



COSTRUTTORI DI BENESSERE

ESTRATTO
PROGETTO

PROGETTO INVOLUCRO

PREMESSA

Questo documento riassume metodologie e risultati del progetto “Involucro Stile 21”, finalizzato alla valutazione del benessere percepito dagli occupanti di edifici che per caratteristiche tipologiche (forma e dimensioni) risultano rappresentativi della produzione del Consorzio STILE21.

Mediante prove di laboratorio, modellazione effettuata con software previsionale e verifiche in opera su edifici realizzati, l'analisi è stata centrata sulla valutazione di parametri termoigrometrici e acustici che caratterizzano i singoli componenti delle strutture e le strutture stesse nel loro complesso, per quantificare l'effetto di diverse composizioni dell'involucro (pareti e tetto) sul benessere percepito dagli occupanti, inteso come:

- qualità dell'aria all'interno dell'edificio (parametri termoigrometrici)
- comfort acustico (isolamento, tempo di riverbero)

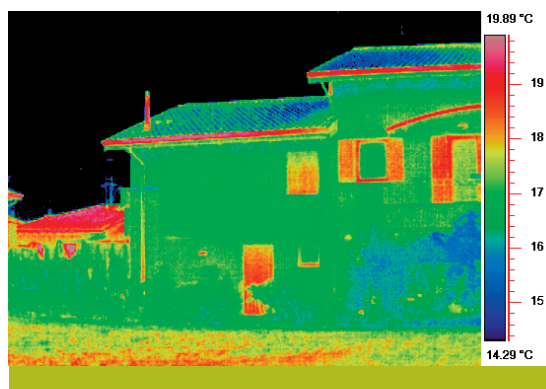
con riferimento:

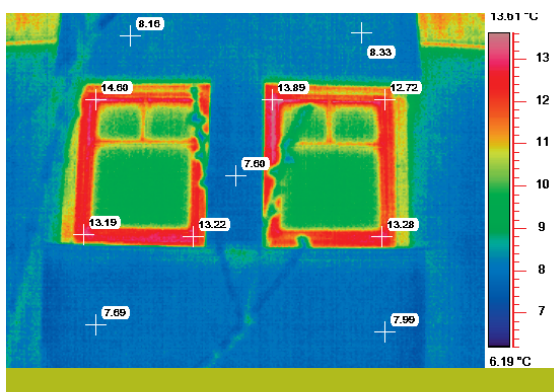
- a delle caratteristiche dei componenti che siano misurabili anche in ambito di controllo qualità,
- alle 6 zone climatiche Italiane,
- alle normative vigenti,
- a 3 tipologie di edificio rappresentative della produzione STILE21.

ATTIVITÀ SVOLTE

ANALISI TERMOGRAFICA

L'analisi termografica è stata condotta al fine di valutare le caratteristiche di realizzazione dell'involucro degli edifici campione. L'analisi delle riprese effettuate ha evidenziato una uniformità della temperatura superficiale delle pareti esterne dell'immobile: i pacchetti edilizi utilizzati forniscono prestazioni di isolamento termico sostanzialmente uniformi su tutta la superficie delle pareti perimetrali dell'immobile. L'utilizzo di più strati di materiale isolante ed il corretto sfalsamento dei pannelli isolanti tra i vari strati permette di conseguire ottime prestazioni in termini di correzione di possibili ponti termici e di





rendere praticamente assenti difetti di continuità nell'isolamento del fabbricato. Per un involucro tanto ben realizzato e con caratteristiche di isolamento così elevate risultano più evidenti eventuali perdite di prestazione o difetti nella posa in opera di infissi e serramenti. Risultano invece correttamente installate e con strutture che forniscono un taglio termico per le dispersioni verso l'esterno le soglie di davanzali e porte. Tutte le considerazioni tratte suggeriscono che l'edificio lavori in opera effettivamente come se fosse stata attuata la correzione di tutti i ponti termici del fabbricato (ponte termico corretto); a fronte di una continuità strutturale ed una uniformità di isolamento affiancata alla progettazione di pacchetti isolanti che evitino formazione di condensa interstiziale, nel modello che rappresenta le performance dell'involucro possono essere trascurati in prima istanza o ridotti a valori molto bassi i contributi di ponti termici lineari d'angolo o lungo le intersezioni pareti interne - pareti perimetrali o pareti interne - partizioni orizzontali (pavimenti e soffitti). Sono invece da tenere in considerazione e da inserire all'interno del modello di simulazione tutti i contributi dovuti all'infiltrazione d'aria attraverso il perimetro delle finestre e delle portefinestre.

ANALISI ACUSTICA

L'analisi termica viaggia di pari passo con l'analisi acustica dell'edificio, entrambi gli aspetti sono legati alla qualità della vita. Gli indici minimi di qualità e comfort acustico richiesti dalle normative a differenza della qualificazione del risparmio energetico di un edificio e di una partizione edilizia, risultano di più semplice verifica in opera tramite le regole di misura e l'utilizzo di specifici macchinari.

L'analisi condotta sugli edifici di riferimento ha coinvolto verifiche in opera di varie tipologie di partizioni edilizie, con riferimento agli indici previsti dalla normativa acustica vigente ed in particolare alla L. 447/95 – "Legge quadro sull'inquinamento acustico" ed al D. P.C. M. 5-12-1997 – "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici". Il D. P.C. M. 5/12/1997 classifica gli ambienti abitativi in sette differenti categorie; gli ambienti verificati appartengono alle categorie A (edifici adibiti a residenza o assimilabili) e B (edifici adibiti a uffici e assimilabili) per i quali valgono i seguenti valori degli indici di riferimento: Utilizzando le regole di misura dettate dalle norme UNI, serie 140 e 717 Sono stati eseguiti rilevamenti con apposita strumentazione di misura certificata. In generale dall'analisi condotta si è rilevato che gli ambienti, anche in assenza di mobilia presentano dei tempi di riverbero che si attestano con valori prossimi o inferiori a di 0,5 sec. I rivestimenti delle pareti in cartongesso, l'utilizzo di pavimenti in legno, la presenza delle perlinate a vista sul soffitto dei locali consentono un notevole abbattimento dell'energia sonora per effetto dell'assorbimento.

Per quanto riguarda i requisiti acustici passivi si può ritenere che per tutte le strutture testate siano valide le seguenti conclusioni:

- In generale sia con facciate cieche che con facciate dotate di infissi sono stati rispettati in modo netto i valori limite per edifici residenziali (>40 dB) ; sono stati rispettati in maniera meno netta i

Tab. B (DPCM 05/12/97) : Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici

Categorie di cui alla Tab. A	Parametri				
	R'_w (*)	$D_{2m,nT,w}$	$L'_{n,w}$	L_{ASmax}	L_{Aeq}
2. A, C	50	40	63	35	35
4. B, F, G	50	42	55	35	35

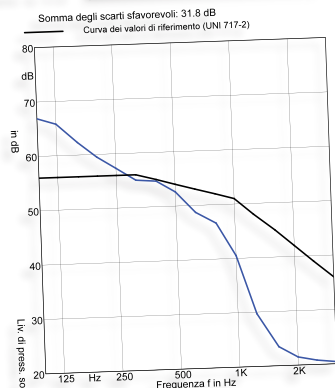
(*) Valori di R'_w riferiti a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari.

Descrizione e identificazione della struttura edilizia e della disposizione di prova:
Solaio con struttura portante in legno:

- 1) Tavolato in legno - perline - sp. 2 cm
- 2) Fibra di legno - sp. 2 cm - densità 250 kg/mc
- 3) Struttura in listelli di legno interasse 50-60, riempita di sabbia secca tra i listelli.
- 4) Pannello OSB - sp. 2 cm
- 5) Fibra di legno - sp. 2 cm - densità 250 kg/mc
- 6) Pannello in polistirene per realizzazione impianto di riscaldamento a pavimento - sp. 3 cm
- 7) Getto in sabbia e cemento - sp. 3/5 cm
- 8) colla o masticassino con superiore pavimento in legno prefinito - sp. 1,5 cm

Area della superficie isolante: 15.5m²
Volume dell'ambiente ricevente: 41.0m³

Frequenza Hz	L _i dB
100	66.9
125	65.8
160	62.3
200	59.5
250	57.3
315	55.0
400	54.7
500	52.6
630	48.7
800	46.6
1000	40.5
1250	29.7
1600	23.5
2000	21.5
2500	20.8
3150	20.4



Valutazione secondo la ISO 717-2 dell'indice di livello di rumore di calpestio del solaio normalizzato rispetto all'assorbimento.

$$L_{n,w}(C) = 54 (2;) \text{ dB}$$

Valutazione basata su risultati di misurazioni in campo ottenute in terzi di ottava mediante un metodo tecnico progettuale.

N° del resoconto di prova: ST21-01TV-SOL-01
Data della prova: 12-02-2009

Nome dell'istituto di prova: Ing. Manuel Gori - Ing. Simone Arrighetti



valori limite per pareti di facciata di Uffici (>42 dB). Ciò è riconducibile principalmente alla tipologia di infissi installata presso i fabbricati, con particolare riguardo alle stratigrafie dei vetrocamere ed alle guarnizioni di tenuta;

- le pareti ed i solai di separazione tra distinte unità immobiliari hanno prodotto valori dell'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente tali da rispettare in modo netto i valori limite per edifici residenziali ed uffici (>50 dB) con punte fino a 62 dB.

- i solai di separazione tra distinte unità immobiliari ed all'interno della stessa unità immobiliare hanno prodotto valori dell'indice di valutazione dell'isolamento dei rumori da calpestio che sia per solai tra distinte unità immobiliari che per solai all'interno della stessa unità immobiliare hanno permesso di rispettare in modo netto i valori limite per edifici residenziali (<63 dB).

Lo studio ha previsto la stesura di un report come previsto dalla norma serie UNI EN 717 nel quale è stato mostrato il valore del requisito misurato.

MISURE IN LABORATORIO DELLE CARATTERISTICHE DEI COMPONENTI

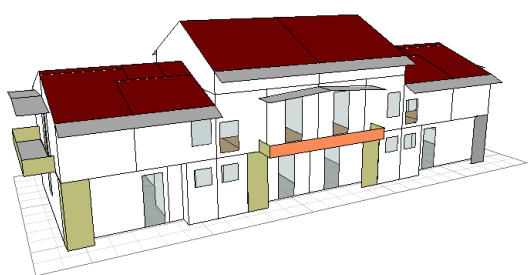
La caratterizzazione dei componenti da utilizzare nella composizione dell'involucro è stata condotta:

- mediante una serie di prove per la determinazione della permeabilità al vapore acqueo (il cui inverso è la resistenza alla sua diffusione) di una serie di pannelli diffusamente utilizzati nell'ambito dell'edilizia e normalmente impiegati come isolanti termo-acustici presso il laboratorio del CNR IVALLSA;
- mediante valori certificati presso laboratori accreditati e distribuiti dagli stessi produttori dei materiali impiegati all'interno delle partizioni edilizie oggetto di studio per quanto riguarda i valori di conducibilità termica, rigidità dinamica nonché di calore specifico.

I risultati delle prove di laboratorio eseguite hanno evidenziato che esistono delle differenze tra i prodotti considerati, ed in particolare che la lana di roccia ed i prodotti in fibra di legno presentano valori della permeabilità confrontabili tra loro e direttamente legati alla massa volumica del materiale; i prodotti in fibra di legno mineralizzata presentano valori della permeabilità di poco più elevati a fronte di valori della massa volumica notevolmente più alti; i prodotti



a minore traspirabilità sono quelli in cartongesso ed in gessofibra, però con delle differenze sostanziali tra essi. Infatti, il cartongesso ha un fattore di resistenza alla diffusione del vapore che è compreso tra 2 e 6 volte circa quello dei prodotti in fibra di legno (inclusa la fibra mineralizzata) o in lana di roccia, cosa questa che gli consente di arrivare a valori dello spessore d'aria equivalente, SD, confrontabili con quello dei pannelli in fibra di legno a maggiore compattezza, grazie al minore spessore del pannello. I valori dei parametri ricavati dai test effettuati sono stati fondamentali per la caratterizzazione del comportamento dei materiali isolanti per la valutazione della formazione della condensa interstiziale all'interno delle strutture edilizie ed hanno evidenziato differenze tra i valori certificati ed i corrispondenti valori messi a disposizione dalle ditte produttrici dei materiali. Ciò evidenzia la necessità di disporre di dati di input che siano ricavati per i vari materiali all'interno della stessa struttura e che garantiscano la ripetibilità delle prove in termini di strumentazione e personale.



MODELLAZIONE

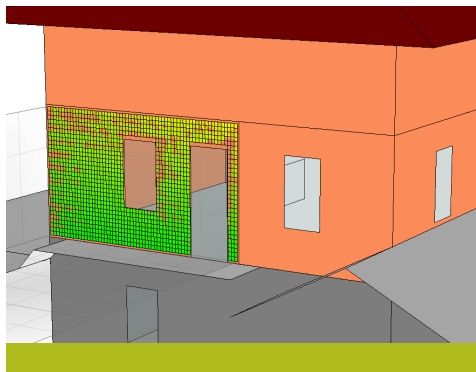
Sulla base dei dati ricavati dalle attività di rilievo termografico ed acustico in opera sono state eseguite modellazioni del comportamento delle strutture edilizie e degli edifici-campione. Sono state innanzi tutto acquisite informazioni circa le stratigrafie delle partizioni edilizie ed i materiali costituenti le strutture degli edifici campione; i dati ottenuti dalle prove di laboratorio eseguite sono stati impiegati per caratterizzare alcune proprietà dei materiali negli elementi edilizi. Per i dati dei parametri che caratterizzano i materiali impiegati non disponibili da prove di laboratorio o prove in opera sono stati presi a riferimento i valori dei parametri stessi certificati e resi disponibili da imprese produttrici.

Successivamente è stato scelto un software di elaborazione per l'implementazione dei modelli rappresentativi degli edifici campione che coinvolgessero sia le caratteristiche termotecniche di comportamento termo igrometrico delle strutture edilizie (trasmissione termica, sfasamento dell'onda termica...), che caratteristiche dei parametri di valutazione del comfort per i vari ambienti di vita (temperatura degli ambienti, umidità relativa...). In particolare si è scelto di utilizzare un software che potesse fornire una misura delle prestazioni dell'involucro a partire da dati meteo delle località di analisi in presenza o in assenza di strategie di climatizzazione invernale o estiva dei locali (in modo da valutare l'influenza di possibili installazioni impiantistiche in vari periodi dell'anno) e che potesse fornire anche degli indicatori di comfort riconosciuti e normati.

La modellazione è stata eseguita su software ECOTECT ANALYSIS 2010 di AUTODESK. Il primo passo è stato l'identificazione degli scenari campione su cui effettuare l'attività di analisi e sviluppo del modello di simulazione dell'involucro STILE2 I.

- Identificazione degli scenari di analisi possibili
- 3 edifici campione per analisi su 6 zone climatiche definite secondo i parametri climatici della normativa di riferimento ed in particolare del D. Lgs. 192/2005 – "attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico in edilizia" e s. m.i. e della norma UNI 10349 – "Riscaldamento e raffreddamento degli edifici dati climatici";
- Identificazione delle caratteristiche stazionarie dei componenti edilizi Sono stati valutati i risultati delle analisi condotte sul campo e delle informazioni acquisite:

- Analisi termica
- valutazione della trasmittanza termica e dei parametri di rilevanza termotecnica del componente edilizio in regime stazionario;
- verifica della formazione di condensa superficiale ed interstiziale;
- valore della temperatura media superficiale interna ed esterna attesa per i componenti dell'involucro edilizio;



- definizione dei parametri del componente edilizio di attenuazione e sfasamento dell'onda termica per la successiva analisi dinamica

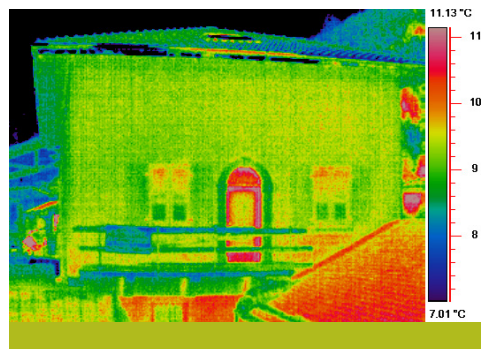
Successivamente si è provveduto alla costruzione dei modelli di simulazione in 3D, mediante le seguenti fasi:

- Realizzazione del modello di simulazione
- Costruzione del modello di simulazione su scenari in cui sono state eseguite le prove acustiche e termografiche
- Taratura e validazione del modello con i risultati delle prove di termografia all'infrarosso

A partire dai progetti architettonici degli immobili è stato ricreato caso per caso l'edificio campione nella sua geometria sia interna che esterna; sono state definite la distribuzione spaziale degli ambienti, le volumetrie, i pacchetti murari, le caratteristiche degli infissi (telaio e vetro) e le aperture interne di comunicazione.

Sono stati presi a riferimento i seguenti parametri:

- L'illuminamento di riferimento per le stanze è stato assunto pari a 300 lux
- Per ogni vano sono stati inseriti gli apporti derivanti dalla presenza di persone in particolare è stato indicato il numero delle persone per vano e il livello di calore latente per persona pari a 70 W a persona.
- Frequenza di ricambio aria dei locali pari a 0,5 volumi l'ora;
- Temperatura ambiente dei locali considerata come range confortevole tra 18°C e 26°C;
- Simulazioni effettuate in assenza del contributo di impianti di climatizzazione interni ma solo con il contributo di infiltrazioni attraverso gli infissi, ventilazione naturale e contributi interni dovuti alla presenza delle persone



Infine, sono state realizzate delle simulazioni per il calcolo dei parametri termoigrometrici e degli indici di sensazione termica percepita per la valutazione complessiva delle prestazioni dell'involucro:

- Realizzazione di simulazioni mediante il modello elaborato, sugli scenari campione, per la località dove ricade l'immobile e per località diverse variando le zone climatiche di appartenenza;
- Individuazione di possibili modifiche alle tipologie costruttive;
- Analisi dei risultati ottenuti per gli scenari analizzati e valutazioni comparative per casistiche rappresentative, ad esempio con strutture tradizionali in laterocemento o con altre tipologie di strutture edilizie tipicamente rappresentative della produzione del consorzio.

I parametri oggetto di valutazione e comparazione sono stati la distribuzione percentuale della temperatura media annuale dei locali, i guadagni e le dispersioni di calore passivi cioè che si verificano attraverso i vari meccanismi trasferimento di calore dell'edificio, non imputabili a sistemi impiantistici presenti all'interno di esso relativi agli edifici campione con le strutture di riferimento in ognuna delle località rappresentative di una zona climatica nazionale e che caratterizzano i tre involucri STILE21, gli indici statistici di valutazione del confort interno ai locali analizzati. Con riferimento alla localizzazione geografica dei fabbricati, alla distribuzione dei locali, alle destinazioni d'uso ed alle caratteristiche degli utilizzatori, impiegando come base un disegno sviluppato dal progettista del fabbricato da cui è stata condotta un'accurata ricostruzione tridimensionale, la composizione dei pacchetti murari previsti per i vari componenti edilizi (pareti, solai, copertura, finestre...) ed i dati meteorologici caratteristici per la zona in esame, il modello permette di:

- Valutare l'andamento orario e medio annuale delle temperature all'interno dei locali in presenza ed in assenza di sistemi di climatizzazione invernale o estiva, con riferimento alla temperatura esterna;
- Calcolare le dispersioni e i guadagni di calore che avvengono per mezzo dei vari meccanismi di trasferimento di calore che si hanno negli ambienti costituenti l'edificio;
- Valutare le dispersioni e i guadagni di calore passivi dell'involucro per ottimizzare i pacchetti murari in modo da raggiungere determinate prestazioni
- Effettuare la stima del confort percepito dagli occupanti dell'involucro mediante indici statistici di valutazione della sensazione termica complessiva.

CONCLUSIONI

Con riferimento alle condizioni di confort considerate, i tre modelli di calcolo sviluppati e validati sulla base delle prove eseguite in laboratorio e in opera, hanno fornito le seguenti indicazioni:

1) al variare della zona climatica, gli edifici posti in differenti condizioni metereologiche, in riferimento a dati meteo rilevati in loco per le località di analisi, hanno mostrato andamenti delle temperature medie dei locali che annualmente sono risultati all'interno del range di temperature di confort predefinite dal 30% al 70% delle ore annue; ciò senza l'ausilio di meccanismi di ventilazione controllata o riscaldamento;

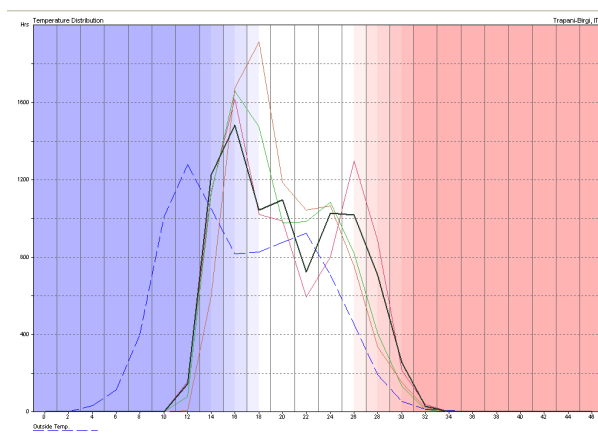
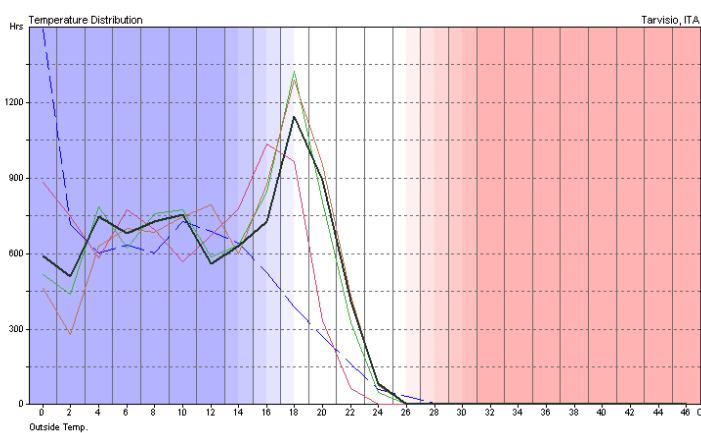
2) i grafici che rappresentano le perdite ed i guadagni di calore "passivi" mostrano che nelle condizioni di valutazione la quota maggiore delle dispersioni è imputabile alle modalità di ventilazione ipotizzate per lo studio (infiltrazione e ventilazione naturale per l'effettuazione dei ricambi dell'aria previsti dalla normativa) ; per i guadagni di calore i maggiori apporti nelle condizioni di valutazione sono dovuti alla componente guadagni interni. Nel complesso i contributi imputabili alla radiazione solare diretta ed alla componente trasferimento di calore attraverso l'aria per radiazione solare indiretta (Sol-Air) risultano molto limitati se non nulli. Ciò è indice di elevata inerzia termica dei pacchetti, pur con spessori contenuti;

3) il software ECOTECT, opportunamente tarato, ha permesso di quantificare gli indici statistici voto medio previsto (PMV) e percentuale attesa di utenti non soddisfatti (PPD). Tramite questi indicatori è stato possibile valutare il grado di confort percepito dagli occupanti degli edifici; sotto le ipotesi

formulate, cioè in assenza di impianti di riscaldamento, sono stati valutati parametri per giorni con condizioni climatiche primaverili o estive rappresentative per la località (ad esempio per Pontebba il giorno più caldo dell'anno) i risultati hanno portato a concludere che le valutazioni rimangono comprese in un range di accettabilità molto prossimo e in molti casi interno tra -0,5 e 0,5 per il PMV ed al di sotto di 10% per gli utenti insoddisfatti: tali valori sono i valori considerati come accettabili dalla norma UNI EN ISO 7730;

4) spostando gli edifici di riferimento in altre località, a seguito delle modifiche climatiche prodotte gli indici di comfort variano; è stata valutata una modifica ad alcune strutture delle partizioni edilizie per valutare l'effetto di tale modifica sugli indici di comfort; è stata impostata una modifica delle partizioni edilizie per valutarne l'effetto sugli indici di comfort; in alcuni casi, semplicemente variando caratteristiche e proprietà termiche dei materiali utilizzati è stato possibile riportare gli indici stessi all'interno dei valori accettabili;

5) un confronto degli edifici campione con una alternativa equivalente dal punto di vista normativo (DL 311) ma realizzata con struttura tradizionale in laterocemento, ha mostrato un vantaggio per l'edificio costruito con la tecnologia STILE21 in quanto la percentuale delle ore all'interno del range di comfort risulta superiore rispetto all'edificio con tamponamenti in laterizio.



I grafici della distribuzione delle temperature interne rispetto a quella esterna (linea blu tratteggiata), per vari mesi dell'anno e con riferimento alla fascia di comfort (in bianco) evidenziano come lo stesso edificio STILE21 funzioni bene tanto a Tarvisio quanto a Trapani. Ciò è dovuto ad una composizione equilibrata dei pacchetti che assicurano, in maniera passiva e indipendente dagli impianti, un livello ottimale di inibizione termica e traspirabilità.

Consorzio Stile21

Società Cooperativa Consortile
Piazza A. Salandra, 5/A
43126 Parma (PR)
Italy

Sede Legale
Via delle Industrie, 19
30175 Marghera (Ve)
Italy

 +39 0521 988 399

 +39 0521 291 998

 info@stile21.it

 www.stile21.it