

### SCHEDA TECNICA C2) INTERVENTI SULL'INVOLUCRO C2.b) ISOLAMENTO TERMICO: MATERIALI OPACHI

#### STATO DELL'ARTE

##### Generalità

La maggior parte del contatto con l'ambiente esterno di un edificio avviene attraverso superfici opache come muri perimetrali, tetto e pavimento. È evidente il ruolo ricoperto da questi elementi nel mantenere il comfort negli ambienti interni. A tal proposito, per progettare un edificio in modo che possa risentire il meno possibile delle condizioni e variazioni termiche esterne, oltre ad agire su altri elementi strutturali (superfici finestrate) e sull'esposizione dell'edificio, si interviene spesso sull'inerzia termica delle superfici opache. Aumentando l'inerzia termica, la temperatura dell'ambiente interno potrà variare sempre meno. L'inerzia termica si può aumentare usando materiali ad alta densità, in modo che anche la capacità di accumulo del calore sia elevata. Molte volte si può intervenire anche con intercapedini o con rivestimenti isolanti, che hanno un ulteriore effetto smorzante delle oscillazioni interne di temperatura.

La struttura delle coperture deve anch'essa garantire le medesime caratteristiche di resistenza termica delle mura perimetrali. Si possono quindi adottare delle soluzioni per migliorare l'isolamento termico di coperture tramite l'opportuna scelta dei materiali, oppure usando controsoffittature e intercapedini d'aria. È importante per le coperture anche l'inclinazione e la forma: a parità di superficie interna, la soluzione con tetto inclinato o a volta (che è presente di solito nelle regioni calde) permette di distribuire meglio la radiazione solare durante il giorno e dissipare maggiore calore durante la notte.

##### Tecnologia

Le principali tecnologie usate per l'isolamento delle chiusure opache che riguardano le chiusure verticali sono di seguito elencate (v. tab.1):

- 1) Isolamento termico dall'interno.
- 2) Isolamento termico nell'intercapedine.
- 3) Isolamento termico dall'esterno (a cappotto).
- 4) Isolamento termico con sistemi ventilati.
- 5) Impiego di blocchi isolanti.
- 6) Interventi sui punti singolari.

1) Questo sistema consiste nell'isolamento delle pareti esterne, intervenendo all'interno dell'edificio. Esistono quattro tecnologie differenti, ormai consolidate da molte applicazioni:

- Realizzazione di una controparte in laterizio forato o latero-gesso, con finitura di intonaco, e immissione nell'intercapedine così creata di un isolante idoneo, eventualmente dotato di barriera al vapore. Questo sistema fornisce generalmente buoni risultati di protezione termica, ma richiede uno spessore aggiuntivo considerevole, dovuto alla controparte in laterizio, che diminuisce l'abitabilità interna. Inoltre, essendo una tecnologia da realizzarsi in opera, usa materiali e attrezzature ingombranti che mal si adattano ad interventi in abitazioni occupate.
- Realizzazione di una parete in legno o cartongesso. L'isolante viene inserito nello spazio ricavato nell'intercapedine.
- Realizzazione di una controparete da addossare direttamente al muro, sostenuta per mezzo di incollaggio e costituita da pannelli di isolante, barriera al vapore e cartongesso
- Realizzazione dell'isolamento mediante un sistema ad intonaco sottile, costituito da polistirene estruso o calcio-silicato direttamente incollato alla parete e finito con intonaco idoneo applicato senza rete. Questo sistema è relativamente recente e la sua diffusione non è ancora giunta a livello delle altre tecnologie. Comunque offre il vantaggio di essere facilmente lavorabile ed è particolarmente adatto alla ristrutturazione di vecchi edifici, dove l'irregolarità delle pareti richiede molti tagli, adattamenti e movimentazioni in cantiere del materiale isolante.

L'applicazione di tecnologie che prevedono l'isolamento delle pareti dall'interno risulta difficilmente attuabile nei casi di abitazioni occupate. Inoltre la riduzione della superficie utile influisce non poco sulla convenienza finale di questo tipo di intervento.

2) L'isolamento termico delle pareti nell'intercapedine è certamente una delle tecnologie più diffuse. La realizzazione avviene per mezzo di insuflaggio con sistemi meccanici o di iniezione a pressione di materiale

## **(Segue stato dell'arte)**

isolante granulare o sfuso all'interno dell'intercapedine.

Questo sistema presenta dei vantaggi quali la facilità di posa, l'economicità e l'ininfluenza sulla volumetria o sull'aspetto esterno. I materiali di riempimento possono essere: argilla espansa, vermiculite espansa, perlite espansa, fibra di vetro. Il presupposto per eseguire questo tipo di isolamento è la presenza di una camera d'aria con alcune caratteristiche: mancanza di interruzioni nella continuità dovute alla struttura portante e mattoni di legatura e spessore sufficiente (minimo 6 cm).

**3)** L'isolamento termico dall'esterno (o anche "a cappotto") è il sistema che più ha interessato la costruzione dei tamponamenti esterni degli edifici residenziali negli ultimi anni. È realizzato mediante uno strato di isolante con spessore definito incollato alla parete esterna, su cui è applicata un'armatura (come una rete in fibra di vetro) che porta l'intonaco di finitura. Una delle caratteristiche che rendono molto interessante questo sistema è la sua vocazione al risanamento energetico edilizio di facciate obsolete, su cui è necessario intervenire con operazioni di manutenzione straordinaria. Il cappotto è una delle tecnologie di isolamento che definisce meglio l'aspetto estetico dell'edificio su cui si interviene permettendo, nello stesso tempo, il rifacimento del rivestimento esterno e l'isolamento termico dell'involucro opaco. L'intervento sugli edifici esistenti implica la soluzione di particolari costruttivi come lo spostamento delle canalizzazioni, l'avanzamento dei davanzali e dei cornicioni, che condizionano in modo rilevante i costi finali. I materiali solitamente usati con questa tecnologia sono costituiti da polistirolo espanso, polistirolo estruso, fibra minerale, poliuretano, vetro cellulare. In generale questi materiali devono possedere elevata densità, elevata resistenza meccanica, bassissimo coefficiente di dilatazione, insensibilità alle variazioni di temperatura.

**4)** La tecnologia di isolamento termico con sistemi ventilati si può considerare, da un certo punto di vista, un'evoluzione del sistema a cappotto. Il concetto guida di questi sistemi è quello di realizzare una lama d'aria in movimento (di almeno 20 mm di spessore) interposta tra un isolamento termico, aderente alla parete dell'edificio, e un rivestimento esterno fissato su un'armatura in legno o in metallo solidale con la parete. L'intercapedine che si forma tra isolamento e rivestimento costituisce una camera d'aria in comunicazione con l'esterno per mezzo di aperture opportunamente dimensionate e disposte sia nella parte bassa che in quella alta del paramento esterno. All'interno della camera d'aria si determina una ventilazione naturale (effetto camino) che favorisce la scomparsa di eventuale condensa e ne elimina la formazione, migliorando l'efficienza complessiva dell'isolamento termico, la ventilazione naturale in alcuni casi può essere integrata da una ventilazione forzata. Le facciate ventilate avvolgono l'involucro opaco dell'edificio con un isolamento continuo ed omogeneo eliminando i ponti termici e così le dispersioni termiche ed i rischi di condense, inoltre si ha un miglioramento dell'impermeabilità delle pareti. Da un punto di vista termico la facciata ventilata si comporta, nel periodo estivo, come barriera al calore radiante che per la maggior parte viene riflesso all'esterno, mentre la quota restante che penetra attiva il tiraggio naturale dell'intercapedine d'aria, asportando il calore e raffrescando le superfici delle pareti; nel periodo invernale, l'effetto camino si riduce di parecchio perché la temperatura dell'aria interna dell'intercapedine è pressoché uguale all'aria esterna e di conseguenza il movimento dell'aria diminuisce, non influenzando così il livello di isolamento. La facciata ventilata migliora l'inerzia termica delle strutture perimetrali, sia nel periodo estivo sia invernale. Per quanto riguarda la reazione al fuoco, è noto che, in caso d'incendio, l'intercapedine ventilata potrebbe trasformarsi in una camera di tiraggio che renderebbe molto probabile il rischio della propagazione d'incendio verso i piani più alti. Quindi è necessario realizzare opportuni schermi antincendio in corrispondenza di ogni piano dell'edificio.

**5)** Sono stati realizzati di recente materiali per muratura dotati intrinsecamente di proprietà isolanti (termoblocchi).

**6)** Come è noto la porzione di parete dove si crea una concentrazione del flusso termico viene denominata "zona di ponte termico". Queste zone creano una consistente diminuzione del potere isolante delle chiusure esterne con aumento conseguente del fabbisogno energetico. Un effetto dovuto al ponte termico è anche l'apparizione di condensa in funzione della diminuzione di temperatura della zona interessata, che può portare, in mancanza di ricambio d'aria, ad un aumento generale dell'umidità relativa ed ad un decadimento dei livelli di comfort ambientale. I principali tipi di ponte termico che si manifestano negli edifici possono essere localizzati: nella discontinuità di materiale; nell'intersezione di due chiusure verticali (discontinuità di forma); nell'intersezione di una chiusura verticale esterna con la soletta della copertura; nell'intersezione delle chiusure esterne con le partizioni interne verticali ed orizzontali; nei punti di contatto tra chiusure verticali esterne, il terreno e le fondazioni; nel collegamento di elementi prefabbricati. I criteri di correzione dei ponti termici da adottare si fondano su interventi che prevedono isolamenti totali senza soluzione di discontinuità sull'involucro dell'edificio e a tal proposito le soluzioni più idonee sono quelle rappresentate dall'isolamento dall'esterno.

Anche le coperture giocano un ruolo importante per il risparmio energetico degli edifici. Tra tutte le superfici esterne di un edificio, spesso è il tetto l'elemento più critico: per gli edifici ad un piano il bilancio energetico può dipendere per oltre il 60 % dalla copertura. Isolarlo, nella maggior parte dei casi, non è difficile e

### (Segue stato dell'arte)

relativamente poco costoso e la convenienza dell'intervento aumenta quando si deve intervenire comunque sulla copertura perché è degenerata.

Le tecnologie usate per l'isolamento delle coperture in linea di massima sono simili a quelle per l'isolamento delle pareti verticali. In questo caso gli interventi volti all'isolamento termico della copertura dipendono dal tipo della stessa e sono elencati di seguito:

**Copertura piana.** E' un intervento estremamente delicato perché necessita di un'accurata impermeabilizzazione e, se il tetto è praticabile, di un'adeguata pavimentazione.

**Sottotetto non praticabile.** Conviene posare l'isolante sul pavimento del sottotetto; isolare la parte inclinata porterebbe solo a riscaldare inutilmente il volume del sottotetto con il calore che sale dagli ambienti sottostanti.

**Sottotetto praticabile.** Si deve fissare l'isolante parallelamente alla pendenza del tetto, se si vuole ottenere un ambiente confortevole ed abitabile. Se invece il sottotetto è usato solo come locale di sgombero conviene realizzare l'isolamento a pavimento.

**Soffitto ultimo piano.** E' un intervento di facile attuazione. Si deve posare, dall'interno, l'isolante sul soffitto dell'ambiente dell'ultimo piano.

Molte volte è necessario anche l'isolamento di solai su locali non riscaldati. Infatti, gli appartamenti siti sopra porticati sovente disperdono il loro calore attraverso il pavimento essendo a diretto contatto con l'ambiente esterno più freddo. Anche le cantine ed i garage beneficiano inutilmente degli apporti di calore provenienti dai locali superiori abitati e riscaldati. Per evitare questi inconvenienti basta isolare il soffitto dei locali non riscaldati e dei porticati.

## RISVOLTI ENERGETICI, AMBIENTALI E SOCIO – ECONOMICI

### Risvolti energetici

Il controllo della trasmissione del calore attraverso le superfici opache può comportare notevoli risparmi energetici. Si riportano alcuni aspetti energetici degli interventi citati per aumentare l'isolamento termico negli edifici.

*Isolamento dall'interno* – Questo sistema esclude dal riscaldamento la massa perimetrale delle pareti o dei soffitti, rendendo più rapido il raggiungimento della temperatura di comfort. Le strutture esterne non partecipano così alla messa a regime dell'impianto. L'isolamento dall'interno è dunque adatto per abitazioni ad occupazione saltuaria, luoghi di riunione e nel caso di riscaldamento intermittente. Questa caratteristica determina risparmi energetici dovuti a potenze ridotte per gli impianti termici che, altrimenti, dovrebbero essere di maggiore potenza per rendere rapido il loro effetto sull'ambiente da riscaldare. La continuità dell'isolamento determina una riduzione dei ponti termici dovuta a pilastri e angoli e può realizzare quindi consistenti risparmi di energia.

*Isolamento con intercapedine* – La presenza frequente di travi e pilastri strutturali, dei mattoni che legano i due muri che formano la camera d'aria, delle interruzioni nella continuità delle pareti dovute a porte e finestre esterne, causano una distribuzione "a macchia" dell'isolamento sull'involucro dell'edificio, innescando o accentuando i ponti termici con tutti gli inconvenienti relativi al dispendio energetico oltre che al benessere abitativo. Un fattore limitante l'isolamento è connesso al materiale di riempimento che può essere più o meno permeabile al vapore, comportando fenomeni di condensa e riduzione del potere coibente. Negli edifici di nuova costruzione si può porre una barriera al vapore che elimini tale inconveniente.

*Isolamento dall'esterno* – a differenza dell'isolamento dall'interno questo sistema permette di eliminare i ponti termici derivanti dalle connessioni con la struttura; sfruttare l'inerzia termica della parete e minimizzare le fluttuazioni della temperatura interna; regolarizzare le variazioni di regime dell'impianto, consentendo interruzioni notturne sull'erogazione della potenza termica senza che l'ambiente subisca rapide cadute di temperatura e ricavandone vantaggi per il risparmio energetico.

*Sistemi ventilati* – Consentono un generale miglioramento del comfort interno determinato da un aumento della temperatura superficiale interna delle pareti perimetrali nella stagione invernale ed una diminuzione durante il periodo estivo garantendo dei risparmi di energia dovuti anche al contenimento del condizionamento estivo.

È importante notare che per conseguire un effettivo risparmio energetico, ad ogni intervento di isolamento deve corrispondere una nuova regolazione dell'impianto di riscaldamento. Viceversa si rischia di surriscaldare l'edificio, perdendo i risparmi energetici ed economici apportati dall'intervento.

### Risvolti ambientali

I vantaggi ambientali dovuti ad un maggiore isolamento termico delle superfici opache negli edifici, e quindi ad un consumo energetico ridotto, sono importanti considerando che il riscaldamento avviene soprattutto con impianti che sfruttano la combustione di prodotti fossili con le relative emissioni inquinanti. Consideriamo una tipologia comune di isolamento termico dall'interno (cartongesso dello spessore di 2 cm sovrapposto ad uno strato di lana di roccia dello spessore di 4 cm). Se tale isolamento viene installato su una parete perimetrale in mattoni pieni di 25 cm, la trasmittanza diminuisce da 1,65 a 0,61 W/m<sup>2</sup>K. Questo comporta un

## (Segue risvolti energetici, ambientali e socio-economici)

risparmio, in termini di dispersione del calore, del 63%. Considerando i limiti imposti dalla normativa vigente La trasmittanza termica dei materiali opachi può essere assunta per il soffitto (1/6 dell'area) pari a  $2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  in assenza di intervento e  $0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$  in presenza, per il pavimento (1/6 dell'area)  $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$  in assenza e  $0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$  in presenza, per le pareti laterali (2/3 dell'area)  $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$  in presenza e  $0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$  in assenza. Considerando che per produrre un kWh termico, con un generatore costruito con tecnologie all'avanguardia, si emettono circa 186 grammi di  $\text{CO}_2$ , si può stimare che per ogni kWh prodotto per compensare le perdite di calore attraverso le superfici opache verticali, si possa evitare l'immissione in atmosfera di **149 g** di anidride carbonica.

### Risvolti economici

Le spese di riscaldamento potrebbero notevolmente diminuire nel caso si dovessero adottare miglioramenti sull'isolamento termico delle superfici opache. Infatti, i costi sostenuti per il riscaldamento non dipendono solo dal volume da riscaldare, dal clima e dalla temperatura mantenuta all'interno dell'appartamento, ma anche dell'entità delle dispersioni di calore attraverso le pareti, i solai, i tetti.

Le valutazioni di tipo economico sugli interventi dipendono da numerosi fattori, tra i quali sono importanti quelli climatici e di esposizione dell'edificio e lo stato dell'edificio stesso. La tabella che segue si riferisce alla zona climatica di Perugia e riporta i costi indicativi di alcuni interventi descritti in precedenza al fine di migliorare l'isolamento termico degli edifici, è indicato anche il risparmio energetico conseguibile e il tempo di ritorno dell'investimento.

**Tab.1-2:** costi indicativi di alcuni interventi, risparmio energetico e tempo di ritorno dell'investimento

ISOLAMENTO DELLE PARETI ESTERNE			SPESSORE cm	COSTO INDICATIVO MATERIALE €/m <sup>2</sup>	COSTO INDICATIVO POSA IN OPERA €/m <sup>2</sup>	RISPARMIO ENERGETICO %	TEMPO DI RIMBORSO
IN MURATURA PIENA	ISOLAMENTO DALL'ESTERNO (CAPPOTTO)	POLISTIRENE	8	8	22	20-25	Meno di 12 anni
	ISOLAMENTO DALL'INTERNO	POLISTIRENE + CARTONGESSO	3+1	6.5	15	20-25	Meno di 12 anni
CON INTERCAPELINE	ISOLAMENTO DALL'ESTERNO (CAPPOTTO)	FIBRE DI VETRO	8	12	22	10-15	Meno di 12 anni
	ISOLAMENTO DALL'INTERNO	FIBRE DI VETRO + CARTONGESSO	3+1	8	15	10-15	Meno di 12 anni
	ISOLAMENTO NELLA INTERCAPELINE	VERMICULITE	10	6.5	10	20-25	Meno di 6 anni e mezzo

ISOLAMENTO DELLE COPERTURE			SPESSORE cm	COSTO INDICATIVO MATERIALE €/m <sup>2</sup>	COSTO INDICATIVO POSA IN OPERA €/m <sup>2</sup>	RISPARMIO ENERGETICO %	TEMPO DI RIMBORSO
COPERTURA PIENA	NON PRATICABILE	LANA DI ROCCIA	8	10	16	15-20	Meno di 6 anni e mezzo
	PRATICABILE	POLISTIRENE ESTRUSO	6	9	43	15-20	Più di 12 anni
	PRATICABILE	POLIURETANO	6	9	43	15-20	Più di 12 anni
SOTTOTETTO	NON PRATICABILE	FIBRE DI VETRO	12	6	2	10-15	Meno di 4 anni
	PRATICABILE NON ABITATO	FIBRE DI VETRO + CARTONGESSO	10	4	2	10-15	Meno di 4 anni
	ABITATO	VERMICULITE	3+1	7	16	15-20	Meno di 12 anni
SOFFITTO ULTIMO PIANO		LANA DI VETRO + CARTONGESSO	2+1	7	16	15-20	Meno di 12 anni

## PROSPETTIVE DI SVILUPPO

L'uso di superfici opache ad alto coefficiente di riflessione potrebbe costituire una misura economica che, riducendo le temperature dell'involucro e quindi i guadagni di radiazione netti, contiene il consumo di energia per il condizionamento estivo. Per cambiare l'albedo, le superfici potrebbero essere coperte con un nuovo materiale o verniciate. Materiali ad alta albedo alternativi sono di solito disponibili con piccoli costi addizionali. Per esempio un tipico strato protettivo è costituito da granuli minerali o ghiaia. Le superfici "fredde" non subiscono costi addizionali se il cambiamento di colore è incorporato in opere di manutenzione. Un tetto scuro è riscaldato dal sole e così aumenta direttamente la domanda di raffreddamento estivo sotto di esso, infatti, per tetti fortemente assorbenti (bassa albedo), la differenza tra la temperatura ambiente e quella della superficie potrebbe essere superiore a  $50^\circ\text{C}$ , mentre per superfici poco assorbenti (alta albedo) con simili proprietà isolanti, così come un tetto ricoperto da un rivestimento bianco, la differenza è di circa  $10^\circ\text{C}$ . Per tale motivo i tetti freddi possono effettivamente ridurre l'uso di energia per il raffreddamento. Gli effetti sull'ambiente che si verificano attraverso un incremento di albedo sono quantificati in contributi diretti e indiretti. Gli effetti diretti sono le alterazioni del bilancio di energia e della richiesta di raffreddamento. Se questi interventi non riguardano solo un singolo edificio, ma l'intera città, si modifica il bilancio energetico urbano, producendo cambiamenti climatici estesi. Quest'ultimo aspetto contribuisce agli effetti indiretti perché influisce anch'esso sul bilancio energetico dei singoli edifici.

### **(segue prospettive di sviluppo)**

Gli effetti diretti danno un immediato beneficio all'edificio che li applica, gli effetti indiretti realizzano benefici a larga scala in maniera diffusa. La contabilizzazione degli effetti indiretti è più difficile e i risultati sono meno certi. Esistono delle rilevazioni e misure dell'effetto di risparmio associato ai tetti freddi [1]. In California si sono monitorati in estate i picchi di potenza e l'energia risparmiata usando rivestimenti ad alta albedo in una abitazione: è risultato un risparmio di 2,2 kWh/giorno (80%) e una riduzione della domanda di picco di 0,6 kW (25%), sempre in California è stato monitorato l'impatto di tetti freddi in un edificio commerciale: aumentando l'albedo iniziale da 0.2 a 0.6 la temperatura sul tetto è scesa di circa 25°C nei pomeriggi estivi: in estate il risparmio di energia per l'aria condizionata è stato anche del 18%, in Florida si sono effettuati esperimenti in delle case con tali coperture che hanno dimostrato notevoli risparmi energetici per il condizionamento estivo compresi tra il 10 e il 43% (con una media del 19%) e con riduzione della potenza massima richiesta dall'impianto del 22%.

La stima dei risparmi annui nell'energia per il raffreddamento si deve correggere per la penalità dell'incremento dell'uso del riscaldamento in inverno, comunque, per tutti i casi esaminati negli USA è risultato un risparmio netto positivo per ciò che riguarda i costi dovuti all'energia.

Un altro vantaggio di queste coperture è una diminuzione del degrado dei materiali dovuta all'assorbimento dei raggi ultravioletti e per queste ragioni i tetti più freddi potrebbero durare più a lungo dei tetti caldi dello stesso materiale. Un possibile problema invece, è quello di un incremento drastico dell'albedo di molti tetti che in città potrebbe creare riflessi e disturbi visivi se non contenuti ad un livello ragionevole.

### **Incentivi**

Nel futuro si possono prevedere incentivi del tipo di quelli concessi dal governo e scaduti nel 2002. Gli incentivi governativi prevedevano agevolazioni fiscali sotto la forma di detrazione IRPEF per il 36% delle spese per ristrutturazioni edilizie, in particolar modo quelle che riguardavano interventi per il risparmio energetico. In più si prevedeva un'IVA ridotta al 10% per questi interventi.

## **ATTUABILITÀ NEL TERRITORIO COMUNALE**

Un contributo al risparmio energetico derivante da miglioramenti tecnologici sulle superfici opache si può ottenere con l'inserimento, nel regolamento edilizio, di articoli e prescrizioni riguardanti i requisiti termici ed igrometrici per gli edifici. A tal proposito le prescrizioni dovrebbero riguardare tutte le superfici opache. Si elencano delle norme riguardanti requisiti tecnologici che potrebbero essere presenti, correlate da opportune specifiche, nel regolamento edilizio:

- caratteristiche dei muri perimetrali che dovrebbero avere un buon isolamento, sia con adeguato spessore che con l'impiego di idonei materiali;
- caratteristiche dei muri esterni o portanti che dovrebbero essere isolati dalle fondazioni e dal suolo mediante uno strato continuo di materiale isolante impermeabile;
- negli edifici con tetti a falde, tra le falde di copertura e l'ultimo piano abitabile dovrebbe essere realizzato un sottotetto convenientemente ventilato;
- negli edifici a terrazza, il potere isolante complessivo della copertura dovrebbe risultare soddisfacente;
- sulle superfici opache interne non si dovrebbero verificare condensazioni e tracce di acqua permanenti;

Nei casi di ristrutturazione di edifici si può obbligare l'attuazione dei seguenti provvedimenti:

- isolamento termico delle coperture e dei solai su spazi aperti;
- isolamento termico delle pareti.

Il regolamento edilizio potrebbe prevedere inoltre aumenti della volumetria prodotti da aumenti di spessore di murature esterne realizzati per esigenze di isolamento o inerzia termica o per la realizzazione di pareti ventilate per gli edifici esistenti e per lo spessore eccedente quello convenzionale minimo per quelli di nuova costruzione. Tale aumento, in tutto o in parte, potrebbe non essere computato ai fini del volume edificabile.

Considerando valide per il decennio 2010- 2020 le previsioni fatte per gli anni 2000-2010 nel precedente PEAC, la superficie totale di materiale opaco potrà essere dell'ordine di 4.500.000 m<sup>2</sup> di cui circa 3.100.000 m<sup>2</sup> per il residenziale e 1.400.000 m<sup>2</sup> per le zone artigianali.

Per il calcolo dei m<sup>2</sup> si è considerato che il rapporto tra superficie e volume per villette e capannoni industriali sia pari a 0,80, mentre per gli edifici pluripiano sia 0,4; si è inoltre considerato che le villette incidano per il 60% ed i pluripiano per il 40% ottenendo così un valore medio di tale rapporto di 0,65.

## **NOTE**

**Vedere anche scheda C5.b C4.c C2.a**

### **Riferimenti**

[1] Solar Energy Vol. 790 n.3 "Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas"