

La specifica tecnica UNI TS 11300-1 per la determinazione dei fabbisogni di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale

ing. Stefano Barbina,
CP Ingegneria, Gemona del Friuli (UD)
eng@gruppopcp.it

Parole chiave: fabbisogno, energia, involucro

Sommario

Nella presente memoria sono riportati i riferimenti teorici per la determinazione del fabbisogno di energia termica dell'involucro Q_H per il riscaldamento invernale e Q_C per il raffrescamento, secondo la specifica tecnica UNI TS 11300-1 che definisce le modalità per l'applicazione nazionale della UNI EN ISO 13790¹ con riferimento al metodo mensile per il calcolo dei fabbisogni di energia termica per riscaldamento e per raffrescamento.

Segue poi un esempio con i relativi calcoli numerici, effettuati secondo la suddetta specifica tecnica, applicati ad un caso progettuale.

1. Dati di ingresso

La procedura di calcolo deve iniziare con la definizione dei confini dell'insieme degli ambienti climatizzati e non climatizzati dell'edificio, dei confini delle diverse zone di calcolo, e dei dati di ingresso relativi al clima esterno e alle condizioni interne, per concludersi con l'aggregazione dei risultati relativi ai diversi mesi ed alle diverse zone.

I dati di ingresso per i calcoli vengono raggruppati secondo la loro tipologia, come indicato al §6 della UNI TS 11300-1. I dati di ingresso relativi alle *caratteristiche tipologiche dell'edificio* comprendono:

- il volume lordo dell'ambiente climatizzato (V_l);
- il volume interno (o netto) dell'ambiente climatizzato (V);
- la superficie utile (o netta calpestabile) dell'ambiente climatizzato (A_f);
- le superfici di tutti i componenti dell'involucro e della struttura edilizia (A);
- tipologie e le dimensioni dei ponti termici;
- gli orientamenti di tutti i componenti dell'involucro edilizio;
- le caratteristiche geometriche di tutti elementi esterni (altri edifici, aggetti, ecc.) che ombreggiano i componenti trasparenti dell'involucro edilizio.

¹ La norma UNI EN ISO 13790 presenta una serie di metodi di calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento ed il raffrescamento ambiente di un edificio e dell'influenza delle perdite degli impianti di riscaldamento e raffrescamento. Può essere utilizzata per le seguenti applicazioni: valutare il rispetto di regolamenti espressi in termini di obiettivi energetici; confrontare le prestazioni energetiche di varie alternative progettuali per un edificio in progetto; indicare un livello convenzionale di prestazione energetica degli edifici esistenti; stimare l'effetto di possibili misure di risparmio energetico su un edificio esistente, calcolando il fabbisogno di energia con e senza ciascuna misura.

I dati relativi alle caratteristiche termiche e costruttive dell'edificio comprendono invece:

- le trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro edilizio (U);
- le capacità termiche areiche dei componenti della struttura dell'edificio (k);
- le trasmittanze di energia solare totale dei componenti trasparenti dell'involucro edilizio (g);
- i fattori di assorbimento solare delle facce esterne dei componenti opachi dell'involucro edilizio ($\alpha_{sol,c}$);
- le emissività delle facce esterne dei componenti dell'involucro edilizio (ε);
- i fattori di riduzione della trasmittanza di energia solare totale dei componenti trasparenti dell'involucro edilizio in presenza di schermature mobili (F_{sh});
- i fattori di riduzione dovuti al telaio dei componenti trasparenti dell'involucro edilizi ($1-F_F$);
- i coefficienti di trasmissione lineare dei ponti termici (ψ ; questo dato può essere omesso nei casi in cui è consentita una valutazione forfaitaria delle dispersioni attraverso i ponti termici).

I dati climatici comprendono:

- le medie mensili delle temperature esterne (θ_e);
- l'irradianza solare totale media mensile sul piano orizzontale ($I_{sol,h}$);
- l'irradianza solare totale media mensile per ciascun orientamento (I_{sol}).
- Infine i dati relativi all'utenza comprendono:
 - la temperatura interna di regolazione per il riscaldamento ($\theta_{int, set,H}$);
 - la temperatura interna di regolazione per il raffrescamento ($\theta_{int, set,C}$);
 - il numero di ricambi d'aria n (in inverno e in estate);
 - il tipo di ventilazione (ventilazione naturale, ventilazione artificiale);
 - il tipo di regolazione della portata di ventilazione (costante, variabile);
 - la durata del periodo di riscaldamento (in inverno e in estate);
 - il regime di funzionamento dell'impianto di climatizzazione;
 - le modalità di gestione delle chiusure oscuranti;
 - le modalità di gestione delle schermature mobili;
 - gli apporti di calore interni (Q_{int}).

Si ricorda che il sistema edificio-impianto (§7 UNI TS 11300-1) è costituito da involucri edilizi o da porzioni di edificio, climatizzati attraverso un unico sistema di generazione. In linea generale ogni porzione di edificio, climatizzata ad una determinata temperatura con identiche modalità di regolazione, costituisce una zona termica (per definire i confini del volume lordo climatizzato si considerano le dimensioni esterne dell'involucro mentre, per definire i confini tra le zone termiche, si utilizzano le superfici di mezzeria degli elementi divisorii). Per esempio, le diverse unità immobiliari servite da un unico generatore, aventi proprie caratteristiche di dispersione ed esposizione, possono costituire altrettante zone termiche.

La zonizzazione non è richiesta se si verificano contemporaneamente le seguenti condizioni:

- le temperature interne di regolazione per il riscaldamento differiscono di non oltre 4 K;
- gli ambienti non sono raffrescati;
- gli ambienti sono serviti dallo stesso impianto di riscaldamento;
- se vi è un impianto di ventilazione meccanica, almeno l'80% dell'area climatizzata è servita dallo stesso impianto di ventilazione con tassi di ventilazione nei diversi ambienti che non differiscono di un fattore maggiore di 4.

Per tutte le categorie di edifici² si assume una temperatura interna costante pari a 20 °C (§8 UNI TS 11300-1), ad esclusione delle categorie E.6.1 (28°C), E.6.2 (18°C) e E.8 (18°C). Per gli edifici confinanti si assume una temperatura pari a 20 °C (se edifici confinanti riscaldati e appartamenti vicini normalmente abitati), una temperatura conforme alla UNI EN 12831 per appartamenti confinanti in edifici che non sono normalmente abitati, e una temperatura conforme all'appendice A della UNI EN ISO 13789 per edifici o ambienti confinanti non riscaldati. La temperatura media mensile dei locali non riscaldati può essere determinata dalla seguente formula (§8 UNI TS 11300-1):

$$\theta_u = \frac{\phi_{gn} + \theta_i \cdot H_{iu} + \theta_e \cdot H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}}, \quad (1)$$

dove:

ϕ_{gn} è il flusso termico generato all'interno dell'ambiente non riscaldato [W];

θ_e è la temperatura esterna media mensile [°C];

θ_i è la temperatura interna di progetto dell'ambiente riscaldato [°C];

H_{iu} è il coefficiente globale di scambio termico tra l'ambiente riscaldato e l'ambiente non riscaldato [W/K];

H_{ue} è il coefficiente globale di scambio termico tra l'ambiente riscaldato e l'ambiente esterno [W/K].

Nel caso di climatizzazione estiva si assume una temperatura interna costante pari a 26 °C per tutti gli edifici, ad esclusione delle categorie E.6.1 (28°C), E.6.2 (24°C).

Infine, i dati climatici (§9 UNI TS 11300-1) devono essere conformi a quanto riportato nella UNI 10349, sia per i valori di irradianza solare totale media mensile che per i valori di temperatura esterna media mensile. Per le frazioni di mese i valori di temperatura e di irradianza si ricavano per interpolazione, con riferimento al giorno centrale di ciascuna frazione di mese, attribuendo i valori medi mensili di temperatura riportati nella UNI 10349 al quindicesimo giorno di ciascun mese.

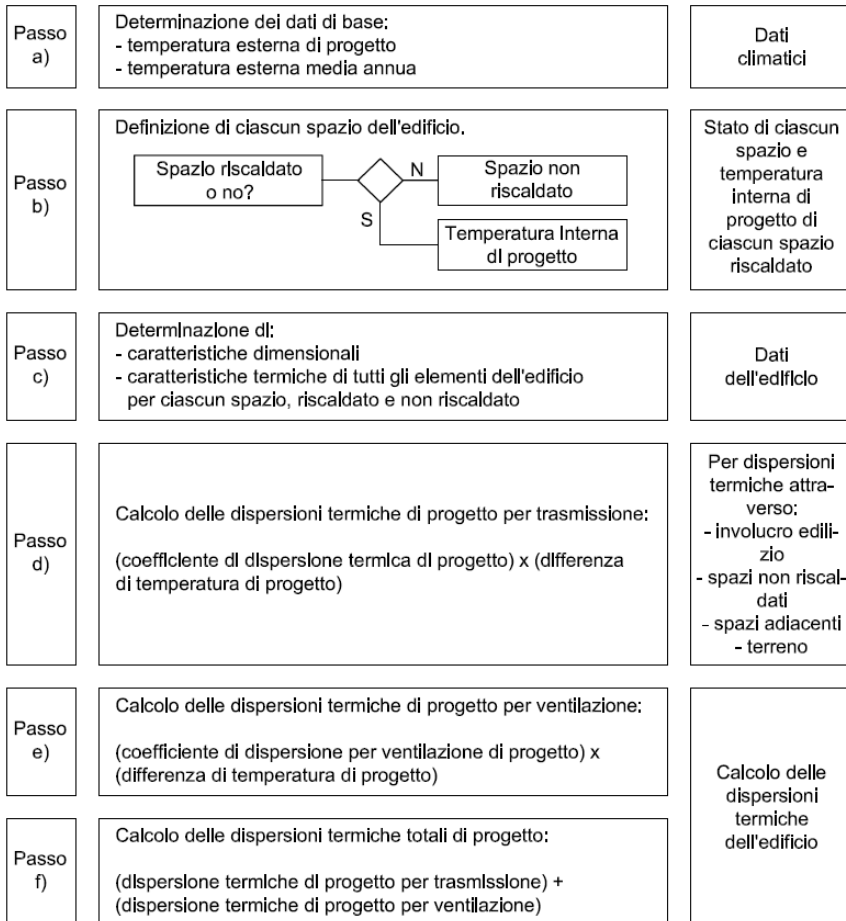
La durata della stagione di calcolo è determinata in funzione della zona climatica dipendente dai gradi giorno della località, secondo il prospetto seguente:

² Si veda il D.P.R. n. 412/93 che definisce, all'articolo 3, le categorie degli edifici.

Tabella 1. Durata della stagione di riscaldamento in funzione della zona climatica.

Zona climatica	Inizio	Fine
A	1° dicembre	15 marzo
B	1° dicembre	31 marzo
C	15 novembre	31 marzo
D	1° novembre	15 aprile
E	15 ottobre	15 aprile
F	5 ottobre	22 aprile

Schema 1. Procedimento di calcolo per uno spazio riscaldato (riferimento UNI EN 12831).



2. Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione invernale

Le normative indica di calcolare (§5.1 UNI TS 11300-1) i fabbisogni di energia termica per riscaldamento e raffrescamento attraverso un bilancio energetico fra dispersioni e guadagni di calore nella zona termica considerata, al fine di mantenere il livello di temperatura interna degli ambienti riscaldati al valore di progetto:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \times Q_{gn} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn} \times (Q_{int} + Q_{sol}), \quad (2)$$

$$Q_{C,nd} = Q_{gn} - \eta_{C,ls} \times Q_{C,ht} = (Q_{int} + Q_{sol}) - \eta_{C,ls} \times (Q_{C,tr} + Q_{C,ve}), \quad (3)$$

dove:

$Q_{H,nd}$ è il fabbisogno ideale di energia termica dell'edificio per il riscaldamento;

$Q_{C,nd}$ il fabbisogno ideale di energia termica dell'edificio per raffrescamento;

$Q_{H,ht}$ è lo scambio termico totale nel caso di riscaldamento;

$Q_{C,ht}$ è lo scambio termico totale nel caso di raffrescamento;

$Q_{H,tr}$ è lo scambio termico per trasmissione nel caso di riscaldamento;

$Q_{C,tr}$ lo scambio termico per trasmissione nel caso di raffrescamento;

$Q_{H,ve}$ è lo scambio termico per ventilazione nel caso di riscaldamento;

$Q_{C,ve}$ è lo scambio termico per ventilazione nel caso di raffrescamento;

Q_{gn} sono gli apporti termici totali;

Q_{int} sono gli apporti termici interni;

Q_{sol} sono gli apporti termici solari;

$\eta_{H,gn}$ è il fattore di utilizzazione degli apporti termici;

$\eta_{C,ls}$ è il fattore di utilizzazione delle dispersioni termiche.

Ogni singolo fattore è calcolato poi con quanto indicato al §5.2 della UNI TS 11300-1 per ogni zona dell'edificio e per ogni mese (ai fini del calcolo dei fabbisogni di energia si ipotizza che la temperatura dell'aria interna e quella media radiante siano coincidenti).

2.1. Calcolo degli scambi termici

Nel caso di riscaldamento:

$$Q_{H,tr} = H_{tr,adj} \times (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \times t + \left\{ \sum_k F_{r,k} \cdot \phi_{r,mn,k} \right\} \times t, \quad (4)$$

$$Q_{H,ve} = H_{ve,adj} \times (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \times t. \quad (5)$$

Nel caso di raffrescamento:

$$Q_{C,tr} = H_{tr,adj} \times (\theta_{int,set,C} - \theta_e) \times t + \left\{ \sum_k F_{r,k} \cdot \phi_{r,mn,k} \right\} \times t, \quad (6)$$

$$Q_{C,ve} = H_{ve,adj} \times (\theta_{int,set,C} - \theta_e) \times t, \quad (7)$$

dove:

$H_{tr,adj}$ è il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione della zona considerata, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno [W/K];

$H_{ve,adj}$ è il coefficiente globale di scambio termico per ventilazione della zona considerata, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno [W/K];

$\theta_{int,set,H}$ è la temperatura interna di regolazione per il riscaldamento della zona considerata [°C];

$\theta_{int,set,C}$ è la temperatura interna di regolazione per il raffrescamento della zona considerata [°C];

θ_e la temperatura esterna media del mese considerato o della frazione di mese [°C];

$F_{r,k}$ è il fattore di forma tra il componente edilizio k -esimo e la volta celeste (si veda UNI EN ISO 13790 e le indicazioni del §11.4 UNI TS 11300-1);

$\phi_{r,mn,k}$ è l'extra flusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste dal componente edilizio k -esimo, mediato sul tempo (viene considerato come un incremento dello scambio termico per trasmissione invece che come una riduzione degli apporti termici solari; vedi UNI EN ISO 13790);

t è la durata del mese considerato o della frazione di mese.

I coefficienti globali di scambio termico tengono conto delle dispersioni verso l'esterno, verso il terreno, verso gli ambienti non riscaldati o climatizzati a diversa temperatura, e si ricavano come segue:

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A, \quad (8)$$

$$H_{ve,adj} = \rho_a \times c_a \times \left(\sum_k b_{ve,k} \cdot q_{ve,k,mn} \right), \quad (9)$$

dove:

H_D è il coefficiente di scambio termico diretto per trasmissione verso l'ambiente esterno [W/K];

H_g è il coefficiente di scambio termico stazionario per trasmissione verso il terreno [W/K];

H_U è il coefficiente di scambio termico per trasmissione attraverso gli ambienti non climatizzati [W/K];

H_A è il coefficiente di scambio termico per trasmissione verso altre zone (interne o meno all'edificio) climatizzate a differente temperatura [W/K];

$\rho_a \times c_a$ è la capacità termica volumica dell'aria, pari a 1200 J/(m³K);

$q_{ve,k,mn}$ è la portata mediata sul tempo del flusso d'aria k -esimo;

$b_{ve,k}$ è il fattore di correzione della temperatura per il flusso d'aria k -esimo ($b_{ve,k} \neq 1$ se la temperatura di mandata non è uguale alla temperatura dell'ambiente esterno, come nel caso di pre-riscaldamento, pre-raffrescamento o di recupero termico dell'aria di ventilazione).

La portata mediata sul tempo del flusso d'aria k -esimo $q_{ve,k,mn}$ espressa in m³/s, si ricava come:

$$q_{ve,k,mn} = f_{ve,t,k} \times q_{ve,k}, \quad (10)$$

dove:

$q_{ve,k}$ è la portata sul tempo del flusso d'aria k -esimo;

$f_{ve,t,k}$ è la frazione di tempo in cui si verifica il flusso d'aria k -esimo (per una situazione permanente $f_{ve,t,k} = 1$).

Il calcolo dei coefficienti di scambio termico per trasmissione va effettuato secondo le UNI EN ISO 13789 mentre la UNI EN ISO 13370 è il riferimento per lo scambio termico verso il terreno. Altri riferimenti sono: UNI EN ISO 10077 (componenti trasparenti), UNI EN ISO 14683 (ponti termici), UNI EN ISO 13786 (capacità termica interna).

In assenza di dati di progetto i valori dei parametri termici dei componenti edilizi di edifici esistenti possono essere determinati in funzione della tipologia edilizia e del periodo di costruzione secondo alcuni abachi di riferimento (appendici A, B e C UNI TS 11300-1).

2.2. Calcolo di H_D

È essenziale definire chiaramente lo spazio riscaldato dell'edificio in quanto gli elementi edilizi da considerare nei calcoli costituiscono i confini dell'involucro riscaldato che, sopra il terreno, è modellizzato con elementi piani e sagomati a trave (§4.2 UNI EN ISO 13789).

I confini tra la parte *sottoterra*, comprendente la trasmissione del calore attraverso il terreno, e la parte *sopra il terreno* dell'edificio, che comporta una diretta perdita verso l'ambiente esterno o verso spazi non riscaldati sono (in accordo con la EN ISO 13370) così definiti:

- per edifici con pavimenti con soletta su terra, pavimenti sospesi e basamenti non riscaldati: il livello della superficie interna del piano terra;
- per edifici con basamento riscaldato: il livello del terreno esterno.

L'appendice B della UNI EN ISO 13789 fornisce le informazioni sull'effetto dell'uso di vari tipi di dimensioni tipologiche.

In generale i parametri di trasmissione termica sono calcolati con l'equazione fondamentale che segue, dove le proprietà termofisiche dei materiali siano ricavate dai dati di accompagnamento della marcatura CE (ove disponibile) oppure dalla UNI 10351 o le resistenze termiche di murature e solai siano ricavate dai dati della marcatura CE oppure dalla UNI 10355 (in assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, i valori dei parametri termici dei componenti edilizi di edifici esistenti possono essere determinati in funzione di tipologie edilizie standard o per varie zone geografiche (appendici A e B della UNI TS 11300-1).

$$\text{Equazione fondamentale} \quad H_T = L_D + L_S + H_U, \quad (11)$$

dove:

H_T è il coefficiente di perdita di calore per trasmissione;

L_D è il coefficiente di accoppiamento diretto tra lo spazio riscaldato e l'esterno attraverso l'involucro edilizio, in W/K;

L_S è il coefficiente di perdita di calore attraverso il terreno in condizioni stazionarie, in W/K (vedi EN ISO 13370);

H_U è il coefficiente di perdita di calore per trasmissione verso ambienti non riscaldati, in W/K.

Il coefficiente di perdita di calore per trasmissione attraverso gli elementi edilizi di separazione tra lo spazio riscaldato e aria esterna è calcolato con:

$$L_D = \sum_i A_i \times U_i + \sum_k l_k \times \psi_k + \sum_j \chi_j, \quad (12)$$

dove:

A_i è l'area dell'elemento i dell'involucro edilizio, in m^2 (le dimensioni di finestre e porte sono assunte come le dimensioni delle aperture nella parete);

U_i è la trasmittanza termica del componente i dell'involucro edilizio, calcolata in accordo con la EN ISO 6946 per elementi opachi o in accordo con la EN ISO 10077-1 per elementi vetrati, in W/m^2K ;

l_k è la lunghezza del ponte termico lineare k , in metri;

ψ_k è la trasmittanza termica lineica del ponte termico lineare k , presa dalla EN ISO 14683 o calcolata in accordo con la EN ISO 10211-2, in W/mK ;

χ_j è la trasmittanza termica puntuale del ponte termico j , calcolata in accordo con la EN ISO 10211-1, in W/K (non devono essere aggiunti i ponti termici puntuali che normalmente sono parte di elementi edilizi piani e già considerati nelle trasmittanze termiche di questi).

La sommatoria deve essere eseguita su tutti i componenti edilizi che separano l'ambiente interno da quello esterno. Quando lo strato isolante principale è continuo e ha uno spessore uniforme, le trasmittanze termiche lineiche e puntuali possono essere trascurate se vengono usate le dimensioni esterne. Lo strato isolante principale è lo strato con la più alta resistenza termica negli elementi che fiancheggiano il potenziale ponte termico.

Per edifici esistenti è possibile semplificare il calcolo dei ponti termici incrementando in percentuale i valori dei coefficienti di scambio termico delle strutture opache verticali (§11.1.3 UNI TS 11300-1).

Tabella 2. Maggiorazioni percentuali relative alla presenza dei ponti termici.

Descrizione della struttura	%
parete con isolamento dall'esterno senza aggetti/balconi e ponti termici corretti	5
parete con isolamento dall'esterno con aggetti/balconi	15
parete omogenea in mattoni pieni o in pietra (senza isolante)	5
parete a cassa vuota con mattoni forati (senza isolante)	10
parete a cassa vuota con isolamento nell'intercapedine (ponte termico corretto)	10
parete a cassa vuota con isolamento nell'intercapedine (ponte termico non corretto)	20
pannello prefabbricato in calcestruzzo con pannello isolante all'interno	30

In generale, oltre ai ponti termici lineari, negli edifici sono presenti anche ponti termici puntuali con flusso tridimensionale, che andrebbero calcolati con appositi modelli matematici; l'influenza è però generalmente trascurabile e quindi questi ponti termici vengono omessi dal calcolo (indicazione in accordo con la norma UNI EN ISO 14683).

2.3. Chiusure trasparenti ed effetto di chiusure oscuranti

La trasmittanza termica delle finestre si calcola secondo la UNI EN ISO 10077-1, o si assume il valore dichiarato dal fabbricante. In assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, i valori di trasmittanza termica delle vetrate e dei telai possono essere ricavati dai prospetti C.1 e C.2 della specifica UNI TS 11300-1.

Per finestre verticali di dimensioni non molto differenti da 1,20 m per 1,50 m, nell'ipotesi che l'area del telaio sia pari al 20% dell'area dell'intera finestra e che i distanziatori tra i vetri siano di tipo comune, i valori di trasmittanza termica delle finestre possono essere ricavati dal prospetto C.3.

L'effetto dell'isolamento notturno, quale quello dovuto alla presenza di una chiusura oscurante, deve essere tenuto in conto mediante la frazione adimensionale della differenza cumulata di temperatura, derivante dal modello orario di utilizzo.

$$U_{w,corr} = U_{w+shut} \times f_{shut} + U_w \times (1 - f_{shut}), \quad (13)$$

dove:

U_w è la trasmittanza termica della finestra senza chiusura oscurante;

$U_{w,corr}$ è la trasmittanza termica ridotta della finestra e della chiusura oscurante;

U_{w+shut} è la trasmittanza termica della finestra e della chiusura oscurante insieme;

f_{shut} è la frazione adimensionale della differenza cumulata di temperatura, derivante dal profilo orario di utilizzo della chiusura oscurante e dal profilo orario della differenza tra temperatura interna ed esterna.

In assenza di dati di progetto attendibili, o comunque di informazioni più precise, i valori di resistenza termica addizionale ΔR della chiusura oscurante possono essere ricavati dal prospetto C.4. della UNI TS 11300-1.

Nella valutazione di progetto o nella valutazione standard si considera un periodo giornaliero di chiusura di 12 h. In mancanza di dati precisi sui profili giornalieri della temperatura si assume $f_{shut} = 0,6$.

2.4. Calcolo di H_g

Questo coefficiente va calcolato in accordo con la EN ISO 13370 che fornisce i metodi di calcolo dei coefficienti di trasferimento del calore e dei flussi termici degli elementi di edifici in contatto con il terreno, compresi le solette appoggiate al terreno e le solette su vespaio (si applica agli elementi degli edifici che si trovano al di sotto di un piano orizzontale delimitato dal perimetro esterno dell'edificio situato a livello della superficie interna del pavimento, nel caso di solette su terreno, solette su vespaio e piani interrati non riscaldati).

Per tenere conto della natura tridimensionale del flusso termico nel terreno, le formule della norma internazionale sono espresse in termini di *dimensione caratteristica* del pavimento B' , definita come l'area del pavimento riferita al suo semiperimetro.

$$B' = A/(0,5 \times P) \quad (14)$$

dove P rappresenta il perimetro esposto del pavimento, ovvero la lunghezza totale delle pareti esterne che separano l'edificio riscaldato dall'ambiente esterno o da uno spazio non

riscaldato esterno alla parte termicamente isolata del fabbricato. In tal modo per un edificio intero P è il perimetro totale dell'edificio e A è l'area totale del suo pavimento a contatto con il terreno; mentre per una parte di edificio P comprende le lunghezze delle pareti esterne separanti lo spazio riscaldato dall'ambiente esterno e non comprende le lunghezze delle pareti che separano lo spazio in considerazione da altre parti riscaldate dell'edificio (A è l'area del pavimento a contatto con il terreno dello spazio considerato).

Al fine di semplificare l'espressione delle trasmittanze termiche è stato introdotto il concetto di *spessore equivalente* (d_t per pavimenti, d_w per pareti di piani interrati al di sotto del livello del terreno).

I coefficienti di trasferimento di calore stazionario attraverso il terreno dipendono dal rapporto tra lo spessore equivalente e la dimensione caratteristica del pavimento. Nella norma sono riportati i metodi di calcolo per:

- pavimenti controterra;
- pavimenti su intercapedine;
- piano interrato riscaldato;
- piano interrato non riscaldato;
- piano interrato parzialmente riscaldato.

Per ognuno dei casi il valore dello spessore equivalente e della trasmittanza è ovviamente diverso (e tra l'altro dipende, oltre che dalle caratteristiche dei componenti edilizi, anche dalle proprietà termiche del terreno per il quale nell'allegato G sono riportati alcuni valori di riferimento).

Per gli edifici esistenti, in assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, il coefficiente di accoppiamento termico in regime stazionario tra gli ambienti interno ed esterno è dato da:

$$H_g = A \times U_f \times b_{tr,g}, \quad (15)$$

dove:

A è l'area dell'elemento;

U_f è la trasmittanza termica della parte sospesa del pavimento (tra l'ambiente interno e lo spazio sottopavimento);

$b_{tr,g}$ è un fattore riportato nel seguente prospetto.

Tabella 3. Fattori di correzione.

	Ambiente confinante	$b_{tr,g}$
pavimento controterra		0,45
parete controterra		0,45
pavimento su vespaio aerato		0,80

2.5. Scambio termico verso ambienti non climatizzati

Il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione, H_U [W/K], tra il volume climatizzato e gli ambienti esterni attraverso gli ambienti non climatizzati si ottiene mediante la seguente:

$$H_U = H_{iu} \times b_{tr,x}, \quad (16)$$

$$b_{tr,x} = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}}, \quad (17)$$

dove:

$b_{tr,x}$ è il fattore di correzione dello scambio termico tra ambiente riscaldato e ambiente non climatizzato, diverso da 1 nel caso in cui la temperatura di quest'ultimo sia diversa da quella dell'ambiente esterno;

H_{iu} è il coefficiente globale di scambio termico tra l'ambiente riscaldato e l'ambiente non climatizzato [W/K];

H_{ue} è il coefficiente globale di scambio termico tra l'ambiente non climatizzato e l'ambiente esterno [W/K].

I coefficienti H_{iu} e H_{ue} includono le perdite di calore per trasmissione e ventilazione (per la temperatura di un ambiente non riscaldato si veda l'appendice A della norma UNI EN ISO 13789).

Se è nota la temperatura dello spazio non riscaldato θ_u nelle condizioni di progetto il fattore b può essere fissato anche come:

$$b = \frac{\theta_{int,i} - \theta_u}{\theta_{int,i} - \theta_e}. \quad (18)$$

Si veda anche l'appendice D.4.2. della UNI EN 12831. Per gli edifici esistenti, in assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, i valori del fattore $b_{tr,x}$ si possono assumere dal seguente prospetto:

Tabella 4. Fattori di correzione.

Ambiente confinante	$b_{tr,x}$
ambiente con una parete esterna	0,4
ambiente senza serramenti esterni e con almeno due pareti esterne	0,5
ambiente con serramenti esterni e con almeno due pareti esterne	0,6
ambiente con tre pareti esterne	0,8
piano interrato o seminterrato senza finestre o serramenti esterni	0,5
piano interrato o seminterrato con finestre o serramenti esterni	0,8
sottotetto con tasso di ventilazione elevato senza rivestimento con feltro o assito	1,0
sottotetto con tetto di altro tipo non isolato	0,9
sottotetto con tetto isolato	0,7
aree interne di circolazione senza muri esterni e con tasso di ricambio d'aria $< 0,5 \text{ h}^{-1}$	0,0
aree interne di circolazione liberamente ventilate (rapporto tra l'area delle aperture e volume dell'ambiente maggiore di $0,005 \text{ m}^2/\text{m}^3$)	1,0

2.6. Extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste

Il calcolo dell'extra flusso termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste è effettuato secondo quanto riportato nei punti 11.3.5 e 11.4.6 della UNI EN ISO 13790, adottando le seguenti ipotesi (nella presente specifica tecnica l'extra flusso termico dovuto alla radiazione infrarossa viene considerato come un incremento dello scambio termico per trasmissione invece che come una riduzione degli apporti termici solari):

- la differenza tra la temperatura dell'aria esterna e la temperatura apparente del cielo $\Delta\theta_{er} = 11$ K;
- il coefficiente di scambio termico esterno per irraggiamento $h_r = 5 \text{ } \epsilon \text{ (W/m}^2\text{K)}^3$;
- il fattore di forma tra un componente edilizio e la volta celeste vale:

$$F_r = F_{sh,ob,dif} \times (1 + \cos S)/2, \quad (19)$$

dove:

S è l'angolo d'inclinazione del componente sull'orizzonte;

$F_{sh,ob,dif}$ è il fattore di riduzione per ombreggiatura relativo alla sola radiazione diffusa, pari a 1 in assenza di ombreggiature da elementi esterni.

2.7. Calcolo degli apporti termici solari e interni

Per ogni zona dell'edificio e per ogni mese, gli apporti termici si calcolano con le seguenti formule di cui al §5.3.

$$Q_{int} = \left\{ \sum_k \phi_{int,mn,k} \right\} \times t + \left\{ \sum_l (1 - b_{tr,l}) \cdot \phi_{int,mn,u,l} \right\} \times t, \quad (20)$$

$$Q_{sol} = \left\{ \sum_k \phi_{sol,mn,k} \right\} \times t + \left\{ \sum_l (1 - b_{tr,l}) \cdot \phi_{sol,mn,u,l} \right\} \times t, \quad (21)$$

dove le due sommatorie di ogni formula si riferiscono rispettivamente ai flussi entranti/generati nella zona climatizzata e negli ambienti non climatizzati;

$b_{tr,l}$ è il fattore di riduzione per l'ambiente non climatizzato avente la sorgente di calore interna l -esima oppure il flusso termico l -esimo di origine solare;

$\phi_{int,mn,k}$ è il flusso termico prodotto dalla k -esima sorgente di calore interna, mediato sul tempo;

$\phi_{int,mn,u,l}$ è il flusso termico prodotto dalla l -esima sorgente di calore interna nell'ambiente non climatizzato adiacente u , mediato sul tempo;

$\phi_{sol,mn,k}$ è il flusso termico k -esimo di origine solare, mediato sul tempo;

$\phi_{sol,mn,u,l}$ è il flusso termico l -esimo di origine solare nell'ambiente non climatizzato adiacente u , mediato sul tempo.

³ Il valore tipico di ϵ per i materiali da costruzione è 0,9. Per i vetri senza deposito superficiale $\epsilon = 0,837$.

Il flusso termico k -esimo di origine solare, $\phi_{sol,k}$, espresso in W, si calcola con la seguente formula:

$$\phi_{sol,k} = F_{sh,ob,k} \times A_{sol,k} \times I_{sol,k} \quad (22)$$

dove:

$F_{sh,ob,k}$ è il fattore di riduzione per ombreggiatura relativo ad elementi esterni per l'area di captazione solare effettiva della superficie k -esima;

$A_{sol,k}$ è l'area di captazione solare effettiva della superficie k -esima con dato orientamento e angolo d'inclinazione sul piano orizzontale, nella zona o ambiente considerato;

$I_{sol,k}$ è l'irradianza solare media mensile, sulla superficie k -esima, con dato orientamento e angolo d'inclinazione sul piano orizzontale.

L'area di captazione solare effettiva di un componente vetrato dell'involucro (per esempio una finestra), A_{sol} è calcolata come:

$$A_{sol} = F_{sh,gl} \times g_{gl} \times (1 - F_F) \times A_{w,p} \quad (23)$$

dove:

$F_{sh,gl}$ è il fattore di riduzione degli apporti solari relativo all'utilizzo di schermature mobili;

g_{gl} è la trasmittanza di energia solare della parte trasparente del componente;

F_F è la frazione di area relativa al telaio, rapporto tra l'area proiettata del telaio e l'area proiettata totale del componente finestrato;

$A_{w,p}$ è l'area proiettata totale del componente vetrato (l'area del vano finestra).

L'area di captazione solare effettiva di una parte opaca dell'involucro edilizio è calcolata come:

$$A_{sol} = \alpha_{sol,c} \times R_{se} \times U_c \times A_c \quad (24)$$

dove:

$\alpha_{sol,c}$ è il fattore di assorbimento solare del componente opaco;

R_{se} è la resistenza termica superficiale esterna del componente opaco, determinato secondo la UNI EN ISO 6946;

U_c è la trasmittanza termica del componente opaco;

A_c è l'area proiettata del componente opaco.

Nei casi di valutazione di progetto (o valutazione standard) gli apporti termici interni sono espressi, per gli edifici diversi dalle abitazioni, in funzione della destinazione d'uso secondo quanto riportato nel prospetto:

Tabella 5. Dati convenzionali relativi all'utenza.

Categoria di edificio	Destinazione d'uso	Apporti medi globali per unità di superficie utile di pavimento W/m ²
E.1 (3)	Edifici adibiti ad albergo, pensione ed attività similari	6
E.2	Edifici adibiti a uffici e assimilabili	6
E.3	Edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cura e simili	8
E.4 (1)	Cinema e teatri, sale riunione per congressi	8
E.4 (2)	Mostre, musei e biblioteche, luoghi di culto	8
E.4 (3)	Bar, ristoranti, sale da ballo	10
E.5	Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili	8
E.6 (1)	Piscine, saune e assimilabili	10
E.6 (2)	Palestre e assimilabili	5
E.6 (3)	Servizi di supporto alle attività sportive	4
E.7	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e simili	4
E.8	Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e simili	6

Per gli edifici di categoria E.1.1 e E.1.2 del D.P.R. n. 412/93, aventi superficie utile di pavimento A_f minore o uguale a 170 m², il valore globale degli apporti interni espresso in W è ricavato con la seguente:

$$\phi_{\text{int}} = 5,294 \times A_f - 0,01557 \times A_f^2. \quad (25)$$

Per superfici utili di pavimento maggiori di 170 m² il valore di ϕ_{int} è pari a 450 W.

La norma riporta anche profili temporali degli apporti termici dati dagli occupanti e dalle apparecchiature, e i valori globali in funzione della densità di occupazione o della categoria dell'edificio, per costruzioni non residenziali.

Per calcoli aventi scopi differenti da quello standard possono essere utilizzati dati diversi a seconda dello scopo del calcolo. Valori tipici degli apporti interni medi per diverse destinazioni d'uso, sono forniti con le seguenti distinzioni:

- apporti globali (le sorgenti di energia termica presenti all'interno di uno spazio chiuso sono in genere dovute a occupanti, acqua sanitaria, apparecchiature elettriche, di illuminazione e di cottura; gli apporti interni di calore derivanti dalla presenza di queste sorgenti sono ricavati in funzione della destinazione d'uso dei locali, in base ai valori riportati in prospetti e tabelle);
- apporti dagli occupanti e delle apparecchiature (anche gli apporti interni medi di calore derivanti dalla presenza degli occupanti sono ricavati in funzione della destinazione d'uso dei locali, in base ai valori riportati in prospetti e tabelle).

Di norma è lecito trascurare l'effetto degli apporti termici prodotti all'interno di ambienti non climatizzati in quanti solitamente di scarsa rilevanza.

In assenza di informazioni sull'area netta di pavimento, al fine di determinare gli apporti termici interni, l'area climatizzata (netta) di ciascuna zona termica può essere ottenuta moltiplicando la corrispondente area lorda per un fattore f_n ricavabile in funzione dello spessore medio delle pareti esterne d_m :

$$f_n = 0,9761 - 0,3055 \times d_m. \quad (26)$$

2.8. Apporti solari

Nel calcolo del fabbisogno di calore occorre tenere conto anche degli apporti termici dovuti alla radiazione solare incidente sulle chiusure opache. In assenza di dati di progetto o comunque di informazioni più precise, il fattore di assorbimento solare di un componente opaco può essere assunto pari a 0,3 per colore chiaro della superficie esterna, 0,6 per colore medio e 0,9 per colore scuro.

I valori della trasmittanza di energia solare totale degli elementi vetrati g_{gl} possono invece essere ricavati moltiplicando i valori di trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale $g_{gl,n}$ per un fattore di esposizione F_w assunto pari a 0,9. I valori della trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale degli elementi vetrati si determinano attraverso la UNI EN 410. In assenza di dati documentati si usa il seguente prospetto:

Tabella 6. Trasmittanza di energia solare totale di alcuni tipi di vetro.

Tipo di vetro	$g_{gl,n}$
Vetro singolo	0,85
Doppio vetro normale	0,75
Doppio vetro con rivestimento basso emissivo	0,67
Triplo vetro normale	0,70
Triplo vetro con doppio rivestimento basso emissivo	0,50
Doppia finestra	0,75

Si dovrà inoltre tenere conto del fattore di correzione dovuto al telaio ($1 - F_F$), pari al rapporto tra l'area trasparente e l'area totale dell'unità vetrata del serramento (in assenza di dati di progetto o comunque di informazioni più precise si può assumere un valore convenzionale del fattore telaio pari a 0,8), dell'effetto di schermature mobili valutato attraverso fattori di riduzione tabellati, e delle ombreggiature (i fattori di ombreggiatura dipendono dalla latitudine, dall'orientamento dell'elemento ombreggiato, dal clima, dal periodo considerato e dalle caratteristiche geometriche degli elementi ombreggianti. Tali caratteristiche sono descritte da un parametro angolare tramite il fattore di riduzione (fattore moltiplicativo della radiazione solare incidente per tenere conto dell'effetto di ombreggiatura permanente sull'elemento vetrato considerato risultante da: altri edifici, topografia (alture, alberi), aggetti, altri elementi dello stesso edificio...).

2.9. Il fattore di utilizzazione degli apporti termici

Il fattore di utilizzazione degli apporti termici per il calcolo del fabbisogno di riscaldamento si calcola come:

$$\text{se } \gamma_H > 0 \text{ e } \gamma_H \neq 1, \quad \eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{a_H+1}}, \quad (27)$$

$$\text{se } \gamma_H = 1, \quad \eta_{H,gn} = \frac{a_H}{a_H + 1}, \quad (28)$$

dove:

$$\gamma_H = \frac{Q_{gn}}{Q_{H,ht}} \quad \text{e} \quad a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}}, \quad (29)$$

e τ è la costante di tempo termica della zona termica, espressa in ore, calcolata come rapporto tra la capacità termica interna della zona considerata (calcolata secondo la UNI EN ISO 13786) e il suo coefficiente globale di scambio termico, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno (§12.2.1.3 UNI EN ISO 13790).

Con riferimento al periodo di calcolo mensile si può assumere $a_{H,0} = 1$ e $\tau_{H,0} = 15$ h.

2.10. Il fattore di utilizzazione dello scambio termico

Il fattore di utilizzazione dello scambio termico per il calcolo del fabbisogno di raffrescamento si calcola come:

$$\text{se } \gamma_C > 0 \text{ e } \gamma_C \neq 1, \quad \eta_{C,ls} = \frac{1 - \gamma_C^{-a_C}}{1 - \gamma_C^{-(a_C+1)}}, \quad (30)$$

$$\text{se } \gamma_C = 1, \quad \eta_{C,ls} = \frac{a_C}{a_C + 1}; \quad (31)$$

$$\text{se } \gamma_C < 1, \quad \eta_{C,ls} = 1, \quad (32)$$

dove:

$$\gamma_C = \frac{Q_{gn}}{Q_{C,ht}} \quad \text{e} \quad a_C = a_{C,0} + \frac{\tau}{\tau_{C,0}} - k \frac{A_w}{A_f}, \quad (33)$$

dove:

A_w è l'area finestrata;

A_f è l'area di pavimento climatizzata.

Con riferimento al periodo di calcolo mensile si può assumere $a_{C,0} = 8,1$, $\tau_{C,0} = 17$ h, e $k=13$.

2.11. Capacità termica interna

La capacità termica interna dell'edificio deve essere determinata per calcolare la costante di tempo dell'edificio ed i fattori di utilizzazione (il calcolo della deve essere effettuato secondo la UNI EN ISO 13786). Limitatamente agli edifici esistenti, in assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise sulla reale costituzione delle strutture edilizie, ove non si possa di conseguenza determinare con sufficiente

approssimazione la capacità termica areica dei componenti della struttura edilizia, la capacità termica interna della zona termica può essere stimata in modo semplificato (indicazioni e tabelle §15.2 UNI TS 11300-1).

2.12. Il regime di funzionamento

Il regime di funzionamento dell'impianto di climatizzazione è considerato di norma continuo (senza attenuazione o spegnimento) nel caso di una valutazione di progetto, ma può essere adattato all'utenza quando l'intermittenza è periodica nell'arco delle 24 ore (temperatura interna controllata da un termostato ambiente a doppia temperatura di regolazione) o è effettuata attraverso una centralina climatica.

3. Esempio di calcolo

Proponiamo ad esempio di quanto sopra indicato, un calcolo numerico condotto su un'unità immobiliare ad uso residenziale, come proposta progettuale nel comune di Codroipo in Friuli Venezia Giulia, i cui dati di ingresso sono di seguito riassunti. L'esempio di calcolo è stato supportato con l'utilizzo di un software⁴ che permette di calcolare il fabbisogno energetico in accordo con le specifiche UNI TS 11300, ed è sviluppato mostrando le norme applicate (vedi formule ai paragrafi precedenti) che portano ad ogni risultato.

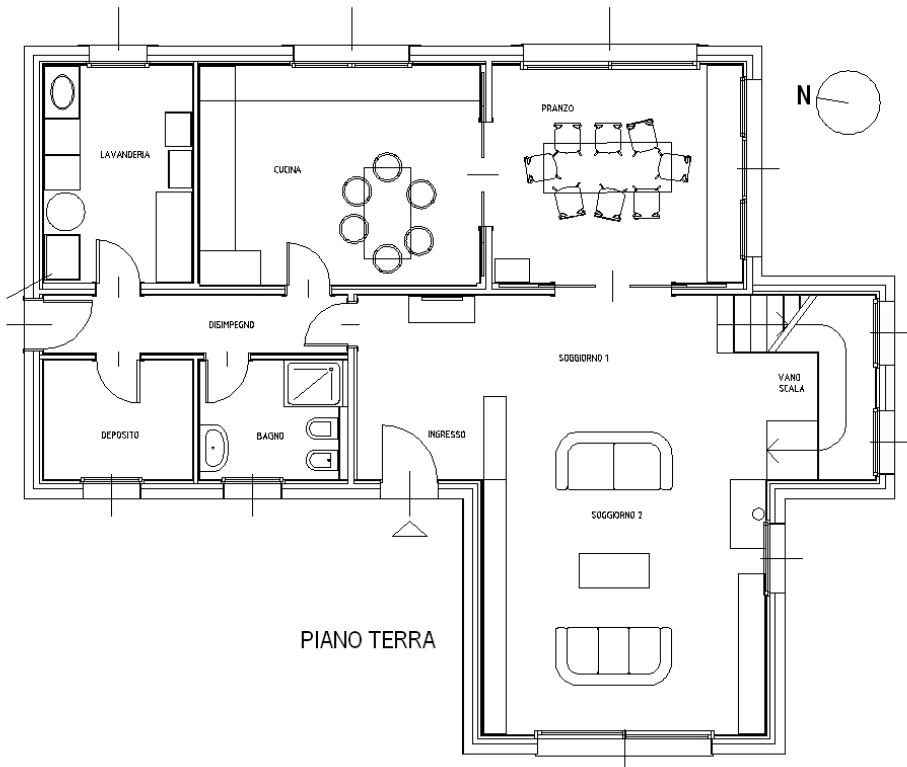


Figura 1. Distribuzione interna spazi al piano terra.

⁴ Gli strumenti di calcolo applicativi dei metodi di riferimento nazionali (software commerciali) devono garantire che i valori degli indici di prestazione energetica, calcolati attraverso il loro utilizzo, abbiano uno scostamento massimo di più o meno il 5% rispetto ai corrispondenti parametri determinati con l'applicazione dei pertinenti riferimenti nazionali. La predetta garanzia è fornita attraverso una verifica e dichiarazione resa da: CTI ed UNI ...CNR, ENEA ... (Metodi di calcolo di riferimento nazionale – paragrafo 5 dell'allegato A al D.M. 26 giugno 2009): MC4 Suite 2010 Rel 2.5 (Hvac EnergySys PRO) MC4 Software Italia s.r.l.

4.1. Dati climatici della località

Comune		Alt.	Lat.	Grad	Rg	Zona	Mare	V.v.
		m.s.l.	Deg	°C/m	Vent.	vent	km	m/s
	CODROIPO	43,0	45,57	0,006	A	1	30,00	1,70
1a Provincia di rif.	UDINE	113,0	46,03		A	1		
2a Provincia di rif.	PORDENONE		45,57					

Valori medi mensili della temperatura media giornaliera dell' aria esterna

GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
3,89	5,39	8,99	12,63	17,69	21,49	23,69	23,49	20,19	13,17	9,09	5,19

temperatura esterna di progetto: -5°C;

temperatura media giornaliera interna di calcolo invernale: 20 °C (temperatura di set-point);

temperatura media giornaliera interna di calcolo estivo: 26 °C (temperatura di set-point);

durata del periodo di riscaldamento invernale: dal 15 ottobre al 15 aprile.

Valori medi mensili della temperatura media giornaliera dell' aria esterna - Prima Provincia

GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
3,50	5,00	8,60	13,30	17,30	21,10	23,30	23,10	19,80	14,20	8,70	4,80

Valori medi mensili della temperatura media giornaliera dell' aria esterna - Comune

GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
3,89	5,39	8,99	14,76	17,69	21,49	23,69	23,49	20,19	15,99	9,09	5,19

Irradiazione solare giornaliera media mensile diretta+diffusa sul piano orizzontale

GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
4,40	7,00	10,90	16,29	19,00	20,20	22,00	18,90	14,10	10,58	5,00	4,00

Irradiazione solare globale su superficie verticale esposta a Nord

GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
1,60	2,40	3,60	5,89	7,50	8,80	8,80	6,40	4,20	3,15	1,80	1,40

Irradiazione solare globale su superficie verticale esposta a Sud

GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
8,00	9,60	10,60	10,07	9,70	9,20	10,30	11,20	12,10	12,33	8,40	7,90

Irradiazione solare globale su superficie verticale esposta a E-O

GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
3,60	5,40	8,00	11,03	12,50	13,10	14,50	12,90	10,20	8,03	4,00	3,30

Irradiazione solare globale su superficie verticale esposta a NE-NO

GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
1,70	2,90	5,00	8,37	10,20	11,20	11,90	9,60	6,50	4,55	2,00	1,50

Irradiazione solare globale su superficie verticale esposta a SE-SO

GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
6,30	8,10	9,90	11,33	11,70	11,50	12,90	13,00	12,10	10,98	6,70	6,10

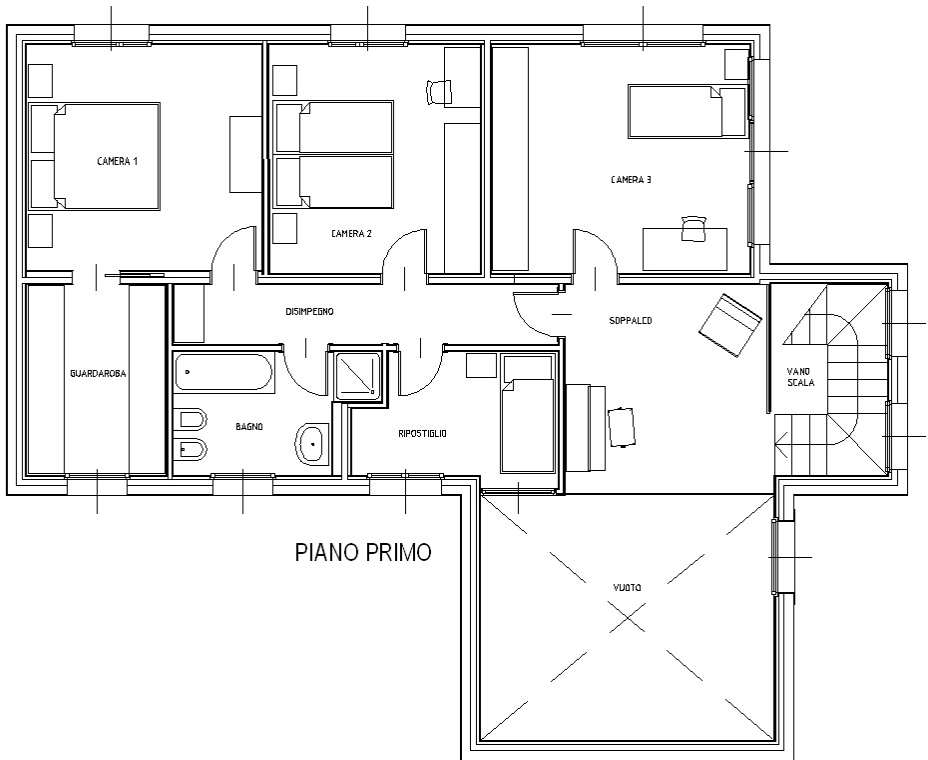


Figura 2. Distribuzione interna spazi al primo piano.

4.2. Caratteristiche dell'edificio

edificio isolato (casa indipendente in area senza ostacoli nelle vicinanze);

tutti i locali sono stati ipotizzati riscaldati;

volume lordo dell'ambiente climatizzato: 862,82 m³;

superficie lorda disperdente: 591,29 m²;

rapporto di forma: 0,69 m⁻¹;

volume interno netto riscaldato dell'ambiente climatizzato: 595,16 m³;

superficie netta disperdente: 469,51 m²;

superficie utile netta dell'ambiente climatizzato: 217,33 m².

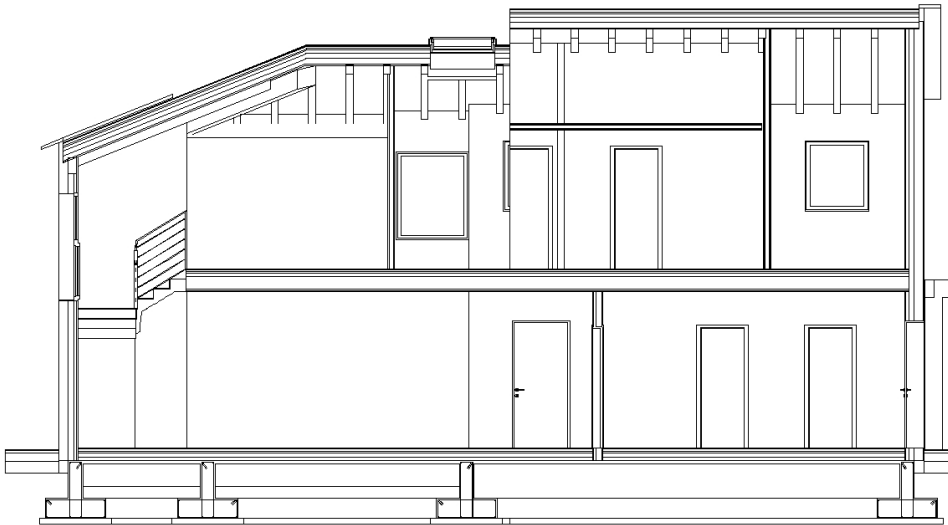


Figura 3. Sezione dell'edificio.

4.3. Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro edilizio

(i riferimenti teorici relativi al calcolo della trasmittanza sono contenuti nelle memorie dell'ing. Elena Biasin contenute in questo volume).

05 Parete esterna								
Spessore totale cm:		33,50		Massa superficiale kg/m ²		79,10		
CONDUTTANZA UNITARIA				RESISTENZA UNITARIA				
Superficiale interna W/(m ² ·K):		7,69		Superficiale interna (m ² ·K)/W:		0,13		
Superficiale esterna W/(m ² ·K):		25,00		Superficiale esterna (m ² ·K)/W:		0,04		
TRASMITTANZA				RESISTENZA TERMICA				
Tot. adottata W/(m ² ·K):		0,18		Tot. adottata (m ² ·K)/W:		5,41		
Cod.	DESCRIZIONE STRATO (da interno verso esterno)	s cm	λ W/m°C	C W/m ² °C	ρ kg/m ³	δ _e 10 ⁻¹² kg/msPa	δ _i 10 ⁻¹² kg/msPa	R m ² °C/W
10_bis	Lastre gessofibra	1,25	0,352		1.150,00	14,85	16,33	0,04
10_bis	Lastre gessofibra	1,25	0,352		1.150,00	14,85	16,33	0,04
LANA	Lana di roccia	5,00	0,042		40,00	148,46	163,31	1,20
xlam2	Pannello xlam	9,50	0,132		500,00	5,51	6,07	0,72
Fib_le	Homatherm fibra di legno	6,00	0,054		210,00	38,60	42,46	1,11
Fib_le	Homatherm fibra di legno	10,00	0,047		170,00	38,60	42,46	2,14
ras.cap	Rasante cementizio	0,20	0,900		1.500,00	6,43	7,08	0,00
riv.cap	Intonaco in pasta	0,30	0,700		1.800,00	1,93	2,12	0,00

09_Copertura								
Spessore totale cm:		30,40			Massa superficiale kg/m ²		87,83	
CONDUTTANZA UNITARIA				RESISTENZA UNITARIA				
Superficiale interna W/(m ² ·K):		10,00			Superficiale interna (m ² ·K)/W:		0,10	
Superficiale esterna W/(m ² ·K):		25,00			Superficiale esterna (m ² ·K)/W:		0,04	
TRASMITTANZA				RESISTENZA TERMICA				
Tot. adottata W/(m ² ·K):		0,21			Tot. adottata (m ² ·K)/W:		4,85	
Cod.	DESCRIZIONE STRATO (da interno verso esterno)	s cm	λ W/m ² ·C	C W/m ² ·C	ρ kg/m ³	δ _n 10 ⁻¹² kg/msPa	δ _n 10 ⁻¹² kg/msPa	R m ² ·C/W
209	Pino-flusso perpendicolare	2,00	0,150		550,00	3,22	3,54	0,13
G1	Guaina tipo Wallint	0,10	0,200		188,00	0,06	0,06	0,01
Fib_le	Homatherm fibra di legno	18,00	0,047		170,00	38,60	42,46	3,85
Fib_le	Homatherm fibra di legno	2,00	0,054		210,00	38,60	42,46	0,37
G2	Guaina tipo Permo forte	0,10	0,200		205,00	5,51	6,07	0,01
1031	Intercapedine aria 40mm	4,00	0,280		1,00	193,00	212,30	0,14
1807	Pannello spaccato di legno	1,80	0,160		600,00	6,43	7,08	0,11
278	Cartone bitumato da tetto	0,40	0,230		1.200,00	0,01	0,01	0,02
2702	Tegola	2,00	0,260		1.300,00	0,02	0,02	0,08

08_Tramezzo								
Spessore totale cm:		12,50			Massa superficiale kg/m ²		3,00	
CONDUTTANZA UNITARIA				RESISTENZA UNITARIA				
Superficiale interna W/(m ² ·K):		7,69			Superficiale interna (m ² ·K)/W:		0,13	
Superficiale esterna W/(m ² ·K):		7,69			Superficiale esterna (m ² ·K)/W:		0,13	
TRASMITTANZA				RESISTENZA TERMICA				
Tot. adottata W/(m ² ·K):		0,47			Tot. adottata (m ² ·K)/W:		2,14	
Cod.	DESCRIZIONE STRATO (da interno verso esterno)	s cm	λ W/m ² ·C	C W/m ² ·C	ρ kg/m ³	δ _n 10 ⁻¹² kg/msPa	δ _n 10 ⁻¹² kg/msPa	R m ² ·C/W
10	Pannello di cartongesso	1,25	0,600		750,00	24,13	26,54	0,02
10	Pannello di cartongesso	1,25	0,600		750,00	24,13	26,54	0,02
LANA	Lana di roccia	7,50	0,042		40,00	148,46	163,31	1,79
10	Pannello di cartongesso	1,25	0,600		750,00	24,13	26,54	0,02
10	Pannello di cartongesso	1,25	0,600		750,00	24,13	26,54	0,02

01_Pavimento piastrella								
Spessore totale cm:		54,30	Massa superficiale kg/m ²		460,21			
CONDUTTANZA UNITARIA				RESISTENZA UNITARIA				
Superficiale interna W/(m ² ·K):		5,88	Superficiale interna (m ² ·K)/W:		0,17			
Superficiale esterna W/(m ² ·K):		25,00	Superficiale esterna (m ² ·K)/W:		0,04			
TRASMITTANZA				RESISTENZA TERMICA				
Tot. adottata W/(m ² ·K):		0,18	Tot. adottata (m ² ·K)/W:		5,58			
Cod.	DESCRIZIONE STRATO (da interno verso esterno)	s	λ	C	ρ	δ _a 10 ⁻¹²	δ _e 10 ⁻¹²	R
		cm	W/m°C	W/m ² °C	kg/m ³	kg/msPa	kg/msPa	m ² °C/W
2403	Piastrelle in ceramica	1,50	1,000		2.300,00	0,97	1,06	0,02
401	Malta di cemento	0,50	1,400		2.000,00	6,43	7,08	0,00
401_b	Massetto di cemento	5,00	1,400		2.000,00	6,43	7,08	0,04
179	Poliuretano espanso Eurosuper Eurotherm	3,30	0,026		30,00	2,41	2,65	1,25
STIF	Pannello isol. Stiferite GT	6,00	0,024		36,00	1,30	1,43	2,48
ISOC	Sottofondo premiscelato Baumit ThermoStep	14,00	0,132		240,00	9,65	10,62	1,06
3302	Sol polistirene 2.4.01i/3	24,00		1,92	1.204,00	21,44	23,59	0,52

4.4. Calcolo dispersioni per la zona termica

COMPONENTI OPACHI CONFINANTI CON L'ESTERNO (UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13789)					
Descrizione	Esposizione	A _i netta		U _i	A _f ·U _i
		m ²	W/m ² K	W/m ² K	W/K
05 Parete esterna	Ovest	46,33	0,185		8,56
05 Parete esterna	Nord	57,36	0,185		10,60
05 Parete esterna	Sud	39,30	0,185		7,26
05 Parete esterna	Est	49,56	0,185		9,16
Portoncino ingresso	Ovest	2,20	2,170		4,77
Porta retro	Nord	1,98	2,170		4,30
09 Copertura	Tetto Falda Est	41,22	0,222		9,16
09 Copertura	Tetto Falda Sud	24,46	0,222		5,44
09 Copertura	Tetto Falda Ovest	54,01	0,222		12,00
08 Tramezzo	Ovest	0,38	0,468		0,18
Σ A_f·U_i:					71,43

COMPONENTI EDILIZI TRASPARENTI CONFINANTI CON L'ESTERNO (UNI EN ISO 10077 - UNI EN ISO 13789)						
Descrizione	Esposizione	N°	A _i	U _w	1-f _{shut}	A _i ·U _w · (1-f _{shut})
				U _{w+shut}	f _{shut}	A _i · U _{w+shut} · f _{shut}
				m ²	W/m ² K	W/K
W2 Finestra 300x260	Ovest	1	7,80	1,358	0,4	4,24
				1,168	0,6	5,47
W3 Finestra 120x200	Sud	1	2,16	1,418	0,4	1,22
				1,212	0,6	1,57
W4 Finestra 110x185	Sud	2	3,96	1,491	0,4	2,36
				1,265	0,6	3,01

W5 Finestra 307x50	Sud	1	1,54	1,650	0,4	1,01
				1,377	0,6	1,27
W6 Finestra 300x240	Est	1	7,20	1,363	0,4	3,93
				1,363	0,6	5,89
W7 Finestra 200x140	Est	1	2,80	1,459	0,4	1,63
				1,459	0,6	2,45
W8 Finestra 100x140	Est	1	1,40	1,476	0,4	0,83
				1,254	0,6	1,05
W1 Finestra 100x120	Ovest	4	4,80	1,494	0,4	2,87
				1,267	0,6	3,65
W11 Finestra 307x75	Sud	1	2,30	1,547	0,4	1,42
				1,304	0,6	1,80
W12 Finestra 200x120	Est	1	2,40	1,477	0,4	1,42
				1,255	0,6	1,81
W13 Finestra 125x220	Est	2	5,50	1,552	0,4	3,41
				1,308	0,6	4,32
W9 Finestra 120x120	Ovest	1	1,44	1,568	0,4	0,90
				1,320	0,6	1,14
W14 Finestra da tetto	Tetto Falda Ovest	1	0,61	1,400	0,4	0,34
				1,400	0,6	0,51
$\Sigma A_r \cdot U_r \cdot h:$						59,52

PONTI TERMICI CONFINANTI CON L'ESTERNO
(UNI EN ISO 14683 - UNI EN ISO 13789)

Descrizione	Esposizione	N°	l_k	ψ_k	$l_k \cdot \psi_k$
			m	W/mK	W/K
W18 - Serramento (filo interno)-Parete esterna (isol. esterno doppio)	Ovest	12	33,60	0,200	6,72
W18 - Serramento (filo interno)-Parete esterna (isol. esterno doppio)	Sud	10	32,38	0,200	6,48
C1 - 2 Pareti esterne (spigolo esterno, isolante sul lato esterno)	Sud	8	16,06	0,075	1,20
C1 - 2 Pareti esterne (spigolo esterno, isolante sul lato esterno)	Ovest	8	15,70	0,075	1,18
IF1- Solaio interno-Parete esterna (isol. sul lato esterno)	Ovest	36	28,63	0,050	1,43
C1 - 2 Pareti esterne (spigolo esterno, isolante sul lato esterno)	Nord	12	32,30	0,075	2,42
IF1- Solaio interno-Parete esterna (isol. sul lato esterno)	Nord	14	23,08	0,050	1,15
IW1 - Parete interna-Parete esterna (isol. esterno)	Nord	4	10,80	0,050	0,54
IW1 - Parete interna-Parete esterna (isol. esterno)	Sud	8	19,66	0,050	0,98
IF1- Solaio interno-Parete esterna (isol. sul lato esterno)	Sud	29	22,91	0,050	1,15
C5 - 2 Pareti esterne (spigolo interno, isolante sul lato esterno)	Ovest	4	10,15	-0,075	-0,76
C5 - 2 Pareti esterne (spigolo interno, isolante sul lato esterno)	Sud	4	9,83	-0,075	-0,74
C1 - 2 Pareti esterne (spigolo esterno, isolante sul lato esterno)	Est	8	19,33	0,075	1,45
C5 - 2 Pareti esterne (spigolo interno, isolante sul lato esterno)	Est	2	5,01	-0,075	-0,38
IF1- Solaio interno-Parete esterna (isol. sul lato esterno)	Est	42	28,68	0,050	1,43
IW1 - Parete interna-Parete esterna (isol. esterno)	Ovest	8	21,35	0,050	1,07
C5 - 2 Pareti esterne (spigolo interno, isolante sul lato esterno)	Nord	2	5,34	-0,075	-0,40
W18 - Serramento (filo interno)-Parete esterna (isol. esterno doppio)	Est	12	42,60	0,200	8,52
IW1 - Parete interna-Parete esterna (isol. esterno)	Est	6	14,64	0,050	0,73
IW6 - Parete interna-Soffitto esterno (isol. esterno)	Tetto Falda Est	18	27,54	0,050	1,38
R09 - Solaio esterno (isol. esterno)-Parete esterna (isol. esterno) con capp.	Tetto Falda Est	13	19,77	0,150	2,97
R09 - Solaio esterno (isol. esterno)-Parete esterna (isol. esterno) con capp.	Tetto Falda Ovest1	14	24,23	0,150	3,63
IW6 - Parete interna-Soffitto esterno (isol. esterno)	Tetto Falda Ovest1	40	44,00	0,050	2,20
W18 - Serramento (filo interno)-Parete esterna (isol. esterno doppio)	Tetto Falda Ovest1	2	3,12	0,200	0,62
IW6 - Parete interna-Soffitto esterno (isol. esterno)	Tetto Falda Sud	8	10,20	0,050	0,51

R09 - Solaio esterno (isol. esterno)-Parete esterna (isol. esterno) con capp.	Tetto Falda Sud	5	7,71	0,150	1,16
$\Sigma I_k \cdot \psi_k$:					46,65

CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI SCAMBIO TERMICO CON IL TERRENO (UNI EN ISO 13370)

DEFINIZIONE	VALORE	U.M
Descrizione	Vs. Terreno	
Tipologia	Pavimento su intercapedine	
Struttura pavimento	02 Pavimento legno	
Area del pavimento A	49,10	m ²
Perimetro esposto del pavimento P	22,93	m
Struttura perimetrale	05 Parete esterna	
Conducibilità termica del terreno λ	2,000	W/m°C
Posizione del fabbricato	CENTRO URBANO - 0.02	
Velocità del vento v	1,700	m/s
Altezza h	0,50	m
Area unitaria aperture ventilazione g	0,02	m ² /m
Profondità z	0,70	m
Resistenza termica della stratigrafia della fondazione Rf	0,37	m ² °C/W
Trasmittanza lineare del ponte termico n° 1 Ψ	0,95	W/m°C
Lunghezza del ponte termico n° 1	23,37	m
Trasmittanza lineare del ponte termico n° 1 Ψ	0,95	W/m°C
Lunghezza del ponte termico n° 1	28,34	m
Trasmittanza termica U	0,37	W/m ² °C
Coeff. di accoppiamento termico in regime stazionario H_g	17,97	W°C

CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI SCAMBIO TERMICO CON IL TERRENO (UNI EN ISO 13370)

DEFINIZIONE	VALORE	U.M
Descrizione	Vs. Terreno	
Tipologia	Pavimento su intercapedine	
Struttura pavimento	01 Pavimento piastrella	
Area del pavimento A	59,72	m ²
Perimetro esposto del pavimento P	27,43	m
Struttura perimetrale	05 Parete esterna	
Conducibilità termica del terreno λ	2,000	W/m°C
Posizione del fabbricato	CENTRO URBANO - 0.02	
Velocità del vento v	1,700	m/s
Altezza h	0,50	m
Area unitaria aperture ventilazione g	0,02	m ² /m
Profondità z	0,70	m
Resistenza termica della stratigrafia della fondazione Rf	0,37	m ² °C/W
Trasmittanza lineare del ponte termico n° 1 Ψ	0,95	W/m°C
Lunghezza del ponte termico n° 1	23,37	m
Trasmittanza lineare del ponte termico n° 1 Ψ	0,95	W/m°C
Lunghezza del ponte termico n° 1	28,34	m
Trasmittanza termica U	0,36	W/m ² °C
Coeff. di accoppiamento termico in regime stazionario H_g	21,78	W°C

VENTILAZIONE MECCANICA (invernale)

DEFINIZIONE	VALORE	U.M
Flusso d'aria della ventilazione	a doppio flusso	
Ricambio d'aria orario n	0,50	h ⁻¹
Portata d'aria di rinnovo q_{ve,des}	297,58	m ³ /h
Efficienza del recuperatore di calore h_{ve}	40,00	%

Frazione della portata che attraversa il rec. $f_{ve,frac}$	1,00
Coefficiente correttivo della temperatura b_{ve}	0,60
Coefficiente di contemporaneità delle bocchette K	1,00

VENTILAZIONE MECCANICA (estiva)

DEFINIZIONE	VALORE	U.M
Flusso d'aria della ventilazione	a doppio flusso	
Ricambio d'aria orario nelle ore diurne n	1,00	[h ⁻¹]
Portata d'aria di rinnovo nelle ore diurne $q_{ve,t}$	0,17	[m ³ /s]
Coeff. correttivo della temperatura diurna b_{ve} :	1,00	
Ricambio d'aria orario nelle ore notturne n_{extra} :	1,00	[h ⁻¹]
Portata d'aria di rinnovo nelle ore notturne $q_{ve,t,extra}$:	0,17	[m ³ /s]
Coeff. correttivo della temperatura notturna $b_{ve,extra}$:	1,00	
Portata d'aria di rinnovo $q_{ve,des}$:	0,17	[m ³ /s]
Efficienza del recuperatore di calore h_{ve}	40,00	[%]
Frazione della portata che attraversa il rec. $f_{ve,frac}$	1,00	
Coefficiente correttivo della temperatura b_{ve}	0,60	
Coefficiente di contemporaneità delle bocchette K	1,00	

**COEFFICIENTI MENSILI DI DISPERSIONE TERMICA DELLA ZONA H_{tr,adj}
(UNI TS 11300-1 – UNI EN ISO 13789)**

Mese	Scambio termico per trasmissione verso					Coefficiente globale di scambio termico per trasmissione
	Esterno	Terreno	Locali non riscaldati	Esposizioni forzate	Altre zone	
	H _D	H _g	H _U	H _{A (Continuo)}	H _{tr,zy}	$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A + H_{tr,zy}$
	W/k	W/k	W/k	W/k	W/k	W/k
Ott	177,60	39,75	0,00	0,00	0,00	217,35
Nov	177,60	39,75	0,00	0,00	0,00	217,35
Dic	177,60	39,75	0,00	0,00	0,00	217,35
Gen	177,60	39,75	0,00	0,00	0,00	217,35
Feb	177,60	39,75	0,00	0,00	0,00	217,35
Mar	177,60	39,75	0,00	0,00	0,00	217,35
Apr	177,60	39,75	0,00	0,00	0,00	217,35

$$H_D = (\sum A_i \cdot U_i)_{opache} + (\sum A_i \cdot U_i)_{serramenti} + \sum l_k \cdot \psi_k \text{ (secondo specifica tecnica UNI TS 11300-1)}$$

**COEFFICIENTI MENSILI DI DISPERSIONE TERMICA DELLA ZONA H_{ve,adj}
(UNI TS 11300-1 – UNI EN ISO 13789)**

Mese	Scambio termico per ventilazione	Scambio termico per ventilazione verso altre zone	Coefficiente globale di scambio termico per ventilazione
	$\rho_a \times c_a \times (\sum b_{ve,k} \times q_{ve,k,mm})$	H _{ve,zy}	$H_{ve,adj} = \rho_a \times c_a \times (\sum b_{ve,k} \times q_{ve,k,mm}) + H_{ve,zy}$
	W/k	W/k	W/k
Ott	59,5156	0,0000	59,5156
Nov	59,5156	0,0000	59,5156
Dic	59,5156	0,0000	59,5156
Gen	59,5156	0,0000	59,5156
Feb	59,5156	0,0000	59,5156
Mar	59,5156	0,0000	59,5156
Apr	59,5156	0,0000	59,5156

COEFFICIENTI MENSILI DI DISPERSIONE TERMICA DELLA ZONA Hve,adj
UNI/TS 11300-1 – UNI EN ISO 13789)

Mese	Scambio termico per ventilazione	Scambio termico per ventilazione verso altre zone	Coefficiente globale di scambio termico per ventilazione
	$\rho_a \times c_a \times (\sum b_{ve,k} \times q_{ve,k,mm})$	$H_{ve,zy}$	$H_{ve,adj} = \rho_a \times c_a \times (\sum b_{ve,k} \times q_{ve,k,mm}) + H_{ve,zy}$
	W/k	W/k	W/k
Apr	119,0313	0,0000	119,0313
Mag	119,0313	0,0000	119,0313
Giu	119,0313	0,0000	119,0313
Lug	119,0313	0,0000	119,0313
Ago	119,0313	0,0000	119,0313
Set	119,0313	0,0000	119,0313
Ott	119,0313	0,0000	119,0313

CALCOLO DELLA CAPACITÀ TERMICA (UNI TS 11300-1)

Descrizione Struttura	A_j	χ_j	$\chi_j \cdot A_j$
	m ²	kJ/(Km ²)	kJ/K
05 Parete esterna	192,55	33,31	6.412,75
08 Tramezzo	216,49	18,27	3.955,28
04 Solaio legno	206,03	125,97	25.954,12
02 Pavimento legno	49,10	125,97	6.184,81
06 Parete divisoria 10	70,64	19,06	1.346,49
07 Parete divisoria 5	112,57	47,03	5.293,49
01 Pavimento piastrella	59,72	122,55	7.318,08
03 Solaio piastrella	11,24	122,55	1.376,85
09 Copertura	119,69	58,15	6.959,46
$C_z = \sum \chi_j \cdot A_j :$			64.801,34

CALCOLO DELL'EXTRAFLUSSO TERMICO DIRETTO PER TRASMISSIONE
(UNI TS 11300-1)

Descrizione	Inclinaz.	Fattore di forma	Resistenza liminare est.	Trasm.	Area	Coeff. di scambio per irr.	Extra flusso termico	Disp. Radiazione Infrarossa
	S gradi	F_r	R_{se} (m ² K)/W	U W/(m ² K)	A m ²	h_r W/(m ² K)	Φ_r W	$\Phi_r \times F_r$ W
05 Parete esterna	90,00	0,50	0,0400	0,18	192,55	4,50	70,45	35,23
W2 Finestra 300x260	90,00	0,50	0,0400	1,36	7,80	4,15	19,34	9,67
W3 Finestra 120x200	90,00	0,50	0,0400	1,42	2,16	4,15	5,59	2,80
W4 Finestra 110x185	90,00	0,50	0,0400	1,49	3,96	4,15	10,78	5,39
Portoncino ingresso	90,00	0,50	0,0400	2,17	2,20	4,50	9,45	4,73
W5 Finestra 307x50	90,00	0,50	0,0400	1,65	1,54	4,15	4,62	2,31
W6 Finestra 300x240	90,00	0,50	0,0400	1,36	7,20	4,15	17,92	8,96
W7 Finestra 200x140	90,00	0,50	0,0400	1,46	2,80	4,15	7,46	3,73
W8 Finestra 100x140	90,00	0,50	0,0400	1,48	1,40	4,15	3,77	1,89
W1 Finestra 100x120	90,00	0,50	0,0400	1,49	4,80	4,15	13,09	6,55
Porta retro	90,00	0,50	0,0400	2,17	1,98	4,50	8,51	4,25

W11 Finestra 307x75	90,00	0,50	0,0400	1,55	2,30	4,15	6,50	3,25
W12 Finestra 200x120	90,00	0,50	0,0400	1,48	2,40	4,15	6,47	3,24
09 Copertura	25,00	0,95	0,0400	0,22	119,69	4,50	52,66	50,20
W13 Finestra 125x220	90,00	0,50	0,0400	1,55	5,50	4,15	15,59	7,79
W9 Finestra 120x120	90,00	0,50	0,0400	1,57	1,44	4,15	4,12	2,06
08 Tramezzo	90,00	0,50	0,1300	0,47	0,38	4,50	1,13	0,57
W14 Finestra da tetto	25,00	0,95	0,0400	1,40	0,61	2,00	0,75	0,72
Totale:								153,32

**APPORTI GRATUITI INTERNI IN LOCALI RISCALDATI – VALORI MEDI
(UNI TS 11300-1)**

Tipo di carico	Valore unico complessivo per l'intera zona	
	$\Phi_{int,mn,k}$	
Per superficie utile di pavimento maggiore di 170 m ²	450,00 W	

**APPORTI GRATUITI SOLARI ATTRAVERSO SUPERFICI TRASPARENTI [MJ]
(UNI TS 11300-1)**

Mese	Sud	E-O	Nord	N-E N-O	S-E S-O	Totale
	$Q_{sol} = \sum_k \Phi_{sol,mn,k} \cdot t + \sum_i (1-b_{tr,i}) \cdot \Phi_{sol,mn,u,i} \cdot t$					
Ott	338,47	954,66	0,00	0,00	0,00	1.293,13
Nov	456,89	1.295,07	0,00	0,00	0,00	1.751,96
Dic	428,93	1.124,33	0,00	0,00	0,00	1.553,26
Gen	472,56	1.228,20	0,00	0,00	0,00	1.700,76
Feb	503,91	1.587,00	0,00	0,00	0,00	2.090,91
Mar	626,14	2.220,01	0,00	0,00	0,00	2.846,15
Apr	327,40	1.293,18	0,00	0,00	0,00	1.620,59
Apr	320,29	1.436,08	0,00	0,00	0,00	1.756,36
Mag	748,97	3.325,25	0,00	0,00	0,00	4.074,22
Giu	738,46	3.195,69	0,00	0,00	0,00	3.934,15
Lug	795,30	3.576,32	0,00	0,00	0,00	4.371,62
Ago	715,06	3.175,08	0,00	0,00	0,00	3.890,14
Set	680,51	2.542,38	0,00	0,00	0,00	3.222,89
Ott	302,21	978,41	0,00	0,00	0,00	1.280,63

**APPORTI GRATUITI SOLARI ATTRAVERSO SUPERFICI OPACHE [MJ]
(UNI TS 11300-1)**

Mese	Sud	E-O	Nord	N-E N-O	S-E S-O	Totale
	$Q_{sol} = \sum_k \Phi_{sol,mn,k} \cdot t + \sum_i (1-b_{tr,i}) \cdot \Phi_{sol,mn,u,i} \cdot t$					
Ott	58,90	116,36	15,45	0,00	0,00	190,70
Nov	76,80	127,37	19,30	0,00	0,00	223,48
Dic	74,64	108,58	15,51	0,00	0,00	198,74
Gen	75,58	118,46	17,73	0,00	0,00	211,77
Feb	81,92	160,49	24,02	0,00	0,00	266,43
Mar	100,15	263,24	39,90	0,00	0,00	403,28
Apr	47,04	158,19	26,36	0,00	0,00	231,59
Apr	46,02	175,67	31,57	0,00	0,00	253,25
Mag	91,64	411,31	83,12	0,00	0,00	586,06
Giu	84,12	417,14	94,38	0,00	0,00	595,63

Lug	97,31	477,11	97,52	0,00	0,00		671,95
Ago	105,81	424,47	70,93	0,00	0,00		601,21
Set	110,63	324,80	45,04	0,00	0,00		480,47
Ott	52,59	119,25	15,77	0,00	0,00		187,60

**RIEPILOGO INVERNALE PER GESTIONE DELL'IMPIANTO
(UNI TS 11300-1 – UNI EN ISO 13790)**

Mese	Temp. di set-point	Temp. di attenuazione giornaliera	Ore di attenuazione giornaliera	Temp. nei periodi di non occupazione	Ore mensili di non occupazione continuata	Frazione mensile di non occupazione	Temp. media giornaliera di calcolo
	$\theta_{H,set,point}$ °C]	$\theta_{H,red}$ °C	$h_{H,red}$ h	$\theta_{H,nocc}$ °C	$h_{H,nocc}$ h	$f_{H,nocc}$	$\theta_{H,set,calc}$ °C
Ott	20,00	16,00	10,00	14,00	250,00	0,61	20,00
Nov	20,00	16,00	10,00	14,00	250,00	0,35	20,00
Dic	20,00	16,00	10,00	14,00	250,00	0,34	20,00
Gen	20,00	16,00	10,00	14,00	250,00	0,34	20,00
Feb	20,00	16,00	10,00	14,00	250,00	0,37	20,00
Mar	20,00	16,00	10,00	14,00	250,00	0,34	20,00
Apr	20,00	16,00	10,00	14,00	250,00	0,69	20,00

**RIEPILOGO ESTIVO PER GESTIONE DELL'IMPIANTO
(UNI TS 11300-1 – UNI EN ISO 13790)**

Mese	Temp. di set-point	Temp. di attenuazione giornaliera	Ore di attenuazione giornaliera	Temp. nei periodi di non occupazione	Ore mensili di non occupazione continuata	Frazione mensile di non occupazione	Temp. media giornaliera di calcolo
	$\theta_{H,set,point}$ °C]	$\theta_{H,red}$ °C	$h_{H,red}$ h	$\theta_{H,nocc}$ °C	$h_{H,nocc}$ h	$f_{H,nocc}$	$\theta_{H,set,calc}$ °C
Apr	26,00	30,00	14,00	32,00	250,00	0,69	26,00
Mag	26,00	30,00	14,00	32,00	250,00	0,34	26,00
Giu	26,00	30,00	14,00	32,00	250,00	0,35	26,00
Lug	26,00	30,00	14,00	32,00	250,00	0,54	26,00
Ago	26,00	30,00	14,00	32,00	250,00	0,54	26,00
Set	26,00	30,00	14,00	32,00	250,00	0,35	26,00
Ott	26,00	30,00	14,00	32,00	250,00	0,74	26,00

4.5. Calcolo del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione invernale

Scambio termico totale in regime continuo

Mese	$Q_{H,ht}$ MJ	Q_{int} MJ	Q_{sol} MJ	γ_{Ht}	η_{Ht}	$Q_{H,nd}$ MJ
Ott	3.001,14	660,96	1.483,84	0,71	0,95	972,10
Nov	8.224,59	1.166,40	1.975,43	0,38	1,00	5.094,23
Dic	11.390,85	1.205,28	1.752,00	0,26	1,00	8.435,22
Gen	12.354,89	1.205,28	1.912,53	0,25	1,00	9.238,59
Feb	10.154,55	1.088,64	2.357,34	0,34	1,00	6.715,72
Mar	8.572,90	1.205,28	3.249,43	0,52	0,99	4.184,37
Apr	2.842,52	583,20	1.852,18	0,86	0,90	652,07

Scambio termico totale in regime intermittente								
Mese	$Q_{H,ht,occ}$	Q_{int}	Q_{sol}	$\gamma_{H,occ}$	$\eta_{H,occ}$	$Q_{H,nd,occ}$	$1-f_{h,noce}$	$Q_{H,nd}$
	$Q_{H,ht,noce}$			$\gamma_{H,noce}$	$\eta_{H,noce}$	$Q_{H,nd,noce}$	$f_{h,noce}$	
	MJ	MJ	MJ			MJ		MJ
Ott	3.001,14	660,96	1.483,84	0,71	0,95	972,10	0,39	376,65
	561,14			3,82	0,26	0,32	0,61	
Nov	8.224,59	1.166,40	1.975,43	0,38	1,00	5.094,23	0,65	3.683,49
	3.918,71			0,80	0,92	1.031,30	0,35	
Dic	11.390,85	1.205,28	1.752,00	0,26	1,00	8.435,22	0,66	6.945,62
	6.941,45			0,43	0,99	4.002,16	0,34	
Gen	12.354,89	1.205,28	1.912,53	0,25	1,00	9.238,59	0,66	7.747,43
	7.905,49			0,39	1,00	4.800,91	0,34	
Feb	10.154,55	1.088,64	2.357,34	0,34	1,00	6.715,72	0,63	5.244,55
	6.135,74			0,56	0,98	2.761,21	0,37	
Mar	8.572,90	1.205,28	3.249,43	0,52	0,99	4.184,37	0,66	2.954,62
	4.123,49			1,08	0,81	524,64	0,34	
Apr	2.842,52	583,20	1.852,18	0,86	0,90	652,07	0,31	199,65
	689,59			3,53	0,28	0,59	0,69	

4.6. Calcolo del fabbisogno di energia termica dell'edificio per il raffrescamento

Scambio termico totale in regime continuo						
Mese	$Q_{C,ht}$	Q_{int}	Q_{sol}	γ_C	η_C	$Q_{C,nd}$
	MJ	MJ	MJ			MJ
Apr	5.098,87	583,20	2.009,62	0,51	0,51	3,75
Mag	7.894,82	1.205,28	4.660,28	0,74	0,73	123,46
Giu	4.326,88	1.166,40	4.529,78	1,32	0,98	1.473,91
Lug	2.488,97	1.205,28	5.043,56	2,51	1,00	3.760,41
Ago	2.669,16	1.205,28	4.491,34	2,13	1,00	3.029,52
Set	5.460,37	1.166,40	3.703,36	0,89	0,84	294,08
Ott	4.257,12	544,32	1.468,23	0,47	0,47	1,66

Scambio termico totale in regime intermittente								
Mese	$Q_{C,ht,occ}$	Q_{int}	Q_{sol}	$\gamma_{C,occ}$	$\eta_{C,occ}$	$Q_{C,nd,occ}$	$1-f_{c,noce}$	$Q_{C,nd}$
	$Q_{C,ht,noce}$			$\gamma_{C,noce}$	$\eta_{C,noce}$	$Q_{C,nd,noce}$	$f_{c,noce}$	
	MJ	MJ	MJ			MJ		MJ
Apr	5.098,87	583,20	2.009,62	0,51	0,51	3,75	0,31	1,24
	7.714,61			0,34	0,34	0,14	0,69	
Mag	7.894,82	1.205,28	4.660,28	0,74	0,73	123,46	0,66	82,92
	13.300,66			0,44	0,44	2,82	0,34	
Giu	4.326,88	1.166,40	4.529,78	1,32	0,98	1.473,91	0,65	971,42
	9.558,35			0,60	0,59	26,73	0,35	
Lug	2.488,97	1.205,28	5.043,56	2,51	1,00	3.760,41	0,46	1.842,99
	7.894,82			0,79	0,77	194,02	0,54	
Ago	2.669,16	1.205,28	4.491,34	2,13	1,00	3.029,52	0,46	1.446,91
	8.075,01			0,71	0,69	85,86	0,54	
Set	5.460,37	1.166,40	3.703,36	0,89	0,84	294,08	0,65	193,02
	10.691,83			0,46	0,46	3,01	0,35	
Ott	4.257,12	544,32	1.468,23	0,47	0,47	1,66	0,26	0,46
	6.698,47			0,30	0,30	0,04	0,74	

Normativa base di riferimento

- [1] EN ISO 7345 Grandezze fisiche e definizioni.
- [2] UNI 10351 Materiali da costruzione - Conduttività termica e permeabilità al vapore.
- [3] UNI 10355 Murature e solai - Valori di resistenza termica e metodo di calcolo.
- [4] UNI 13789 Prestazione termica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento – Edifici residenziali.
- [5] UNI EN 410 Vetro per edilizia - Determinazione delle caratteristiche luminose e solari delle vetrate.
- [6] UNI EN 673 Vetro per edilizia - Determinazione della trasmittanza termica - Metodo di calcolo.
- [7] UNI EN ISO 7345 Isolamento termico - Grandezze fisiche e definizioni.
- [8] UNI EN 12792 Ventilazione degli edifici - Simboli, terminologia e simboli grafici.
- [9] UNI EN 12831 Impianti di riscaldamento negli edifici - Metodo di calcolo del carico termico di progetto.
- [10] UNI EN 15242 Ventilazione degli edifici - Metodi di calcolo per la determinazione delle portate d'aria negli edifici, comprese le infiltrazioni.
- [11] UNI EN 15316-2-1 Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto - Parte 2-1: Sistemi di emissione del calore negli ambienti.
- [12] UNI EN 15316-2-3 Impianti di riscaldamento negli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto - Parte 2-3: Sistemi di distribuzione del calore negli ambienti.
- [13] UNI EN 15251 Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica.
- [14] UNI 10339 Impianti aeraulici ai fini del benessere. Generalità classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura.
- [15] UNI EN 15243 Ventilazione degli edifici - Calcolo delle temperature dei locali, del carico termico e dell'energia per edifici dotati di impianto di climatizzazione degli ambienti.
- [16] UNI EN ISO 6946 Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica – Metodo di calcolo.
- [17] UNI EN ISO 10211 Ponti termici in edilizia - Calcolo dei flussi termici e temperature superficiali - Metodi generali di calcolo.
- [18] UNI EN ISO 10456 Materiali e prodotti per edilizia - Procedimenti per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto.
- [19] UNI EN 13363-1 Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate - Calcolo della trasmittanza solare e luminosa - Metodo semplificato.
- [20] UNI EN 13363-2 Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate - Calcolo della trasmittanza solare e luminosa - Metodo di calcolo dettagliato.
- [21] UNI 10349 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici.
- [22] UNI 10379 Riscaldamento degli edifici. Fabbisogno energetico convenzionale normalizzato.
- [23] UNI EN 13465 Ventilazione degli edifici - Metodi di calcolo per la determinazione delle portate d'aria negli edifici residenziali.

-
- [24] UNI EN 13779 Ventilazione negli edifici non residenziali - Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di condizionamento.
 - [25] UNI EN ISO 13370 Prestazione termica degli edifici - Trasferimento di calore attraverso il terreno - Metodi di calcolo.
 - [26] UNI EN ISO 13786 Prestazione termica dei componenti per edilizia - Caratteristiche termiche dinamiche - Metodi di calcolo.
 - [27] UNI EN ISO 13789 Prestazione termica degli edifici - Coefficiente di perdita di calore per trasmissione e ventilazione – Metodo di calcolo.
 - [28] UNI EN ISO 13790 Prestazione termica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento.
 - [29] UNI EN 13947 Prestazione termica delle facciate continue - Calcolo della trasmittanza termica.
 - [30] UNI EN ISO 10077-1 Prestazione termica di finestre, porte e chiusure - Calcolo della trasmittanza termica – Metodo semplificato.
 - [31] UNI EN ISO 10077-2 Prestazione termica di finestre, porte e chiusure - Calcolo della trasmittanza termica – Metodo numerico per telai.
 - [32] UNI EN 15265 Prestazione energetica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento degli ambienti mediante metodi dinamici - Criteri generali.
 - [33] UNI EN ISO 15927-1 Prestazione termoigrometrica degli edifici - Calcolo e presentazione dei dati climatici - Medie mensili dei singoli elementi meteorologici.
 - [34] UNI EN ISO 15927-6 Prestazione termoigrometrica degli edifici - Calcolo e presentazione dei dati climatici - Differenze di temperatura cumulate (gradi giorno).
 - [35] UNI EN ISO 13370 Prestazione termica degli edifici - Trasferimento di calore attraverso il terreno - Metodi di calcolo.
 - [36] UNI EN ISO 13788 Prestazione igrometrica dei componenti e degli elementi per l'edilizia. Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e condensa interstiziale – Metodo di calcolo.
 - [37] UNI EN ISO 14683 Ponti termici in edilizia - Coefficiente di trasmissione termica lineica - Metodi semplificati e valori di riferimento.
 - [38] UNI TS 11300-1 Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale.
 - [39] UNI TS 11300-1 Errata Corrige n°1 alla versione in lingua italiana del 22.07.2010.
 - [40] UNI TS 11300-2 Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.
 - [41] UNI TS 11300-1 Errata Corrige n°1 alla versione in lingua italiana del 25.11.2010.

TIPOGRAFIA
Centro Internazionale Scienze Meccaniche (CISM)
Via IV novembre 88, 33010 Tavagnacco (UD)

Maggio 2012