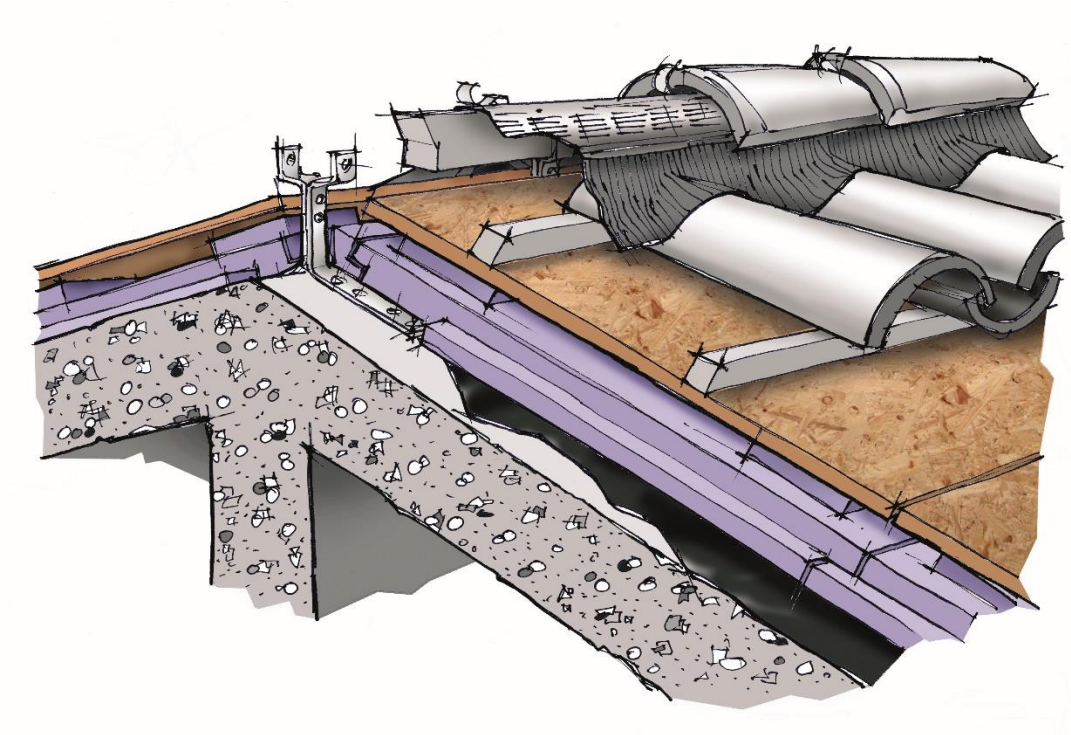
ANIT
Associazione
Nazionale
per l'Isolamento
Termico e acustico

EFFICIENZA ENERGETICA INVERNALE ED ESTIVA DELLE COPERTURE

MANUALE ANIT DI APPROFONDIMENTO TECNICO

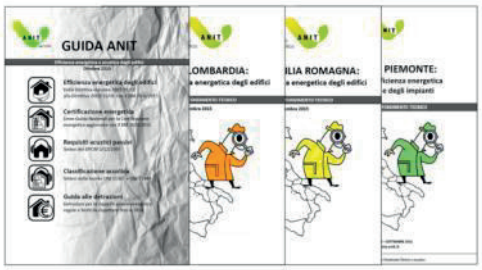
APRILE 2019

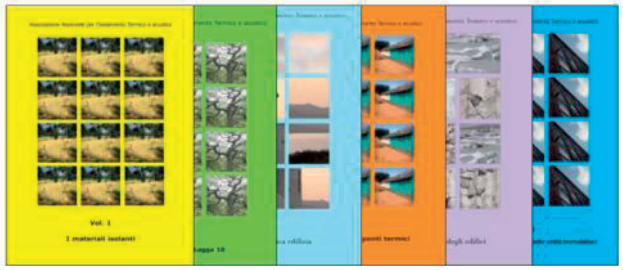


Tutti i diritti sono riservati.
Nessuna parte di questo documento può essere riprodotta o divulgata senza l'autorizzazione scritta di ANIT.

I MANUALI ANIT

ANIT, Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e acustico, pubblica periodicamente **GUIDE** e **MANUALI** di chiarimento sull'efficienza energetica e l'isolamento acustico degli edifici. Gli argomenti trattati riguardano la normativa di riferimento, le tecnologie costruttive, le indicazioni di posa e molto altro.
Le **GUIDE** analizzano le leggi e le norme del settore e sono riservate ai Soci.
I **MANUALI** invece, caratterizzati da un taglio più pratico e realizzati in collaborazione con le Aziende ANIT, sono scaricabili gratuitamente dal sito www.anit.it
I vari temi sono inoltre approfonditi nei **libri** della collana editoriale ANIT "L'isolamento termico e acustico".





STRUMENTI PER I SOCI

I soci ricevono

Costante **aggiornamento sulle norme in vigore** con le GUIDE ANIT

I software per calcolare **tutti i parametri** energetici, igrotermici e acustici degli edifici

Servizio di **chiarimento tecnico** da parte dello Staff ANIT

Abbonamento alla rivista specializzata **Neo-Eubios**

I servizi e la quota di iscrizione variano in base alla categoria di associato (Individuale, Azienda, Onorario).
I Soci Individuali possono accedere alla qualifica "Socio Individuale Più" per ottenere servizi avanzati

MANUALE ANIT REALIZZATO IN COLLABORAZIONE CON

EDILTEC THERMAL INSULATION

Tutti i diritti sono riservati.
Nessuna parte di questo documento può essere riprodotta o divulgata senza l'autorizzazione scritta di ANIT.
I contenuti sono curati dallo Staff ANIT e sono aggiornati alla data in copertina.
Le informazioni riportate sono da ritenersi comunque indicative ed è sempre necessario riferirsi anche a eventuali documenti ufficiali. Sul sito www.anit.it sono disponibili i testi di legge. Si raccomanda di **verificare sul sito www.anit.it l'eventuale presenza di versioni più aggiornate di questo documento.**

INDICE

1 PREMESSA 2
2 REQUISITI MINIMI DEL DM 26 GIUGNO 2015 3
2.1 Ambiti di applicazione 3
2.2 Esclusioni 5
3 CRITERI AMBIENTALI MINIMI 7
4 PARAMETRI INVERNALI 10
4.1 Trasmittanza termica 10
4.2 Coefficiente medio globale di scambio termico 13
5 PARAMETRI ESTIVI E COMFORT 15
5.1 Trasmittanza termica periodica 15
5.2 Capacità termica areica interna periodica 17
5.3 Riflettanza solare e indice di riflessione solare SRI 18
5.4 La temperatura operante 19
5.5 Il comfort adattivo 20
6 COMPORTAMENTO ESTIVO CON SOLUZIONI EDILTEC 21
6.1 Fabbisogno energetico $EP_{C,nd}$ 21
6.2 Comfort e temperatura operante 25
7 CONCLUSIONI 28
8 CONTATTI 29

1 PREMESSA

I sistemi di copertura rappresentano strutture nevralgiche dal punto di vista energetico sia invernale che estivo. Sempre di più la legislazione propone prescrizioni e requisiti specifici per limitare non solo le dispersioni invernali ma e soprattutto per ridurre il surriscaldamento estivo dovuto all'irraggiamento solare.
Partendo da quanto previsto dal DM 26 giugno 2015 sull'efficienza energetica, analizzando poi anche i Criteri minimi ambientali e le norme di riferimento per i calcoli, il presente manuale si soffermerà su quegli aspetti che riguardano nello specifico il sistema tetto presentando alcuni risultati elaborati nel periodo estivo.
Questo Manuale ha lo scopo quindi di guidare il professionista nell'analisi dei requisiti previsti nel caso di interventi in copertura.

Il lavoro è stato prodotto in collaborazione con l'azienda EDILTEC che ha realizzato con ANIT uno studio sul comportamento estivo degli immobili in regime dinamico.
Da oltre 25 anni Ediltec è un punto di riferimento nel mercato dell'isolamento termico offrendo soluzioni per le più svariate tipologie di applicazioni. Produce e commercializza pannelli isolanti in schiuma polyiso (poliuretano espanso rigido) a marchio POLIISO e lastre isolanti in polistirene estruso a marchio X-FOAM, oltre ad una serie di pannelli sandwich, semi-sandwich, fresati, ventilati, curvi e pendenzati. Questa vasta gamma è finalizzata a risolvere problematiche di isolamento termico in coperture, pareti, pavimenti, fondazioni, ponti termici ecc.

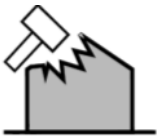
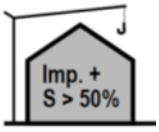
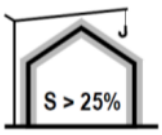
2 REQUISITI MINIMI DEL DM 26 GIUGNO 2015

Focalizzando l'attenzione solo sulla struttura tetto ricordiamo di seguito quali sono gli ambiti di applicazione e gli interventi eventualmente esclusi dall'applicazione dei requisiti minimi del DM 26 giugno 2015. Nei capitoli successivi approfodiremo le FAQ , pubblicate dal MISE dalla entrata in vigore del DM nel 2015 ad oggi 2019, che integrano, chiariscono e forniscono interpretazioni ufficiali su alcuni aspetti del decreto stesso. Nel presente documento daremo per scontata la conoscenza del decreto sui requisiti minimi nelle sue parti fondamentali e focalizzeremo l'attenzione alla progettazione delle coperture nel rispetto dei requisiti di legge.
Per maggiori approfondimenti su tutti i requisiti si rimanda alla Guida ANIT.

2.1 Ambiti di applicazione

Si riporta nella tabella 1 lo schema degli ambiti di intervento del decreto ministeriale (ripreso dalla Guida ANIT) mentre la tabella 2 indica, in base a questi ambiti, quali siano i requisiti specifici in cui sono importanti le prestazioni delle coperture.

Tabella 1: ambiti di intervento DM 26 giugno 2015

	**Nuova costruzione** (All.1 Art.1.3) Per edificio di nuova costruzione si intende l'edificio il cui titolo abilitativo sia stato richiesto dopo l'entrata in vigore del DM 26/6/15 (*nrd, ovvero dal 1° ottobre 2015*)
	**Demolizione e ricostruzione** (All. 1, Art. 1.3) Rientrano in questa categoria gli edifici sottoposti a demolizione e ricostruzione, qualunque sia il titolo abilitativo necessario.
	**Ampliamento volumetrico di edifici esistenti o recupero di volumi esistenti precedentemente non riscaldati con installazione di nuovo impianto dedicato** (All. 1 Art. 1.3 e Art. 6.1) per il quale valga almeno una delle seguenti condizioni: • nuovo volume lordo climatizzato > 15% volume lordo climatizzato esistente • nuovo volume lordo climatizzato > 500 m^3 La parte ampliata di fatto è trattata come una porzione di nuova costruzione.
	**Ampliamento volumetrico di edifici esistenti o recupero di volumi esistenti precedentemente non riscaldati collegati all'impianti tecnico che gestisce anche il volume precedentemente riscaldato** (All. 1 Art. 1.3 e Art. 6.1) per il quale valga almeno una delle seguenti condizioni: • nuovo volume lordo climatizzato > 15% volume lordo climatizzato esistente • nuovo volume lordo climatizzato > 500 m^3
	**Ristrutturazioni importanti di primo livello** (All. 1 Art. 1.4.1) La ristrutturazione prevede contemporaneamente: • un intervento che interessa l'involucro edilizio con un'incidenza > 50 % della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio; • la ristrutturazione dell'impianto termico per il servizio di climatizzazione invernale e/o estiva asservito all'intero edificio. In tal caso i requisiti di prestazione energetica si applicano all'intero edificio e si riferiscono alla sua prestazione energetica relativa al servizio o servizi interessati.
	**Ristrutturazioni importanti di secondo livello** (All. 1 Art. 1.4.1) L'intervento interessa l'involucro edilizio con un'incidenza > 25 % della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio e può interessare l'impianto termico per il servizio di climatizzazione invernale e/o estiva.

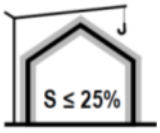
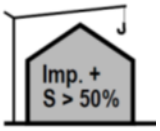
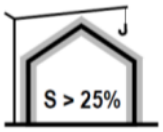
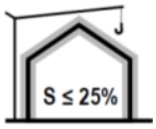
	**Riqualificazione energetica dell'involucro** (All. 1 Art. 1.4.2) Interventi sull'involucro che coinvolgono una superficie ≤ 25 % della superficie disperdente lorda complessiva dell'edifici. Ricadono in questo ambito anche gli ampliamenti/recuperi < 15% o a 500m^3

Tabella 2: requisiti da rispettare per interventi in copertura

	Dove si applica	Requisito invernale richiesto	Requisito estivo richiesto	Altro requisito di comfort
	Intero immobile	$EP_{gl,tot}$ - $EP_{H,nd}$ H't $U_{lim-divisorio}$	$EP_{C,nd}$ Y_{ie}	Verifiche termoigrometriche Verifica riflettanza solare
	Nuovo volume o volume recuperato	$EP_{gl,tot}$ - $EP_{H,nd}$ H't $U_{lim-divisorio}$	$EP_{C,nd}$ Y_{ie}	Verifiche termoigrometriche Verifica riflettanza solare
	Nuovo volume o volume recuperato	H 't		Verifiche termoigrometriche Verifica riflettanza solare
	Intero immobile	$EP_{gl,tot}$ - $EP_{H,nd}$ H't $U_{lim-divisorio}$	$EP_{C,nd}$ Y_{ie}	Verifiche termoigrometriche Verifica riflettanza solare
	Superficie oggetto di intervento	U_{lim} H't		Verifiche termoigrometriche Verifica riflettanza solare
	Superficie oggetto di intervento	U_{lim}		Verifiche termoigrometriche Verifica riflettanza solare

È importante ricordare che i requisiti imputati ai vari ambiti di applicazione dipendono dalla categorizzazione del DPR 412/93 che elenca gli edifici con le destinazioni d'uso.

(*) Nel caso di ampliamento con volume ≤ 15% del volume lordo climatizzato e ≤ 500 m^3 l'intervento va ricondotto agli altri ambiti d'applicazione (FAQ. 2.11).

Dove:

- $EP_{gl,tot}$: indice di prestazione energetica globale dell'edificio totale [kWh/m^2]
- $EP_{H,nd}$: indice di prestazione termica utile per il riscaldamento [kWh/m^2]
- $EP_{C,nd}$: indice di prestazione termica utile per il raffrescamento [kWh/m^2]
- H'_T : coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente [W/m^{2}K]
- Y_{ie}: trasmittanza termica periodica [W/m^{2}K]
- U_{lim}: trasmittanza termica limite [W/m^{2}K]
- $U_{lim-divisorio}$: trasmittanza termica limite peri divisori interni [W/m^{2}K]

Focus sulla valutazione delle superfici oggetto di intervento o ampliamento

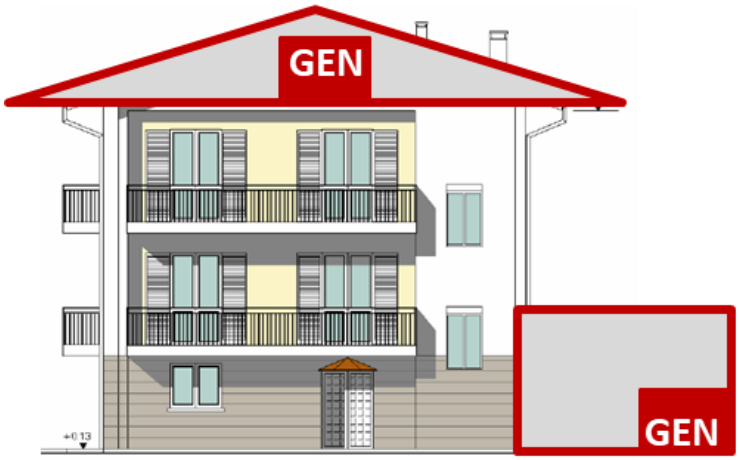
Risulta fondamentale chiarire su quale superficie o volume va computata la percentuale che discrimina gli ambiti di applicazione. Il Ministero dello sviluppo economico ha pubblicato due distinte FAQ:

FAQ 2.13 del 1/08/2016
Con riferimento alla superficie superiore al 25% o 50% per definire gli ambiti di intervento (…..) la superficie su cui calcolare la percentuale di intervento è quella dell'involucro dell'intero edificio, costituito dall'unione di tutte le unità immobiliari che lo compongono.

FAQ 3.13 del 12/2018
Con riferimento al volume superiore al 15% per gli ampliamenti e recuperi il volume dell'ampliamente deve essere valutato in maniera dipendente dal tipo di impianto di riscaldamento presente:

- impianto di riscaldamento centralizzato: il volume dell'ampliamento deve essere valutato per intero edificio, in riferimento al volume lordo climatizzato prima dell'ampliamento;
- impianto di riscaldamento autonomo: il volume dell'ampliamento deve essere valutato in riferimento al volume lordo climatizzato della singola unità immobiliare.

Questa ultima FAQ porta a due considerazioni:
Sarà più facile ricadere negli ambiti di ampliamento volumetrico con rispettivi requisiti da rispettare laddove ho unità con riscaldamento autonomo.
Nel caso di nuovo volume che rappresenta un'unità immobiliare a sé stante (con proprio impianto) non è chiaro quale sia la zona da considerare per valutare le percentuali. L'interpretazione potrebbe essere di considerare sempre maggiore del 15% in quanto mi confronto con zero m³ riscaldati.



La figura evidenzia il caso di ampliamento volumetrico con nuovo impianto

2.2 Esclusioni

L'Art. 3 del DLgs 192/05 modificato dalla Legge 90/13 nonché il DM 26 giugno 2015 e le successive FAQ hanno indicato e poi chiarito le tipologie di edificio e le casistiche di intervento che risultano escluse dall'applicazione dei requisiti.
Per quanto riguarda le categorie di edifici (sia che siano nuovi sia che siano oggetto di intervento) vengono comunque esclusi quegli edifici in cui:

- gli edifici ricadenti nell'ambito della disciplina della parte seconda e dell'articolo 136, comma 1, lettere b) e c), del Dlgs 22 gennaio 2004, n. 42, recante il codice dei beni culturali e del paesaggio solo nel caso in cui, previo giudizio dell'autorità competente al rilascio dell'autorizzazione ai sensi del codice di cui al DLgs 42 del 22 gennaio 2004, il rispetto delle prescrizioni implichi un'alterazione sostanziale del loro carattere o aspetto, con particolare riferimento ai profili storici, artistici e paesaggistici.

- gli edifici industriali e artigianali quando gli ambienti sono riscaldati per esigenze del processo produttivo o utilizzando reflui energetici (si veda la FAQ 3.17 di dicembre 2018) non altrimenti utilizzabili;
- gli edifici rurali non residenziali sprovvisti di impianti di climatizzazione;
- i fabbricati isolati con una superficie utile totale inferiore a 50 metri quadrati;
- gli edifici che risultano non compresi nelle categorie di edifici classificati sulla base della destinazione d'uso di cui all'articolo 3 del DPR 412/93, il cui utilizzo standard non prevede l'installazione e l'impiego di sistemi tecnici, quali box, cantine, autorimesse, parcheggi multipiano, depositi, strutture stagionali a protezione degli impianti sportivi, fatto salvo le porzioni eventualmente adibite ad uffici e assimilabili, purché scorporabili ai fini della valutazione di efficienza energetica;
- gli edifici adibiti a luoghi di culto e allo svolgimento di attività religiose.

Negli edifici esistenti si escludono dall'applicazione dei requisiti minimi:

- interventi su strati di finitura ininfluenti dal punto di vista termico (secondo la FAQ 2.41 tra questi si può considerare anche la posa in opera di uno strato di impermeabilizzazione, con l'applicazione di vernici bituminose o assimilabili, direttamente sull'estradosso del solaio senza demolizione della pavimentazione, sarebbe comunque opportuno verificare l'efficacia dell'utilizzo di materiali impermeabilizzanti ad elevata riflettanza solare);
- rifacimento di porzioni di intonaco su superfici < 10% della superficie disperdente*.

*dove con superficie disperdente si intende la superficie disperdente lorda degli elementi opachi e trasparenti che delimitano il volume a temperatura controllata dall'ambiente esterno e da ambienti non climatizzati quali le pareti verticali, i solai contro terra e su spazi aperti, i tetti e le coperture.

Un'applicazione parziale dei requisiti si verifica nel caso del rispetto delle trasmittanze termiche di legge U_{lim} nel caso di interventi su edifici esistenti che ricadano nelle casistiche denominate "ristrutturazione importante di secondo livello e riqualificazione energetica". In questi casi non è previsto il rispetto della trasmittanza termica media nel caso la destinazione d'uso degli edifici sia E.8. In sostanza gli edifici adibiti ad attività industriali e artigianali e assimilabili non hanno un minimo di trasmittanza termica da rispettare.
La deroga non si applica agli altri requisiti minimi igrotermici e di controllo di surriscaldamento estivo. Inoltre nel caso di ristrutturazione importante di secondo livello rimane in essere il requisito relativo al coefficiente di scambio termico medio H'_T.
Nel caso di edificio con sottotetto non riscaldato sul quale si interviene solamente per il rifacimento della copertura non occorre effettuare alcuna verifica energetica tuttavia, per la tipologia di intervento esposto, è fortemente consigliato l'isolamento dell'ultimo solaio facente parte dell'involucro climatizzato. (FAQ 3.4 del 12/2018)

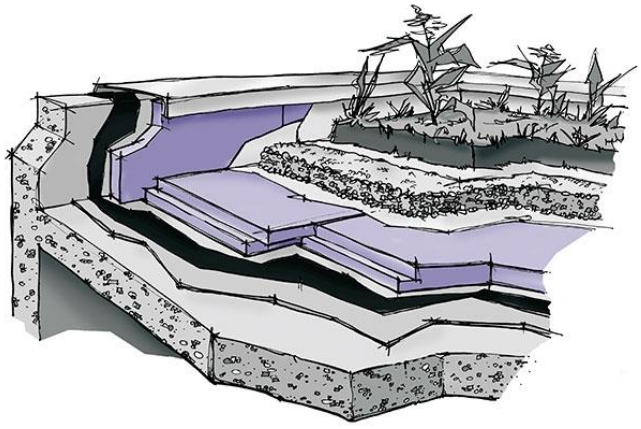
3 CRITERI AMBIENTALI MINIMI

Con Decreto dell'11 gennaio 2017, poi aggiornato con il DM 11 ottobre 2017, il Ministero dell'ambiente ha introdotto i nuovi criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici (Allegato 2).
Il decreto prevede requisiti macro su gruppi di edifici e quartieri, più specifici per i singoli edifici fino a prestazioni ambientali su prodotti e materiali.

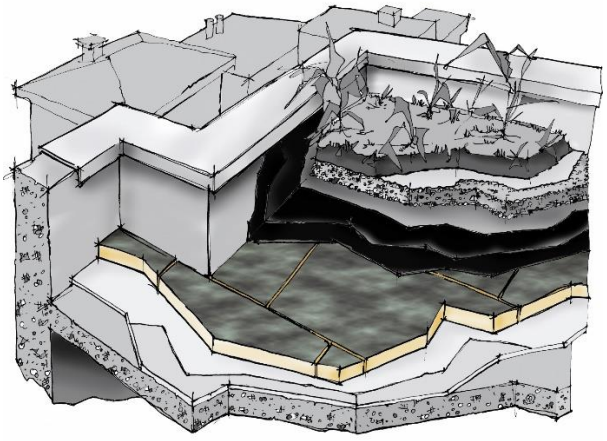
Tra i criteri previsti per gruppi di edifici che comportano un'attenzione particolare alle strutture tetto sicuramente c'è il **criterio 2.2.6** che riguarda la riduzione dell'impatto sul microclima e dell'inquinamento atmosferico.

Il criterio prevede che:

- al fine di ridurre le emissioni in atmosfera e limitare gli effetti della radiazione solare (effetto isola di calore) il progetto di nuovi edifici o la riqualificazione di edifici esistenti deve prevedere la realizzazione di una **superficie a verde ad elevata biomassa** che garantisca un adeguato assorbimento delle emissioni inquinanti in atmosfera e favorisca una sufficiente evapotraspirazione, al fine di garantire un adeguato microclima. (…)
- per le coperture deve essere privilegiato l'impiego di coperture a tetto giardino (verdi); in caso di coperture non verdi, i materiali impiegati devono garantire un INDICE SRI di almeno 29, nei casi di pendenza maggiore del 15%, e di almeno 76, per le coperture con pendenza minore o uguale al 15%.



Tetto rovescio giardino con X-FOAM



Tetto caldo giardino con POLIISO

Tra i criteri tecnici richiesti al singolo edificio risulta fondamentale per l'efficienza energetica il **criterio 2.3.2** per il quale:

- i progetti degli interventi di **nuova costruzione**, inclusi gli interventi di **demolizione e ricostruzione e quelli di ampliamento di edifici esistenti** che abbiano un volume lordo climatizzato superiore al 15% di quello esistente o comunque superiore a 500 m³, e degli interventi di ristrutturazione importante di primo livello, ferme restando le norme e i regolamenti più restrittivi (es. regolamenti urbanistici e edilizi comunali, etc.), devono garantire:
    - il rispetto degli indici di prestazione energetica **$EP_{gl,tot}$, $EP_{H,nd}$** e **$EP_{C,nd}$** tenendo conto dei valori 2019/2021;
    - una **capacità termica areica interna periodica (C_{ip})** riferita ad ogni singola struttura opaca dell'involucro esterno, calcolata secondo la UNI EN ISO 13786:2008, di almeno 40 kJ/m²K oppure la valutazione della **temperatura operante estiva** e lo scarto in valore assoluto valutato in accordo con la norma UNI EN 15251.

I progetti degli **interventi di ristrutturazione importante di secondo livello e di riqualificazione energetica** riguardanti l'involucro edilizio devono rispettare i **valori minimi di trasmittanza termica** contenuti nelle tabelle 1-4 di cui all'appendice B del decreto ministeriale 26 giugno 2015 e s.m.i, relativamente all'anno 2019 per gli edifici pubblici. I valori di trasmittanza delle precedenti tabelle si considerano non comprensivi dell'effetto dei ponti termici. In caso di interventi che prevedano l'isolamento termico dall'interno o l'isolamento termico in intercapedine, indipendentemente dall'entità della superficie coinvolta, deve essere mantenuta la **capacità termica areica interna periodica** dell'involucro esterno precedente all'intervento o in alternativa va calcolata la **temperatura operante estiva** in accordo con la UNI 10375 e lo scarto in valore assoluto valutato in accordo con la norma UNI EN 15251 rispetto a una temperatura di riferimento.

La verifica prevede che:

- la temperatura operante estiva ($\theta_{o,t}$) si calcola secondo la procedura descritta dalla UNI 10375, con riferimento al giorno più caldo della stagione estiva (secondo UNI 10349-2) e per l'ambiente dell'edificio destinato alla permanenza di persone ritenuto più sfavorevole. Lo scarto in valore assoluto (ΔTi), che corrisponde al livello minimo di comfort da garantire nell'ambiente più sfavorevole, si valuta con la seguente formula:

$$\Delta Ti = \vartheta_{0,t} - \vartheta_{rif} < 4°C$$

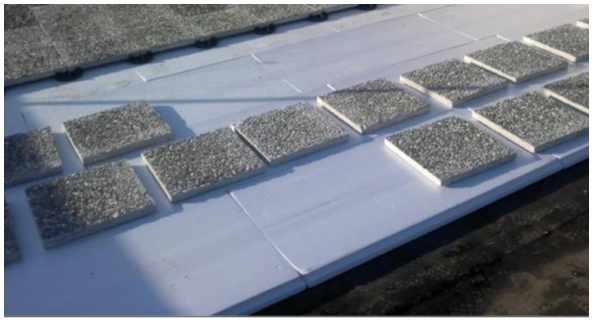
dove: $\vartheta_{rif} = (0.33 \cdot \vartheta_{est}) + 18.8$
dove: θ_{est} = temperatura esterna media del giorno più caldo secondo UNI 10349-2

In alternativa i parametri sopra citati possono essere valutati con metodo di calcolo più accurati.

Si segnala che il suddetto criterio è stato scritto prima dell'uscita della norma europea di riferimento per i calcoli in regime dinamico: la UNI EN ISO 52016 pubblicata nel 2018. Tale norma tecnica andrà a sostituire il metodo di calcolo della temperatura operante presente nella norma UNI 10375. Tuttavia alla data di pubblicazione del presente manuale il Ministero dell'ambiente non ha ancora revisionato il testo.
Nei paragrafi successivi verrà descritto il metodo di valutazione.

Sempre sul singolo edificio e componente dell'edificio vanno effettuate le verifiche termoigrometriche previste nel **criterio 2.3.5.7**:

- al fine di assicurare le condizioni ottimali di benessere termo-igrometrico e di qualità dell'aria interna bisogna garantire condizioni conformi almeno alla classe B secondo la norma ISO 7730:2005 in termini di PMV (Voto Medio Previsto) e di PPD (Percentuale Prevista di Insoddisfatti).



Esempio di tetto rovescio con X-FOAM



Esempio di tetto caldo con POLIISO PLUS

Inoltre bisogna garantire la conformità ai requisiti previsti nella norma UNI EN 13788 ai sensi del DM 26 giugno 2015 anche in riferimento a tutti i ponti termici sia per edifici nuovi che per edifici esistenti.
La norma UNI EN ISO 13788 prevede che si proceda alla verifica:

- dell'assenza di rischio di formazione di muffe, con particolare attenzione ai ponti termici negli edifici di nuova costruzione;
- dell'assenza di condensazioni interstiziali*.

Le condizioni interne di utilizzazione sono quelle previste nell'appendice alla norma sopra citata, secondo il metodo delle classi di concentrazione o in condizioni fisse qualora esiste un sistema di controllo dell'umidità.

(*) (FAQ 3.11 di dicembre 2018) per la verifica della condensa interstiziale si procede in conformità alla normativa tecnica vigente (UNI EN ISO 13788). Si ritiene che la condensazione interstiziale possa considerarsi assente quando siano soddisfatte le condizioni poste dalla norma, ovvero la quantità massima ammissibile e nessun residuo alla fine di un ciclo annuale.
Il decreto CAM prevede poi dei criteri legati ai componenti edilizi con precise indicazioni su singoli materiali.

Conclusioni

I CAM introducono per la prima volta a livello legislativo il tema dell'attenzione al comportamento dei rivestimenti superficiali delle strutture degli edifici in termini di SRI e il tema del comfort interno degli ambienti durante il periodo estivo.

4 PARAMETRI INVERNALI

In questo capitolo si sintetizzano i parametri di verifica citati precedentemente focalizzando l'attenzione agli interventi in copertura. I parametri centrali per la progettazione invernale delle strutture opache sono la trasmittanza termica U e il coefficiente globale medio di scambio termico.

4.1 Trasmittanza termica

La trasmittanza termica U permette di valutare il grado di isolamento termico di una struttura opaca ai fini della valutazione delle dispersioni energetiche durante il periodo invernale. Caratterizza infatti il comportamento della struttura con ipotesi di regime di trasmissione del calore stazionario (molto rappresentativo del periodo invernale).
Il DM requisiti minimi e i CAM prevedono una trasmittanza termica limite **U_{lim} – [W/m²K]**.

La verifica della trasmittanza va condotta per tutte le strutture della stessa tipologia indipendentemente dall'orientamento, dallo spessore e dalla stratigrafia delle diverse porzioni.
Le tipologie di strutture sono quelle corrispondenti alle tabelle dell'Appendice B del DM, cioè:

- strutture opache verticali;
- strutture opache orizzontali o inclinate di copertura;
- strutture opache orizzontali di pavimento.

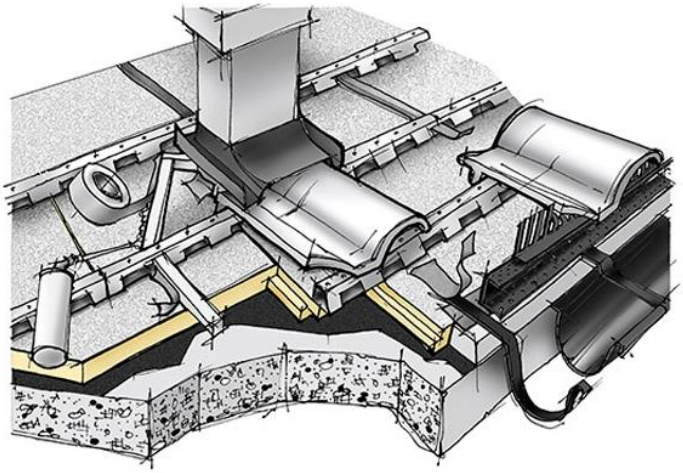
Per le strutture opache orizzontali o inclinate di copertura i limiti sono quelli riportati di seguito nella tabella 4. Nell'ultima colonna vengono riportati i valori necessari per accedere alla detrazione del 65%, ricordando che i due provvedimenti sono distinti e come tali hanno differenti requisiti.

Strutture opache orizzontali o inclinate di copertura, verso l'esterno			
Trasmittanze limite su edifici esistenti tabella appendice b (dm 26/06/2015)			Trasmittanza limite per accedere alle detrazioni fiscali del 65% (DM 26/01/2010)
Zona climatica	U_{lim} [W/m²K]		U_{lim} [W/m²K]
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2019/2021	Dal 1° gennaio 2010
A-B	0,34	0,32	0,32
C	0,34	0,32	0,32
D	0,28	0,26	0,26
E	0,26	0,24	0,24
F	0,24	0,22	0,23

Per il DM 26/06/2015 tali limiti vanno rispettati tenendo conto dei ponti termici interi se compresi nella superficie di intervento per metà se di confine con altre strutture.

Per i CAM i valori di trasmittanza limite previsi nel caso di interventi su edifici esistenti sono quelli indicati per il 2021 e si considerano invece non comprensivi dell'effetto dei ponti termici.

Ma a quanti cm di materiali isolante corrisponde il rispetto dei requisiti del 2021 o di accesso alle detrazioni?
Il calcolo della trasmittanza termica di una struttura dipende dal valore di resistenza termica delle parti non isolanti (intonaco, intercapedini d'aria, solaio laterocementizio, ecc..) e del tipo di materiale isolante scelto, ovvero dalla sua conduttività termica dichiarata λ_D.

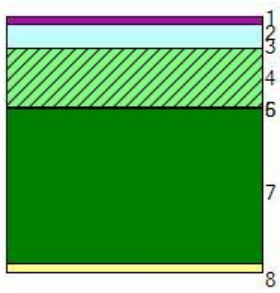


Esempio di isolamento termico di copertura a falda con POLIISO TEGOLA

ANIT distribuisce il software PAN proprio per individuare con precisione i valori di spessore di isolamento termico da impiegare.
Le aziende producono prodotti di caratteristiche diverse e con spessori commerciali ben definiti. Per poter progettare rapidamente la stratigrafia adatta sul sito di ANIT è possibile verificare quali banche dati sono già pronte per essere importate nel software PAN. **Ediltec ha realizzato la banca dati per il software ANI**T e segue un esempio di calcolo che evidenza che per esempio con il prodotto POLIISO TEGOLA siano sufficienti 100 mm per ottenere un valore di trasmittanza termica U pari a 0.19 W/m²K che possa tranquillamente rispettare i valori imposti dal legislatore tenendo conto della possibile influenza dei ponti termici.



Descrizione struttura
Nella valutazione del comportamento invernale è decisiva la valutazione della resistenza termica complessiva dell'elemento.



1	VAR	Tegole in argilla	
2	INA	Camera debolmente ventilata	
3	MET	POLIISO TEGOLA sp.100 mm - Pannello isolante costituito da schiuma polyiso (PIR) rigida, espansa fra due supporti di alluminio goffrato. Resistenza a compressione ≥ 150 kPa. Lunghezza 2400 mm e larghezza pari al passo della tegola. Bordi battentati.	Supporto in alluminio goffrato
4	ISO		Schiuma polyiso (PIR) rigida, espansa fra due supporti di alluminio goffrato
5	MET		Supporto in alluminio goffrato
6	IMP	Bitume	
7	SOL	Laterocemento sp.26 cm.rif.2.1.05	
8	INT	Intonaco di calce e gesso	

	s [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	m [-]	M_s [kg/m²]	R [m²K/W]	S_D [m]	a [m²/Ms]
							0,04		
1	0,012	2000,0	1,000	799,1	30,0	24,0	0,01	0,36	0,626
2	0,040	1,0	0,385	1004,2	1,0	0,0	0,16	0,04	0,000
3	0,000	2700,0	220,000	962,3	590000,0	0,1	0,00	29,50	84,672
4	0,100	35,0	0,022	1506,2	50,0	3,5	4,54	5,00	0,417
5	0,000	2700,0	220,000	962,3	590000,0	0,1	0,00	29,50	84,672
6	0,002	1200,0	0,170	920,5	20000,0	2,4	0,01	40,00	0,154
7	0,260	842,3	0,667	836,8	15,0	219,0	0,39	3,90	0,946
8	0,015	1400,0	0,700	836,8	10,0	21,0	0,02	0,15	0,598
							0,10		

Elenco simboli

s Spessore
ρ Densità
λ Conduttività
c Calore specifico
m Fattore di resistenza al vapore
M_s Massa superficiale
R Resistenza termica
S_D Spessore equivalente d'aria
a Diffusività

Parametri stazionari

Spessore totale	0,429	m
Massa superficiale esclusi intonaci	249,2	kg/m²
Resistenza	5,22	m²K/W
Trasmittanza U	0,19	W/m²K





Esempi di applicazione su copertura a falda di POLIISO TEGOLA

4.2 Coefficiente medio globale di scambio termico

Il coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente è descritto dal parametro H'_T ed è una trasmittanza media [W/m²K]. Il valore di H'_T deve essere inferiore al valore massimo ammissibile riportato in Tabella 3 in funzione della zona climatica e del rapporto S/V. I valori differiscono nei casi di nuova costruzione/ristrutturazione importante di 1° livello e ristrutturazione importante di 2° livello/ampliamenti.

TABELLA 3 (Appendice A)
Valore massimo ammissibile del coefficiente globale di scambio termico H'_T [W/m²K]

		Zona climatica				
N. riga	RAPPORTO DI FORMA (S/V)	A e B	C	D	E	F
1	S/V ≥ 0,7	0,58	0,55	0,53	0,50	0,48
2	0,7 > S/V ≥ 0,4	0,63	0,60	0,58	0,55	0,53
3	0,4 > S/V	0,80	0,80	0,80	0,75	0,70
		Zona climatica				
N. riga	TIPOLOGIA DI INTERVENTO	A e B	C	D	E	F
4	Ampliamenti e Ristrutturazioni importanti di secondo livello per tutte le tipologie edilizie	0,73	0,70	0,68	0,65	0,62

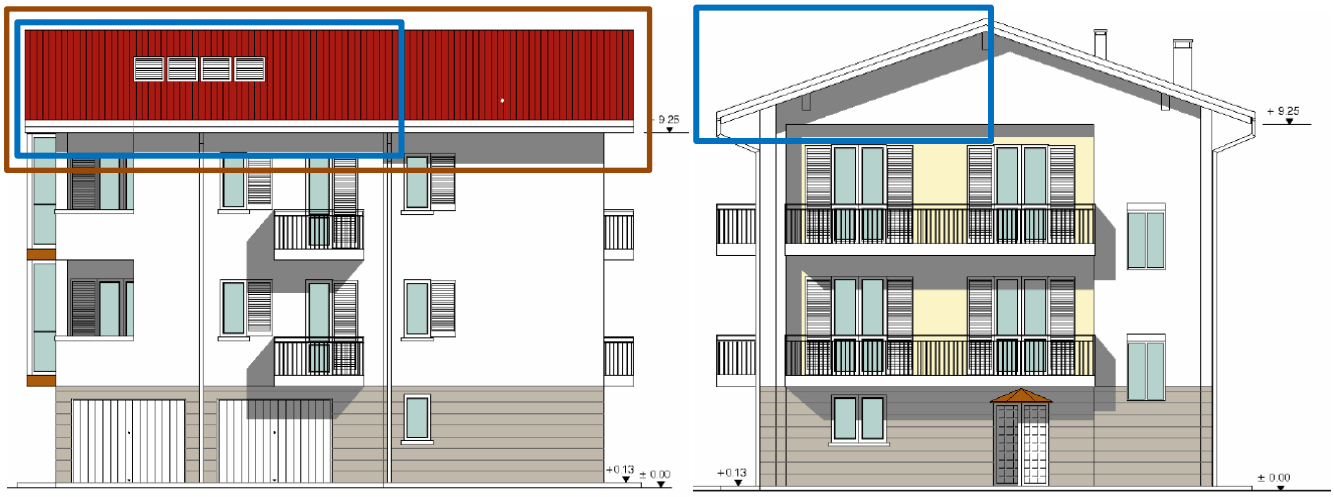
La valutazione di questo parametro dipende dalle prestazioni isolanti di tutti i componenti l'involucro edilizio e si calcola come:

$$H'_T = H_{tr,adj} / \sum_k A_k \qquad [W/m^2K]$$

Dove:

- $H_{tr,adj}$ è il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione dell'involucro (UNI/TS 11300-1)[W/K];
- A_k è la superficie del k-esimo componente (opaco o trasparente) costituente l'involucro [m²].

Nel caso di nuova costruzione e ristrutturazione importante di primo livello i requisiti si applicano all'intero immobile quindi anche H'_T va calcolato tenendo conto di involucro opaco (comprensivo di ponti termici) e involucro trasparente a prescindere dalla superficie in intervento.
Nel caso invece di ristrutturazione importante di 2 livello la FAQ 3.1 del 12/2018 riporta che è necessario considerare sia le parti opache sia le parti trasparenti costituenti l'involucro dell'elemento oggetto di intervento solo nel solo caso in cui entrambe siano di proprietà del medesimo soggetto giuridico; qualora le parti opache appartengano a un soggetto giuridico diverso da quello a cui appartengono le parti trasparenti, la verifica dell'H'_T deve essere eseguita solo sulla parte su cui si interviene. L'approccio suddetto vale anche nel caso nel caso di sostituzione dei soli componenti trasparenti, per la quale si ricada nella ristrutturazione importante di secondo livello.
Si segnala che la verifica va effettuata per unità immobiliare (FAQ 6 del 21/10/2015) e per tutta la superficie di uguale orientamento interessata, completamente o per una porzione, da lavori. Nel caso di strutture verticali si considera oggetto di verifica l'intera parete (facciata). Nel caso di strutture di copertura orizzontali o inclinate si considera oggetto di verifica l'intera falda o porzione di tetto. Nel caso in cui la superficie di uguale orientamento fosse comune a più unità immobiliari (pareti esterne continue tra piani e unità adiacenti o unica falda per unità adiacenti), la verifica dovrà riguardare solo la porzione relativa all'unità nella quale si sta effettuando l'intervento (FAQ 2.15 del 1/08/2016).



In un caso come quello rappresentato in figura per cui l'intervento insiste su circa metà della falda del tetto, il coefficiente medio di scambio termico viene calcolato tenendo conto della superficie che insiste sull'unità immobiliare unica dell'ultimo piano ma considerando tutta la falda del tetto interessata parzialmente dai lavori.

Conclusioni

Ai fini del comportamento invernale è necessario isolare le strutture opache di copertura con adeguati livelli di isolamento termico caratterizzando la trasmittanza termica U delle strutture. Questo aspetto è valutato per messo di spessore dei materiali e conduttività termica dichiarata λ_D. L'attenzione invernale è quindi posta sulla resistenza termica e sulla correzione adeguata dei ponti termici. Tutti questi aspetti devono essere valutati in parallelo alle verifiche igrometriche di condensazione interstiziale.



Fasi di realizzazione dell'isolamento termico di una copertura industriale con POLIISO su misura

5 PARAMETRI ESTIVI E COMFORT

Il comportamento estivo dell'involucro edilizio per limitare il surriscaldamento dell'aria interna quindi per mantenere adeguate condizioni di comfort e ridotti fabbisogno energetici per il raffrescamento è stato storicamente affrontato per requisiti sui componenti (trasmittanza termica periodica Y_{ie}, capacita termica periodica interna C_{ip} e riflettanza solare) e sul fabbisogno $EP_{C,nd}$ in kWh. Recentemente è stato introdotto a livello legislativo, con i CAM, anche l'attenzione rispetto al comfort e alla temperatura operante. Aspetto già presente nei protocolli premianti o volontari tipo ITACA.
Di seguito una breve descrizione dei vari parametri.

5.1 Trasmittanza termica periodica

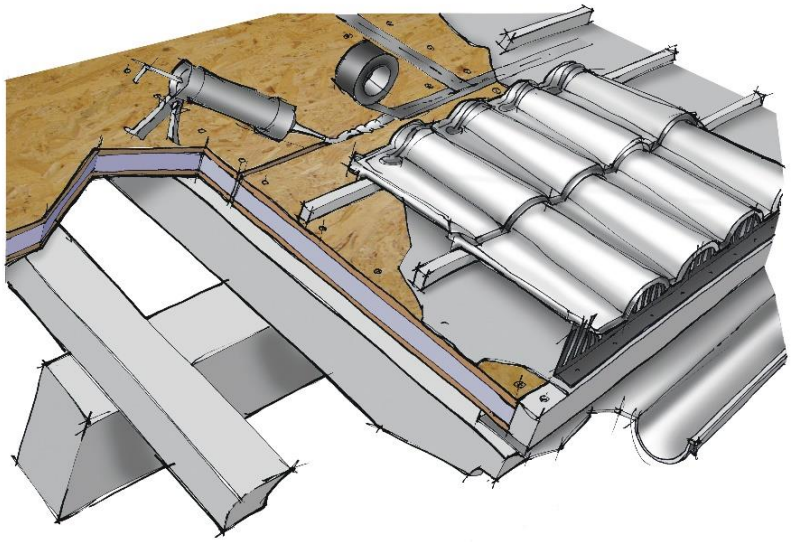
Il parametro è descritto come Y_{ie} e l'unità di misura è [W/m^{2}K]. La trasmittanza termica periodica mette in relazione la variazione del flusso termico sulla superficie esterna del componente edilizio con la conseguente variazione di temperatura sul lato interno dello stesso.
La valutazione della trasmittanza termica periodica tiene conto di diverse caratteristiche dei materiali presenti nella struttura che sono conducibilità, calore specifico, densità e spessore. Variando questi parametri modificando stratigrafie e spessori è possibile raggiungere pari livelli di trasmittanza termica periodica tra strutture leggere e pesanti.
Minore il valore di trasmittanza termica periodica, migliore la capacità della struttura opaca di frenare l'energia solare entrante grazie alle sue capacità isolanti e inerziali.

Richiesta legislativa

Il DM 26/06/2015 prescrive per le coperture, per i nuovi edifici e ristrutturazioni importanti di primo livello, quanto segue:
"Il progettista, al fine di limitare i fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva e di contenere la temperatura interna degli ambienti:
[…]

a) esegue, a eccezione degli edifici classificati nelle categorie E.6 ed E.8, in tutte le zone climatiche a esclusione della F, per le località nelle quali il valore medio mensile dell'irradianza sul piano orizzontale, nel mese di massima insolazione estiva, $I_{m,s}$, sia maggiore o uguale a 290 W/m^2:
   […]
   ii. la verifica, relativamente a tutte le pareti opache orizzontali e inclinate, che il valore del modulo della trasmittanza termica periodica Y_{ie}, di cui alla lettera d), del comma 2, dell'articolo 2, del presente decreto, sia inferiore a 0,18 W/m²K.
b) qualora ritenga di raggiungere i medesimi effetti positivi che si ottengono con il rispetto dei valori di massa superficiale o trasmittanza termica periodica delle pareti opache di cui alla lettera b), **con l'utilizzo di tecniche e materiali, anche innovativi, ovvero coperture a verde, che permettano di contenere le oscillazioni della temperatura degli ambienti** in funzione dell'andamento dell'irraggiamento solare, produce adeguata documentazione e certificazione delle tecnologie e dei materiali che ne attesti l'equivalenza con le citate disposizioni**".**

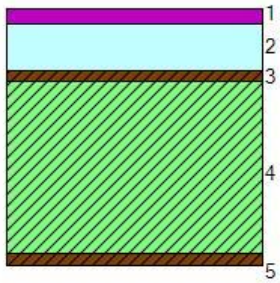
Progettare e realizzare coperture con strutture portanti in legno che abbiano una buona prestazione estiva è possibile? Dal 2005, in occasione della pubblicazione del DLgs 192, l'Associazione ha mostrato che una buona prestazione estiva delle strutture opache, descritta dal valore di Y_{ie}, è progettabile anche con coperture "leggere" a patto di descrivere adeguatamente la stratigrafia. La valutazione della trasmittanza termica periodica si realizza in accordo con il metodo di calcolo della UNI EN ISO 13786.



Esempio di isolamento termico di copertura a falda su struttura in legno con X-FOAM WR TOP

Come descritto in precedenza ANIT distribuisce il software PAN che oltre alla valutazione di trasmittanza termica U consente anche il calcolo della trasmittanza termica periodica Yie (e di sfasamento e attenuazione ad essa collegati).
Segue un esempio di calcolo che evidenza come il prodotto X-FOAM WR TOP di spessore complessivo di 202 mm sia un ottimo punto di partenza per realizzare una copertura. La trasmittanza termica periodica di progetto Y_{ie} = 0.146 W/m²K è infatti già inferiore ai limiti di legge di 0.18 W/m²K.

Descrizione struttura



1	VAR	Tegole in argilla	
2	INA	Camera non ventilata	
3	LEG	X-FOAM WR TOP sp.202 mm - Pannello sandwich di polistirene estruso X-FOAM® rifinito su un lato con una corteccia di rivestimento in OSB e sull'altro da legno lamellare di abete. Dimensioni 1200 x 2480 mm, bordi dritti o battentati.	Supporto in legno OSB spessore nominale 10 mm
4	ISO		X-FOAM sp.180 mm - Pannello isolante in polistirene estruso (XPS) di colore indaco. Resistenza a compressione ≥ 200 kPa. I pannelli hanno dimensioni 1200 x 2480 mm.
5	LEG		Supporto multistrato di abete spessore nominale 12 mm

	s [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	m [-]	M_s [kg/m²]	R [m²K/W]	S_D [m]	a [m²/Ms]
							0,04		
1	0,015	2000,0	1,000	799,1	30,0	30,0	0,02	0,45	0,626
2	0,050	1,0	0,308	1004,2	1,0	0,1	0,16	0,05	0,000
3	0,010	600,0	0,130	1715,4	50,0	6,0	0,08	0,50	0,126
4	0,180	33,0	0,034	1464,4	80,0	5,9	5,29	14,40	0,704
5	0,012	450,0	0,130	1598,3	50,0	5,4	0,09	0,60	0,181
							0,10		

Elenco simboli

s Spessore
ρ Densità
λ Conduttività
c Calore specifico
m Fattore di resistenza al vapore
M_s Massa superficiale
R Resistenza termica
S_D Spessore equivalente d'aria
a Diffusività

Parametri dinamici	**Valori estivi**	
Trasmittanza periodica Yie	0,146	W/m²K

Nella valutazione del comportamento estivo è decisiva la valutazione della resistenza termica complessiva dei vari materiali, il rispettivo calore specifico e la densità.

5.2 Capacità termica areica interna periodica

La capacità termica areica interna periodica è indicata come C_{ip} ed espressa in [kJ/m²K].
La norma UNI EN ISO 13786:2008 descrive i metodi di calcolo per il comportamento termico in regime dinamico dei componenti edilizi. Attraverso questi metodi è possibile simulare l'effetto di una sollecitazione climatica estiva su una struttura opaca e verificarne il comportamento. Si tratta di metodi basati sull'analisi di matrici di trasferimento composte da numeri complessi.
La capacità termica areica interna periodica è il rapporto tra la variazione di energia accumulata per unità di superficie in un componente nel periodo di tempo e la sollecitazione termica periodica su un lato, nell'ipotesi che la temperatura ambiente sull'altro lato del componente sia costante.
Il parametro di "capacità termica interna" C_{ip} non è la "capacità termica" della struttura valutata come sommatoria delle capacità termiche di ogni singolo strato. La capacità termica descrive infatti quanta energia è necessaria per innalzare di un grado l'intera struttura.
La capacità termica interna periodica è invece un parametro funzionale alla descrizione di come i primi strati di materiale, che compongono una struttura, reagiscono a sollecitazioni energetiche sulla superficie (interna) presa in considerazione.
Tale parametro caratterizza la capacità di una struttura di accumulare calore.

Richiesta legislativa
Il parametro non è citato nel DM requisiti minimi mentre i CAM richiedono la verifica puntuale sulla singola partizione esterna. Questo parametro non definisce il comfort estivo interno di un locale che dipende da tanti altri fattori tra cui la ventilazione, le prestazioni dei componenti finestrati, le schermature nonché il fatto di essere composto da tante strutture

5.3 Riflettanza solare e indice di riflessione solare SRI

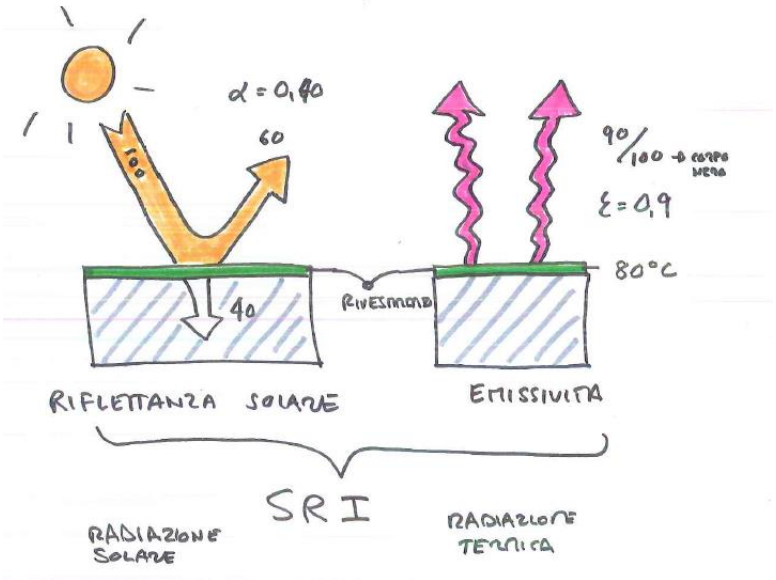
L'oscillazione di temperatura superficiale esterna è fortemente influenzata dalla capacità del rivestimento esterno di assorbire o meno energia solare. Ai fini quindi di calcoli energetici e di comfort relativi alla stagione di raffrescamento, oltre alla caratterizzazione termica delle strutture che costituiscono l'involucro oggetto di studio, è necessario valutare anche il comportamento di tali strutture nei confronti dell'irraggiamento solare.

L'indice SRI descrive la capacità di una superficie irradiata dal sole a non scaldarsi e ad emettere molta energia sotto forma di radiazione termica.
L'indice tiene conto, per il rivestimento oggetto di indagine, della riflessione solare e della emissività della superficie.
Se il rivestimento è bianco con una riflessione solare pari a 0.8 e un'emissività pari a 0.9, SRI è pari a 100, se invece è nero con una riflessione solare pari a 0.05 e un'emissività di 0.9, il valore è 0. Rivestimenti particolarmente adatti a ridurre il surriscaldamento delle superfici possono avere SRI maggiori di 100 se il valore di riflessione è superiore a 0.8 o se l'emissività è maggiore di 0.9.
Il parametro SRI è quindi il parametro maggiormente corretto per capire il comportamento di un rivestimento rispetto alle problematiche di surriscaldamento.

Richiesta legislativa
Il DM 26 giugno 2015 sui requisiti minimi per l'efficienza energetica degli edifici si sofferma solo sull'aspetto della radiazione solare incidente e infatti introduce la seguente prescrizione:

- Per le strutture di copertura degli edifici è obbligatoria la verifica dell'efficacia, in termini di rapporto costi-benefici, dell'utilizzo di:
    - materiali a elevata riflettanza solare per le coperture (cool roof), assumendo per questi ultimi un valore di riflettanza solare non inferiore a:
        - 0,65 nel caso di coperture piane,
        - 0,30 nel caso di copertura a falde;
    - tecnologie di climatizzazione passiva (a titolo esemplificativo e non esaustivo: ventilazione, coperture a verde).

Tale indicazione prevede un obbligo sulla valutazione dell'efficacia dei due sistemi e non fornisce un limite specifico sul requisito.
I CAM, più correttamente, richiedono un indice SRI di almeno 29, nei casi di pendenza maggiore del 15%, e di almeno 76, per le coperture con pendenza minore o uguale al 15%.



Riflettanza solare e SRI

5.4 La temperatura operante

La norma UNI 10375:2011 e la UNI EN ISO 52016-1 definiscono **la temperatura operante** come:
"*temperatura uniforme di un ambiente nel quale un occupante scambierebbe per irraggiamento e convezione la stessa potenza termica scambiata nell'ambiente in esame termicamente non uniforme*".
Il valore della temperatura operante si calcola per ogni ora come media del valore della temperatura dell'aria interna e della temperatura media radiante della stanza.

$$\theta_{op,t} = \frac{\theta_{ai,t} + \theta_{mr,t}}{2}$$

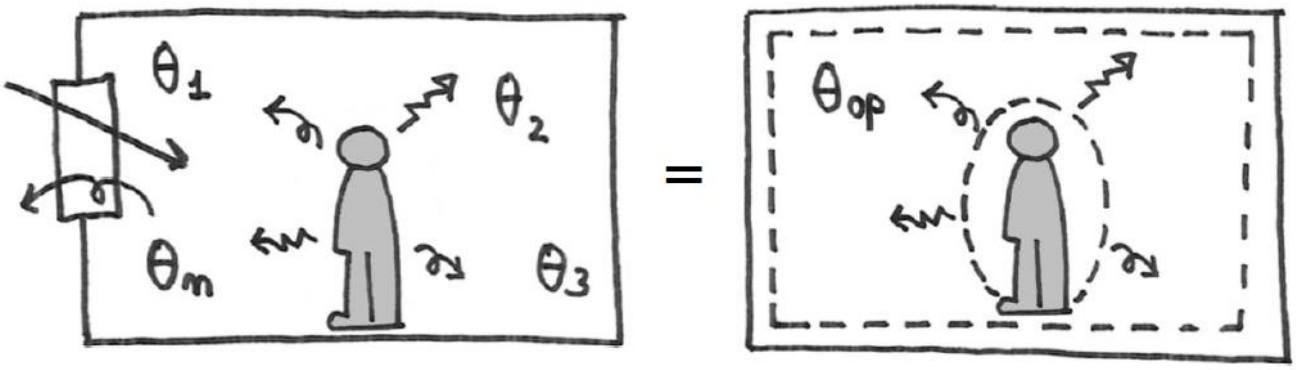
dove:

$\theta_{op,t}$ è la temperatura operante all'ora *t* [°C];

$\theta_{ai,t}$ è la temperatura dell'aria interna all'ora *t* [°C];

$\theta_{mr,t}$ è la temperatura media radiante all'ora *t* [°C].

Il calcolo di queste grandezze si esegue oramai in regime dinamico, con passo orario e in assenza di impianti.
$\theta_{ai,t}$ e $\theta_{mr,t}$ con la nuova UNI EN ISO 52016 vengono valutate non più basandosi su un giorno tipo ma tenendo conto dei dati orari dell'intero anno previsti dalla norma sui dati climatici orari UNI 10349.
La **$T_{operante}$** è il parametro che traduce la percezione termica di una persona all'interno di un ambiente confinato.



Temperatura operante: parametro fittizio rappresentativo di un ambiente uniforme nel quale un soggetto scambierebbe la stessa potenza termica di un ambiente reale non uniforme

5.5 Il comfort adattivo

Il modello di comfort adattivo è descritto nella norma UNI EN 15251:2008 "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", basata sul metodo ASHRAE, che propone due formule: una per determinare la temperatura di comfort e una per determinare l'intervallo di accettabilità delle condizioni interne.

L'equazione per la determinazione del livello di confort rispetto alla temperatura esterna è:

$$\theta_{co} = 18.8 + (0.33 \cdot \theta_{out})$$

dove:

ϑ_{co} è la temperatura di comfort [°C]
ϑ_{out} è la temperatura esterna continua media giornaliera [°C]

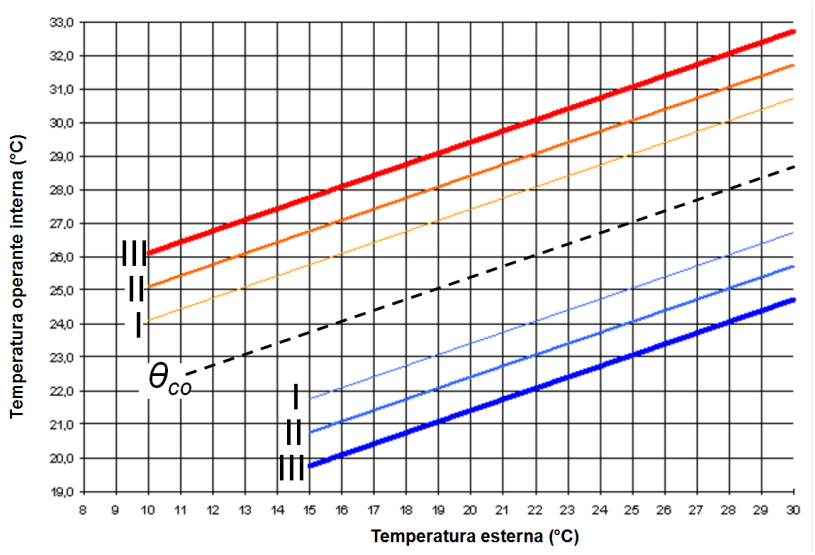
Gli intervalli di comfort sono divisi in tre categorie

$\Delta\theta_{co} = \pm 2°C$ categoria I
$\Delta\theta_{co} = \pm 3°C$ categoria II
$\Delta\theta_{co} = \pm 4°C$ categoria III

dove:

$\Delta\vartheta_{co}$ è l'intervallo di accettabilità per diverse categorie di comfort [°C]

Il grafico mostra la logica di rappresentazione del comfort: i confini delle categorie di comfort I, II e III secondo la norma UNI EN 15251 sono visualizzati in rapporto al valore di comfort tratteggiato che cresce linearmente rispetto alla temperatura esterna ambientale.
Le linee si discostano dal valore di ϑ_{co} (linea tratteggiata) per intervalli rispettivamente di 2, 3 e 4°C. Sull'asse orizzontale è rappresentata la temperatura esterna media mensile, sull'asse verticale la temperatura operante interna [°C].



6 COMPORTAMENTO ESTIVO CON SOLUZIONI EDILTEC

Il presente capitolo descrive due studi condotti su edifici isolati termicamente con soluzioni Ediltec per valutare il fabbisogno energetico di raffrescamento $EP_{C,nd}$ e il comfort con temperature operanti. Nel primo caso si è studiata una zona termica rappresentativa di un piano di due fabbricate con il software TRNSYS, nel secondo si è modellato un ambiente con il software ICARO. Entrambi i software con differenti motori di calcolo valutano il bilancio energetico di una zona termica in regime dinamico e orario.

6.1 Fabbisogno energetico $EP_{C,nd}$

Nello studio sono state prese in esame due tipologie di edifici:

- villetta bifamiliare esistente
- scuola esistente

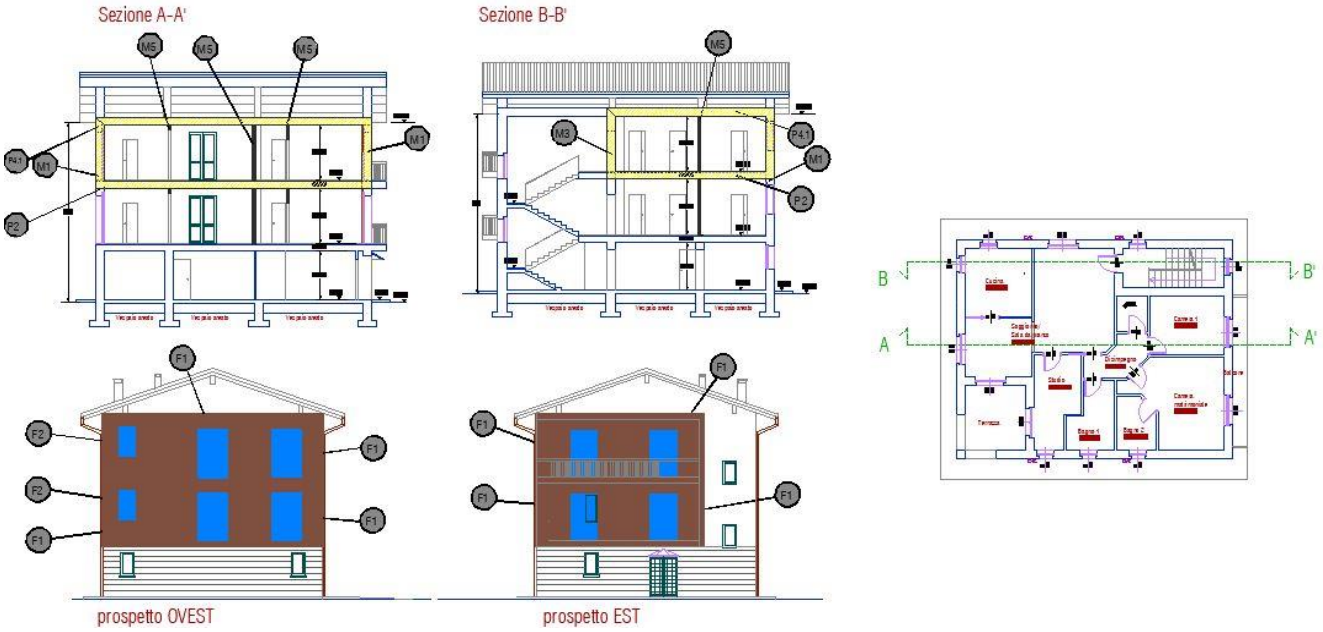
Individuate tre zone climatiche rappresentative del periodo di raffrescamento estivo da molto intenso a meno intenso (Crotone, Roma e Torino) si è realizzata la simulazione dinamica oraria con il software TRNSYS per valutare il fabbisogno energetico di raffrescamento $Q_{C,nd}$ in kWh.

Villetta bifamiliare esistente

Lo studio ha approfondito le conseguenze su edifici esistenti a seguito dell'impiego di materiali isolanti in copertura e in parete in termini di fabbisogno energetico per il raffrescamento (calore sensibile).

Le simulazioni realizzate avevano le seguenti ipotesi:

- edificio esistente non isolato termicamente con struttura in c.a. e tamponamenti in laterizio alveolato con due soluzioni di copertura:
  - copertura leggera in legno non isolata (struttura "leggera")
  - copertura in laterocemento non isolata (struttura "pesante")
- gestione della ventilazione "media"
- uso delle schermature solari "medio"
- superficie vetrata 1/8 della calpestabile



Varianti

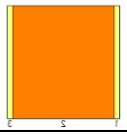
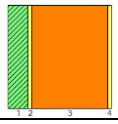
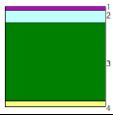
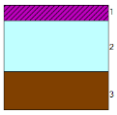
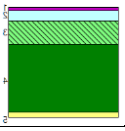
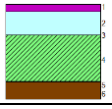
Lo studio ha previsto un confronto tra il modello di cui sopra con queste varianti:

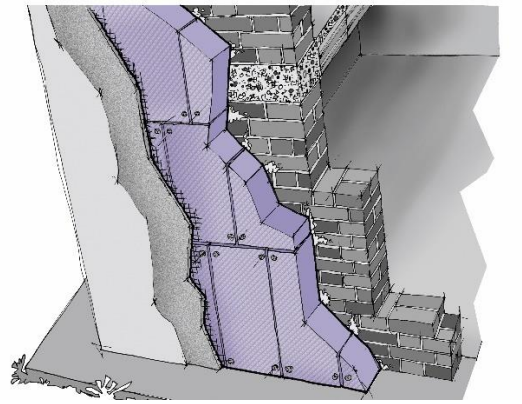
- isolamento della copertura con prodotti Ediltec in accordo con limiti di legge dei requisiti minimi 2021
- isolamento di parete con prodotti Ediltec in accordo con limiti di legge dei requisiti minimi 2021

Risultato

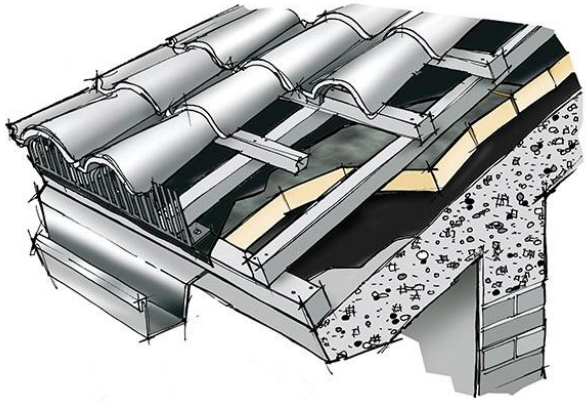
Il risultato dello studio dell'edificio nelle tre province selezionate (KR, RM e TO) è il fabbisogno energetico di calore sensibile (kWh) per il raffrescamento $Q_{C,nd}$ (e per il riscaldamento $Q_{H,nd}$) poi traducibile in € di condizionamento per mantenere la temperatura a 26°C.

L'edifici esistente non isolato è costituito dalla parete M1.1 e dalle coperture P4.1 LAT e P4.1 LEG; le due varianti leggera e pesante. La tabella seguente riassume le caratteristiche delle strutture opache dell'edificio esistente e le successive varianti con soluzioni di isolamento termico.

codice	Stratigrafia	Descrizione	U	Cip	Yie	Attenuazione	Sfasamento	ammettenza	a
			W/m²K	kJ/m²K	W/m²K	[-]	[-]	W/m²K	[-]
M1.1		Parete in singolo laterizio	0.85	51	0.33	0.38	9h 5'	3.4	0.60
M1.2		Parete isolata	0.38	47	0.05	0.13	11h 43'	3.4	0.60
P4.1LAT		Tetto in laterizio	1.50	53	0.49	0.36	7h 25'	3.5	0.60
P4.1LEG		Tetto in legno	2.48	17	1.71	0.80	1h 32'	2.0	0.60
P4.2LAT		Tetto in laterizio isolato	0.32	49	0.07	0.21	9h 16'	3.5	0.60
P4.2LEG		Tetto in legno isolato	0.26	21	0.23	0.91	2h 38'	1.5	0.60
Tabella con i valori relativi a Crotone (zona climatica B)									



Isolamento a cappotto con X-FOAM WAFER



Isolamento copertura con POLIISO SB

Spessori impiegati nei calcoli:

- per l'isolamento a cappotto: 100 mm per Torino, 80 mm per Roma e 50 mm per Crotone.
- per l'isolamento della copertura in laterizio: 100 mm per Torino, 90 mm per Roma e 70 mm per Crotone.
- per l'isolamento della copertura in legno con POLIISO TEGOLA: 100 mm per Torino e 80 mm per Roma e Crotone.

Risultati delle simulazioni

Si riporta il caso di Crotone, provincia tra le più sfavorite a livello di irraggiamento solare. I risultati riguardano la zona termica a contatto con la copertura.

KR - Crotone		Copertura pesante		Copertura leggera	
		non iso	iso	non iso	iso
$Q_{H,nd}$	kWh	15.218	5.089	21.290	5.053
$\Delta Q_{H,nd}$	kWh	-	-10.129	-	-16.237
$EP_{H,nd}$	kWh/m²anno	141	47	197	47
$\Delta EP_{H,nd}$			93,8		150,3
$Q_{c,nd}$	kWh	3.577	3.623	4.835	3.794
$\Delta Q_{C,nd}$	kWh	-	46	-	-1.041
$EP_{C,nd}$	kWh/m²anno	33	34	45	35
$\Delta EP_{C,nd}$			-0,4		9,7

Nella valutazione di efficienza energetica globale bisogna tenere conto sia del periodo invernale che estivo facendo così un bilancio annuale dei risparmi.

Si evince dalla tabella una diminuzione sostanziale del fabbisogno energetico invernale che passa nel caso di strutture in laterocemento da 141 kWh/m²anno a 47 kWh/m²anno, analogamente nel caso della copertura in legno da 197 kWh/ m² anno a 47 kWh/m² anno.

Nel periodo estivo l'isolamento termico non produce una sostanziale differenza di fabbisogno energetico, se non anche in questo caso un piccolo miglioramento per le coperture leggere (passando da 45 kWh/m²anno a 35 kWh/m²anno).

Si nota inoltre come l'edificio con copertura leggera, se correttamente isolato, raggiunge gli stessi livelli di fabbisogno dell'edificio con struttura pesante sia nel periodo invernale che nel periodo estivo ($EP_{C,nd}$ 33,5 kWh/m² anno e 35,1 kWh/m² anno) pur avendo una prestazione iniziale decisamente peggiore. Questo significa che l'isolamento eseguito ha migliorato la situazione estiva più sulla struttura leggera che su quella pesante.

Confrontiamo i dati di Crotone con quelli di Roma e Torino riportati nella tabella di seguito:

		RM - Roma				TO - Torino			
		Copertura pesante		Copertura leggera		Copertura pesante		Copertura leggera	
		non iso	iso	non iso	iso	non iso	iso	non iso	iso
$Q_{H,nd}$	kWh	18.632	5.652	25.477	5.903	30.253	10.354	40.572	10.390
$\Delta Q_{H,nd}$	kWh	-	-12.980	-	-19.574	-	-19.899	-	-30.182
$EP_{H,nd}$	kWh/m²anno	173	52	236	55	280	96	376	96
$\Delta EP_{H,nd}$			120,2		181,2		184,2		279,5
$Q_{c,nd}$	kWh	2.409	2.968	3.711	3.138	1.006	1.613	1.674	1.732
$\Delta Q_{C,nd}$	kWh	-	559	-	-573	-	607	-	58
$EP_{C,nd}$	kWh/m²anno	22	28	34	29	9	15	16	16
$\Delta EP_{C,nd}$			-5,2		5,3		-5,6		-0,5

È abbastanza ovvio che le zone più fredde come Torino abbiano un maggior vantaggio invernale (di riduzione del fabbisogno per il riscaldamento) nell'isolare termicamente le proprie strutture e questo vantaggio è, per tutte le località, maggiore agendo su sistemi leggeri.

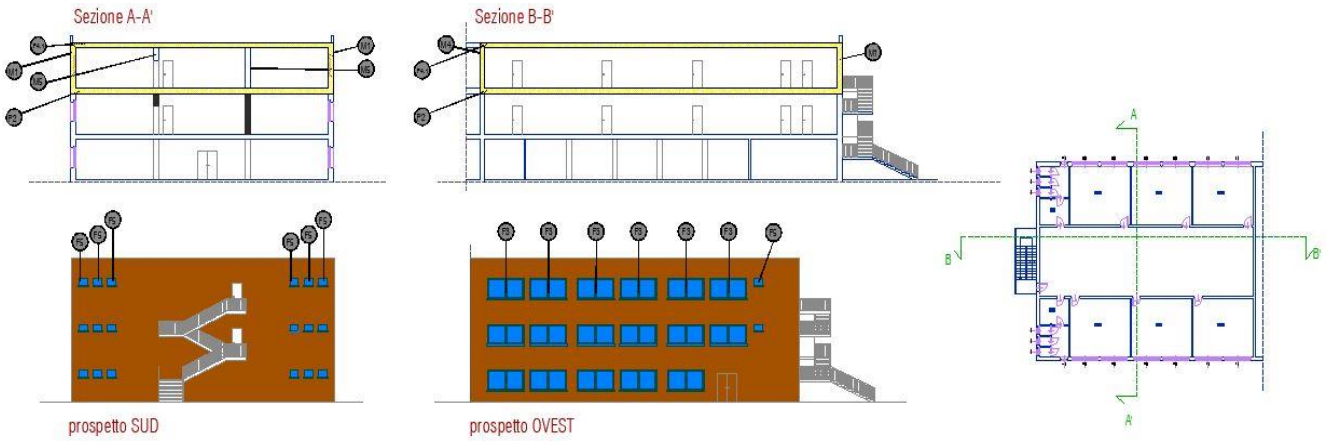
Il fabbisogno estivo sembrerebbe influenzato sia dalla tipologia di struttura che dalla zona climatica.
Crotone, più sottoposta all'irraggiamento solare di Torino, verifica un miglioramento sostanziale soprattutto nell'isolamento delle strutture leggere. Questa tendenza sembra meno presente se si analizzano zone climatiche più fredde, infatti a Torino si verifica un piccolo peggioramento sulla struttura pesante mentre non cambia nulla sulla struttura leggera.

È importante sottolineare come il bilancio tra estate e inverno è sempre e comunque positivo in quanto il risparmio invernale è molto più elevato rispetto a piccole variazioni negative che possono verificarsi nel periodo estivo (nella situazione peggiore riscontrata a Roma ho $\Delta EP_{H,nd}$ pari a 120 kWh/m^{2}anno su $\Delta EP_{C,nd}$ pari a -5,2 kWh/m^{2}anno).

Scuola esistente
Lo studio ha avuto lo scopo di approfondire le conseguenze su edifici esistenti tipo scuola a seguito dell'impiego di materiali isolanti in copertura e in parete e della sostituzione di serramenti in termini di comfort, fabbisogno energetico (sensibile). Rispetto alla villetta cambia la tecnologia costruttiva e la gestione dei carichi interni.

Le simulazioni riguardano:

- porzione di scuola esistente non isolata termicamente con struttura in c.a. e tamponamenti in blocchi prefabbricati in c.a con una soluzione di copertura in laterocemento non isolata
- gestione della ventilazione "media"
- uso delle schermature solari" medio"
- serramenti in metallo con vetro singolo



Varianti
Rispetto al modello iniziale sono state apportate le seguenti varianti:

- isolamento della copertura con prodotti Ediltec in accordo con limiti di legge dei requisiti minimi 2021
- isolamento di parte con prodotti Ediltec in accordo con limiti di legge dei requisiti minimi 2021
- sostituzione dei serramenti in accordo con limiti di legge dei requisiti minimi 2021 (trasmittanza e controllo del coefficiente globale g_{tot})

Risultato
Il risultato dello studio dell'edificio nelle tre province selezionate (KR, RM e TO) è il fabbisogno energetico di calore sensibile (kWh) per il raffrescamento $Q_{C,nd}$ (e per il riscaldamento $Q_{H,nd}$) poi traducibile in € di condizionamento per mantenere la temperatura a 26°C.
In questo caso non è stata analizzata la variante con copertura in legno leggera quindi si confronteranno le ipotesi con o senza isolamento su struttura in laterocemento.

Si riportano di seguito i dati di confronto dei fabbisogni tra le varie località prese in considerazione.

		KR - Crotone		RM - Roma		TO - Torino	
		Copertura pesante		Copertura pesante		Copertura pesante	
		non iso	iso	non iso	iso	non iso	iso
$Q_{H,nd}$	kWh	67.299	29.022	80.260	33.783	125.973	54.948
$\Delta Q_{H,nd}$	kWh	-	-38.277	-	-46.477	-	-71.025
$EP_{H,nd}$	kWh/m²anno	135	58	161	68	252	110
$\Delta EP_{H,nd}$			76,6		92,9		142
$Q_{c,nd}$	kWh	10.030	8.046	6.524	5.698	2.046	2.495
$\Delta Q_{C,nd}$	kWh	-	-1.984	-	-826	-	449
$EP_{C,nd}$	kWh/m²anno	20	16	13	11	4	5
$\Delta EP_{C,nd}$			4,1		1,6		-0,9

Anche in questo edificio risulta sempre un miglioramento delle condizioni energetiche a seguito di una riduzione del fabbisogno sia invernale che estivo a fronte dell'intervento di isolamento.

Lo studio del comportamento estivo di una zona termica può essere affrontato studiando il fabbisogno energetico se si prevede l'impiego di un impianto, ma anche valutando la temperatura operante interna senza impianto in accordo con il già descritto concetto di comfort adattivo. La dimensione di questo aspetto è maggiormente spostata sull'ambiente di una zona termica più che su un'intera unità abitativa.

Lo studio realizzato per singola zona termica relativo al fabbisogno energetico è stato quindi approfondito su **alcuni ambienti sfavoriti della villetta bifamiliare** ipotizzando l'assenza di impianto di raffrescamento e quindi verificando il comfort adattivo.
In questo caso si è proceduto a valutare la temperatura operante in accordo con la norma UNI EN ISO 52016 del 2018 e con il software ICARO distribuito da ANIT.

6.2 Comfort e temperatura operante

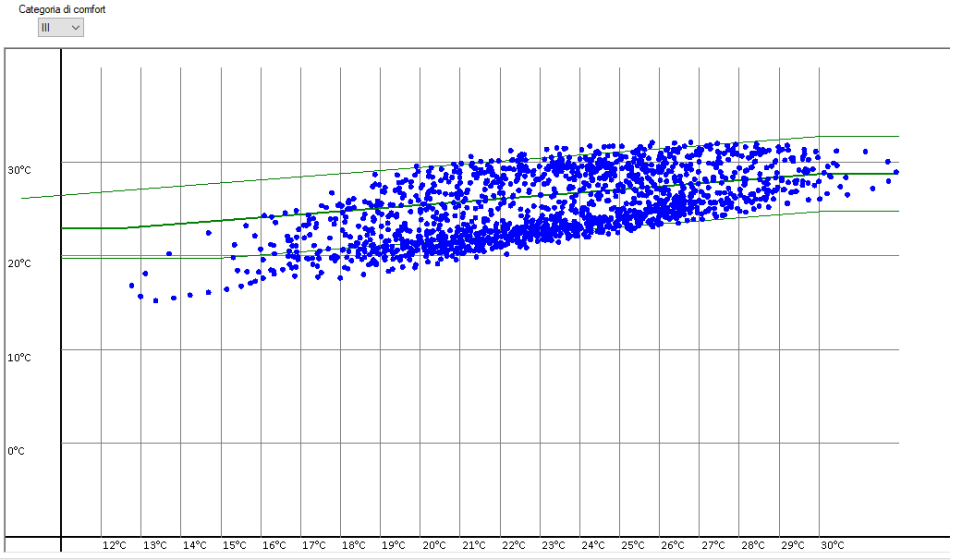
Come è stato descritto in precedenza l'obiettivo di avere comfort estivo all'interno di un ambiente è da raggiungere lavorando **in sinergia con tutti i contributi del bilancio energetico di una zona termica**: sole, isolamento, inerzia, ventilazione e schermature.
Si è proceduto valutando se l'isolamento in copertura con i prodotti di Ediltec può portare a condizioni di comfort.
Le condizioni di modellazione della stanza più sfavorita (per esposizione e numero di superfici) sono state:

- diverse superfici vetrate (30% della superficie verticale) schermabili con tende bianche interne;
- parete esistente non isolata termicamente;
- solaio di copertura in laterizio a contatto con l'esterno isolato con prodotti Ediltec;
- produzione interna di energia data dal carico termico delle persone notturno (100 W);
- infiltrazioni naturali di aria durante il giorno (0,3 volumi ora) e maggiore areazione durante la notte (1 volume ora).

La zona termica con copertura isolata termicamente e una gestione della ventilazione e delle schermature delle parti trasparenti adeguata porta a valori di temperatura operante oraria riassunti nel grafico sottostante (per il periodo estivo valutato dal 1° luglio al 1° settembre a Roma):

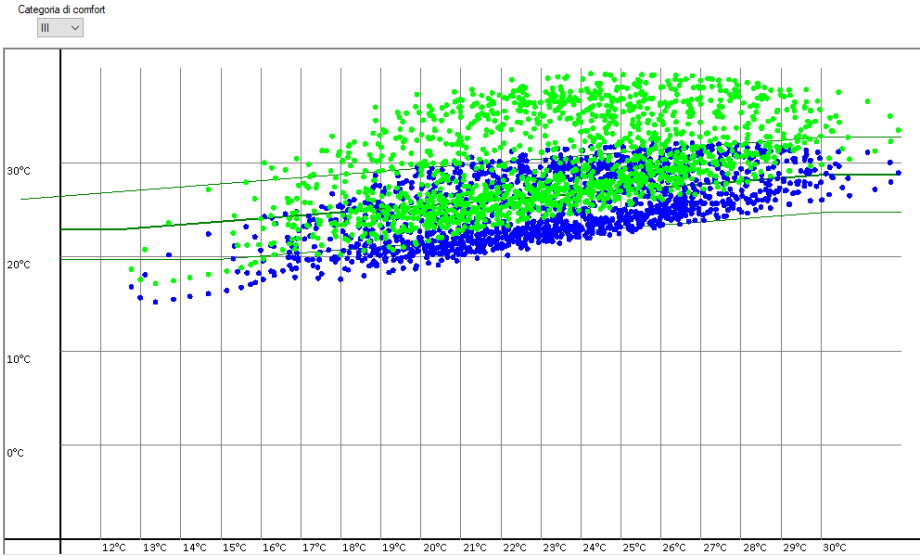
- ore di discomfort dovute al caldo: 4.5% con una distanza di 0.45 °C dalla zona di comfort.

Il risultato mostra quanto già ampiamente documentato: il comfort estivo interno di un ambiente è condizionato da tutti i contributi che costituiscono il bilancio energetico. Un'azione corretta su buona parte dei contributi rende efficace la progettazione estiva.



Temperatura operante oraria **in blu della zona termica con copertura isolata e ben gestita** dal 1° luglio al 1° settembre a Roma

Si è ipotizzato di introdurre degli errori di progettazione/gestione. Per esempio se la gestione della ventilazione e delle schermature non è idonea il risultato di comfort non è più raggiungibile come mostra il secondo grafico con sovrapposto ai risultati precedenti quelli relativi alle temperature operanti di luglio e agosto (in verde).



Temperatura operante oraria **in blu della zona termica con copertura isolata e ben gestita e in verde di quella con copertura isolata e mal gestita** dal 1° luglio al 1° settembre a Roma

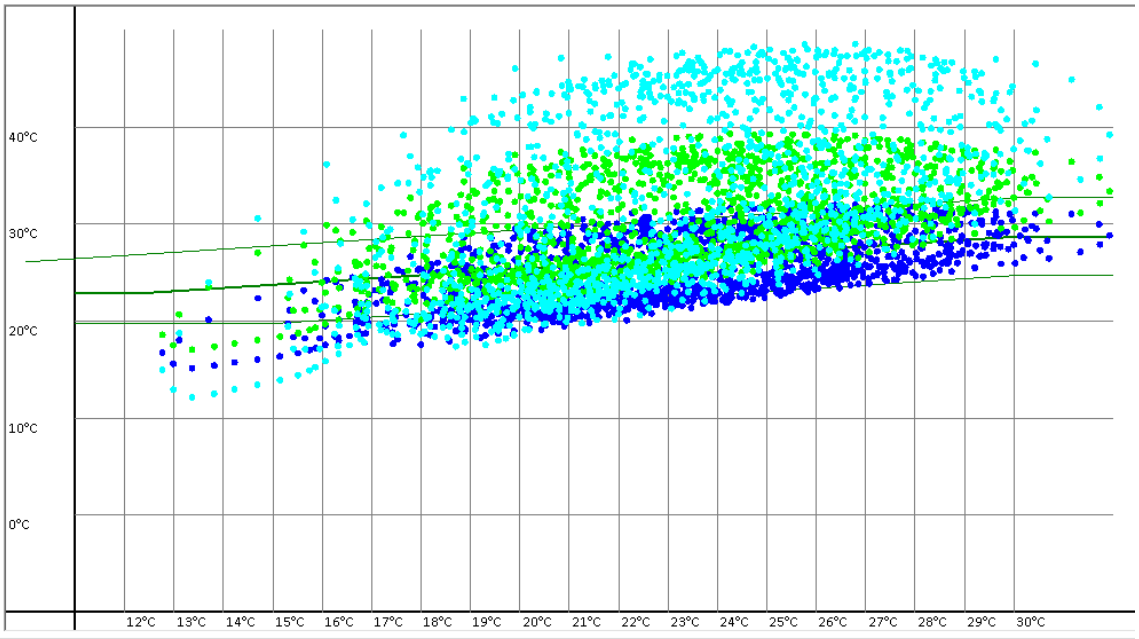
Non isolare per dissipare?

E se la copertura non fosse isolata? Di fronte alla simulazione precedente si potrebbe pensare di dissipare maggiormente dalla copertura non isolandola termicamente e quindi di abbassare mediamente la temperatura operante interna. Il ragionamento non è corretto poiché se è vero che è maggiore la dissipazione è altresì vero che è maggiore l'ingresso di energia solare attraverso la superficie opaca.

Il risultato di avere strutture poco isolate termicamente è di avere poca inerzia nei confronti delle sollecitazioni positive (dissipazione) e negative (carico termico).

Il risultato è di una zona termica fortemente condizionata dalle variazioni esterne mentre è maggiormente auspicabile che una zona abbia come funzione la protezione dalle condizioni esterne.

Il grafico sottostante evidenzia in azzurro le temperature operanti di luglio e agosto dell'ambiente oggetto di studio con copertura non isolata termicamente e inadeguata gestione della ventilazione e delle schermature solari. Si può vedere come la maggiore possibile dissipazione della struttura, rispetto al caso della copertura isolata, non porti a benefici di comfort.



Temperatura operante oraria **in blu della zona termica con copertura isolata e ben gestita,** **in verde di quella con copertura isolata e mal gestita** e **in azzurro quella con copertura non isolata e mal gestita** dal 1° luglio al 1° settembre a Roma

Torino		
Descrizione	Ore discomfort caldo	Distanza media dalla zona di comfort
Camera ben gestita con copertura isolata	68/1512 – 4.5%	0.45 °C
Camera mal gestita con copertura isolata	615/1512 – 40.7%	4.10 °C
Camera mal gestita con copertura non isolata	767/1512 – 50.7%	8.79 °C

I risultati non vengono alterati come scenario generale dal cambio di località a Roma o Crotone.

7 CONCLUSIONI

Il manuale descrive il punto della situazione sulle coperture degli edifici in riferimento alla legislazione vigente e alle possibilità di progettazione.

La legislazione vigente, il "DM requisiti minimi" del 26/05/2015 e i Criteri Ambientali Minimi "CAM", impongono l'attenzione alla corretta progettazione delle coperture per i seguenti aspetti energetici:

- prestazioni invernali
- prestazioni estive
- prestazioni igrometriche

I parametri della progettazione "per componente", la trasmittanza termica stazionaria U e quella periodica Yie, sono ben conosciuti e la scelta dei prodotti isolanti, documentata con gli esempi di materiali di Ediltec, può essere fatta agevolmente nel rispetto delle norme dedicate al calcolo e alla progettazione basandosi sulle caratteristiche dei prodotti: conduttività termica e spessore per U, conduttività termica, spessore, calore specifico e densità per Yie.

I CAM hanno per la prima volta, per quanto riguarda gli obblighi legislativi, introdotto il tema del comfort e della temperatura operante negli edifici durante il periodo di raffrescamento. La temperatura operante è frutto dei diversi contributi del bilancio energetico di un edificio: guadagni solari dalle superfici opache e trasparenti, ventilazione, carichi interni e capacità termica della zona termica.

Gli studi realizzati con EDILTEC relativi al fabbisogno energetico per il raffrescamento e del comfort adattivo in assenza di impianti, mostrano che le strutture opache ben isolate termicamente svolgono adeguatamente la funzione di:

- ridurre drasticamente le dispersioni di energia durante il periodo invernale
- annullare l'ingresso di energia solare dalle strutture

Edifici e zone termiche ben gestite dall'utenza hanno un comportamento estivo che rientra nelle fasce di comfort ovvero "isolare conviene, d'inverno come d'estate".

Gli studi condotti mostrano che un non adeguato utilizzo dell'edificio che comporta ingresso di energia solare dalle superfici vetrate non può essere compensato dalla maggiore dissipazione di strutture non isolate.
È altresì vero che l'utilizzo non adeguato dell'edificio porta al surriscaldamento degli ambienti anche se isolati termicamente.

In conclusione è centrale il ruolo della progettazione estiva degli edifici e anche la corretta gestione degli stessi.

8 CONTATTI

- **ANIT, Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e acustico**
  www.anit.it
  info@anit.it

- **EDILTEC S.r.l.**
  Sede operativa: Via Giardini 474/M – 41124 Modena
  Tel. 059 2916411
  Fax. 059 344232
  Sito web: www.ediltec.com
  E-mail**:** info@ediltec.com

NOTE

ANIT, Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e acustico, ha tra gli obiettivi generali la diffusione, la promozione e lo sviluppo dell'isolamento termico ed acustico nell'edilizia e nell'industria come mezzo per salvaguardare l'ambiente e il benessere delle persone.

ANIT

- diffonde la corretta informazione sull'isolamento termico e acustico degli edifici
- promuove la normativa legislativa e tecnica
- raccoglie, verifica e diffonde le informazioni scientifiche relative all'isolamento termico ed acustico
- promuove ricerche e studi di carattere tecnico, normativo, economico e di mercato.

I soci **ANIT** si dividono nelle categorie

- **SOCI INDIVIDUALI**: Professionisti e studi di progettazione
- **SOCI AZIENDA**: Produttori di materiali e sistemi per l'isolamento termico e acustico
- **SOCI ONORARI**: Enti pubblici e privati, Università e Scuole Edili, Ordini e Collegi professionali

---

STRUMENTI PER I SOCI

I soci individuali ricevono



Costante **aggiornamento sulle norme in vigore** con le GUIDE



I software per calcolare **tutti i parametri** energetici, igrotermici e acustici degli edifici



Servizio di **chiarimento tecnico** da parte dello Staff



Abbonamento alla rivista specializzata **Neo-Eubios**

www.anit.it | **info@anit.it** | **Tel. 0289415126**

ANIT - Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e acustico
Via Lanzone 31- 20123 – Milano