



MARCO BERTI

EQZE

EDIFICI A ENERGIA QUASI ZERO
DAL CAPPOTTO TERMICO
ALLA VENTILAZIONE CONTROLLATA



WEBAPP INCLUSA
CON AGGIORNAMENTO AUTOMATICO

SUPERBONUS 110%

Con guida alle detrazioni fiscali dalla A alla Z

**GRAFILL**

Marco Berti

EQZE – DAL CAPPOTTO TERMICO ALLA VENTILAZIONE CONTROLLATA

Ed. I (03-2021)

ISBN 13 978-88-277-0230-7

EAN 9 788827 702307

Collana **COME FARE PER** (51)



Prima di attivare Software o WebApp inclusi
prendere visione della licenza d'uso.

Inquadrare con un reader il QR Code a fianco
oppure collegarsi al link <https://grafill.it/licenza>

© **GRAFILL S.r.l.** Via Principe di Palagonia, 87/91 – 90145 Palermo

Telefono 091/6823069 – Fax 091/6823313 – Internet <http://www.grafill.it> – E-Mail grafill@grafill.it

**CONTATTI
IMMEDIATI**



ProntoGRAFILL
Tel. 091 226679



Chiamami
chiamami.grafill.it



Whatsapp
grafill.it/whatsapp



Messenger
grafill.it/messenger



Telegram
grafill.it/telegram

Finito di stampare presso **Tipografia Publistampa S.n.c. – Palermo**

Edizione destinata in via prioritaria ad essere ceduta nell'ambito di rapporti associativi.

Tutti i diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica e di riproduzione sono riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in alcuna forma, compresi i microfilm e le copie fotostatiche, né memorizzata tramite alcun mezzo, senza il permesso scritto dell'Editore. Ogni riproduzione non autorizzata sarà perseguita a norma di legge. Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

SOMMARIO

INTRODUZIONE	p.	9
1. SISTEMI SOSTENIBILI	"	11
1.1. La complessità	"	11
1.1.1. Che cos'è un sistema?.....	"	11
1.2. Involucro (e confine)	"	11
1.3. Sistema aperto.....	"	12
1.4. Funzionamento dinamico e stazionario	"	12
1.4.1. Esempio	"	12
1.5. L'organizzazione di un sistema.....	"	13
1.5.1. Esempio	"	14
1.6. L'entropia contro la sostenibilità	"	14
1.7. Le catastrofi e i sistemi non sostenibili.....	"	15
1.8. Lo sviluppo economico	"	16
1.9. Lo sviluppo disordinato	"	17
1.10. La sostenibilità.....	"	17
1.10.1. Esempio	"	18
1.11. La sostenibilità come sistema	"	19
1.12. Indici (o indicatori) sulla sostenibilità	"	20
1.12.1. Esempi di indici sulla sostenibilità socio-economica	"	21
1.12.2. Esempi di indici di sostenibilità ambientale	"	22
1.13. Il ciclo di vita	"	24
1.14. Bilancio ambientale contro bilancio energetico	"	24
1.15. Energia incorporata.....	"	25
1.16. Energia incorporata e sostenibilità.....	"	27
1.16.1. Esempio sulla sostenibilità dei moduli fotovoltaici.....	"	30
1.16.2. Esempio sulla sostenibilità di un cappotto esterno.....	"	31
1.17. Edilizia sostenibile.....	"	34
1.18. Il sistema nZEB: edifici a consumo quasi zero.....	"	35

1.19.	Il sistema nZEB: obiettivi prestazionali	p.	39
1.19.1.	Il guadagno solare invernale.....	"	39
1.19.2.	Il surriscaldamento estivo.....	"	40
1.19.3.	Perdite di calore per trasmissione.....	"	40
1.19.4.	La ventilazione	"	40
1.19.5.	La produzione di energia rinnovabile.....	"	41
2.	FATTORI PER LA SCELTA DEI MATERIALI	"	42
2.1.	Conduttività termica	"	42
2.2.	Resistenza termica	"	42
2.2.1.	Esempio: resistenza totale di una parete a due strati.....	"	43
2.3.	Trasmittanza termica.....	"	43
2.3.1.	Esempio	"	45
2.3.2.	Esempio	"	46
2.4.	La massa termica	"	48
2.5.	Il comportamento termico dei materiali	"	49
2.5.1.	La conduttività termica.....	"	50
2.5.2.	La massa termica	"	50
2.5.3.	La capacità termica.....	"	50
2.5.4.	L'inerzia termica	"	50
2.6.	Edifici termicamente "leggeri"	"	51
2.7.	Edifici termicamente "pesanti"	"	51
2.8.	Diffusività termica	"	51
2.9.	Surriscaldamento e regime periodico	"	52
2.10.	Il fattore di Smorzamento	"	53
2.10.1.	Esempio sullo smorzamento.....	"	53
2.11.	Lo sfasamento temporale.....	"	54
2.11.1.	Esempio: lana di vetro contro fibra di legno.....	"	55
2.12.	Calcoli sul regime stazionario	"	56
2.13.	La costante di tempo	"	59
2.13.1.	Esempio sulla costante di tempo	"	60
3.	LA VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA (VMC)	"	62
3.1.	Che cos'è la ventilazione?	"	62
3.2.	Rinnovare l'aria interna	"	63
3.2.1.	Qualche numero sui tassi di ventilazione	"	63
3.3.	Inquinamento <i>indoor</i>	"	64
3.3.1.	Inquinamento chimico	"	64
3.3.2.	Inquinamento biologico.....	"	65
3.3.3.	Inquinamento fisico	"	66

3.4.	Le portate di ventilazione	p.	67
3.4.1.	Esempio sul ricambio d'aria	"	67
3.5.	Tipi di ventilazione	"	68
3.5.1.	L'aerazione	"	69
3.5.2.	La ventilazione meccanica controllata (VMC).....	"	70
3.5.3.	Aerazione contro ventilazione meccanica	"	71
3.6.	Sistemi di VMC	"	72
3.7.	Sistemi decentralizzati di VMC.....	"	74
3.7.1.	Sistemi decentralizzati di VMC a singolo flusso alternato	"	74
3.7.2.	Sistemi decentralizzati di VMC a doppio flusso continuo	"	74
3.8.	Sistemi centralizzati di VMC.....	"	75
3.8.1.	Sistemi centralizzati di VMC a singolo flusso.....	"	75
3.8.2.	Sistemi centralizzati di VMC a doppio flusso	"	77
3.9.	Presente e futuro dei sistemi di VMC.....	"	82
3.10.	Sistemi di VMC senza tubazioni. Quale futuro?	"	83
3.11.	Organizzazione di un sistema di VMC con tubazioni	"	85
4.	I SEGRETI DELL'ARIA UMIDA.....	"	88
4.1.	L'aria umida (o aria atmosferica).....	"	88
4.2.	La pressione	"	88
4.3.	La pressione totale e la pressione parziale.....	"	88
4.4.	La saturazione	"	89
4.5.	La quantità di vapore e la pressione	"	90
4.6.	Dall'aria secca all'aria satura.....	"	91
4.7.	Il vapore e l'aria secca come gas perfetti.....	"	91
4.7.1.	Esempio numerico: il peso dell'aria in un ambiente abitato.....	"	92
4.8.	Umidità specifica (o assoluta).....	"	93
4.9.	Umidità relativa	"	93
4.10.	Entalpia	"	94
4.10.1.	Esempio sull'aria umida in un ambiente interno	"	95
4.11.	Saturazione, umidità relativa e benessere termico.....	"	98
4.11.1.	Esempio (ricambi dell'aria e umidità).....	"	99
4.12.	La misura diretta dell'umidità	"	101
4.13.	La temperatura di rugiada.....	"	101
5.	CAPPOTTO TERMICO E UMIDITÀ.....	"	104
5.1.	Il sistema involucro	"	104
5.2.	La verifica termoigrometrica	"	105

5.2.1.	La condensazione superficiale	"	106
5.2.2.	La condensazione nella massa	"	106
5.3.	La condensazione superficiale	"	107
5.3.1.	Esempio: la condensazione superficiale	"	108
5.4.	Il trasporto del vapore	"	111
5.4.1.	Esempio sulla resistenza e sullo spessore di diffusione	"	114
5.5.	La condensazione nella massa	"	114
5.5.1.	Il metodo analitico di Glaser	"	114
5.5.2.	Esempio con cappotto interno	"	114
5.5.3.	Esempio con cappotto esterno	"	119
5.5.4.	Esempio con barriera di vapore	"	122
6.	IL SISTEMA CAPPOTTO TERMICO	"	129
6.1.	La parete e la posizione dello strato isolante	"	134
6.1.1.	Un cappotto particolare: la parete ventilata	"	135
6.2.	Cappotto termico esterno e sistemi ETICS	"	136
6.2.1.	Componenti e montaggio di un cappotto termico	"	136
6.3.	Pannelli di materiale termoisolante	"	138
6.3.1.	Polistirene espanso sinterizzato (EPS)	"	139
6.3.2.	Polistirene espanso estruso (XPS)	"	140
6.3.3.	Vetro cellulare (CG)	"	141
6.3.4.	Lana minerale (MW)	"	141
6.3.5.	Fibra di legno (WF)	"	142
6.3.6.	Fibra di legno mineralizzata (MWF)	"	143
6.3.7.	Sughero espanso (ICB)	"	144
6.3.8.	Un confronto tra i materiali isolanti	"	145
6.4.	Materiali isolanti sperimentali	"	147
6.4.1.	Pannelli isolanti sottovuoto (VIP)	"	147
6.5.	Cappotto in EPS contro lana minerale (MW)	"	149
6.5.1.	Parete perimetrale con cappotto in EPS	"	149
6.5.2.	Parete perimetrale con cappotto in MW	"	152
7.	DALLE CASE PASSIVE A QUELLE NZEB	"	155
7.1.	Una casa (quasi) sostenibile	"	155
7.2.	Abitare nZEB, ovvero abitare senza energia	"	157
7.3.	La pompa di calore (o termica)	"	157
7.3.1.	Prestazione di una pompa termica	"	159
7.3.2.	Due parole sul COP (o coefficiente di prestazione)	"	159
7.3.3.	Sistemi di VMC e pompa di calore	"	160

7.4.	Autoproduzione di energia con un sistema fotovoltaico	p.	161
7.5.	Sostenibilità dei sistemi fotovoltaici.....	"	168
8.	CONTENUTI E ATTIVAZIONE DELLA WEBAPP	"	172
8.1.	Contenuti della WebApp.....	"	172
8.2.	Requisiti hardware e software	"	172
8.3.	Attivazione della WebApp.....	"	172
8.4.	Assistenza tecnica sui prodotti Grafill	"	172
	BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA.....	"	173
	Bibliografia	"	173
	Sitografia	"	173

INTRODUZIONE

Questo volumetto tratta di edilizia sostenibile, di case passive, di edilizia a forte risparmio energetico e di case nZEB (*Nearly Zero Emission/Energy Buildings*), edifici a energia ed emissioni quasi zero. Il tutto presentato secondo un punto di vista pratico. Con numeri, dati, tabelle, tanti esempi svolti nei loro dettagli e cose simili (senza complicate equazioni), con il solo fine di dare una conoscenza concreta di quelle tecnologie che sono **ricorrenti** (e fondamentali) nell'edilizia passiva in genere e nelle case nZEB.

Il testo si compone di **sette** capitoli.

- Il **primo** capitolo parla della sostenibilità: sia in senso generale che in ambito edilizio. Inizia con il concetto di sistema, di entropia e di organizzazione. Quindi prosegue con la sostenibilità, il ciclo di vita dei prodotti, il bilancio energetico e l'energia incorporata nei materiali edilizi.
- Il **secondo** capitolo tratta delle grandezze che danno una visione quantitativa del comportamento termico dei materiali: la conduttività, la resistenza e la trasmittanza termica. La massa, l'inerzia termica e la diffusività. Alcuni cenni sul regime dinamico e sul regime periodico, con l'introduzione (in termini qualitativi) delle grandezze smorzamento, sfasamento temporale dell'onda termica e costante di tempo.
- Il **terzo** capitolo presenta una tecnologia fondamentale nelle case passive e in quelle nZEB: la **ventilazione meccanica controllata (VMC)**. Inizia con l'inquinamento *indoor* e giunge alla classificazione e descrizione dei principali impianti di VMC: sistemi decentralizzati (con tanti singoli dispositivi) o centralizzati (con una sola unità di ventilazione), a singolo flusso o a doppio flusso, con recuperatore di calore, con pompa termica e simili.
- Il **quarto** capitolo tratta dell'aria umida. Il che può apparire come un "pezzo" troppo teorico, se non fosse che tutte le strutture di confine (le chiusure) sono sempre attraversate dal vapore, dall'umidità e sono talvolta soggette alla condensazione interstiziale. Gli argomenti, tutti svolti con semplici esempi numerici, sono il concetto di umidità assoluta e relativa, le pressioni parziali del vapore, le temperature e le pressioni di saturazione e l'entalpia.
- Il **quinto** capitolo parla del cappotto termico attraversato dall'aria umida. Analizza in dettaglio la penetrazione del vapore nella struttura muraria e nel materiale isolante e descrive – con semplici esempi numerici – le modalità di valutazione della condensazione superficiale e interstiziale. Ivi incluso il metodo numerico di Glaser.

- Il **sesto** capitolo tratta di un'ulteriore tecnologia fondamentale nelle case passive, e in quelle nZEB: il **cappotto termico esterno**, chiamato sistema **ETICS** – *External Thermal Insulation Composite System* (sistema composito di isolamento termico esterno). Il capitolo inizia con una visione generale della messa in opera della tecnologia e giunge alla presentazione di alcuni materiali isolanti codificati dalla pratica e dalla norma. Ivi incluso un materiale innovativo: il pannello isolante sottovuoto.
- Il **settimo** capitolo conclude la definizione/presentazione delle case passive e delle case nZEB. Descrive alcune tecnologie d'uso corrente: la pompa termica, per il riscaldamento invernale e il raffrescamento estivo, e i moduli fotovoltaici, per la produzione dell'energia elettrica dall'energia solare. E dà un cenno sulla sostenibilità, o meno, dei pannelli fotovoltaici nella fase dello smaltimento.

Da quanto detto risulta la struttura del volumetto e i temi svolti. Che sono tutti ben lunghi dall'essere conclusi – tanto sono ampi quanto sono innovativi e sottoposti ai rivolgimenti della cultura tecnologica – i quali, anzi, andrebbero portati a termine dai singoli lettori (con la propria personale esperienza) a cui, virtualmente, si passa il testimone.

In altri termini, il volumetto si configura come un lavoro *in progress* (un lavoro in corso), utile a tante figure come architetti, tecnici di progettazione e di cantiere, studenti e cultori della materia. Ed anche a coloro che fanno lo sviluppo di prodotti innovativi. Il volumetto infatti, pur essendo un punto di arrivo, è soprattutto un punto per la ripartenza di nuovi e più estesi progetti.

SISTEMI SOSTENIBILI

1.1. La complessità

Iniziare con il concetto di sistema, o di complessità, può apparire incongruente in un testo come questo, dove l'obiettivo è un'esposizione snella sulla sostenibilità e sulle principali tecnologie dell'edilizia passiva e delle case nZEB (*Nearly Zero Emission/Energy Buildings*), edifici a energia ed emissioni quasi zero.

In realtà, il concetto di sistema è fortemente rappresentativo della complessità dei modelli dell'edilizia sostenibile, di quella passiva e dell'edilizia in genere.

1.1.1. *Che cos'è un sistema?*

È semplicemente lo strumento per leggere in modo sintetico una realtà complessa (e dispersiva) come quella che ci circonda. È lo strumento di lettura della complessità.

Un sistema è un insieme di elementi (o componenti) – mutuamente interagenti – finalizzato a perseguire un determinato obiettivo. Ad ogni sistema corrisponde un definito obiettivo. In altre parole, la struttura di un sistema è sempre organizzata per perseguire uno scopo.

Volendo dare un'altra definizione, possiamo dire che un sistema è un insieme strutturato di enti. Ossia, è caratterizzato dalla mutua interazione tra i suoi componenti e dalla loro organizzazione interna.

Esempi di sistemi in ambito sociale e tecnologico: gruppi sociali di ogni livello (dalla famiglia alla nazione ecc.), processi tecnologici in genere, banche di dati, reti di comunicazione, sistemi territoriali, urbani, sistemi edilizi, impianti tecnici ecc.

1.2. Involucro (e confine)

Ogni sistema è dotato di involucro – del resto, in biologia, il sistema cellula è dotato di membrana. Quindi, dato un sistema è sempre definibile il suo confine (o involucro).

Il confine ha sempre una certa porosità, è in qualche modo permeabile alle relazioni con il mondo esterno. I sistemi con confine permeabile sono aperti¹.

¹ In realtà esistono anche i sistemi chiusi. Con un confine impermeabile. Ad esempio, l'Universo è considerato un sistema chiuso. Infatti, al momento, non immaginiamo nulla oltre l'Universo. Un sistema chiuso – impermeabile – non scambia materia, energia e conoscenza con l'ambiente esterno. Persegue un proprio obiettivo e consuma solo le proprie risorse interne. È quindi destinato all'esaurimento delle risorse, alla progressiva disorganizzazione. I sistemi aperti, al contrario – visto che si alimentano delle risorse del mondo esterno – sono destinati (con molta probabilità) alla crescita organizzativa. Esempio, un individuo che non comunica, non frequenta scuole, gruppi ecc. (sistema

Ad esempio, l'involucro di un edificio – in funzione delle caratteristiche tecnologiche delle sue stratificazioni – può essere più o meno permeabile all'aria, al vapore e al calore.

1.3. Sistema aperto

Un sistema aperto è un sistema dotato di un confine permeabile: scambia materia, energia e conoscenza con l'ambiente esterno. Persegue il proprio obiettivo consumando le risorse disponibili interne ed esterne. È destinato alla crescita o alla decrescita controllata, e mantiene un livello di organizzazione congruo all'obiettivo da perseguire.

I sistemi viventi (e sociali) sono sistemi aperti. Un edificio è un sistema aperto con involucro permeabile.

Osservazione

Consideriamo un edificio² "teorico" inteso come sistema chiuso (con involucro impermeabile) che non ha scambi con il mondo esterno. Per questo edificio (e i suoi improbabili abitanti) il percorso è sempre a termine: fino all'esaurimento di ogni forma di vita.

Pertanto, nella realtà, ogni involucro "vivente" è sempre un involucro aperto. Persino gli edifici passivi – quelli che tendono ad annullare la presenza degli impianti e che estremizzano la tenuta al calore, all'aria e al vapore dell'involucro – sono sempre sistemi aperti, dove lo scambio con l'esterno è "calibrato" e controllato. Infatti, l'involucro minimizza (al limite annulla) le perdite di calore, massimizza il guadagno solare e controlla il rinnovo dell'aria interna mediante un impianto di ventilazione meccanica controllata.

1.4. Funzionamento dinamico e stazionario

Analizzare il comportamento dinamico di un sistema (soggetto a forze esterne) significa valutare il suo andamento temporale, la sua risposta – istante per istante – alle sollecitazioni che vengono dall'esterno.

Lo studio in regime dinamico di un sistema lo rappresenta in funzione della variabile tempo. Diversamente accade nello studio del comportamento stazionario dove le variabili sono indipendenti dal tempo.

1.4.1. Esempio

Se una mano fredda tocca un corpo scaldante (possibilmente che non scotti!) in un determinato intervallo di tempo assumerà (e non istantaneamente) la temperatura del corpo. In questo caso, il processo di riscaldamento della mano si suddivide in due intervalli di tempo:

chiuso) è destinato al peggioramento del proprio livello culturale, al contrario, un individuo che comunica (sistema aperto) è destinato, con molta probabilità, a crescere.

² Questo edificio e la metafora di un sistema in generale. Potrebbe essere una città, un ente assicurativo, una banca oppure un'intera nazione. La cosa importante è mettere in evidenza che il motore di crescita è sempre quello della comunicazione/interazione con il mondo esterno.

FATTORI PER LA SCELTA DEI MATERIALI

Una passo fondamentale nella costruzione di un edificio passivo è la scelta dei materiali. Che può essere fatta attraverso la conoscenza dei fattori numerici che rappresentano il comportamento dei materiali stessi.

2.1. Conduttività termica

Gli edifici passivi sono caratterizzati da un forte isolamento termico finalizzato a resistere alle condizioni climatiche esterne più rigide. Gli edifici passivi sono anche molto ermetici. E con ciò mantengono inalterate le condizioni di benessere interno e riducono (spesso annullano) il bisogno di ricorrere agli impianti termici di riscaldamento e di condizionamento dell'aria.

L'involucro dell'edificio passivo è di solito isolato con una struttura denominata cappotto esterno. Per valutare quantitativamente il livello di isolamento termico e le prestazioni dell'involucro, è necessario conoscere alcuni fattori quali la conduttività, la capacità e la resistenza termica dei materiali che lo costituiscono.

La conduttività termica è indicata con λ e anche con k . Rappresenta la disponibilità di un materiale al passaggio del calore. Quanto maggiore è la conduttività di un materiale tanto meglio vi passa il calore.

Dal punto di vista quantitativo è il calore che passa nell'unità di tempo, attraverso l'unità di superficie, di un materiale di spessore unitario per la differenza unitaria di temperatura. In formula:

$$\lambda = (Qd) / (tAT) \quad (2.1)$$

Dove la quantità di calore (Q) è trasmessa nel tempo (t) attraverso lo spessore (d) in una direzione normale alla superficie (A) per una differenza di temperatura (T).

Le unità di misura SI sono: W/mK.

2.2. Resistenza termica

È indicata con R . Rappresenta la resistenza termica di un materiale di spessore (d). Ed è data dal rapporto della differenza di temperatura (T) – tra le facce opposte del materiale – con il flusso termico (Q/t) per unità di area (A). In formula:

$$R = T / (Q / (tA))$$

Sostituendo la (2.1) abbiamo:

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (2.2)$$

Le unità di misura SI sono: $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$. Tanto maggiore è il valore della resistenza tanto maggiore è il livello di isolamento del materiale.

Per materiali posti in serie a formare una stratigrafia¹, come in un muro, un pavimento, un tetto e simili, il valore della resistenza totale è la somma delle resistenze parziali dei singoli strati.

2.2.1. Esempio: resistenza totale di una parete a due strati

Per la conduttività termica dei mattoni pieni abbiamo: $0,7 \text{ W/mK}$. Mentre per la conduttività termica dei pannelli in fibra minerale abbiamo: $0,045 \text{ W/mK}$.

Dalla formula 2.2 si ha che la resistenza termica dello spessore di 24 cm di mattoni pieni è data dal seguente valore: $0,24/0,7=0,343 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$.

Mentre la resistenza termica dello spessore di 15 cm di pannelli in fibra minerale vale: $0,15/0,045=3,333 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$.

Per la resistenza termica totale dei materiali in serie abbiamo: $0,343+3,333=3,676 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$.

2.3. Trasmittanza termica

È indicata con U . Rappresenta la conduttività termica di un materiale con un dato spessore (d). È data dal rapporto del flusso termico (Q/t) – per unità di area (A) – con la differenza di temperatura (T) tra le due facce opposte del materiale. In formula:

$$U = Q / (tAT)$$

Le unità di misura SI sono: $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$.

Dal punto di vista quantitativo è il calore che passa nell'unità di tempo, attraverso l'unità di superficie di un materiale sottoposto alla differenza unitaria di temperatura. Tanto minore è il valore della trasmittanza tanto maggiore è il livello di isolamento del materiale.

La trasmittanza rappresenta un processo complesso di trasmissione del calore e include sia la conduzione, che la convezione e l'irraggiamento.

¹ La stratigrafia è un insieme di “fogli” che formano una struttura. Ad esempio, nel caso di una parete verticale abbiamo vari strati con differenti funzioni: a) intonaco interno, b) muratura di tamponamento, c) pannello isolante termico, d) intonaco esterno. La parola stratigrafia è spesso usata in luogo di parete, pavimento ecc. Dal contesto se ne intende l'orientamento, ad esempio una parete è data da una stratigrafia verticale, il pavimento da una stratigrafia orizzontale ecc. Una stratigrafia è in grado di dare diverse prestazioni. Infatti, ogni strato svolge una differente funzione.

LA VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA (VMC)

A cosa serve la VMC?

È fondamentale per il ricambio dell'aria. Soprattutto negli edifici passivi che hanno un elevato livello d'isolamento termico, sono molto ermetici e accumulano tanta umidità, che deve essere prontamente espulsa. Gli impianti di VMC svolgono anche questa funzione. Ma non solo. Svolgono soprattutto la funzione di mantenere un alto livello di qualità dell'aria interna, attraverso un rinnovo continuo e automatico.

Cos'è un sistema di VMC?

È un sistema meccanico semplice (a basso consumo energetico) fatto con due ventilatori elettrici. Uno estrae l'aria viziata interna e la "getta" all'esterno. L'altro aspira l'aria fresca esterna e la immette all'interno. Consumano poco meno di due vecchie lampadine a incandescenza: quelle a basso wattaggio che si usavano per dare una luce fioca ai rispostigli. E poi danno calore all'ambiente: tutto quello che recuperano – all'incirca il 90% – dall'aria interna calda che è "cacciata" verso l'esterno.

È opportuno l'uso di un impianto di VMC?

Direi che è semplicemente obbligatorio. Intendo nelle case passive. Non da un punto di vista normativo, ma da un punto di vista funzionale. Di fatto esistono due equazioni. Se vuoi risparmiare tanta energia devi isolare. Se vuoi vivere in una casa ermetica (molto isolata) in modo confortevole, devi usare un sistema di VMC.

E nelle case ordinarie?

È solo opportuno, soprattutto a seguito di una corposa riqualificazione energetica.

3.1. Che cos'è la ventilazione?

La ventilazione degli ambienti è un processo fondamentale per la qualità dell'aria interna. Con la ventilazione si rinnova periodicamente l'aria usata interna con l'aria nuova che proviene dall'esterno.

Normalmente la ventilazione consiste in due eventi simultanei:

- 1) estrazione dell'aria viziata interna ed espulsione all'esterno;
- 2) aspirazione dell'aria fresca esterna e immissione all'interno.

In sintesi la ventilazione è finalizzata al ricambio (o rinnovo) dell'aria viziata interna.

3.2. Rinnovare l'aria interna

Il ricambio dell'aria è un processo fondamentale per gli spazi interni (ambienti *indoor*). Di fatto rappresenta la sostituzione dell'aria inquinata interna con l'aria esterna.

Ad ogni ambiente interno – dove si svolge una specifica attività – corrisponde un dato fabbisogno di rinnovo dell'aria.

Il fabbisogno varia al variare del tipo di attività. Ad esempio: un teatro, un cinema, un magazzino per lo stoccaggio dei beni alimentari: hanno un fabbisogno diverso da un luogo di abitazione. Non solo, il fabbisogno, oltre a essere una funzione dell'attività che si svolge nell'ambiente interno è anche una funzione del tempo e delle stagioni, varia infatti con le ore del giorno e con i diversi periodi dell'anno.

Gli obiettivi fondamentali del rinnovo dell'aria sono:

- eliminare gli inquinanti interni, ad esempio il radon, il particolato, la formaldeide, i fumi, il diossido di carbonio (CO₂) ecc.;
- eliminare l'umidità eccessiva e arieggiare gli ambienti per scongiurare la formazione di muffa;
- eliminare, nel periodo estivo, il calore in eccesso.

Il rinnovo dell'aria si realizza con la ventilazione o con l'aerazione. La prima è di tipo meccanico e automatico. La seconda è manuale.

Osservazione

Nelle case passive in generale – e in quelle nZEB in particolare – il problema dell'elevato livello di umidità è un punto critico. È dovuto all'ermeticità dell'involucro. Pertanto, in questo ambito, il rinnovo dell'aria è del tutto fondamentale, ed è finalizzato alla rimozione dell'umidità in eccesso. Nella realtà, comunque, il rinnovo dell'aria è fondamentale per tutte le case.

Cosa cambia allora per gli edifici passivi?

Non solo cambia il livello d'isolamento, che è veramente molto maggiore di quello delle case ordinarie. Ma cambia soprattutto la modalità di conduzione delle case passive. Ossia, l'occupante non può, o meglio non deve aprire le finestre a sentimento, così facendo perderebbe tanto calore. Ma dovrà affidarsi all'impianto di VMC, che misurerà l'umidità interna (mediante un sensore igrometrico di bordo) e attiverà i ventilatori di estrazione dell'aria umida e di immissione dell'aria fresca. E tutto ciò senza perdere calore. Anzi, recuperandolo quasi interamente con uno scambiatore termico.

3.2.1. Qualche numero sui tassi di ventilazione

Quando si parla di rinnovo dell'aria si utilizza un numero chiamato “tasso”. Che rappresenta il tasso di ricambio (oppure il tasso di ventilazione) ed è una valutazione quantitativa del rinnovo dell'aria indipendente dalle dimensioni dell'edificio.

Ad esempio, se abbiamo un appartamento con un volume d'aria (volume interno) $V=270\text{ m}^3$ e una portata di rinnovo $q_v=135\text{ m}^3/\text{h}$, il tasso di ricambio vale:

$$n=q_v/V=135/270=0,5\text{ h}^{-1}$$

I SEGRETI DELL'ARIA UMIDA

4.1. L'aria umida (o aria atmosferica)

L'aria umida atmosferica (detta semplicemente aria umida) è una miscela di gas, composta di aria secca e vapore d'acqua.

L'aria secca è un gas non condensabile composto da ossigeno (23%), azoto (75%), argon (1,3%), diossido di carbonio (0,04%) e altri gas (0,66%).

Il vapore acqueo (o umidità dell'aria) è un gas condensabile composto da acqua.

4.2. La pressione

La pressione è la forza applicata all'unità di superficie.

L'unità di misura della pressione – nel Sistema Internazionale – è il newton (unità di forza, simbolo: N) al metro quadrato (unità di superficie), detta pascal (Pa):

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 \quad (4.1)$$

Il pascal è troppo piccolo per esprimere le pressioni che si incontrano nella pratica edilizia. Pertanto si usano i multipli kilopascal (kPa) e megapascal (MPa):

$$1 \text{ kPa} = 10^3 \text{ Pa} \quad 1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa} \quad (4.2)$$

Un'altra unità in uso – soprattutto in campo meteorologico – è il bar (bar), specialmente nel sottomultiplo millibar (mbar):

$$1 \text{ mbar} = 10^{-3} \text{ bar} \quad (4.3)$$

La relazione tra bar (bar) e pascal (Pa) è la seguente:

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 0,1 \text{ MPa} = 100 \text{ kPa} \quad (4.4)$$

4.3. La pressione totale e la pressione parziale

La pressione dell'aria umida (detta pressione atmosferica e indicata con il simbolo p_{tot}) è data dalla somma del contributo della pressione dell'aria secca (p_a) più il contributo della pressione del vapore d'acqua (p_v):

$$p_{tot} = p_a + p_v \quad (4.5)$$

L'equazione precedente è la legge di Dalton. La pressione dell'aria umida è una pressione totale. Le pressioni dell'aria secca e del vapore sono delle pressioni parziali.

La pressione totale di una miscela (in questo caso aria umida) è la somma di più pressioni parziali. Per pressione parziale si intende la pressione che avrebbe un componente (aria secca o vapore) allorché occupasse da solo tutto il volume a disposizione della miscela.

In sintesi, la pressione totale dell'aria umida – che corrisponde alla pressione atmosferica – è la somma della pressione parziale dell'aria secca con la pressione parziale del vapore.

Per maggiore semplicità spesso si sottintendono gli aggettivi totale e parziale e viene detto che la pressione dell'aria umida è la somma della pressione dell'aria secca con la pressione del vapore.

4.4. La saturazione

L'aria umida è satura quando contiene un livello di umidità (vapore) pari al livello massimo possibile per quelle condizioni di temperatura.

Diversamente, l'aria umida è insatura quando contiene un livello di umidità (vapore) minore del livello massimo possibile per quelle condizioni di temperatura.

L'aria che non contiene umidità è semplicemente aria secca.

Esempio sulla saturazione

Per comprendere il fenomeno della saturazione di umidità (o di vapore) consideriamo un semplice esempio costituito da una tazzina di caffè con un po' di zucchero. Dove il caffè corrisponde all'aria secca e lo zucchero all'umidità o vapore.

È noto a tutti che la quantità di zucchero miscibile con il caffè ha un limite, oltre il quale lo zucchero rimane sul fondo della tazzina. Più il caffè è caldo maggiore è la quantità di zucchero che è mescolabile.

In termini matematici si può dire che esiste una relazione di proporzionalità diretta tra la temperatura del caffè e la quantità di zucchero. Ambedue le variabili aumentano o diminuiscono insieme.

Lo stesso fenomeno avviene per l'aria secca, che accoglie il vapore – diventando aria umida – fino allo stato di saturazione, oltre il quale il vapore condensa, oppure, rimanendo all'esempio della tazzina di caffè, si deposita sul fondo.

Osservazione sugli ordini di grandezza. La quantità media di acqua presente nell'aria corrisponde a circa una tazzina di caffè.

L'evaporazione

Prima di definire le varie pressioni relative all'aria umida diventa opportuno farsi un'idea di come l'aria – circolando – catturi il vapore.

Ogni volta che una massa d'aria entra in contatto con una massa d'acqua, o meglio con la sua superficie (il cosiddetto pelo libero), si attiva – in una definita condizione – un processo di evaporazione: delle molecole d'acqua passano all'aria sotto forma di vapore.

CAPPOTTO TERMICO E UMIDITÀ

Nei capitoli precedenti abbiamo parlato di trasporto del calore. In questo capitolo presenteremo la diffusione del vapore.

La struttura fondamentale dove hanno luogo i trasferimenti di calore e la diffusione del vapore è l'involucro edilizio.

Le stratificazioni dell'involucro edilizio, infatti, sono permeabili alla diffusione del vapore. Il motore della diffusione del vapore è il gradiente di pressione, che rappresenta la differenza di pressione tra due zone diverse dello spazio. Mentre il motore della trasmissione del calore è il gradiente di temperatura.

In sintesi, abbiamo due forzanti:

- 1) gradiente di temperatura che trasporta il calore nel verso delle temperature decrescenti;
- 2) gradiente di pressione che diffonde il vapore nel verso delle pressioni decrescenti.

5.1. Il sistema involucro

Il sistema involucro è una struttura di trasmissione dell'energia e della massa. È rigido e non scambia lavoro con l'ambiente esterno. Scambia calore e massa.

Il sistema involucro è indeformabile (deve garantire la stabilità della forma), permeabile all'aria umida (vale a dire traspirante) e permette il transito e l'accumulo del calore.

Permette anche, ed è un aspetto negativo, l'accumulo di condensa.

Diffusione e condensazione

Il punto critico (durante la diffusione del vapore attraverso l'involucro) è la condensazione, ossia la formazione di condensa (acqua allo stato liquido), che imbibisce le strutture portandole verso un progressivo stato di degrado.

Il controllo della condensazione

La condensazione avviene nelle parti "fredde" dell'involucro. Quindi, la soluzione è rendere "caldo" l'involucro.

In parole diverse, la soluzione sta nella ricerca di un alto livello d'isolamento termico. Ad esempio, nella costruzione di un cappotto termico esterno, che dà persino soluzione ai ponti termici.

Il controllo del processo di condensazione consiste nella valutazione dell'andamento della temperatura e della pressione del vapore nei vari strati dell'involucro.

Osservazione

Negli edifici tradizionali la soluzione del problema della condensazione si realizzava con un involucro traspirante e con il ricambio intenzionale (apertura delle finestre) dell'aria umida interna. Diversamente, negli edifici passivi, dove l'involucro è ermetico, la soluzione del problema della condensazione si realizza attraverso un forte isolamento termico e con un sistema di VMC.

5.2. La verifica termoigrometrica

L'aria intorno all'involucro – sia essa interna che esterna – contiene umidità (il vapore d'acqua). L'eventuale condensazione dell'umidità (in superficie e dentro le strutture) produce acqua liquida, che imbibisce l'involucro e ne varia (in senso negativo) il livello prestazionale.

Una struttura umida – in modo permanente – avrà un peggioramento progressivo di durata, di resistenza meccanica, di resistenza termica e di aspetto. Infatti, mostrerà i segni del degrado come i ferri corrosi, le cricche dovute al gelo, l'intonaco gonfio e screpolato, la muffa e simili.

Osservazione

In relazione all'influenza dell'umidità sulla conduttività termica dei materiali da costruzione, bisogna subito osservare che la conduttività dell'acqua è circa venticinque volte maggiore della conduttività dell'aria.

Pertanto, poiché nel materiale umido l'acqua è entrata nei pori e ha sostituito l'aria, si capisce come il materiale diventi molto più conduttivo. Ovvero si capisce come un involucro umido abbia una conduttività termica molto maggiore di un involucro asciutto e possa dar luogo a forti perdite di calore.

Un altro importante aspetto è quello dei ponti termici. Che sono parti o zone d'involucro ad alta (e anomala) conduttività termica. E che sono contenuti nei punti o linee o superfici di contatto tra materiali diversi, oppure nelle discontinuità geometriche delle pareti esterne come gli spigoli e simili. Questi ponti termici sono anche contenuti nelle parti d'involucro ammalorate dall'umidità, dove la resistenza termica tende a diventare trascurabile.

Il vapore nelle strutture edilizie deriva da fonti esterne ma soprattutto da fonti interne. Una forte umidità relativa interna può essere causata dalla numerosità degli occupanti (ossia dal vapore prodotto per traspirazione), oppure anche dalle attività come la cucina, il bagno, l'asciugatura panni e simili.

A seconda della natura del materiale, il vapore penetra e si diffonde nei pori dell'involucro con maggiore o minore facilità. La causa di questa diffusione è la differenza tra la pressione parziale del vapore interno con la pressione parziale del vapore esterno.

Se durante il processo di diffusione il vapore incontra zone “fredde” (con temperature minori della temperatura di rugiada) inizia la formazione di condensa e l'impregnamento della struttura.

IL SISTEMA CAPPOTTO TERMICO

Che cos'è un sistema a cappotto?

Il cappotto termico è uno strato di materiale isolante aggiunto all'involucro di un edificio con lo scopo di rendere trascurabili, e persino annullare, le perdite di calore.

In altre parole, è una tecnologia che ha come fondamentale obiettivo l'isolamento termico. Quando si parla di cappotto si chiama spesso sistema a cappotto, nel senso di sistema tecnologico, dove non solo bisogna definire la prestazione dello strato isolante, ma anche degli altri strati che partecipano alla costruzione del sistema e influenzano il comportamento finale.

Ad esempio, la scelta di un tassello termicamente conduttivo, oppure la messa in opera senza il rispetto della regola dell'arte, implicano sempre l'insuccesso, la mancata performance finale. Quindi, un cappotto termico è un sistema integrato.

Un cappotto termico è fonoisolante?

La maggior parte dei materiali che sono isolanti termici, sono anche isolanti acustici e riducono i rumori provenienti dall'esterno. Quindi, il cappotto termico svolge anche una funzione secondaria di cappotto acustico.

Che cos'è un sistema ETICS?

ETICS è l'acronimo di *External Thermal Insulation Composite System* (sistema composito di isolamento termico esterno). È un sistema a cappotto termico esterno soggetto a protocolli e linee guida (ETAG, *European Technical Approval Guideline*).

Le linee ETAG – per l'approvazione tecnica dei sistemi ETICS – sono redatte dall'Ente tecnico europeo EOTA (*European Organization for Technical Approval*). I sistemi a cappotto ETICS sono certificati ETA (*European Technical Approval*).

Un cappotto termico è esterno?

Per differenti motivi, che in parte abbiamo già visto, la posizione migliore dell'isolante è sull'esterno. Infatti, se a livello termico la resistenza totale del muro è indipendente dalla posizione del materiale isolante, per l'umidità e l'inerzia termica la posizione è fondamentale.

Quando l'isolante è esterno l'involucro rimane caldo, l'evento condensazione diventa improbabile, la massa muraria diventa massa termica e aumenta l'inerzia dell'edificio. Viceversa, quando l'isolante è interno l'involucro rimane freddo, l'evento condensazione diventa molto probabile, la massa muraria è esterna e diminuisce l'inerzia dell'edificio.

Pertanto, un sistema a cappotto termico è solitamente un cappotto esterno. Gli ETICS, ad esempio, sono solo cappotti esterni. Negli edifici di nuova costruzione si applicano solo coibenti esterni. Quindi, nelle case passive, i cappotti sono sempre esterni.

Nonostante tutto, esistono ancora i cappotti interni. Infatti, per motivi contingenti e per motivi economici, la semplicità dell'applicazione dell'isolante all'interno può essere preferita.

È evidente che non siamo in presenza di nuove costruzioni, né tantomeno di edifici passivi o di riqualificazioni energetiche, ma siamo in presenza di appartamenti esistenti in un condominio ecc. In questo caso, quando il cappotto interno diventa inevitabile, bisogna applicare una barriera di vapore, a monte dell'isolante, verso la parte calda, con lo scopo di evitare il fenomeno della condensazione.

Comunque la barriera non è del tutto esente da problemi. In quanto, risolvendo un aspetto ne aggiunge un altro. Ossia, la presenza della barriera aumenta la resistenza al passaggio del vapore e impedisce la condensazione nella massa della parete, ma trattiene molto vapore dentro l'edificio. Che quindi richiede una maggiore ventilazione ed è soggetto a maggiori perdite di calore (si intende in una casa tradizionale).

In conclusione, prima di applicare un cappotto interno si dovrà fare un bilancio tra le maggiori perdite di ventilazione con le minori perdite per il cappotto.

Un cappotto termico è sostenibile?

Il problema della sostenibilità deve essere analizzato in relazione al materiale isolante scelto. I materiali isolanti hanno differenti origini: animale, vegetale, minerale, sintetica e composita. E quindi diversa sostenibilità. Ma esistono anche posizioni differenti sul tema della sostenibilità in ambito edilizio.

Alcuni, ad esempio, dato un certo materiale isolante (impiegato come cappotto esterno) fanno il bilancio tra l'energia risparmiata come cappotto in esercizio e l'energia assorbita (incorporata) in fase di produzione e trasporto del materiale. Essendo l'energia risparmiata molto maggiore dell'energia incorporata (per tutti i materiali isolanti) concludono sulla sostenibilità di un qualunque cappotto termico.

Questo fatto non è del tutto vero. Non lo è dal punto di vista del bilancio delle materie prime, che potrebbero essere scarse. E neanche dal punto di vista delle emissioni in atmosfera e dello smaltimento o riciclaggio finale.

Ad esempio, si usano (per motivi economici) i pannelli isolanti di polistirene espanso sinterizzato. Osservando con attenzione abbiamo:

- disponibilità di materie prime: limitata (è un derivato del petrolio);
- fabbisogno energetico in produzione: elevato;
- inquinamento ambientale in produzione: elevato;
- fabbisogno energetico nel trasporto: elevato;
- riciclaggio: raramente possibile;
- precauzioni durante il montaggio: ventilare durante il taglio a filo caldo.

Considerando la lana di roccia e di vetro abbiamo:

- disponibilità di materie prime: abbondante;

DALLE CASE PASSIVE A QUELLE NZEB

7.1. Una casa (quasi) sostenibile

Non è semplice una classificazione dei sistemi passivi, tante sono le variabili tecnologiche, culturali e storiche. Ad esempio, volendo fare un accenno solo linguistico, abbiamo: edilizia bioclimatica, bioarchitettura, edifici ad energia quasi zero ecc. Dove le classificazioni/denominazioni – pur rispondendo a valenze culturali distinte, approcci tecnologici locali (o globali), processi costruttivi differenti – hanno un punto in comune: perseguono il risparmio energetico.

Edilizia e edilizia passiva

Oltre all’edilizia passiva esiste (ovviamente) l’edilizia. Quella ordinaria, che dà forma alle nostre città. Distribuita nel territorio ecc.

Cerchiamo di capire la differenza tra ordinario e passivo:

- **Edilizia.** Nella casa ordinaria la climatizzazione è realizzata mediante gli impianti che trasformano l’energia primaria – da fonte quasi sempre non rinnovabile – in energia utile al riscaldamento invernale e al raffrescamento estivo. In questo caso, il continuo consumo di energia primaria non rinnovabile (gasolio, gas naturale ecc.) rende l’edilizia ordinaria non sostenibile.
- **Edilizia passiva.** Edificio dove il processo di climatizzazione è realizzato usando il guadagno solare e i guadagni interni (metabolismo delle persone, calore di cottura degli alimenti, uso di computer ecc.) e dove è massimizzata la resistenza termica dell’involucro. Il consumo di energia primaria è quasi sempre nullo. Oppure (quando è inevitabile) è basato su fonti rinnovabili. In queste condizioni l’edificio è sostenibile.

Gli esperimenti più noti

Gli esempi più noti di edilizia passiva sono l’architettura bioclimatica e il sistema *Passivhaus* (cfr. capitolo 1).

- **Edilizia bioclimatica:** gli obiettivi fondamentali sono:
 - 1) la captazione della radiazione solare con l’orientamento a sud dei serramenti vetrati;
 - 2) il controllo della radiazione con gli schermi solari, gli oggetti ecc.;
 - 3) l’accumulo del calore solare nelle masse ad alta capacità termica dell’edificio;
 - 4) la distribuzione del calore accumulato – per convezione naturale – per la climatizzazione.

Nelle case bioclimatiche si utilizzano tecnologie che non richiedono l'uso di energia non rinnovabile. Le più comuni sono:

- 1) i pannelli termici solari ad acqua, a circolazione naturale, per la produzione di acqua calda finalizzata all'uso sanitario e alla climatizzazione;
- 2) i pannelli solari ad aria (praticamente scomparsi), a circolazione naturale, per la produzione di aria calda finalizzata alla climatizzazione;
- 3) le masse murarie di accumulo termico (pavimenti, muri ecc.) che rilasciano lentamente il calore per la climatizzazione dell'edificio.

In sintesi, il pensiero tecnologico centrale dell'architettura bioclimatica è quello di "catturare" il sole e utilizzarlo per climatizzare l'edificio.

- **Sistema *Passivhaus***: è un modello europeo soggetto a protocolli di progettazione, di costruzione e di collaudo. Lo standard si basa essenzialmente sulla costruzione di un involucro ad altissima resistenza termica ed ermetico. Nonché sulla ricerca della qualità dell'aria interna mediante sistemi di ventilazione meccanica controllata. Il sistema codificato *Passivhaus* – di derivazione tedesca e utilizzato soprattutto nel Nord Europa – ha una variante per il Sud Europa denominata *Passiv-On*.

Antinomia (apparente) nel sistema *Passivhaus*

L'obiettivo tecnologico fondamentale del sistema *Passivhaus* (ed anche del sistema *Passiv-On*) è il forte contenimento delle perdite di calore. Come conseguenza l'involucro viene realizzato sia scarsamente permeabile all'aria (per la riduzione delle perdite di ventilazione) che scarsamente conduttivo al calore (per la riduzione delle perdite di trasmissione). Di fatto l'edificio diventa ermetico, praticamente impermeabile, con un forte livello di umidità che viene risolto con l'uso di un sistema di VMC.

In sintesi, e questa è l'antinomia, il sistema *Passivhaus* – a causa del forte livello di umidità interna causato dalla tecnologia dell'involucro – deve utilizzare un impianto elettromeccanico per realizzare le condizioni di benessere termoigrometrico. Ossia un impianto che tramite due ventilatori elettrici consuma energia quasi sempre non rinnovabile. In altre parole, la ricerca estrema della riduzione del calore disperso all'esterno (involucro ermetico) ha portato a una forte riduzione del vapore smaltito all'esterno, con la necessità di installare un impianto elettromeccanico per il ricambio dell'aria.

Riflessione sulla sostenibilità

Nell'*architettura bioclimatica*. Il modello non è dato da protocolli di progetto, costruzione e collaudo. Oltre il principio fondamentale dell'uso della risorsa solare, ogni casa bioclimatica ha una propria storia e propri caratteri specifici. È sempre un esperimento tecnologico. Pur tuttavia, in generale, la tendenza è stata nell'uso di materiali naturali, nel riciclo ecc. dando concreta dimostrazione di un'edilizia perlopiù sostenibile.

Nel sistema *Passivhaus*. In questo caso abbiamo la presenza di procedure standardizzate (di tipo prestazionale), che pongono l'accento sul funzionamento degli edifici e danno la possibilità di utilizzare sia materiali naturali che materiali artificiali. Quindi, il protocollo –

CONTENUTI E ATTIVAZIONE DELLA WEBAPP

8.1. Contenuti della WebApp

- **Speciale Superbonus 110%** – Banca dati di normativa e giurisprudenza consultabile attraverso un motore di ricerca.
- **Guida al Superbonus 110%** – Le detrazioni fiscali del 110% previste dal D.L. 19 maggio 2020, n. 34 (cd. *Decreto Rilancio*) dalla A alla Z.

8.2. Requisiti hardware e software

- Dispositivi con MS Windows, Mac OS X, Linux, iOS o Android;
- Accesso ad internet e browser web con Javascript attivo;
- Software per la gestione di documenti Office e PDF.

8.3. Attivazione della WebApp

- 1) Collegarsi al seguente indirizzo internet:

https://www.grafill.it/pass/0203_7.php

- 2) Inserire i codici “**A**” e “**B**” (vedi ultima pagina del volume) e cliccare [**Continua**].
- 3) Accedere al **Profilo utente Grafill** oppure crearne uno su **www.grafill.it**.
- 4) Cliccare il pulsante [**G-CLOUD**].
- 5) Cliccare il pulsante [**Vai alla WebApp**] in corrispondenza del prodotto acquistato.
- 6) Fare il *login* usando le stesse credenziali di accesso al **Profilo utente Grafill**.
Lo scaffale **Le mie App** presenterà tutte le WebApp attive.
- 7) Per accedere alle WebApp del prodotto acquistato cliccare sulla relativa copertina.

8.4. Assistenza tecnica sui prodotti Grafill

Per assistenza tecnica sui prodotti Grafill aprire un ticket su **<https://www.supporto.grafill.it>**.
L’assistenza è gratuita per 365 giorni dall’acquisto ed è limitata all’installazione e all’avvio del prodotto, a condizione che la configurazione hardware dell’utente rispetti i requisiti richiesti.



La presente pubblicazione tratta di **case passive** e di **case nZEB** (*Nearly Zero Emission/Energy Buildings*), **edifici a energia ed emissioni quasi zero**. Il tutto è presentato secondo un punto di vista pratico, con numeri, tabelle ed esempi svolti, con il fine di dare una conoscenza concreta di quelle tecnologie ricorrenti nell'edilizia sostenibile.

Il testo si sviluppa in sette capitoli che trattano i seguenti argomenti:

- Sostenibilità, sviluppo economico, ciclo di vita e bilancio energetico.
- Le grandezze che rappresentano il comportamento termico dei materiali da costruzione: la massa termica, la diffusività, lo sfasamento, la costante di tempo e via di seguito.
- La ventilazione meccanica controllata (VMC).
- L'aria umida: concetto di umidità assoluta e relativa, le pressioni parziali del vapore, le temperature e le pressioni di saturazione e l'entalpia.
- Il cappotto termico attraversato dall'aria umida: la penetrazione del vapore nella struttura muraria e nel materiale isolante e modalità di valutazione della condensazione superficiale e interstiziale. Ivi incluso il metodo numerico di Glaser.
- Il cappotto termico esterno, chiamato (talvolta) sistema ETICS – *External Thermal Insulation Composite System* (sistema composito di isolamento termico esterno).
- Classificazione delle case passive/nZEB, delle pompe di calore e dei pannelli fotovoltaici.

Il testo si propone come strumento teorico-pratico utile soprattutto agli architetti, ai tecnici di progetto e di cantiere, agli studenti e ai cultori della materia, e anche a coloro che sviluppano prodotti innovativi.

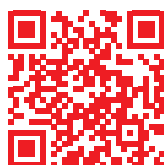
La **WebApp inclusa** gestisce le seguenti utilità:

- **Speciale Superbonus 110%** – Banca dati di normativa e giurisprudenza consultabile attraverso un motore di ricerca.
- **Guida al Superbonus 110%** – Le detrazioni fiscali del 110% previste dal D.L. 19 maggio 2020, n. 34 (cd. *Decreto Rilancio*) dalla A alla Z.

REQUISITI HARDWARE E SOFTWARE

Qualsiasi dispositivo con MS Windows, Mac OS X, Linux, iOS o Android; accesso ad internet e browser web con Javascript attivo; software per la gestione di documenti Office e PDF.

Marco Berti, ingegnere e architetto, ha svolto attività di ricerca su temi ergonomici in aziende pubbliche e private. Ha ricoperto la funzione di esperto dei sistemi tecnologici e di Energy manager nella Regione Piemonte. Attualmente è impegnato nei temi dell'edilizia e della mobilità sostenibile. Tra le opere: il progetto di gestione del patrimonio impiantistico "Global Service Tecnologico" della Regione Piemonte (Torino, 1998). Tra le pubblicazioni: *Ponti termici in edilizia*, Grafill, 2015.



WebApp

Assistenza
tecnica

ISBN 13 978-88-277-0230-7



9 788827 702307 >

Euro 30,00