

# Aspetti termici degli edifici

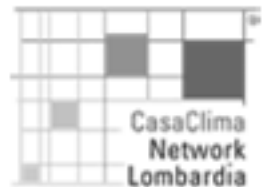
## Soluzioni e strategie verso gli edifici a zero energia

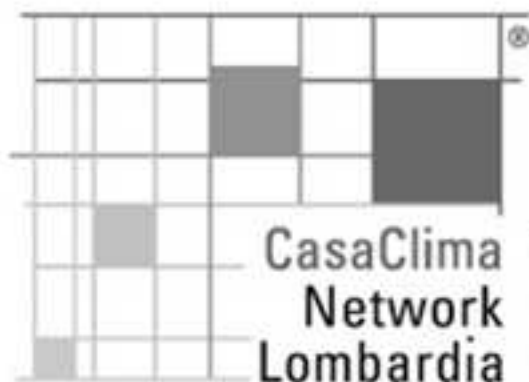
**Arch. Giuseppe Cabini**

Normative che spingono verso la realizzazione di edifici NZEB

Strategie per la progettazione e la realizzazione di edifici NZEB

L'ermeticità degli edifici perché serve, come ottenerla e come verificarla





**CasaClima  
Network  
Lombardia**



Bienvenuti - Agenda CasaClima - Chi siamo - Rivista  
+ CasaClima è riconosciuta per la Formazione Professionale Continua

## CasaClima è riconosciuta per la Formazione Professionale Continua!

CasaClima è riconosciuta dal Consiglio Nazionale degli Architetti, Pianificatori, Paesaggisti e Conservatori per la formazione professionale continua. Ecco l'elenco dei corsi attualmente riconosciuti:

OFFERTA FORMATIVA CASACLIMA		Ore	C.P.F. AN.
1	Corso Base CasaClima per progettisti	16	15
2	Corso Avanzato CasaClima per progettisti	40	15
3	Corso Consulente energetico CasaClima	120	15
4	Corso Consulente / Auditore per la sostenibilità	40	15
5	Corso Certificatore Energetico (DPR 15/4/2013 n. 75) Attestato di Prestazione Energetica Auditor CasaClima	64	15
6	Corso di aggiornamento per Certificatori Energetici - Redazione APE (Attestato di Prestazione Energetica - D.L. 6/6/2013 n. 63)	24	15

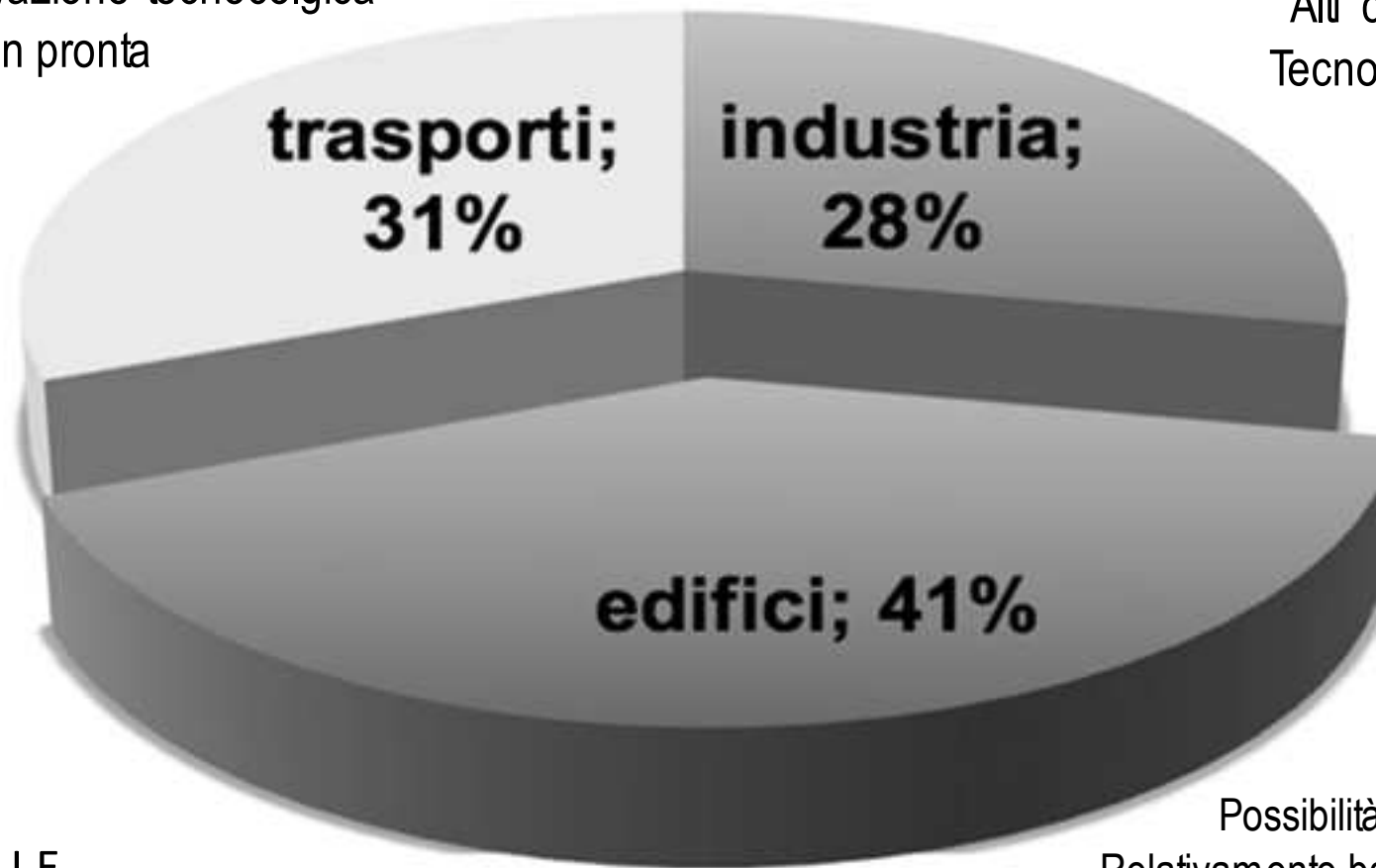


7	Corso di progettazione edifici NZEB Nearly Zero Energy Buildings D.L. 6/6/2013 n. 63 Attuazione della Direttiva 2010/31/UE	40	15
8	Corso Risanamento energetico degli edifici esistenti	40	15
9	Corso Software ProCasaClima	8	8
10	Corso Qualità CasaClima nella posa del serramento 1° livello	24	15
11	Corso Qualità CasaClima nella posa del serramento 2° livello	16	15
12	Corso Qualità CasaClima nella posa del cappotto	20	15
13	Corso costruire in legno	16	15
14	Corso impianti per edifici efficienti Produzione, distribuzione e regolazione di energia in edifici a basso consumo energetico	16	15
15	Corso ponti termici - valutazione e calcolo	16	15
16	Corso avanzato ponti termici	16	15
17	Corso verifica termoisolante in regime dinamico Dal modello statico alla valutazione in regime dinamico	12	12
18	Corso appunti di cantiere - soluzioni applicative per la corretta esecuzione dei nodi costruttivi	8	8
19	Corso luce naturale	8	8
20	Corso di acustica	8	8
21	Corso coperture a verde	8	8
22	Corso di termografia	8	8

# Consumo energia UE

Poca possibilità risparmio  
Alti costi innovazione tecnologica  
Tecnologia non pronta

Possibilità risparmio limitato  
Alti costi investimento  
Tecnologia complessa



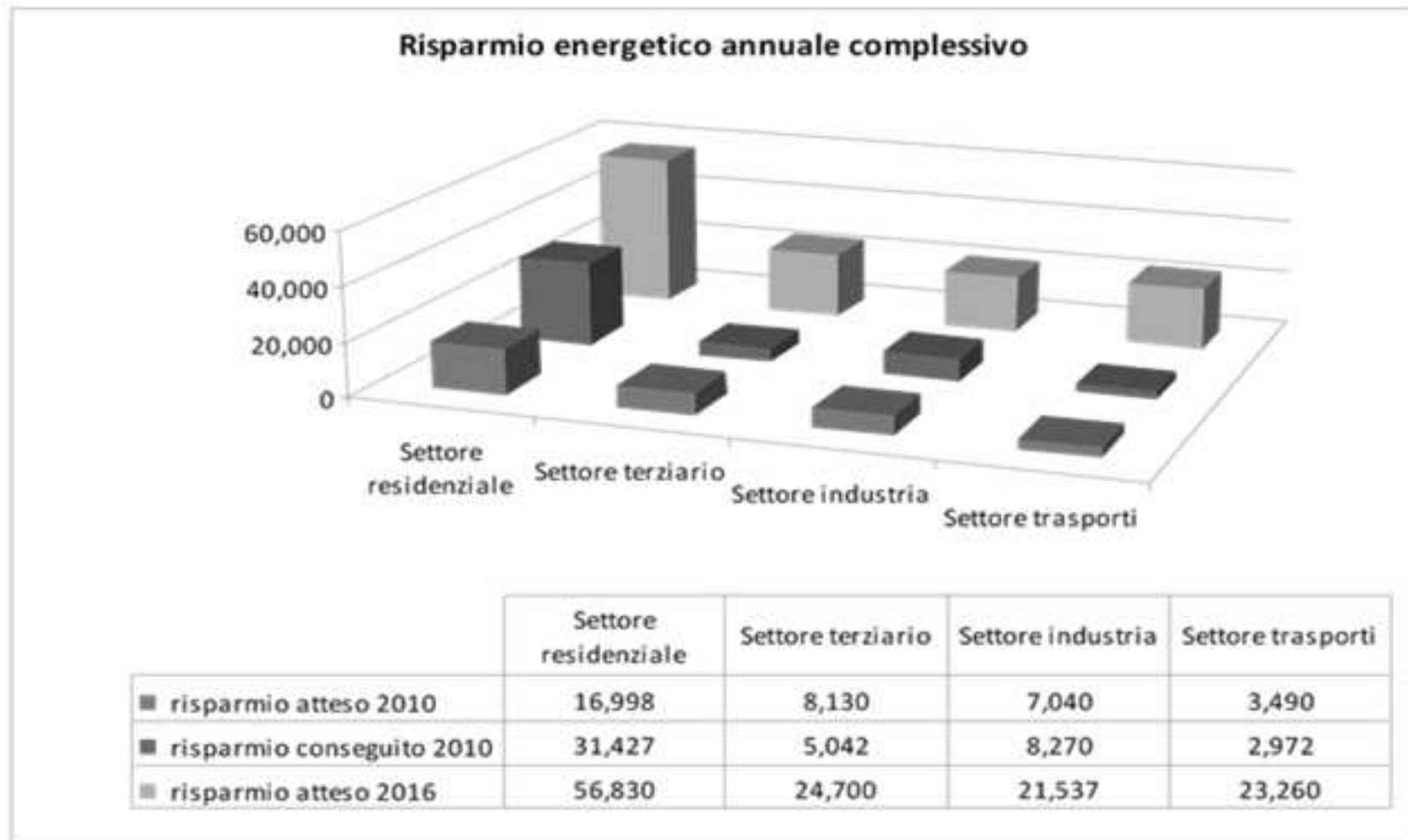
Fonte dati U.E.

Possibilità risparmio fino al 95%  
Relativamente bassi costi investimento  
Tecnologia semplice e disponibile

# Consumo energia UE

Dati piano azione nazionale per l'energia 2011

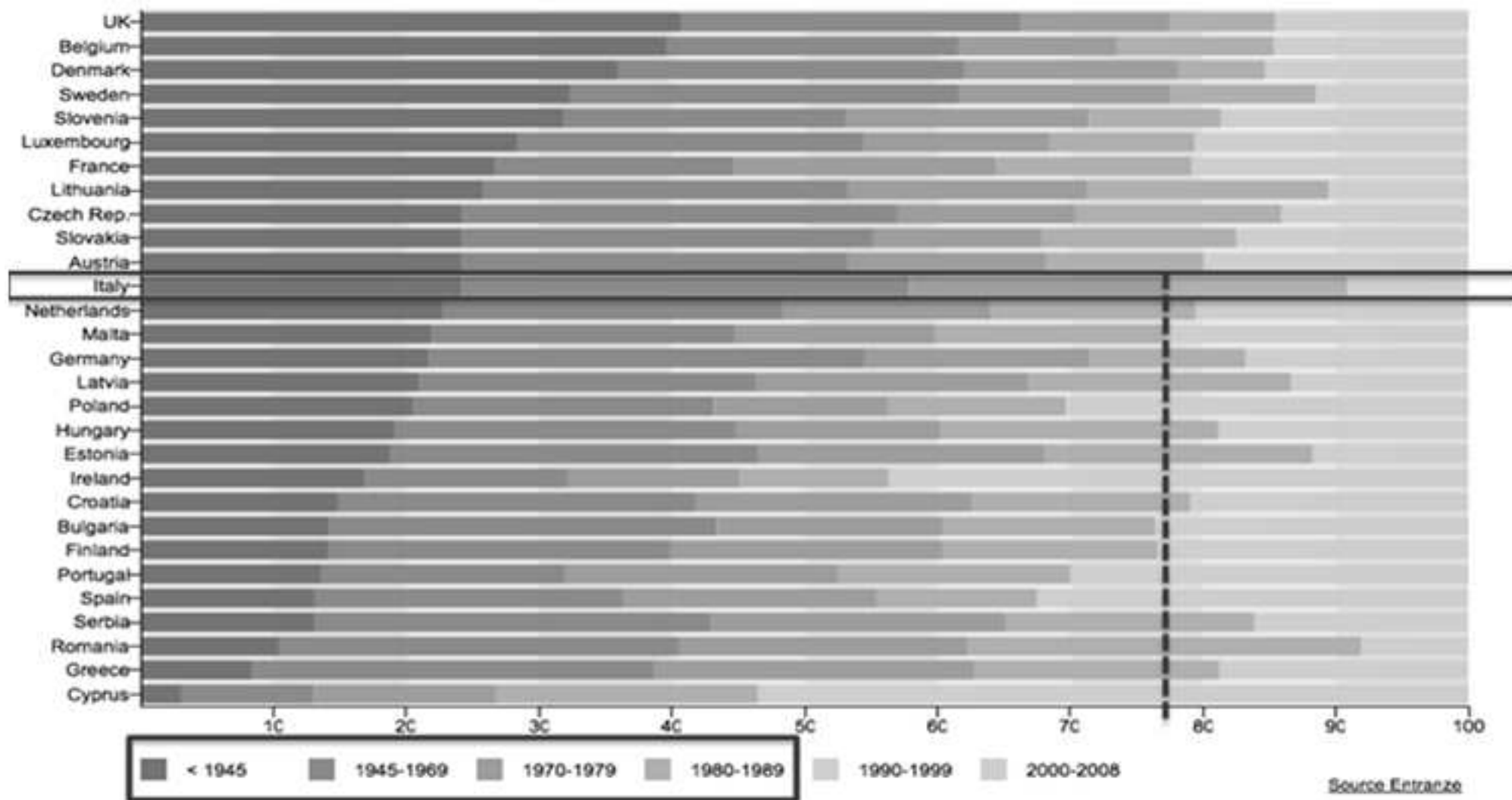
PAE  2011



# Età degli edifici nella UE

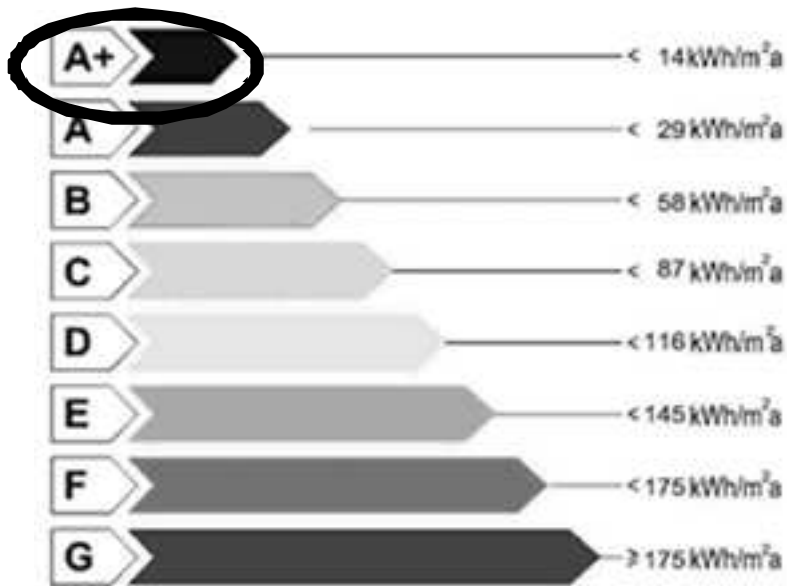


# Età degli edifici nella UE



# Direttive UE per il risparmio energetico

## RISPARMIO ENERGETICO UNA SFIDA POSSIBILE !



Le difficoltà economiche legate ai costi energetici di un patrimonio edilizio energeticamente antiquato, i problemi di sostenibilità ambientale dovute all'effetto serra e all'inquinamento, le difficoltà sempre maggiori di reperimento dei combustibili fossili, hanno spinto da tempo la comunità mondiale a prendere atto del problema.

La comunità europea ha emanato la **direttiva 2010/31/Ue** che fissa per il 2018 il limite per la costruzione di edifici pubblici a energia "quasi" zero e al 2020 l'estensione a tutti gli edifici.

# Direttive UE per il risparmio energetico



## **direttiva 2010/31/Ue**

### **2.2 «edificio a energia quasi zero»:**

edificio ad altissima prestazione energetica, determinata conformemente all'allegato I. Il fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili, compresa l'energia da fonti rinnovabili prodotta in loco o nelle vicinanze

Il limite si applica al nuovo o in caso di ristrutturazione importante

### **2.10 «ristrutturazione importante»:** ristrutturazione di un edificio quando:

a) il costo complessivo della ristrutturazione per quanto riguarda l'involucro dell'edificio o i sistemi tecnici per l'edilizia supera il 25 % del valore dell'edificio, escluso il valore del terreno sul quale questo è situato; oppure

**b) la ristrutturazione riguarda più del 25 % della superficie dell'involucro dell'edificio;**

gli Stati membri possono scegliere di applicare l'opzione di cui alla lettera a) o quella di cui alla lettera b);



# Direttiva UE per il risparmio energetico

## Direttiva europea 27 del 25 ottobre 2012

- **Edifici pubblici** Ogni anno dovrà essere ristrutturato e reso energeticamente efficiente il 3% della superficie degli immobili posseduti dalle amministrazioni pubbliche centrali
- **Utilities** A partire dal 2014, i distributori di energia e le società di vendita di energia al dettaglio dovranno conseguire risparmi energetici annui pari all'1,5% dell'energia venduta e distribuita.
- **Appalti pubblici** Gli Stati membri saranno tenuti ad assicurarsi che la pubblica amministrazione centrale acquisti solo beni, servizi e edifici con elevata prestazione energetica.
- **Diagnosi energetiche** Le aziende di grandi dimensioni dovrebbero essere tenute ad effettuare diagnosi energetiche da farsi entro tre anni dall'entrata in vigore della Direttiva.
- **Contatori intelligenti** nella misura in cui sia tecnicamente possibile e finanziariamente ragionevole, i clienti finali di elettricità, gas naturale, teleriscaldamento, teleraffreddamento e acqua calda sanitaria siano dotati di contatori intelligenti che riportino il consumo effettivo di energia.
- **Contabilizzatori di calore** Entro il 1° gennaio 2017, gli appartamenti con riscaldamento centralizzato o serviti da teleriscaldamento, dovranno essere dotati di contabilizzatori di calore.
- **Informazioni sui consumi in fattura** Entro il 1° gennaio 2015, ogni Stato membro dovrà assicurarsi che, attraverso le fatture di energia elettrica e gas, i clienti finali siano informati in modo chiaro e comprensibile sui loro consumi. Nelle fatture dovranno essere inseriti anche i contatti di agenzie per l'energia o centri di consulenza a cui il cliente finale potrà rivolgersi per avere consigli sulle misure da adottare per contenere i consumi.

# Quadro normativo



Nella regione austriaca del Vorarlberg il limite è obbligatorio già dal 1° gennaio 2007.!!!!



In tutta l'Austria i limiti sono già legge e a partire dal 2015, la casa passiva (15kw/mqK) sarà lo standard prescritto per tutti gli edifici.



In Italia, la provincia di Bolzano è da anni all'avanguardia.

Con Deliberazione della Giunta Provinciale Nr. 939 / 2012 – ha recepito direttiva 2010/31/UE, fissando per il 1° gennaio 2015 il limite di consumo energetico della classe A, 30 KWh/mqanno (fabbisogno involucro non EPH Cened! ) il limite di emissioni di KgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>a pari a 30-50 KgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>a per le abitazioni (in base a GG) e 100 KgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>a per gli altri edifici. Il fabbisogno totale di energia primaria deve essere coperto per almeno il 40% da energie rinnovabili, mentre dal 1° gennaio 2017 sarà del 50%.

La provincia di Bolzano è stata la prima in Italia a costituire una apposita agenzia “Casaclima” e un protocollo di certificazione per gli edifici.



# Quadro normativo italiano



**La norma nazionale deve essere letta come testo integrato tra**

**DECRETO LEGISLATIVO 19 agosto 2005, n. 192:** *"Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia"*

**DECRETO LEGISLATIVO 29 dicembre 2006, n. 311:** *"Disposizioni correttive ed integrative al Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia"*

**LEGGE 6 agosto 2008, n. 133:** *"Conversione in legge, con modificazioni, del Decreto Legge 25 giugno 2008, n. 112, recante disposizioni urgenti per lo sviluppo economico, la semplificazione, la competitività, la stabilizzazione della finanza pubblica e la perequazione tributaria"*

**DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 2 aprile 2009, n. 59:** *"Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettera a) e b), del Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia"*

**DECRETO MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO 26 giugno 2009:** *"Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici"*

**DECRETO LEGISLATIVO 29 marzo 2010, n. 56:** *"Modifiche ed integrazioni al decreto 30 maggio 2008, n. 115, recante attuazione della direttiva 2006/32/CE, concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e recante abrogazioni della direttiva 93/76/CEE"*

**DECRETO LEGISLATIVO 3 marzo 2011, n. 28:** *"Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE"*

**Art. 17 (Clausola di cedevolezza) Prevede che si applica nelle regioni dove non c'è una legislazione specifica**

**11/10/2012** - Energia e trasporti tornano sotto l'esclusiva competenza legislativa dello Stato. È questo il significato della **"clausola di supremazia"**, contenuta nella bozza di ddl costituzionale approvata dal Consiglio dei Ministri

# Quadro normativo italiano - fonti energia

**D.LGS. 28/2011**

## **ARTICOLO 11 COMMA 1 (ALLEGATO 3)**

- 1 Nel caso di **edifici nuovi o edifici sottoposti a ristrutturazioni rilevanti**, gli impianti di produzione di energia termica devono essere progettati e realizzati in modo da garantire il contemporaneo rispetto della copertura, tramite il ricorso ad energia prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili, **del 50% dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria** *(nei fatti in generale abbastanza viene disatteso il calcolo, ci si limita a mettere qualche pannello solare)* e delle seguenti percentuali della somma dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria, il riscaldamento e il raffrescamento:
  - a) **il 35 %** quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata dal 1° gennaio 2014 al 31 dicembre 2016; ; *(manca a oggi la uni 11300/3 per definire la procedura di calcolo per il fabbisogno estivo, dovrebbero uscire a breve le revisioni della parte 1 e 2)*
  - b) **il 50 %** quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è rilasciato dal 1° gennaio 2017.

# Quadro normativo italiano fonti energetiche

**2** Gli obblighi di cui al comma 1 **non** possono essere assolti tramite impianti da fonti rinnovabili che producano esclusivamente energia elettrica la quale alimenti, a sua volta, dispositivi o impianti per la produzione di acqua calda sanitaria, il riscaldamento e il raffrescamento.

**3.** Nel caso di **edifici nuovi o edifici sottoposti a ristrutturazioni rilevanti**, la **potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili che devono essere obbligatoriamente installati sopra o all'interno dell'edificio o nelle relative pertinenze**, misurata in kW, è calcolata secondo la seguente formula:

Dove **S** è la **superficie in pianta dell'edificio** al livello del ter  $P = \frac{1}{K} \cdot S$  in m<sup>2</sup>, e K è un coefficiente (m<sup>2</sup>/kW) che assume i seguenti valori:

- a) K = 80, quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata dal 31 maggio 2012 al 31 dicembre 2013; (1,2 kw gni 100m<sup>2</sup>)
- b) **K = 65, quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata dal 1° gennaio 2014 al 31 dicembre 2016;** (1,5kw gni 100m<sup>2</sup>)
- c) K = 50, quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata dal 1° gennaio 2017. (2 kw gni 100m<sup>2</sup>)

# Quadro normativo italiano fonti energetiche

4. In caso di utilizzo di pannelli solari termici o fotovoltaici disposti sui tetti degli edifici, i predetti componenti devono essere aderenti o integrati nei tetti medesimi, con la stessa inclinazione e lo stesso orientamento della falda.
5. L'obbligo di cui al comma 1 non si applica qualora l'edificio sia allacciato ad una rete di teleriscaldamento che ne copra l'intero fabbisogno di calore per il riscaldamento degli ambienti e la fornitura di acqua calda sanitaria
6. Per gli edifici pubblici gli obblighi di cui ai precedenti commi **sono incrementati del 10%**.

Il decreto definisce “energia da fonti rinnovabili” 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 residuati dai processi di depurazione e biogas – *Art. 2, comma 1, lettera a.*

Cosa accade se l'obbligo non viene rispettato? – Art. 11, comma 3.

**L'inosservanza dell'obbligo comporta il diniego del rilascio del titolo edilizio**

Ma chi controlla l'asseverazione? Purtroppo sono i comuni che dovrebbero controllare !

# Quadro normativo italiano

**DECRETO-LEGGE 4 giugno 2013, n. 63 (convertito in legge L90 3 agosto 2013)**  
**NUOVI PROVVEDIMENTI PER IL RECEPIMENTO DELLA DIRETTIVA 31/2010/UE**

## **Finalità**

1. Il presente decreto promuove il miglioramento della prestazione energetica degli edifici
- 2-ter. Il presente decreto disciplina in particolare:
  - a) la metodologia per il calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici;
  - b) le prescrizioni e i requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici quando sono oggetto di:
    - 1) nuova costruzione;
    - 2) ristrutturazioni importanti;
    - 3) riqualificazione energetica.
  - c) la definizione di un Piano di azione per la promozione degli edifici a “energia quasi zero”;
  - d) l’attestazione della prestazione energetica degli edifici e delle unità immobiliari;

# Quadro normativo italiano

## **Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192 integrato a legge 90/2013**

1. Il presente decreto promuove il miglioramento della prestazione energetica degli edifici tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni relative al clima degli ambienti interni e all'efficacia sotto il profilo dei costi.
2. **Art. 4. Adozione di criteri generali, di una metodologia di calcolo e requisiti della prestazione energetica**  
... omissis...
  - b) 2) in caso di nuova costruzione e di **ristrutturazione importante**, i requisiti sono determinati con l'utilizzo dell' "edificio di riferimento", in funzione della tipologia edilizia e delle fasce climatiche;
    - 3) per le verifiche necessarie a garantire il rispetto della qualità energetica prescritta, sono previsti dei parametri specifici del fabbricato, in termini di indici di prestazione termica e di trasmittanze, e parametri complessivi, in termini di indici di prestazione energetica globale, espressi sia in energia primaria totale che in energia primaria non rinnovabile.



# Quadro normativo italiano

**Legge di conversione 3 agosto 2013, n. 90,**

Articolo Viciesquater

**"ristrutturazione importante di un edificio":**

un edificio esistente e' sottoposto a ristrutturazione importante quando i lavori in qualunque modo denominati (a titolo indicativo e non esaustivo: manutenzione ordinaria o straordinaria, ristrutturazione e risanamento conservativo) insistono su oltre il 25 per cento della superficie dell'involucro dell'intero edificio, comprensivo di tutte le unità immobiliari che lo costituiscono ( **e consistono, a titolo esemplificativo e non esaustivo** ), **nel rifacimento di pareti esterne, di intonaci esterni, del tetto o dell'impermeabilizzazione delle coperture;**

# Prospettive normativa Regione Lombardia



## LEGGE REGIONALE 18 aprile 2012, n. 7 Misure per la crescita, lo sviluppo e l'occupazione

### Art. 26

*Inserimento dell'articolo 9-bis nella l.r. 24/2006.*

*Disposizioni in materia di efficienza energetica in edilizia*

1. Dopo l'articolo 9 della legge regionale 11 dicembre 2006, n. 24 (Norme per la prevenzione e la riduzione delle emissioni in atmosfera a tutela della salute e dell'ambiente) è aggiunto il seguente:  
*«Art. 9-bis. (Disposizioni in materia di efficienza energetica in edilizia)*
1. *La Giunta regionale stabilisce le modalità, nell'ambito della disciplina finalizzata a limitare il consumo energetico degli edifici di cui all'articolo 9, comma 1, lettera a), per anticipare al 31 dicembre 2015 l'applicazione dei limiti di fabbisogno energetico previsti dall'articolo 9 della Direttiva 2010/31/UE».*

# Indicazioni energia “zero” secondo UE

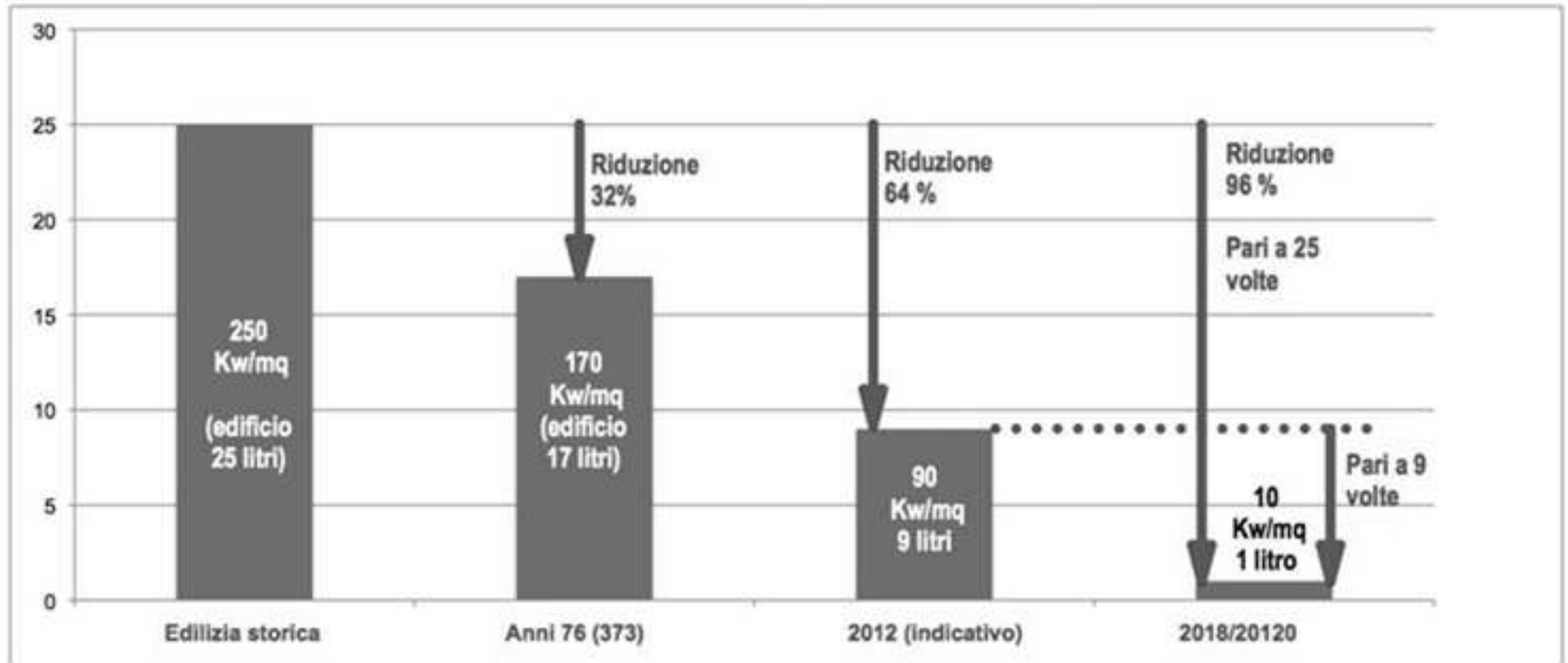
## >energiaintelligente|04 Notiziario

Le case passive  
utilizzano  
solo  
circa il  
**10 %**  
dell'energia  
consumata  
in un edificio  
tradizionale

Le case passive (in base al concetto di «Passivhaus» che si è diffuso in Germania a partire dal 1990) offrono una soluzione possibile e conveniente per realizzare tali risparmi. Questi edifici godono di un ottimo isolamento termico e dalle correnti d'aria. Per quanto riguarda il riscaldamento, utilizzano elementi principalmente passivi: gli abitanti della casa, gli elettrodomestici, l'illuminazione e l'irraggiamento solare, insieme ad un sistema di ventilazione che fornisce aria pulita e recupera il calore dall'aria che fuoriesce.

# Quadro normativo certificazioni

Consumo medio indicativo per metro quadro



# Quadro limiti certificazioni



Nazionale/Lombardia



Passivhaus

Certificazione In base a	EPHlimite (Totale energia)	Involucro	Involucro
Limiti	116 kwh/m <sup>2</sup> a Eph <i>Primaria - Involucro anche di più</i>	10 kwh/m <sup>2</sup> a <i>Involucro</i>	15 kwh/m <sup>2</sup> a <i>Involucro</i>
Controlli Prog/Cert	No	si	si
Collaudo	No	Si - Blowerdoor	Si - Blowerdoor

**OBBLIGO CONTABILIZZAZIONE CALORE** D.g.r n. 2601/2011 integrata da Dgr N° IX / 3522 del 23/05/2012

L'obbligo scatta dal 1° agosto 2012 per gli impianti superiori a 350 kW (supercondomini che hanno più di 20 appartamenti), installati prima del 1997. Dall'anno successivo (2013) toccherà agli impianti con potenza superiore a 116,4 kW (condomini fino a 20 unità) e installati prima del 1998; infine, dal 1/8/2014 per le singole unità abitative e piccoli condomini.

CasaClima e PassivHause misurano l'energia totale dispersa (INVOLUCRO - ETH) non EPH (energia primaria)

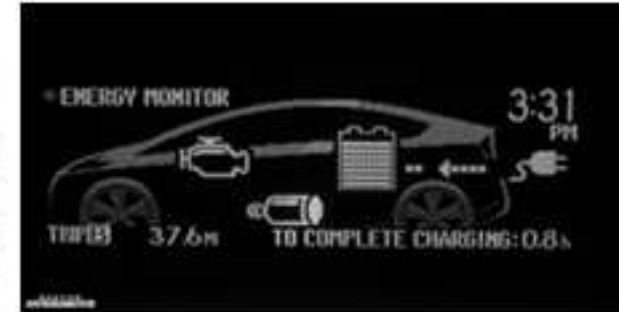
# Edifici ad energia “quasi” zero



1970



2012



Le auto in pochi anni sono cambiate, migliorate e divenute complesse  
Anche e gli edifici stanno cambiando e chiedono conoscenze tecniche

Spesa per riscaldamento

Esistente

90.750,00 €

1970



Edificio  
expost  
Bolzano  
Riqualificazione energetica

Spesa per riscaldamento edificio “1 litro”

2008



4.125,00 €



# Z. E. (Zero Emissioni) Concept



# Edifici “n.z.e.b.” ad energia “quasi” zero



24



# Edifici “n.z.e.b.” ad energia “quasi” zero

- 1. LOCALIZZAZIONE**
- 2. ORIENTAMENTO**
- 3. COSTRUZIONE COMPATTA**
- 4. ALTO ISOLAMENTO DELL' INVOLUCRO OPACO**
- 5. ALTO ISOLAMENTO DELL' INVOLUCRO TRASPARENTE**
- 6. ASSENZA DI PONTI TERMICI**
- 7. ERMETICITA' DELLA COSTRUZIONE**
- 8. ELEVATO SFRUTTAMENTO PASSIVO DELL'ENERGIA SOLARE  
(PROTEZIONE ESTIVA)**
- 9. IMPIANTISTICA OTTIMIZZATA – VMC – DOMOTICA**
- 10. SFRUTTAMENTO ATTIVO DI FONTI RINNOVABILI**

# Edifici “n.z.e.b.” ad energia “quasi” zero



0

## 6.1.7.8 Prescriptive approach in regulation along the path to nearly zero energy

Overall, a number of national and regional **regulations moving towards zero energy take a prescriptive approach on a number of building and plant components** to ensure energy efficient devices and design techniques. We give here a few examples.

On July 12, 2009 the Brussels government passed an order imposing the passive standard on all regional new public buildings by 2010, and on May 3, 2011 adopted new energy target regulation for all new construction (housing, offices and schools) by 2015. The “passive” standard became an important first step towards achieving the zero energy objectives of EPBD.

The legislation installs:

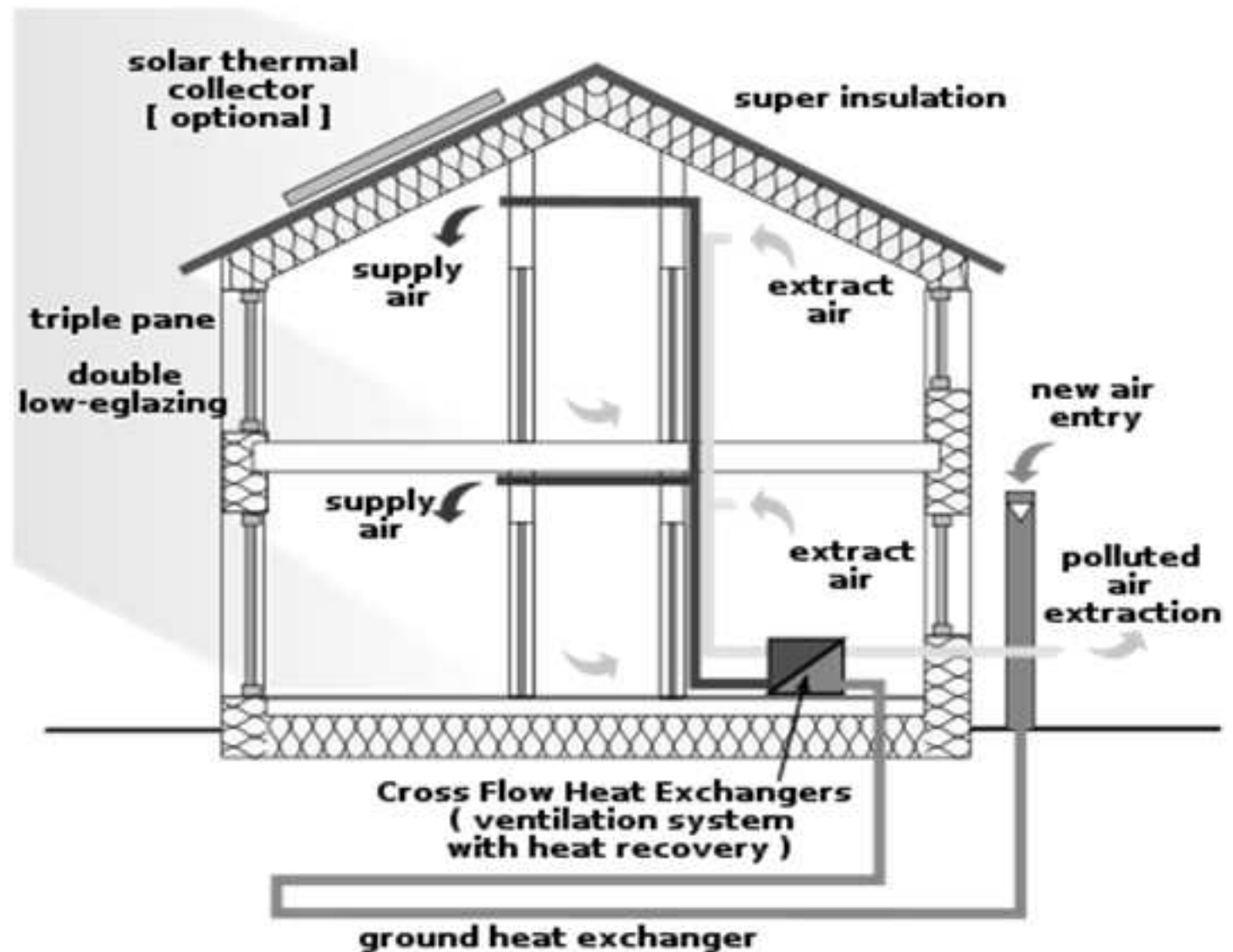
- A net heating requirement of less than  $15 \text{ kWh/m}^2/\text{yr}$
- A net cooling requirement less than  $15 \text{ kWh/m}^2/\text{yr}$  (only for offices and schools)
- An air tightness of  $0.6 \text{ volume} \cdot \text{h}^{-1}$
- An overheating over  $26^\circ\text{C}$  time -limited
- A primary energy consumption limited to:
  - $90 \text{ kWh/m}^2/\text{yr}$  for housing (heating, hot water, ventilation, pumps and fans);
  - $90 - (2,5 \times \text{compacity})$  for offices and schools.

# Edifici “n.z.e.b.” ad energia “quasi” zero

Un edificio ha consumo “quasi” zero quando il bilancio energetico tende al pareggio

L'energia necessaria a pareggiare il bilancio termico dell'edificio è tipicamente fornita con sistemi non convenzionali (es. pannelli solari o pompa di calore per riscaldare l'aria dell'impianto di ventilazione controllata a recupero energetico).

Lo standard attuale che più identifica questa tipologia di edifici è quello della CasaClima Gold e del Passivhaus



# Edifici “n.z.e.b.” ad energia “quasi” zero

## Requisiti per ottenere risultati così performanti:

- U strutture opache  $< 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Uw Trasmittanza finestre progetto  $< 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$  (da laboratorio triplo vetro e doppio strato basso emissivo)
- Uw Trasmittanza finestre montate  $< 0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$
- U porte Trasmittanza porte  $< 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$
- $\psi_{p,t}$  ponte lineico (strutture murarie, tetto ecc) massimo  $0,01 \text{ W/mK}$  (se no calcolare)
- $\psi_{\text{montaggio f.}}$  ponte lineico attacco finestra -muro massimo  $0,03 \text{ W/mK}$
- VMC con recupero avente efficienza minima del recuperatore  $> 75\%$

***Queste prestazioni si ottengono con una progettazione molto attenta, specie nei riguardi del sole, con l'adozione di isolamento termico ad altissime prestazioni su murature perimetrali, tetto e superfici vetrate e mediante l'adozione di sistemi di ventilazione controllata a recupero energetico.***

# Panorama europeo passivhaus



<http://www.passivhausprojekte.de/>

Dati 6-8-2014

## Italia 33 edifici



I-39100 Bozen - Bolzano



I-25017 Lonato del Garda

## Austria 630 edifici



A-6832 Dafins (Vorarlberg)



A-1020  
Wien  
(Wien)

## Germania 1945



D-21029 Hamburg (Hamburg) anno 1997



D-79115 Freiburg  
(Baden-Württemberg)

# Confronto italia / Lombardia

## **Edifici Nzeb**

Fabb involucro Riscaldam  $< 15/10 \text{ Kw/mqa}$

Fabb involucro Raffrescam  $15 \text{ Kw/mqa}$

$N50 < 0,6 \text{ vol/ora}$

Ventilazione meccanica con recupero calore

**Italia 27 edifici**  
**Casaclima Gold**

**Italia 33 edifici**  
**Passivhaus**

Dati attuali 4-8-2014

## **Banca dati Cened Lombardia**

Classe A+

Edifici con ETH  $> 15 \text{ kw}$

Classe A+ con ETH  $< 15 \text{ kw}$

Classe A+ con ETH  $< 15 \text{ kw}$ , ventilazione mecc e rec calore

Con involucro  $< 15 \text{ kw}$  + recuperatore + tenuta all'aria  $n50 < 0,6$

n° 1605

n° 1235

n° 299

n° 100

n°4 (passivhaus)

n°9 (casaclima gold)

# Edifici ad energia “quasi” zero

Progetto P.E. Roberto Vincenzi Arch. G. Cabini

**Orientamento corretto e ampie  
vetrate a sud**

Potenza impianto  
**1300 W**

*(Equivalente a  
un Phon da viaggio  
€ 20*



*Oppure un  
tostapane)*

Nord



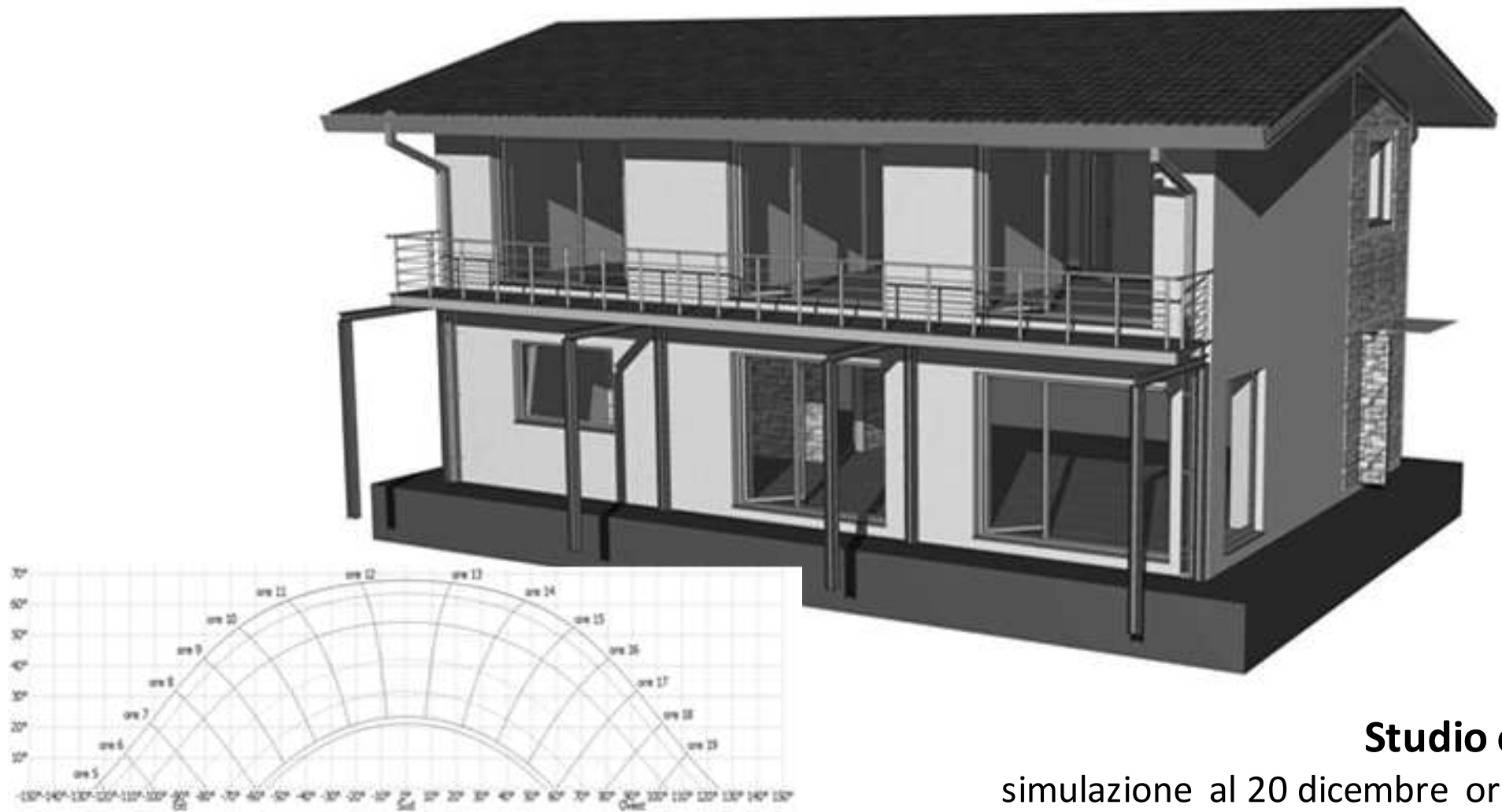
Indice energetico utile per il riscaldamento invernale:

**5**

**kWh/(m<sup>2</sup>a)**

**Involucro**

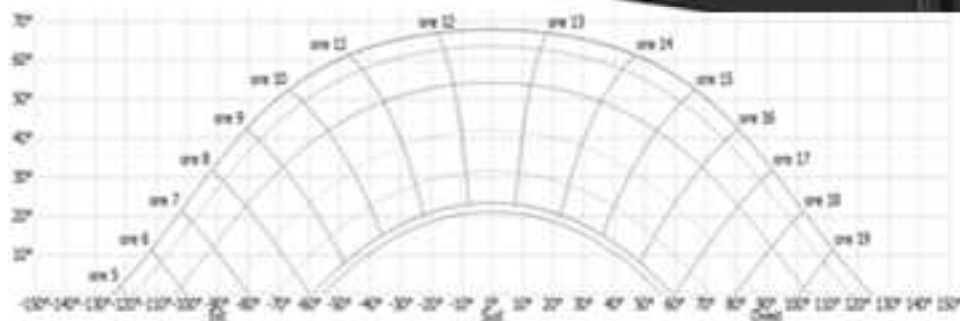
# Edifici ad energia “quasi” zero



**Studio ombre**  
simulazione al 20 dicembre ore 11,30



# Edifici ad energia “quasi” zero



**Studio ombre**  
simulazione al 20 giugno ore 11,30

# Edifici ad energia “quasi” zero

U<sub>g</sub> Vetro 0,6  
U<sub>f</sub> telaio 0,7



Valore-U: 0,103

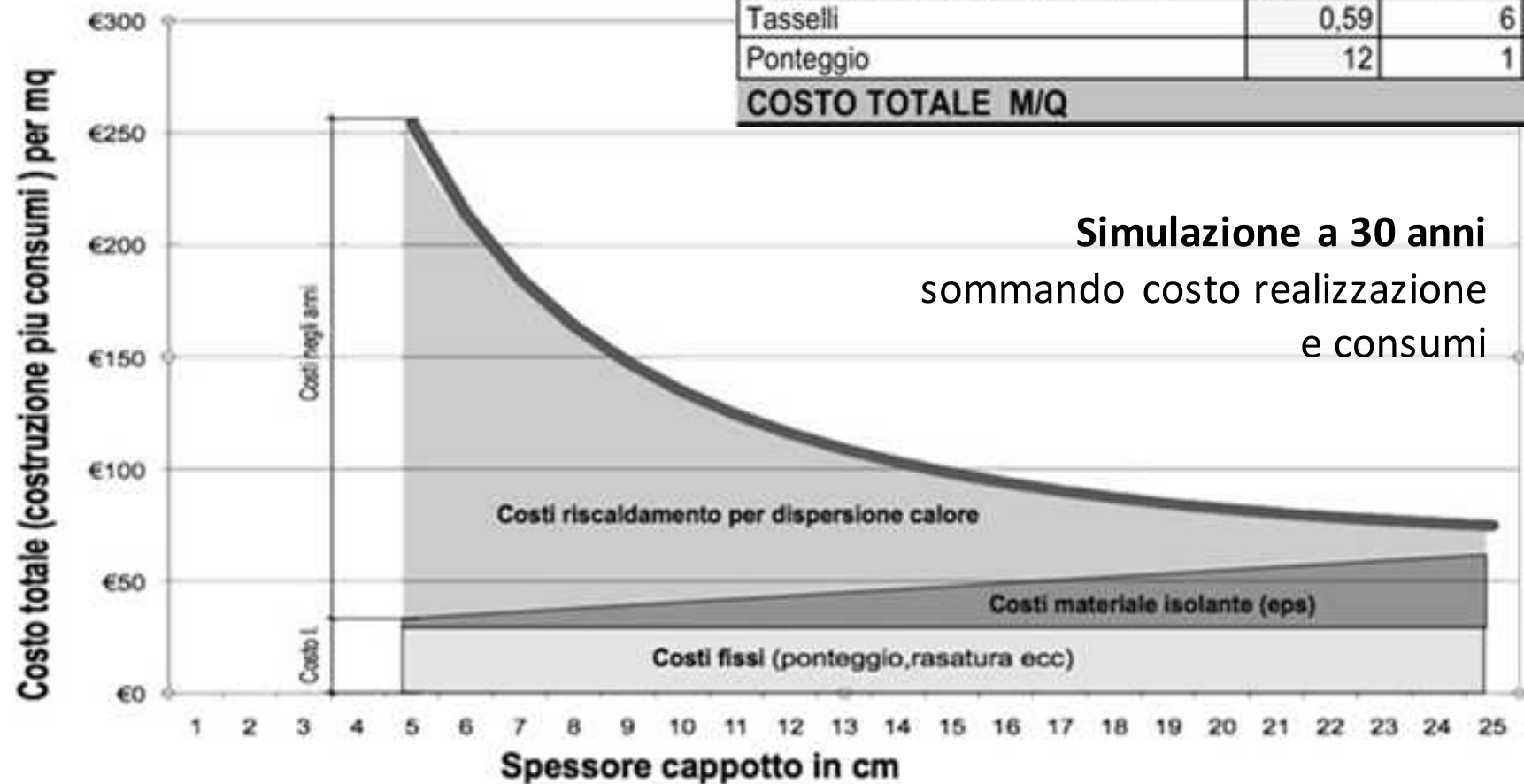
Valore-U: 0,108

Valore-U: 0,112

# Valutazione economica spessori

**Simulazione costi a 30 anni**  
Muratura con cappotto esterno  
costo medio gas € 1,5 / mc (ipotesi)

COSTI PER CAPPOTTO	COSTO U.	Unità	Totale
Polistirene espanso in lastre 20 Kg/m3	1	16	16
Rasatura e posa in opera	24	1	24
ALTRI COSTI PER COMPLETAMENTO	COSTO U.	n°	Totale
Tasselli	0,59	6	3,54
Ponteggio	12	1	12
<b>COSTO TOTALE M/Q</b>			<b>€ 55,54</b>



# Sup. trasparenti

- Quali attenzioni nel progetto e verifica delle vetrature
- Una risorsa Il Sole !

Yearly sum of solar electricity generated by 1kWp photovoltaic system with optimally-inclined modules  
ITALY



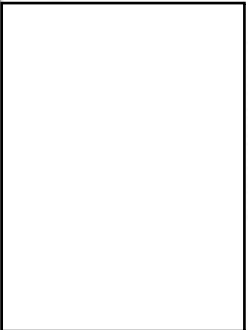





# Bilancio ad energia “quasi” zero

Importanza dati climatici completi e orari esempio dati meteonorm

Orientamento superficie finestra	Radiazione Globale (Punti Cardinali)	Ombreggia- mento	Inquina-mento	Incidenza non perpendico-lare della radiazione	Elemento vetrato	Perdita della trasmissione	Apporti solari
max:	kWh/(m²a)	0,75	0,95	0,85		kWh/a	kWh/a
Nord	139	0,80	0,95	0,85	0,613	80	32
Est	263	0,83	0,95	0,85	0,703	249	260
Sud	496	0,82	0,95	0,85	0,699	1735	3493
Ovest	287	0,80	0,95	0,85	0,640	290	261
Orizzontale	417	0,75	0,95	0,85	0,000	0	0
						2353	4047

Esempio Estratto Quadro dal software PHPP

# Tipi di vetro

					
vetratura	1-vetro	2-vetri	2-vetri vetrocamera	3-vetri	IL FUTURO: Vacuum o sperstrati
valore $U_g$ ( $W/(m^2K)$ )	5,60	2,80	1,20	0,60	0,35
Temp. Superficie	-1,8 °C	9,1 °C	15,3 °C	17,7 °C	18,6 °C
valore g	0,92	0,80	0,62	0,48	0,45

# Requisiti illuminazione

**Decreto ministeriale Sanità 5 luglio 1975**  
**Modificazioni alle istruzioni ministeriali 20 giugno 1896, relativamente all'altezza minima**  
**ed ai requisiti igienico-sanitari principali dei locali di abitazione**  
(G.u. n. 190 del 18 luglio 1975)

## **Art. 4**

Gli alloggi debbono essere dotati di impianti di riscaldamento ove le condizioni climatiche lo richiedano.

La temperatura di progetto dell'aria interna deve essere compresa tra i 18 °C ed i 20 °C; deve essere, in effetti, rispondente a tali valori e deve essere uguale in tutti gli ambienti abitati e nei servizi, esclusi i ripostigli.

Nelle condizioni di occupazione e di uso degli alloggi, le superfici interne delle parti opache delle pareti non debbono presentare tracce di condensazione permanente.

## **Art. 5**

Tutti i locali degli alloggi, eccettuati quelli destinati a servizi igienici, disimpegni, corridoi, vani-scala e ripostigli debbono fruire di illuminazione naturale diretta, adeguata alla destinazione d'uso.

Per ciascun locale d'abitazione, l'ampiezza della finestra deve essere proporzionata in modo da assicurare un valore di fattore luce diurna medio non inferiore al 2%, e comunque la superficie finestrata apribile non dovrà essere inferiore a 1/8 della superficie del pavimento.

Per gli edifici compresi nell'edilizia pubblica residenziale occorre assicurare, sulla base di quanto sopra disposto e dei risultati e sperimentazioni razionali, l'adozione di dimensioni unificate di finestre e, quindi, dei relativi infissi.

# Calcolo fattore luce medio diurno



Tipo di vetro	Costruzione in vetro	Valore $U_g$ secondo UNI EN 673	Fattore di trasmissione della luce	Fattore di trasmissione totale dell'energia sec. UNI EN 410	Riflessione della luce, esterno	Spessore elemento
	mm	W/m <sup>2</sup> K	LT % (±2)	valore g (±2)	LR % (±2)	mm (ca.)
SANCO Plus ZERO	4 - 10KR - 4	0,9	71	50	20	18
SANCO Plus ZERO	4 - 16AR - 4	1,0	71	50	20	24
SANCO Plus ZERO	4 - 14AR - 4	1,1	71	50	20	22
SANCO Plus ZERO	4 - 12AR - 4	1,2	71	50	20	20
SANCO Plus ZERO	4 - 18AR - 4	1,1	71	50	20	26
SANCO Plus ZERO	4 - 20AR - 4	1,1	71	50	20	28
SANCO Plus ZERO	4 - 27AR - 4	1,1	71	50	20	35
SANCO Plus ZERO	4 - 29AR - 4	1,1	71	50	20	37
SANCO Plus ZERO	4 - 12L - 4	1,6	71	49	20	20
SANCO Plus ZERO	4 - 16L - 4	1,3	71	49	20	24
<b>SANCO Plus ZERO a 3 lastre vetro isolante</b>						
SANCO Plus ZERO	4 - 12L - 4 - 12L - 4	0,9	57	35	29	36
SANCO Plus ZERO	4 - 12AR - 4 - 12AR - 4	0,7	57	35	29	36
SANCO Plus ZERO	4 - 16AR - 4 - 16AR - 4	0,5	57	35	29	44
SANCO Plus ZERO	4 - 10KR - 4 - 10KR - 4	0,5	57	35	29	32
SANCO SILVERSTAR TRIII	4 - 12 AR - 4 - 12 AR - 4	0,7	71	51	17	36
SANCO SILVERSTAR TRIII	4 - 16 AR - 4 - 16 AR - 4	0,6	71	51	17	44
SANCO SILVERSTAR TRIII	4 - 12 KR - 4 - 12 KR - 4	0,5	71	51	17	36



# Calcolo fattore luce medio diurno

$$F_{mld} = \frac{\sum_i A_i \tau_i \varepsilon_i \psi_i}{S(1 - r_m)}$$

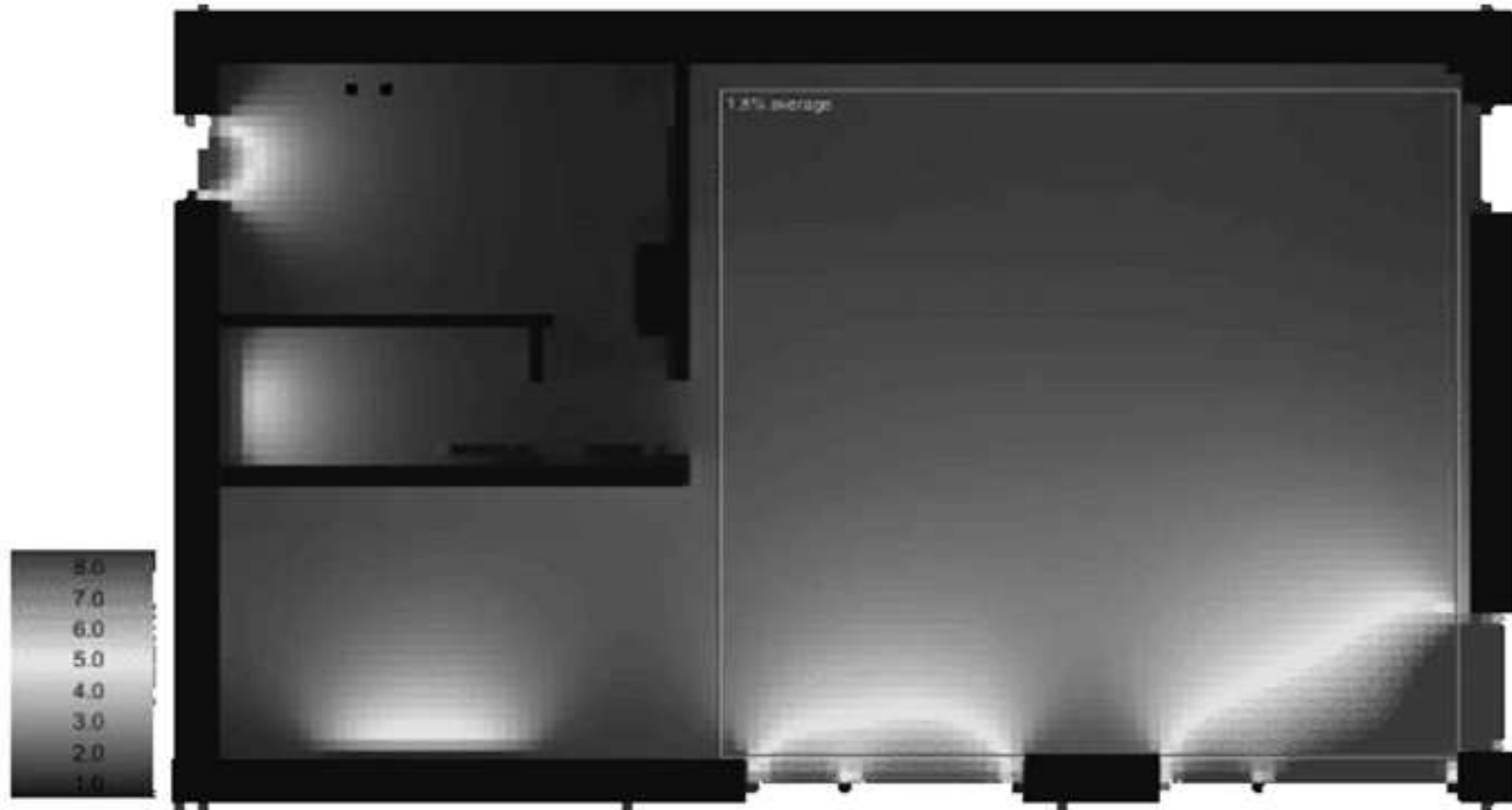
Simbolo	Definizione	Unità di misura
A	Area delle superfici trasparenti delle finestre del locale	m <sup>2</sup>
S	Area delle superfici interne dell'ambiente	m <sup>2</sup>
t	Coefficiente di trasparenza del vetro (vedi Tab.4)	
r <sub>m</sub>	Coefficiente medio di rinvio delle superfici interne dell'ambiente (vedi Tab.2)	
ε	Fattore finestra inteso come rapporto tra illuminamento della finestra e radianza del cielo (vedi fig.1)	
u	Coefficiente di riduzione del fattore finestra, funzione dell'arretramento della finestra (vedi fig.2)	
L <sub>a</sub>	Distanza del fabbricato (o comunque dell'ostacolo) contrapposto alla finestra.	m
H	Altezza del fabbricato contrapposto a quello nel quale è situato l'ambiente considerato	m
h	Altezza della finestra dal piano stradale, misurata in corrispondenza del baricentro del vano finestra	m
l <sub>f</sub>	Larghezza del vano finestra	m
h <sub>f</sub>	Altezza del vano finestra	m
p	Profondità di arretramento della finestra rispetto al filo esterno del vano	m

## Valori minimi di Legge

ambito	F <sub>mld</sub>
locali di residenza	0,02
palestre, refettori	0,02
uffici, scale, servizi igienici, spogliatoi	0,01
aule, laboratori	0,03
ambienti di degenza	0,03
ambulatori, ambienti per la diagnostica	0,03
edilizia pubblica sovvenzionata	0,06

# Calcolo fattore luce medio diurno

Il 2% f.m.l.d. non è scontato né è facile da raggiungere con  $fl = 0,6$

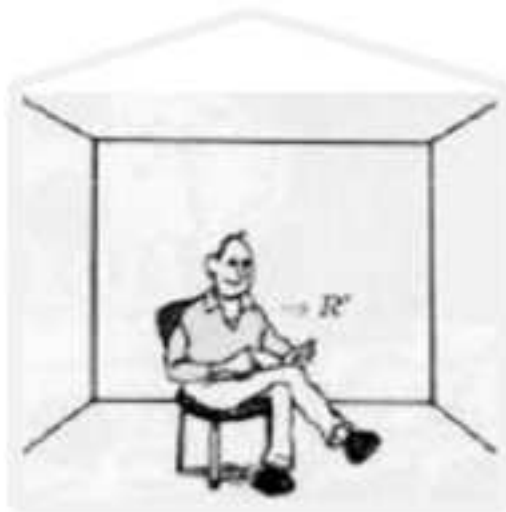


Elaborazione effettuata con Daylight Visualizer

<http://viz.velux.com/>

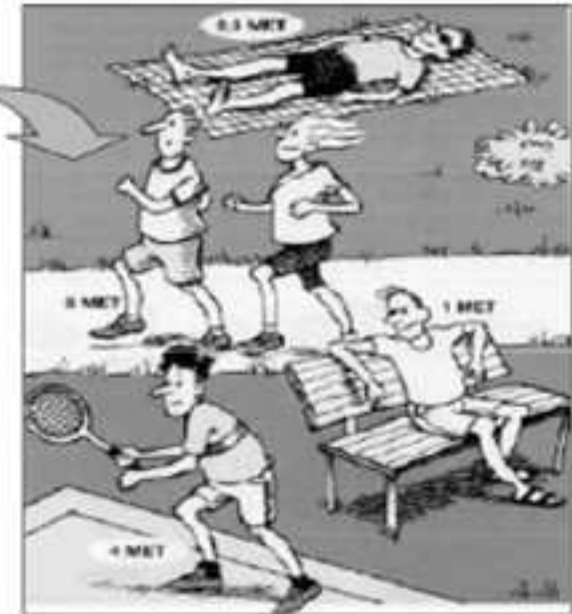
# PMV Indice sintetico di confort Globale

Principali parametri fisici del benessere termoigrometrico



$-t_{\text{aria}} (^{\circ}\text{C})$   
 $-t_{\text{pareti}} (^{\circ}\text{C})$   
 $-UR (\%)$   
 $-v_{\text{aria}} (\text{m/s})$   
 $-\text{Attività svolta (met)}$   
 $-\text{Abbigliamento (clo)}$

$\rightarrow t_{\text{operativa}} (^{\circ}\text{C})$



# PMV Indice sintetico di confort Globale

## Metabolismo

M è la potenza termica associata al metabolismo, funzione del grado di attività dell'individuo, espressa in  $\text{W/m}^2$

o in met ( $1 \text{ met} = 58 \text{ W/m}^2$ );

i relativi valori sono indicati in CEN TC156 N201 e riportati in Tabella 2.1

**Tabella 2.1**

<b>Attività</b>	<b>Metabolismo [met]</b>
Dormire	0,6
Stare seduti	1
Stare in piedi	1,2
Attiv. leggera (camminare)	1,6
Attiv. media (negozi, abitaz.)	2
Attiv. pesante (ginnastica)	3
Ballare	5

# PMV Indice sintetico di confort Globale

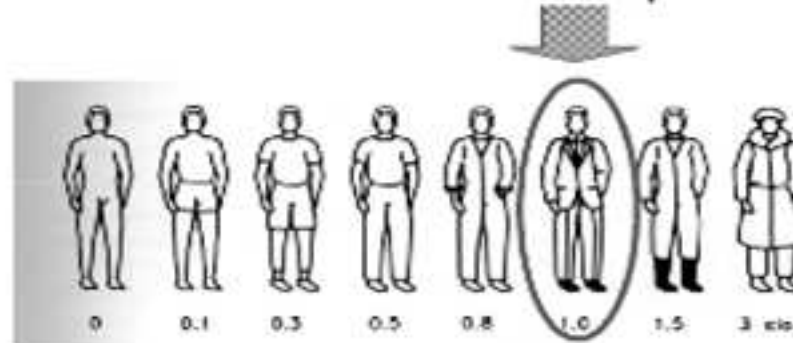
## Abbigliamento

Il meccanismo latente opera sia per evaporazione del sudore che per traspirazione attraverso i pori dell'epidermide che nel processo di respirazione.

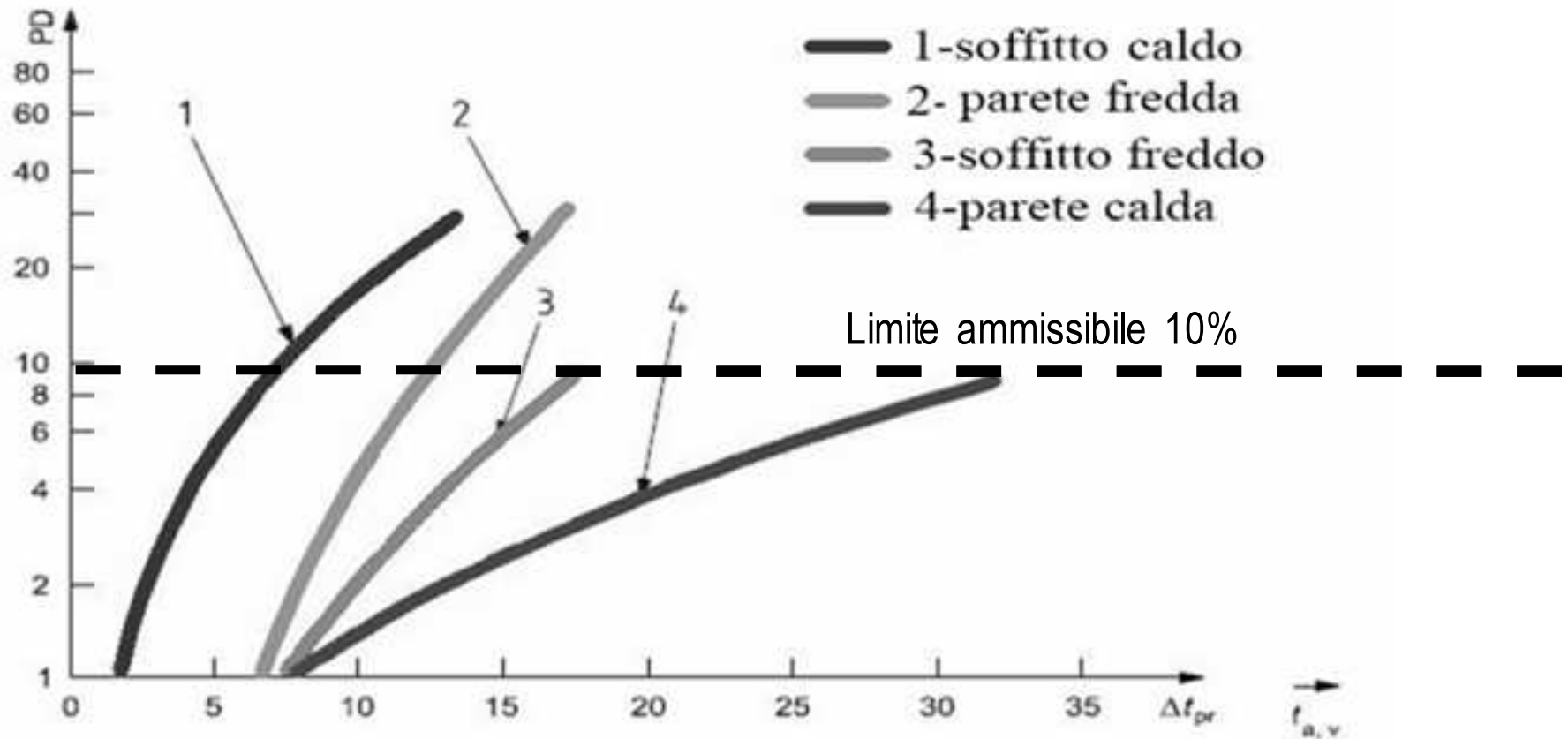
Per quanto riguarda il meccanismo sensibile risulta fondamentale valutare l'influenza del vestiario, la cui capacità isolante viene normalmente espressa con un'apposita unità incoerente, il clo:

$$1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2\text{K/W}$$

1 clo = resistenza termica di un abito europeo di mezza stagione



# Altri parametri di calcolo PMV



Il comfort termico è anche legato all'omogeneità della temperatura delle superfici, il grafico evidenzia che una disomogeneità eccessiva della temperatura tra le pareti, comporta una percezione di mancanza di confort.

# PMV Indice sintetico di confort Globale

Il documento di riferimento per la valutazione del confort microclimatico in ambienti moderati è la UNI ENISO 7730. La procedura descritta in questo documento mira ad individuare la sensazione di massimo confort in coincidenza di condizioni di omeotermia del corpo umano, mentre condizioni di disconfort crescente risultano associate a condizioni via via più distanti di equilibrio.

Il Parametro del confort è:

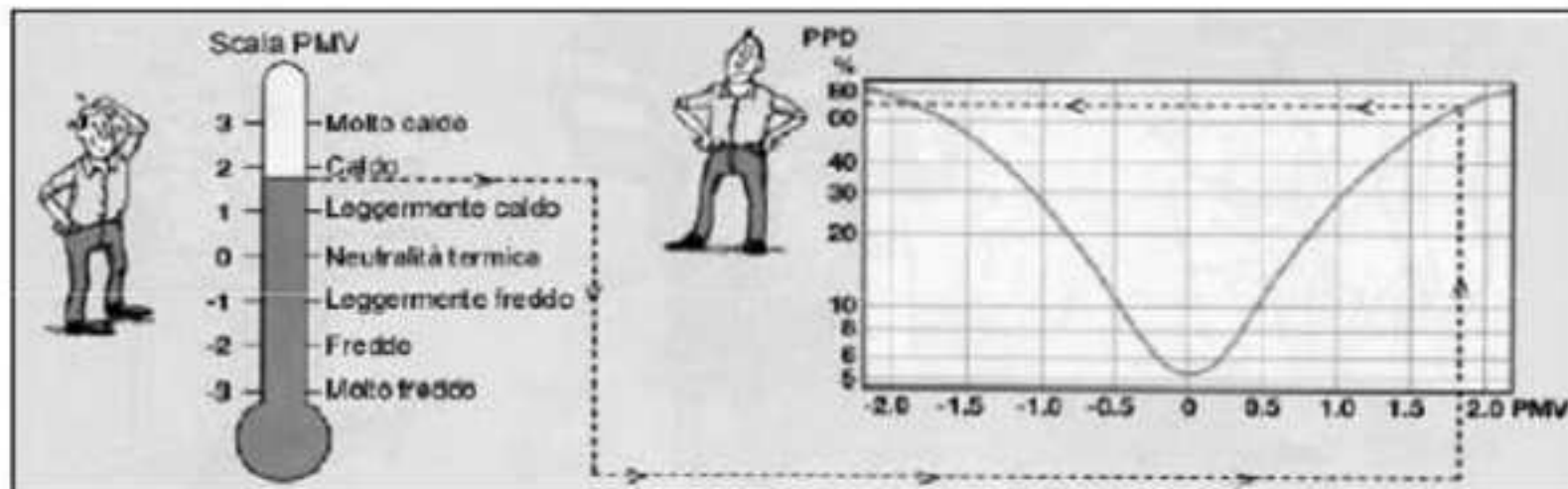
## **PMV Voto Medio Predetto**

*PMV = Predicted Mean Vote o Indice PMV FANGER-1970*

Sulla base di dati sperimentali e' stata elaborata una CORRELAZIONE tra indice PMV e la Percentuale Predetta di Insoddisfatti (Predicted Percentage of Dissatisfied o Indice PPD) La norma ISO 7730 ritiene accettabili valori di PMV compresi tra -0.5 e +0.5, corrispondenti ad un valore di PPD non superiore al 10%

# PMV Indice sintetico di confort Globale

Indici di sensazione usati per valutare in un determinato ambiente termico di quanto si è lontani dalle condizioni di comfort (livello di accettabilità)



PMV: indice di gradimento, esprime il voto che un utente medio darebbe all'ambiente in cui si trova, al variare dei parametri fisici

PPD: percentuale di persone insoddisfatte in un determinato ambiente termico

UNI EN ISO 7730



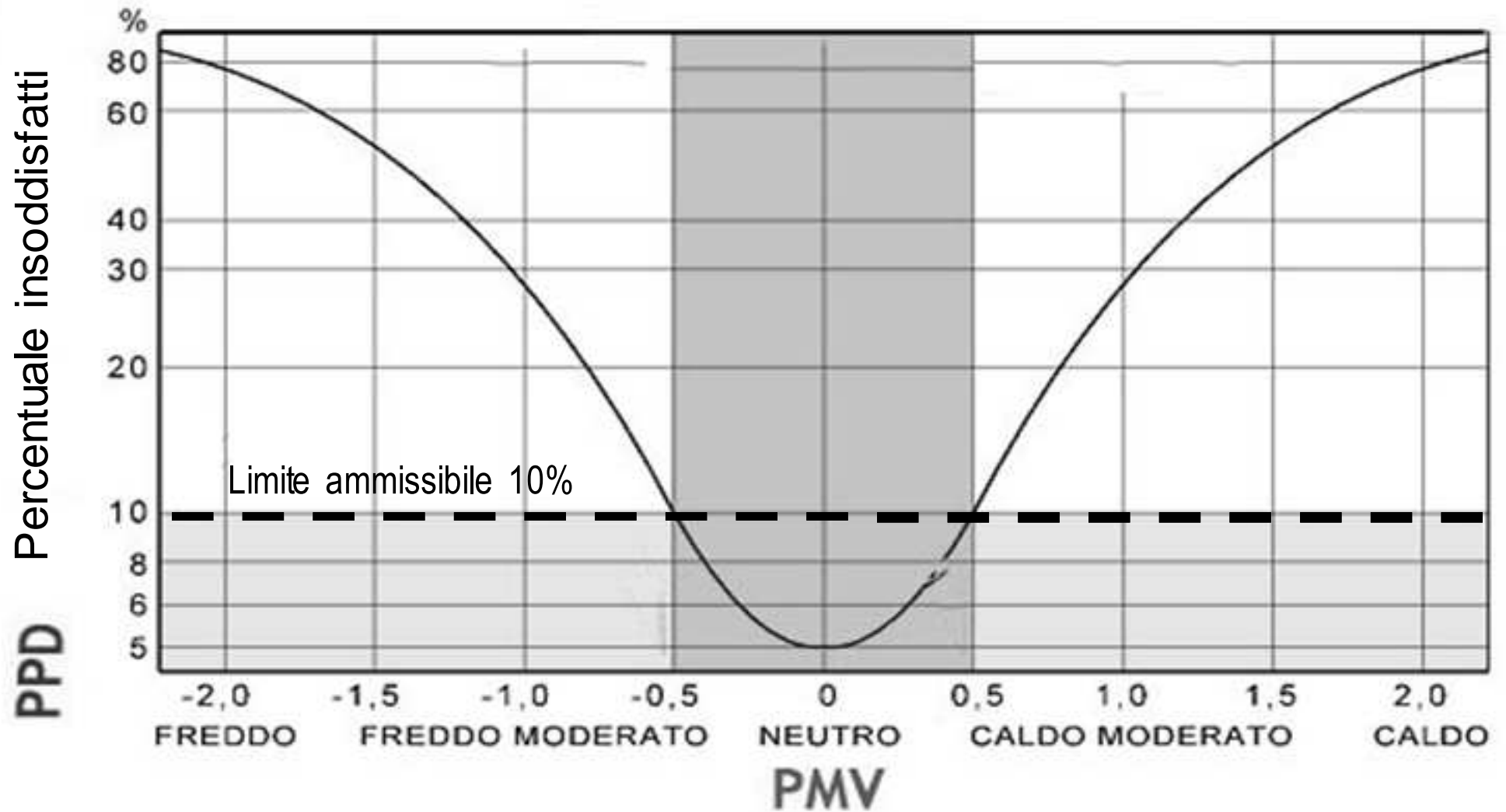
# PMV Indice sintetico di confort Globale



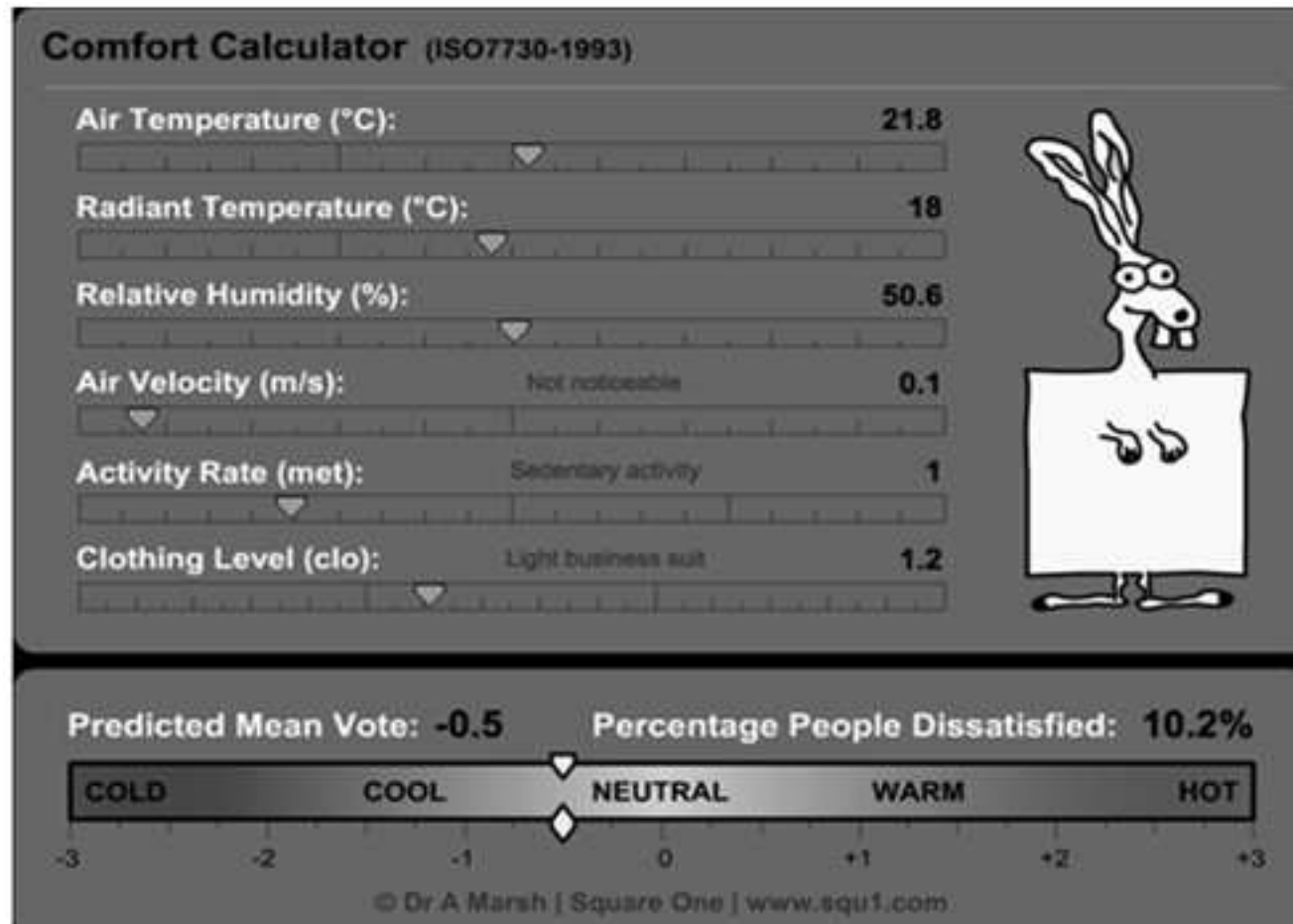
<b>VOTO</b>	<b>Sensazione termica soggettiva</b>
<b>+ 3</b>	<b>Molto caldo</b>
<b>+ 2</b>	<b>Caldo</b>
<b>+ 1</b>	<b>Leggermente caldo</b>
<b>0</b>	<b>Confortevole – neutralità</b>
<b>-1</b>	<b>Leggermente freddo</b>
<b>-2</b>	<b>Freddo</b>
<b>-3</b>	<b>Molto freddo</b>



# PMV Indice sintetico di confort Globale



# PMV Indice sintetico di confort Globale

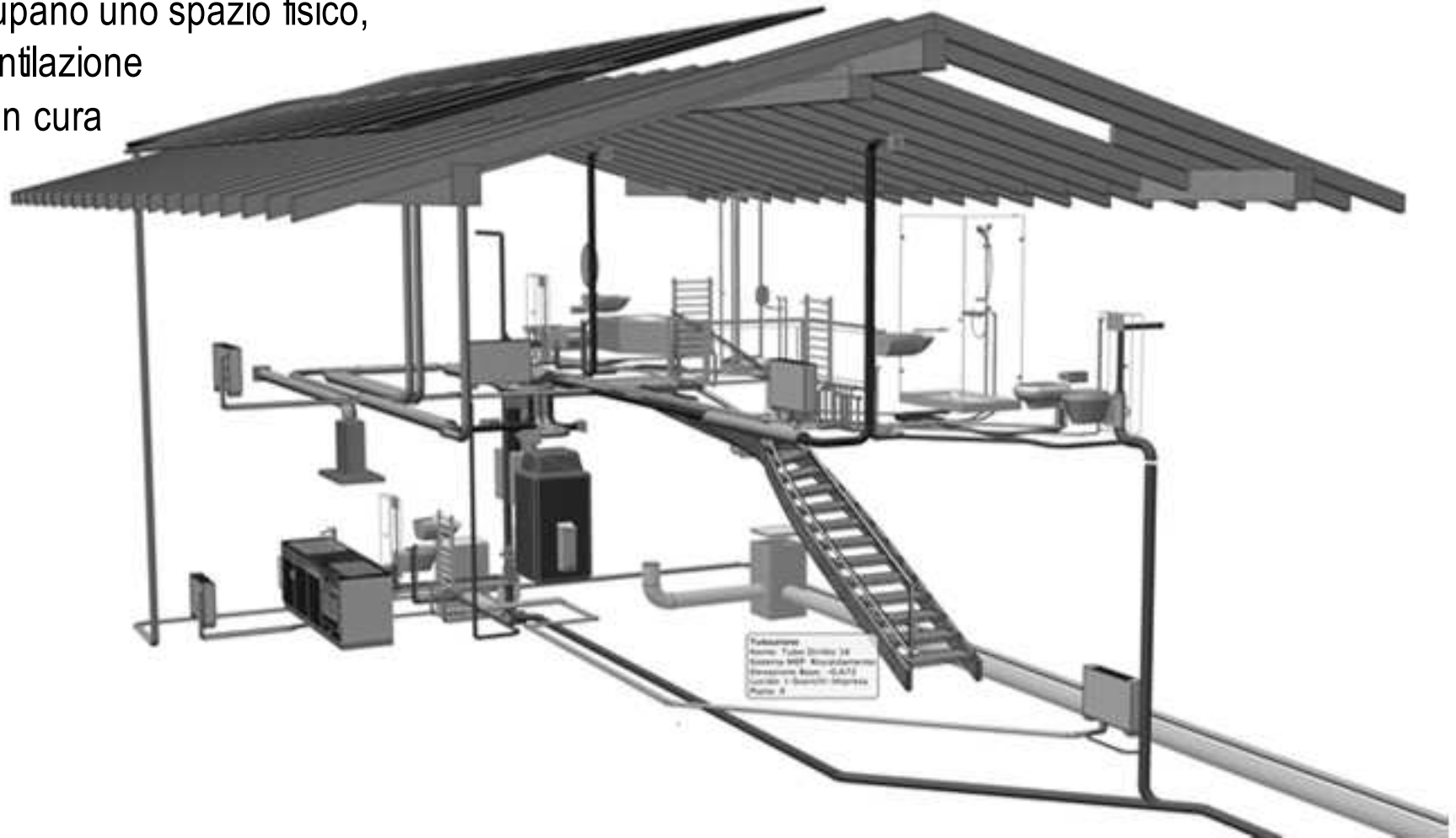


Se eseguiamo il calcolo del PMV nel nostro caso, possiamo verificare che nonostante la temperatura dell'aria sia a 22° il 10° delle persone manifesterà disagio per " FREDDO ! "

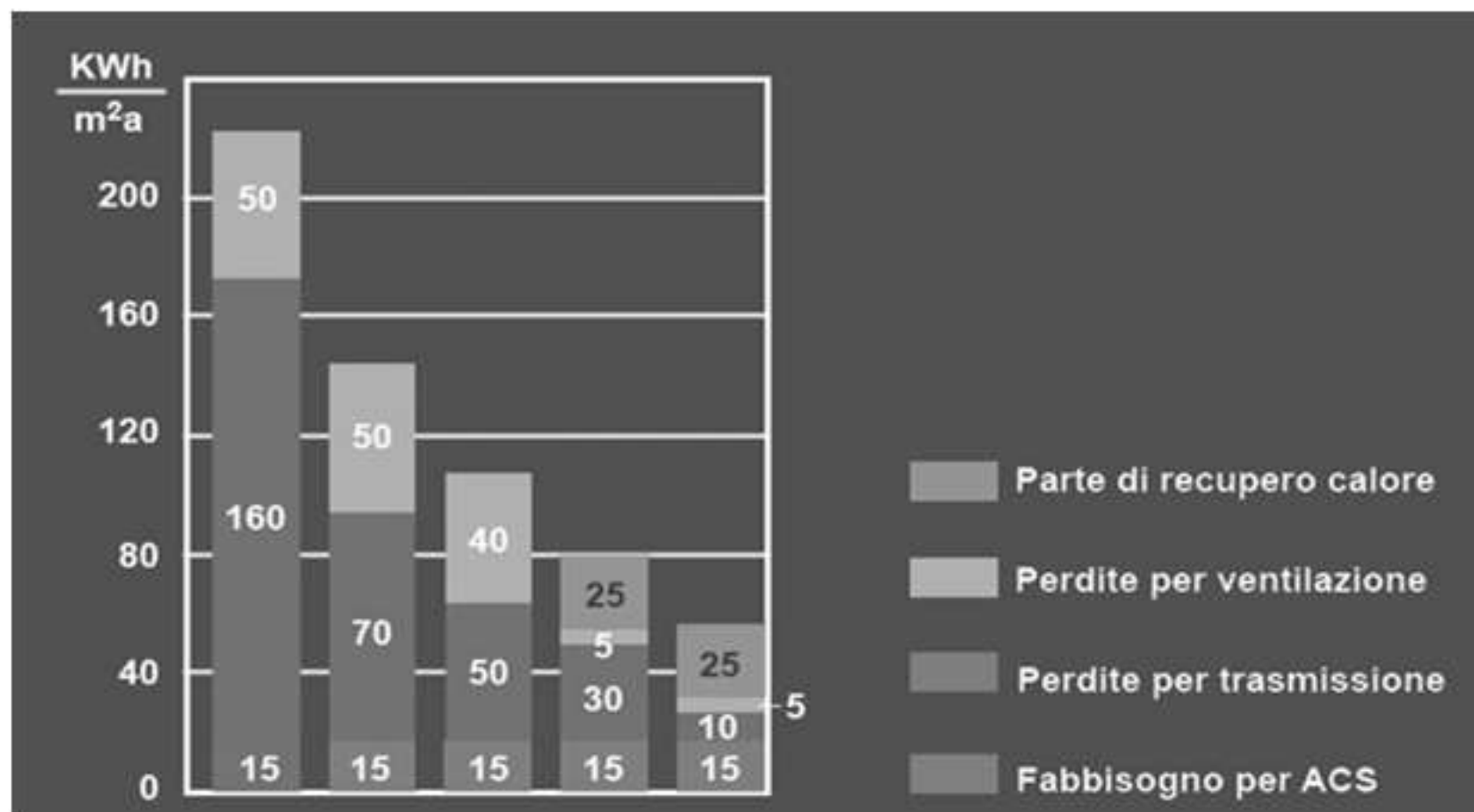
# Edificio a basso consumo - impianti

## Impiantistica per edifici a basso consumo

Gli impianti occupano uno spazio fisico, soprattutto la ventilazione  
v  progettata con cura



# Incidenza delle perdite per ventilazione



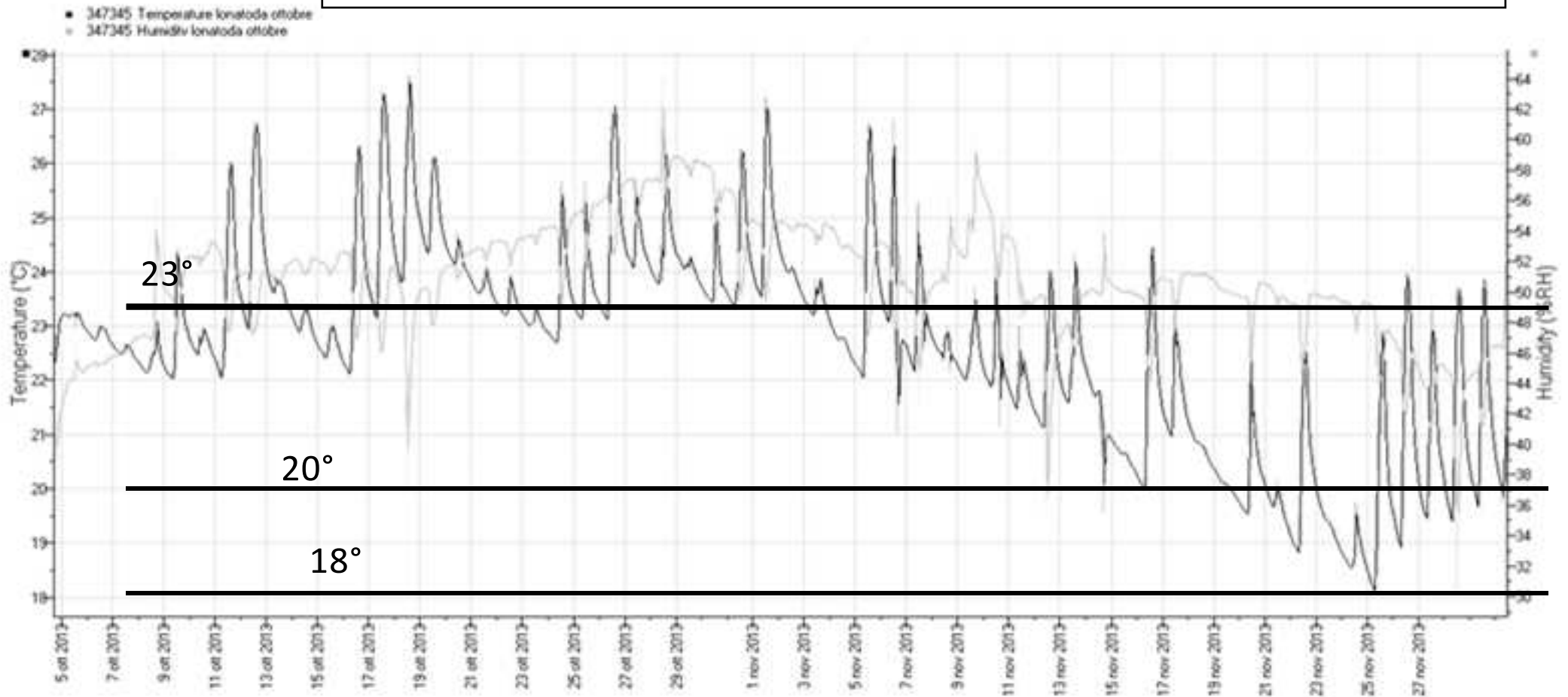
**CasaClima C 70 KWh/m²a**  
potenziale risparmio 25%

**CasaClima B 50 KWh/m²a**  
potenziale risparmio 38%

**CasaClima A 30 KWh/m²a**  
potenziale risparmio 63%

# Edifici ad energia “quasi” zero

Grafico temperatura interna SENZA impianto riscaldamento



# Importanza dei nuovi strumenti

Non è possibile progettare edifici tanto performanti con metodi tradizionali, per arrivare alla riduzione del 90% dei consumi energetici. La progettazione con tecniche e materiali innovativi, necessita anche di controlli accurati per garantire il raggiungimento di parametri fisici e tecnici complessi, indispensabili per raggiungere l'obiettivo di edifici altamente performanti. Per indagare, progettare, e collaudare edifici tanto performanti è necessario conoscere molte norme e specifiche tecniche, ma anche imparare ad utilizzare gli strumenti tecnici attualmente disponibili, sia software per la progettazione, sia strumenti di controllo

# Importanza dei nuovi strumenti

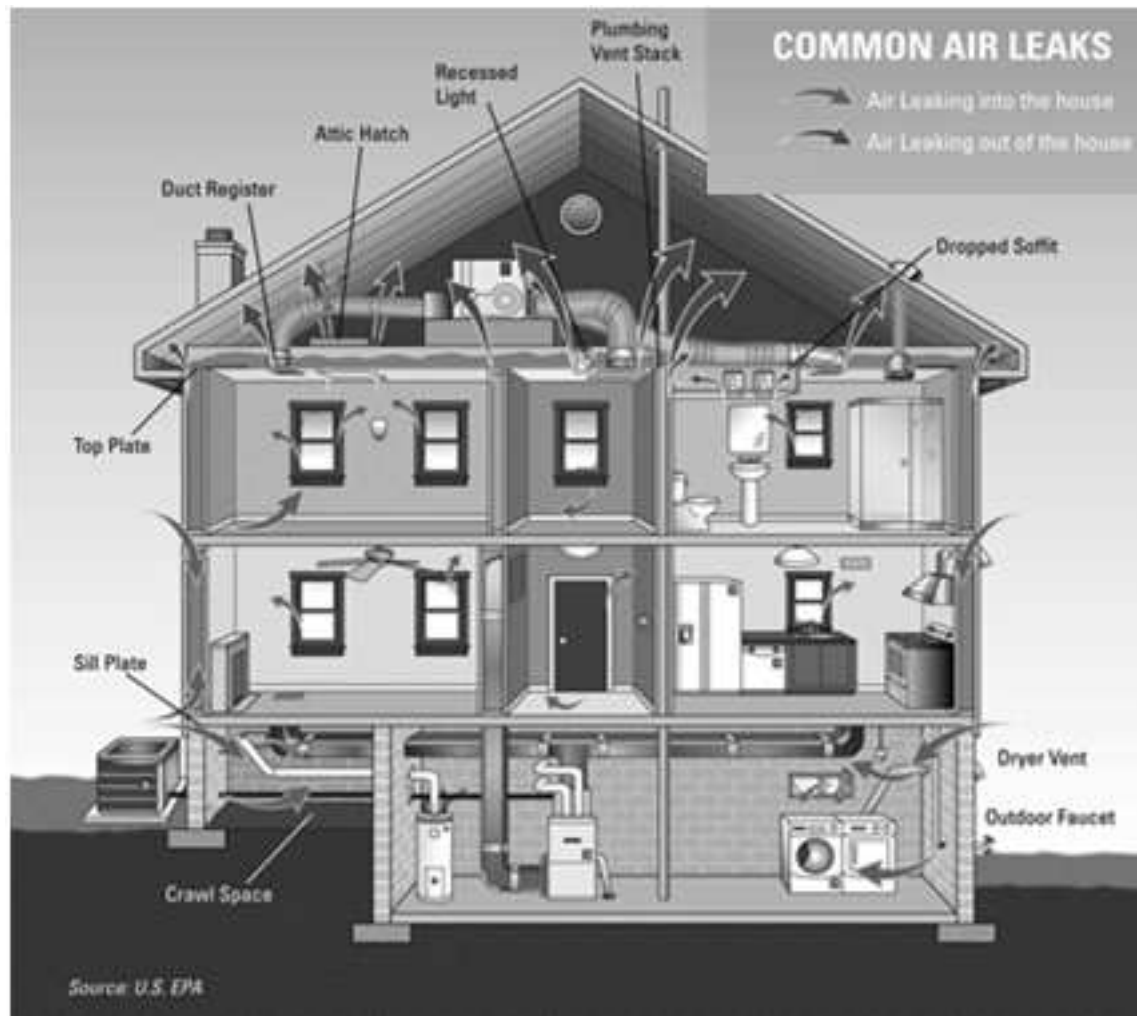
Si definiscono “Prove non Distruttive”, quelle prove e rilievi, condotti impiegando metodi che non alterino il materiale da esaminare in quanto non richiedono l'asportazione di campioni di prova dalla struttura in esame.

Tali prove sono finalizzate a valutare l'integrità dei componenti, di impianti nonché verificare le condizioni delle strutture edili.

Sono considerate non distruttive anche quelle prove mini invasive che necessitano di piccoli prelievi o piccoli interventi invasivi.



# Ermeticità della costruzione



## Tenuta all'aria e al vento

La permeabilità all'aria corrisponde alla capacità dell'edificio di non disperdere energia a causa della fuoriuscita del suo involucro dell'aria calda presente al suo interno.

# Quantità indicative di umidità nelle abitazioni

ATTIVITA	Produzione acqua g/h
Persona con attività leggera	30-60
Persona con attività media	120-200
Persona con attività leggera	200-30
Vasca da bagno	Circa 700
Doccia	circa 2600
Cucinare	600- 1200
Piante e fiori	5-15
Asciugare biancheria con centrifuga	50-200
Stendere la biancheria in casa	100-500

**Sommando le attività si può prendere come parametro i seguenti dati**

Un nucleo familiare di due persone 5-6 litri al giorno

Un nucleo familiare di due persone 10-12 litri al giorno **Acqua da smaltire !!!**

**Ricordiamoci che se da un lato è necessario evitare gli spifferi per evitare condensazioni e muffe, e minimizzare il consumo energetico, dall'altro dobbiamo pensare a come eliminare l'umidità e gli inquinanti o con una ventilazione manuale (difficile da attuare ) o con una ventilazione meccanica controllata**

# Quantità indicative di inquinanti

*Tabella 3.4 - Concentrazione tipica di alcuni inquinanti in residenze*

Inquinante	Unità di misura	Concentrazione media	Concentrazione di picco
CO <sub>2</sub>	(ppm)	500-1000	3000-5000
CO	(ppm)	2-5	25 - 50
NO <sub>2</sub>	(µg/m <sup>3</sup> )		
cucina con fornelli a gas		40-80	300-3000
altre stanze		10-40	50 - 100
SO <sub>2</sub>	(µg/m <sup>3</sup> )		
senza combustione		10-20	50 - 100
con combustione		50-200	500 - 1000
Ozono	(µg/m <sup>3</sup> )	20-40	
VOC	(µg/m <sup>3</sup> )	1000-3000	10000
Vapor d'acqua	(g/kg)	4-10	10 - 15
Particolato sospeso	(µg/m <sup>3</sup> )		
senza fumatori		20-50	100 - 200
con fumatori		40-80	500 - 1000
Radon	(Bq/m <sup>3</sup> )	20-100	500 - 1000*

\* si riferisce ad abitazioni con intensa emissione da parte dei materiali.

# Quantità indicative di inquinanti

**INQUINANTI INDOOR (VOC, PCF, BPC, IPA, radom ...):** i nostri organi li sentono o tardi oppure non li sentono per nulla. E' dimostrato che per eliminarli non serve la ventilazione, ma vanno eliminate le sorgenti di emissione.

**BIOSSIDO DI CARBONIO CO<sub>2</sub> :** Non è quindi la mancanza di ossigeno, quanto le esalazioni di odori da parte delle persone e l'apporto di biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>), dovuto alla respirazione.

UN CONTENUTO DI CO<sub>2</sub>  
TROPPO ELEVATO  
PROVOCA

- SEGNI DI AFFATICAMENTO
- PROBLEMI DI CONCENTRAZIONE
- SENSAZIONE DI ARIA SOFFOCANTE
- SENSAZIONE DI ARIA MALEODORANTE
- SENSAZIONE DI ARIA VIZIATA

# Quantità indicativi di ricambi aria UNI 10339

Parametri di ricambi aria per ventilazione da prevedere secondo norma UNI per il confort negli ambienti. Come vediamo i valori di ricambi sono elevati, mediamente 39,6 mc/h a persona. In tabella i valori sono litri al secondo per persona

Tab. 25 - Valori consigliati delle portate volumetriche specifiche di aria esterna  $W_e'$  [L/s per occupante] oppure  $W_e''$  [L/s per m<sup>2</sup> di superficie in pianta] in edifici adibiti ad uso civile, a livello del mare.

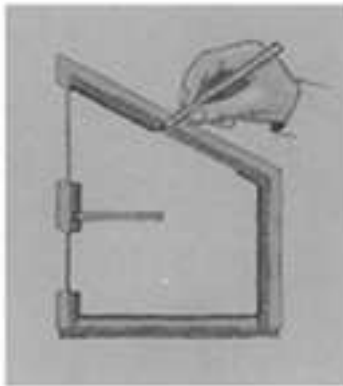
Edifici	$W_e'$	$W_e''$	Edifici	$W_e'$
<u>Abitazioni civili</u>	A persona	per m.q.	<u>Edifici per uffici</u>	
Soggiorni, camere da letto	39,6 mc/h	11	Uffici singoli e open spaces	11
Cucine, bagni, servizi <sup>(1)</sup>	-	-	Locali riunione	39,6 mc/h 10
<u>Alberghi</u>			Centri elaborazione dati	36 mc/h 7
Ingressi, soggiorni	39,6 mc/h	11	Bagni, servizi <sup>(1)</sup>	25,2 mc/h -
Auditori e sale conferenze	19,8 mc/h	5,5	<u>Ospedali, cliniche, case di cura</u>	
Sale da pranzo	36 mc/h	10	Degenze (2-3 letti)	39,6 mc/h 11
Camera da letto	39,6 mc/h	11	Corsie e camere sterili	39,6 mc/h 11
Bagni, servizi <sup>(1)</sup>	-	-	Camere per infettivi <sup>(2)</sup>	-
<u>Residenze collettive</u>			Sale mediche, soggiorni	30,6 mc/h 8,5
Sale riunioni	32,4 mc/h	9	Terapie fisiche	39,6 mc/h 11
Dormitori	39,6 mc/h	11	Sale operatorie, sale parto <sup>(2)</sup>	-
Cucine	-	59,4 mc/h	Bagni, servizi <sup>(1)</sup>	-
Bagni, servizi <sup>(1)</sup>	-	-		

# Blower door test: termini e definizioni

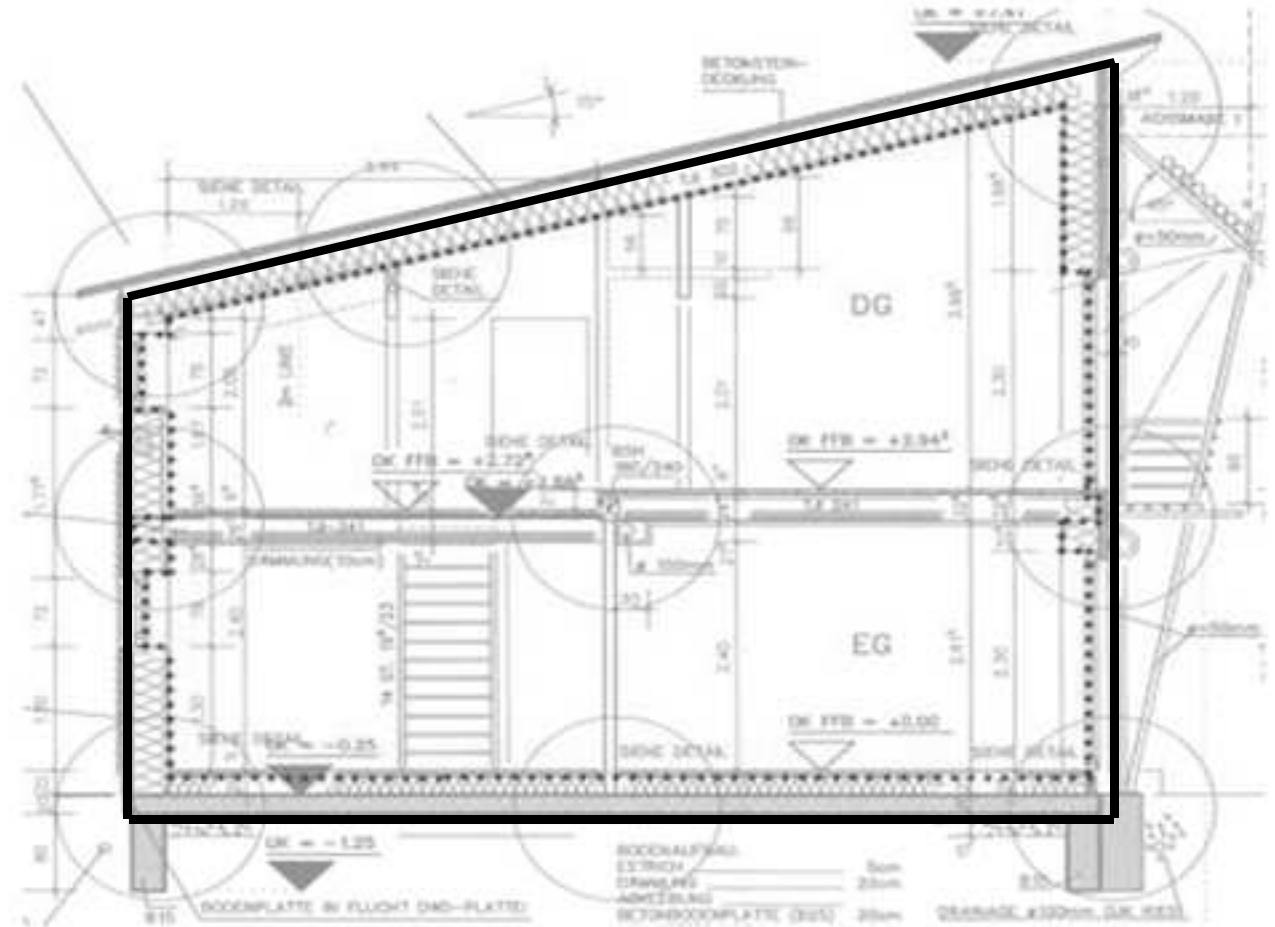
**Tenuta all'aria** di un involucro si ottiene con uno strato a tenuta. Questo strato impedisce la corrente d'aria dall'interno verso l'esterno e viceversa. Lo strato a tenuta all'aria è situato normalmente sul lato caldo dell'involucro e può anche assumere la funzione di freno a vapore.

**Tenuta al vento** impedisce che aria umida e fredda possa penetrare dall'esterno all'isolante. Lo strato per la tenuta al vento è situato all'esterno della costruzione.

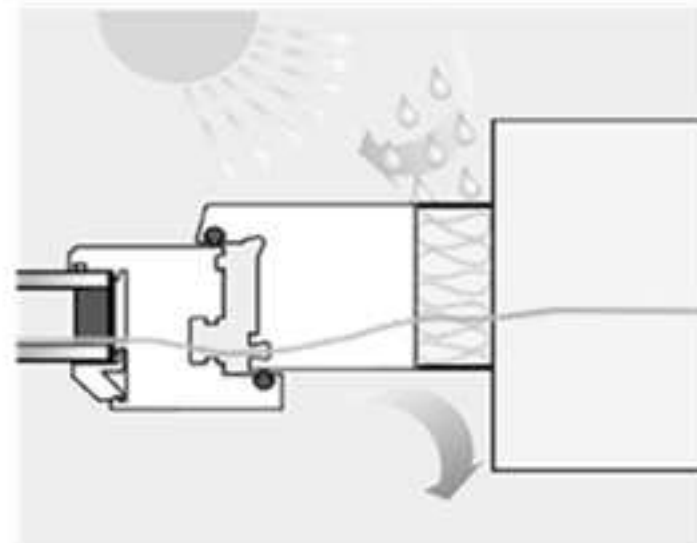
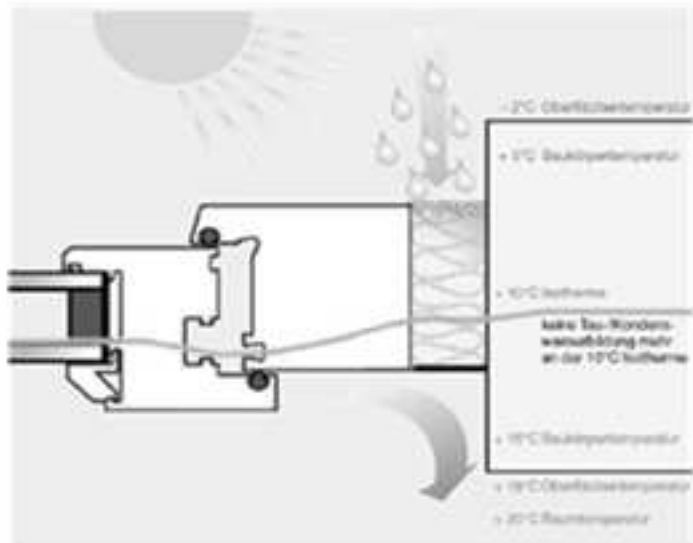
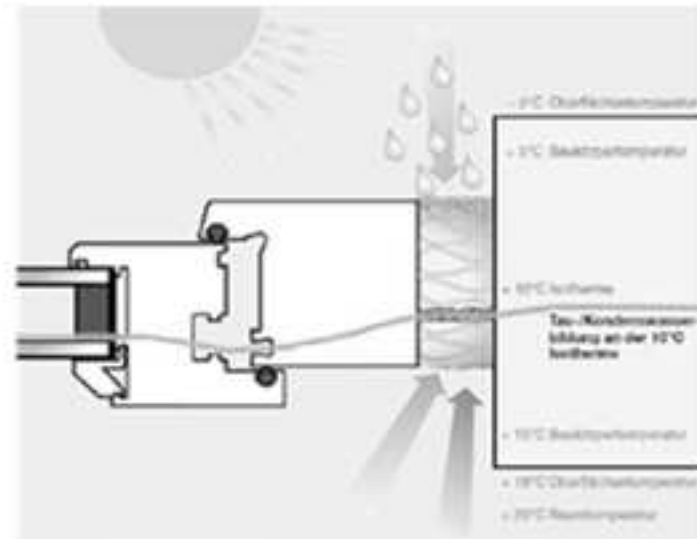
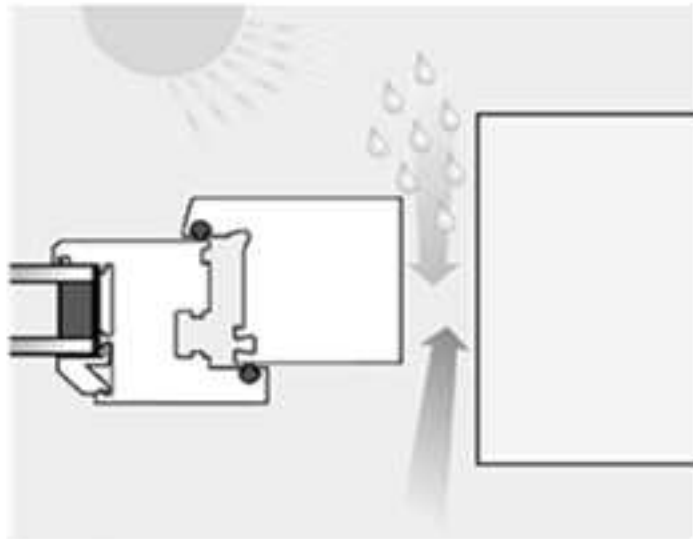




## Perché farla .....?



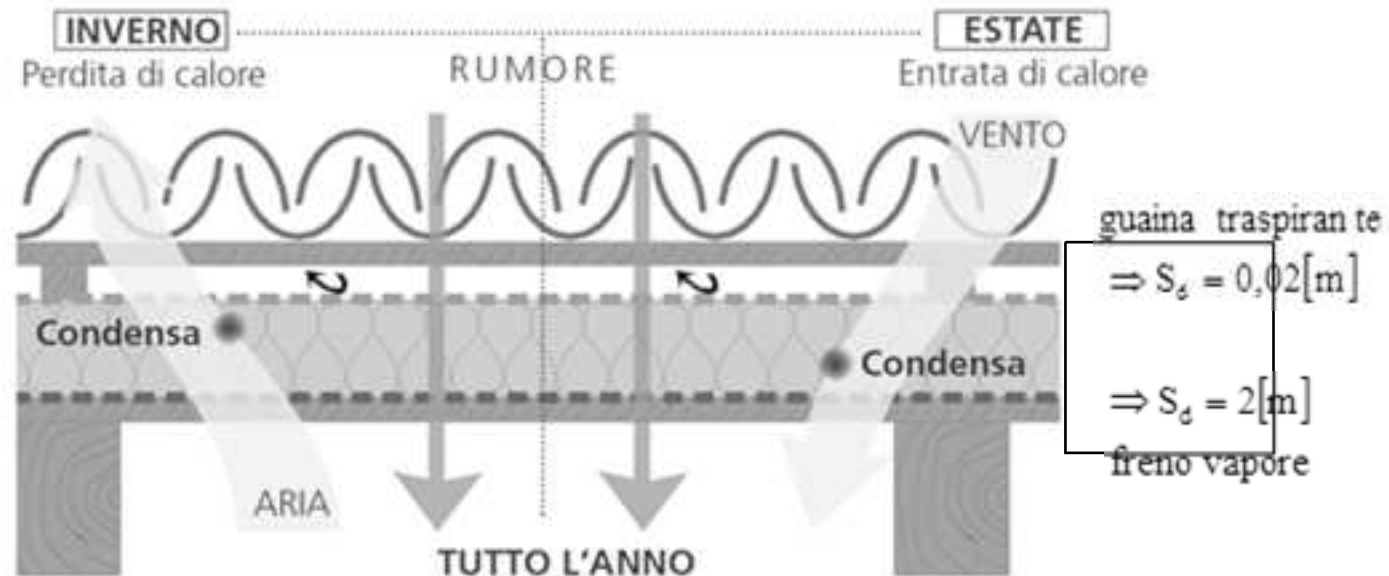
# Tenuta all'aria ed al vento





# Tenuta all'aria ed al vento

Due strati ermetici ..... oppure due strati a tenuta ?



strato interno di tenuta all'aria (per esempio con lo schermo al vapore)

FRENO VAPORE

strato esterno di barriera al vento (per esempio con membrana ad alta traspirabilità)

TELO TRASPIRANTE

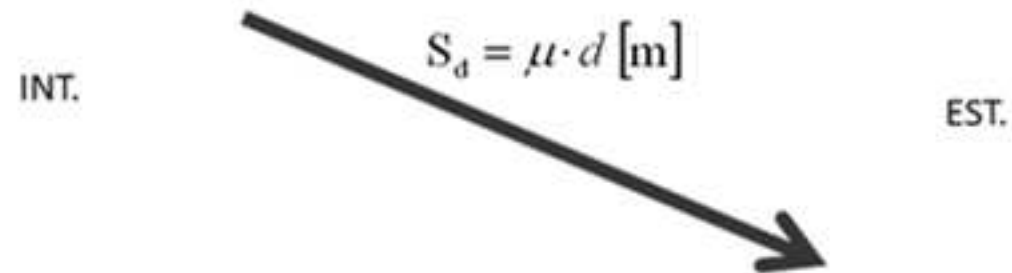
# Tenuta all'aria ed al vento

- Costruire correttamente dall'interno verso esterno sempre materiali con permeabilità maggiore

$$S_d = \mu \cdot d \text{ [m]}$$

$d$  = spessore del materiale attraversato dal flusso di vapore [m]

$\mu$  = resistenza alla diffusione di vapore



Resistenza alla diffusione del vapore  
deve diminuire man mano che vado dall'interno all'esterno

# Tenuta all'aria ed al vento

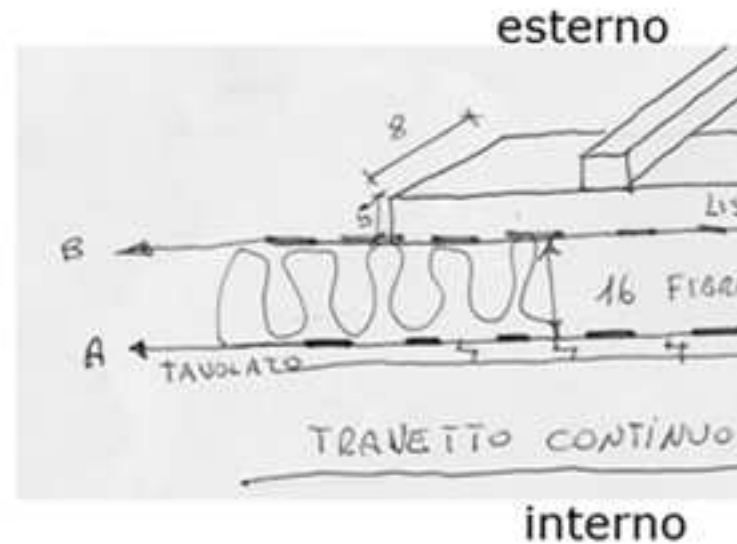
Copertura in legno

B (guaina traspirante)  $\mu = 40 \Rightarrow$

fibra di legno  $\mu = 5 \Rightarrow$

A (freno vapore)  $\mu = 4000 \Rightarrow$

$$S_d = \mu \cdot d \text{ [m]}$$

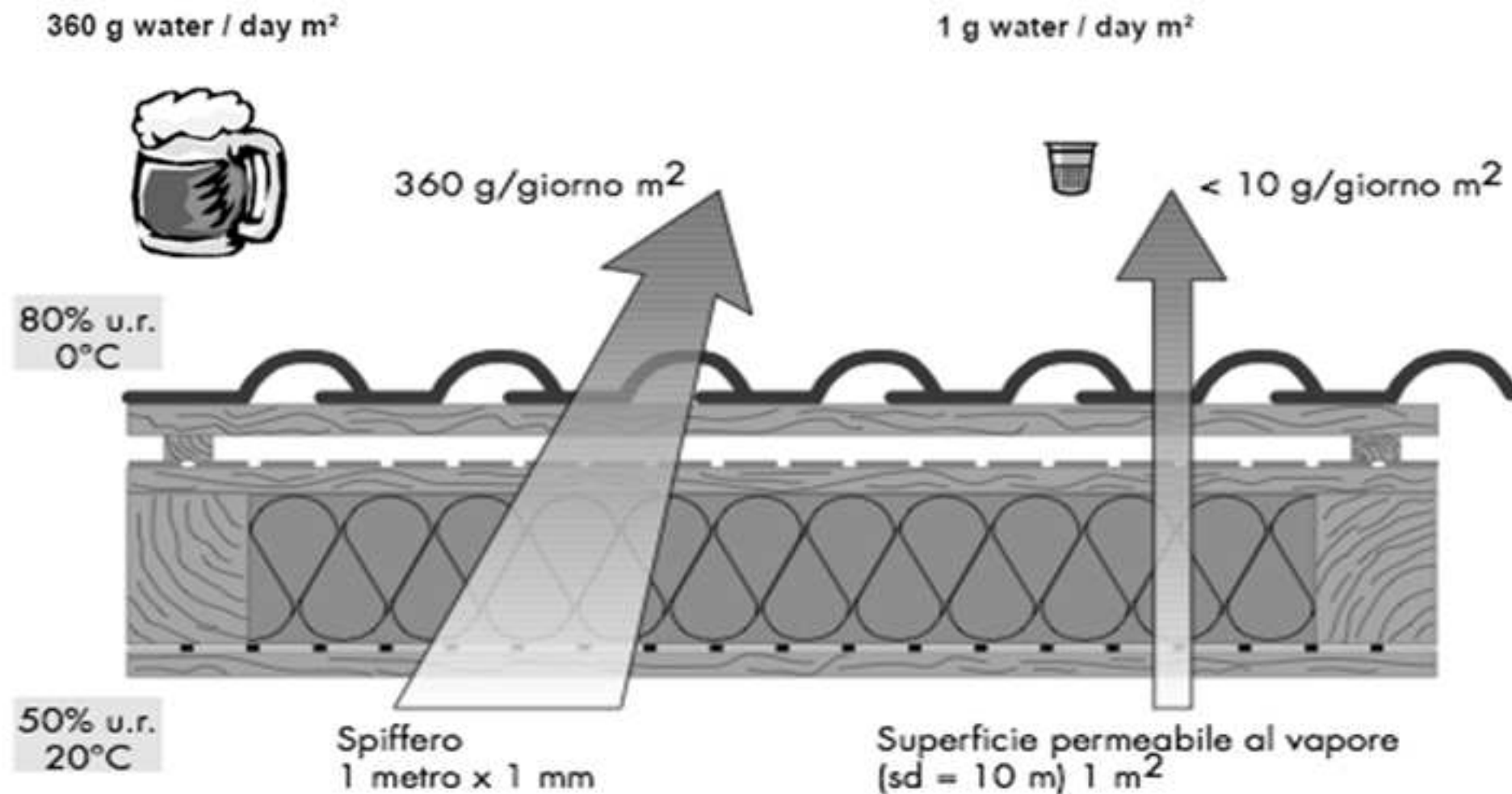


$$B \text{ (guaina traspirante)} \mu = 40 \Rightarrow S_d = \mu \cdot s \text{ [m]} = 40 \cdot 0,0005 \Rightarrow S_d = 0,02 \text{ [m]}$$

$$\text{fibra di legno } \mu = 5 \Rightarrow S_d = \mu \cdot s \text{ [m]} = 5 \cdot 0,16 \Rightarrow S_d = 0,8 \text{ [m]}$$

$$A \text{ (freno vapore)} \mu = 4000 \Rightarrow S_d = \mu \cdot s \text{ [m]} = 4000 \cdot 0,0005 \Rightarrow S_d = 2 \text{ [m]}$$

# Verifica tenuta all'aria con Blower-door test



Immagini tratte dal manuale ditta Riw ega

# GLI STRATI DI TENUTA ALL'ARIA

- INTONACO ..... ? INTERNO o ESTERNO ?
- CLS ..... quali accorgimenti ?
- PANNELLI OSB ..... Quali accorgimenti ?
- BARRIERE VAPORE .....?
- FRENI VAPORE .....?
- TELI TRASPIRANTI .....?
- MURATURA ..... ?

# Punti critici

- **SCATOLE ELETTRICHE**
- **PENETRAZIONI DI: cavi, canali d'aria, condutture idrauliche, camini, cappe**
- **COLLEGAMENTI E CONNESSIONI MAL PROGETTATI**
- **INSTALLAZIONI NEL MURO (cassonetti avvolgibili, cassette di scarico dei WC ...**

# **Materiali non adatti alla tenuta all'aria**

- **Mattoni non intonacati e giunti di malta ( intonacare prima di agganciare tubi o sanitari)**
- **Pannelli in truciolato o in fibra di legno leggeri (flessibili)**
- **Teli perforati/tagliati**
- **Pannelli in polistirene rigido**
- **Perline e simili ( anche maschio – femmina)**

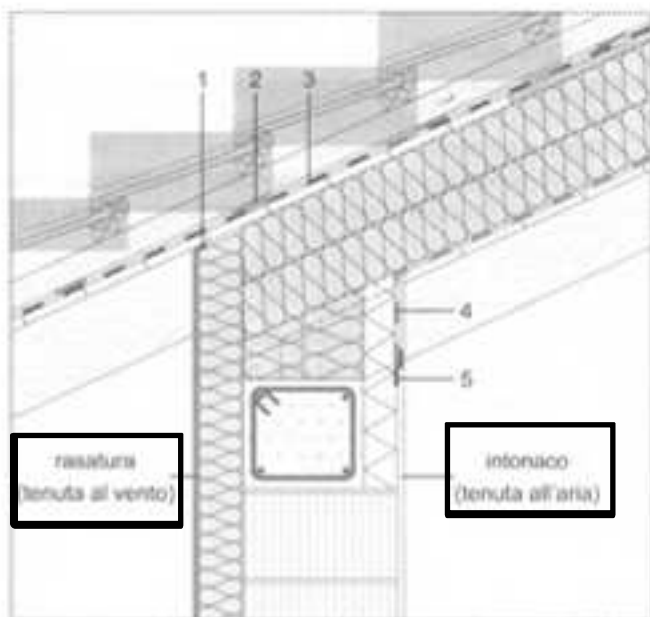
# **Giunti non adatti alla tenuta all'aria**

- **Nastro da pacchi**
- **Cemento troppo secco o troppo umido**
- **Nastrature sulla muratura (senza primer o con collante sbagliato)**
- **Schiume in PU auto espandenti**
- **Giunzioni approssimative di silicone**
- **Pareti in muratura senza nessun cappotto**

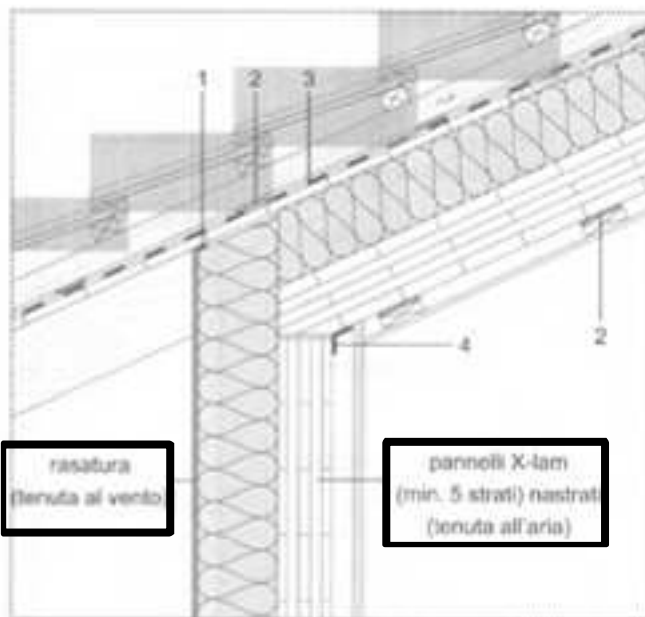


# Tenuta all'aria ed al vento

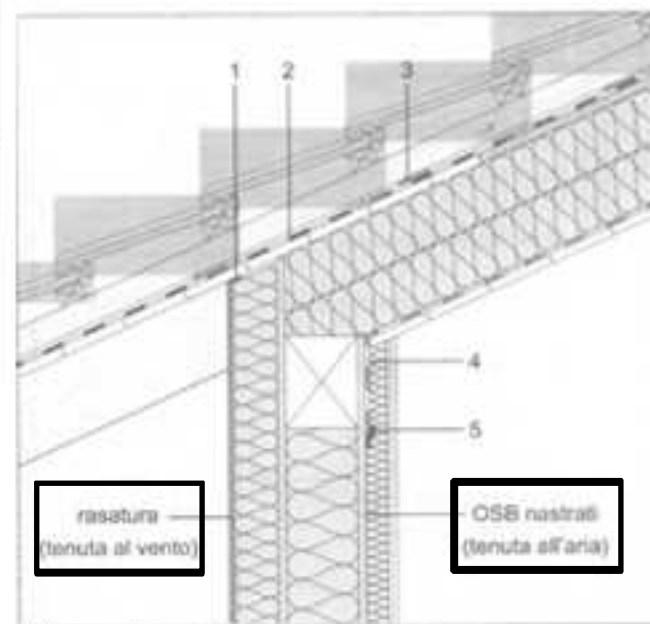




Struttura  
muratura in

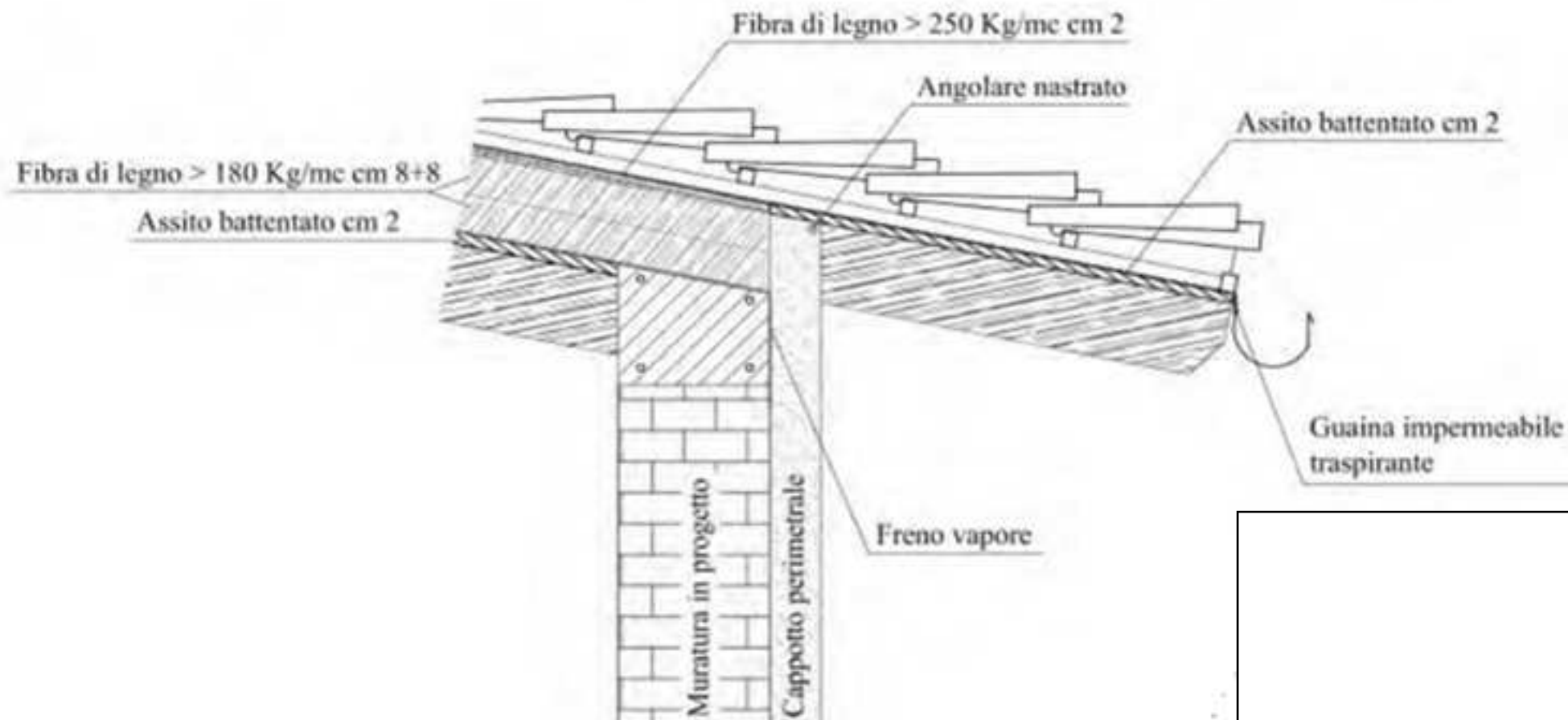


Struttura in legno X-  
lam

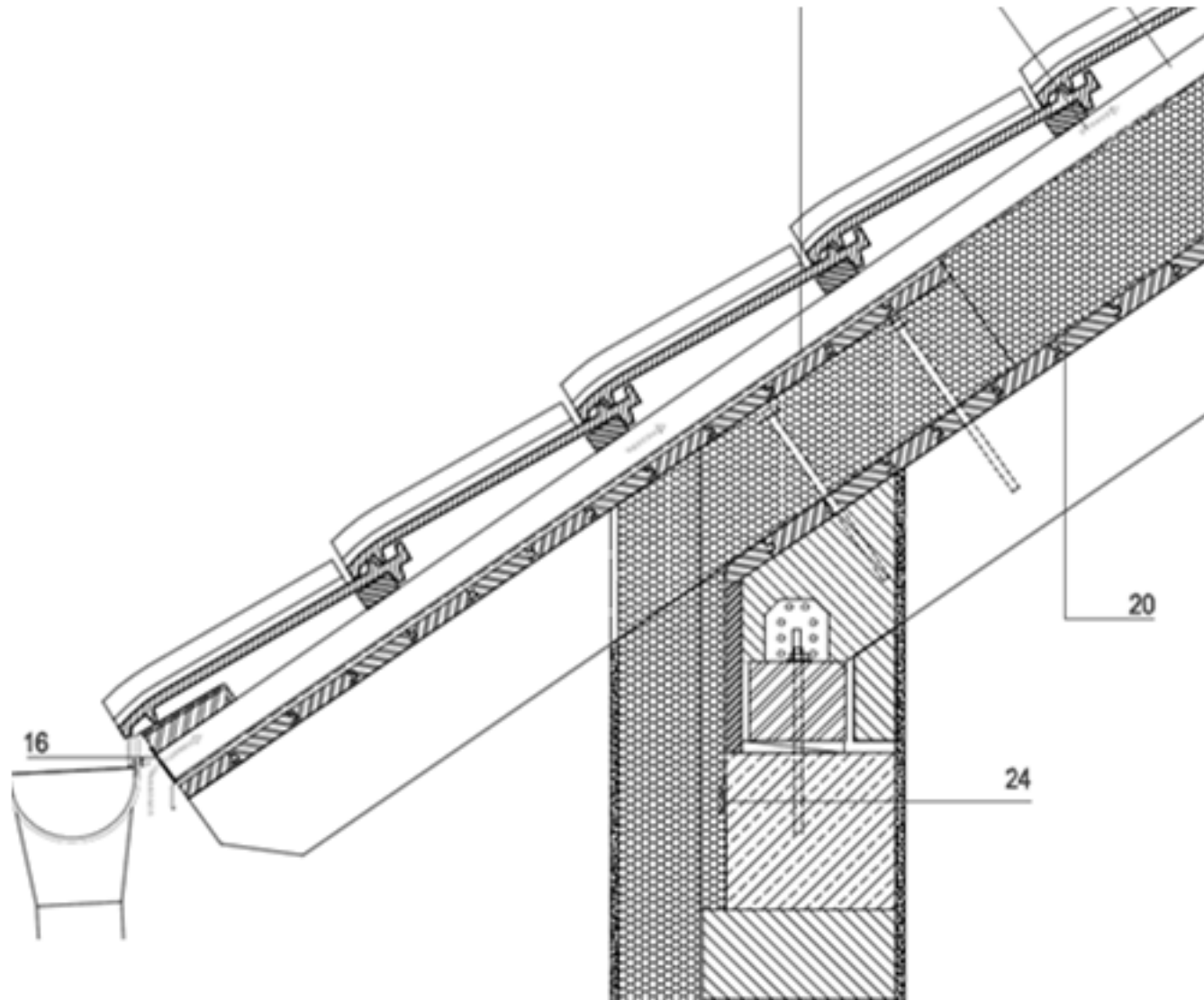


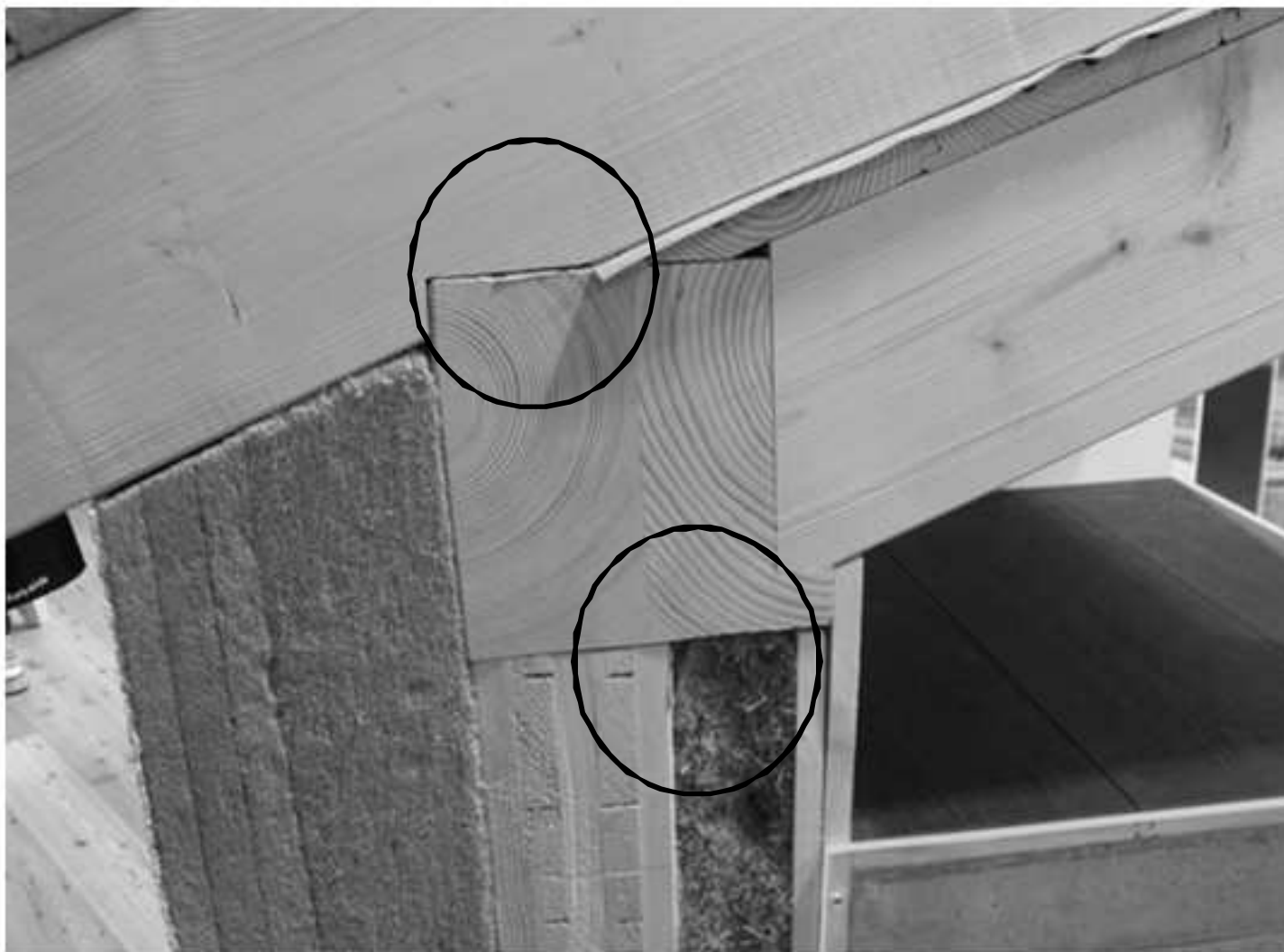
Struttura in legno a telaio

# Tenuta all'aria ed al vento



# Tenuta all'aria ed al vento

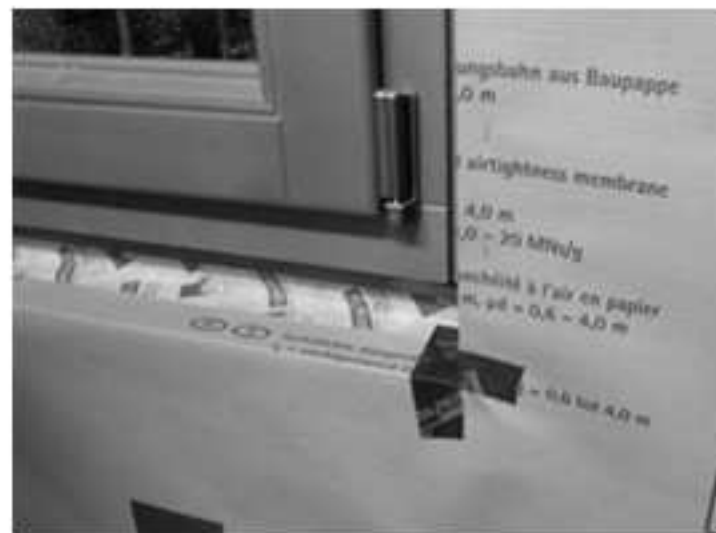




# Componenti



# Componenti



# Componenti



Fonte: Riwega

Fone: Riwega



# Componenti



Doppelt dicht für Leer- und Heizungsrohre



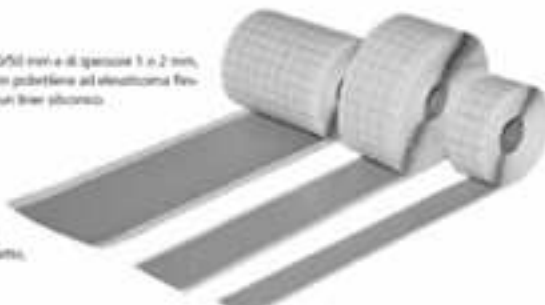
# Componenti

## Descrizione

Bandella adesiva butilica di larghezza 150/90/50 mm e di spessore 1 e 2 mm, rivestita sulla superficie superiore da un film in polietilene ad elevata resistenza flessionale e protetto nella parte sottostante da un liner siliconico.

## Utilizzo

Per l'impermeabilizzazione all'acqua, all'aria e al vento di tutte le interruzioni delle membrane ad alta traspirazione USB. Rivestire stovole alla presenza di fessure da tetto, carni, stadi o altre aperture.



## Descrizione

Banda autoadesiva in colla butilica da 15 mm di larghezza e 2 mm di spessore, esente da solventi, con caratteristiche di elevata tenuta adesiva ed elasticità. Adesisce a qualsiasi materiale edile (cerchi, travi, intonaci, cemento, legno, GSB, ecc.).

## Utilizzo

Per l'involtaggio di membrane traspiranti o schermi al vapore USB. Rivestire su qualsiasi superficie (cerchi, intonaci, cemento, legno, pannellature rigide, ecc.) con garanzia di tenuta anche nel caso di movimenti (dilatazioni) dei materiali del materiale di supporto.

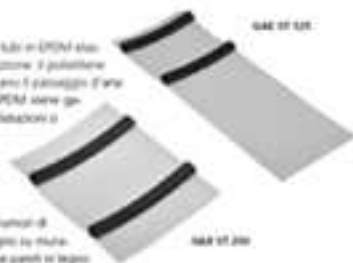


## Descrizione

Guarnizione composta da un foglio in polietilene accoppiato a due tubi in EPDM elastico di diametro 10 mm. La guarnizione garantisce una doppia funzione: il polietilene evita il passaggio di umidità sulle travi in legno, i tubi in EPDM evitano il passaggio d'aria attraverso le giunte lunghe fino a 10 mm. Grazie all'elasticità del EPDM viene garantita la tenuta all'aria, vento, vapori e fuoriusce anche in caso di dilatazioni o ritrazioni degli elementi in legno.

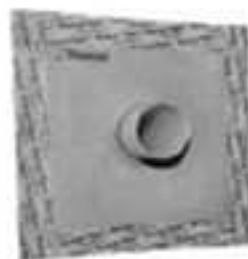
## Utilizzo

Per sigillare e garantire la tenuta all'aria, al vento, ai vapori e ai rumori di tutte le congiunzioni tra le travi di appoggio di tutti gli piani in legno su mura, fusti o basamenti in CLT, oppure tra due travi in legno oppure tra due piani in legno prefabbricati a blocco o a pannello.

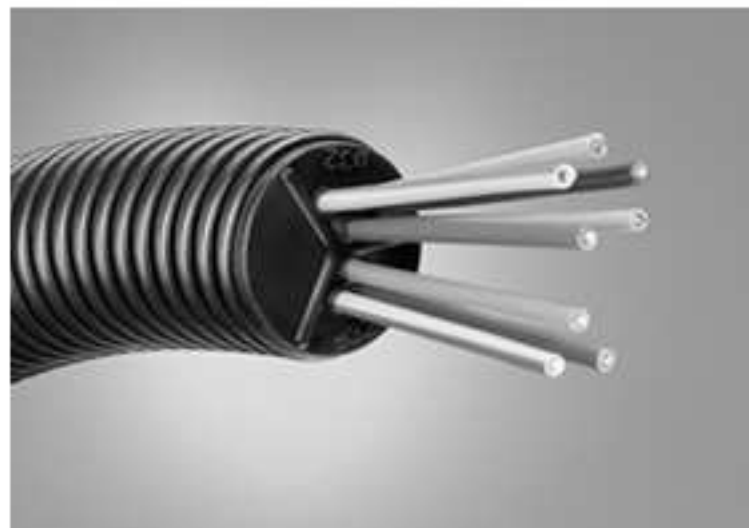


1. Liner siliconico
2. Schiuma poliuretanica elastica

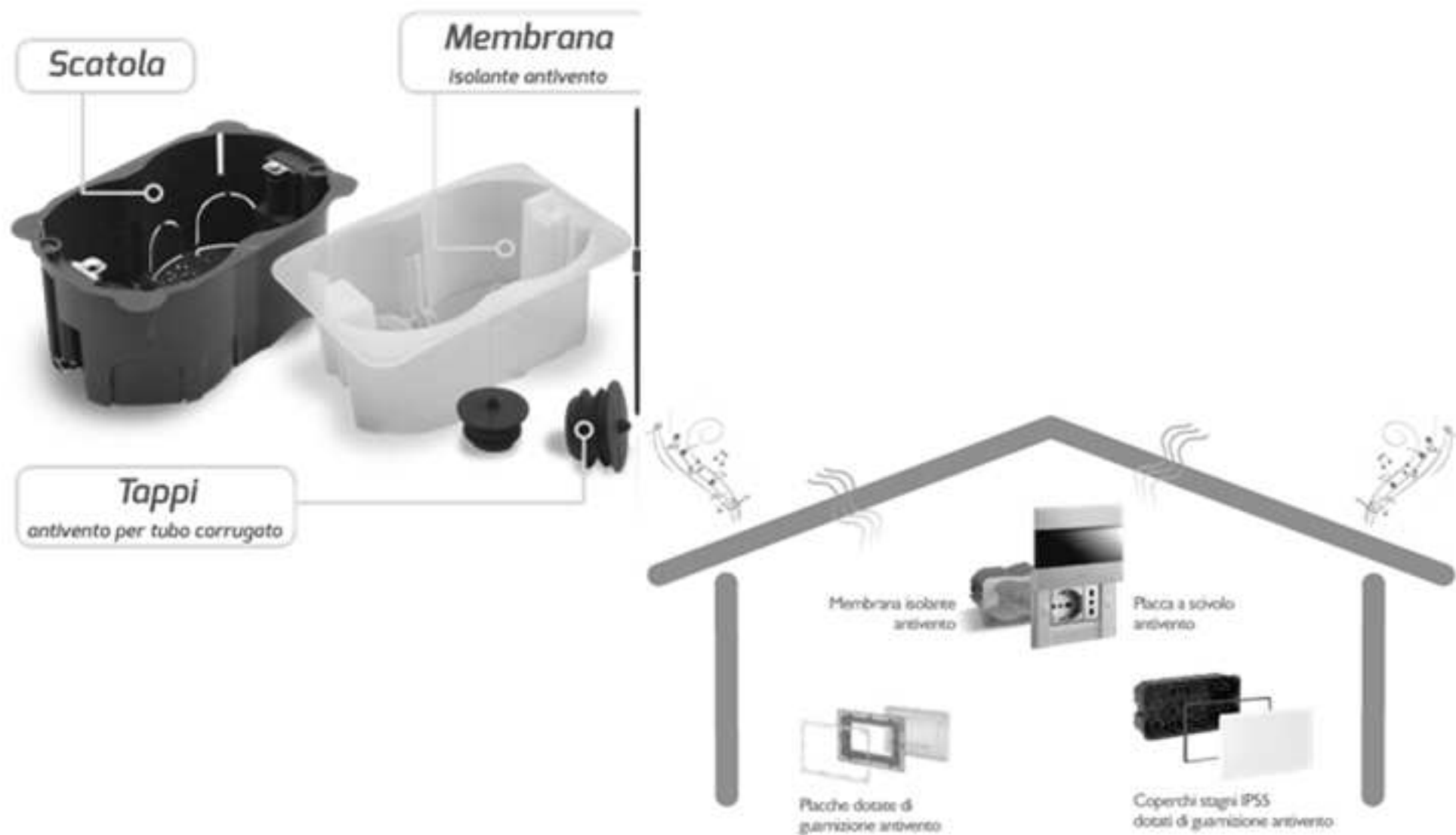
1. 2.



# Componenti

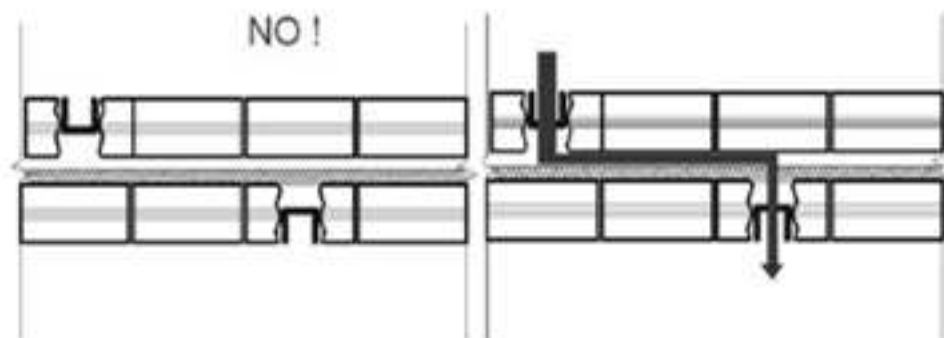


# Componenti

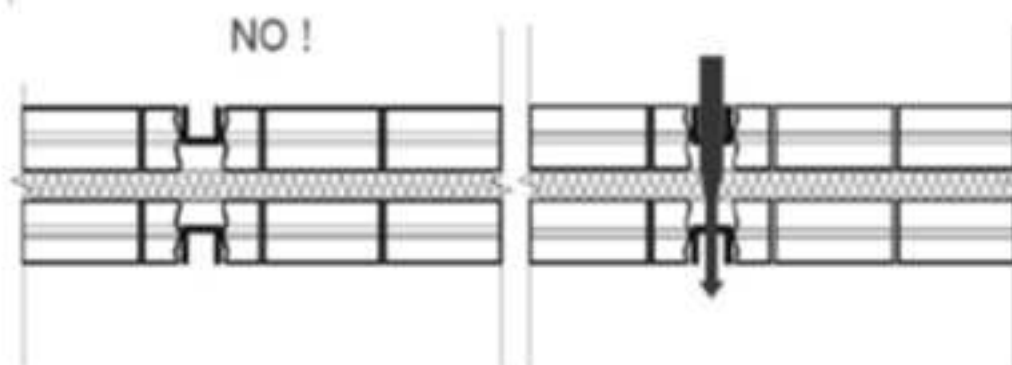


Fonte: AVE spa

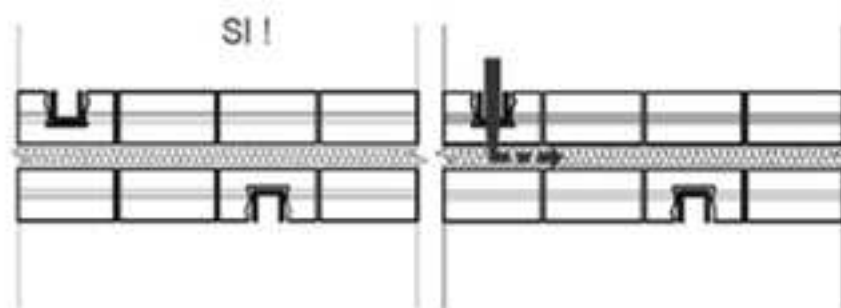
Desolidarizzare in modo idoneo i lati di contatto



Desolidarizzare in modo idoneo i lati di contatto





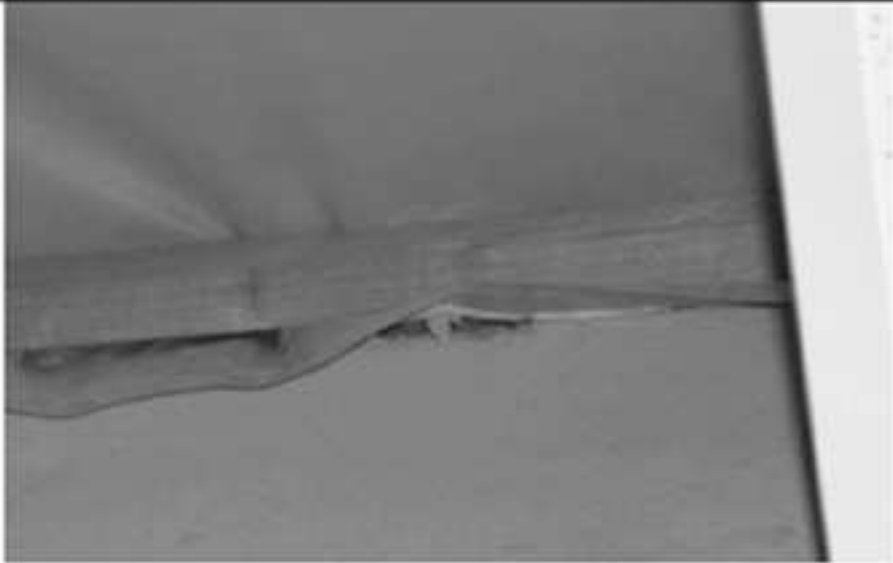

Desolidarizzare in modo idoneo i lati di contatto





Leakage	Possible Solution
<div data-bbox="185 406 624 1042" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="725 459 1088 978" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="185 1098 1059 1273">Outside wall without interior plaster. The air infiltrates the building via the unplastered transversal and horizontal joints.</p>	<p data-bbox="1133 550 2063 863">Apply interior plaster entirely along all massive external walls. Areas behind pipe junctions, at screed level, and surfaces that in the end are covered by gypsum boards must be plastered.</p>

50 Pascal corrisponde a una pressione di 5 kg / mq , 5 millimetri di colonna d'acqua , o vento forza circa 5 Beaufort .

Leakage	Possible Solution
 <p>Damaged vapor barrier foil. It normally also serves as airtight layer.</p>	 <p>Adhesive tapes with particularly high adhesive power can be used for joining foils and boards and can obviously also be used to do rework. The technical specifications of the adhesive tapes specifically state for which surfaces they may be used. Photo: <a href="http://www.proclima.com">www.proclima.com</a></p>

Leakage	Possible Solution
 <p data-bbox="338 1038 1043 1150">Leaky connection of vapor barrier to plastered gable wall.</p>	 <p data-bbox="1256 1038 2130 1214">Apply adhesive mass suitable for bonding different materials. Photo: <a href="http://www.siga.ch">www.siga.ch</a> (also produced by: <a href="http://www.proclima.com">www.proclima.com</a>)</p>



Leakage	Possible Solution
 <p data-bbox="232 1043 1043 1222">Leaking connection between two PE foils caused by the use of the wrong adhesive tape.</p>	 <p data-bbox="1153 1043 2056 1286">Only use adhesive tapes that are approved especially for bonding and establishing the air barrier. Photo: <a href="http://www.proclima.com">www.proclima.com</a> (also produced by: <a href="http://www.siga.ch">www.siga.ch</a>)</p>

## Leakage





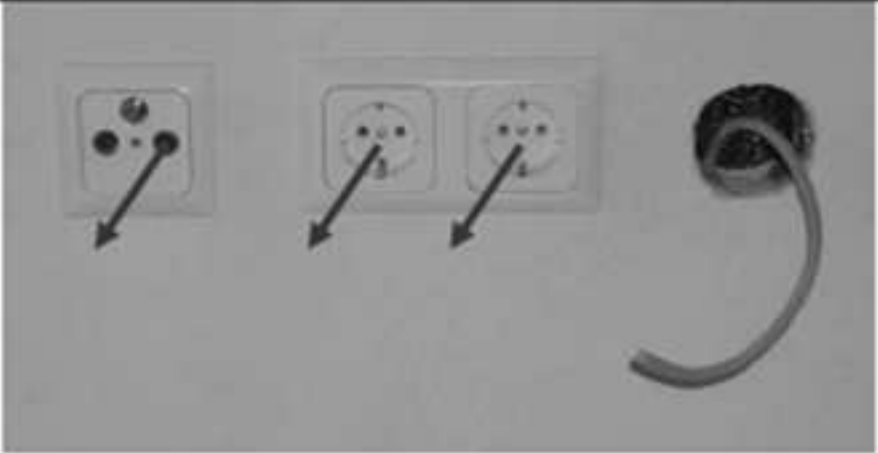

Leaky cable penetration through the vapor barrier in the attic

## Possible Solution



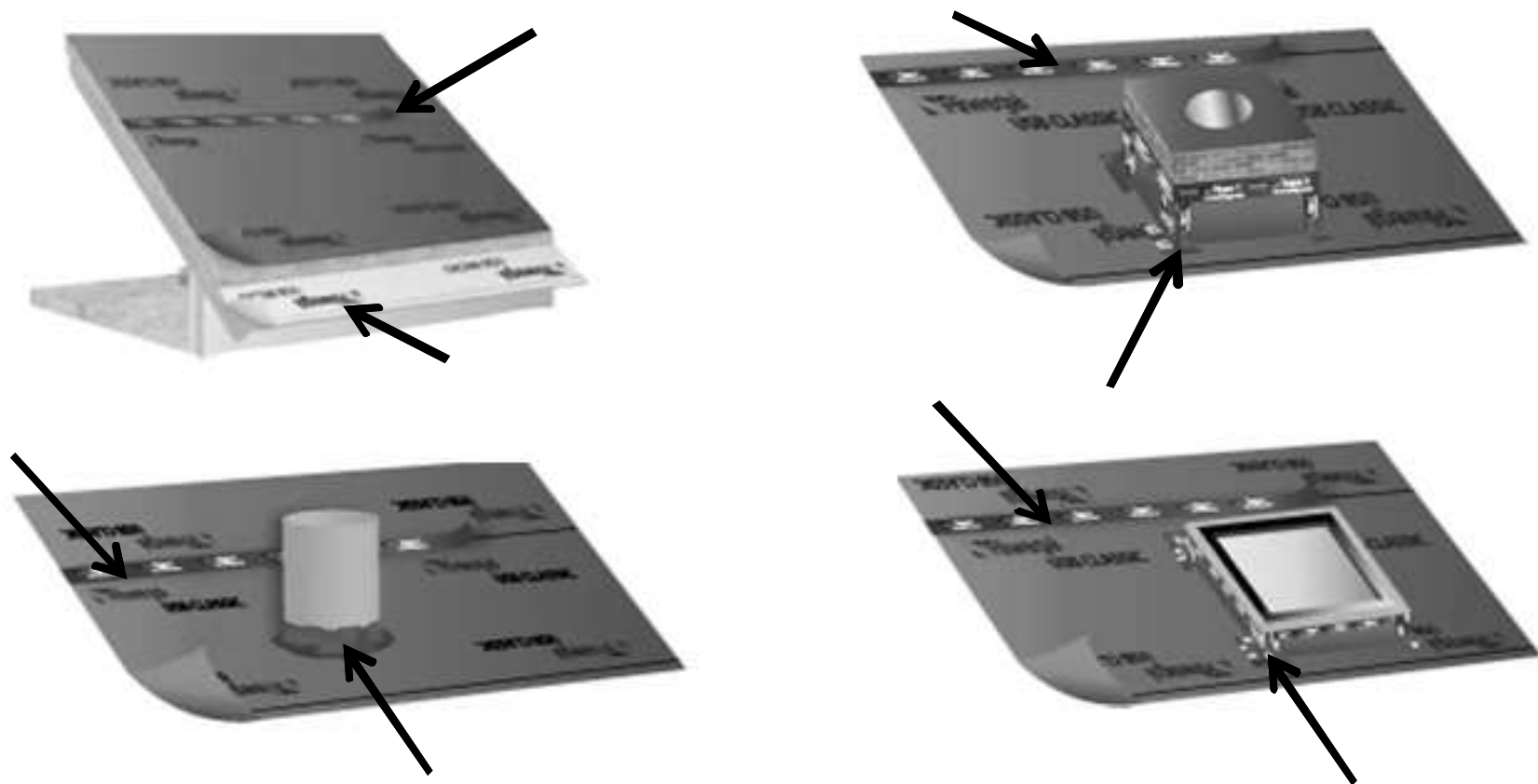
Use sleeves that are adhered to the foil or the board. The cables can still be pushed or pulled through. Photo: [www.eisedicht.de](http://www.eisedicht.de)

Leakage	Possible Solution
 <p data-bbox="264 1034 1059 1198">The sewer exhaust pipe is led through the vapor barrier via the roof to the outside without insulation.</p>	 <p data-bbox="1153 1034 1995 1262">Use collars that are pulled over the pipe and can be bonded to the air barrier. Photo: <a href="http://www.kloeber.de">www.kloeber.de</a> (also manufactured by: <a href="http://www.eisedicht.de">www.eisedicht.de</a>)</p>

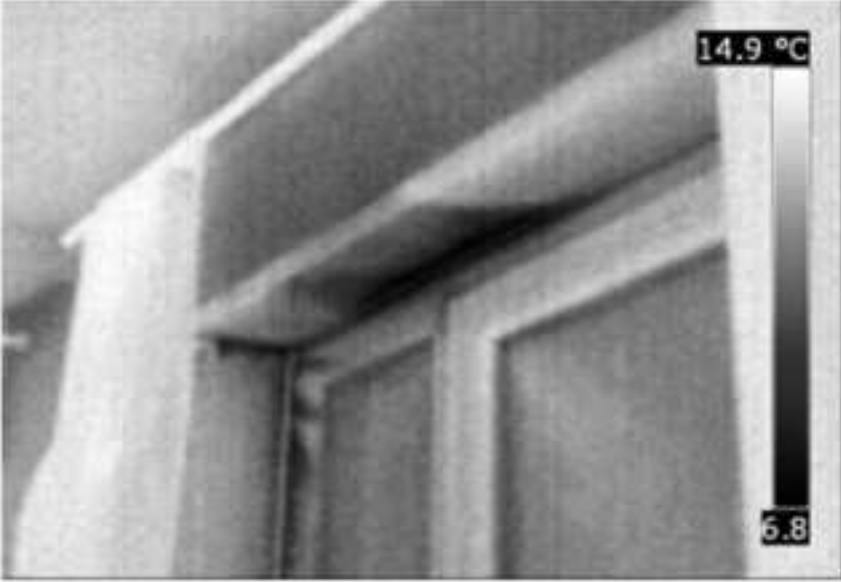
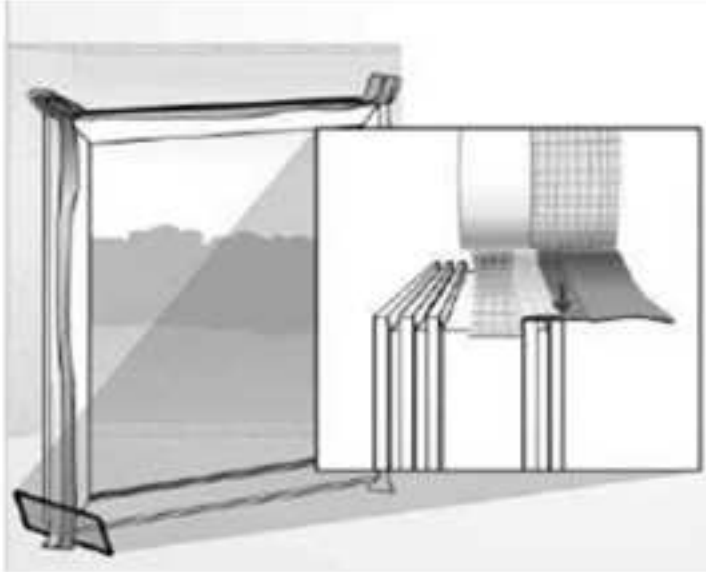
Leakage	Possible solution
 <p data-bbox="257 1077 1064 1125">Air infiltrates through leaking outlet boxes.</p>	 <p data-bbox="1153 1077 2049 1252">Airtight hollow outlet boxes prevent undesired penetration of air. (Available at: <a href="http://www.kaiser-elektro.de">www.kaiser-elektro.de</a>)</p>

# Verifica tenuta all'aria con Blower-door test

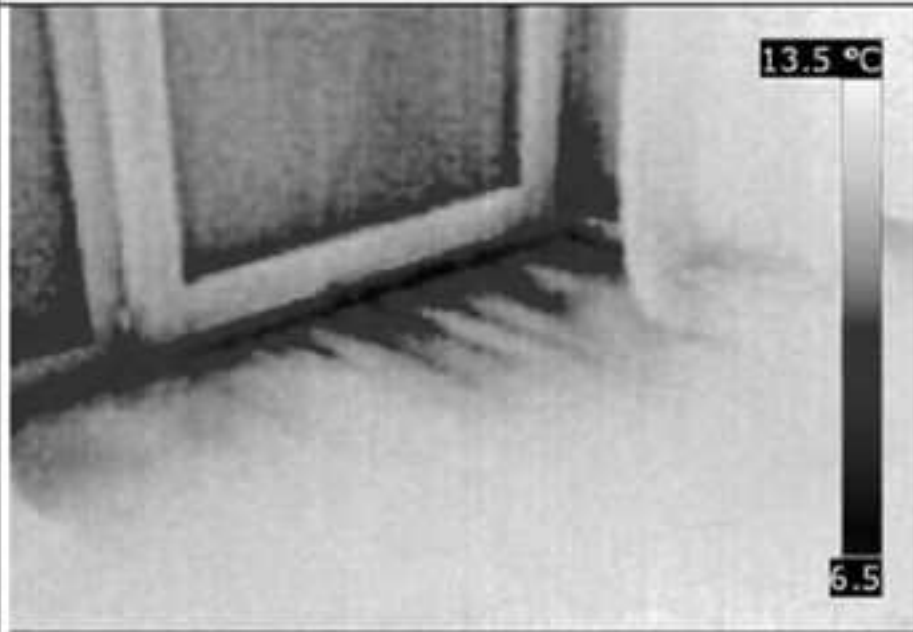
Importanza delle sigillature per evitare i punti critici su tetti in legno



Immagini tratte dal manuale ditta Riwega

Leakage	Possible Solution
 <p>A window panel does not fit tightly to the external wall. The thermogram clearly shows the cooled surface (darker coloring).</p>	 <p>The manufacturer applies for example double-sided adhesive foil, with fleece fabric for fixing to the window frame before installing the window. Source: <a href="http://www.tremco-illbruck.com">www.tremco-illbruck.com</a></p>

## Leakage



A window panel at floor level does not fit tightly to the floor. The thermogram clearly depicts the cooled surface (darker coloring).

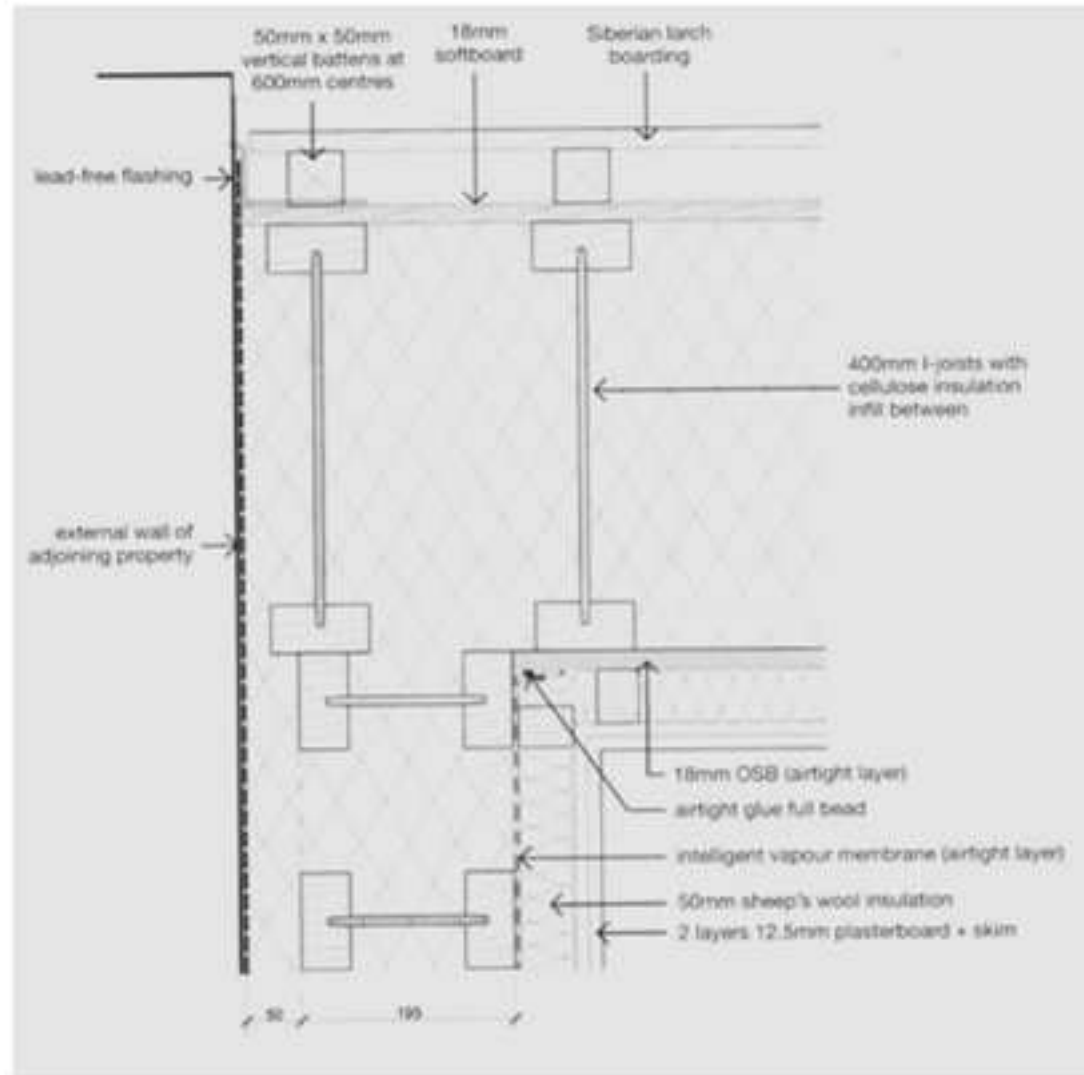
## Possible Solution



Before applying the screed, the window panel must be fitted to the floor with suitable adhesive tape.

Source: Gerband

# Tenuta all'aria ed al vento





# Tenuta all'aria ed al vento



# Tenuta all'aria ed al vento



# Tenuta all'aria ed al vento



# Tenuta all'aria ed al vento



# Tenuta all'aria ed al vento



# Tenuta all'aria ed al vento



# Tenuta all'aria ed al vento

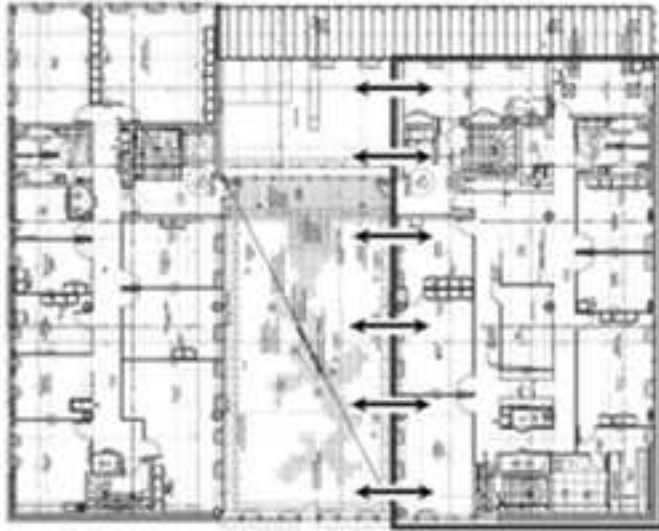


# Tenuta all'aria ed al vento





# Tenuta all'aria ed al vento



*Fig. 1: Partial measurement of a building (red selection) with internal leakages (Source: Wigwam, France)*



*Fig. 2: Internal leakage – cable penetration to an adjacent building section (Source: IngBEU)*

Fonte: **Air Tightness in Passive Houses**  
Dipl.-Ing. Stefanie Rolfsmeier  
BlowerDoor GmbH, Energie- und Umweltzentrum 1,  
D-31832 Springe

# Tenuta all'aria ed al vento



16. parete di est. Isolante dietro il cartongesso. L'aria passa dagli impianti dietro il cartongesso ed entra in contatto con l'aria di questo capannone. Chiudere e sigillare le aperture di finestra ed anche i fori presenti nel c.a.



17. parete di est. Isolante dietro il cartongesso.



18. parete di est. Isolante dietro il cartongesso. Presenza di impianti passanti.



19. parete di est. Isolante dietro il cartongesso. Presenza di impianti passanti.

# Tenuta all'aria ed al vento



# Tenuta all'aria ed al vento



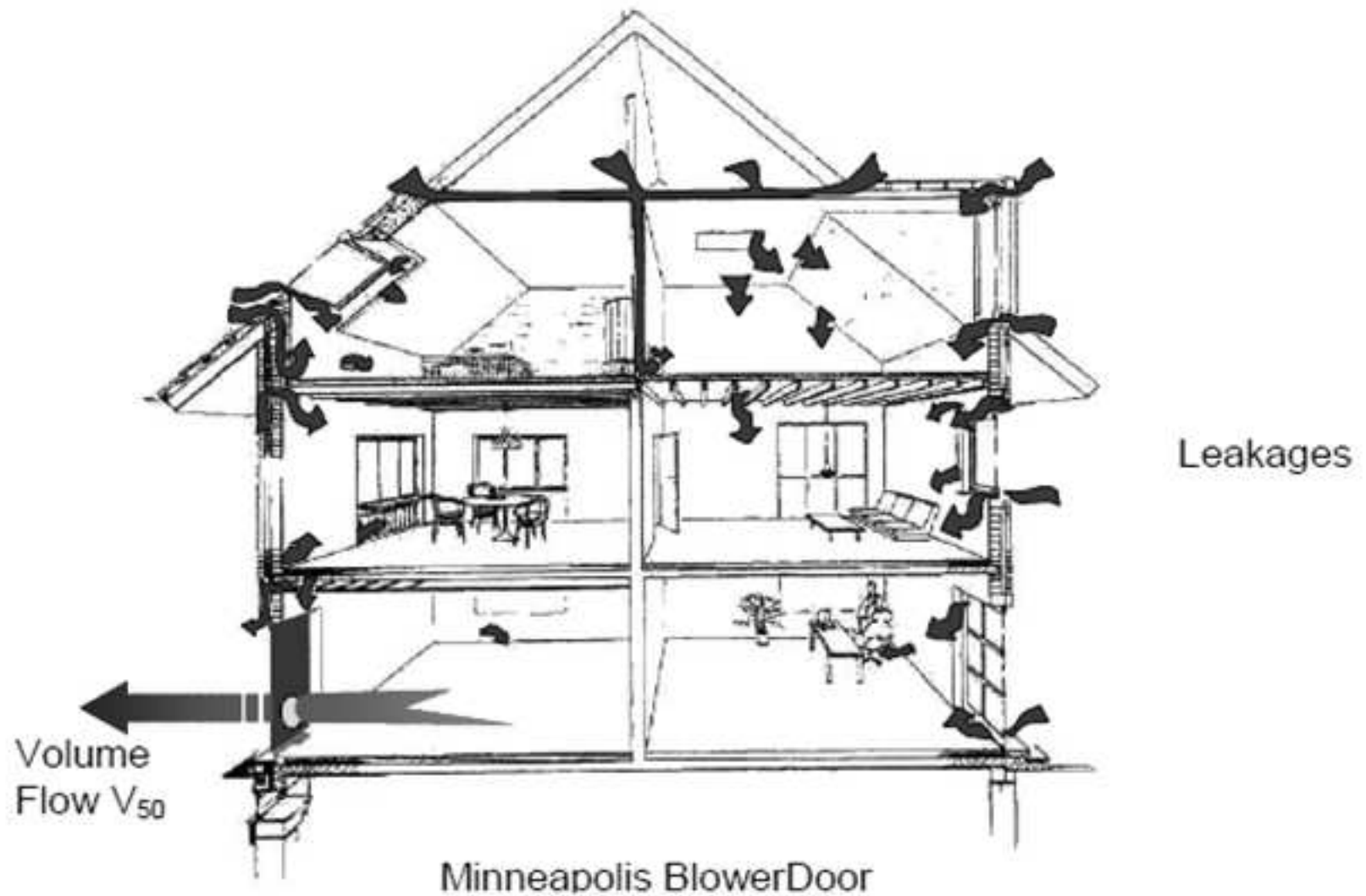
# Tenuta all'aria ed al vento



# Tenuta all'aria ed al vento



# Tenuta all'aria ed al vento



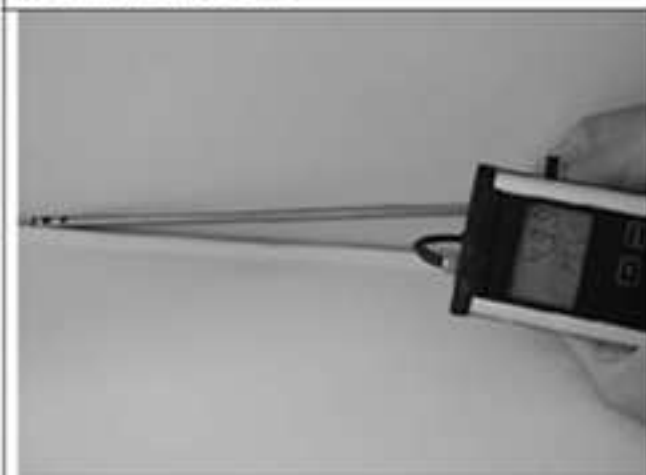
# Tenuta all'aria ed al vento



10. presa corrente 3,43 m/s



11. presa corrente 3,52 m/s



12. Sportello chiusura impianti 4,99 m/s



13. Sportello chiusura impianti 2,85 m/s



# Tenuta all'aria ed al vento



4. infissi 0,50 m/s



5. sifone aperto dell'impianto di climatizzazione 0,9 m/s

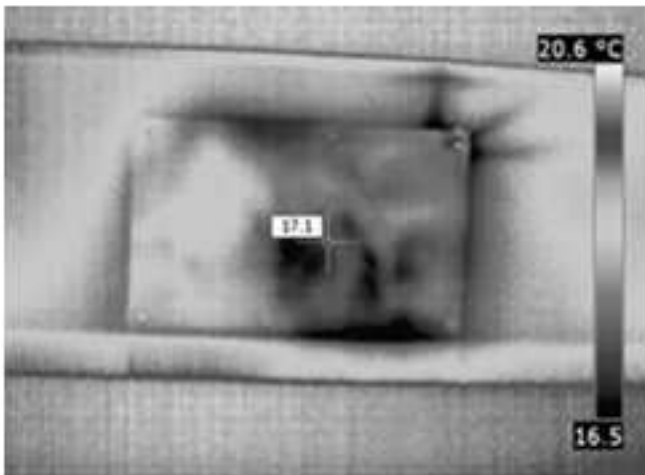
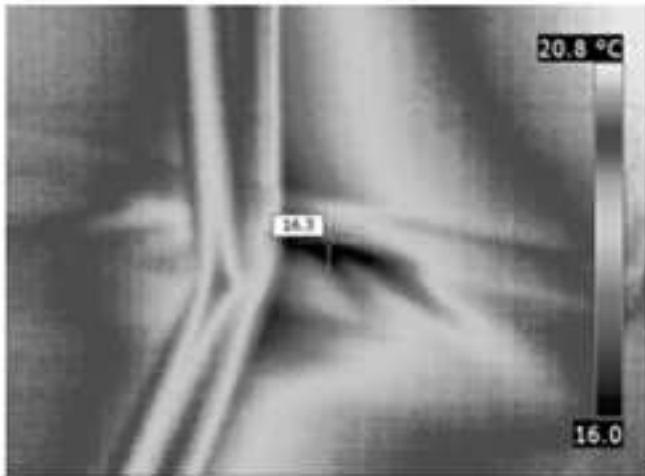


6. vano impianto di climatizzazione 2,57 m/s

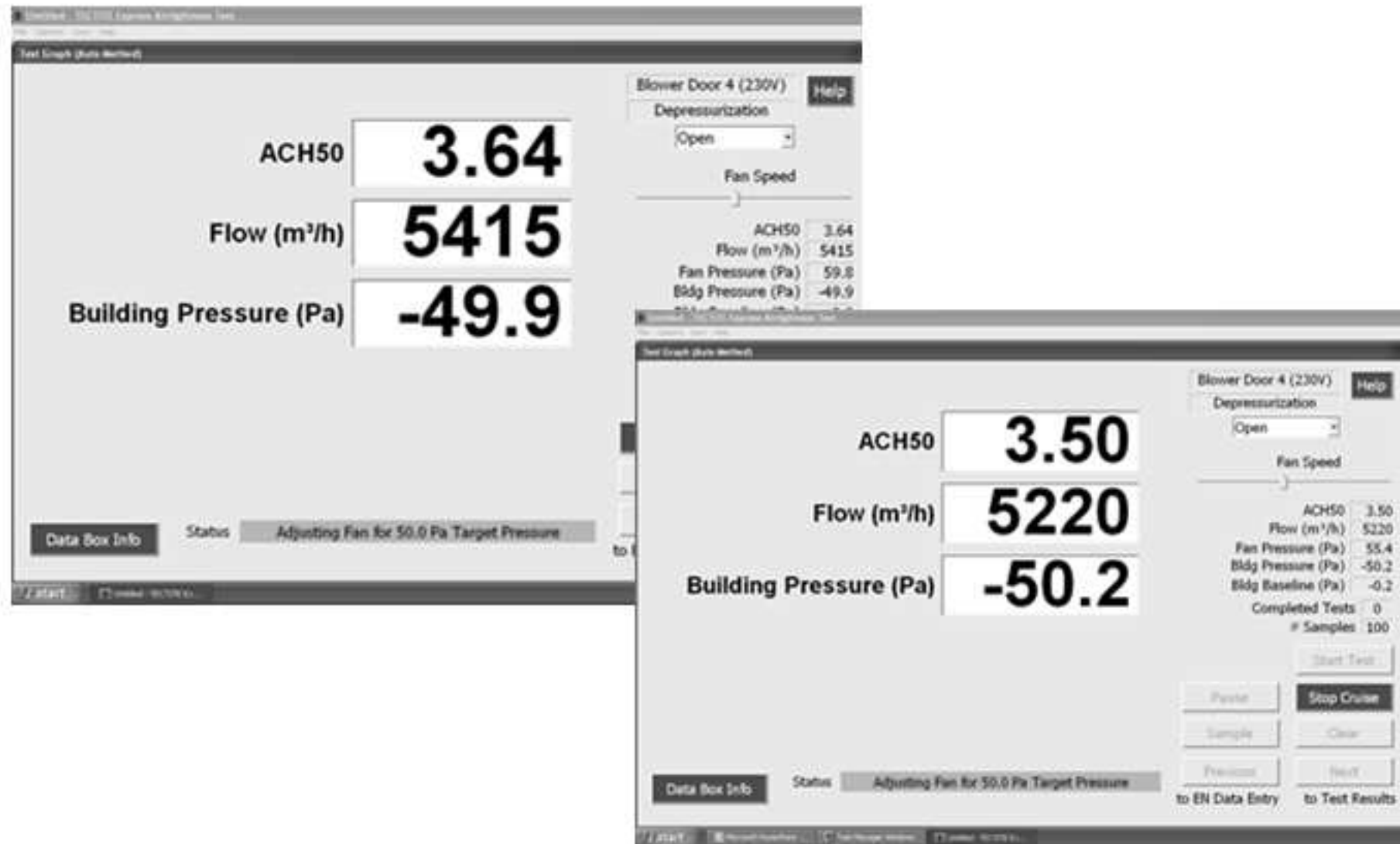


7. quadro elettrico 2,61 m/s

# Tenuta all'aria ed al vento



# Tenuta all'aria ed al vento



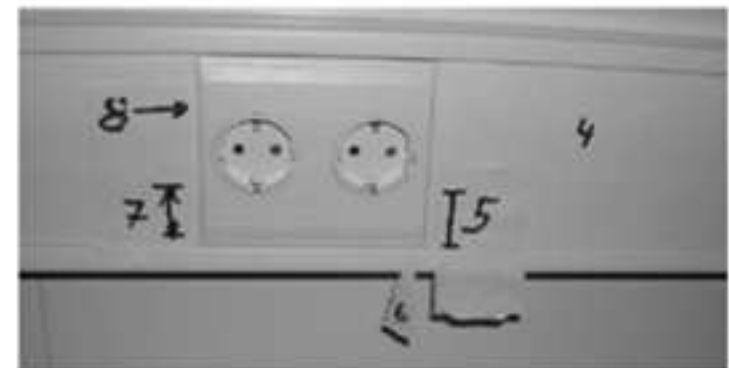
# Strumenti di misura della temperatura



# Strumenti di misura della temperatura



Fig. 3: Air penetration through wall-to-floor joint

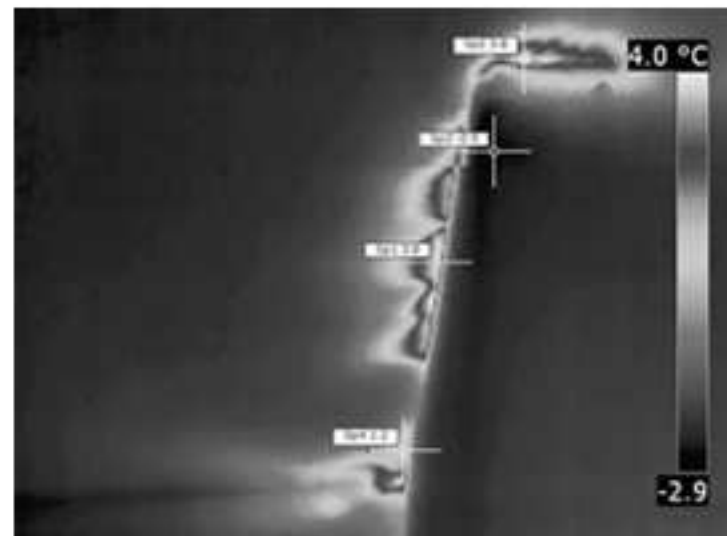


Fonte: **Air Tightness in Passive Houses**  
Dipl.-Ing. Stefanie Rolfsmeier  
BlowerDoor GmbH, Energie- und Umweltzentrum 1,  
D-31832 Springe

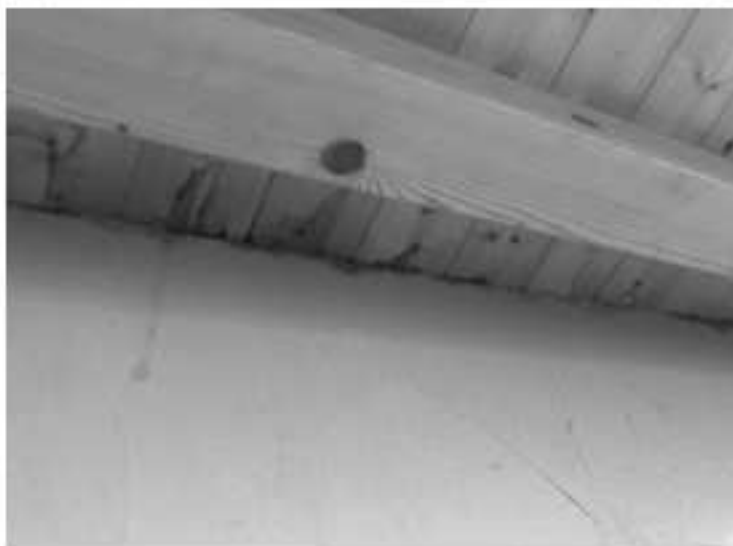
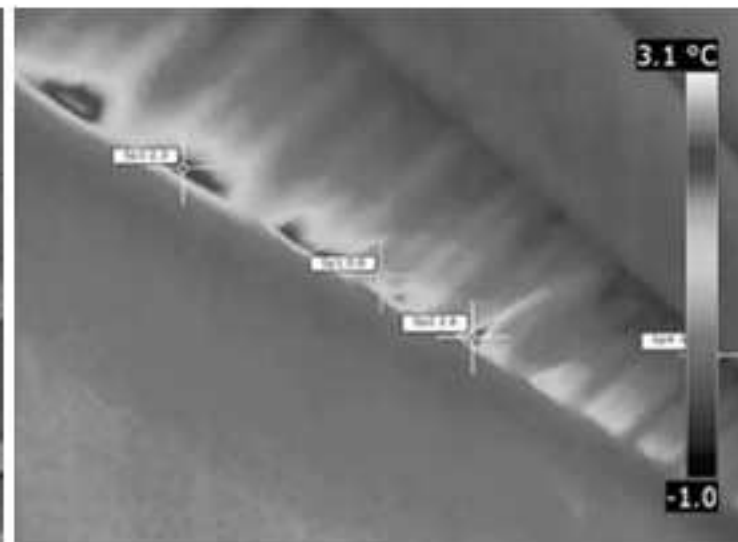
# Tenuta all'aria ed al vento



# Tenuta all'aria ed al vento

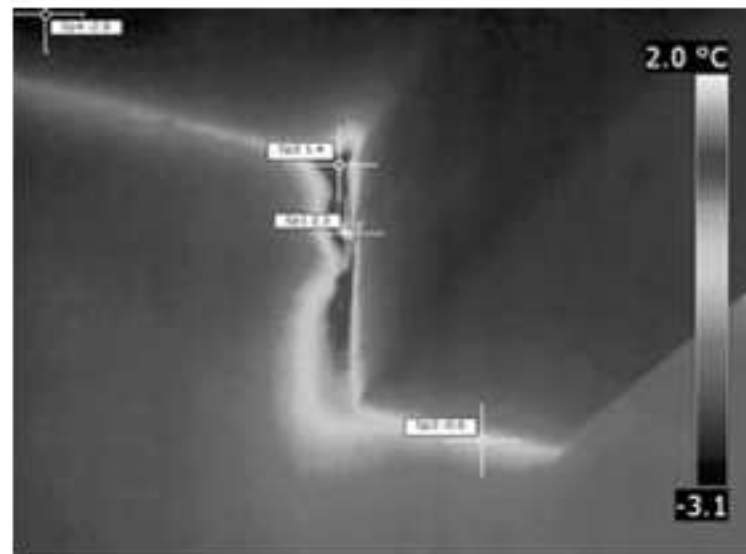
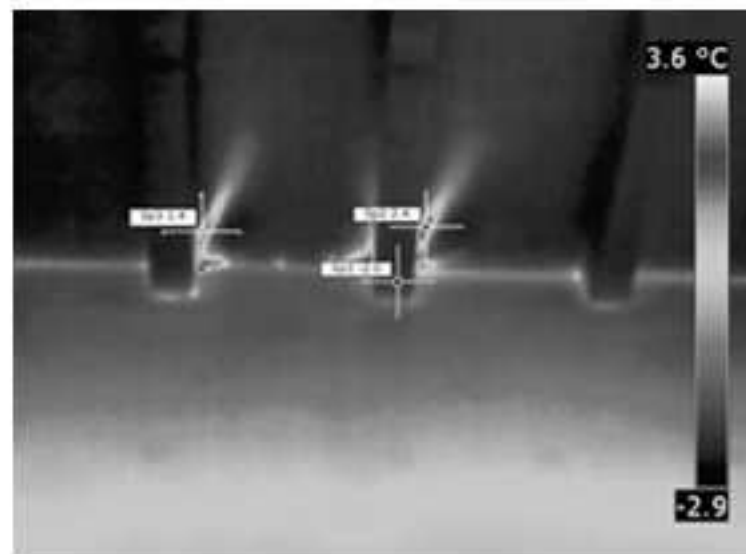


# Tenuta all'aria ed al vento

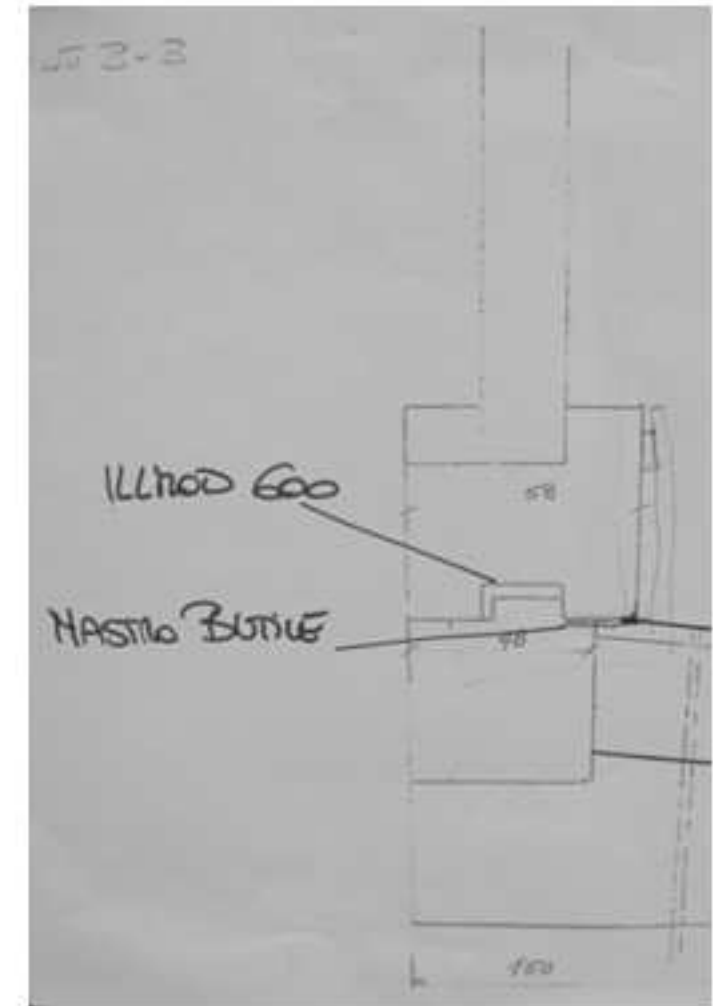
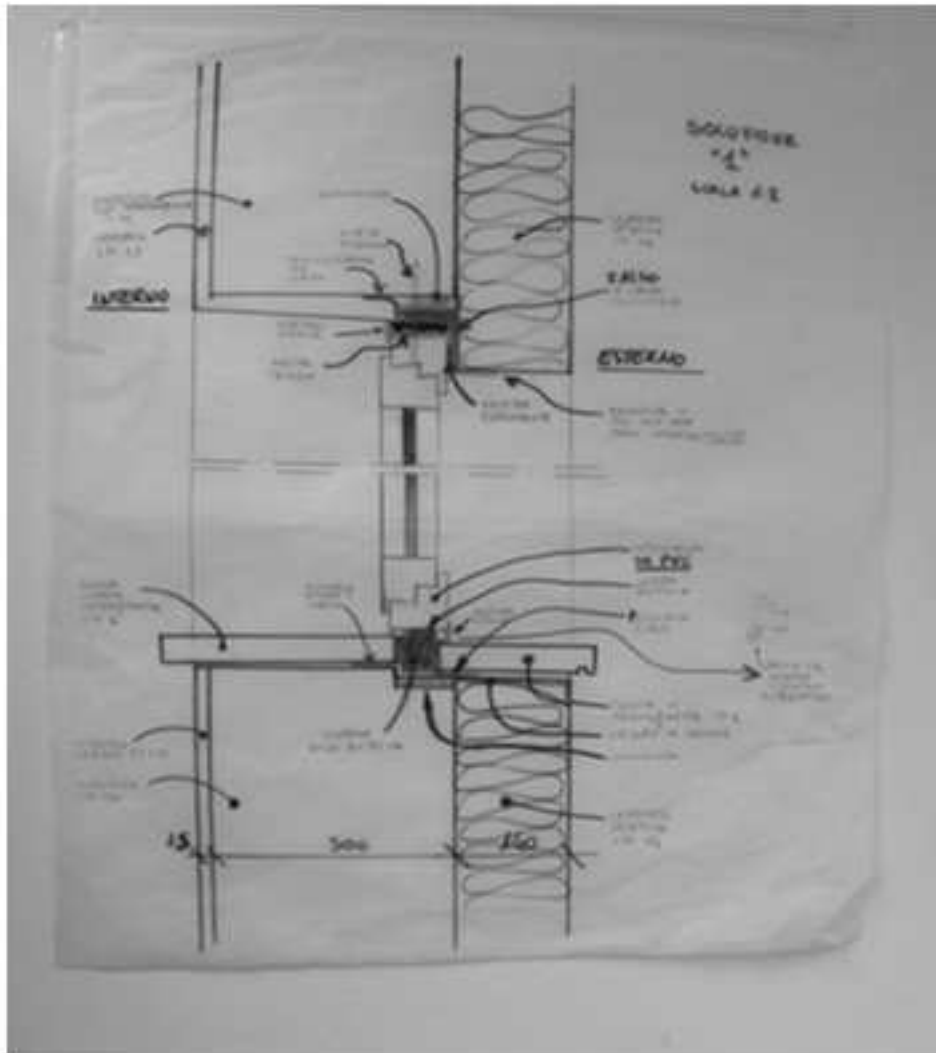




# Tenuta all'aria ed al vento

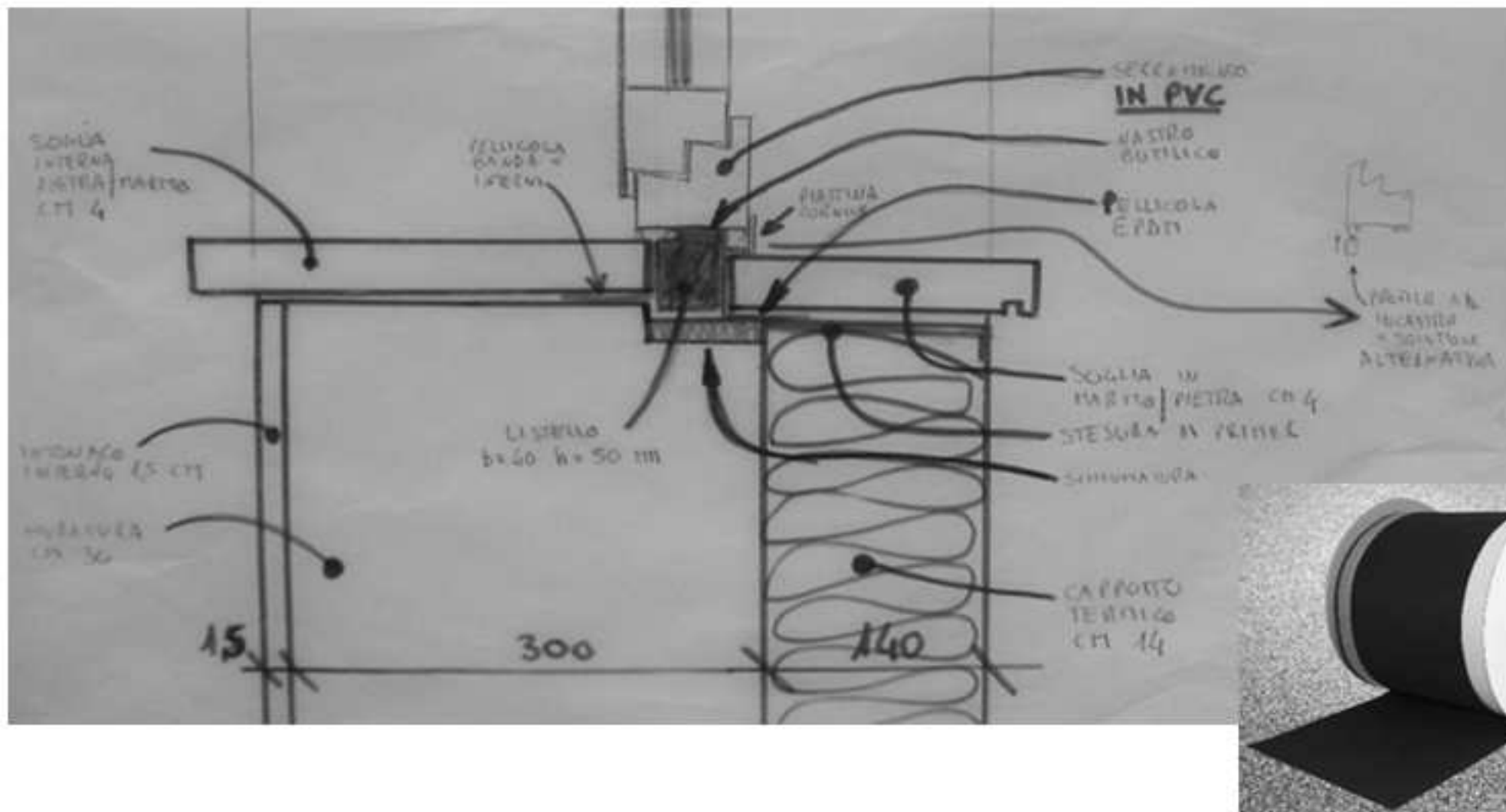


## Definizione del progetto di risanamento: Tipologie e metodi di intervento

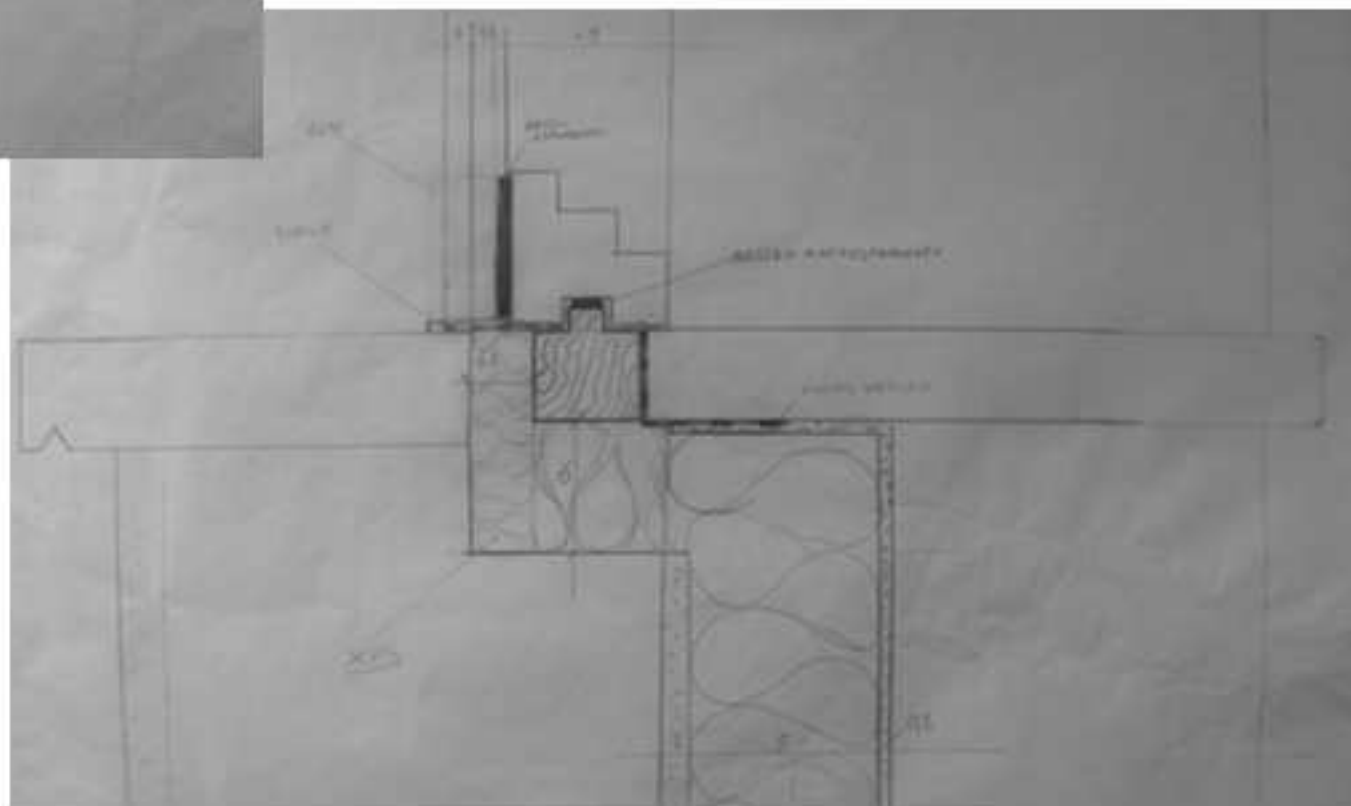
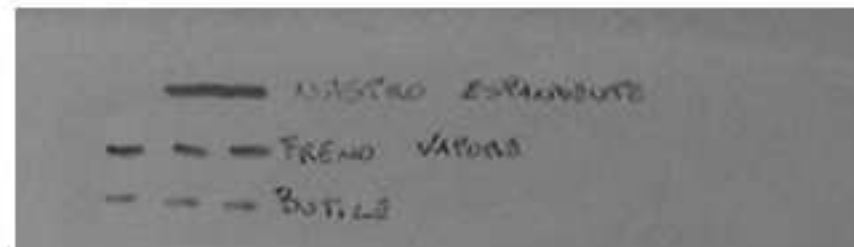
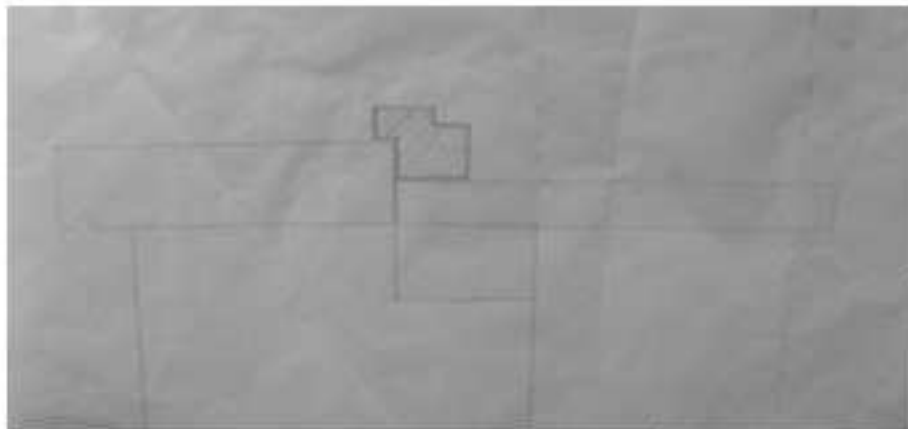


Fonte: Corso posa del serramento CasaClima Maico

# Tenuta all'aria ed al vento



# Tenuta all'aria ed al vento



Fonte: Corso posa del serramento CasaClima Maico

# Tenuta all'aria ed al vento



Fonte: Corso posa del serramento CasaClima Maico

# Tenuta all'aria ed al vento



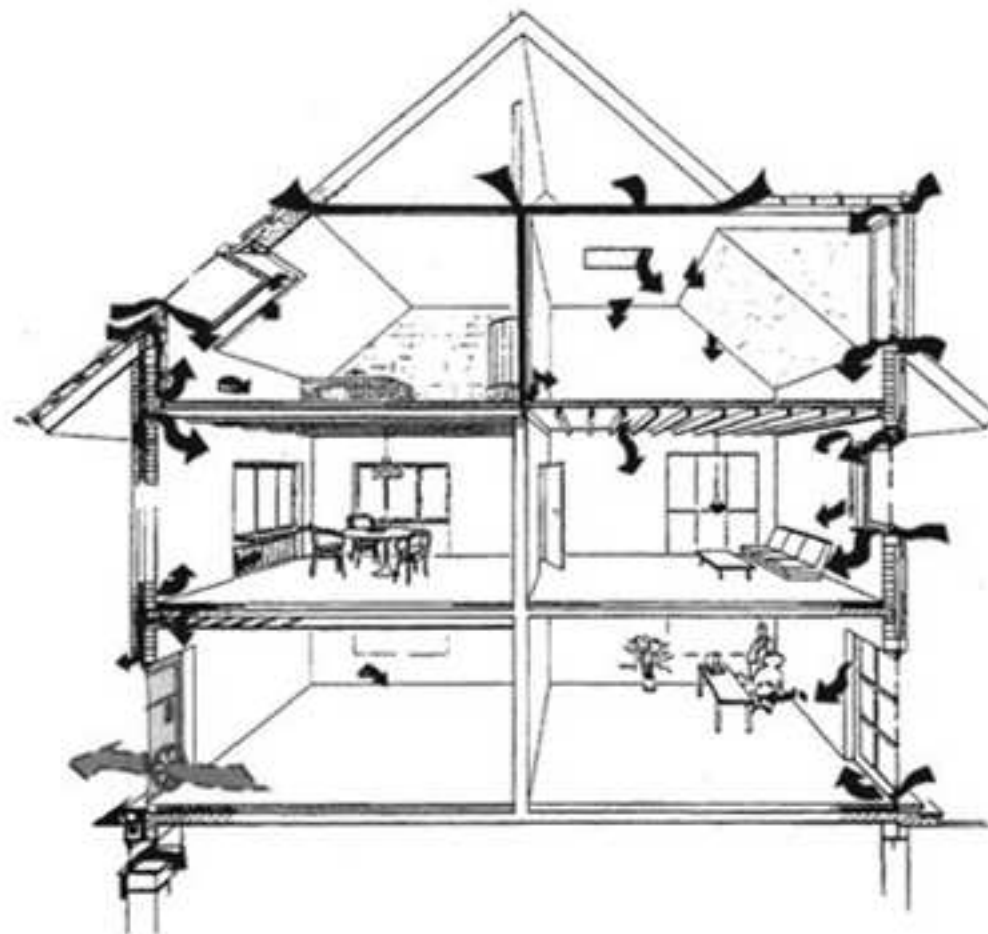
Fonte: Corso posa del serramento CasaClima Maico

# ***Prove di tenuta all'aria***



# Blowerdoortest - Verifica di tenuta all'aria

**blowerdoor test** secondo la norma UNI EN 13829 "Prestazione termica degli edifici"  
Determinazione della permeabilità all'aria degli edifici - Metodo di pressurizzazione  
mediante ventilatore"





# BLOWER DOOR



La differenza di pressione provoca un veloce ricambio d'aria e permette di misurare le infiltrazioni d'aria con un apposita apparecchiatura, l'anemometro.

Le infiltrazioni possono essere anche evidenziate attraverso l'uso di una termocamera o con fumi freddi.

Grazie alla misurazione delle perdite è possibile stabilire le priorità di risanamento dell'edificio.

Al termine del test, l'apparecchiatura, grazie al collegamento con PC ed un apposito software, fornisce il valore di  $n_{50}$  (rapporto tra  $V_{50}$ , portata volumetrica della permeabilità all'aria e  $V$ , volume interno dell'edificio).

La verifica di permeabilità all'aria consente anche d'individuare interventi migliorativi per isolamento acustico di facciata, in quanto dove passa l'aria passa anche il rumore.

$$n_{50} = [h^{-1}] \quad 50 [Pa] = 50 \left[ \frac{N}{m^2} \right] = 5 \left[ \frac{Kg}{m^2} \right] = \frac{1}{2} \left[ \frac{g}{cm^2} \right] \quad 101.300 [Pa] = 1 [atm] \quad 100.000 [Pa] = 1 [bar]$$

Relazione tra velocità del vento in km/h e pressione in Pascal					
Scala dei venti in gradi Beaufort	Situazione	Effetti del vento	km/h	Pascal	m/sec
0	Calma	Bonaccia, il fumo sale verticalmente	0	-	
1	Bava di vento	La direzione del vento è indicata dal fumo ma non dalla banderuola	5	-	
2	Brezza leggera	Si sente il vento in faccia e la banderuola si muove	11	-	
3	Brezza tesa	Le foglie ed i piccoli rami si muovono	19	-	
4	Vento moderato	Si sollevano carta e polvere, si muovono i rami più sottili	30	42	8,33
5	Vento teso	Incominciano ad oscillare i piccoli alberi	35	58	9,72
6	Vento fresco	Si muovono i grossi rami, è difficile usare l'ombrello	45	93	12,50
7	Vento forte	Si muovono i grossi alberi, difficoltà a camminare controvento	55	142	15,28
8	Burrasca	Si rompono i rami degli alberi, è molto difficile camminare all'aperto	65	200	18,06
-	-	-	75	265	20,83
9	Burrasca forte	Cadono le tegole dai tetti	80	304	22,22
10	Tempesta	Sradicamento di alberi	95	426	26,39
11	Tempesta violenta	Danni gravi ai fabbricati	110	563	30,56
12	Uragano	Danni ingentissimi	120	676	33,33

# Costi energetici

TRIFAMIGLIARE: Edificio con 3 abitazioni da 127 mq. cad

## Test Results at 50 Pascals:

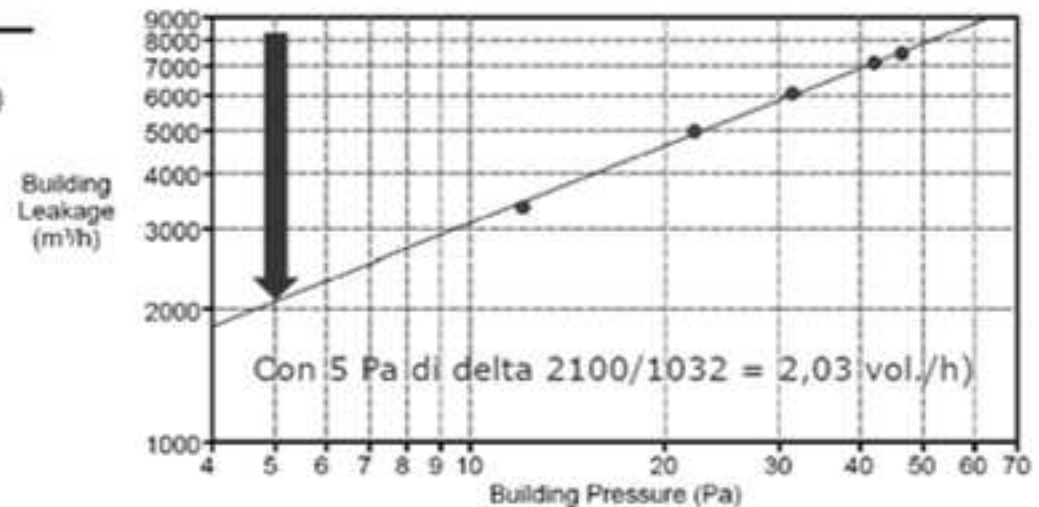
V50: Airflow (m<sup>3</sup>/h) 7854 ( +/- 0.9 %)

n50: Air Changes per Hour (1/h) 7.61

$$7854 / 7,61 = 1032 \text{ mc.}$$

$$1032 / 2,70 = 382 \text{ mq.}$$

3 abitazioni da 127 mq cad.



$$\text{mc. } 1032 \times 0,30 \text{ h}^{-1} = 309,6 ; 310 \text{ m}^3\text{aria/h} \times 0,33 \text{ Wh/m}^3\text{K} \times 2.592 \times 24/1000 = 6.364 \text{ kWh/a}$$

$$\text{Costo annuo degli spifferi: } 6.364 \text{ kWh}/10 \text{ kWh/€} = \text{€/anno } 636,2 ; \text{€}/\text{a } 636 / 3 = \text{€}/\text{a } 212 \text{ cad.}$$

Perdite medie delle 3 U.I. circa 2100 m<sup>3</sup>aria/h (1032 x 2,03) con differenza di pressione int./est. 5 Pa (circa 2,03 vol./h) Gradi giorno Lodi 2592.

$$Q_v = \text{perdita aria} \times 0,33 \text{ (capacità termica dell'aria)} \times \text{GG} \times 24/1000$$

$$Q_v = 2100 \text{ m}^3\text{aria/h} \times 0,33 \text{ Wh/m}^3\text{K} \times 2.592 \times 24/1000 = 43.110 \text{ kWh/a circa} - 10 \text{ kWh} = 1\text{€}$$

$$\text{Costo annuo degli spifferi: } 43.110 \text{ kWh}/10 \text{ kWh/€} = \text{€/anno } 4.311$$

$$4.311 / 3 = \text{€/anno } 1.437 \text{ per ogni abitazione.}$$

# Costi energetici

TRIFAMIGLIARE: Edificio con 3 abitazioni da 127 mq. cad

In condizioni di tempo non perturbato per edifici molto esposti  $n = 1,4$

Perdite medie delle 3 U.I. circa 1445 m<sup>3</sup>aria/h (1032 x 1,4) - Gradi giorno Lodi 2592.

$Q_v = \text{perdita aria} \times 0,33 \text{ (capacità termica dell'aria)} \times \text{GG} \times 24/1000$

$Q_v = 1445 \text{ m}^3\text{aria/h} \times 0,33 \text{ Wh/m}^3\text{K} \times 2.592 \times 24/1000 = 29.664 \text{ kWh/a circa} - 10 \text{ kWh} = 1\text{€}$

**Costo annuo degli spifferi: 29.664 kWh/10 kWh/€ = €/anno 2.966**

**2.966 / 3 = €/anno 989 per ogni abitazione.**

In condizioni di tempo non perturbato per edifici poco esposti  $n = 1$

Perdite medie delle 3 U.I. circa 1032 m<sup>3</sup>aria/h (1032 x 1) - Gradi giorno Lodi 2592.

$Q_v = \text{perdita aria} \times 0,33 \text{ (capacità termica dell'aria)} \times \text{GG} \times 24/1000$

$Q_v = 1032 \text{ m}^3\text{aria/h} \times 0,33 \text{ Wh/m}^3\text{K} \times 2.592 \times 24/1000 = 21.186 \text{ kWh/a circa} - 10 \text{ kWh} = 1\text{€}$

**Costo annuo degli spifferi: 21.186 kWh/10 kWh/€ = €/anno 2.186**

**2.186 / 3 = €/anno 729 per ogni abitazione.**

# Costi energetici

Perdite medie di una abitazione di 200 m<sup>2</sup> circa 900 m<sup>3</sup>aria/h con differenza di pressione int./est. 6 Pa (circa 1,5 vol./h)

Gradi giorno Lodi 2592.

$Q_v = \text{perdita aria} \times 0,33 \text{ (capacità termica dell'aria)} \times GG \times 24/1000$

$Q_v = 900 \text{ m}^3\text{aria/h} \times 0,33 \text{ Wh/m}^3\text{K} \times 2.592 \times 24/1000 = 18.476\text{Wh/a circa}$

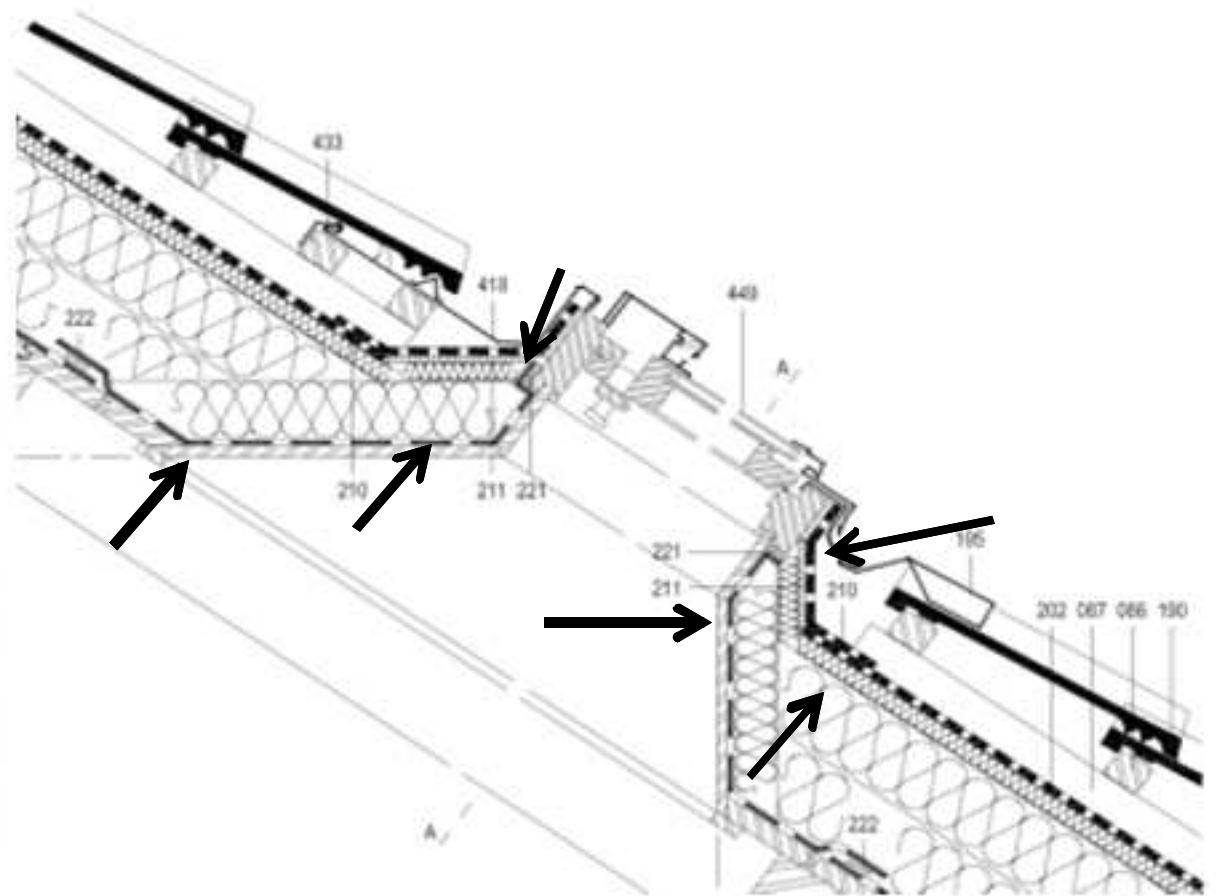
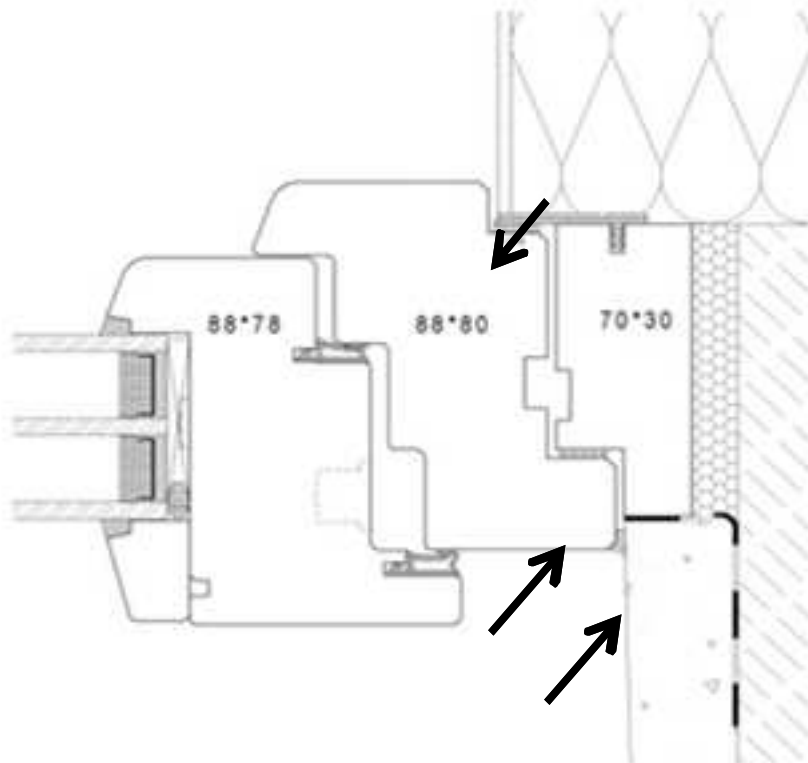
10 kWh = 1€

**Costo annuo della fessura: 18.476 KWh/10 kWh/€ = 1.848 euro circa l'anno**

**e non solo .....**

# Tenuta all'aria di un edificio

Diventano importanti i giunti di tenuta all'aria e al vapore nei particolari di raccordo



Oltre all'uso di opportuni teli di tenuta a vapore o aria  
Attenzione particolare v'è posta nella scelta del telo in base  
all'SD e al loro raccordo con nastratura per evitare passaggio  
aria e quindi condense

# Verifica tenuta all'aria con Blower-door test

---

Impianti di riscaldamento negli edifici

Metodo di calcolo del carico termico di progetto

UNI EN 12831

## 7.2.2 Infiltrazione attraverso l'involucro dell'edificio - portata d'aria $\dot{V}_{inf,i}$

La portata d'aria per infiltrazione,  $\dot{V}_{inf,i}$ , dello spazio riscaldato (i), indotta dal vento e dall'effetto camino sull'involucro dell'edificio, può essere calcolata da:

$$\dot{V}_{inf,i} = 2 \times V_i \times n_{50} \times e_i \times \varepsilon_i \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (17)$$

dove:

$n_{50}$  = tasso orario di ventilazione ( $\text{h}^{-1}$ ), risultante da una differenza di pressione di 50 Pa tra l'interno e l'esterno dell'edificio, compresi gli effetti delle prese d'aria;

$e_i$  = coefficiente di schermatura;

$\varepsilon_i$  = fattore di correzione per l'altezza, che tiene conto della maggiore velocità del vento all'aumentare dell'altezza dello spazio dal livello del suolo.

# Quanto ci costano le perdite per ventilazione?

Esempio di calcolo su edificio con PHPP fabbisogno ventilazione

Dimensionamento standard dell'impianto di ventilazione

Superficie per persona  
Numero persone  
Aria fresca per persona  
Fabbisogno tot d'aria fresca  
Locali con aspirazione aria  
Numero  
Aria aspirata per locale  
Totale volume d'aria da aspirare

m²/P	35				
P	3,9				
m³/(P*h)	30				
m³/h	116				
	Cucina	Bagno	Doccia	WC	
	1	1	2	3	
m³/h	60	40	20	20	
m³/h	200				
m³/h	200				

Portata volumetrica di progetto (il massimo tra valori)

Calcolo del valore medio di ricambio d'aria

Modalità	Tempo di funzionamento h/d	Fattore di copertura Massimo	Volume d'aria scambiato m³/h	Ricambio d'aria 1/h
Massimo	4,0	1,00	200	0,59
Standard	6,0	0,77	154	0,46
Basic	10,0	0,54	108	0,32
Minimum	4,0	0,40	80	0,24
Valore medio			ricambio d'aria medio (m³/h)	ricambio d'aria medio orario (1/h)
0,65			130	0,38

☒ uso residenziale

volumi ora	Efficienza recuperat.	cambi ora eff	ore	capacità termica	Gradi giorno	Kw /mc anno	h media	Kw /mq anno	€/mq anno	Per 100mq
0,38	0,00%	0,38	24	0,34	2400	7,44	2,7	20,09	2,0	€201
0,38	80,00%	0,076	24	0,34	2400	1,49	2,7	4,02	0,4	€40



# Quanto ci costano le perdite per ventilazione?

Esempio di calcolo su edificio con PHPP per stima perdite da infiltrazione

Ricambio d'aria per infiltrazioni secondo UNI EN 832 e UNI EN 13790

Coefficienti "e" ed "f" di protezione al vento		
Coefficiente "e" per classi di schermatura	influenza su più lati	influenza su un lato
senza schermatura	0,10	0,03
modesta schermatura	0,07	0,02
forte schermatura	0,04	0,01
Coefficiente f	15	20

Coefficiente protezione vento e

Coefficiente protezione vento f

Ricambio d'aria al test BlowerDoor  $n_{50}$

Genere di impianto di ventilazione

Ventilazione casa passiva equilibrata *indicare una x*

Sola estrazione d'aria

Flusso dei tubi di estrazione

Ricambio d'aria per infiltrazioni  $n_{L, test}$

fabbisogno annuale:	carico termico:	Volume d'aria netto per test pressione $V_{n50}$
0,10	<b>0,25</b>	
15	<b>15</b>	
0,60	0,60	482 m <sup>3</sup>

fabbisogno annuale:	carico termico:
0,00	0,00
<b>0,086</b>	<b>0,214</b>

# Quanto ci costano le perdite per ventilazione?

Esempio di calcolo su edificio con PHPP per stima perdite da infiltrazione

Ricambio d'aria per infiltrazioni secondo UNI EN 832 e UNI EN 13790

Coefficienti "e" ed "f" di protezione al vento		
Coefficiente "e" per classi di schermatura	influenza su più lati	influenza su un lato
senza schermatura	0,10	0,03
modesta schermatura	0,07	0,02
forte schermatura	0,04	0,01
Coefficiente f	15	20

Coefficiente protezione vento e

Coefficiente protezione vento f

Ricambio d'aria al test BlowerDoor  $n_{50}$

Genere di impianto di ventilazione

Ventilazione casa passiva equilibrata *indicare una x*

Sola estrazione d'aria

Flusso dei tubi di estrazione

Ricambio d'aria per infiltrazioni  $n_{i, test}$

1/h	0,10	0,25	Volume d'aria netto per test pressione $V_{n50}$
1/h	15	15	
1/h	10,00	10,00	
			482 m³

1/h	0,00	0,00
1/h	1,427	3,569

# Quanto ci costano le perdite per ventilazione?

## Valori di riferimento Test Blowerdoor N50

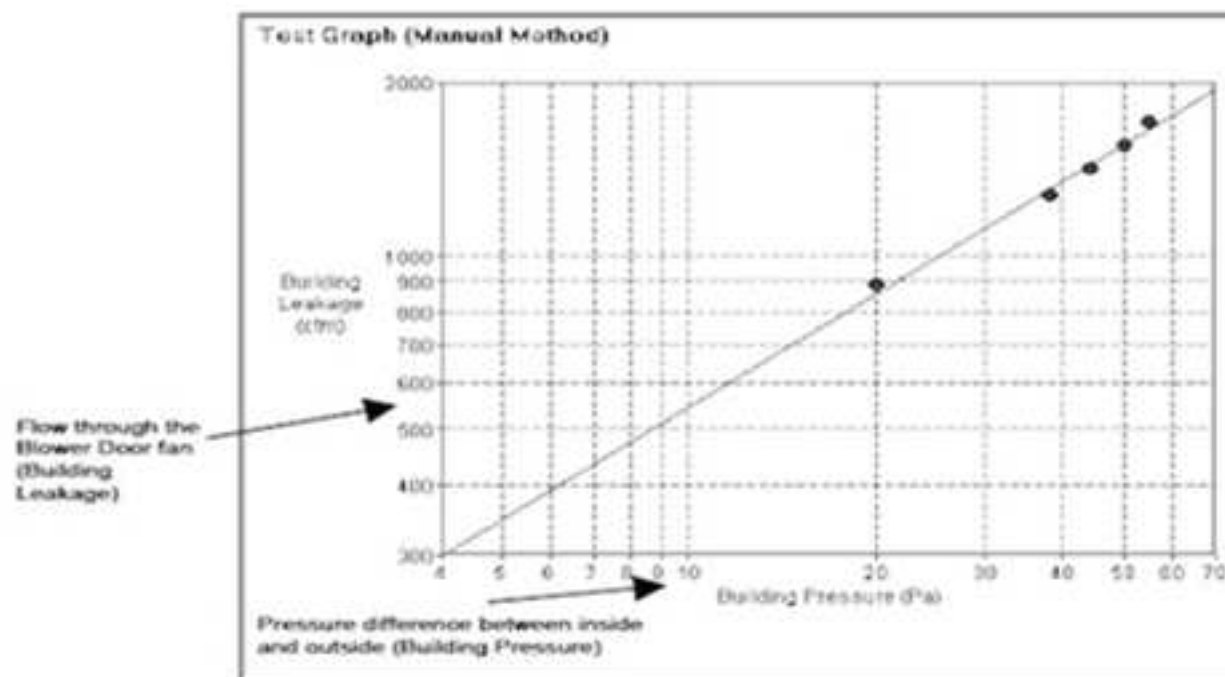
Casa Passiva < 0,6

Ottimo = 0,6 – 1,0

Buono = 1,0 – 1,5

Scarso = 1,5 – 3,0

Molto scarso > 3,0



N50	cambi ora eff	ore	capacità termica	Gradi giorno	Kw /mc anno	h media	Kw /mq anno	€/mq anno	per app di 100mq
0,6	0,086	24	0,34	2400	1,68	2,7	4,55	0,5	€45
2	0,280	24	0,34	2400	5,48	2,7	14,81	1,5	€148
3	0,428	24	0,34	2400	8,38	2,7	22,63	2,3	€226
10	1,420	24	0,34	2400	27,81	2,7	75,09	7,5	€751



## Ricambio d'aria n<sub>50</sub> con differenza di pressione di 50 Pa

L'aria di rinnovo per una differenza di pressione di 50 Pa

$$n_{50} = \frac{V_{50}}{V_L}$$

$n_{50}$  = indice di ricambio d'aria quando la differenza di pressione è di 50 Pa

$V_{50}$  = quantità d'aria in uscita / entrata per mantenere differenza di pressione di 50 Pa

$V_L$  = Volume Netto

$$0,3 \leq n_{50} = \frac{V_{50}}{V_L} \geq 14$$

# BLOWER DOOR

Estimating the Leakage Rate through Large Openings in the Building Envelope



*Fig. 3: Smoke outlet in an elevator shaft (Source: IngBEU)*

$$V_{50} \text{ (m}^3\text{/h)} \approx \text{air leakage rate (cm}^2\text{)} \cdot 2$$

*The air flow through a smoke outlet (25cm x 25cm) at 50 Pascal will be roughly 1250m<sup>3</sup>/h. ( $V_{50} \approx 25\text{cm} \cdot 25\text{cm} \cdot 2 \approx 1250 \text{ m}^3\text{/h}$ ).*

This estimate equation is based on the flow through a round, sharp-edged opening in a thin plate at a pressure difference of 50 Pascal and an air density at 20°C.

Fonte: **Air Tightness in Passive Houses**

Dipl.-Ing. Stefanie Rolfsmeier

BlowerDoor GmbH, Energie- und Umweltzentrum 1,

D-31832 Springe

# BLOWER DOOR

		Depressurization	Pressurization	Average
<b>Test Results at 50 Pascals:</b>				
V50: Airflow (m³/h)		653 ( +/- 0.5 %)	647 ( +/- 1.1 %)	650
n50: Air Changes per Hour (1/h)		0.84	0.83	0.83
w50: m³/(h·m² Floor Area)		2.50	2.47	2.49
q50: m³/(h·m² Surface Area)		0.87	0.87	0.87
<b>Leakage Areas:</b>				
Canadian EqLA @ 10 Pa (cm²)		234.9 ( +/- 1.3 %)	219.0 ( +/- 2.7 %)	227.0
cm²/m² Surface Area		0.31	0.29	0.30
LBL ELA @ 4 Pa (cm²)		118.9 ( +/- 2.2 %)	107.1 ( +/- 4.5 %)	113.0
cm²/m² Surface Area		0.16	0.14	0.15
<b>Building Leakage Curve:</b>				
Air Flow Coefficient (Cenv)		41.7 ( +/- 3.6 %)	35.6 ( +/- 7.4 %)	
Air Leakage Coefficient (CL)		41.6 ( +/- 3.6 %)	35.6 ( +/- 7.4 %)	
Exponent (n)		0.704 ( +/- 0.010 )	0.741 ( +/- 0.021 )	
Correlation Coefficient		0.99971	0.99885	
Test Standard:	EN 13829	Regulation complied with: Conforme		
Type of Test Method:	A			
Equipment:	Model 4 (230V) Minneapolis Blower Door, S/N CE1789			
<hr/>				
Inside Temperature:	20 °C	Volume:	782 m³	
Outside Temperature:	21 °C	Surface Area:	747 m²	
Barometric Pressure:	101325 Pa	Floor Area:	261 m²	
Wind Class:	1 Light Air	Uncertainty of		
Building Wind Exposure:	Partly Exposed Building	Building Dimensions:	2 %	
Type of Heating:	pavimento	Year of Construction:	2011	
Type of Air Conditioning:	pavimento			
Type of Ventilation:	con recupero Zender			

$$\frac{V_{50}}{2} = 0,5 \times 650 = 325 \text{ cm}^2$$

Buco 18 x 18 cm.

# Verifica tenuta all'aria con Blower-door test

Non esiste una legge nazionale che renda obbligatorio questa verifica che è molto importante su edifici molto performanti. Solo in provincia di Bolzano la direttiva Casa Clima ha introdotto l'obbligo di esecuzione del test in fase di certificazione introducendo limiti in linea con altre direttive europee. Questo parametro ha il duplice scopo di contenere le perdite ai fini del contenimento energetico, dall'altro evitare condensazioni in corrispondenza degli spifferi.

Per la direttiva Casa clima il non rispetto del parametro durante il collaudo comporta la non conformità e mancato rilascio del certificato energetico.

I valori massimi di tenuta all'aria dell'edificio svolti con il Blower Door Test secondo UNI EN 13829 metodo A, rispetto alle diverse classi energetiche CasaClima, sono i seguenti:

Classe Energetica Involucro		
C	valore limite	$n_{50,lim} = 2,0 \text{ h}^{(-1)} \pm 0,1$
B	valore limite	$n_{50,lim} = 1,5 \text{ h}^{(-1)} \pm 0,1$
A	valore obbiettivo	$n_{50,lim} = 1,0 \text{ h}^{(-1)} \pm 0,1$
Gold	valore obbiettivo	$n_{50,lim} < 0,6 \text{ h}^{(-1)} \pm 0,1$

Tabella 8: valori massimi del Blower-Door-Test metodo A alle diverse classi energetiche CasaClima



# Tenuta all'aria UNI EN ISO 13829

**Metodo A**  
(prova di un  
edificio in uso)

- Lo stato dell'involucro edilizio deve rappresentare le sue condizioni nella stagione in cui è utilizzato l'impianto di riscaldamento o l'impianto di raffrescamento.

**Metodo B**  
(prova  
dell'involucro  
edilizio)

- Verifica dell'edificio in corso di costruzione, prima del completamento delle finiture.

# Blower door test: termini e definizioni

## Volume netto interno

Spazio riscaldato, raffreddato o ventilato meccanicamente all'interno di un edificio o di parte di un edificio sottoposto alla misurazione, generalmente non comprende il volume del sottotetto, dello scantinato e delle strutture connesse. Il volume calcolato per la prova è quindi il volume netto fino allo strato di tenuta all'aria della zona riscaldata.

Se la costruzione è in muratura si arriva fino all'intonaco che funge da tenuta all'aria, nelle strutture in col sistema X-lam si arriva alla struttura in legno mentre negli altri casi è necessario arrivare allo ai teli o ai pannelli OSB che fungono da strato di tenuta all'aria.

## Superficie disperdente dell'involucro

La superficie dell'involucro, dell'edificio,  $A_E$ , o della parte di esso soggetto alla prova, corrisponde all'area complessiva di tutti i pavimenti, pareti e soffitti che delimitano il volume interno fino allo strato di tenuta all'aria. Essa include pareti e pavimenti sotto il livello esterno del terreno. Per calcolare questa superficie devono essere usate dimensioni interne complessive. Non deve essere sottratta l'area in corrispondenza della giunzione tra partizioni interne e quelle esterne.

(Nota: per il calcolo della superficie disperdente di villette a schiera sono inclusi muri di divisione , e nel caso di appartamenti in un edificio multipiano vengono inclusi nel calcolo della superficie disperdente i pavimenti, le pareti ed i soffitti verso gli appartamenti adiacenti.)

# Blower door test: procedimento di misurazione

## Estensione misurata

la parte dell'edificio misurata include generalmente tutte le stanze intenzionalmente condizionate.

Le singole parti di un edificio possono essere misurate separatamente; per esempio in edifici con più appartamenti ciascun appartamento può essere misurato singolarmente.

Tuttavia, nell'interpretazione dei risultati si deve tener conto che l'infiltrazione di aria misurata in questo modo può includere il flusso attraverso le fessure verso le parti adiacenti dell'edificio.

## Condizioni meteorologiche ( secondo UNI EN 13829:2002)

Se il prodotto tra la differenza di temperatura dell'aria tra interno ed esterno, in K, e l'altezza dell'involucro edilizio, in m, ha un valore maggiore di 500 mK, è improbabile che si ottenga una differenza di pressione a flusso nullo soddisfacente.

Lo stesso dicasi per il caso in cui la velocità del vento sia maggiore di 6 m/s o raggiunga 3 sulla scala Beaufort. (21,6 km/h)

# Blower door test: procedimento di misurazione

## Componenti dell'edificio

Chiudere tutte le aperture esterne esistenti dell'edificio o dalla parte dell'edificio da sottoporre a prova ( finestre, porte, tagliafuoco).

Per scopi del metodo A (edificio in uso) non occorre prendere ulteriori misure per migliorare la tenuta all'aria.

Per scopi del metodo B ( involucro edilizio) tutte le aperture regolabili devono essere chiuse e le restanti esistenti devono essere sigillate. L'intero edificio o la parte da sottoporre alla prova deve essere preparato per rispondere alla pressurizzazione come una singola zona.

Tutte le porte di collegamenti (tranne armadietti e armadi. Che dovrebbero essere chiusi) nella parte dell'edificio da sottoporre alla prova , devono essere aperte in modo da mantenere una pressione uniforme in un intervallo di meno del 10% della differenza misurata in pressione tra interno ed esterno.

# Blower door test: procedimento di misurazione

## Impianti di riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria

Gli impianti di riscaldamento con presa d'aria interna devono essere spenti.

Zone a fiamma libera devono essere pulite dalle ceneri.

Gli impianti di ventilazione meccanica e di condizionamento dell'aria devono essere spenti.

Dispositivi terminali dell'aria per la ventilazione meccanica o per il condizionamento dell'aria devono essere sigillati.

Altre aperture di ventilazione ( ad esempio apertura per la ventilazione naturale) devono essere chiuse per i fini del metodo A e sigillate per il metodo B.

# Blower door test: procedimento di misurazione

## La tenuta all'aria secondo UNI EN 13829:2002

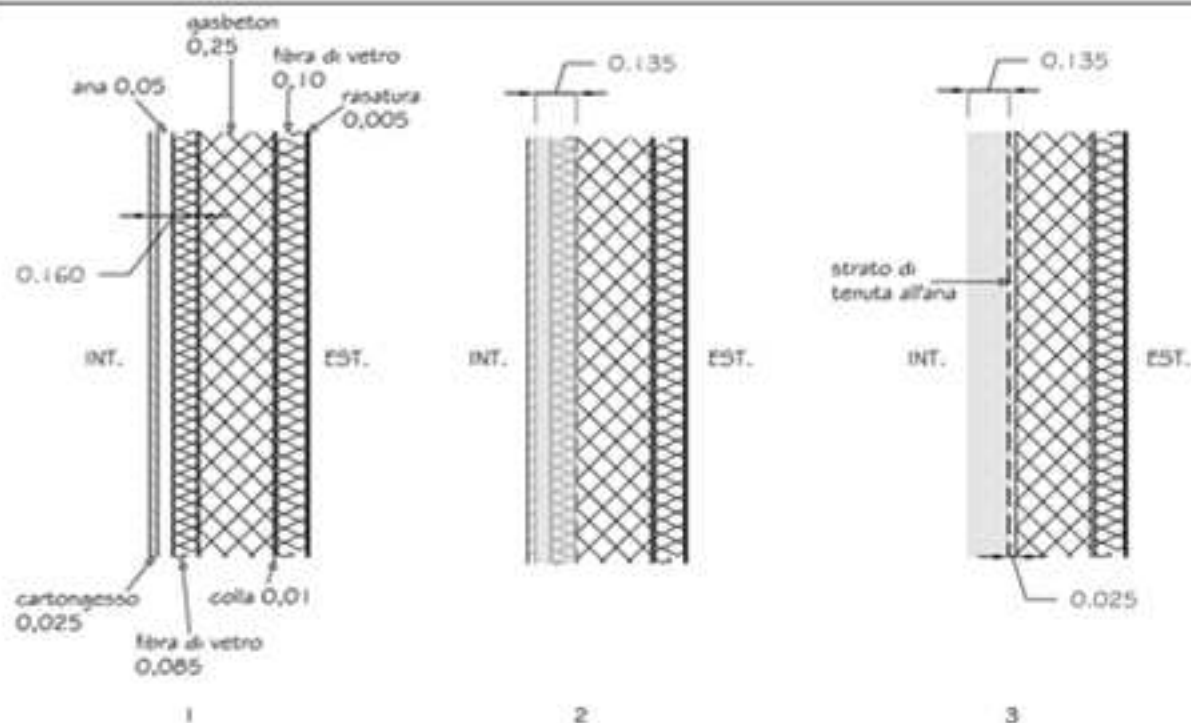
### Sequenza di pressione

La prova viene effettuata prendendo misurazioni di portata di aria e differenza di pressione tra interno ed esterno in un intervallo di differenze di pressione applicate con incrementi **non maggiori di 10 Pa**.

E' raccomandato di effettuare due serie di misurazioni, per pressurizzazione e depressurizzazione.

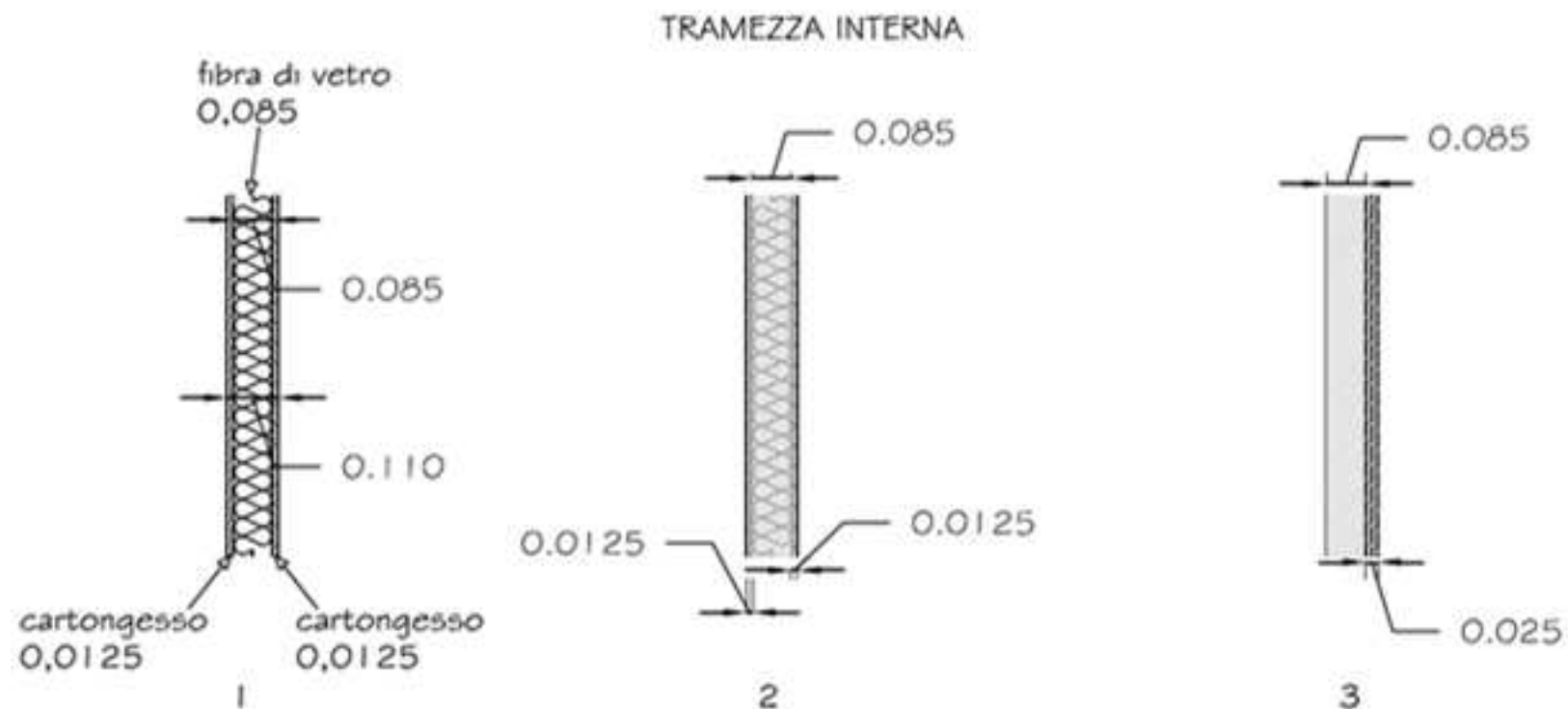
Per ogni prova devono essere definiti almeno cinque punti di riferimento approssimativamente equidistanti fra la maggiore e la minore differenza di pressione.

Particolare muro perimetrale e tramezze per il calcolo del volume netto fino allo strato di tenuta all'aria



- 1 : SITUAZIONE REALE  
 2 : VOLUME NEL QUALE CIRCOLA L'ARIA  
 3 : SCHEMA DI CALCOLO

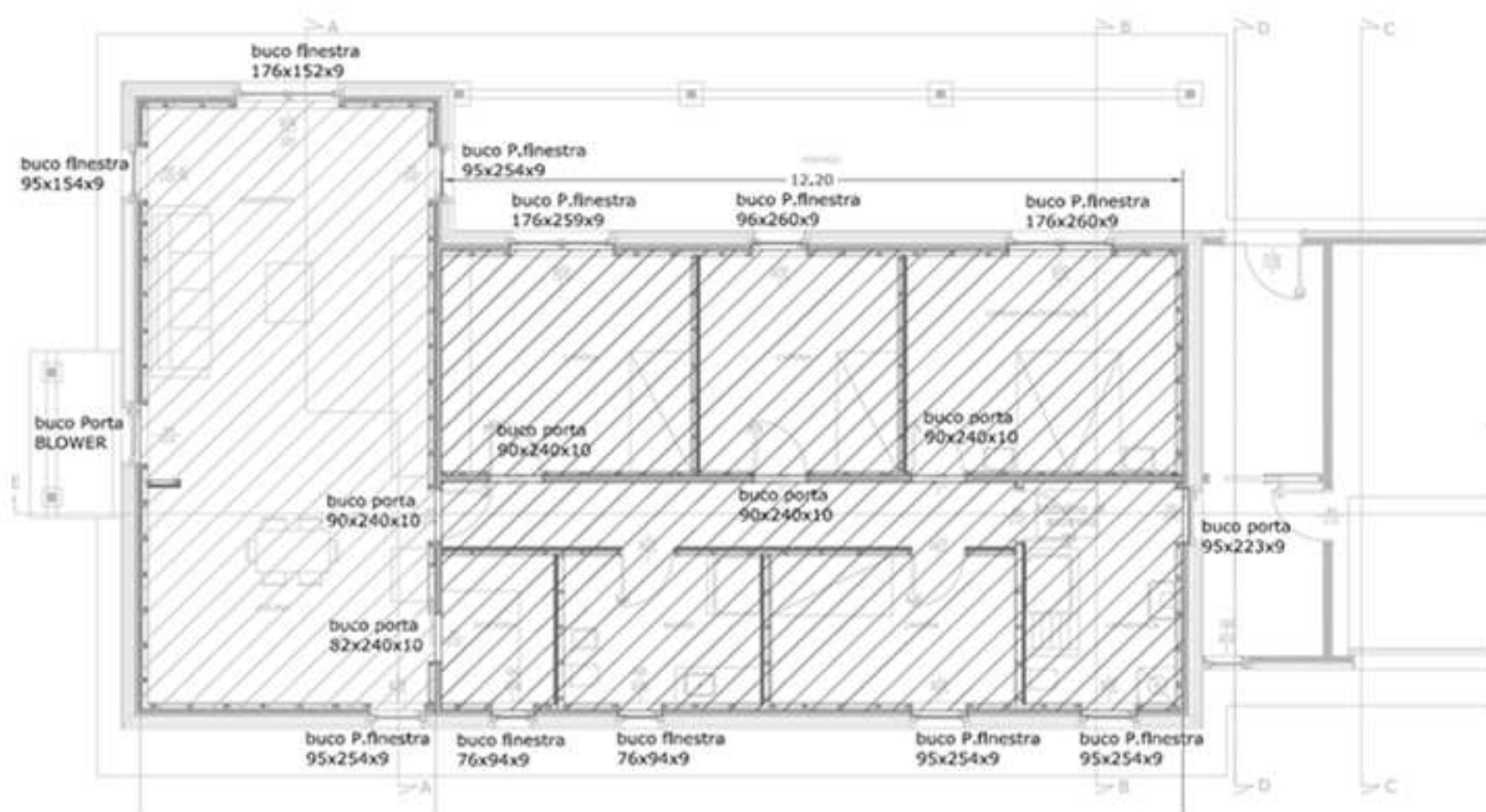
VOLUME DA AGGIUNGERE  
 AL VOLUME NETTO

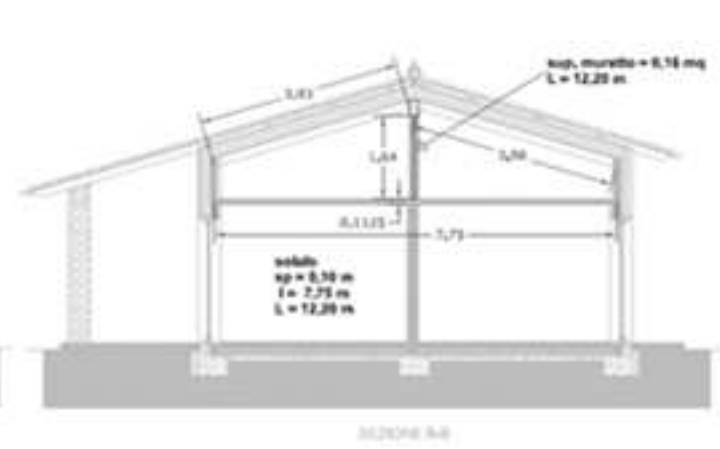
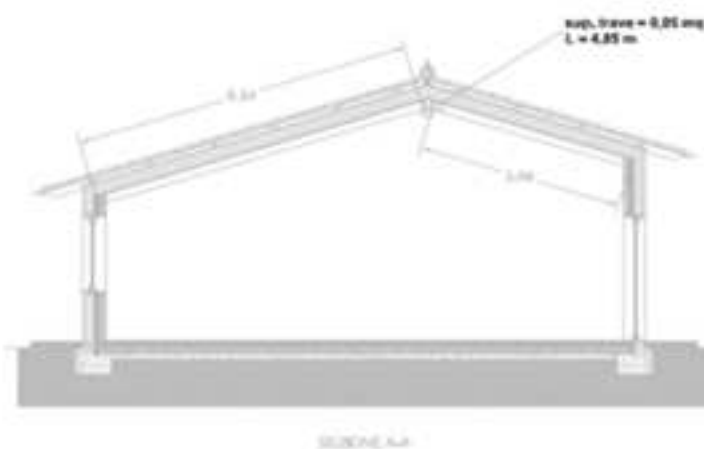
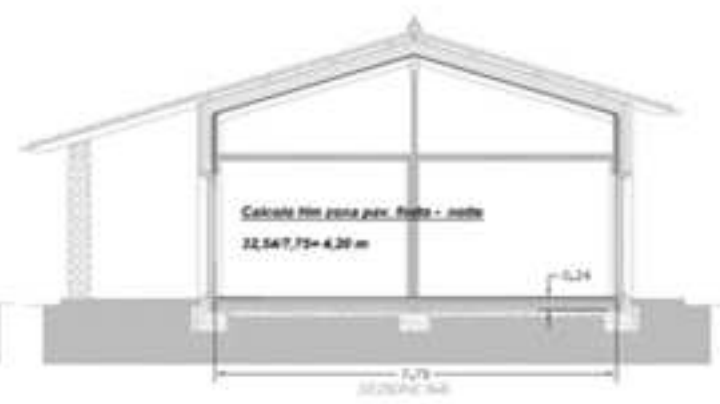
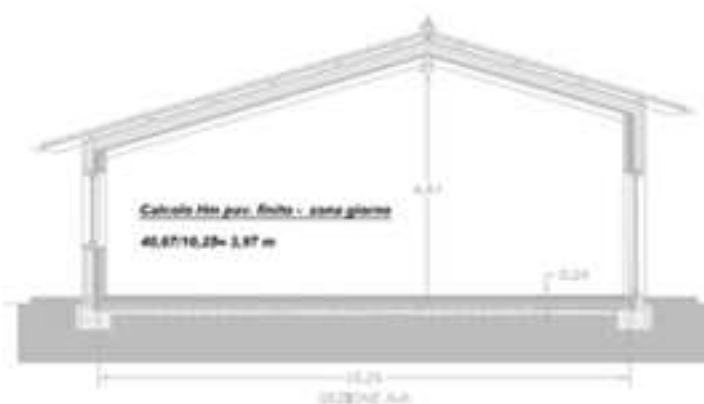


- 1 : SITUAZIONE REALE  
 2 : VOLUME NEL QUALE CIRCOLA L'ARIA  
 3 : SCHEMA DI CALCOLO

VOLUME DA AGGIUNGERE  
 AL VOLUME NETTO







TRAVE  
 Zona giorno  
 $L1 = 4,85 \text{ m} - n^{\circ} 1$

TRAVETTI  
 Zona giorno  
 $L1 = 3,98 \text{ m} - n^{\circ} 4$   
 $L2 = 8,34 \text{ m} - n^{\circ} 4$   
 Zona notte  
 $L1 = 3,98 \text{ m} - n^{\circ} 12$   
 $L2 = 3,98 \text{ m} - n^{\circ} 12$

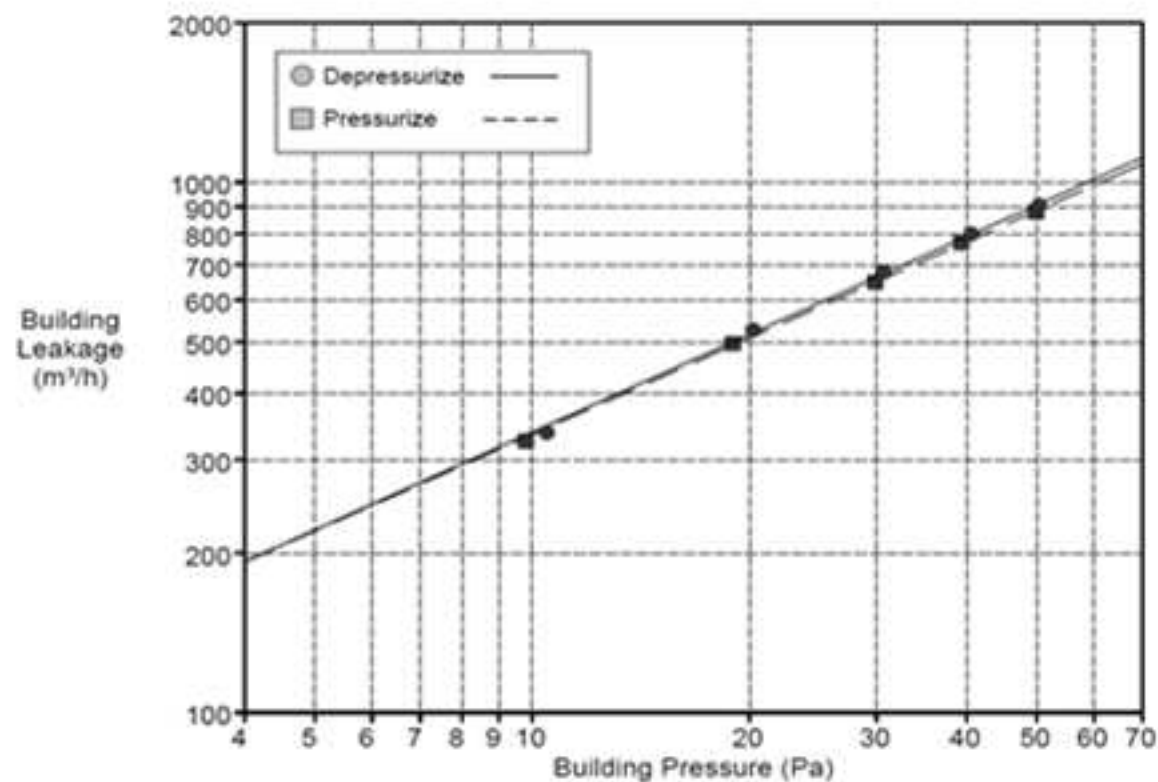
# ISPEZIONE DELL'EDIFICIO – CHIUSURA/SIGILLATURA



# MONTAGGIO TELO E VENTILATORE



# VERIFICHE ED ESECUZIONE DELLA PROVA



Esecuzione della  
prova in  
sovrapressione a  
50 Pa

Esecuzione della  
prova in  
depressione a 50  
Pa

# BLOWER DOOR



**progettazione clima**

**Giuseppe Cabini Architetto**

Consulente Esperto e Auditor CasaClima

Tecnico esperto "Finestra Qualità CasaClima"

Blower Door Test ed indagini Termografiche

Certificatore Regione Lombardia Ceteq



## BLOWERDOOR TEST

### CERTIFICATO DI TENUTA ALL'ARIA

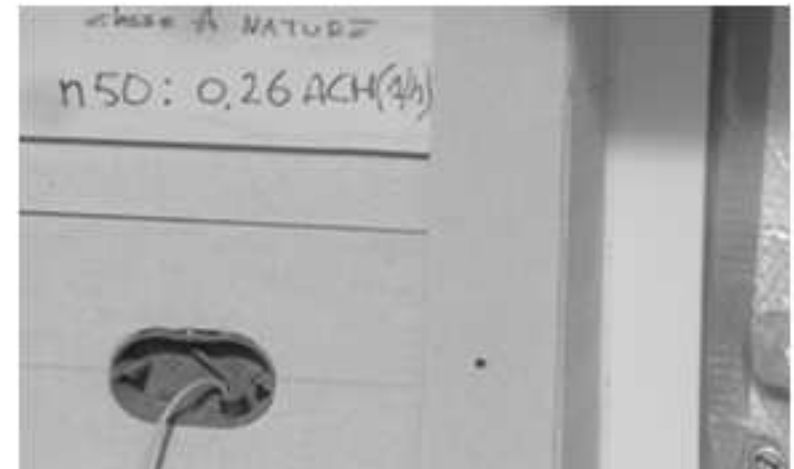
Nel test di permeabilità all'aria, come da "direttiva CasaClima per l'esecuzione del test di tenuta all'aria secondo UNI EN ISO 13829", metodo A, eseguito in data 06.04.2011 sull'edificio di nuova costruzione

è stato rilevato un valore  $n_{50}$  riferito al volume netto di:

$$n_{50} = 0,83 \text{ h}^{-1}$$



1. Veduta dell'edificio da Sud Est

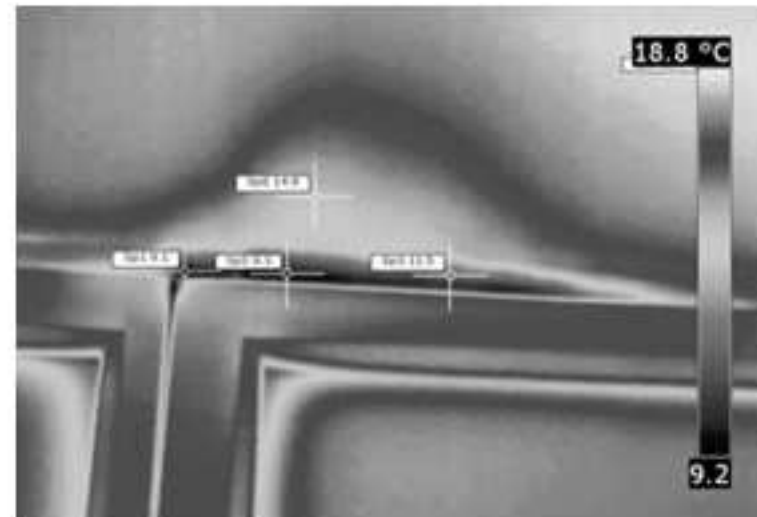
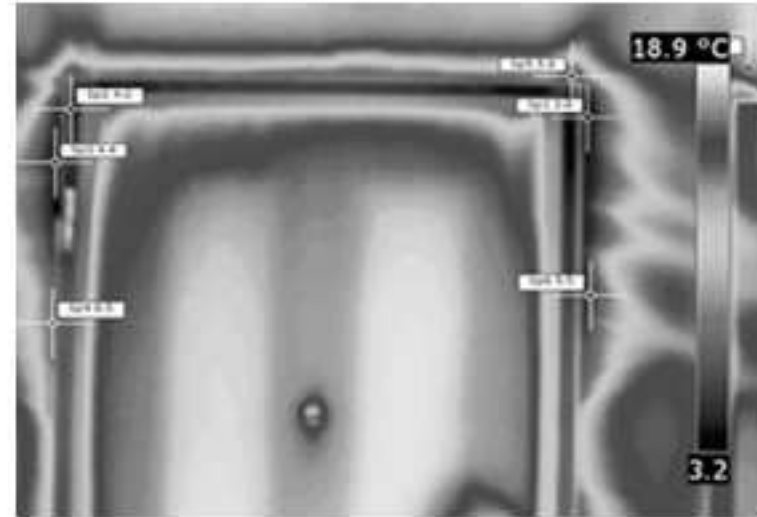


# BLOWER DOOR



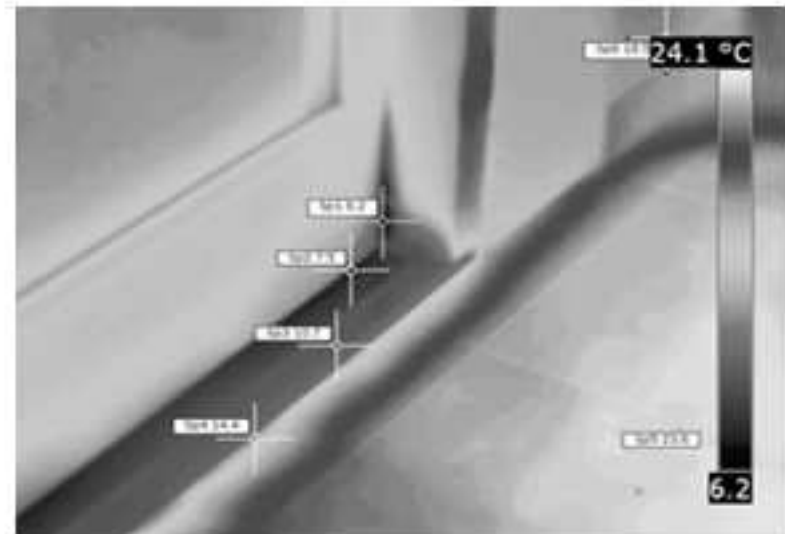
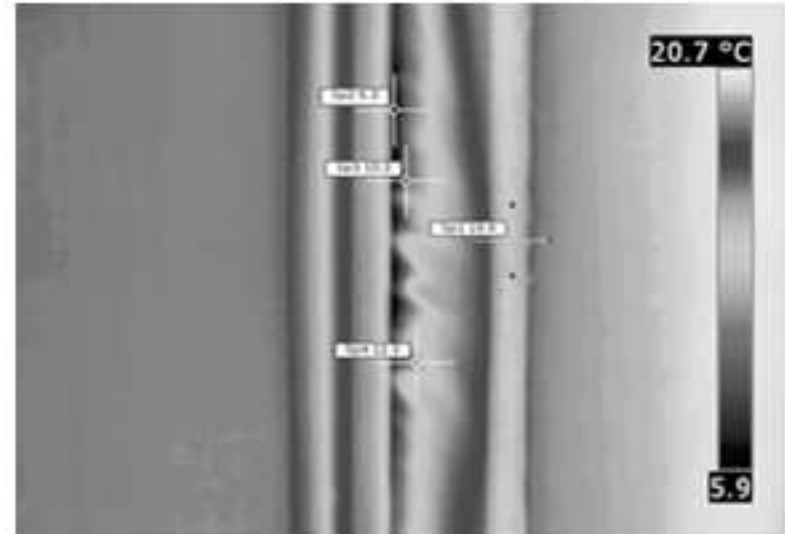
*Fig. 6: Central installation of the measuring equipment (Source: IngBEU)*

# BLOWER DOOR

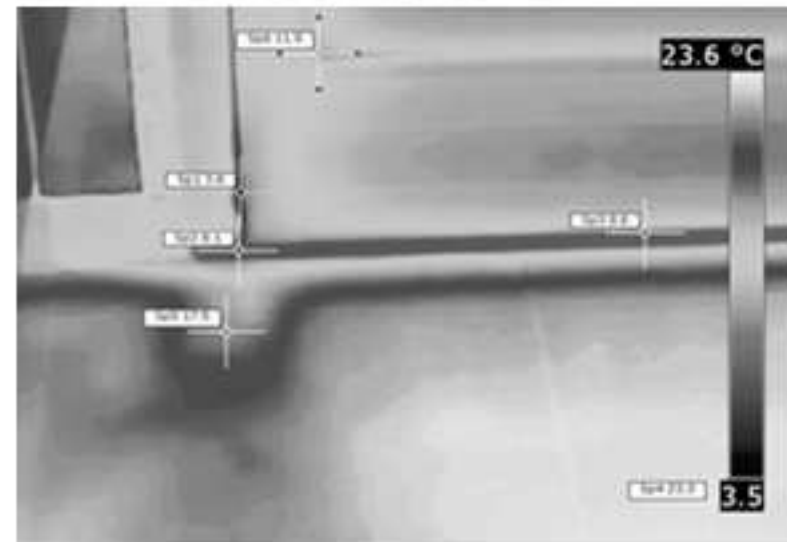
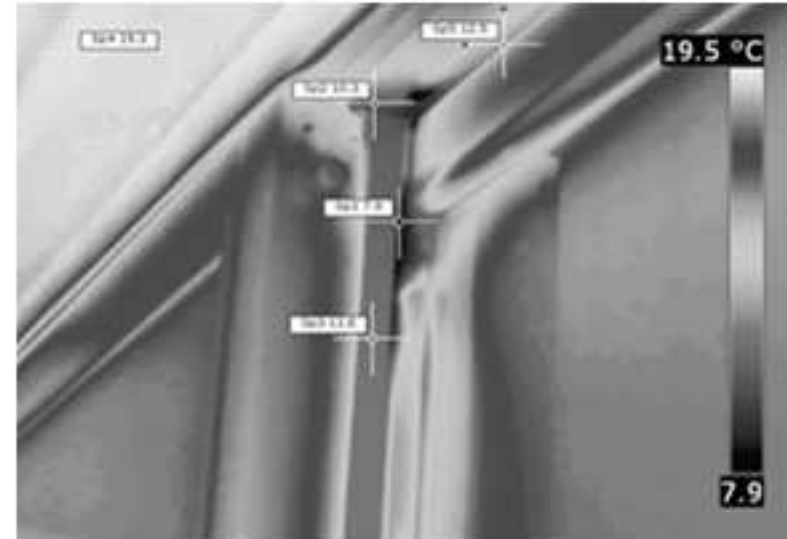




# BLOWER DOOR



# BLOWER DOOR



# Verifica tenuta all'aria con Blower-door test



**La foto mostra l'apparecchiatura montata sul foro della porta**

## **Test per la verifica della tenuta all'aria**

Attraverso un apposito ventilatore l'aria viene immessa o aspirata dell'edificio oggetto del test.

La forza del ventilatore viene regolata in modo che tra pressione interna e pressione esterna ci sia una prestabilita differenza di pressione.

La differenza di pressione tra due punti dell'atmosfera è la causa dei flussi d'aria (con un vento di intensità 30Km/h si ha una circa una differenza di pressione di 50 Pa).

Il ventilatore viene incassato in un telaio che viene applicato alla porta d'ingresso.

Al ventilatore sono collegati degli strumenti che misurano la differenza di pressione e l'intensità del flusso d'aria. La velocità di rotazione del ventilatore è regolata in modo tale da generare una ben determinata differenza di pressione tra l'interno e l'esterno.

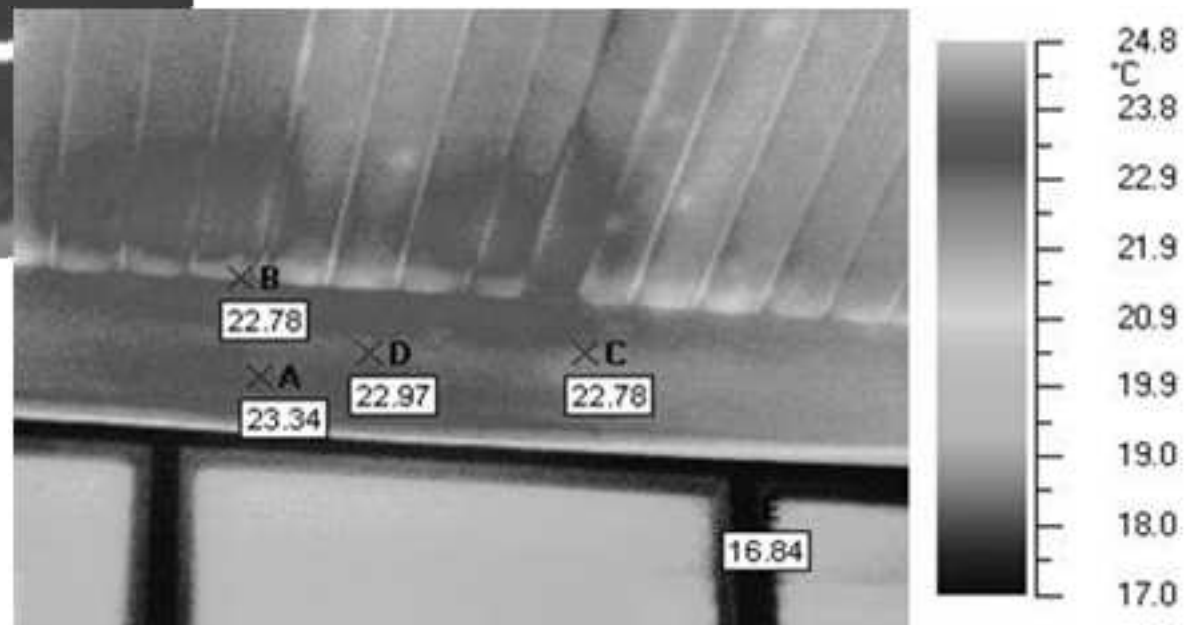
Di conseguenza si induce un flusso d'aria che compensa le "perdite" di differenza di pressione dovute alle infiltrazioni.

Il flusso d'aria misurato viene diviso per il volume dell'edificio. L'indice tipico è detto N50 ovvero indice permeabilità a 50 pascal.

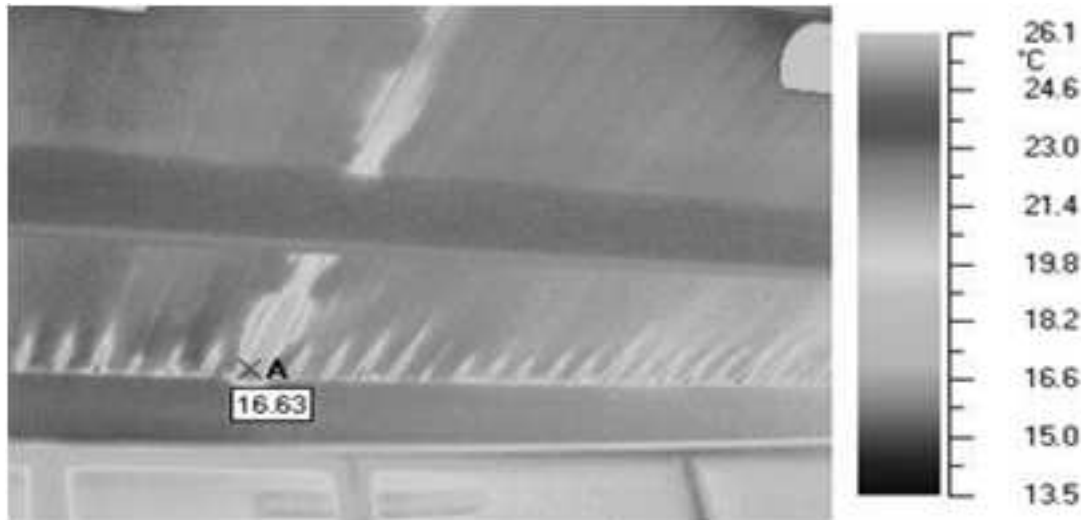
# Verifica tenuta all'aria con Blower-door test



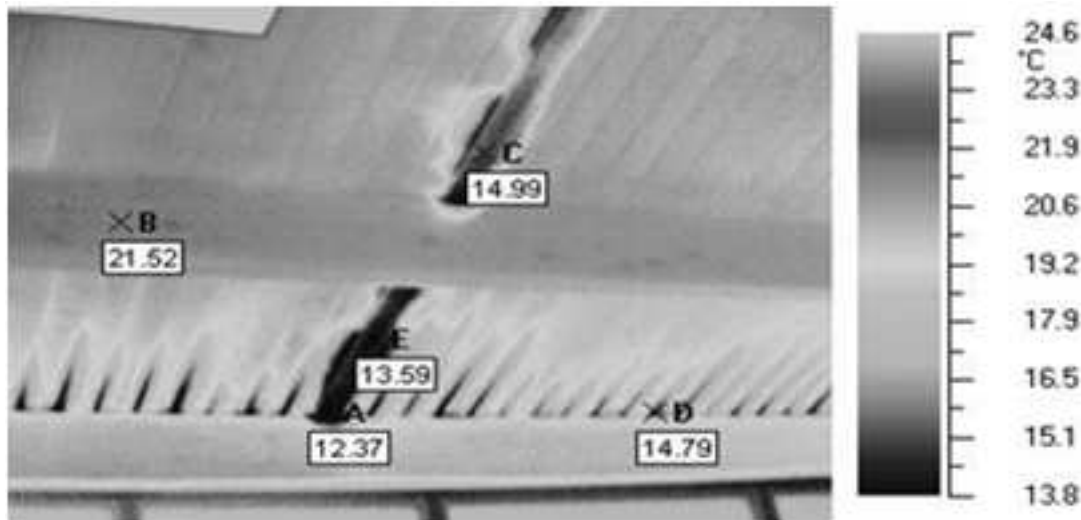
Situazione delle temperature nel soffitto e sulle pareti prima dell'inizio della prova. All'interno della scuola la temperatura dell'aria era circa 22° con temperature superficiali nel soffitto anche superiori



# Verifica tenuta all'aria con Blower-door test



Situazione delle temperature sul soffitto **dopo un minuto** dall'attivazione del ventilazione in aspirazione (prova in depressione)



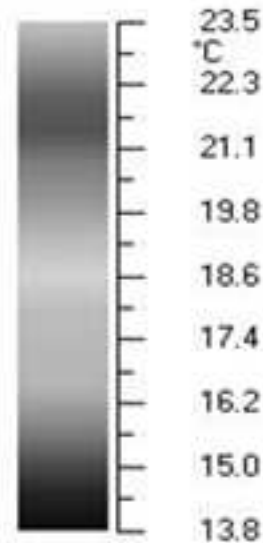
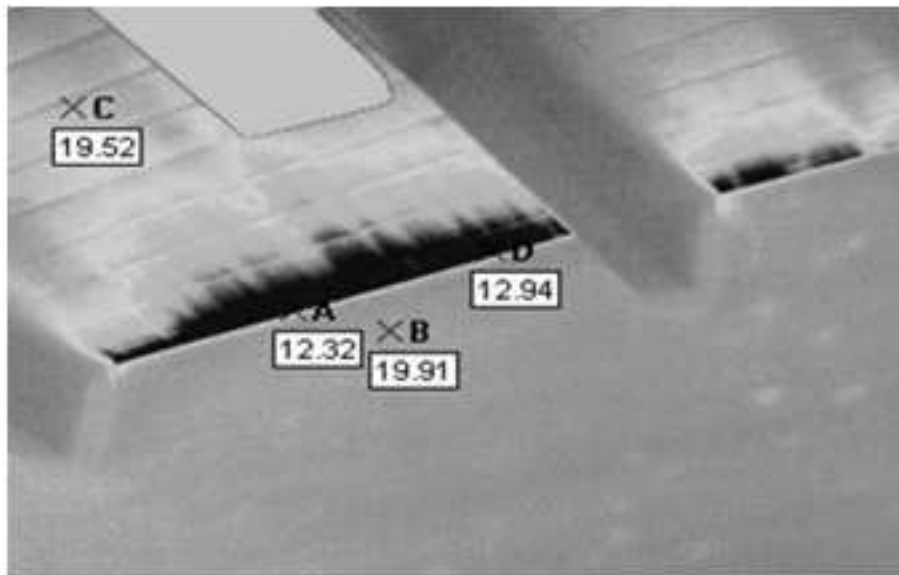
Situazione delle temperature sul soffitto **dopo cinque minuti di aspirazione.**

Si evidenziano gravi infiltrazioni di aria, per mancanza delle sigillature, nastratura delle guaine e presenza di tubi per l'antincendio

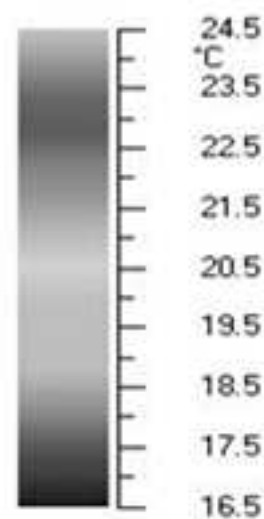
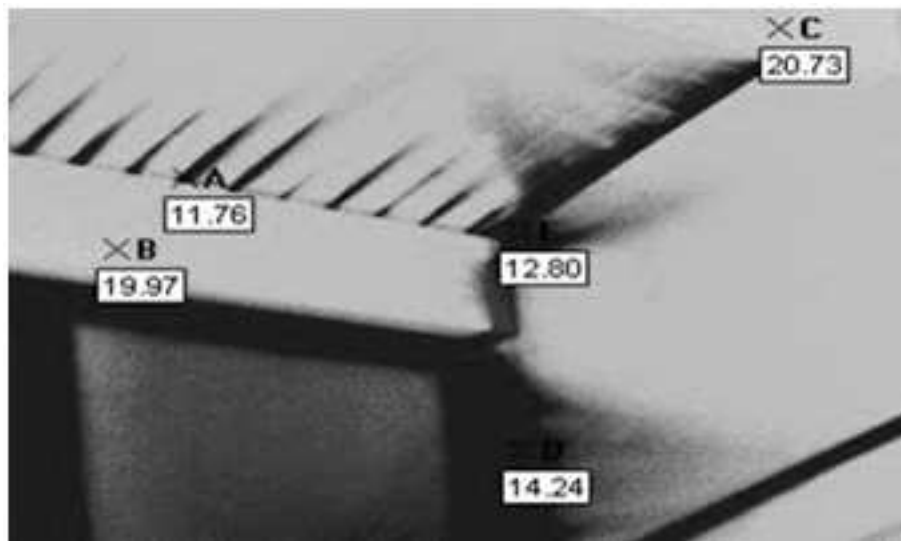
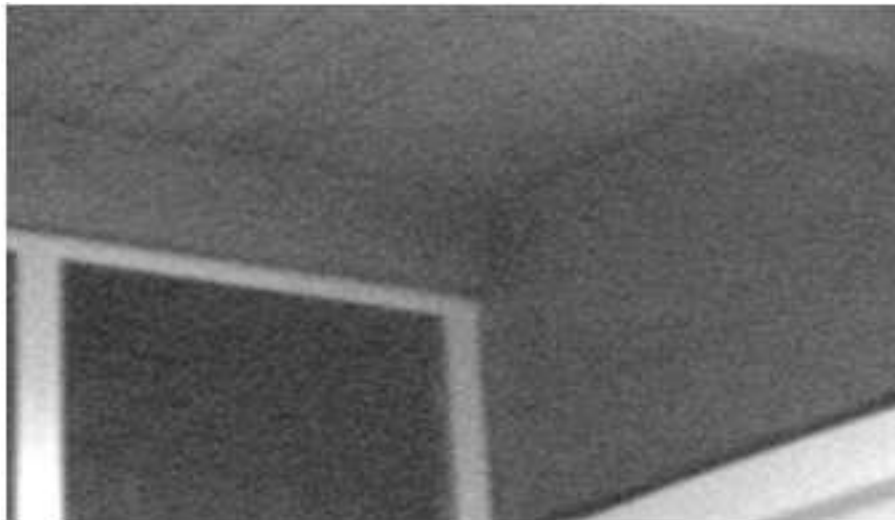
# Verifica tenuta all'aria con Blower-door test



Situazione delle temperature sul soffitto dopo quattro minuti di aspirazione  
Anche in questo punto si evidenziano gravi infiltrazioni di aria, per mancanza delle sigillature, nastratura delle guaine



# Verifica tenuta all'aria con Blower-door test

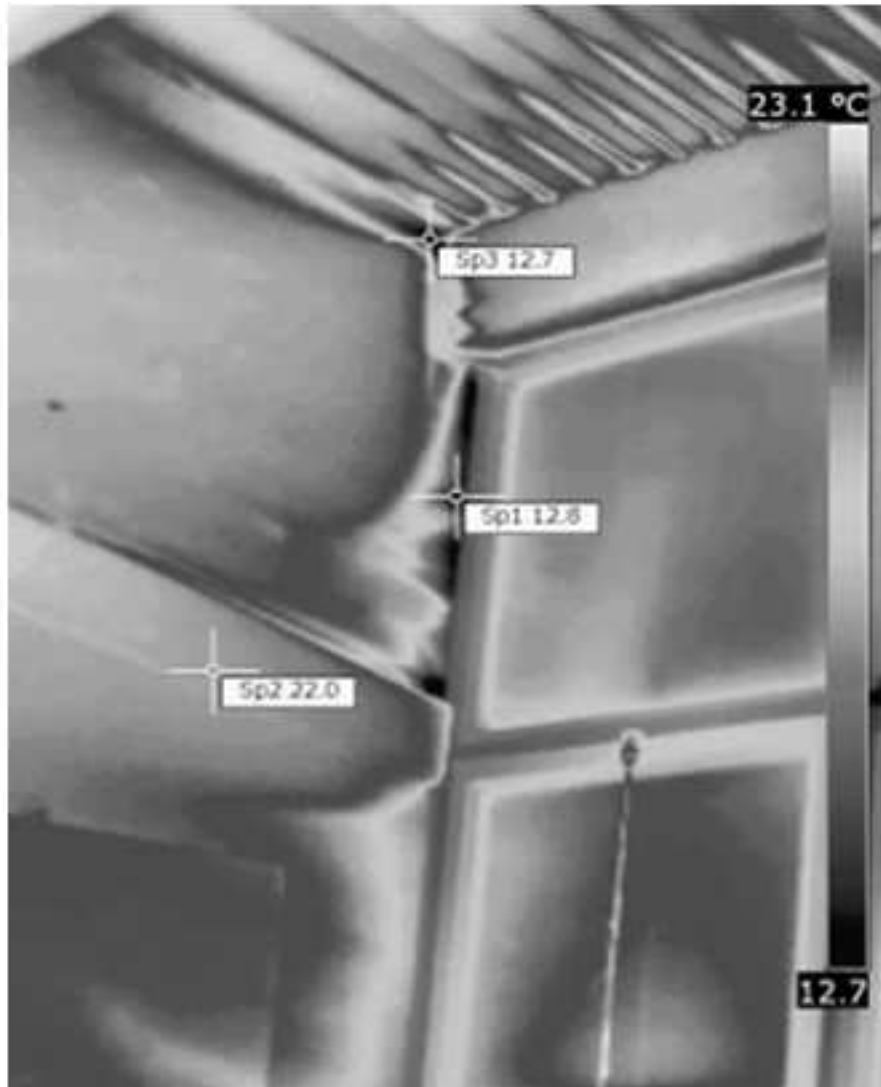


Situazione delle temperature sul soffitto dopo quattro minuti di aspirazione

Anche in questo punto si evidenziano gravi infiltrazioni di aria, per mancanza delle sigillature, nastratura delle guaine

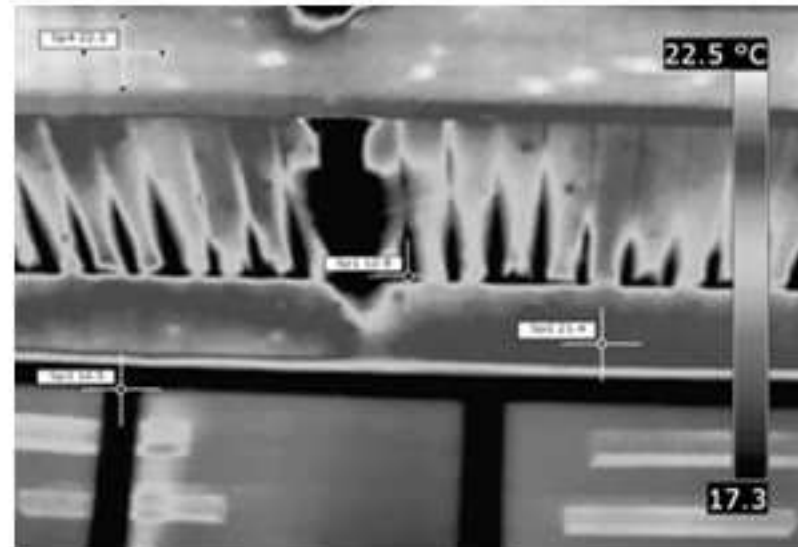
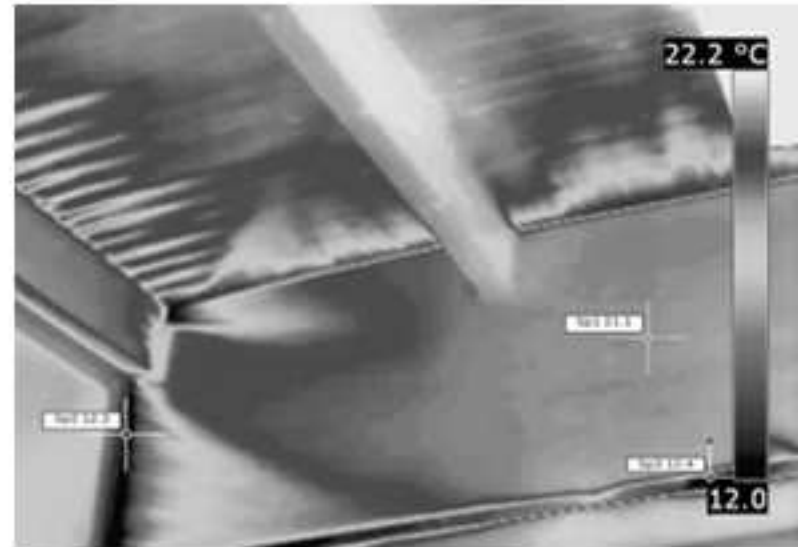
In questo caso mancano anche le sigillature tra legno e serramento

# BLOWER DOOR

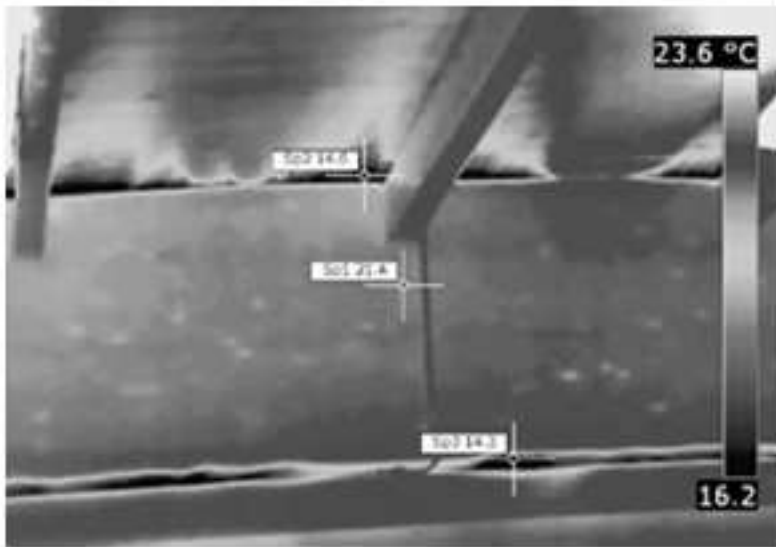
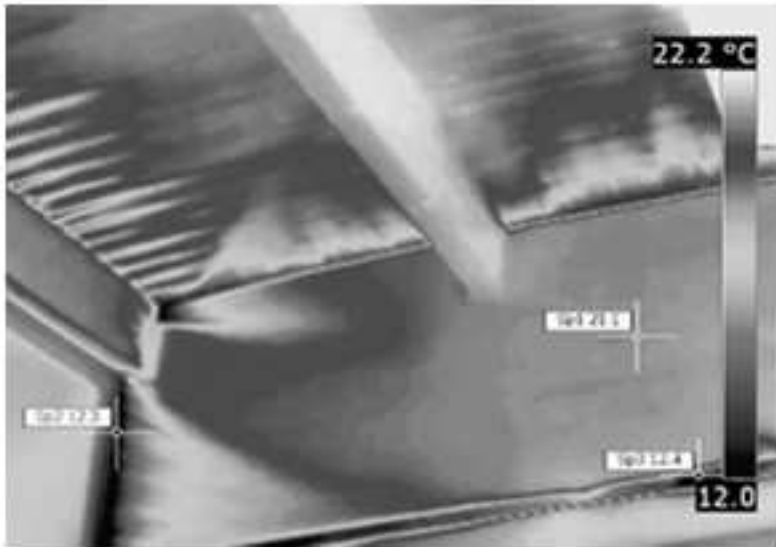




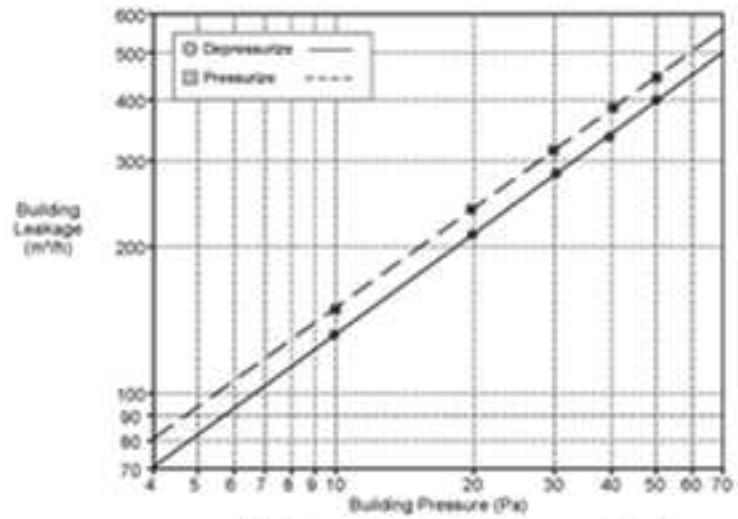
# BLOWER DOOR



# BLOWER DOOR



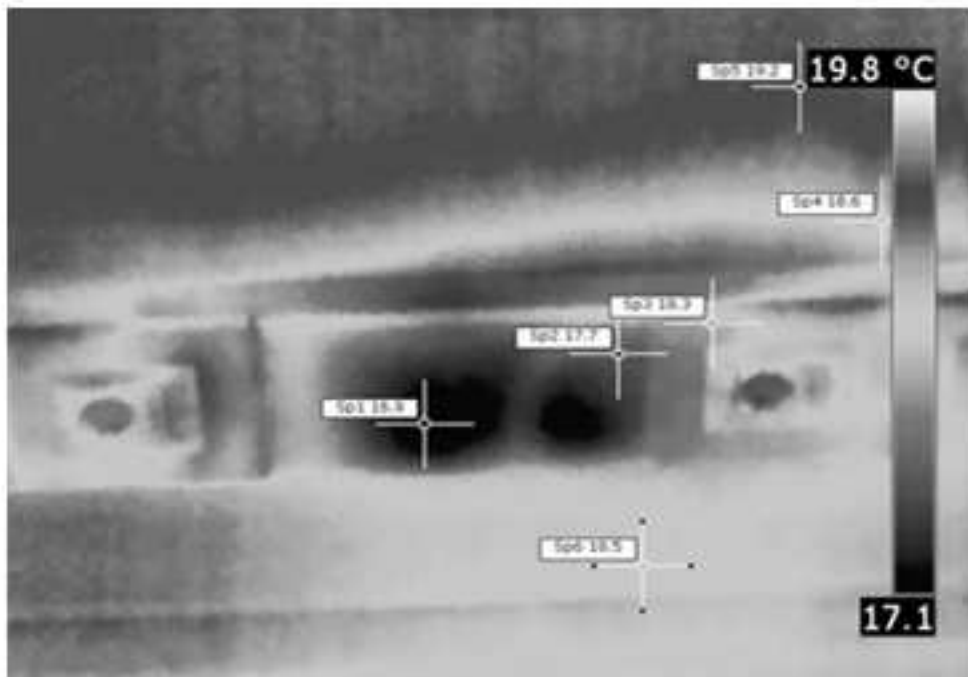
# BLOWER DOOR



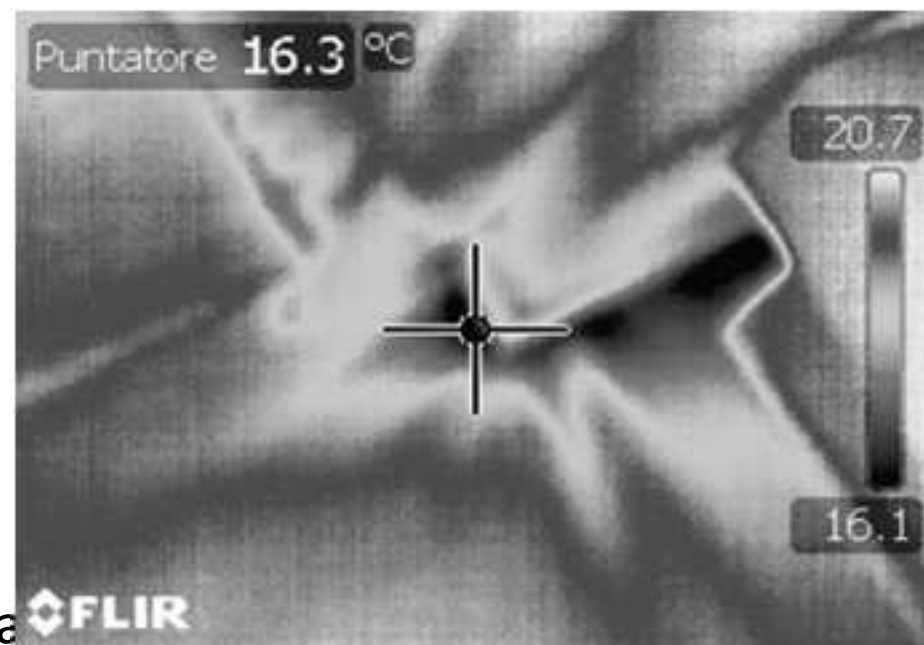
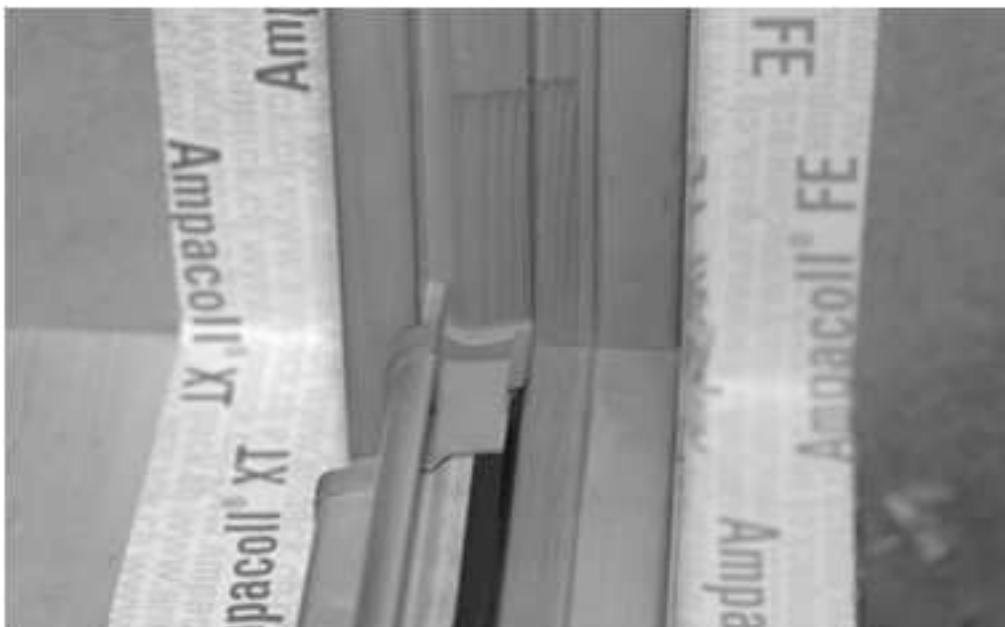




# BLOWER DOOR

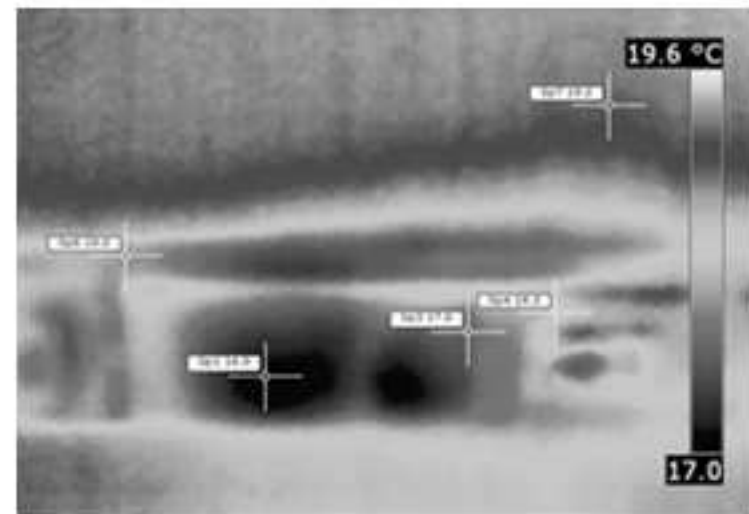
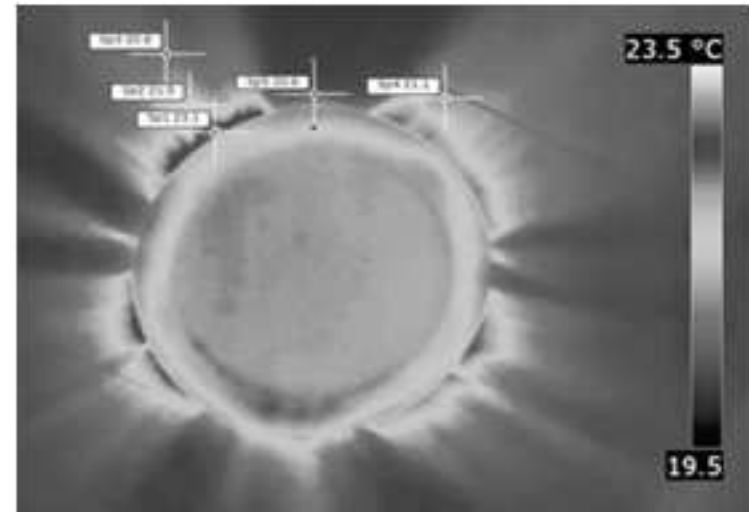


# TENUTA ARIA + TENUTA AL VENTO



Tenuta al vento esterna

# BLOWER DOOR





# Termografie e prove di tenuta all'aria

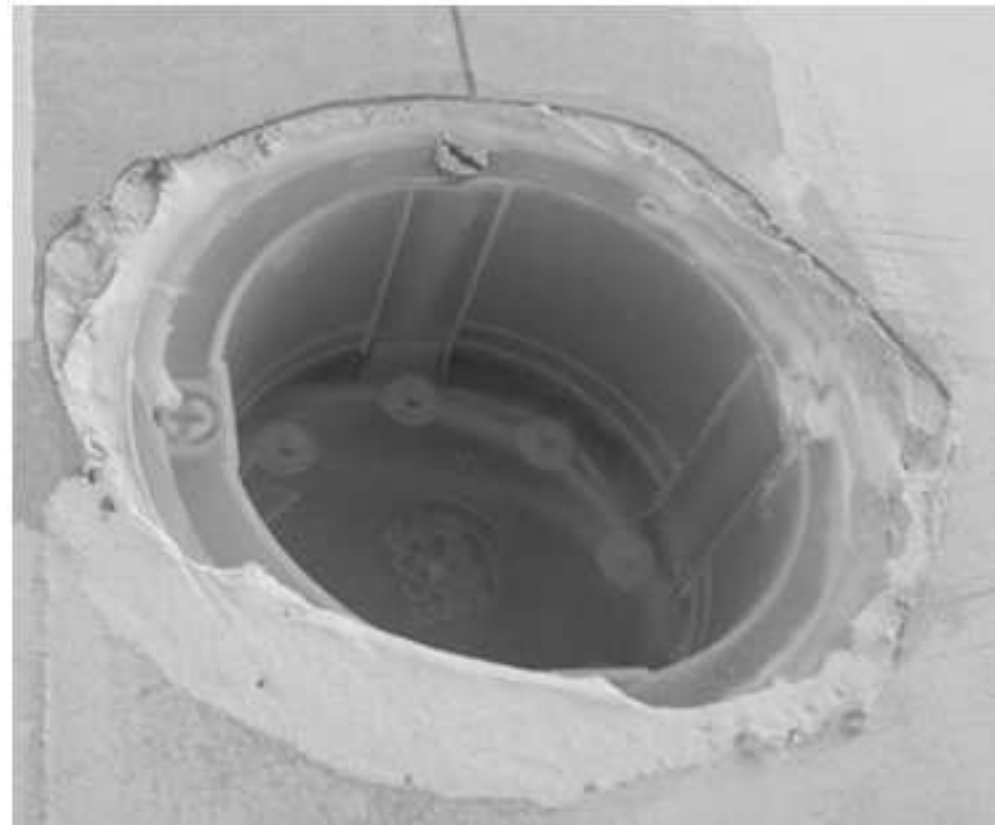


foto cabini



Ridotto\_1105110026\_Torino.avi

# Prove di tenuta all'aria

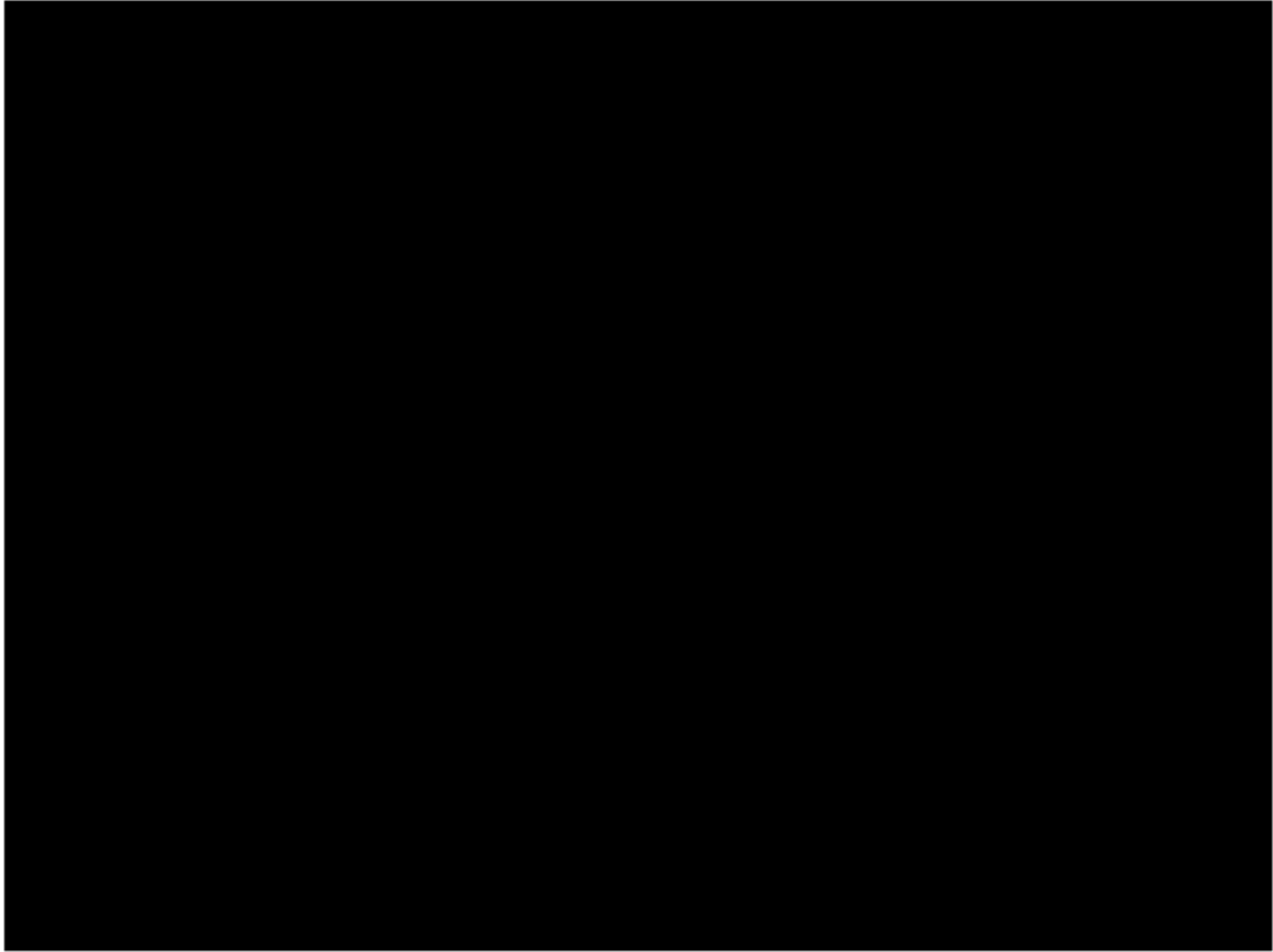


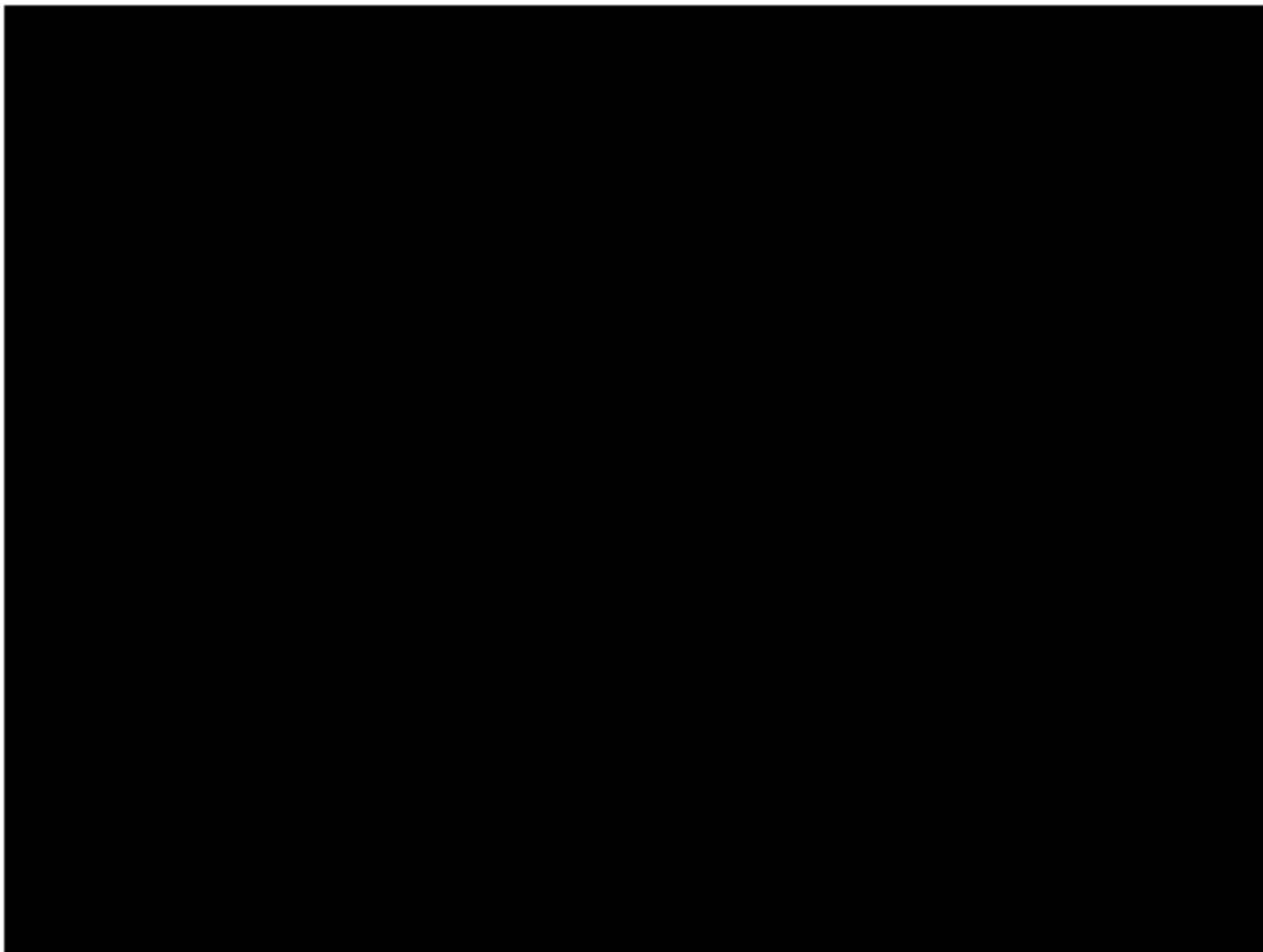
Prova Fumo Torino.avi

# Prove di tenuta all'aria



Prova fumo Milano.avi





# Termografie e prove di tenuta all'aria



# Termografie e prove di tenuta all'aria





# Termografie e prove di tenuta all'aria



# Termografie e prove di tenuta all'aria



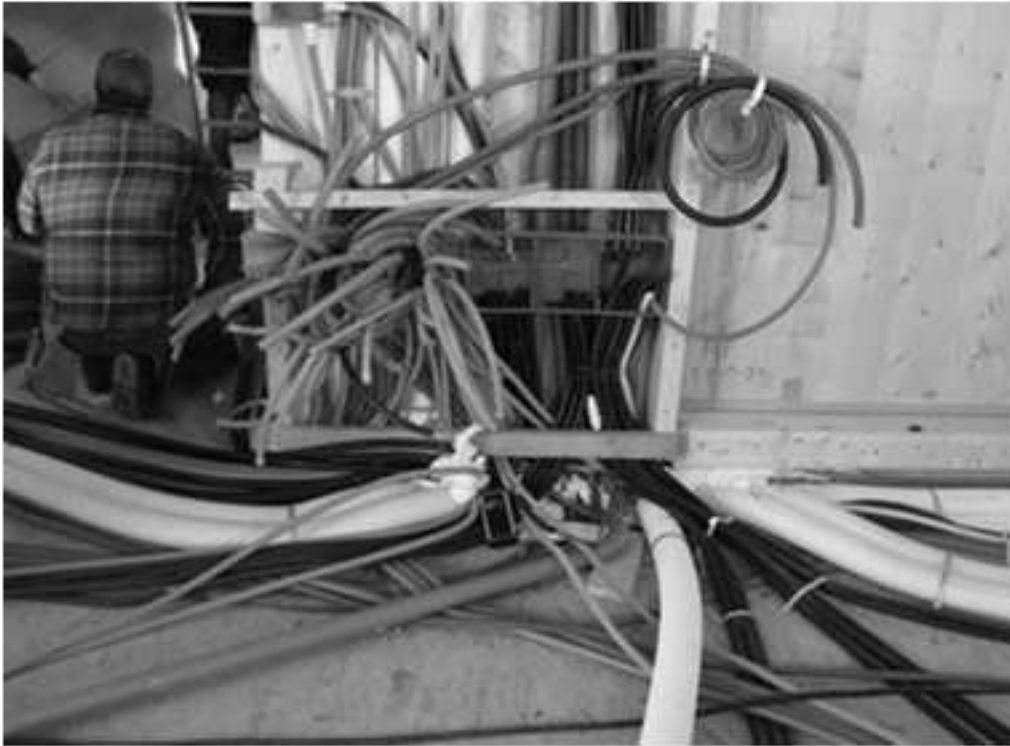
# Termografie e prove di tenuta all'aria



# Termografie e prove di tenuta all'aria



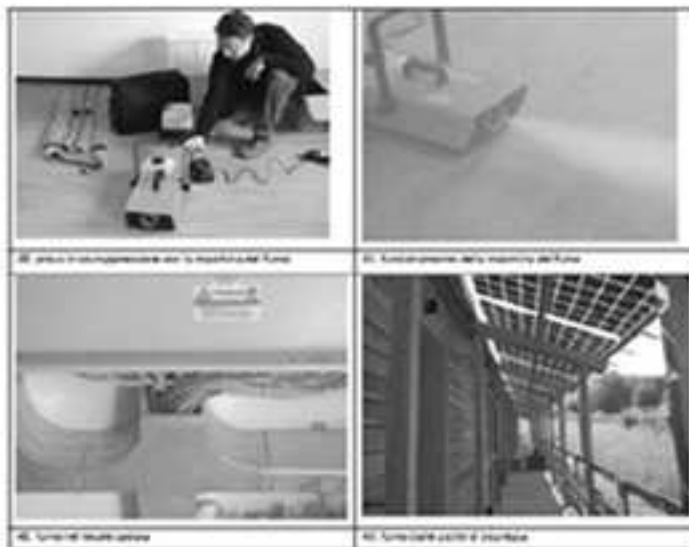
# Termografie e prove di tenuta all'aria



# Termografie e prove di tenuta all'aria



# Termografie e prove di tenuta all'aria



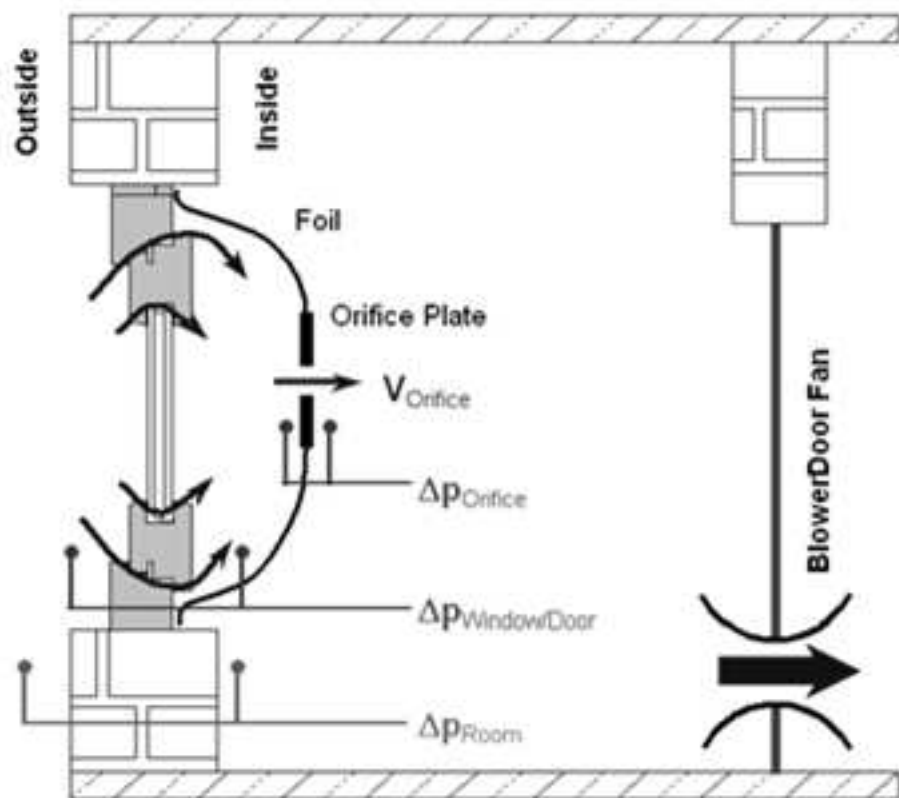


Figure 1: Principle for the determination of the joint permeability of a window/door

Step 5: Attaching hoses to the differential pressure gauge DG-700

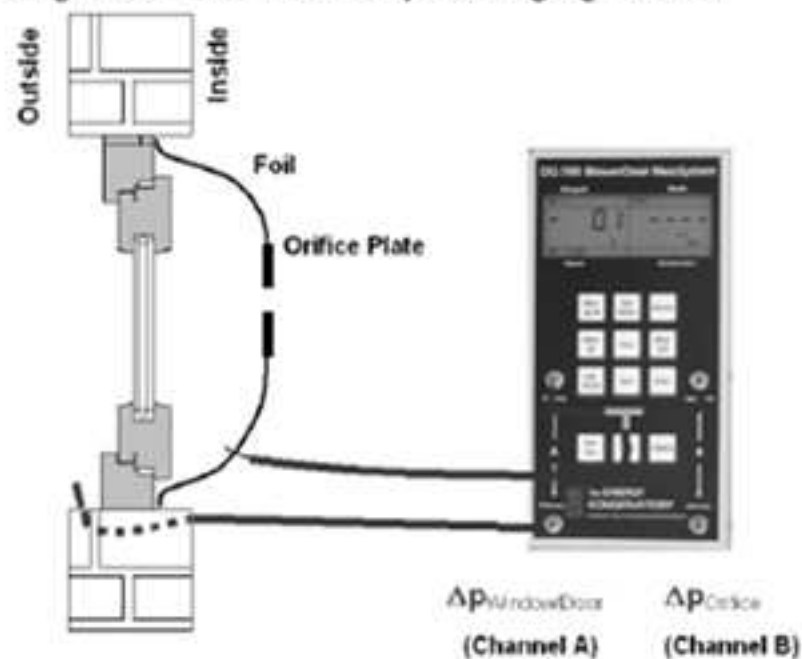
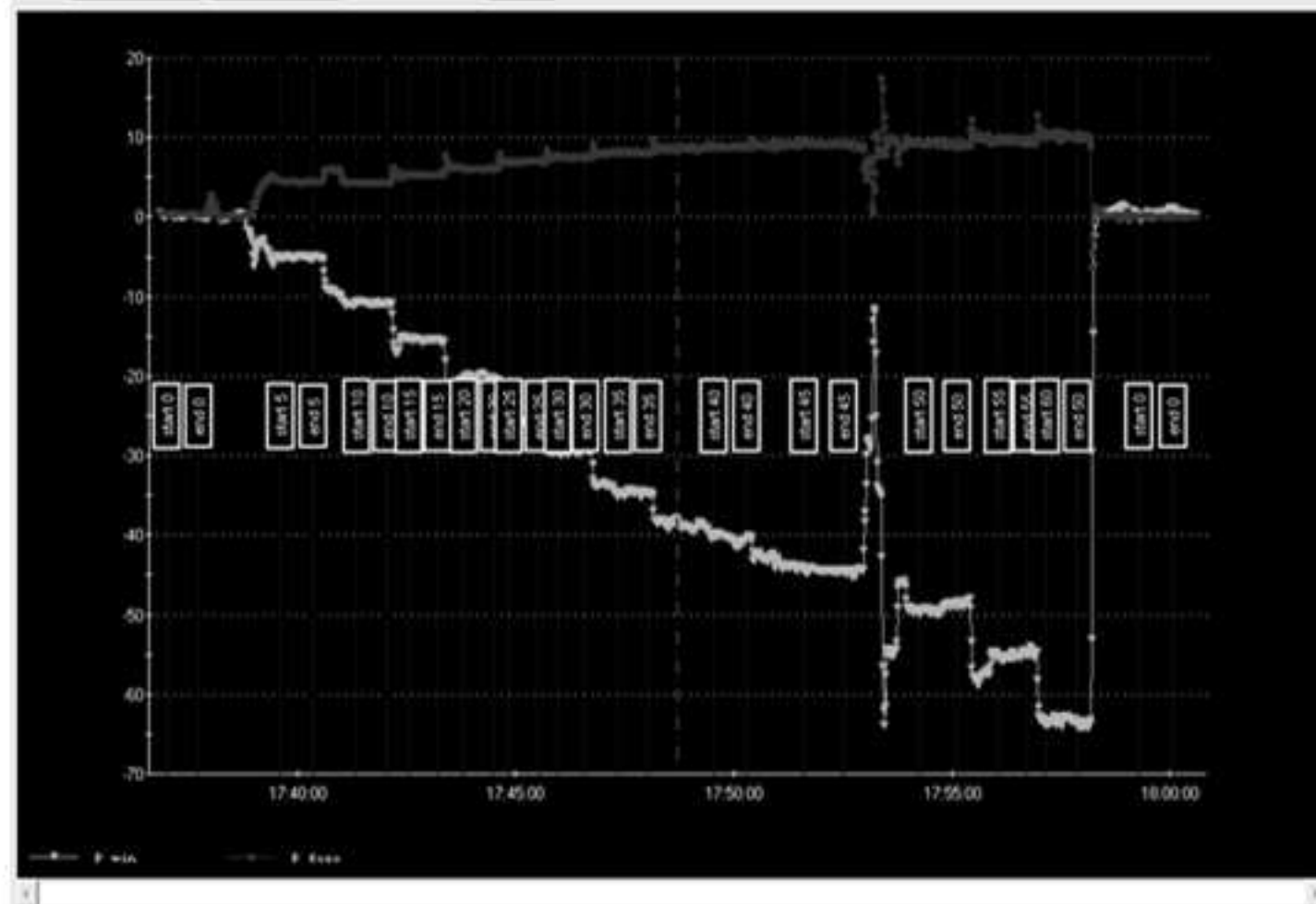
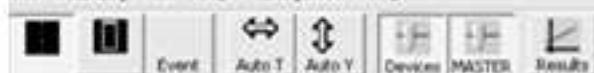


Figure 2: DG-700 hoses connections for the window and door test





File Recording View Graph Configuration Help



Aug 19 14 17:48:43.06

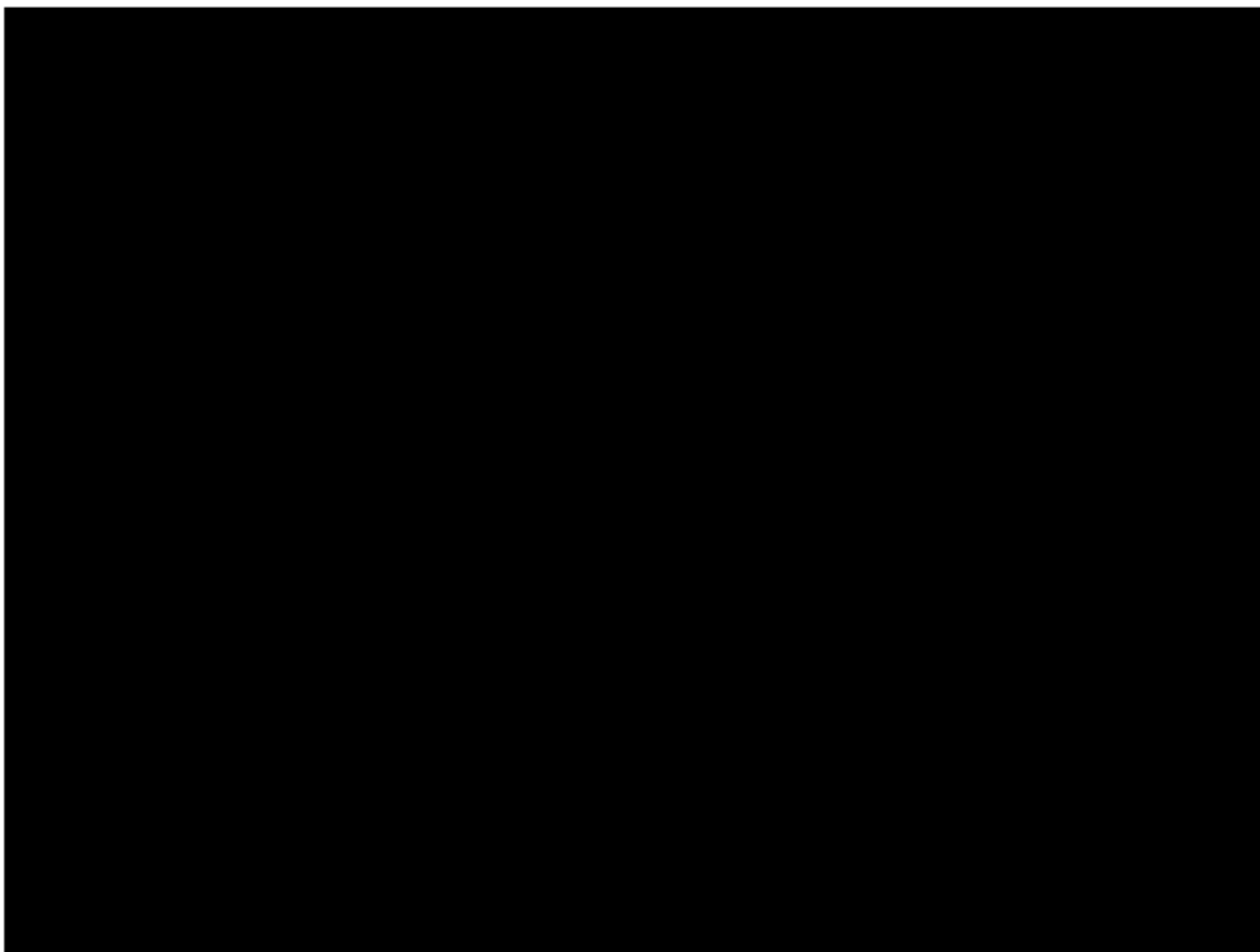
Obs: 790 of 1299

Viewing File:

prova cantu finale

	Value
Pwin	-38.0
Ploss	8.7





# Protocol On-Site Test Windows and Doors - Air Permeability



## Test Object

Name: Finestra nella camera matrimoniale  
Test Date: 19/07/2014

## Customer Information

Name: \_\_\_\_\_  
Address: \_\_\_\_\_  
Phone: \_\_\_\_\_  
Fax: \_\_\_\_\_

## Temperature, Barometric Pressure

Temperature Inside: 25 °C  
Temperature Outside: 30 °C  
Barometric Pressure: 101325 Pa

## Orifice Plate

Air Resistance Value  $c_d$ : 0.61 [-] (sharp-edged)

## Test

HELP on/off

Orifice Diameter (mm)	Orifice Area (A <sub>o</sub> ) (mm²)	Δp Window/Door (Pa)	Δp Orifice (Pa)	Airflow through Orifice (m³/s)	Tolerance (%)	Airflow through Window/Door (m³/s)
3.00	7.07	-10.90	4.30	4.18	-1.54	4.25
3.00	7.07	-20.20	6.10	4.96	0.76	5.07
3.00	7.07	-29.60	7.50	5.53	1.65	5.62
3.00	7.07	-40.60	8.80	5.96	1.81	6.09
3.00	7.07	-49.30	9.20	6.12	-0.80	6.22
3.00	7.07	-63.30	10.20	6.44	-1.83	6.55
Baseline Δp (Pa)	0.10					

Correlation Coefficient r	0.995	Confidence interval	
Conductance (m³/s Pa²)	2.375	max 2.69	min 2.10
Constant	2.312	max 2.61	min 2.05

# On-Side Test: Window/Door - Air Permeability



Object: Finestra nella camera matrimoniale  
Test Date: 19/07/2014

## Boundary Conditions

Temperature Inside: 25 °C  
Temperature Outside: 30 °C  
Standard Temperature: 20 °C  
Size of Window/Door: 3.74 m²  
Length of Opening Joint: 7.62 m

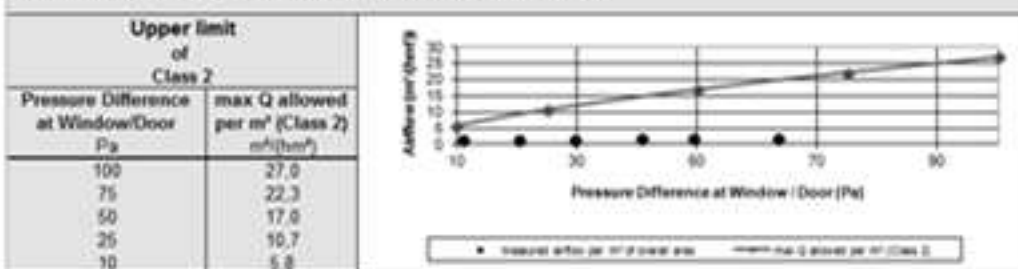
## Class of the Air Permeability for Window/Door

Class of Window/Door: Class 2 in accordance with EN 12207

## Measurement

Input Data			Results		
Orifice ID (cm)	Δp Window/Door (Pa)	Δp Orifice (Pa)	Δp Window/Door baseline corrected (Pa)	Measured airflow per m² of overall area (m³/hm²)	Measured Airflow per m of length of opening joints (m³/hm)
baseline pressure	0.20	-	-	-	-
3.00	-10.90	4.30	11.10	1.14	0.54
3.00	-20.20	6.10	20.40	1.35	0.65
3.00	-29.60	7.50	29.80	1.50	0.72
3.00	-40.60	8.80	40.80	1.63	0.78
3.00	-49.30	9.20	49.50	1.66	0.80
3.00	-63.30	10.20	63.50	1.75	0.84

## Air Permeability related to overall Area of the Window/Door



# Risanamento energetico e tenuta all'aria

Date of Test: 25/11/2010

Technician: Arch. valenzano

Test File: casa cabini prima intervento\_VOLUME CORRETTO

Customer: Cabini Giuseppe

Building Address: casa via cabini 47

offanengo,

Phone:

Fax:

## Test Results at 50 Pascals:

V50: Airflow (m <sup>3</sup> /h)	7854 ( +/- 0.9 %)
n50: Air Changes per Hour (1/h)	8.48
w50: m <sup>3</sup> /(h*m <sup>2</sup> Floor Area)	23.66
q50: m <sup>3</sup> /(h*m <sup>2</sup> Surface Area)	5.24

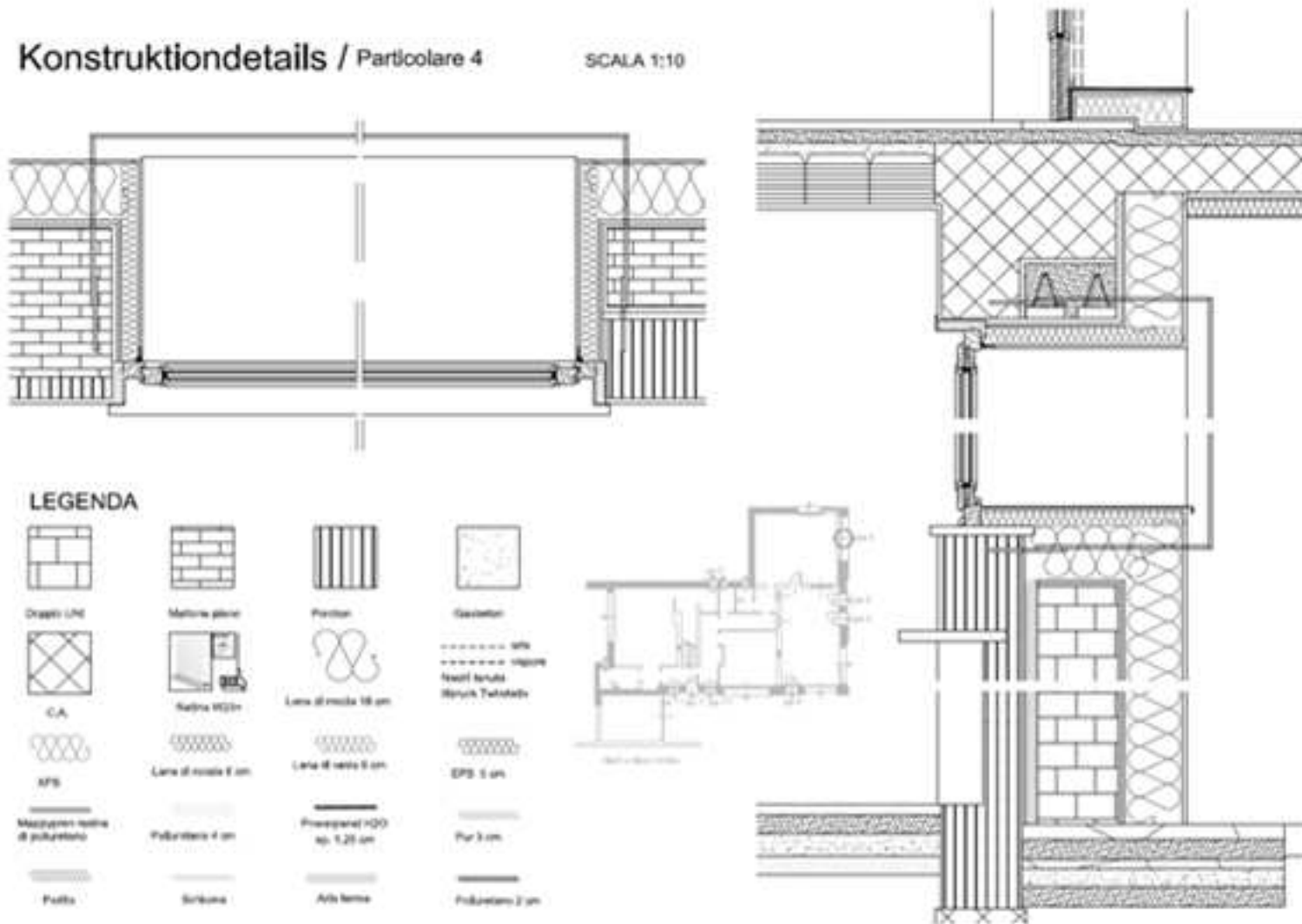
**Leakage Areas:** 3458.9 cm<sup>2</sup> ( +/- 2.2 %) Canadian EqLA @ 10 Pa or 2.31 cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> Surface Area  
1965.0 cm<sup>2</sup> ( +/- 3.8 %) LBL ELA @ 4 Pa or 1.31 cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> Surface Area

**Building Leakage Curve:** Air Flow Coefficient (Cenv) = 806.2 ( +/- 6.1 %)  
Air Leakage Coefficient (CL) = 819.4 ( +/- 6.1 %)  
Exponent (n) = 0.578 ( +/- 0.017 )  
Correlation Coefficient = 0.99868

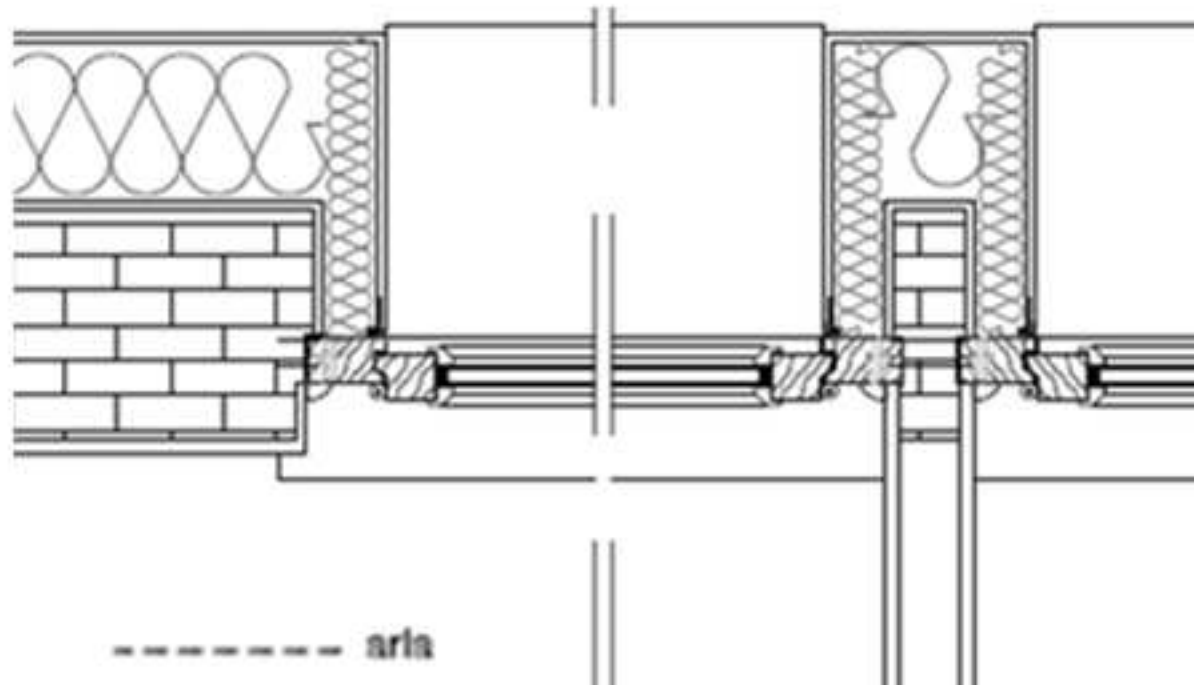
Test Standard:	EN 13829	Test Mode:	Depressurization
Type of Test Method:	A	Regulation complied with:	Conforme
Equipment:	Model 4 (230V) Minneapolis Blower Door, S/N CE1789		

Inside Temperature:	20 °C	Volume:	927 m <sup>3</sup>
Outside Temperature:	9 °C	Surface Area:	1500 m <sup>2</sup>
Barometric Pressure:	101325 Pa	Floor Area:	332 m <sup>2</sup>
Wind Class:	0 Calm	Uncertainty of	
Building Wind Exposure:	Highly Exposed Building	Building Dimensions:	2 %
Type of Heating:	termosifoni	Year of Construction:	
Type of Air Conditioning:			
Type of Ventilation:	con recupero hoval		

# Il progetto della tenuta all'aria



# Connessione opaco trasparente



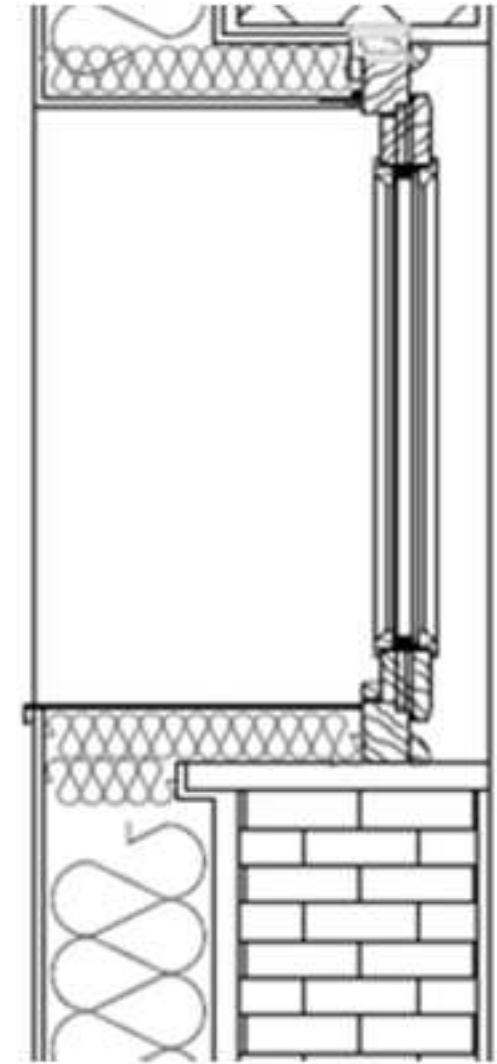
```

----- aria
----- vapore

```

Nastri tenuta  
Illbruck TwinAktiv

## Schluma





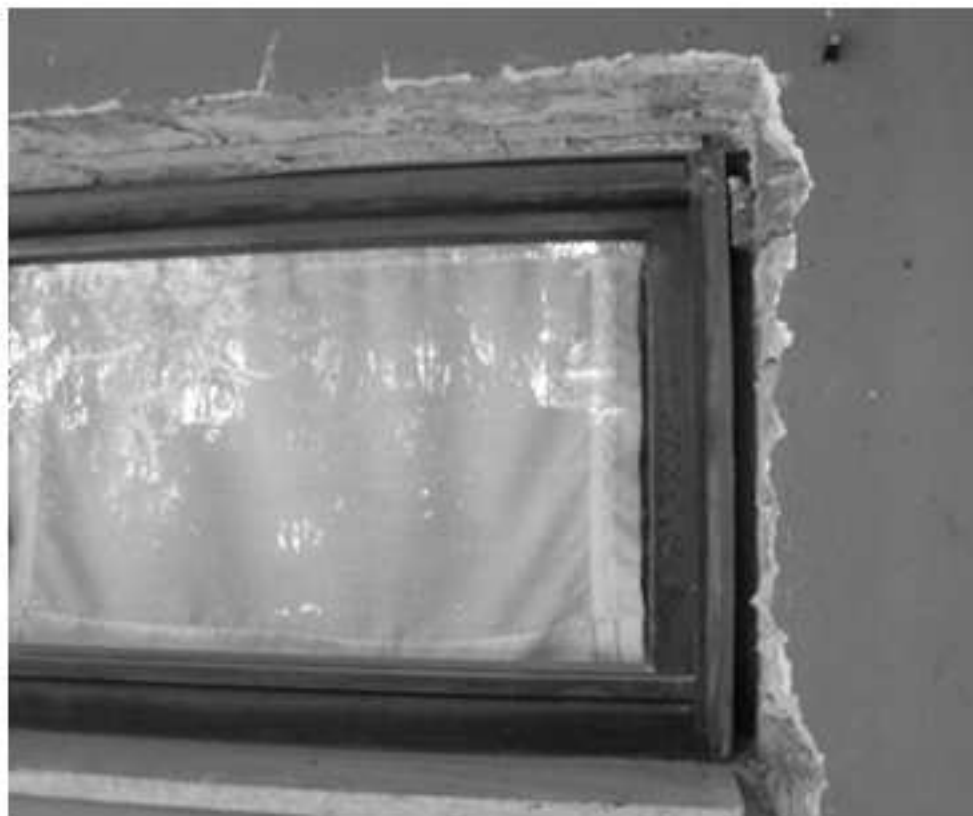
# Verifiche puntuali ed interventi



# Rifacimento giunti di posa



# Sequenze d'intervento



# Isolamento termico del giunto



# Tenuta al vento del giunto



# Tenuta al vento del giunto



# Tenuta al vento del giunto

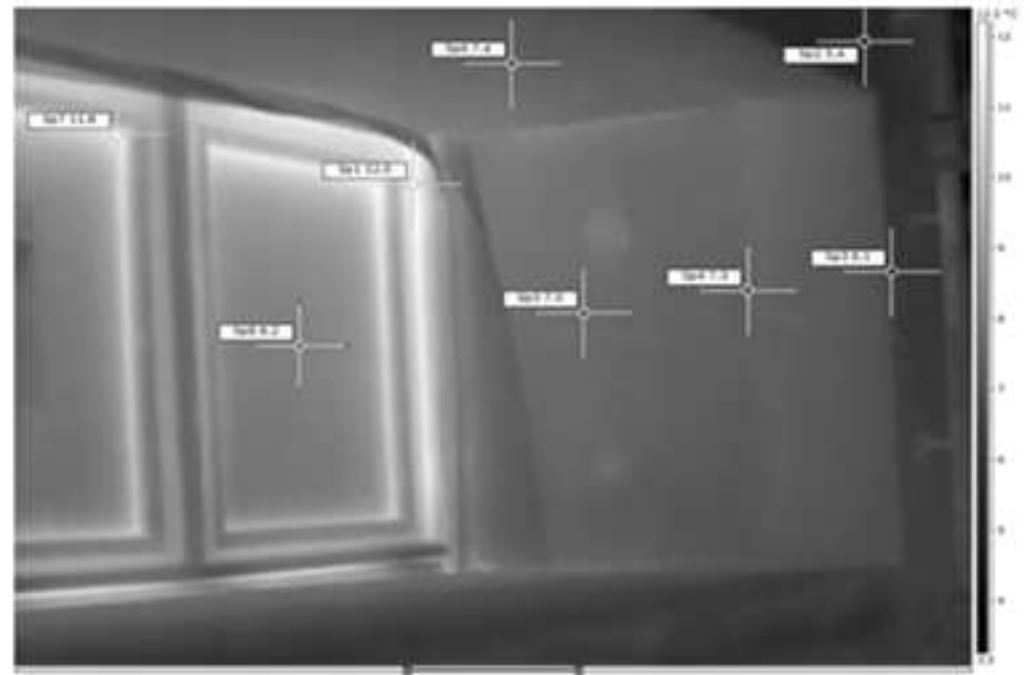


# Tenuta al vento del giunto e isolamento

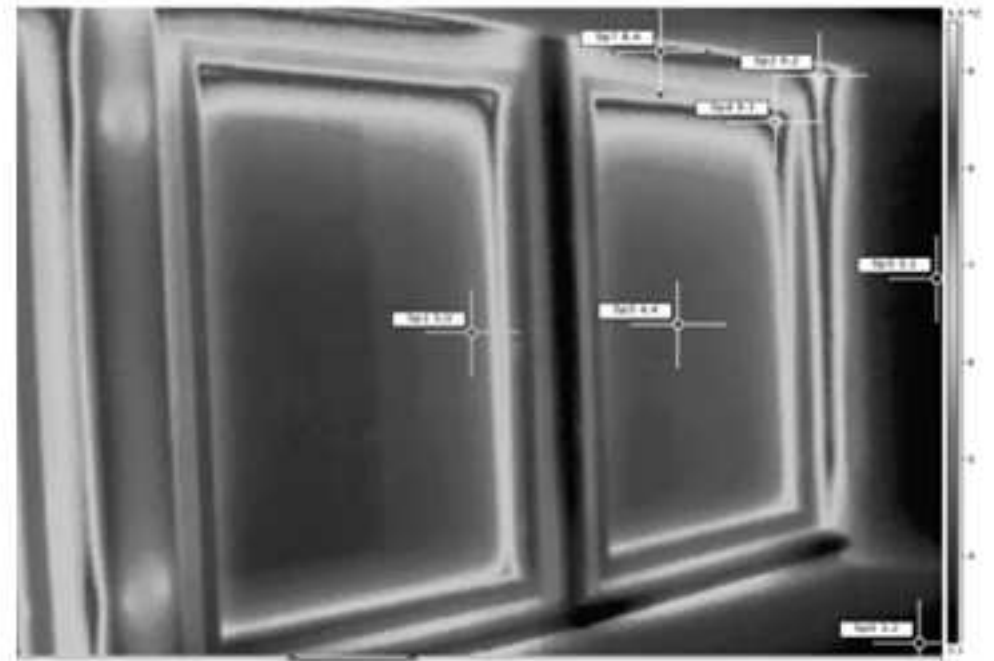




# Connessione elastica cappotto serramento



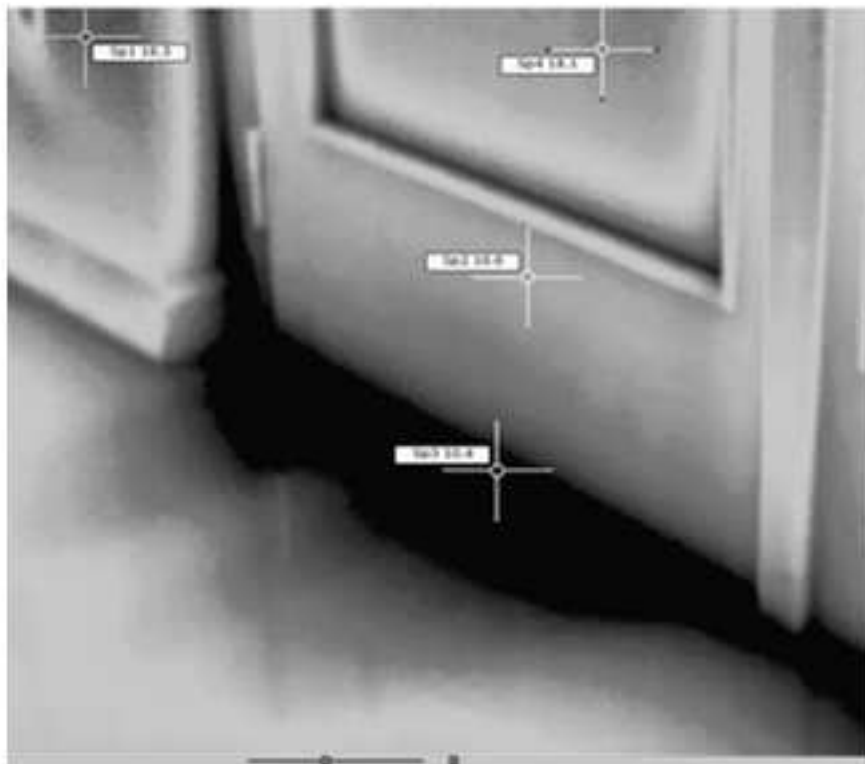
# Connessione elastica cappotto serramento



# Il quarto lato

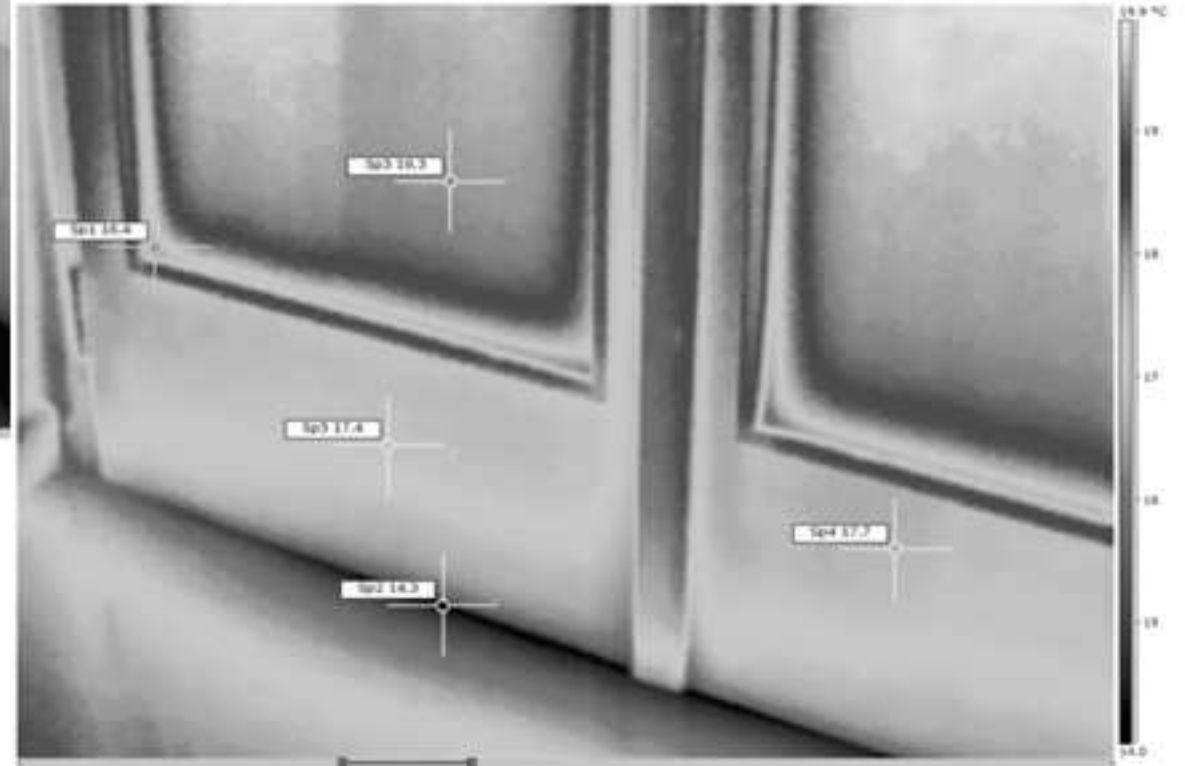


# Il quarto lato

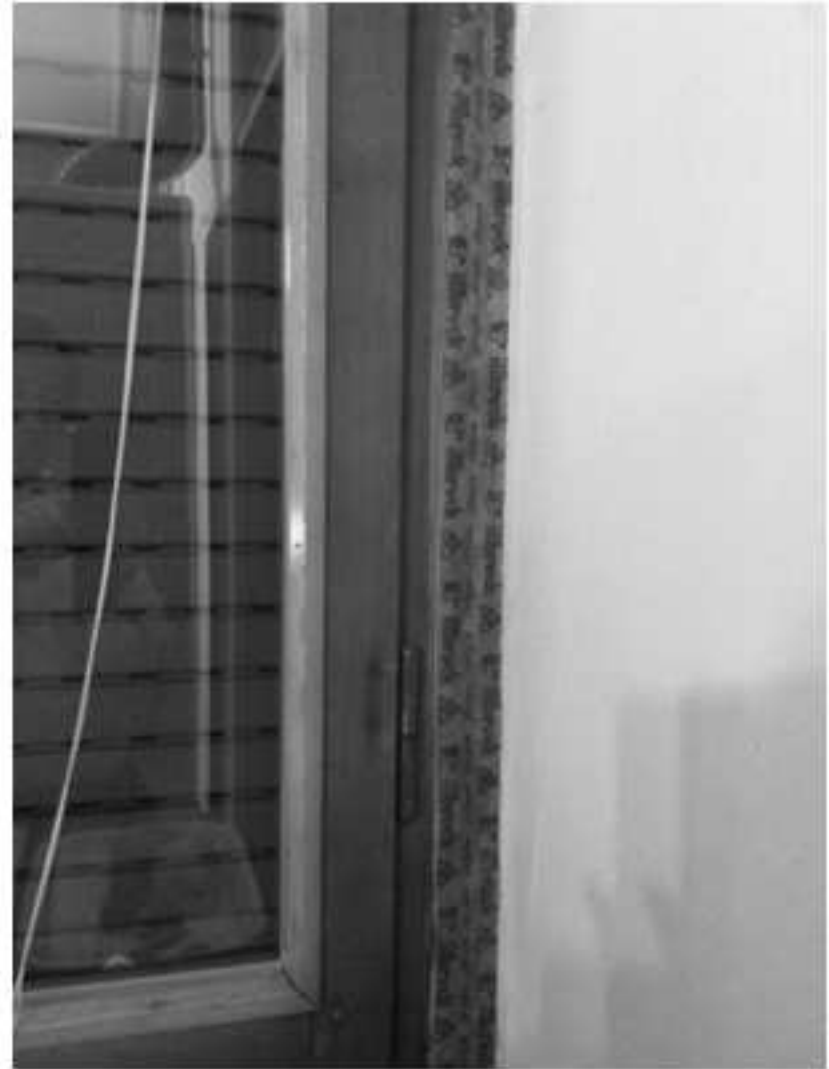


B1\_IR\_1308.jpg  
Dimensione: 205 KB  
Data creazione: 31/01/2012 13:13:07  
Termocamera: FLIR B335  
Obiettivo: FOL18

IR\_2838.jpg  
Dimensione: 207 KB  
Data creazione: 04/02/2013 14:29:20  
Termocamera: FLIR B335  
Obiettivo: FOL18



# Tenuta all'aria del giunto



# Termografie e prove di tenuta all'aria





**Giuseppe Cabini Architetto**

[www.cabini.it](http://www.cabini.it) - [architetto@cabini.it](mailto:architetto@cabini.it)

Consulente Esperto (ID080147) e Auditor CasaClima (ID07008)

Tecnico esperto "Finestra Qualità CasaClima"

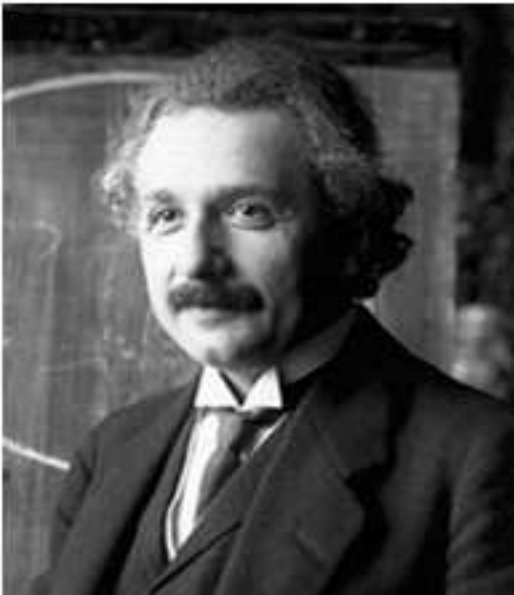
Albo dei tecnici qualificati (aiuto/consulenza)

Operatore termografico di II livello

Blower Door Test ed indagini Termografiche

26010 Offanengo (CR) - via Cabini, 47

tel. 0373 780158 - fax 0373 380230 - 333 6881301



# Grazie per l'attenzione

Imparare è un'esperienza;  
tutto il resto è solo informazione.