

STRATEGIE DI MITIGAZIONE E DI ADATTAMENTO

per edifici “resilienti”

Enrico Sergio Mazzucchelli* – Sofia Pastori* – Giacomo Scrinzi* – Angelo Lucchini* – Vito Domenico Porcari**

*Politecnico di Milano, Dip. ABC

**Università degli Studi della Basilicata, Dip. DiCEM

Il settore delle costruzioni è ad oggi uno dei principali responsabili dell'emissione di gas serra (38% delle emissioni globali di CO2 legate all'energia - GlobalABC, 2020) ed ha raggiunto nel 2019 il livello più alto di emissioni di CO2 mai registrato. In parallelo, il numero di eventi meteorologici estremi è aumentato di oltre il 250% dal periodo tra il 1980 e il 2013 e questa tendenza al rialzo è sempre più marcata nel recente periodo. Il fatto che tra le 100 città in più rapida crescita al mondo, più di ottanta siano a rischio estremo a causa del cambiamento climatico, comporterà un costo anche dal punto di vista umano. Una recente ricerca condotta dall'Urban Climate Change Research Network (UCCRN) ha evidenziato che entro il 2050, aree abitate da oltre 800 milioni di persone saranno vulnerabili a fenomeni climatici estremi, quali l'innalzamento del livello del mare, prolungate ondate di calore (tutti gli edifici, anche quelli che non sono a rischio di allagamento o danni causati da altri disastri naturali, corrono rischi legati al riscaldamento climatico a lungo termine) e periodi di siccità, incremento delle temperature medie, tempeste, etc. L'anno in corso sta confermando questa tendenza, anche a scala nazionale, e stiamo già sperimentando un effetto sulle condizioni di vita e un aumento dei danni causati da eventi meteorologici estremi.

La pandemia di COVID-19 ha recentemente mostrato quanto sia importante la capacità di adattamento e



FIGURA 01 – IMMAGINI DEL LETTO DEL PO (LUGLIO 2022) E VISTA DEL GHIACCIAIO DELLA MARMOLADA DOPO IL DISTACCO DEL 3 LUGLIO 2022.

mitigazione delle conseguenze di eventi improvvisi ed avversi. Il concetto di “resilienza” è di particolare importanza anche per il settore delle costruzioni, poiché gli effetti del cambiamento climatico avranno nel prossimo futuro un impatto sempre maggiore e potranno incidere su molti aspetti nella progettazione di un edificio, in relazione a struttura, involucro, destinazione d’uso, accessibilità, fornitura di servizi, così come anche in termini di sicurezza, salute e benessere dei suoi utenti.

Infatti, edifici non adatti al contesto ambiente locale e fortemente esposti a condizioni climatiche estreme, possono diventare elementi di vulnerabilità, piuttosto che di protezione degli utenti dagli agenti atmosferici. In particolare, insediamenti popolari per persone con basso reddito, sovraffollati e spesso mal pianificati, corrono il rischio più elevato in relazione agli effetti del cambiamento climatico. A prova di ciò, si può osservare che negli ultimi due decenni, quasi il 90% dei decessi causati da tempeste ed eventi climatici estremi è avvenuto in paesi a basso reddito pro-capite, sebbene essi siano stati soggetti solo ad un quarto del numero di eventi totali (UNISDR, 2015).

In ogni caso, indipendentemente dal successo nel mantenimento di una crescita della temperatura inferiore a 2°C nel 2050, l’impatto dei cambiamenti climatici è già tangibile ed eventi estremi ad esso correlato continueranno a crescere in intensità e frequenza. Inoltre, dal punto di vista delle azioni volte a mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici, occorre considerare che i loro effetti saranno inevitabilmente caratterizzati da un ritardo tra azione e risposta: la riduzione di fonti di gas serra (GHG) e la stabilizzazione della loro concentrazione in atmosfera nei prossimi anni, non ridurrà immediatamente la tendenza al riscaldamento a causa dell’inerzia climatica (IPCC, 2018).

In questo contesto, l’adattamento al cambiamento climatico è rico-



FIGURA 02 – CONCETTO DI RESILIENZA ED APPLICAZIONE A DIFFERENTI CONTESTI.

nosciuto come una problematica globale (Accordo di Parigi, 2015) ed è integrato nella gestione standard del rischio a livello internazionale (Sendai Framework, 2015). In particolare, l'articolo 7 di questo accordo stabilisce che le strategie di adattamento ai cambiamenti climatici sono da considerarsi importanti tanto quanto quelle di mitigazione. Eppure, ancora oggi la maggior parte delle nazioni non dispone di misure esplicite per promuovere e migliorare l'adattamento degli edifici ai cambiamenti climatici in corso.

L'Urban Land Institute definisce resilienza "la capacità di prepararsi e pianificare, assorbire, riprendersi e adattarsi con maggiore successo agli eventi avversi", ma anche come la capacità di mitigare gli effetti del cambiamento climatico. Per essere considerati "resilienti", gli edifici devono essere in grado di resistere ad eventi estremi naturali e causati dall'uomo. Già oggi, il concetto di resilienza di un edificio si declina nell'utilizzo di materiali a basso contenuto di carbonio, involucri ad alta efficienza energetica, fonti di energia rinnovabile e gestione ottimizzata della risorsa idrica, così come nella sua flessibilità di utilizzo e destinazione d'uso.

Design "sostenibile" e design "resiliente" sono ugualmente importanti e hanno molto in comune, ma non sono sinonimi l'uno dell'altro. Ridurre l'impronta ambientale di un edificio con una architettura sostenibile è fondamentale, in quanto il settore edile contribuisce, come si è anticipato, per circa il 40% al totale delle emissioni di gas serra. Tuttavia, ciò non è sufficiente se l'edificio diventa inabitabile a causa di calamità naturali o in situazioni di emergenza. Pertanto, design resiliente e sostenibilità si completano a vicenda: progettare un edificio resiliente significa trovare una risposta ai cambiamenti climatici, ma anche proporre una architettura in grado di integrarsi con il contesto e di ridurre il proprio impatto sull'ambiente.

A tal riguardo, un edificio resiliente deve essere in grado di mantenere la sua funzionalità anche di fronte ad eventi critici. Tuttavia, occorre sottolineare che non tutti gli edifici devono rimanere ugualmente operativi durante una crisi, ma per alcuni di essi, la capacità di resistere e rimanere funzionanti anche in situazioni estreme è fondamentale: scuole, ospedali, centri operativi di vigili del fuoco e di protezione civile, palestre e palazzi dello sport spesso servono come punti di raccolta sicuri per le comunità durante una crisi ed è perciò essenziale la loro capacità di offrire la massima sicurezza in caso di eventi eccezionali.

A seconda della specifica destinazione d'uso di un edificio, la capacità di risposta ad un evento estremo può includere una accurata pianificazione delle attività di emergenza, la formazione di addetti e utenti, la gestione della catena di approvvigionamento, lo sviluppo di protocolli di azioni di controllo e mitigazione dei danni, etc. Molti di questi aspetti dipendono direttamente da una progettazione dell'edificio in grado di minimizzarne la dipendenza da risorse esterne e di consentire la massima flessibilità in un momento di crisi. Un ulteriore aspetto è legato alla capacità di riprendere e/o ricostituire il normale fun-



FIGURA 02 – CONCETTO DI RESILIENZA ED



FIGURA 04 – GLI EVENTI METEOROLOGICI ESTREMI STANNO



APPLICAZIONE A DIFFERENTI CONTESTI.



CRESCENDO IN FREQUENZA ED INTENSITÀ.

zionamento dopo un'interruzione di servizio nel modo più rapido ed efficiente possibile. Dal punto di vista della progettazione, la necessità di un rapido ripristino delle attività e della funzionalità di un edificio è un fattore fondamentale per garantire il funzionamento dopo che un evento critico è terminato. Pertanto, la resilienza negli edifici può essere definita come la loro capacità di soddisfare le esigenze degli utenti e di fornire un uso sicuro, stabile e confortevole in risposta alle mutevoli condizioni climatiche esterne.

Da un punto di vista impiantistico, la continuità di esercizio può essere ottenuta tramite diverse strategie, tra cui si ricordano la ridondanza, cioè la duplicazione di componenti in grado di supportare gli originali in caso di guasto al fine di garantire la continuità di funzionamento dell'edificio stesso, la presenza di generatori di riserva, fonti di alimentazione idrica ed elettrica alternative etc. In particolare, l'affidabilità degli impianti è strettamente correlata a quella della loro alimentazione elettrica, ma anche all'affidabilità degli altri componenti con cui sono realizzati.

Il concetto di "adattamento", così come definito dall'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) mira quindi ad evitare, o ridurre al minimo, i danni correlati ad eventi estremi, cogliendo le opportunità offerte dal cambiamento climatico stesso che possono talvolta rivelarsi vantaggiose e costituiscono un buon incentivo all'innovazione progettuale architettonica e ingegneristica poiché possono avere un impatto diretto e visibile sulla costruzione di edifici. In ogni caso, strategie di adattamento e di mitigazione devono essere perseguite contemporaneamente, valutandone l'efficacia da un punto di vista complessivo. Strategie di mitigazione e adattamento possono infatti andare nella stessa direzione o, al contrario, contraddirsi a vicenda. Ad esempio, il diffuso utilizzo di sistemi di raffrescamento può rientrare tra le strategie di adattamento, ma il conseguente aumento del consumo di energia ad esso correlato si scontra con le strategie di mitigazione. Infatti, si può far affidamento sui sistemi di climatizzazione per mantenere una temperatura confortevole all'interno degli edifici durante un'ondata di calore, ma questi sistemi contribuiscono alle emissioni di gas serra: affinché i sistemi di climatizzazione possano soddisfare gli obiettivi di adattamento e mitigazione, essi devono essere progettati per ridurre le loro emissioni ed essere necessariamente integrati in edifici ad alta efficienza energetica con involucri edilizi altamente performanti.

Nel quadro di analisi degli effetti dovuti al cambiamento climatico, occorre distinguere tra "Climate resilience" (cioè la capacità di un sistema di assorbire gli stress e mantenere il suo funzionamento di fronte al cambiamento climatico) e "Climate vulnerability" (cioè la propensione o predisposizione a risentire negativamente dei cambiamenti climatici e a subire danni in caso di eventi correlati ai cambiamenti climatici), dove la vulnerabilità è una funzione della sensibilità dell'edificio al pericolo.

E' pertanto fondamentale una corretta valutazione dell'esposizione a

un rischio climatico, in grado cioè di identificare gli impatti dei cambiamenti climatici che potranno influenzare un edificio ed i suoi utenti. Essa dipende dall'ubicazione di un edificio e dal contesto nelle sue immediate vicinanze, nonché delle caratteristiche dell'area e del microclima. La sensibilità dipende non solo dalle caratteristiche intrinseche di un edificio (criteri tecnici e misure di rafforzamento della resilienza), ma anche dalla resilienza delle reti essenziali, dalla capacità di gestione delle crisi e dalla capacità di far fronte e adattarsi in uno scenario di emergenza. A ciò è correlata anche la capacità di limitare gli effetti negativi di un evento estremo nel breve e medio termine, con le risorse esistenti, mentre la capacità di adattamento è riferita alla limitazione degli effetti negativi di un fenomeno legato al cambiamento climatico a medio e lungo termine.

Affrontare ondate di calore più frequenti e intense che mettono a rischio popolazioni vulnerabili è una delle principali sfide di adattamento nel settore delle costruzioni. Per limitare le emissioni di gas serra mantenendo il comfort termico, è necessario raffrescare gli edifici senza un'elevata richiesta di energia. Secondo il Programma per l'Efficienza Energetica negli Edifici (PEEB), gli elementi chiave per raggiungere questo obiettivo consistono nella progettazione in base al microclima locale (occorre però valutare la rapidità del cambiamento delle condizioni anche a questo livello): l'orientamento, la forma, le aperture e la scelta del rapporto tra superfici opache e trasparenti, l'utilizzo di schermature solari, etc. sono accorgimenti da tempo conosciuti e volti alla protezione dell'edificio dalla radiazione solare diretta. Questo approccio si concentra maggiormente sulle prestazioni delle caratteristiche relative all'involucro edilizio e si basa sull'uso di impianti meccanici solamente per "correggere" le condizioni interne e garantire il comfort degli utenti.

Tra le strategie più studiate, la "rivegetazione" (processo volontario di reimpianto e ricostruzione delle superfici del terreno in aree che sono state disturbate dall'attività umana) e l'utilizzo di soluzioni a verde (per coperture e facciate degli edifici) possono essere una risorsa importante nelle strategie di mitigazione, implementabile su più livelli. A scala urbana, tali soluzioni operano attraverso due processi: l'evapotraspirazione e l'ombreggiatura. L'evapotraspirazione, fortemente influenzata dalle condizioni ambientali, è un processo fondamentale per il controllo microclimatico (l'acqua per evaporare utilizza il calore dell'aria, sottraendolo all'ambiente e quindi determinando un abbassamento della temperatura). L'ombreggiatura si riferisce all'intercettazione da parte della pianta di una porzione della radiazione solare incidente. L'ombreggiatura del suolo e delle superfici degli edifici contribuisce a ridurre il surriscaldamento del microclima urbano grazie all'intercettazione da parte delle foglie di una porzione della radiazione solare incidente.

Tra gli eventi più distruttivi, le mareggiate, i cicloni e gli uragani hanno causato la morte di 242.000 persone nel periodo dal 1995 al 2015. Il vento è stato ampiamente studiato in relazione alla resistenza dei

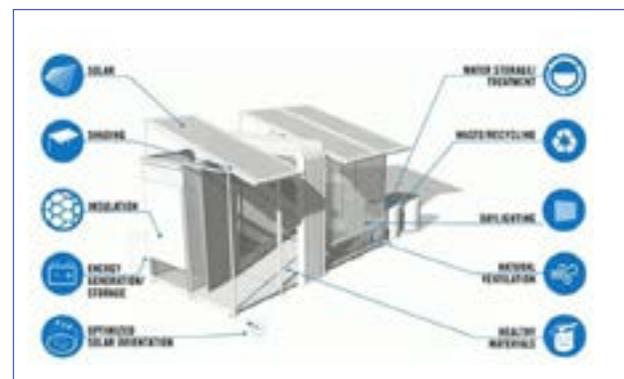


FIGURA 05 – ESEMPI DI STRATEGIE PER EDIFICI RESILIENTI.

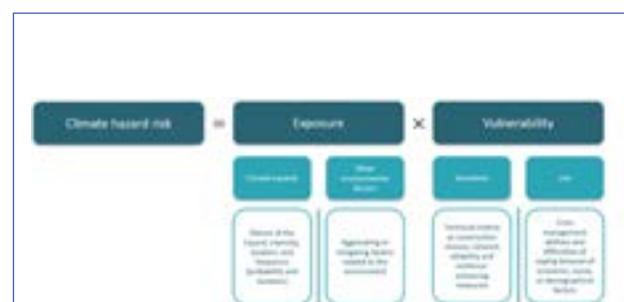


FIGURA 06 – VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE AL RISCHIO CLIMATICO.



FIGURA 07 – ESEMPIO DI FACCIATA VERDE.



FIGURA 08 – ESEMPIO DI COPERTURA VERDE.



FIGURA 09 – ESEMPIO DEL COSTRUITO ITALIANO (IN ALTO A SINISTRA) ED ESEMPI DI EFFETTI DI TROMBE D'ARIA.

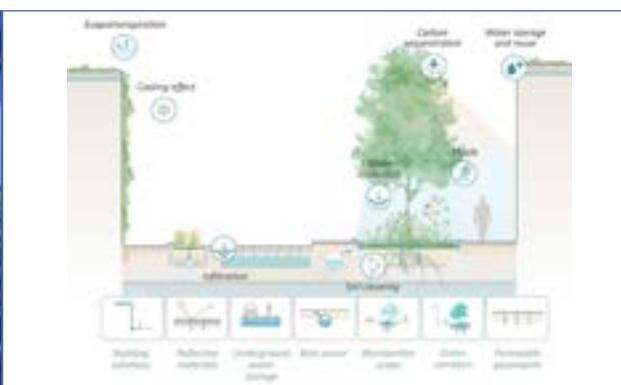


FIGURA 10 – STRATEGIE PER L'OTTIMIZZAZIONE DELLA RISORSA IDRICA (FONTE: BIOPHILIC DESIGN, SAN FRANCISCO, USA).

principali elementi edilizi: codici e standard sono stati sviluppati già da tempo, ma i recenti eventi di vento estremo, in Italia e in Europa, dimostrano che i nostri edifici sono comunque molto vulnerabili. La combinazione di elevate sollecitazioni legate all'azione del vento, le caratteristiche del patrimonio edilizio storico/antico tipico del nostro paese ed eventi meteorologici assai diversi dal passato (ad esempio trombe d'aria e downburst, cioè un fenomeno atmosferico legato spesso a grandi temporali, che consiste in correnti d'aria discendenti che si muovono violentemente verso il suolo), sono le principali cause dei danni indotti dal vento, spesso dovuti al distacco e al volo di elementi e parti dell'involucro edilizio: tegole, elementi di facciata, antenne, etc., possono essere trascinati via trasformandosi in detriti volanti (flying debris) che possono colpire edifici circostanti e persone. Pertanto, il vento può causare danni diretti all'involucro degli edifici (distacco di elementi) e danni indiretti causati dall'impatto di tali oggetti sullo stesso edificio o su edifici circostanti. Le misure per evitare tale fenomeno sono molteplici ed hanno l'obiettivo di ridurre la probabilità di distacco dall'edificio di elementi edilizi e di mitigare le conseguenze dell'impatto di tali elementi sulle facciate degli edifici, anche tramite la definizione di linee guida progettuali e metodologie di test utili per garantire la resistenza dell'involucro edilizio all'impatto dei "flying debris".

Un ulteriore effetto del cambiamento climatico è riscontrabile nei periodi di siccità. Periodi di siccità si verificano in tutto il mondo, con l'Africa che è il continente più colpito. Nel 2018 la città di Cape Town, in Sud Africa, è stata costretta ad attuare severe restrizioni sull'uso dell'acqua, riducendo l'uso complessivo di oltre il 50% nel tentativo di mitigare la carenza d'acqua quando il volume delle riserve idriche oscillavano tra il 15% e il 30% della capacità. Nel 2019, l'India ha affrontato la peggiore crisi idrica della storia del Paese. In Italia, i primi sei mesi del 2022 sono stati i più siccitosi della serie storica, con uno scarto pari a -43%, che equivale a circa 40 miliardi di metri cubi di acqua in meno rispetto alla media, notevolmente più ampio del -31% osservato nei primi semestri del 2003 e del 2000. Sempre ad agosto 2022, nel Regno Unito è stato dichiarato l'allarme per siccità legata alla carenza di precipitazioni. In questo contesto, il recupero e utilizzo delle acque meteoriche rientra in un insieme di strategie volte a razionalizzare l'utilizzo di una risorsa altamente preziosa come l'acqua, evitandone inutili sprechi. E' opportuno ricordare che accanto al recupero e utilizzo di acqua piovana è possibile associare ulteriori accorgimenti volti a preservare il naturale ciclo dell'acqua. Normalmente in natura solamente una piccola parte dell'acqua meteorica defluisce in superficie: la maggior parte infatti evapora o viene assorbita dalla porzione superficiale del suolo dove poi si infiltra contribuendo all'alimentazione delle falde acquifere. Nel caso di superfici non pavimentate, con copertura vegetale, il deflusso superficiale è valutabile tra lo zero e il 20% del totale delle precipitazioni, mentre nel caso di superfici impermeabilizzate oltre il 90% della pioggia defluisce super-

ficialmente.

L'aumento della superficie impermeabile in aree altamente urbanizzate comporta inevitabilmente effetti negativi che si ripercuotono sull'alterazione del regime dei corsi d'acqua e sul loro inquinamento, sul sovraccarico delle fognature in caso di precipitazioni atmosferiche particolarmente intense (sempre più frequentemente si hanno eventi estremi anche dal punto di vista della quantità di acqua che raggiunge la superficie in intervalli di tempo ridotti), sulla riduzione dell'alimentazione della falda acquifera, sul peggioramento del microclima, etc. Al fine di garantire che il ciclo dell'acqua si mantenga il più possibile inalterato anche in aree a forte urbanizzazione, contribuendo così ad una qualità di vita più elevata e a una gestione più sostenibile della risorsa idrica, è opportuno combinare sistemi che permettono il contenimento dei deflussi delle acque meteoriche, sistemi per l'infiltrazione e l'immissione delle acque meteoriche in acque superficiali e infine sistemi per il recupero e il riutilizzo delle acque meteoriche.

In conclusione, l'adattamento al contesto climatico attuale, caratterizzato da eventi estremi sempre più frequenti, richiederà un approccio multidisciplinare e lo sviluppo di una cultura del rischio, dove una corretta ed adeguata comunicazione agli utenti degli edifici diverrà essenziale per prepararsi e per affrontare in modo efficace e consapevole tali eventi, così come per promuovere cambiamenti, anche comportamentali, necessari a mitigarne gli effetti.



FIGURA 11 – STRATEGIE DI MITIGAZIONE ED ADATTAMENTO DEVONO ESSERE PERSEGUITE SIMULTANEAMENTE.