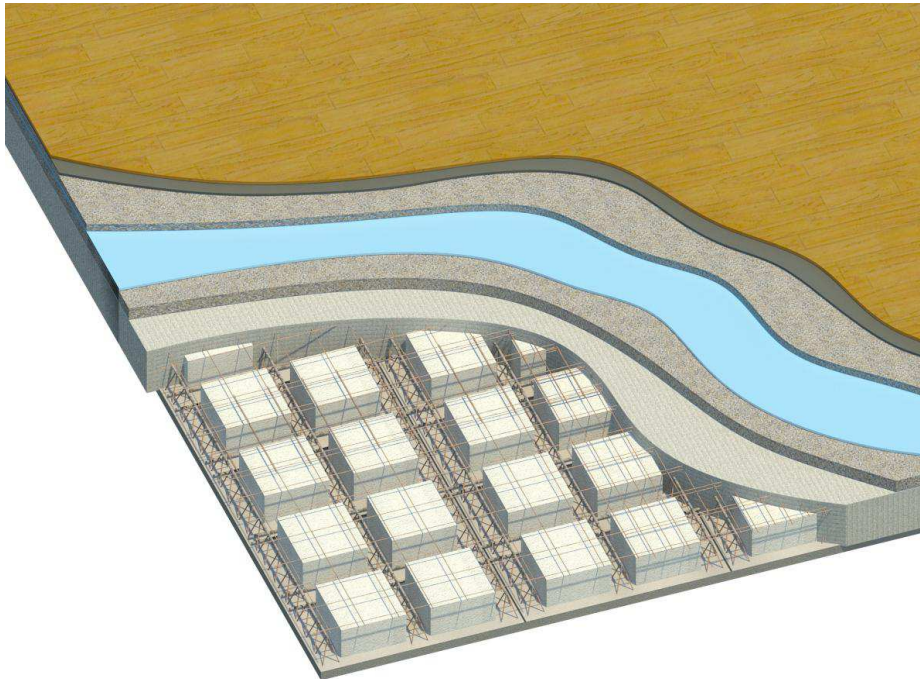


DUAL SOLUTION

CONFRONTO DELLE PRESTAZIONI TERMICHE ED
ACUSTICHE DI DUE SOLAI AD ARMATURA
BIDIREZIONALE COSTITUITI DA GETTO PIENO E
SISTEMA “DUAL SOLUTION”



| | |
|---------------------|------------|
| PRIMA REDAZIONE | 06/06/2013 |
| AGGIORNAMENTO REV02 | 07/03/2014 |
| AGGIORNAMENTO REV03 | 06/08/2018 |

Ing. Michele Locatelli
Responsabile R&S Esse Solai S.r.l.

Indice

| | |
|--|-----------|
| 1. PREMESSA | 3 |
| 2. NORME DI RIFERIMENTO | 3 |
| 3. SOFTWARE DI CALCOLO | 3 |
| 4. SOLAIO CON GETTO IN CALCESTRUZZO MONOLITICO | 4 |
| 5. SOLAIO CON ALLEGGERIMENTO SISTEMA “DUAL SOLUTION” | 5 |
| 6. CONFRONTO TERMICO DELLE DUE SOLUZIONI CONTESTUALIZZATE IN UNA STRATIGRAFIA RELATIVA AD UN SOLAIO INTERPIANO | 8 |
| 7. CONFRONTO ACUSTICO DELLE DUE SOLUZIONI CONTESTUALIZZATE IN UNA STRATIGRAFIA RELATIVA AD UN SOLAIO INTERPIANO | 12 |
| 8. CONSIDERAZIONI FINALI | 15 |

ALLEGATI:

All. 1 – Verifica termo-igrometrica e di sfasamento stratigrafia con getto pieno

All. 2 – Verifica termo-igrometrica e di sfasamento stratigrafia con sistema “DUAL SOLUTION”

All. 3 – Esempio di calcolo dei crediti LEED

1. PREMESSA

La seguente relazione vuole mettere luce sulle differenze in termini di termica ed acustica tra due soluzioni strutturali diverse per la realizzazione di solai ad armatura bidirezionale.

In particolare si mettono a confronto il solaio ad armatura incrociata tradizionale monolitico e la soluzione di Esse Solai “Dual Solution” che prevede l’utilizzo di lastre prefabbricate con alleggerimento in formato di pani di polistirolo di 40 cm e di altezza variabile. Nel caso in esame vengono confrontate due soluzioni strutturali dello spessore di 25 cm, in tal caso si prevede una soluzione con prefabbricato alto 4 cm e alleggerimento alto 16 cm.

2. NORME DI RIFERIMENTO

- UNI EN ISO 6946 – Calcolo della Trasmittanza
- UNI EN ISO 13786 – Calcolo dei parametri di dinamici
- UNI EN ISO 13788 – Verifica della condensa interstiziale e superficiale
- UNI EN ISO 10456 – Proprietà igrometriche dei materiali
- UNI EN 10351 – Proprietà termiche dei materiali
- D.P.C.M. 5/12/1997 – Requisiti acustici passivi
- UNI EN 12354-2 – Calcolo dell’indice del livello di rumore da calpestio

3. SOFTWARE DI CALCOLO

Le presenti valutazioni sono condotte come da normativa vigente in materia di termica ed acustica. I software utilizzati per il calcolo delle caratteristiche sono:

- Igrotermac 2.0: prodotto dalla Sezione Solai e Doppia Lastra di Assobeton per valutare correttamente, con metodo agli elementi finiti, le caratteristiche termiche della struttura.
- Termolog Epix 3: prodotto da Logical, utilizzato per il confronto delle caratteristiche di un pacchetto finito.



ASSOBETON
Sezione Solai e Doppia Lastra

IgroTermAc 2.0
Caratteristiche termiche e acustiche delle strutture opache

Il presente programma comprende:

- calcolo della trasmittanza secondo norma UNI EN ISO 6946:2008
- calcolo dei parametri dinamici secondo UNI EN ISO 13786
- verifica del rischio di condensazione superficiale e interstiziale secondo UNI EN ISO 13788
- calcolo degli indici acustici secondo la legge di massa.

L'uso del presente software e dei relativi risultati dei calcoli, sono di esclusiva competenza e responsabilità dell'utente.

Accetto

In collaborazione con



Associazione Nazionale per l'isolamento Termico ed Acustico.
www.anit.it

Sviluppato da TEP srl per Assobeton. Tutti i diritti sono riservati. Qualsiasi riproduzione non autorizzata è vietata.



Informazioni sul programma

TERMLOG® Epix 3

Versione 2011.37
Numero di serie: 8162 - Chiave Hardware
Ing. Marco Locatelli
Via Brughiera 1/A - 24018 Villa D'AlmS (BG)
[Mostra la licenza d'uso](#)

Credits:
IFCvsv ActiveX Component, Copyright c 1999, 2005 SECOM Co., Ltd.
All Rights Reserved

ATTENZIONE: Questo programma è tutelato dalle leggi sul copyright, dalle leggi sui diritti d'autore e dalle disposizioni dei trattati internazionali.
Copyright © 2011 Logical Soft. Tutti i diritti riservati.

Via Garibaldi 253 - 20033 Desio (MI)
Italy Tel. (+39) 0362 301721- Fax (+39) 0362 301722
www.logical.it staff@logical.it

[Informazioni sul sistema](#)

4. SOLAIO CON GETTO IN CALCESTRUZZO MONOLITICO

La sola porzione in calcestruzzo monolitica presenta le seguenti caratteristiche termiche, ricavate con i parametri della norma UNI EN ISO 10456 e il programma Igrotermac:

The screenshot shows the IgroTermAc software interface for a 25 cm thick monolithic concrete slab. The main window displays a table of material properties and a summary of thermal and acoustic characteristics.

| Descrizione | Massa vol. [kg/m³] | Conducibilità [W/mK] | Cal.spec. [kcal/kgK] | Fatt. res. vap. |
|---|--------------------|----------------------|----------------------|-----------------|
| 1 Calcestruzzo - 1800 kg/m³ | 1800 | 1,15 | 0,24 | 100 |
| 2 Calcestruzzo - 2000 kg/m³ | 2000 | 1,35 | 0,24 | 100 |
| 3 Calcestruzzo - 2200 kg/m³ | 2200 | 1,65 | 0,24 | 120 |
| 4 Calcestruzzo - 2400 kg/m³ | 2400 | 2 | 0,24 | 130 |
| 5 Calcestruzzo armato (percentuale d'armatura 1%) | 2300 | 2,3 | 0,24 | 130 |
| 6 Calcestruzzo armato (percentuale d'armatura 2%) | 2400 | 2,5 | 0,24 | 130 |

| Tipo di materiale | Materiale | Spessore [m] | MassaSup [kg/m²] | Resistenza [m²K/W] | Spess. Equiv.Aria |
|-------------------|-----------|--------------|------------------|--------------------|-------------------|
| 1 | CLS | 0,250 | 575,00 | 0,1087 | 32,500 |

| Caratteristiche dinamiche | Valori invernali | Valori estivi |
|-----------------------------------|------------------|---------------|
| Trasmittanza [W/m²K] | 3,1378 | 3,6011 |
| Trasmittanza periodica [W/m²K] | 1,2969 | 1,4417 |
| Attenuazione | 0,4133 | 0,4004 |
| Sfasamento | 6h 26' | 6h 34' |
| Capacità termica interna [kJ/m²K] | 73,1096 | 112,1492 |
| Capacità termica esterna [kJ/m²K] | 179,9429 | 131,3195 |

Summary data from the interface:

- Spessore totale: 0,250 m
- Massa superficiale: 575,00 kg/m²
- Resistenza totale: 0,3187 m²K/W
- Trasmittanza: 3,1378 W/m²K
- R_w (indice di potere fonoisolante): 59,49 dB
- L_{nw,eq} (indice di rumore di calpestio): 67,41 dB

In questa fase, per un corretto confronto, si prendono i valori termici al netto dei liminari che saranno invece inseriti nel confronto **contestualizzato nei i pacchetti finiti**.

SUNTO CARATTERISTICHE TERMICHE:

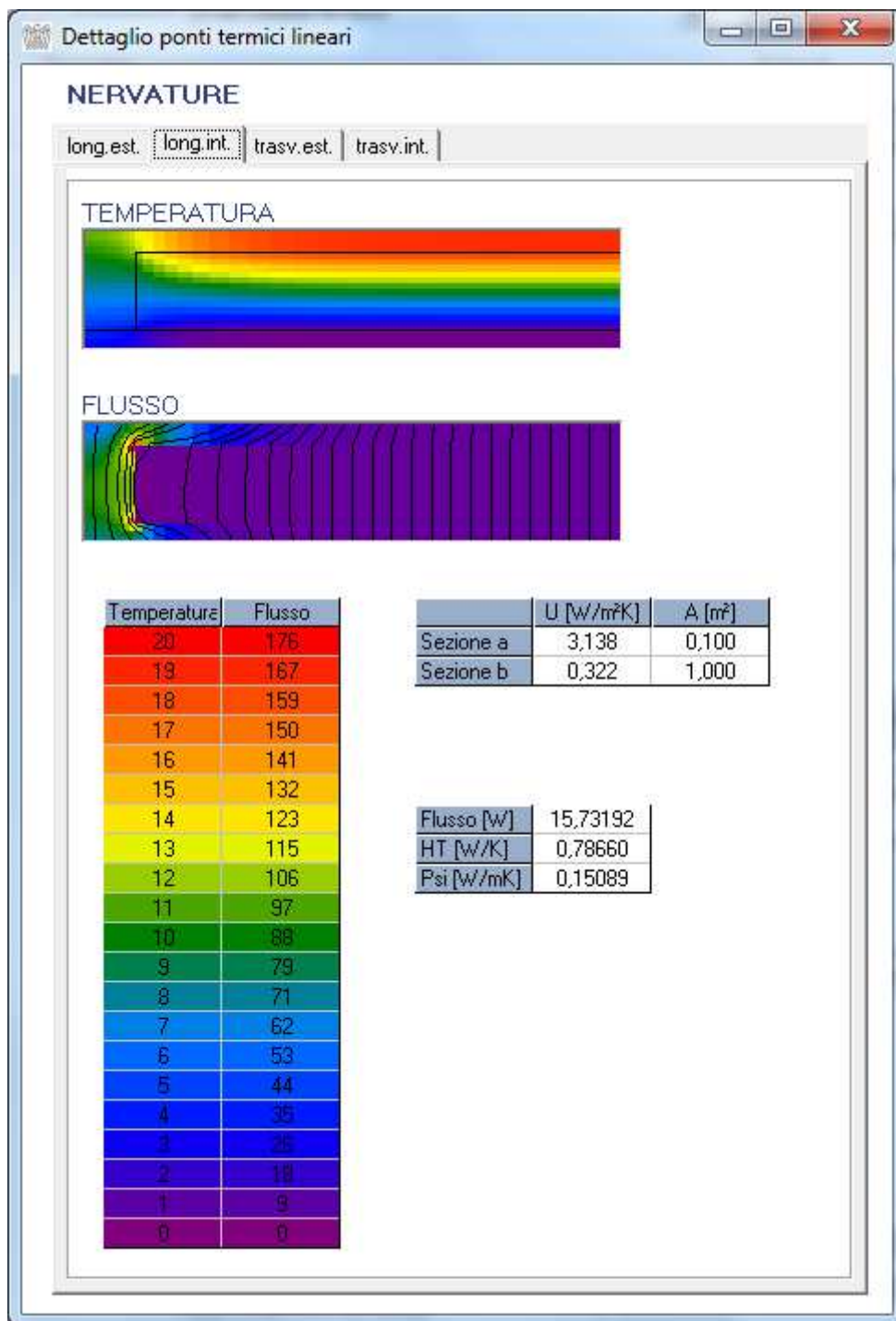
Resistenza termica della sola struttura: 0.125 m²K/W
 Conduttanza termica della sola struttura: 8.000 W/m²K
 Conducibilità: 2.300 W/mK
 Sfasamento: 6h 26'

CARATTERISTICHE ACUSTICHE:

Gli indici delle caratteristiche acustiche (R_w L'_{n,w}), regolate da fenomeni non lineari, devono essere calcolati sul pacchetto intero e, per l'indice di rumore da calpestio, sono dipendenti dalla soluzione tecnologica adottata che prevede spesso l'utilizzo di un sistema massa-molla-massa ovvero la finitura con **materassino e massetto galleggiante**. Tale sistema è effettivamente quello garante della prestazione ed il comportamento globale è poco influenzato dalla scelta tecnologica per la componente strutturale (tra getto pieno e Dual Solution). In seguito si procederà ad una dimostrazione.

5. SOLAIO CON ALLEGGERIMENTO SISTEMA “DUAL SOLUTION”

Tale struttura è composta da lastre prefabbricate inferiormente complete di alleggerimento di 40 cm x 40 cm. Le nervature equivalenti sono in entrambe le direzioni di 20 cm con passo 60 cm. Si riporta per chiarezza il risultato del calcolo per una nervatura (le altre sono identiche) che poi viene “mediato” per il calcolo delle caratteristiche globali dell’elemento.



IgroTermAc - [Nuova struttura]

Dati climatici

Definisci struttura

Verifica termogrametrica

Temperatura superficiale estiva

Relazione

Help

Apri struttura
Archivio materiali utente
Elementi con strati disomogenei

| | Descrizione | Massa sup. [kg/m²] | Resistenza [mK/W] | Cal. spec. [kcal/kg K] | Fatt. res. vap. |
|----|----------------------------------|--------------------|-------------------|------------------------|-----------------|
| 53 | Predalle 240 (6-18-5) - 16/16/40 | 435 | 0,585 | 0,24 | 97 |
| 54 | Esempio 2 | 363 | 2,768 | 0,25 | 94 |
| 55 | Esempio 3 | 363 | 2,388 | 0,25 | 94 |
| 56 | Esempio 1 | 370 | 0,531 | 0,24 | 107 |
| 57 | Termodalle ESSE | 625 | 1,279 | 0,22 | 134 |
| 58 | Predalle 120 (5-18-5) | 402 | 0,608 | 0,25 | 93 |
| 59 | Laterocemento 100 (24-6) | 425 | 0,401 | 0,26 | 81 |
| 60 | Eurosolaio 6+14+5 | 310 | 0,521 | 0,34 | 72 |
| 61 | Dual Solution 4+16+5 | 412 | 0,181 | 0,26 | 96 |

Tipo di materiale: ESD - Elementi con strati disomog.

Spessore: cm

| Tipo di materiale | Materiale | Spessore [m] | MassaSup [kg/m²] | Resistenza [mK/W] | Spess. Equiv. Aria |
|-------------------|----------------------|--------------|------------------|-------------------|--------------------|
| | Superficie esterna | | | 0,0400 | |
| 1 | Dual Solution 4+16+5 | 0,250 | 412,16 | 0,1811 | 23,967 |
| | Superficie interna | | | 0,1300 | |

Aggiungi strato

Inserisci

Sostituisci

Elimina strato

Orientamento:

Soffitto

Parete

Pavimento

Struttura interna

Dati generali

Spessore totale: m

Massa superficiale: kg/m²

Massa superficiale esclusi intonaci: kg/m²

Resistenza totale: mK/W

Trasmittanza: W/m²K

Dati acustici

R_w indice di potere fonoisolante: dB

Calcola R_w da massa

L_{nw,eq} indice di rumore di calpestio: dB

Calcola L_{nw,eq} da massa

Salva struttura

Nuova struttura

| Caratteristiche dinamiche | Valori invernali | Valori estivi |
|-----------------------------------|------------------|---------------|
| Trasmittanza [W/m²K] | 2,8482 | 2,6309 |
| Trasmittanza periodica [W/m²K] | 1,3454 | 1,0695 |
| Alterazione | 0,4724 | 0,4065 |
| Sfasamento | 6h 28' | 6h 55' |
| Capacità termica interna [kJ/m²K] | 81,4408 | 83,0720 |
| Capacità termica esterna [kJ/m²K] | 143,0329 | 110,9497 |

ASSOBETON Sezione Solai e Doppia Lastra

Elementi con strati disomogenei

SEZIONE

PIANTA

Descrizione: Dual Solution 4+16+5

Elimina

Orientamento: Soffitto Parete Pavimento Struttura interna

Geometria

Dimensioni totali

Larghezza: cm

Lunghezza: cm

Spessore: cm

Larghezza nervature

Longitudinali esterne: cm

Longitudinali interne: cm nr

Trasversali esterne: cm

Trasversali interne: cm nr

Spessore degli strati

Strato Superiore / Interno: cm

Alleggerimento: cm

Strato isolante: cm

Strato Inferiore / Esterno: cm

Materiale

Tipo di materiale: UNI 10351

Provenienza dati: UNI 10351

Conducibilità: W/mK

Densità: kg/m³

Calore specifico: kcal/kg K

Fattore trasmissione vapore:

| Strato | Materiale | Spessore [m] | Conducibilità [W/m K] | Densità [kg/m³] | Cal. specific [kcal/kg K] | Fattore res. vapore |
|----------------|---|--------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|---------------------|
| Interno | Calcestruzzo armato (percentuale d'armatura 1%) | 0,04 | 2,3 | 2300 | 0,239 | 130 |
| Alleggerimento | PSE in lastre ricavate da blocchi | 0,16 | 0,056 | 10 | 0,3 | 10 |
| Isolante | | | | | | |
| Esterno | Calcestruzzo armato (percentuale d'armatura 1%) | 0,05 | 2,3 | 2300 | 0,239 | 130 |

Area totale in pianta [m²]:

Area nervature in calcestruzzo [m²]:

Area della parte alleggerita [m²]:

Densità media [kg/m³]:

Calore specifico medio [kcal/kg K]:

Fattore di resistenza al vapore medio:

Metodo UNI EN ISO 6946 Metodo misto

| Nervature | Lunghezza [m] | Trasmittanza termica [W/m²K] |
|-------------|---------------|------------------------------|
| Long. Est. | 3,2 | 0,15089 |
| Long. Int. | 3,2 | 0,15089 |
| Trasv. Est. | 1,6 | 0,15089 |
| Trasv. Int. | 4,8 | 0,15089 |

Visualizza dettagli

Calcola trasmittanze lineiche

Resistenza all'elemento: W/m²K

Resistenza dell'elemento: mK/W

Resistenza al netto dei limerini: mK/W

Conducibilità: W/m²K

SUNTO CARATTERISTICHE TERMICHE:

Riportando quindi i risultati relativi alla sola componente strutturale del pacchetto si ottengono i seguenti risultati e differenze con il sistema a getto pieno.

| Dual Solution | | Differenza |
|--|-------------------------|------------|
| Resistenza termica della sola struttura | 0,18 m ² K/W | +66% |
| Conduttanza termica della sola struttura | 5,52 W/m ² K | -40% |
| Conducibilità equivalente | 1,38 W/mK | -40% |
| Sfasamento | 6,28 h | 0% |
| Massa superficiale | 412 kg/m ² | -28% |
| Massa volumica media | 1649 kg/m ³ | -28% |

Come riportato a livello termico, grazie alla presenza degli alleggerimenti in polistirolo si ha un **notevole incremento della resistenza** (e riduzione della trasmittanza).

Lo sfasamento non subisce variazioni significative ed il peso dell'impalcato viene ridotto di quasi un terzo.

CARATTERISTICHE ACUSTICHE:

Gli indici delle caratteristiche acustiche (R_w , $L'_{n,w}$), regolate da fenomeni non lineari, **devono essere calcolati sul pacchetto intero** e, per l'indice di rumore da calpestio, sono dipendenti dalla soluzione tecnologica adottata che prevede spesso l'utilizzo di un sistema massa-molla-massa ovvero la finitura con **materassino e massetto galleggiante**.

Tale sistema è effettivamente quello garante della prestazione ed il comportamento globale è poco influenzato dalla scelta tecnologica per la componente strutturale (tra getto pieno e Dual Solution).

In seguito si procederà ad una dimostrazione.

6. CONFRONTO TERMICO DELLE DUE SOLUZIONI CONTESTUALIZZATE IN UNA STRATIGRAFIA RELATIVA AD UN SOLAIO INTERPIANO

Nel presente paragrafo si mettono a confronto le due soluzioni strutturali contestualizzate in una stratigrafia relativa ad un solaio interpiano ovvero una situazione non estremamente coibentata dove il confronto può risultare più evidente.

STRUTTURA OPACA: GETTO PIENO

| DATI DELLA STRUTTURA | |
|--|--|
| Nome: GETTO PIENO | |
| Note: | |
| Tipologia: Pavimento | |
| Disposizione: Orizzontale | |
| Disperde verso: verso esterno | |
| Spessore: 448,0 mm | |
| Trasmittanza U: 0,401 W/(m ² K) | |
| Resistenza R: 2,494 (m ² K)/W | |
| Massa: 744 Kg/m ² | |

| STRATIGRAFIA | | | | | | | | |
|--|---|-----------------------|-------------------------------|--|--------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | Strato | Spessore s [mm] | Conduttività λ [W/(mK)] | Resistenza R [(m ² K)/W] | Densità ρ [Kg/m ³] | Capacità term. C [kJ/(kgK)] | Fattore μ _a [-] | Fattore μ _u [-] |
| | Adduttanza interna (flusso verticale discendente) | - | - | 0,170 | - | - | - | - |
| A | Ceramica o porcellana | 10,0 | 1,300 | 0,008 | 2.300 | 0,84 | 0,0 | 300,00 0,0 |
| B | Calcestruzzo (2100 kg a m3) | 50,0 | 1,500 | 0,033 | 2.100 | 1,00 | 100,0 | 6,0 |
| C | EPS 150 | 30,0 | 0,031 | 0,968 | 25 | 1,47 | 30,0 | 30,0 |
| D | Polietilene espanso estruso in continuo reticolato (33 kg/m3) | 8,0 | 0,048 | 0,167 | 33 | 2,10 | 213,2 | 133,3 |
| E | Calcestruzzo cellulare | 100,0 | 0,100 | 1,000 | 400 | 1,00 | 15,0 | 10,0 |
| F | Armato (con 1% di acciaio) | 250,0 | 2,300 | 0,109 | 2.300 | 1,00 | 130,0 | 80,0 |
| | Adduttanza esterna (flusso verticale discendente) | - | - | 0,040 | - | - | - | - |
| | TOTALE | 448,0 | | 2,494 | | | | |
| Conduttanza unitaria superficiale interna: 5,880 W/(m ² K) | | | | Resistenza unitaria superficiale interna: 0,170 (m ² K)/W | | | | |
| Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m ² K) | | | | Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m ² K)/W | | | | |

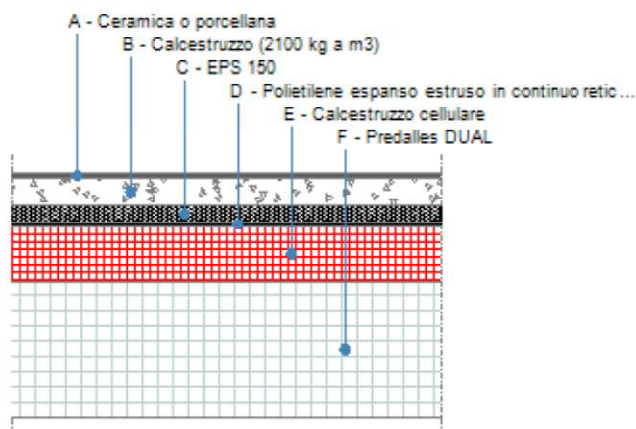
STRUTTURA OPACA: DUAL SOLUTION - ESSE SOLAI

DATI DELLA STRUTTURA

Nome:
DUAL SOLUTION - ESSE SOLAI

Note:

Tipologia: Pavimento
 Disposizione: Orizzontale
 Disperde verso: Edificio confinante riscaldato
 Spessore: 448,0 mm
 Trasmittanza U: 0,390 W/(m²K)
 Resistenza R: 2,567 (m²K)/W
 Massa: 582 Kg/m²



STRATIGRAFIA

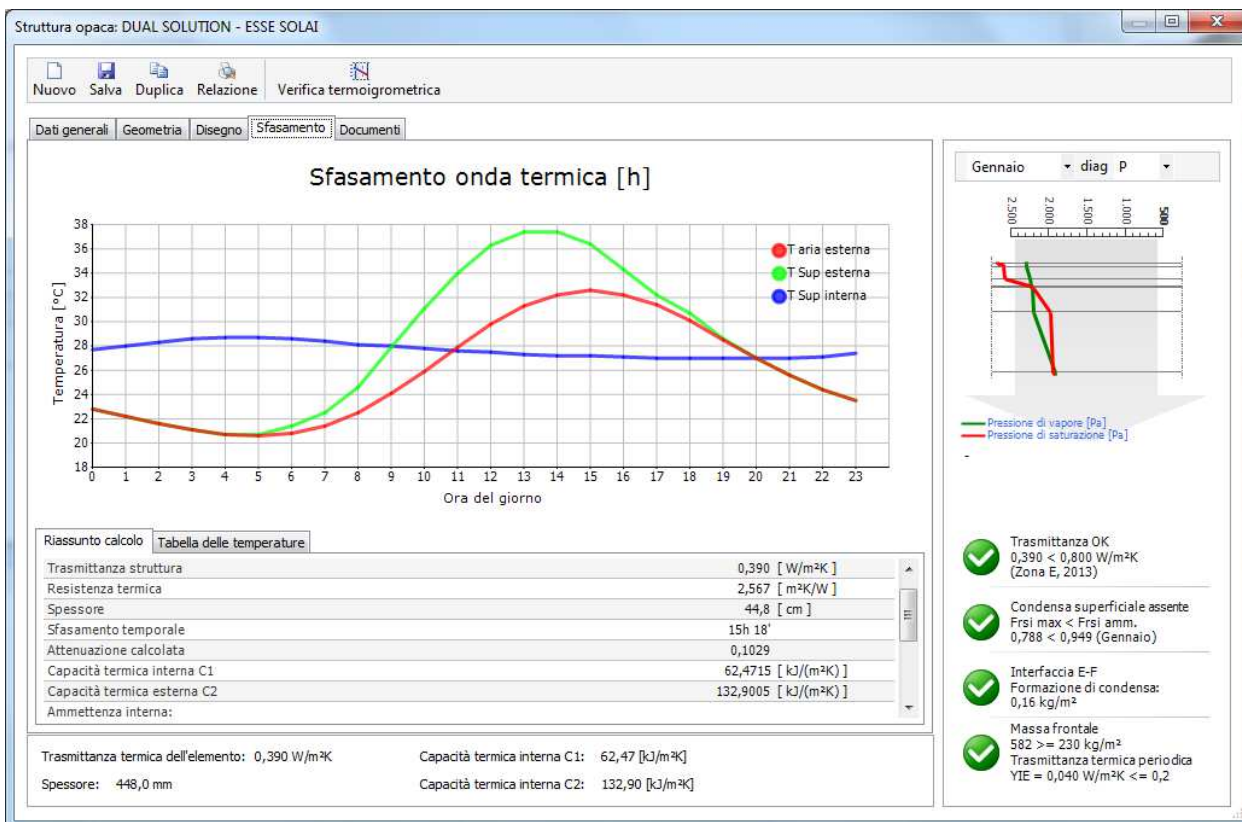
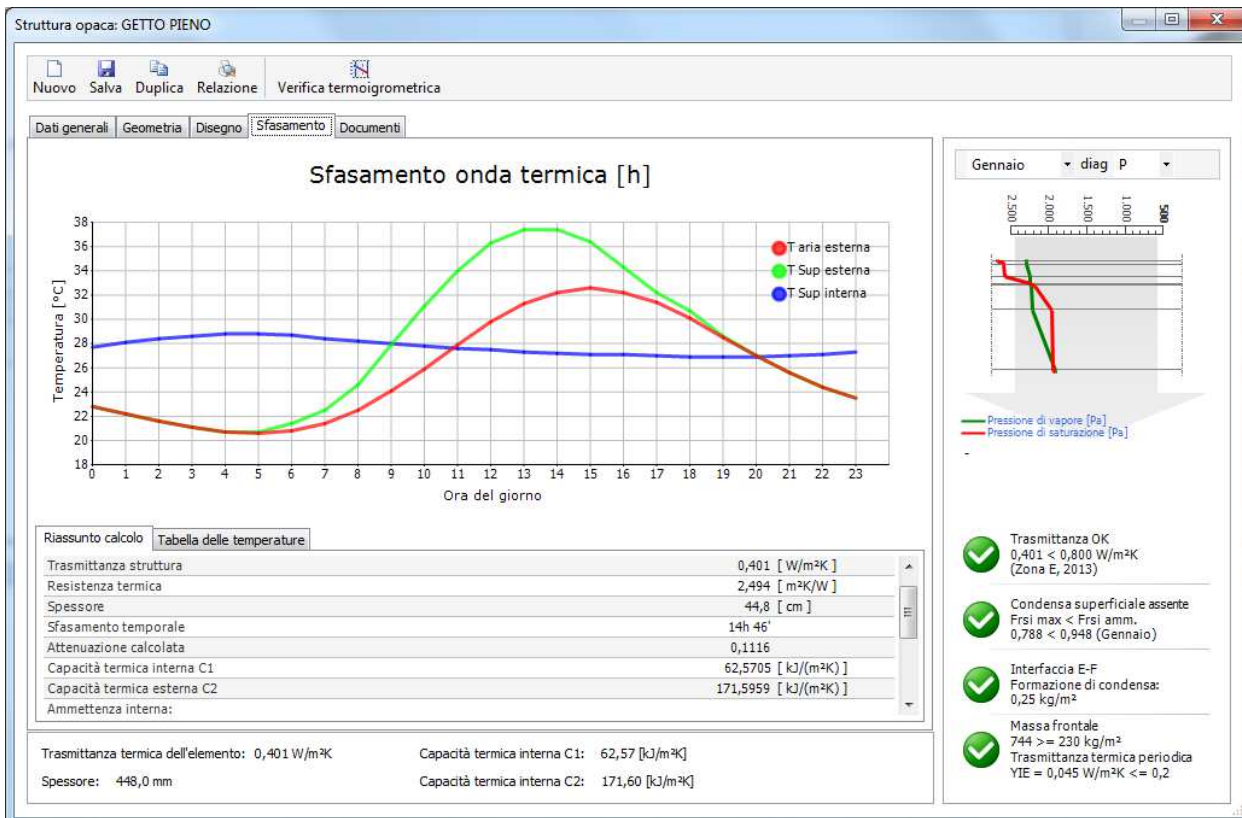
| | Strato | Spessore <i>s</i> [mm] | Conduttività λ [W/(mK)] | Resistenza <i>R</i> [(m ² K)/W] | Densità ρ [Kg/m ³] | Capacità term. <i>C</i> [kJ/(kgK)] | Fattore μ_a [-] | Fattore μ_u [-] |
|---|---|------------------------------|---------------------------------------|--|---|--|---------------------------|---------------------------|
| | Adduttanza interna (flusso verticale discendente) | - | - | 0,170 | - | - | - | - |
| A | Ceramica o porcellana | 10,0 | 1,300 | 0,008 | 2.300 | 0,84 | 0,0 | 300,00 0,0 |
| B | Calcestruzzo (2100 kg a m3) | 50,0 | 1,500 | 0,033 | 2.100 | 1,00 | 100,0 | 6,0 |
| C | EPS 150 | 30,0 | 0,031 | 0,968 | 25 | 1,47 | 30,0 | 30,0 |
| D | Polietilene espanso estruso in continuo reticolato (33 kg/m3) | 8,0 | 0,048 | 0,167 | 33 | 2,10 | 213,2 | 133,3 |
| E | Calcestruzzo cellulare | 100,0 | 0,100 | 1,000 | 400 | 1,00 | 15,0 | 10,0 |
| F | Predalles DUAL | 250,0 | 1,380 | 0,181 | 1.650 | 1,09 | 95,9 | 95,9 |
| | Adduttanza esterna (flusso verticale discendente) | - | - | 0,040 | - | - | - | - |
| | TOTALE | 448,0 | | 2,567 | | | | |

Conduttanza unitaria superficiale interna: 5,880 W/(m²K)

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,170 (m²K)/W

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m²K)/W



CONCLUSIONI:

Dal confronto dei risultati principali riportati in seguito si evince che l'utilizzo della soluzione strutturale "Dual Solution", inserita in un "pacchetto" tra ambienti riscaldati, comporta un miglioramento termico pari al 3%.

Inoltre, la presenza degli alleggerimenti in polistirolo genera un miglioramento sia nello sfasamento che nel fattore di attenuazione dell'onda contribuendo, seppur in modo marginale, al miglioramento delle prestazioni dinamiche del pacchetto in esame.

| Caratteristiche | Getto Pieno | | Dual Solution | | Differenza |
|-------------------------|-------------|--------------------|---------------|--------------------|------------|
| Resistenza termica | 2,49 | m ² K/W | 2,57 | m ² K/W | +3% |
| Trasmittanza | 0,40 | W/m ² K | 0,39 | W/mK | -3% |
| Sfasamento | 14:46 | h | 15:18 | h | +4% |
| Fattore di attenuazione | 0,11 | | 0,10 | | -11% |
| Massa superficiale | 744 | kg/m ² | 582,00 | kg/m ² | -22% |

Anche a livello igrometrico non esistono problemi di condense superficiali ed interstiziali.

Il passaggio da una soluzione a getto pieno a "Dual Solution" non comporta variazioni significative sulle prestazioni termiche escludendo la necessità di rieseguire un calcolo energetico.

7. CONFRONTO ACUSTICO DELLE DUE SOLUZIONI CONTESTUALIZZATE IN UNA STRATIGRAFIA RELATIVA AD UN SOLAIO INTERPIANO

I requisiti acustici degli edifici oggi sono molto complessi da ottenere in opera soprattutto nell'ambito della trasmissione delle vibrazioni come quelle dovute al calpestio.

Il D.P.C.M 5/12/1997 impone i seguenti limiti che possono interessare i solai a seconda della loro posizione.

Tabella A - CLASSIFICAZIONI, DEGLI AMBIENTI ABITATIVI (art. 2)

- categoria A: edifici adibiti a residenza o assimilabili;
- categoria B: edifici adibiti ad uffici e assimilabili;
- categoria C: edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili;
- categoria D: edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili;
- categoria E: edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili;
- categoria F: edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili;
- categoria G: edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili.

Tabella B - REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI EDIFICI, DEI LORO COMPONENTI E DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI

| Categorie di cui alla Tab. A | Parametri | | | L_{ASmax} | L_{Aeq} |
|------------------------------------|-----------|---------------|------------|-------------|-----------|
| | R_u (*) | $D_{2m,nT,w}$ | $L'_{n,w}$ | | |
| 1. D | 55 | 45 | 58 | 35 | 25 |
| 2. A, C | 50 | 40 | 63 | 35 | 35 |
| 3. E | 50 | 48 | 58 | 35 | 25 |
| 4. B, F, G | 50 | 42 | 55 | 35 | 35 |

Trattandosi di elementi massivi i requisiti di R_w (Isolamento al passaggio del rumore aereo tra ambienti confinanti) e $D_{2m,nT,w}$ (Isolamento di facciata) sono sempre verificati mentre risulta molto critico il rispetto dell'indice di rumore da calpestio $L'_{n,w}$.

Per questo motivo la scelta tecnologia più efficace e correntemente utilizzata è quella di realizzare un sistema massa-molla-massa ovvero posando il massetto della pavimentazione sopra un materassino resiliente in grado di smorzare le vibrazioni. Tale soluzione è comunemente conosciuta come "pavimento galleggiante".

Le grandezze che regolano il fenomeno acustico nel sistema "massa-molla-massa" cioè nel pavimento galleggiante sono la massa areica del solaio (kg/m^2), del massetto e la rigidità dinamica del materiale resiliente (MN/m^3), quest'ultima definita come rapporto tra la forza dinamica e lo spostamento dinamico.

Il livello di rumore di calpestio normalizzato (L'_n) indica l'attitudine di un solaio realizzato **in opera** di abbattere i rumori impattivi.

E' possibile determinare i requisiti acustici passivi e quindi l'indice del livello di rumore da calpestio (L'_{nW}) attraverso la UNI EN 12354-2 o il rapporto UNI TR 11175/2005.

Va detto che l'utilizzo di tale sistema analitico fornisce una valutazione previsionale del requisito acustico in base ai materiali utilizzati; una scorretta posa in opera del pavimento galleggiante ad esempio può sensibilmente discostare il valore previsto.

L'indice L'_{nW} è calcolato come segue

$$L'_{nW} = L_{nW} - D_{L_{nW}} + K \text{ [dB]}$$

Dove:

- L_{nW} è il livello di rumore da calpestio del solaio "nudo" (senza pavimento galleggiante)
- $D_{L_{nW}}$ è l'indice di valutazione riferito alla riduzione dei rumori da calpestio in virtù della presenza del pavimento galleggiante
- K è il coefficiente di correzione da apportare per la presenza della trasmissione del rumore alle pareti laterali.

COEFFICIENTE "K"

MASSA SUPERFICIALE MEDIA DELLE PARETI

| | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 150 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 200 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 250 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 300 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 350 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 400 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 450 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 500 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 550 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 600 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |

Per solai di tipo omogeneo o con alleggerimento e con massa superficiale da 100 a 600 kg/m² può valere:

$$L_{nW} = 164 - 35 \log(M') \text{ [dB]}$$

M' = massa totale sotto il pavimento galleggiante;

L'indice D_{LnW} , per i pavimenti galleggianti realizzati in calcestruzzo, è definito dalla seguente formula:

$$D_{LnW} = 30 \log(500/f_0) + 3 = 26.4 \text{ dB}$$

con f_0 equivalente a: $f_0 = 160 (s'/m')^{1/2} = 83 \text{ Hz}$

- f_0 è la frequenza di risonanza del sistema massetto + strato resiliente (massa-molla)
- s' è la rigidità dinamica del materiale resiliente = 35 MN/m³
- m' è la massa superficiale del massetto soprastante = 129 kg/m²

Eseguendo pertanto i calcoli (ponendo la costante $K=3$) è possibile ottenere i due indici che devono essere inferiori a 63 dB per costruzioni in ambito residenziale.

Solaio con getto pieno: $L_{nW} = 164 - 35 \log(615) = 66.4 \text{ dB}$ $L'_{nW} = 66.4 - 26.3 + 3 = 43.1 \text{ dB}$

Solaio "DUAL SOLUTION": $L_{nW} = 164 - 35 \log(452) = 71.1 \text{ dB}$ $L'_{nW} = 71.1 - 26.3 + 3 = 47.8 \text{ dB}$

CONCLUSIONI:

Il solaio a getto pieno, avendo una massa maggiore, ha delle caratteristiche intrinseche di isolamento maggiori di 71.1-66.4=4.7 dB. Tale valore risulta essere molto esiguo e soprattutto, entrambi i solai sono fuori da qualsiasi limite di legge necessitando quindi l'applicazione di un sistema a pavimento galleggiante.

Quest'ultimo, riducendo la trasmissione del suono per valori solitamente compresi tra 20 e 30 dB (nel caso in esame 26.4 dB), consente un notevole incremento della prestazione indifferentemente dalla struttura sottostante.

I valori di L'_{nW} sono entrambi ampiamente verificati con valori molto contenuti di trasmissione sonora.

Essendo valori previsionali molto bassi, la loro differenza è poco apprezzabile in virtù del fatto che la prestazione è legata molto più alla cura del dettaglio nella posa e nell'attenzione nell'evitare i ponti acustici.

Tale considerazione è confermata dalla pratica nei collaudi acustici che dimostrano una notevole differenza tra valore previsionale e quello di collaudo in opera.

È spesso dimostrato che tale difformità non è legata tanto ai materiali impiegati ma soprattutto alla messa in opera (molto complicata per la presenza di tramezzature, soglie delle porte, porte-finestre, angoli ed impiantistica).

8. CONSIDERAZIONI FINALI

Solaio in opera pieno e prefabbricato con moduli di alleggerimento (sistema “DUAL SOLUTION”) non presentato importanti variazioni delle caratteristiche termiche complessive, comunque in favore di quest’ultimo (sia in termini di trasmittanza che sfasamento). Nel caso in cui l’orizzontamento sia posto tra ambiente riscaldato ed esterno la presenza di un ulteriore strato isolante assottiglia ulteriormente le differenze che diventano del tutto trascurabili.

Anche in ambito acustico le differenze risultano marginali in presenza di un sistema isolante a pavimento galleggiante che si ritiene comunque indispensabile per l’ottemperamento dei limiti di legge.

E’ importante inoltre tenere in considerazione che la presenza degli elementi di alleggerimento e la conseguente riduzione del peso superficiale comportano:

- *Riduzione delle masse sismiche;*
- *Riduzione dei carichi sulle fondazioni;*
- *Riduzione dell’incidenza delle armature dell’impalcato;*
- *Risparmio di calcestruzzo;*
- *Maggiore contenuto complessivo di materiale riciclato all’interno del manufatto e la possibilità di acquisire il massimo dei crediti (MRc4) in merito alla certificazione LEED (vedi All.3).*

Ing. Michele Locatelli
Responsabile R&S Esse Solai S.r.l.