



Domanda 1

In un edificio Passivhaus si è scelto di installare il serramento Idea 85 certificato PH ($U_g = 0.9 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_f = 0.91 \text{ W/m}^2\text{K}$). In fase esecutiva il serramento viene installato a filo della muratura anziché del cappotto come previsto in fase di progettazione, passando così da uno $\Psi_{\text{inst,prog}} = 0.009 \text{ W/mK}$ ad uno $\Psi_{\text{inst,esec}} = 0.021 \text{ W/mK}$. Quali grandezze cambiano?

- Aumenta il valore U del telaio delle finestre.
- Il valore U delle finestre in condizioni di installazione non cambia in seguito a questa correzione.
- Diminuisce il fabbisogno termico per il riscaldamento dell'edificio
- Il criterio di comfort delle finestre viene significativamente influenzato

RISPOSTA

La risposta corretta è la d.

Il criterio di comfort Passivhaus fissa una differenza massima di 4.2 K tra la temperatura operativa e la temperatura superficiale interna θ_{si} di ciascuna superficie perimetrale della stanza, ovvero:

$$|\theta_{op} - \theta_{si}| \leq 4.2 \text{ K}$$

Usando la relazione che lega θ_{si} al valore U delle componenti considerate, si ottiene la seguente relazione:

$$U_{w \text{ inst limite}} = \frac{4,2 \text{ K}}{R_{si}(\theta_i - \theta_{ext})}$$

dove θ_{ext} si calcola come la seconda più bassa temperatura media su 12 ore.

Questo è il valore U limite che può essere installato e in caso di finestre corrisponde al valore $U_{w,inst}$.

Dunque spostare l'installazione a filo muratura determina un incremento dello Ψ_{inst} e quindi un conseguente peggioramento del $U_{w,inst}$. Questo potrebbe quindi pregiudicare il superamento del criterio di comfort.

Rif. Nesi F., De Beni M., Rosini A., Iannone I., *Passivhaus*, Santarcangelo di Romagna, Maggioli Editore, 2017, pg. 28-29

Domanda 2

Quali fattori influenzano il fabbisogno termico per riscaldamento in un edificio Passivhaus?

- a. Il CLA (coefficiente di lavoro annuo o seasonal performance factor) della pompa di calore per l'approntamento dell'acqua calda sanitaria
- b. La tenuta all'aria dell'edificio
- c. La temperatura superficiale interna della finestra lungo il bordo vetro.
- d. La quantità di fotovoltaico installato.
- e. La potenza della batteria di post-riscaldamento sull'aria di mandata.

RISPOSTA

La risposta corretta è la b.

Il fabbisogno termico per riscaldamento è la quantità di energia richiesta per garantire il mantenimento delle condizioni di comfort interno durante il periodo di riscaldamento, ad una temperatura interna costante di 20 °C ed un tasso del 50% di umidità relativa interna, che dovrebbe essere generalmente mantenuta dagli impianti. Il fabbisogno per riscaldamento, che per lo standard Passivhaus deve essere inferiore a 15 kWh/m²a per tutti i climi e tutte le tipologie di utilizzo, rappresenta la prestazione termica dell'edificio e dipende direttamente dalle caratteristiche architettoniche e costruttive, dall'esposizione, dal clima, dal sistema di ventilazione e tenuta all'aria, in definitiva dal bilancio energetico dell'intero edificio dispersioni/apporti.

Nesi F., De Beni M., Rosini A., Iannone I., *Passivhaus*, Santarcangelo di Romagna, Maggioli Editore, 2017, pg. 36

Domanda 3

Un edificio residenziale a torre di 15 piani viene ristrutturato secondo lo standard EnerPHit. Quale scelta progettuale si dovrà fare per raggiungere i requisiti di certificabilità?

- a. Per raggiungere lo standard EnerPHit è necessario installare solo componenti Passivhaus
- b. Non è sempre necessario prevedere l'installazione di un impianto di ventilazione meccanica con recupero di calore
- c. È necessario un impianto solare termico per l'approntamento di ACS.
- d. Dal punto di vista dell'efficienza energetica l'unità di ventilazione meccanica centralizzata dovrà essere installata preferibilmente nel seminterrato

RISPOSTA

La risposta corretta è la b.

In determinate condizioni climatiche, ovvero quando la temperatura esterna è molto vicina a quella di comfort, il recuperatore di calore ha una minima (se non nulla) influenza sulle condizioni di temperatura immessa dal sistema VMC. Inoltre, la VMC, seppur lavorando in bypass, cioè escludendo il recuperatore dai flussi d'aria in ingresso ed in uscita, ha un (relativamente basso) consumo elettrico dei ventilatori.

Recentemente si è dimostrato che impianti con sola estrazione dell'aria (o a singolo flusso) senza recupero di calore, soluzione sconsigliata nella letteratura "storica" relativa alle Passivhaus, può essere un'alternativa dal punto di vista tecnico-economico a quella a doppio flusso con recupero di calore in determinate zone climatiche (comprese fra il clima caldo-temperato ed il clima caldo). È importante prevedere sempre dei punti di ingresso dell'aria esterna (usualmente griglie posizionate in alto sulle pareti perimetrali, opportunamente silenziate e filtrate), al fine di evitare che la depressione "forzi" l'aria esterna ad entrare attraverso i punti di minore tenuta all'aria dell'involucro, causando gli inevitabili problemi già menzionati.

Rif. Nesi F., De Beni M., Rosini A., Iannone I., *Passivhaus*, Santarcangelo di Romagna, Maggioli Editore, 2017, Cap. 8 "Ristrutturazioni: lo standard EnerPHit".

Domanda 4

Gli avvolgibili installati dal serramentista sulle 4 finestre delle camere (larghezza finestre: 1.50 m) presentano un coefficiente lineico di ponte termico pari a $\Psi_{\text{attacco}} = 0.4 \text{ W}/(\text{mK})$. Gli avvolgibili che erano stati inseriti nel PHPP avevano invece $\Psi_{\text{attacco}} = 0.03 \text{ W}/(\text{mK})$.

Qual è lo spessore minimo di coibente ($\lambda=0.035 \text{ W}/\text{mK}$) da aggiungere in copertura $U_{\text{tetto}} = 0.15 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ per compensare i ponti termici dovuti all'impiego dei cassonetti mal coibentati. La superficie di copertura è di 85 m^2 .

- a. 1 cm
- b. 5 cm
- c. 8 cm
- d. 10 cm

RISPOSTA

La risposta corretta è la b.

In questo caso, la formula da prendere in considerazione per ricavare la variazione del fabbisogno termico per riscaldamento è quella per il calcolo delle dispersioni per trasmissione dovute ad un ponte termico lineico

$$Q_{\psi} = l f_t \psi_l G_t$$

dove ψ è il coefficiente lineico di ponte termico e l la sua lunghezza. I coefficienti lineici di ponte termico previsti in progettazione e realizzati in cantiere sono entrambi dati dal testo dell'esercizio.

Quindi possiamo procedere con il calcolo delle dispersioni per trasmissione nella situazione di progetto:

$$Q_{\psi 1} = N l f_t \psi_1 G_t$$

dove N è il numero delle finestre, e nella situazione di installazione

$$Q_{\psi 2} = N l f_t \psi_2 G_t$$

La differenza tra le due, dà la variazione del fabbisogno termico per riscaldamento

$$\Delta Q_{\psi} = Q_{\psi 2} - Q_{\psi 1} = N l f_t (\psi_2 - \psi_1) G_t$$

Per compensare le dispersioni per trasmissione dovute ai cassonetti mal coibentati dovrò andare ad aumentare il coibente del tetto di uno spessore Δd . Di conseguenza il suo valore di trasmittanza termica $U_1 = U_{\text{tetto}} = 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$ si ridurrà ad un valore inferiore U_2 . Si vuole compensare le dispersioni per trasmissione dovute al ponte termico aggiungendo del coibente in copertura, che porterà ad una riduzione delle dispersioni data da

$$\Delta Q_T = f_t S (U_1 - U_2) G_t.$$

Imponendo $\Delta Q_T = \Delta Q_{\psi}$ possiamo calcolare il valore U_2 che deve avere il tetto dopo l'aggiunta di ulteriore coibente.

Si ottiene:

$$U_2 = U_1 - \Delta Q_{\psi} / (f_t S G_t) = U_1 - N l (\psi_2 - \psi_1) / S = 0.1238 \text{ W/m}^2\text{K}.$$

Ora rimane da calcolare la variazione di spessore del coibente Δd necessaria per ottenere U_2 . Questa può essere ricavata considerando la resistenza termica della copertura dopo l'aggiunta del coibente pari a

$$R_2 = 1 / U_2 = 1 / U_1 + \Delta d / \lambda$$

quindi

$$\Delta d = \lambda (1 / U_2 - 1 / U_1) = 0.035 * (1/0.15 - 1/0.1238) = 0.049 \text{ m} \approx 0.05 \text{ m}$$

Quindi per compensare il ponte termico dei cassonetti mal coibentati il coibente del tetto deve essere aumentato di 5 cm.