	59	68	77	85	95
1800	34	42	52	61	71	81	89	99
1900	36	45	54	64	74	84	93	102
2000	38	47	57	67	77	87	97	106
2100	40	50	60	70	80	90	100	110
2200	41	51	61	72	82	93	103	113
2300	43	53	64	74	84	95	106	116
2400	44	55	66	77	88	99	110	120
2500	46	57	68	79	91	102	113	124
2600	47	58	70	81	93	104	116	128
2700	49	60	72	84	96	108	120	132
2800	51	63	75	87	99	111	123	136
2900	53	65	77	90	102	115	127	140
3000	55	67	80	93	106	119	131	145
>3000	55	67	80	93	106	119	131	145

La tabella fornisce i valori limite del FEP<sub>i</sub> in funzione della zona climatica (e relativi gradi giorno GG) e del fattore S/V rapporto tra la superficie che racchiude la costruzione e il volume (climatizzato) della stessa.

L'altra importante innovazione che deriva dal recepimento dell'EPBD è l'avvio della **certificazione in edilizia**.

In Italia il primo comune ad aver avviato l'obbligo della certificazione è stato quello di Bolzano (marchio CasaClima), sull'esempio della classificazione degli elettrodomestici:



La certificazione è rilasciata dall'Ufficio Aria e Rumore dell'agenzia per l'ambiente di Bolzano. Assieme alla certificazione viene rilasciata una targa da esporre con indicata la classe di consumo: A-consumi convenzionali inferiori a 30 kWh/m<sup>2</sup> anno, B-inferiore a 50 kWh/m<sup>2</sup> anno ecc.... La classe viene determinata con un metodo di calcolo standard di facile utilizzo.

Per il rilascio del certificato d'abitabilità il fabbisogno energetico annuo degli edifici deve rientrare nelle prime 3 classi (≤ 70 kWh/m<sup>2</sup>a). Lo scopo della certificazione CasaClima è, tra le altre cose, quello di facilitare l'utente nel decidere l'acquisto o l'affitto di un'abitazione mediante la trasparenza dei costi energetici d'esercizio.

(\*) Quantità di energia termica consumata riferita all'unità di superficie utile e all'intervallo temporale di osservazione.

## 2 Il concetto di casa passiva nei climi freddi e moderati

### 2.1 Introduzione

L'energia cui ci stiamo qui riferendo è principalmente quella consumata per il riscaldamento invernale.

Si possono distinguere varie classi di prestazione energetica. Adottando come indicatore il consumo energetico annuale al metro quadrato di superficie abitabile riscaldata ( $\text{kWh}/\text{m}^2\text{a}$ ):

- edifici convenzionali che non risultano adeguati alle normative sul risparmio energetico;
- edifici convenzionali che corrispondono a tali normative;
- edifici a basso consumo energetico;
- edifici passivi;
- edifici a consumo energetico zero.

La tabella riportata nell'approfondimento della pagina che segue descrive tre diverse fasce di prestazione energetica in edilizia. Successivamente è data la classificazione energetica proposta dal progetto di standard europeo prEN15217.

I cosiddetti edifici passivi sono caratterizzati da perdite di calore così basse che il calore fornito dagli apporti solari (attraverso finestre e vetrate esposte a sud) e quello prodotto e recuperato da sorgenti interne (persone, apparecchiature, macchinari, illuminazione artificiale) può coprire quasi tutta l'energia necessaria per il riscaldamento invernale; il fabbisogno energetico residuo da coprire è inferiore ai  $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ .

Questo standard energetico permette di rinunciare a un convenzionale impianto di riscaldamento e di coprire il fabbisogno residuo, per esempio, con una pompa di calore. Torneremo più avanti sull'argomento.

**Consumi energetici:**

<b>Edificio convenzionale</b>			
Italiano (dati ENEA) 200 m <sup>2</sup> di superficie abitabile			
Consumo energetico per riscaldamento		175 kWh/m <sup>2</sup> a	68%
Consumo energetico per produzione di acqua calda		25 kWh/m <sup>2</sup> a	12%
Consumo energetico per illuminazione e cucina		20 kWh/m <sup>2</sup> a	20%
<b>Consumo energetico complessivo</b>		<b>220 kWh/m<sup>2</sup>a</b>	<b>100%</b>
<b>Edificio Low Energy</b>			
con 185 m <sup>2</sup> di superficie abitabile			
Consumo energetico per riscaldamento		59 kWh/m <sup>2</sup> a	69%
Consumo energetico per produzione di acqua calda		11 kWh/m <sup>2</sup> a	12%
Consumo energetico per illuminazione		16 kWh/m <sup>2</sup> a	19%
<b>Consumo energetico complessivo</b>		<b>86 kWh/m<sup>2</sup>a</b>	<b>100%</b>
<b>Edificio Passivo</b>			
con 185 m <sup>2</sup> di superficie abitabile			
Consumo energetico per riscaldamento e ventilazione		15 kWh/m <sup>2</sup> a	36%
Consumo energetico per produzione di acqua calda		11 kWh/m <sup>2</sup> a	26%
Consumo energetico per illuminazione		16 kWh/m <sup>2</sup> a	38%
<b>Consumo energetico complessivo</b>		<b>42 kWh/m<sup>2</sup>a</b>	<b>100%</b>

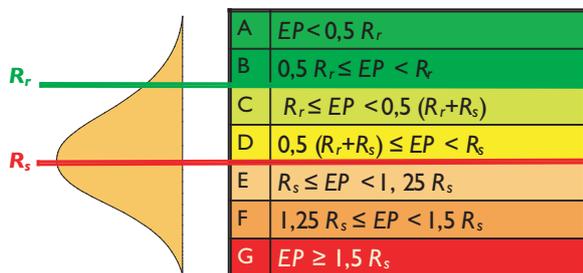
Il progetto di norma europea prEN 15217 – “Energy performance of buildings – Methods for expressing energy performance and for energy certification of buildings” propone criteri generali per la classificazione energetica degli edifici (si veda anche Corrado-Serraino in Bibliografia).

Tale norma suggerisce l'utilizzo di tre riferimenti, i cui valori sono differenziabili in base al clima ed alla destinazione d'uso:

- $R_r$  è il riferimento della legislazione energetica, corrispondente al valore richiesto dei nuovi edifici secondo la legislazione in vigore nel 2006;
- $R_s$  è il riferimento del parco edilizio, corrispondente al valore che dovrebbe essere raggiunto approssimativamente;
- $R_0$  è il riferimento a zero energia, corrispondente all'edificio che produce tutta l'energia che utilizza.

La norma propone di collocare il riferimento  $R_r$  al confine tra le classi B e C, il riferimento  $R_s$  al confine tra le classi D ed E, il riferimento  $R_0$  al valore più alto della classe A.

Ecco lo schema di certificato energetico proposto dalla norma europea, basato su una scala a sette classi, dalla A (edifici migliori) alla G (edifici peggiori).



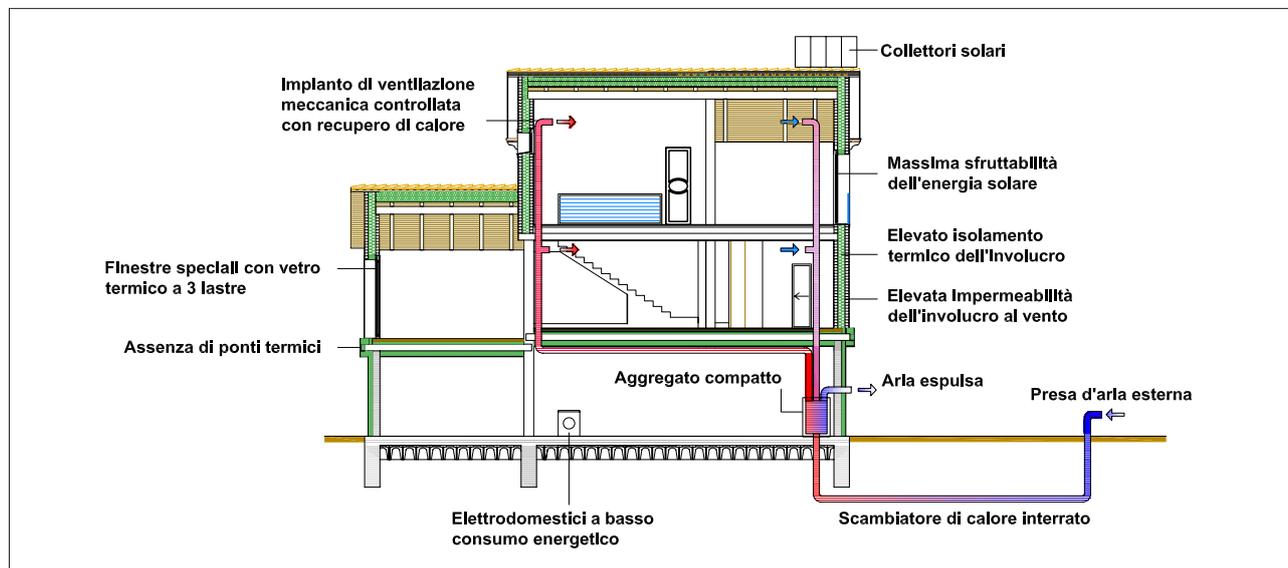
Certificato energetico

Prestazione energetica dell'edificio		Come costruito	
Spazio per fare riferimento allo schema di certificazione usato		Valuta z. standard	
Molto energeticamente efficiente		<div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center;"> </div>	
Non energeticamente efficiente			
Nome dell'indicatore usato			calcolato
unità			130
Spazio per inserire informazioni aggiuntive sugli usi energetici dell'edificio			
<b>Informazioni amministrative</b> - indirizzo dell'edificio - area climatizzata - data di validità - nome e firma del certificatore			

## 2.2 Canoni di progetto di una casa passiva

Il termine passivo sottolinea il concetto che nella “Casa Passiva”:

- è ridotto al minimo l'intervento di impianti “attivi”, cioè azionati da energia (sono assenti del tutto le caldaie tradizionali e split di condizionamento estivo);
- è invece massimo lo sfruttamento dell'insolazione e delle fonti gratuite interne di calore (da lampade a bassissimo consumo, da elettrodomestici ad alta efficienza, dallo stesso corpo umano degli abitanti);
- è massimo il recupero di calore dall'aria esasta in uscita con scambiatori ad elevato rendimento.



Più in dettaglio:

- Progetto integrato edificio/impianti;
- Rapporto ottimale superficie/volume;
- Massimo sfruttamento dei guadagni gratuiti (solari ed apporti interni);
- Ventilazione meccanica con recupero di calore dall'aria esausta in uscita;
- Eccellenza della qualità dell'involucro opaco/trasparente;
- Energia da integrare: su rete di distribuzione in bassa temperatura (35-45 °C), utilizzando generatori di ultima tecnologia;
- Illuminazione ed elettrodomestici ad alta efficienza;

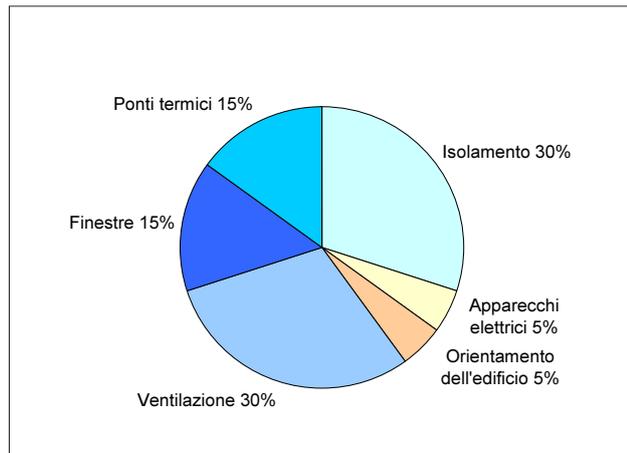
**Lo standard di “casa passiva” per l'Europa Centrale e l'Italia Settentrionale può essere così riassunto:**

Fabbisogno termico per il <b>riscaldamento:</b>	$\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
Energia primaria (*)	$Q_p < 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
Assenza di ponti termici ( $\Psi$ = trasmittanza di ponte termico lineare)	$\Psi \leq 0,01 \text{ W}/(\text{mK})$
Trasmittanza termica della facciata	
a) Elementi opachi	$U < 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
b) Vetrate	$U_w \leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Recupero di calore (media annuale)	$> 80\%$
Impermeabilità al vento, n° di ricambi d'aria per un gradiente pressorio di 50 Pa tra interno ed esterno:	$0,2 < n_{50} < 0,6/\text{h}$
Rendimento del sistema di recupero del calore	$\eta_{rc} \leq 75\%$
Flusso d'aria	orientato
Afflusso/deflusso d'aria	equilibrato $< (\pm 5) \%$
Ricambi d'aria (prEN13779: categ. Aria =2)	$30-40 \text{ m}^3/\text{h}/\text{persona}$

(\*) Quando dal consumo per puro riscaldamento si passa all'**energia primaria  $Q_p$** , complessiva (ovvero al complesso degli usi finali) la soglia superiore in kWh/m<sup>2</sup>anno sale notevolmente: nella presente tabella diamo - a puro titolo di esempio - il valore richiesto per il certificato europeo “Quality Approved Passive House”, ma valori diversi e anche sensibilmente inferiori sono possibili e presenti in letteratura.

## 2.3 Influenza dei vari fattori dell'involucro sulle performance globali della casa passiva

Il grafico mostra in quale misura i vari parametri in gioco influenzano le performance energetiche di un edificio. Come si vede un ruolo fondamentale è svolto dall'isolamento termico dell'involucro e dall'impermeabilità all'aria.



La qualità della coibentazione dell'involucro e della sua impermeabilità al vento devono dunque essere portate a livelli di eccellenza; ed eccellente deve essere anche la qualità dei serramenti vetrati e la prevenzione dai ponti termici. Quando poi il bilancio tra energia in ingresso alla casa ed energia persa richiede, in qualche misura, un reintegro, a ciò può provvedere una innovativa impiantistica a bassi consumi con rete a bassa temperatura (35-40 °C, contro i 60-70 °C dei radiatori nelle nostre case tradizionali). Ciò rende conveniente l'impiego di caldaie a condensazione (alti rendimenti) o di "pompe di calore" (reversibili, caldo/freddo) che possono vantaggiosamente venir alimentate con aria termicamente pre-trattata (pre-riscaldata in inverno, pre-raffreddata in estate) mediante il preventivo passaggio in tubazioni sotterranee ("scambiatori interrati").

La climatizzazione invernale ed estiva può avvenire anche mediante un impianto di ventilazione controllata (in presenza della già

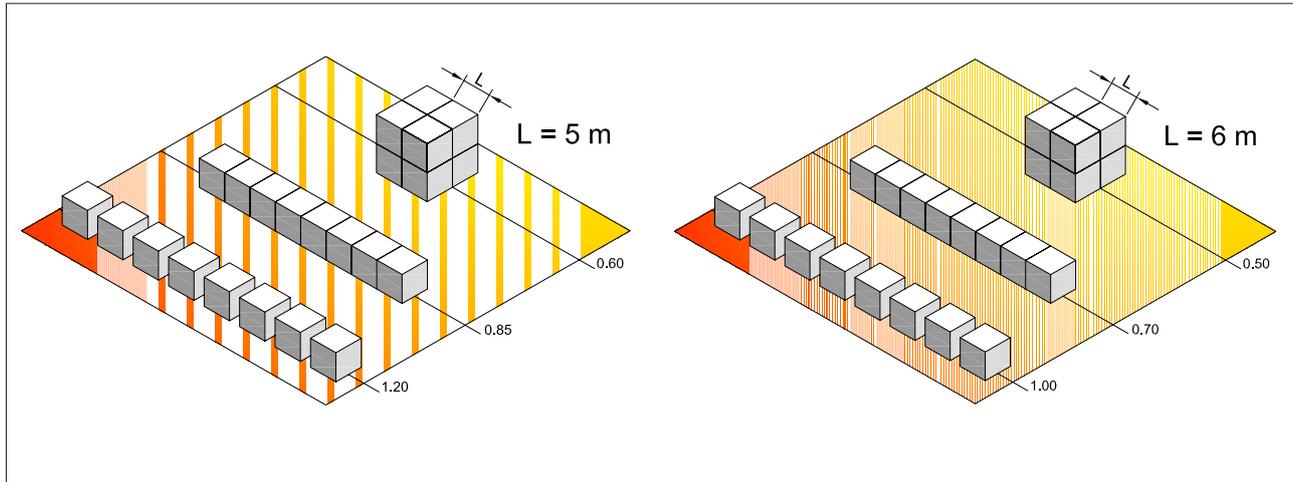
citata impermeabilità dell'involucro), alimentato da una pompa di calore reversibile che si integra con unità ventilatori e con heat exchanger ad alto rendimento nel cosiddetto "aggregato compatto" (se ne parla nel successivo Par. 2.7 e diffusamente nel Cap. 3). Nel caso di impianto di riscaldamento in bassa temperatura diventa anche possibile l'abbinamento ad un impianto ausiliario a pannelli solari per la produzione di acqua calda sanitaria (possibile anche un'integrazione del riscaldamento).

Esaminiamo dapprima, brevemente, i vari parametri del progetto architettonico ed edile.

## 2.4 La forma

Comprensibilmente la forma dell'edificio influisce in maniera significativa sulle perdite termiche. Lo scambio termico tra interno ed esterno di un edificio avviene infatti attraverso la superficie dell'involucro: quanto più elevata è la superficie ( $S$ ) che racchiude il volume ( $V$ ) riscaldato, tanto più elevato è lo scambio termico. Per essere energeticamente efficiente un edificio deve avere: un basso indice  $S/V$ , rapporto tra superficie dell'involucro e volume climatizzato.

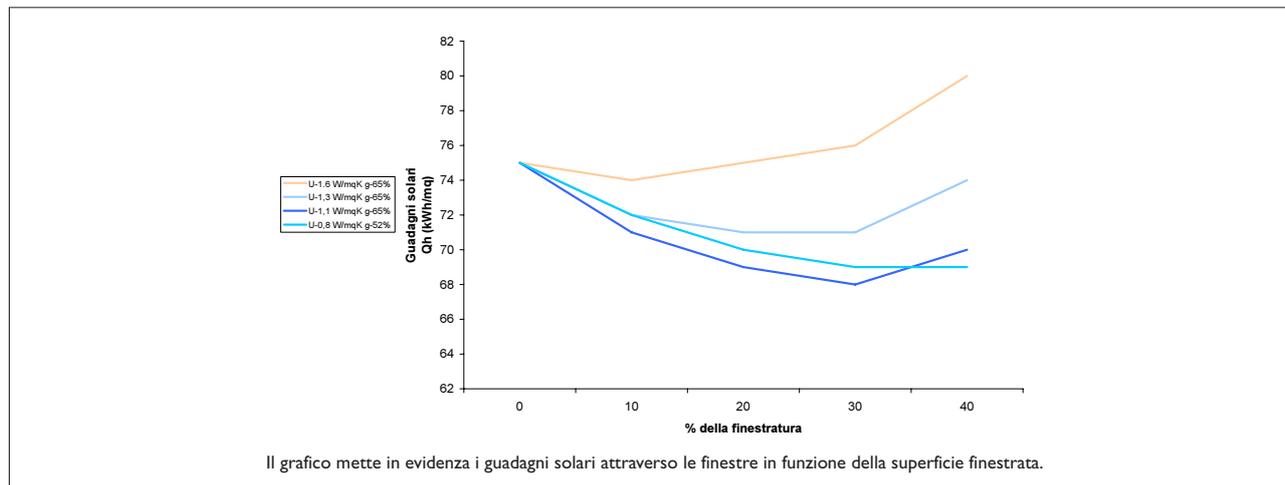
Per avere una forma compatta, non si deve necessariamente rinunciare a sporgenze o rientranze; balconi, terrazzi, verande si possono costruire, purché all'esterno dell'involucro termico. All'aumentare della taglia diminuisce il rapporto di forma (di torna sull'argomento nel capitolo 2):



## 2.5 L'orientamento dell'edificio e i serramenti vetrati.

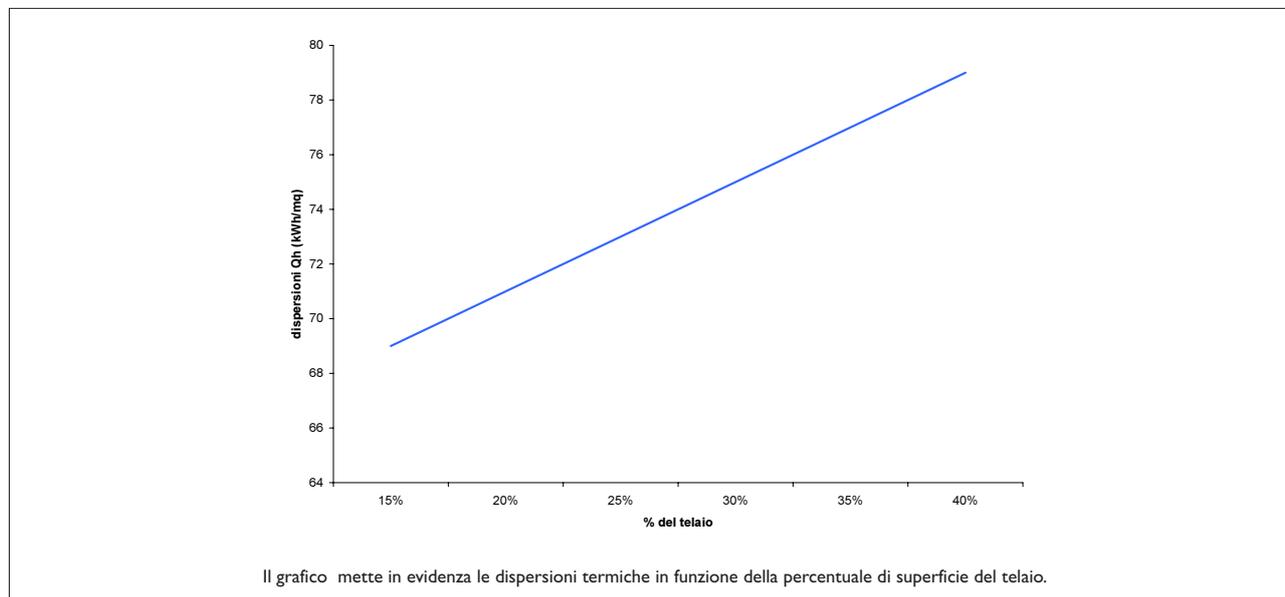
L'orientamento verso sud è il migliore per due motivi: il lato sud riceve il massimo della radiazione in inverno (quando è più richiesta), in estate, quando invece si vogliono evitare surriscaldamenti il sole a sud è alto sull'orizzonte e l'edificio riceve meno radiazione.

La superficie ottimale delle vetrate sul lato sud è dell'ordine del 40% della superficie complessiva della facciata (alle nostre latitudini è sufficiente il 30%). Un aumento della superficie vetrata oltre il 50% della superficie complessiva della facciata sud non fa aumentare in modo significativo i guadagni solari in inverno e quindi influisce solo in misura trascurabile sul fabbisogno termico; per contro in estate si avvertirà un surriscaldamento temporaneo dei locali che riduce sensibilmente il benessere termico. Una riduzione della superficie vetrata al di sotto dell'optimum riduce il pericolo di surriscaldamento in estate, ma riduce anche l'illuminazione naturale e aumenta quindi i consumi energetici dell'illuminazione artificiale (si veda anche Wienke in bibliografia).



Anche le finestre orientate verso ovest richiedono una particolare attenzione. Non migliorano molto il bilancio energetico invernale, e in estate contribuiscono notevolmente al surriscaldamento, anche più di quelle orientate verso sud: devono quindi essere dotate di efficaci sistemi di ombreggiatura.

I telai delle finestre sono i componenti a maggiore dispersione dell'intero involucro. E' importante che la percentuale di telaio sia ridotta al minimo. I normali telai sono inadatti per gli edifici passivi nei quali si utilizzano invece telai specifici ad alte prestazioni termiche.



## 2.6 L'involucro

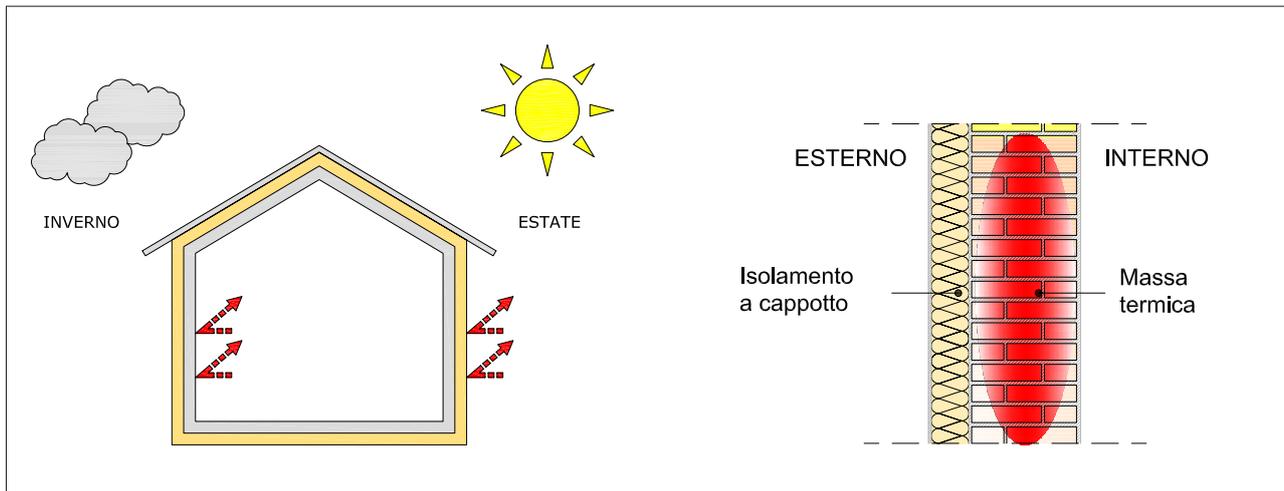
L'involucro di un edificio passivo dell'Europa centrale deve soddisfare la condizione di trasmittanza  $U < 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Per ottenere questo valore occorre:

- uno strato termoisolante dello spessore dell'ordine di 25 cm sui muri perimetrali;
- uno strato termoisolante nell'ordine di 40 cm sui tetti;
- finestre con caratteristica di trasmittanza termica  $U < 0,8$ ;
- assenza di ponti termici;
- finestre montate all'estradosso della parete, in modo che l'isolamento termico copra almeno una fascia di 5 cm. del telaio;

Il relativo incremento di costo dello spessore della coibenza termica è compensato dai risparmi energetici in fase di esercizio dell'edificio e dai minori costi per l'impianto di riscaldamento. Quindi:

- tutti gli elementi solidi, pilastri e architravi in cemento armato, pareti di tamponamento, ecc. devono trovarsi all'interno dell'involucro termico;
- ai collegamenti tra elementi costruttivi deve essere prestata particolare attenzione;
- finestre e porte esterne devono essere inserite usando speciali accorgimenti costruttivi;
- balconi, terrazze e gronde non devono avere contatto con le strutture che si trovano all'interno dell'involucro termico; non sono "vietati", ma devono essere elementi strutturali a se stanti.



Gli edifici passivi dell'Europa Centrale sono caratterizzati dall'aver spessi strati di isolante che consentono non solo di ridurre il consumo energetico invernale ma anche quello estivo.

Lo strato termoisolante, nel periodo estivo, impedisce il surriscaldamento delle strutture dell'edificio e di conseguenza dell'ambiente interno. Un eventuale surriscaldamento può verificarsi a causa dell'irraggiamento solare che entra attraverso le finestre, problema evitabile utilizzando validi sistemi ombreggianti.

Un isolamento a cappotto è una buona soluzione per ridurre i consumi energetici invernali.

La massa pesante, rivolta verso l'ambiente interno dell'edificio, è in grado di accumulare calore durante la giornata (quando il riscaldamento è acceso) e di cederlo nuovamente all'ambiente interno durante la notte, quando il riscaldamento è attenuato. Un isolamento a cappotto permette, inoltre, una forte riduzione dei ponti termici.

## 2.7 La ventilazione forzata

In un edificio passivo viene a crearsi conflitto tra buona ventilazione e risparmio energetico: più ventilazione significa meno risparmio energetico. Si pone quindi il problema della definizione del ricambio d'aria ottimale.

Generalmente si ritiene necessario un ricambio d'aria, in volume, compreso tra 0,4 e 0,8/h, ma alcuni autori ritengono sufficiente, per un edificio passivo, un tasso di ricambio dello 0,25 – 0,37/h.

In base ad alcune esperienze fatte, le perdite di calore, in caso di ventilazione regolata con un ricambio d'aria di circa 0,5/h, si aggirano attorno ai 3000 kWh/a e scendono a circa 1800 kWh/a quando il tasso di ricambio viene ridotto a soli 0,3/h. Bisogna però considerare non solo il risparmio energetico, ma anche la qualità abitativa che dipende in gran parte dalla qualità dell'aria.

Un'appropriata ventilazione, meccanica o naturale, consente, miscelando l'aria interna all'ambiente e realizzandone un'indispensabile ridistribuzione, di rimuovere o diluire i contaminanti e di ottenerne la qualità desiderata. Negli ambienti residenziali il valore del ricambio d'aria è limitato in basso dalla necessità di smaltire, in condizioni normali, gli odori corporali, gli inquinanti endogeni di origine umana e l'umidità: tuttavia tale valore può risultare inadeguato in situazioni particolari, ad esempio nel caso di rilascio di radon dal terreno, di uso di apparecchi di combustione, in presenza di molti fumatori, ecc...

La funzione di scambiatore di calore, unità ventilatore, serbatoio di accumulo, sono nello schema che segue raggruppati in una struttura unitaria: l'"aggregato compatto", vero cuore della casa a basso consumo energetico. (Si torna sull'argomento nel Capitolo 3).

Il sistema è completato da:

- una pompa di calore reversibile a bassa potenza che prevede al reintegro del fabbisogno energetico; nel caso di pompa aria-aria, aria-acqua, possibilità di pre-riscaldamento (invernale) o pre-raffreddamento (estivo), mediante uno scambiatore interrato;
- un collettore solare ausiliario.

Lo schema funzionale della figura alla pagina successiva è rappresentativo — a grandi linee — dell'impianto termico della casa passiva di Cherasco, ampiamente descritta nei Capitoli 2 e 3.

