

Analisi parametrica del comportamento energetico di coperture ventilate in Italia

L. Danza*, F. Salamone*

(*) ITC-CNR, Istituto per le Tecnologie della Costruzione – Consiglio Nazionale delle Ricerche
Via Lombardia, 49 – 20098, San Giuliano Milanese (MI)

Introduzione

Il tetto, a causa della sua elevata superficie, è tra gli elementi dell'involucro edilizio che maggiormente contribuisce alla dispersione del calore durante la stagione invernale e provoca surriscaldamento nei mesi estivi. Isolarlo vuol dire innanzitutto ridurre i consumi di energia guadagnando sia in termini strettamente economici, sia in termini di abitabilità degli spazi interni. Oggi le numerose tecniche d'intervento permettono di far fronte alle diverse richieste dell'utente, ma è necessario porre attenzione al contesto in cui applicare la copertura che raggiunge il miglior compromesso tra le prestazioni nel periodo estivo e in quello invernale.

A tal scopo il presente studio intende estrapolare i risultati sperimentali, ottenuti in celle di prova, in termini di comportamento energetico di coperture tradizionali ed innovative, per determinare mediamente la copertura più idonea per ogni singola provincia del territorio italiano, tenuto conto delle differenti condizioni climatiche.



Figura 1 Cella di prova montante la copertura ventilata

Grazie ad un contratto di ricerca stipulato tra ITC-CNR e la multinazionale Tegola Canadese spa, sono state condotte, per mezzo di celle di test esterne, alcune sperimentazioni in opera riguardo due differenti sistemi di chiusura orizzontale superiore di seguito elencati:

- tetto “caldo”;
- tetto ventilato.

Il tetto “caldo” è una tipologia di copertura adottata tradizionalmente che prevede uno strato di isolante al di sotto di uno strato impermeabile privo di una sezione d'intercapedine d'aria aperta.

Il tetto ventilato, invece, rispetto al tetto caldo, presenta un'intercapedine d'aria di 5 cm posta al di sopra dello strato isolante, la cui stratigrafia è rappresentata in dettaglio in figura.

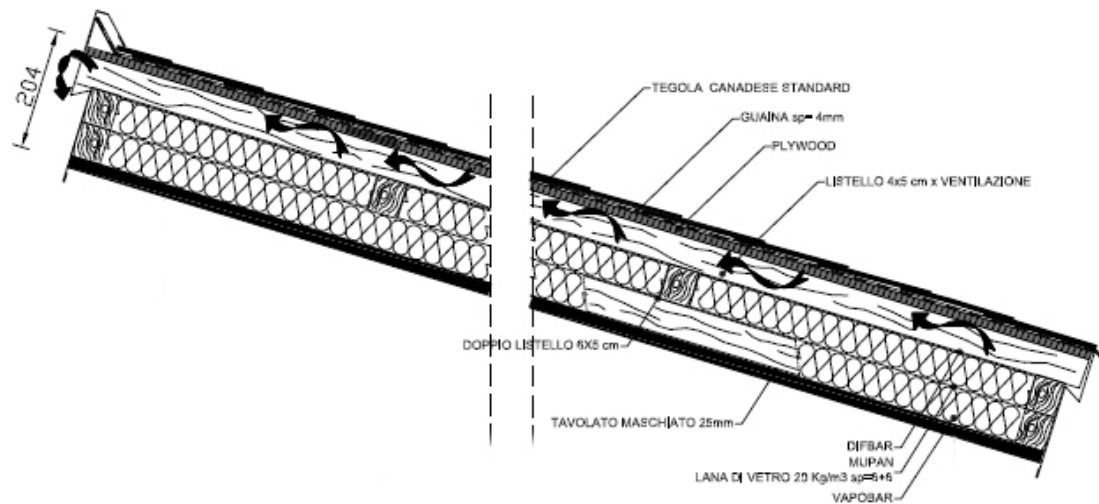


Figura 2 Stratigrafia del tetto ventilato

Le suddette coperture sono state monitorate per un intero ciclo annuale e sono stati posti a confronto i consumi energetici, il comfort e infine le prestazioni fluidodinamiche delle sole coperture ventilate.

Il clima

In Italia coesistono diversi climi caratterizzati dalla presenza delle Alpi, degli Appennini e delle lunghe coste che delimitano il territorio. L'arco alpino al di sopra dei 1000 metri di quota presenta un clima temperato continentale con temperature medie in inverno al di sotto di 0°C. Alcune zone nord-occidentali sono caratterizzate da temperature sensibilmente maggiori dovute all'effetto föhn. Il clima temperato continentale si estende nella Pianura Padana ed è in parte influenzato dalla presenza delle vicine Alpi. Le temperature medie sono superiori a 0°C in inverno e superiori a 20°C in estate. Scendendo di latitudine si trovano gli Appennini in cui si registra un clima temperato (tranne in corrispondenza del Gran Sasso dove il clima è più freddo) che diventa più mite avvicinandosi alle coste. Da un lato la costa tirrenica presenta un clima mediterraneo con temperature in inverno superiori a 5°C. Campania, Calabria e le Isole maggiori registrano invece temperature più alte. Dall'altro la costa adriatica è divisa in due parti. Da nord fino alla Romagna il clima è considerato temperato continentale a causa dei venti freddi provenienti da nord, mentre discendendo lungo la costa si registra un clima mediterraneo; in particolare in Puglia le temperature sono pressoché equiparabili a quelle della costa sud tirrenica.

Sulla base delle predette caratteristiche, sono stati presi in considerazione per le analisi i dati climatici italiani messi a disposizione dal CTI; nello specifico sono state analizzate le temperature medie e l'irradianza media sul piano orizzontale per i mesi di Gennaio e Luglio.

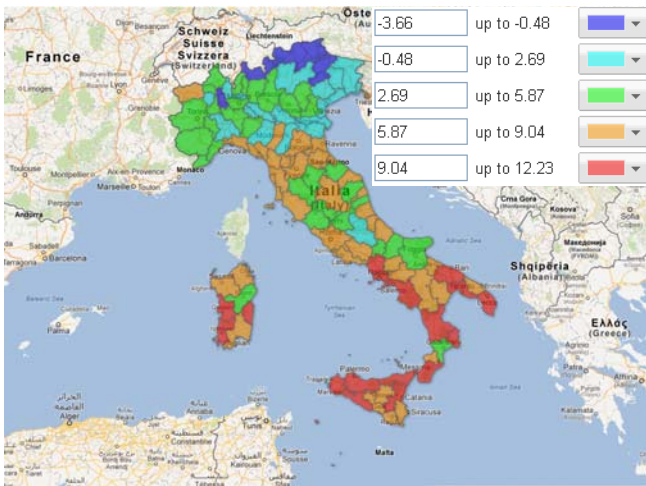


Figura 3 Gennaio - Temperature medie per riscaldamento in Italia

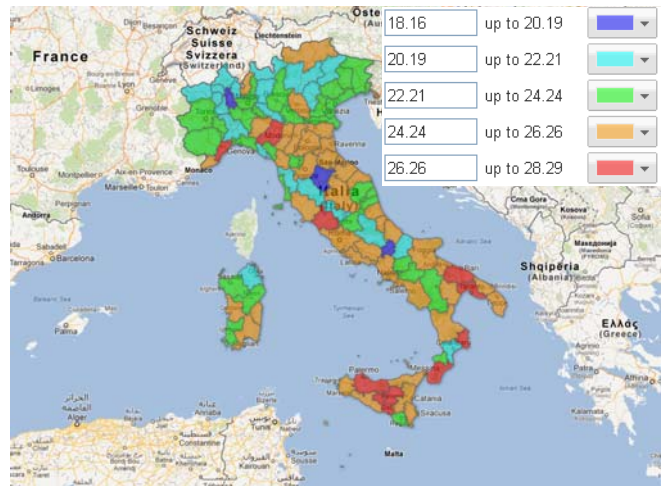


Figura 4 Luglio - Temperature medie per raffrescamento in Italia

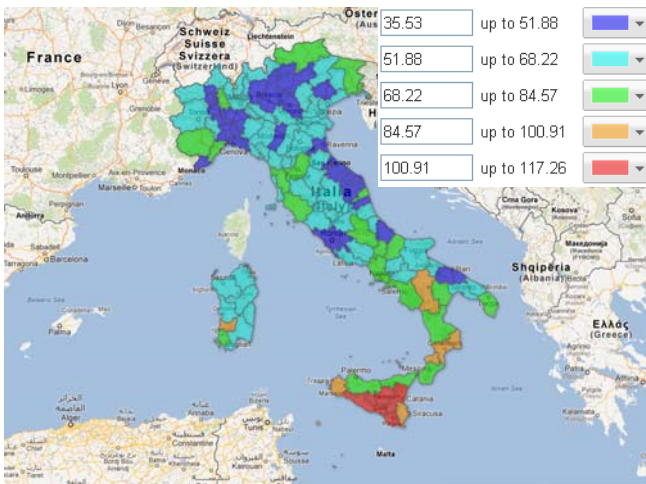


Figura 5 Gennaio - Radiazione solare media per riscaldamento in Italia

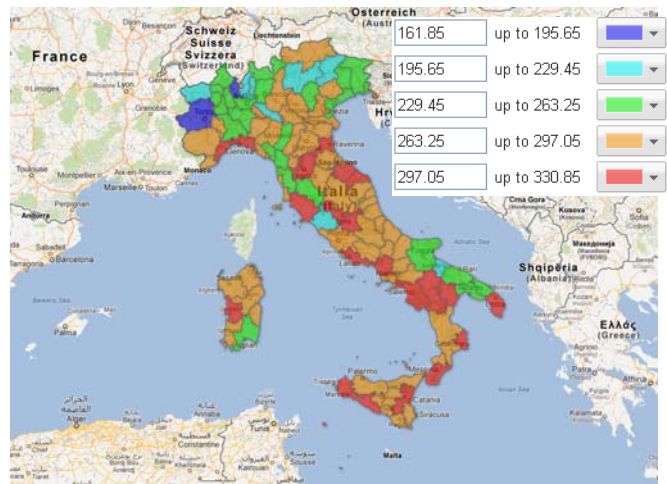


Figura 6 Luglio - Radiazione solare media per raffrescamento in Italia

La sperimentazione

Una campagna sperimentale si avvale principalmente di misure svolte in condizioni d'opera in ambienti a temperatura controllata ma spesso è accompagnata da analisi di laboratorio e calcoli teorici.

La conduzione di una sperimentazione su coperture innovative non può prescindere dal considerare e misurare una serie di variabili "indipendenti". Tali parametri influenzano intrinsecamente le prestazioni del sistema e solo un'accorta progettazione permette di sfruttarli a proprio vantaggio. I risultati che ne emergono consentono di poter valutare al meglio il comportamento delle variabili dipendenti o determinare algoritmi di funzionamento al fine di ottimizzare le prestazioni complessive del sistema.

Il monitoraggio, progettato utilizzando appropriati strumenti di misura, ha permesso di controllare due tipologie di variabili, definite dirette e indirette. Le prime vengono direttamente misurate dai sensori: velocità, pressione e temperatura dell'aria, temperatura superficiale e radiante, umidità relativa, contabilizzazione dell'energia consumata e flussi termici. Le variabili indirette si avvalgono, invece, di valori misurati in opera e di specifiche procedure di calcolo, talvolta normate:

comfort termo-igrometrico, entalpia e calore asportato dalla copertura ventilata, sfasamento e attenuazione, trasmittanza termica, tipologia di moto convettivo e di convezione.

Per il monitoraggio delle condizioni climatiche si è fatto riferimento ad una centralina meteo presente in Istituto; si tratta di un sistema analogo a quello presente nelle celle di prova, costituito da un *datalogger* e da sensori di temperatura e umidità relativa, di radiazione solare globale e anemometro sonico triassiale.

Nella fattispecie per le analisi qui esposte, a partire dai dati registrati ad intervalli di un'ora, sono stati ottenuti i valori medi dei consumi energetici e di due grandezze ambientali (temperatura esterna e radiazione solare globale). Questi valori sono stati correlati per mezzo del metodo della Firma Energetica che pone a confronto i consumi reali con una variabile ambientale. Così facendo si è potuto stabilire una relazione empirica che è stata successivamente impiegata per valutare i consumi ipotetici delle stesse celle, tenuto conto dei valori medi stagionali di temperatura esterna e irraggiamento, nelle varie province italiane.

Rilievo algoritmi di ottimizzazione

In estate l'efficienza di una copertura ventilata aumenta all'aumentare della temperatura esterna; pur migliorando il proprio comportamento, nel complesso, il consumo energetico è mediamente sempre minore di una copertura non ventilata.

Si osserva comunque che con temperature esterne inferiori a 9.5 [°C] il risparmio energetico conseguibile con un tetto ventilato, rispetto ad uno non ventilato, è ininfluente al variare della radiazione solare. Per valori di temperatura superiori, i consumi della cella con copertura ventilata sono invece influenzati dalla radiazione solare. In virtù di queste considerazioni, per valori inferiori a circa 120 [W/m²] si osserva una migliore efficienza del tetto ventilato. Al contrario per valori superiori a circa 120 [W/m²] la copertura ventilata, rispetto al tetto caldo, sfrutta in maniera limitata gli apporti solari a causa della presenza dei condotti di ventilazione lungo la copertura.

La suddetta anomalia è giustificata osservando il grafico a radar.

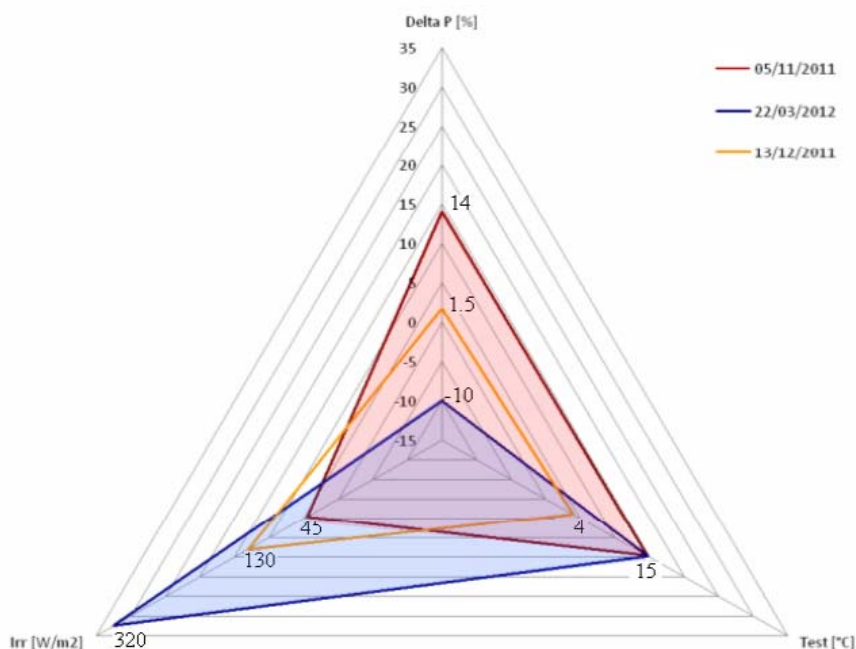


Figura 7 Andamento del risparmio energetico in funzione della temperatura e dell'irraggiamento

Si evince infatti che a parità di temperatura media esterna, pari a 15 [°C], il consumo rilevato in due giorni distinti (05 novembre e 22 marzo 2012) possa essere molto diverso. La causa di ciò sta proprio nella quantità di radiazione solare misurata. Per valori superiori a circa 320 [W/m²] la copertura non ventilata risulta più efficiente risparmiando il 10% di energia (piano blu); per valori

di radiazione inferiori (circa 50 W/m^2) è la cella con copertura ventilata ad essere più parsimoniosa risparmiando circa il 14% (piano rosso).

Estrapolazione dei risultati

Si sottolinea innanzitutto come il contributo energetico di una copertura possa variare in funzione ad esempio della superficie disperdente dell'intero involucro, del fattore di forma o della superficie trasparente rispetto a quella calpestabile.

Sulla base delle linee di tendenza del risparmio energetico delle coperture innovative rispetto al tetto caldo, ottenute in funzione della radiazione solare globale media diurna e della temperatura media esterna, è stato possibile mappare il comportamento medio in Italia ipotizzandone l'installazione in ogni provincia.

Nelle seguenti figure si evidenzia la soluzione più conveniente dal punto di vista del risparmio energetico ottenibile, a seconda che ci si trovi nel periodo estivo o invernale. Mettendo a confronto il tetto caldo (■) e il tetto ventilato tradizionalmente (■), si delinea il seguente quadro d'insieme per la fase di riscaldamento.

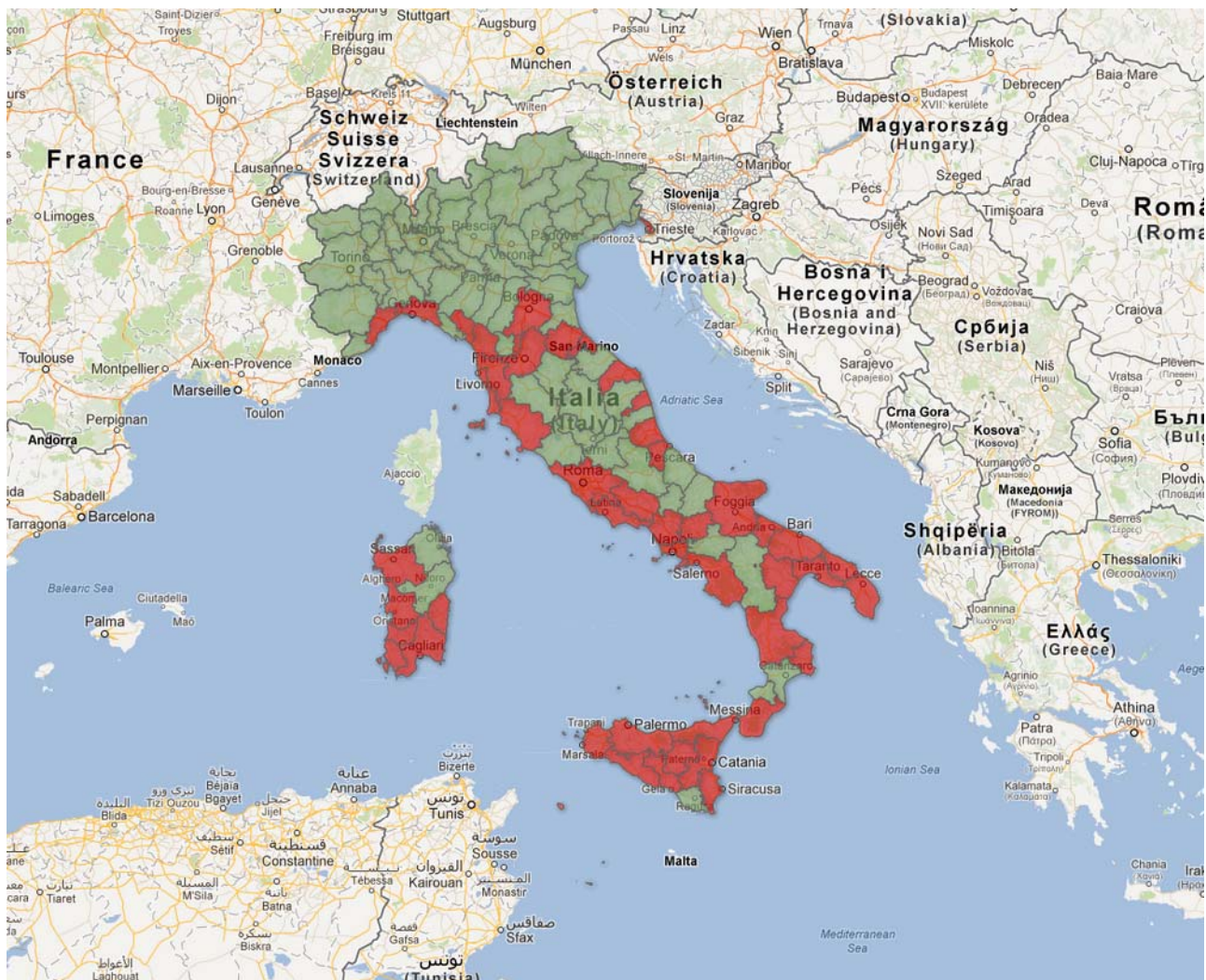


Figura 8 Riscaldamento: soluzione più conveniente in funzione dei valori medi di temperatura stagionali

Dalla Figura 8 si evince che il tetto ventilato tradizionalmente è da prediligersi per quelle province, poste prevalentemente lungo la costa, per le quali la temperatura media è superiore a $10 \text{ [}^\circ\text{C]}$.

In fase di raffrescamento (Figura 9) la copertura ventilata (■) è senza dubbio la soluzione più conveniente da adottare per qualsiasi provincia italiana.



Figura 9 Raffrescamento: soluzione più conveniente in funzione dei valori medi di temperatura

Considerazioni finali

Riassumendo, si possono definire i campi di applicazioni di ciascuna copertura in funzione di temperatura e radiazione solare globale. Ovviamente il presente assunto non può prescindere dalla morfologia dell'edificio sul quale si intende intervenire (superficie di copertura, destinazione d'uso, ecc.). Le celle esterne utilizzate nella sperimentazione, che presentano geometrie finalizzate a "isolare" il comportamento energetico rispetto al resto dell'involucro, hanno consentito di ottenere i risultati sopra esposti.

E' possibile inoltre determinare una logica di controllo che possa ottimizzare i consumi della copertura ventilata durante tutto l'arco dell'anno. A tal proposito, con temperature esterne medie invernali inferiore a 5 [°C] il tetto caldo consuma meno. Per temperature esterne superiori a 9.5 [°C] allora il tetto ventilato tradizionalmente consente di ottimizzare i consumi.

In fase di raffrescamento, data la particolare disposizione geografica del territorio italiano, si può comunque sempre ritenere mediamente sempre vantaggioso adottare una copertura ventilata tradizionalmente.