

Dipartimento di
Scienza e Tecnologie dell'Ambiente Costruito
Building & Environment Science & Technology
BEST
UdR BE GROUP
Building Envelope Engineering Group

POLITECNICO DI MILANO



Casa PASSIVA, Mariano Comense Simulazioni energetiche dinamiche

PREMESSA

Il presente rapporto rappresenta il documento finale contenente le valutazioni in regime dinamico del comportamento (invernale e estivo) relativo alla costruzione sita in Mariano Comense.

Per la realizzazione delle ipotesi di calcolo sono stati elaborati modelli matematici in modo da rappresentare le caratteristiche termofisiche dell'involucro sulla base di quanto discusso e analizzato, con riferimento ai documenti [1] e [2].

Preme sottolineare come per arrivare al progetto finale, analizzato nella presente relazione, sono state eseguite varie analisi di ottimizzazione dell'involucro, riportate in una serie di documenti precedenti [4,5,6].

È necessario sottolineare che i risultati per il bilancio invernale nonché per le stime di potenze istantanee riportate nel seguente documento sono indicative in riferimento alle ipotesi di carichi interni e gestione dell'edificio secondo quanto riportato.

I valori riportati non hanno valore ai fini della certificazione energetica standardizzata.

Per quanto concerne la descrizione del comportamento estivo dell'edificio è stata nostra intenzione valutare fondamentalmente un comportamento in "free-running", ipotizzando una ventilazione naturale (senza impianto); tuttavia sono state fatte delle valutazioni di massima per la stima del fabbisogno estivo e la stima di potenza che potrebbero essere utili agli impiantisti in termini qualitativi.

© BEGroup – Building Envelope Group
Dipartimento BEST Politecnico di Milano

Autore del documento: Giorgio Pansa

BEGroup – Building Envelope Group
Referente scientifico
Sergio Croce Sergio Croce [Ingegnere, Politecnico di Milano]
Gruppo di lavoro
Enrico De Angelis [Ingegnere, Politecnico di Milano]
Tiziana Poli [Architetto, Politecnico di Milano]
Luca Pietro Gattoni [Ingegnere, Politecnico di Milano]
Matteo Fiori [Ingegnere, Politecnico di Milano]
Riccardo Arlunno [Ingegnere, Politecnico di Milano]
Giorgio Pansa [Ingegnere, Politecnico di Milano]
Andrea Giovanni Mainini [Ingegnere, Politecnico di Milano]

IMPOSTAZIONI DEL PROGETTO

Il software di simulazione utilizzato è EnergyPlus. Tale programma permette di simulare il comportamento energetico di un edificio in regime dinamico.

Ipotesi per il modello dinamico

Il modello matematico è caratterizzato da 4 zone termiche differenti, analizzate contemporaneamente per gestire meglio l'influenza reciproca dei diversi ambienti con caratteristiche sensibili differenti.

Si sono create dunque le seguenti zone:

- zona termica “residenza”, relativa al blocco residenza fuori terra, costituita da due piani, avente superficie netta pari a circa 105 m²;
- zona termica “interrato”, relativa agli ambienti seminterrati riscaldati, di superficie netta pari a circa 64 m²;
- zona termica “atrio”, relativa allo spazio in doppia altezza e ai corridoi dei due piani fuori terra, avente superficie netta pari a circa 98 m²;
- zona termica “autorimessa”, costituita dal garage (e locali tecnici) [zona termica non riscaldata]

Principali dati geometrici:

Rapporto S/V: 0.63 1/m
Superficie utile: 267.05 m²

La presenza dello schermo di copertura è stata opportunamente considerata nel modello di calcolo; la presenza della facciata ventilata è stata presa in considerazione attraverso un incremento della trasmittanza termica.

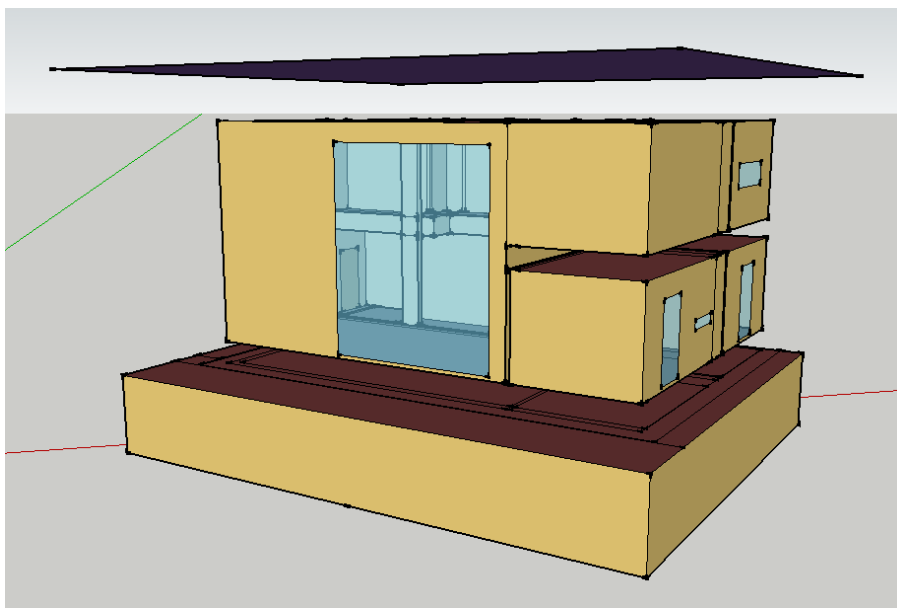


Figura 1: Rappresentazione del modello geometrico 3D utilizzato per la simulazione energetica

Costanti di calcolo

Per le valutazioni di tipo dinamico sono stati considerati costanti:

- gli schedule di occupazione e carichi interni riportati negli allegati (considerando circa 9 W/m² in soggiorno e cucina, e 3 W/m² negli altri locali come valori medi giornalieri per la residenza, secondo quanto indicato nella UNI TS 11300-1);
- i ricambi d’aria (considerati 0.12 vol/h nella stagione invernale¹ e 0.50 vol/h nella stagione estiva, considerata dal 15 aprile al 14 ottobre)
- infiltrazioni d’aria: assenti
- la geometria ed estensione delle differenti superfici dell’involucro;
- l’orientamento dell’edificio;
- la stratigrafia delle chiusure opache (vedi riferimento annessi A)
- i dati climatici desunti dal database METEONORM e relativi alla città di Milano Linate (dati orari utilizzati per le simulazioni);
- temperatura media del terreno: fluttuante tra -2.21 e 25.69 °C (secondo la correlazione di Kasuda).

Variabili

Per meglio delineare la sensibilità del progetto sono state eseguite delle ipotesi di varianti:

- sull’involucro (prevalentemente serramenti e copertura);
- sulla gestione dei carichi interni

Il caso presentato in questo Rapporto riporta le indicazioni stratigrafiche adottate in fase di progetto e concordate con il progettista, illustrate negli Annessi A1 e A2.

Si rimanda alla specifica documentazione per l’analisi delle varianti eseguite. [4,5,6]

Nella tabella 1 e 2 seguenti sono riportate le specifiche delle simulazioni eseguite, con il riferimento relativo agli annessi riportati in appendice al presente documento, nello specifico:

Tabella 1: elenco simulazioni invernali

ANNESSE INV	Note	CASO BASE INVERNALE
1	-	Stima delle potenze necessarie

Tabella 2: elenco simulazioni estive

ANNESSE EST		Note
1	Impianto di condizionamento sempre acceso	Stima delle potenze necessarie
2	Temperatura free-running	Stima del comfort

¹ Il valore di ricambi orari 0.12 è ottenuto tramite un recuperatore di calore, secondo quanto riportato nel documento di calcolo Casa Clima [2]. Nella stagione estiva si esclude quindi il funzionamento del recuperatore.

RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

Simulazioni invernali

La tabella seguente riporta il risultato della simulazione relativa al “caso base invernale”.

Tale risultato è stato raggiunto attraverso varie simulazioni, non riportate nel presente documento di sintesi. Da tali simulazioni è emerso in sostanza come:

- I carichi interni giocano un ruolo fondamentale nel bilancio: dalla loro esatta stima dipende fortemente il risultato finale;
- Per ridurre il fabbisogno energetico, è possibile andare ad agire sostanzialmente sulla soluzione di facciata vetrata: sia aumentando il fattore solare sia diminuendo la trasmittanza termica si ottengono significativi benefici.

Tabella 2: risultati della simulazione (riferiti ad entrambe le zone: Residenza + Interrato)

ANNESSO	Fabbisogno energia utile medio [kWh/m ² a]	Stima potenza di riscaldamento – massima[kW]
INV 1	9.83	3.05

È stata inoltre analizzata la presenza della copertura aggettante, che risulta comportarsi come schermo alla radiazione solare nella stagione estiva e, in parte, nella stagione invernale. Si è cercato quindi il miglior compromesso tra la massimizzazione dell'effetto schermante in estate e la minimizzazione della riduzione degli apporti solari in inverno. A tal fine, sono state condotte alcune simulazioni utilizzando il software Ecotect.

Simulazioni estive

Nella stagione estiva, è possibile osservare come, attraverso opportune **schermature**, sia possibile ridurre notevolmente le temperature interne, assicurando maggiori garanzie di comfort².

Per avere tuttavia un controllo ottimale del clima interno, potrebbe essere opportuno lo studio e la progettazione di un sistema automatizzato di controllo delle schermature, essendo questo un elemento molto sensibile.

Si è visto come anche per la stagione estiva valga il discorso relativo alla sensibilità ai carichi interni; si è dimostrato inoltre l'incidenza della ventilazione naturale (eventualmente attuabile nelle ore notturne), la quale porta a notevoli benefici in termini di comfort interno.

² Preme sottolineare come non siano state eseguite in questa sede alcuna analisi in termini di carichi latenti.

Qualora si dovesse operare con un impianto di climatizzazione, si è visto infine come anche in questo caso il fabbisogno di potenze di raffrescamento risulta essere piuttosto limitato, dell'ordine di grandezza del fabbisogno di potenze di riscaldamento.

CONCLUSIONI

Le analisi dinamiche hanno dimostrato un ottimo comportamento dell'edificio, sia in regime invernale sia in regime estivo.

Attraverso un'ottimizzazione della progettazione dell'involucro e della gestione dell'edificio, è stato possibile ridurre in maniera consistente il fabbisogno di energia utile per il riscaldamento, arrivando fino al di sotto dei 10 kWh/m²anno. In particolare, tale obiettivo è stato raggiunto attraverso l'elevato isolamento dell'involucro opaco, l'utilizzo di un sistema di recupero associato alla ventilazione meccanica, e la progettazione accurata degli apporti solari.

...IN DEFINITIVA:

L'edificio modellato riscontra quei paradigmi progettuali caratteristici di una CasaClima.

Una CasaClima³ è caratterizzata da un alto grado di isolamento termico e da una struttura compatta. Il sole ed il suo calore fanno parte del concetto edile di una CasaClima: l'energia solare viene conservata soprattutto grazie a finestre isolanti che accolgono la luce ma non permettono fuoriuscite di calore. Ove possibile, devono essere evitati ponti termici. Le CasaClima sono contraddistinte da un'impiantistica ottimale, una realizzazione accurata e da grande comfort abitativo.

Elementi di base di una CasaClima sono:

- una struttura compatta*
- un alto grado di isolamento termico della superficie esterna*
- finestre altamente isolanti*
- ermeticità*
- assenza di ponti termici*
- utilizzo dell'energia solare*
- impiantistica ottimale*
- realizzazione accurata*

RIFERIMENTI

- [1] Tavole architettoniche (ultimo aggiornamento: settembre 2008)
- [2] Relazione di calcolo Casa Clima
- [3] Manuale di utilizzo EnergyPlus
- [4] Primo rapporto di calcolo: 080326 BeGroup_Casa Passiva (Mariano Comense)
- [5] Secondo rapporto di calcolo: 080407 BeGroup_Casa Passiva_ integrazione (modifica orientamento)
- [6] Terzo rapporto di calcolo: 080507 BeGroup_Casa Passiva_ integrazione (analisi serramento)

³ Fonte: <http://www.agenziacasaclima.it/it/casaclima/casaclima/caratteristiche-di-una-casaclima.html>

ANNESSI

- annessi A: relativi alle stratigrafie adottate e alla caratterizzazione dell'edificio
- annessi INV: relativi alle simulazioni invernali
- annessi EST: relativi alle valutazioni estive

Stratigrafie_chiusure opache

Per quanto riguarda le stratigrafie, ci si è attenuti a quelle fornite, in riferimento al documento Casa Clima [2].

1 PARETE_tipo 1							
	strati	s [m]	λ [W/mK]	λ [kJ/hmK]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	R [m ² K/W]
	he	-	-	-	-	-	0.040
isolante polistirene	1	0.250	0.036	0.1296	25	1400	6.944
blocco laterizio 30 cm	2	0.300	0.156	0.5616	550	800	1.923
intonaco int (gesso)	3	0.020	0.7	2.52	1200	1000	0.029
	hi	-	-	-	-	-	0.130
	sp. tot	0.570					
resistenza termica					R	9.066	[m ² K/W]
trasmissione termica					U	0.110	[W/m ² K]

(note)

2 PARETE_tipo 2 (ventilata)							
	strati	s [m]	λ [W/mK]	λ [kJ/hmK]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	R [m ² K/W]
	he	-	-	-	-	-	0.130
isolante polistirene (ventil)	1	0.250	0.045	0.162	25	1400	5.556
blocco laterizio 30 cm	2	0.300	0.156	0.5616	550	800	1.923
intonaco int (gesso)	3	0.020	0.7	2.52	1200	1000	0.029
	hi	-	-	-	-	-	0.130
	sp. tot	0.570					
resistenza termica					R	7.767	[m ² K/W]
trasmissione termica					U	0.129	[W/m ² K]

(note) Considerato peggioramento invernale 20% - ottenuto considerando isolante $\lambda = 0.045$

3 PARETE_tipo 3 (cantina vs esterno)							
	strati	s [m]	λ [W/mK]	λ [kJ/hmK]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	R [m ² K/W]
	he	-	-	-	-	-	0.040
isolante polistirene	1	0.250	0.036	0.1296	25	1400	6.944
cemento armato	2	0.200	2.3	8.28	2400	1000	0.087
intonaco int (gesso)	3	0.020	0.7	2.52	1200	1000	0.029
	hi	-	-	-	-	-	0.130
	sp. tot	0.470					
resistenza termica					R	7.230	[m ² K/W]
trasmissione termica					U	0.138	[W/m ² K]

(note)

13 PARETE VERSO AUTORIMESSA SOTTERRANEA

	strati	s [m]	λ [W/mK]	λ [kJ/hmK]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	R [m ² K/W]
	he	-	-	-	-	-	0.130
isolante polistirene	1	0.300	0.036	0.1296	25	1400	8.333
cemento armato	2	0.200	2.3	8.28	2400	1000	0.087
intonaco int (gesso)	3	0.020	0.7	2.52	1200	1000	0.029
	hi	-	-	-	-	-	0.130
	sp. tot	0.520					
resistenza termica					R	8.709	[m ² K/W]
trasmissione termica					U	0.115	[W/m ² K]

(note)

17 PARETE CONTRO TERRENO

	strati	s [m]	λ [W/mK]	λ [kJ/hmK]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	R [m ² K/W]
	he	-	-	-	-	-	-
isolante polistirene	1	0.240	0.036	0.1296	25	1400	6.667
cemento armato	2	0.200	2.3	8.28	2400	1000	0.087
intonaco int (gesso)	3	0.020	0.7	2.52	1200	1000	0.029
	hi	-	-	-	-	-	0.130
	sp. tot	0.460					
resistenza termica					R	6.912	[m ² K/W]
trasmissione termica					U	0.145	[W/m ² K]

(note) guaina: omessa nel calcolo

PARTIZIONI INTERNE (12)

	strati	s [m]	λ [W/mK]	λ [kJ/hmK]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	R [m ² K/W]
	he	-	-	-	-	-	0.130
intonaco interno	1	0.020	0.7	2.52	1200	1000	0.029
tavolato 8 cm	2	0.080	0.4	1.44	1800	800	0.200
intonaco interno	3	0.020	0.7	2.52	1200	1000	0.029
	hi	-	-	-	-	-	0.130
		0.120					
resistenza termica					R	0.517	[m ² K/W]
trasmissione termica					U	1.934	[W/m ² K]

(note) soluzione ipotizzata

PORTONE

	strati	s [m]	λ [W/mK]	λ [kJ/hmK]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	R [m ² K/W]
	he	-	-	-	-	-	0.040
legno	1	0.050	0.06	0.216	680	1200	0.833
	hi	-	-	-	-	-	0.130
		0.050					
resistenza termica					R	1.003	[m ² K/W]
trasmissione termica					U	0.997	[W/m ² K]

(note)

5 SOLAIO ESTERNO COPERTURA

	strati	s [m]	λ [W/mK]	λ [kJ/hmK]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	R [m ² K/W]
	he	-	-	-	-	-	0.040
calcestruzzo	1	0.050	1.6	5.76	2000	840	0.031
isolante polistirene	2	0.290	0.036	0.1296	25	1400	8.056
solaio PLASTBAU	3	0.290	0.1	0.36	600	1250	2.900
intonaco int (gesso)	4	0.020	0.7	2.52	1200	1000	0.029
	hi	-	-	-	-	-	0.100
	sp. tot	0.65					
resistenza termica						R	11.155 [m ² K/W]
trasmissione termica						U	0.090 [W/m ² K]

(note) assunto 4 cm spessore soletta s

5b SOLAIO ESTERNO COPERTURA

	strati	s [m]	λ [W/mK]	λ [kJ/hmK]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	R [m ² K/W]
	he	-	-	-	-	-	0.040
calcestruzzo	1	0.050	1.6	5.76	2000	840	0.031
isolante polistirene	2	0.290	0.036	0.1296	25	1400	8.056
cemento armato	3	0.290	2.3	8.28	2400	1000	0.126
intonaco int (gesso)	4	0.020	0.7	2.52	1200	1000	0.029
	hi	-	-	-	-	-	0.100
	sp. tot	0.65					
resistenza termica						R	8.381 [m ² K/W]
trasmissione termica						U	0.119 [W/m ² K]

(note)

8 SOLAIO VERSO AUTORIMESSA SOTTERRANEA

	strati	s [m]	λ [W/mK]	λ [kJ/hmK]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	R [m ² K/W]
	he	-	-	-	-	-	0.170
Assito in legno	1	0.015	0.22	0.792	680	1200	0.068
CLS alleg argilla espansa	2	0.125	0.45	1.62	1200	840	0.278
isolante polistirene	3	0.150	0.036	0.1296	25	1400	4.167
solaio PLASTBAU	4	0.250	0.1	0.36	600	1250	2.500
isolante polistirene	5	0.100	0.036	0.1296	25	1400	2.778
intonaco int (gesso)	6	0.020	0.7	2.52	1200	1000	0.029
	hi	-	-	-	-	-	0.170
	sp. tot	0.660					
resistenza termica						R	10.159 [m ² K/W]
trasmissione termica						U	0.098 [W/m ² K]

(note)

8b SOLAIO VERSO AUTORIMESSA SOTTERRANEA

	strati	s [m]	λ [W/mK]	λ [kJ/hmK]	corrispondenza travi		
					ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	R [m ² K/W]
	he	-	-	-	-	-	0.170
Assito in legno	1	0.015	0.22	0.792	680	1200	0.068
CLS alleg argilla espansa	2	0.125	0.45	1.62	1200	840	0.278
isolante polistirene	3	0.150	0.036	0.1296	25	1400	4.167
cemento armato	4	0.250	2.3	8.28	2400	1000	0.109
isolante polistirene	5	0.100	0.036	0.1296	25	1400	2.778
intonaco int (gesso)	6	0.020	0.7	2.52	1200	1000	0.029
	hi	-	-	-	-	-	0.170
	sp. tot	0.660					
resistenza termica					R	7.768	[m ² K/W]
trasmissione termica					U	0.129	[W/m ² K]

(note)

99 SOLAIO VERSO CANTINA

	strati	s [m]	λ [W/mK]	λ [kJ/hmK]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	R [m ² K/W]
	he	-	-	-	-	-	0.170
Assito in legno	1	0.015	0.22	0.792	680	1200	0.068
CLS alleg argilla espansa	2	0.125	0.45	1.62	1200	840	0.278
isolante polistirene	3	0.150	0.036	0.1296	25	1400	4.167
solaio PLASTBAU	4	0.250	0.1	0.36	600	1250	2.500
intonaco int (cartongesso)	4	0.020	0.7	2.52	1200	1000	0.029
	hi	-	-	-	-	-	0.170
	sp. tot	0.560					
resistenza termica					R	7.381	[m ² K/W]
trasmissione termica					U	0.135	[W/m ² K]

(note) aggiungere, non considerato in casa clima

99b SOLAIO VERSO CANTINA

	strati	s [m]	λ [W/mK]	λ [kJ/hmK]	corrispondenza travi		
					ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	R [m ² K/W]
	he	-	-	-	-	-	0.170
Assito in legno	1	0.015	0.22	0.792	680	1200	0.068
CLS alleg argilla espansa	2	0.125	0.45	1.62	1200	840	0.278
isolante polistirene	3	0.150	0.036	0.1296	25	1400	4.167
cemento armato	4	0.250	2.3	8.28	2400	1000	0.109
intonaco int (cartongesso)	5	0.020	0.7	2.52	1200	1000	0.029
	hi	-	-	-	-	-	0.170
	sp. tot	0.560					
resistenza termica					R	4.990	[m ² K/W]
trasmissione termica					U	0.200	[W/m ² K]

(note) aggiungere, non considerato in casa clima

19 SOLAIO CONTRO MARCIAPIEDE

	strati	s [m]	λ [W/mK]	λ [kJ/hmK]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	R [m ² K/W]
	he	-	-	-	-	-	0.040
Assito in legno	1	0.015	0.22	0.792	680	1200	0.068
massetto cemento	2	0.035	0.41	1.476	1200	840	0.085
calcestruzzo	3	0.040	1.6	5.76	2000	840	0.025
isolante polistirene	4	0.100	0.036	0.1296	25	1400	2.778
isolante polistirene	5	0.100	0.036	0.1296	25	1400	2.778
solaio PLASTBAU	6	0.250	0.1	0.36	600	1250	2.500
intonaco int (gesso)	7	0.020	0.7	2.52	1200	1000	0.029
	hi	-	-	-	-	-	0.100
	sp. tot	0.560					
resistenza termica					R	8.403	[m ² K/W]
trasmissione termica					U	0.119	[W/m ² K]

(note)

19b SOLAIO CONTRO MARCIAPIEDE

	strati	s [m]	λ [W/mK]	λ [kJ/hmK]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	R [m ² K/W]
	he	-	-	-	-	-	0.040
Assito in legno	1	0.015	0.22	0.792	680	1200	0.068
massetto cemento	2	0.035	0.41	1.476	1200	840	0.085
calcestruzzo	3	0.040	1.6	5.76	2000	840	0.025
isolante polistirene	4	0.100	0.036	0.1296	25	1400	2.778
isolante polistirene	5	0.100	0.036	0.1296	25	1400	2.778
cemento armato	6	0.250	2.3	8.28	2400	1000	0.109
intonaco int (gesso)	7	0.020	0.7	2.52	1200	1000	0.029
	hi	-	-	-	-	-	0.100
		0.560					
resistenza termica					R	6.011	[m ² K/W]
trasmissione termica					U	0.166	[W/m ² K]

(note)

21 SOLAIO VS VESPAIO

	strati	s [m]	λ [W/mK]	λ [kJ/hmK]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	R [m ² K/W]
	he	-	-	-	-	-	-
aria	1	0.200	0	0	0	0	-
cemento armato	2	0.100	2.3	8.28	2400	1000	0.043
isolante polistirene	3	0.200	0.036	0.1296	25	1400	5.556
calcestruzzo	4	0.030	1.6	5.76	2000	840	0.019
isolante polistirene	5	0.200	0.036	0.1296	25	1400	5.556
massetto cemento	6	0.070	0.41	1.476	1200	840	0.171
piastrelle ceramica	7	0.015	1.2	4.32	1900	800	0.013
	hi	-	-	-	-	-	0.170
		0.815					
resistenza termica					R	11.527	[m ² K/W]
trasmissione termica					U	0.087	[W/m ² K]

(note)

21b SOLAIO VS VESPAIO

strati	s [m]	λ [W/mK]	λ [kJ/hmK]	corrispondenza travi			
				ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	R [m ² K/W]	
he	-	-	-	-	-	-	
isolante vetro cellulare	1	0.050	0.04	0.144	25	1400	1.250
cemento armato	2	0.4	2.3	8.28	2400	1000	0.174
isolante vetro cellulare	3	0.050	0.04	0.144	25	1400	1.250
calcestruzzo	4	0.030	1.6	5.76	2000	840	0.019
isolante polistirene	5	0.200	0.036	0.1296	25	1400	5.556
massetto cemento	6	0.070	0.41	1.476	1200	840	0.171
piastrelle ceramica	7	0.015	1.2	4.32	1900	800	0.013
hi	-	-	-	-	-	-	0.170
							0.815
resistenza termica				R	8.601	[m ² K/W]	
trasmissione termica				U	0.116	[W/m ² K]	

(note)

SOLAIO INTERPIANO

strati	s [m]	λ [W/mK]	λ [kJ/hmK]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	R [m ² K/W]	
he	-	-	-	-	-	-	
assito in legno	1	0.025	0.22	0.792	680	1200	0.114
massetto cemento	2	0.050	0.41	1.476	1200	840	0.122
CLS alleg argilla espansa	3	0.245	0.45	1.62	1200	840	0.544
solaio in laterocemento	4	0.250	0.714	2.571	1800	800	0.350
intonaco interno	5	0.020	0.7	2.52	1200	1000	0.029
hi	-	-	-	-	-	-	
							0.590
resistenza termica				R	1.159	[m ² K/W]	
trasmissione termica				U	0.863	[W/m ² K]	

(note)

SOLAIO INTERPIANO

strati	s [m]	λ [W/mK]	λ [kJ/hmK]	corrispondenza travi			
				ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	R [m ² K/W]	
he	-	-	-	-	-	-	
assito in legno	1	0.025	0.22	0.792	680	1200	0.114
massetto cemento	2	0.050	0.41	1.476	1200	840	0.122
CLS alleg argilla espansa	3	0.245	0.45	1.62	1200	840	0.544
cemento armato	2	0.250	2.3	8.28	2400	1000	0.109
intonaco interno	5	0.020	0.7	2.52	1200	1000	0.029
hi	-	-	-	-	-	-	
							0.590
resistenza termica				R	0.917	[m ² K/W]	
trasmissione termica				U	1.090	[W/m ² K]	

(note)

IP SOLAIO AUTORIMESSA VERSO TERRENO							
	strati	s [m]	λ [W/mK]	λ [kJ/hmK]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	R [m ² K/W]
	he	-	-	-	-	-	-
ghiaia	1	0.500	0.96	3.456	1800	1000	0.521
massetto cemento	2	0.070	0.41	1.476	1200	840	0.171
	hi	-	-	-	-	-	0.170
		0.570					
resistenza termica					R	0.862	[m ² K/W]
trasmissione termica					U	1.161	[W/m ² K]
(note)	soluzione ipotizzata						

IP SOLAIO AUTORIMESSA VERSO TERRENO							
	strati	s [m]	λ [W/mK]	λ [kJ/hmK]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	R [m ² K/W]
	he	-	-	-	-	-	-
massetto cemento	1	0.070	0.41	1.476	1200	840	0.171
isolante vetro cellulare	2	0.050	0.04	0.144	25	1400	1.250
cemento armato	3	0.400	2.3	8.28	2400	1000	0.174
isolante vetro cellulare	4	0.050	0.04	0.144	25	1400	1.250
	hi	-	-	-	-	-	0.170
		0.070					
resistenza termica					R	3.015	[m ² K/W]
trasmissione termica					U	0.332	[W/m ² K]
(note)	soluzione ipotizzata						

Stratigrafie_Chiusure trasparenti

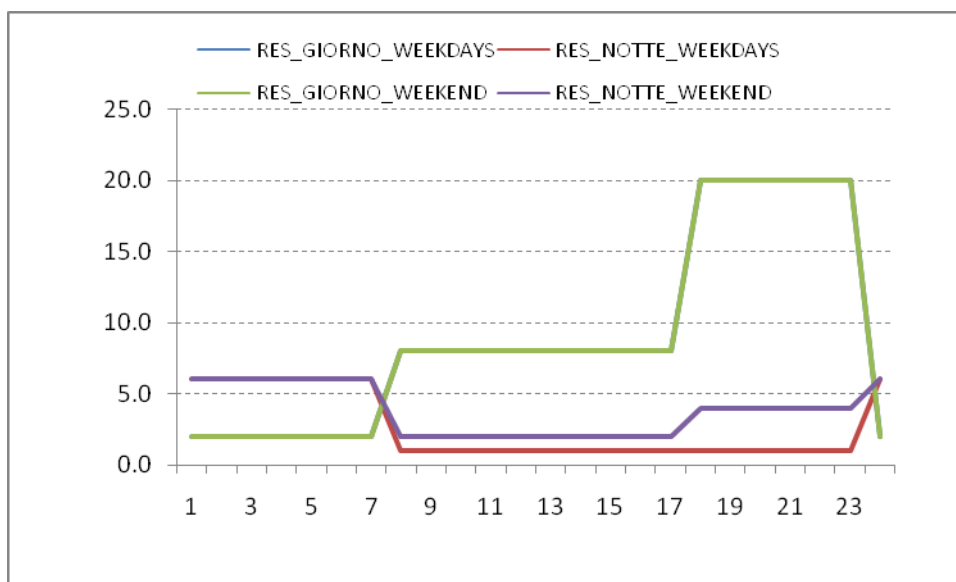
Codice	Larghezza	Altezza	Largh Telaio	Aw	Ag	Uf	Ug	Uw	g	Quantità, esposizione
F1	0.7	0.9	0.11	0.63	0.327	0.9	0.7	1.02	0.52	6, NE - 1, NE
F2	1.4	2.4	0.11	3.36	2.335	0.9	0.7	0.96	0.52	2, SE
F3	1.5	0.5	0.11	0.75	0.36	0.9	0.7	1.05	0.52	1, SE
F4	2.4	0.9	0.11	2.16	1.41	0.9	0.7	0.97	0.52	1, SE - 2, NW
F5	5	6	0.11	30	27.63	0.9	1.1	1.2	0.52	1, SW
F6	1.3	0.7	0.11	0.91	0.467	0.9	0.7	1.07	0.52	3, NE

Carichi Interni

Prospetto 9 — Profili temporali degli apporti termici dagli occupanti e dalle apparecchiature (edifici residenziali)

Giorni	Ore	Soggiorno e cucina ($\Phi_{\text{int,Oc}} + \Phi_{\text{int,A}} / A_f$) W/m ²	Altre aree climatizzate (es. stanza da letto) ($\Phi_{\text{int,Oc}} + \Phi_{\text{int,A}} / A_f$) W/m ²
Lunedì – Venerdì	07.00 – 17.00	8,0	1,0
	17.00 – 23.00	20,0	1,0
	23.00 – 07.00	2,0	6,0
	Media	9,0	2,67
Sabato – Domenica	07.00 – 17.00	8,0	2,0
	17.00 – 23.00	20,0	4,0
	23.00 – 07.00	2,0	6,0
	Media	9,0	3,83
Media		9,0	3,0

Figura 2: Fonte: UNI TS 11300-1



NB:

La zona "atrio" è stata rappresentata con il profilo soggiorno-cucina

La zona "interrato" è stata rappresentata con il profilo soggiorno-cucina

Il locale cucina è stato rappresentato con il profilo soggiorno-cucina

Tutti gli altri ambienti sono stati considerati con il profilo Altre aree climatizzate

Dati caratteristici della geometria dell'edificio

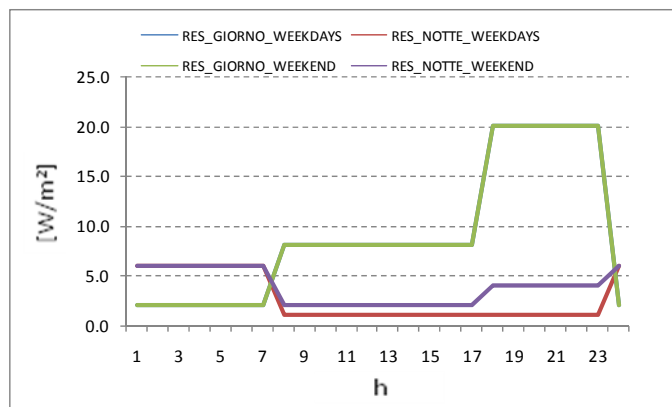
	Area (m2)	Conditioned (Y/N)	Volume (m3)	Multipliers	Gross Wall Area (m2)	Window Glass Area (m2)
INTERRATO-02	11.67	Yes	25.15	1.00	6.27	0.65
INTERRATO-01	11.67	Yes	25.15	1.00	6.27	0.33
INTERRATO-04	3.84	Yes	8.27	1.00	0.00	0.00
AUTORIMESSA-01	139.40	No	320.62	1.00	26.91	1.10
INTERRATO-03	36.40	Yes	78.44	1.00	11.63	0.98
RESIDENZA-01	20.37	Yes	58.76	1.00	27.32	2.69
RESIDENZA-02	15.12	Yes	43.63	1.00	22.45	2.33
RESIDENZA-03	5.96	Yes	17.19	1.00	5.77	0.00
RESIDENZA-04	4.47	Yes	12.90	1.00	4.33	0.33
RESIDENZA-05	7.75	Yes	22.35	1.00	7.50	0.00
ATRIO	98.21	Yes	466.13	1.00	129.71	27.26
RESIDENZA-06	7.99	Yes	23.04	1.00	16.33	0.47
RESIDENZA-07	14.65	Yes	43.06	1.00	23.05	1.41
RESIDENZA-08	7.10	Yes	20.86	1.00	7.14	0.47
RESIDENZA-09	7.10	Yes	20.86	1.00	7.14	0.47
RESIDENZA-10	14.75	Yes	43.35	1.00	23.05	1.41

Rapporto superfici trasparenti / superfici opache

	Total	North (315 to 45 deg)	East (45 to 135 deg)	South (135 to 225 deg)	West (225 to 315 deg)
Gross Wall Area (m2)	403.89	94.65	102.40	89.15	117.70
Window Opening Area (m2)	52.19	9.08	7.19	5.52	30.40
Window-Wall Ratio (%)	12.92	9.59	7.02	6.19	25.83

IPOSTESI DI SIMULAZIONE

Carichi interni secondo schedule riportate



FABBISOGNO TERMICO PER RISCALDAMENTO

(energia utile media) **9.83** [kWh/m²a]

	RESIDENZA	INTERRATO	ATRIO	TOTALE
m²	105.26	63.58	98.21	267.05
kWh	932	969	724.245	2625
kWh/m²	8.86	15.24	7.37	9.83

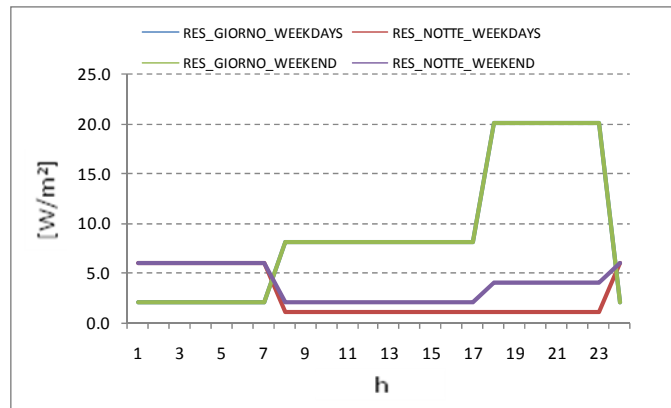
POTENZE DI RISCALDAMENTO

[kW]

	RES	INT	ATRIO
potenza (max)	0.38	0.46	3.05

IPOSTESI DI SIMULAZIONE

Carichi interni secondo schedule riportato



FABBISOGNO TERMICO PER CONDIZIONAMENTO

4410 [kWh]

	RESIDENZA	INTERRATO	ATRIO	TOTALE
m ²	105.26	63.58	98.21	267.05
kWh	1459	153	2798	4410

POTENZE DI CONDIZIONAMENTO

[kW]

	RES	INT	ATRIO
potenza (max)	0.58	0.28	3.95